

Közúti vasúti pályán közlekedő kötöttpályás járművek közlekedésbiztonságának vizsgálata Szegeden

A bemutatott vizsgálat az 1-es és a 2-es villamos vonalának közös szakaszán 2022-ben történt balesetek relatív gyakoriságát és azok fontosabb körülményeit közli. Továbbá bemutatja az egyes kötöttpályás járművek közlekedésbiztonságára vonatkozó szemkamerás vizsgálatokat és azok eredményeit.

Kulcsszavak: kötöttpálya, közlekedésbiztonság, tram-train, szemkamera

DOI: <https://doi.org/10.24228/KTSZ.2024.3.6>

Horváth Csongor¹ – Borsos Attila² – Nagy Viktor³

¹ MSc hallgató, Széchenyi István Egyetem, Közlekedéscsapat és Vízmérnöki Tanszék, Győr

² PhD, egyetemi docens, Széchenyi István Egyetem, Közlekedéscsapat és Vízmérnöki Tanszék, Győr

³ PhD hallgató, Széchenyi István Egyetem, Anyagtudományi és Technológiai Tanszék, Jármuipari Kutatóközpont, Győr

e-mail: horvathcsongor16@gmail.com, borsosa@sze.hu, nviktor@sze.hu

1. BEVEZETÉS

A szegedi kötöttpályás közlekedés nagy múltra tekint vissza, mind nagyvasúti, mind közúti vasúti értelemben. Az elmúlt 115 év alatt nem csak Szeged, hanem a város közösségi közlekedésének arculata is többször megváltozott. Ugyanakkor a legnagyobb jelentőséggel és utasforgalommal bíró 1-es számú vonal szinte teljes mértékben meg egyezik az 1908-ban átadott elődjének a nyomvonalával. Még napjainkban is az 1-es vonal biztosítja a kapcsolatot Szeged vasútállomás, a szegedi belváros és Szeged-Rókus vasútállomás között.

2012-ben Szeged közösségi közlekedését nagymértékben módosító beruházás ért vé-

get, amelynek eredményeként az 1-es villamos vonalán a Damjanich utca megállóhely és Szeged vasútállomás megállóhely között megjelentek a 2-es jelzésű villamosok is. 2021. november 29-én Szegeden az utazáshoz igénybe vehető kötöttpályás járművek választéka bővült egy új, addig Magyarországon ismeretlen járművel, a vasútvillamossal (angolul tram-train). A tram-train-ek megjelenésével a 1-es jelzésű villamosok utasforgalma csökkent, majd 2022. július 10-én a Szegedi Közlekedési Kft. megszüntette azokat, szerepüket a vasútvillamosok vették át. 2022-ben az új kötöttpályás járművek megjelenésével az átlagos éves közúti balesetek száma nőtt, a gépjármű-kötöttpályás jármű típusú balesetek megduplázódtak.

2. A KÖTÖTTPÁLYÁS JÁRMŰVEK-KEL TÖRTÉNT BALESETEK KÖRÜLMÉNYEINEK VIZSGÁLATA

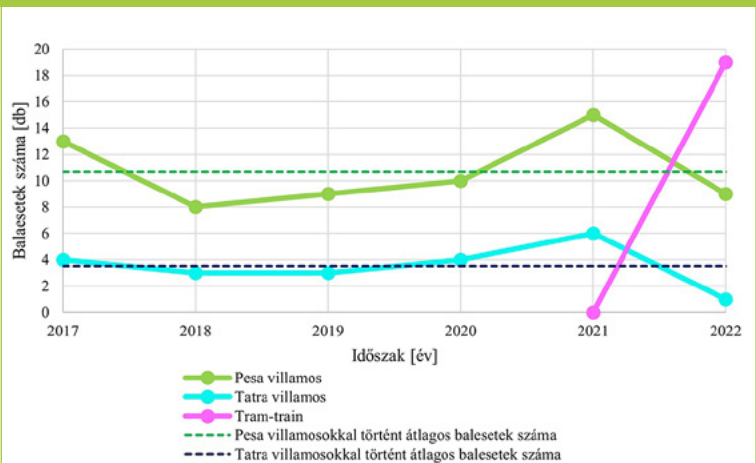
Szegeden a 19. század közepén az Osztrák-Magyar Államvasút-Társaságnak és az Alföld-Fiumei Vasútnak is volt állomása. A két vasúttársaság utasokért folytatott versengésének és rivalizálásának következményeként a Szegedet is érintő vonalaikat úgy alakították ki, hogy azok külön szintben keresztezték egymást. Az állomások a belvárostól messze estek, és közöttük nem volt közvetlen kapcsolat. A város a század közepén az utazók igényeinek megfelelően omnibusz-közlekedést indított el a két pályaudvar és a belváros között. A társas- és bérkocsik, vagyis az omnibuszok kapacitása a 19. század végére már nem volt elengedő. Szeged akkori városvezetése a kötőtpályás közlekedési fejlesztést szorgalmazta, amelynek eredményeképpen 1908-ban elindult a villamos közlekedés a belváros érintésével, Szeged-Rókus vasútállomás és Szeged pályaudvar között. Az 1-es villamos nyomvonala a legnagyobb mértékben 1927-ben változott meg, amikor a belvárosban lakók igényeihez alkalmazkodva a villamos pálya a Kárász utcáról a Kelemen, illetve a Zrínyi utcába került át [2]. Ezt követően csak kisebb módosítások történtek, főként azért, hogy a megállóhelyek minél jobban ki tudják szolgálni az utazók igényeit. 2012-ben Szeged közösségi közlekedését megreformálták, amelynek eredményeként az 1-es vonalát felújították, és a Damjanich utca megállóhely és Szeged vasútállomás megállóhely között (későbbiekben: vizsgált vonalszakasz) megjelentek a 2-es jelzésű villamosok [3]. 2021-ben fejeződött be az utolsó 1-es vonalat is érintő fejlesztés, amikor a tram-train projekt során Szeged-Rókus vasútállomás előtt új megállóhely épült. A megállóhelyet úgy ala-

kították ki, hogy onnan közvetlen kapcsolatot lehessen létesíteni – a 131a számú összekötővágány segítségével – a 135-ös számú vasútvonallal [4].

