

TARTALOM

Kikina Artúr – Köszöntő	1
Garai Mihály, Horváth Csongor – A 136. számú vasútvonal átépítése és korszerűsítése Szeged-Rendező–Röszke országhatár között	2
Varga András László, Kropok Géza, Dr. Balla Brigitta, Hangya Éva Zsuzsanna Az új Keleti-utascentrum kivitelezésének tapasztalatai (3. rész) – Felvonók, mozgólépcsők, üzemeltetői tapasztalatok	7
Dr. Majorosné Dr. habil. Lublói Éva Eszter, Dr. Major Zoltán Alagútfalazatok termikus vizsgálata (5. rész) – A tűzhatás teljesítményalapú jellemzése	13
Jóvér Vivien, Dr. Kocsis Szürke Szabolcs, Hermán Bence, Dr. Fischer Szabolcs Egyedi mérőrendszerrel végzett járműdinamikai mérések menetrend szerinti budapesti közúti vasúti járművek esetében	22
Németh István – A Vasutak Együttműködési Szervezetének bemutatása	32

INDEX

Artúr Kikina – Greeting	1
Mihály Garai, Csongor Horváth – Reconstruction and modernization of the railway line No. 136 between Szeged Rendező (marshalling yard) – Röszke state border	2
András László Varga, Géza Kropok, Dr. Brigitta Balla, Éva Zsuzsanna Hangya Experiences of the implementation of the new Keleti passenger centre (Part 3) – Elevators, escalators, operating experiences	7
Dr. Mrs. Majoros, dr. habilitated Éva Eszter Lublói, dr. Zoltán Major Thermic examination of tunnel walls (Part 5) – Performance-based characterization of fire effect	13
Vivien Jóvér, Dr. Szabolcs Kocsis Szürke, Bence Hermán, Dr. Szabolcs Fischer Vehicle dynamics measurements with a unique measuring system for trams, operated according to timetable, in Budapest	22
István Németh – Presentation of Organization for Cooperation of Railways (OSJD)	32

Kedves Olvasók!

Legutóbb 2023. április elején volt szerencsém önöket ugyanezen a felületen üdvözölni, igaz, akkor még a frissen felállított Építési és Közlekedési Minisztérium helyettes államtitkáráként. Változásokkal teli, felgyorsult világunkat az én pályafutásom is jól jelképezi: rövid idő elteltével, immár a MÁV Zrt. pályaműködtetési és beruházási vezérigazgató-helyetteseként köszönhetem önöket újra.

Korábbi pozícióm lehetőséget kínált arra, hogy a kormányzat vasúti ágazatot érintő átfogó céljait megismerjem és azt tevékenyen alakítsam. Ennek eredményeképpen konkrét vasútfejlesztési projektek megvalósítása, mint például Püspökladány–Biharkeresztes szűk keresztmetszetének kiváltása és villamosítása, Debrecen–Füzesabony-vasútvonal korszerűsítése, az I. ütem befejezése vagy éppen e projekt II. ütemének elindítása mellett megszületett a 10 évre szóló hosszú távú vasútfejlesztési stratégia is.

Jelenlegi tisztségem arra is lehetőséget nyújt, hogy ismét gyakorlati szakemberként kamatoztathassam a tudásomat és a tapasztalatomat a szakpolitikai célkitűzések, tervek tényleges, üzemeltetés- és beruházásoldali végrehajtásában.

A minket sajnálatos módon körülvevő háborús helyzetben még inkább felértékelődött a vasút, amely a személy- és áruszállítás mellett jelentős honvédelmi célokat is szolgál. E tekintetben kiemelten fontosnak tartom – hidásként, talán megengedett ez a szakmai elfogultság – a vasúti hidak szerepét, köztük a Déli összekötő vasúti Duna-hidat, a szolnoki vasúti Tisza-hidat, a Rákos–Óbuda állomások között az Északi vasúti összekötő hidat, a tokaji Tisza-hidat, az algyői Tisza-hidat és nem utolsósorban a Gubacsi Duna-ág vasúti hidat. (Ez utóbbinak jelenleg a soron kívüli megerősítése indokolt, ugyanakkor ezzel párhuzamosan egy új híd 2027. évi megvalósításának előkészítésében is közreműködünk a kollégáimmal.)

Magyarország kormányának vezetésével még az akadozó uniós források hiányában is folyamatosan azon munkálkodunk, hogy orvosoljuk azt az évtizedekkel ezelőtti, elhibázott megközelítésből fakadó helyzetet, amely a fejlesztések elmaradásával, csupán a legszükségesebb „kozmetikai” beavatkozások – korántsem hiánytalan – elvégzésével hagyta leromlani a magyar vasúti pályahálózatot.

Most ezen a szemléleten is szükségszerűen változtatni kell részben a szervezeti folyamatok hatékonyabbá tételével, a vállalati struktúra optimalizálásával, részben pedig az ütemezett karbantartások és tervezhető felújítások újragondolásával, hogy a mai kornak megfelelő szolgáltatásokat tudjuk nyújtani, mind menetrendszerűségben, mind az utastájékoztató és utaskomfort területén, mind pedig a vonatokon és az állomásokon.

Továbbra is fontosnak tartom a folyamatos tájékoztatást az elért eredményekről, a folyamatban lévő fejlesztésekről, hogy a társadalom minél nagyobb támogatásával, közösen alakíthassuk a magyar vasút jövőjét.

*Kikina Artúr
pályaműködtetési és beruházási
vezérigazgató-helyettes*

A 136. számú vasútvonal átépítése és korszerűsítése Szeged-Rendező–Röszke országhatár között

A XVIII. században Magyarország közlekedési infrastruktúrája a vasútvonalak kiépítése előtt eléggé fejletlen volt. Az alföldi területeken a vízi utak nyújtottak bizonyos mértékű segítséget a közlekedésben, azonban ezek használata időszaki és korlátozott volt a folyószabályozásokat megelőzően. Így a Duna és a Tisza, valamint mellékfolyóik, mint például a Maros, a Körösök, a Dráva és a Száva, csak korlátozott szállítási lehetőségeket kínáltak.



Garai Mihály

területi pályalétesítményi szakértő, MÁV Zrt. Pályavasúti Területi Igazgatóság TPO, Szeged

✉ garai.mihaly@mav.hu

☎ (1) 516-1218



Horváth Csongor

mérnökgyakornok MÁV Zrt. Pályavasúti Területi Igazgatóság TPO, Szeged

✉ horvath.csongor@mav.hu

☎ (30) 738-3056

Történelmi háttér

Az úthálózat fejletlensége is komoly problémát jelentett, ami megnehezítette az Alföld mezőgazdasági termékeinek távoli piacokra történő szállítását és ezzel együtt a nemzetközi kereskedelembe való bekapcsolódást [1–3].

A kiépülő vasútvonalak vonalvezetésére több terv is felmerült arra vonatkozóan, hogyan lehetne összekötni a fiumei kikötőt a fővárossal és az Alföld mezőgazdasá-

gi területeivel. Az Alföldi Vasút tervezett vonalai különféle területeket érintettek, a végső nyomvonalról az akkori politikai és gazdasági elit döntött, bevonva az érintett települések vezetőit [1–3].

- 1857-ben épült meg a Szeged–Temesvár-vasútvonal, a Bécs–Pest–Szeged–Temesvár-vonal részeként, összekötve a Bánság és az Alföld területeit.
- 1869. szeptember 11-én adták át az Alföld–Fiumei Vasút első vonalszakaszait, a Szeged Rókus–Szabadka–Zom-

bor-vonalszakaszt és a Szeged Rókus–Szeged Nagyállomás közötti összekötő vágányt.

- 1885-ben elkészült Szabadka–Csikéria–Bácsalmás–Baja-vonalszakasz, amely számos új lehetőséget kínált a vasúti szállítmányozás tekintetében.
- 1909-ben megépült az első vidéki dunai vasúti híd Baja és Bátaszék között, így megvalósult az ország déli közvetlen összeköttetése. Ezáltal lehetőséget biztosítva elsősorban a mezőgazdasági



1. ábra.
Magyarország
vasúthálózata
1914-ben

termékek tengeri úton történő szállítására [1].

A Budapest–Cegléd–Szeged–Temesvár sugárirányú, míg a Nagyvárad–Békéscsaba–Szeged–Szabadka–Baja–(Fiume) haránt irányú vasútvonalként épült meg (1. ábra).

Az I. világháború utáni trianoni békediktátumnak következményeként a Nagyvárad–Fiume közötti vasútvonalat szétdarabolták. A vágányok jelenleg Románia, Magyarország, Szerbia és Horvátország területén fekszenek. A határátkelési nehézségek miatt a vonalrészek kihasználtsága is folyamatosan csökkent. Többek között a Szabadka–Csikéria–Bácsalmás-vonalrész 1960-ban bezárták, azóta több helyen a vágányokat is felszedték [3].



2. ábra. A kapcsolódó TENT-T korridorok és elágazásai

Az átépítés előzményei

2011 novemberében a COWI konzorcium elkészítette a történelmi Szeged–Röszke–Szabadka–Csikéria–Bácsalmás–Baja-vasútvonal helyreállítását és korszerűsítését bemutató megvalósíthatósági tanulmányt, a Vajdaság Autonóm Tartomány Kormányának, Tartományi Gazdasági Titkársága és a DKMT Duna-Körös-Maros-Tisza Eurorégiós Fejlesztési Ügynökség, Nonprofit Közhasznú Kft. közös megbízásából [4]. Ezzel kezdeményezve az egykor hatalmas stratégiai jelentőséggel bíró Alföld–Fiumei Vasút vonalának rekonstrukcióját.

A projekt során felújítással érintett első szakasz (Szeged–Röszke–Szabadka) a Duna-Körös-Maros-Tisza Regionális Együttműködés (DKMT Eurorégió) területén található, Csongrád-Csanád vármegyében és a Vajdaság északi régiójában. A DKMT Eurorégió térségének gazdasági, földrajzi és stratégiai jelentőségét Európa-szinten elismerik, ennek köszönhetően indult meg a 136. számú vasútvonal felújítása is [4].

A Szegedet Szabadkával összekötő vasútvonalat az Európa szállítmányozási viszonylatában a TEN-T átfogó hálózatának részeként tartják számon, amely vasúti közvetett összeköttetést biztosít a IV. és a X/B korridorok között (2. ábra).

A fentiek, valamint a jelenleg is zajló X/B korridor magyarországi szakaszának (150-es vasútvonal, a Budapest–Kelebia országhatár) teljes átépítése indokolta a projekt minél hamarabb történő megvalósítását. Így biztosítva azt, hogy a(z) X/B korridor jelentős mértékű teherforgalmát a kerülő útirányon (Budapest–Cegléd–

Szeged–Röszke[–Szabadka]) át lehessen közlekedtetni.

2019. augusztusban a magyar kormány 1512/2019. (VIII. 26.) számú kormányhatározatában döntött Szeged–Röszke országhatár (–Szabadka) vasútvonal fejlesztéséről. 2021 októberében kezdődött meg a vasútvonal átépítése.

Az átépítés tervezése

Az átépítés előtti műszaki paraméterek [5]

- A vasútvonal Szeged-Rendező–Röszke államhatár között egyvágányú, dízel vontatású vasútvonal volt.
- A vonalszakasz eredeti kiépítési sebessége 60 km/h, azonban a leromlott pályaalap miatt 20 km/h állandó sebességkorlátozás került bevezetésre.
- A legnagyobb tengelyterhelés az eredeti 210 kN helyett – a leromlott pályaalap miatt – 170 kN tengelyterhelés-korlátozás került bevezetésre.
- Röszke állomáson sinkoronasztintú peron volt.
- A személyszállítás a vonalon 2015-től szünetelt, a tehervonat-közlekedés minimálisra csökkent.

Az átépítés fontosabb műszaki követelményei [5]

- A vasúti vonalszakaszon a fejlesztési sebesség 160 km/h, míg a kiépítési és az engedélyezési sebesség 120 km/h.
- A tervezett legnagyobb tengelyterhelés: 225 kN.

- A vasúti pálya villamosítása megépül, a biztosítóberendezés, távközlés korszerűsítésre kerül, átépülnek a keresztező és párhuzamos utak.
 - Szeged-Szentmihály településrészen új megálló (Szentmihálytelek) létesül.
 - Röszke állomás teljesen átépül, a tervezett sk+55 cm peron kedvezőbb gyalogos megközelítéssel valósul meg. A szolgáltatási színvonal javítása érdekében az állomáson és megállóhelyen P+R és B+R, esőbeálló, korszerű utastájékoztató és térvilágítás létesül.
 - Opcionálisan: Delta-vágány kerül megépítésre, amellyel a 136. számú vasútvonalról a 140. számú vasútvonalra közvetlen áthaladás biztosítható.
- A TRENCON COWI Kft. által 2014-ben készített Szeged-Rendező–Röszke (országhatár) szakasz engedélyezési tervdokumentációját a Nemzeti Fejlesztési Minisztérium VHF/21609-4/2017-NFM számú határozatában elfogadta és a vasúti pálya és a vasúti pálya tartozékainak megépítésére az építési engedélyt megadta.

A vasútvonal átépítése

A vasútvonal átépítésére kiírt pályázatot a V-HÍD Zrt. nyerte el.

A minél gyorsabb és hatékonyabb pályaépítéshez a kivitelező a felújítás során SMD 80/UPV 2002 vágányépítő és -átépítő gépláncával is dolgozott. A géplánc hazai viszonylatban már bizonyított és ezen projekt lebonyolítását is nagyban elősegítette [6]. Az átépítés az eredeti vágánytengelyben történt, nyomvonal-kor-

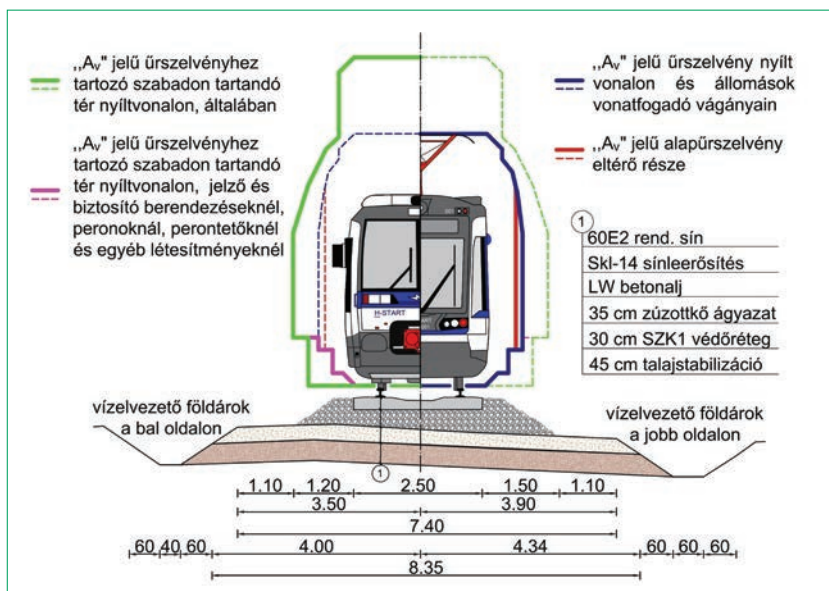
Garai Mihály 1984-ben a győri Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskolán szerzett vasútépítési és -fenn tartási üzemmérnöki oklevelet. Ezt követően a MÁV Hódmezővásárhelyi Pft. főnökségen dolgozott szakasz-mérnöként. 1994-ben a szegedi MÁV-igazgatóságon műszaki szakértőként folytatta munkáját, ahol jelenleg is feladatai közé tartozik a vasúti pálya felügyeleti tevékenységének ellenőrzése, vasúti építmények közlekedésmérnöki tervezése, szakértése.

rekcióna nem volt szükség. A földmunkák során – a MÁV Zrt. által kezelt területen belül – a vasúti pálya két oldalán 10-10 m szélességben, valamint az útátjáróknál a sebességemelés miatt megnövekedett rálátási háromszögekben fakivágást, bokorirtást kellett végezni.

A vasúti pálya egy része töltésen, nagyobb része terepszinten került kialakításra. Az alépítmény megépítése során 25-40 cm változó vastagságú SZK1 védőréteg és alatta 45 cm vastagságú talajstabilizáció épült (3. ábra).

Az átépített vasúti vágány felépítményének kialakítása:

- 60 kg/fm sínrendszer, síndőlés 1:40, hézag nélküli kialakítás;
- közvetlen, alátételemez nélküli, rugalmas leerősítés (Skl 14);
- LW jelű betonalj, aljtávolság 60 cm;



3. ábra. Jellemző keresztmetszely nyílt vonalon

- minimum 35 cm vastag hatékony zúzottkő ágyazat.

2022 májusában a MÁV Zrt. a vonatkozó vállalkozási szerződés keretében megrendelte a 136. számú és a 140. számú vasútvonal közötti delta-vágány tervezését és kiépítését.

Szeged-Rendező pályaudvar IV. és VI. váltóórlyéből állított kitérőiben, valamint Röske állomás új kitérőiben váltófűtés került kialakításra.

Az átépítés során egy csoport útátjáró

megszüntetésre, egy pedig áthelyezésre került. Az útátjárók átépítése során három esetben műgyanta kötőanyagú BODAN rendszerű, a többi útátjáró esetén szegélygerendás STRAIL rendszerű útátjáró burkolat épült, minden útátjáróban szivárgóval.

A vasútvonalon az átépítés előtt 10 darab műtárgy volt, amelyek közül változtatás nélkül megmaradt egy darab közúti felüljáró és egy darab csóáteresz. Az átépítés során egy áteresz megszüntetésre, a



4. ábra. Röske állomás új peronja



5. ábra. Új megállóhely Szeged-Szentmihály városrészen

többi hét darab műtárgy egy darab tartóbetétes vasbeton lemezhidra és hat darab vasbeton kerethidra került átépítésre.

A projekt keretében meg fog valósulni a 136-os vasútvonal villamosítása. A vonal felsővezeték-hálózata Szeged-Rendező állomás kapcsolókertjéből indul majd, és kiépítésre kerül az országhatárig. A hosszláncok munkavezetékének névleges magassága sínkoronaszint felett állomáson és nyílt vonalon 5,70 méter, az útátjárók felett 6,00 méter. Szeged–Szabadka-vasútvonal villamosításához 25 kV-os villamos vasúti vontatás tápellátására új villamos alállomás létesül Szegeden, az NKM (korábban EDF-DÉMÁSZ) tulajdonú 120/10 kV-os Cserepes sori transzformátorállomás bővítésével. Jelenleg az alállomás épületének építése zajlik, hamarosan a kitáplálást biztosító kábelek fektetése is megkezdődik.

A vasúti üzem a Szegedi KÖFI központból lesz részben távvezérelhető. Rösztke állomáson és Szeged-Rendezőn ESA elektronikus biztosítóberendezés létesül, jelenleg üzembe helyezésre került már Rösztke állomáson a berendezés mint jelzőberendezés. A biztosítóberendezéssé történő átminősítés érdekében a szükséges dokumentációk és szoftver módosítások folyamata zajlik. A vonalon öt darab jelzőrendszerű fény- és félsorompó létesült, amelyek üzembe helyezése már megtörtént. A berendezések végső üzembe helyezését követően a vonatbefolyásolásra ETCS L1 fog létesülni.

A projekt keretében kiépítésre kerül a GSM-R rendszer. A vonalon már lefektették a biztosítóberendezési vonalkábel, energiaellátó kábel, helyi távközlési kábelekkel együtt.

Rösztke állomáson az eredeti (rég) felvételi épület és a mérlegház felújítása történt meg, az állomás többi eredeti üzemi, utasforgalmi és melléképülete elbontásra került.

A régi felvételi épülettel ellentétes oldalon (az állomás bal oldalán) egy darab új utasforgalmi épület épült P+R és B+R parkolóval. A régi felvételi épület és az új utasforgalmi épület között az SK+55 cm-es széles peron, két darab új esőbeállóval, korszerű utastájékoztatóval és térvilágítással került megépítésre (4. ábra). Rösztke állomás jobb oldali épületeit (rég) felvételi épület és a mérlegház) vasútüzemi, valamint VÁM és határrendészeti funkciók ellátására alakították át.

A vasútvonal mellett a szükséges helyeken XTR akusztik zajárnyékoló falrendszer épült. A zajárnyékoló elemek cementkötésű, ásványosított faforgácsból készül, gyártás folyamán színezett fabetonból és a hanggátlást, valamint az elem mechanikai tulajdonságait elősegítő betonrészről állnak.

Szeged-Szentmihály városrészen új megállóhely létesült, P+R parkolóval, SK+55 cm magas utasperonnal, esőbeállóval, korszerű utastájékoztatóval és térvilágítással (5. ábra).

A vasútvonal metszi a magyar–szerb

országhatárt, ahol a vasúti vágány megszakítja az ideiglenes biztonsági határzár mentén található elektromos kerítés folytonosságát, ezért a vasúti vágányra merőlegesen egy úszókapu (határkapu) került kiépítésre (6. ábra). A kapu működtetési protokollja során a forgalomirányító személyzet telekommunikációs eszközön keresztül jelzi a határkapu mellett szolgálatot teljesítő rendőri erők részére a nyitási igényt. A jelzés alapján a határkapu mellett a rendvédelmi feladatokat ellátók távirányítóval vagy manuális módon nyitják-zárják a kaput, ha ennek nincs biztonságot veszélyeztető akadálya.

Forgalomba helyezések

Első körben az infrastruktúra-alrendszer forgalomba helyezése 2022. július 31-én történt meg, azzal a korlátozással, hogy csak tehervonatok közlekedhetnek, 60 km/h alkalmazható sebesség mellett, dízelüzemű vontatással. A személyszállítási szolgáltatáshoz ekkorra még nem készültek el a létesítmények (utasforgalmi létesítmények, utastájékoztató berendezések stb.).

A kivitelezési munkák folytatódtak a nappali időszakban megtartott vágányzárban, illetve éjszakánként (18:00–6:00 óra között) a tehervonati forgalom lebonyolítása biztosított volt a vonalon.

2023. október 20-ra elkészültek az utasforgalmi létesítmények Szentmihálytelek

Horváth Csongor 1999-ben született Salgótarjában. 2022 júniusában végzett a Nemzeti Közszolgálati Egyetem Víz tudományi Karán, építőmérnökként. 2022 szeptemberétől a MÁV Zrt. Szegedi Pályavasúti Területi Igazgatóság Területi Pályalétesítmenyi Osztályán dolgozik mérnökgyakornokként. 2024 januárjában a Széchenyi István Egyetem Építés-, Építő- és Közlekedésmérnöki Karának Infrastruktúra-építőmérnöki MSc szakán végzett infrastruktúra-építőmérnökként közlekedésszaki szakirányon.

6. ábra.
Az országhatáron lévő határkapu.
(Fotó: Püspöki Krisztina és Berczeli Dániel)



megállóhelyen és Rösztke állomáson, így azok forgalomba helyezése is megtörtént. 2023. november 28-án hajnalban, nyolc év után naponta öt vonattal – továbbra is dízelüzemű vontatással – megindult a személyforgalom Szeged és Szabadka között. Később a biztosítóberendezés készségi foka lehetővé tette a 80 km/h sebességre történő emelést.

A projekt végdatuma várhatóan 2025. december 31. lesz, amikor az opciók lehívás keretében megrendelt delta-vágány forgalomba helyezése is megtörténik. A projekt befejezése után – a közlekedési hatóság engedélyével – a 136. számú vasútvonalon a vonatok akár 120 km/h sebességgel is közlekedhetnek majd.

Tram-train közlekedés tervezése

2022-ben – eredményes közbeszerzési eljárást követően – megkezdődött Szeged–Szabadka között az engedélyezési tervek elkészítése a tram-train rendszer kiépítésére. A tervnek tartalmaznia kell a vasúti pálya és tartozékaira, a biztosítóberendezésre, a közúti-vasúti tartozékaira és kiegészítő létesítményeire vonatkozó dokumentációt.

A terv részeként Szeged városában ki kell alakítani egy csaknem 3,5 kilométeres, felsővezetékkel rendelkező vágányt, amely alkalmas a tram-train járművek közlekedésére. A tervek között szerepel két új megállóhely és egy úgynevezett hurokvégállomás megtervezése is. Ezenkívül korszerűsíteni kell a meglévő körülbelül 6,0 kilométeres villamosvonalat, a hozzá tartozó felsővezeték-rendszerrel együtt.

Összefoglalás

A 136-os vasútvonal Szeged-Rendező-Rösztke (országhatár) szakaszán 2021 ok-

tóberében kezdődött meg a munkavégzés. A vonalszakasz korszerűsítési és felújítási munkálatai előtt a vonalon a magyarországi szakaszon főként elhasználtótt állapotú, hevederes 48-as rendszerű, míg a szerbiai oldalon még 34,5 kg/fm tömegű, „c” jelű sínek voltak [5]. Ebből is jól látható az, hogy a vasútvonal és a hozzá tartozó infrastruktúra már nem tudta kiszolgálni a XXI. század által vele szemben támasztott követelményeket. A felújítás keretein belül megújult a vágányhálózat; Rösztken új utasforgalmi épületet avattak és új peron épült. Szeged-Szentmihály településrészen új magasperonnal ellátott megállóhely létesült; több útátjáró biztonsági felülvizsgálata és átalakítása megtörtént. Ezenkívül számos olyan egyéb modernizációs beavatkozás valósult meg, amely a jövőben a DKMT Euróregió fejlődését fogja elősegíteni. ◀◀

Irodalomjegyzék

[1] Barkóczy J és munkatársai. *Magyar vasúttörténet, 1. kötet. Budapest: Bodor Gyuláné; 1995.*

[2] Bede A, Engi J, Evers A, Mezei I, Horváth F. *125 éves az Alföldi Vasút. Budapest: MÁV Rt. Vezérgazgatósága; 1996.*

[3] Fritz G, Grátzer Á. „A tengerparti vasút”. *Indóház Online*, 2014. október 19. Elérés: 2024. május 14. [Online]. Elérhető: <https://iho.hu/hirek/a-tengerparti-vasut-141019>

[4] COWI Konzorcium, „Megvalósíthatósági tanulmány a Szeged-Rösztke-Horgoš-Subotica-Csikéria-Bácsalmás-Baja vasútvonalra vonatkozóan, a környezeti hatások elemzéséve”. *Zárójelentés 130981, nov. 2011.*

[5] MÁV Zrt. *Beruházási Lebonyolító Igazgatóság, „Szeged-Rendező (bez.)–Rösztke*

országhatár vasútvonal rekonstrukciójának tervezése és kivitelezése.” 2019. november 26.

[6] Hegedűs G. „Ritkaságnak számító óriási géplánc gyorsítja a Dél-Alföld kulcsfontosságú vasútfejlesztését – videó”. *magyarepitok.hu*. Elérés: 2024. május 15. [Online]. Elérhető: <https://magyarepitok.hu/vasutfejlesztes/2022/05/ritkasagnak-szamito-oriasi-geplanc-gyorsitja-a-del-alfold-kulcsfontossagu-vasut-fejlesztetet>

Summary

Work on the Szeged-Rendező-Rösztke (state border) section of the railway line 136 started in October 2021. Before the modernisation and renovation works on the Hungarian section, the line was mainly fitted with worn-out rails of 48 system with fish-plated joints, while on the Serbian side the rails were still marked "c" with a weight of 34.5 kg/m. This clearly shows that the railway line and the associated infrastructure were no longer able to meet the requirements of the 21st century. As part of the renovation, the track network was renewed, a new passenger building was opened in Rösztke and a new platform was built. In the Szeged-Szentmihály section of the settlement, a new station with a high platform was built; several crossings were safety-checked and upgraded. In addition, a number of other modernisation interventions have been carried out which will contribute to the future development of the DKMT Euroregion.



