



Széchenyi István Egyetem Közlekedési Tanszék
&
Közlekedéstudományi Egyesület
&
Magyar Közlekedéstudományi és Logisztikai Intézet
szervezésében

Szerkesztők:

Prof. Dr. Horváth Balázs
Dr. Henézi Diána
Döbrentei Balázs
(Széchenyi István Egyetem)

A kiadványban szereplő cikkeket lektorálták:

Prof. Dr. Borsos Attila
Dr. Horváth Richárd
Dr. Jóna László
Dr. Kormányos László
Dr. Lévai Zsolt
Mészárosné Dr. Krizsik Nóra
Dr. Miletics Dániel
Dr. Pauer Gábor
Dr. Winkler Ágoston

ISBN 978-615-6443-55-7



KTI
Alapítva - Since 1938

Magyar
Közlekedéstudományi
és Logisztikai Intézet



Köszöntő

A Széchenyi István Egyetem, mint az egykori Közlekedési és Távközlési Műszaki Főiskola jogutódja, mindig is nagy hangsúlyt fektetett a közlekedéssel kapcsolatos ismeretek oktatására és kutatására. Napjainkban ezen ismeretek között egyre nagyobb hangsúlyt kap a biztonság kérdése, legyen az a közlekedési rendszerek fizikai, de akár kibertérben értendő biztonsága. Nagy öröm ezért a Széchenyi István Egyetem Közlekedési Tanszék részére, hogy a Közlekedéstudományi Egyesülettel karöltve immár negyedik alkalommal rendezheti meg a Közlekedésbiztonsági Konferenciát. A rendezvény programját áttekintve jó látni, hogy a pályajármű-ember hármass mindegyike, és a közlekedési alágazatok többsége megjelenik az előadások között. Általában egy konferencia jó alkalom új ismeretek szerzésére, szakmai kapcsolatok elmélyítésére, reméljük ez most sem lesz másképp, ehhez kívánok hasznos találkozókat, jó beszélgetéseket!

Győr, 2026. szeptember 17.

Prof. Dr. habil. Horváth Balázs
tanszékvezető

Tartalomjegyzék

Do Smart Crossings Guide Driver Attention?	2
A balesetek természetének változása Magyarországon útkategóriák szerint 2002-2025 között / Changes of the nature of accidents by road categories in Hungary between 2002 and 2025	11
A közösségi közlekedésben dolgozó járművezetőket érő menetrendi nyomás hatásainak vizsgálata / Investigating the Effects of Schedule Pressure on Public Transport Drivers	18
A rutin és a váratlan rendszerállapot konfliktusának szerepe a mozdonyvezetői döntéshozatalban / The role of conflict between routine and unexpected system states in locomotive driver decision-making	30
A sebességtúllépés és a baleseti kockázat összefüggése a hazai autópályákon / The relationship between speeding and the risk of accidents on hungarian highways.....	42
A vasútbiztonság új paradigmája: a reziliencia gyakorlati alkalmazása az operatív működésben / The New Paradigm of Railway Safety: Practical Application of Resilience in Railway Operations.....	51
A vasúti közlekedés védelmi biztonságának értelmezése a vasúti alaputasítások szabályrendszerének vizsgálatával / An interpretation of railway defence security through an analysis of the regulatory framework of basic railway instructions	63
A vizuális választási kampányok hatása a közlekedésbiztonságra / The impact of visual political campaigns on road safety	74
Az észlelt közlekedésbiztonság szerepe az e-roller-használati hajlandóságban – Budapest, Oroszlány és Veszprém összehasonlító vizsgálata / The Role of Perceived Traffic Safety in E-Scooter Use Intention: A Comparative Study of Budapest, Oroszlány, and Veszprém.....	87
Élményalapú közlekedésbiztonsági nevelés és aktív mobilitási szemléletformálás óvodás és kisiskolás gyermekek számára / Experiential Road Safety Education and Active Mobility Awareness Raising for Preschool and Primary School Children	96
Karbantartási stratégiák szerepe a vasúti járművek karbantartásában – fókuszban a biztonság / The role of maintenance strategies in railway vehicles maintenance – focusing on safety.....	111
Összetett vasúti átjárók rálátási területeinek vizsgálata nyilvános adatok alapján / Checking sight fields at complex railway level crossings using open source data	124
Személy sérüléssel járó mikromobilitási balesetek Magyarországon / Micromobility accidents involving personal injury in hungary.....	132
Vasúti zavarhelyzetek osztályozása és forgalomirányítási beavatkozások biztonsági szempontú elemzése / Classification of Railway Disturbances and Safety-Oriented Analysis of Traffic Control Measures.....	146

Do Smart Crossings Guide Driver Attention?

Amira Hammami¹ – Ágoston Pál Sándor² – Attila Borsos³

^{1,2,3}University of Győr

¹hammami.amira@sze.hu

²sandor.agoston.pal@sze.hu

³borsosa@sze.hu

Abstract: Pedestrian fatalities continue to be one of the most pressing traffic safety issues, driving the need for more efficient solutions, such as smart or intelligent pedestrian crossing (IPC), to ensure safer driver-pedestrian interactions. However, the deployment of IPCs into urban networks faces persistent uncertainty, especially regarding how they shape drivers' visual attention and gaze allocation. Their real-world effect on drivers' behaviour and understanding remains limited. Therefore, this study aims to identify the impact of IPC on drivers' recognition patterns of pedestrians and their reliance perceptions on such solutions. The IPC selected as the object of this study is a SafeXOne system located in an urban environment in Abda, Hungary. The study employed a 3x3 mixed design. We examined the impact of three lighting conditions (daylight, dusk, and night) and three pedestrian movement conditions (right, left, and no pedestrian) on the behaviour of 54 volunteer drivers in a laboratory-controlled experiment. A questionnaire and an eye-camera tracking were used to collect data. The study results showed that drivers rated the helpfulness of IPC the highest at night compared to daylight and dusk conditions. The recognition accuracy of the pedestrian was higher than that of the IPC signals, particularly in night conditions. Similarly, in terms of gaze metrics, the drivers showed higher fixation durations on pedestrians than on signals, highlighting the high reliance on the presence of pedestrians. However, the likelihood of drivers fixating first on the pedestrian is significantly lower than signals and drops sharply as lighting decreases. These findings suggest that the adaptive signals support driver alerting and visual search toward safety-relevant cues without inducing persistent attentional capture or distraction.

Keywords: *intelligent pedestrian crossing; SafeXOne; pedestrian safety; crosswalk; drivers; perceptions; gaze behaviour; fixations; detection accuracy*

Introduction

Intelligent pedestrian crossings are a key component of the urban network system that supports the safety of the most vulnerable road users, pedestrians. The design of pedestrian crossings has shifted from static infrastructure to more complex designs that use IPC to convert sensor data into actionable safety information.

IPCs are believed to reduce crash frequencies and positively influence driver behaviour. Since research on driver gaze behaviour is lacking, it is essential to systematically quantify IPC's impact on driver visual behaviour and translate these behavioural mechanisms into scalable interventions for non-IPC crossings and improvements for the IPCs themselves. Therefore, this study aims to identify the impact of IPC on drivers' recognition patterns of pedestrians and their reliance perceptions on such solutions in various situational and environmental conditions.

The paper is divided as follows: Section 1 provides an overview of pedestrian safety at crossings and the intelligent pedestrian crossing solutions investigated in the literature; Section 2 introduces the methodology followed in this work; Section 3 presents the analysis of results. Section 4 discusses the main findings.

1. Background

1.1 Pedestrian safety

Among EU countries, Hungary recorded 52 fatalities per million inhabitants in 2024 [1]. Whereas the reported number of fatalities was higher than the EU average by 18.2%, the number of road deaths has decreased by 20% compared to 2014 [2]. Regarding the share of transport modes, the proportions vary

considerably by country. For instance, pedestrians represented 18.3% of the road accident fatalities in Hungary, but 30.4% in Latvia. According to 2024 data, most road accidents (approximately two-thirds of cases) are caused by passenger cars. However, pedestrians, who are known as vulnerable road users, also caused 4% of accidents [3].

At the regional level, data from Győr-Moson-Sopron County, Hungary, indicate that 80 individuals (8.7%) suffered injuries necessitating emergency care. These individuals, classified as unprotected pedestrians, were injured in collisions involving motorised vehicles, the majority of which occurred at pedestrian crossings [4]. Such figures underscore pedestrian safety at crosswalks as a matter of significant public concern. In response, some municipalities, such as Győr, have begun actively installing intelligent pedestrian crossings to increase drivers' awareness, particularly given that signalling a pedestrian's intention to cross at pedestrian crossings can significantly reduce the number of incidents [4].

1.2 Intelligent pedestrian crossings

IPCs represent a shift towards an environment that is continually active and prioritize drivers' perceptions rather than adopting a traditional passive and static infrastructures [5]. This is achieved through a range of technological solutions, including LED-embedded pavement and bollard applications [6], [7] that create dynamic visual alert patterns via varying lighting sequences to indicate pedestrian's detection. These systems are further supported by infrared, thermal, and radar sensors that work together to create a comprehensive detection area around each IPC [6], [8], [9].

Globally, various IPCs are implemented. To illustrate, in the UK, the PUFFIN (Pedestrian User Friendly Intelligent) crossing shows a statistically significant 24% reduction for all pedestrian accidents compared to traditional Pelican crossings [10]. In Portugal, particularly in Vila Nova De Gaia, several Smart Crosswalks Systems from Omniflow [11] were installed [12]. The concept is based on motion sensors that detect people approaching and enable high-power street lighting, flashing lights on the road, and a crosswalk sign. Recently, in Japan, the first in-ground traffic signal has been implemented in the city of Moriguchi, Osaka, in a move to enhance pedestrian safety [13]. The new system uses ground-level LED lights to alert people at crossings, particularly those who may not see conventional signals.

Within Hungary, the designs and the number of IPCs have increased. For instance, according to [6], SafeCross® smart pedestrian crossings operate at over 240 sites in Hungary, and since the first system was installed, there have been no accidents at those sites, highlighting the effectiveness of this solution. The system detects the pedestrian's intention to cross before reaching the roadside and warns drivers through sensors that are installed on both sides. When the LED lights installed in the road surface receive the signal, the lights glimmer and flash white continuously to indicate to drivers that a pedestrian has crossed. Thus, the drivers have to slow down or stop, as pedestrians have priority. The SafeXOne system also has similar concept and was installed in various locations. Recently, 20 to 30 Hungarian municipalities have implemented this solution, and the number continues to grow [9]. The SafeXOne system differs from SafeCross® in terms of the warning signal's location and colour. While the SafeCross® feature has in-pavement LED warning signals that light up the crosswalk surface, the SafeXOne provides dual visual alerts: a flashing amber (yellow) light on the side of each of its four posts to warn drivers and a laser light that illuminates the pedestrian's feet from below [14]. Moreover, the number of crashes reduced to zero where SafeXOne was implemented [9].

1.3 Eye-tracker and driver gaze behaviour studies

In recent years, the use of an eye-tracker in simulator or on-field studies to investigate drivers' gaze behaviour has increased. Several gaze metrics were analyzed, including mainly fixation [5], [15], [16], saccade [16], and entropy [5]. For instance, studies by Vignali et al. [17], [18] demonstrate that infrastructure interventions, such as median refuge islands and reconfigured zebra markings, significantly increase both the salience of crossings and the mean distance of the first fixation. By a before-and-after analysis of speed and visual behaviour of drivers approaching the crosswalk, Vignali et al. [17] found that zebra markings received the highest rates of glances from drivers, followed by the median refuge island and the "Yield here to pedestrians" vertical sign. Meocci et al. [5] further confirms that trapezoidal raised crossings force drivers to foveally perceive road markings, resulting in reduced approach speeds, whereas vertical signs were found to be most entirely neglected by participants. Similarly, Vetturi et al. [15] highlights that while speed and attention distribution are dictated by the road environment, the average duration of fixations remains a characteristic trait of the individual driver.

Furthermore, in the largest study of its kind, involving 115 drivers, Babić et al. [19] used eye tracking to determine the distance at which drivers perceive pedestrians at night. The findings revealed no significant impact of drivers' age, gender, or driving experience on detection distance. Regardless of who was driving, the conspicuity of the pedestrian was a critical factor. A study by Topolšek et al. [20], which examined drivers' detection and perception of roadside elements, showed similar results to [19], where drivers' age was not associated with the number of roadside objects detected.

While these studies highlight the sensitivity of drivers' gaze behaviour towards the surrounding environment elements, whether IPCs have a similar impact at different environmental and situational conditions needs to be explored.

1.4 Scope of the paper

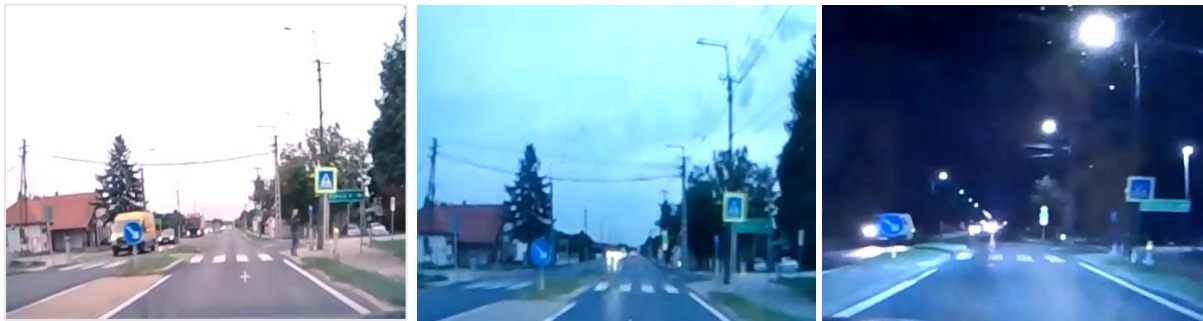
Despite the fact that the implementation of IPCs in Hungary is continuous, the investigation of their impact remains restricted not only to pedestrian safety but also to drivers' comprehension and pedestrian recognition patterns. In this sense, in this work, we focus on the SafeXOne solution. This present study is one of the first studies examining the effect of SafeXOne IPC on drivers' perceptions and gaze metrics in Hungary.

2. Methodology

2.1 Study approach

2.1.1 Scenarios design

The IPC selected as the object of this study is an actual and existing version of the SafeXOne system located in an urban environment, at 47°41'49.0"N 17°32'35.1"E, Abda, Hungary. This study employed a 3x3 mixed design. We investigated the effect of three lighting conditions (daylight, dusk, and night) (Figure 1) for three pedestrian movement conditions (pedestrian approaching from the right, pedestrian approaching from the left, and no pedestrian). Under these conditions, nine high-definition videos (each 20-25s long) were filmed from a standard driver's perspective (eye height of 1.2m) and at an approach speed of 50km/h. For all scenarios, the driver reduced the speed without stopping when reaching the pedestrian crossing.



a. Daylight

b. Dusk

c. Night

Figure 1. Lighting conditions

2.1.2 Experimental set up

In a first stage, the videos were captured, on-site, using a GoPro Hero 10 camera (2024 model) mounted on the dashboard at a height of approximately 1.2 m. In the experimental stage, to display the filmed scenarios, a 70-inch UHD LED television (resolution of 3840×2160 pixels) was used. The participants were positioned at a fixed viewing distance of 1.5 m from the screen, with approximately a 40-degree horizontal visual angle. All test sessions occurred in the SZESIM laboratory at the University of Gyor. For data collection, participants had to wear an eye camera tracker (Pupil Labs Neon).

2.1.3 Experiment procedure

54 licensed drivers took part in the experiment. The experiment was structured into five phases (Figure 2). In the first phase, the volunteer participants received an introduction to the experiment and signed the experiment consent to keep their data anonymous. Then, they filled out the first questionnaire about their background. Before experiencing the scenarios, they received the instructions to watch the

recordings as a driver. For each participant, the test session involves three scenarios. After the test session, the participants assessed a scenario-based questionnaire and received a short debriefing at the end to wrap up the experiment.

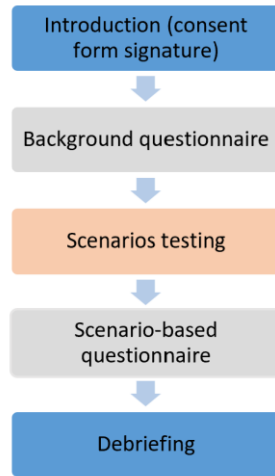


Figure 2. Experiment procedure

To minimize potential order and carryover effects associated with repeated exposure to the experimental conditions, a fully counterbalanced mixed-design procedure was implemented. Participants were divided into 3 groups (each of 18 participants) based on the lighting conditions. Each group experienced the three pedestrian movement conditions in a randomized order.

2.1.4 Data collection

The study collected both questionnaire-based and eye-tracking data. The questionnaire provided demographic information and subjective evaluations, including age, gender, driving frequency, pedestrian detectability, IPC signal detectability, and perceived helpfulness of the IPC. The eye-tracking system provided objective quantitative measures, including fixation counts and fixation durations.

2.2 Data analysis

This study's focus was on the analysis of both the subjective measurements collected from the questionnaire responses and gaze metrics. To evaluate the gaze metrics, we defined four areas of interest (AOIs) using YOLO: the pedestrian, the pedestrian crossing (the pavement), signal 1 (on the right side of the pedestrian crossing), and signal 2 (on the left side of the pedestrian crossing). A descriptive and statistical analysis was conducted to evaluate the collected data. The statistical analysis was performed using the R program [21].

3. Results

3.1 Participants profile

Our sample comprised 54 drivers. Participants represented different age ranges (16 – 25: 35, 26 – 35: 11, 36 – 45: 6, 45+: 2), genders (17 male, 37 female), educational levels (bachelor's: 16, doctorate: 2, high school: 23, master's: 13), and received their driving licenses from different geographical regions (Hungary: 36, Non-Hungary: 18), with driving experience ranging from one year to 27 years. Regarding driving frequency, most drivers use urban roads daily (32). A further 16 drivers drove weekly, while only 4 reported driving monthly, and 2 drove less frequently on urban roads. Drivers familiar with the SafeXOne crossing represented only 18.5%. This diverse sample provided perspectives from both young and adult drivers, with varying levels of driving experience and regional influences.

3.2 Perceptual responses

3.2.1 Detection accuracy

54 drivers assessed the recognition of pedestrian and IPC signals presence in the crossing. Their responses were “yes”, “no”, or “unsure”. The confusion matrix for drivers' detection of pedestrians (Table 1) indicates high accuracy when pedestrians are present, with 48 true positives when pedestrians

cross from the left and 52 true positives when they cross from the right. During the absence of the pedestrian, the recognition accuracy was lower, with only 38 true negatives. Incidents of false negatives and false positives were low (4 for pedestrians present and 9 with no pedestrians, respectively). 11 participants were unsure about their recognition.

Table 1. Confusion matrix depicting participants' detection of pedestrian presence (yes/no), self-reported (total number of trials: 162).

Ground truth	Responses		
	No	Unsure	Yes
Yes (Pedestrian approaching from the left)	3	3	48
No pedestrian	38	7	9
Yes (Pedestrian approaching from the right)	1	1	52

Regarding the IPC signal detections, the findings revealed that the accuracy is lower than that of pedestrian detection. Only half of the drivers correctly mentioned the presence of pedestrians (both from the left and right). The confusion matrix (Table 2) indicates greater uncertainty about signals, with the “unsure” response recorded 12, 13, and 13 times for the “pedestrian approaching from the left”, “no pedestrian”, and “pedestrian approaching from the right” conditions, respectively.

Table 2. Confusion matrix depicting participants' detection of IPC signals presence (yes/no), self-reported (total number of trials: 162).

Ground truth	Responses		
	No	Unsure	Yes
Yes (Pedestrian approaching from the left) – IPC active	14	12	28
No pedestrian	32	13	9
Yes (Pedestrian approaching from the right) – IPC active	13	13	28

Across all lighting conditions, the results showed no significant difference between the pedestrian perceived detection accuracy when pedestrians crossed from the left and right sides. However, the recognition accuracy of the pedestrian is higher than the IPC signals (Figure 3), particularly in night conditions. Interestingly, the lowest score was assigned for IPC signals during the night, with 38% when a pedestrian was crossing from the left.

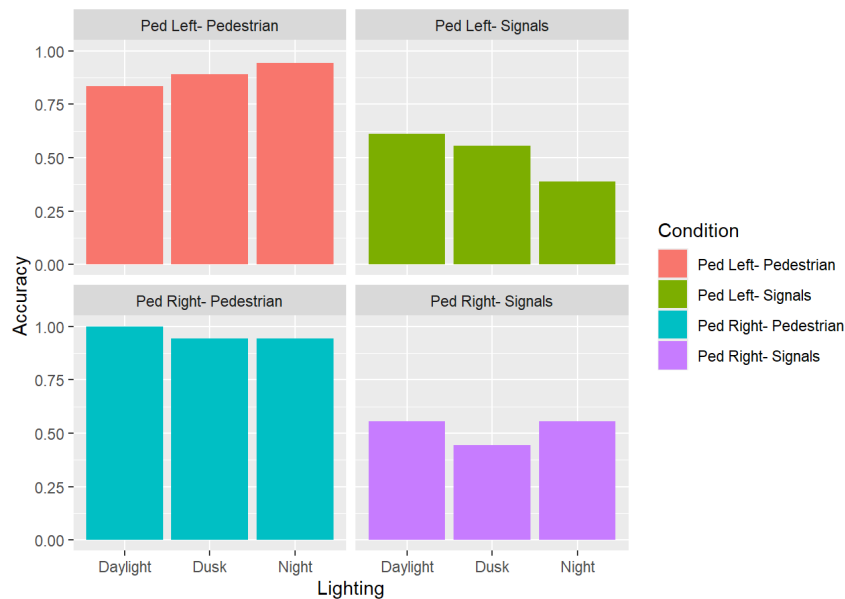


Figure 3. Pedestrian and IPC signals perceived detection accuracy per lighting conditions and pedestrian movement

3.2.2 IPC helpfulness

During the assessment session, we asked drivers to rate to what extent the IPC signals were helpful in recognizing the crossing pedestrian using a 7-point Likert-type scale (1 = not at all helpful to 7 = extremely helpful). Overall, the helpfulness average score was 4.8/7. The night group rated the IPC helpfulness higher than the two other groups. The distribution (Figure 4) revealed a higher variability in the Dusk group rating. Statistically, a Kruskal-Wallis test showed no significant difference in the score among the three lighting conditions (chi-squared = 4.394, p-value = 0.111). Besides, we examined the association between the helpfulness score and the self-reported cautiousness level of the participants through a Spearman rank-order correlation. Although a weak positive correlation was observed (Spearman's $\rho = 0.134$), this relationship was not statistically significant (p-value = 0.334).

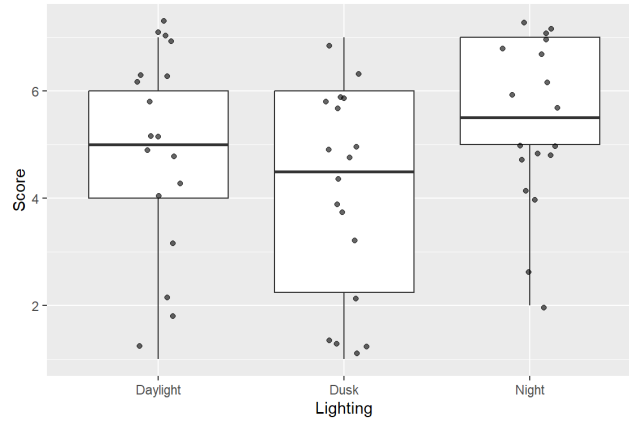


Figure 4. Perceived helpfulness score distribution across lighting conditions

3.3 Visual responses

3.3.1 First fixation

To determine whether IPC signals capture drivers' attention, we identified which AOI received the first fixation in each scenario. As shown in Figure 5, drivers fixated first at signal 1 (on the right side) more often than at signal 2 (on the left side). For instance, when a pedestrian approached from the right side, 50.7% of drivers fixated on signal 1, compared to 12.6% at signal 2. Besides, drivers fixate first on signals more than pedestrians, regardless of the pedestrian position and the lighting conditions. In terms of lighting conditions, the distribution is only similar between night and dusk. Notably, the likelihood of drivers fixating first on the pedestrian dropped sharply as lighting decreased: 24% of drivers fixated first on the pedestrian in daylight, compared to only 2.4% and 1.89% during dusk and night, respectively.

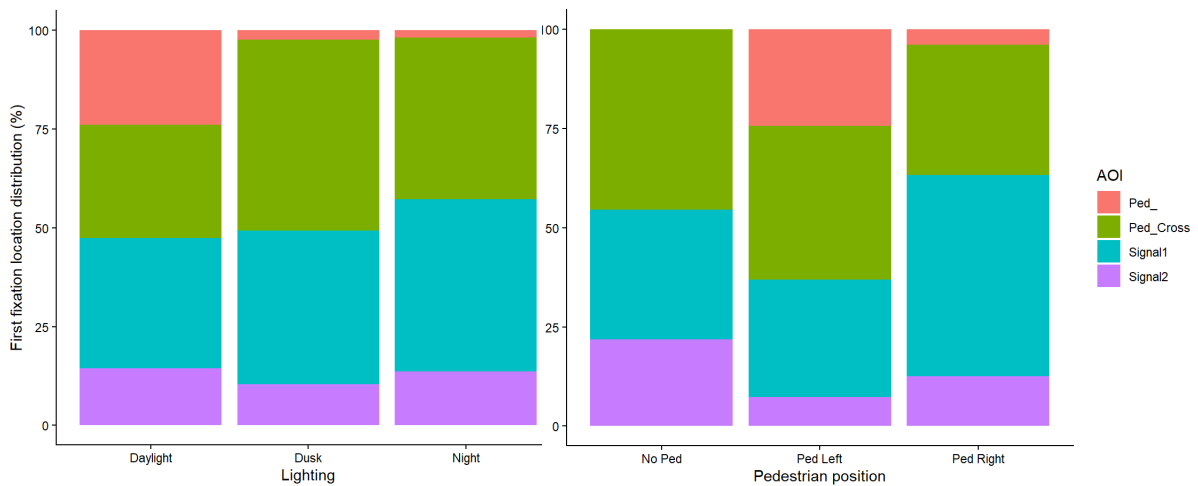


Figure 5. First fixation location distribution of AOIs across lighting conditions (right) and pedestrian positions (left)

3.3.2 Fixation durations

To understand how the IPC affected the drivers' fixations, we visualised the fixation duration for each area of interest per lighting conditions and pedestrian movement as shown in Figure 6. For all areas of interests, the fixation duration is higher at night compared to the other lighting conditions. Furthermore, aligned with the detection accuracy results (section 3.2.1), the fixation duration on pedestrians is higher than IPC signals at night. Interestingly, across all the AOIs, the fixation durations during dusk are more consistent and lower than daylight and night conditions.

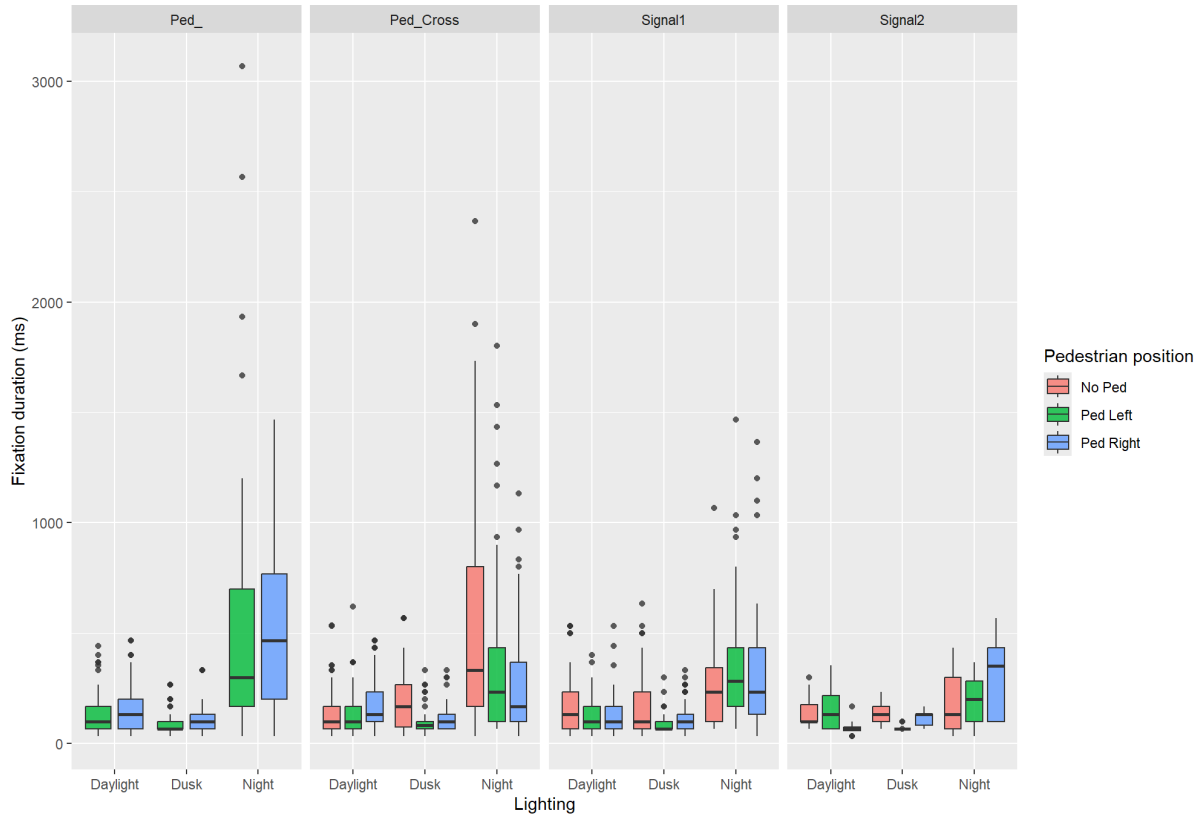


Figure 6. Distribution of AOIs' fixation duration per pedestrian positions and lighting condition

4. Discussions

The aim of this study was to investigate the impact of IPC on drivers' gaze behaviour and perceptions to improve pedestrian safety. In this regard, the combination of three lighting conditions (daylight, dusk, and night) and three pedestrian movement conditions (right, left, and no pedestrian) was tested. The performance of IPC was evaluated based on two evaluation criteria: subjective evaluation (detection accuracy and IPC helpfulness) and fixation rates.

Our results showed that pedestrian detection accuracy was similar across pedestrian movement directions. This is intuitive, as drivers approaching a pedestrian crossing located in an urban area would generally expect the presence of pedestrians. Further, participants detected the pedestrian more reliably than IPC signals. We attribute that to unfamiliarity: encountering a pedestrian crossing is routine in driving, whereas encountering IPC signals is not. One of the participants' comments supports this idea: "I didn't really notice the flashing system; I think the reason for it is because I am used to scanning the zebra-crossing lines and also scanning for any person waiting at the sidewalk."

These results could also be explained by the order in which the recordings were presented. Participants may detect the areas of interest without reliably recalling which recording they detected them in, particularly for the first two recordings. This is supported by the finding that 15 participants were uncertain about the presence of signals in at least one of the first two recordings, compared to only 7 participants in the final recording.

Interestingly, although the night group rated the IPC's helpfulness higher than the other two groups, this group reported the lowest perceived detection accuracy for IPC signals at night (38% when the

pedestrian was on the left). This contradiction may relate to the physical position of the signals. SafeXOne signals are installed on bollards at approximately 1 m above the pavement, roughly in line with the height of oncoming vehicle headlights. At night or dusk, this overlap may cause the IPC signals to be visually masked by glare from oncoming traffic and confuse drivers, whether they notice the flashing lights or not, even though they still perceive the warning concept as useful.

Regarding the analysis of fixations, the finding that drivers fixated first on signal 1 more often than on signal 2 can be linked to standard visual scanning patterns in Hungary, given its right-hand traffic system. The driving general habit is to monitor the right side of the road for pedestrians stepping off the curb, road signs, and lane boundaries. Therefore, this difference between the two signals is not necessarily specific to the IPC; it reflects that the signal placement is naturally scanned by drivers (right). On the other hand, the difference may indicate a pressing need to investigate the placement and performance of signal 2.

In addition, the similarity in first-fixation distribution between night and dusk conditions suggests that under low-light conditions, drivers' initial visual attention shifts away from pedestrians and toward the IPC signals themselves, reinforcing the signals' role in compensating for reduced pedestrian visibility.

In terms of fixation duration, although more drivers fixated first on the signals than on the pedestrian, fixation duration on the pedestrian was longer than on the signals. This may reflect a scan pattern in which drivers first notice the signal, which warns them of the pedestrian's presence, then shift their gaze to monitor the pedestrian until the crossing is complete. The signal appears to act as a brief attention cue, while the pedestrian (the actual hazard) holds the driver's attention longer.

This study focuses specifically on the impact of IPC on drivers' visual behaviour in a controlled experiment. As such, it does not address the full driving experience as drivers are only exposed to recordings rather than physically controlling the situations. Given the study's design factors, conducting the experiment on-site is challenging. Therefore, future research may mitigate this limitation by expanding on our findings and including a driving simulator, where drivers can adjust their approaching speed.

Conclusions

This study aims to identify the impact of SafeXOne IPC on drivers' recognition patterns of pedestrians and their reliance perceptions on such solutions in various situational and environmental conditions. The SafeXOne IPC signal system performed well and was positively rated by drivers, particularly at night, efficiently drawing attention to the crossing area. As a recognition pattern, when approaching from the IPC, drivers tend to fixate first on the signals before shifting sustained attention to the pedestrian, suggesting the system functions as an effective attention-directing cue rather than a total replacement for pedestrian monitoring.

Acknowledgment: The authors gratefully acknowledge the contributions of the volunteers and SZESIM lab staff at the University of Győr.

References

- [1] 'Road safety statistics in the EU - Statistics Explained - Eurostat'. Accessed: Jun. 21, 2026. [Online]. Available: https://ec.europa.eu/eurostat/statistics-explained/index.php?title=Road_safety_statistics_in_the_EU
- [2] 'Road Safety Annual Report 2025 | ITF'. Accessed: Jun. 22, 2026. [Online]. Available: <https://www.itf-oecd.org/road-safety-annual-report-2025>
- [3] G. Pauer and V. Ötvös, 'Road safety trends in the European Union and Hungary', *European Transport Studies*, vol. 2, p. 100047, Dec. 2025, doi: 10.1016/J.ETS.2025.100047.
- [4] E. Sánta, P. Szűcs, G. Patocskai, and I. Lakatos, 'Prevalence and Characteristics of Traffic Accidents Endangering Vulnerable Pedestrians in Hungary †', *Engineering Proceedings*, vol. 79, no. 1, 2024, doi: 10.3390/ENGPROC2024079094.
- [5] M. Meocci, A. Terrosi, A. Paliotto, R. Arrighi, and I. Petrizzo, 'Drivers' performance assessment approaching pedestrian crossings through the analysis of the speed and perceptive data recorded during on-field tests', *Heliyon*, vol. 10, no. 1, Jan. 2024, doi: 10.1016/j.heliyon.2024.e24249.

- [6] ‘SafeCross® smart pedestrian crossing® gyalogátkelőhely - Solarway’. Accessed: Jun. 21, 2026. [Online]. Available: <https://en.solarway.hu/safecross-okoszebra/>
- [7] M. Pazzini, L. Cameli, V. Vignali, A. Simone, and C. Lantieri, ‘Video-Based Analysis of a Smart Lighting Warning System for Pedestrian Safety at Crosswalks’, *Smart Cities*, vol. 7, no. 5, pp. 2925–2939, Oct. 2024, doi: 10.3390/SMARTCITIES7050114/S1.
- [8] M. Pomoni, ‘Smart Crosswalks for Advancing Road Safety in Urban Roads: Conceptualization and Evidence-Based Insights from Greek Incident Records’, *Future Transportation 2025*, Vol. 5, Page 180, vol. 5, no. 4, p. 180, Dec. 2025, doi: 10.3390/FUTURETRANSP5040180.
- [9] ‘Zebra crossings could become a “walk in the park” | Enterprise Europe Network’. Accessed: Jun. 21, 2026. [Online]. Available: <https://een.ec.europa.eu/success-stories/zebra-crossings-could-become-walk-park>
- [10] A. Maxwell, J. Kennedy, I. Routledge, P. Knight, and K. Wood, ‘Puffin pedestrian crossing accident study’, 2011.
- [11] ‘Omniflow - Mobility Infrastructure for Cities’. Accessed: Jun. 21, 2026. [Online]. Available: <https://www.omniflow.io/mobility>
- [12] ‘Smart Crosswalks are revolutionizing pedestrian safety and traffic flow💡’. Accessed: Jun. 21, 2026. [Online]. Available: <https://www.omniflow.io/post/smart-crosswalks-are-revolutionizing-pedestrian-safety-and-traffic-flow>
- [13] ‘Japan’s first in-ground traffic signal to boost Osaka’s pedestrian safety | Sustainability from Japan - Zenbird’. Accessed: Jun. 21, 2026. [Online]. Available: <https://zenbird.media/japans-first-in-ground-traffic-signal-to-boost-osakas-pedestrian-safety/>
- [14] M. Pogatsnik, D. Fischer, L. Nagy, and S. Dora, ‘Autonomous pedestrian crossing in smart city environment’, *INES 2020 - IEEE 24th International Conference on Intelligent Engineering Systems*, Proceedings, pp. 37–42, Jul. 2020, doi: 10.1109/INES49302.2020.9147188.
- [15] D. Vetturi, M. Tiboni, G. Maternini, and M. Bonera, ‘Use of eye tracking device to evaluate the driver’s behaviour and the infrastructures quality in relation to road safety’, *Transport. Res. Procedia*, vol. 45, pp. 587–595, 2020, doi: 10.1016/j.trpro.2020.03.053.
- [16] J. Stapel, M. El Hassnaoui, and R. Happee, ‘Measuring Driver Perception: Combining Eye-Tracking and Automated Road Scene Perception’, *Hum. Factors*, vol. 64, no. 4, pp. 714–731, Jun. 2022, doi: 10.1177/0018720820959958;WEBSITE:WEBSITE:SAGE;ISSUE:ISSUE:DOI.
- [17] V. Vignali, M. Pazzini, N. Ghasemi, C. Lantieri, A. Simone, and G. Dondi, ‘The safety and conspicuity of pedestrian crossing at roundabouts: the effect of median refuge island and zebra markings’, *Transport. Res. Part F*, vol. 68, pp. 94–104, Jan. 2020, doi: 10.1016/j.trf.2019.12.007.
- [18] V. Vignali et al., ‘Effects of median refuge island and flashing vertical sign on conspicuity and safety of unsignalized crosswalks’, *Transport. Res. Part F*, vol. 60, pp. 427–439, Jan. 2019, doi: 10.1016/j.trf.2018.10.033.
- [19] D. Babić, D. Babić, M. Fiolčić, and M. Ferko, ‘Factors affecting pedestrian conspicuity at night: analysis based on driver eye tracking’, *Saf. Sci.*, vol. 139, Jul. 2021, doi: 10.1016/j.ssci.2021.105257.
- [20] D. Topolšek, I. Areh, and T. Cvahte, ‘Examination of driver detection of roadside traffic signs and advertisements using eye tracking’, *Transport. Res. F Traffic Psychol. Behav.*, vol. 43, pp. 212–224, Nov. 2016, doi: 10.1016/j.trf.2016.10.002.
- [21] R Core Team, *R: A Language and Environment for Statistical Computing*. Vienna, Austria: R Foundation for Statistical Computing, 2025. [Online]. Available: <https://www.R-project.org/>.

A balesetek természetének változása Magyarországon útkategóriák szerint 2002-2025 között / Changes of the nature of accidents by road categories in Hungary between 2002 and 2025

Dr. Koren Csaba¹ – Dr. Kosztolányi-Iván Gabriella²

^{1,2}Széchenyi István Egyetem

¹koren@sze.hu

²gabriella.ivan@gmail.com

Kivonat: A közúti közlekedési balesetek természetének vizsgálatából hasznos következtetéseket vonhatunk le. A korábbi elemzéseket általában helyi (mikro) vagy országos (makro) léptékben végezték. Ez a cikk egy középső (mezo) szintre, azaz úttípusokra, útkategóriákra irányul. Az elemzés az autópályák, autóutak, országos főutak, ill. mellékutak kül- és belterületi szakaszaira, valamint a helyi közutak csoportjára bontva/összesítve vizsgálja a személyi sérüléssel járó közúti közlekedési balesetek természetének alakulását a 2002-2025 közötti időszakra. Az arányokból és ezek változásaiból az infrastruktúrával és a forgalomtechnikával kapcsolatos tényezőkre, valamint a megelőző intézkedések irányaira vonunk le következtetéseket.

Abstract: Useful conclusions can be drawn from examining the nature of road traffic accidents. Previous analyses have usually been conducted at a local (micro) or national (macro) scale. This article focuses on an intermediate (meso) level, i.e. road types and road categories. The analysis examines the changes of the nature of road traffic accidents involving personal injury for the period 2002-2025, broken down/aggregated into the categories of motorways, expressways, outside and within built-up areas of national main roads and secondary roads, as well as the group of local public roads. From the proportions and their changes, conclusions are drawn about factors related to infrastructure and traffic engineering, as well as the directions of preventive measures.

Kulcsszavak: közúti közlekedési baleset; baleset természete; útkategória; trend; lakott területen belül-kívül

Keywords: road traffic accident; nature of accident; road category; trend; within-outside urban area

Bevezetés

A közúti közlekedési balesetek számának és következményeinek mérséklése fontos társadalmi cél. A teendők kijelölésének alapjául nélkülözhetetlenek a részletes baleseti statisztikák. A személyi sérüléssel járó balesetekről Magyarországon hosszabb idő óta részletes adatsorok állnak rendelkezésre. Ezeket hazai kutatók több szempontból elemezték országos szinten. Az infrastruktúra oldaláról végzett baleseti elemzések általában a balesetek helyével kezdődnek: sűrűsödési helyszínekre, gócpontokra, az átlagosnál veszélyesebb útszakaszokra irányulnak. Ezek azonosítása után vizsgálják az ott bekövetkezett balesetek természetét annak érdekében, hogy az infrastruktúra oldaláról megelőző intézkedéseket tudjanak hozni. Véleményünk szerint a balesetek természetének vizsgálata nemcsak országos és helyi szinten lehet hasznos, hanem egyes útkategóriákra is.

1. Előzmények és kutatási rés

A személysérüléssel járó közúti közlekedési balesetek számának alakulásáról rendszeres, hosszú idősoros, hazai és nemzetközi országos statisztikai kimutatások állnak rendelkezésre. Számos elemzés azonosított összefüggéseket egyes közlekedésbiztonsági intézkedések és a balesetek számának változása között. Holló Péter 2008-ban publikálta, hogy a rendszerváltás óta mind a közúti baleseti halottak számában bekövetkező legnagyobb javulás (1993), mind a legnagyobb romlás (2002) a sebességhatárok változtatásához kapcsolódik [1]. A baleseti sérülések és halálos kimenetelű kockázatát nemzetközi összehasonlításban is vizsgálta Jankó Domokos [2]. A hazai közlekedésbiztonság múltját, jelenét és jövőjét átfogó megközelítésben tárgyalja [3]. Az újabb vizsgálatok kiterjednek az Európai Unió célkitűzéseire, nemzetközi összehasonlításokra, és a biztonsági teljesítménymutatókra is [4, 5]. Az elemzések ezen csoportja a balesetek vagy a sérültek, ill. meghaltak számát veszi alapul.

Saját korábbi vizsgálataink az országos közúthálózaton bekövetkezett balesetek, illetve sérültek számának a forgalmi teljesítményekhez (megtett jármű-kilométerekhez) viszonyított kockázati mutatóit elemezték a 2002 és 2024 közötti 23 éves időszakra [6, 7]. Az elemzés a halálos, súlyos és könnyű sérüléssel járó balesetekre, ill. autópálya, autót, főút, valamint alsóbbrendű út kategóriákra bontva történt. Az egyes csoportokra bemutattuk, hogy a baleseti kockázat hogyan változott az elmúlt időszakban.

A nemzetközi hosszú idősoros vizsgálatok általában a halálos kimenetelű balesetekre vonatkoznak, mivel az egyes országok eltérő gyakorlata miatt csak ezek hasonlíthatók össze. A kutatások főleg a halálos közúti balesetek és különböző makrogazdasági mutatók összefüggéseire irányulnak [8, 9].

Ez a cikk egy hiányzó területet igyekszik feltárni, a balesetek természetének változását vizsgáljuk a magyarországi közúthálózaton két évtizednél hosszabb időtávlaton.

2. Adatok és módszerek

A baleseti adatokat a Web-bal adatbázisból gyűjtöttük le [10]. Az adatbázis a 133/2022. korm. rendeletben meghatározott körben hozzáférhető [11]. A rendszer a cikk írásakor a 2002-2025. közötti évek személyi sérüléses közúti közlekedési baleseteit tartalmazza.

A balesetekről igen sokféle adat áll rendelkezésre. A kimenetel szerinti „halálos, súlyos sérüléses, könnyű sérüléses” osztályozás vizsgálatunkhoz nem elegendő. A baleset típusa szerinti osztályozás igen részletes, ebben a leggyűjtésben közel 100 féle típus található. A baleset oka elsősorban a közlekedők felelőssége szempontjából osztályozza a baleseteket és 100-nál több okot tartalmaz, bár ezek csoportosítva is lekérdezhetők.

Elemzésünkhöz a baleset természete mezőt használtuk. Ebben 14 csoport van megkülönböztetve. Mivel ebben a csoportosításban vannak igen alacsony elemszámú csoportok, ezért az alább bemutatott táblázatokat az áttekinthetőség érdekében összevonásokkal nyolc oszlopra redukáltuk. Az összevonásokat az 1. táblázat mutatja be.

1. táblázat: A balesetek természetének csoportosítása

Eredeti csoportok	Összevonás 1	Összevonás 2
szembe haladó járművek összeütközése	szembe haladó	járműütközések
azonos irányba haladó járművek összeütközése	azonos ir. + álló	
álló járműnek ütközés		
keresztelő irányba haladó járművek összeütközése	kereszt + kanyarodó	
egyenesen haladó és kanyarodó járművek ütközése		
szilárd tárgynak ütközés az útpályán	útpályán	magános járműbalesetek
megcsúszás, farolás, felborulás az útpályán		
pályaelhagyás, szilárd tárgynak ütközés nélkül	kívül ütk. nélkül	
pályaelhagyás, szilárd tárgynak ütközés az útpályán kívül	kívül ütközés	
gyalogos elütése	gyalogos	gyalogos
vasúti jármű és közúti jármű összeütközése	egyéb	egyéb
utasok balesete		
ütközés vadon élő állattal		
egyéb		

3. Eredmények

Az eredmények közül elsőként az országos összesítéseket mutatjuk be, majd az útkategóriánkénti részletezés következik.