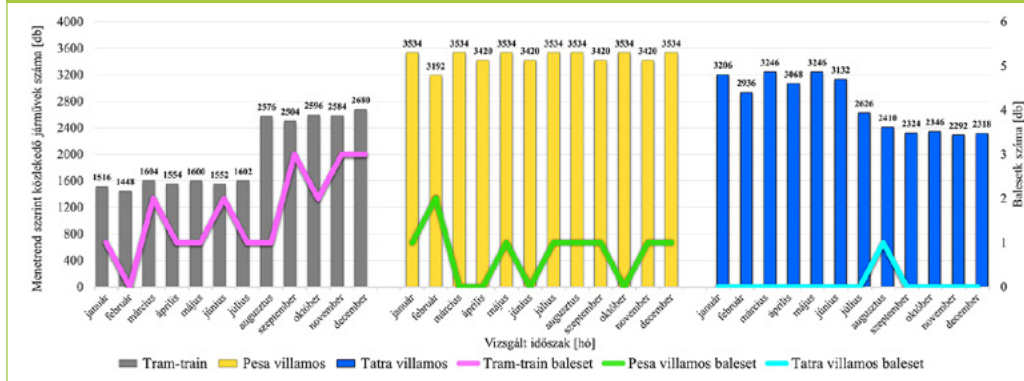
Az elmúlt 115 év során az 1-es villamosvonalon közlekedő járművek folyamatos fejlődésen mentek keresztül, azonban mindvégig közös jellemzőjük volt, hogy főként sárga arculattal vettek részt a helyi közösségi közlekedésben. Az első olyan villamosok, amelyek külső színezése kibővült a sárga mellett fehérrel, pirossal és kézzel (ezek a színek Szeged város színei), a Tatra típusú villamosok voltak [2]. 2009-ben Szeged városa és a Szegedi Közlekedési Társaság (SZKT) bejelentette újabb villamosok beszerzését. A színezésükről a város szavazást tartott, amelynek eredményeképpen napjainkban napfény-sárga színűek a Pesa villamosok [5]. Az 1-es villamosvonalán a tram-train projekt eredményeként új üzemeltető jelent meg a helyi közösségi közlekedésben, a MÁV-START Zrt. A vasútvillamosok a MÁV-START Zrt. (üzemeltető) 2015-től alkalmazott arculati igényeihez igazodva a homlok oldalon fehér, szürke, és kék színekkel álltak forgalomba, csak a járművek oldalajtói kaptak sárga festést [6].

A 20. század elejétől kezdve folyamatosan növekedett a közlekedő járművek száma

1. ábra: 2017-2022 között a vizsgált szakaszon a kötőtpályás járművek és gépjárművek között történt közúti balesetek



2. ábra: 2022-es évben menetrend szerint a vizsgált szakaszon elhaladó tram-train-ek és villamosok száma



és napjainkra már csúcsidekben 5-7 perces gyakorisággal követik egymást. Balesetek mindig is előfordultak a Damjanich utca megállóhely és a Szeged vasútállomás megállóhely között. 2017-től kezdődően az 1. ábrán látható módon változott a kötőpályás járművek és a gépjárművek közötti közúti balesetek száma.

2.1. Balesetek megoszlása 2022-ben

2022 volt az első év, amikor a vasútvillamosok a villamosokhoz hasonlóan az év minden napján közlekedtek az 1-es vonal nagy részén. A vizsgált vonalszakaszon közlekedő 1-es és 2-es villamosok menetrendje gyakorlatilag állandónak volt mondható. 2022-ben menetrend szerint összesen 74 760 darab villamos haladt el a vizsgált vonalszakaszon, ebből 41 610 darab Pesa és 33 150 darab Tatra gyártmányú. Havi szinten ez átlagosan, irányonként 3115 darab villamos jelentett. Hogy az a 2. ábrán látható, a 74 760 darab villamos közül mindösszesen 10 szenvedett egyéb közlekedési eszközzel balesetet a vizsgált vonalszakaszon. Ebből 9 darab Pesa típusú, míg 1 darab Tatra típusú.

A tram-train menetrendje 2022-ben három alkalommal változott, 2022. január 10-én, 2022. augusztus 1-jén, és 2022. október 29-én. Összegezve ez azt jelenti, hogy 2022-ben menetrend szerint összesen 23 816 darab vasútvillamos haladt el a vizsgált szakaszon. Ez havi szinten, átlagosan, irányonként 993

darab tram-train-t jelentett. Mindhárom alkalommal sűrítésre kerültek a vasútvillamosok. A járatszámnövelés a baleseti esetszámot is növelte. A vizsgált vonalszakaszon menetrend szerint közlekedő tram-train közül 20 darab szenvedett közúti balesetet.

Az egyes kötőpályás járművekkel történt balesetek relatív gyakoriságának összehasonlítására az alábbi egyenletet használtuk:

$$P_x = B_x / (N_x \times M_x)$$

ahol:

P_x – az adott kötőpályás jármű (x) és a közlekedési eszközök közötti balesetek relatív gyakoriságainak viszonyozsága [baleset/menetek száma],

B_x – az adott kötőpályás jármű (x), 1 év alatt történt közúti balesetek száma [darab/év],

N_x – az adott kötőpályás járművek (x) közül a forgalomban lévők [darab],

M_x – az adott kötőpályás járművek (x) közül a forgalomban lévőkre jutó átlagos menetszám [menetek száma/(darab × év)].

2022-ben a vizsgált szakaszon azt feltételeztük, hogy 35 darab különböző pályaszámú Tatra villamos közlekedett, így egy jármű éves átlagos menetszáma ~947 volt. A Pesa

villamosok esetében 9 különböző pályaszámú volt forgalomban, ami egy Pesa járműre vetítve ~4623 éves átlagos menetszámot jelentett. A 12 darab különböző pályaszámú tram-train esetében, egy járműre vetítve az éves átlagos menetszám ~1985.

A 2022-es évre számolt relatív baleseti mutatók értékei növekvő sorrendben a Tatra, Pesa villamosokra és a vasútvillamosra rendre $3,0 \times 10^{-5}$; $21,6 \times 10^{-5}$ és $84,0 \times 10^{-5}$ baleset / menetszám. A kapott eredmények alapján tehát egy tram-train-nel egy

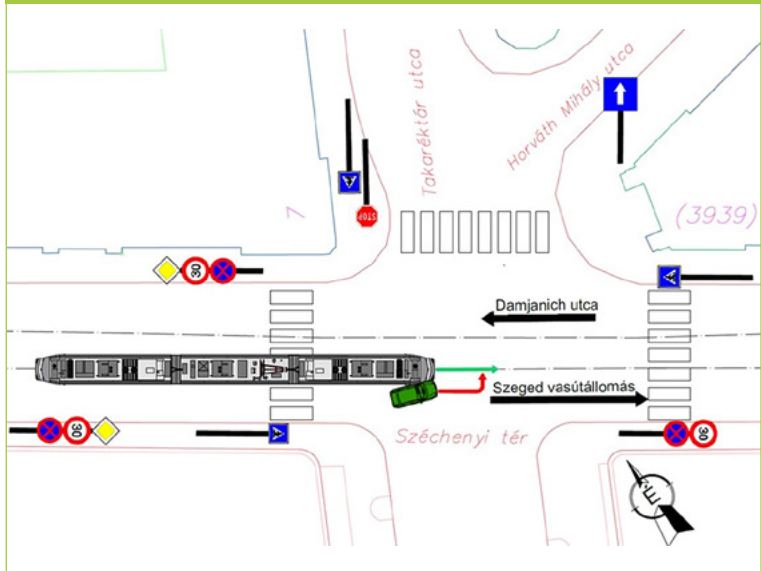
Pesa villamoshoz képest körülbelül 4-szer és egy ČKD Tatra típusú villamoshoz képest körülbelül 28-szor nagyobb eséllyel történik közúti baleset. A két villamos típust összehasonlítva az látható, hogy egy Pesa villamos körülbelül 7-szer nagyobb valószínűséggel vesz részt közúti balesetben, mint egy Tatra villamos.