Varga András László

lebonyolító mérnök
MÁV Zrt. BLI MMEO
Műszaki Lebonyolító Iroda
Budapest

✉ varga.andras.laszlo@mav.hu
☎ (30) 429-1996



Kropok Géza

beruházási
projektkoordinátor
MÁV Zrt. BLI MMEO
Műszaki Lebonyolító Iroda
Budapest

✉ kropok.geza@mav.hu
☎ (30) 718-1252



Dr. Balla Brigitta*

irodavezető
MÁV Zrt. Mérnöki és
Műszaki Ellenőrzési
Osztály, Műszaki
Lebonyolító Iroda Pécs

✉ balla.brigitta@mav.hu
☎ (30) 738-3055



Hangya Éva Zsuzsanna*

projektmenedzser
MÁV Zrt. Fejlesztési és
Beruházási Főigazgatóság,
Projektiroda

✉ hangya.eva.zsuzsanna@mav.hu
☎ (30) 308-9778

Az új Keleti-utascentrum kivitelezésének tapasztalatai (3. rész)

Felvonók, mozgólépcsők, üzemeltetői tapasztalatok

A cikksorozat utolsó, befejező részében a felvonók, mozgólépcsők műszaki szakmai megoldásait, valamint a Keleti-utascentrum üzemeltetésére vonatkozó néhány javaslatot, tapasztalatot fogunk bemutatni.

A Keleti pályaudvarra tervezett mozgólépcső egyedülálló a MÁV Zrt. esetében, mert eddig egy darab üzemelt a társaság területén. A tervezés és a kivitelezés is nagy kihívást jelentett, ahogy az üzemeltetés is. Ki kell emelnünk, hogy az első részben bemutatott földemmeggyengülés helyreállítása miatt egy évet csúszott a kivitelezés befejezése, ezért később kerültek beüzemelésre a metrószerkezetű utasforgalmi térben található felvonók és mozgólépcsők. A felvonó- és mozgólépcső-direktíván kívül még a MÁV Zrt. által elkészített tervezési irányelvet is figyelembe kellett venni a terek elkészítésénél.

Felvonók és mozgólépcsők

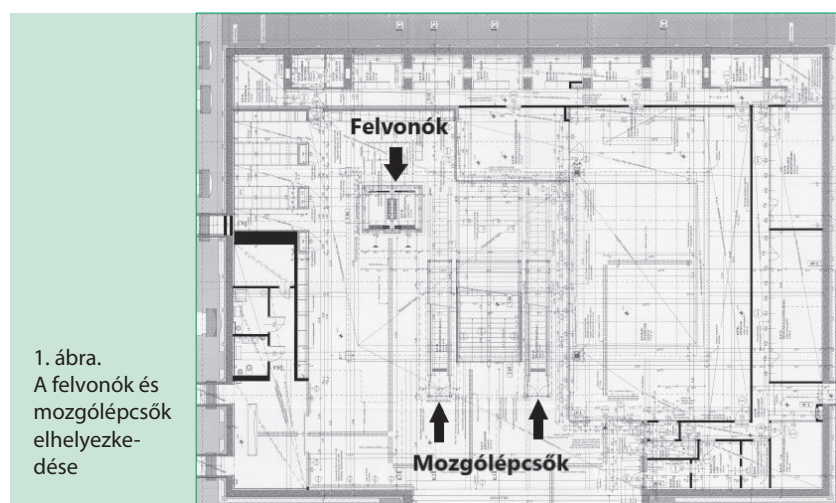
Az építész-tervező felé az örökségvédelem részéről külön kérés volt, hogy a vágánycsarnok műemléki belső homlokzatát a lehető legkisebb mértékben zavarja meg a liftakna. Kiemelt cél volt tehát, hogy a lehető legjobban átlátszó szerkezet valósuljon meg, ennek a pontmegfogott üveggel

burkolt aknaszerkezet felelt meg a legjobban. Az akna vandálbiztos kivitele ennek okán sokkal nehezebben volt teljesíthető. A légies, áttetsző megjelenésen felül a mozgólépcsők megjelenésével kapcsolatban nem merültek fel különös műemléki szempontok (1. ábra).

Elmondható, hogy a projektben a lift és

mozgólépcsők kivitelezése kihívást jelentett a kivitelező konzorcium számára, így több nehézség is felmerült.

Még a gyártás megkezdése előtt felvetődött a felvonók és mozgólépcsők gyártmányának megváltoztatása. Eredetileg KONE típusú mozgólépcsőre (két darab) és liftre (két darab) adta ki a hatóság az



1. ábra.
A felvonók és
mozgólépcsők
elhelyezke-
dése

*A szerzők életrajza megtalálható a Sínek Világa 2021/3. és 2024/1. számban, valamint a sinekvilaga.hu/Mérnökportrék oldalon.



2. ábra. Kész mozgólépcsőakna

építési engedélyt. A kivitelezést végző konzorcium költségoptimalizálás okán többszöri egyeztetést végzett a KONE felvonó- és mozgólépcsőgyártóval. Az egyeztetések nem zárultak sikerrel, így típusváltás mellett döntöttek. Alapvető elvárás ilyen esetben a műszaki egyenértékűség teljes körű biztosítása, azonban nem volt egyszerű feladat a valamennyi paraméter tekintetében egyenértékűséget biztosító típus megtalálása.

A konzorcium végül a lehetséges alter-

natívák keresését a német TK Elevator lift- és mozgólépcsőgyártó hazai képviseletével (TK Elevator Solution Center Europe Kft., továbbiakban TKE) zárta le, akik elvállalták a felvonóberendezések gyártását és beszerelését a beszerzési kiírásban meghatározott 11 hónapon belüli megvalósítási határidőre. A beépítési engedély kiadásához a konzorciumnak a felvonóra vonatkozó papírokat (tanúsítványokat, egyenértékűségi nyilatkozatát) a MÁV Zrt. részére át kellett adnia megrendelői jóváhagyásra, az egyenértékűség vizsgálatára.

Mozgólépcső- és felvonóaknák kivitelezési nehézségei

Az alsó vasbeton süllyesztékek a korábban (1. rész) már részletezett kivitelezési nehézségek leküzdésével megvalósult (2. ábra).

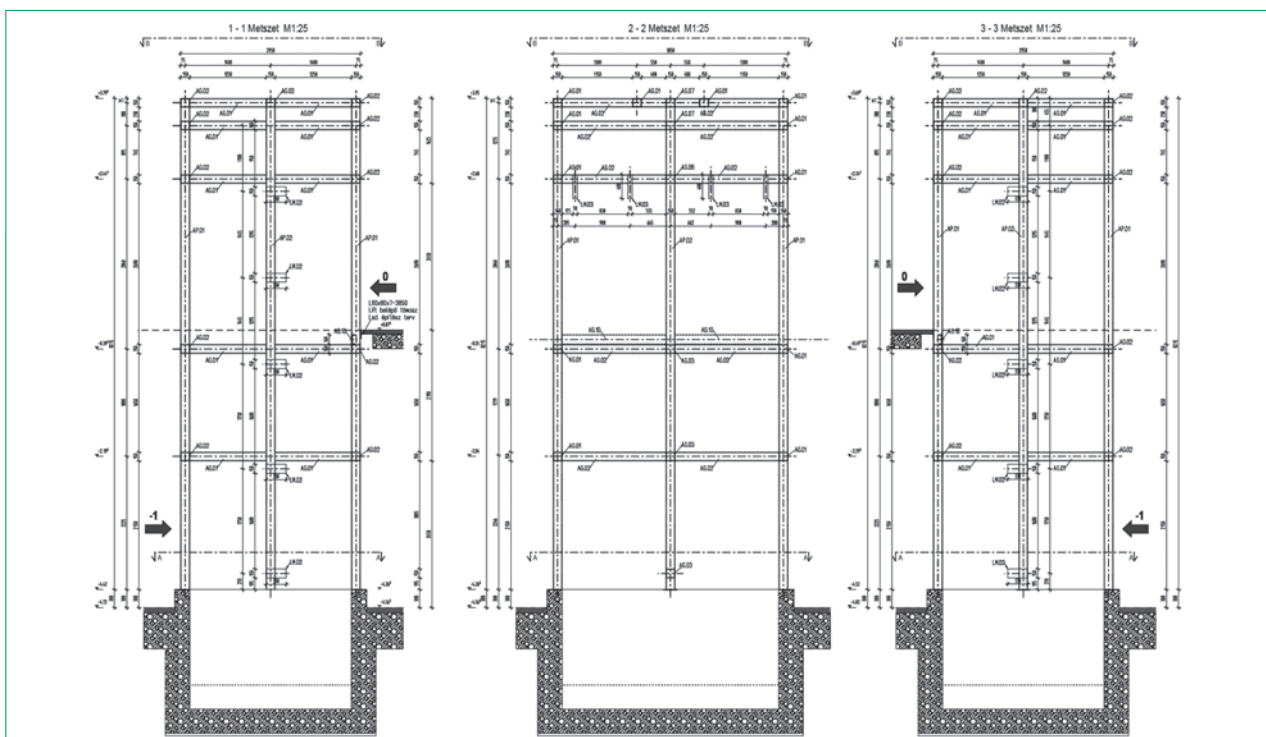
A kivitelező a felvonó-aknatornyok acél vázszerkezetét az eredeti koncepció megtartásával, de a megrendelt felvonók gyártmánytervezésével összhangban a saját tervezőjével áttervezette, amely kismértékben eltért az eredetileg tervezettől (3. ábra). A vázszerkezeti eltérések hatásait végül a kivitelezés finom befejező munkafázisainál (kezelőpanelek, üvegburkolati betétek) kellett szakszerűen kezelnie a

kivitelező csapatnak, amelynek a kivitelezési ütemezéshez képest többletidőigénye volt (4. ábra). Az átlátható üvegezett akna következtében a látható belső felvonógépészeti biztonsági szerelvények, elválasztórácsok végső megjelenését a műszaki lehetőségeken belül minden esetben meg kellett feleltetni a felvonóakna építészeti megjelenési követelményeinek.

Fontos kiemelni, hogy a helyszínen hegesztett acél toronyszerkezet kivitelezési minőségére (zártszelvény toldások síktoleranciája, esztétikus varratképzés és festés) a látszó kivitel miatt különös gondot kellett fordítani. Erre a szerkezetépítő szak kivitelezőnek figyelmét többször is felhívtuk, a szükséges javításokat elvégezték.

Az előírt vandálbiztos minősítés követelményrendszere miatt számos részletmegoldást kellett pontosítani a kivitelezés során, ebben a műszaki ellenőrök szakmailag nagyban segítettek a kivitelező munkáját.

Az aknák elkészülése után az eredeti ütemterv szerint (2022. február 22. éjszaka) megérkeztek a mozgólépcsők Spanyolországból (5. és 6. ábra). A felvonók beépítését végző alvállalkozó pár nappal később elkezdte beépíteni a mozgólépcsőket, holott a berendezések az eredeti ütemterv szerint a kivitelezés utolsó fázisában lettek volna telepítve, amikor már



3. ábra. Felvonótorony acél vázszerkezeti terve



4. ábra. Felvonótorony acél vázszerkezete kivitelezés közben

nem történik jelentős portterheléssel járó munka. A beszerelt berendezések így beüzemelés nélkül közel egy évig álltak a munkaterületen. A berendezések védelméről a kivitelezőnek folyamatosan gondoskodnia kellett, amely egyúttal jelentős kockázatot is jelentett számára (7. ábra).

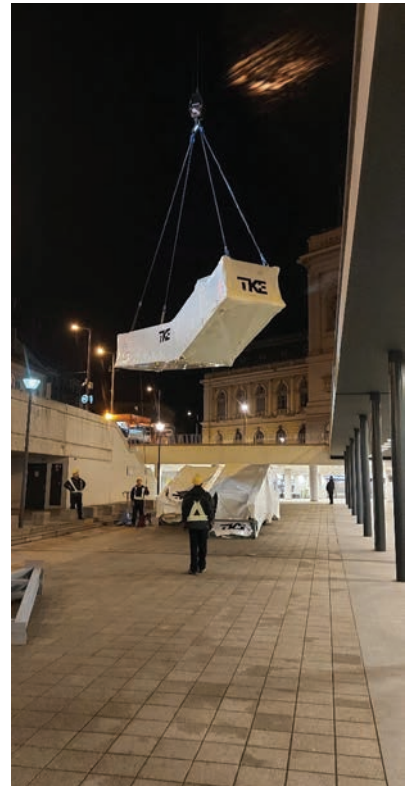
A felvonók telepítése az összes akadály elhárítása és a megfelelő igazolások benyújtását (hegesztésekről és a korrózióvédelmi bevonatról) követően kezdődhetett meg. A beépítés megközelítőleg négy hetet vett igénybe.

Lift- és mozgólépcső-tanúsítás

Magyarországon a tanúsítást az ÉMI TÜV-SÜD Kft., a Marton Szakértő Kft. és a TÜV Rheinland Kft. végezheti.

A kiválasztott tanúsító cég a felvonók tanúsítását a 28/2016. (VIII. 23.) NGM-rendelet szerint, a mozgólépcsők üzembe helyezése előtti vizsgálatot a 16/2008. (VIII. 30.) NFGM előírásainak megfelelően végezte el, megfelelőségi tanúsítványt állított ki.

A „289/2012. (X. 11.) kormányrendelet a vasúti építmények építésügyi hatósági engedélyezési eljárásainak részletes szabályairól” részletesen megfogalmazza a használatba vétel engedélyezésével kapcsolatos követelményeket. A követelmények között a független tanúsító szervezet által kiállított EK-hitelesítési nyilatkozat és a nemzeti szabálynak való megfelelést igazoló hitelesítési nyilatkozat rendelkezésre állása is szerepel. Vasúti pályák esetében a tanúsítás szükségessége széles körben



5. ábra. Mozgólépcső daruval történő beemelése a metrószintre

ismert és elfogadott tény. A rendelet hatálya ugyanakkor kiterjed a vasúti üzemi létesítményekhez kapcsolódó felvonók, mozgólépcsők és mozgójárdákra, így jelen esetben is szükséges volt a teljes tanúsítás. A rendelet előírja az átjárhatósági műszaki előírásokban előírt alrendszerre vagy rendszerelemekre a bejelentett szervezet, egyéb műszaki szempontokra a megfelelőségértékelő szervezetek tevékenységéről szóló törvény szerint kijelölt szervezet tanúsítását, valamint – ha jogszabály előírja – a kockázatértékelést. Ennek megfelelően NoBo-tanúsítás szükséges az európai vasúti rendszer részét képező alrendszerek építése, felújítása, korszerűsítése, fejlesztése esetén. A DeBo-tanúsítás valamennyi alrendszerre szükséges.

Az engedélyezési terveket a jogszabálynak megfelelően minden esetben tanúsítani szükséges. A tervtanúsítást a KTI Magyar Közlekedéstudományi Intézet végezte. A tanúsító szervezet közbenső megfelelőség-ellenőrzési nyilatkozatot adott ki (ISV). Az ISV az esetleges nem megfelelőségeket az értékelési jelentésben tartalmazza.

A tanúsítás elvégzésére a RailCert Hungary Kft.-t kérte fel a kivitelező, amely szervezet a hagyományos vasúti rend-



6. ábra. A mozgólépcső elemeinek beemelése az aluljáróba és a munkaterületre deponálása

Varga András László villamosmérnök 2012 óta kötődik a MÁV-hoz. A MÁV egyik akkori cégénél, a MÁV Ingatlankezelő Kft.-nél műszaki szakelőadóként tevékenykedett, majd később, miután a kft. beolvadt a MÁV-ba, a TIZO (Területi Ingatlankezelési és Zöldterület-karbantartási Osztály) csapatában végezte feladatát. A MÁV tulajdonában lévő épületek villamos biztonságtechnikai felülvizsgálatát felügyelte, illetve az ebből eredő javításokat koordinálta. Nagyjából egy év időtartamban vezetőmérnöki beosztásban is dolgozott, amelynek befejeztével 2020-tól áthelyezését kérte és kapta a Beruházás Lebonyolító Igazgatóság Mérnöki és Műszaki Ellenőrzési Osztály Műszaki Lebonyolító Irodájához Budapestre, mint lebonyolító mérnök. Egyre komolyabb feladatokat kapott, amelyek esetenként jelentős kihívást is jelentettek. Feladatai közé tartozott a jegykiadó automaták, az esőbeállók, a B+R tárolók telepítésének lebonyolítása, de foglalkozott világítások korszerűsítésével és a folyamatos energiabővítések is komoly szerepet kaptak munkájában.

szerek kölcsönös átjárhatóságáról szóló 103/2003. (XII. 27.) GKM-rendelet (OVSZ I.) alapján végezte a vizsgálatot. A tanúsítvány kiadásához szükséges számos – szerződés szerint későbbi időpontban átadandó – dokumentum (megvalósulási dokumentáció, üzemeltetői nyilatkozatok), így ezek elkészítését jóval előbb meg kellett valósítani. A dokumentumok bekérését követően helyszíni ellenőrzés következett.

Az ellenőrzés során felmerült több észrevétel, esélyegyenlőséggel összefüggésben

szükséges kiegészítő piktogramok elhelyezése, a lifthez és mozgólépcsőhöz vezető taktilis sávok kialakításának módosítása és a vakokra és gyengénlátókra vonatkozó előírások biztosítása. A lifteken található hívóabló színének kontrasztosan el kell térnie a tábló környezetétől, a taktilis sáv esetében pedig biztosítani kellett a taktilis sáv és a burkolat színe közötti 30%-os eltérést, amit közbelső fekete sávok elhelyezésével lehetett megvalósítani (8. ábra).

Az engedély előírta, hogy csatolni szükséges a katasztrófavédelem és az örökségvédelem szakhatósági állásfoglalását, ezek megszerzéséhez is szükség volt többletidőre. Miután ez megtörtént, a vasúti hatóság kiadta a használatbavételi engedélyt a be rendezésekre.

Ezt követően 2023. május 1-jén, a Keleti pályaudvar nyitáskor már használhatóak voltak a liftek és mozgólépcsők (9. ábra).

Üzemeltetői kihívások

A mozgólépcső esetében helyszíni távfelügyeletet kell biztosítani. Erre a célra a Keleti pályaudvar peronszintjén lévő egyik használaton kívüli helyiség lett kijelölve. A helyiség átalakítása és az informatikai megoldásokhoz szükséges infrastruktúra kiépítése az utascentrum megnyitására készült el. Párhuzamosan a Teleki Blanka utcai Ingatlan Diszpécser Központban redundánsan megfigyelés zajlik a biztonságos üzemeltetés érdekében.

A MÁV Zrt. kezelésében egyelőre kis számú mozgólépcső van, így nem sok üzemeltetői tapasztalattal rendelkezik. Jelenleg nagy kihívás elé állítják a mozgólépcsők az üzemeltetőt, azonban a jó gyakorlathoz szükséges tapasztalatok fo-

lyamatosan összegyűjtésre és kiértékelésre kerülnek.

A megnyitás és az üzemeltetés kezdete óta a mozgólépcsők több esetben meghibásodtak, amelynek okait folyamatosan vizsgálja utókövetésként a projekt.

Egyik legjelentősebb hiba az M2-es mozgólépcsőnél történt. A felső hajtómotor tengelyén lévő csapágy meghibásodott, azonnali cseréje vált szükségessé (10. ábra). A hibás működés a folyamatos üzem alatt az alatta lévő irodában szinte elviselhetetlen zajhatást okozott, ami a csere után megszűnt. A lépcsők valamennyi biztonsági berendezését az első három hónapon belül utóellenőrzés alá kell vetni és szükség szerint beállítani.

Az utascentrum üzemeltetése

Az utascentrum a felújítandó, átalakítandó épületrész a pályaudvar felvételi épület pinceszintjén, az aluljárókból a vágánycsarnokba vezető lépcsők mellett, illetve a Kerepesi út felől elhelyezkedő pince szintjén helyezkedik el, amely terület korábban belföldi jegypénztárként üzemelt.

Az utascentrum előkészítő és kivitelezési munkálataiba az indulástól kezdve bevonásra kerültek az üzemeltetési szervezetek képviselői, akik a kivitelezésben szakértői támogatást, és a későbbi üzemeltetésre való felkészüléshez szükséges információkat biztosították.

Tervezési fázis és az üzemeltetés kapcsolata

Az utascentrum tervezésekor több szempontot figyelembe vettek, amelyek jelentősen meghatározzák az ingatlanüzemeltetés feladatait is az alábbiak szerint:

- A meglévő pincszinti külső és belső utasforgalmi terek, belföldi jegypénztár korszerűsítése, megfelelő helyiségstruktúra rekonstrukciója, a XXI. század igényeinek megfelelő építészeti és funkcionális kialakítással, oly módon, hogy az új létesítmény folyamatosan ki tudja szolgálni az utasok és az ott dolgozók igényeit. Az utascentrum gördülékeny üzemeltetésének eléréséhez aktív rendelkezésre állás biztosítása szükséges.
- A felvételi épület megmaradt történeti értékeinek, épületszerkezeteinek megőrzése és hiteles helyreállítása az adott tervezési program szerint lehatárolt területen belül, az örökségvédelmi hatóság számára is elfogadható kialakítás és arculat.



7. ábra.
A mozgólépcső állapota
2022. március
11-én

Kropok Géza a Pécsi Tudományegyetem Pollack Mihály Műszaki Kar építőmérnöki szakán építőmérnöki diplomáját 2008-ban szerezte meg, majd 2012-ben elvégezte a felsőfokú hidász beszámoló és szakvizsga – hidszakértői vizsgáját, és 2018-ban műszaki ellenőri jogosultságát szerezte meg. 2008-ban került a Beruházási Szolgáltató Egység Terület Projekt Központ Budapest állományaiba. Kisebb ingatlanfelújítások, közműrekonstrukciók és a MÁV-START Zrt. 2009. évi munkakörülmény-javító karbantartási és beruházási munkák létesítményfelelőse, projektvezető hálózati szinten. 2011–2017-ig a MÁV Zrt. Pályavasúti Területi Központ Budapest Híd- és Alépitményi Főnökségén először hidszakértői, majd szakaszmérnöki feladatokat látott el. 2017 októberében került vissza a Beruházás Lebonyolító Igazgatóság Mérnöki és Műszaki Ellenőrzési Osztály Műszaki Lebonyolító Iroda Budapest állományaiba. Kiemelt feladatai: Hegyeshalom átépítése, Déli pályaudvar, Nyugati pályaudvar, HÜSZ, Vecsés–Üllő–Monor átépítése (hidászfeladatok), Keleti-utascentrum megvalósítása, Biatorbágy–Szárlliget átépítése.



8. ábra. A hívóabló és a taktilis sáv a kiegészítő kontrasztelemekkel

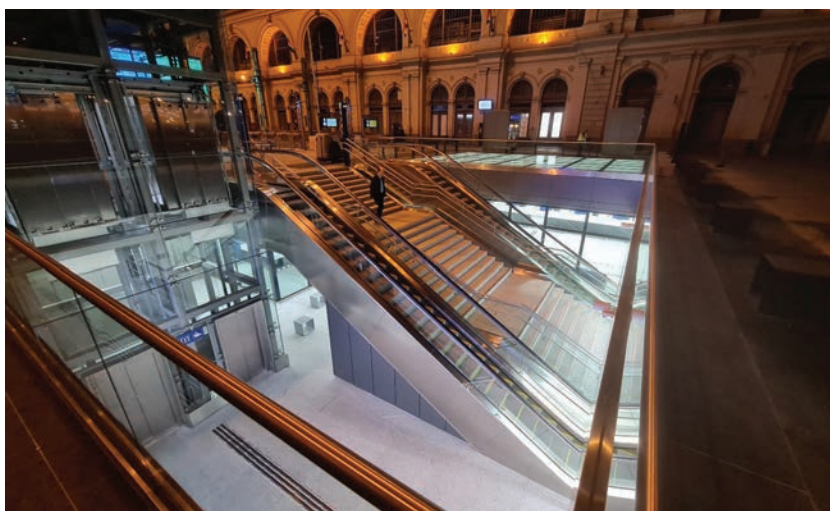
- Az utascentrum előterének akadálymentesítése a nyaktag két oldalán kialakított rámpával és az előtérben épült két lift építésével biztosított. Az előtér burkolatának és világításának kiválasztásakor a látás- és a mozgássérültek számára szükséges a csúszásmentes, szilárd, egyenletes felületű, hibátlan, káprázatmentes burkolatot biztosítani. Az előtérben kiépített, ragasztott rozsdamentes taktilis jel üzemszerű használata mellett is elvárt 30%-os kontrasztosság biztosítása kiemelt feladat.

Utascentrum megnyitását követő üzemeltetési szempontok

Az újonnan megépült utascentrum üzemeltetése különleges és kihívásokkal teli feladat.

Az 1500 m² felújításba vont külső és belső területen, a közlekedő átjáró, az utascentrum és a háttérhelyiségek az örökségvédelmi hatóság számára is megfelelő,

- Korszerű, energiatakarékos gépészeti, villamossági és biztonságtechnikai kialakítás, amelyhez az üzemeltetési szervezetnek a kezelési és karbantartási utasításban foglaltakon kívül kulcsfelhasználói képzések szervezése, tudásbázis kialakítása, folyamatos fejlesztése szükséges a hosszú távú fenntartáshoz.



9. ábra. Elkészült felvonók és mozgólépcsők az átadás napján (2023. május 1.)

a történeti értékeket megőrző, a mai kor igényét kielégítő alaprajzi kiosztását, burkolatválasztását, a létesítményhez tartozó korszerű, energiatakarékos gépészeti, villamossági és biztonságtechnikai kialakítást a tervezők úgy alkották meg, hogy figyelembe vették az üzemeltetési szervezetek és a bérlő (MÁV-START Zrt.) szempontjait, valamint az utasforgalmi igényeket is.

Ingatlanüzemeltetési szempontból az egyik kiemelt feladatnak tekintendő az új létesítmény takarítása, tisztán tartása. Új belsőépítészeti elemek és felületek jelentek meg, Texa, Mesh-háló, rozsdamentes felületek, üvegfelületek, gránitburkolat, Alucobond oldalfalburkolat. Arányaiban sok az üvegfelület, ami kényesebb a takarítás szempontjából, mint a korábbi kőburkolat. Jelenleg 539 m² függőleges üvegfelület takarítása szükséges (üvegkorlátok, utastéri üvegfal, utasmosdó üvegfala, lifttoronyok).

Az üvegfödém 89 m²-e csak kézi takarítógéppel takarítható, illetve egyéb kézi technológiával, szigorúan kerülve a vizes áztatást, valamint a durva kefék, csiszoló tulajdonságú eszközök és savas vagy lúgos anyagok használatát. Rendszeres feladataink közé tartozik az üvegfelület és a fugák sértetlenségének ellenőrzése.

Az utascentrum háttérhelyiségeiben 215 m²-nyi szőnyegpadlóval borított járófelület van, amely otthonosabb hatást kölcsönöz a helyiségeknek, de takarítása eltér a korábbi járólap takarítási módjától.

Az utascentrum ügyféltérében alkalmazott falburkolatok közül a Texa és a Mesh-háló különleges a takarítás szempontjából. Takarítása puha kefével, porszívóval történhet.

Az ügyféltér megjelenésének színvonalát emeli a finombeton burkolat alkalmazása az ügyféltér szélső sávján és a pultok frontján. A finombeton burkolat tisztán tartása nagy odafigyelést igényel, a kiöm-



10. ábra. Mozdólépcső felső hajtómotorjának elszállítása

lott folyadékot a lehető legrövidebb idő alatt el kell távolítani. A nedves takarításhoz vízviszaszívós takarítóautomatával lehet elérni a kívánt hatást.