3.1 A balesetek természetének megoszlása országos összesítésben

Az alábbiakban az eredmény-táblázatokat az áttekinthetőség kedvéért (a kezdőévet kivéve) csak a kerek öt évekre közöljük. A balesetek természetének százalékos megoszlásából az adott évet megelőző és követő év adataiból mozgó átlagokat számítottunk. A 2. táblázatban a balesetek számát mutatjuk be, a

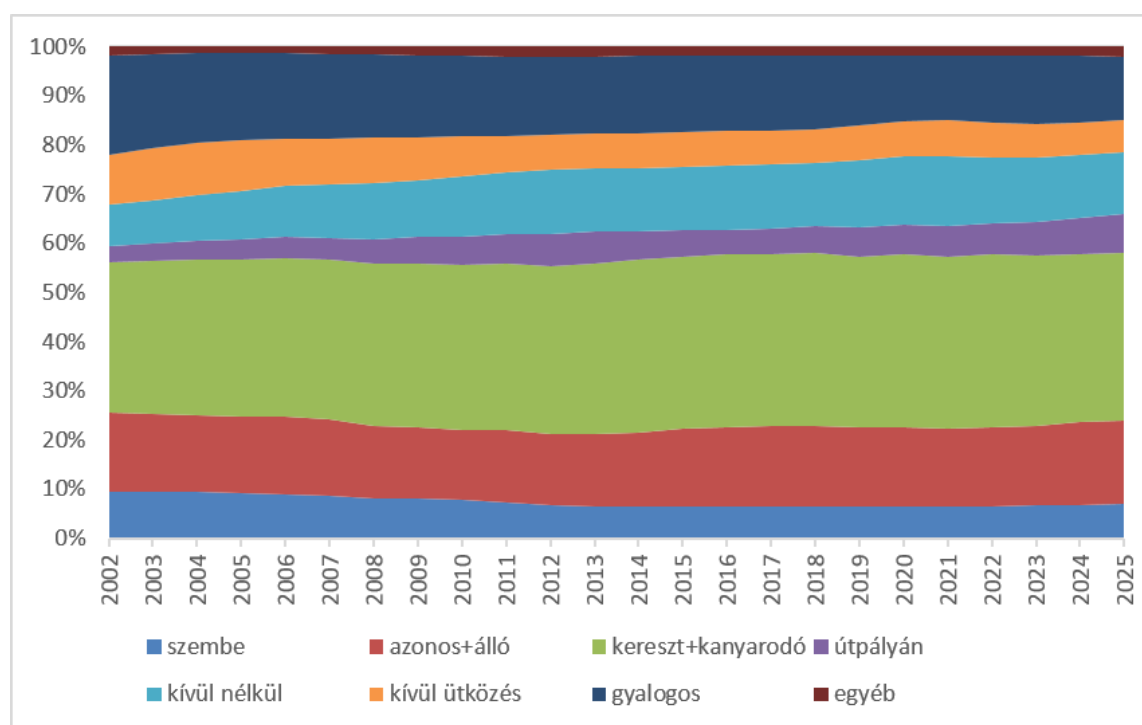
természetük szerinti bontásban országos összesítésben. A 3. táblázat ezek százalékos megoszlását tartalmazza, az 1. ábra pedig ezt a megoszlást szemlélteti.

2. táblázat: A balesetek száma természetük szerinti bontásban országos összesítésben (darab)

Év	járműütközések			magános balesetek			gyalogos	egyéb	összes
	szembe haladó	azonos ir.+ álló	kereszt+ kanyarodó	útpályán	kívül ütk. nélkül	kívül ütközés			
2002	1868	3177	6009	652	1653	1963	3999	363	19684
2005	1944	3239	6674	869	2033	2028	3726	263	20776
2010	1327	2379	5480	969	1851	1274	2736	284	16300
2015	1038	2549	5749	830	2171	1186	2499	319	16341
2020	859	2117	4687	956	2049	1099	1775	243	13785
2025	1009	2492	4950	1141	1864	953	1865	302	14576

3. táblázat: A balesetek természetének megoszlása országos összesítésben (%)

Év	járműütközések			magános balesetek			gyalogos	egyéb	összes
	szembe haladó	azonos ir.+ álló	kereszt+ kanyarodó	útpályán	kívül ütk. nélkül	kívül ütközés			
2002	9,5	16,1	30,5	3,3	8,4	10,0	20,3	1,8	100,0
2005	9,2	15,6	31,9	4,1	9,9	10,3	17,7	1,4	100,0
2010	7,7	14,2	33,7	5,8	12,3	8,1	16,2	2,0	100,0
2015	6,5	15,7	35,2	5,5	12,7	7,2	15,5	1,9	100,0
2020	6,3	16,2	35,1	6,1	13,8	7,2	13,5	1,8	100,0
2025	6,9	17,1	34,0	7,8	12,8	6,5	12,8	2,1	100,0



1. ábra: A balesetek természetének megoszlása és ennek változása országos összesítésben

A személyi sérüléssel járó balesetek összes száma a vizsgált időszakban csökkenő tendenciát mutatott. Legnagyobb arányban a keresztező és kanyarodó járművek ütközései fordultak elő. A vizsgált időszak elején a gyalogos-elütések képviselték a második legnagyobb csoportot, de az ilyen balesetek száma kevesebb, mint felére csökkent és aránya is jelentősen mérséklődött.

A jármű-ütközéssel járó balesetek aránya az időszakban közel állandó volt, míg a magános balesetek aránya kis mértékben növekedett. A teljes hálózatra vonatkozó adatok a gyalogos-arány csökkenésén túl kevés változást mutatnak, de érdekesebb lesz a kép, ha az egyes útkategóriákat vizsgáljuk.

3.2 A balesetek természetének megoszlása gyorsforgalmi utakon

Ezen fejezetben belül külön kezeljük az autópályákat és az autóutakat (4. és 5. táblázat). Az autópályák hossza a vizsgált időszakban jelentősen növekedett. Ebben a kategóriában magasan vezetnek az azonos irányban haladó járművek ütközése és az álló járműnek ütközés balesetei, ezek az összes balesetnek több mint felét teszik ki. Ezek aránya határozott növekvő tendenciát mutat, ami összefügghet a torlódások gyakoriságának, ill. a torlódás által érintett pálya-hosszak növekedésével.

4. táblázat: A balesetek természetének megoszlása autópályákon (%)

Év	járműütközések			magános balesetek			gyalogos	egyéb	összes
	szembe haladó	azonos ir.+ álló	kereszt+ kanyarodó	útpályán	kívül ütk. nélkül	kívül ütközés			
2002	3,5	46,7	2,6	4,1	15,9	22,6	3,2	1,4	100,0
2005	1,1	48,0	2,6	4,2	16,4	24,0	2,9	0,8	100,0
2010	1,1	46,9	4,1	6,8	21,5	16,7	2,1	0,8	100,0
2015	0,3	51,2	6,9	6,8	18,7	13,8	1,9	0,4	100,0
2020	1,1	52,8	9,3	6,5	16,4	11,1	2,3	0,6	100,0
2025	1,0	58,5	7,4	6,8	14,4	9,4	2,1	0,4	100,0

Ugyanakkor felére csökkent a pályaelhagyásos, szilárd tárgynak ütközéssel járó balesetek aránya. Ez utóbbi csökkenés az útmenti területek biztonságosabbá válását jelzi.

A több jármű ütközése vs. magános baleset arány, ami az időszak elején 53%-43%, a végén 67%-31%, a forgalom növekedését tükrözi.

Az irányonként elválasztott pályából adódóan a szembe haladó, keresztező és kanyarodó baleset aránya alacsony, csakúgy, mint a gyalogos balesetek aránya is.

5. táblázat: A balesetek természetének megoszlása autóutakon (%)

Év	járműütközések			magános balesetek			gyalogos	egyéb	összes
	szembe haladó	azonos ir.+ álló	kereszt+ kanyarodó	útpályán	kívül ütk. nélkül	kívül ütközés			
2002	11,8	47,1	13,2	2,9	4,4	7,4	13,2	0,0	100,0
2005	5,1	48,4	15,2	5,1	5,5	14,3	6,5	0,0	100,0
2010	14,9	47,1	8,2	3,5	12,9	9,4	3,5	0,4	100,0
2015	9,5	41,8	10,2	7,6	17,1	11,2	2,6	0,0	100,0
2020	3,8	55,7	5,5	4,5	18,8	8,1	3,6	0,0	100,0
2025	4,6	51,4	5,1	7,4	22,9	8,0	0,6	0,0	100,0

Az autóutak halmaza is jelentősen változott a vizsgált évek alatt, de a forgalom és a balesetek tekintetében is végig jelentős arányt képvisel az M0 autót.

Autóutakon ugyanúgy, mint az autópályákon, az azonos irányban haladó járművek ütközése és az álló járműnek ütközés képviseli a legnagyobb arányt, és ez az arány itt is növekvő tendenciát mutat. Csökkent viszont a szembe haladó járművek, valamint a keresztező és kanyarodó járművek ütközésének részaránya, ami a 2x1 sávú autóutak arányának csökkenéséből adódik.

Nőtt ugyanakkor a magános balesetek aránya is. Ez látszólag ellentmond a forgalom növekedésének. Az ellentmondás azzal magyarázható, hogy van egyrészt az M0, ami egyes szakaszain a kapacitásának határán üzemel, másrészt megjelentek kisméretű autóutak, ahol a magános balesetek jellemzőek.

A több jármű ütközése vs. magános baleset arány az időszak elején 72%-15%, a végén 62%-38%.

A gyalogos balesetek aránya ebben az útkategóriában is jelentősen csökkent.

3.3 A balesetek természetének megoszlása fő- és mellékutakon, lakott területen kívül

Ezek az útkategóriák teszik ki az országos közúthálózat legnagyobb hányadát. A balesetek természetének megoszlását a 6. és 7. táblázat tartalmazza.

6. táblázat: A balesetek természetének megoszlása főutakon, lakott területen kívül (%)

Év	járműütközések			magános balesetek			gyalogos	egyéb	összes
	szembe haladó	azonos ir.+ álló	kereszt+ kanyarodó	útpályán	kívül ütk. nélkül	kívül ütközés			
2002	20,8	23,0	17,9	1,5	15,3	11,8	8,1	1,7	100,0
2005	20,5	18,9	20,9	2,7	17,7	12,0	6,0	1,2	100,0
2010	17,5	17,6	21,5	3,0	22,6	11,6	4,7	1,7	100,0
2015	15,8	19,1	23,3	2,6	22,8	10,4	4,4	1,7	100,0
2020	14,5	19,8	24,4	2,3	23,1	10,8	2,8	2,2	100,0
2025	16,5	21,3	23,1	2,5	22,3	9,2	2,7	2,4	100,0

Míg a gyorsforgalmi utakon az azonos irányban haladó járművek ütközése 50%-nál nagyobb arányt képvisel, ez az arány a főutak lakott területek kívüli szakaszain csak 20% körüli. Itt az osztatlan pályából adódóan jelentős arányt képvisel a szembe haladó járművek ütközése és a csomópontokból adódóan a keresztező és a kanyarodó balesetek.

A több jármű ütközése vs. magános baleset arány az időszak elején 62%-29%, a végén 60%-35%.

A gyalogos balesetek aránya ebben az útkategóriában is öröndetesen csökkent.

7. táblázat: A balesetek természetének megoszlása mellékutakon, lakott területen kívül (%)

Év	járműütközések			magános balesetek			gyalogos	egyéb	összes
	szembe haladó	azonos ir.+ álló	kereszt+ kanyarodó	útpályán	kívül ütk. nélkül	kívül ütközés			
2002	16,9	13,4	12,1	3,4	24,9	20,1	6,7	2,6	100,0
2005	16,2	11,9	12,7	5,2	26,1	20,2	5,7	2,0	100,0
2010	14,2	8,8	14,2	5,8	32,0	17,7	4,7	2,6	100,0
2015	12,1	10,2	16,3	3,9	33,1	18,1	4,2	2,2	100,0
2020	11,8	10,0	17,3	3,7	35,4	16,4	2,7	2,8	100,0
2025	12,8	10,1	16,1	4,0	33,1	17,4	2,3	4,2	100,0

Mellékutakon, lakott területen kívül a magános járműbalesetek veszik át a vezetést. Ezek aránya a vizsgált időszakban 48%-ról 54%-ra nőtt. A több jármű ütközése csoport 40%-ot képvisel, míg a gyalogos balesetek aránya a külterületi jellegből adódóan csekély és ebben csökkenő trendet láthatunk.

A főutak és a mellékutak lakott területen kívüli baleseteit összehasonlítva főutakon a járműütközéses balesetek dominálnak, míg mellékutakon a magános balesetek. Ennek a különbségnek a magyarázata egyrészt a főutak nagyobb forgalma, a járműtalálkozások nagyobb valószínűsége. Másrészt azonban biztosan szerepet játszik a mellékutak kiépítettsége, mind a vonalvezetés, mind a keresztszűrés, mind a csomópontok szempontjából.

A gyalogos balesetek aránya lakott területen kívüli fő- és mellékutakon szinte azonos és egyaránt monoton csökkenő tendenciát mutat.

3.4 A balesetek természetének megoszlása lakott területen belüli utakon

Elemzésünkben a lakott területen belüli utak három csoportban szerepelnek: az országos főutak és mellékutak lakott területen belüli szakaszai, ill. a nem állami közutak halmaza. Ez utóbbi csoport balesetei döntően önkormányzati utak lakott területen belüli szakaszain történnek, de tartalmazhatnak egyéb helyszínen bekövetkezett baleseteket is.

A balesetek természetének megoszlását lakott területen belüli utakon a 8., 9. és 10. táblázat tartalmazza.

8. táblázat: A balesetek természetének megoszlása főutakon, lakott területen belül (%)

Év	járműütközések			magános balesetek			gyalogos	egyéb	összes
	szembe haladó	azonos ir.+ álló	kereszt+ kanyarodó	útpályán	kívül ütk. nélkül	kívül ütközés			
2002	6,8	18,2	36,9	2,8	3,5	7,8	23,1	0,8	100,0
2005	6,8	18,1	39,3	2,9	5,1	7,9	18,8	1,0	100,0
2010	6,0	17,6	39,4	4,3	7,2	6,4	17,5	1,6	100,0

2015	4,6	20,0	40,3	3,9	7,5	4,6	17,9	1,3	100,0
2020	5,2	19,8	41,2	3,4	7,3	5,3	16,6	1,1	100,0
2025	6,4	22,3	40,0	3,4	6,9	3,9	15,5	1,6	100,0

Főutakon, lakott területen belül a keresztező és kanyarodó járművek balesetei képviselik a legnagyobb arányt, mintegy 40%-ot. Ez az arány stabil volt a vizsgált időszakban. Az alacsonyabb sebességekből adódóan a magános járműbalesetek aránya jóval kisebb, mint az előző csoportokban.

A több jármű ütközése vs. magános baleset arány ebben a csoportban 68%-15%.

Itt igen jelentős arányt képviselnek a gyalogos-elütések, bár az arányuk csökkenő trendet mutat.

9. táblázat: A balesetek természetének megoszlása mellékutakon, lakott területen belül (%)

Év	járműütközések			magános balesetek			gyalogos	egyéb	összes
	szembe haladó	azonos ir.+ álló	kereszt+ kanyarodó	útpályán	kívül ütk. nélkül	kívül ütközés			
2002	7,1	14,8	35,3	4,3	6,3	11,0	19,8	1,4	100,0
2005	7,4	13,7	35,9	4,5	8,0	11,2	18,4	0,9	100,0
2010	5,9	11,9	37,5	6,6	10,1	9,0	17,1	1,9	100,0
2015	4,8	12,7	39,5	6,1	10,9	7,8	16,7	1,5	100,0
2020	5,7	13,3	40,4	5,5	11,9	7,8	14,4	1,0	100,0
2025	6,9	14,8	37,4	5,9	12,1	7,5	14,1	1,4	100,0

A mellékutakon, lakott területen belüli arányokat mutató 8. táblázat nagyon hasonlít a főutak lakott területen belüli arányait tartalmazó 7. táblázathoz.

Itt is a keresztező és kanyarodó járművek balesetei képviselik a legnagyobb arányt, majdnem 40%-ot, végig a vizsgált időszakban. A több jármű ütközése vs. magános baleset arány ebben a csoportban 60%-25%.

A gyalogos balesetek aránya a főutak lakott területi szakaszaihoz hasonlóan 15% körüli és csökkenő trendet mutat.

10. táblázat: A balesetek természetének megoszlása helyi közutakon (%)

Év	járműütközések			magános balesetek			gyalogos	egyéb	összes
	szembe haladó	azonos ir.+ álló	kereszt+ kanyarodó	útpályán	kívül ütk. nélkül	kívül ütközés			
2002	5,6	13,3	37,4	3,7	3,7	6,9	27,4	2,1	100,0
2005	5,2	13,9	39,1	4,4	4,5	6,9	24,7	1,5	100,0
2010	4,4	12,5	41,5	6,7	5,8	4,7	22,4	2,0	100,0
2015	3,8	13,9	42,7	6,6	6,1	3,7	21,2	2,2	100,0
2020	3,3	14,1	42,9	8,4	6,4	3,5	19,5	1,9	100,0
2025	3,4	13,8	42,3	11,5	5,6	2,9	18,5	1,8	100,0

A helyi (önkormányzati) közutak baleseteinek természetét az országos közutak lakott területein bekövetkezett balesetekkel érdemes összehasonlítani. Nem meglepően itt is a keresztirányú és kanyarodó járművek ütközései dominálnak 40% fölötti aránnyal. A több jármű ütközése vs. magános baleset arány ebben a csoportban 58%-20%.

A gyalogos balesetek aránya magasabb, mint az országos közutak lakott területi szakaszain, itt ez az arány a vizsgált időszakban 27%-ról 20% alá csökkent.

Konklúzió

A személyi sérüléses közúti közlekedési balesetek számának általános csökkenése mellett vizsgálatunk kimutatta, hogy a balesetek természete útkategóriánként jelentősen eltérő, valamint, hogy az elemzett 24 éves időszak alatt az arányok számottevően változtak.

Jó hír, hogy az összes baleseten belül a gyalogos elütések aránya minden útkategóriában jelentősen csökkent. A gyalogos balesetek aránya külterületi utakon 2% alá esett, míg belterületi utakon az arány csökken ugyan, de még mindig 15% körüli. Ebben csökkenésben valószínűleg szerepet játszottak a

különböző műszaki és humán tényezők, de bizonyára az is, hogy kevesebb gyalogos jelenik meg ott, ahol nem lenne helye.

Világos csökkenő trendet mutatnak a szembe haladó járművek ütközései. Ez mind a gyorsforgalmi utakon, mind a fő- és mellékutak lakott területen kívüli szakaszain kimutatható.

A gyorsforgalmi utakon az azonos irányban haladó járművek ütközése meghaladja az 50%-ot és folyamatosan növekszik. Ez a trend az ilyen ütközéseket megelőző forgalomtechnikai intézkedések szükségességére hívja fel a figyelmet.

Lakott területen belül - kezelőtől függetlenül - a csomóponti balesetek képviselik a legnagyobb arányt, mintegy 40%-ot. Ezek csökkentésére is megvannak a megfelelő műszaki eszközök.

Összefoglalásként a rendelkezésre álló baleseti adatok és statisztikák minél széleskörűbb hasznosítására szeretnénk felhívni a figyelmet a balesetek számának csökkentése érdekében.

Irodalomjegyzék

- [1] Holló P.: Gondolatok a hazai közúti közlekedés biztonságáról. Magyar Tudomány, 2008/2 175-185. p.
- [2] Jankó D.: Közúti baleseti sérülések kockázata Magyarországon. Közlekedéstudományi Szemle, 2020/5 52-61.
- [3] Berta T.: A hazai közlekedésbiztonság múltja, jelene és jövője. Közlekedéstudományi Szemle, 2020/1 49-52.
- [4] Pauer G.: A hazai közúti közlekedésbiztonság alakulásának áttekintése a külső mérőföldkövek tükrében. In: Horváth, B; Henézi, D. (szerk.) I. Közlekedésbiztonsági konferencia; Győr, 2023. pp. 23-31
- [5] Pauer G. - Ötvös V.: A közúti közlekedésbiztonsági helyzet alakulása az Európai Unióban és Magyarországon. Közlekedéstudományi Szemle, 2025/5 40-47.
<https://doi.org/10.24228/KTSZ.2025.5.5>
- [6] Koren Cs. - Kosztolányi-Iván G.: Baleseti és forgalmi trendek az országos közúthálózaton 2002-2023 In: Horváth B., Henézi D., (szerk.) III. Közlekedésbiztonsági Konferencia. Győr, 2025. pp. 83-88.
- [7] Koren Cs. - Kosztolányi-Iván G.: A baleseti kockázati mutatók változása az országos közúthálózaton 2002-2024. Közlekedéstudományi Szemle, 2026/3 38-44.
<https://doi.org/10.24228/KTSZ.2026.3.5>
- [8] Borsos A. - Koren Cs.: A közlekedésbiztonság hosszú távú trendjei. In: Koren Cs. (szerk.) Biztonságosabb közúti infrastruktúra. Universitas-Győr Nonprofit Kft., 2015 pp. 406-416.
- [9] Kopits, E. - Cropper, M.: Traffic fatalities and economic growth. Accident Analysis & Prevention, 2005/1 169-178. <https://doi.org/10.1016/j.aap.2004.04.006>
- [10] <https://webbal.kozut.hu/>
- [11] 133/2022. (IV. 7.) Korm. rendelet a közúti infrastruktúra közlekedésbiztonsági kezeléséről
<https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a2200133.kor>

A közösségi közlekedésben dolgozó járművezetőket érő menetrendi nyomás hatásainak vizsgálata / Investigating the Effects of Schedule Pressure on Public Transport Drivers

Nagy Márton¹ – Dr. Nagy Viktor Zoltán²

^{1,2}Széchenyi István Egyetem

¹nagy.marton@ext.sze.hu

²nviktor@sze.hu

Kivonat: A közösségi közlekedésben dolgozó gépkocsivezetők munkája jelentős kognitív terheléssel jár, mely több, szubjektív és objektív tényezőtől áll össze. A forgalomban való részvétel során a menetrendi nyomás, valamint a forgalmi szereplőkkel és az utasokkal összefüggő interakciók olyan tényezőkként jelenhetnek meg, amelyek kedvezőtlenül befolyásolhatják a vezetési viselkedést. A kutatás célja annak vizsgálata, hogy a növekvő kognitív terhelés hatására hogyan változik a gépkocsivezetők vezetési stílusa: a kockázatos vezetésre kevésbé hajlamos járművezetők is elkövetnek-e kisebb, nagyobb közlekedési kihágásokat a késések csökkentésének érdekében. A vizsgálat során a résztvevők egy buszszimulátorban, adott viszonylaton vezetnek, mindkét irányban. Először nyugodt körülmények között, amikor a menetrendet figyelmen kívül hagyhatják és nincsenek zavaró tényezők. Ezután, az ellenkező irányban vezetve egyre változó intenzitással érik a résztvevőket a zavaró, figyelemelvonó tényezők. Elsőként, egy képernyőt felhasználva megjelenítésre kerül a késés mértéke percekben kifejezve. Amint a késés meghaladja a három percet, egy hangjelzés lesz hallgató a résztvevők számára. Végezetül pedig a résztvevők előszóban is tájékoztatásra kerülnek a késés tényéről, amelyre később magyarázatot kell adniuk. Azt feltételezzük, hogy a növekvő nyomás hatására azok a gépkocsivezetők is kockázattá válnak, akik alapvető esetben egyáltalán nem, vagy csak kis mértékben azok. Ezen felül a gépkocsivezetőkre ható egyre nagyobb nyomás fokozhatja a kognitív terhelést, melynek következtében kevésbé képesek a megfelelő, preventív vezetéstechnika alkalmazására. Ezen negatív hatások és tényezők feltérképezése és vizsgálata kiemelten fontos a közlekedésbiztonság szempontjából, ugyanis a gépkocsivezetők számos balesetet el tudnak kerülni megfelelő vezetéstechnika alkalmazásával.

Abstract: The work of drivers employed in public transport involves a substantial level of cognitive workload, which is shaped by several subjective and objective factors. During driving in traffic, schedule pressure, as well as interactions with other road users and passengers, may emerge as factors that can adversely influence driving behaviour. The aim of this research is to examine how drivers' driving style changes under increasing cognitive workload, and whether even drivers who are less prone to risky driving commit minor or more serious traffic violations in order to reduce delays. During the study, participants drive along a predefined route in a bus simulator in both directions. First, they complete the route under calm conditions, where they may disregard the timetable and no distracting factors are present. Subsequently, while driving in the opposite direction, participants are exposed to distracting and attention-diverting factors of varying intensity. First, the extent of the delay, expressed in minutes, is displayed on a screen. Once the delay exceeds three minutes, an audible signal is presented to the participants. Finally, the participants are also verbally informed of the delay, for which they are later required to provide an explanation. It is hypothesised that, as pressure increases, even those drivers who are normally not, or only slightly, inclined toward risk-taking will become more willing to take risks. In addition, the increasing pressure placed on drivers may intensify cognitive workload, as a result of which they may become less capable of applying appropriate preventive driving techniques. Mapping and examining these negative effects and influencing factors is of particular importance from a traffic safety perspective, as drivers are able to avoid numerous accidents through the application of appropriate driving techniques.

Kulcsszavak: gépkocsivezetők; kognitív terhelés; menetrendi nyomás; stressz; városi közlekedés

Keywords: cognitive load; bus drivers; schedule pressure; stress; urban transport

Bevezetés

A közösségi közlekedésben dolgozó gépkocsivezetőkre, a városi környezet sajátosságai miatt számos fizikai, kognitív és pszichológiai kihívás hat, amelyek együttesen határozzák meg a munkavégzésük nehézségét és a közlekedésbiztonsági kockázatokat. A városokban, a növekvő motorizációs szint az évek során egyre jobban növelte a kockázati tényezők számát, amelyekkel a közlekedésben résztvevők találkozhatnak. [1] Emiatt a forgalomban való részvétel során egyre nagyobb kognitív terhelés éri a gépkocsivezetőket, hiszen a biztonságos vezetés folyamatos, éber figyelmet követel meg. Továbbá, a közösségi közlekedésből sajátosságaiból adódó további stresszforrások is folyamatosan jelen vannak, mint például a menetrendi- és időnyomás és az utasok biztonságának megőrzésére való törekvés miatti kényszer. [2] Ezen felül, a gépkocsivezetőknek egy úgynevezett döntéshozatali kényszerrel is szembe kell nézniük, amely azt jelenti, hogy a komplex forgalmi helyzetekben gyakran hiányos, vagy egymással ellentmondó információk alapján kell gyors és helyes döntést hozniuk. [3] Emellett, a mindennapi munka során még egyéb, különféle interperszonális, érzelmi és munkaszervezési kihívásokkal is meg kell küzdeniük, nap mint nap. Ezen hatások közé tartoznak például az utasok felől érkező agresszió vagy udvariatlanság, miközben a munkáltatók elvárják az udvarias, türelmes stílust még akkor is, hogyha a gépkocsivezető személyét inzultus éri, amely elfojtott dühöz vezethet. [4] Ez a düh nem csak hosszútávon van jelen, hanem rövidtávon, akár azonnal is megjelenik, az ingerültséget pedig sok esetben a gépkocsivezetők a forgalomban vezetik le, esetlegesen a közlekedés többi résztvevőjén. A fokozott érzelmi állapot pedig megnövekedett baleseti kockázatot hordoz magában, ugyanis ilyen esetben szignifikánsan megnövekszik a vezetési hibák elkövetésének a gyakorisága. Ezen felül a súlyos stresszreakció és az ingerültség elterelheti a gépkocsivezető figyelmét a forgalomról, amelynek hatására megnövekszik a reakcióidő, egyes esetekben pedig kritikus elemek maradhatnak ki a figyelemi fókuszából, melyek mind kedvezőtlenül befolyásolják a baleseti kockázatot. [1] Ezen tényezők már önmagukban is egy folyamatos pszichológiai és fizikai tényezőkkel járnak, a gépkocsivezetők azonban a vállalatok munkaszervezési sajátosságai miatt számos esetben még nehezebben tudnak megküzdeni a felmerülő terhekkel. Ezek közé sorolhatóak a szűkülő pihenőidők, amelyek kiszámíthatatlansága a városi forgalom sajátosságai eredményeként következik be. [5] További tényező az is, hogy a gépkocsivezetők munkája alapvetően monoton. A munkavállalók sok esetben ugyanazon az útvonalon vezetnek hosszú időn át, illetve maguk a beosztások is egyre elnyújtottabbak, nem ritka a 10-11 óra hosszan tartó munkaidő sem. [6] A hosszan tartó munkavégzés több negatív hatással is jár, mint például az úgynevezett „nézni, de nem látni” jelenség, amelynek a lényege, hogy az agy tartós igénybevétele inattenciához, nagy fokú észlelési késedelemhez és a figyelem beszűküléséhez vezet. [7] Ezen tényezők és folyamatok ismeretében a kutatás célja, a gépkocsivezetőket érő, sok esetben szubjektív és pszichológiai eredetű kedvezőtlen hatások mélyebb megismerése és megértése, valamint azok objektív mérése és számszerűsítése. Ezáltal pontosabb kép alkotható e tényezők vezetési teljesítményre és közlekedésbiztonságra gyakorolt hatásáról. A kutatás ennek megfelelően a vezetés közbeni magatartást vizsgálja fokozódó stressz hatására, különböző terhelési helyzetekben. A mérés célja annak feltárása, hogy a fokozott kognitív és érzelmi igénybevétel milyen változásokat idéz elő a figyelemben, a reakcióidőben és a vezetési teljesítményben. Várakozásaink szerint a fokozódó stressz hatására azoknak a gépkocsivezetőknek is romlik a vezetési teljesítménye, akik alaphelyzetben nyugodt és kiegyensúlyozott vezetési magatartást tanúsítanak, ennek következtében pedig növekedhet az általuk elkövetett hibák száma. Ez alapján pedig megnő a biztonsági kockázat, esetlegesen ilyen helyzetek balesetek bekövetkezéséhez vezethetnek azáltal, hogy a gépkocsivezetők nem feltétlenül észlelnek olyan forgalmi mozzanatokat, amelyek kritikusak a forgalombiztonság szempontjából. A kutatás keretében egy előzetes, feltáró jellegű vizsgálatot végeztünk egy erre a célra kialakított buszszimulátoron. A szimulátor egy fő vázszerkezetre épül, amelyen megtalálhatóak a különböző hardver egységek és a jármű virtuális irányításához közvetlenül szükséges elemek. Továbbá, a virtuális környezet megjelenítését három darab, egyenként 27 colos monitor biztosította. A több kijelző alkalmazása szélesebb látómezőt és valóságosabb térérzetet tett lehetővé a vezetési szimuláció során. A vizsgálat során a résztvevők egy előre meghatározott viszonylaton vezettek, egy teljes fordulót teljesítve. Elsőként egy nyugodt körülmények között végrehajtott vezetési feladatot kellett teljesíteniük, amely során sem időbeli, sem egyéb külső nyomás nem nehezedett rájuk. Ezt követően a résztvevőknek fokozódó menetrendi nyomás mellett kellett teljesíteniük a vezetési feladatot, miközben a diszpécserrel folytatott kommunikáció további terhelési tényezőt jelentett. A feladat során arra kellett törekedniük, hogy a végállomást a menetrendhez minél pontosabban igazodva érhék el. A két vezetési helyzet során rögzített adatokat ezt követően összehasonlítottuk, hogy feltárjuk a terhelés növekedésével együtt járó változásokat.

1. A kutatás módszertana

A kutatás során egy előzetes, pilot jellegű szimulátoros vizsgálatot végeztünk annak érdekében, hogy megfigyeljük a fokozódó kognitív és érzelmi terhelés vezetési teljesítményre gyakorolt hatását. A vizsgálat két, eltérő terhelési szintű vezetési feladatból állt, amelyek során a résztvevők teljesítményét és az általuk elkövetett hibákat azonos vizsgálati körülmények között rögzítettük és hasonlítottuk össze. A következőkben bemutatásra kerülnek a vizsgálat résztvevői, az alkalmazott eszközök, a mérés környezete és menete, valamint az értékelés során figyelembe vett adatok.

1.1 A vizsgálat résztvevői

A vizsgálatban összesen három fő vett részt. A résztvevők életkoruk, vezetési tapasztalatuk és előéletük alapján eltérő jellemzőkkel rendelkeztek. Fontos szempont volt, hogy rendelkezzenek érvényes „D” kategóriás jogosítvánnyal, illetve minden szükséges további engedéllyel, amely a hatályos jogszabályok szerint személyszállítási tevékenység végzésére jogosítja fel őket. Továbbá pedig, hogy rendelkezzenek legalább 1 éves városi környezetben történő vezetési tapasztalattal. A vizsgálat megkezdése előtt a résztvevők egy kérdőívet töltöttek ki, amelynek első részében általános és demográfiai adatokra kérdeztünk rá. Mivel személyes és szenzitív adatokat is gyűjtöttünk, minden résztvevőt már a vizsgálat megkezdése előtt elláttunk egy, az adatok későbbi azonosítására szolgáló kóddal. Az itt megszerzett adatokat az alábbi táblázat tartalmazza:

1. táblázat: A résztvevők demográfiai adatai

Résztvevő	Életkor (év)	Vezetői engedély megszerzésének éve	Közelítő vezetési tapasztalat (km)
R1	38	2018	≈ 550 000
R2	27	2023	≈ 23 000
R3	40	2025	≈ 80 000

A kérdőívben a résztvevők önbevallás alapján adták meg a becsült vezetési tapasztalatukat. Az érték meghatározására egy 0 és 2 000 000 kilométer közötti tartományt lefedő, színekkel csúsztatható csúszka szolgált, amely a kisebb értékeket jelölő zöld színtől fokozatosan a nagyobb értékeket jelölő piros szín felé haladt. A résztvevők ezen a skálán helyezték el saját becslésüket, a kapott értékeket pedig a feldolgozás során a legközelebbi egész számra kerekítettük. Az így kapott adatok közelítő jellegűek, és elsősorban a résztvevők vezetési tapasztalatának nagyságrendi jellemzésére szolgáltak. Az önbevalláson alapuló becslés alkalmazása lehetővé tette az adatfelvétel gyors elvégzését, anélkül, hogy a mérési folyamatot a pontos értékek kiszámítása vagy dokumentumok alapján történő ellenőrzése jelentősen lassította volna. Továbbá, a vezetési tapasztalat évek helyett kilométerben történő megadását azért tartottuk vizsgálatunkhoz megfelelőbbnek, ugyanis az évek száma önmagában nem fedi le a ténylegesen, önállóan, forgalomban történő vezetési gyakorlat mértékét. Fontos megjegyezni, hogy ezen adat a résztvevők önbevallásán alapul, emiatt azok értelmezésekor figyelembe kell venni az ebből fakadó bizonytalanságot. Azonban a kapott értékeket elsősorban a résztvevők közötti tapasztalati különbségek szemléltetésére, nem pedig pontos teljesítménymutatóként használtuk fel.

1.2 A vizsgálati eszközök és a környezet

A vizsgálat során a résztvevők kognitív terhelésének és figyelmének mérésére, továbbá ezen adatok rögzítésére, a Pupil Labs Neon típusú szemmozgáskövető szemüveget használtuk. Az eszköz egy szemüvegkeretre rögzített központi mérőegységből áll, amely két infravörös szemkamerát és egy előre néző környezeti kamerát tartalmaz. A két infravörös kamera másodpercenként 200 alkalommal rögzíti a bal és a jobb szem állapotát, míg az elülső kamera a résztvevő előtti környezetet veszi fel. A rendszer ezekből az adatokból képes meghatározni többek között a fixációk számát és időtartamát, a pislogások jellemzőit, valamint a pupilla átmérőjének változását. A Neon egyik előnye, hogy alapvető működéséhez nincs szükség személyenként külön kalibrációra, ugyanakkor egyéni korrekció alkalmazásával a mérési pontosság tovább javítható. Ellenőrzött körülmények között, 1,3 méteres távolságban a rendszer középértékű pontossága korrekció nélkül megközelítőleg 1,8°, egyéni korrekcióval pedig körülbelül 1,3°. [8] A jelen vizsgálatban a szemmozgáskövető szemüvegből származó adatokat elsősorban a gépkocsivezetők kognitív terhelésének megállapítására használtuk fel. Ennek során a fixációk számát és időtartamát, a pislogások gyakoriságát és hosszát, valamint a pupillaátmérő változását vettük figyelembe. Korábbi kutatások alapján a kognitív terhelés növekedésével változhat a fixációk időtartama és gyakorisága, a pislogási mintázat, valamint rendszerint

nővekedhet a pupilla mérete is, ezért ezek a mutatók együttesen alkalmasak lehetnek a mentális igénybevétel közvetett becslésére. [9], [10] A szemüveg által rögzített környezeti felvételeket emellett utólag is áttekintettük, és ezek alapján rögzítettük a vezetés során elkövetett közlekedési szabálysértések számát. Azonban, jelen vizsgálat nem terjedt ki annak részletes elemzésére, hogy a résztvevők fizikailag pontosan mely környezeti elemekre irányították a tekintetüket.

A vizsgálathoz egy saját építésű szimulátort használtunk, melynek alapját egy SimRig vázszerkezet képezte, amelyre a vezetéshez szükséges kezelőszervek, kijelzők és egyéb kiegészítő egységek kerültek felszerelésre. A virtuális jármű irányítását egy 5,5 Nm legnagyobb nyomaték leadására képes Moza R5 közvetlen meghajtású kormánybázis, egy 400 mm átmérőjű Moza TSW kormánykerék és egy SR-P pedálegység tette lehetővé. A kormány teljes elfordulási tartományát 1620°-ra, azaz 4,5 teljes fordulatra állítottuk be, amely a valós autóbuszok kormányzási jellemzőinek megközelítését szolgálta. A kormányzási ellenállást és az erő-visszacsatolás mértékét úgy határoztuk meg, hogy a rendszer érzékelhető, ugyanakkor biztonságosan kezelhető kormányerőt biztosítson. A virtuális környezet megjelenítését három darab, egyenként 27 colos monitor biztosította, amelyek szélesebb látómezőt és valóságűbb térérzetet tesznek lehetővé. A szimulátor két táblagépet is tartalmaz. Az egyik a jármű digitális műszeregysége, a másikon pedig a menetrendhez viszonyított időbeli eltérés jelent meg. Ez utóbbi a vizsgálat során kiemelt szerepet töltött be, mivel folyamatos visszajelzést adott a résztvevőknek a késés vagy a menetrendhez képesti eltérés mértékéről. A gépkocsivezető jobb oldalán elhelyezett programozható kezelőpanelen helyezkednek el többek között az ajtónyitó gombok, a sebességváltó kezelőszervei és a jármű további funkcióinak kapcsolói. A szimulátor valódi autóbuszszüléssel rendelkezik, amelynek helyzete a résztvevők testméretéhez és vezetési testtartásához igazítható volt. Az üléshez és a pedálegységhez kapcsolódó rezgésátadó egységek a motor működéséből, az úthibákból és az útfelület egyenetlenségeiből származó rezgéseket közvetítik. A kialakítás során a fő cél az volt, hogy a szimulátor a lehetőségekhez mérten minél pontosabban leképezze a valós vezetőfülke működését, és egyidejűleg megfelelő ergonómiai, kezelési és érzékelési feltételeket biztosítson a vizsgálat résztvevői számára.

A vezetési feladat során az OMSI 2 nevű programot használtuk, amely részletesen modellezi a menetrend szerinti közösségi közlekedést, a jármű működését, az utasforgalmat, valamint a városi közlekedési környezet különböző elemeit. A vizsgálat során a résztvevők a budapesti 183-as autóbusz-viszonylat virtuális változatán teljesítették a feladatokat. Az útvonal alapvetően kertvárosias jellegű, és viszonylag alacsony forgalomsűrűség jellemzi, ugyanakkor több, közlekedésbiztonsági szempontból lényeges helyzetet is tartalmazott. Ilyenek voltak a forgalomirányító fényjelző készülékkel és jelzőtáblákkal szabályozott kereszteződések, a korlátozott beláthatóságú útszakaszok, a körforgalom, a vasúti átjáró, valamint egy, a villamospályát keresztező útszakasz. Ezek az elemek lehetővé tették, hogy a résztvevők vezetési teljesítményét változatos, mégis ellenőrzött és összehasonlítható forgalmi helyzetekben vizsgáljuk. A menettartam egyik irányban 12, a másik irányban 11 perc volt, és az útvonal mindkét irányban hasonló infrastrukturális jellemzőket tartalmazott, ami támogatta az alacsony és a fokozott terhelés mellett végrehajtott vezetési feladatok megfelelő szintű összevetését. A mérési feltételek egységességének biztosítása érdekében valamennyi résztvevő ugyanazzal a járműtípussal teljesítette a vezetési feladatokat. A vizsgálat során minden kijelölt megállóhelyen meg kellett állniuk, függetlenül attól, hogy az adott megállóban tartózkodtak-e utasok vagy volt-e leszállás igény jelezve. A szimuláció hétköznapi déli időszakra jellemző, mérsékelt forgalomsűrűség mellett zajlott. Az időjárási és látási viszonyokat minden mérés során változatlanul tartottuk: tiszta, napos időt és jó látási körülményeket állítottunk be. Ezáltal a résztvevők azonos, kedvező és jól összehasonlítható környezetben hajtották végre a feladatokat.

1.3 Az alkalmazott módszertan

A vizsgálat elején alkalmazott kérdőív és a hozzá kapcsolódó feladatok célja az volt, hogy rövid idő alatt előzetes képet adjanak a résztvevők vezetési magatartásáról, döntéshozatali sajátosságairól, kockázatvállalási hajlandóságáról és monotonitűréséről. A kérdőív olyan kérdéseket tartalmazott, amelyek arra irányultak, hogy a résztvevők saját megítélésük szerint miként viselkednek különböző forgalmi helyzetekben, mennyire zavarják őket az utasokkal vagy a közlekedés más résztvevőivel kapcsolatos események, illetve milyen mértékben tartanak elfogadhatónak bizonyos közlekedési szabálysértéseket. A válaszadás négyfokozatú skálán történt, ahol a magasabb érték az adott állítással való erősebb egyetértést vagy az adott jellemző nagyobb intenzitását fejezte ki. A kérdéscsoportok válaszainak átlagolásával külön mutatókat képeztünk többek között a forgalmi helyzetekkel és az

utasokkal kapcsolatos ingerültség, valamint a szabálysértések elfogadottságának jellemzésére. A kérdőív jelen vizsgálatban nem átfogó személyiségvizsgálatként szolgált, hanem a résztvevők alapvető viselkedési jellemzőinek gyors, tájékozódó jellegű felmérésére. A kérdőívhez két rövid feladat kapcsolódott. Az egyik az Iowa Gambling Task, vagyis az iowai szerencsejáték-feladat (IGT) negyven választásból álló, rövidített változata volt. Az IGT a döntéshozatal vizsgálatára kidolgozott, széles körben alkalmazott viselkedéses mérőeszköz, amelyben a résztvevőknek négy, eltérő nyereségi és veszteségi jellemzőkkel rendelkező kártyapakli közül kell választaniuk. Az „A” és „B” paklik rövid távon nagyobb jutalmat kínálnak, hosszabb távon azonban kedvezőtlenebb eredményhez vezetnek, míg a „C” és „D” paklik kisebb, de tartósabban előnyös nyereséget biztosítanak. A feladat ezáltal a bizonytalan körülmények között végzett döntéshozatal, a hosszabb távú következmények figyelembevétele, valamint a kockázatos választásokra való hajlam jellemzésére használható. [11], [12] Az IGT értékeléséhez a jutalompreferencia-mutatót alkalmaztuk, amelyet a kedvezőnek tekintett „C” és „D” paklikból történő választások összegéből, valamint a kedvezőtlen „A” és „B” paklik választásainak különbségéből számítottunk:

$$VoRP = (C + D) - (A + B) \quad (1)$$

A pozitív érték a hosszabb távon kedvezőbb választások túlsúlyát, míg a negatív érték a kockázatosabb, hosszabb távon veszteséges paklik előnyben részesítését jelezte. A választások időbeli alakulása alapján egy tanulási mutatót is képeztünk, amely azt szemléltette, hogy a feladat előrehaladtával változott-e a résztvevő döntési stratégiája. Az IGT eredményeit ugyanakkor nem diagnosztikai értékűként, hanem a döntéshozatali és kockázattudatossági sajátosságokat kiegészítő, leíró mutatóként értelmeztük. Az IGT teljesítményét ugyanis a feladat változata, hossza, a kapott instrukció és az egyéni tanulási folyamatok is befolyásolhatják. [11], [12] A második feladat egy háromperces, a Bécsi Tesztrendszer monotóniavizsgálatának elvén alapuló, rövidített monotóniatűrési feladat volt. Ennek során a résztvevőknek egy ismétlődő és kevés változatosságot tartalmazó ingersor mellett kellett tartósan fenntartaniuk figyelmüket, és a meghatározott célingerekre megfelelő időben reagálniuk. Az értékelés során a helyes reakciók arányát, a hibák számát és a válaszadási időt vettük figyelembe. A feladat célja annak közelítő jellemzése volt, hogy a résztvevők mennyire képesek egyhangú körülmények között megőrizni figyelmi teljesítményüket és megfelelő reakciókészségüket. Módszertani szempontból az ilyen rövid feladatok nem magát a teljes kompetenciát mérik közvetlenül, hanem annak megfigyelhető teljesítménybeli megnyilvánulásai alapján tesznek lehetővé óvatos következtetéseket. [13] A kérdőívet és a két kiegészítő feladatot tudatosan rövid, hozzávetőleg 10–15 perc alatt teljesíthető formában alakítottuk ki. A pilot vizsgálat elsődleges célja nem egy teljes körű pszichológiai vagy személyiségvizsgálat elvégzése volt, hanem annak felmérése, hogy a résztvevők alapvető vezetési, döntéshozatali és figyelmi jellemzői miként kapcsolódhatnak a szimulátoros vezetési feladat során megfigyelt viselkedéshez. A rövid mérési idő csökkentette a résztvevők előzetes kifáradásának lehetőségét, és lehetővé tette, hogy a vizsgálat fő részét jelentő vezetési feladat megkezdése előtt gyors háttérjellemezés készüljön. Egy későbbi, nagyobb mintán végzett kutatásban indokolt lehet részletesebb, szabványosított személyiségvizsgálatok, hosszabb döntéshozatali feladatok és további figyelmi tesztek alkalmazása. Az összesített vezetési teljesítmény egységes értékelése érdekében egy 0 és 100 pont közötti vezetési pontszámot képeztünk. A mutató négy részpontszám súlyozott összegeként állt elő:

$$S = 0,35 \cdot DYN + 0,30 \cdot SMO + 0,25 \cdot CON + 0,10 \cdot SER \quad (2)$$

ahol S az összesített vezetési pontszámot, DYN a jármű dinamikai kezeléséhez és a közlekedésbiztonsághoz kapcsolódó részpontszámot, SMO a vezetés egyenletességét, CON a vezetési teljesítmény következetességét, míg SER a megállóhelyi kiszolgáláshoz és az ajtókezeléshez kapcsolódó műveletek értékelését jelöli. A magasabb összesített érték kedvezőbb vezetési teljesítményt jelentett. A súlyozás kialakításakor a dinamikai biztonság és a vezetés egyenletessége nagyobb hangsúlyt kapott, míg a megállóhelyi kiszolgálás és az ajtókezelés kisebb súllyal szerepelt az összesített pontszámokban.