2.2. Jellemző baleseti típusok

A Damjanich utca megállóhely és Szeged vasútállomás megállóhely között történt közúti balesetek helyszíneit alaposabban is megvizsgáltuk. A szükséges baleseti adatokat a Szegedi Közlekedési Kft. és a MÁV Zrt. Biztonsági Főigazgatóság Területi Vasútbiztonsági Szervezete biztosította számunkra. Az adatok elemzésekor a fő cél az volt, hogy összefüggéseket keressünk az egyes balesetek között és a szemkamerás vizsgálathoz ki tudjuk jelölni a vizsgálati szakaszt.

A balesetek körülbelül 67%-ában (összesen 20 esetben) az volt a megállapított baleseti ok, hogy a gépjárművezetők nem adtak elsőbbséget a mögülük érkező kötöttpályás járműveknek és balról eléjük kanyarodtak. Egy ilyen tipikus baleset kollíziós diagramját mutatja a

3. ábra: Egy tram-train baleset kollíziós diagramja



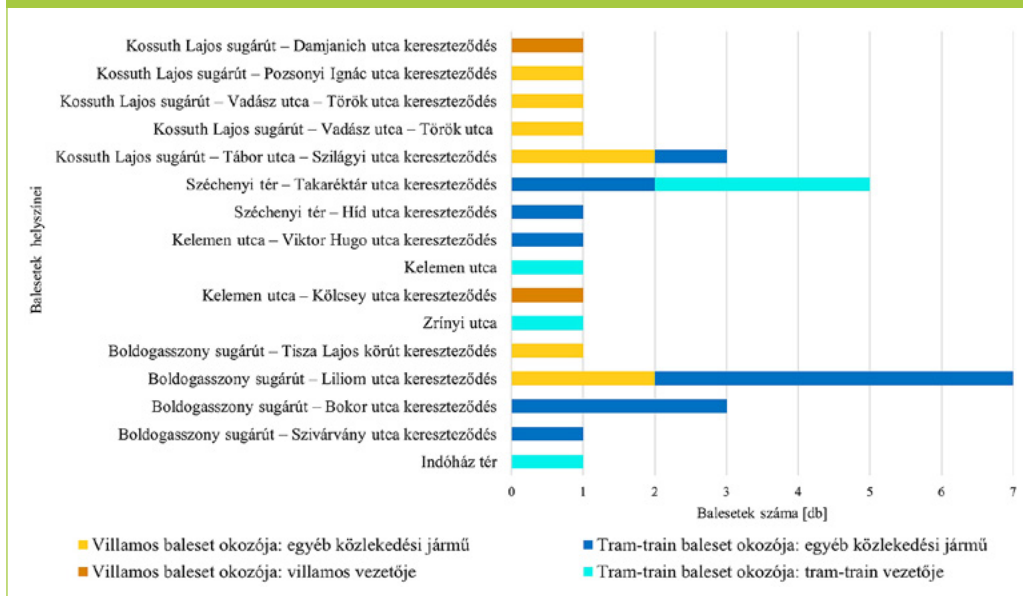
3. ábra. A fennmaradó tíz esetből kettőt figyelmen kívül hagyva, a maradék eseteket a tram-train vezetői és egyet a villamosvezető okozta.

A 4. ábrán látható, hogy a 2022-es baleseti adatok alapján két olyan helyszínt találtunk, ahol mind a villamosokkal, mind a tram-train-ekkel történt baleset. Ezek a Boldogasszony sugárút – Liliom utca kereszteződése, illetve a Kossuth Lajos sugárút – Tábor utca – Szilágyi utca kereszteződése voltak. Ezen helyszíneket potenciális vizsgálati helyszíneként rögzítettük.

4. KÉRDŐÍVES KUTATÁS

A kutatásunk részét képezte egy kérdőív felmérés is, amelynek célja az volt, hogy széleskörben tájékozódjunk a Szeged belvárosában gépjárművel közlekedők körében a különféle villamos szerelvényekkel történt balesetek kapcsán. Választ kívántunk kapni arra, hogy a közvélemény szerint mi okozhatta az előző évekhez képesti magasabb balesetszámot. Kérdésként fogalmaztuk meg továbbá, hogy a vasútvillamosok arculatának belvárosi környezetbe való illeszkedését hogyan ítélik meg a közlekedők.

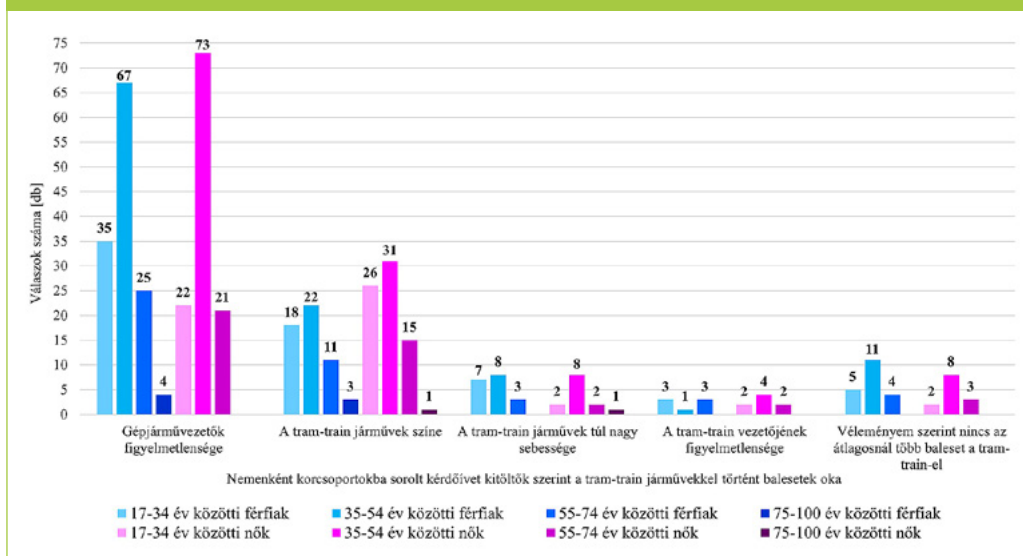
4. ábra: 2022-ben a vizsgált szakaszon történt balesetek alakulása



A kutatás keretében összesen 522 résztvevő töltötte ki a kérdőívet. Ezen kitöltések közül a hibás, illetve a hiányos válaszokat kiszűrve 453 fős mintával dolgoztunk. A résztvevőktől

azt kérdeztük, hogy véleményük szerint miért tapasztalható több baleset a tram-train járművekkel, mint az ugyanezen vonalszakaszon közlekedő Pesa vagy Tatra típusú villamosokkal.