Az ügyféltér elvárt színvonalú üzemeltetése napi szintű ellenőrzést igényel mind a megfelelő komfortérzet biztosítása, mind a berendezések üzemserű működésének biztosítása érdekében.

A meghibásodások kezelése, mivel még tart a garanciális időszak, sok esetben a meghibásodás azonosítását, nyilvántartását és garanciális bejelentését takarja, valamint a hibák javításának visszaellenőrzését, nyomon követését. A kivitelezés folyamán a vállalkozótól bekérték a beépített gépek, berendezések kezelési és karbantartási leírásait. A leírásban foglaltak szolgálnak alapul a szükséges ellenőrzések és karbantartási feladatok elvégzéséhez, ezzel biztosítva a garanciális időszak szerződésben foglalt időszakának maximális kihasználását.

Az új létesítmény védelmére kamera-rendszer, kártyás beléptetőrendszer, behatolásjelző rendszer és tűzjelző rendszer került telepítésre.

A Baross téri aluljárótól egy elektromos detektívívrcs zárja el, amely a pályaudvar nyitvatartási idejében van nyitva.

Az utascentrum és háttérhelyiségeit használó utasok és dolgozók számára a szükséges komfortérzetet egy komplex légtechnikai rendszer biztosítja, amely a fűtés és hűtés mellett a kellő frisslevegő-utánpótlást is biztosítja. A rendszer a mai elvárásoknak megfelelő, gazdaságos üzemű hőszivattyúval, illetve a MÁV Zrt. saját kazánházából biztosított telepi távhővel működik. A gépészeti berendezéseket két helyre, a háttérhelyiségekhez tartozó kis gépházba és a pincszinten található gépészeti helyiségekbe telepítették, amely az ügyféltér kiszolgálását biztosítja. Az utascentrum megnyitását követően az ügyféltér és a háttérhelyiségek komfortjának megfelelő szintű beállítása, finomhangolási munkái időigényes feladat volt. A légtechnikai rendszer működését egyszerre kellett megfeleltetni a dolgozói elvárásoknak és a külső környezeti hőmérsékletnek megfelelő működésnek. A háttérhelyiségek pincszinti elhelyezkedéséből és az ügyfélcentrum részben nyitott kialakításából adódóan a külső hőmérséklet-változás függvényében eltérő hőérzet alakul ki, amely a légtechnikai rendszer megfelelő beállításával kezelhető. A megfelelő beállítás biztosítása kiemelt üzemel-

tetői feladatként került meghatározásra. Az utascentrum megnyitását követően a használat során üzemeltetői tapasztalat volt, hogy az ügyféltérbe vezető automata ajtó hosszabb ideig volt nyitva a szükségességnél, amely nehezítette a helyiség optimális hűtésének-fűtésének a biztosítását. Az ajtók nyitva tartásának optimalizálásának érdekében első megoldásként a tájékozódást segítő biztonsági örök vezették beljebb az utasokat, közben kiderült, hogy az utasok azért nem mentek beljebb, mert a tükröződés miatt nem látták megfelelően a kijelzőket. A kijelzők megfelelő beállítását követően az utasok az ügyféltérbe beljebb mentek, az automata ajtók nem érzékelték a jelenléteket és áthaladást követően bezáródtak.

Az akadálymentesítés során két mozgólépcső (lépcsőkocsi-szélesség 1000 mm) és duplex akadálymentes vandálbiztos gépház nélküli, 13 személy egyidejű mozgására alkalmas személyfelvonók épültek, amelyek üzemeltetése új feladatként jelentkezett a pályaudvar területén.

A mozgólépcsők biztonságos üzemeltetésének fokozott biztosítása érdekében a helyi diszpécserközponttól kívül egy tartalék munkaállomás is kiépítésre került a Területi Ingatlankezelési és Zöldterület-karbantartási Főnökség ingatlan-üzemeltetési diszpécserközpontjában. A szolgáltatási színvonal emelése érdekében a peronszinten kialakított diszpécserközpont két dolgozója távfelügyeleti kamera-rendszeren keresztül figyeli az üzemserű működést és szükség esetén biztosítja a segítségnyújtást.

A redundánsan kiépített mozgólépcső-megfigyelő rendszer megvalósítását megelőzően a metró üzemeltetési tapasztalatait használta fel a projekt.

A mozgólépcsők a kezdeti időszakban több alkalommal leálltak, egy átfogó karbantartást és beállítást követően a kezdeti hibaszámok jelentősen csökkentek, azonban még előfordulnak leállások, amelyek vizsgálatát a kivitelező szakcég végzi a stabil üzem elérése érdekében.

A személyfelvonókban GSM-alapú vészjelző rendszer működik, amelyen keresztül szükség esetén – élő szavas elérhetőséggel – segítség kérhető. A hang- és egyéb hibaiüzenet közvetlenül egy folyamatosan rendelkezésre álló diszpécseri központba megy, így nincs akadálya a helyszíni intézkedésnek.

Az akadálymentes közlekedést segíti a metrószinten szimmetrikusan kialakított

két rámpa. Az akadálymentesítés során a vakok és gyengénlátók közlekedésének segítésére taktilis sáv került beépítésre. A taktilis sáv a közlekedő átjáró területén a lifthez és az utascentrum-ügyféltér irányába vezet. Az ügyféltérben egy akadálymentes pult – térdszabad kialakítás, pultba épített indukciós hurok, vezetőszáv vezet a pulthoz – került beépítésre.

Köszönetnyilvánítás

Cikksorozatunk utolsó fejezetének összeállítását köszönjük *Czentnárné Makó Krisztinának* (területi pályavasúti szakértő), *Némethné Nagy Bernadettnek* (ingatlankezelési szakelőadó), *Vörös Gyula Márknak* (területi pályavasúti szakértő), PTI BP, Területi Ingatlankezelési és Zöldterület-karbantartási Osztály), *Miksz Lászlónak* (vezetőmérnök, PTI BP, Távközlési Főnökség). ◀◀

Summary

The escalator planned for Keleti terminal is unique in the case of MÁV Co. because till now only 1 piece operated on the area of the company. We have to enhance, that differently from the planned, the elevators and escalators on the metro level in the outer passenger transport area, were set up later, therefore at the start a significant operational problem must be solved, due to the standing of more than 1 year. In case of the escalator, a local remote control was established on the platform level. Besides, parallelly in the Property Dispatcher Centre in Teleki Blanka street, redundantly observation happens for the sake of safe operation. For the appropriate operation of the Passenger Centre, from the starting, the representatives of operational organizations were involved into the preparational and building works, who ensured the expert support in the implementation, and the necessary information for the preparation for the later operation. From the operation of the property point of view one of the emphasized task is the new establishment, the special surfaces – Texa, Mesh-net, stainless-, ALUCOBOND sidewall coating, the glass ceiling of 89 m², and the cleaning of the fine-concrete establishment of the client area.

Alagútfalazatok termikus vizsgálata (5. rész) – A tűzhatás teljesítményalapú jellemzése

Cikkünk első négy részében [1–4] sorra vettük azokat az elméleti és gyakorlati ismereteket, amelyek birtokában az alagútfalazatok felmelegedésének számítása, valamint az alagútfalazat tartószerkezeti tervezése elvégezhető. Ezeket az ismereteket kiegészítve cikkünk ötödik részében olyan speciális kérdéssel foglalkozunk, ami részben túlmutat a tervezési megfontolásokon, de nem megkerülhető a tűzeseti diagnosztika és rekonstrukció szempontjából, ahol a tűzhatás pontos számszerűsítése alapvető fontosságú.



Dr. Majorosné Dr. habil. Lublói Éva Eszter*

egyetemi docens
BME, Építőanyagok és
Magasépítés Tanszék
✉ lublói.éva@emk.bme.hu
☎ (20) 319-3876



Dr. Major Zoltán*

egyetemi adjunktus
Széchenyi István
Egyetem, Győr,
Közlekedésépítési és
Víztechnikai Tanszék
✉ majorz@sze.hu
☎ (30) 358-9288

Bevezetés

Cikksorozatunk ötödik részében bemutatjuk a fajlagos tűzterhek meghatározásának módszerét. Mivel alagúttűzek esetén jellemzően lokális tűzhatást lehet figyelembe venni, így cikkünkben csupán ezzel foglalkozunk és az ennek számításához szükséges ismereteket mutatjuk be. Nem vizsgáljuk azokat a lehetőségeket, amelyek egyenletes éghetőanyag-eloszlást tételeznek fel, mint a paraméteres tűzgörbék. A tűzterhek ismeretében a leírást a hőki-bocsátás meghatározásával folytatjuk, ahol utalunk a normatív lehetőségekre is, de az érték számításának módszerét is bemutatjuk részletesen. A hőki-bocsátás számszerűsítését követően bemutatjuk azokat a lángcsóvamodelleket (Heskestad és Hasemi módszere), amelyek széles körben ismertek és akár állomási terek vizsgálatára is alkalmasak lehetnek, tipikusan olyan esetben, amikor a fenntartás során betárolt éghető anyagok, benzinmotoros eszközök jelenhetnek meg. Ezek részletes bemutatása szükséges, mivel ezek segítségével hídszerkezetek tűzterhelése is meghatározható ezen tűzmodellek segítségével. Ezen módszerek ismertetését követően mutatjuk be cikkünkben azokat a lehetőségeket, amelyeket vonalalagutak vizsgálatára fel lehet használni és jellemzően nagy hőki-bocsátású járműtűzek esetén alkalmazható. Mivel az alkalmazott modellek lehűlési szakasszal rendelkeznek és a cikkünk korábbi részeiben bemutatott termikus modellünk a betonból készült szerkezetek esetén ennek vizsgálatát nem tette lehetővé, így azt is módosítottuk a feladat megoldása érdekében. A terjedelmi korlátok miatt ennek és validálásának bemutatásától eltekintünk. Az alkalmazott módosítás során az MS Excel környezetbe implementált programunkban egy olyan változtatást eszközöltünk, amelynek segítségével figyelembe tudjuk venni a beton anyagjellemzőinek irreverzibilis megváltozását. Így az anyagjellemzők számításánál nem az aktuális hőmérsékletet vesszük figyelembe az egyes zónákban, hanem az addig kialakult maximális hőmérsékletértéket alkalmazzuk.

A fajlagos tűzterhek meghatározása

Függetlenül attól, hogy melyik tűzterhelésmentes alapuló módszer alkalmazása mellett dönt a tervező vagy a szakértő, a tervezés és a diagnosztika során ismernie kell a fajlagos tűzterhek nagyságát. Ennek meghatározásában segítségére van az MSZ EN 1991-1-2:2005 [5] E melléklete, amely alapján a fajlagos tűzterhek tervezési értékének meghatározása az 1. képlet segítségével történik.

$$q_{f,d} = q_{f,k} \times m \times \delta_{q1} \times \delta_{q2} \times \delta_n \quad (1)$$

ahol:

$q_{f,d}$: a fajlagos tűzterhek tervezési értéke [MJ/m²],

$q_{f,k}$: a fajlagos tűzterhek karakterisztikus értéke [MJ/m²],

m : az égési tényező [-],

δ_{q1} : a tűz kialakulásának kockázatát kifejező tényező a helyiség nagyságának függvényében [-],

δ_{q2} : a tűz kialakulásának kockázatát kifejező tényező a rendeltetés függvényében [-],

δ_n : az aktív tűzvédelmi intézkedések hatását figyelembe vevő tényező [-].

A δ_n tényező a 2. képlet segítségével határozható meg, a benne szereplő egyes tényezők értékeit az 1. táblázat foglalja össze.

$$\delta_n = \prod_{i=1}^{10} \delta_{ni} \quad (2)$$

A 2. táblázat értékeit a szabványéhoz képest kiegészítettük. Figyelembe vettük azt az esetet, amikor valamely aktív tűzvédelmi intézkedés nem kerül beépítésre. Így jártunk el a δ_{n1} , δ_{n3}/δ_{n4} , δ_{n5} értékek esetén.

A helyiség nagyságától függő δ_{q1} tényező értékét a 2. táblázat foglalja össze az [5] alapján, míg a rendeltetéstől függő δ_{q2} tényező értékét a 3. táblázat foglalja össze az [5] alapján.

*A szerzők életrajza megtalálható a Sínek Világa 2023/3. számban, valamint a sinekvilaga.hu/Mérnökportrék oldalon.

1. táblázat. A δ_{ni} tényezők értékei [5]

1. táblázat. A δ_{ni} tényezők értékei [5]		
Automatikus tűzoltás	Automatikus vízkibocsátó rendszer	δ_{n1}
	van	0,61
	nincs	1,00
	Független vízforrások	δ_{n2}
	0	1,00
	1	0,87
	2	0,70
Automatikus tűzérzékelés	Automatikus tűzérzékelés és riasztás	δ_{n3}/δ_{n4}
	hőérzékelés	0,87
	füstérzékelés	0,73
	nincs	1,00
	Riasztás automatikus továbbítása a tűzoltóságra	δ_{n5}
	automatikus	0,87
	nem automatikus	1,00
Kézi tűzoltás	Tűzoltók	δ_{n6}/δ_{n7}
	munkahelyi	0,61
	külső	0,78
	Biztonságos elérési utak	δ_{n8}
	van	0,9
	alkalmazása várható	1,0
	alkalmazása nem várható	1,5
	Tűzoltó eszközök	δ_{n9}
	van	1,0
	nincs	1,5
	Füstelszívó rendszer	δ_{n10}
	van	1,0
	nincs	1,5

Megjegyzés: Látható, hogy a tervezés során az egyes tényezők alagútüzemekre történő adaptálása nehézkes, a tervező egyéni megfontolásain alapuló folyamat. Ezzel szemben diagnosztikai feladat esetén, mivel a tényleges tűzterhelést kívánjuk figyelembe venni, így értékük egységnyire vehető fel.

A fajlagos tűzterhelés értékét célszerű módon érdemes két, egymástól jól elkülöníthető tűzterhelés összegeként meghatározni. Az egyik az állandó, míg a másik az időleges tűzterhelés. Az állandó tűzterhelésen az építménybe beépített, éghető anyagú épületszerkezeteiből származó tűzterhelést értjük (kábelek, burkolatok, egyéb beépített eszközök), míg az időleges tűzterhelés alatt a rendeltetésből vagy az alkalmazott technológiából fakadó tűzterhelést. Időleges tűzterhelést jelenthet például az építés és a fenntartás során megjelenő eszközök, anyagok vagy a közlekedés áramlását megvalósító közlekedési járművek.

Az állandó tűzterhelés számításánál minden esetben az éghető anyagok és azok tömegeinek értékéből kell kiindulni az [5] alapján. A tűzterhelés számítása a 3. képlet alapján történik.

$$Q_{fi,k} = \sum M_{k,i} \times H_{u,i} \times \Psi_i = \sum Q_{fi,k,i} \quad (3)$$

ahol:

- $Q_{fi,k}$: a tűzterhelés karakterisztikus értéke [MJ],
- $M_{k,i}$: az i jelű anyag mennyisége [kg],
- $H_{u,i}$: az i jelű anyag névleges fűtőértéke [MJ/kg],
- Ψ_i : a védett tűzterhelés figyelembevételére szolgáló tényező [-],
- $Q_{fi,k,i}$: az i jelű anyag által képviselt tűzterhelés karakterisztikus értéke [MJ].

2. táblázat. A δ_{q1} tényező értékei [5]

A_f [m ²]	δ_{q1}
$A \leq 25$	1,10
$25 < A \leq 250$	1,50
$250 < A \leq 2500$	1,90
$2500 < A \leq 5000$	2,00
$5000 < A \leq 10000$	2,13

3. táblázat. A δ_{q2} tényező értékei [5]

Rendeltetés	δ_{q2}
Kiállítóterem	0,78
Múzeum	0,78
Uszoda	0,78
Iroda	1,00
Lakóhelyiség	1,00
Szálloda	1,00
Papíripar	1,00
Gépgyártás	1,22
Motorgyártás	1,22
Vegyilaboratórium	1,44
Festőüzem	1,44
Pirotechnikai eszközök gyártása	1,66
Festékek gyártása	1,66

A Ψ_i tényező alkalmazása nem kötelező. Célszerűen értékét 1,0-re felvéve a tervező a biztonság javára közelíti a 4. képlet szerint.

$$Q_{fi,k} = \sum M_{k,i} \times H_{u,i} = \sum Q_{fi,k,i} \quad (4)$$

A tűzterhelés karakterisztikus értékének ismeretében a fajlagos érték számítása az 5. képlet alapján történik.

$$q_{f,k} = Q_{fi,k}/A_f \quad (5)$$

ahol:

$q_{f,k}$: a fajlagos tűzterhelés karakterisztikus értéke [MJ/m²],

$Q_{fi,k}$: a tűzterhelés karakterisztikus értéke [MJ],

A_f : a tűzszakasz összesített padlófelülete [m²].

Járművek, lokálisan tárolt anyagok esetén, ahol lokális tűzhatás feltételezhető, ott a padlófelület helyett célszerűen a jármű/anyag által elfoglalt padlófelületet célszerű számításba venni.

Abban az esetben, ha az éghető anyag jelentős mennyiségű nedvességtartalommal rendelkezhet, szükségessé válhat fűtőértékének módosítása az [5] előírása alapján. Az anyag nedvességtartalmát figyelembe vevő fűtőérték a 6. képlet segítségével határozható meg.

$$H_u = H_{u0} \times (1 - 0,01 \times u) - 0,025 \times u \quad (6)$$

ahol:

H_u : a nedvességtartalom fűtőértékét is tartalmazó névleges fűtőérték [MJ/kg],

H_{u0} : a száraz anyag névleges fűtőértéke [MJ/kg],

u : a száraz súly százalékában kifejezett nedvességtartalom [%].

Az éghető anyagok H_u névleges fűtőértékére az [5] tesz ajánlást, de egyéb szakirodalmakban is fellelhetők értékek [6]. A cikkünk terjedelmi korlátjai miatt a fűtőértékre vonatkozó értékeket nem közöljük.

Az MSZ EN 1991-1-2:2005 [5] szerinti számítás legszükségesebb pontja az m égési tényező meghatározása. Az E3. pont szerint értékét a tűzterhelés jellege és a rendeltetés figyelembevételével kell meghatározni. Az elsődlegesen cellulóztartalmú anyagok esetén

4. táblázat. Egyes éghető anyagfajták leégési sebességének jellemző értékei a_{mi} [6]

Az anyag jellemzői	a_{mi} -érték [-]
Éghető műanyagok a PVC-lap kivételével (polisztirolhab, poliuretánhab stb.)	1,5
Anyagok 1 cm vastagságig, körülbelül az anyag vastagságának megfelelő légrétegekkel egymásra helyezve (éghető porok [szénpor stb.], széna, szalma, fagyapot, faforgács, papír- és textilhulladékok, műanyag hulladékok és nyesedékek, linóleum, PVC-hab stb.)	1,3
1-2,5 cm vastag anyagok nagy légrétegekkel elhelyezve, fatáblák, falécek és lemezek, faforgács lapok, közszükségleti cikkek (textil, lábbeli, játékok, divatáru) polcokon kirakva vagy tárolva	1,1
Anyagok 1 cm vastagságig szorosan lerakva vagy sajtoltva, sajtolt széna, szalma, textilszálak (a gyapjú kivételével), makulátúra	1,1
25 MJ/kg és nagyobb hőtermelő képességű anyagok 1 cm vastagságig, tekercsben, csomagban stb. tárolva, lemez, fólia, gumi vagy műanyag (a kemény PVC és a teflon kivételével)	1,1
200 °C alatt lágyuló vagy folyó anyagok (szalonna, vazelin, aszfalt stb.)	1,1
Faanyagú bútor (pántolással együtt), fűrészáru 2,5-4 cm vastagságig hézagosan elhelyezve	0,9
Anyagok 4 cm-nél nagyobb vastagságban hézagosan lefektetve, fagerendák, vastag táblák, egyéb faelemek	0,9
25 MJ/kg hőtermelő képesség alatti anyagok 1 cm vastagságig, tekercsben, csomagban stb. tárolva, 40 cm vastagságig (bőrprém, nyers bőr, méteráru, sajtolt nyers bőr, papírtekercesek 40 cm átmérőig stb.)	0,9
Szabadon fekvő (tárolt) jól terülő élelmiszeripari termékek (magok, liszt, cukor stb.)	0,9
Tufa (száraz), faszén	0,9
Közszükségleti cikkek (textil, lábbeli, divatáru, játékok, kemény PVC-termékek), szilárd, tömör egységekben tárolva, emelőlapon, konténerben stb.	0,7
Könyvek, folyóiratok, archív dokumentáció stb.	0,7
40 cm-nél nagyobb vastagságú vagy átmérőjű, tömören, tekercsben vagy csomagban tárolt anyagok, papír, fatáblák stb.	0,6
Barnaszén, kőszén, koks	0,5
Éghető, sűrített gázok (propán, bután, egyéb éghető gázok, világítógáz, hidrogén, acetilén stb.)	1,5
100 °C alatti lobbanáspontú folyadékok, amelyek a gyártási folyamatban forráspontig melegednek	1,5
21 °C alatti lobbanáspontú folyadékok, amelyek a gyártási folyamatban a lobbanáspontig melegednek, de a hőmérsékletük nem éri el a forráspontot	1,2
21-100 °C lobbanáspontú folyadékok, amelyek a technológiai folyamatban a gőzök lobbanáspontjáig melegednek, de a hőmérsékletük nem éri el a forráspontot	1,2
21-55 °C lobbanáspontú folyadékok, amelyek a gyártási folyamatban a gőzök lobbanáspontja alatti hőmérsékletre melegednek	1,1
55 °C-nál magasabb lobbanáspontú folyadékok, amelyek a gyártási folyamatban a gőzök lobbanáspontjánál alacsonyabb hőmérsékletig melegednek	0,9
100 °C-nál magasabb lobbanáspontú folyadékok, amelyek a technológiai folyamatban a gőzök lobbanáspontjánál 50 °C-nál alacsonyabb hőmérsékletig melegednek	0,8
100 °C feletti lobbanáspontú folyadékok, amelyek a gyártási folyamatban a gőzök lobbanáspontjánál 50 °C-kal alacsonyabb hőmérsékletig melegednek	0,7

értékét 0,8 értékben határozza meg. Szerencsére a korábbi tűzvédelmi gyakorlat most is a tervezőt segíti, hiszen tűzterhelés meghatározására a [6] hasonló fizikai tartalmú tényező alkalmazását mutatja be. Így a szabvány szerinti érték meghatározható. Most is célszerűen szétválasztandó az állandó és az időleges tűzterhelés.

Az időleges tűzterhelésre vonatkozó égési tényező meghatározása a [6] szerinti tényezők súlyozott átlagának képzésével állítható elő a 7. képlet segítségével.

$$m_{időleges} = \frac{\sum M_{k,időleges,i} \times H_{u,időleges,i} \times a_{mi,i}}{\sum M_{k,időleges,i} \times H_{u,időleges,i}} \quad (7)$$

ahol:

$m_{időleges}$: az időleges tűzterheléshez tartozó égési tényező értéke [-],

$M_{k,időleges,i}$: az i jelű ideiglenes tűzterhelést jelentő anyag mennyisége [kg],

$H_{u,időleges,i}$: az i jelű ideiglenes tűzterhelést jelentő anyag névleges fűtőértéke [MJ/kg],

$a_{mi,i}$: az i jelű ideiglenes tűzterhelést jelentő anyagra jellemző égési tényező [-].

Az egyes anyagokra jellemző a_{mi} -értékeket a [6] alapján a 4. táblázat foglalja össze, amelyet fontosságánál fogva cikkünkben közlünk.

Az egyes a_{mi} -értékek csökkentésére a [6] tesz ajánlást, de ennek ismertetésétől cikkünkben eltekintünk, mivel figyelembevételéhez az alkalmazott technológiák pontos ismeretére lenne szükség.

Az állandó tűzterheléshez tartozó égési tényező meghatározása jelentősen leegyszerűsödik a [6] alapján, hiszen az a_s tényező értékére egységesen 0,9 érték felvételét javasolja, ahogy az a 8. képletben is látható.

$$m_{\text{állandó}} = \frac{a_s \times \sum M_{k,\text{állandó},i} \times H_{u,\text{állandó},i}}{\sum M_{k,\text{állandó},i} \times H_{u,\text{állandó},i}} = a_s = 0,9 \quad (8)$$

ahol:

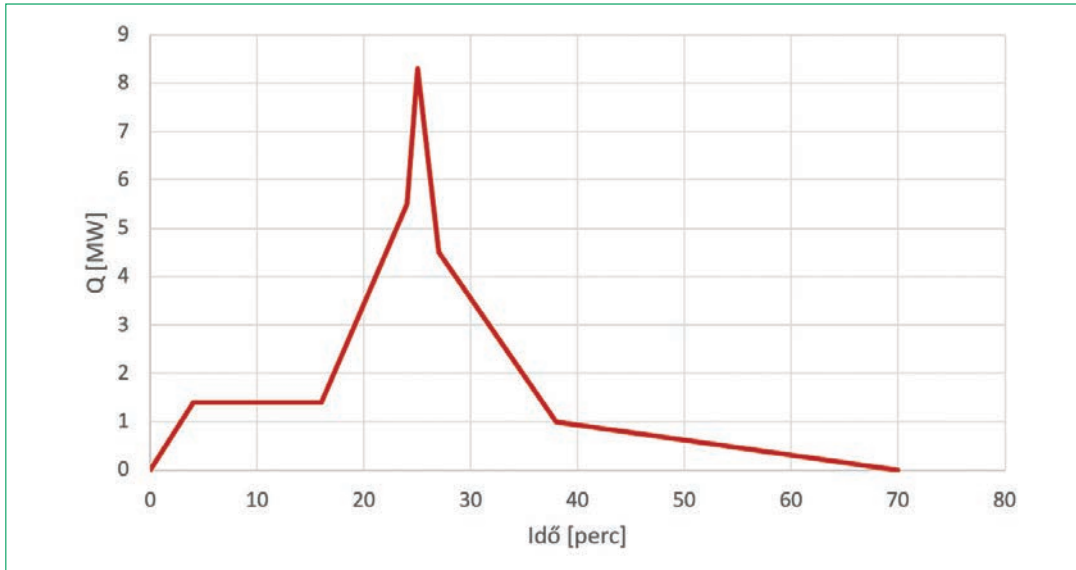
$m_{\text{állandó}}$: az állandó tűzterheléshez tartozó égési tényező értéke [-],

$M_{k,\text{állandó},i}$: az i jelű állandó tűzterhelést jelentő anyag mennyisége [kg],

$H_{u,\text{állandó},i}$: az i jelű állandó tűzterhelést jelentő anyag névleges fűtőértéke [MJ/kg],

a_s : az állandó tűzterhelést jelentő anyagokra jellemző égési tényező [-].

Az összegzett tűzterheléshez tartozó égési tényező a 9. képlet segítségével határozható meg.



1. ábra.
Személygépkocsitűz hőki-
bocsátás-idő
grafikonja.
(Forrás: saját
szerkesztés)

$$m = \frac{q_{f,k,időleges} \times m_{időleges} + q_{f,k,állandó} \times m_{állandó}}{q_{f,k,időleges} + q_{f,k,állandó}} \quad (9)$$

ahol:

m : az [1] szerinti égési tényező [-],

$q_{f,k,időleges}$: az időleges fajlagos tűzterhelés karakterisztikus értéke [MJ/m²],

$m_{időleges}$: az időleges tűzterheléshez tartozó égési tényező értéke [-],

$q_{f,k,állandó}$: az állandó fajlagos tűzterhelés karakterisztikus értéke [MJ/m²].