2. A vizsgálat menete

A vizsgálat megkezdése előtt a résztvevők rövid tájékoztatást kaptak a kutatás céljáról, a szimulátoros vezetési feladat menetéről, valamint a mérés során rögzített adatok köréről. Ezt követően írásban hozzájárultak a vizsgálatban való részvételhez és az adatok kutatási célú felhasználásához. A mérési folyamat minden résztvevő esetében azonos sorrendben zajlott, ezáltal biztosítva az egyes eredmények

összehasonlíthatóságát. Első lépésként a résztvevők kitöltötték a demográfiai és vezetési tapasztalatokra vonatkozó kérdőívet, majd elvégezték a kutatás részeként alkalmazott két rövid feladatot. Ezek a vizsgálatot megelőző állapotfelmérés részét képezték, és a résztvevők vezetési magatartásának, döntéshozatali sajátosságainak, kockázatvállalási hajlandóságának és monotóniatűrésének előzetes jellemzését szolgálták. Ezt követően kötetlen gyakorlóvezetésre került sor. Ennek célja a szimulátor kezelőszerveinek kipróbálása, a jármű irányítási és dinamikai jellemzőinek megismerése, valamint a vizsgálati útvonal előzetes bejárása volt. Mivel a budapesti 183-as viszonylat ismerete nem képezte a részvétel feltételét, a gyakorlási szakasz lehetőséget biztosított arra, hogy a résztvevők megismerkedjenek az útvonal vonalvezetésével, a megállóhelyek elhelyezkedésével és a fontosabb közlekedési helyzetekkel. A tényleges mérés csak akkor kezdődött meg, amikor a résztvevő jelezte, hogy megfelelően elsajátította a szimulátor kezelését, és készen áll a feladat végrehajtására. A gyakorlóvezetés időtartama nem volt előre meghatározva, így minden résztvevő saját tempójában készülhetett fel a mérésre. A tényleges vezetési feladat megkezdése előtt a résztvevőre felhelyeztük a szemmozgáskövető szemüveget, majd ellenőriztük az adatkapcsolat és a rögzítés megfelelő működését. A szemüveg a teljes vezetési feladat során folyamatosan rögzítette a szemmozgási adatokat, valamint az előre néző kamera képét. Ezzel párhuzamosan az OMSI 2 programból származó járműadatokat is rögzítettük, többek között a sebességet, az időadatokat, a menetrendi eltérést, a megállási eseményeket, az ajtók állapotát és a vezetési magatartás értékeléséhez szükséges további működési jellemzőket. A vezetési feladat két, eltérő terhelési szintű szakaszból állt. Elsőként a résztvevők a viszonylat egyik irányát alacsony terhelésű, nyugodt körülmények között teljesítették. Ebben a szakaszban kizárólag a biztonságos és szabályos járművezetésre kellett összpontosítaniuk, menetrendi nyomás vagy további kiegészítő feladat nem nehezedett rájuk. A résztvevőknek az útvonal valamennyi kijelölt megállóhelyén meg kellett állniuk, függetlenül attól, hogy az adott megállóban tartózkodtak-e utasok. Ez a szakasz szolgált az alaphelyzeti vezetési teljesítmény és kognitív terhelés jellemzésére. A visszaúton a résztvevőknek fokozott menetrendi nyomás mellett kellett teljesíteniük a vezetési feladatot. Ebben a szakaszban arra kaptak utasítást, hogy a menetrendhez a lehető legpontosabban igazodjanak, és a kialakult késést lehetőség szerint minél nagyobb mértékben csökkentsék. A gépkocsivezető bal oldalán elhelyezett táblagép kijelzőjén folyamatosan megjelenítésre került a menetrendhez viszonyított időbeli eltérés, amelyet a résztvevőknek a vezetés során figyelembe kellett venniük. A kijelzőn a menetrendi eltérés értéke színekkel jelezte: zöld színű háttérrel jelent meg, hogyha a késés meghaladta a 2,5 percet, piros háttérrel pedig, hogyha a menetrendhez képest hamarabb, azaz sietésben közlekedett a résztvevő. Minden egyéb esetben zöld színű háttér volt látható, ezzel is hangsúlyozva és még jobban előtérbe helyezve a menetrendi eltérés vizuális megjelenítését, illetve, hogy a növekvő mentális nyomás alatt se maradjon ki a résztvevők látképéből ez a fontos elem. Háromperces késés elérésekor a táblagépen ezen felül hangjelzés és felugró üzenet is megjelent, amelyet nyugtáznuk kellett a résztvevőknek, oly módon, hogy a kijelzőt bármely pontján megérintették. Ötperces késés esetén pedig diszpécseri jellegű szóbeli közlés hangzott el a késésről és az ahhoz kapcsolódó üzemeltetési problémákról, amelyre a résztvevőknek megfelelő választ is kellett adniuk. A beszéd ideje alatt ezen felül a mikrofon gombját is nyomva kellett tartaniuk, mely a kormánykeréken került elhelyezésre, ezzel is a figyelmüket valamennyire elvonva a vezetési feladattól. A menetrendi nyomás, a táblagépen megjelenő visszajelzések és a diszpécseri kommunikáció együttesen fokozatosan növelték a feladat kognitív és érzelmi terhelését. Mindkét vezetési szakasz során folyamatosan rögzítettük a szimulátorból származó járműadatokat, a szemmozgáskövető szemüveg mérési adatait, valamint a vizsgálatához kapcsolódó résztvevői műveleteket. A visszaút befejezését követően a résztvevők biztonságosan megállították a járművet, majd eltávolítottuk róluk a szemmozgáskövető szemüveget. Ezt követően egy rövid megbeszélésre került sor, amely során lehetőségük nyílt beszámolni a vizsgálat alatt szerzett tapasztalataikról és az általuk érzékelt terhelésről. A mérés befejezése után a két vezetési szakasz során rögzített adatokat összehasonlítottuk. Az elemzés a nyugodt és a fokozott terhelés mellett végrehajtott vezetés között megjelenő eltérések feltárására irányult, különös tekintettel a járművezetési teljesítményre, a közlekedési szabálysértésekre, valamint a kognitív és figyelmi terheléssel összefüggő szemmozgási mutatókra. A szemmozgáskövető szemüveg előre néző kamerájának felvételeit utólagosan is áttekintettük, és ezek alapján ellenőriztük, illetve rögzítettük a résztvevők által elkövetett közlekedési szabálysértések számát.

3. Eredmények

A pilot vizsgálat kis elemszáma miatt az eredményeket elsősorban leíró módon, résztvevőnként értékeltük. A csoportszintű átlagok önmagukban könnyen elfedhették volna az egyéni különbségeket, ezért a kérdőíves és viselkedési háttérmutatókat, a szimulátoros vezetési adatokat, valamint a szemmozgási eredményeket minden résztvevő esetében külön is összehasonlítottuk. A vezetési adatoknál a nyugodt odaút és a fokozott nyomás mellett teljesített visszaút közötti eltérések álltak az elemzés középpontjában. Az alkalmazott mutatók számítási és értelmezési módját a korábbi módszertani fejezetek ismertetik, ezért a jelen fejezet kizárólag a kapott eredmények bemutatására összpontosít. A kérdőív és a két rövid feladat eredményei már a szimulátoros mérés előtt eltérő résztvevői profilokat rajzoltak ki. A kérdőíves mutatók 1 és 4 közötti értéket vehettek fel, ahol a magasabb eredmény az adott helyzetekkel kapcsolatos erősebb önbevallott érzékenységet, illetve a szabálysértésekkel kapcsolatos nagyobb elfogadást jelentette. A VoRP mutatót az Iowa szerencsejáték-tesztben alkalmazott nettó pontszám alapján számítottuk: $VoRP = (C + D) - (A + B)$, ahol a pozitív érték kedvezőbb, míg a negatív érték kedvezőtlenebb választási tendenciára utal. [14]

2. táblázat: A kérdőív eredményei

Résztvevő	Forgalmi ingerültség	Utasingerültség	Szabálysértés-elfogadás
R1	1,57	1,31	1,33
R2	3,21	3,46	1,67
R3	3,07	3,85	2,00

3. táblázat: Az IGT-teszt eredményei

Résztvevő	VoRP	Tanulási index
R1	0	0
R2	-10	-2
R3	-6	+10

4. táblázat: Monotóniateszt eredményei

Résztvevő	Minősítés	Reakcióidő (ms)	Találati arány (%)
R1	Megfelelt	443	100,00
R2	Nem felelt meg	528	89,13
R3	Megfelelt	515	98,44

R1 mutatta a legalacsonyabb önbevallott érzékenységet mind a forgalmi helyzetekkel, mind az utasok viselkedésével kapcsolatban. A szabálysértések elfogadottsága szintén nála volt a legalacsonyabb. IGT-eredménye kiegyenlített választási mintázatot mutatott, és a nulla értékű tanulási index alapján a feladat során nem következett be számottevő változás a döntési stratégiájában. A monotóniatűrési feladatot valamennyi célinger felismerésével, 443 ms-os medián válaszüddő mellett teljesítette. Az eredmények összességében alacsony önbevallott ingerlékenységet és a rövid, ismétlődő feladat során stabil figyelmet jeleztek. R2 kérdőíves eredményei a forgalmi helyzetekkel és az utasokkal kapcsolatos nagyobb érzékenységre utaltak. Az IGT során mért -10-es VoRP-érték a hosszabb távon kedvezőtlen választások túlsúlyát jelezte, míg a -2-es tanulási index alapján a feladat későbbi szakaszában sem alakult ki kedvezőbb döntési tendencia. Bár az 528 ms-os medián válaszüddő a meghatározott határértéken belül maradt, a célinger-felismerési arány 89,13% volt, ezért a résztvevő nem teljesítette a monotóniatűrési feladat általánosan elfogadott követelményeit. A három résztvevő közül R2-nél jelent meg a legkedvezőtlenebb együttes eredmény a döntéshozatali és az ismétlődő figyelmet feladatban. R3 esetében szintén magas forgalmi és utasokkal kapcsolatos ingerültségi értékeket mértünk. Az utasokkal kapcsolatos 3,85-ös eredmény a vizsgált résztvevők között a legmagasabb volt. A szabálysértések elfogadottságának értéke ugyancsak nála érte el a legmagasabb szintet, ugyanakkor ez az eredmény önmagában nem tekinthető tényleges szabályszegő viselkedés bizonyítékának. A negatív VoRP-érték mellett a +10-es tanulási index arra utalt, hogy a feladat előrehaladtával kedvező irányba változott a választási stratégiája. A monotóniatűrési feladatot 515 ms-os medián válaszüddővel és 98,44%-os célinger-felismerési aránnyal megfelelően teljesítette. Eredményei így a kezdeti kedvezőtlenebb választások mellett alkalmazkodóbb tanulási folyamatot és megfelelő rövid távú figyelmet jeleztek. A szimulátoros vezetési eredmények értékelése során a sebességi és dinamikai mutatók, a

küszöbérték feletti események, az utólagosan igazolt közlekedési szabálysértések, valamint az összesített vezetési pontszám változását vizsgáltuk. A fokozott terhelésű visszaúton valamennyi résztvevő tartós késésben közlekedett, vagyis a menetrendi nyomást létrehozó feltétel a mérési szakasz során fennmaradt. A közlekedési szabálysértések azonosítása a szemmozgáskövető szemüveg előre néző kamerafelvételeinek utólagos kézi ellenőrzésével történt.

5. táblázat: Sebességi és dinamikai eredmények

Résztvevő	Szakasz	Max. sebesség (km/h)	Gyorshajtás (db)	Erős lassítás (db)
R1	Nyugodt	49,81	0	20
	Terhelt	53,37	3	23
R2	Nyugodt	58,44	8	27
	Terhelt	58,15	8	22
R3	Nyugodt	55,30	4	35
	Terhelt	56,70	6	28

6. táblázat: Szabálysértések és pontszámok

Résztvevő	Szakasz	Szabálysértés (db)	Vezetési pontszám
R1	Nyugodt	1	49
	Terhelt	5	48
R2	Nyugodt	6	47
	Terhelt	7	46
R3	Nyugodt	1	48
	Terhelt	7	47

R1 a nyugodt szakaszban 49,81 km/h legnagyobb sebességet ért el, és gyorsajtási eseményt nem rögzítettünk. A terhelt visszaúton a legnagyobb sebesség 53,37 km/h-ra emelkedett, miközben három gyorsajtási esemény jelent meg. Az erős lassítások száma 20-ról 23-ra, az igazolt közlekedési szabálysértések száma pedig egyről ötre nőtt. Az összesített vezetési pontszám ezzel párhuzamosan 49-ről 48 pontra csökkent. R1 esetében tehát a terhelt szakaszban több, a vezetési biztonság és a szabálykövetés szempontjából kedvezőtlen esemény fordult elő, miközben az összesített pontszám csak kismértékben változott. R2 már a nyugodt szakaszban is magasabb sebességi és eseményszámokat mutatott. Legnagyobb sebessége 58,44 km/h volt, és nyolc gyorsajtási eseményt, valamint hat igazolt szabálysértést azonosítottunk. A terhelt szakaszban a legnagyobb sebesség 58,15 km/h-ra csökkent, a gyorsajtási események száma pedig változatlanul nyolc maradt. Az erős lassítások száma 27-ről 22-re mérséklődött, miközben a szabálysértések száma hatról hétre emelkedett. A vezetési pontszám 47-ről 46 pontra csökkent. R2 eredményei alapján a fokozott terhelés nem okozott egyértelmű romlást a sebességi és dinamikai mutatókban, ugyanakkor a nyugodt szakaszban is megfigyelhető magasabb eseményszám a visszaúton fennmaradt. R3 a nyugodt szakaszban 55,30 km/h legnagyobb sebességet ért el, négy gyorsajtási esemény és egy igazolt szabálysértés mellett. A terhelt visszaúton a legnagyobb sebesség 56,70 km/h-ra, a gyorsajtási események száma pedig hatra emelkedett. Ezzel egyidejűleg az erős lassítások száma 35-ről 28-ra csökkent. A legjelentősebb eltérés a szabálysértések számában mutatkozott, amely egyről hétre nőtt, miközben a vezetési pontszám 48-ról 47 pontra csökkent. R3 esetében a terhelés hatása elsősorban a szabálykövetéssel kapcsolatos események gyakoribbá válásában jelent meg, nem pedig a jármű dinamikai kezelésének általános romlásában. Az eredmények összességében azt mutatták, hogy a terhelt szakasz hatása nem minden résztvevőnél azonos módon jelentkezett. Az összesített vezetési pontszám mindhárom esetben egy ponttal csökkent, ez azonban önmagában csak csekély változást jelzett. Az egyedi mutatók ennél részletesebb képet adtak: R1-nél a gyorsajtási és szabálysértési események száma egyaránt emelkedett, R2-nél a sebességi magatartás lényegében változatlan maradt, míg R3 esetében a szabálysértések számának jelentős növekedése mellett az erős lassítások száma csökkent. A terhelés hatása így nem egységes teljesítményromlásként, hanem résztvevőnként eltérő vezetési mintázatok formájában rajzolódott ki.

A szemmozgási adatok közül a fixációk és a pislogások percenkénti gyakoriságát, valamint átlagos időtartamát vizsgáltuk. Mivel a két vezetési szakasz időtartama résztvevőnként eltérhetett, az eseményszámokat percenkénti értékekké alakítottuk. A korábbi kutatási eredmények alapján a kognitív terhelés növekedésével a fixációk gyakorisága növekedhet, miközben átlagos időtartamuk csökkenhet. A pislogások gyakorisága ezzel ellentétes irányú kapcsolatot mutathat: nehezebb feladat végrehajtása és fokozott kognitív terhelés mellett a percenkénti pislogások száma csökkenhet. A mutatókat ennek megfelelően együttesen értékeltük, figyelembe véve, hogy a pislogási és fixációs jellemzők között jelentős egyéni különbségek lehetnek. [9]

7. táblázat: Fixációs és pislogási eredmények

Résztvevő	Szakasz	Fixáció/perc	Fixációs idő (ms)	Pislogás/perc	Pislogási idő (ms)
R1	Nyugodt	119,67	448,42	9,38	217,69
	Terhelt	120,55	441,50	10,07	219,14
R2	Nyugodt	112,21	455,33	20,84	206,00
	Terhelt	114,96	432,57	27,37	212,19
R3	Nyugodt	193,57	175,88	10,29	209,25
	Terhelt	191,87	184,03	8,79	221,76

A szemmozgási adatok értelmezése során figyelembe kell venni, hogy a fixációs és pislogási mutatókat egyéni különbségek, valamint a mérési környezet sajátosságai is befolyásolhatják. Ezek ezért nem tekinthetők a kognitív terhelés közvetlen mérőszámainak, ugyanakkor a két vezetési szakasz közötti változásuk alkalmas lehet a terhelés alakulásának közelítő jellemzésére. Korábbi szimulátoros vizsgálatok szerint a kognitív terhelés növekedésével a fixációk gyakorisága emelkedik, átlagos időtartamuk pedig csökken. A pislogások percenkénti száma szintén felhasználható kiegészítő mutatóként, figyelembe véve annak jelentős egyéni változatosságát. [9] R1 esetében a fixációk percenkénti száma 119,67-ről 120,55-re emelkedett, miközben átlagos időtartamuk 448,42 ms-ról 441,50 ms-ra csökkent. A fixációs mutatók változása magasabb kognitív igénybevételre utalt. A pislogások gyakorisága 9,38-ról 10,07-re nőtt, átlagos időtartamuk pedig lényegében változatlan maradt. A vezetési adatokban ezzel párhuzamosan a gyorsajtási események száma nulláról háromra, a szabálysértéseké pedig egyről ötre emelkedett. R2-nél a fixációk gyakorisága 112,21-ről 114,96-ra nőtt, átlagos időtartamuk pedig 455,33 ms-ról 432,57 ms-ra csökkent. A fixációs adatok ebben az esetben is magasabb kognitív terhelésre utaltak. A pislogások percenkénti száma jelentősebben, 20,84-ről 27,37-re emelkedett, átlagos időtartamuk pedig 206,00 ms-ról 212,19 ms-ra változott. A gyorsajtási események száma változatlan maradt, míg a szabálysértéseké hatról hétre nőtt. R3 eltérő mintázatot mutatott. A fixációk percenkénti száma 193,57-ről 191,87-re csökkent, átlagos időtartamuk pedig 175,88 ms-ról 184,03 ms-ra emelkedett. A pislogások gyakorisága ugyanakkor 10,29-ről 8,79-re mérséklődött, átlagos időtartamuk pedig 209,25 ms-ról 221,76 ms-ra nőtt. A vezetési eredményekben a gyorsajtási események száma négyről hatra, a szabálysértéseké pedig egyről hétre emelkedett. A szemmozgási mutatók résztvevőnként eltérő módon változtak a fokozott menetrendi nyomás hatására. R1 és R2 esetében elsősorban a gyakoribb és rövidebb fixációk, R3-nál pedig a pislogási gyakoriság csökkenése jelezte a kognitív igénybevétel változását. Mindhárom résztvevőnél nőtt a szabálysértések száma, miközben az összesített vezetési pontszám csak egy ponttal csökkent. Az eredmények részletesebb értelmezésére, a módszertani korlátok bemutatására és a további kutatási lehetőségek meghatározására a következő fejezetekben kerül sor.

4. Eredmények értékelése

Ezen pilot vizsgálat eredményei alapján a fokozott menetrendi nyomás hatása nem egységes teljesítményromlásként, hanem résztvevőnként eltérő vezetési és figyelmi változások formájában jelent meg. Mindhárom résztvevő esetében nőtt az igazolt közlekedési szabálysértések száma, miközben az összesített vezetési pontszám csupán egy ponttal csökkent. Ez arra enged következtetni, hogy a két mérési feltétel közötti eltérések az egyedi vezetési események, például a gyorsajtások, az erőteljes lassítások és a szabályszegések számában markánsabban jelentek meg, mint az összesített vezetési

pontszámában. A résztvevők eltérő háttérjellemzői részben kapcsolatba hozhatók a szimulátoros teljesítménnyel. R1 alacsonyabb önbevallott ingerültsége és megfelelő monotóniatűrője mellett a nyugodt szakaszban kedvezőbb vezetési eredményeket mutatott, a terhelt szakaszban azonban nála is emelkedett a gyorshajtások és a szabálysértések száma. R2 már az alaphelyzetben is több kedvezőtlen eseményt produkált, amihez negatív IGT-eredmény és gyengébb monotóniasteszt társult. R3 esetében a negatív összesített IGT-eredmény mellett pozitív tanulási tendencia jelent meg, ugyanakkor a terhelt szakaszban nála nőtt a legnagyobb mértékben a szabálysértések száma. Az IGT eredményeinek értelmezésekor figyelembe kell venni, hogy az egyéni választási mintázatok jelentős változatosságot mutathatnak, és az összesített mutatók nem minden esetben írják le pontosan a döntési stratégiát. [12] A szemmozgási eredmények szintén eltérő egyéni mintázatot rajzoltak ki. R1 és R2 esetében a fixációk gyakoriságának növekedése és átlagos időtartamuk csökkenése magasabb kognitív igénybevétellel hozható összefüggésbe. R3-nál ezzel szemben elsősorban a pislogások gyakoriságának csökkenése utalt a terhelés növekedésére. A fixációs és pislogási mutatók értelmezésekor ugyanakkor számolni kell az egyéni különbségekkel, ezért ezeket nem önállóan, hanem a vezetési adatokkal együtt célszerű vizsgálni. [9] Az eredmények összességében arra utalnak, hogy a menetrendi nyomás a vezetési magatartás különböző összetevőire eltérő mértékben hatott. A pilot mérés legfontosabb tapasztalata ezért nem egyetlen általános terhelési minta azonosítása, hanem annak felismerése, hogy a vezetési, kérdőíves és szemmozgási adatokat együttesen, résztvevőnként célszerű értékelni. Ez a megközelítés egy későbbi, nagyobb mintán végzett kutatásban lehetőséget adhat a különböző terhelési és vezetői profilok megbízhatóbb elkülönítésére.

5. A vizsgálat korlátai

A vizsgálat eredményeinek értelmezésekor figyelembe kell venni a pilot jellegből adódó korlátozásokat. A háromfős, kizárólag férfi résztvevőből álló minta nem teszi lehetővé az eredmények általánosítását, továbbá a résztvevők vezetési tapasztalata is jelentősen eltért. A mérési szakaszok minden esetben azonos sorrendben követték egymást, ezért a terhelés hatása mellett gyakorlási vagy sorrendhatás is érvényesülhetett. További korlátot jelent a szimulátoros környezet, a saját összeállítású rövid kérdőív, valamint az IGT és a monotóniatűrési feladat rövidített alkalmazása. A szemmozgási mutatókat emellett jelentős egyéni különbségek befolyásolhatják, ezért az eredmények elsősorban feltáró jellegűek, és egy későbbi, nagyobb mintán végzett vizsgálat megalapozását szolgálják. A felsorolt korlátozások ellenére a pilot mérés alkalmas volt a vizsgálati elrendezés, az alkalmazott eszközök és adatfeldolgozási módszerek kipróbálására, valamint a későbbi, nagyobb mintán végzett kutatás módszertani megalapozására.

Konklúzió

A kutatás célja annak vizsgálata volt, hogy a fokozott menetrendi nyomás és az egyéb stresszforrások miként befolyásolják a közösségi közlekedésben dolgozó gépkocsivezetők vezetési magatartását és kognitív terhelését városi környezetben történő vezetés során. A háromfős pilot vizsgálatban a résztvevők először nyugodt körülmények között, majd menetrendi nyomás mellett teljesítették a kijelölt útvonalat. A terhelést a menetrendi eltérés megjelenítése, a késéshez kapcsolódó figyelmeztetések és a diszpécseri kommunikáció hozta létre. A vezetési feladatot kérdőíves és rövid feladatokból álló vizsgálatok egészítették ki. A kérdőív a forgalmi és utasokkal kapcsolatos ingerültséget, valamint a szabálysértések elfogadását vizsgálta. A rövidített Iowa Gambling Task (IGT) a bizonytalan helyzetekben történő döntéshozatal, a monotóniavizsgálat pedig a tartós figyelmi teljesítmény közelítő jellemzésére szolgált. Ezek célja nem átfogó személyiségvizsgálat, hanem a vezetési teljesítmény értelmezését segítő háttérinformációk gyűjtése volt. Az eredmények alapján a menetrendi nyomás hatása résztvevőnként eltérően jelentkezett. Az összesített vezetési pontszám mindhárom esetben egy ponttal csökkent, az egyedi vezetési események azonban nagyobb változásokat mutattak. R1-nél a terhelt szakaszban megjelentek a gyorshajtások, és nőtt a szabálysértések száma. R2 már a nyugodt szakaszban is több gyorshajtási és szabálysértési eseményt produkált, értékei pedig a terhelés hatására csak kisebb mértékben változtak. R3-nál jelentősen emelkedett a szabálysértések száma, miközben az erőteljes lassítások gyakorisága csökkent. A menetrendi nyomás tehát nem egységes teljesítményromlást, hanem a vezetési magatartás egyes elemeinek eltérő változását eredményezte. A szemmozgási adatok ugyancsak egyéni mintázatot mutattak. R1 és R2 esetében a fixációk gyakoribbá válása és átlagos időtartamuk csökkenése fokozott kognitív igénybevétellel hozható összefüggésbe. R3-

nál elsősorban a pislogási gyakoriság csökkenése utalt magasabb terhelésre. Mivel a mutatók nem minden esetben változtak azonos irányba, önmagukban nem alkalmasak egyértelmű következtetések levonására. A pilot vizsgálat egyik fontos tapasztalata ezért az, hogy a kognitív terhelést a vezetési, szemmozgási és háttér adatok együttes értékelésével célszerű vizsgálni. A kérdőíves és viselkedéses eredmények szintén rámutattak az egyéni különbségekre. R1 alacsonyabb ingerültséget és megfelelő monotoniatűrést mutatott, ugyanakkor a terhelt szakaszban nála is romlott a szabálykövetés. R2 kedvezőtlenebb IGT- és monotoniateszt-eredményei mellett már az alaphelyzetben is több kedvezőtlen vezetési eseményt produkált. R3 esetében a negatív összesített IGT-eredmény mellett pozitív tanulási tendencia jelent meg, a terhelt szakaszban azonban nála nőtt a legnagyobb mértékben a szabálysértések száma. E kapcsolatok megbízható vizsgálatához nagyobb minta szükséges. A jelen pilot mérés elsődleges célja nem közvetlen beavatkozások kidolgozása, hanem a mérőrendszer és a kutatási elrendezés kipróbálása volt. A vizsgálat igazolta, hogy a szimulátorból származó vezetési adatok, a szemmozgási mutatók, a kamerafelvételek alapján azonosított szabálysértések, valamint a kérdőíves és számítógépes feladatok együttesen alkalmazhatók. Lehetőség nyílt az adatgyűjtési és feldolgozási folyamatok ellenőrzésére, a terhelési helyzet finomítására és a későbbi kutatásban használható mutatók kiválasztására. Az eredmények azt is jelezték, hogy az egyedi események elemzése érzékenyebben mutathatja a mérési feltételek közötti különbségeket, mint egyetlen összesített pontszám. A további kutatásokban nagyobb, nem, életkor és vezetési tapasztalat szempontjából változatosabb mintát célszerű bevonni. A mérési szakaszok sorrendjét váltogatni vagy véletlenszerűen meghatározni szükséges a gyakorlási és sorrendhatás csökkentése érdekében. Indokolt lehet szabványosított személyiség-, impulzivitás-, stresszkezelési és figyelmi tesztek, valamint hosszabb IGT- és monotonia vizsgálat alkalmazása. A szemmozgási adatok mellett szívfrekvencia, szívfrekvencia-variabilitás, bőrgalván reakció és szubjektív terhelésvértékelés rögzítése is hasznos lehet. Érdekes továbbá eltérő késési helyzeteket, forgalomsűrűséget és diszpécseri kommunikációs stílusokat vizsgálni. Egy későbbi, nagyobb mintán végzett kutatás lehetőséget teremthet azoknak a tényezőknek a megbízhatóbb azonosítására, amelyek fokozott stresszhez, kognitív terheléshez vagy szabálykövetési nehézségekhez vezetnek. Az így kapott eredmények alapján olyan intézkedések dolgozhatók ki, amelyek hozzájárulhatnak a gépkocsivezetők munkakörülményeinek javításához, a menetrendi és kommunikációs eredetű stressz csökkentéséhez, valamint a biztonságosabb munkavégzés támogatásához.

Irodalomjegyzék

- [1] Nagy V. – Kovács G.: Többdimenziós buszvezető viselkedés vizsgálat – pilot, in: Mobilitás és környezet – Jövőformáló járműipari kutatások, Széchenyi István Egyetem, Győr, 2023, 88–100.
- [2] Kondás O. I. – Kun Á. – Hérincs M.: Stressz a megkülönböztetett jelzésű gépjármű volánjánál: Összehasonlító vizsgálat a pályán eltöltött idő és az életkor függvényében a stressz, a stresszel való megküzdés és a stresszre hajlamosító személyiségtényezők mentén, *Alkalmazott Pszichológia* 16/1, 2016, 7–27. doi: 10.17627/ALKPSZICH.2016.1.7.
- [3] Ádám Juhász A.: A közlekedési baleset elkövetése következtében traumatizált gépjárművezetők járművezetési alkalmasságának alakulása az időmúlás függvényében, Budapest, 2022.
- [4] Kovács M. – Kovács E. – Hegedűs K.: »Tapétát csinállok belőled!« Az utasokkal történő interakció egy lehetséges stresszforrás az autóbuszvezetők munkájában, *Alkalmazott Pszichológia* 11/3–4, 2009, 35–51.
- [5] Bacsó H. – Alpár V.: Innovatív fejlesztések és igazságos stratégiai HR-eljárások a buszvezetői hiányszakmában, *Új Munkaügyi Szemle* 7/1, 2026, 2–20. doi: 10.58269/umsz.2026.1.1.
- [6] Vég R. L.: A közszolgáltatásban alkalmazott gépjárművek biztonságos üzemeltetéséhez szükséges járművezetési, műszaki ismeretek és készségek meghatározása, *Bolyai Szemle* 26/3, 2017, 7–20.
- [7] Nemzeti Fejlesztési Minisztérium – Nemzeti Közlekedési Hatóság: Változások a közúti árufuvarozás területén, *Közlekedésbiztonság* 2014/3, 38–39.
- [8] Baumann C. – Dierkes K.: Neon Accuracy Test Report: An Evaluation of Lab and In-The-Wild Performance, Pupil Labs, 2023. doi: 10.5281/zenodo.10420388.
- [9] Nagy V. – Kovács G.: Moduláris buszvezető monitoring rendszer tervezése, in: Mobilitás és környezet – Jövőformáló járműipari kutatások, Széchenyi István Egyetem, Győr, 2022.
- [10] Pfeiffer T. – Dierkes K.: Neon Pupillometry Test Report: An Evaluation of Neon's Pupillometry Feature, Pupil Labs, 2024. doi: 10.5281/zenodo.10057185.

- [11] Eisinger A. – Magi A. – Gyurkovics M. – Szabó E. – Demetrovics Z. – Kökönyei G.: Iowa Gambling Task: Egy viselkedési mérőeszköz bemutatása, *Neuropsychopharmacologia Hungarica* 18/1, 2016, 45–55.
- [12] Rózsa S. és mtsai.: Az Iowa Szerencsejáték Feladat (Iowa Gambling Task, IGT) hazai alkalmazása során szerzett eredmények és tapasztalatok, *Psychologia Hungarica Caroliensis* 4/1, 2016, 7–39. doi: 10.12663/PSYHUNG.4.2016.1.1.
- [13] Kertész A. – Kertész E.: Módszertani útmutató a bemeneti kompetenciák méréséhez, Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet, Budapest, 2007.
- [14] Latibeaudiere A. – Butler S. – Owens M.: Decision-making and performance in the Iowa Gambling Task: recent ERP findings and clinical implications, *Frontiers in Psychology* 16, 2025, 1492471. doi: 10.3389/fpsyg.2025.1492471.

A rutin és a váratlan rendszerállapot konfliktusának szerepe a mozdonyvezetői döntéshozatalban / The role of conflict between routine and unexpected system states in locomotive driver decision-making

Szabó Petronella¹ – Dr. Lévai Zsolt²

¹MÁV Személyszállítási Zrt.

¹szabo.petronella@mavcsoport.hu

²Széchenyi István Egyetem

²levai.zsolt@sze.hu

Kivonat: A vasúti közlekedésbiztonság meghatározó eleme a mozdonyvezetői döntéshozatal, amely nagymértékben rutinokra és megszokott működési logikákra épül. A mozdonyvezetési folyamat során azonban olyan váratlan rendszerállapotok és nem rutinjellegű üzemi helyzetek is kialakulhatnak, amelyek konfliktusba kerülhetnek a korábban rögzült döntési mintázatokkal. A cikkben a döntési hibák és az ember-gép-környezet hármasság vizsgálatával azonosítjuk a konfliktushelyzeteket és rejtett kockázatokat, valamint ezek hatását a vasúti közlekedésbiztonságra. Eredményeink hozzájárulhatnak a közlekedésbiztonsági szemlélet, a mozdonyvezető képzés és a vasúti balesetvizsgálati módszertan fejlesztéséhez.

Abstract: A key element of railway safety is locomotive engineer decision-making, which relies heavily on routines and established operational logic. However, during the locomotive operation process, unexpected system states and non-routine operational situations may arise that conflict with previously established decision-making patterns. In this article, we identify conflict situations and hidden risks, as well as their impact on railway safety, by examining decision-making errors and the human-machine-environment triad. Our findings may contribute to the development of a safety-oriented approach, locomotive driver training, and rail accident investigation methodology.

Kulcsszavak: vasúti közlekedésbiztonság; mozdonyvezetés; döntési folyamatok; humánfaktor elemek; balesetvizsgálat

Keywords: railway safety; locomotive driving; decision-making process; human factor elements; rail accident investigation

Bevezetés

A vasúti közlekedésbiztonság fenntartása összetett feladat, amelyben a műszaki rendszerek megbízhatósága mellett az emberi tényezők is meghatározó szerepet töltenek be. A közlekedésbiztonsági kutatások az elmúlt évtizedekben egyre nagyobb figyelmet fordítottak az emberi teljesítmény, a döntéshozatal és a rendszerkölcsonhatások vizsgálatára, felismerve, hogy a közlekedési események jelentős része nem kizárólag műszaki hibákra vagy egyéni mulasztásokra vezethető vissza, hanem az ember, a technikai rendszer és az üzemeltetési környezet együttes hatásának eredményeként alakul ki [1, 2]. Kondor B. is megállapítja, hogy az emberi tényezőhöz köthető események nem értelmezhetők egyszerű „hibaként”, hanem sokkal inkább a rendszer működésének variabilitásából fakadó jelenségek [3]. A vasúti közlekedésben alkalmazott korszerű biztosítóberendezések és vonatbefolyásoló rendszerek jelentősen hozzájárultak a közlekedésbiztonság növeléséhez, ugyanakkor nem csökkentették a mozdonyvezető szerepének jelentőségét. A mozdonyvezető továbbra is a rendszer aktív eleme maradt, akinek feladata a vonat vezetése, ezen belül a rendelkezésre álló információk értelmezése, a helyzetfelismerés és a döntéshozatal. Ezek a tevékenységek hibamentes elvégzése alapvetően befolyásolja a közlekedés biztonságát. A vasúti közlekedés biztonsága ezért nem kizárólag a technikai rendszerek teljesítményének függvénye, hanem az ember és a technológia közötti hatékony együttműködés eredménye is [4].

A technológiai fejlődés következtében a mozdonyvezetői tevékenység jelentős része mára ismétlődő feladatokra és jól ismert üzemeltetési helyzetekre épül. Továbbá a típus- és vonalismeret, a menetrendi kötöttségek, valamint a szabályozott technológiai folyamatok következtében a döntések jelentős része

rutinokra és tapasztalati alapon kialakult mentális modellekre támaszkodik. A rutin alapvetően támogatja a biztonságos és hatékony működést, mivel csökkenti a kognitív terhelést és lehetővé teszi a gyors reagálást a megszokott helyzetekben [5, 6].

A vasúti üzemeltetés során azonban időről időre olyan rendkívüli vagy megszokottól eltérő rendszerállapotok jelennek meg, amelyek eltérnek a korábban kialakult elvárásoktól. Biztosítóberendezési rendellenességek, a különböző vonatbefolyásoló rendszerek eltérő jelzési logikái, forgalmi zavarok vagy egyéb rendkívüli üzemi helyzetek esetén a mozdonyvezető olyan információkkal találkozhat, amelyek nem illeszkednek a megszokott működési mintákhoz. Ezek a helyzetek fokozott figyelmet igényelnek, döntési bizonytalanságot és közlekedésbiztonsági kockázatot eredményezhetnek, különösen akkor, ha a korábban kialakított mentális modell és a tényleges rendszerállapot között eltérés alakul ki [2, 7].

A probléma különösen aktuális a korszerű vasúti rendszerekben, ahol a mozdonyvezetők egyre összetettebb ember-gép környezetben végzik tevékenységüket, és gyakran találkoznak eltérő biztosítóberendezési és vonatbefolyásoló logikákkal. A rendszer rezilienciája szempontjából ezért kiemelt jelentőségű annak vizsgálata, hogy a mozdonyvezető miként képes alkalmazkodni a megszokottól eltérő rendszerállapotokhoz, valamint hogyan befolyásolja ezt a folyamatot a korábban kialakított rutin és mentális modell [8].

Cikkünkben arra keressük a választ, hogy ezek, a vezetési folyamat alatt fellépő rendkívüli események hatására szükséges döntési folyamatok mennyiben oldhatók meg rutinszerűen, vagyis a rutin alapú döntéshozatal és a váratlan rendszerállapotok konfliktusa miként jelenik meg a mozdonyvezetői tevékenységben, valamint milyen közlekedésbiztonsági következményekkel járhat a mentális modell és a tényleges üzemállapot közötti eltérés. A kérdésre a mozdonyvezetési folyamat elemzésével és humánfaktor megközelítésű vizsgálattal adjuk meg a választ.

1. Az emberi tényező szerepe a közlekedésbiztonságban

Az emberi hibák rendszerszintű értelmezésének egyik legismertebb modelljét Reason dolgozta ki. A svájci sajtó modell szerint a balesetek kialakulása ritkán vezethető vissza egyetlen hibára; azok jellemzően több, egymástól független védelmi réteg egyidejű sérülésének eredményeként következnek be [1]. A modell jelentősége abban áll, hogy az emberi hibát nem elszigetelt okként, hanem a teljes rendszer működésének részeként értelmezi. A döntéshozatal és a biztonságos működés vizsgálatában kiemelt szerepet kap a helyzetfelismerés. Endsley szerint a helyzetfelismerés három egymásra épülő szintből áll: a környezeti elemek észleléséből, azok jelentésének megértéséből, valamint a jövőbeli állapotok előrejelzéséből [6]. A biztonságos döntéshozatal alapja a környezet pontos értelmezése, míg a helyzetfelismerés hiányosságai hibás helyzetértékeléshez és nem megfelelő válaszcselekvésekhez vezethetnek.

A rutin alapú működés és a tapasztalati döntéshozatal értelmezésében Rasmussen és Klein munkái meghatározóak [5, 6]. Rasmussen SRK-modellje szerint az emberi viselkedés készség-, szabály- és tudásalapú működési szinteken értelmezhető. A tapasztalt operátorok döntéshozatalát Klein recognition-primed decision (felismerés alapú döntési) modellje írja le, amely szerint a döntések gyakran a korábban megszerzett tapasztalatok alapján történő helyzetfelismerés eredményeként születnek meg. A vasúti rendszerek automatizáltságának növekedése új kihívásokat is teremtett. Parasuraman és munkatársai rámutattak arra, hogy az automatizálás egyszerre csökkentheti és növelheti az operátori terhelést [9]. Miközben a technikai rendszerek támogatják a feladatvégrehajtást, az ember-gép kapcsolat összetettebbé válik, és új típusú kockázatok jelenhetnek meg a helyzetfelismerés és a döntéshozatal folyamatában.

A modern biztonságstudomány szemléletében Hollnagel hangsúlyozza, hogy a biztonság nem csupán a hibák hiányát jelenti, hanem a rendszer alkalmazkodóképességének eredménye. Safety-II megközelítése szerint azok a mechanizmusok, amelyek a mindennapi sikeres működést támogatják, kedvezőtlen körülmények között a hibák kialakulásához is hozzájárulhatnak. Ennek megfelelően a biztonság a rendszer rezilienciájaként is értelmezhető, vagyis azon képességeként, hogy változó körülmények között is fenntartsa működőképességét, alkalmazkodjon a váratlan helyzetekhez és kezelni tudja a zavarokat [2].

2. A mozdonyvezetési folyamat

A vasútüzem sajátossága, hogy jelentős mértékben szabályozott és ismétlődő folyamatokra épül. A menetrend, a technológiai előírások, a jelzési rendszer és a forgalmi rend alapvetően kiszámítható működési környezetet teremtenek. A mozdonyvezetők gyakran ugyanazon vonalszakaszokon, hasonló üzemeltetési feltételek mellett végzik munkájukat, amely elősegíti a tapasztalatok felhalmozódását és a megszokott döntési minták kialakulását.

Mégis, a mozdonyvezető tevékenysége összetett kognitív és operatív folyamat, amely a vonat biztonságos továbbításához és a tolatási műveletek biztonságos elvégzéséhez szükséges információk folyamatos észlelésére, értelmezésére és feldolgozására épül. A mozdonyvezetői tevékenység során a járművezetőnek folyamatosan észlelnie, feldolgoznia és értelmeznie kell a pálya menti jelzésekből, a vonatbefolyásoló rendszerekből, a jármű fedélzeti berendezéseiből, valamint a menetrendi és forgalmi környezetből származó információkat. A biztonságos közlekedés fenntartása ezért nem pusztán a szabályok ismeretét, hanem azok gyors és helyzetfüggő alkalmazását is megköveteli. A biztonságos közlekedés fenntartása ezért folyamatos döntéshozatali tevékenységet igényel.

Jankó D. a közúti járművezetés folyamatát az alábbi szakaszokra osztja [10]:

1. információfelvétel: a környezetből érkező ingerek érzékelése, felismerése, azonosítása (például a jelzési képek észlelése)
2. információfeldolgozás: döntés arról, hogy a jármű eddigi mozgásába szükséges-e beavatkozni, és ha igen, mit kell tenni (jelzési képek megfelelő értelmezése)
3. reakció(biztonság): a szükséges járműkezelési tevékenységek elvégzése, azaz olyan cselekvések megtétele, amelyek eredményeként változás következik be a jármű mozgásának irányában, sebességében vagy egyszerre mindkettőben (például fékezés megkezdése).

Ebből kiindulva a mozdonyvezetési tevékenység a következő tevékenységi csoportokra bontható [11]:

- megfigyelés (utasok ki- és beszállása, jelzők jelzési képeinek megfigyelése)
- értékelés (megfigyelések kiértékelése)
- döntés
- végrehajtás (döntések manuális végrehajtása).

A mozdony vezetések az ingerek folyamatosan érkeznek, amelyeket értékelni kell, és ennek hatására a járművezető dönt, és cselekszik. Mind a négy tevékenységi csoportot a járművezető egyéni jellemzői (például figyelem, képességszint stb.) befolyásolják, amelyek végeredményben meghatározzák az adott szituációban tanúsított közlekedési magatartást.

A kötött pálya miatt a vezetési cselekvések száma kevesebb mint a közútnál (pl. nincs irányjelzés), ez azonban nem jelent kevesebb megfigyelést és döntést. A balesetek elkerülésében jelentős szerepe van az akadályok időben történő észlelésének, ugyanis a kikerülés lehetősége a kötött pálya miatt nem lehetséges, az elkerülés egyetlen módja az akadály előtti megállás.

A vasúti közlekedésben a mozdonyvezető feladata nem kizárólag a vonatok továbbítása. A vonattovábbítás mellett a tolatási tevékenységek is jelentős szerepet töltenek be a mindennapi üzemeltetésben. A két tevékenység eltérő környezeti feltételek között valósul meg, azonban közös jellemzőjük, hogy a mozdonyvezetőnek folyamatosan értelmeznie kell a rendelkezésre álló információkat, valamint azok alapján kell meghoznia a szükséges döntéseket. A döntések jelentős része időkritikus helyzetekben születik, ezért a gyors és pontos helyzetértékelés kiemelt jelentőséggel bír.

A vasúti mozdonyvezetési folyamat sajátossága tehát, hogy a működés jelentős mértékben ismétlődésre, ciklikusságra, tapasztalati alapú döntéshozatalra és a kialakult mentális modellekre épül. Ennek következtében a rutin szerepének vizsgálata elengedhetetlen a mozdonyvezetői döntéshozatal emberi tényezőinek megértéséhez.

3. A rutin szerepe a mozdonyvezetési folyamatban

A rutin a vasúti mozdonyvezetés egyik meghatározó eleme, amely egyszerre értelmezhető az ismétlődő tevékenységek következtében kialakuló megszokásként, valamint a hosszabb idő alatt felhalmozott szakmai tapasztalat eredményeként létrejövő gyakorlati tudásként. A mindennapi üzemeltetés során a mozdonyvezetők rendszeresen találkoznak azonos vagy hasonló helyzetekkel, fokozatosan kialakítva

azokat a döntési mintázatokat (mentális modelleket), amelyek a későbbi feladatvégrehajtást támogatják. A rendszeresen ismétlődő helyzetek következtében a döntéshozatal jelentős része tehát rutinszerűvé válik.