5. ábra: A kitöltők szerint a tram-train járművekkel történt közúti balesetek oka



Az 5. ábra eredményeiből leolvasható, hogy a válaszadók szerint a balesetek fő oka a gépjárművezetők figyelmetlensége, de szerepet játszik a vasútvillamosok színezése is. A válaszadók 55%-a (247 fő) szerint a gépjárművezetők figyelmetlensége, 28%-a (127 fő) szerint a tram-train járművek színe, 7%-a (31 fő) szerint a tram-train járművek túl nagy sebessége, 3%-a (15 fő) szerint a tram-train vezetőjének figyelmetlensége okozza a baleseteket. Ezen kívül 33 kitöltő nem érzékelte, hogy több baleset történne a tram-train szerelvényekkel.

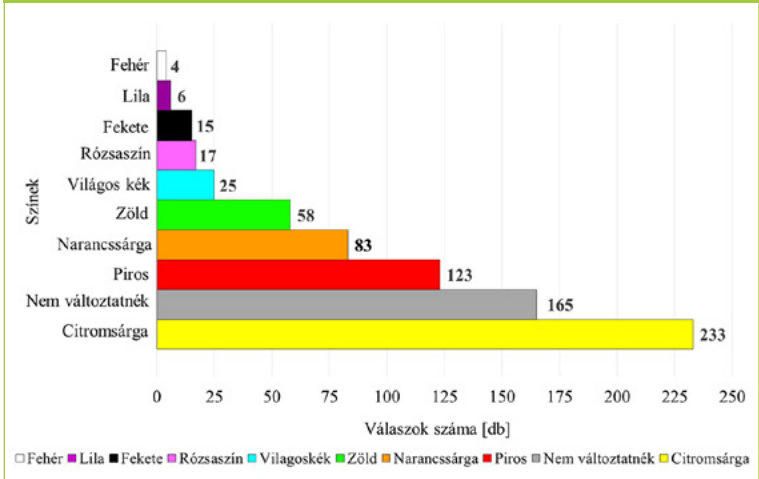
A kérdőívben megkérdeztük a Szeged belvárosában gépjárművel közlekedők véleményét a tram-train-ek arculatáról is. A 453 válaszadó közül 165-en nem színeznék át a tram-train-eket, míg 288 fő változtatna a vasútvillamosok színein.

A 6. ábrán látható, hogy a 288 válaszadó közül 81% (233 fő) citromsárga, 43% (123 fő) piros, 29% (83 fő) narancssárga, 20% (58 fő) zöld, 9% (25 fő) világoskék, 6% (17 fő) rózsaszín, 5% (15 fő) fekete, 2% (6 fő) lila és 1% (4 fő) fehér színnel/színekkel módosítaná a vasútvillamosok jelenlegi arculatát.

A felmérésben résztvevők azt is kiválaszthatták, hogy a kötőpályás járművek mely részében helyeznék el az előző kérdésben kiválasztott színt/színeket.

A 7. ábrán azt szemléltetjük, hogy a 288 válaszadó közül 80% (230 fő) a homlokoldal alsó részét, 69% (199 fő) a homlokoldal középső részét, 52% (150 fő) a homlokoldal felső részét, 51% (148 fő) az oldalsó rész középső részét, 32% (93 fő) az oldalsó rész alsó részét és 26% (76 fő) az oldalsó rész felső részét színeznék át a vasútvillamosoknak.

6. ábra: A kitöltők választai a tram-train járművek átszínezésével kapcsolatban



4. SZEMKAMERÁS VIZSGÁLAT

A járművezetők figyelme sok helyre kell, hogy összpontosuljon amit az ugyanazon keresztmetszetbe zsúfolt, más-más jellegű közlekedési járművek sokasága nehezít (pl. különféle közösségi közlekedési eszközök, mikromobilitási eszközök). Ennek következtében a közlekedési környezetben megkülönböztetett szerepet kapnak a színek. Az emberek viselkedését és a közlekedési környezet észrevehetőségét szignifikánsan befolyásolják a különféle színek, közlekedési jelek és táblák. Számos esetben tapasztalható az, hogy a belvárosokban való közlekedés sokkal több energiát vesz igénybe, mint a külső városrészekben, a kisebb forgalmú, ingerszegény utakon. A sűrű forgalom, a különböző járműtípusok és az egyre változatosabb közlekedési jelzések miatt a vezetők számára kihívást jelenthet a helyes döntéshozatal. Az ingeráradat közepette a vezetők leginkább a látás érzékszervét használják, így ez van a legnagyobb terhelésnek kitéve. A megfelelő színek kiválasztása és alkalmazása kiemelten fontos a biztonságos közlekedéshez. A színek pszichológiai, kognitív és funkcionális hatásai közvetlen befolyással vannak a vezetők viselkedésére és a közlekedési környezet észrevehetőségére. A helyes színek használata segíthet a vezetőknek gyorsabban értelmezni a közlekedési jeleket és információkat,



7. ábra: A kitéltők véleménye a tram-train-ek átszínezésének helyeiről



Oldalsó rész felsőrése: 76 db válasz

Homlokoldal felsőrése: 150 db válasz

Homlokoldal középső része: 199 db válasz

Homlokoldal alsó része: 230 db válasz

Oldalsó rész alsó része: 93 db válasz

Oldalsó rész középső része: 148 db válasz

ezáltal növelve a közúti biztonságot [7]–[10]. Az első szemmozgással kapcsolatos feljegyzések és kutatások az 1800-as években készültek el. Az 1980-as években fogalmazódott meg a Just & Carpenter modell, amely szerint nincs jelentős időtöbblet a szem által felfogott inger érzékelése és a feldolgozása között. Ez azt jelenti, hogy a fókuszálás időtartama alatt az ember a legtöbb esetben kognitívan feldolgozza azt, amit érzékel. Vezetés közben a célkövető szemmozgás a leggyakoribb, amelynek három típusa ismert: a szakkadikus szemmozgás, a

lassú követő szemmozgás és a vergencia szemmozgás. A szemmozgások kapcsán a fixáció és az úgynevezett szökkenő gyors szemmozgásokat (saccade-ot) lehet legjobban vizsgálni. A fixáció során a szem egy adott pontra fókuszál, ami a teljes látótérnek csak egy kis része. A fixáció fenntartásának ideje főként az észlelt tárgy kontrasztjától, a látótér bonyolultságától és a kognitív terheléstől függ. Szakkádnak (angolul saccade) nevezzük azt a szemmozgási pályát, amely két fixáció között van (8. ábra). A szakkádok során nincs vizuális észlelés, tehát az egyes kognitív érzékelő funkciók átmenetileg inaktívak [11], [12].

8. ábra: Szemmozgás során a fixációs pontok és a szakkád (saccade)



Szakkád (saccade)

fixációs pont

4.1. A vizsgálat lefolytatása

A szemkamerás vizsgálatokkal fel kívántuk mérni, hogy a gépjárművezetők balra kanyarodási szándék esetén a visszapillantó tükörbe pillantva a villamos szerelvény mely részeire fókuszálnak a leginkább. Ezzel a vizsgálattal egyúttal a villamos szerelvények arculatának színösszeállításával kapcsolatos kérdőíves eredményeinket kívántuk tovább vizsgálni.