$m_{állandó}$: az állandó tűzterheléshez tartozó égési tényező értéke [-].

A bemutatásra került számítási módszer alapján a fajlagos tűzterhelés tervezési értéke meghatározható, amely mind a paraméteres tűzgörbék, mind a lokális tüzek vizsgálata során bemenő paraméter. Cikkünkben csak az utóbbi bemutatására fókuszálunk, ennek alkalmazásához következő lépésben a hőkiadás számítását mutatjuk be a továbbiakban.

Lokális tüzek hőkiadásának meghatározása

A lokális tűz hőkiadásának meghatározásakor a tervező két lehetőséggel élhet. Az egyszerűbb lehetőség, ha tűzkísérlet vagy tűzmodell alapján tud a számításba hőkiadás-idő értékeket átmenetni. Erre korlátozott számban van lehetősége, egy a szakirodalomban [7] fellelhető személygépkocsitűzre jellemző hőkiadás-idő grafikon az 1. ábra szemlélteti.

A második lehetőség, hogy a tervező a fajlagos tűzterhelés és a fajlagos hőkiadás maximuma alapján határozza meg a hőkiadás-idő grafikonát. Ennek elvi sémája a 2. ábrán látható.

Ahogy azt a 2. ábrán láthatjuk, a hőkiadás-idő grafikon három jól elkülöníthető szakaszra osztható. A 0-t₁ időpillanat között egy növekedési szakasz figyelhető meg parabolikus feljutással. Ezt követi a t₁-t₂ időpillanat között egy állandósult szakasz, majd végül a t₂-t₃ időpillanat között egy csökkenő szakasz figyelhető meg lineáris lefutással. A számításokhoz minden esetben szükséges a fajlagos tűzterhelés ismerete, valamint a t_α és RHR_f paraméter. A tűz növekedési sebességének felvétele a tervező által meghatározandó, valamint a különösen gyors növekedési sebességhez sem rendelhető egyértelműen RHR_f-érték, itt szakértői bevonása min-

denképpen javasolható a tervezés során. A jellemző értékeket az 5. táblázat foglalja össze.

Az 5. táblázatban szereplő RHR_f-értékek δ_{q2}=1,0 érték esetén érvényesek. Ettől eltérő érték esetén figyelembe kell venni az aktuális δ_{q2}-érték hatását is.

A számítás során célszerűen először a maximális hőkiadás értékének meghatározása történik a 10. képlet alapján.

$$Q_{max} = 10^3 \times A_{fi} \times RHR_f \quad (10)$$

ahol:

Q_{max} : a maximális hőkiadás [W],

A_{fi} : a lokális tűz alapterülete [m²],

RHR_f: a fajlagos hőkiadás maximuma [kW/m²].

A_{fi} értékének meghatározása a lokális tűz átmérőjének ismeretében a 11. képlet szerint történik.

$$A_{fi} = \frac{D^2 \times \pi}{4} \quad (11)$$

ahol:

A_{fi} : a lokális tűz alapterülete [m²],

D : a lokális tűz átmérője [m].

A felmelegedési szakasz egyenletét a 12. képlet mutatja be.

$$Q = 10^6 \times \left(\frac{t}{t_\alpha}\right)^2 = \frac{10^6}{t_\alpha^2} \times t^2 \quad (12)$$

ahol:

Q : a tűz hőkiadása [W],

t : idő [s],

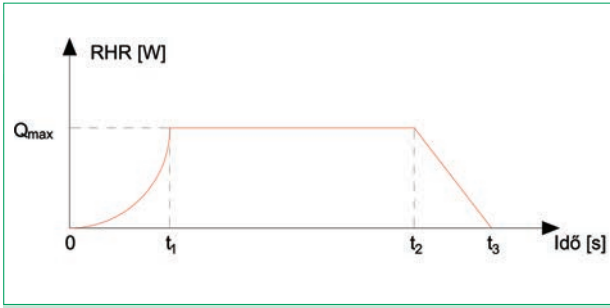
t_α : 1 MW hőkiadás eléréséhez szükséges idő [s].

A felmelegedési szakaszban a lokális tűz a t₁ időpillanatban éri el maximális hőkiadását, ahogy azt a 13. képlet is szemlélteti. Ezt átrendezve a 14. képlet alapján meghatározható a t₁ időpillanat.

$$Q_{max} = \frac{10^6}{t_\alpha^2} \times t_1^2 \quad (13)$$

$$t_1 = \sqrt{\frac{Q_{max} \times t_\alpha^2}{10^6}} \quad (14)$$

ahol:



2. ábra. Fajlagos tűzterhelés alapján meghatározott hőkibocsátás-idő grafikon. (Forrás: saját szerkesztés)

5. táblázat. A tűz növekedési sebességének és az RHR_f értékének ajánlott értékei. (Forrás: saját szerkesztés)

A tűz növekedési sebessége	t _a [s]	RHR _f [kW/m ²]
Lassú	600	250
Közepes	300	250
Gyors	150	500
Különösen gyors	75	≥500

Q_{max}: a tűz maximális hőkibocsátása [W],
 t₁: a felmelegedési szakasz vége [s],
 t_a: 1 MW hőkibocsátás eléréséhez szükséges idő [s].

Ahhoz, hogy számításunkban továbbléphessünk, rögzítenünk kell, hogy a lehülési szakasz eléréséig a tűzterhelés 70%-a ég el, míg a maradék 30%-a a lehülési szakaszban. A teljes tűzterhelés esetünkben nem más, mint a hőkibocsátás-idő grafikon ábra alatti területe. Ezek alapján a grafikon mindhárom szakasza alatt meg kell határozni az ábraterületek értékét, és ezek alapján már a t₂ és t₃ időpillanatok is számíthatóvá válnak. Célszerű módon elsőként a felmelegedési és a lehülési szakasz alatti területet kell meghatározni, és majd ezek ismeretében lehet az állandósult szakasz alatt a számítást elvégezni. Az állandósult szakasz alatti részterületet a teljes terület és a két, korábban meghatározott részterület különbségeként lehet számítani.

A felmelegedési szakasz másodfokú parabolával jellemezhető, ahogy azt a 12. képlet is szemlélteti. Ebben az esetben a parabola alatti terület nem lesz más, mint a bennfoglaló téglalap területének egyharmad része. Ezt fejezi ki a 15. képlet.

$$A_1 = \frac{Q_{max}}{3} \times t_1 \quad (15)$$

ahol:
 A₁: a felmelegedési szakasz alatti ábraterület [J],
 Q_{max}: a tűz maximális hőkibocsátása [W],
 t₁: a felmelegedési szakasz vége [s].

A lehülési szakaszban tudjuk, hogy a tűzterhelés 30%-a fog elégni, ahogy azt a 16. képlet is szemlélteti. Illetve tudjuk azt is, hogy a háromszög alakú ábraterület megegyezik a bennfoglaló téglalap területének 1/2 részével, amely összefüggést a 17. képlet írja le. A két függvény bal oldala A₃ értékű, így a két függvényt egyenlővé téve a 18. képletet kapjuk. Ezt rendezve a 19. képlet alapján meghatározható a Δt₂-érték, azaz a lehülési szakasz hossza (a t₂ és t₃ időpontok között értelmezve).

$$A_3 = 10^6 \times 0,3 \times q_{f,d} \times A_{fi} \quad (16)$$

$$A_3 = Q_{max} \times \frac{\Delta t_2}{2} \quad (17)$$

$$10^6 \times 0,3 \times q_{f,d} \times A_{fi} = Q_{max} \times \frac{\Delta t_2}{2} \quad (18)$$

$$\Delta t_2 = \frac{10^6 \times 0,3 \times q_{f,d} \times A_{fi} \times 2}{Q_{max}} = \frac{10^6 \times 0,6 \times q_{f,d} \times A_{fi}}{Q_{max}} \quad (19)$$

ahol:

A₃: a lehülési szakasz alatti ábraterület [J],
 A_{fi}: a lokális tűz alapterülete [m²],
 q_{f,d}: a fajlagos tűzterhelés tervezési értéke [MJ/m²],
 Q_{max}: a tűz maximális hőkibocsátása [W],
 Δt₂: a lehülési szakasz hossza [s].

Megjegyzés: A fellelhető szakirodalomban a lehülési szakasz gyakran parabolikus, ha ennek feltételezésével él a tervező, akkor ugyanúgy tudja a számítást elvégezni, mint ahogy azt a felmelegedési szakasz esetén bemutattuk.

A teljes tűzterhelés megegyezik a grafikon alatti ábraterület értékével, amely három részterület összegeként írható fel a 20. képlet segítségével. Az állandósult szakasz alatti A₂ részterület a 21. képlet alapján határozható meg. Mivel tudjuk, hogy négyszög alakú az ábraterület, így értéke a 22. képlet alapján is számításba vehető. A két egyenlet egyenlősége miatt átírhatjuk a 23. képlet szerinti formába. Ezt rendezve a 24. képlet alapján meghatározható a Δt₁-érték, vagyis az állandósult szakasz hossza (a t₁ és t₂ időpontok között értelmezve).

$$10^6 \times q_{f,d} \times A_{fi} = A_1 + A_2 + A_3 \quad (20)$$

$$A_2 = (10^6 \times q_{f,d} \times A_{fi}) - A_1 - A_3 \quad (21)$$

$$A_2 = Q_{max} \times \Delta t_1 \quad (22)$$

$$(10^6 \times q_{f,d} \times A_{fi}) - A_1 - A_3 = Q_{max} \times \Delta t_1 \quad (23)$$

$$\Delta t_1 = \frac{(10^6 \times q_{f,d} \times A_{fi}) - A_1 - A_3}{Q_{max}} \quad (24)$$

ahol:

A₁: a felmelegedési szakasz alatti ábraterület [J],
 A₂: az állandósult szakasz alatti ábraterület [J],
 A₃: a lehülési szakasz alatti ábraterület [J],
 A_{fi}: a lokális tűz alapterülete [m²],
 q_{f,d}: a fajlagos tűzterhelés tervezési értéke [MJ/m²],
 Q_{max}: a tűz maximális hőkibocsátása [W],
 Δt₁: az állandósult szakasz hossza [s].

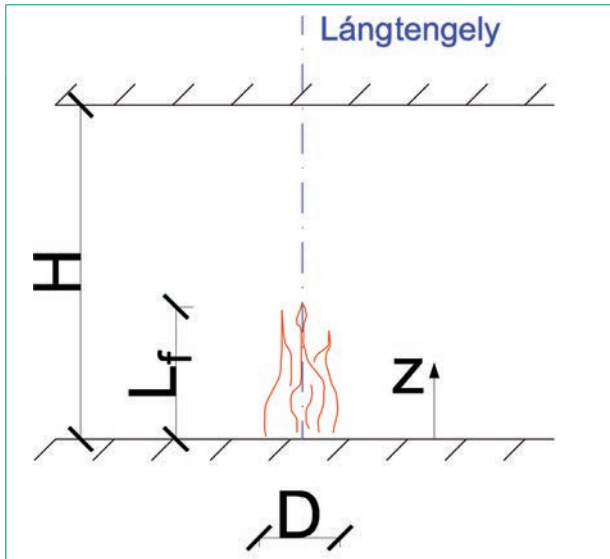
A Δt₁- és Δt₂-érték ismeretében a grafikon t₂ és t₃ időpillanata számíthatóvá válik a 25. és 26. képletek alapján.

$$t_2 = t_1 + \Delta t_1 \quad (25)$$

$$t_3 = t_2 + \Delta t_2 \quad (26)$$

ahol:

t₁: a felmelegedési szakasz vége [s],
 t₂: az állandósult szakasz vége [s],
 t₃: a lehülési szakasz vége [s],



3. ábra. Heskestad módszerének geometriai paramétereit.
(Forrás: saját szerkesztés)

Δt_1 : az állandósult szakasz hossza [s],

Δt_2 : a lehűlési szakasz hossza [s].

Abban az esetben, ha a tűzhatást szellőzés határozza meg, a Q_{max} -értéket csökkenteni kell. Csökkentett értékére a szabvány [5] a 27. képlet szerinti egyszerűsítést is megengedi.

$$Q_{max,lim} = 10^6 \times (0,1 \times m \times H_u \times A_v \times \sqrt{h_{eq}}) = \\ = 10^5 \times m \times H_u \times A_v \times \sqrt{h_{eq}} \quad (27)$$

ahol:

$Q_{max,lim}$: a maximális hőkibocsátás csökkentett értéke [W],

A_v : falakon lévő nyílások összfelülete [m²],

h_{eq} : az összes, falon elhelyezkedő ablak magasságának súlyozott átlaga [m],

H_u : a f_a névleges fűtőértéke 17,5 MJ/kg értékkel figyelembe véve,

m : az égési tényező 0,8 értékkel figyelembe véve.

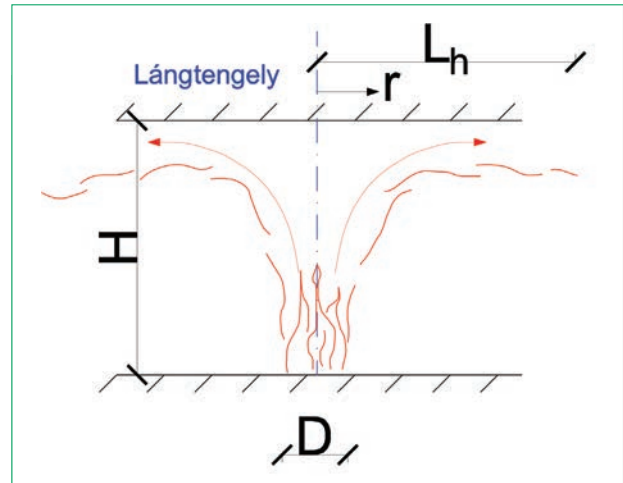
Megjegyzés: Abban az esetben, ha automatikus sprinkler rendszer üzemel a tűzszakaszban, akkor ennek hatását a hőkibocsátás görbére figyelembe lehet venni a [8] alapján. Abban az esetben, ha a vizsgálat nem üzemszerű körülmények között történik, hanem a fenntartási tevékenység során, akkor számolni kell azzal, hogy az automatikus tűzérzékelés nem üzemel, így ennek pozitív hatásától el kell tekinteni.

Lokális tüzek vizsgálata állomási terekben

A lokális tüzből származó hőmérsékleti hatások számításával az MSZ EN 1991-1-2:2005 [5] C melléklete foglalkozik. Cikkünkben csak a födémek hőmérséklet-változását vizsgáljuk lokális tűzhatásra, a függőleges teherviselő szerkezetek vizsgálatától eltekintünk.

A lokális tüzek alkalmazására csak abban az esetben van lehetőség, ha:

- a vizsgált tűz átmérője kisebb, mint 10 méter ($D \leq 10$ m),
- a vizsgált tűz hőkibocsátása kisebb, mint 50 MW ($Q \leq 50$ MW).



4. ábra. Hasemi módszerének geometriai paramétereit.
(Forrás: saját szerkesztés)

A problémakör megoldásához két módszer alkalmazása szükséges. Heskestad módszere írja le azt az esetet, amikor a láng nem éri el a helyiség födémjét, míg Hasemi módszere azt az esetet, amikor a láng eléri azt. Az első modellhez tartozó geometriai paramétereiket a 3. ábra szemlélteti.

A 3. ábra jelölései a következők:

H : a tűz forrása és a födém alsó síkja közötti távolság [m],

L_f : a lokális tűz lángjának hossza [m],

z : a láng tengelye mentén mért magasság [m],

D : a tűz átmérője [m].

Heskestad módszere alkalmas nyílt téri tűz vizsgálatára is, ebben a gyakorlati esetben a H -érték jelentőségét veszti, mivel nincs felső födém az alkalmazott modellben.

A gyakorlati számítás első lépéseként a láng hosszát kell meghatározni, amely a 28. képlet segítségével lehetséges.

$$L_f = -1,02 \times D + 0,0148 \times Q^{2/5} \quad (28)$$

ahol:

L_f : a lokális tűz lángjának hossza [m],

D : a tűz átmérője [m],

Q : a tűz hőkibocsátása [W].

A tűz hőkibocsátásának meghatározását fentebb tárgyaltuk részletesen.

A tűz hőkibocsátásának ismeretében meghatározható annak konvekciós része, amelyet a szabvány alapján a tűz hőkibocsátásának 80%-ával lehet közelíteni a 29. képlet alapján. Valamint számítható a 30. képlet szerint a láng tengelyének z_0 kiindulópontja is.

$$Q_c = 0,8 \times Q \quad (29)$$

ahol:

Q_c : a tűz hőkibocsátásának konvekciós része [W],

Q : a tűz hőkibocsátása [W].

$$z_0 = -1,02 \times D + 0,00524 \times Q^{2/5} \quad (30)$$

ahol:

z_0 : a láng tengelyének z_0 kiindulópontja [m],

D : a tűz átmérője [m],

Q : a tűz hőkibocsátása [W].

Meghatározva a 29. és 30. képletek szerinti segédmenyisége-

ket, számíthatóvá válik a 31. képlet szerint a láng függőleges tengelye mentén az izzó gáz hőmérséklete. A képlet abban az esetben igaz, ha a láng nem éri el a födémeket vagy nyílt téri tűz vizsgálatára van szükség.

$$\Theta_{(z)} = 20 + 0,25 \times Q_c^{2/3} \times (z - z_0)^{-5/3} \leq 900 \quad (31)$$

ahol:

$\Theta_{(z)}$: a láng tengelye mentén izzó gáz hőmérséklete a vizsgált z magasságban [m],

Q_c : a tűz hőkibocsátásának konvekciós része [W],

z: a láng tengelye mentén mért z magasság a vizsgált pontban [m],

z_0 : a láng tengelyének z_0 kiindulópontja [m].

Mivel cikkünkben a födémekre alkalmazzuk a lokális tűzhatást, így a 31. képlet a $z=H$ helyettesítés révén a 32. képletre módosul.

$$\Theta_{(H)} = 20 + 0,25 \times Q_c^{2/3} \times (H - z_0)^{-5/3} \leq 900 \quad (32)$$

ahol:

$\Theta_{(H)}$: az izzó gáz hőmérséklete a födém alsó síkján [m],

H: a tűz forrása és a födém alsó síkja közötti távolság [m].

Amikor a láng eléri a felső födémeket, abban az esetben Hasemi módszerét kell alkalmazni. A modellhez tartozó geometriai paramétereket a 4. ábra szemlélteti. Ebben az esetben az y paraméter függvényében a födém egységnyi felületére átadódó hőáramot [W/m^2] a 33. képlet alapján lehet figyelembe venni.

$$\dot{h} = 100000, \text{ ha } y \leq 0,30 \quad (33. a)$$

$$\dot{h} = 136000 - 121000 \times y, \text{ ha } 0,30 < y < 1,00 \quad (33. b)$$

$$\dot{h} = 15000 \times y^{-3,7}, \text{ ha } y \geq 1,00 \quad (33. c)$$

A 4. ábra jelölései a következők:

H: a tűz forrása és a födém alsó síkja közötti távolság [m],

L_h : a lokális tűz lángjának vízszintes hossza [m],

r: a láng tengelyétől a mennyezet azon pontjáig mért vízszintes távolság, ahol a hőáram számítása történik [m],

D: a tűz átmérője [m].

Az y paraméter a 34. képlet segítségével határozható meg.

$$y = \frac{r + H + z'}{L_h + H + z'} \quad (34)$$

ahol:

H: a tűz forrása és a födém alsó síkja közötti távolság [m],

L_h : a lokális tűz lángjának vízszintes hossza [m],

r: a láng tengelyétől a mennyezet azon pontjáig mért vízszintes távolság, ahol a hőáram számítása történik [m],

z' : a virtuális hőforráshoz képest mért helykoordináta [m].

A láng vízszintes hossza a 35. képlet alapján vehető számításba.

$$L_h = (2,9 \times H \times (Q_H^*)^{0,33}) - H \quad (35)$$

ahol:

H: a tűz forrása és a födém alsó síkja közötti távolság [m],

L_h : a lokális tűz lángjának vízszintes hossza [m],

Q_H^* : a tűzszakasz H magasságához tartozó hőkibocsátási együttható [-].

Q_H^* értéke a 36. képlet alapján számítható.

$$Q_H^* = Q/(1,11 \times 10^6 \times H^{2,5}) \quad (36)$$

ahol:

H: a tűz forrása és a födém alsó síkja közötti távolság [m],

Q: a tűz hőkibocsátása [W],

Q_H^* : a tűzszakasz H magasságához tartozó hőkibocsátási együttható [-].

A virtuális hőforráshoz képest mért helykoordináta a 37. képlet szerint határozható meg.

$$z' = 2,4 \times D \times \left(Q_D^{*2/5} - Q_D^{*2/3} \right), \text{ ha } Q_D^* < 1,0 \quad (37. a)$$

$$z' = 2,4 \times D \times \left(1,0 - Q_D^{*2/5} \right), \text{ ha } Q_D^* \geq 1,0 \quad (37. b)$$

ahol:

z' : a virtuális hőforráshoz képest mért helykoordináta [m],

D: a tűz átmérője [m],

Q_D^* : a lokális tűz D átmérőjéhez tartozó hőkibocsátási együttható [-].

Q_D^* értéke a 38. képlet alapján számítható.

$$Q_D^* = Q/(1,11 \times 10^6 \times D^{2,5}) \quad (38)$$

ahol:

D: a tűz átmérője [m],

Q: a tűz hőkibocsátása [W],

Q_D^* : a lokális tűz D átmérőjéhez tartozó hőkibocsátási együttható [-].

Hasemi módszerének nagy előnye, hogy több, egymástól elkülönített lokális tűz hatását is képes számszerűsíteni. Ez a tulajdonsága rendkívül jól alkalmazható például fedett parkolóházak tűzvédelmi tervezése során is. Ilyen vizsgálat esetén a födém alsó síkján értelmezett teljes hőáram értéke az egyes lokális tüzekből származó hőáramok összege alapján határozható meg a 39. képlet alapján.

$$\dot{h}_{tot} = \dot{h}_1 + \dot{h}_2 + \dots \leq 100000 \quad (39)$$

ahol:

\dot{h}_{tot} : a teljes hőáram [W/m^2],

\dot{h}_1 : az 1 jelű lokális tüzből származó hőáram [W/m^2],

\dot{h}_2 : a 2 jelű lokális tüzből származó hőáram [W/m^2].

A mennyezet szintjén a tűznek kitett, egységnyi felületre érkező ténylegesen elnyelt hőáram a 40. képlet alapján számítható.

$$\dot{h}_{net} = \dot{h} - \alpha_c \times (\Theta_m - 20) - \sigma \times \Phi \times \epsilon_f \times \epsilon_m \times [(\Theta_m + 273)^4 - 293^4] \quad (40)$$

ahol:

\dot{h}_{net} : az egységnyi felületre jutó ténylegesen elnyelt hőáram [W/m^2],

\dot{h} : az egységnyi felületre jutó hőáram [W/m^2],

α_c : a konvekciós hőátadás együtthatója [W/m^2K],

Θ_m : a szerkezeti elem felületének hőmérséklete [$^{\circ}C$],

σ : a Boltzmann-állandó [W/m^2K^4],

Φ : az elrendezési tényező [-],

ϵ_m : a szerkezeti elem felületének emissziós tényezője [-],

ϵ_f : a tűz emissziós tényezője [-].

Az egyes paraméterek értéke a következő:

- egyszerű tűzmodell esetén: $\alpha_c = 35 W/m^2K$ [5],
- konzervatív közelítésként $\Phi = 1,0$ és $\epsilon_f = 1,0$ értékű,
- a Boltzmann-állandó értéke $5,67 \times 10^{-8} W/m^2K^4$,

- $\varepsilon_m=0,8$ értékű az [5] alapján, amennyiben a tartószerkezeti szabványok másképp nem rendelkeznek.

A szabvány ezen a ponton elengedi a tervező kezét, és magára hagyja a probléma kezelésével. Ahhoz, hogy a tervezési feladatot meg tudja oldani, meg kellene tudnia határozni a Θ_m -értéket, amelynek módjáról a szabvány már nem rendelkezik. A kérdés megoldása során abból a feltevésből indultunk ki, hogy a szerkezeti elem nyeli el a födémre ható teljes hőáramot. Ebben az esetben h_{net} értéke zérus, ahogy azt a 41. képlet szemlélteti. Rendezve az egyenletet, a 42. képlet szerinti összefüggést kapjuk.

$$0 = \dot{h} - \alpha_c \times (\Theta_m - 20) - \sigma \times \Phi \times \varepsilon_f \times \varepsilon_m \times [(\Theta_m + 273)^4 - 293^4] \quad (41)$$

$$\dot{h} = \alpha_c \times (\Theta_m - 20) + \sigma \times \Phi \times \varepsilon_f \times \varepsilon_m \times [(\Theta_m + 273)^4 - 293^4] \quad (42)$$

A 42. képletben Θ_m értéke °C-ban értelmezett. A könnyebb kezelhetőség érdekében áttérünk K-ben történő számításra, így az egyenlet a 43. képlet szerinti alakot ölti.

$$\dot{h} = \alpha_c \times (\Theta_{m,K} - 293) + \sigma \times \Phi \times \varepsilon_f \times \varepsilon_m \times [\Theta_{m,K}^4 - 293^4] \quad (43)$$

Annak érdekében, hogy még egyszerűbb legyen az egyenlet kezelhetősége, bevezetjük a β segédmenyiséget a 44. képlet szerint. Az egyenlet így a 45. képletre módosul.

$$\beta = \sigma \times \Phi \times \varepsilon_f \times \varepsilon_m \quad (44)$$

$$\dot{h} = \alpha_c \times (\Theta_{m,K} - 293) + \beta \times [\Theta_{m,K}^4 - 293^4] \quad (45)$$

Elvégezve a jobb oldalon álló műveletet, a 46. képlet szerinti összefüggést kapjuk.

$$\dot{h} = \alpha_c \times \Theta_{m,K} - \alpha_c \times 293 + \beta \times \Theta_{m,K}^4 - \beta \times 293^4 \quad (46)$$

Az egyenletben bal oldalra rendezve a konstans értékeket, a 47. képletet kapjuk.

$$\dot{h} + \alpha_c \times 293 + \beta \times 293^4 = \alpha_c \times \Theta_{m,K} + \beta \times \Theta_{m,K}^4 \quad (47)$$

A bal oldalon álló összeget C-nek elnevezve, az egyenlet a 48. képlet szerinti lesz.

$$C = \alpha_c \times \Theta_{m,K} + \beta \times \Theta_{m,K}^4 \quad (48)$$

Rendezve és β -val elosztva az egyenlet mindkét oldalát, a 49. képlet szerinti hiányos negyedfokú egyenletet kapjuk.

$$\Theta_{m,K}^4 + \frac{\alpha_c}{\beta} \times \Theta_{m,K} - \frac{C}{\beta} = 0 \quad (49)$$

Ezen a ponton a tervező ismét magára marad. A negyedfokú egyenlet megoldására nincs megoldóképlet, visszavezetése másodfokú egyenletre sem éppen egyszerű. Ebben az esetben célravezetőbbé válik a pontos megoldás meghatározása helyett egy kellően pontos közelítő megoldás meghatározása. Mivel esetünkben – polinom függvényről lévén szó – jól alkalmazható a Newton-módszer. Ennek alkalmazásához a függvény ismeretére, annak első deriváltjára és egy kellően közeli kiindulási értékre van szükség. Megvizsgálva a függvényt, a kiindulási értéknek egy felülről közelítő konzervatív értéket tudunk megválasztani az 50. képletnek megfelelően. A módszer alkalmazásához szükséges függvény az

51. képlet szerinti, míg annak első deriváltja az 52. képlet alapján vehető számításba.

$$\Theta_{m,K,0} = \sqrt[4]{\frac{C}{\beta}} \quad (50)$$

$$f(\Theta_{m,K}) = \Theta_{m,K}^4 + \frac{\alpha_c}{\beta} \times \Theta_{m,K} - C \quad (51)$$

$$f'(\Theta_{m,K}) = 4 \times \Theta_{m,K}^3 + \frac{\alpha_c}{\beta} \quad (52)$$

A módszer alkalmazása iteratív, minden iteráció során az 53. képletnek megfelelően kell eljárni.

$$\Theta_{m,K,i} = \Theta_{m,K,(i-1)} + \frac{f(\Theta_{m,K,(i-1)})}{f'(\Theta_{m,K,(i-1)})} \quad (53)$$

A [K] meghatározott eredmény [°C]-ban történő kifejezése az 54. képlet alapján történik.

$$\Theta_{m,i} = \Theta_{m,K,i} - 273 \quad (54)$$

Tapasztalatunk alapján a vizsgált függvény már két iterációs lépés alapján kellően pontos eredményt képes szolgáltatni, míg öt lépés után gyakorlatilag a pontos eredményt adja vissza. A bemutatott számítási módszer MS Excel környezetbe könnyen implementálható.