Ezek mentális modellek lehetővé teszik az információk gyors értelmezését és a hatékony válaszcselekvések kiválasztását. A rutinok kialakulása alapvetően támogatja a biztonságos és hatékony működést, ugyanakkor egyben megteremti annak lehetőségét is, hogy a megszokottól eltérő rendszerállapotok esetén konfliktus alakuljon ki a korábbi tapasztalatok és a tényleges üzemi helyzet között.

3.1 A rutin kialakulása

A vasúti munka alapjaként értelmezett menetrend jelentős kötöttségeket ró a vasúti munkavállalókra. Különösképpen a személyszállításban, ahol a vonatok az év nagy részében naponta ugyanúgy közlekednek, vagyis az elvégzendő munka naponta ismétlődik. Ez természetesen az utasok számára pozitív, hiszen kiszámíthatóságot biztosít utazásukhoz, azonban a vasutasok számára a munkavégzés monotonná válhat, különösen az ütemes menetrendi szerkezet alkalmazásakor, amikor a forgalmi szituációk alapelemben óránként ismétlődnek.

A mozdonyvezetők nem minden nap ugyanazokat a vonatokat továbbítják, de a menetrendből adódóan sok az ismétlődés a munkájukban. Az ütemes menetrendben minden alapütemű vonat esetében ugyanazokat a folyamatokat kell elvégezni, mert a definíció szerint még a szerelvények összeállítása is ugyanolyan, vagyis az egyes vonatok paraméterei is megegyeznek, közlekedjenek a nap bármely szakában [12].

Ezen ismétlődés megfelelő munkatapasztalatot ad a mozdonyvezetőnek, gyorsan rögzülnek a szükséges cselekvések, amiket meghatároznak a forgalmi körülmények és a vontatójármű (vezérlőkocsi) típusa. A szolgálatok számának növekedésével párhuzamosan növekszik a munkatapasztalat (jármű- és vonalismeret), amely egyre növekvő magabiztosságot eredményez. Ez a magabiztosság alakul át rutinná.

Ugyanakkor az is igaz, hogy a munkafolyamatok ismétlődésének köszönhetően a szükséges cselekvések megszokottá válnak, és ennek következtében egy-egy mozdulatsorra kevesebb figyelem fordítódik, mert már rutinból történik a végrehajtás. Ameddig a rendszer üzemszerűen, a meghatározott sémák és elvárások szerint működik, ez a figyelemhiány nem okoz problémát, azonban nem várt események bekövetkezésekor ez a helyzet megváltozhat.

3.2 Reakciósémák a rutin tükrében

A tapasztalatok felhalmozódásával a döntési folyamatok egy része automatizálttá válik. Rasmussen szerint a gyakran ismétlődő feladatok végrehajtása fokozatosan a készség szintű működés irányába tolódik el, amely lehetővé teszi a gyors és hatékony reagálást [5]. A mozdonyvezető ilyenkor nem minden egyes helyzetet elemez újra teljes részletességgel, hanem a korábban kialakított mentális minták alapján azonosítja a helyzetet és választja ki a megfelelő válaszcselekvést.

A rutinok kialakulásával párhuzamosan megszokott reakciósémák is létrejönnek. Ezek olyan döntési és cselekvési mintázatok, amelyek a korábbi sikeres tapasztalatok alapján rögzülnek, és hozzájárulnak a biztonságos működés fenntartásához. Klein recognition-primed decision modellje szerint a tapasztalt operátorok döntéseinek jelentős része ilyen mintafelismerésen alapuló folyamat eredménye [6]. A döntéshozatal ilyenkor nem több alternatíva részletes összehasonlításával történik, hanem a helyzet gyors felismerésével és az ahhoz kapcsolódó válaszreakció aktiválásával.

A tapasztalati alapú működés különösen fontos a vasúti közlekedésben, ahol számos helyzet gyors beavatkozást igényel. A rutinok lehetővé teszik a döntési folyamatok felgyorsítását, ezáltal csökkentve a reakcióidőt és támogatva a biztonságos üzemeltetést. A gyors döntéshozatal azonban feltételezi, hogy a tényleges üzemi helyzet megfelel a korábban kialakított elvárásoknak és mentális modelleknek. Amennyiben ez az összhang megszűnik, a rutin által támogatott döntési folyamatok bizonytalansághoz vagy hibás helyzetértékeléshez vezethetnek.

A korszerű biztosítóberendezések és vonatbefolyásoló rendszerek alkalmazásával egyre nagyobb jelentőséget kap a rendszerre támaszkodás kérdése is [4]. Parasuraman és munkatársai szerint az automatizálás támogatja a feladatvégrehajtást, ugyanakkor befolyásolhatja a helyzetfelismerést és az operátor figyelmi folyamatait [9]. A biztonságos működés ezért nem kizárólag az ember vagy a technikai

rendszer teljesítményének függvénye, hanem azok kölcsönhatásának eredménye. A humán faktor megközelítés alapján a mozdonyvezetői döntéshozatal nem önmagában vizsgálható folyamat, hanem az ember, a technológia és az üzemeltetési környezet közötti dinamikus kapcsolat része. Ez a szemlélet teremti meg az alapot a megszokottól eltérő rendszerállapotok és a rutin alapú döntéshozatal közötti konfliktus elemzéséhez.

3.3 A rutin pozitív hatásai

A rutin alapvető szerepet játszik a biztonságos és hatékony vasúti üzemeltetés fenntartásában. A rendszeresen ismétlődő feladatok következtében kialakuló tapasztalat lehetővé teszi, hogy a mozdonyvezető figyelmi erőforrásait ne az alapvető műveletek végrehajtására, hanem a környezet folyamatos megfigyelésére és a rendkívüli helyzetek felismerésére fordítsa. Ennek eredményeként a rutin hozzájárul a kognitív terhelés csökkentéséhez és a helyzetfelismerés hatékonyságának növeléséhez. A megszokott döntési minták támogatják a biztonságos és kiszámítható üzem fenntartását is. A standardizált működés csökkenti a bizonytalanságot, elősegíti az egységes feladatvégrehajtást, valamint mérsékli az emberi hibák kialakulásának valószínűségét. A tapasztalatokon alapuló döntési mechanizmusok különösen olyan helyzetekben bizonyulnak előnyösnek, ahol a gyors reagálás kiemelt jelentőségű. A rutin egyik legfontosabb pozitív hatása a reakcióidő csökkenésében jelenik meg. A korábban megismert helyzetek gyors felismerése lehetővé teszi, hogy a mozdonyvezető rövidebb idő alatt válassza ki a megfelelő beavatkozást. Ez a képesség a vasúti közlekedésben különösen fontos, mivel számos üzemi helyzetben a rendelkezésre álló döntési idő korlátozott. Ennek oka, hogy a biztonság felé történő elmozdulás elsődleges eleme a jármű fékezése (és esetleges megállítása), amit a nagy tömeg és a viszonylag nagy sebesség miatt csak hosszú távolságon kivitelezhető, vagyis minden egyes időpillanattal későbbi cselekvés jelentősen hosszabbítja a megállási távolságot.

A rutin tehát nem tekinthető önmagában közlekedésbiztonsági kockázatnak. Éppen ellenkezőleg: a biztonságos működés egyik alapfeltételét jelenti. A kérdés sokkal inkább az, hogy a rutin milyen módon működik olyan helyzetekben, amikor a tényleges rendszerállapot eltér a korábban megszokott működési logikától.

4. Váratlan rendszerállapotok

Az előző pontban ismertetett periodicitás alapvetően szabályozott és kiszámítható működési környezetet biztosít a mozdonyvezetők számára. A menetrendi kötöttségek, az egységes jelzési rendszer, valamint a technológiai előírások lehetővé teszik, hogy a döntéshozatal jelentős része rutinokra és korábbi tapasztalatokra épüljön. A mindennapi működés során azonban időről időre olyan helyzetek is kialakulhatnak, amelyek eltérnek a megszokott üzemállapottól, és a mozdonyvezetőtől a korábbi döntési minták felülvizsgálatát igénylik.

4.1 Nem rutinjellegű üzemi helyzetek

A nem rutinjellegű üzemi helyzetek közé sorolhatók a rendkívüli események, a járművek műszaki meghibásodásai, a biztosítóberendezési zavarok, az ideiglenes technológiai változások, valamint minden olyan körülmény, amely a megszokott információs környezet módosulásával jár. Az ilyen jellegű események (veszélyek) csoportosíthatók az esemény és a vasúti járművek mozgásának jellege, valamint a vasúti pálya meghatározott helye szerint [13].

Az események jellege szerint megkülönböztetünk:

- ütközési
- kisiklási
- rongálási
- személyi sérüléssel járó veszélyeket.

A vasúti járművek mozgásának jellege szerint a veszélyek adódhatnak közlekedő vonatoknál, illetve elegyrendezés (síktolás és gurítás) közben.

A vasúti pálya meghatározott helye szerint veszély alakulhat ki:

- állomásokon:
 - folyó vágányon
 - kitérőkön

- vágánykeresztezéseken
- nyílt vonalon
- útátjárón.

Ezeket a veszélyeket, veszélyeztetéseket összefoglaló néven vasútüzemi rendkívüli eseményeknek nevezzük. Vasútüzemi rendkívüli esemény általában több, egyidejűleg fellépő hiányosság, illetve mulasztás vagy elháríthatatlan külső ok miatt következik be. A rendkívüli események a vasúti közlekedésben minden esetben váratlan rendszerállapotot eredményeznek. Az ilyen esetekben a mozdonyvezető olyan információkkal találkozhat, amelyek nem illeszkednek a korábban kialakított elvárásokhoz és mentális modellekhez.

Különösen jelentős szerepet játszhatnak az eltérő jelzési logikákból vagy rendszerállapotokból eredő helyzetek. A megszokott működési mintáktól való eltérés következtében az információk értelmezése összetettebbé válhat, ami növelheti a bizonytalanságot és a hibás helyzetértékelés kockázatát. A probléma nem feltétlenül az információ hiányából ered, hanem abból, hogy a rendelkezésre álló információ eltér attól, amelyre a mozdonyvezető korábbi tapasztalatai alapján számítt.

Az ilyen helyzetekben gyakran információs konfliktus alakul ki a mozdonyvezető által elvárt és a ténylegesen észlelt rendszerállapot között. Ez a konfliktus a döntéshozatali folyamat szempontjából kiemelt jelentőségű, mivel a megszokott döntési minták alkalmazhatósága részben vagy teljes mértékben megszűnhet.

4.2 A váratlan helyzetek hatása

A váratlan helyzetek egyik legfontosabb következménye a bizonytalanság megjelenése. Míg a rutinszerű üzemeltetési környezetben a döntések jelentős része gyors mintafelismerésen alapul, addig a megszokottól eltérő helyzetekben a mozdonyvezetőnek újra kell értékelnie a rendelkezésre álló információkat és azok jelentését.

Endsley helyzetfelismerési modellje alapján a váratlan helyzetek, különösen az információk értelmezésének és a jövőbeli állapotok előrejelzésének folyamatait befolyásolják leginkább [7]. Amennyiben az aktuális rendszerállapot nem felel meg a korábbi tapasztalatok alapján kialakított elvárásoknak, a helyzetfelismerés folyamata megakadhat vagy jelentősen lelassulhat.

A megszokott döntési folyamat megakadása fokozott figyelmi igényt eredményez. A mozdonyvezetőnek ilyenkor rövid idő alatt kell azonosítania a helyzet sajátosságait, meghatározni azok jelentőségét, majd kiválasztania a megfelelő válaszcselekvést. A figyelmi terhelés növekedése különösen olyan helyzetekben jelenthet kockázatot, ahol a döntés meghozatalára rendelkezésre álló idő rendkívül korlátozott. A döntések elsődleges célja a biztonságos állapot elérése, vagyis a balesetek elkerülése.

Ugyanakkor a váratlan rendszerállapotok következtében a reakcióidő növekedése is megfigyelhető lehet. Ennek oka nem feltétlenül a döntéshozó bizonytalansága, hanem az, hogy a helyzet értelmezése több kognitív erőforrást és hosszabb feldolgozási időt igényel. A gyors reagálást támogató rutinok ilyenkor átmenetileg elveszíthetik hatékonyságukat, mivel a korábban alkalmazott döntési minták nem feltétlenül alkalmazhatók az új helyzetben. Ilyen esetekben a helyzetfelmérés és értelmezés időigénye a meghatározó, az új helyzetben már a megfelelő döntés és válaszreakció hamar megszülethet.

4.3 A rendszerállapot és az elvárás konfliktusa

A rutin alapú működés egyik legfontosabb sajátossága, hogy a korábbi tapasztalatok alapján elvárásokat alakít ki a rendszer működésével kapcsolatban. Ezek az elvárások általában támogatják a gyors és hatékony döntéshozatalt, mivel lehetővé teszik az események előrejelzését és a várható helyzetekre történő felkészülést.

További közlekedésbiztonsági kockázat akkor jelenhet meg, amikor a tényleges rendszerállapot eltér a korábban kialakított elvárásoktól. Ilyen esetekben a mozdonyvezető által alkalmazott mentális modell már nem írja le pontosan a valós helyzetet, ami információs konfliktust eredményezhet. A konfliktus következtében az új információk értelmezése nehezebbé válhat, illetve fennállhat annak veszélye, hogy a mozdonyvezető a váratlan helyzetet a korábbi tapasztalatoknak megfelelően próbálja értelmezni.

A váratlan rendszerállapot és az elvárás közötti eltérés hatással lehet a prioritások meghatározására is. A figyelmi erőforrások nem feltétlenül a ténylegesen legfontosabb információkra irányulnak, hanem

azokra a jelzésekre, amelyek a korábbi tapasztalatok alapján meghatározó szerepet játszottak a döntéshozatalban. Ennek következtében hibás prioritásképzés, késedelmes reakció vagy nem megfelelő válaszcselekvés alakulhat ki. A rendkívüli esemény tehát azért alakul ki, mert váratlan rendszerállapot és a rutin közötti konfliktusra a mozdonyvezető nem a megfelelő válaszreakciót adja.

A tényleges rendszerállapot és a rutin közötti konfliktus tehát nem egyszerűen emberi hibaként értelmezhető, hanem olyan összetett folyamatként, amely a helyzetfelismerés, a mentális modellek és a döntéshozatal kölcsönhatásából jön létre. Ez a megközelítés teremti meg az alapot annak vizsgálatához, hogy a váratlan rendszerállapotok milyen módon vezethetnek közlekedésbiztonsági kockázatok kialakulásához.

5. Humán faktor megközelítés

Az előző pontban megállapítottak alapján kijelenthető, hogy a közlekedésbiztonsági rendkívüli események egy részében a közvetlen kiváltó ok nem önmagában az emberi hiba vagy a műszaki meghibásodás, hanem a mozdonyvezető által kialakított mentális modell és a tényleges rendszerállapot közötti eltérésből fakadó döntési konfliktus. A vizsgált jelenség ezért önálló humán faktor kockázati kategóriaként is értelmezhető.

A közlekedésbiztonsági kutatások rámutattak arra, hogy a döntések minőségét nem csupán a szakmai ismeretek, hanem a helyzetfelismerés, a figyelmi terhelés, a mentális modellek és az ember–gép kapcsolat sajátosságai is jelentősen befolyásolják. Endsley helyzetfelismerési modellje szerint a biztonságos döntéshozatal alapját a környezeti elemek észlelése, azok jelentésének megértése, valamint a várható jövőbeli állapotok előrevetítése képezi [7]. A mozdonyvezetőnek folyamatosan értékelnie kell a rendelkezésre álló információkat, és ezek alapján kell meghoznia döntéseit. A helyzetfelismerés sérülése ezért közvetlenül hozzájárulhat a hibás döntések kialakulásához. Egy lengyel tanulmány szerint az emberi hibák lépésről lépésre történő elemzése és megértése lehetővé teszi a megfelelő, szisztematikus, korrekciós és megelőző intézkedések bevezetését, amelyek pozitívan befolyásolják a vasúti közlekedés biztonsági szintjét [14]. Így figyelmet kell fordítani a rutin, a munkahelyi fáradtság, valamint a forgalmi viszonyokhoz való alkalmazkodás viselkedési összhangjára, amelyek akár csak minimális megváltozása súlyos következményekkel járhat.

A mozdonyvezető döntéshozatala tehát több, egymásra épülő kognitív folyamat eredményeként alakul ki. Az információk észlelését követően azok értelmezése, a helyzetfelismerés, a lehetséges cselekvési alternatívák értékelése és a végrehajtás egymást követő lépésekben valósul meg. A folyamatot a végrehajtás eredményének folyamatos visszacsatolása és az események utólagos értékelése egészíti ki, amely hosszú távon hozzájárul a mentális modellek és a rutin kialakulásához. A folyamatot az 1. ábra mutatja.



1. ábra: A mozdonyvezető döntéshozatali folyamatának humán faktor sémája
Forrás: saját szerkesztés

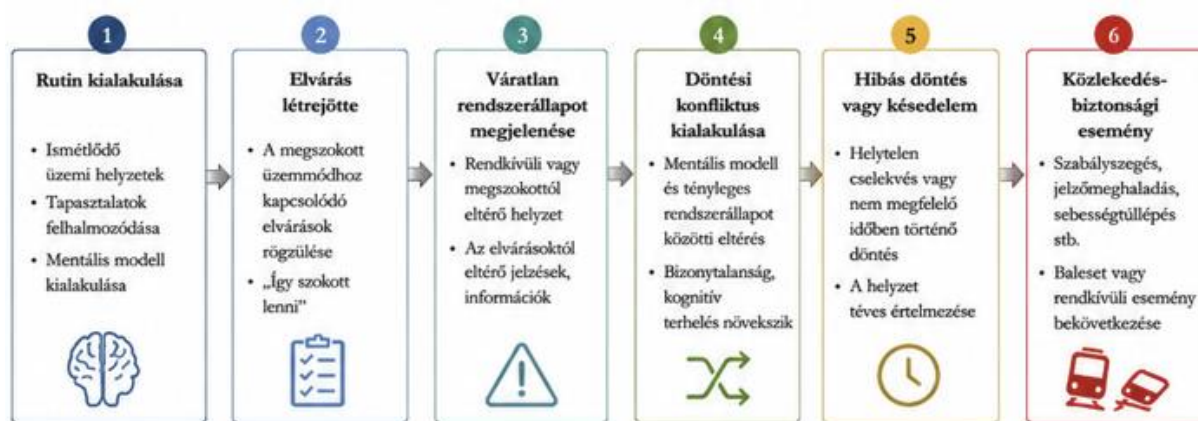
A korszerű biztosítóberendezések és vonatbefolyásoló rendszerek alkalmazásával egyre nagyobb jelentőséget kap a rendszerre támaszkodás kérdése is. Parasuraman és munkatársai szerint az automatizálás támogatja a feladatvégrehajtást, ugyanakkor befolyásolhatja a helyzetfelismerést és az operátor figyelmi folyamatait [9]. A biztonságos működés ezért nem kizárólag az ember vagy a technikai rendszer teljesítményének függvénye, hanem azok kölcsönhatásának eredménye. A humán faktor

megközelítés alapján a mozdonyvezetői döntéshozatal nem önmagában vizsgálható folyamat, hanem az ember, a technológia és az üzemeltetési környezet közötti dinamikus kapcsolat része [8]. Ez a szemlélet teremti meg az alapot a megszokottól eltérő rendszerállapotok és a rutin alapú döntéshozatal közötti konfliktus elemzéséhez.

A döntési folyamatban a mozdonyvezető figyelmi terhelése alapvető meghatározó tényező. A rutinok csökkentik a szükséges mentális erőfeszítést, ugyanakkor váratlan helyzetekben a figyelmi igény hirtelen megnövekedhet. Ilyenkor a mozdonyvezetőnek rövid idő alatt kell újraértékelnie a helyzetet és módosítania korábbi elvárásait. A helyzetfelismerés és a döntéshozatal hátterében mentális modellek állnak, amelyek a rendszer működéséről kialakított belső reprezentációként értelmezhetők. Ezek a modellek lehetővé teszik az események kognitív előrejelzését és az információk gyors értelmezését, ugyanakkor hozzájárulhatnak ahhoz is, hogy a mozdonyvezető a rendelkezésre álló információkat a korábbi tapasztalatoknak megfelelően értelmezze.

Az 1. ábra alapján és az előző gondolatmenet következtetéseként kijelenthető, hogy a közlekedésbiztonsági események egy részében a közvetlen kiváltó ok nem önmagában az emberi hiba vagy a műszaki meghibásodás, hanem a mozdonyvezető által kialakított mentális modell és a tényleges rendszerállapot közötti eltérésből fakadó döntési konfliktus. Elemzésünk alapján feltételezhető, hogy a rutin által kialakított mentális modell és a tényleges rendszerállapot közötti eltérés önálló humán faktor kockázati kategóriaként értelmezhető.

Az előző fejezetekben bemutatott elméleti összefüggések alapján a rutin, a mentális modell és a tényleges rendszerállapot kapcsolatát a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra: A rutinon alapuló mentális modell és döntési konfliktus kialakulásának folyamata
Forrás: saját szerkesztés

Az ábra azt szemlélteti, hogy a rutin során kialakuló mentális modell normál üzemi környezetben támogatja a gyors és hatékony döntéshozatalt. Amennyiben azonban a tényleges rendszerállapot eltér a korábbi tapasztalatok alapján kialakított elvárásoktól, döntési konfliktus alakulhat ki, amely hibás vagy késedelmes döntéshez, végső soron közlekedésbiztonsági eseményhez vezethet. A következő fejezetben bemutatott esettanulmányok ezt az elgondolást valós vasútüzemi eseményeken keresztül szemléltetik.

6. Esettanulmányok

A fejezetben bemutatott esettanulmányok anonimizált, valós vasútüzemi eseményeken alapulnak, alapjukat a KBSZ által közzétett adatok képezik. Az elemzés célja nem az egyes események részletes kivizsgálásának ismertetése, hanem annak bemutatása, hogy a humán tényezők, a rutin és a mentális modellek milyen szerepet játszhatnak a mozdonyvezetői döntéshozatalban. A vizsgált események közös jellemzője, hogy a megszokott üzemállapot és a tényleges rendszerállapot eltérése olyan döntési konfliktusokat eredményezett, amelyek hozzájárulhattak a közlekedésbiztonsági események kialakulásához.

A bemutatott esetek időben és részben ok-okozati összefüggésben állnak egymással. Az első esettanulmány egy magasabb biztonsági szintet nyújtó felügyeleti rendszer téves kiiktatásának körülményeit ismerteti. Ez önmagában nem eredményezett közlekedésbiztonsági eseményt, azonban közvetlen előzménye volt a második esettanulmányban bemutatott jelzőmeghaladási eseménynek, mivel

ugyanazon vontatójármű ETCS Level 2 fedélzeti berendezése a vizsgált időszakban továbbra is kiiktatott állapotban volt. A harmadik esettanulmány egy másik mozdonyvezetőt és másik vontatójárművet érintett, azonban ugyanazon rendkívüli forgalmi helyzet részeként következett be. A korábbi jelzőmeghaladási esemény miatt kialakult üzemeltetési körülmények következtében a vonat közlekedése eltért a megszokottól, ezért a három eset ugyanazon eseménysor különböző humán faktor összefüggéseit szemlélteti.

A második és harmadik esemény további közös jellemzője, hogy a vonatokat nagy teljesítményű, mintegy 7 MW teljesítményű villamos mozdony továbbította. Az ilyen járművek nagy vonóerejük és intenzív gyorsítóképességük miatt a vezetési folyamat időbeli lefolyását és a sebességszabályozást is befolyásolhatják. Önmagában ez nem tekinthető közlekedésbiztonsági kockázati tényezőnek, azonban a megszokottól eltérő rendszerállapotokkal együtt olyan döntési környezetet alakíthat ki, amelyben a helyzetfelismerés és a megfelelő válaszcselekvés kiemelt jelentőségűvé válik.

6.1 A magasabb biztonságot nyújtó felügyeleti rendszer kiiktatása

A vizsgált esetben mind a jármű, mind a pályaoldali berendezések alkalmasak voltak ETCS Level 2 felügyelet melletti közlekedésre. Az eseményt megelőzően azonban – mintegy tíz nappal korábban – a mozdony ETCS fedélzeti berendezés kiiktatásra került. A rendelkezésre álló adatok alapján a kiiktatás egy, a GSM-R rendszerben jelentkező, később valószínűleg nem bizonyult hiba téves értelmezésének következménye volt. Az ETCS fedélzeti berendezést ezt követően nem helyezték ismét üzembe, ezért a jármű az esemény bekövetkezéséig EVM felügyelet mellett közlekedett.

Humán faktor szempontból ennek kiemelt jelentősége volt, mivel a mozdonyvezető a korábban megszokott, ETCS Level 2 felügyeleti környezettől eltérő üzemi feltételek között végezte munkáját, miközben a jármű és a pályaoldali berendezések egyébként alkalmasak lettek volna ETCS Level 2 felügyelet melletti közlekedésre. A felügyeleti rendszer tartós megváltozása a döntési környezetet is módosította, ezért az esemény értékelése során nemcsak a konkrét közlekedési helyzet, hanem az azt megelőző időszak üzemeltetési sajátosságai is figyelembe veendők.

A vizsgált eset arra is rámutat, hogy egy magasabb biztonsági szintet nyújtó fedélzeti rendszer téves kiiktatásának következményei nem feltétlenül azonnal jelentkeznek. Amennyiben a berendezés tartósan kiiktatott állapotban marad, annak hatása későbbi közlekedésbiztonsági események során is érvényesülhet. A jelen tanulmányban bemutatott következő esettanulmányban ugyanaz a vontatójármű már ETCS Level 2 felügyelet nélkül közlekedett. A rendelkezésre álló adatok alapján feltételezhető, hogy ETCS Level 2 felügyelet rendelkezésre állása esetén a rendszer automatikus beavatkozással megakadályozhatta volna a „Megállj!” jelzést mutató kijáratí főjelző meghaladását.

6.2 Megállj! állású jelző meghaladása

A korábban ismertetett előzményeket követően, az esemény idején a kétvágányú vasútvonal egyik vágányán vágányzári munkavégzés folyt, ezért az ellenirányból érkező vonat a helytelen vágányon közlekedett. Ennek következtében a kijáratí vágányutat csak a vonatkereszt lebonyolítását követően lehetett volna beállítani. A vizsgált esemény során a vonat utascseré céljából megállt az állomáson. Az állomás bejáratí jelzője a kijáratí jelzőn lévő Megállj! állásnak megfelelő előjelzést adott.

Az állomási utascserét követően a mozdonyvezető a vonatot megindította. A kijáratí jelző Megállj! állásának észlelését követően gyorsfékezőt alkalmazott, azonban a fékezés már nem volt elegendő ahhoz, hogy a szerelvény a jelző előtt megálljon, ezért azt meghaladva állt meg.

Humán faktor szempontból az esemény több, egymással kölcsönhatásban álló tényező eredményeként értelmezhető. A mozdonyvezető hosszabb ideje rendszeresen közlekedett az érintett vonalszakaszon, ezért a pályaszakasz működéséről és a forgalmi helyzetekről stabil mentális modell alakult ki. A korábban tévesen kiiktatott ETCS fedélzeti berendezés következtében ugyanakkor a megszokott felügyeleti környezet megváltozott, miközben a mozdonyvezető döntéshozatalát továbbra is a korábbi tapasztalatokon alapuló elvárások befolyásolták.

Bár a bejáratí főjelző előjelzést adott a kijáratí jelző „Megállj!” jelzésére, az állomási megállás, az utascserével járó feladatok, valamint a továbbindulást megelőző vezetési folyamat megszakadása együttesen csökkenthették a korábban észlelt információ jelentőségét. Ezzel egyidejűleg a vágányzár miatt kialakult, a megszokottól eltérő forgalmi helyzet tovább növelte a döntési környezet összetettségét. A rendelkezésre álló adatok alapján feltételezhető, hogy a megváltozott felügyeleti környezet, a

rendkívüli forgalmi helyzet és a rutin alapján kialakított mentális modell együttesen járultak hozzá a helyzetfelismerés és a döntéshozatal kedvezőtlen alakulásához.

A vizsgált esemény egyúttal rámutat arra is, hogy a magasabb biztonsági szintet nyújtó ETCS Level 2 felügyelet korábbi, téves kiiktatásának hatása nem korlátozódott a kiiktatás időpontjára. Mivel a fedélzeti berendezés a jelzőmeghaladás időpontjában sem működött, feltételezhető, hogy ETCS Level 2 felügyelet rendelkezésre állása esetén a rendszer automatikus beavatkozással a „Megállj!” jelzést mutató kijáratí főjelző előtt megállíthatta volna a vonatot.

Az eset jól szemlélteti, hogy a közlekedésbiztonsági esemény kialakulása nem vezethető vissza egyetlen műszaki vagy emberi tényezőre. A megváltozott felügyeleti környezet, a vágányzár miatt kialakult rendkívüli forgalmi helyzet és a rutin alapján kialakított mentális modell együttesen olyan döntési konfliktust eredményezhettek, amely hozzájárult a jelzőmeghaladási eseményhez. Az eset egyben alátámasztja a tanulmányban bemutatott modellt (2. ábra), amely szerint a közlekedésbiztonsági kockázat nem önmagában a rutinból ered, hanem a rutin által kialakított mentális modell és a tényleges rendszerállapot közötti eltérésből fakadhat.

6.3 Sebességtúllépés miatt bekövetkezett siklás

A vizsgált esemény során a személyszállító vonat az állomáson utascseré céljából megállt. Az esemény időben és helyszínében kapcsolódott a korábban bemutatott jelzőmeghaladási eseményhez, mivel az annak következtében kialakult rendkívüli forgalmi helyzet befolyásolta a vonat közlekedését. A kijáratí vágányút kitérő irányban álló váltókon keresztül vezetett, ahol a megengedett legnagyobb sebesség 40 km/h volt. A járművezető a bejáratí jelzőn erre előjelzést kapott.

A továbbindulást követően a vonat a kitérő irányú váltókon alkalmazható sebességet jelentősen meghaladó, mintegy 120 km/h sebességgel haladt át a váltókörczeten, amelynek következtében több jármű kisiklott. Az esemény során személyi sérülések is bekövetkeztek.

A vasútvonal ETCS vonatbefolyásolásra kiépített volt, azonban a vontatójármű nem rendelkezett ETCS fedélzeti berendezéssel, ezért a vonat EVM felügyelet mellett közlekedett. A vontatójármű ETCS fedélzeti berendezéssel nem rendelkezett, ezért a vonat EVM-120 felügyelet mellett közlekedett. Az EVM-120 rendszer a csökkentett sebességre utaló jelzés meghaladását követően a mozdonyvezetőt fékezés végrehajtására kötelezi, és ennek elmaradása esetén kényszerfékezést alkalmaz. A rendszer ugyanakkor nem felügyeli folyamatosan a kitérő irányú vágányutakhoz tartozó sebességprofilt, ezért a kitérő irányban megengedett 40 km/h sebesség túllépését ebben az esetben nem akadályozta meg. Ennek következtében a sebesség megfelelő megválasztása és fenntartása döntően a mozdonyvezető feladata maradt.

Humán faktor szempontból az esemény a megszokottól eltérő forgalmi helyzet, a korlátozott tapasztalat és a jármű sajátosságainak együttes hatásával értelmezhető. A mozdonyvezető az érintett vonalszakaszon még korlátozott helyismerettel és kisebb gyakorlati tapasztalattal rendelkezett, ezért mentális modellje csak kevés korábbi közlekedési tapasztalatra épülhetett. A korábbi jelzőmeghaladási esemény következtében kialakult rendkívüli forgalmi helyzet tovább növelte a vezetési feladat összetettségét, miközben a nagy teljesítményű, mintegy 7 MW teljesítményű villamos mozdony intenzív gyorsítóképessége a sebesség alakulását is jelentősen befolyásolta.

A vizsgált eset jól szemlélteti, hogy a rutinból kialakuló mentális modell hiánya vagy korlátozott volta önmagában sem zárja ki a döntési konfliktus kialakulását. A korlátozott tapasztalat, a megszokottól eltérő forgalmi környezet és a jármű dinamikus menettulajdonságai együttesen olyan helyzetet eredményezhettek, amelyben a sebesség megválasztása nem igazodott a tényleges rendszerállapothoz. Az eset egyben megerősíti a tanulmány alapvető megállapítását, miszerint a közlekedésbiztonsági kockázat nem kizárólag a rutinból fakadhat, hanem általánosabban a mozdonyvezető mentális modellje és a tényleges rendszerállapot közötti eltérésből eredhet.

6.4 Következtetések

A bemutatott esettanulmányok alapján megállapítható, hogy a vizsgált események közvetlen kiváltó okai eltérőek voltak, ugyanakkor valamennyi esetben azonosíthatók voltak olyan humán faktor jelenségek, amelyek a mozdonyvezető mentális modellje és a tényleges rendszerállapot közötti eltérésből fakadtak. Az első esettanulmány rámutatott arra, hogy egy magasabb biztonsági szintet nyújtó felügyeleti rendszer téves kiiktatásának hatása nem feltétlenül azonnal jelentkezik, hanem későbbi

közlekedésbiztonsági események kialakulására is hatással lehet. A második és a harmadik esettanulmány ugyan eltérő műszaki környezetben következett be, azonban mindkét esetben a megszokottól eltérő rendszerállapot, valamint a mozdonyvezető döntési folyamata közötti konfliktus játszott meghatározó szerepet.

A vizsgálatok megerősítették a tanulmány alapvető megállapítását, miszerint a közlekedésbiztonsági kockázat nem önmagában a rutinból vagy annak hiányából ered. A meghatározó tényező az, hogy a mozdonyvezető által kialakított mentális modell mennyiben felel meg a tényleges üzemeltetési környezetnek. Amennyiben a megszokott tapasztalatok, a korlátozott helyismeret vagy a megváltozott felügyeleti környezet miatt ez az összhang megszűnik, a helyzetfelismerés és a döntéshozatal kedvezőtlenül befolyásolható.

A bemutatott események együttes elemzése azt is szemlélteti, hogy a közlekedésbiztonságot a műszaki és a humán tényezők egymástól nem választható kölcsönhatása határozza meg. A magasabb biztonsági szintet nyújtó vonatbefolyásoló rendszerek rendelkezésre állása önmagában nem elegendő, azok megfelelő alkalmazása és folyamatos használata ugyancsak meghatározó jelentőségű. Ezzel párhuzamosan a mozdonyvezetők mentális modelljének kialakulását és folyamatos aktualizálását támogató képzési és üzemeltetési gyakorlat szintén hozzájárulhat a közlekedésbiztonság növeléséhez.

A vizsgálat eredményei alátámasztják a tanulmányban bemutatott modellt, amely szerint a rutin, a mentális modell és a tényleges rendszerállapot kapcsolatának vizsgálata önálló humán faktor szempontként alkalmazható a vasúti közlekedésbiztonsági események elemzésében.

Konklúzió

A vasúti üzemeltetés jelentős mértékben ismétlődő folyamatokra és megszokott döntési mintázatokra épül. A mozdonyvezetők tevékenysége során kialakuló rutinok támogatják a gyors és hatékony döntéshozatalt, valamint hozzájárulnak a biztonságos és kiszámítható üzem fenntartásához. A rutinokkal párhuzamosan mentális modellek is kialakulnak, amelyek lehetővé teszik a várható helyzetek előrejelzését és a rendelkezésre álló információk gyors értelmezését.

A vasúti üzemeltetés során fellépő rendkívüli vagy megszokottól eltérő rendszerállapotok eltérhetnek a korábban kialakult elvárásoktól. Amennyiben ilyen helyzetekben rossz döntés születik, az súlyos balesetek bekövetkezéséhez vezethet. Ennek elkerülhetősége érdekében cikkünkben azt vizsgáltuk, hogy a vezetési folyamat alatt fellépő rendkívüli események miatt szükséges döntések mennyiben oldhatók meg rutinszerűen, vagyis a rutin alapú döntéshozatal és a váratlan rendszerállapotok konfliktusa miként jelenik meg a mozdonyvezetői tevékenységben.

Vizsgálatunk eredményei rámutatnak arra, hogy a közlekedésbiztonsági kockázat nem önmagában a rutin jelenlétéből fakad, hanem abból, amikor a korábban kialakított mentális modell és a tényleges rendszerállapot között eltérés alakul ki. A megszokottól eltérő rendszerállapotok, rendkívüli üzemeltetési helyzetek vagy eltérő információs logikák konfliktust idézhetnek elő a korábban kialakított elvárások és a valós üzemi környezet között. Ilyen helyzetekben a rutin által támogatott döntéshozatal már nem feltétlenül segíti a helyes válaszselektív kialakítását, hanem hozzájárulhat a hibás helyzetértékeléshez, a döntési bizonytalanság megjelenéséhez és ezáltal a közlekedésbiztonsági kockázatok növekedéséhez.

Cikkünk eredményei megerősítik továbbá, hogy a mozdonyvezetői döntéshozatal vizsgálatában a humán faktor szemlélet alkalmazása elengedhetetlen. A rutin, a helyzetfelismerés és a mentális modellek kapcsolatának elemzése hozzájárulhat a mozdonyvezető-képzés, a balesetvizsgálati módszertan és a vasúti közlekedésbiztonság további fejlesztéséhez.

A humán faktor alapú gondolkodásmód és vizsgálati módszertan képes párhuzamot vonni az emberi megbízhatóság és a mérnöki megbízhatóság között. Egy angol cikk szerint a jelenlegi közlekedési balesetvizsgálati módszertan mellett szükség van egy olyan módszerre, amellyel a humán faktor és ergonómiai megközelítést hivatalosan is integrálni lehet a vizsgálati folyamatba [15]. Kutatásunk eredményei alapján is indokoltnak tűnik a rutin és a váratlan rendszerállapotok kapcsolatának önálló vizsgálata a vasúti közlekedésbiztonsági elemzések és balesetvizsgálatok során, amely további kutatási irányként szolgál, valamint hozzájárulhat a mozdonyvezető-képzés és a vasúti balesetvizsgálati módszertan továbbfejlesztéséhez.

Irodalomjegyzék

- [1] Reason, J.: Managing the Risks of Organizational Accidents, Taylor & Francis, New York, 2016.
- [2] Hollnagel, E.: Safety-I and Safety-II – The Past and Future of Safety Management (1st ed.), CRC Press, London, 2014.
- [3] Kondor B.: Vasúti közlekedésbiztonság a humánerőforrás tükrében, in: Döbrentei B. – Horváth G. – Horváth B. (szerk.): XVI. Nemzetközi Közlekedéstudományi Konferencia: Komplexitás és sokszínűség a közlekedésben, Széchenyi István Egyetem Közlekedési Tanszék, Győr, 2026, 784-795
- [4] UIC: Human Factors in Railway Safety, International Union of Railways (UIC), Párizs, 2013.
- [5] Rasmussen, J.: Skills, Rules, and Knowledge; Signals, Signs, and Symbols, and Other Distinctions in Human Performance Models, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics, 1983/13 257-266
- [6] Klein, G.: Sources of Power – How People Make Decisions, MIT Press, Cambridge (MA), 1998.
- [7] Endsley, M. R.: Toward a Theory of Situation Awareness in Dynamic Systems, Human Factors 1995/1 32-64
- [8] ERA: Human Factors Integration in the Railway System, European Union Agency for Railways, Valenciennes, 2020.
- [9] Parasuraman, R. – Sheridan, T. B. – Wickens, C. D.: A Model for Types and Levels of Human Interaction with Automation, IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics – Part A, 2000/3 286-297
- [10] Jankó D.: A közúti járművezetés emberi tényezői, Közlekedéstudományi Szemle 2000/5 161-168
- [11] Szatmári Cs. F. – Lévai Zs.: A vasúti járművezetési folyamat hibalehetőségeinek csökkenthetősége különböző biztonsági tényezőkkel, in: Horváth B. – Henézi D. (szerk.): II. Közlekedésbiztonsági Konferencia, Magyar Közlekedéstudományi és Logisztikai Intézet – Közlekedéstudományi Egyesület – Széchenyi István Egyetem Közlekedési Tanszék, Győr, 2024.
- [12] Széchenyi István Műszaki Főiskola Vasútüzemi Tanszék: A vasúti személyszállítás technológiai rendszerének fejlesztése II. rész A pont Kutatási jelentés, Győr, 1991.
- [13] Lévai Zs.: Közlekedésbiztonság, Dialóg Campus Kiadó, Budapest, 2019.
- [14] Gawlak, K.: Analysis and assessment of the human factor as a cause of occurrence of selected railway accidents and incidents, Open Engineering 2023/13 20220398
- [15] Young, M. S.: The Role of Human Factors in Transport Accident Investigation, Safety Management and Human Factors 2024/151 21-27

Rövidítések jegyzéke

- **ERA** – European Union Agency for Railways – Európai Unió Vasúti Ügynöksége
- **ETCS** – European Train Control System – Európai Vonatbefolyásoló Rendszer
- **EVM** – Elektronikus Vonatmegállító (berendezés)
- **GSM-R** – Global System for Mobile Communications – Railway – vasúti mobil kommunikációs rendszer
- **KBSZ** – Közlekedésbiztonsági Szervezet
- **SRK** – Skills, Rules and Knowledge – készség-, szabály- és tudásalapú viselkedési modell
- **UIC** – Union Internationale des Chemins de fer – Nemzetközi Vasútegylet

A sebességtúllépés és a baleseti kockázat összefüggése a hazai autópályákon / The relationship between speeding and the risk of accidents on hungarian highways

Mészárosné Dr. Krizsik Nóra¹ – Dr. Pauer Gábor²

^{1,2}Közlekedéstudományi és Építésügyi Minőségellenőrző Intézet

¹krizsik.nora@kti.hu

²pauer.gabor@kti.hu

Kivonat: Kutatásunkban a magyarországi autópályák sebességviszonyait és a sebességhatár-túllépések közlekedésbiztonsági vonatkozásait vizsgáltuk a Magyar Közút Nonprofit Zrt. 2024. évi sebességmérési adatainak felhasználásával. Elemzésünk 129 autópálya-keresztmetszetre terjedt ki. Vizsgálatunk során a korrigált átlagsebességek, valamint a sebességhatárt átlépő járművek arányának leíró statisztikai elemzését végeztük el hétköznapi, illetve hétvégi és munkaszüneti napi bontásban. Eredményeink szerint a hétvégi időszakban a járművek átlagos sebessége és a sebességhatárt túllépők aránya egyaránt magasabb volt. Az autópályák összehasonlítása alapján az M1 és M5 autópályákon kedvezőbb, míg az M3, M6 és M7 autópályákon kedvezőtlenebb sebességviszonyok mutatkoztak. A kutatás második részében a gyorsajtással leginkább és legkevésbé érintett autópálya-szakaszok baleseti jellemzőinek összehasonlítását végeztük el relatív baleseti mutatók alkalmazásával. Az eredmények arra utalnak, hogy a gyorsajtás elsősorban a balesetek jellegével és súlyosságával mutat összefüggést, míg a balesetek gyakoriságát más tényezők is jelentősen befolyásolják.

Abstract: In our research, we examined speed characteristics on Hungarian highways and the road safety implications of speeding, using speed measurement data from Magyar Közút Nonprofit Zrt. for the year 2024. Our analysis covered 129 highway sections. We conducted a descriptive statistical analysis of adjusted average speeds and the proportion of vehicles exceeding the speed limit, separated by weekdays, weekends, and holidays. According to our results, both the average speed of vehicles and the proportion of vehicles exceeding the speed limit were higher during the weekend. A comparison of the highways revealed more favorable speed conditions on the M1 and M5 highways, while the M3, M6, and M7 highways exhibited less favorable speed conditions. In the second part of the study, we compared the accident characteristics of the highway sections most and least affected by speeding using relative accident indicators. The results suggest that speeding is primarily correlated with the nature and severity of accidents, while other factors also significantly influence accident frequency.

Kulcsszavak: közlekedésbiztonság; sebességtúllépés; relatív baleseti mutató; közlekedési szabályszegés; autópálya

Keywords: road safety; speeding; relative accident rate; driving violations; highway

Bevezetés

A közlekedési balesetek egyik leggyakoribb kiváltó oka Magyarországon a sebesség nem megfelelő alkalmazása, amely magában foglalja mind az abszolút gyorsajtást (a megengedett sebességhatár túllépését), mind a relatív gyorsajtást (a sebesség helytelen igazítása az aktuális út-, jármű-, időjárási és látási viszonyokhoz) [1]. A baleseti helyszínelők egyik feladata az elsődleges baleseti ok megállapítása, azonban az abszolút gyorsajtás pontos mértékének meghatározása szakértői elemzést igényel. A statisztikai adatok alapján a sebesség nem megfelelő alkalmazása a személysérüléses balesetek körülbelül egyharmadért felelős, és e tendencia növekvő irányt mutat. Míg 2002-ben ez az arány 25,6% volt, addig 2025-re 26,7%-ra emelkedett. Különösen az autópályák és autótutak esetében kiemelkedő e tényező szerepe: 2025-ben az autópályán bekövetkezett balesetek 35,3%-ának, míg a halálos balesetek 33,3%-ának elsődleges oka volt [2-4]. Az ilyen típusú balesetek fokozott súlyossága is szembevetendő, hiszen a súlyos vagy halálos sérülés bekövetkezési valószínűsége megközelítőleg 30%.

Az osztrák Közlekedésbiztonsági Kuratórium (KFV) által készített nemzetközi összehasonlításból kiderül, hogy Magyarországon a sebesség nem megfelelő alkalmazása az egyik leggyakoribb baleseti ok, amely 2020-ban az esetek 34%-ában volt elsődleges tényező. Ez a legmagasabb érték a vizsgált

országok között, és magasabb, mint a korábbi évek átlaga, ami 31% körül alakult. Lengyelországban hasonlóan magas arány figyelhető meg, 2020-ban 26%-kal, míg az osztrák adat ennél alacsonyabb, 13% volt [5]. A tanulmány kitért arra is, hogy a halálos kimenetelű balesetek esetében Magyarországon a sebesség nem megfelelő alkalmazásának aránya 2017-2019 között 39,2%, míg 2020-ban 42,4% volt. A halálos baleseteket tekintve a lengyelországi adat is kiugróan magas, 2020-ban 42%, míg a cseh arány 39%-ot tett ki. Ezek az értékek jelentősen meghaladják a nyugat-európai országokban mért adatokat, például Svájcban és az Egyesült Királyságban ez az arány 15% alatt maradt [5].

Nemzetközi összehasonlításban jelentős eltérések tapasztalhatók az adatgyűjtési módszerekben. Az Európai Közlekedésbiztonsági Observatórium adatai szerint a gyorsajtás és a nem megfelelő sebességválasztás az összes közlekedési baleset 10-15%-áért felelős, amely lényegesen alacsonyabb arány, mint a Magyarországon regisztrált értékek [6].