A szemkamera segítségével végzett tesztelés 2023. augusztus 17-22 között zajlott. A vizs-

gálatokat Szegeden hajtottuk végre, összesen három helyszínen: a Kossuth Lajos sugárút – Tábor utca – Szilágyi utca kereszteződésében, a Kossuth Lajos sugárút – Török utca – Vadász utca kereszteződésében, valamint a Kossuth Lajos sugárút – Bocskai utca – Püspök utca kereszteződésében. A vizsgálati időszakkal átfedésben felújítási munkák voltak 2023. augusztus 6-28 között az Anna kút és Szeged vasútállomás megállóhelyek között, a vágányzár miatt a 2.2 pontban kiválasztott két potenciális baleseti helyszín közül csak az egyikben

tudtunk mérni.

A szemkamerás vizsgálatot 12 résztvevő segítségével hajtottuk végre különböző napszakokban. A résztvevők között 6 férfi és 6 nő szerepelt. Az anonimitás megőrzése érdekében a férfiakat F₁-F₆, a nőket pedig N₁-N₆ jelölésekkel azonosítottuk. A tesztelők négy nagy korcsoportból kerültek kiválasztásra. A 20-35 év közöttiek hatan, a 36-50 év közöttiek ketten, a 51-65 év közöttiek ketten és a 66-80 év közöttiek is ketten voltak. Minden korcsoportot legalább egy férfi és egy nő képviselt. A résztvevők tesztelé-

1. táblázat: A tesztben résztvevő férfiak adatai

A tesztelő	F1	F2	F3	F4	F5	F6
A tesztelő korcsoportja?	36-50 éves kor között	66-80 éves kor között	20-35 éves kor között	20-35 éves kor között	20-35 éves kor között	51-65 éves kor között
A tesztelő jogosítványának megszerzésétől eltelt idő?	31 év	62 év	7 év	5 év	3 év	43 év
A tesztelő jogosítványának megszerzésének helye?	Salgótarján	Szeged	Szeged	Marosvásárhely (Románia)	Szeged	Budapest
A tesztelő vezet Szeged belvárosában.	Naponta	Naponta	Naponta többször	Naponta többször	Naponta	Naponta
Szemkamerás vizsgálat időpontja	18:00 - 19:00	13:30 - 14:30	15:30 - 16:30	12:30 - 13:30	18:00 - 19:00	07:30 - 8:30
A tesztelő által vezetett gépjármű típusa.	Hyundai ix35	Hyundai Prime	Kia Niro	Kia Niro	Toyota Corolla	Suzuki Vitara
A tesztelő által vezetett gépjármű kivitele?	Városi terepjáró (crossover)	Ferdehátú	Városi terepjáró (crossover)	Városi terepjáró (crossover)	Ferdehátú	Városi terepjáró (crossover)
A tesztelő által a teszt során használt gépjárművet éve használja.	Több, mint 10 éve	Több, mint 10 éve	1-2 éve	1-2 éve	1-2 éve	5-6 éve
A tesztelőnek van-e jogosítványához tartozó kód?	Nem	Nem	Nem	Nem	Nem	Nem
A tesztelőnek kell-e szemüveget viselnie vezetés közben?	Nem	Nem	Nem	Nem	Nem	Igen
A vezetés során használt szemüveg dioptriája?	-	-	-	-	-	OS: + 1.00
OD: + 1.00						
A tesztelőnek van-e látászavara (színtévesztése/színvak-sága)?	Nem	Nem	Nem	Nem	Nem	Nem
Egyéb megjegyzés:	-	Szemlencse műtétet volt a bal szememben 3 hete a jobb szememben 2 hónapja	-	-	-	-

2. táblázat: A testtben résztvevő nők adatai

A tesztelő	N1	N2	N3	N4	N5	N6
A tesztelő korcsoportja?	20-35 éves kor között	20-35 éves kor között	66-80 éves kor között	51-65 éves kor között	20-35 éves kor között	36-50 éves kor között
A tesztelő jogosítványának megszerzésétől eltelt idő?	6 év	1 év	47 év	40 év	7 év	18 év
A tesztelő jogosítványának megszerzésének helye?	Szeged	Szeged	Szeged	Szeged	Szeged	Szeged
A tesztelő vezet Szeged belvárosában.	Két hetente	Naponta	Naponta	Naponta többször	Naponta többször	Naponta többször
Szemkamerás vizsgálat időpontja	06:30 - 07:30	09:30 - 10:30	14:30 - 15:30	11:30 - 12:30	14:00 - 15:00	19:00 - 20:00
A tesztelő által vezetett gépjármű típusa.	Ford KA	Opel Astra J	Mitsubishi ASX	Citroën C3	Kia Niro	Citroën C3
A tesztelő által vezetett gépjármű kivitele?	Ferdehátú	Ferdehátú	Városi terepjáró (crossover)	Ferdehátú	Városi terepjáró (crossover)	Ferdehátú
A tesztelő által a teszt során használt gépjárművet éve használja.	3-4 éve	1-2 éve	7-8 éve	Több, mint 10 éve	1-2 éve	Több, mint 10 éve
A tesztelőnek van-e jogosítványához tartozó kód?	01.06. Egészségügyi állapotot korlátozó jogosítvány kód	Nem	01.06. Egészségügyi állapotot korlátozó jogosítvány kód	Nem	Nem	Nem
A tesztelőnek kell-e szemüveget viselnie vezetés közben?	Igen	Nem	Igen	Nem	Nem	Nem
A vezetés során használt szemüveg dioptriája?	OS: - 4.50 OD: - 4.25	-	OS: - 2.50 OD: - 1.50	-	-	-
A tesztelőnek van-e látászavara (színtévesztése/színvaksága)?	Nem	Nem	Nem	Nem	Nem	Nem
Egyéb megjegyzés:	-	-	-	Basedow-kórom van	-	-

si adatai az 1. és a 2. táblázatokban található. A gépjárművezetők szemmozgásainak vizsgálatához a Pupil Labs Core Eye Tracker (szemmozgásfigyelő) eszközt, valamint a Pupil Capture és a Pupil Player nyílt hozzáférésű szoftvert alkalmaztuk. A szemkamerát a Széchenyi István Egyetem biztosította.

A Pupil Core szemmozgás követő eszköz egy lencse nélküli szemüvegre emlékeztet, melyen felül egy darab RGB webkamera (30 Hz@1080p) található 139° × 83°-os nagylátószögű len-

csével, míg az alsó részen két darab infravörös (IR) szemkamera (120 Hz@400 × 400px) helyezkedik el [13]. A felvételeket könnyedén kezelhettük a szoftverek segítségével és a Pupil Player szoftverrel a videókból kiolvashattuk a fixációs pontokat és a szakkádokat, majd ezekből hőterképeket (fixációs ábrákat) készítettünk.