Lokális tüzek vizsgálata vonalalagutakban

A vonalalagutakban kialakuló tüzek vizsgálatával és azok hatásaival több szerző is foglalkozott. Ez a probléma annyiban tér el a korábban bemutatott lángcsóvamodellekben megfogalmazottaktól, hogy az alagútban kialakuló természetes és az üzemhez szükséges mesterséges szellőzés hatása nem mellőzhető, valamint a hőkibocsátás értéke is meghaladhatja járműtüzek esetén az előző két módszer által megjelölt korlátot. A szerzők az elméleti megfontolások mellett alkalmaztak modellt és 1:1 léptékű tüztesztet, valamint tűzszimulációkat is a valós folyamatok leírása érdekében. Jellemzően a kialakuló hőmérséklet szempontjából csak a födémekben kialakuló maximális hőmérsékletértékeket vizsgálták részletesen és arra adtak összefüggéseket. Ezzel szemben a [9]-ben megtalálható a hőfejlődési görbe alapján számítható hőmérséklet számításának módszere, amelyet a [10]-re alapozva mutat be a szerző. A módszer másik előnye, hogy megoldást ad az alagút hossza mentén kialakuló hőmérséklet-eloszlás számszerűsítésére is. A számítás során először a hidraulikus átmérőt kell meghatározni az 54. képletnek megfelelő módon. Ennek az értéknek a 10-20-szoros értékétől feltételezhető, hogy a füst és a levegő homogén keveréket alkot az áramlás irányában, míg a tüzhöz közelebb egy felső füsttréteg alakul ki, amely intenzív módon melegíti a födémét.

$$D_h = \frac{4 \times A}{P} \quad (55)$$

ahol:

D_h : a hidraulikus átmérő [m],

A: az alagútszelvény keresztmetszeti területe [m²],

P: az alagútszelvény kerülete [m].

A szerzők által javasolt egyszerűsítések és közelítések alapján a kialakuló füst (gáz) hőmérséklete bármely időpontban az 56. képletnek megfelelő módon határozható meg.

$$T_g(t) = T_0 + \frac{0,7 \times Q(t)}{u \times \rho_0 \times A \times c_p} \quad (56)$$

ahol:

$T_g(t)$: a füst (gáz) hőmérséklete a t időpontban [°C],

T_0 : a kiindulási hőmérséklet [°C],

$Q(t)$: a hőkibocsátás értéke a t időpontban [MW],

u : a légáramlás sebessége az alagútban [m/s],

ρ_0 : a levegő sűrűsége [kg/m³],

A : az alagútszelvény keresztmetszeti területe [m²],

c_p : a levegő fajhője [kJ/°C].

Cikkünk első részében [1] bemutattuk az alagúttüzekre jellemző hőmérséklet-idő grafikonokat, amelyek alapján T_0 értéke 15 °C értékkel közelíthető. A levegő sűrűsége (ρ_0) 1,2 kg/m³ értékkel, míg fajhője 1,0 kJ/°C vehető figyelembe.

Annak érdekében, hogy a tűz forrásától x távolságra meg tudjuk határozni a kialakuló hőmérséklet értékét, ahhoz először meg kell határozni az 57. képlet szerinti segédmenyiséget, amely nem más, mint a füst áramlásának időképletetése u sebességű áramlás mellett az x távolságig.

$$\lambda = t - \frac{x}{u} \quad (57)$$

ahol:

λ : a füst időképletetése [s],

t : a vizsgált időpillanat [s],

x : a távolság a tűz forrásától [m],

u : a légáramlás sebessége az alagútban [m/s].

A tűz forrásától x távolságra a t időpontban kialakuló hőmérséklet értéke az 58. képletnek megfelelően vehető számításba.

$$T_g(x, t) = T_0 + [T_{g,0}(\lambda) - T_0] \times e^{\frac{-h \times P}{u \times \rho_0 \times A \times c_p}} \quad (58)$$

ahol:

$T_g(x, t)$: a füst (gáz) hőmérséklete a t időpontban x távolságra a tűz forrásától [°C],

T_0 : a kiindulási hőmérséklet [°C],

$T_{g,0}(\lambda)$: a füst (gáz) hőmérséklete a λ „virtuális” időpontban [°C],

h : az összesített hővesztesség az alagútfalazaton [kW/m²C],

P : az alagútszelvény kerülete [m],

u : a légáramlás sebessége az alagútban [m/s],

ρ_0 : a levegő sűrűsége [kg/m³],

A : az alagútszelvény keresztmetszeti területe [m²],

c_p : a levegő fajhője [kJ/°C].

Az alagútfalazaton figyelembe vehető hővesztesség értéke (h) 0,03 kW/m²C értékkel vehető figyelembe.

Összefoglalás

Cikkünkben sorra vettük a tűzterhelés meghatározásának és a tűz hőkibocsátásának meghatározási módját a tűzhatás teljesítményalapú vizsgálata érdekében. Ezt követően mind az állomási terekben, mind a vonalalagutakban kialakuló lokális tűzhatásból

származó hőmérséklet-emelkedés meghatározásával foglalkoztunk részletesen. Mivel a teljesítményalapú tűzhatás esetén meghatározott hőmérséklet-idő görbék lehűlési szakasszal is rendelkeznek, így javaslatot fogalmaztunk meg a korábban bemutatott termikus modellünk módosítására. ◀◀

Irodalomjegyzék

- [1] Dr. Majorosné dr. L. É. E., Dr. Major Z. Alagútfalazatok termikus vizsgálata (1. rész) – Elméleti alapok. *Sínek Világa* 2023;3:14–23.
- [2] Dr. Majorosné dr. L. É. E., Dr. Major Z. Alagútfalazatok termikus vizsgálata (2. rész) – Gyakorlati ismeretek. *Sínek Világa* 2023;5:2–8.
- [3] Dr. Majorosné dr. L. É. E., Dr. Major Z. Alagútfalazatok termikus vizsgálata (3. rész) – Passzív tűzvédelem. *Sínek Világa* 2023;6:2–8.
- [4] Dr. Majorosné dr. L. É. E., Dr. Major Z. Alagútfalazatok termikus vizsgálata (4. rész) – Tartószerkezeti elemzés. *Sínek Világa* 2023;1:11–23.
- [5] MSZ EN 1991-1-2:2005 Eurocode 1: A tartószerkezeteket érő hatások, 1-2. rész: Általános hatások. A tűznek kitett szerkezeteket érő hatások. Budapest: MSZT; 2005.
- [6] Építmények tűzvédelmi követelményei. Budapest: KJK-KER-SZÖV Joji és Üzleti Kiadó Kft.; 2003. ISBN 963 224 709 4
- [7] „Worked examples of EN1991-1-2 Fire part of Eurocode 1” című előadás diásora, „Structural Fire Design of Buildings according to the Eurocodes” workshop, Brüsszel, 2012. november 27–28. https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/doc/2012_11_WS_fire/presentations/03b-VASSART-EC-FireDesign-WS.pdf, letöltve: 2021.12.14.
- [8] Staffansson L (2010). Selecting design fires. Department of Fire Safety Engineering and Systems Safety, Lund University, <https://lucris.lub.lu.se/ws/files/5957828/1736728.pdf>, letöltve: 2022.11.05.
- [9] Persson M (2002). Quantitative Risk Analysis Procedure for the Fire Evacuation of a Road Tunnel – An Illustrative Example. Department of Fire Safety Engineering, Lund University, <https://lup.lub.lu.se/luur/download?func=downloadFile&recordId=1688790&fileId=1765306>, letöltve: 2024.04.06.
- [10] Bergqvist A, Frantzich H, Hasselrot K, Ingason H. Rådningssatsen vid tunnelbränder- Probleminventering och miljöbeskrivning vid brand i spårtunnel, Sweden, 2001.

Summary

In our article, we listed the method of determining the fire load and the heat emission in order to perform a performance-based examination of the fire effect. After that, we dealt in detail with the determination of the temperature rise resulting from the local fire effect both in the station spaces and in the tunnels. Since the temperature-time curves determined in the case of a power-based fire effect also have a cooling phase, we formulated a proposal to modify our previously presented thermal model.



Jóvér Vivien

egyetemi tanársegéd
Széchenyi István Egyetem,
Győr, Közlekedésépítési és
Víztechnológiai Tanszék
✉ jover.vivien@sze.hu
☎ (96) 503-400



Dr. Kocsis Szabolcs

egyetemi adjunktus
Széchenyi István Egyetem,
Győr, Közúti és Vasúti
Járművek Tanszék
✉ kocsis.szabolcs@sze.hu
☎ (96) 503-400



Hermán Bence

tanszéki mérnök
Széchenyi István Egyetem,
Győr, Járműgyártás és
Technológia Tanszék
✉ herman.bence@sze.hu
☎ (96) 503-400



Dr. Fischer Szabolcs

egyetemi tanár
Széchenyi István Egyetem,
Győr, Közlekedésépítési és
Víztechnológiai Tanszék
✉ fischersz@sze.hu
☎ (96) 503-400

Egyedi mérőrendszerrel végzett járműdinamikai mérések menetrend szerinti budapesti közúti vasúti járművek esetében

Nemzetgazdasági jelentőségük révén napjaink egyik legnagyobb kihívása, hogy a közúti vasúti pályák esetében rendelkezésre álló erőforrásokkal ezen infrastrukturális létesítmények fejlesztése és fenntartása minél hatékonyabban történjen. A Budapesti Közlekedési Zártkörűen Működő Részvénytársaság (BKV Zrt.) több mint 300 kilométer városi vasúti pálya üzemeltetéséért és fenntartásáért felel. 27 vonalon hétféle felépítményrendszer található, amelyek állapotát helyszíni bejárással, vágánygeometriai mérésekkel, illetve járműdinamikai mérésekkel vizsgálják. A kutatás célja egy új, hordozható járműdinamikai mérőrendszer kifejlesztése és alkalmazása, amely lehetővé teszi a menetrend szerinti villamosok dinamikai viselkedésének valós idejű vizsgálatát. Az eszköz gyorsulásmérőket és GPS-modult használ, és bármilyen típusú villamoson alkalmazható. Az új rendszer előnye a jelenlegi mérésekkel szemben, hogy a mérőeszközök bármikor és bármilyen villamoson használhatók, biztosítva ezzel a pályaállapotok folyamatos monitorozását. Az eszköz segítségével gyűjtött dinamikai adatok alapján következtetéseket vontunk le a vasúti pálya geometriai hibáiról és azok hatásairól, valamint javaslatokat fogalmaztunk meg a hatékonyabb karbantartás érdekében. A geometriai és dinamikai mérések integrációja lehetővé teszi a pályaállapot pontosabb felmérését és a karbantartási igények előrejelzését. Az új mérőrendszer alkalmazása hozzájárulhat a vasúti közlekedés biztonságának és hatékonyságának növeléséhez.

Bevezetés

Napjainkban a közúti vasúti pályák fenntartása és fejlesztése kiemelt jelentőséggel bír a városi közlekedési rendszerek hatékonyságának és biztonságának biztosítása érdekében. A Budapesti Közlekedési Zártkörűen Működő Részvénytársaság (BKV Zrt.) felelős a több mint 300 kilométer hosszú városi vasúti pályahálózat üzemeltetéséért és karbantartásáért, amely 27 vonalon különböző típusú felépítményrendszereket tartalmaz. Ezek állapotát rendszeresen helyszíni bejárásokkal, vá-

gánygeometriai mérésekkel és járműdinamikai mérésekkel ellenőrzik.

A szerkezeti romlás – például a sínek, sínleerősítések, alátámasztások és burkolatok állapotának romlása – szabad szemmel is jól észrevehető. Ezzel szemben a geometriai romlás mértékének meghatározása speciális műszereket igényel. A Metalektró Méréstechnika Kft. által gyártott TrackScan 4.01 műszerrel történik a geometriai romlás mérése, míg a járműdinamikai méréseket egy szintén a Metalektró Méréstechnika Kft. által kifejlesztett mérővillamos végzi. A jármű-

dinamikai mérőrendszer egy Ganz nyolctengelyű ipari csuklós villamos motorkocsin található, amely 25 km/h maximális sebességgel képes méréseket végezni.

Azonban a menetrend szerinti, általában 50 km/h sebességgel közlekedő járművek dinamikájának pontos megismerése érdekében szükség van egy olyan mérőrendszerre, amely valós időben képes adatokat gyűjteni a normálüzem közben. Kutatásunk során kifejlesztettünk egy gyorsulásmérőkből és GPS-ből álló hordozható műszert, amely lehetővé teszi bármilyen típusú és bármikor közlekedő

villamoson a járműdinamikai mérések végrehajtását.

Ez az új mérőrendszer lehetőséget biztosít arra, hogy pontosabb és relevánsabb adatokat gyűjtsünk a városi vasúti pályák állapotáról, hozzájárulva ezzel a karbantartási munkák hatékonyságának és a közlekedés biztonságának növeléséhez. A valós idejű járműdinamikai adatok elemzése segíthet a pálya geometriai hibáinak korai felismerésében és a szükséges beavatkozások időben történő elvégzésében. Ezáltal a városi vasúti rendszer megbízhatósága és utazási komfortja is javul, ami közvetlenül hozzájárul a közösségi közlekedés népszerűségének növeléséhez és a városi közlekedési hálózat fenntartható fejlődéséhez.

Irodalomkutatás

A vasúti pályageometriai és a járműdinamikai mérések közötti kapcsolat figyelembevétele elengedhetetlen lesz a jövőben mind a nagyvasúti, mind a közúti vasúti (villamos), mind pedig a közúttól elkülönített vasúti (például metró) rendszerek biztonságának, megbízhatóságának és hatékonyságának biztosításához. Jelenleg sok pályavasúti üzemeltető és vasúttársaság csak egyenként végzi el ezeket a méréseket, az egymás közti összhangot, illetve az egyes okokat nem keresi és elemzi. Sok esetben előfordul, hogy járműdinamikai méréseket egyáltalán nem végeznek, vagy ha végeznek is, akkor nem a menetrend szerinti járműveknek megfelelő mérési sebességgel. (A BKV esetében a mérővillamos például ezen utóbbi kategóriába esik, bár évek óta tervben van a mérési sebesség növelése.) Az irodalomkutatásunkban azt a célt tűztük ki, hogy nemzetközi példákön keresztül bemutassuk, mi a jelentősége és hogyan lehet ezeket a méréseket integrálni és esetlegesen felhasználni a pályageometriai hibák előrejelzésére és kezelésére.

A vasúti pálya geometriai jellemzőinek és a járműdinamikai mérések összefüggéseinek vizsgálata kulcsfontosságú a vasúti közlekedés biztonságának és hatékonyságának szempontjából. A pálya geometriai hibái közvetlenül befolyásolják a járművek dinamikai viselkedését, amelyeket különféle érzékelők segítségével mérhetünk [1, 2]. A pálya geometriája, beleértve a hosszfekszintet (süppedés), az irányt, a keresztfekszintet (túlemelést) és a nyomtávolságot, mind befolyásolja a biztonságos és hatékony vasúti járműköz-

lekedést [3]. Az egyenetlenségek különböző típusai eltérő dinamikai válaszokat generálnak a járműveknél [4], és ezek hatással vannak a jármű-pálya rendszerben fellépő erőkre [1].

A járműdinamikai mérések célja a járművek rezgéseinek és gyorsulásainak mérése és rögzítése, amelyekből következtetni lehet a pálya geometriájának hibáira [5]. A mérésekhez gyorsulásmérőket és giroszkópokat használnak, amelyek lehetővé teszik a dinamikus kerék-sín érintkezési erők pontos mérését [6]. A speciális „yaw-rate” giroszkópok különösen hasznosak a pályageometria hibáinak detektálásában [7].

A geometriai hibák, például a hosszfekszint és keresztfekszint eltérései, jelentősen befolyásolják a jármű dinamikai viselkedését. A dinamikai mérések segítségével azonosíthatók ezek a hibák, és előre jelezhető a pálya állapotának romlása [6]. Például a kerékpár függőleges gyorsulásai és a hosszfekszint közötti korreláció magas, különösen a torzításmentes adatsorok esetében (az FMK-007-es mérőkocsi süppedésadatsorairól, a már torzításmentesített adatokra értendően) [1]. Az oldalgyorsulásokat leginkább a keresztfekszint-változások befolyásolják, különösen annak második deriváltja [1].

A hagyományos amplitúdóalapú hibaértékelés helyett a pálya hosszfekszintjének második deriváltja felhasználásával pontosabb kép adható a jármű-pálya rendszerben fellépő erőkről [1]. A hosszfekszint második deriváltja jelentősen befolyásolja a függőleges gyorsulásokat és ezáltal a függőleges jármű-pálya erőket, és jobb becslést ad, mint az MSZ EN 13848-6 harmonizált európai szabvány [8] szerinti referencia-TQI-k (track quality index) használata [6]. A járműdinamikai mérések során kiderült, hogy a kerékcsoport oldalirányú (vízszintes) gyorsulása és a keresztfekszinthibák második térbeli deriváltja között erős, 0,8 körüli korrelációs együttható található egyenes pályaszakaszokon, 80–130 km/h sebességtartományban [6].

A geometriai hibák dinamikai mérésekből történő előrejelzésére különböző módszereket alkalmaznak. Például a térbeli eltolódások korrekciójával biztosítható az egymást időben követő mérések pontos összehangolása [5]. Az algoritmusok, mint például a keresztkorrelációs technikák, segítenek azonosítani és korrigálni a mérések közötti eltéréseket, ami lehetővé teszi a geometriai hibák pontos előrejelzését [5]. A hierarchikus Bayes-modellek ru-

galmasságot biztosítanak a korábbi adatok és szakértői megállapítások kombinálására az új adatokkal, lehetővé téve a pályageometriai degradáció előrejelzését [9].

A geometriai hibák alapján a dinamikai válaszok előre jelzése is fontos szerepet játszik a vasúti pálya karbantartásában. Regressziós modellek és sztochasztikus módszerek segítségével modellezhető a pályageometria statisztikai tulajdonságai és dinamikai hatásai [10]. A tanulmányok kimutatták, hogy a generált pályageometriák frekvencia- és statisztikai tartalma hasonló a mért geometriákhoz, ami biztosítja, hogy a dinamikai mérések során kapott eredmények megbízhatók és pontosak [10]. Az olyan eszközök, mint a SIMPACK és Abaqus szoftverek integrálása lehetővé teszi finomított jármű-pálya dinamikai modellek létrehozását, amelyek figyelembe veszik a véletlenszerű dinamikai válaszokat [4].

Franciaországban az IRIS 320 mérővonat segítségével a vasúti pálya geometriáját rendszeresen és precízen mérik, ami lehetővé teszi a pálya geometriai hibái időbeli fejlődésének követését [11]. A geometriai hibák és a dinamikai válaszok közötti összefüggések vizsgálata során sztochasztikus modellezéssel szimulálták a vonat dinamikáját, amely segíti a karbantartási döntések optimalizálását [11]. A VTI (virtual track inspection) -modell szimulációi alapján kimutatták, hogy a dinamikus hossz-szintek periodikus jelleget mutatnak, ahol a ciklushossz megegyezik a híd fesztávjával [12].

A kutatás során kifejlesztett teljesítményalapú pályageometria (performance-based track geometry – PBTG) ellenőrzési technológia valós időben köti össze a pályageometriát és a jármű teljesítményét, neurális hálózatok segítségével felismerve a komplex mintázatokat és a nemlineáris összefüggéseket [13]. A PBTG-technológia képes a pályaszakaszok azonosítására, amelyek rossz járműteljesítményt vagy kisiklásvesztélyt okozhatnak, valamint karbantartási javaslatokat generál az észlelt hibákra vonatkozóan [13].

A [4] tanulmány szerint a figyelembe vett kínai nagy sebességű vasútvonalakon mért járműdinamikai válaszok kissé magasabbak voltak, mint a németországiak esetében mért értékek, és a dinamikai válasz amplitúdója lineárisan nőtt a vonat sebességével. Az EM120 gépi mérései a teherán-karaji vasútvonalon megállapították, hogy a vasúti pálya geometriai pa-

raméterei közül az irány- és a nyomtávolság-paraméterek mutatják a legnagyobb korrelációt a megtámasztási merevséggel (support stiffness) [14].

Az új pályageometriai index (improved track geometry index – ITGI) alkalmazása során a síndőlés figyelembevételével jelentősen javítható a pályageometriai indexek pontossága, amelyek a pálya általános állapotát jelzik [15]. A GNSS (Global Navigation Satellite Systems) technológia fejlődése lehetővé tette a vasúti pálya pontos geometriai felmérését, amely alapvető adatokkal szolgál a járműdinamikai viselkedés előrejelzéséhez és elemzéséhez [16].

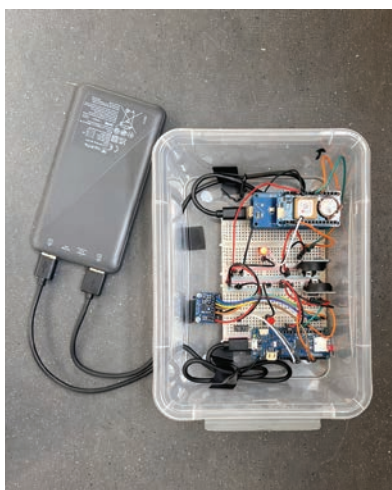
Az okostelefonok beépített gyorsulásmérői és giroszkópjai képesek megbízható adatokat szolgáltatni a járműdinamika terén, és az okostelefonos mérések korrelációja a VDMS (Vehicle Dynamic Measuring System) adataival meghaladja a 90%-ot [17]. Az adatvezérelt modellek, például a gépi tanulási algoritmusok, hatékonyan alkalmazhatók a pályageometriai hibák és a járműteljesítmény közötti kapcsolatok feltárására és előrejelzésére [18].

A [19] kutatása során kifejlesztett vizuális mérőrendszer segítségével a kerék és sín közötti távolság mérése lehetővé tette a nyomtáv pontos értékelését. A fraktál analízis hatékony eszköz a geometriai adatmintázatok számszerűsítésére és a karbantartási trendek elemzésére [3].

A közúti vasúti területre koncentrált kutatások kimutatták, hogy a pálya geometriájának szabálytalanságai jelentősen befolyásolják a közúti vasúti járművek dinamikus viselkedését, ami fokozott kopáshoz, zajhoz és potenciális biztonsági kockázatokhoz vezethet [20]. Az ilyen szabálytalanságok átfogó megértése elengedhetetlen a hatékony pályakarbantartás és a járműteljesítmény optimalizálása szempontjából [20].

A [21] publikált eredményei szerint a villamosok járműdinamikáját a villamos kerekei és a pálya közötti kölcsönhatás befolyásolja. Az olyan tényezők, mint a kerék-sín érintkezési erők, a felfüggesztés jellemzői és a jármű sebessége kritikus szerepet játszanak a villamosok dinamikai válaszában meghatározásában [21]. A pálya geometriájának változásai befolyásolják ezeket a dinamikus válaszokat, amelyek mérésével következtetni lehet a pálya állapotára [21].

A dinamikus mérések során a villamos járművek reakcióit rögzítik haladás köz-



1. ábra. Első műszer mérés közben a jármű padlójára rögzítve. (Saját fotó)



2. ábra. Második műszer mérés közben a jármű ablakára rögzítve. (Saját fotó)

ben [22], a rezgések, gyorsulások és erők adatainak rögzítésére gyorsulásmérőket, giroszkópokat és elmozdulásérzékelőket használnak [22]. Például a keréktárcsákról és a forgóvázokról rögzített gyorsulások feldolgozhatók a pálya szabálytalanságainak és a szükséges karbantartási műveletek meghatározására [22]. A pálya geometriájának szabálytalanságai jelentős változásokat okozhatnak a villamos járművek dinamikus viselkedésében [23]. Például a rövid hullámhosszú hibák megnövekedett dinamikus terhelésekhez vezethetnek, ami nagyobb kopási arányt és potenciális biztonsági kockázatokat eredményezhet [23]. Tanulmányok kimutatták, hogy a pályageometria hibái, mint például az irány- és a nyomtávvaltozások, közvetlenül befolyásolják a járművek gyorsulását és a kerék-sín érintkezési erőit [23].

Budapesten egy újszerű járműdinamikai mérési elrendezést valósítottak meg, amely a forgalomban lévő villamosokra szerelt gyorsulásmérőket használ [22]. Ez a rendszer a pálya állapotának folyamatos nyomon követését biztosítja, lehetővé téve az időben történő karbantartást és a szolgáltatás minőségének javítását [22]. Az összegyűjtött adatokat a hagyományos geometriai mérésekkel és a vizuális ellenőrzésekkel validálták, bizonyítva a dinamikai mérési megközelítés hatékonyságát [22].

Az ismert pályageometriai adatok felhasználhatók a villamos járművek dinamikus válaszainak előrejelzésére [24]. A multibody-dinamikai modellekkel végzett szimulációk előre jelezhetik, hogy a pályageometria változásai hogyan befolyásolják

a jármű viselkedését, lehetővé téve a megelőző karbantartást és a tervezési kiigazításokat a kedvezőtlen hatások mérséklése érdekében [24].

Összességként megállapítható, hogy a vasúti pálya geometriai hibái és a járműdinamikai mérések közötti szoros kapcsolat lehetővé teszi a pálya állapotának pontos felmérését és a karbantartási igények előrejelzését. A dinamikai mérések segítségével azonosíthatók a geometriai hibák, és ezek alapján meghatározhatók a szükséges karbantartási intézkedések. A geometriai hibák és dinamikai válaszok közötti összefüggések figyelembevételével javítható a pálya biztonsága és a járművek üzemi teljesítménye.