A nemzetközi szakirodalom egyértelmű kapcsolatot mutat a haladási sebesség és a közúti baleseti kockázat között: a nagyobb sebesség növeli a baleset bekövetkezésének valószínűségét, és egyúttal súlyosabb következményekkel járhat [7-9]. A kutatások szerint különösen a forgalom átlagsebességétől jelentősen eltérő, illetve az út- és forgalmi viszonyokhoz képest túlzott sebesség jelent kockázatot [10].

A problémakör hazai vonatkozásának jelentősége miatt kutatásunk céljából a magyarországi autópályákon tapasztalható sebességviszonyok és a sebességhatár-túllépések elemzését tűztük ki, valamint megvizsgáltuk, hogy milyen összefüggés mutatható ki a relatív baleseti mutató és a gyorsajtással érintett útszakaszok között.

1. Módszertan

Elemzéseinket a Magyar Közút Nonprofit Zrt. (MK) adatfeldolgozója által küldött, 2024. évi sebességadatokon alapuló excel kimutatás alapján készítettük. Az adatok az MK és a koncessziós társaságok detektoraiból származnak.

Vizsgálataink a sebességkorlátozással nem érintett autópálya szakaszok sebességadatainak értékelésére terjedtek ki, különös tekintettel a megengedett sebesség felett közlekedők részarányárainak vizsgálatára.

A kapott adatállomány összesen 142 autópálya keresztmetszetből tartalmazott sebességadatokat. Ezek egy részén legalább az egyik forgalmi irányban 130 km/h-nál alacsonyabb sebességhatár volt érvényben az adatrögzítési időszakban. Ezek elhagyásával összesen 130 keresztmetszetről álltak rendelkezésünkre sebességadatok (1. ábra). Az elemzett keresztmetszetekben a műszerek által mért napok száma 9 és 366 közt változott, átlagosan 208 nap volt.

Az egyes műszerek mérési tartománya is eltérő volt, a legtöbb helyszínen 10-160 km/h közötti. Az e fölött, vagy alatt közlekedő járművek szintén rögzítésre kerültek, azonban pontos sebességadatuk nem ismert, csak az arányuk. Emiatt a hagyományosan számított átlagsebesség torzíthatja a forgalom tényleges sebességviszonyait, különösen akkor, ha a mérési tartományon kívüli járművek aránya jelentős. A torzítás csökkentése érdekében az MK a korrigált átlagsebesség számításakor a sebességeloszlás szélső, nyitott osztályközeit zárt osztályközőkként kezeli, így a mérési tartományon kívül eső járművek becsült sebessége is bekerül az elemzésbe. Ezáltal a korrigált átlagos sebesség pontosabban jellemzi a vizsgált forgalom valós sebességviszonyait.

A kapott adatállomány az alábbi elemezhető adatokat tartalmazza mérőállomásonként:

- mérési tartomány alatt és felett közlekedők aránya (%),
- átlagsebesség (km/h),
- korrigált átlagsebesség (km/h),
- sebességkorlátot átlépők aránya (%).

A fenti adatok hétköznapi / szabad- és munkaszüneti nap bontásban, továbbá személygépkocsik és kis tehergépkocsik / 3,5t feletti járművek bontásokban érhetők el (ez utóbbi bontás nem minden mérőhely kapcsán állt rendelkezésre, ahogyan a sebességkorlátot átlépők aránya sem, továbbá irányonként, sávonként sem kerültek bontásra az adatok).

2. Eredmények

Tekintve, hogy a legtöbb helyszínen a mérési tartomány meglehetősen korlátozott volt (10-160 km/h), az átlagsebesség adatok helyett a korrigált átlagsebességek értékeit vizsgáltuk. Ezt követően külön értékeltük a sebességhatárt túllépők arányait is.

2.1 Korrigált átlagsebességek alakulása

A mérési helyek korrigált átlagsebességértékeinek leíró statisztikáját az összes mért jármű esetén a 1. táblázat tartalmazza.

1. táblázat: Korrigált átlagsebességek leíró statisztikája az összes mért jármű esetén
(a MK. 2024. évi adatai alapján)

	összes jármű	
	hétköznap	hétvége és munkaszüneti nap
mérőhelyek száma	129	129
átlagsebesség	113,7 km/h	118,7 km/h
maximális átlagsebesség	129,1 km/h	134,1 km/h
minimális átlagsebesség	97,4 km/h	100,1 km/h
szórás	6,4 km/h	6,4 km/h
alsó kvartilis (Q1)	110,0 km/h	116,3 km/h
medián	115,1 km/h	120,3 km/h
felső kvartilis (Q3)	118,5 km/h	123,5 km/h
interkvartilis terjedelem	8,5 km/h	6,8 km/h
v85	119,7 km/h	124,6 km/h

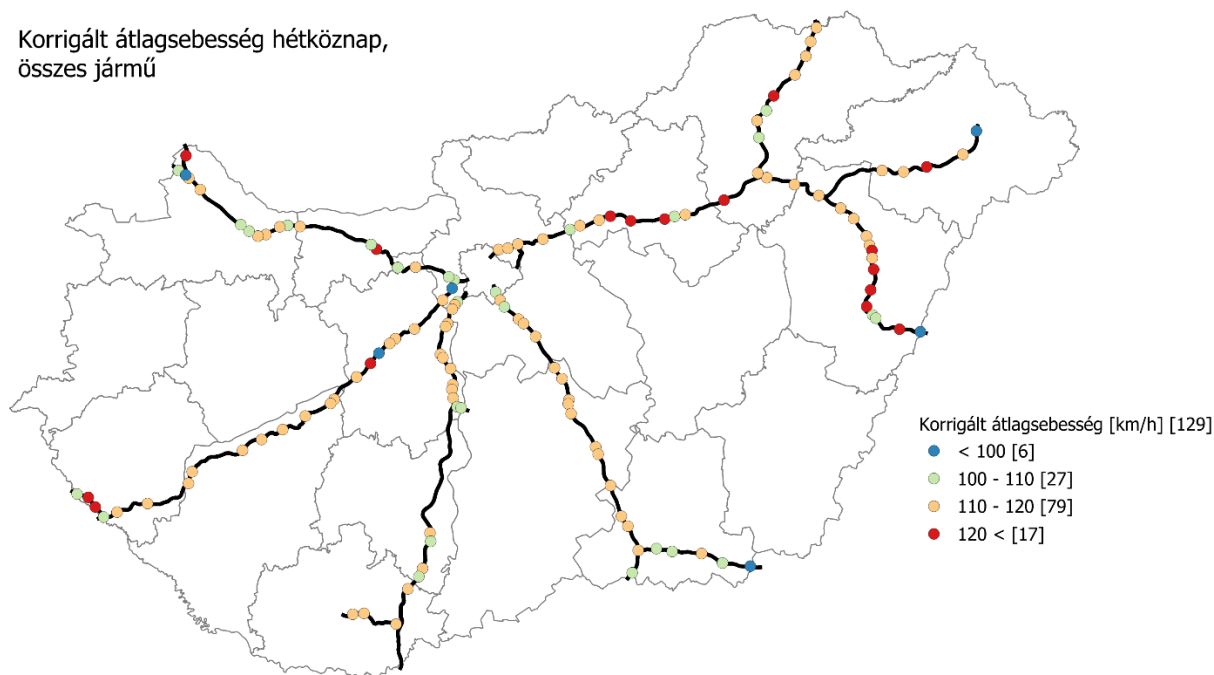
A 129 mérőhely adatai alapján az összes jármű átlagsebességének vizsgálata egyértelmű különbséget mutat a hétköznapi, illetve a hétvégi és munkaszüneti napi forgalom között. A hétköznapokon mért átlagsebesség 113,7 km/h, míg hétvégén és munkaszüneti napokon 118,7 km/h, ami 5,1 km/h-val magasabb értéket jelent. Ez arra utal, hogy a hétvégi időszakban a járművek általában gyorsabban közlekednek, ami összefügghet a kisebb forgalmi terheléssel, a kevesebb torlódással és a forgalom összetételének változásával. A középértékek összehasonlítása megerősíti ezt a tendenciát. A medián hétköznap 115,1 km/h, hétvégén pedig 120,3 km/h, vagyis a mérőhelyek felénél a járművek átlagsebessége meghaladja a 120 km/h-t a hétvégi időszakban. Mivel mind az átlag, mind a medián magasabb hétvégén, a sebességnövekedés nem csupán néhány kiugró érték hatásának tulajdonítható, hanem általános jelenségnek tekinthető. A szélsőértékek szintén ezt támasztják alá. A legmagasabb mért átlagsebesség hétköznap 129,1 km/h, míg hétvégén 134,1 km/h volt. A legalacsonyabb átlagsebesség hétköznap 97,4 km/h, hétvégén pedig 100,1 km/h, tehát még a leglassabb mérőhelyeken is nagyobb sebességek jellemezték a hétvégi közlekedést.

Az adatok szóródása a két időszakban azonos, ami azt jelzi, hogy a mérőhelyek közötti különbségek mértéke lényegében nem változik. A hétvégi sebességek tehát nemcsak magasabbak, hanem hasonló mértékű változatosságot is mutatnak, mint a hétköznapi értékek. A kvartilisek elemzése további információt nyújt a sebességek eloszlásáról. Hétköznap az alsó kvartilis (Q1) 110,0 km/h, a felső kvartilis (Q3) pedig 118,5 km/h, vagyis a mérőhelyek középső 50%-án az átlagsebesség ebben a tartományban mozog. Hétvégén ugyanezek az értékek 116,3 km/h és 123,5 km/h, ami azt mutatja, hogy az egész eloszlás magasabb sebességtartományba tolódik. Az interkvartilis terjedelem hétköznap 8,5 km/h, hétvégén 7,2 km/h, ami arra utal, hogy a hétvégi átlagsebességek valamivel koncentráltabban helyezkednek el a középérték körül. A v85 hétvégén és munkaszüneti napokon magasabb volt a hétköznapi értékhez képest, a különbség mintegy 4,9 km/h. Ez arra utal, hogy a hétvégi időszakban a járművezetők által választott jellemző haladási sebesség magasabb, az eltérés mértéke a hétköznapi értékhez viszonyítva 4%.

A fenti adatok részletesebb szemléltetése céljából térképeken is ábrázoltuk a korrigált átlagsebességek mérőállomásonkénti értékeit (1. ábra, 2. ábra). A korrigált átlagsebességeket 10 km/h-ás kategóriákba soroltuk, az adatpontokat pedig aszerint színeztük. Ábrázoltuk továbbá a korrigált átlagsebesség abszolút növekedését hétvégén és munkaszüneti napokon (3. ábra). 2 mérőhelyszín kivételével a hétköznapi sebességek mindenhol alacsonyabbak voltak, mint a hétvégi és munkaszüneti napokon mért értékek.

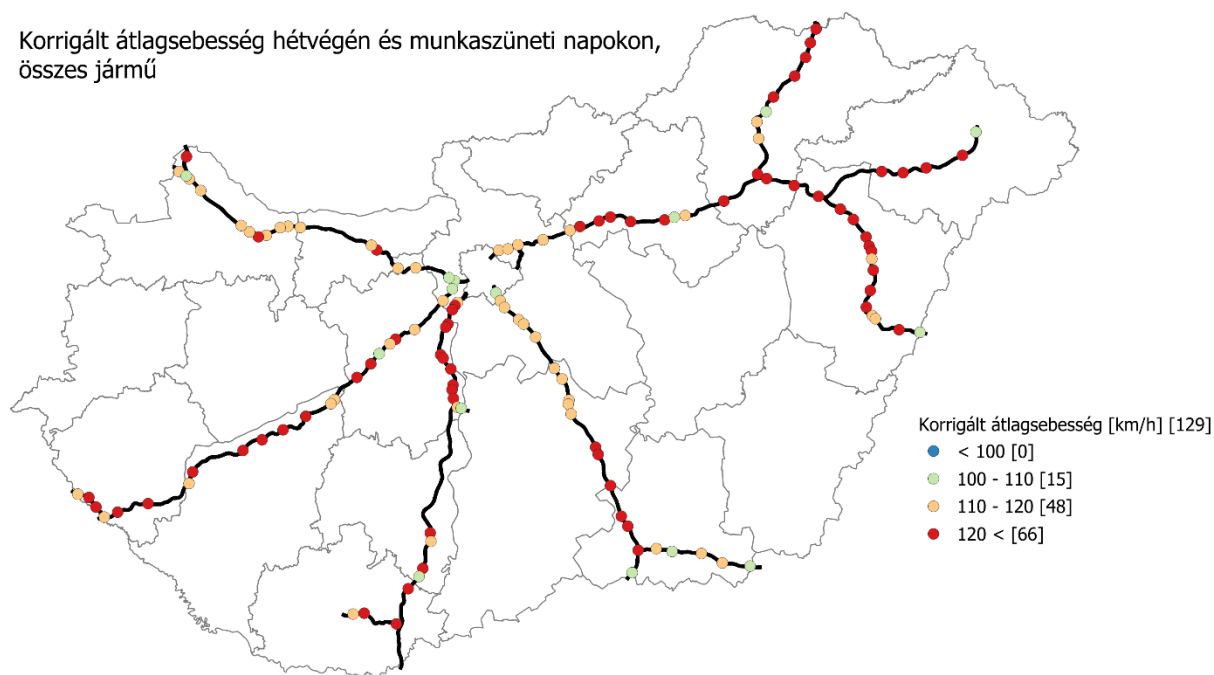
A korrigált átlagsebességek nem utalnak jelentős problémákra, ugyanakkor fel kell hívni a figyelmet az elemzés korlátaira: a korrigált átlagsebességek értékét a lassan haladók lehúzzák, a mérési tartományon kívüli adatok torzításának mértéke nem ismert, az adatok nem voltak irányonként és sávonként elérhetőek, miközben az egyes sávok sebességadatai között jelentős különbségek lehetnek (a belső sávban minden bizonnyal jóval magasabbak az értékek a külső sávokhoz képest).

Korrigált átlagsebesség hétköznap,
összes jármű



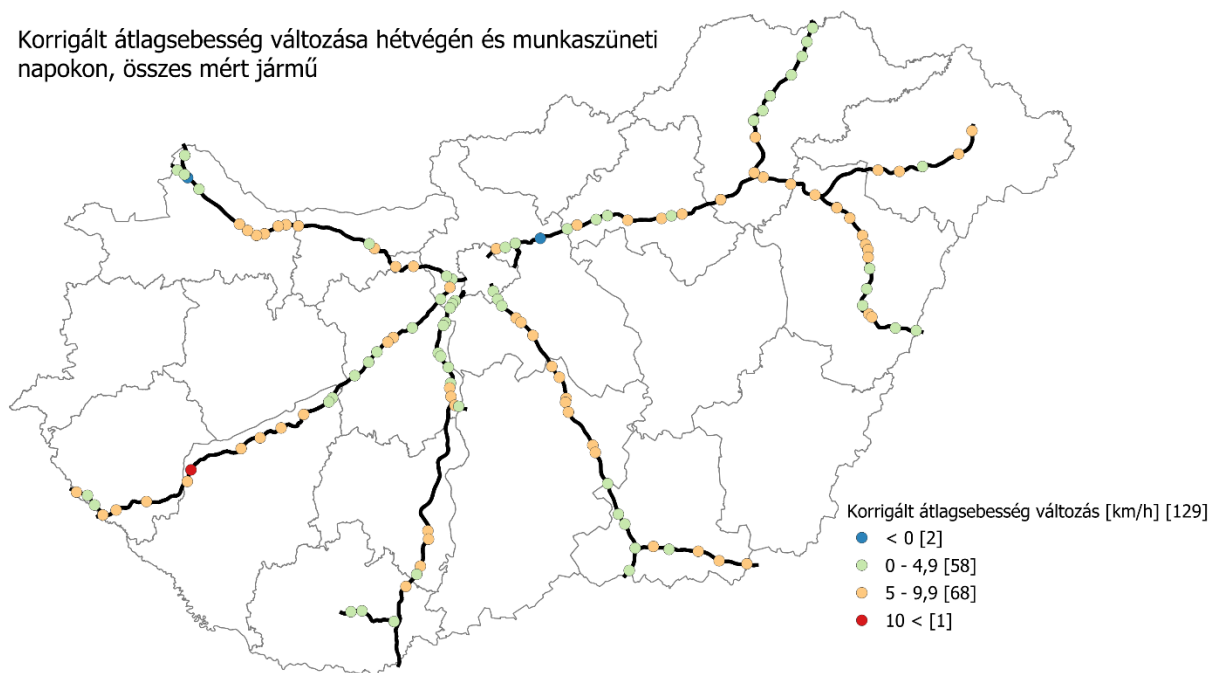
1. ábra: Korrigált átlagsebességek mérőállomásonkénti értékei hétköznap, az összes mért jármű esetén (a MK. 2024. évi adatai alapján)

Korrigált átlagsebesség hétvégén és munkaszüneti napokon,
összes jármű



2. ábra: Korrigált átlagsebességek mérőállomásonkénti értékei hétvégén és munkaszüneti napokon, az összes mért jármű esetén (a MK. 2024. évi adatai alapján)

Korrigált átlagsebesség változása hétvégén és munkaszüneti napokon, összes mért jármű



3. ábra: Korrigált átlagsebességek változása mérőállomásonként hétvégén és munkaszüneti napokon, az összes mért jármű esetén (a MK. 2024. évi adatai alapján)

2.2 Sebességhatárt túllépők aránya

A sebességekkel kapcsolatos problémakör további értékelése érdekében a sebességhatárt túllépők arányait vizsgáltuk. Ebben az esetben a mérőeszközök mérési tartománya nem korlátozza az elemezhetőséget. Kötöttséget jelent azonban, hogy a sebességkorlátot átlépők aránya kapcsán járműtípusonkénti bontás nem érhető el az adatfájlokban, így külön a személygépjárművek elemzésére nem volt lehetőségünk. A kimutatás tehát nem képes figyelembe venni az eltérő járműkategóriákra érvényes eltérő sebességkorlátokat, így az alábbi adatok valójában a 130 km/h-át meghaladók arányát ismertetik. A mérési helyeken a sebességhatárt átlépők arányainak leíró statisztikáját a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat: A 130 km/h-át átlépők arányai, az összes jármű figyelembevételével (a MK. 2024. évi adatai alapján)

	összes jármű	
	hétköznap	hétfége és munkaszüneti nap
mérőhelyek száma	129	129
130 km/h-t átlépők átlaga	24,9%	30,7%
maximális arány	54,3%	59,3%
minimális arány	5,7%	6,6%
szórás	9,3%	10,3%
alsó kvartilis (Q1)	18,4%	25,1%
medián	25,6%	32,0%
felső kvartilis (Q3)	31,5%	37,6%

A hétfégi és munkaszüneti napi időszakban a sebességhatárt átlépő járművek aránya egyértelműen magasabb, mint hétköznapokon. Ez nemcsak az átlag- és mediánértékekben, hanem a kvartilisek eltolódásában is megmutatkozik, vagyis a magasabb gyorsítási arányok a mérőhelyek többségére jellemzőek, nem csupán néhány kiugró helyszín eredményei. A mérőhelyek közötti változékonyság mindkét időszakban jelentős, ugyanakkor hétfégén valamivel nagyobb szóródás figyelhető meg. A szélsőértékek alapján mind hétköznap, mind hétfégén előfordulnak olyan helyszínek, ahol a gyorsítás aránya kiemelkedően alacsony vagy magas. A kvartilisek közötti tartományok alapján azonban a hétfégi és munkaszüneti napi eloszlás teljes egészében magasabb értékszintre tolódik, ami általánosan nagyobb sebességtúllépési arányt jelez.

A fő autópályáinkra vonatkoztatva a 3. táblázat és a 4. táblázat mutatja be a sebességhatárt túllépők főbb jellemzőit.

3. táblázat: Sebességhatárt átlépők arányának vizsgálata autópályánként, hétköznap az összes jármű esetén (a MK. 2024. évi adatai alapján)

	M1	M3	M5	M6	M7
mérőhelyek száma	16	22	18	16	18
átlag	19,7%	28,5%	21,7%	28,4%	25,8%
maximális arány	36,7%	40,2%	29,2%	39,2%	36,3%
minimális arány	11,3%	10,7%	9,6%	10,7%	6,8%
szórás	6,5%	8,2%	5,9%	8,8%	8,0%
alsó kvartilis (Q1)	14,8%	24,0%	18,6%	27,7%	19,8%
medián	20,0%	28,3%	22,0%	31,0%	28,4%
felső kvartilis (Q3)	22,7%	35,2%	27,1%	32,9%	31,1%

A vizsgált autópályák közül a legkedvezőbb értékek az M1 és az M5 autópályákon figyelhetők meg, ahol a sebességhatárt átlépő járművek aránya összességében alacsonyabb. Ezzel szemben az M3 és az M6 autópályákon magasabb gyorsajtási arányok jellemzők, míg az M7 jellemzői a két csoport között helyezkednek el. A mediánértékek és a kvartilisek alapján az egyes autópályák közötti különbségek nem csupán néhány szélső értékből adódnak, hanem az eloszlások teljes egészében eltérő szintet mutatnak. A mérőhelyek közötti változékonyság az M5 autópályán a legkisebb, míg az M3, M6 és M7 autópályákon nagyobb eltérések figyelhetők meg. A szélsőértékek alapján valamennyi autópályán található olyan szakaszok, ahol a gyorsajtás aránya jelentősen eltér az adott útvonal átlagos értékeitől. A kvartilisek közötti tartományok ugyanakkor azt mutatják, hogy az egyes autópályákon belül a mérőhelyek többsége viszonylag jól körülhatárolható értéktartományba esik.

4. táblázat: Sebességhatárt átlépők arányának vizsgálata autópályánként, hétvégén és munkaszüneti napokon az összes jármű esetén (a MK. 2024. évi adatai alapján)

	M1	M3	M5	M6	M7
mérőhelyek száma	16	22	18	16	18
átlag	26,1%	34,4%	27,0%	33,9%	32,8%
maximális arány	48,2%	48,3%	34,0%	49,0%	44,8%
minimális arány	12,1%	11,9%	12,5%	13,2%	13,3%
szórás	9,2%	9,7%	6,5%	10,6%	8,5%
alsó kvartilis (Q1)	19,0%	28,4%	25,5%	33,5%	27,3%
medián	27,1%	33,4%	27,6%	36,8%	35,6%
felső kvartilis (Q3)	30,9%	42,7%	31,6%	39,6%	38,3%

A hétvégi és munkaszüneti napi adatok a hétköznapokhoz képest valamennyi vizsgált autópályán magasabb gyorsajtási arányt mutatnak, ami általános kedvezőtlenebb sebességviselkedésre utal. Ugyanakkor az autópályák közötti különbségek mintázata alapvetően nem változik: mindkét időszakban az M1 és az M5 esetében figyelhetők meg alacsonyabb, míg az M3, az M6 és az M7 esetében magasabb sebességhatár-túllépési arányok. A mérőhelyek közötti szóródás hétvégén valamelyest növekszik, de az egyes autópályák jellemző sorrendje és eltérő gyorsajtási szintje továbbra is jól elkülönül.

2.3 A sebességhatár átlépésével összefüggő kockázatok értékelése

Az elemzés következő lépéseként az ismertetett 129 mérési keresztmetszet felhasználásával azt vizsgáltuk, hogyan alakul a közúti baleseti helyzetkép a gyorsajtók arányának függvényében (az adott keresztmetszetben mért értékeket a keresztmetszetet tartalmazó teljes autópálya érvényességi szakaszra vonatkoztatva).

A gyorsajtással leginkább érintett autópálya szakaszoknak a sebességhatárt átlépők arányának felső 20%-át (8. percentilis feletti adatok), míg gyorsajtással legkevésbé érintett autópálya szakaszoknak az adatsor alsó 20%-át (2. percentilis alatti adatok) tartozó mérőhelyeket tekintettük. A sebességhatárt átlépők arányának percentilis értékeit az egyes mérési pontok hétköznapi és hétvégi gyorsajtási arányának átlagaként határoztuk meg. Így a gyorsajtással legkevésbé érintett szakaszok azok a szakaszok voltak, ahol a gyorsajtók átlagos aránya 19,2% (27 szakasz) vagy ez alatti volt, míg

gyorshajtással leginkább érintett szakaszok azok a szakaszok voltak, ahol a gyorsajtók átlagos aránya 35,9% vagy e feletti volt (27 szakasz).

A vizsgálatokat érvényességi szakaszokra vonatkozóan végeztük el, melyhez adatokat a Magyar Közút kiadványából [11] és a közúti baleseti adatbázisból gyűjtöttünk. A mérőhelyek keresztmetszetei kapcsán azonosítottuk, hogy azok az autópálya hálózat mely érvényességi szakaszán található, majd a szakaszokhoz hozzárendeltük az azokon történt közúti balesetek számát. Tekintve, hogy a sebességmérési adatok a 2024. évre vonatkoztak, a baleseti lekérdezéseket ugyanerre az évre vonatkozóan végeztük el, azaz az elemzések a 2024. év forgalmi és baleseti adatain alapulnak. A keresztmetszetek érvényességi szakaszának évi átlagos napi forgalmait [j/nap] a feldolgozásra kapott adatállomány tartalmazta. Megjegyezzük, hogy nem volt információnk arról, hogy a mérőállomások csak az egyik, vagy mindkét irányban mérték a sebességet, így a baleseti adatok kapcsán is irányfüggetlenül dolgoztunk.

Az adatok előkészítését követően mind a gyorsajtással erősen érintett, mind a gyorsajtással legkevésbé érintett szakaszok esetén képeztük a szakaszokra összesített relatív baleseti mutatót (RBM) [baleset/tízmillió jkm]. Az alkalmazott számítási képlet (1):

$$RBM = \frac{\sum_i B_i \cdot 10^7}{\sum_{év=1}^T nap_{év} \cdot \sum_i (\overline{ANF}_{i,év} \cdot L_{i,év})} \quad (1)$$

ahol:

- i : a vizsgált útszakasz (esetünkben a csoportba sorolt érvényességi szakaszok),
- B_i : az i útszakaszon T megfigyelési időtartam alatt történt személysérüléses közúti balesetek száma [eset],
- $\overline{ANF}_i$: az i útszakasz átlagos napi forgalma [jármű/nap],
- T : megfigyelési időtartam [év] (esetünkben 1),
- L_i : az i útszakasz hossza [km],
- $év$: a T időtartam egyes évei,
- nap : a T időtartam egyes éveiben a napok száma (2024-ban 366).

A relatív baleseti mutatóhoz hasonlóan a gyorsajtással erősen érintett, valamint a gyorsajtással legkevésbé érintett szakaszok esetén képeztük a szakaszokra összesített, sebesség nem megfelelő alkalmazásából származó relatív baleseti mutatót (S) [baleset/tízmillió jkm]. Az alkalmazott számítási képlet (2):

$$S = \frac{\sum_i SB_i \cdot 10^7}{\sum_{év=1}^T nap_{év} \cdot \sum_i (\overline{ANF}_{i,év} \cdot L_{i,év})} \quad (2)$$

ahol:

- SB_i : az i útszakaszon T megfigyelési időtartam alatt történt, sebesség nem megfelelő alkalmazásából adódó személysérüléses közúti balesetek száma [eset],

A sebességhatár átlépésével összefüggő kockázatok értékelését a 5. táblázat tartalmazza. Az értékelés során a gyorsajtással legkevésbé érintett és leginkább érintett szakaszok értékei mellett a teljes autópálya hálózatra vonatkozó mutatókat is szemléltetjük.

5. táblázat: Baleseti mutatók értékei a különböző autópálya-szakaszokon

	gyorshajtással kevésbé érintett szakaszok	gyorshajtással leginkább érintett szakaszok	teljes autópálya hálózat
szakaszok hossza [km]	139,6	254,2	1344,8
összes baleset [db]	81	63	523
sebesség nem megfelelő alkalmazásából származó baleset [db]	30	32	193
sebesség nem megfelelő alkalmazásából származó balesetek aránya [%]	37,0%	50,8%	36,9%
súlyos és halálos balesetek aránya [%]	28,4%	38,1%	35,9%
RBM	0,52	0,32	0,39
S	0,19	0,16	0,15

A gyorsajtással leginkább érintett szakaszokon a balesetek között nagyobb arányban fordulnak elő a sebesség nem megfelelő megválasztására visszavezethető események, mint a gyorsajtással kevésbé érintett szakaszokon. Emellett ezen szakaszokon a súlyos és halálos kimenetelű balesetek részaránya is magasabb, ami arra utal, hogy a sebességgel összefüggő kockázatok nemcsak a balesetek gyakoriságában, hanem azok következményeinek súlyosságában is megjelennek. A teljes autópálya-hálózat értékei e két csoport között helyezkednek el, ugyanakkor több mutató tekintetében közelebb állnak a gyorsajtással kevésbé érintett szakaszok jellemzőihez.

A relatív baleseti mutató alapján ugyanakkor a gyorsajtással kevésbé érintett szakaszok mutatnak kedvezőtlenebb értéket, ami arra utal, hogy a balesetek előfordulását nem kizárólag a gyorsajtás jelenléte befolyásolja. A gyorsajtással kevésbé érintett szakaszok esetében az alacsonyabb sebességszintek gyakran egyéb kockázati tényezőkhez (pl. ív, fel- és lehajtó közelsége, magas tehergépjármű forgalom) kapcsolódhatnak, melyek a fenti eredmények alapján erős hatást gyakorolhatnak a balesetek gyakoriságára. A sebesség nem megfelelő alkalmazásából származó balesetek relatív baleseti mutatója ezzel szemben csak kisebb különbséget jelez a két szakaszcsoporthoz, és mindkét esetben meghaladja a teljes hálózat átlagát. Az eredmények alapján a gyorsajtás elsősorban a balesetek jellegében és súlyosságában mutat összefüggést, míg a balesetek gyakoriságát más forgalmi, geometriai vagy üzemeltetési tényezők is érdemben befolyásolhatják.

Konklúzió

A kutatás eredményei alapján megállapítottuk, hogy a magyarországi autópályákon a hétfői és munkaszüneti napi időszakban mind a korrigált átlagsebességek, mind a sebességhatárt túllépő járművek aránya magasabb, mint hétköznapokon. Az autópályák közötti összehasonlítás jelentős különbségeket tárt fel: az M1 és M5 autópályákon következetesen alacsonyabb, míg az M3, M6 és M7 autópályákon magasabb gyorsajtási arányok voltak megfigyelhetők. Az eredmények azt is megmutatták, hogy a gyorsajtással leginkább érintett szakaszokon nagyobb arányban fordulnak elő a sebesség nem megfelelő megválasztásából származó, valamint a súlyos és halálos kimenetelű balesetek.

A baleseti mutatók vizsgálata ugyanakkor nem igazolta egyértelműen, hogy a gyorsajtással erősen érintett szakaszok relatív baleseti kockázata minden esetben magasabb lenne. Ez arra utal, hogy a balesetek kialakulását a járműsebességen túl számos egyéb tényező (pl.: a forgalom összetétele, az útgeometria, a csomóponti kapcsolatok, a környezeti viszonyok) is befolyásolja.

A kutatás legfontosabb korlátját az adatok részletezettségének hiánya jelentette. Nem álltak rendelkezésre irányonkénti és sávonkénti sebességadatok, nem volt ismert valamennyi mérőállomás pontos mérési lefedettsége, továbbá a sebességhatárt túllépők arányának meghatározása nem különítette el az egyes járműkategóriák eltérő sebességkorlátjait. A vizsgálat emellett egyetlen év adataira támaszkodott, ezért az eredmények időbeli általánosíthatósága korlátozott.

A további kutatások során indokolt lehet több év adatainak bevonása, a sávonkénti és járműkategóriánkénti elemzések elvégzése, valamint a sebességadatok és a baleseti adatok közötti kapcsolat statisztikai modellezése. Érdeemes továbbá vizsgálni a gyorsajtás, a forgalomnagyság, az útgeometriai jellemzők és a baleseti kockázat együttes hatását is.

Kutatás eredményeink jelenleg is felhasználhatók. Hasznosíthatóságunkat a közlekedésbiztonsági beavatkozások tervezésében, a sebességellenőrzési stratégiák célzottabb kialakításában, az autópálya-szakaszok kockázatalapú rangsorolásában, valamint a közlekedésbiztonsági döntéstámogató rendszerek fejlesztésében tartjuk indokoltnak. Az eredmények hozzájárulhatnak a gyorsajtással összefüggő kockázatok pontosabb megértéséhez és a közúti közlekedésbiztonság javításához.

Irodalomjegyzék

- [1] Lévai Zs.: Közlekedésbiztonság, Budapest, Dialóg Campus Kiadó, 2019
- [2] Közlekedéstudományi és Építésügyi Minőségellenőrző Intézet, Közlekedésbiztonsági Kutatóközpont: Országos közúti közlekedésbiztonsági helyzetértékelés, Budapest, 2025
- [3] Központi Statisztikai Hivatal: Közlekedési balesetek 2021
- [4] Központi Statisztikai Hivatal: Közlekedési balesetek statisztikai évkönyve, 2015
- [5] KfV, Austrian Road Safety Board: Safety First! Report, 2023
- [6] Európai Bizottság: Road Safety Thematic Report - Speed. European Road Safety Observatory. Brussel, 2021
- [7] Aarts L. – van Schagen I.: Driving speed and the risk of road crashes: A review, Accident Analysis & Prevention 2006/38(2) 215–224
- [8] Ivan J. N. – Zhang Y. – Ravishanker N.: Evaluation of association between observed driving speeds and the occurrence of crashes using naturalistic driving study data, Accident Analysis & Prevention 2026/225 108335
- [9] Elvik R.: A comprehensive and unified framework for analysing the effects on injuries of measures influencing speed, Accident Analysis & Prevention 2019/125 63–69
- [10] Song L. – Li S. – Yang Q. – Liu B. – Lyu N. – Fan W. D.: Partially temporally constrained modeling of speeding crash-injury severities on freeways and non-freeways before, during, and after the stay-at-home order, Accident Analysis & Prevention 2025/211 107917
- [11] <https://internet.kozut.hu/kozerdeku-adatok/orszag-os-kozuti-adatbank/forgalomszamlalas/> (2026.06.17)

A vasútbiztonság új paradigmája: a reziliencia gyakorlati alkalmazása az operatív működésben / The New Paradigm of Railway Safety: Practical Application of Resilience in Railway Operations

Kondor Balázs

**Közlekedéstudományi és Építésügyi Minőségellenőrző Intézet
kondor.balazs@kti.hu**

Kivonat: A tanulmány a vasúti közlekedésbiztonság reziliencia-alapú megközelítésének operatív értelmezését mutatja be. Kiindulópontja, hogy a hagyományos, hibaközpontú (Safety-I) szemlélet a modern, komplex vasúti rendszerekben már csak korlátozottan képes kezelni a fennmaradó, döntően humán tényezőhöz kapcsolódó biztonsági kockázatokat. A publikáció a rezilienciát nem elméleti fogalomként, hanem a mindennapi vasútüzemben megjelenő működési képességeként értelmezi, amely a monitorozás, az anticipáció, a reagálás és a tanulás egymást erősítő folyamataiban jelenik meg. Bemutatja a humán tényező új értelmezését, a degradált működés természetes üzemi állapotként való felfogását, valamint a reziliencia operatív implementációjának lehetőségeit. A következtetés szerint a biztonság nem kizárólag a hibák elkerüléséből, hanem a sikeres alkalmazkodás szervezeti feltételeinek tudatos fejlesztéséből épül fel.

Abstract: The study presents an operational interpretation of the resilience-based approach to railway safety. It is based on the premise that the traditional error-centred (Safety-I) approach has become increasingly limited in addressing the remaining safety risks in modern, complex railway systems, where these risks are predominantly associated with human performance. Rather than interpreting resilience as a purely theoretical concept, the study defines it as an operational capability embedded in everyday railway operations through the mutually reinforcing processes of monitoring, anticipation, response and learning. It presents a new interpretation of the human factor, views degraded operation as a natural operational state, and discusses the practical implementation of resilience in railway operations. The study concludes that railway safety is achieved not only through the prevention of failures but also through the systematic development of the organisational conditions that enable successful adaptation.

Kulcsszavak: vasútbiztonság; reziliencia; variabilitás; adaptivitás; megbízhatóság; kogníció; terhelés; fáradtság; rendszer; döntés; teljesítmény

Keywords: railway safety; resilience; variability; adaptivity; reliability; cognition; load; fatigue; system; decision; performance

Bevezetés

A vasúti közlekedés napjainkban a legbiztonságosabb közlekedési alágazatok közé tartozik, amely a műszaki fejlődésnek, a részletes szabályozási környezetnek és a többrétegű biztonsági védelmi rendszereknek köszönhető, ugyanakkor a fennmaradó biztonsági kockázatok jellege alapvetően megváltozott. A korszerű biztosítóberendezések, a vonatbefolyásoló rendszerek, az interoperábilis szabályozás és a fejlett biztonságirányítási rendszerek jelentősen csökkentették a klasszikus műszaki eredetű balesetek számát. A biztonsági teljesítmény javulása az elmúlt években tendenciózusan lelassult, miközben a fennmaradó események egyre nagyobb arányban vezethetők vissza a komplex szocio-technikai rendszer működésére, az operatív döntéshozatal sajátosságaira és az emberi tényező variabilitására.

Jelen publikáció egy felépített kutatás negyedik témakörének eredményeit foglalja össze. A korábbi kutatások során elsőként a hazai vasúti baleseti helyzet és a balesetmegelőzés lehetőségeinek rendszerszintű elemzése állt a középpontban, amely rámutatott a proaktív biztonságfejlesztési módszerek növekvő jelentőségére. [1] Ezt követően a jelzőmeghaladások vizsgálata során a

szabályozási környezet, az operatív döntési folyamatok és a humán tényező összefüggéseinek elemzése került előtérbe. [2] A legutóbbi kutatás a reziliencia és a humán megbízhatóság elméleti keretében értelmezte a hazai vasúti eseményadatokat és arra a következtetésre jutott, hogy a korszerű műszaki és szabályozási védelmi rendszerek mellett fennmaradó reziduális kockázatok döntően az emberi működés variabilitásából és a komplex rendszerek alkalmazkodási folyamataiból erednek. [3]

A nemzetközi szakirodalomban egyre nagyobb hangsúlyt kap a hagyományos, hibaközpontú Safety-I megközelítés és a sikeres működést középpontba állító Safety-II szemlélet közötti különbségtétel. [4] Miközben a reziliencia elméleti alapjai mára széles körben elfogadottá váltak, azok operatív alkalmazása a vasúti közlekedés, kiemelten a vasúti forgalomszabályozás mindennapi gyakorlatában továbbra is kevésbé kidolgozott. Jelentős különbség figyelhető meg a tudományos eredmények és a napi üzemvitel között, különösen a döntéshozatal, a képzés, a szervezeti tanulás és a biztonságirányítás területén.

A hazai szakirodalomban a vasúti rendszer ellenálló képességének és biztonságának vizsgálata több, egymással összefüggő irányban is megjelent. Tóth Bence a magyar vasúthálózat redundanciáját, sérülékenységet és zavarokkal szembeni ellenálló képességét gráfelméleti módszerekkel vizsgálta, elsősorban a hálózat strukturális sajátosságaira és alternatív útvonalaira fókuszálva [5–6]. Lévai Zsolt, Fábos Róbert és Szászi Gábor a vasúti közlekedésbiztonság oktatásának kérdéseit vizsgálva arra helyezték a hangsúlyt, hogy a munkavállalók képzésében a szabályok és utasítások ismerete mellett szükséges-e a biztonság mélyebb összefüggéseinek megjelenítése is [7]. A közelmúltban Szabó András a vasúti biztonsági kultúra vizsgálatán belül a szervezeti interfészek szerepét és a SafeTrack módszer alkalmazását elemezte [8]. E kutatások azt mutatják, hogy a hazai vasúti biztonságstudományban egyre nagyobb figyelem irányul a műszaki és hálózati tényezőkön túl a szervezeti, humán és kulturális összetevőkre is. Jelen tanulmány ehhez a kutatási irányhoz kapcsolódva a rezilienciát nem önálló hálózati vagy szervezeti tulajdonságként, hanem az operatív működésben megjelenő alkalmazkodási képességek integrált rendszerében értelmezi, különös tekintettel a monitorozás, az anticipáció, a reagálás, a tanulás és az adaptív döntéshozatal kapcsolatára.

1. Konvencionális biztonsági megközelítés

A konvencionális biztonsági megközelítés hatékonysága nem vitatható, azonban a modern, komplex vasúti rendszerekben fennmaradó reziduális kockázatok új szemléletű értelmezést tesznek szükségessé. A fejezet célja a hagyományos biztonsági modell alapelveinek és korlátainak áttekintése, megalapozva a reziliencia operatív megközelítésének bemutatását.

1.1 Hibaközpontú biztonsági szemlélet

A vasúti közlekedés biztonságának fejlődése szorosan összefonódik a közlekedési rendszerek komplexitásának növekedésével. A XIX. század első felében a vasúti balesetek döntő többsége műszaki meghibásodásokra, hiányos szabályozásra vagy az üzemeltetés kezdetlegességére volt visszavezethető. A vasúthálózat bővülésével, a vonatforgalom sűrűsödésével és a sebesség növekedésével párhuzamosan egyre nagyobb hangsúlyt kapott a balesetek megelőzését szolgáló műszaki és szervezeti megoldások fejlesztése. Ennek eredményeként fokozatosan kialakult az a biztonsági szemlélet, amely a nem kívánt események megelőzését, a hibák feltárását és azok ismételt bekövetkezésének megakadályozását tekintette elsődleges célnak. [4]

A szakirodalomban később Safety-I megközelítésként definiált iskola alapvetése, hogy a biztonság a nem kívánt események hiányával jellemezhető, ezért a biztonság növelésének elsődleges eszköze a baleseteket kiváltó okok azonosítása, a hibák kiküszöbölése és a szabályozási, illetve műszaki védelmi rendszerek folyamatos fejlesztése. Ebben az értelmezésben a balesetek a rendszer normál működésétől való eltéréseinek következményei, amelyek megfelelő elemzéssel és korrekciós intézkedésekkel megelőzhetők. A biztonság fejlesztése így alapvetően reaktív folyamatként jelenik meg: minden bekövetkezett esemény újabb tapasztalatot jelent, amely a szabályozási környezet vagy a műszaki rendszer továbbfejlesztését ösztönzi. [9] A vasúti közlekedési rendszer sajátosságai különösen kedveztek ezen megközelítés alkalmazásának. A kötöttpályás közlekedés determinisztikus működése, a magas fokú szabályozottság, a biztosítóberendezések fejlődése és a több egymásra épülő biztonsági védelmi réteg kialakítása lehetővé tette, hogy a korábban gyakori műszaki eredetű balesetek száma jelentősen csökkenjen. A Safety-I szemlélet eredményei vitathatatlanok: a korszerű vasúti rendszerek

biztonsági szintje történelmi léptékben soha nem volt olyan magas, mint napjainkban. A modern vasút biztonsági kultúrájának alapjait ma is döntően ez a megközelítés határozza meg, amely továbbra is nélkülözhetetlen eleme a biztonságirányítási rendszereknek. A technikai fejlődés és a szabályozási környezet folyamatos erősödése következtében a fennmaradó biztonsági kockázatok természete fokozatosan megváltozott. A biztonsági teljesítmény további javítása már egyre kevésbé érhető el kizárólag újabb műszaki vagy szabályozási intézkedésekkel, ami szükségessé tette a biztonság hagyományos értelmezésének újragondolását. [10]

1.2 A szabályozás és a műszaki védelem dominanciája

A Safety-I szemlélet gyakorlati megvalósulása a vasúti szegmensben elsősorban a részletes szabályozási rendszerre és az egymásra épülő műszaki védelmi rétegekre támaszkodik. A közlekedési folyamatokat jogszabályok, végrehajtási utasítások és technológiai előírások szabályozzák, miközben a biztosítóberendezések, a vonatbefolyásoló rendszerek és más automatikus biztonsági funkciók folyamatosan felügyelik azok végrehajtását. A vasútbiztonság egyetlen védelmi elem helyett egymást kiegészítő, redundáns biztonsági rétegek együttes működésére épül.

A szabályozás és a műszaki védelem kölcsönösen erősítik egymást. A biztosítóberendezések kizárják az egymással össze nem egyeztethető, biztonságkritikus vágányutak beállítását, a vonatbefolyásoló rendszerek ellenőrzik a járművezető jelzésekövető tevékenységét, míg műszaki meghibásodás esetén az üzemviteli szabályok biztosítják a közlekedés fenntartását degradált körülmények között. A biztonságirányítási rendszerek működésének fontos eleme a bekövetkezett események kivizsgálása is, amelynek célja nem a felelősség megállapítása, hanem a kiváltó okok feltárása és a hasonló események megelőzése. A műszaki meghibásodásokból eredő súlyos balesetek száma jelentősen csökkent, miközben a biztonsági funkciók automatizálása tovább növelte a rendszer megbízhatóságát. A konvencionális biztonsági modell tehát napjainkban is a vasúti biztonság fundamentuma. A technikai és szabályozási védelem fejlődésével egyre nagyobb arányban jelennek meg olyan események, amelyek már nem magyarázhatók kizárólag műszaki hibával vagy a humánerőforrás részéről történő szabályszegéssel. A fennmaradó kockázatok megértéséhez szükséges a rendszer működésének és az operatív döntéshozatal folyamatának vizsgálata is, amely túlmutat a hagyományos biztonsági megközelítés keretein.