A tesztek előtt megkértük a résztvevőket, hogy figyelmesen helyezték fel a szemkamerát a fejükre, és kényelmesen helyezkedje-

nek el. Eközben elindítottuk a Pupil Capture nyílt forrású szoftvert a felvételhez szükséges laptopon, majd USB-C típusú adatkábel segítségével összekapcsoltuk a két eszközt. A felvételekhez egy ASUS VivoBook S14 márkájú nagyteljesítményű laptopot használtunk. Miután a szoftver elindult, egyedileg beállítottuk az IR kamerákat, amelyek rögzítették a pupillák mozgását, valamint az élességet a webkamerán.

Ezután minden résztvevővel elvégeztettük a szemkamera félautomata kalibrálását. A kalibráció során a szoftver 5 darab, úgynevezett kalibrációs kört jelenített meg a képernyőn. A beállítási folyamat 1-5 percet vett igénybe, amelyet minden alkalommal a visszapillantó tükör középső részébe való tekintéssel ellenőriztünk. Amennyiben a szoftveren nem jelent meg a fixációs pontot jelző sárga kör és a hozzá tartozó érték a visszapillantó tükör középső részében, akkor a kalibráció folyamata újrakezdődött.

A videófelvételek általában várakozó helyzetből indultak, az előzetes kalibráció miatt. Az elinduláskor arra kértük a járművezetőket, hogy az előzőekben ismertetett három kereszteződésnél szimuláljanak balra kanyarodást. A szimuláció során nem kellett kitenniük az irányjelzőt és bekanyarodniuk, csak a tükörbe/tükrökbe belenézni. Így nem volt akadályozva sem a közúti forgalom, sem a közösségi közlekedés. A szemkamerás tesztelés alatt csak a Pesa típusú villamosok és a tram-train vasútvillamosok közlekedtek a vizsgált szakaszon. A tesztelés mindkét járműtípus esetén, mindkét irányban, az összes tesztben résztvevő gépjárművezetővel megtörtént.

4.2. Eredmények bemutatása

A szemkamerás vizsgálatok során a szükségesnél több felvételt készítettünk és később mind egyiket alaposan tanulmányoztuk. A további elemzésekhez az általunk leginkább megfelelőnek ítélt felvételeket használtuk fel. A felvételek kiválasztásakor figyeltünk arra, hogy legalább egy irányba mind a 12 résztvevő számára elérhető legyen olyan felvétel, amelyen a kötötpá-

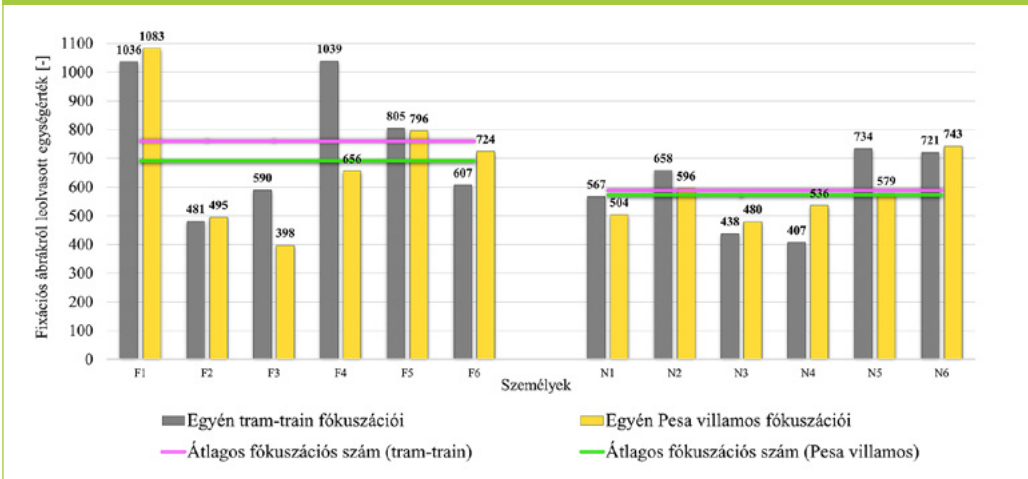
lyás járművek jól láthatóak a balra kanyarodás szimulációja közben. Ez különösen fontos volt, mivel a felvételekből hőterképeket (angolul heatmap) készítettünk. Ezek a hőterképek az egyes járművekre történő fixációkat ábrázolják. Az ábrák az egyes személyek visszapillantó tükrökben történő pillantásai és szemmozgásai alapján készültek el.

Ezeket a specifikus pontokat a szemkamera videó lejátszó szoftvere, a Pupil Player segítségével vizsgáltuk. A szoftver fixációs érzékelő (fixation detector) modulja jelenítette meg azokat a fixációs pontokat, amelyek beleesnek a beállított minimum és maximum fixációs időtartam közé. A szoftver alapértelmezett beállításait alkalmaztuk, azaz minimum időtartam: 80 millisec; és maximum időtartam: 220 millisec. Azokat a fixációs pontokat, amelyek kívül estek ezen az időintervallumon (ezeket a szoftver tekintetkörnek, angolul gaze circle-nek hívja), a szoftver vis circle moduljában konfiguráltuk. A megjelenő tekintetkörök sugara 26 egység volt, a körvonal szélessége pedig 5 egység. A megjelenő körök RGB színeit a zöld szín irányába módosítottuk (red: 0, green: 1, blue: 0,15) az áttetszőséget a szoftver alpha névvel látta el, amelynek 0,10-es értéket állítottunk be.

A Pupil Player szoftver konfigurálása után az AutoCAD szoftvert felhasználva megterveztük a Pesa villamos és a tram-train járművek homlokoldalainak jellegrajzait. A homlokoldalakról készült lenyomatokat Excel programba importáltuk, majd az oszlopok és a sorok szélességének változtatásával négyzet-rácsot hoztunk létre, majd ezeket a cellákat skáláztuk.

Ezután egyedi pontozási rendszert dolgoztunk ki a fixációs ábrákhoz. A pontozás módszere a következő volt: a vizsgált időtartamban megjelenő fixációs pontok középpontja, amelyeket a szoftver számokkal is jelölt, 3-as értéket kapott az ábrázolás során. A 3-as értéket körülvevő cellák (összesen 8 cella) 1-es értéket kaptak. Ezenkívül a felvételeken megfigyelhetőek voltak a tekintetkörök is, ezek középpontja 1-es értéket kapott, ha az átlátszósága 0,01 alfa értéknél nagyobb volt (azaz a tekintetkör nem

9. ábra: Fixációk alapján számított egységértékek darabszámainak alakulása az egyes személyeknél



volt átlátszó).

A feldolgozott szemkamerás videókból készített fixációs ábrákat felhasználva kiszámoltuk az egyes személyek fókusz egységértékeit. Az egységértékeket úgy kaptuk meg, hogy az egyes hőtérképek elkészítése során kapott értékeket összegeztük. A fókusz egységértékeket a 9. ábrán nemek és kötött pályás járműtípusok szerinti bontásban ábrázoltuk.