A vasúti pályageometria és a járműdinamika kölcsönhatásának alapos megértése létfontosságú a közlekedési rendszerek biztonságának és hatékonyságának javítása érdekében. Ahogy fent részletesen bemutattuk, számos tanulmány vizsgálta már a vasúti pályák geometriai eltérései és a járműdinamikai reakciók közötti kapcsolatot. A közúti vasútra vonatkozó tanulmányok száma korlátozott. Kutatásunk újszerűsége abban rejlik, hogy egy új, kalibrálható, hordozható mérőrendszert fejlesztettünk ki és használtunk, amely lehetővé teszi a dinamikai mérések végrehajtását bármilyen típusú villamoson – akár valós időben – a napi üzemeltetés során, a menetrend szerinti villamosokon. Az okostelefonokhoz képest a jelenlegi rendszer előnye, hogy egyszerre három „kis számítógépen” (mérő-adatgyűjtőn) fut, de tetszés szerint bővíthető. Ezekhez a kis számítógépekhez akár többféle szenzor is csatlakoztatható, parallel-szinkron mé-

Jóvér Vivien a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetemen 2016-ban építőmérnöki (BSc), majd 2020-ban infrastruktúra-építőmérnöki (MSc) oklevelet szerzett a Széchenyi István Egyetemen. Jelenleg az Építési és Közlekedési Minisztérium Vasútépítésért Felelős Helyettes Államtitkárságán osztályvezetőként, illetve a Széchenyi István Egyetemen egyetemi tanársegédként tevékenykedik. Kutatási területe a közúti vasúti felépítményszerkezetek avulásának vizsgálata, illetve életartam-költség elemzése.

résekre képes a járművek különböző pontjaira elhelyezve. A mérőrendszer relatíve olcsón összeállítható, a rendszer lényege a kompakt kialakítása. A rendszer „agya” a kifejlesztett program, amely egyrészt a kis számítógépeken folyamatosan fut mérés közben, másrészt azon programok, amelyek az adatkinyerést és -elemzést lehetővé teszik. A teljes összeállítás tesztfázisban működik, de a jövőben kalibrált-validált módon akár nagy mennyiségű adatgyűjtésre és -elemzésre is alkalmazható lehet a kötöttpályás hálózatokon.

A mérőműszer

A kifejlesztett, komplex mérőműszer több eszközkomponensből áll össze:

- Arduino MKR Zero,
- DS3231 RTC modul,
- ADXL345 gyorsulásmérő,
- Arduino MKR GPS Shield.

A komplex műszer két, különálló műszerként is működik.

Az első műszer egy nagyobb egység, amelyet a mérések során rendszerint a menetrend szerint közlekedő járművek padlójára rögzítünk (1. ábra). Az Arduino MKR Zero a mérőeszköz központi eleme, amely egy SAMD21 Cortex-M0+ mikrovezérlőn alapul. Ideális alap, mivel teljesíti az adatgyűjtésre megadott kezdeti követelményeket. Ebben a műszerben található az Arduino MKR GPS Shield, amely kifejezetten az Arduino MKR sorozathoz készült és lehetővé teszi a GPS-adatok pontos rögzítését. A GPS-modul képes a globális pozicionálási rendszerek (például GPS, GLONASS, Galileo) által sugárzott jeleket fogadni és feldolgozni. A későbbi elemzésekhez a földrajzi szélesség, hosszúság, magasság és sebesség adatai kerülnek rögzítésre. Szintén az első műszer kompo-

nense egy ADXL345 gyorsulásmérő, egy kis, alacsony energiafogyasztású, háromtengelyű MEMS gyorsulásmérő, amely képes akár ± 16 g-ig mérni a gyorsulást. Található még az egységben két darab valós idejű DS3231 óramodul, amely hőmérséklet-kompenzált kristályoszillátorral (TCXO) rendelkezik a megfelelő pontosság érdekében.

A második műszer egy kisebb egység, amely a mérések során könnyen rögzíthető a menetrend szerint közlekedő járművek ablakára (2. ábra). Ez szintén tartalmaz egy Arduino MKR Zerót, egy DS3231 RTC modult és egy ADXL345 gyorsulásmérőt.

A műszerek használhatóságának szempontjából kulcsfontosságú volt, hogy a folyamatos hordozás és működés biztosítva legyen. Az eszközök energiaellátása egy külső powerbankról történik, amely garantálja a rendszer mobilitását és lehetővé teszi, hogy akár mozgó járművön is korlátozások nélkül működőképes legyen. A powerbank mikro-USB-kábel segítségével energiával látja el az Arduino MKR Zerót és ezt követően a mikrovezérlő felel a csatlakoztatott modulok energiaellátásáért (ADXL345, DS3231 RTC, MKR GPS Shield). Ez a konfiguráció elősegíti a rendszer egyszerűségét és a komponensek közötti zökkenőmentes energiaellátást.

A mérőeszközök az adatokat 32 GB-os SD-kártyára rögzítik, ami biztosítja az adatok nagy mennyiségű és hosszú távú tárolásának lehetőségét. A gyorsulásmérők által generált adatokat byte kód formában mentjük az SD-kártyára. Ez a módszer lehetővé teszi az adatok kompakt tárolását, miközben optimalizálja az írási sebességet, ami különösen fontos a valós idejű adatgyűjtés során. A gyűjtött adatok a mérések után külön program segítségével konvertálásra kerülnek a megfelelő formátumba.

A műszerek megépítése után fontos feladat volt a tesztelés, amelyet több módon végeztünk el. Az alapvető működési pontosság ellenőrzése céljából nyugalmi állapotban teszteltük az eszközt és ezzel együtt végeztük el a szükséges kalibrálást. Ezt a fázist egy kocka és kétpontos kalibrálás segítségével hajtottuk végre, ahol két darab tengelyen 0 g értéket, míg a harmadik tengelyen 1 g értéket vártunk el a gravitációs erő hatása miatt. Ez biztosította az eszköz helyesen kalibrált működését. (A jövőben természetesen hitelesített gyorsulásmérőkkel szükséges majd a kalibrációt elvégezni.) Az egyik fő tesztelési módszer

Dr. Kocsis Szürke Szabolcs 2010-ben végezte a BSc-képzést villamosmérnöki szakon, a Szabadkai Műszaki Szakfőiskola elektronika és telekommunikáció szakirányán. Az MSc fokozatát 2013-ban szerezte meg a győri Széchenyi István Egyetem Műszaki Tudományi Karán, villamosmérnöki szakon, automatizálási szakirányon. PhD-fokozatát 2022-ben kapta meg a Széchenyi István Egyetem Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskolájában (MMTDI), közlekedés- és járműtudományok területén. Kutatási területe az energiatárolás, akkumulátorcella és rendszerdiagnosztika, valamint járművek esetében az energiahatékonyság és az azt befolyásoló tényezők vizsgálata.

személygépkocsi segítségével történt, ahol az eszközt különböző sebességeknél és manővereknél (például gyorsítás, fékezés, ívben haladás – kanyarodás) használtuk. Ez a tesztelési fázis lehetővé tette, hogy valós körülmények között értékeljük az eszköz teljesítményét. A megbízhatóság és pontosság további ellenőrzése érdekében összehasonlító teszteket végeztünk egy GoPro Hero Black 11 kamerába beépített gyorsulásmérővel. Az autóval végzett tesztelés során párhuzamosan rögzítettük az adatokat mindkét eszközzel, ami lehetővé tette az eredmények összevetését és a pontosság kiértékelését. A tesztek többszöri elvégzése után bebizonyosodott, hogy a műszerek megfelelően működnek és képesek menetrend szerint közlekedő villamosokon is méréseket végezni, adatokat menteni mérés közben.

A vizsgált szakasz bemutatása

A kutatás során Budapest városi vasúti pályahálózatán összesen 16 darab mintaszakasz került kiválasztásra, amelyek a szelvényezés szerinti jobb vágányok. Ezeket rendszeresen szemrevételezéssel vizsgáltuk, illetve vágánygeometriai méréseket végeztünk a BKV Zrt. szakmai segítségével. Ezen szakaszok különböző élettartamú burkolt és nyitott (zúzottok ágazatos) vágányok. Az évek során megfigyelhettük szabad szemmel és a mért adatok elemzésével is geometriai romlásukat, illetve megismerhettük a mérővillamos által mért dinamikai jellemzők kiértékelését.

Jelen cikkben vizsgált szakasz egy közel 1000 méter hosszú, 2002-ben épült

Hermán Bence 2024-ben végzett a Széchenyi István Egyetem gépészmérnöki BSc-képzésén. 2024. februártól tanszéki mérnök az SZE Járműgyártás és Technológia Tanszékén, valamint tagja a SZE-RAIL kutatócsoportnak, mint tudományos segédmunkatárs. 2024-ben védte meg BSc-szakdolgozatát, amelyben vasúti vontatójárművek diagnosztikáját elősegítő egységet fejlesztett. Fő feladatai közé tartoznak a kutatócsoport kutatásaihoz kapcsolódó informatikai feladatok és fejlesztések (szoftveres és hardveres) végzése. Több programozási nyelven programoz (elsősorban Python, Visual Basic).



3. ábra. A vizsgált szakasz állapota. (Saját fotó)



4. ábra. Vízszák a vizsgált szakaszon. (Saját fotó)

zúzottkő ágyazatos pályaszakasz. Az alkalmazott sínprofil 49E1, az alátámasztás zúzottkő ágyazatban vasbeton keresztalj, amelyekre a sínszalak SKL típusú sínlerősítéssel vannak rögzítve. A vízszintes vonalvezetés meghatározóan egyenes, egy 14 méter hosszú ($R=278$ m) bal irányú ív és egy 34 méter hosszú ($R=250$ m) jobb irányú ív található a szakaszon, amelyeknek átmeneti íve és túlemelése nincsen. A vasúti pálya magassági vonalvezetése a szakasz első felében átlagosan 4,4‰-kel emelkedik, a második felében 2,4‰, majd 3,6‰ az emelkedő értéke. A szakaszon öt csoport szintbeni útátjáró és két megállóhely van, kitérő pedig nem található.

A szakasz 2018–2023 évek közötti időszakban vizsgált forgalmi terhelése évente

alig változott, átlagosan 3,92 millió elegendő tonna/év. A városi vasúti villamosvonalak forgalmi terhelés szerinti osztályozása alapján közepes terhelésű vonal [25]. A villamosvonalon TW600 motorkocsi és alacsony padlós CAF5 villamosok közlekednek, csúcsidőben átlagosan 4 perces időközönként.

A helyszíni bejárás során tapasztaltak alapján elmondható, hogy a betonalkaj, alátámasztások nem sérültek vagy hiányosak. A sínszalak felülete kopott, a sínfejhibák szabad szemmel is jól láthatók (3. ábra). A zúzottkő ágyazat szennyezett, különösen a megállóhelyek környezetében, ahol homokkal (valószínűsíthetően fékezőhomokkal) telített.

A vizsgált szakaszon több vízszák is fellelhető (4. ábra).

Geometriai mérések

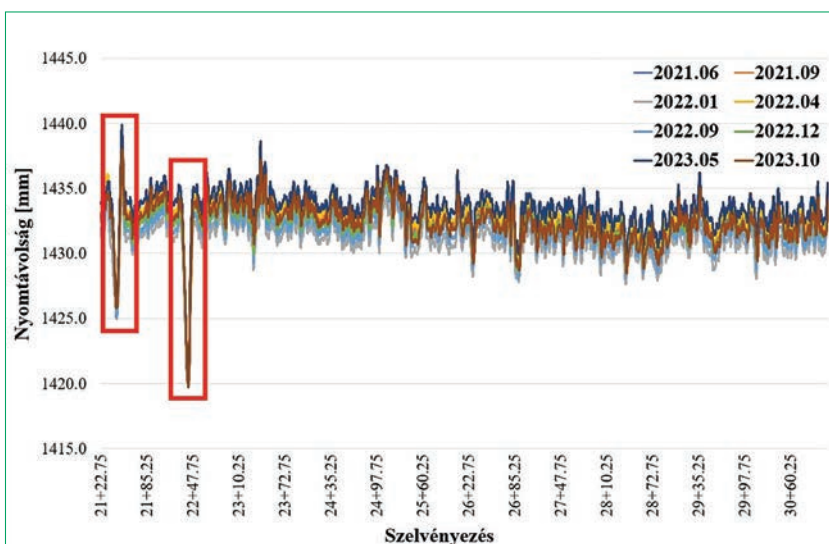
A vágánygeometriai mérések elvégzése 2021 júniusa óta a Metalelektro Mérés-technika Kft. által gyártott és karbantartott TrackScan 4.01 műszerrel történik, amelyet a BKV Zrt. biztosít a megfelelő szakmai felügyelettel együtt. A mérések rendszerint éjszakai üzemszünetben történtek, összesen nyolc alkalommal.

A TrackScan 4.01 műszer egy összetett, kézi vágánymérő készülék, amely vasúti vágányok és kitérők folyamatos mérésére alkalmas. A mérések során különböző paramétereket képes egy időben mérni és az adatokat 25 centiméterenként rögzíteni (így egy sínméter esetében négyszer rögzít adatot) [26]:

- nyomtávolság [mm],
- irány [mm],
- süppedés [mm],
- vezetéstávolság [mm],
- túlemelés [mm],
- siktorzulás [mm/m],
- pályahossz [m].

Az évek során elvégzett mérések és mérési eredmények kiértékelésének tapasztalata alapján a mért vágánygeometriai jellemzők közül a nyomtávolság [mm], irány [mm] és süppedés [mm] paraméterek kiértékelését végezzük el, majd hasonlítjuk össze a dinamikai mérések eredményeivel.

A nyomtávolság-paraméter esetében a Közúti vasúti pályaépítés és fenntartási műszaki utasítás (P.1.I. kötet) [27] mérethatárokként különböző eltéréseket enged meg a normálnyomtávolság (1435 mm) névleges értékétől. Jelen elemzésben a nyomtávolság-paraméter mérethatár-kategóriába való csoportosítása nem rele-



5. ábra. A vizsgált szakasz nyomtávolságának változása (2021. június és 2023. október között)

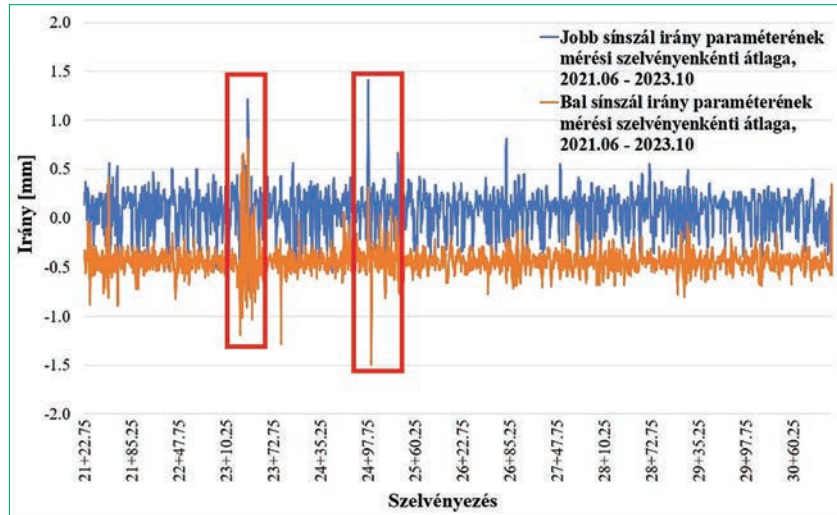
1. táblázat: A nyomtávolság-paraméter kiugró értékeinek összehasonlítása a dinamikai mérési eredményekkel

Szelvény	Nyomtávolság maximális értéke [mm]	Nyomtávolság változása	Első műszer		Második műszer	
			a_x	a_y	a_x	a_y
21+44,50	1425,0	nyomszűkülés	a_x	nincs kiugró érték	a_x	nincs kiugró érték
			a_y	nincs kiugró érték	a_y	nincs kiugró érték
			a_z	nincs kiugró érték	a_z	nincs kiugró érték
21+52,00	1439,9	nyombővülés	a_x	minimális kiugrás	a_x	nincs kiugró érték
			a_y	nincs kiugró érték	a_y	minimális kiugrás
			a_z	nincs kiugró érték	a_z	minimális kiugrás
22+42,25	1419,7	nyomszűkülés	a_x	minimális kiugrás	a_x	minimális kiugrás
			a_y	minimális kiugrás	a_y	minimális kiugrás
			a_z	nincs kiugró érték	a_z	minimális kiugrás

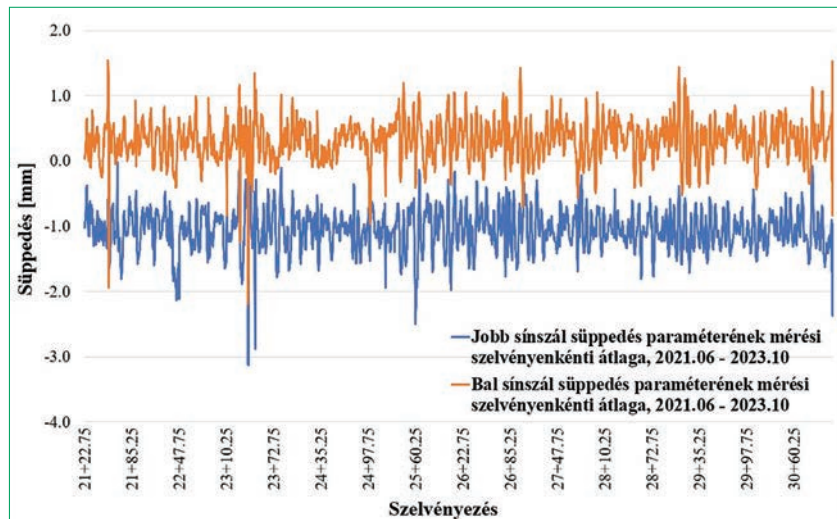
váns, hiszen a kiugró értékek fontosak az összehasonlítás szempontjából. A nyomtávolság-paraméter mérési eredményeinek kiértékelése alapján látható (5. ábra), hogy a nyomtávolság értékének időbeli növekedése jellemző a vizsgált szakaszra, amelyet a mérési eredmények éves átlagértékeinek trendvonala is alátámaszt. A legutóbbi, 2023. októberi mérési eredmények hasonlóak a 2022. áprilisi és 2023. májusi eredményekhez. Ebből arra lehet következtetni, hogy az őszi/téli időszakban általában jellemző nyomtávolszűkülés már nem jelentkezik akkora mértékben, azaz az idő előrehaladtával a melegebb időjárási viszonyokban jellemző értékek a hidegebb időszakokban válnak általánossá (pontosítva: időbeli bővülő nyomtávolság tapasztalható a vizsgált szakaszon). A rögzített értékek megfelelőek, három esetben fordul elő kiugró érték, mindhárom csoport útátjáróban található. Az adott szakaszon – csak a nyomtávolság-paraméter értékeit figyelembe véve – a forgalombiztonság megfelelő.

Az irányparaméter a két sínszál vízszintes értelmű eltéréseit mutatja, a TrackScan 4.01 műszer mindkét sínszálra külön rögzít adatokat negatív vagy pozitív értelemben. A rögzített értékek átlaga mérésenként a 0,5 millimétert sem éri el, így a szemléletesebb ábrázolás céljából a nyolc mérés esetében a 25 centiméterenként rögzített adatokat átlagoltuk és így sínszálanként egy vonaldiagramot kaptunk. A 6. ábrán látható, hogy a két sínszál jellemzően azonos helyeken mutat kiugró adatokat, azaz ezekben az esetekben mindkét sínszál egy irányba mozdult el, valószínűsíthető, hogy a vasbeton keresztalj vagy az alépitmény mozgása (deformációja) van hatással a sínszálak irányára. A rögzített értékek igen kismértékűek, így az adott szakaszon – csak az irányparaméter értékeit figyelembe véve – a forgalombiztonság megfelelő.

A süppedésparaméter a két sínszál füg-



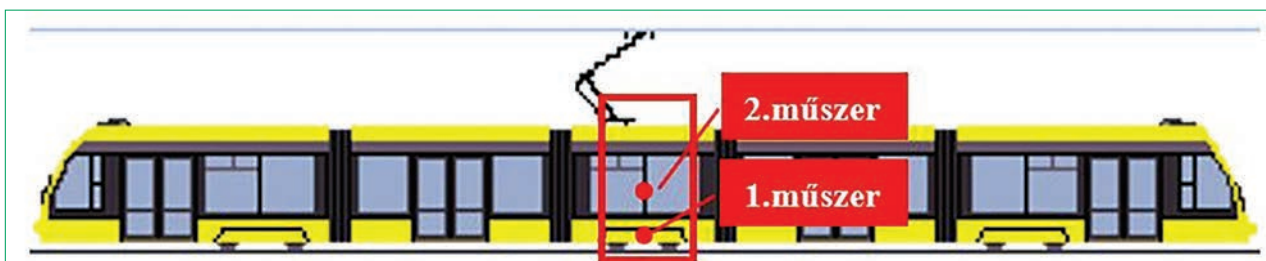
6. ábra. A vizsgált szakasz irányparaméterének változása (2021. június és 2023. október között)



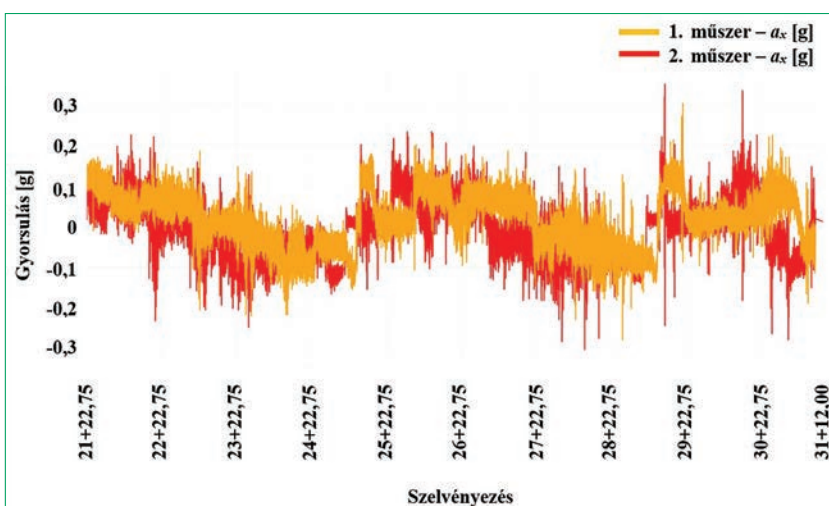
7. ábra. A vizsgált szakasz süppedésparaméterének változása (2021. június és 2023. október között)

gőleges értelmű eltéréseit adja meg az ideálshoz képest, a TrackScan 4.01 műszer mindkét sínszálra külön rögzít adatokat negatív vagy pozitív értelemben. Az irányparaméterhez hasonlóan, a szemléletesebb

ábrázolás céljából, a nyolc mérés esetében a 25 centiméterenként rögzített adatokat átlagoltuk és így sínszálanként egy vonaldiagramot kaptunk. A 7. ábrán látható, hogy a jobb sínszál a bal sínszálhoz képest



8. ábra. A műszerek elhelyezése a CAF5 URBOS motorkocsin [28]

9. ábra. Első és második műszer a_x [g] mérési eredményei

alacsonyabban van, a süppedés mértéke átlagosan 1,0 centiméter. A jobb sín szál a vasúti pálya mellett futó közúthoz és a megállóhelyekhez közelebb eső, így feltételezhető, hogy ezen körülmények is befolyásolják a süppedés mértékét. Habár a rögzített értékek a jobb sín szál esetében jelentősebbek, az adott szakaszon – csak a süppedésparaméter értékeit figyelembe véve – a forgalombiztonság megfelelő.

A szakaszról a vágánygeometriai paramétereket vizsgálva elmondható, hogy bár minden paraméter esetében vannak kiugró értékek, a pálya állapota megfelelő és forgalombiztos.

Dinamikai mérések menetrend szerint közlekedő járművön

A korábban bemutatott, menetrend szerint közlekedő járművön használható műszerekkel hétvégén, napközben végeztük a mérést. A CAF5 URBOS egy alacsony padlós jármű, amely csuklókkal összekapcsolt modulokból áll. A mérés során a műszerek a jármű közepén, a szabadon futó forgóváz fölé lettek elhelyezve (8. ábra). Az első műszer a jármű menetirányának

megfelelő jobb oldalán a padlón, a második műszer a menetiránynak megfelelő bal oldalon, az ablakon került elhelyezésre. Mindkét műszer esetében az ADXL345 gyorsulásmérő a_x tengelye a menetirányának megfelelő, a tengelyek állása és iránya a mérések során azonos.

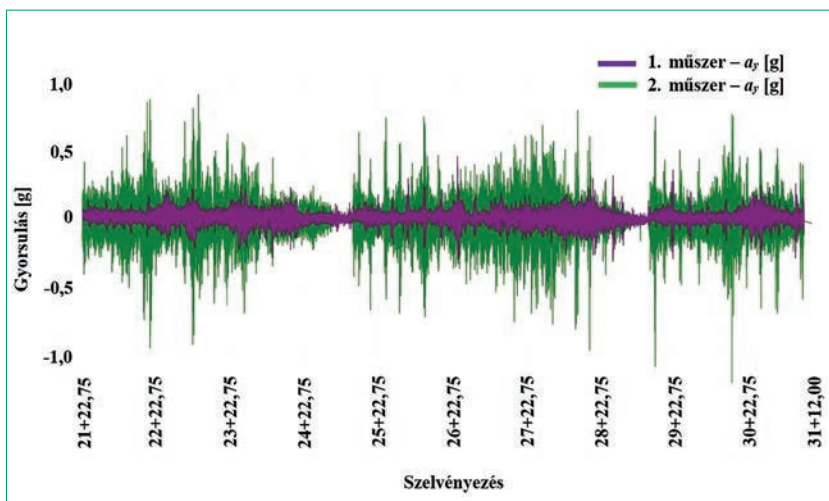
A mérési eredményekkel kapcsolatban fontos megjegyezni, hogy kiértékelésük még kezdeti fázisban van, a megfelelő következtetések és összefüggések megállapításához számos további mérés és kiértékelés elvégzése szükséges. A kezdetleges mérési eredményekből képesek vagyunk következtetéseket levonni, azonban ezek későbbi, minél több méréssel való alátámasztása elengedhetetlen.

A műszerek a_x rögzített adatai alapján képesek vagyunk következtetni a jármű gyorsítására, lassítására, illetve a szabálytalan hosszirányú járműrezgésekre, gyorsulásokra. A 9. ábra alapján elmondható, hogy a második műszer mért gyorsulásértékei nagyobb intervallumban „mozogtak”. (Valószínűsíthetően a második műszer ablakon elhelyezett pozíciójából kifolyólag kaphattunk nagyobb gyorsulásértékeket.)

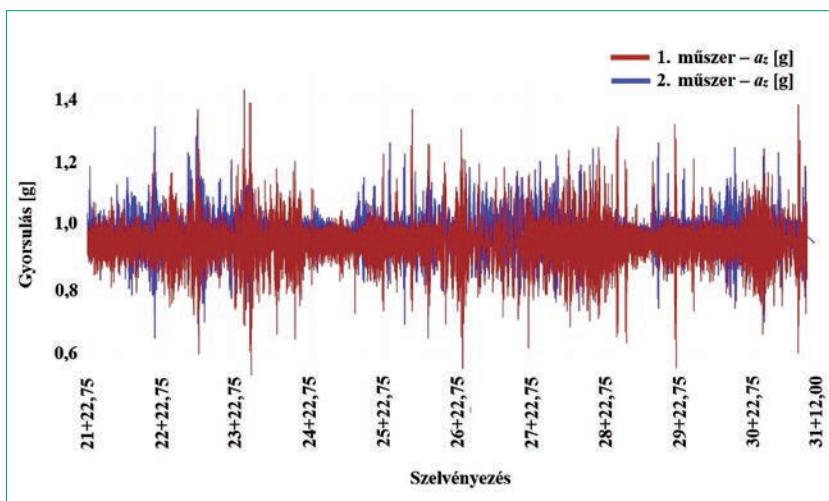
A gyorsulásmérő a_y tengelyének rögzített adatai alapján következtethetünk az oldalirányú pályaegyenletlenségekre, például irányhibákra, valamint részben a keresztüspedés/túlelérés jellemzők változására is. A mért és rögzített értékeket az ívekben fellépő centrifugális gyorsulás is befolyásolja. A 10. ábra alapján látható, hogy a két műszer értékei közel azonosan változnak, azonban nagyságukban van eltérés. (Ez szintén a második műszer magasabban lévő elhelyezési pozíciója miatt adódik.) Amikor az értékek közel nullára csökkennek, az a jármű megállóhelyre történő érkezését és a megállást jelenti, a sebesség csökkenésével az a_y értékei is csökkennek. A mért eredmények kiugró értékei jelzik a pályahibákat, azonban nem pontosan ugyanazokon a helyeken, ahol a TrackScan 4.01 műszer rögzített pályahibákat (6. és 10. ábra). Ennek oka lehet, hogy a járműdinamikai mérések terhelt mérésnek, a geometriai mérések terheletlen mérésnek számítanak.