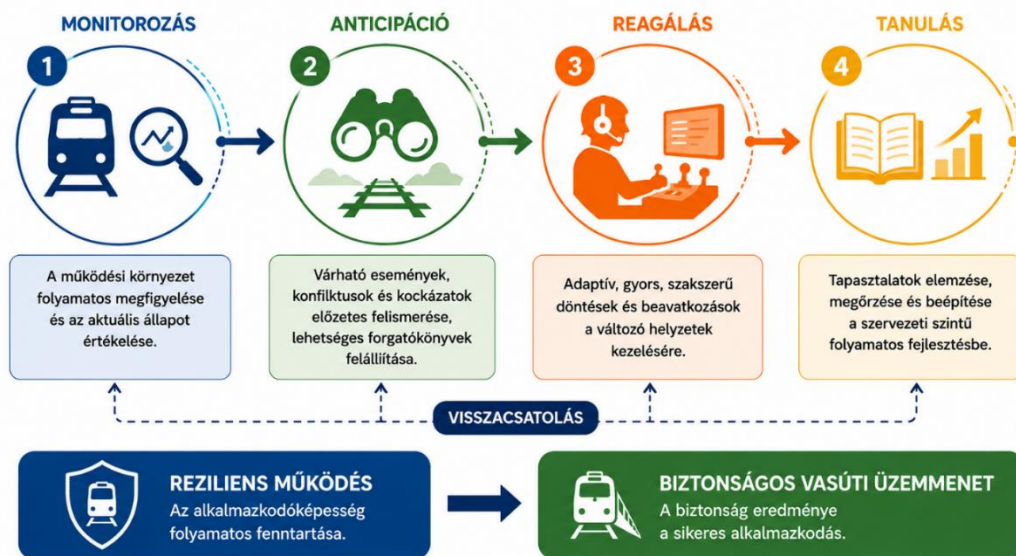
1.3 A konvencionális biztonsági megközelítés korlátai

A konvencionális biztonsági szemlélet a vasút biztonsági szintjének kialakításában és garantálásában napjainkban is meghatározó szerepet tölt be, azonban alkalmazhatóságának határai a modern, komplex szocio-technikai rendszerekben egyre markánsabban kirajzolódnak. A biztonsági szint emelkedésével párhuzamosan a fennmaradó események jellege is megváltozott: míg korábban elsősorban a már említett műszaki meghibásodások és szabályozási hiányosságok okoztak baleseteket, napjainkban a reziduális kockázatok döntő része a rendszer összetettségéből és az emberi döntéshozatal változékonyságából ered. A Safety-I megközelítés alapvetően feltételezi, hogy a rendszer működése előre modellezhető, a nem kívánt események pedig egyértelmű ok-okozati összefüggések mentén értelmezhetők. A vasúti üzem dinamikus működési környezet, amelyben a végrehajtószolgálati személyzet tagjai rendszeresen olyan helyzetekkel találkoznak, amelyekre sem a szabályozás, sem a technikai rendszerek nem képesek teljes körű választ adni. [4, 11]

A szabályozás szükségszerűen általános érvényű, míg az operatív működés mindig konkrét és egyedi. A forgalmi helyzetek, a műszaki állapotok és a környezeti feltételek olyan kombinációkat hozhatnak létre, amelyek kezeléséhez a szabályok ismerete önmagában nem elegendő. A biztonság ilyenkor már a helyzetfelismerésen, a szabályok célorientált alkalmazásán és az adaptív döntéshozatalon múlik. Ez rámutat a formális és a tényleges biztonság közötti különbségre: a szabályozási megfelelés önmagában nem garantálja a biztonságos működést, ha a rendszer nem képes alkalmazkodni a változó feltételekhez. A konvencionális biztonsági megközelítés legfontosabb korlátja nem abból fakad, hogy a módszer eredménytelen lenne, hanem éppen abból, hogy a műszaki és szabályozási eredetű kockázatok jelentős részét már sikeresen kezelte. Ebből adódóan a biztonság további fejlesztése elsősorban nem újabb szabályok vagy technikai védelmi rétegek létrehozásától, hanem a rendszer működésének mélyebb megértésétől várható.

2. A reziliencia operatív értelmezése

A reziliencia a biztonságstudományban a rendszer azon képességét jelenti, hogy változó működési feltételek mellett is képes fenntartani a biztonságos és eredményes működését. A vasúton ez a képesség nem kizárólag rendkívüli események során jelenik meg, hanem a mindennapi operatív működés természetes részét képezi. Jelen tanulmányban a rezilienciát a vasúti üzem napi gyakorlatában megjelenő működési képességeként értelmezzük, amely a folyamatos monitorozás, az előrejelzés (anticipáció), az adaptív reagálás és a szervezeti tanulás egymást kölcsönösen erősítő folyamatai révén valósul meg. A képességek operatív összefüggéseit és egymásra épülő kapcsolatát az 1. ábra szemlélteti.



1. ábra: Reziliens vasúti működés operatív modellje

Forrás: saját szerkesztés

2.1 Monitorozás

A reziliens működés első alapvető képessége a működési környezet folyamatos monitorozása. A vasúti közlekedésben ez nem egyszerű adatfigyelést jelent, hanem a biztonságos üzemvitelt befolyásoló információk folyamatos komplex értelmezését és az összefüggések felismerését. Az operatív – végrehajtó szolgálati – szereplők feladata annak nyomon követése, hogy mi történik a rendszerben, továbbá annak felismerése is, hogy az egyes események milyen hatással lehetnek a közlekedési folyamatok biztonságára. A napi vasútüzemben a forgalmi szolgálattevők, a központi forgalomirányítók és a mozdonyvezetők (továbbiakban: operatív személyzet) egyidejűleg követik a vonatforgalom alakulását, a biztosítóberendezések állapotát, a menetrendi eltéréseket, az infrastruktúra korlátozásait és a külső körülményeket. A monitorozás értéke nem az információk mennyiségében, sokkal inkább azok együttes értelmezésében rejlik. Egy kisebb késés, egy ideiglenes sebességhatárzás vagy egy biztosítóberendezési rendellenesség önmagában még nem feltétlenül jelent biztonsági kockázatot, együttesen azonban alapvetően befolyásolhatják az operatív döntéshozatalt.

Erre tipikus forgalmi helyzet: egy néhány perces vonatkésés önmagában nem igényel rendszerszintű beavatkozást. Ha azonban ezzel egyidejűleg ideiglenes sebességhatárzás van érvényben, a szomszéd állomás telített és ellenirányú vonat is várható, az operatív szereplőknek már a következő időszak teljes forgalmi helyzetét újra kell értékelniük. A monitorozás jelentősége tehát az egyes adatok önálló értelmezésén túlmenően azok kapcsolatának felismerésén alapul. A monitorozás folyamatos helyzetértékelés, amely lehetővé teszi a változások időben történő felismerését és megalapozza a későbbi operatív döntéseket.

2.2 Anticipáció

A monitorozás szükséges, de nem elegendő a biztonság és a működés megbízhatóságának fenntartásához. A reziliens működés alapvető feltétele annak felismerése, hogy a jelenlegi működési állapotból milyen jövőbeni események, konfliktusok vagy kockázatok következhetnek. Ezt a képességet

nevezi a szakirodalom anticipációnak. A vasúton az operatív döntések jelentős része nem az aktuális helyzet kezelésére, hanem proaktív módon a várható események megelőzésére irányul. A biztonság garantálása a jelen helyzet pontos értelmezésén túl a működési folyamatok előrelátását is megköveteli. Az anticipáció nem klasszikus értelemben vett előrejelzés, mert a vasúti működés számos bizonytalanságot hordoz. Az operatív személyzet feladata sokkal inkább annak folyamatos mérlegelése, hogy az aktuális információk alapján milyen események valószínűsíthetők és ezek milyen hatással lehetnek a biztonságos közlekedésre. A szakmai tapasztalat, a helyismeret és a korábbi üzemviteli tapasztalatok együttesen teszik lehetővé, hogy az operatív döntéshozók a jelenlegi helyzet megfelelő értelmezése mellett annak várható következményeit is értékelni tudják.

Jellemző példa erre a központi forgalomirányításban (KÖFI) dolgozó forgalomirányító tevékenysége. Egy késést szenvedő személyszállító vonat közlekedése önmagában nem feltétlenül igényel beavatkozást, ugyanakkor az irányító már jóval a konfliktus kialakulása előtt felismerheti egy későbbi keresztezés vagy előztetés problémáját. Az anticipáció lényege ilyenkor nem a már kialakult helyzet kezelése, sokkal inkább annak megelőzése olyan forgalomszervezési döntésekkel, amelyek a várható hálózati hatásokat is figyelembe veszik. A sikeres döntés gyakran percekkel vagy akár órákkal megelőzi azt az eseményt, amelynek bekövetkezését végül sikerül elkerülni. Az anticipáció jelentősége különösen a komplex, egymásra épülő vasúti folyamatokban kerül fókuszba. Egyetlen forgalmi zavar rövid idő alatt a hálózat távolabbi pontjain is kapacitási problémákat, menetrendi konfliktusokat vagy többletterhelést idézhet elő. A reziliens működés egyik alapvető feltétele annak felismerése, hogy a helyi döntések milyen rendszerhatásokkal járnak. A monitorozás eredményeire épülő anticipáció lehetővé teszi, hogy az operatív munkatársak a biztonságot veszélyeztető folyamatokat még azok kibontakozása előtt felismerjék és preventíven kezeljék.

2.3 Reagálás

A monitorozás és az anticipáció csak akkor járul hozzá a biztonság és a működés megbízhatóságának fenntartásához, ha azok eredményei megfelelő operatív döntésekké alakulnak. Ezt a képességet nevezzük a reziliencia-elméletben reagálásnak. A vasúti közlekedésben a reagálás olyan operatív döntéshozatali folyamat, amelynek célja a rendszer biztonságos működtetése a folyamatosan változó feltételek mellett. A döntések értékét nem kizárólag az határozza meg, hogy megfelelnek-e az előírásoknak, hanem az is, hogy képesek-e biztosítani a rendszer biztonságát és működőképességét. Az operatív irányítás során a döntések gyakran időnyomás alatt, hiányos vagy folyamatosan változó információk birtokában születnek. Az operatív személyzetnek olyan helyzeteket kell kezelnie, amelyekre a szabályozás ugyan keretet biztosít, a konkrét körülmények azonban egyedi mérlegelést igényelnek. A biztonság garantálása ilyen esetben a szabályok ismeretén, azok céljának helyes értelmezésén, a helyzet komplex értékelésén és a legkedvezőbb döntés meghozatalán múlik.

Jól szemlélteti ezt egy biztosítóberendezési meghibásodás kezelése, amely során a technikai védelem egy része kieshet vagy korlátozottan működhet, a közlekedés biztonságát azonban továbbra is fenn kell tartani. Az operatív személyzet ilyenkor folyamatos információcserével és összehangolt döntésekkel alkalmazkodik a kialakult helyzethez. A biztonságot a szabályok létezésén túlmenően azok szakszerű alkalmazása, a helyzet folyamatos újraértékelése és az operatív döntések összehangolása biztosítja. A reagálás ebben az értelemben nem rendkívüli intézkedést, hanem a rendszer biztonsági céljának következetes fenntartását jelenti degradált működési környezetben. A reziliens működés szempontjából a reagálás nem kivételes tevékenység, hanem a mindennapi vasútüzem része, amely lehetővé teszi a rendszer biztonságos működtetését változó körülmények között.

2.4 Tanulás

A reziliens működés negyedik alapvető képessége a tanulás, amely biztosítja, hogy a rendszer a működés során szerzett tapasztalatokat beépítse későbbi döntéseibe, szabályozási folyamataiba és szervezeti működésébe. A hagyományos biztonsági megközelítésben a tanulás elsődleges forrását reaktív módon a bekövetkezett balesetek, rendkívüli események és üzemzavarok elemzése, azok alapján alkotott új vagy módosított szabályok, előírások kimutatható elsajátítása jelenti. Ez a megközelítés továbbra is nélkülözhetetlen eleme a vasútbiztonságnak, ugyanakkor a rendszer működésének csupán egy szűk szeletét képes megmagyarázni. A vasúti közlekedés mindennapjait döntően a sikeresen kezelt operatív helyzetek jellemzik. Naponta több ezer olyan döntés születik, amely lehetővé teszi a biztonságos közlekedés fenntartását anélkül, hogy ezek eseményvizsgálatok részévé válnának. A forgalmi

konfliktusok feloldása, a késések továbbterjedésének megakadályozása vagy a műszaki meghibásodások következményeinek mérséklése olyan sikeres operatív beavatkozások, amelyek többnyire láthatatlanok maradnak a hagyományos biztonsági elemzések számára. A reziliencia-elmélet ezért a szervezeti tanulást szélesebb összefüggésben értelmezi. A tanulás a hibákból levont következtetések mellett azoknak a tapasztalatoknak a szervezeti hasznosítását is magába foglalja, amelyek hozzájárulnak a sikeres működés fenntartásához. A szervezet számára így fontos kérdés, hogy miért következett be egy esemény, de az is, hogy miért nem következett be. [11]

3. Humán tényező új értelmezése

A vasútbiztonság hagyományos megközelítésében a humán tényező elsősorban a hibák és a nemkívánatos események lehetséges forrásaként jelenik meg. A reziliencia-alapú szemlélet ezzel szemben abból indul ki, hogy ugyanazok az emberi képességek, amelyek bizonyos körülmények között hibákhoz vezethetnek, a mindennapi működés során a rendszer alkalmazkodóképességének és biztonságának meghatározó tényezői is. A fejezet célja annak bemutatása, hogy a humán tényező a reziliens vasúti rendszerben nem elsősorban kockázati tényezőként, hanem az alkalmazkodóképesség aktív hordozójaként értelmezhető.

3.1 Humán variabilitás és adaptív kapacitás

A konvencionális biztonsági szemléletben a humán variabilitás elsősorban a hibák lehetséges forrásaként jelenik meg, ezért a szabályozás célja hosszú időn keresztül az emberi döntésekből fakadó eltérések minimalizálása volt. A humán variabilitás nem kizárólag kockázati tényező, hanem a rendszer adaptív működésének alapvető feltétele. A vasúti közlekedés operatív működése ritkán ismétlődik azonos feltételek mellett. A menetrendi eltérések, a műszaki meghibásodások, az időjárási körülmények vagy az infrastruktúra korlátozásai folyamatosan új döntési helyzeteket teremtenek. A szabályozás ezekhez keretet biztosít, azonban nem képes minden lehetséges helyzetet előre meghatározni, ezért az operatív munkavállalók szakmai tapasztalatukra, helyzetfelismerő képességükre és ítélőképességükre támaszkodva alkalmazkodnak az aktuális körülményekhez. [11]

A humán variabilitás a gyakorlatban azt jelenti, hogy ugyanazon működési helyzet többféle, egyaránt biztonságos megoldást is lehetővé tehet. Egy forgalmi szolgáltató például egy késéssel közlekedő vonat keresztezésének megszervezésekor elsődlegesen a menetrendi kapcsolatok biztosítását, míg egy másik a késések hálózati eszkalálódásának mérséklését tekintheti elsődleges szempontnak. Amennyiben döntéseik a rendelkezésre álló információk alapján a rendszer biztonságos működését szolgálják, mindkét megoldás szakmailag megalapozottnak tekinthető. A variabilitás tehát nem önkényes eltérést, hanem a biztonsági célok eltérő, de egyaránt megfelelő megvalósítását jelenti. A reziliencia szempontjából az ember feladata az, hogy a változó körülményekhez alkalmazkodva is fenntartsa a rendszer biztonságát. A humán variabilitás ilyen értelmezése alapvető szemléletváltást jelent: a biztonság fejlesztésének célja az emberi eltérés (tévedés, mulasztás) megszüntetése mellett az adaptív szakmai működés tudatos támogatása.

3.2 Lokális racionalitás és operatív döntéshozatal

A hagyományos biztonsági szemlélet a bekövetkezett események elemzése során gyakran abból indul ki, hogy az operatív szereplők eltértek a helyes döntéstől és ez vezetett a nemkívánatos következményekhez. A reziliencia-alapú szemlélet ezzel szemben azt vizsgálja, hogy az adott döntés miért tűnt helyesnek annak meghozatalakor. Sidney Dekker lokális racionalitás elmélete szerint az emberi döntések kizárólag a döntés időpontjában rendelkezésre álló információk, a környezeti feltételek és az aktuális működési helyzet ismeretében értelmezhetők. [10] A vasúti operatív működés során a döntések rendszerint hiányos és folyamatosan változó információk birtokában születnek. Az operatív személyzet egyszerre mérlegeli a rendelkezésre álló adatokat, az időkorlátokat, a műszaki feltételeket, a menetrendi helyzetet és a biztonsági előírásokat. A döntés racionalitása mindig az adott helyzethez kötődik és utólag nem ítéltető meg olyan információk alapján, amelyek a döntés időpontjában még nem álltak rendelkezésre.

A lokális racionalitás elve arra hívja fel a figyelmet, hogy a biztonság fejlesztésének az egyéni döntések utólagos minősítése helyett azok működési környezetének megértésére kell épülnie. A reziliencia-alapú

gondolkodás ezért nem azt kérdezi, hogy „ki hibázott?“, hanem azt, hogy „miért volt ez a legésszerűbb döntés az adott helyzetben?“.

3.3 Kognitív terhelés és fáradtság a reziliens működésben

A vasút biztonsága szempontjából az operatív döntéshozatal minőségét jelentősen befolyásolja az emberi információfeldolgozás korlátozott kapacitása. Az operatív személyzet tagjai egyszerre nagyszámú információt dolgoznak fel, azok összefüggéseit értékelik, miközben döntéseiket gyakran időnyomás alatt hozzák meg. A reziliens működés szempontjából a döntéshozók felkészültségén túl az is meghatározó, hogy a szervezeti és technikai környezet milyen mértékben támogatja munkájukat. A kognitív terhelés és a fáradtság a vasúti üzem természetes velejárói. A fordulószolgálatos munkarend, a 12 órás munkaidő-beosztás, az éjszakai munkavégzés, a rendszeres túlóra, a tartós koncentráció és a váratlan üzemviteli helyzetek egyaránt növelik a mentális terhelést. A reziliencia-alapú értelmezés nem azt vizsgálja, miként szüntethető meg a terhelés, hanem azt, hogyan alakítható ki olyan munkakörnyezet, amelyben az operatív munkavállalók megnövekedett terhelés mellett is képesek biztonságos döntéseket hozni.

Különösen jól megfigyelhető ez egy éjszakai szolgálatban. Egy biztosítóberendezési rendellenesség, egy késéssel közlekedő vonat és a szomszéd állomásokkal folytatott folyamatos kommunikáció egyszerre jelentkezik, miközben a döntések meghozatalára csak néhány perc, esetenként néhány másodperc áll rendelkezésre. A biztonság fenntartását ilyenkor a szakmai felkészültség mellett az áttekinthető információk, megfelelő döntéstámogató eszközök és a felesleges kognitív terhelést mérséklő munkaszervezési feltételek biztosítása garantálja. A reziliens vasúti rendszer a hibák megelőzése mellett tudatosan támogatja az operatív döntéshozatalt. Ennek eszközei lehetnek a döntéstámogató informatikai rendszerek, a korszerű szolgálatszervezés, a fáradtságkezelési programok és a folyamatos kompetenciafejlesztés. A humán teljesítőképesség támogatása ezért a vasútbiztonság stratégiai elemévé válik azon alapvetésnek megfelelően, mely szerint a humán tényező nem a biztonság korlátja, hanem annak feltétele.

4. Degradált működés a normál üzemben

A vasúti közlekedés hagyományos biztonsági szemlélete a degradált működést többnyire rendkívüli állapotként értelmezi, amely átmenetileg eltér a normál üzemviteltől. A mindennapi vasútüzem gyakorlata azonban azt mutatja, hogy kisebb-nagyobb működési korlátozások, technikai zavarok, menetrendi eltérések és egyéb üzemviteli kihívások folyamatosan jelen vannak a rendszerben. Ezért a reziliencia-alapú megközelítés a degradált működést a vasúti rendszer természetes működési állapotaként értelmezi, amelyben a biztonságot a rendszer alkalmazkodóképessége biztosítja.

4.1 Degradált működés

A vasúti rendszerben a degradált működést hagyományosan olyan rendkívüli állapotként értelmezik, amely valamely műszaki meghibásodás, üzemzavar vagy külső hatás következtében eltér a normál működési feltételektől. Ez a megközelítés szabályozási szempontból indokolt, az operatív működés valóságát azonban csak részben tükrözi. A napi vasútüzem tapasztalatai azt mutatják, hogy a közlekedési rendszer szinte folyamatosan különböző mértékű működési korlátozások, eltérések és bizonytalanságok között működik, amelyek kezeléséhez az operatív döntéshozóknak folyamatosan alkalmazkodniuk kell. A degradált működés nem kizárólag a biztosítóberendezések meghibásodásához vagy rendkívüli eseményekhez kapcsolódhat. Ide sorolhatók a menetrendi késések, az ideiglenes sebességkorlátozások, a vágányzárak, a járműhibák, a kedvezőtlen időjárási körülmények és a forgalmi kapacitás átmeneti csökkenése. Ezek önmagukban többnyire nem veszélyeztetik a közlekedés biztonságát, ugyanakkor módosítják a rendszer működési feltételeit és új döntési helyzeteket teremtenek.

Jó példa erre egy fővonalon kialakuló forgalmi szituáció, amely során egy ideiglenes sebességkorlátozáshoz néhány perces késések, majd egy járműhiba és egy rövid ideig fennálló vágányzár társul. Egyik körülmény sem tekinthető önmagában rendkívüli eseménynek, együttes hatásuk azonban jelentősen módosítja a forgalom lebonyolításának feltételeit. Az operatív személyzet feladata elsődlegesen a biztonságos közlekedés fenntartása a rendelkezésre álló feltételek mellett. A korábban bemutatott működési logika alapján ez nem kivételes állapot, hanem a rendszer alkalmazkodási képességének egyik természetes megnyilvánulása.

4.2 Rendszerhatárok

A vasúti közlekedési rendszer működése műszaki, szervezeti és emberi korlátok között valósul meg. Az infrastruktúra kapacitása, a biztosítóberendezések állapota, a járművek műszaki jellemzői, a menetrendi kötöttségek és az emberi teljesítőképesség együttesen határozzák meg azt a működési tartományt, amelyen belül a közlekedés biztonságosan fenntartható. A reziliencia-alapú szemlélet szerint a biztonság nem ezen korlátok megszüntetéséből, hanem azok folyamatos felismeréséből és kezeléséből fakad. A napi vasútüzemben az operatív döntéshozók rendszeresen olyan helyzetekkel találkoznak, amikor a rendelkezésre álló kapacitás csökken, a menetrendi eltérések növekednek vagy műszaki meghibásodás szűkíti a rendszer működési tartományát. Ilyenkor a cél annak biztosítása, hogy a közlekedés a megváltozott feltételek mellett is biztonságosan lebonyolítható legyen.

Jó példa erre az egyvágányú közlekedés ideiglenes bevezetése egy kétvágányú pályaszakaszon. A csökkent pályakapacitás mellett a forgalmi szolgálattevőknek és a központi forgalomirányítóknak folyamatosan mérlegelniük kell a vonattalálkozások helyét, a vonatok sorrendjét és a késések eszkalálódását. A cél ilyen szituációban nem a menetrend teljes helyreállítása, hanem a biztonságos és kiszámítható közlekedés fenntartása. A reziliens működés lényege, hogy az operatív döntéshozók folyamatosan érzékelik a rendszer teljesítőképességének határait és döntéseiket ezek figyelembevételével hozzák meg.

4.3 Alkalmazkodás és működés

A vonatközlekedés biztonságos lebonyolítása a mindennapi üzem során folyamatos alkalmazkodást igényel a végrehajtószolgálati személyzettől. A menetrendi eltérések, a műszaki meghibásodások, az infrastruktúra korlátozásai vagy a külső környezeti hatások rendszeresen olyan helyzeteket teremtenek, amelyekben a szabályozás önmagában nem elegendő. A reziliens működést az előre meghatározott megoldások, szcenáriók mechanikus végrehajtása helyett az jelenti, hogy az operatív szereplők a szakmai szabályok keretei között képesek alkalmazkodni a változó körülményekhez és helyzetfüggő döntésekkel, intézkedésekkel fenntartani a rendszer biztonságos működését.

Jól szemlélteti ezt egy olyan helyzet, amikor egy fővonalon bekövetkező frekventált váltó meghibásodása miatt egy állomás forgalmi technológiáját rövid idő alatt operatív módon át kell szervezni. A vonatok közlekedési sorrendje módosulhat, új vonattalálkozási (keresztezési) pontokat kell kijelölni, egyes vonatok várakozhatnak, miközben folyamatos információcsere zajlik a szomszéd állomások forgalomszabályozóival és a mozdonyvezetőkkel. A helyzet kezelése egymásra épülő operatív intézkedések sora, amelyek célja a biztonság garantálása és a forgalom folyamatos lebonyolítása. A siker ilyenkor nem a menetrendi pontosságban, hanem abban mérhető, hogy a rendszer a megváltozott feltételek mellett is biztonságosan működik. A reziliens működés egyik alapfeltétele az operatív munkavállalók közötti hatékony együttműködés. A biztonságot az egyéni döntések minőségén túlmenően a különböző szakterületek tevékenységének összehangolása, annak szintje, megfelelősége és ezáltal a közös helyzetkép kialakítása határozza meg. A napi alkalmazkodás eredménye többnyire láthatatlan marad, mert a sikeresen kezelt működési helyzetek nem jelennek meg a baleseti statisztikákban. A vasúti rendszer folyamatos működését azonban éppen ezek a mindennapi operatív beavatkozások biztosítják.

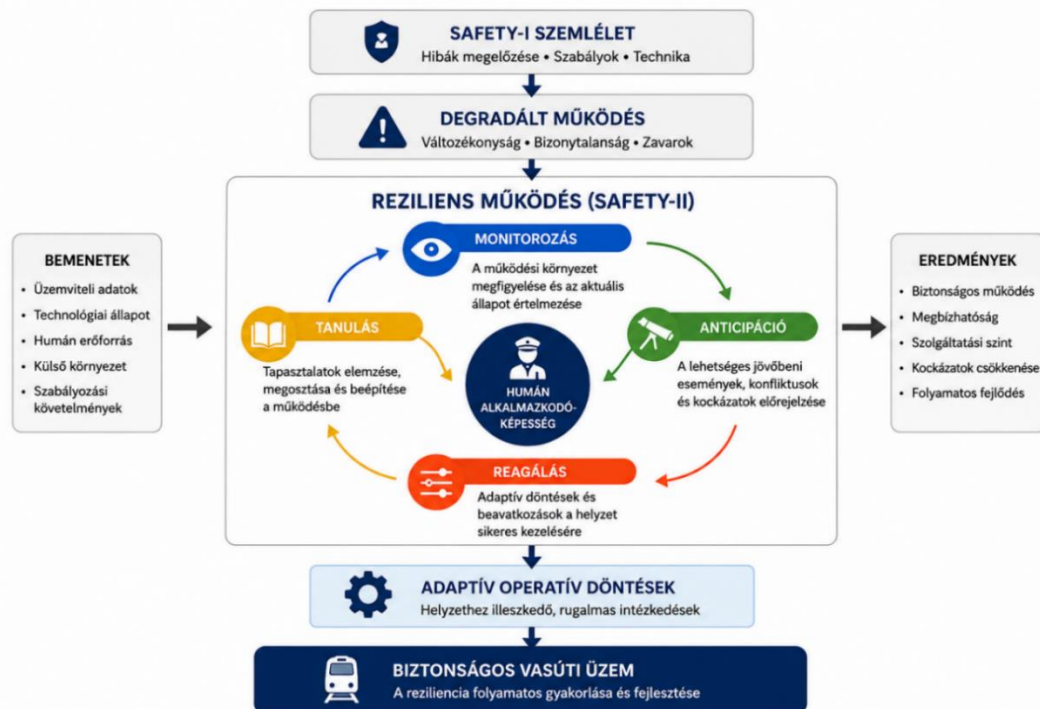
4.4 A sikeres működés láthatatlan oldala

A vasúti közlekedés biztonságának értékelése hagyományosan a bekövetkezett események, balesetek és üzemzavarok elemzésére épül. Ez fontos információkat szolgáltat a rendszer hiányosságairól, ugyanakkor kevés figyelmet fordít a sikeres működés feltételeinek vizsgálatára, vagyis arra, hogy a vasúti rendszer a mindennapi működés során miért képes túlnyomórészt biztonságosan működni. A sikeres működés többnyire azért marad láthatatlan, mert nem eredményez rendkívüli eseményt. A napi vasútüzemben ugyanakkor folyamatosan olyan operatív döntések születnek, amelyek megelőzik a veszélyhelyzetek kialakulását, így értelem szerint nem jelennek meg sem a baleseti statisztikákban, sem az eseményvizsgálatokban.

A biztonság megértéséhez ezért a sikertelen működés elemzése mellett a sikeres alkalmazkodás feltételeit is vizsgálni kell, különösen azt, hogy a rendszer miként képes változó és degradált működési feltételek mellett fenntartani a biztonságos üzemet.

5. A reziliencia operatív implementációja

A reziliencia-alapú biztonsági értelmezés a hagyományos vasútbiztonsági módszerek kiegészítését és továbbfejlesztését célozza. A reziliencia operatív implementációja a tanulmányban bemutatott elméleti összefüggések gyakorlati alkalmazását jelenti. Ennek koncepcionális keretét, valamint a Safety-I szemlélettől a reziliens működésen keresztül a biztonságos vasúti üzemig vezető folyamatot a 2. ábra szemlélteti.



2. ábra: Reziliens vasúti működés folyamatábrája

Forrás: saját szerkesztés

A modell működési logikája szerint a biztonságos vasúti működés nem kizárólag a szabályok és a műszaki védelmi rendszerek megfelelő működésének eredménye. A változó működési környezetben a rendszer folyamatos monitorozása, a lehetséges következmények előrejelzése, az ezekre adott adaptív reagálás, valamint a tapasztalatokból történő tanulás egymással összekapcsolódó folyamatot alkot. A négy képesség együttesen teszi lehetővé, hogy a rendszer a változó és esetenként degradált feltételek között is fenntartsa a biztonságos működést. A modell bemeneti oldalán az aktuális üzemviteli, műszaki, humán és környezeti feltételek jelennek meg, amelyek meghatározzák a rendszer működési környezetét. Ezek folyamatos értékelése a monitorozás, az anticipáció és a reagálás révén adaptív operatív döntésekhez vezet, amelyek eredménye a biztonságos működés fenntartása változó vagy degradált feltételek között. A működés során szerzett tapasztalatok ugyanakkor visszahatnak a rendszer későbbi működésére a tanuláson keresztül, így a modell nem lineáris folyamatot, hanem folyamatos visszacsatolási kört szemléltet.

A következőkben olyan gyakorlati alkalmazási lehetőségek kerülnek fókuszba, amelyek hozzájárulhatnak a reziliencia-alapú szemlélet vasúti biztonságirányítás és az operatív működés mindennapi gyakorlatába történő fokozatos integrációjához.

5.1 Reziliencia a vasúti képzésben

A vasúti rendszer biztonságkritikus munkaköreinek képzése hagyományosan a jogszabályok, utasítások és technológiai előírások elsajátítására épül. Ez a megközelítés továbbra is nélkülözhetetlen, hiszen a biztonságos üzemeltetés alapját a szabályozási környezet ismerete és következetes alkalmazása képezi. Az 1.3 pontban bemutatott összefüggés a képzés területén is megjelenik: a szabályok ismerete önmagában nem elegendő, az operatív szereplőknek olyan helyzetekben is biztonságos döntéseket kell hozniuk, amelyekre a szabályozás nem ad teljes körű választ. Ennek megfelelően a képzésnek a helyzetfelismerés, az anticipáció, az adaptív döntéshozatal és a kockázatértékelés fejlesztésére is

hangsúlyt kell helyeznie, miközben az előírások biztonsági céljának és gyakorlati értelmezésének megértését is biztosítani kell. [11]

A reziliencia fejlesztésének egyik leghatékonyabb eszköze a valós operatív helyzeteken alapuló oktatás. A realisztikus szimulációs gyakorlatok, az összetett forgalmi szituációk elemzése, a rendkívüli események közös feldolgozása és az esettanulmányok alkalmazása fejlesztik a szakmai ítélőképességet, valamint elősegítik a biztonsági döntések mögött álló összefüggések megértését. A gyorsan változó műszaki és szervezeti környezetben a továbbképzés szerepe is felértékelődik. A rendszeres szimulációk, az operatív tapasztalatcserék és a közös szakmai értékelések hozzájárulnak ahhoz, hogy az operatív személyzet alkalmazkodóképessége és készség alapú döntési képessége hosszú távon is fennmaradjon. A reziliens vasúti rendszerben a képzés végső célja – a biztonsági kultúra jegyében – a szabályok ismeretének fejlesztésén túl az önálló, felelős és biztonságtudatos operatív gondolkodás kialakítása.

5.2 Fáradtságmenedzsment

A 3. fejezetben bemutatott humán tényező-értelmezésből következően a teljesítőképesség aktuális állapota a biztonságos működés egyik meghatározó feltétele. Az operatív munkakörökben foglalkoztatott munkavállalók döntéseinek minőségét szakmai felkészültségük és tapasztalatuk mellett aktuális fizikai és mentális állapotuk is befolyásolja. A fordulószovalgálatos munkarend, a 12 órás munkaidő-beosztás, az éjszakai munkavégzés, a rendszeres túlóra, a tartós koncentráció és a váratlan üzemviteli helyzetek növelhetik a kognitív terhelést, ami kedvezőtlenül hathat a helyzetfelismerésre és a döntéshozatalra. A fáradtságmenedzsment reziliencia-alapú megközelítése ezért nem a fáradtság teljes megszüntetésére, hanem hatásainak mérséklésére és a biztonságos teljesítmény fenntartására irányul. Egy korszerű fáradtságmenedzsment rendszer a munka- és pihenőidő szabályozáson túl magába foglalja a cirkadián ritmus figyelembevételét, a szolgálati beosztások tudatos tervezését, a megfelelő regeneráció biztosítását és a döntéstámogató rendszerek alkalmazását. [11]

A fáradtság hatásai különösen jelentősek lehetnek éjszakai szolgálatban, illetve olyan munkakörnyezetben, ahol az alacsonyabb éberségi szinthez váratlan és időkritikus döntési helyzetek társulnak. A reziliens szervezet feladata ilyenkor elsősorban olyan munkafeltételek kialakítása, amelyek támogatják a biztonságos döntéshozatalt. A humán teljesítőképesség támogatása ezért nem csupán munkaegészségügyi kérdés, hanem a vasútbiztonság stratégiai eleme: a reziliencia-alapú fáradtságmenedzsment célja olyan működési feltételek kialakítása, amelyek az ember aktuális teljesítőképességéhez igazodva támogatják a biztonságos működést.

5.3 Döntéstámogatás

A vasúti közlekedés biztonságos működése egyre összetettebb információs környezetben valósul meg. Az operatív szereplőknek egyidejűleg kell figyelemmel kísérniük a vonatforgalmat, az infrastruktúra állapotát, a biztosítóberendezések visszajelzéseit, a menetrendi eltéréseket és a különböző kommunikációs csatornákon érkező információkat. A digitalizáció következtében az elérhető adatmennyiség folyamatosan növekszik, mindazonáltal a biztonság szempontjából nem az információ volumene, hanem annak értelmezhetősége és időszerűsége a meghatározó. A reziliencia-alapú megközelítésben a döntéstámogató rendszerek célja az operatív döntések támogatása, vagyis annak biztosítása, hogy a megfelelő információ a megfelelő időben és megfelelő formában, strukturáltan álljon a döntéshozó rendelkezésére. Az operatív döntés továbbra is a szakember feladata, akit a technológia megbízható és releváns információkkal támogat.

Tipikus alkalmazási helyszín a már említett nagy forgalmú központi forgalomirányító központ, ahol az egyidejű késések, ideiglenes sebességkorlátozások, biztosítóberendezési zavarok és járműhibák esetén a döntéstámogató rendszerek képesek előre jelezni egyes intézkedések várható hálózati hatásait, megjeleníteni a kritikus konfliktuspontokat és kiemelni a biztonság szempontjából lényeges információkat. A végső döntést tehát továbbra is az operatív szakember hozza meg, aki a helyi sajátosságokat és a pillanatnyi körülményeket is mérlegelni tudja. A döntéstámogatás fejlesztése során kiemelt figyelmet kell fordítani az ember és a technológia együttműködésére. A korszerű rendszerek feladata az információk szűrése, prioritizálása és áttekinthető megjelenítése, nem pedig az információs terhelés növelése. A reziliens vasúti rendszerben a döntéstámogatás az emberi alkalmazkodóképességet erősítő funkció, amely akkor szolgálja legjobban a biztonságot, ha segíti – és nem helyettesíti – az operatív döntéshozatalt.

5.4 Szervezeti tanulás

A reziliencia-alapú biztonsági szemléletben a szervezeti tanulás túlmutat a balesetekből és rendkívüli eseményekből levont következtetések megismerésén. Bár az eseményvizsgálatok továbbra is nélkülözhetetlenek, önmagukban nem adnak teljes képet a rendszer működéséről. A hibaközpontú (Safety-I) szervezet a sikeres működés tapasztalatait is tudatosan elemzi és beépíti a mindennapi gyakorlatába. [11]

A vonatforgalom szabályozása során naponta több ezer olyan operatív döntés születik, amely lehetővé teszi a biztonságos működést rendkívüli esemény bekövetkezése nélkül. Egy sikeresen átszervezett forgalmi technológia, egy időben felismert konfliktushelyzet vagy egy megfelelően kezelt műszaki rendellenesség ugyanúgy értékes tanulási lehetőséget jelenthet, mint egy baleset elemzése. A szervezetnek nemcsak azt kell vizsgálnia, hogy mi ment rosszul, hanem azt is, hogy mi működött jól és miért. Ennek egyik hatékony eszköze lehet a jelentősebb operatív helyzeteket követő strukturált szakmai értékelés, amelynek célja a felelősség megállapítása helyett a sikeres döntések és alkalmazott megoldások feltárása, valamint megosztása. Mindez csak bizalomra épülő szervezeti kultúrában működhet, ahol a tapasztalatok megosztását a közös tanulás és a biztonság fejlesztése motiválja. A szervezeti tanulásnak a biztonságirányítás szerves részévé kell válnia. A közelmúlt eseményeinek, a sikeresen kezelt operatív helyzeteknek és a jó gyakorlatoknak a rendszeres elemzése hozzájárulhat a szervezet alkalmazkodóképességének erősítéséhez. A reziliens szervezet a hibák kijavítására törekszik és tudatosan fejleszti azokat a működési mintázatokat is, amelyek a mindennapi biztonság alapját jelentik.

5.5 Reziliencia-alapú biztonsági szemlélet implementálása

A reziliencia operatív alkalmazása nem tekinthető a hagyományos vasútbiztonsági szemlélet alternatívájának, sokkal inkább annak továbbfejlesztését és kiegészítését jelenti. A Safety-I megközelítés továbbra is nélkülözhetetlen szerepet tölt be a műszaki követelmények meghatározásában, a szabályozási környezet kialakításában, valamint a balesetek és rendkívüli események kivizsgálásában. A modern vasúti rendszer működésének összetettsége indokoltá teszi olyan szemléleti elemek beépítését is, amelyek a rendszer sikeres működésének feltételeit vizsgálják.

A tanulmányban bemutatott megközelítés alapján a reziliencia operatív implementációja elsősorban nem új szabályok megalkotását igényli, hanem a biztonságról való gondolkodás fokozatos átalakulását. Ennek része a humán tényező adaptív erőforrásként történő értelmezése, a szervezeti tanulás kiterjesztése a sikeresen kezelt működési helyzetek elemzésére, a döntéstámogatás fejlesztése, valamint a képzési rendszerek olyan irányú továbbfejlesztése, amely az operatív döntéshozatal és a helyzetfelismerés kompetenciáit is tudatosan fejleszti. A hazai vasútbiztonsági rendszer számára különösen fontos lehet a Safety-I és a Safety-II szemlélet kiegyensúlyozott integrációja. A szabályozási megfelelőség, a műszaki biztonság és a hatósági felügyelet továbbra is a biztonság alapvető pillérei maradnak, azonban ezek hatékonysága növelhető, ha a szervezetek nagyobb figyelmet fordítanak a mindennapi működés során megjelenő alkalmazkodási folyamatok megértésére is. A reziliencia-alapú megközelítés bevezetése nem egy új biztonsági rendszer kialakítását jelenti, hanem a meglévő rendszer olyan továbbfejlesztését, amely képes kezelni a modern vasúti működés komplexitását. A szemlélet gyakorlati megvalósítása fokozatosan történhet a biztonságirányítási rendszerek, a képzési programok, az operatív döntéstámogatás, valamint a szervezeti tanulási mechanizmusok fejlesztésén keresztül. Kiemelt jelentősége lehet azoknak a módszereknek, amelyek a bekövetkezett események elemzése mellett a sikeresen kezelt működési helyzetek tapasztalatait is képesek rendszerszinten hasznosítani. Ez hozzájárulhat ahhoz, hogy a szervezet ne csak reagáljon a bekövetkezett problémákra, hanem tudatosan fejlessze saját alkalmazkodóképességét is. A reziliencia operatív implementációja a vasútbiztonság szemléletének változását jelenti: annak felismerését, hogy a biztonság a hibák elkerüléséből és a sikeres működés feltételeinek tudatos megteremtéséből és fenntartásából épül fel.

Konklúzió

A kutatás eredményei rámutatnak arra, hogy a modern vasúti közlekedés biztonsága már nem értelmezhető kizárólag a hagyományos, hibaközpontú biztonsági megközelítés keretei között. A műszaki fejlesztések, a részletes szabályozási rendszer és a többrétegű védelmi mechanizmusok

következtében a klasszikus műszaki eredetű kockázatok jelentős része kezelhetővé vált, miközben a fennmaradó – reziduális – biztonsági kockázatok egyre inkább a komplex szocio-technikai rendszer működéséből, valamint az operatív döntéshozatal sajátosságaiból fakadnak. A tanulmány alapján a biztonság fejlesztésének következő lépcsője újabb szabályok vagy technikai védelmi rétegek kialakítása helyett a rendszer alkalmazkodóképességének tudatos fejlesztése. A reziliencia operatív értelmezése alapján a monitorozás, az anticipáció, a reagálás és a tanulás a mindennapi vasútüzem természetes működési képességei. Ennek megfelelően a humán tényező nem a rendszer leggyengébb elemeként, hanem annak legfontosabb adaptív erőforrásaként értelmezhető. Mindez a hazai vasútbiztonság számára is fontos következtetéseket hordoz. A jövő biztonságfejlesztési törekvései várhatóan csak akkor lehetnek eredményesek, ha a hangsúly a bekövetkezett események elemzése mellett egyre nagyobb mértékben a sikeres működés megértésére, az operatív döntési folyamat támogatására, a szervezeti tanulás fejlesztésére és az alkalmazkodóképesség erősítésére helyeződik át. Ez nem jelenti a Safety-I szemlélet feladását, annak kiegészítését irányozza elő egy olyan megközelítéssel, amely képes kezelni a modern vasúti rendszerek összetettségéből fakadó kihívásokat.

A kutatás egyben számos további vizsgálati irányt is kijelöl. Indokoltnak látszik olyan mérési és értékelési módszerek kidolgozása, amelyek a reziliencia operatív jellemzőit, az adaptív döntéshozatal sajátosságait, a humán variabilitás szerepét, valamint a szervezeti tanulás eredményességét objektív módon képesek értékelni. További kutatások szükségesek annak feltárására is, hogy a reziliencia-alapú szemlélet miként építhető be a vasúti biztonságirányítási rendszerekbe, a kompetenciafejlesztésbe, a döntéstámogató rendszerek kialakításába és a humán teljesítményt támogató szervezeti gyakorlatba. A tanulmány célja egy olyan operatív értelmezési keret megalapozása, amely hozzájárulhat a reziliencia-alapú biztonsági megközelítés hazai vasúti alkalmazásának tudományos és gyakorlati továbbfejlesztéséhez. A biztonság nem a szabályok számának, hanem a működés megértésének függvénye.

Irodalomjegyzék

- [1] Kondor B.: Vasútbiztonság mindenek előtt: a vasúti balesetmegelőzés alternatívái. XV. Nemzetközi Közlekedéstudományi Konferencia CoTS, Széchenyi István Egyetem Közlekedési Tanszék & Közlekedéstudományi Egyesület, Győr, 2025, 765-776.
- [2] Kondor B.: Vasútbiztonság: fókuszban a jelzés. Transport Safety Conference TSC, Széchenyi István Egyetem Közlekedési Tanszék & Közlekedéstudományi Egyesület & Magyar Közlekedéstudományi és Logisztikai Intézet, Győr, 2025, 187-196.
- [3] Kondor B.: Vasúti közlekedésbiztonság a humán erőforrás tükrében. Konferencia-előadás XVI. Nemzetközi Közlekedéstudományi Konferencia, Győr, 2026. június 11-12.
- [4] Hollnagel, E.: Safety-I and Safety-II: The Past and Future of Safety Management. CRC Press, Boca Raton, 2014.
- [5] Tóth B.: A magyarországi vasúthálózat zavarainak gráfelméleti alapú vizsgálata. In: Horváth Balázs, Horváth Gábor, Gaál Bertalan (szerk.): Közlekedéstudományi Konferencia, Győr, 2018, 505–519.
- [6] Horváth A., Tóth B.: A magyarországi vasúthálózat támadásokkal szembeni ellenállósága. Hadtudomány, 29. évf., E-szám, 2019, 93–104.
- [7] Lévai Zs., Fábos R., Szászi G.: A vasúti közlekedésbiztonság oktatásának időszerű kérdései. In: Horváth Balázs, Henézi Diána, Döbrentei Balázs (szerk.): Transport Safety Conference, Győr, 2025, 48–55.
- [8] Szabó A.: A biztonsági kultúra vizsgálata a vasúti közlekedésben: a szervezeti interfészek szerepe és a safetrack módszer alkalmazása. Közlekedéstudományi Szemle, 76. évf., 4. sz., 2026, 49–57.
- [9] Reason, J.: Managing the Risks of Organizational Accidents. Ashgate, Farnham, 1997.
- [10] Dekker, S.: Drift into Failure: From Hunting Broken Components to Understanding Complex Systems. Ashgate, Farnham, 2011.
- [11] Hollnagel, E., Pariès, J., Woods, D. D., Wreathall, J. (eds.): Resilience Engineering in Practice: A Guidebook. Ashgate, Farnham, 2011.

A vasúti közlekedés védelmi biztonságának értelmezése a vasúti alaputasítások szabályrendszerének vizsgálatával / An interpretation of railway defence security through an analysis of the regulatory framework of basic railway instructions

Dr. Lévai Zsolt

Közlekedéstudományi és Építésügyi Minőségellenőrző Intézet
levai.zsolt@kti.hu

Kivonat: A vasúti közlekedés védelmi biztonságának kialakítása a védelmi célú intézkedések megtétele mellett közlekedésbiztonsági megoldásokkal is fokozható. A forgalombiztonságot garantáló vasúti alaputasítások célrendszerének vizsgálatával azonosíthatók azok a közlekedésbiztonsági elvek, amelyek meghatározzák a védelmi biztonság értelmezését. Egy védelmi biztonsági intézkedésekkel meg támogatott vasúti közlekedési rendszer működőképessége nagyobb az e nélkül üzemelő rendszernél. Ezért érdemes megvizsgálni, hogy a közlekedés biztonságát elérni hivatott utasítások miként hatnak a védelmi biztonságra. A cikk vizsgálati eredményei a közlekedésbiztonsági színvonal emelése mellett az országvédelem területén is hasznosíthatók.