A 9. ábrán szembevetendő azon eredmény, hogy a férfiak átlagosan ~23%-kal többször néztek a visszapillantó tükrökbe, mint a nők, ha tram-train járművek voltak mögöttük és ~17%-kal többször, ha Pesa villamosok. Továbbá a vizsgálat eredményeiből az is látszik, hogy mindkét nem a tram-train járművekre pillantott többször. A férfiak átlagos fókuszációs egységértéke tram-train esetén 760, míg a nőknél 588. A Pesa villamosok esetében ugyanezen érték 692 és 573 a férfiak javára. Ez azt jelenti, hogy a férfiak ~9%-kal, a nők ~3%-kal sűrűbben néztek a tram-train-ekre, mint a villamosokra. Összességében az eredményekből arra következtethetünk, hogy az egyes járművek fókuszációs egységértékei között ~6%-os különbség van a vasútvillamosok javára.

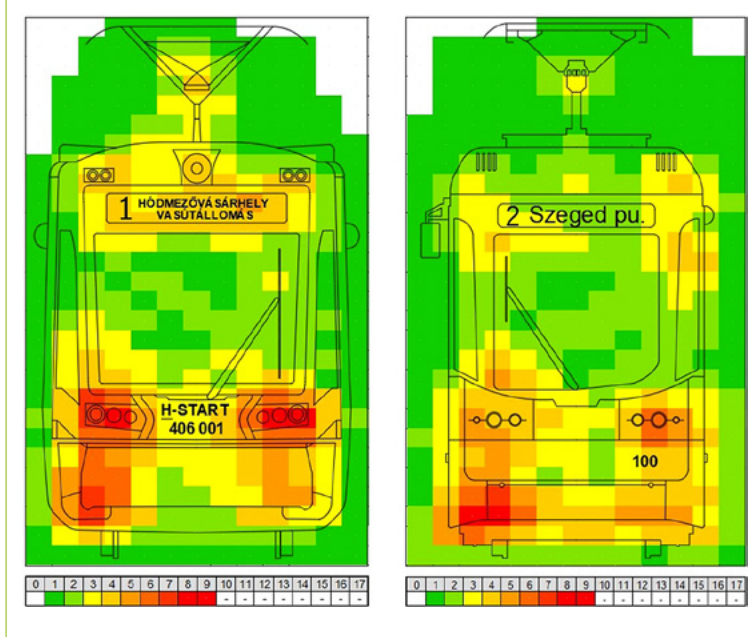
A kutatási eredményeket nem, korcsoport és a vizsgálat során vezetett személygépjármű

kivitele, valamint a kötött pályás jármű jellege szerint hasonlítottuk össze. Az összehasonlítás szemléltetéséhez fixációs ábrákat és fixációs egységértékek eltéréseit bemutató ábrákat készítettünk. Az egyes ábrák színezése az ábrák alatti színskálák alapján történt meg. A fixációs ábrák zöld-sárga-piros színekkel kerültek ábrázolásra, a színek árnyalatainak sötétedése pedig az eltérések mértékét szemlélteti. Ezen ábrák közül a kutatás szempontjából releváns eredményeket a kötött pályás járművek fixációs ábrái tartalmazzák. Erre ad példát a 10. ábra, ami azt mutatja, hogy az egyes járműtípusok mely részein voltak magasabbak a fókuszálási értékek, a vizsgálatban résztvevők balra kanyarodási szándéka esetén. Az ábrát úgy készítettük el, hogy a 12 ember villamos és tram-train fixációs ábráit összesítettük, majd átlagot vontunk belőlük.

A 10. ábrán jól látható, hogy jellemzően a homlokoldalak alsó és középső részeire pillantottak a vizsgálatban részt vevők. A lámpák környezetében és a bal oldalak alsó részein mutatkoztak intenzívebb fixációk. Jelentősnek mondható eltérés a két jármű között az, hogy a Pesa villamos alsó sárga részeinek közepére 28%-kal többször fókuszáltak, mint a tram-train-ek ugyanezen sötét részeire. A Pesa villamosoknál a homlokoldalak felső részeinek

10. ábra: A kötőpályás járművek fixációs ábrái:

a) tram-train; b) Pesa villamos



jobb és bal oldalait, míg tram-train-ek felsőrészeinek közepét nézték meg gyakrabban a gépjárművezetők, ahol a járművek kijelzői és áramszedői találhatóak. A vasútvillamosok kijelző paneljein a feliratok narancssárgák, az áramszedők pedig pirosak.

5. ÖSSZEZÉS

Szegeden 2021-ben az igénybe vehető kötőpályás járművek választéka bővült egy új, addig Magyarországon is ismeretlen járművel, a vasútvillamossal. A bevezetést követő évben, 2022-ben a többi villamos szerelvényhez képest relatíve nagyobb gyakoriságú közúti balesetet regisztráltak. A szegedi 1-es villamosvonalon megjelenő új üzemeltető, a MÁV-START Zrt. által használt arculati színösszeállítás nagyban eltér a városi környezetben megszokottól. Kutatásunkban ezért arra kerestük a választ, hogy ennek az arculatnak milyen fogadtatása van a közlekedők körében, valamint, hogy a közlekedők szemmozgásában látnak-e különbséget az egyes szerelvények

tekintetében.

Az új üzemeltető a szegedi 1-es villamosvonalon az elmúlt 115 éve megszo- kott arculattól eltérő színösszeállítású kötőpályás járművekkel végez személyszállítási tevékenységet. A baleseti adatokból az is konstatálható, hogy 2022-ben a Damjanich utca megállóhely és a Szeged vasútállomás megállóhely között nagyobb valószínűséggel történt baleset tram-train járművekkel, mint az ugyanezen a szakaszon közlekedő más külső színezésű villamossal.

A belvárosi közlekedési környezetbe való illesz- kedés vizsgálatát kérdőíves kutatással és szem- kamerás vizsgálattal végeztük el.

A kérdőív eredményéből azon konklúzió von- ható le, hogy az emberek nagy része szerint a gépjárművezetők figyelmetlensége (55%) és a tram-train-ek nem megfelelő színe (28%) okozza a baleseteket. Az eredményekből to- vábbá az is kiderült, hogy a kérdőívet kitöltők több mint fele (51,4%) a 115 éve szegedi kö- tőpályás közlekedésben hagyományosnak mondható, sárga színnel borítaná be a tram- train járművek homlokoldalait. A kitöltők vá- laszai alapján az észlelhetőség kapcsán a leg- nagyobb gondot az jelenti, hogy a homlokoldal alsó részén található központi önműködő üt- köző- és vonókészüléket védő burkolati elem nagy része szürke színű, mely szín vélhetően beleolvad a környezetébe.

A szemkamerás vizsgálatot 12 gépjárműve- zetővel végeztük el, rögzítve a fixációikat fel- tételes balra kanyarodási manőver esetén. A rögzített videók feldolgozott eredményei arra engednek következtetni, hogy a vizsgált kö-

töttpályás járműveknek vannak olyan részei, ahová a gépjárművezetők nagyobb gyakorisággal pillantottak. A fixációs ábra alapján ezen területek a Pesa villamosoknál a homlokoldal alsó részei, míg a tram-train szerelvényeknél a homlokoldal felső részei. A járművek arculatát összevetve a kapott eredmények arra engednek következtetni, hogy a színek igenis hatást gyakorolnak a fixációk mennyiségeire.