A gyorsulásmérő a_z tengelyének rögzített adatai alapján következtethetünk a függőleges pályaegyenletlenségekre, például süppedésre, hegesztési/sínillesztési hibák helyeire. A 11. ábrán az első és a második műszer esetében a diagramok közel egyezést mutatnak. Az első műszer a jelentősebb süppedést mutató jobb sín szál felett került elhelyezésre, a járműdinamikai mérés eredményei alapján azonban feltételezhető, hogy a süppedés a két sín szál esetében hasonló mértékű a terhelés hatására. A 7. ábrán a 23+39,50, illetve a végszelvényben a kiugró süppedésparaméter-értékek a dinamikai mérések eredményeiben is kiugró értékeket mutatnak (7. és 11. ábra).

A nyomtávolság-paraméter szűkülésére, illetve bővülésére nem lehet egyértelműen következtetni a dinamikai mérésekből, ezért mindkét járműdinamikai műszer összes tengelyének mért értékeit egyben kell vizsgálnunk és megállapítani, hogy találunk-e egyértelmű kapcsolatot. Az



10. ábra. Első és második műszer a_y [g] mérési eredményei



11. ábra. Első és második műszer a_z [g] mérési eredményei

5. ábra alapján az 1. táblázatban három kiugró értéksort vizsgálunk. Ezen értékek nem pontszerű hibák, hiszen a maximális érték elérése fokozatosan történik és minden mérés során mutatkozott. (A nyomtávolság 1 méteres változását tekintve is kiugró értékeket mutat ezek környezete, a TrackScan-mérések alapján fokozatosan szűkül/nő a nyomtáv, majd újra bővül/szűkül.) A mérési eredmények összehasonlítása alapján egyelőre nem állapítható meg egyértelmű kapcsolat a nyomtávolság-paraméter változása és a járműdinamikai mérések eredményei között, csak bizonyos esetekben találunk összefüggést. A jövőben kiemelten fontos, hogy a nyomtávolság-paraméter kiugró értékeinek beazonosítása lehetségessé váljon a menetrend szerint közlekedő járművek

dinamikai mérései alapján, az egyértelműsítés érdekében további mérések és megfelelő statisztikai elemzések szükségesek.

Konklúzió

A kutatás keretében kifejlesztett hordozható járműdinamikai mérőrendszer jelentős előrelépést képvisel a budapesti közúti vasúti pályák állapotának folyamatos ellenőrzésében. Napjaink egyik legnagyobb kihívása, hogy a közúti vasúti pályák állapotát és romlását pontosan megállapítsuk annak érdekében, hogy a forgalombiztonság és az utazáskomfort szempontjából szükséges beavatkozások időben elvégezhetőek legyenek. A pályák állapotát hagyományosan helyszíni bejárással, vágánygeometriai mérésekkel, vala-

Dr. Fischer Szabolcs 2008-ban végzett a Széchenyi István Egyetem (SZE) Műszaki Tudományi Karán okleveles szerkezetépítő és közlekedésépítő mérnökként. 2012 augusztusában védte meg PhD-disszertációját építőmérnöki tudományágban az SZE Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskolában (MMTDI). Kutatási területe a vasúti pályák al- és felépítményi szerkezeteinek avulása és megerősítése speciális megoldásokkal, vasúti energetika, energiaoptimalizálás. 2009 szeptemberétől egyetemi oktató az SZE Közlekedésépítési és Településmérnöki Tanszéken és jogutódjain (2022-től egyetemi tanár). Ezzel párhuzamosan a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem (BME) Építőmérnöki Kara Út- és Vasútépítési Tanszéken félállású habilitált egyetemi docens. Vasúttervezési, -építési és -fenntartási szakmai tárgyakat oktat. 2009-től tagja a Magyar Mérnöki Kamarának. 2010-től több hazai és külföldi tudományos folyóirat szerkesztője. 2011-ben a KTE Győr-Moson-Sopron Megyei Területi Szervezetének titkára. 2013-tól köztestületi tag az MTA Közlekedés- és Járműtudományi Bizottságában (jelenleg a bizottság szavazati jogú tagja). 2016–2024 között az SZE MMTDI titkára. 2016-ban végzett gazdálkodási szakmérnökként az SZE Kautz Gyula Gazdaságtudományi Karán. 2016-tól elnökségi tag a Magyar Mérnöki Kamara Közlekedési Tagozat Vasúti Szakosztályában. 2017-től tag az építőmérnöki BSc szak szakbizottságában. 2018-ban szerzett habilitált doktori oklevelet az SZE MMTDI-ben építőmérnöki tudományok területen. 2021. novemberétől tisztség az SZE MMTDI-ben az Építőmérnöki Tudományi Doktori Tanácsban, 2022-től a SZE-RAIL akkreditált kutatócsoport vezetője, valamint az SZE MMTDI Doktori Iskola Tanácsának tagja.

mint járműdinamikai mérésekkel vizsgálják. A BKV Zrt. jelenlegi járműdinamikai mérőrendszere egy Ganz típusú, nyolctengelyű, ipari csuklós villamos motorkocsin található, amely 25 km/h sebességgel végzi a méréseket.

Fontosnak tartottuk, hogy a menetrend szerinti, általában 50 km/h sebességgel közlekedő járművek dinamikájáról is részletes információkat szerezzünk. Ennek

érdekében kifejlesztettünk egy gyorsulásmérőkből és GPS-ből álló hordozható műszert, amely bármilyen típusú és bármikor közlekedő villamoson alkalmazható. Ez a rendszer lehetővé teszi a villamosok valós idejű dinamikai viselkedésének elemzését, bármilyen típusú járművön, ezzel biztosítva a pálya állapotának folyamatos és pontos nyomon követését.

A műszerek rögzített adatai alapján képet kapunk a jármű gyorsításáról, lassításáról, illetve a szabálytalan hosszirányú járművezésekről és -gyorsulásokról. A gyorsulásmérő a_y tengelyének adatai alapján következtethetünk az oldalirányú pályaeigenletlenségekre, például irányhibákra, valamint a keresztüppedés és túl-emelés változásaira. Az a_z tengely adatai alapján pedig a függőleges pályaeigenletlenségeket, például süppedést és hegesztési/sínillesztési hibákat lehet kimutatni.

A nyomtávszűkülésre és nyomtáv bővülésre ugyanakkor nem lehet egyértelműen következtetni a dinamikai mérésekből, ezért a jövőben kiemelten fontos a nyomtávolság-paraméter kiugró értékeinek pontos beazonosítása a menetrend szerint közlekedő járművek dinamikai mérései alapján. A jelenlegi mérési eredmények kiértékelése még kezdeti fázisban van, a megfelelő következtetések és összefüggések megállapításához további mérések szükségesek. Bár a kezdetleges mérési eredményekből már most is vonhatók le bizonyos következtetések, ezek alátámasztása további adatgyűjtést igényel.

Összegzésként megállapítható, hogy az új mérőrendszer jelentős mértékben hozzájárulhat a vasúti pályageometria és járműdinamika közötti kapcsolat alaposabb megértéséhez. Az új mérőrendszer és a kutatás eredményei nemcsak a budapesti közlekedési hálózat számára, hanem általában is értékes eszközként szolgálhatnak a városi vasúti rendszerek fenntartható és biztonságos üzemeltetéséhez.

Köszönetnyilvánítás

A BKV Zrt. szakmai támogatásával készült.

A Kulturális és Innovációs Minisztérium ÚNKP-23-3-II kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti, Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

A szerzők köszönik a SZE-RAIL kutatócsoport szakmai támogatását is. ◀◀

Irodalomjegyzék

- [1] Ágh C. Comparative Analysis of Axlebox Accelerations in Correlation with Track Geometry Irregularities. *Acta Technica Jaurinensis*, 2019;12(2):161–177. DOI: [10.14513/actatechjaur.v12.n2.501](https://doi.org/10.14513/actatechjaur.v12.n2.501).
- [2] Prescott D, Andrews J. A track ballast maintenance and inspection model for a rail network. *Proc Inst Mech Eng O J Risk Reliab* 2013;227(3):251–266. DOI: [10.1177/1748006X13482848](https://doi.org/10.1177/1748006X13482848).
- [3] Hyslip JP. Fractal analysis of track geometry data. *Transp Res Rec* 2002;1785:50–57. DOI: [10.3141/1785-07](https://doi.org/10.3141/1785-07).
- [4] Cai X, Zhao L, Lau ALL, Tan S, Cui R. Analysis of vehicle dynamic behavior under ballasted track irregularities in high-speed railway. *Noise and Vibration Worldwide* 2015;46(10):10–17. DOI: [10.1260/0957-4565.46.10.10](https://doi.org/10.1260/0957-4565.46.10.10).
- [5] Eklöf K, Nwichi-Holdsworth A, Eklöf J. Novel algorithm for mutual alignment of railway track geometry measurements. *Transp Res Rec*, 2021;2675(12):995–1004. DOI: [10.1177/03611981211031906](https://doi.org/10.1177/03611981211031906).
- [6] Ágh C. Connection Between Track Geometry Quality and Dynamic Vehicle Response At Various Speeds. *Baltic Journal of Road and Bridge Engineering* 2023;18(3):169–187. DOI: [10.7250/bjrb-2023-18.613](https://doi.org/10.7250/bjrb-2023-18.613).
- [7] Weston PF, Ling CS, Goodman CJ, Roberts C, Li P, Goodall RM. Monitoring lateral track irregularity from in-service railway vehicles. *Proc Inst Mech Eng F J Rail Rapid Transit* 2007;221(1):89–100. DOI: [10.1243/0954409JRR64](https://doi.org/10.1243/0954409JRR64).
- [8] Európai Szabványügyi Bizottság. MSZ EN 13848-6:2014+A1:2021. Vasúti alkalmazások. Vasúti pálya. A vágánygeometria minősége. 6. rész: A vágánygeometria minőségének jellemzése. 2020 [Online]. Available: <https://ugyintezes.msz.hu/webaruhaz/szabvany-adatok?standard=139604>
- [9] Andrade AR, Teixeira PF. Statistical modelling of railway track geometry degradation using Hierarchical Bayesian models. *Reliab Eng Syst Saf* 2015;142:169–183. DOI: [10.1016/j.ress.2015.05.009](https://doi.org/10.1016/j.ress.2015.05.009).
- [10] Perrin G, Soize C, Duhamel D, Funfschilling C. Track irregularities stochastic modeling. *Probabilistic Engineering Mechanics* 2013;34:123–130. DOI: [10.1016/j.proengmech.2013.08.006](https://doi.org/10.1016/j.proengmech.2013.08.006).
- [11] Lestoille N, Soize C, Funfschilling C. Sensitivity of train stochastic

dynamics to long-term evolution of track irregularities. *Vehicle System Dynamics* 2016;54(5):545–567. DOI: [10.1080/00423114.2016.1142095](https://doi.org/10.1080/00423114.2016.1142095).

[12] Gao T, Cong J, Wang P, Liu J, Wang Y, He Q. Vertical track irregularity analysis of high-speed railways on simply-supported beam bridges based on the virtual track inspection method. *Proc Inst Mech Eng F J Rail Rapid Transit* 2021;235(3):328–338. DOI: [10.1177/0954409720924574](https://doi.org/10.1177/0954409720924574).

[13] Li D, Meddah A, Hass K, Kalay S. Relating track geometry to vehicle performance using neural network approach. *Proc Inst Mech Eng F J Rail*

Summary

Given their importance for the national economy, one of the biggest challenges today is to use the resources available for tramways to develop and maintain these infrastructures as efficiently as possible. In Budapest, the BKV Ltd. is responsible for the operation and maintenance of more than 300 kilometers of urban railway lines. There are seven different superstructure systems on 27 lines, the condition of which is assessed by on-site inspections, track geometry measurements and vehicle dynamics measurements. The aim of the research is to develop and apply a new portable vehicle dynamics measurement system to allow real-time assessment of the dynamic behavior of scheduled trams. The device uses accelerometers and a GPS module and can be used on any type of tram. The advantage of the new system compared to current measurements is that the measuring devices can be used at any time and on any tram, ensuring continuous monitoring of track conditions. Based on the dynamic data collected by the tool, conclusions have been drawn about the geometrical defects of the railway track and their effects, and recommendations have been made for more efficient maintenance. The integration of geometrical and dynamic measurements allows a more accurate assessment of track condition and prediction of maintenance needs. The application of the new measurement system can contribute to improving the safety and efficiency of rail transport.

Rapid Transit 2006;220(3):273–281. DOI: [10.1243/09544097JRRT39](https://doi.org/10.1243/09544097JRRT39).

[14] Mehrali M, Esmaeili M, Mohammadzadeh S. Application of data mining techniques for the investigation of track geometry and stiffness variation. Proc Inst Mech Eng F J Rail Rapid Transit 2020;234(5):439–453. DOI: [10.1177/0954409719844885](https://doi.org/10.1177/0954409719844885).

[15] Sadeghi J, Fathali M, Boloukian N. Development of a new track geometry assessment technique incorporating rail cant factor. Proc Inst Mech Eng F J Rail Rapid Transit 2009;223(3):255–263. DOI: [10.1243/09544097JRRT237](https://doi.org/10.1243/09544097JRRT237).

[16] Specht C, Koc W, Chrostowski P. Computer-aided evaluation of the railway track geometry on the basis of satellite measurements. Open Engineering 2016;6(1):125–134. DOI: [10.1515/eng-2016-0017](https://doi.org/10.1515/eng-2016-0017).

[17] Vinkó Á, Simonek T, Ágh C, Csikós A, Figura B. Feasibility of Onboard Smartphones for Railway Track Geometry Estimation: Sensing Capabilities and Characterization. Periodica Polytechnica Civil Engineering 2023;67(1):200–210. DOI: [10.3311/PPci.20187](https://doi.org/10.3311/PPci.20187).

[18] Xie J, Huang J, Zeng C, Jiang SH, Podlich N. Systematic literature review on

data-driven models for predictive maintenance of railway track: Implications in geotechnical engineering. Geosciences (Basel) 2020;10(11):1–24. DOI: [10.3390/geosciences10110425](https://doi.org/10.3390/geosciences10110425).

[19] Skrickij V, Šabanovi E. Visual Measurement System for Wheel – Rail Lateral. Sensors 2021;21(4):1297. [Online]. Available: <https://dx.doi.org/10.3390/s21041297>

[20] Farkas A. Measurement of railway track geometry: A state-of-the-art review. Periodica Polytechnica Transportation Engineering 2019;48(1):76–88. DOI: [10.3311/PPtr.14145](https://doi.org/10.3311/PPtr.14145).

[21] Pombo J, Ambrósio J. An alternative method to include track irregularities in railway vehicle dynamic analyses. Non-linear Dyn 2012;68(1–2):161–176. DOI: [10.1007/s11071-011-0212-2](https://doi.org/10.1007/s11071-011-0212-2).

[22] Vinkó Á, Bocz P. Experimental investigation on condition monitoring opportunities of tramway tracks. Periodica Polytechnica Civil Engineering 2018;62(1):180–190. DOI: [10.3311/PPci.10541](https://doi.org/10.3311/PPci.10541).

[23] Giannakos KS. Control of the Geometry of a Railway Track: Measurements of Defects and Theoretical Simulation.

International Journal on Applied Physics and Engineering 2023;1:102–115. DOI: [10.37394/232030.2022.1.11](https://doi.org/10.37394/232030.2022.1.11).

[24] Costa JN, Antunes P, Magalhães H, Pombo J, Ambrósio J. A finite element methodology to model flexible tracks with arbitrary geometry for railway dynamics applications. Comput Struct 2021;254:106519. DOI: [10.1016/j.compstruc.2021.106519](https://doi.org/10.1016/j.compstruc.2021.106519).

[25] BKV Zrt. Közúti vasúti infrastruktúra tervezési irányelvek. 2019 [Online]. Available: https://www.bkv.hu/ftp/vir/1_tervezesi_iranyelvek.pdf

[26] Jóvér V, Fischer S. Közúti vasúti felépítményrendszerek vágánygeometriai és járműdinamikai vizsgálata. In: City Rail 2022, 7-8 September 2022, Balatonfenyves (Hungary). pp. 121–135. [Online]. Available: https://www.researchgate.net/publication/363693483_Kozuti_vasuti_felepitmenyrendszerek_vaganygeometriai_es_jarmudinamikai_vizsgalata

[27] BKV Zrt. P.1. I. kötet - Közúti Vasúti Pályaeépítési és Fenntartási Műszaki Utasítás." 2019 [Online]. Available: https://www.bkv.hu/ftp/vir/2_muszaki_utasitas.pdf

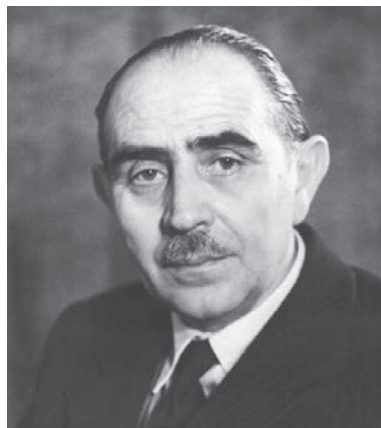
[28] Benda G, Fejes B. Villamosok.hu. Accessed: May 20, 2024. [Online]. Available: <https://villamosok.hu/>



Dr. Vásárhelyi Boldizsár szobrának felavatása



A 2024. évi 1-es lapszámunkban már beszámoltunk arról, hogy dr. Vásárhelyi Boldizsár szülőhelyén, Csombordon a Közlekedéstudományi Egyesület támogatásával szobrot avattak 2023 decemberében. A szobor felállításához szükséges fedezetet a közúti és vasúti szakterületről 26 szervezet támogatta. Az összegyűlt összegből és további öt támogató felajánlásából a szobor felállítása után rendelkezésre állt annyi anyagi forrás, hogy a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem K épület kertjében lévő professzori szobrok közé elhelyezzék a szobor hasonmását. A KTE kezdeményezésére dr. Rózsa Szabolcs, az Építő-



Dr. Vásárhelyi Boldizsár

mérnöki Kar dékánja terjesztette a kari tanács elé a szobor BME területén való felállításának tervét, amit ők is, majd az egyetem szenátusa is egyhangúlag támogattott.

Prof. Dr. Vásárhelyi Boldizsár (Csombord, 1899–1963, Budapest) Kossuth-díjas tanszékvezető egyetemi tanár, a mérnöki kar egykori dékánja, a műszaki tudományok doktora születésének 125. évfordulóján emlékező konferenciát és szoboravatást szerveznek 2024. szeptember 10-én, kedden délután. A konferencia 14 órakor kezdődik a központi épületben. Utána – az előzetes tervek szerint 16 órakor – következik a szobor avatása a K épület déli kijárata előtt.

Minden érdeklődőt tisztelettel várnak a szervezők (Kálnoki-Kis Sándor nyugalmazott MÁV elnök, a KTE és a BME, BME UVT).



A Vasutak Együttműködési Szervezetének bemutatása

Németh István

építőmérnök

✉ nemeceki.nemeth36@gmail.com

☎ (30) 932-5309

Írásomban bemutatom a Vasutak Együttműködési Szervezetének (OSZZSD) működését és tevékenységét, a MÁV Zrt. pályás szakszolgálatának részvételét az Infrastruktúra és Vasúti Jármű Bizottság munkájában, továbbá az együttműködés eredményeit is ismertetem.

Az OSZZSD kormányközi szervezet (alapítva: 1956), jelenleg 30 teljes jogú tagja van (Magyarország alapító tag) (1. ábra). Legfontosabb feladata az Európa és Ázsia közötti vasúti összeköttetés fejlesztése, különös tekintettel a fuvarjogi kérdésekre. A szervezet székhelye kezdetektől fogva Varsó.

A szervezet új alapszabályának (magyar nyelvű fordítása az azt kihirdető 142/2003. [IX. 9.] kormányrendeletben található) hatályba lépése (1993) óta az OSZZSD tagjai lehetnek az egyes országok közlekedési minisztériumai mellett a központi állami közlekedési szervek, illetve a vasutak központi szervei is.

Irányító szerve a Miniszteri Értekezlet, amely dönt új tagok felvételéről, a szervezet alapszabályának módosításáról és kiegészítéséről, valamint a költségvetésről. A Vezérgazgatói Konferencia a vasutak szintjén irányítja az együttműködést. Azokban az országokban, ahol több vezérgazgatóság van, az adott ország OSZZSD-tagja dönti el, ki vegyen részt a munkában. (A magyar közlekedési miniszter 1993-ban meghatalmazással átadta a minisztériumi tagságot, az ezzel járó jogait és kötelezettségeit a MÁV Zrt.-nek, az ideiglenes vagy végleges visszavonás lehetőségének fenntartásával) [1].

A 30 tagállam mellett megfigyelőként vesz részt a szervezet munkájában a görög OSE, a francia SNCF, a német DB AG, a szerb ZS és az orosz „FPC” Rt. – az orosz vasutak (RZSD) személyszállítási leányvállalata, továbbá társult vállalkozásként 34 vállalat Európa és Ázsia OSZZSD-tag-országáiból.



1. ábra. OSZZSD-embléma

A munka öt bizottságban és két állandó munkacsoportban, valamint számos időszakos munkacsoportban folyik.

Az OSZZSD végrehajtó szerve a Főbizottság

A Főbizottság biztosítja az OSZZSD tevékenységét a Miniszteri Értekezlet és a Vezérgazgatói Konferencia ülései közötti időszakban. A Főbizottság ellátja az OSZZSD keretében megkötött megállapodások és szerződések letéteményes funkcióit.

A Főbizottság az OSZZSD tagjai által a Főbizottsághoz delegált szakemberekből áll. A Főbizottságot a Főbizottság elnöke vezeti. A vezetőség az elnökből, a két al-elnökből és a Főbizottság titkárából áll. (A Főbizottság titkári tisztségét 2002 óta Magyarország képviselője töltötte be, Kiss Attila 2015. május 1. óta látja el a titkári feladatokat.)

Az OSZZSD végrehajtó szervei a szakmai bizottságok

- I. Közlekedési Politikai és Fejlesztési Stratégia Bizottság.
- II. Közlekedés Jogi Bizottság;
- III. Teherszállítási Bizottság.
- IV. Személyszállítási Bizottság.
- V. Infrastruktúra és Vasúti Jármű Bizottság.

Állandó munkacsoportok

Jelenleg két ilyen csoport működik, a Kódolás és Informatika Állandó Munkacsoport és a Pénzügyi és Számviteli Állandó Munkacsoport.

Ideiglenes munkacsoportok

- Ideiglenes munkacsoport a vasúti közlekedés szakoktatásával/képzésével kapcsolatban.
- Az OSZZSD Bizottság közlekedéspolitikai és fejlesztési stratégiájával foglalkozó szakértőinek ideiglenes munkacsoportjai:
 - a tudományos, műszaki és gazdasági információk technikai és programinformációs kérdéseiben;
 - az OSZZSD vasúti közlekedési statisztikája kérdéseiben;
 - a veszélyes áruk szállítására vonatkozó szabályok frissítésének kérdéseiben (az SzMGSz [Nemzetközi vasúti árufurazásról szóló megállapodás] 2. melléklete);
 - a rakományelhelyezés és -rögzítés műszaki feltételeinek kidolgozására.

Közös csoportok más nemzetközi szervezetekkel

- OSZZSD/ERA (Európai Vasúti Ügynökség) Kapcsolattartó Csoport a „Együttműködés az ERA és az OSZZSD között az 1520/1524 mm és 1435 mm nyomtávú EU-s és nem EU-s vasúti rendszerek kapcsolatának elemzése kérdéseiben” témában.

- CIT (Nemzetközi Vasúti Fuvarozási Bizottság)-OSZZSD közös munkacsoport (jogi csoport) a CIM (Nemzetközi vasúti áru fuvarozási egyezményre vonatkozó egységes szabályok)/SzMGSz közlekedési jogi harmonizációja kérdéseiben.
- „Kódolás és informatika” közös OSZZSD/UIC (Nemzetközi Vasúti Szövetség) csoport.

Az Infrastruktúra és Vasúti Jármű Bizottság feladatkörébe rendelt témák

1. Járműszelvények a nemzetközi közlekedésben.
2. Vasúti pálya és műtárgyak.
3. Biztosítóberendezések és távközlési hálózatok.
4. Energiaellátási és villamos vontatási berendezések.
5. Vasúti járművek és a részegységeivel szemben támasztott műszaki követelmények.

A MÁV Zrt. Pálya és Mérnöki Létesítmények Főigazgatósága szervezte a 2. Vasúti pálya és műtárgyak témakörökben végez szakértői munkát.

A 2. Vasúti pálya és műtárgyak téma keretében négy szakértői munkacsoport működik, ezek az alábbi altémákban dolgoznak ki döntvényeket:

– Sínek, sínleerősítések, hézagnélküli vágányok és felépítményi munkák gépesítése.

– Az alépítmény és műtárgyak komplex kérdései.

– A vasúti pálya komplex diagnosztikája (2. és 3. ábra).

– Vasbeton aljak, kitérőaljak, kitérők és diagnosztikájuk (4. és 5. ábra).

A MÁV Zrt. Pálya és Mérnöki Létesítmények Főigazgatósága szakértői mind a négy szakértői csoportban részt vesznek és az éves munkatervekben javasolt témákban témavezetőként vagy társszerzőként dolgoznak ki szakmai anyagokat.

Az Infrastruktúra és Vasúti Jármű Bizottság éves értekezletének feladatai

– A szakértői értekezletek munkájának értékelése, a szakértők által kidolgozott anyagok, ajánlás jellegű döntvények jóváhagyása.

– A következő évi munkaterv megtárgyalása és kötelező jellegű döntvényekkel együtt a Vezérigazgatói Konferencia (meg-



2. ábra. Diagnosztikai értekezlet résztvevői Budapesten 2013-ban



3. ábra. Diagnosztikai értekezlet résztvevői a MÁV KfV Kft. vezetőivel Budapesten 2013-ban



4. ábra. Kitérős értekezlet résztvevői Budapesten 2018-ban



5. ábra. Kitérős értekezlet Varsóban az OSZZSD Főbizottság résztvevőivel 2017-ben, háttérben a tagszország zászlói

hatalmazottak) értekezlete elé terjesztése jóváhagyásra.

– Jelentés összeállítása az éves munkáról a Vezérgazgatói Konferencia (meghatalmazottak) értekezlete számára.

– Együttműködés más nemzetközi szervezetekkel, például az UIC-vel, az infrastruktúrával és járművekkel kapcsolatos témákban, közös döntvények kidolgozása.

OSZZSD Pálya és Műtárgyak (IX.) Bizottság

Az OSZZSD Pálya és Műtárgyak (IX.) Bizottság apparátusának magyar tanácsosai: *Pasa János* (1974–1978), *Rege Béla* (1978–1983), *Németh István* (1983–1989), *Rege Béla* (1989–1993) kínai bizottsági elnök mellett szervezték a bizottságban folyó szakmai munkát. 2013-tól az OSZZSD alapszabály-módosításának megfelelően megtörtént a szervezet átalakítása, korszerűsítése, létrejött több műszaki bizottság összevonásával az OSZZSD V. Műszaki Bizottsága, jelenlegi nevén V. Infrastruktúra és Vasúti Jármű Bizottság cseh elnökkel.