Abstract: In addition to taking protective measures, the development of the security of railway transport can also be enhanced with traffic safety solutions. By examining the target system of the basic railway instructions guaranteeing operation safety, the traffic safety principles that determine the interpretation of security can be identified. The operability of a railway transport system supported by security measures is greater than that of a system operating without them. Therefore, it is worth examining how the instructions intended to achieve traffic safety affect security. In addition to raising the level of traffic safety, the results of the study can also be utilised in the field of national defence.

Kulcsszavak: közlekedésbiztonság; vasúti közlekedés; vasúti utasítások; védelmi biztonság; országvédelem

Keywords: traffic safety; railway transportation; railway instructions; defence security; national defence

Bevezetés

A technológia fejlődése a 20. századra lehetővé tette a vasúti közlekedés sebességének jelentős emelését, így a vonatok egyre nagyobb sebességgel közlekedtek és egyre nagyobb távolságot tudtak megtenni, ezért a szállításban megerősödött az alágazat szerepe. A vasút azonban nem csak polgári közlekedési szükségleteket elégít ki, hanem szerves része egy ország védelmi képességének is azáltal, hogy biztosítja a szükséges katonai mozgások lebonyolítását. E kettős szerep miatt az alágazat működőképessége és annak fenntarthatósága alapvető (nemzet)biztonsági kérdés. Ugyancsak e kettős szerepből származtatható a szektor biztonsági rendszere is. A polgári oldalon meglévő közlekedési biztonságot kiegészíti katonai oldalon a védelmi biztonság és e kettő együttes hatása jellemző a rendszer működőképességére.

Kondor B. konferenciaközleményében rávilágít arra, hogy a vasúti közlekedés biztonsága nem pusztán a védelmi rétegek számának függvénye, hanem a rendszer alkalmazkodóképességének és az emberi szereplők adaptív működésének eredője [1], vagyis a humán tényező nem csupán a hibák forrása, hanem a rendszer működésének aktív stabilizáló eleme is egyben. Meglátása szerint a vasúti közlekedési rendszer biztonsága további védelmi rétegek hozzáadásával fejleszthető. Az alapvető három biztonsági réteg: a műszaki, az üzem- és a forgalombiztonság mellett a védelmi biztonság eszközrendszerével is fokozható a rendszer biztonsága. Katonai szempontból kérdés azonban, hogy a közlekedési biztonság három alappillére hogyan hat a védelmi biztonságra. A kérdés vizsgálata elsősorban a forgalombiztonság területén releváns, mert itt érhető tetten Kondor B. meglátása az emberi tényezőről. Feltételezésem szerint a megfelelő színvonalú forgalombiztonság pozitívan hat a védelmi biztonságra, mert a szabályok betartása segít a veszélyhelyzetek kialakulásának csökkentésében, ezáltal ugyancsak

elősegíti a működőképesség fenntartását, vagyis a rendszer működésének stabilitását. Ez az ország védelme szempontjából kiemelkedő fontosságú követelmény.

A kérdés vizsgálatát korábbi konferenciáikomban kezdtem el [2], ahol bemutattam a Vasúti Védelmi Biztonsági Mutatót (VBM_v), ami a menetrendi és a rendkívüli vonatok, valamint a közlekedésbiztonsági és védelmi követelmények hányadosaként értelmezhető és a vasúti szektor védelmi célú felkészültségi szintjét mutatja. Az index közlekedési és polgári-katonai szempontból a védelmi biztonsági követelményekkel arányosan határozza meg, hogy az adott vasútvonal mekkora védelmi kapacitástartalékokkal rendelkezik, így alkalmas a vasúti védelmi célú infrastruktúra-beruházások és a közlekedés biztonságát javító intézkedések szükségességének alátámasztására. A mutatóban szereplő védelmi követelményeknek való megfelelés alapvetően a létfontosságú rendszerelemek védelmét jelenti, így biztosítva a szektor működőképességét. Cikkemben megállapítottam, hogy a közlekedési biztonság egyes elemei pozitív hatással vannak a védelmi biztonság színvonalára. A műszaki és üzembiztonság az eszközök, berendezések zavar- és hibaérzékenységet csökkenti, ami növeli a védelmi biztonság színvonalát, vagyis erősíti a rendszer működőképességét.

Jelen cikkben a forgalombiztonság hatását vizsgálom, amit azért tartok fontosnak, mert a forgalombiztonságban jelenik meg a közlekedés emberi tényezője, vagyis az a biztonsági színvonal, amit saját magunk tudunk elérni a szabályok megalkotásával és azok betartásával. A forgalombiztonság célja ugyanis, hogy legyenek (forgalmi) szabályok olyan állapotra, amikor nem biztosítható az üzembiztonság, vagyis leginkább a biztosítóberendezések meghibásodásaira. Éppen ezért a forgalombiztonság az utasítások, előírások, szabályzatok ismeretével és betartásával, valamint a közlekedésben részt vevők szabályozott együttműködésével érhető el.

A cikk a vasúti alaputasítások szabályrendszerének elemzésével vizsgálja a kutatási hipotézist, vagyis azt, hogy az alaputasítások által meghatározott szabályok erősítik-e a védelmi biztonságot. A vizsgálat tárgyát az F.1. sz. Jelzési és az F.2. sz. Forgalmi Utasítások képezik [3, 4], mert a vasúti közlekedés alapvető szabályait tartalmazzák. Minden más utasítás erre a két utasításra támaszkodik a saját szabályrendszerük kialakításánál, ezért e két utasítás tekinthető a vasúti közlekedés alaputasításának.

1. A vasúti alaputasítások szabályrendszere

A vasúti forgalomleboncolás ma még döntően emberi tevékenység, így a humán tényezőket [5], a döntési folyamatokat [6] és a vasúti közlekedés balesetmentes biztosítására irányuló folyamat optimalizálási irányait [7] is figyelembe kell venni a biztonság vizsgálatakor. A vasúti alaputasítások az emberi tevékenység forgalmi kereteit határozzák meg, ezért a következőkben a vasúti alaputasítások szabályrendszerét elemzem a forgalombiztonság védelmi biztonságra gyakorolt hatásának meghatározása céljából.

A vonatok közlekedése és a tolatások irányítása jelzések alapján történik. A munkavégzés alapvetően a két alaputasítás szerint történik, vagyis az alaputasítások szabályainak betartása létfontosságú a vasúti üzem működőképességét illetően. Az alaputasítások szabályrendszerének vizsgálatakor szükséges megvilágítani azt a célrendszert, amelyre a szabályok épülnek, illetve a célrendszerből levezethető utasításadási és -értelmezési szabályokat, mint a védelmi biztonság tekintetében a megfelelő vasúti forgalomleboncolás keretrendszerét.

Az alaputasítások célja, hogy szabályozási keretet adjanak a balesetmentes közlekedéshez. Ezt úgy teszik meg, hogy a forgalmi tevékenységeket biztosítóberendezés típusokhoz rendelik. Az utasítások további célja, hogy az általános szabályok mellett egyes, prognosztizálható zavarok fellépésének esetére is eljárási szabályokat adjanak. Ebből következik, hogy a rendkívüli események bekövetkezésekor nem tudnak minden egyes szituációra követendő eljárást adni, mert az nagyon sok számú eljárás leírását jelentené. Ez viszont a rendszer sebezhetőségét növeli. Ugyanakkor egyik legfontosabb alapelvük, hogy eljárási szabályokat adjanak azokra az esetekre, amikor adott biztosítóberendezés használhatatlanná válik, vagyis képesek legyenek az üzembiztonság forgalombiztonsággal történő pótlására. Ez a közlekedési biztonságból levezethető cél képes az üzemkézséget fenntartani, azonban az egyes folyamatok időigénye megnőhet, így a közlekedés lassulása következik be.

A másik alapvető cél az egyértelműség elve. A forgalombiztonság csak akkor tudja feladatát maradéktalanul ellátni, ha az utasítás szabályai mindenki számára azonos jelentéstartalmat hordoznak

és ugyanazt a cselekvést váltják ki. Erre vonatkozóan a szolgálati magatartási szabályok megtalálhatók a Forgalmi Utasításban annak érdekében, hogy bármely kétely felmerülése esetén is egyértelműek legyenek a követendő magatartási formák. A nyugtázás, mint megerősítő tevékenység az egyértelműséget szolgálja. A kétes esetekre szintén szabályok vannak megfogalmazva, amelyek célja a biztonság irányába történő elmozdulás. A nem várt esetekre vonatkozólag szintén a mozgások beszüntetése és a helyzet tisztázása az előírt alapszabály, ami a működőképesség leállítását és így a szolgáltatási színvonal csökkenését eredményezi.

A vasúti alaputasítások egyértelműségi céljából levezethető, hogy a közölt utasításoknak nyoma kell, hogy maradjon, azok bármilyen probléma felmerülésekor visszakereshetők legyenek. Ezért a legtöbb rendelkezést és utasítást (parancsot) vagy gépi úton, vagy írásban közölnék az érintettekkel, amelyek tárolhatók. Előfordulnak azonban olyan esetek, amikor nem lehetséges írásos utasítást átadni, ilyenkor élőszóval kell az érdekelteket tájékoztatni. Ennek legelterjedtebb formája a telefonos értekezés. A vasúti közlekedés a légi közlekedéstől eltérően nem használ kódokat, ugyanakkor a szakmaspecifikus nyelvezet hiánya rögtön kiütközik, ha valaki nem azt használja. A szolgálati telefonok (pl. állomásközi távbeszélő) hangrögzítő berendezéssel vannak felszerelve, ezért a rajta keresztüli üzenettovábbítás tárolható és visszakereshető.

Az élőszóval adott közlemények másik fajtája a személyesen adott utasítások csoportja. Az információátadás ilyen módja a kommunikációs eszközök fejlődésével egyre inkább háttérbe szorul, hiszen a vonatszemélyzet minden tagja rendelkezik szolgálati (mobil) telefonnal, ugyanakkor előfordulhatnak olyan esetek, amikor az információtovábbításnak ez a módja hatékonyabb, illetve a Forgalmi Utasítás szerint az írásban adott rendelkezéseket szóban is meg kell ismételni. Ez egyrészt szolgálja a nyomatékossítást, másrészt védelmi szempontból nézve a szakkifejezések megfelelő használatát mutatja. Miután a rendelkezések háttérét sokszor nem lehet ellenőrizni (például mert másik szolgálati helyre vonatkoznak) ezért a szóban adott utasítás szaknyelven történő kiadása fontos ismerv lehet annak valóságtartalmáról.

Az utólagos ellenőrzés és visszakereshetőség miatt az állomásokon adott rendelkezéseket a vonatszeméllyzettel írásban is közölni kell. Erre külön formanyomtatvány szolgál, amelynek neve Írásbeli rendelkezés. A technikai fejlődés mára már meghaladta a papírformátumot, így lehetséges a rendelkezések elektronikus úton történő eljuttatása a vontatójárműre, illetve a vonatkísérő személyzet szolgálati telefonjára. Az Írásbeli rendelkezést annak hitelessége miatt, csak felhatalmazott állomási dolgozó állíthatja ki, írhatja alá és kézbesítheti a vonatszemélyzet felé. A kézbesítő személy formai oldalról is felismerhető (például a sapkájáról). Az Írásbeli rendelkezések forgalomszabályozó szerepük miatt három példányosak és átvételüket el kell ismerni. A hitelességi kritériumoknak a digitális írásbeli rendelkezéseknek is meg kell felelniük.

A szóbeli utasítások mellett a vasúti közlekedésben a jelzőeszközökkel adott jelzések jelentik az utasítások másik nagy csoportját. A Jelzési Utasítás szerint a jelzés utasítást ad a megfigyelésre kötelezett dolgozónak valamely szolgálati ténykedés vagy biztonsági intézkedés végrehajtására. 2023 előtt a jelzés parancsot adott a cselekvésre, a 2023-ban kiadott módosítás szerinti „utasítás” általános értelemben megváltoztatta a vasúti közlekedés biztonságkritikus (forgalmi szolgálattevő, mozdonyvezető) munkaköreiben foglalkoztatottak jelzések értelmezésével kapcsolatos attitűdjét [8]. Ugyanakkor az utasításból következik, hogy alapvetően így sincs mérlegelési lehetőség a ténykedés végrehajtását illetően, ezért a jelzéseknek egyértelműeknek kell lenniük és mindenki számára ugyanazzal a jelentéstartalommal kell bírniuk. A Jelzési Utasítás ezért kimondja, hogy a jelzésekkel kapcsolatos legkisebb kétely felmerülésekor a mozgásokat a helyzet tisztázásáig meg kell állítani.

Maguk a jelzések adhatók helyhez kötött vagy hordozható jelzőkkel, egyes esetekben kézzel is. A védelmi szempontú vizsgálat végrehajtásakor fontos kitétel a jelzők működésük szerinti csoportosítása. Ez alapján a jelzők lehetnek:

- önműködők (minden jelzési kép automatikusan jelenik meg)
- félig önműködők (automatikusan állnak át továbbhaladást tiltó állásba)
- nem önműködők (minden esetben emberi állítás szükséges).

A csoportosítás az emberi beavatkozás miatt bír jelentőséggel, vagyis, hogy a jelzők milyen módon állíthatók továbbhaladást tiltó állásba. Miután a rendellenességről általában az állomási személyzet kap

értéstitést, képesnek kell lenniük az önműködő jelzők kezelésének átvételére is, de csak a vonatok megállítása (sebességcsökkentése) céljából. Ez azt jelenti, hogy az önműködő és a félig önműködő jelzőket továbbhaladást tiltó állásba kell tudniuk állítani.

A vasúti közlekedésben a hosszú fékútak miatt szükséges előre jelezni a következő jelzőn várható jelzést, hogy a szükséges intézkedéseket meg lehessen tenni (például a fékezés megkezdését).

A jelzőkön a fények meghatározott sorrendben helyezkednek el (1. ábra), amelyről három alapszabály dönt:

1. Egyszerre legfeljebb két fény világít [9].
2. Egyszerre világító két optika között legalább egy optikának ki kell maradnia (60 cm) [9].
3. A fényeket a fölapon alulról felfelé kell értelmezni [3].

A jelzési rendszerben az 1. ábrán látható fényekkel a Jelzési Utasításban meghatározott jelzési képek csak az ábrán látható optika (fény) sorrenddel biztosíthatók. Bizonyos kombinációk (például a vörös és a zöld fény egyszerre világít) a rendes működés mellett nem fordulhatnak elő. Éppen ezért a nem megfelelő kombinációk, vagy akár a fények nem megfelelő helye már fel kell, hogy hívja a mozdonyvezető figyelmét valami rendellenességre.



*1. ábra: A fények elhelyezkedése főjelzőkön
Forrás: [3] felhasználásával saját szerkesztés*

Sok esetben szerkezeti függés van a jelző és az utána következő pályaelemek (például kitérők) állása között, így a jelző csak pályaelemek helyes állásakor állítható továbbhaladást engedélyező állásba.

A vontatójárműveken alkalmazott vezetőállás jelző utal a pálya menti jelzők állására. Erre elsősorban azért van szükség mert a jelzők jelzési képe bármelyik pillanatban megváltozhat (például továbbhaladást tiltó jelzés kivezérlésekor) és a mozdonyvezetőnek azonnal kell tudnia reagálni a megváltozott helyzetre. Ez nem engedhető meg a jelzőhöz való érkezéskor észlelt jelzési kép kiértékelésével, mert adott esetben az akadály előtt már nem lehet a vonatot időben megállítani és ütközés következhet be. Ezért a vezetőálláson egy jelzőberendezést alkalmaznak, amely jelzi a pályamenti jelzők jelzési képeit és azok megváltozását is, így a mozdonyvezetőnek több ideje marad a szükséges intézkedések megtételére. A korszerű berendezések már a kapott utasításoknak megfelelően vezérlik is a vontatójármű sebességét. Az ilyen típusú vezetőállás jelző egyrészt megismétli a pályamenti jelzők jelzési képeit, másrészt a vonatbefolyásoló berendezéssel együttműködve ellenőrzi a mozdony sebességét és a szükséges esetekben beavatkozik.

A hordozható jelzőeszközökkel adott jelzések közül a cikk témája szempontjából a sebességcsökkentésre utasító jelzések fontosak. A pálya állapota vagy egyéb veszély miatt szükséges sebességkorlátozásokat a pálya mellett jelezni kell. Az ilyen lassan bejárandó pályarészekről a vonatszemélyzetet írásbeli rendelkezéssel is értesíteni kell.

A kézijelzések közül a legfontosabbak a vonatok indítására és megállítására szolgáló jelzések. Indítást csak arra felhatalmazott állomási dolgozó végezhet, megállj jelzést bárki adhat, aki a vonat közlekedésével kapcsolatban rendellenességet észlel. A nem felhatalmazott dolgozó által adott indítási jelzést nem szabad végrehajtani. Az indításra való felhatalmazást a mozdonyvezető felé formailag

jelezni kell megfelelő sapka viselésével. Egy személyvonat elindításához az alábbi jelzések szükségesek:

- amennyiben van működő főjelző (kijárat jelző), azon továbbhaladást engedélyező jelzési kép
- a vonatkísérő személyzet jelzése, hogy a vonat készen áll az indulásra
- a felhatalmazott állomási dolgozó „Felhívás az indításra” jelzése
- az állomási dolgozó felhatalmazásának megfelelő jelzése (sapka viselése).

A hangjelzések közül ki kell emelni a veszély jelzést, amit a mozdonyvezető adhat minden olyan esetben, amikor azt szükségesnek tartja.

A nyílt pályán vészfékezéssel történő megállás egyik oka lehet a kocsiban a vészfék működtetése. Ebben az esetben a mozdonyvezető hangjelzéssel jelzi a vonatkísérőszemélyzet felé, hogy a vonatot vészfékkel állították meg, akik megállapítják a vészfék meghúzásának okát. Önmagában a jelzés arra utaló figyelmeztetés is lehet, hogy a vonat megállását az utasok okozták, esetleg valamilyen rendellenes cselekedet miatt.

2. A vasúti közlekedés szabályozásának biztonsága

A vasúti közlekedés szabályozása, vagyis a forgalombiztonság biztosítása a kötött pályán való manőverezés (vonatközlekedés és tolatás) irányítását jelenti, aminek szükségessége a balesetek elkerüléséből, a forgalmi műveletek elvégezhetőségéből és a menetrendek betartásából ered, továbbá elsősorban a biztosítóberendezések kezelésével és az utasítások rendszerével valósul meg.

A forgalomleboncolás folyamán alapvető cél a vonatok balesetmentes és menetrendszerű közlekedésének, valamint a tolatási mozgások szintén balesetmentes végrehajtásának biztosítása. A működőképesség fenntarthatóságának ez alapkövetelménye, mert a balesetek folytán kialakuló rendkívüli események az infrastruktúra elemeinek zavarát okozhatják, ami a működőképességre is kihat. Alapesetben a vasúti munka minden mozzanata előre megtervezett, legyen szó vonatközlekedésről vagy tolatásról, állomások közötti közlekedésről vagy állomási feladatok végrehajtásáról, személyvonatokról vagy tehervonatokról. E megtervezett munka jelentős kötöttséget ró a vasúti személyzetre, ugyanakkor a balesetmentes és menetrendszerű közlekedés egyik záloga is. A technológia ismerete és betartása mellett az esetlegesen előforduló rendkívüli események azonnal észrevehetők és a vasúti személyzet képes reagálni rá. A forgalomleboncolás többlépcsős rendszeren keresztül valósul meg, a forgalmi ténykedéseket minden esetben engedélyezni kell és végrehajtásukról meg kell győződni. Ezen túlmenően az állomási személyzet munkáját felügyelik és irányítják.

A vasúti forgalomleboncolás a fentiek alapján több feladatcsoportra osztható, a következőkben a védelmi biztonság szempontból azt vizsgálom, hogy az egyes feladatcsoportok a forgalombiztonság mellett milyen védelmi feladatokat képesek ellátni.

2.1 A vonatközlekedés lebonyolítása

A vonat Forgalmi Utasításban megadott definíciója: előírás szerinti jelzőeszközökkel megjelölt vasúti szerelvény, amelyet forgalomba helyeztek és van rajta vonatszermélyzet [4].

Ebből a meghatározásból az alábbiak következnek:

- a szerelvényen elhelyezett és szabályszerűen működtetett jelzőeszközök használatából egyértelműen meghatározható, hogy mely szerelvény vonat
- a forgalomba helyezés az állomási és pályaszermélyzet értesítése a vonat közlekedéséről, vagyis a közlekedés ténye minden érintett számára ismert
- a vonatszermélyzet jelenléte meghatározza a vonat felügyeletét, vagyis olyan személyek vannak jelen, akik ismerik a szabályokat és képesek működtetni a vasúti szerelvényeket.

A vonatokon alkalmazandó jelzéseket a Jelzési Utasítás tartalmazza. A jelzések használatából megállapítható a vonat eleje és ebből adódóan közlekedési iránya, valamint a vonat vége. Ez abból a szempontból lényeges, hogy a vonatnak minden esetben abba az irányba kell elindulnia, amerre az eleje jelölve van. Rendellenes mozgásnak minősül, ha a vonat a végének jelzési irányába indul el, ez mindenképpen fel kell, hogy keltse a megfigyelésre kötelezett dolgozó figyelmét. Ugyancsak észre kell venni, ha egy vonat az elejének vagy végének jelzése nélkül közlekedik. A vonatok elejének és végének

szabályszerű jelzését a vonat kiindulási állomásán ellenőrizni kell. A vonat elejének és végének jelzése fontos lehet akkor, ha egy vonat szétszakad, vagyis a kocsik kapcsolása megbomlik. E balesetveszélyes helyzet megoldását a biztonságfilozófiából eredő megállásra való törekvés elvének alkalmazása adja: a légfékrendszer működése elve, hogy fékhatást a levegővel feltöltött főlégvezeték nyomásának csökkentésével érik el [10]. A vonat szétszakadásakor a főlégvezeték is elszakad, nyomása lecsökken, így fékhatást vált ki mindkét szerelvényrészben. Miután a fék nem old fel, ezért a kocsik befékeződve maradnak, vagyis megállnak és állva maradnak (extrém lejtőben a befékezett kocsik csúszása megindulhat).

A vonatok forgalomba helyezése informatikai rendszerek segítségével történik. Azokon a szolgálati helyeken, ahol nincsenek informatikai eszközök vagy a vonatok nem szerepelnek a menetrendjegyzékben, a vonatok forgalomba helyezhetők a vágányút beállításának elrendelésével. Ebből következik, hogy legkésőbb a vonat érkezése vagy indulása előtt a szükséges teendők megtételéhez megfelelő időben minden érintett tudomást szerez a vonat közlekedéséről. A közlekedés biztosításához szükséges teendőket csak a vágányút elrendelése után lehet megtenni, egyrészt azért, mert más jármű addig foglalhatja a pályát, másrészt a műveletek elvégzése után minél kevesebb idő legyen rendellenességek kialakulására.

A vonatszemélyzet alapvetően mozdonyvezetőből és vonatkísérő személyzetből áll. A vonat közlekedhet csak mozdonyvezetővel, ha munkáját éberségi berendezés ellenőrzi és van a mozdonyon mobil értekező berendezés. Az éberségi berendezés nem a munkavégzés menetét ellenőrzi, csak a mozdonyvezető éber állapotát, vagyis azt, hogy képes-e döntéseket hozni. A művelet alapvető fontosságú, ugyanis egyes automata vezetési módoktól eltekintve a vezetés folyamatát végig a mozdonyvezető irányítja, a vonatbefolyásoló rendszer az előző pontban meghatározottak miatt csak továbbhaladást tiltó jelzés meghaladásakor állítja meg a szerelvényt. Az éberségi berendezés szintén megállítja a vonatot, ha felhívására nem érkezik reakció. Védelmi szempontból a vonatot így meg lehet állítani a fékberendezés kezelése nélkül, amely képes lehet rendkívüli események kialakulásának megelőzésére.

A vonatok közlekedésének lebonyolítása a fentiek alapján tehát élőszóban vagy írásban adott közleményekkel és utasításokkal, jelzésekkel, valamint a biztosítóberendezések működtetésével történik.

2.2 A biztosítóberendezések kezelése

A forgalmi folyamatok a biztosítóberendezések külső- és belsőtéri objektumainak, valamint a fedélzeti berendezések működtetésével (például kitérő, kezelőpult, ETCS stb.) realizálódnak. A biztosítóberendezések nagyon fontos szerepet töltenek be a vasúti közlekedésbiztonságban. Ennek alapja egyrészt, hogy működésük zavara súlyos balesetek bekövetkezéséhez vezethet, másrészt a vasúti közlekedés szinte valamennyi területén valamilyen formában jelen vannak, így a hálózat teljes kiterjedésén értelmezni kell működési zavarai lehetséges következményeit.

Ugyanakkor azt is ki kell hangsúlyozni, hogy a vasúti biztosítóberendezések alapvetően a fail-safe elven működnek, azaz hiba előfordulásakor a rendszer biztonságosabb állapotba kerül, így a nagyobb probléma elkerülhető [11] (ez általában a sebességcsökkentés vagy a megállás irányába történő elmozdulás).

A biztosítóberendezések kezelése az állomási és nyíltvonalai pályaelemek vonat részére megfelelő állásba történő állítása és rögzítése. Ahhoz, hogy a balesetek elkerülhetők legyenek, szükséges ismerni, hogy mely pályaelemeken történhet egyidejű mozgás, illetve mely mozgások egyszerre nem megengedettek. Ennek kivitelezésére úgynevezett függőségi tervek készülnek, amelyek menettervből és váltóelzárási táblázatból állnak [9]. A vonatok közlekedésének technológiai folyamata a vonatok vágányútjának beállításából és azok vonat általi felhasználásából áll. A biztosítóberendezések kezelése tehát elsősorban a vonat vágányútjának beállítása és annak rögzítési folyamata. Ez minden állomási biztosítóberendezésnél így van, függetlenül a berendezés típusától. Magát a műveleti folyamatot az adott biztosítóberendezés kezelési szabályzata határozza meg (ezt az állomáson szolgálatot teljesítő dolgozók ismerik), a vágányút beállításával kapcsolatos általános szabályokat pedig a Forgalmi Utasítás tartalmazza.

A vágányút beállítását minden vonat részére el kell rendelni, még abban az esetben is, ha a követő vonat ugyanazt a vágányutat használja, mint az előző. Ez a művelet azért kiemelkedően fontos, mert lehet ugyan, hogy váltót nem kell állítani a követő vonat részére, viszont az állomási jelzők félőnműködő voltukból adódóan az előző vonat elhaladása után önműködően átállnak továbbhaladást tiltó állásba, ezért továbbhaladást engedélyező állásba ismét állítani kell őket.

A vágányút beállításának fontos eleme a váltók megfelelő irányba állítása, különben a vonat nem a szándékolt irányba közlekedik, vagy a nem végállásban álló váltón kisiklik. Ezért szükséges, hogy a vágányút beállításával megbízott dolgozó megbizonyosodjon arról, hogy a váltók használhatók-e, azaz a helyes irányba állnak, és az egyik csúcssín megfelelően simul a tősinhez, a másik pedig kellő távolságra van attól. A használhatóságról még abban az esetben is meg kell győződni, amikor a vágányút beállításához nem kell adott váltót állítani. A használhatóság ellenőrzését a helyszínen rátekintéssel vagy próbaállítással kell elvégezni. Az újabb biztosítóberendezések villamos úton ellenőrzik a váltók végállását, ezért ezeknél a berendezéseknél az ellenőrző fények kiértékelésével kell a használhatóságról meggyőződni (amennyiben egy váltó nem érte el a végállását, a berendezés villogó jelzést ad). Az állítandó váltóknál a művelet elvégzésekor kell a használhatóságot ellenőrizni. A vasúti közlekedés egyik legfontosabb műveletsorának elvégzése kiemelt biztonsági feladat és védelmi szerepe is van. Az ellenőrzés elmaradásának súlyos, egyes esetekben halálos következményei lehetnek (például az 1994. december 2-án bekövetkezett szajoli baleset).

Az előző bekezdésben ismertettem egy váltó használhatósági ellenőrzésének módját és szükségességét, a vágányút azonban több váltót és vágányszakaszt érint. A vonat vágányútjában érintett valamennyi váltót helyes állásba kell állítani, és a lezárható váltókat le kell zárni (biztosítani, hogy a vonat közlekedésének ideje alatt ne lehessen állítani). Az adott vágányútban érintett váltókat és azok helyes állását a Lezárási táblázat tartalmazza. Elektronikus biztosítóberendezéseknél a vágányút ellenőrzése a berendezés visszajelző fényeinek kiértékelésével történik. A vágányútelőrzés tehát csak a váltók helyes állásának ellenőrzésére szolgál, a váltók használhatóságának ellenőrzésére a váltóellenőrzés keretében történik. A megfelelő védelem tehát mindkét munkafolyamat teljeskörű véghezvitelét igényli.

A vágányút beállítása, ellenőrzése és a beállítás elkészültének jelentése után a vonat a vágányúton végighalad, melynek hatására a félig önműködő jelzőkön továbbhaladást tiltó jelzési kép jelenik meg. A vonatok közlekedésének szabályozásánál fontos mozzanat továbbá a vágányút felhasználásának ellenőrzése, vagyis meggyőződés arról, hogy a vonat nem tartózkodik valamely érintett váltón. Ez a feltétele a váltók lezárt állapotból történő feloldásának és újbóli állíthatóságnak. Ez történhet szemrevételezéssel, vagy a berendezés jelzőfényeinek kiértékelésével.

A váltó- és vágányútelőrzés neuralgikus pontja, amikor a berendezés használhatatlansága miatt nem lehet az előírt módon végrehajtani az ellenőrzéseket. Az ilyen hibák miatt kialakuló esetekre a Forgalmi Utasítás előír szabályokat, vagyis a berendezés használhatatlanná válása nem gátolja meg a vonatok közlekedését, ugyanakkor a helyszíni váltóállítás és ellenőrzés nagymértékben csökkentheti egy állomás átbocsátóképességét (például egy vágányútbeállítás időszükséglete 30 másodpercről akár 5-15 percre is megnőhet), ami a szolgáltatási színvonal romlásához vezet.

A biztosítóberendezések üzemképességének felméréséhez a megbízhatósági elemzések nem nélkülözhetők [12]. Napjainkban már elsődleges az elektronika alkalmazása, amelynek biztonságát leginkább a kibervédelem hivatott megoldani [13]. Egy német cikk szerzői szerint a standardizált digitális technológiák a vasút elleni támadási felületek növekedését fogják eredményezni [14], emiatt figyelmet kell fordítani a vezetékek nélküli átviteli technológiát zavaró támadásokkal szembeni ellenálló képességére és a manipulációkkal szembeni robusztusságára.

2.3 Az útsorompók kezelése

A vasúti útatjárók többsége ma már önműködő üzemmódban működik, azonban a hálózaton lehetnek még sorompókezelő által működtetett sorompók. Az ilyen keresztezési helyeken amennyiben a lezárt csapórudak közé közúti jármű rekedt és a sorompót már nem lehet felnyitni, vagy a jármű nem mozdítható, a sorompókezelő telefonon jelezheti a vonatot indító szolgálati helynek az akadály keletkezését, így egyes esetekben a vonat indítása megakadályozható. A már elindított vonatok mozdonyvezetői mobil kommunikációs eszközön értesíthetők az akadályról, illetve a sorompókezelő a vonat elé sietve részére megállj jelzést adhat, amelynek észlelése után a mozdonyvezető vészfékezést alkalmazhat. A nyíltvonali sorompókezelők felé a vonatot indító szolgálati hely telefonon jelzi a vonat

indításának tényét, illetve a sorompókezelő szolgálati helyére rendszeresített menetrendjegyzékből kiolvasható a sorompóhoz történő érkezés tervezett ideje, így az intézkedések időben megtehetőek.

2.4 A tolatási mozgások lebonyolítása

A tolatás a Forgalmi Utasítás szerint a közlekedő vonatok mozgásának kivételével a vasúti járművek vágányon végrehajtott szándékos helyváltoztatása. A definícióból következik, hogy ami nem vonatközlekedés, az tolatás, illetve a nem szándékos helyváltoztatás is létező fogalom, mellyel foglalkozni kell. A tolatási mozgások védelmének vizsgálatát szintén a vonatforgalom lebonyolításánál használt szempontok szerint végzem, kiegészítve a megfutamodások elleni védelemmel. Elsőként azonban a vonatközlekedés és a tolatás közötti alapvető különbségeket kell tisztázni.

A tolatás sebessége jóval alacsonyabb, mint a vonatközlekedés sebessége, ezért a biztonsági előírások nem annyira szigorúak. A magyar vasúthálózaton a tolatást a tolatócsapat mindig helyszíni jelenléttel végzi, és a művelet elvégzésére engedélyt kell kérni. A tolatási feladatokat úgy kell végezni, hogy ne zavarják a vonatközlekedést (ez egyben megadja a prioritást a két mozgás között).

A tolatások végrehajtásakor fordul elő leginkább, hogy az utasítások szóban, általában rádióforgalmazás útján hangzanak el. Amennyiben jól működő rádiókapcsolat van a tolatószemélyzet tagjai között, kézi jelzések adása sem szükséges. A tolatás rádiós irányításának alapkövetelménye, hogy a tolatószemélyzet tagjai tudjanak egymással kommunikálni, azaz ne legyen a rendszerben csak egyirányú kapcsolat. Ehhez minden érintett rádióját el kell látni adó és vevő egységgel, valamint átkapcsolóval [9]. Lehetséges problémaként jelentkezhet a frekvencia megzavarása, illetve hamis közlemények adása, például kocsik kitolása egy érkező vonat elé.

A tolatásjelzők és a főjelzők jelzéseinek értelmezésénél alapvető eltérés, hogy amíg a főjelzők jelzéseikkel megengedik vagy megtiltják a vonatok mozgását, addig a tolatásjelzők csak azt jelzik, hogy az engedélyezett mozgás a jelzőn túli pályarészen is folytatható vagy sem. Ebből következik, hogy a tolatási mozgás nem a tolatásjelző „Szabad a tolatás” jelzésére fog megindulni, hanem a kapott engedély birtokában. Mint ahogy a tiltás okát nem jelzi a „Tilos a tolatás!” jelzés, és a mozgásra sincs hatással, mert tolatási üzemmódban a vonatbefolyásoló berendezés csak a sebességet ellenőrzi (a tolatás maximális sebessége 40 km/h), így a tilos jelzés meghaladásakor sem történik vészfékezés. Ugyanakkor ma már a korszerű biztosítóberendezések lezárt vágányúton történő tolatást is lehetővé tesznek, vagyis a szabad jelzés csak akkor jelenik meg a jelzőn, ha a mögötte fekvő váltók le vannak zárva és a tolatás időtartama alatt nem állíthatók. A tolatási vágányút lezárásából következik, hogy az érintett pályaszakaszon vonatközlekedés sem lehetséges, mert a vonat részére nem lehet a vágányutat beállítani és lezárni, így a szándékos vonat elé tolás kizárható. A tolatási mozgások befejezése után a kocsikat megfutamodás ellen biztosítani kell. A megfutamodás nem szándékos helyváltoztatás, aminek súlyos következményei lehetnek, ha elszabadult kocsik jutnak a vonatközlekedésre kijelölt vágányokra. A megfutamodás elleni védelmet biztosíthatja:

- a kocsik befékezése, amelyet az E. 2. sz. Fékutasítás előírásai szerint kell végezni [15]
- rögzítősaruk alkalmazása
- vágányzáró sorompók vágányra merőleges irányban történő rögzítése.

2.5 A csak különleges engedély alapján közlekedtethető vonatok forgalomszabályozása

A hálózaton közlekedhetnek olyan vonatok, amelyek olyan veszélyes anyagot szállítanak, illetve olyan védett személy utazik rajtuk, hogy a vonat közlekedéséről még a vasútüzem területén dolgozók közül sem tudhat mindenki, illetve a közlekedés adatai csak rendkívül rövid ideig állhatnak rendelkezésre.

A veszélyes anyagot továbbító vonatok közlekedési védelme elsősorban a vonattalálkozások megfelelő lebonyolítását jelenti. Egyes esetekben előfordulhat, hogy a szállított anyag veszélyessége miatt a vonat nem találkozhat más vonatokkal a nyílt pályán, illetve az állomásokon is csak megfelelő védőtávolság megtartásával. Ugyancsak korlátozó tényező lehet, hogy a vonat ne haladjon el olyan helyen, ahol a veszélyes anyag esetleges környezetbe jutása katasztrófa kialakulásához vezetne. Ilyenek lehetnek a városi pályahálózatok, vagy kiemelt üzemek környezete. A vonat közlekedési tervét ennek megfelelően kell elkészíteni. Egy különösen veszélyes anyagot szállító vonat menetrendje önmagában titkos, még az informatikai rendszerekbe sem kerülhet bele. A menetrend csak röviddel a közlekedés előtt készül el, az érintettek csak papír alapon kapják meg és a vonat közlekedése után ellenőrzött módon meg kell

semmisíteni. Azonban ez az eljárásrend sem garantálja teljes mértékben, hogy illetéktelenek ne szerezzenek tudomást ilyen vonat közlekedéséről, ezért a védelem szükség szerint növelhető a védelmi-biztonsági szervek (fegyveres) erőinek bevonásával.

Szükséges lehet egyes esetekben a vonatok összeállítását védőkocsival kiegészíteni.

Előfordul, hogy védett vezetők a vasúti közlekedést választják utazásuk lebonyolítására. Ekkor a védett személy védelmét a vasút teljes területén biztosítani kell. Ez kiterjed a személyi védelemre, a vonat (szerelvény), a pálya, valamint a közlekedés védelmére [16]. A cikk témájának megfelelően ebben a pontban a pálya és a közlekedés védelmének vizsgálatára koncentrálok.

A pálya védelme érdekében bejárást kell tartani, amelynek keretében ellenőrizni kell a pálya állapotát a nyílt vonalon és az érintett állomásokon, a távközlő- és biztosítóberendezések üzemkésztségét és az alállomások megfelelő működését. A különvonat közlekedése további védelmi intézkedéseket vonhat maga után. A vonat közlekedését biztosítóvonat is védheti, amely közlekedhet a különvonat előtt és után is. A biztosítóvonat közlekedtetése növelheti a védelmi szintet. A vonat közlekedésének biztonsági kockázata magasabb, ugyanakkor védelmet nyújthatnak a különvonat számára:

- a pályát ért támadások felderítésében
- a tervezett robbantásos merényletek megakadályozásában
- az ütközések megakadályozásában (mind előlről, mind hátulról).

Kiemelt szabály, hogy amennyiben egy állomáson a biztosító vonat és a különvonat ugyanazt a vágányt használja, a két vonat között a váltókat nem lehet állítani, így váltóellenőrzést sem lehet tartani. Ezért további védelmi megoldásként a váltókat biztonsági betéttel is le kell zárni, ami fizikailag akadályozza meg a váltók állíthatóságát. A felügyelt sorompókat a szabad úrszelvény biztosítása érdekében a biztosítóvonat és a különvonat között nem szabad felnyitni.

A menetrend készítésénél alapszabály, hogy azt állomástávolságú közlekedésre kell készíteni. Ez a védelmi intézkedés ugyancsak a kapacitásfelhasználás lehetőségeit szűkíti, mert a térközi közlekedésre berendezett vonalakon a menetrend is ennek megfelelően készült, így a többi vonat közlekedésénél késés keletkezik, amely a szolgáltatási színvonalat csökkenti.

2.6 A mozgások megfigyelése

Az eddig tárgyalt védelmi lehetőségek az utasítások pontjainak betartásából vezethetők le, ugyanakkor az alkalmazottak megfigyelései is megakadályozhatnak rendkívüli cselekményeket. Maga a Forgalmi Utasítás is előír figyelési kötelezettséget a mozdonyon tartózkodók, az állomási dolgozók és a pálya mentén szolgálatot teljesítők számára. Ez azt jelenti, hogy ugyanazt a mozgást vagy műveletet egyszerre többen figyelnek meg, így az esetleges rendellenesség könnyebben észrevehető. A figyelési kötelezettség tehát segíthet a hibák és az utasításellenes cselekedetek kiszűrésében és kiterjedhet a vonatok közlekedésére, a tolatási mozgásokra, valamint a tér megfigyelésre, illetve megteremti az esetlegesen szükséges beavatkozás lehetőségét is (például „Megállj!” jelzés adásával). Hasonlóan belátható, hogy a helyszíni figyelés mellett a berendezések állásának és ellenőrző fényeinek kiértékelése is elősegítheti a vasúti közlekedés biztonságát és védelmét.

Fontos, hogy a megfigyelés mögött valós tudás álljon, hogy észrevehetőek legyenek azok a rendellenességek, amelyek rendkívüli helyzetekre is utalhatnak. Ehhez szükséges az alap- és kiegészítő utasítások szabályainak, a vasúti közlekedés veszélyeinek ismerete, valamint a megfelelő munkatapasztalat és -rutin, amiben kiemelt szerepe van a szakmai képzésnek. A megfelelő felkészültségű dolgozó tisztában van munkájának fontosságával és jelentőségével, ezért nem cselekszik utasításellenesen, a szükséges ellenőrzéseket mindenkor elvégzi, így munkájával védi az alágazatot a káros külső hatásoktól.

3. A védelmi biztonság értelmezése a vasúti alaputasítások szabályrendszeréből adódóan

Az előző pontban vizsgáltak alapján a védelmi biztonságként értelmezhető működőképesség fenntartására a forgalomlebonyolítási tevékenységek és az alaputasítások szabályrendszere pozitív hatással van, mert a szabályszerű működtetésből eredően a rendellenességek, veszélyek már akár keletkezésük pillanatában észlelhetők, felismerhetők, így a megfelelő reakció gyorsan megadható.

Az egyértelműség elvének szintén a működőképesség fenntartásában van szerepe. Az egyértelmű szabályok lehetővé teszik azok mindenki számára való ugyanazon értelmezést, így a balesetmentes munkavégzést.

A balesetmentes közlekedés biztosításának elve lehetővé teszi, hogy a vasúti pálya működőképessége fennmaradjon, ezáltal a szükséges mozgások elvégezhetők legyenek. Ez országvédelmi szempontból kiemelt jelentőségű követelmény. Valamilyen kétely felmerülése esetén a megállásra való törekvés szintén a védelmi biztonságot növel, mert ugyan az üzemmenetet megakasztja, azonban a működőképességet fenntartja azáltal, hogy nem következik be baleset.

Ugyanakkor a vasúti szakmai oktatás során nagy hangsúlyt kell fektetni a különböző szabályrendszerek és szabályok összefüggéseire. Ennek keretében a szabálykövető és a szabályok betartását megkövetelő személyiségjegyek kialakítása hozzájárulhat az utasításellenes munkavégzésből eredő kockázatok csökkentéséhez, ezáltal a védelmi biztonság növeléséhez.

A védelmi biztonságra tehát az utasítás szerinti munkavégzés pozitív hatást gyakorol, mert a forgalombiztonsági szabályok betartása képes megakadályozni a vasúti forgalom ellehetetlenülését és hozzájárulhat működőképesség fenntartásához. Mindezek, kiegészülve a fizikai és kibervédelmi biztonsági megoldásokkal, hozzájárulhatnak a pálya ellenállóképességének növeléséhez.

László V. tanulmányában megállapítja, hogy a különböző, normál állapottól eltérő feladatok végrehajtása során döntően a vasúti alágazat kapacitásait kell igénybe venni, ahol az egyik legnagyobb kihívás a kiesett kapacitások helyettesítése [17]. Ezért nagy jelentőségű a védelmi biztonságon keresztül a működőképesség, vagyis a kapacitások fenntartása. A vasúti közlekedés, mint az országvédelmi képesség egyik fenntartó alágazata, védelmi biztonságon keresztül támogatott üzemkészsége békeidőben és válsághelyzetben egyaránt biztosítja a gyors, nagy kapacitású szállítást és a honvédelmi feladatok ellátását, valamint hozzájárul az ország biztonságának és működőképességének fenntartásához.

Konklúzió

A vasúti közlekedési rendszer védelmi célú felkészítésének sarkalatos pontja a pályák működőképességének fenntartása. Védelmi szempontból ennek egyik lehetséges módja a védelmi biztonság megteremtése. Az ilyen intézkedések lehetővé teszik a vasúti pálya fizikai és kibervédelmét.

Kérdésként merül fel, hogy a közlekedés biztonságát elősegítő intézkedések milyen hatással vannak a védelmi biztonságra, növelik vagy gyengítik a katonai védelmi biztonság színvonalát? A cikkben ezt a vizsgálatot végeztem el a vasúti közlekedésbiztonság megteremtését szolgáló alaputasítások (F.1. sz. Jelzési és F.2. sz. Forgalmi Utasítás) védelmi célú elemzésével.

Az elemzés eredményeként kijelenthető, hogy a közlekedésbiztonsági szabályok és azok betartása pozitív hatást fejtenek ki a védelmi biztonságra, mert az utasításszerű munkavégzés képes lehet a forgalombiztonság mellett a működőképesség fenntartására is. A vasúti infrastruktúra működőképességének fenntarthatósága függ továbbá a pálya és tartozékainak ellenállóképességétől, a biztosítóberendezések üzembiztos működésétől és a kapacitások megfelelő elosztásától, amelyek mind erősítik a védelmi biztonságot.

A védelmi célú felkészítés feladatainak meghatározására korábban kidolgozott vasúti védelmi biztonsági mutató (VBM_v) számítási képlete alapján megállapítható, hogy a vasúti infrastruktúra védelmi célú felkészítésének feladatait jelentős mértékben meghatározzák a közlekedési és védelmi biztonsági követelmények, különös tekintettel a cikkben meghatározott egymást erősítő hatásukra. Ezek alapján kijelenthető, hogy a vasúti szektor közlekedési biztonsága és annak mindenkor javítási igénye a védelmi biztonságot is növeli.

Magyarország védelmi képessége, mint a haderő által támasztott szállítási keresleti igény kielégíthetősége függ a közlekedési rendszer, és ezen belül a vasúti közlekedési alágazat szállítási képességétől, amelyet a védelmi, valamint a földrajzi és műszaki paraméterek együttesen határoznak meg. A védelmi paraméterek javíthatóságának egyik eszköze pedig a vasúti közlekedésbiztonság fokozása. Ezek alapján kijelenthető, hogy a vasúti forgalomlebonyolítás magas szinten történő megoldásának biztosítása, vagyis az alaputasítások szabályrendszerének egyértelműsége és

letisztultsága az ország védelmi célú felkészítésének elemeként értelmezhető. A kérdés vizsgálatát azonban nem célszerű itt lezárni. Érdemes lehet a továbbiakban annak részletes elemzése, hogy a ténylegesen bevezetett védelmi intézkedések milyen hatást váltottak ki a közlekedésbiztonság vonatkozásában, illetve fordítva, hogy a közlekedésbiztonság forgalmi biztonsági pillére milyen hatást képes gyakorolni a védelmi képességekre. Erre példa lehet a veszélyhelyzeti vasúti szállítások célba érésének üzemi vizsgálata.