Fontos kihangsúlyozni, hogy a balesetekhez számos körülmény egyidejű együttes jelenléte szükséges. A balesetek megtörténte az ember, a jármű és az infrastruktúra háromszögében számos körülményre vezethető vissza. Jelen cikkben mindezen körülmények közül az ember érzékelésére helyeztük a hangsúlyt és két-féle módszerrel is igazoltuk, hogy a városi környezetben nem megszokott színösszeállítású kötöttpályás szerelvények kihatással lehetnek azok ember által történő érzékelésére és közvetlenül a balesetek bekövetkezésére.

A közlekedési balesetek társadalmi költsége jelentős (anyagi kár, mentési költségek, kórházi költségek, adminisztráció, kiesett szolgáltatás, idővesztés stb.). Vizsgálatainknak nem képezte részét egy alapos költség-hason elemzés. Ugyanakkor könnyen belátható, hogy a vasútvillamosok városi környezethez jobban illeszkedő, és az úthasználók által megszokott, könnyebben érzékelhető színekkel történő „átmatricázásának” költsége (szerelvényenként nagyvonalú becsléssel is százezer forint alatti összeg) messze elmarad a balesetek által eddig okozott több tízmillió forintos kártól.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Horváth Cs., „A tram-train járművek közlekedésbiztonságának vizsgálata a szegedi közúti vasúti szakaszon”, MSc diplomamunka, Széchenyi István Egyetem, 2023.
- [2] Nagy I., Elek I., és Terhes S., 100 és a szegedi villamos, Juhász Gyula Felsőoktatási Kiadó. Szeged: SZKT: Szegedi Egyetemi Kiadó, 2008.
- [3] Nagy I., A Szegedi Közúti Vaspálya Részvénnytársaság megalakulása előtt illetve után keletkezett dokumentumai: 1881-1884, 1884-1950. Szeged: Szemernet Kft., 2021, 2021.
- [4] Gyovai L., „Tram-train-üzemeltetés a pályafenntartás tükrében”. Elérés: 2023. március 24. [Online]. Elérhető: <http://www.sinekvilaga.hu>
- [5] R. Tóth G., „Csak Szegeden eredményes a villamosprojekt közbeszerzési pályázata Debrecen, Miskolc: álmukban csenget Délmagyarország, 2010. március (100. évfolyam, 50-75. szám), Hungaricana”, sz. 100/70, o. 7, márc. 2010.
- [6] MÁV-START Zrt., „Vasútvillamos üzem Szeged és Hódmezővásárhely között”, MÁV-START Zrt. Elérés: 2023. március 27. [Online]. Elérhető: <https://www.mavcsoport.hu/mav-start/bemutakozas/tram-train-jarmubeszerzes-szeged-hodmezovasarhely-viszonylatra>
- [7] Engström J. és mtsai., „A conceptual framework and taxonomy for understanding and categorizing driver inattention”, European Commission. Directorate General for Communications Networks, Content & Technology; Bryssel, o. 44, 2013.
- [8] Lee J. D., „Dynamics of Driver Distraction: The process of engaging and disengaging”, Ann Adv Automot Med, köt. 58, o. 24–32, márc. 2014.
- [9] Lindsey D. T., Brown A. M., Reijnen E., Rich A. N., Kuzmova Y. I., és Wolfe J. M., „Color Channels, Not Color Appearance or Color Categories, Guide Visual Search for Desaturated Color Targets”, Psychol Sci, köt. 21, sz. 9, o. 1208–1214, szept. 2010, DOI: <https://doi.org/bnjdsb>
- [10] Kuhbandner C., Spitzer B., Lichtenfeld S., és Pekrun R., „Differential binding of colors to objects in memory: red and yellow stick better than blue and green”, Frontiers in Psychology, köt. 6, 2015, Elérés: 2023. október 18. [Online]. Elérhető: <https://www.frontiersin.org/articles/10.3389/fpsyg.2015.00231>
- [11] Rajkai Cs., „Vizuális fixáció szerepének elektrofiziológiai vizsgálata a látókérgi aktivitás modulációjában”, 2007. [Online]. Elérhető: http://old.semmelweis.hu/wp-content/phd/phd_live/vedes/export/rajkaicsaba.d.pdf

- [12] Vetturi D., Tiboni M., Maternini G., és Bonera M., „Use of eye tracking device to evaluate the driver’s behaviour and the infrastructures quality in relation to road safety”, *Transportation Research Procedia*, köt. 45, o. 587–595, jan. 2020, DOI: <https://doi.org/mssv>
- [13] Nagy V. és mtsai., „Testing Road Vehicle User Interfaces Concerning the Driver’s Cognitive Load”, *Land Transport, Vehicle and Railway Engineering*, márc. 2023, DOI: <https://doi.org/mssw>



Investigation of the traffic safety of track-bound vehicles running on on-street urban light rail system in the city of Szeged

Keywords: track-bound, traffic safety, tram-train, eye-camera

In 2021, the fleet of fixed rail vehicles in Szeged were extended by a new type of vehicle, the tram-train, which was previously unknown in Hungary. The colour scheme of the tram-train is very different from what is usual in the urban environment. In the year following its introduction, 2022, the frequency of registered road accidents was relatively higher than for other types of tram. A questionnaire survey with a sample of 453 respondents was carried out to find out how this new design is perceived by the public. We used eye-camera surveys to analyse whether we can see any differences in the eye movements of road users with different tram types. We conducted field measurements to see which parts of the tram train drivers focus on most when looking in the rear-view mirror before a hypothetical left turn. Based on these studies, recommendations were made for the colour scheme of tram-trains.



Untersuchung der Verkehrssicherheit von spurgebundenen Fahrzeugen auf Straßenbahngleisen in Szeged

Schlüsselwörter: spurgebundene Bahn, Verkehrssicherheit, Straßenbahn-Zug (tram-train), Augenkamera

Im Jahr 2021 wurde die Flotte der festen Schienenfahrzeuge in Szeged um einen neuen, in Ungarn bisher unbekanntem Fahrzeugtyp, die Straßenbahn, erweitert. Das Farbschema der Straßenbahn unterscheidet sich deutlich von dem in der Stadt üblichen. Im Jahr nach der Einführung, 2022, war die Häufigkeit der registrierten Verkehrsunfälle relativ höher als bei anderen Straßenbahntypen. Um herauszufinden, wie das neue Design von der Öffentlichkeit wahrgenommen wird, wurde eine Fragebogenerhebung mit 453 Befragten durchgeführt. Mit Hilfe von Augenkameras wurde untersucht, ob sich Unterschiede in den Blickbewegungen der Verkehrsteilnehmer bei verschiedenen Straßenbahntypen feststellen lassen. In Feldmessungen wurde untersucht, auf welche Teile des Straßenbahnzuges sich die Fahrer beim Blick in den Rückspiegel vor einer hypothetischen Linkskurve am meisten konzentrieren. Auf der Grundlage dieser Untersuchungen wurden Empfehlungen für die Farbgestaltung von Straßenbahnzügen gegeben.