Az OSZZSD-ben folytatott együttműködésünk hozadéka

1993 óta a műszaki együttműködés az egyesített V. Infrastruktúra és Vasúti Jármű Bizottságban folyik szakmánként és témánként szervezett szakértői csoportokban, ahol a magasabb szintű műszaki tudásbázissal és tudományos háttérrel rendelkező 10-12 tagvasút működik együtt.

A pályás bizottságban a MÁV-szakértők valamennyi részterületen aktív szerepet

vállalnak a szakmai ajánlások kidolgozásában. 1999 óta a MÁV megbízásából a MÁV KfV Kft. koordinálja a magyar szakértők részvételét az Infrastruktúra és Vasúti Jármű Bizottság fent említett 1. és 2. témák szakértői csoportjaiban.

Az utóbbi években a MÁV részéről kiemelt szerepet kaptak a pályadiagnosztikával kapcsolatos témák, ezek kidolgozásának témavezetői feladatait a MÁV látta el. Példaként az utóbbi években a MÁV témavezetésével kidolgozott ajánlások a teljesség igénye nélkül:

- a vasúti alépítmény komplex diagnosztikai rendszere;
- georadar alkalmazása az alépítmény-diagnosztikában;
- kitérők diagnosztikai rendszere;
- a vasúti felépítmény komplex diagnosztikai rendszerének alapelvei;
- a vasúti infrastruktúra komplex diagnosztikai rendszere;
- hézag nélküli vágányok semleges hőmérsékletének műszeres meghatározása;
- sínhegesztések komplex átvételi rendszere stb.

Pályás területen a MÁV szakértői folyamatosan tartják a kapcsolatot a társvasutak szakembereivel, felhasználva az itt kialakult szakmai kapcsolatokat a kétoldalú együttműködés kialakításában és fejlesztésében.

Az OSZZSD-ben kialakított korábbi és jelenlegi kapcsolatoknak köszönhetően pályás területen szoros műszaki együttműködést sikerült kialakítani többek között a pályadiagnosztika területén:

- A Lengyel Vasúti Intézettel (IK):
 - korszerű kitérődiagnosztikai rendszer

Németh István a Leningrádi Vasút-mérnöki Egyetem Vasútépítés Karán végzett 1973-ban. Szakmai pályafutását a MÁV Dombóvári Építési Főnökségen kezdte pályatervezőként, majd építésvezető, főépítésvezető 1983-ig. Az OSZZSD IX. Vasúti Pályák és Műtárgyak Bizottság tanácsosa volt 1983–1989 között Varsóban. 1989–1999 között a Pécsi Vasútigazgatóságon vonalbiztos, osztályvezető-helyettes és a MÁV pályavasúti szakértői feladatait látta el ugyanabban a bizottságban. 1999-től a MÁV Központi Felépítményvizsgáló Kft. munkatársaként, majd 2009-től nyugdíjasaként megbízás alapján látja el a MÁV pályavasúti szakértői, tolmács és fordítói feladatokat az OSZZSD V. Infrastruktúra és Vasúti Járművek Bizottságban.



6. ábra. Az SDS síndiagnosztikai mérőkocsira telepített AVIKON-03 ultrahangos sínvizsgáló rendszer VUZ-tanúsítványa

létrehozása folyamatos kitérőmérési eljárás alapján;

– hézag nélküli vágányok szakértői rendszere;

– vasúti alépítmény diagnosztikai és szakértői rendszere kidolgozásában szerződéses alapú együttműködés.

- A PKP Lengyel Vasútvonalak Rt.-vel és annak Pályadiagnosztikai és Geodéziai Központjával, mint a MÁV Központi Felépítményvizsgáló Kft. szakmai partnerével:
 - pályadiagnosztikai mérőrendszerek

– geometria, síndiagnosztika – korszerűsítése, szakértői rendszerek kiépítése és működtetése területén rendszeres konzultációk és tapasztalatsere;

– együttműködés hídgazdálkodási rendszerek kidolgozásában.

- A szentpétervári Radioavionika Rt.-vel:
 - korszerű ultrahangos sínvizsgáló rendszerek kidolgozása szerződéses alapon;

- hézagnélküli vágányok semleges hőmérsékletének mérésére szolgáló magyar mérőkészülék bevezetése az orosz vasutakon, szerződéses alapon.

- A Cseh Vasutak Műszaki Központjával:
 - vasúti alépítmény-diagnosztikai rendszer kialakítása georadar alkalmazásával;

- űrszelvénymérési rendszerek tanulmányozása, információcsere a létező rendszerekről;

- együttműködés a pályadiagnosztikai szakértői rendszerek továbbfejlesztésében.

- A Cseh Vasúti Kutatóintézet (VUZ) mint tanúsító szervezet 2009-ben tanúsította a MÁV SDS síndiagnosztikai mérőkocsijára telepített AVIKON-03 ultrahangos sínvizsgáló rendszert (6. ábra).

- A Bolgár Vasúti Infrastruktúra Műszaki Központjával lézeres űrszelvénymérő berendezés gyakorlati kipróbálása és alkalmazhatóságának vizsgálata (7. ábra).

Megemlítendő, hogy az OSZZSD-ben kiépített kapcsolatainknak köszönhetően jött létre szakmai együttműködés a lengyel pályadiagnosztikai eszközöket és rendszereket fejlesztő GRAW céggel, amely a MÁV FMK-004 (EM-120) geometriai mérőkocsija mérőrendszerének korszerűsítését végezte a kiírt tender győzteseként 2000/2001-ben a MÁV szakemberei által kidolgozott specifikáció alapján. A cég részt vett az FMK-007 mérőkocsi irodai rendszerének kifejlesztésében is. A korszerűsített, megépített mérőkocsik nagy megbízhatósággal működnek a MÁV és a szomszédos vasutak hálózatán (ez utóbbiakon elnyert pályázat és megrendelés alapján). A korszerűsítést a lengyel cég a többi ajánlatnál lényegesen olcsóbban, magas műszaki színvonalon végezte el, a probléma bonyolultságához képest rövid határidővel.

Hasonlóan a fentiekhez, a MÁV síndiagnosztikai mérőkocsija mérőrendszerének kapcsán az OSZZSD-kapcsolatok útján jutottunk el a világszínvonalú ultrahangos sínvizsgáló rendszert gyártó Radioavionika Rt. nevű orosz céghez. A 2005-ben Bu-



7. ábra. A Bolgár Vasúti Infrastruktúra (NK Zh) lézeres űrszelvénymérő kételtű járműve. Szófia, 2004



8. ábra. Sínes értekezlet megnyitója Budapesten, 2005-ben

dapesten tartott OSZZSD sínes szakértői értekezletre (8. ábra) meghívást kaptak ultrahangos sínvizsgáló rendszereket gyártó cégek, így a magyar szakembereknek helyben volt lehetőségük megismerkedni a bemutatott rendszerek képességeivel, illetve támpontot kapni a MÁV igényeinek megfelelő rendszer kiválasztásához (9. ábra). Az orosz rendszer 2008-ban lett üzembe helyezve a MÁV SDS síndiagnosztikai mérőkocsiján és gyakorlatilag üzemzavarmentesen működött a rendszer

2017-ben bekövetkezett korszerűsítéséig, amelyet a Radioavionika NyRt. végzett. A Radioavionika NyRt. ultrahangos sínvizsgáló rendszere lett telepítve az FMK-008 síndiagnosztikai mérővonatra (10. ábra). A korszerű rendszerek lehetővé tették a mérési szolgáltatást több szomszédos ország (Ausztria, Szlovákia, Szlovénia) vasúthálózatán is.

Megemlítendő, hogy a nemzetközi együttműködésnek köszönhetően a cseh és a lengyel vasutak új ultrahangos síndi-



9. ábra. A Radioavionika Rt. ultrahangos berendezésének bemutatója



10. ábra. FMK-008 síndiagnosztikai mérővonat mérőterme

agnosztikai kocsijaira a MÁV KfV Kft. mérő forgóvázai kerültek beépítésre.

Fenti példákat a nemzetközi – így az OSZZSD keretein belül folytatott – együttműködés műszaki és gazdasági előnyeinek illusztrálására mutattuk be pályás területre vonatkozóan.

A szervezetben folytatott többoldalú együttműködés előnyei

- A magas műszaki színvonallal rendelkező vasutakkal és kutatóintézetekkel való rendszeres, szakértői szintű együttműködés, információszerezés.

- Magyar diagnosztikai rendszerek bevezetése társvasutaknál piaci alapon.
- Társvasutaknál alkalmazott korszerű műszaki megoldások átvétele a világszertei áránál lényegesen kedvezőbb feltételekkel.
- Hozzájárás a MÁV nemzetközi vasúti környezetének számunkra létfontosságú információihoz – ezt megkívánja földrajzi helyzetünk.

Kapcsolattartás

A 2020-as Covid-19-világjárvány a személyes találkozókat lehetetlenné tette, az

Summary

MÁV Co. is member of several high priority railway professional organizations. One of these is the OSJD Organization for Cooperation between Railways, an intergovernmental organization, established in 1953. Its headquarters is in Warsaw since its establishment. The article gives a review about the operation and activity of OSJD, about tasks of its controlling, executing and work organizations, and presents the active participation of MÁV track experts in the 4 experts' groups of OSJD Infrastructure and Railway vehicle Committee, operating in Railway Track and engineering structures topic, and presents the results and advantages of the cooperation for MÁV. The professional cooperation in the frame of OSJD enabled the development of the bilateral connections - under the direction of track professional branches of partner railways - with their research institutes and with the enterprises on their area, dealing with the development and marketing of track diagnostic equipments. The business cooperation formed with the latter, resulted favourable solutions for MÁV track professional branch, both from technical and economic point of view.

OSZZSD szakértői értekezletei zömében videokonferencia keretében bonyolódnak jelenleg, tekintettel a nemzetközi politikában bekövetkezett negatív változásokra is. Azonban pozitívum, hogy a Miniszteri Értekezlet L. ülésére 2023. június 13–16. között a Koreai Köztársaságban, Puszan városában, a Vezérgazdái Konferencia XXXVII. értekezletére 2023. április 19-én Varsóban, a XXXVIII. értekezletére 2024. április 15–19. között Türkmenisztán fővárosában, Asgabatban kerülhetett sor. ◀◀

Irodalomjegyzék

[1] MÁV Zrt. honlapja. <https://www.mavcsoport.hu/mav/tagsagok-egyutt-mukodesek>

[2] Az OSZZSD weboldala: <https://osjd.org/>

[3] OSZZSD a Wikipedián. https://en.wikipedia.org/wiki/Organization_for_Cooperation_of_Railways

2024. évi küldöttgyűlés a Magyar Mérnöki Kamara Közlekedési Tagozatánál



Csány László-díjak átadása

A Magyar Mérnöki Kamara (MMK) Közlekedési Tagozata idei küldöttgyűlését 2024. június 7-én tartotta Budapesten, a XI. kerületi Szerémi út 4. szám alatti irodaházban. *Lakits György*, a tagozat elnöke köszöntője után *Tóth János*, a Magyar Koncessziós Infrastruktúra Fejlesztő Zrt. (MKIF) üzemeltetési koordinációs igazgatójának előadását hallgathatták meg a résztvevők a már megépült gyorsforgalmú úthálózat üzemeltetéséről, fenntartásáról, valamint a várható fejlesztésekről. A küldöttgyűlésen jelen volt *dr. Rátkai Gábor*, az MMK főtitkára és *Nyíri Szabolcs*, a MAÚT elnöke is. Az előadás után *Lakits György* elnök az írásban a küldötteknek már eljuttatott beszámolóját kiegészítette. A küldöttek az elnöki beszámolót és az írásban kiküldött szakértői testületi beszámolót, amelynek elnöke *Wettstein Anikó*, elfogadták. Az elnök úr a továbbiakban részletesen ismertetett két új megjelent törvényt. Az egyik az állami beruházásokról szóló törvény, a másik pedig a tavalyi 100-as, építészeti törvényként emlegetett törvény. Ez utóbbiba építették be a kamarai törvényt is, amely 2024. október 1-jétől lesz hatályos. *Lakits György* örömmel tájékoztatta a jelenlévőket, hogy a KTE-vel, MAÚT-tal és a BPMK-val összefogva a Covid-pandémia ideje alatt teljesen megszűnt Makadám Klubbot sikerült újraindítani az elmúlt évben.

Az elnöki beszámoló után *Lakits György* elnök és *Kiss Károly*, a Csány László-Díj Kuratóriumának elnöke átadta az idei Csány László-díjakat. (*Szanati László* nem volt jelen, díját későbbi időpontban fogja átvenni.)

Idén is a közúti közlekedési szakterületen tevékenykedő három építőmérnöknek ítélte oda díjat a Csány László-Díj Kuratóriuma:

- *Sipos László Gyula* okleveles építőmérnök szakmai életútja a városi közlekedés ügye iránti rendíthetetlen elkötelezettséget tükrözi. Közreműködött a főváros forgal-

mi rendjének kialakításában, annak működtetésében. Részt vett az elmúlt évtizedben a kormányprogram közlekedési szakterületet érintő területének kidolgozásában. Életútját meghatározta a városi forgalomtechnikával, parkolásszabályozással, forgalomcsillapítással foglalkozó fiatal szakemberek mentorálása.

- *Szanati László* okleveles építőmérnök számos gyorsforgalmi és közútfejlesztési projekten dolgozott mint tervező, irányító tervező és mint projektvezető. A több mint négy évtizedes pályafutása alatt mindvégig az UVATERV munkatársa volt, ahol pályakezdő mérnökök tucatját vezette be a közúti közlekedési területre. A Magyarországon végzett munkái mellett részt vett algériai, líbiai közúti és vasúti projektek tervezésében és helyszíni felmérésekben.

A hagyományos tervezési módszer mellett a számítógépes tervezés egyik éllovasa lett a szakmában.

- *Dr. Szakos Pál* okleveles erdőmérnök, okleveles építőmérnök szakmai pályafutása alatt kiemelten az utak üzemeltetése és fenntartása volt a szakterülete. Fiatalon kapott megbízást a Salgótarjáni Közúti Igazgatóság vezetésére. 1996-ban ő lett az Állami Autópálya Kht. első vezérigazgatója. 1990 óta tanít a BME-n. Szakmai cikkek szerzője és több szakmai könyv szerkesztője, főszerkesztője. 1976 óta tagja a KTE-nek, ahol a közlekedési szakosztályt 15 évig vezette, 1996 óta tagja a Magyar Mérnöki Kamarának, alapító tagja a MAÚT-nak. Kiemelkedő szerepet vállalt ezen szakmai szervezetek tevékenységével kapcsolatban. Munkásságát a KTE és a MAÚT számtalan kitüntetéssel ismerte el.

A Közlekedési Tagozat küldöttgyűlése *Lakits György* elnök zárszavával ért véget.

Szerkesztőségünk gratulál a Csány László-díjazottnak.

Szöke Ferenc



Lakits György elnök köszönti a küldötteket. (Fotó: Szöke Ferenc)



Sipos László Gyula a Csány László-díjjal. (Fotó: MMK KT)



Dr. Szakos Pál a Csány László-díjjal. (Fotó: MMK KT)



Közgyűlést tartott a MAÚT

A megalakulásának 30. évfordulóját idén ünneplő Magyar Út- és Vasúti Társaság május 17-én tartotta 2024. évi közgyűlését.

A társaság elnöke, Nyíri Szabolcs visszatekintett az elmúlt 30 évre, beszámolt a februárban sikerrel megtartott alapítói találkozóról, majd szólt az elmúlt év legfontosabb eredményeiről. Elmondta, hogy strukturálisan átalakításra került és megújult a MAÚT honlapja, s jelen vannak a Facebook, Instagram, LinkedIn, Spotify és YouTube felületeken is. Ismertette, hogy továbbra is sikeresek voltak a szakmai tájékoztatás céljából létrehozott innovációs fórumok, amelyek az innovatív technológiák és módszerek szélesebb körben történő megismertetését szolgálják. A félnapos rendezvényeken az előzetesen érdeklődésüket jelző jelentkezők köréből kiválasztott előadások hangzanak el a szakmai csatornákon jelentkező hallgatóság (tervezők, kivitelezők, üzemeltetők, szakértők) előtt, majd lehetőséget biztosítanak hozzászólásokra és konzultációra is, szándék szerint mindig több oldalról is megvilágítva a lehetséges alkalmazások feltételeit, lehetőségeit, előnyeit, hátrányait.

Tájékoztató továbbá arról is, hogy felismerve a társasági kommunikáció megújításának szükségességét – azaz nem elég jó szervezetnek lenni, hanem azt jól be is kell mutatni – új podcast-sorozat indítottak „Szabad hézag” címmel, ahol közlekedésszervezőkkel beszélgetnek, elsősorban a műszaki szabályozás újdonságairól és bemutatják a vendégek gazdag szakmai pályafutását is.

Beszámolt az e-VASÚT digitális vasúti előírástár előfizetői számának stabilitásáról; az előírások naprakészek, használatuk széles



1. ábra. Kirilly Kálmán átveszi az Arany Mérföldkő díjat Nyíri Szabolcs elnöktől.
(Fotó: Hegedüs Róbert)



2. ábra. Prudner András átveszi a Vásárhelyi Boldizsár-díjat Nyíri Szabolcs elnöktől.
(Fotó: Hegedüs Róbert)

körben biztosított. Folyamatban van egy új web-Reader program fejlesztése révén a felhasználói felület technikai lehetőségeinek megújítása.

Előzetes tájékoztatást adott az alapítás 30. évfordulójának méltó megünneplése keretében szerve-

zendő, október 1–2-ára tervezett nemzetközi tudományos szimpózi-umról.

A közgyűlésen jelenlevők előadást hallhattak dr. Kerékyártó Jánostól, az Építési és Közlekedési Minisztérium közlekedési hatósági ügyekért felelős helyettes államtitkárától. Be-

mutatta a minisztérium közlekedési hatósági, közlekedésbiztonsági és közlekedésszabályozási tevékenységét. A 2024. évi feladataikról szólva tájékoztatott a folyamatban lévő közúti közlekedés szabályrendszerre (KRESZ) és annak kapcsolódásai felülvizsgálatáról. Tervezik a vasúti hatósági engedélyezési és működési feltételek, továbbá a vasúti képzések átfogó felülvizsgálatát is (19/2011. NFM rendelet).

A közgyűlésen kerültek átadásra a közlekedés hazai színvonalának fejlesztése terén végzett kiemelkedő szellemi, irányító és műszaki tevékenységet elismerő Arany Mérföldkő életműdíjak, és a társaság érdekében végzett magas színvonalú munkáért adományozott Vásárhelyi Boldizsár-díjak. Arany Mérföldkő díjat kapott Kirilly Kálmán okleveles közlekedésmérnök (1. ábra), a MÁV Zrt. TEB-igazgatóság biztosítóberendezési osztályvezetője, a vasúti távközlés és biztosítóberendezések területén a MÁV és a MAÚT szolgálatában végzett, sok évtizedes mérnöki és vezetői tevékenysége elismeréseként. Prudner András építőmérnök, a MÁV Zrt. Fejlesztési és Beruházási Főigazgatóság szakmai titkára (2. ábra), vasútépítési és pályafenntartási szakmérnök, jogi szakokleveles mérnök, műszaki szakoktató a vasúti üzemeltetés, fejlesztés, beruházás és szakoktatás

területén, valamint a vasúti műszaki szabályozás megújult modelljének széles körű működtetése területén végzett elkötelezett munkássága elismeréseként vehette át a Vásárhelyi Boldizsár-díjat.

A Dr. Nemesdy Ervin diplomamunka-pályázatra beérkezett 16 pályamű közül a legkiválóbbakat a közgyűlésen díjazták. A bírálóbizottság javaslatára odaítélt három első díjas munka (Horváth János: Sínhibák, különös tekintettel az RCF-hibák hatása a vasúti pályára és annak áteresztőképességére; Kovács Katalin: Kerékpárral közlekedők előzésekor tartandó oldaltávolság vizsgálata külföldi szabályozásokon és kerékpárral közlekedők komfortszintjének vizsgálatán keresztül; Molnár Levente: A nyitott közúti vasúti vágányok sínállapot és forgalmi terhelés összefüggései) összefoglalóját nagy érdeklődéssel hallgatták a jelenlévők.

A közgyűlésen (3. ábra) a társaság teljes tisztújítására is sor került. Jelenlévők a következő négyéves időszakra megválasztották az elnökség tagjait, illetve a bizottságok vezetőit. A MAÚT elnöke a továbbiakban is Nyiri Szabolcs, a COLAS Hungária Zrt. technológiai igazgatója, vasúti alelnöke pedig Suhajda Balázs, a MÁV Zrt. Pálya és Mérnöki Létesítmények főigazgatója. Újabb négy évre kapott bizalmat a Jogi

Koordináló Bizottság vezetésére dr. Siska Judit Éva, a MÁV Zrt. kiemelt jogi szakértője; az Energiaellátási Bizottság élére Kökényesi Miklós, a MÁV Zrt. TEB-igazgatóság erőszáramú osztályának vezetője; a Forgalmi Bizottság vezetésére Pósalaki László, a MÁV Zrt. forgalmi igazgatója; a Vasúti Pálya és Műtárgyak Bizottság élére pedig dr. Horvát Ferenc, a Széchenyi István Egyetem ny. főiskolai tanára.

A társaság megköszönte Kirilly Kálmánnak – aki a továbbiakban nem vállalta a feladatot – a Távközlési és Biztosítóberendezések Bizottság vezetőjeként végzett évtizedes munkáját, s a bizottság élére Takács Károly Gábort, a MÁV Zrt. Biztosítóberendezés és Áramellátás Technológiai Osztály vezetőjét megválasztotta.

Két új vasúti bizottság megalakításáról is döntött a közgyűlés. A Vasúti Jármű Bizottság vezetésére Kiss László, a MÁV-START Zrt. műszaki projektmenedzser vezetője, az e-VASÚT Koordinációs Bizottság vezetésére pedig Berente János, a MÁV Zrt. pályás főmérnöke került megválasztásra.

A szerkesztőbizottság a kitüntetetteknek, a megválasztottaknak ezúton gratulál, további szakmai tevékenységükhöz jó egészséget és sok sikert kíván.

Both Tamás



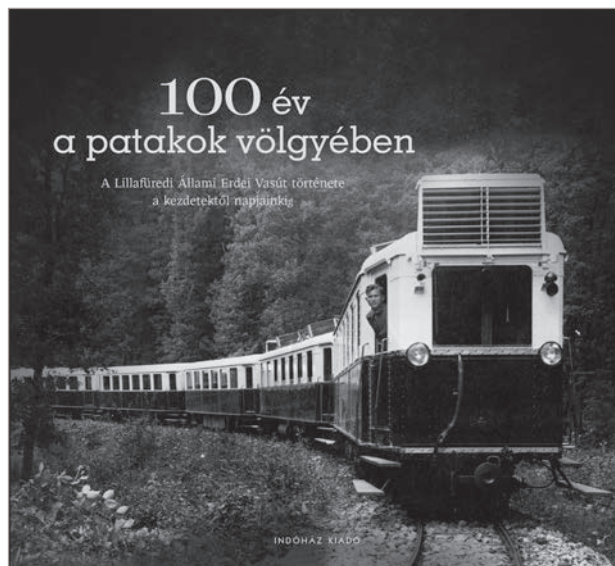
3. ábra. A közgyűlés résztvevői. (Fotó: Hegedüs Róbert)

Jakóts Ádám, Malatinszky Sándor, Nagy Tamás, Pavletits Péter, Szécsey István

100 év a patakok völgyében

Szerkesztette: T. Hámori Ferenc; Budapest: Indóház Lap- és Könyvkiadó; 2022

Sokat elárul a könyv születéséről, hogy az előszót Zay Adorján, az ÉSZAKERDŐ Zrt. vezérigazgatója írta. A Covid-járvány miatt a Lillafüredi Állami Erdei Vasút (LÁEV) 100. évfordulóját az üzemeltető ÉSZAKERDŐ Zrt. csak igen szerény keretek között ünnepelhette. A 100 év a patakok völgyében című könyv viszont méltó módon mutatja be a LÁEV elmúlt százéves történetét, köszönhetően a könyv szerzőinek, akik igen lelkiismeretes munkát végeztek. Nyomon követhetjük a Szin-vavölgyi Erdei Vasútként megépült keskeny nyomközű vasúthálózat történetét. Eredetileg a kisvasút létrejöttét gazdasági szempontok diktálták, elsősorban a teherszállítás volt az elsődleges. Az építést követően hamarosan előtérbe került a személyszállítás is az élendő turizmust kiszolgálva. A szerzők ismertetik a vasúti pálya építését, későbbi fejlesztéseket és beszámolnak a jövőképről, távolabbi fejlesztési elképzelésekről. Megismerhetjük, hogy a különböző időszakokban milyen járművek közlekedtek a LÁEV pályáján. A rengeteg fotót, archív dokumentumrészletet tartalmazó könyv – a műszaki és forgalmi adatokon túl – bemutat több olyan személyt is, akik tervezőként, üzemfőnökként, üzemvezetőként végezték munkájukat a kisvasúton.



Szőke Ferenc

Kérjük, megrendelését a www.sinekvilaga.hu honlapon keresztül küldje el!

Kapcsolattartó: Gyalay György
Telefon: (30) 479-7159 • gyalay.gyorgy@mav.hu

Címlapkép: FMK-007 mérőkocsi Röske vasútállomáson. (Fotó: Horváth Csongor)

ISSN 0139-3618
www.sinekvilaga.hu

Sínek Világa

A Magyar Államvasutak Zrt. pálya és híd szakmai folyóirata
A Magyar Tudományos Művek Tára (MTMT)
által akkreditált folyóirat
Kiadja a Pálya és mérnöki létesítmények főigazgatóság
1097 Budapest, Könyves Kálmán krt. 36.
www.sinekvilaga.hu

Felelős kiadó Suhajda Balázs pálya és mérnöki létesítmények főigazgató
Szerkeszti a szerkesztőbizottság
Főszerkesztő Szőke Ferenc
Főszerkesztő-helyettes Dr. Horvát Ferenc
A szerkesztőbizottság tagjai
Both Tamás, Eller Balázs, Tóth Axel Roland, Török Gergely
Korrektor Ácsné Tamás Éva
Tördelős Kertes Balázs
Grafika Bíró Sándor
Nyomdai előkészítés PREFLEX 2008 Kft.
Nyomdai munkák PrintPix Kft.
Hirdetés 250 000 Ft + áfa (A/4), 125 000 Ft + áfa (A/5)
Készül 1000 példányban



World of Rails

Professional journal of track and bridge at Hungarian State
Railways Co.
Journal accredited by Repertory of Hungarian Scientific Works (MTMT)
Published by the Track and engineering establishments Directorate
General – 36 Könyves Kálmán boulevard, Budapest, Post code 1097
www.sinekvilaga.hu

Responsible publisher Balázs Suhajda Track and engineering establishments
general director
Edited by the Editorial Committee
General Editor Ferenc Szőke
Assistant general editor dr. Ferenc Horvát
Members of the Editorial Committee
Tamás Both, Balázs Eller, Axel Roland Tóth, Gergely Török
Corrector Éva Tamás Mrs. Ács
DTP Balázs Kertes
Graphics Sándor Bíró
Typographical preparation Preflex 2008 Ltd.
Typographical work PrintPix Ltd.
Advertisement 250 000 HUF + VAT (A/4), 125 000 HUF + VAT (A/5)
Made in 1000 copies