Irodalomjegyzék

- [1] Kondor B.: Vasúti közlekedésbiztonság a humán erőforrás tükrében, in: Döbrentei B. – Horváth G. – Horváth B. (szerk.): XVI. Nemzetközi Közlekedéstudományi Konferencia: Komplexitás és sokszínűség a közlekedésben, Széchenyi István Egyetem, Győr, 2026, 784-795
- [2] Lévai Zs.: A vasúti infrastruktúra védelmi célú felkészítésének hatása az alágazat közlekedési biztonságára, in: Horváth B. – Henézi D. (szerk.): I. Közlekedésbiztonsági konferencia – Transport Safety Conference, Széchenyi István Egyetem – Közlekedéstudományi Egyesület – KTI Magyar Közlekedéstudományi és Logisztikai Intézet, Győr, 2023, 42-53
- [3] MÁV Zrt. F.1. sz. Jelzési Utasítás,
[www.mavcsoport.hu/sites/default/files/upload/page/f.1. sz. jelzesi_utasitas_1-4. mod. egyseges_szerkezetben_2023.04.01-tol_hatalyos.pdf](http://www.mavcsoport.hu/sites/default/files/upload/page/f.1._sz._jelzesi_utasitas_1-4._mod._egyseges_szerkezetben_2023.04.01-tol_hatalyos.pdf) (letöltve: 2026. 07. 03.)
- [4] MÁV Zrt. F.2. sz. Forgalmi Utasítás,
[https://www.mavcsoport.hu/sites/default/files/upload/page/f.2. sz. forgalmi_utasitas_1-6. mod. egyseges_szerkezetben_2023.04.01-tol_hatalyos.pdf](https://www.mavcsoport.hu/sites/default/files/upload/page/f.2._sz._forgalmi_utasitas_1-6._mod._egyseges_szerkezetben_2023.04.01-tol_hatalyos.pdf) (letöltve: 2026. 07. 03.)
- [5] Janota, A. – Pirník, R. – Ždánky, J. – Nagy, P.: Human Factor Analysis of the Railway Traffic Operators, *Machines* 2022/10, 820.
- [6] Hamzah, N.A. – Tep, S.: Integrated Decision Framework for Railway Signaling and Train Protection: Modeling Latency, Detection Uncertainty, and Capacity-Safety Trade-Offs Under Faults, *Techne Journal of Engineering Technology and Industrial Applications* 2025/4 12-14
- [7] Shvetsov, A.V. – Dronichev, A.V. – Kuzmina, N.A. – Shvetsova S.V.: Analysis of the Directions of Optimization of the Process of Ensuring Transportation Security in Railway Transport, *Transportation Research Procedia* 2023/68, 579-584
- [8] Kondor B.: Vasútbiztonság: fókuszban a jelzés, in: Horváth B. – Henézi D. – Döbrentei B. (szerk.): Transport Safety Conference, Széchenyi István Egyetem – KTI Magyar Közlekedéstudományi és Logisztikai Intézet – Közlekedéstudományi Egyesület, Győr, 2025 187-196
- [9] Czére B. (főszerk.): A vasúti technika kézikönyve 2. kötet, Műszaki Könyvkiadó, Budapest 1977.
- [10] Zobory I. – Gáti B. – Kádár L. – Hadházi D.: Jarművek és mobil gépek I. BME Közlekedésmérnöki Kar, Budapest, 2012.
- [11] Tokody D.: Intelligens vasúti informatikai és biztonsági rendszerek fejlesztése, Doktori (PhD) értekezés, Óbudai Egyetem Biztonságtudományi Doktori Iskola, Budapest, 2020.
- [12] Dimitrova, E. – Dimitrov, V.: Methodology for Studying the Reliability of Interlocking Devices in Bulgarian Railways, *Applied Sciences* 2025/15 4178
- [13] Zujun, Y. – Hongwei, W. – Feng, C.: Security of railway control systems: A survey, research issues and challenges, *High-speed Railway* 2023/1 6-17
- [14] Unger, S. – Heinrich, M. – Scheuermann, D. – Katzenbeisser, S. – Schubert, M. – Hagemann, L. – Iffländer, L.: Securing the Future Railway System: Technology Forecast, Security Measures, and Research Demands, *Vehicles* 2023/5 1254-1274
- [15] MÁV Zrt. E. 2. sz. Fékutasítás,
[https://www.mavcsoport.hu/sites/default/files/upload/page/e.2. fektasitas_1.sz. . mod. egyseges_szerkezetben_2023.04.01-tol_hatalyos.pdf](https://www.mavcsoport.hu/sites/default/files/upload/page/e.2._fekutasitas_1.sz._mod._egyseges_szerkezetben_2023.04.01-tol_hatalyos.pdf) (letöltve: 2026. 07. 03.)
- [16] 12/2025. (III. 28.) VIG sz. F.10. utasítás a védett személyek utazásainak és a különleges szabályozást igénylő vonatok közlekedésének lebonyolítására,
[https://www.mavcsoport.hu/sites/default/files/upload/page/f.10. sz. utasitas_12-2025. _vig.pdf](https://www.mavcsoport.hu/sites/default/files/upload/page/f.10._sz._utasitas_12-2025._vig.pdf) (letöltve: 2026. 08. 24.)
- [17] László V.: A hazai közlekedési rendszer védelmének, biztonságának fontossága a védelmi igazgatás szemszögéből, *Hadtudományi Szemle* 2019/4 123-139

A vizuális választási kampányok hatása a közlekedésbiztonságra / The impact of visual political campaigns on road safety

Csüri Fanni Noa¹ – Maráczai Rodrigó Dávid²

¹okleveles kulturális antropológus
¹fanninoa@gmail.com

²Multidiszciplináris Műszaki Tudományi Doktori Iskola, Széchenyi István Egyetem
²rodrigo.maraczi@gmail.com

Kivonat: A közlekedésbiztonság egyik meghatározó tényezője a járművezető figyelme és a közlekedési környezetből érkező vizuális információk megfelelő feldolgozása. A választási kampányok során nagyszámú politikai plakát jelenik meg a közterületeken, amelyek befolyásolhatják a közlekedők figyelmét és döntéshozatalát. Tanulmányunk a témát pártpolitikai szempontoktól függetlenül, kizárólag közlekedésbiztonsági és társadalomtudományi megközelítésből vizsgálja. Bemutatjuk a járművezetői információfeldolgozás és döntéshozatal elméleti hátterét, a választási plakátok kommunikációs szerepét, valamint a kapcsolódó hazai jogszabályi környezetet. Az elméleti áttekintést három célcsoport körében végzett kérdőíves felmérések egészítik ki. A tanulmány célja, hogy hozzájáruljon a választási plakátok közlekedésbiztonsági hatásainak jobb megértéséhez és a témával kapcsolatos további kutatások megalapozásához.

Abstract: One of the key determinants of road safety is drivers' attention and their ability to process visual information from the traffic environment. During election campaigns, a large number of political posters appear in public spaces, potentially influencing road users' attention and decision-making. This study examines the topic from a politically neutral perspective, focusing exclusively on road safety and the social sciences. It reviews the theoretical background of drivers' information processing and decision-making, the communicative role of political posters, and the relevant Hungarian legal framework. The theoretical overview is complemented by questionnaire surveys conducted among three target groups. The aim of the study is to contribute to a better understanding of the road safety implications of political posters and to provide a foundation for further research on the subject.

Kulcsszavak: közlekedésbiztonság; választási plakátok; vizuális kommunikáció; közlekedépszichológia; járművezetői figyelem; döntéshozatal; információfeldolgozás

Keywords: road safety; political posters; visual communication; traffic psychology; driver attention; decision-making; information processing

Bevezetés

A közúti közlekedésbiztonság fenntartása és folyamatos fejlesztése a közlekedéspolitika egyik legfontosabb célkitűzése, amelynek elsődleges feladata az emberi élet és egészség védelme. A közlekedési balesetek nemcsak személyi sérüléseket és haláleseteket okoznak, hanem jelentős gazdasági és társadalmi károkkal is járnak, ezért a közlekedésbiztonság egészségügyi, gazdasági, társadalmi és környezetvédelmi szempontból egyaránt kiemelt jelentőségű. A közlekedésbiztonság az általános biztonság szerves részét képezi, mivel a balesetek megelőzésén túl hozzájárul az életfeltételek megőrzéséhez és a fenntartható közlekedési környezet kialakításához is. [1]

A közlekedésbiztonság színvonalát alapvetően 3 tényező határozza meg: az ember, a jármű, valamint az út és annak környezete. A járművezető a közlekedés során folyamatosan értékeli a környezetéből érkező vizuális információkat, amelyek alapján meghozza a vezetéshez szükséges döntéseket [1, 2]. Ezért minden olyan környezeti elem, amely befolyásolja az észlelési vagy információfeldolgozási folyamatokat, közvetve hatással lehet a közlekedés biztonságára.

A választási plakátok elsődleges célja a választók figyelmének felkeltése, véleményük formálása és politikai üzenetek közvetítése. A közlekedési környezetben megjelenve azonban olyan vizuális ingereket jelentenek, amelyek a járművezetők által feldolgozandó információk körét bővítik, és ezáltal

befolyásolhatják a figyelmi folyamatokat. Kutatások szerint a vezetés során a figyelem korlátozott erőforrás, ezért minden olyan inger, amely nem közvetlenül a járművezetési feladathoz kapcsolódik, növelheti a kognitív terhelést, és kedvezőtlenül befolyásolhatja az észlelési, információfeldolgozási, döntéshozatali és reakciófolyamatokat. [3]

Célunk annak vizsgálata, hogy a vizuális választási kampányok milyen hatást gyakorolhatnak a közlekedésbiztonságra, különös tekintettel a járművezetők figyelmére és döntéshozatalára.

1. Elméleti háttér

1.1 A járművezető információfeldolgozási és döntéshozatali folyamatai

A járművezetés összetett kognitív folyamat, amely során a vezető folyamatosan érzékeli a közlekedési környezetből érkező információkat, értelmezi azokat, majd ezek alapján döntéseket hoz. A vezetési teljesítményt számos tényező befolyásolja, amelyek közül kiemelkedő jelentőségű a vezetési terhelés és a figyelemelterelő ingerek jelenléte. A figyelemelterelés mértéke eltérő lehet: egyes esetekben nem befolyásolja érdemben a vezetési teljesítményt, máskor azonban csökkentheti a járművezető koncentrációját, ezáltal rontva a biztonságos járművezetés feltételeit. [4]

A vezetési terhelés nem állandó, hanem a közlekedési környezet változásával folyamatosan módosul. A járművezetőnek egyszerre kell feldolgoznia a közúti jelzések, a forgalmi helyzet és a környezeti ingerek által közvetített információkat. A feldolgozandó információ mennyiségének növekedésével, illetve a döntési helyzet összetettségének fokozódásával nő a reakcióidő, ami egyben a hibázás valószínűségét is növelheti. Hasonló hatást válthatnak ki a közlekedési környezetben megjelenő, a vezetési feladathoz közvetlenül nem kapcsolódó vizuális ingerek is, amelyek növelhetik a kognitív terhelést és befolyásolhatják a döntéshozatali folyamatokat. [5]

A járművezetők a vezetéshez szükséges információk mintegy 90%-át vizuális úton szerzik meg. [6] A vezetési tapasztalat jelentősen befolyásolja az információfelvétel módját: míg a kezdő járművezetők elsősorban a jármű közvetlen környezetére koncentrálnak, addig a gyakorlott vezetők távolabbi pontokra irányítják tekintetüket, és perifériás látásukkal egyidejűleg figyelik a forgalmi környezetet. [7]

A biztonságos közlekedéshez nem elegendő az ingerek észlelése, azok gyors és helyes értelmezése, valamint a megfelelő döntés meghozatala is szükséges. Jó látási viszonyok között a közlekedési balesetek hátterében gyakran nem az észlelés hiányosságai, hanem a rendelkezésre álló idő korlátozottsága vagy a hibás döntéshozatal áll. [8]

A döntéshozatali folyamatot számos tényező befolyásolja, a többi között a járművezető ismeretei, tapasztalata, képességei, pillanatnyi érzelmi állapota, motivációja, kockázatvállalási hajlandósága, valamint a döntéshez rendelkezésre álló idő. [6] A tapasztalt járművezetők a korábban megszerzett ismeretek és automatizált válaszminták alapján általában gyorsabban és hatékonyabban reagálnak a közlekedési helyzetekre, míg a kevésbé gyakorlott vezetők döntéshozatala több időt igényelhet. [6]

Az ismeretlen közlekedési szituációk feldolgozásához elegendő időre és megfelelő kognitív kapacitásra van szükség. Amennyiben a rendelkezésre álló idő korlátozott, vagy a helyzet fokozott érzelmi terhelést, stresszt idéz elő, romolhat a döntéshozatal minősége, ami növelheti a hibás manőverek kialakulásának valószínűségét. [9]

A közlekedési környezetben megjelenő valamennyi vizuális inger az ismertett információfeldolgozási és döntéshozatali folyamatokon keresztül fejti ki hatását. Ennek megfelelően indokolt vizsgálni, hogy a választási kampányok során megjelenő vizuális elemek milyen mértékben befolyásolhatják a járművezetők figyelmét és döntéshozatalát.

1.2 A választás társadalomtudományi értelmezései

Ahhoz, hogy a választási plakátok közlekedésbiztonságra gyakorolt hatását megértsük, érdemes egy rövid kitekintést tennünk és tágabb kontextusban szemlélnünk például a politika fogalmát.

A politikának, mint főnévnek *A magyar nyelv értelmező szótára* több jelentésváltozatát is ismerteti. Az elsődleges meghatározás így szól: „Az államvezetés és kormányzás egészében v. egy-egy ágazatában, az ország belső életének irányításában és a nemzetközi kapcsolatokban követett, osztályérdekektől meghatározott alapelvek összessége és a megvalósításukra irányuló társadalmi tevékenység” [10].

Maga a szó a görög polisz kifejezésből ered, amelynek csakugyan többféle értelmezése elfogadott [11]. Antal Klaudia doktori értekezésében arra is felhívja a figyelmet, hogy Arisztotelész *Politika* című művében a többi között a közösségi létformát, a polgárok tömegét értette a polisz, mint fogalom alatt, ráadásul úgy vélte, hogy az ember „*természeténél fogva állami életre hivatott lény*”. A szerző hozzáteszi, hogy a politika – az ókori filozófus érvelése mentén – a polisz kollektív tevékenységeiben való participáció. Arra is rámutat, hogy a politika mindenhol – ahol az emberek közösségben léteznek – tetten érhető [11].

Mindez – az ember politikai aktorként való értelmezése – segít árnyaltabban értelmezni a választási plakátok és a közlekedésbiztonság közötti kapcsolatra.

A választási kampányok megítéléséhez Chantal Mouffe és Hannah Arendt elmélete is kapaszkodót nyújthat. Előbbi a konfliktust tartja a demokratikus elvek mentén zajló politika kiindulópontjának [12]. Utóbbi csakugyan a pluralizmus fontosságát hangsúlyozza. Úgy véli, hogy a „mi” és „ők” kategóriákban való gondolkodás, az eltérések kiemelése segíti a közösség alakulását [13]. Az a gondolat, hogy önmagunkat, identitásunkat a másiktól való különbözőség mentén határozzuk meg, számos filozófust, szociálpszichológust foglalkoztatott (vö.: például George Herbert Mead, Henri Tajfel). Ez a folyamat játszódhatott le az általunk vizsgált kampányidőszak alatt is, eltérő vizuális és verbális eszközök segítségével. A másik párt plakátjaira való festéssel, megrongálásával, letépésével a garázdálkodók véleményüket fejezhették ki, csoportidentitásukat erősíthették meg. Az ilyen cselekedetekről való kommunikálás a közösségi médiában csakugyan ezt a célt szolgálhatta (lásd például [14, 15]). A hírportálok ilyen eseményekről való beszámolója pedig segítette a választási kampány napirenden tartását (vö.: [16]).

Az értelmezési keret bővítéséért a közélet és a színház kapcsolatát is érdemes górcső alá venni. A két terület valamely mértékű összefonódása nem újkeletű. A politikai véleményformálás az antik világban – és napjainkban is – gyakorta más (tudomány)területek – így például a művészetek – együttes szemlélésével járt, jár együtt [11]. A színpadias jelenetek az elmúlt években a hazai és a nemzetközi politikában is megjelentek. Az Amerikai Egyesült Államokban a dráma és a médiumok meghatározó szerepet töltenek be a kampányokban. A választók döntéseiket nemcsak a politikai ígéretek, hanem a színpadi megjelenés alapján hozzák meg [17]. A politikusok mellett egyre nagyobb szerepet kapnak a kommunikációval, marketinggel foglalkozó szakemberek. A két szakterület a színészek politikai szerepvállalásával is összekapcsolódik. Az elmúlt évtizedekben több hazai és külföldi színész is politikai pályára sodródott. Gondolhatunk itt Ronald Reagan egykori amerikai elnökre, vagy például a jelenlegi ukrán elnökre [11]. Idehaza tavaly a Loupe Színházi Társulás pedig petíciót indított *Levegőt!* címmel. A többi között azt szerették volna elérni, hogy a politikai plakátok eltűnjenek a közterületekről [18]. További kapcsolódási pontként tekinthető, hogy az ősi színjátékok, valamint a választások, parlamenti viták is rítusokból erednek. Jelen kutatás szempontjából pedig ez, a választások rítusként való értelmezése lehet a legfontosabb.

Neulinger Ágnes Moore és Myerhoff munkásság alapján a rituálék következő formai tulajdonságaira hívja fel a figyelmet:

- Ismétlődés,
- aktív részvétel valamilyen szerepnek megfelelő viselkedési formában,
- sajátos cselekvés és szimbólumok vagy megszokott viselkedés és szimbólumok más jellegű használata jellemzi,
- szabályok alapján történik,
- figyelem és koncentráció szükséges hozzá,
- társadalmi szerepük van [19].

A fenti elmélet alapján Pál Gábor az egyetemistáknak létrehozott, országgyűlési munkát szimuláló Mint-a-Parlament elnevezésű oktatási programot is világi rítusként értelmezte [20]. Urbán Csilla csakugyan a választások ciklikusságára és az előkészületek fontosságára – például a kampányra – hívja fel a figyelmet. A szerző emlékeztet arra is, hogy a rítusok beteljesüléséhez elengedhetetlenek a résztvevők, akik különböző csoportokkal azonosulnak. Az általunk is vizsgált választási plakátokkal kapcsolatban megjegyzi, hogy a kampányban fontos szerepet töltenek be, megismertetik azokat a motívumokat, amelyek hozzájárulnak a rítus céljainak eléréséhez [21]. Oleár Éva szerint a plakát „*a politikai szimbólumok legsűrítettebb formája*” [22].

A választási plakátok létjogosultságát erősíti továbbá az a tény is - hogy habár a digitális média térnyerésével a kampányok szintén egyre inkább a virtuális világba helyeződnek át – mégis, még napjainkban is fontosnak tartják a jelöltek, hogy a fizikai világban is megjelenjen képük, nevük, pártjuk, pedig Helmut Langer már 1985-ben rámutatott arra, hogy az ember csak bizonyos mennyiségű vizuális ingert képes felfogni [23].

1.3 Jogszabályi környezet

A választási plakátok elhelyezését Magyarországon több jogszabály együttesen szabályozza. A közlekedésbiztonság, a választási eljárás, a médiaszabályozás és a településkép védelme eltérő szempontok szerint határozza meg a plakátok és reklámhordozók elhelyezésének feltételeit. Ennek következtében a választási kampányok során alkalmazott vizuális kommunikációs eszközök jogi megítélését több, egymással összefüggő jogszabály együttes értelmezése alapján lehet megismerni. A következőkben a kutatás szempontjából releváns jogszabályok kerülnek bemutatásra, különös tekintettel a közlekedési környezetben elhelyezett választási plakátokra és reklámhordozókra.

A közúti közlekedésről szóló 1988. évi I. törvény [24] kiemelten védi a közlekedők biztonságát az út menti vizuális elemekkel szemben. A törvény tiltja minden olyan jel, berendezés vagy reklám elhelyezését, amely összetéveszthető a közúti jelzésekkel, akadályozza azok láthatóságát, alkalmas a közlekedők figyelmének elterelésére vagy egyéb módon veszélyezteti a közlekedés biztonságát. Emellett részletesen meghatározza, hogy lakott és lakott területen kívül hol helyezhetők el reklámhordozók, illetve mely kivételek alkalmazhatók.

A választási eljárásról szóló 2013. évi XXXVI. törvény [25] a kampányidőszakban a plakátok elhelyezését alapvetően megengedi, ugyanakkor tulajdonosi hozzájáruláshoz köti azok kihelyezését magán-, illetve állami vagy önkormányzati tulajdonú vagyontárgyakon. Tiltja a plakátok elhelyezését többek között műemlékeken, védett természeti területeken és hatósági épületeken, valamint előírja, hogy a plakátok ne fedjék el más jelöltek hirdetéseit, és a választást követően meghatározott határidőn belül el kell távolítani őket.

A médiaszabályozás (2010. évi CLXXXV. törvény) [26] meghatározza a politikai reklám fogalmát és közzétételének feltételeit. Előírja, hogy a politikai reklámnak egyértelműen felismerhetőnek és más médiatartalmaktól elkülöníthetőnek kell lennie, valamint választási kampányidőszakon kívül kizárólag jogszabályban meghatározott esetekben tehető közzé.

A 2023. évi C. törvény [27] a reklámok településképi szabályozását rendezi. Célja, hogy a reklámok mennyisége, mérete, megjelenési formája és elhelyezése ne sértse a településképet és az épített környezet értékeit. A törvény meghatározza a reklámeszközök megengedett típusait, nyilvántartási és engedélyezési kötelezettségét, valamint szankciókat ír elő a szabálytalan reklámelhelyezés esetére. A politikai reklámokra ugyanakkor e törvény reklámszabályai nem terjednek ki, azok szabályozását külön jogszabályok biztosítják.

A 2026. évi XX. törvény [28] átfogó módosításokat vezetett be a politikai reklámok és plakátok szabályozásában, amelyek a kutatás szempontjából több jogszabályt is érintenek. A módosítások kiterjednek az előbb említett 4 törvényre.

A közúti közlekedésről szóló 1988. évi I. törvény módosítása elsősorban a reklámhordozók közlekedési környezetben történő elhelyezésének szigorítására irányul. A módosítás értelmében reklámtábla, reklámhordozó és egyéb reklámcélú berendezés közvilágítási, villany- és telefonoszlopon, valamint segélykérő telefonon vagy annak tartószerkezetén nem helyezhető el, továbbá új hirdetőoszlop létesítése sem engedélyezett. A jogszabály előírja továbbá, hogy az új rendelkezéseknek nem megfelelő reklámeszközöket 2026. december 31-ig el kell távolítani.

A médiaszolgáltatásokról és a tömegkommunikációról szóló 2010. évi CLXXXV. törvény módosítása pontosította a politikai reklámok közzétételének szabályait, valamint bővítette a Nemzeti Média- és Hírközlési Hatóság, illetve a Médiatanács hatásköreit. A módosítás kimondja, hogy politikai reklám és politikai hirdetés főszabály szerint kizárólag választási kampányidőszakban vagy elrendelt népszavazással összefüggésben tehető közzé, továbbá lehetőséget biztosít a jogszabályba ütköző politikai reklámok és plakátok vizsgálatára, eltávolítására és szankcionálására.

A választási eljárásról szóló 2013. évi XXXVI. törvény módosítása új tartalmi és elhelyezési követelményeket vezetett be a választási plakátokra és politikai reklámokra vonatkozóan. A választási plakátok nem helyezhetők el közvilágítási, villany- és telefonoszlopokon, közlekedésbiztonsági célú eszközökön, közúti jelzőtáblákon, valamint fás szárú növényeken.

A magyar építészetéről szóló 2023. évi C. törvény módosítása a reklámhordozók településképi szabályozását pontosította. A módosítás meghatározza a közterületen elhelyezhető reklámeszközök körét, korlátozza a citylight reklámeszközök és az új hirdetőoszlopok alkalmazását, valamint lehetőséget biztosít az önkormányzatok számára további reklámelhelyezési korlátozások meghatározására. Emellett módosultak a településképi bejelentési eljárás, a reklámeszközök nyilvántartásának és az alkalmazható jogkövetkezmények szabályai is.

2. A választási plakátok közlekedési környezetre gyakorolt hatásának elemzése

A választási kampányok egyik legjellemzőbb kommunikációs eszközei a közterületeken elhelyezett plakátok. A kampányidőszakban rövid idő alatt jelentős mennyiségű vizuális kommunikációs eszköz jelenik meg a települési és közlekedési környezetben, amelyek nemcsak a gyalogosok, hanem a járművezetők számára is folyamatosan észlelhető vizuális ingereket jelentenek. A plakátok elsődleges célja a választók figyelmének felkeltése és politikai üzenetek közvetítése, ezért kialakításukból adódóan színes, nagyméretű és figyelemfelkeltő elemeket alkalmaznak.

A 2026. évi országgyűlési választási kampány során a választási plakátok elhelyezése országos szinten is jelentős figyelmet kapott. Több sajtóbeszámoló foglalkozott a plakátok nagy számával, elhelyezésük módjával, valamint azok eltávolításával kapcsolatos kérdésekkel. Budapesten például egy megközelítőleg 150 méter hosszú útszakaszon 64 választási plakát került elhelyezésre, amely jól szemlélteti, hogy egyes helyszíneken a közlekedők rövid útszakaszon belül is nagyszámú vizuális ingerrel találkozhattak. [16] Más településeken a plakátok eltűnése vagy eltávolítása váltott ki közéleti érdeklődést, ami szintén ráirányította a figyelmet a kampányeszközök közterületi jelenlétére. [29]

A jelenség gyakorlati jelentőségét mutatja, hogy a kampányidőszak kezdetén a Budapest Közút Zrt. külön felhívásban kérte a jelölő szervezeteket a választási plakátok körültekintő elhelyezésére. A közlemény hangsúlyozta, hogy a plakátok nem takarhatják el a közúti jelzőtáblákat, a jelzőlámpákat, illetve nem akadályozhatják a közlekedők észlelhetőségét. A társaság arra is felhívta a figyelmet, hogy a közlekedésbiztonságot veszélyeztető plakátokat a balesetek megelőzése érdekében eltávolíthatja. [30]

A plakátelhelyezés nemcsak a közútkezelők, hanem az infrastruktúra-üzemeltetők számára is kiemelt kérdést jelent. A Magyar Telekom külön szabályzatban rögzíti a tulajdonában álló oszlopokon történő plakátelhelyezés feltételeit. A szabályzat szerint a társaság tulajdonában álló oszlopokon plakátok elhelyezése főszabály szerint tilos, míg a választási kampányidőszakban kizárólag meghatározott feltételek teljesülése és tulajdonosi hozzájárulás birtokában engedélyezhető. A jogosulatlanul kihelyezett plakátok eltávolításának jogát a társaság fenntartja. [31]

A jelen kutatás során végzett helyszíni megfigyelések is megerősítették, hogy a kampányidőszakban egyes útszakaszokon rövid távolságon belül jelentős számú választási plakát jelent meg. Az 1. ábrán bemutatott fényképfelvételek szemléltetik a vizsgált helyszíneken tapasztalt plakátsűrűséget, amely jól érzékelteti a közlekedési környezet kampányidőszak alatti vizuális változását.



1. ábra: A vizsgált székesfehérvári útszakasz a kampányidőszak alatt (balra) és a kampányidőszakot követően (jobbra) (saját fotók)

A járművezetői hibázás hátterében gyakran nem a járműkezelési ismeretek hiánya, hanem a figyelem és az információfeldolgozás zavara áll. Egy autóbusszvezetők körében végzett kutatás során a saját hibás események kiváltó okainak elemzésekor külön kategóriát képeztek a pillanatnyi figyelemhiányból vagy a figyelem elterelődéséből származó események, ami arra utal, hogy a vezetői figyelem fenntartása a közlekedésbiztonság egyik meghatározó tényezője. [32] A kutatás arra is rámutatott, hogy a vezetési rutin növekedésével csökkenhet a kezdeti fokozott óvatosság, miközben a bonyolultabb vagy váratlan közlekedési helyzetek feldolgozása továbbra is jelentős kognitív erőforrást igényel. Ez különösen indokoltá teszi annak vizsgálatát, hogy a közlekedési környezetben megjelenő, a vezetési feladathoz közvetlenül nem kapcsolódó vizuális ingerek – például a választási plakátok – milyen mértékben képesek befolyásolni a járművezetők figyelmét és döntéshozatalát.

Miközben a választási plakátok elhelyezése rendszeresen megjelenik a sajtóban, valamint a közútkezelők és más infrastruktúra-üzemeltetők is foglalkoznak a kérdéssel, a plakátok járművezetői figyelemre, információfeldolgozásra és döntéshozatalra gyakorolt hatásáról kevés tudományos eredmény áll rendelkezésre. Ez indokolja a választási kampányok során alkalmazott vizuális kommunikációs eszközök közlekedésbiztonsági szempontú vizsgálatát.

2.1 Kutatás célja és módszertana

Tanulmányunk elsődleges célja, hogy felkeltse a közlekedésben dolgozó szakemberek, valamint a jogszabályalkotók kutatási érdeklődését arra vonatkozóan, hogy a választási – és egyéb reklámcélú – plakátok miként befolyásolhatják a közlekedés résztvevőinek figyelmét. Kutatási eredményeink kiindulópontot nyújthatnak egy reprezentatív, nagymintás, magasabb költségű vizsgálat előkészítésének. A téma vizsgálatának gondolata már a 2026. évi országgyűlési választási kampány idején megfogalmazódott, az adatfelvételt azonban tudatosan a választásokat követő időszakra ütemeztük. Ezzel szerettük volna elkerülni, hogy a kampányidőszak felfokozott politikai hangulata befolyásolja a válaszadók véleményét. A kutatás időközben a 2026. évi XX. törvény előkészítéséhez és elfogadásához is igazodott, amely a gazdasági reklámok elhelyezésének szabályozását – többi között a közlekedésbiztonság növelése érdekében – szigorította [33]. Ennek következtében kutatásunk kiegészült annak vizsgálatával is, hogy a jogszabályi szigorítás mennyiben támasztható alá a közlekedésben részt vevők tapasztalataival.

A politikai téma érzékenysége tekintettel anonim, online kérdőíveket állítottunk össze, amelyek célja az őszinte válaszadás elősegítése volt. Fontos azonban leszögezni, hogy ezzel az egyébként gyors, egyszerű és költséghatékony adatgyűjtési módszerrel torzulhat a minta, a kutató nem tudja ugyanis ellenőrizni a válaszadási folyamatot. Előfordulhat, hogy a kutatási alany téves adatszolgáltatással (pl. kiskorú és nagykorúnak vallja magát) szándékosan akarja manipulálni a vizsgálatot, amit a kutató az anonimizálás végett nem tud kiszűrni. A minta egy személyes jelenlétet megkövetelő módszertan alkalmazása – pl. fókuszcsoporthoz, interjúhoz – esetében kevésbé sérülhet.

A vizsgálat során három, egymást kiegészítő célcsoportot kerestünk meg.

- Az 1. kérdőív a vezetésoktatók tapasztalataira fókuszált, különös tekintettel arra, hogy a választási plakátok miként befolyásolhatják a tanuló járművezetők figyelmét és vezetési teljesítményét. Az oktatókat ismeretségi körükből és ajánlások útján kerestük fel.
- A 2. felmérésben olyan közlekedési szakembereket kerestünk meg – többek között autóbusszvezetőket, villamosvezetőt, futárt és polgárőrt –, akik munkájukból adódóan napi szinten vesznek részt a közlekedési folyamatokban, így közvetlen tapasztalatokkal rendelkeznek a kampányidőszak sajátosságairól. A mintavétel véletlenszerűen történt, a válaszadók személyes tágabb ismeretségi körből, majd pedig hólabda módszerrel, ajánlás útján lettek kiválasztva.
- A 3. kérdőív célcsoportját a járművezetői engedéllyel rendelkező közlekedők alkották, akik saját tapasztalataik mellett más közlekedők viselkedésével kapcsolatos észrevételeiket is megoszthatták. A mintavétel hólabda módszerrel zajlott. A véletlenszerűen kiválasztott alanyok saját ismeretségi körükhöz is eljuttatták a kérdőívet.

A 3. felmérés eredményeinek együttes értékelésével arra törekedtünk, hogy a választási plakátok közlekedésbiztonsági hatásait több nézőpontból vizsgáljuk, és a különböző közlekedői csoportok tapasztalatait összehasonlítható módon mutassuk be. Azonban a kutatás figyelemfelkeltő jellegéből adódóan a demográfiai adatok gyűjtésére és a szerinti elemzésre most nem fektettünk nagy hangsúlyt. A téma mélyebb vizsgálatakor ugyanakkor érdemes lehet a nemek, az életkor, a lakóhely és az iskolai végzettség szerinti megoszlást is bemutatni.

A vizsgálat értelmezése során fontos figyelembe venni a kis elemszámú mintákból eredő korlátokat. Az alacsony elemszám miatt az eredmények nem tekinthetők reprezentatívnak, és azokból általános érvényű következtetések levonása csak korlátozottan lehetséges. A válaszok ugyanakkor értékes kvalitatív betekintést nyújthatnak az érintett csoportok tapasztalataiba és véleményébe.

2.2 Vezetésoktatók tapasztalatai

A kutatás részeként 2 vezetésoktató is megosztotta velünk tapasztalatait. Az egyikük 4 év alatt mintegy 240 tanulónak segített jogosítványt szerezni, a másikuk 6 éve foglalkozik ezzel. Ő csaknem 70 sofőrt képzett, sokak pedig újratanulni jártak hozzá. Érdekes lett volna egy olyan oktatónak a tapasztalata is, aki tanított nem magyar nyelven beszélő, külföldi tanulót. Egyes elméletek szerint a vezetéshez elengedhetetlen észlelést ugyanis több minden határozza meg, így például a kultúra is [34]. Feltehetően egy olyan polgárra, aki nem ismeri a magyar választási kultúrát, másképpen hatnak a kampányplakátok, mint azokra az itt élőkre, akik évek óta ebben a választási rendszerben szocializálódnak.

A vezetésoktatókat is megkérdeztük arról, hogy mit értenek a közlekedésbiztonság mint fogalom, és annak megteremtése alatt. Válaszaik alapján az alábbi kulcsszavakat gyűjtöttük össze:

- Megfelelő szabályismeret és annak betartása,
- defenzív vezetés alkalmazása,
- folyamatos kommunikáció a közlekedés más résztvevőivel,
- türelem a közlekedési partnerek iránt.

Arra is kíváncsiak voltunk, hogy milyen tényezők vonják el a leggyakrabban a vezetni tanulók figyelmét. Az egyik megkérdezett szerint a tanulási folyamat kezdetén a járműkezelés okozhat nehézséget, majd pedig a mögöttes forgalom. A másik válaszadó véleménye alapján az idegesség, a szorongás veszi el a legtöbb energiát. A figyelem elterelődésének elsődleges megnyilvánulása pedig a kapkodásban mutatkozik meg. Kialakul ilyenkor a csőrlátás, a beszűkült tudatállapotban pedig nem tudnak megfelelően reagálni a környezet változásaira. Itt fontos megjegyeznünk, hogy a szakemberek nem említették a legtöbbször előforduló okok között például a reklámtáblákat, egyéb, az útvonalon megjelenő vizuális ingereket. Igaz, arra a kérdésre, hogy oktatóként kellett-e valamin változtatniuk a kampányidőszak alatt, egyikük az válaszolta, hogy a kihelyezett plakátok rendkívül zavaróak voltak a tanulóknak, sokszor nagyon rossz helyen voltak elhelyezve, több táblát is nehezen lehetett észrevenni. Másikuk - immár nem először - inkább tanítási célra használta azokat: „Nézd csak, a Toroczkai mutatja a kezével, hogy állj meg a stop táblánál; itt a brüsszeli báboknál fordulunk jobbra; három XIII. kerületi képviselővel odébb balra”. Az interjúalany szerint ez a fajta kommunikáció szórakozásként is szolgált. Hozzátette: szerinte a választási plakátok nem vonták el jobban a közlekedők figyelmét, mint az ugyanakkora méretű egyéb köztéri reklámok. A tanulók viselkedésén egyikük sem tapasztalt különös változást a kampány alatt, habár a politika mindennapos témává vált.

Arra is kíváncsiak voltunk, hogy mit gondolnak a köztéri választási plakátolást szigorító intézkedésekről. A törvénymódosítással egyetértettek. Egyikük csak az erre a célra kijelölt helyen és felületen engedélyezné a plakátolást, illetve maximálná, hogy adott párt hány darabot helyezhet ki adott településen.

2.3 A közlekedési folyamatokban hivatásszerűen résztvevők tapasztalatai

A 2. kérdőívet 8 olyan személy töltötte ki, akik munkájukból adódóan napi szinten vesznek részt a közlekedési folyamatokban. A válaszadók között 1 polgárőr, 1 autóbuszvezető, 1 garázmester–autóbuszvezető, 2 futár, 1 katona, 1 mentő-gépkocsivezető és 1 villamosvezető szerepelt.

Arra a kérdésre, hogy milyen tényezők vonják el leggyakrabban a figyelmüket vezetés közben, 6 válaszadó említett olyan tényezőket, amelyek a közlekedési környezetből vagy a jármű környezetéből származnak. Ezek közé tartoztak a váratlan forgalmi események, a telefonhasználat, a monotonitás, az utasok viselkedése, a kerékpárosok és rolleresek kiszámíthatatlan mozgása, valamint a megszokott útvonalakon megjelenő új vizuális elemek. Két válaszadó közvetlenül is utalt a választási plakátokra vagy a megszokott környezetben megjelenő új tereptárgyakra, mint figyelemelterelő tényezőkre. Egy futár egyértelműen a színes plakátokat nevezte meg, míg 1 autóbuszvezető szerint a megszokott útvonalon megjelenő új objektumok rövid időre óhatatlanul felkeltik a járművezető figyelmét.

A kampányidőszak személyes megélésével kapcsolatban 3 válaszadó számolt be egyértelműen negatív hatásokról. A polgárőr szorongást, magasabb pulzust és légszomjat említett, a garázmester–autóbuszvezető a plakátokkal telített városi környezetet frusztrálónak nevezte, míg a villamosvezető szerint a kampány hatására a munkahelyen és az utasok között is fokozódott a feszültség. Három válaszadó úgy nyilatkozott, hogy rá személy szerint nem volt érdemi hatással a kampányidőszak, ugyanakkor 2 válaszadó inkább semleges választ adott.

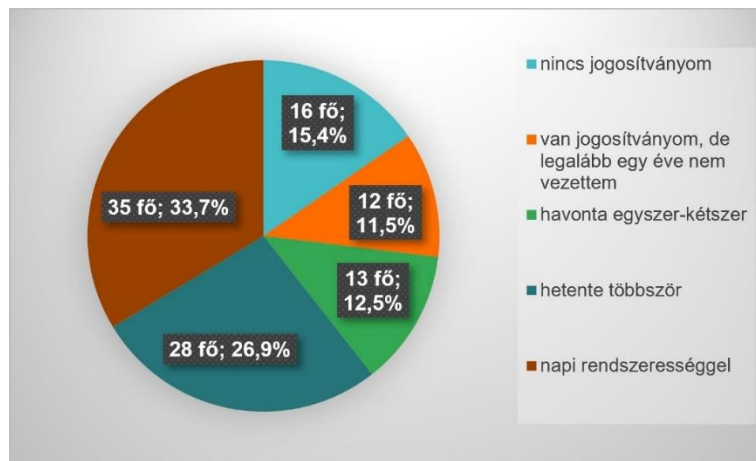
Arra a kérdésre, hogy más közlekedők viselkedésében tapasztaltak-e változást, 7 válaszadó szerint a kampányidőszak legalább bizonyos mértékben hatással volt a közlekedők hangulatára vagy viselkedésére. A leggyakrabban említett jelenségek az idegesség, a türelmetlenség, a figyelmetlenség és a frusztráció voltak. A villamosvezető részletesen beszámolt arról is, hogy a politikai témájú beszélgetések és nézeteltérések az utasok között, valamint a munkahelyi közösségekben is rendszeressé váltak.

A plakátelhelyezés szabályozásával kapcsolatban 6 válaszadó egyértelműen támogatta a 2026. évi XX. törvény által bevezetett szigorításokat. Egy válaszadó nem ismerte a korábbi szabályozást, míg 1 másik elsősorban a jelöltek számára biztosított egyenlő megjelenési lehetőséget tartotta fontosnak. A válaszadók többsége ugyanakkor úgy vélte, hogy a kampányidőszakban túl nagy számban jelentek meg plakátok a közterületeken, és több esetben kifogásolták azok elhelyezését is.

A jövőbeni szabályozásra vonatkozó javaslatok között 3 válaszadó a plakátok számának jelentős csökkentését vagy kizárólag kijelölt helyeken történő elhelyezését támogatta, míg 2 válaszadó a politikai plakátok közterületi kihelyezésének teljes megszüntetését tartaná indokoltnak. Emellett több válaszadó hangsúlyozta a szigorúbb ellenőrzés, a hatékonyabb szankcionálás és a közlekedési környezet vizuális terhelésének csökkentésének szükségességét.

2.4 A járművezetői engedéllyel rendelkező közlekedők tapasztalatai

Az alábbiakban azon kutatásunk eredményeit mutatjuk be, amely a civil lakosság tapasztalatait mérte fel. A 104 kitöltő 73,1%-a (76 fő) rendelkezik járművezetői engedéllyel és vezet legalább havi egy-két alkalommal (lásd: 2. ábra). A közlekedésben való részvételi módjuk tehát megegyezik a másik 2 célcsoportéval. Ezen, és terjedelmi okból most csak az ő válaszaikat közöljük.



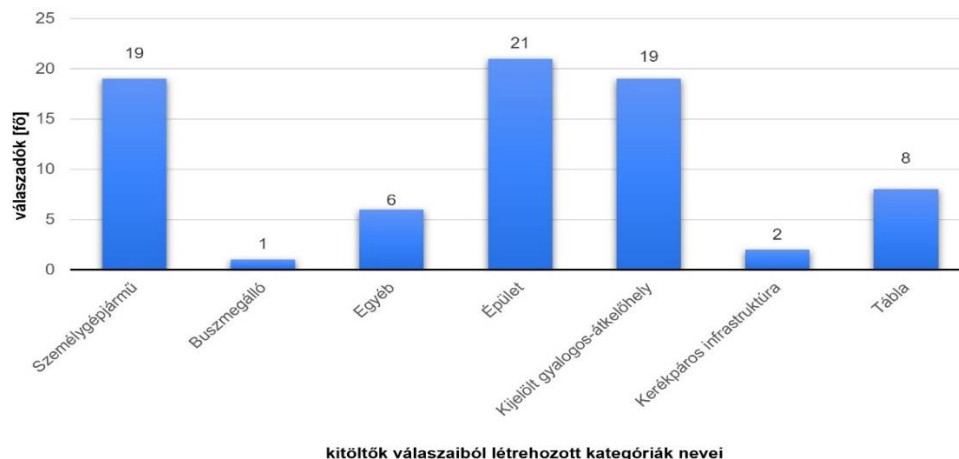
2. ábra: Válaszadók járművezetési gyakorisága

Kíváncsiak voltunk, hogy a kutatás alanyait milyen a környezetből érkező tényezők tudják megzavarni közlekedés közben. A nyitott kérdésre érkező válaszokból tematikus elemzéssel, az alábbi kategóriákat alkottuk:

- Más, közlekedésben résztvevők vagy azt befolyásoló élőlények (pl.: gyalogosok, kerékpárosok, rolleresek, motorosok, futárok, utasok, állatok, belógó növény),
- közlekedési szituációk és kultúra,
- hanghatások,
- időjárási tényezők,
- a közlekedési infrastruktúra minősége,
- fényhatások,
- jelzőtáblák,
- hirdetések,
- látványosságok (pl. táj, épület),
- vezetés közbeni egyéb cselekvés (pl. telefonhasználat),
- tárgyak felverődése,
- a sofőr gondolatai.

A válaszokból az derült ki, hogy a közlekedés résztvevői vezetés, utazás közben zavaró tényezőként azonosíthatják a különböző hirdetéseket, legyenek azok bármilyen jellegűek. Nagymintás, nyitott kérdéseket szoftveresen kódoló kutatásnál érdemes lehet a kategóriák gyakoriságát is felmérni.

Megkértük őket arra is, hogy nevezzék meg azt a dolgot, amelyet az 1. ábra jobb képén elsőként azonosítottak (lásd: 3. ábra). A legtöbben (21 fő) az épületet látták meg elsőként. Sokan (19-19 fő) valamelyik autót vagy a gyalogos átkelőhelyet nevezték meg, néhányan pedig valamelyik táblát. Természetesen egyéb válasz is érkezett.



3. ábra: Észlelési kategóriák kampányidőszakon kívüli környezetben

Megkértük, hogy ugyanerről a fényképről néhány táblát is soroljanak fel. Ennél a kérdésnél kivétel nélkül mindenki jelzőtáblákat nevezett meg. Előfordulhat, hogy egy másik közlekedési csoport, például a gyalogosok – akiknek nem kötelező ismerniük a KRESZ-t, erre a kérdésre más válaszokat adtak volna.

Azért, hogy megvizsgáljuk, hogy a tábla és a plakát fogalmakat, kategóriákat a válaszadók el tudják-e különíteni, azt is kértük tőlük, hogy plakátokat is soroljanak fel. Ennél a kérdésnél a 76 főből csupán 1 fő sorolt fel jelzőtáblákat. Az eltérő típusokat tehát megfelelően észlelték és azonosították a kitöltők. Ezt erősítették meg a további kérdésekre adott válaszaik is, habár a 1. ábra bal képén megjelenő választási plakátok néhány kitöltő figyelmét elvonták.

A 1. ábra bal képét mutatva ugyanis ismét megkértük a válaszadókat arra, hogy nevezzenek meg táblákat. Ennél a kérdésnél 3 kitöltő is felsorolt valamilyen a választási plakátokra utaló, azzal kapcsolatos tényezőt. Fogalmi zavarra utalhat, hogy amikor a 1. ábra bal képe alapján azt kértük, hogy plakátokat nevezzenek meg, volt olyan kitöltő, aki azt írta, hogy elsősorban “kampánytáblákat, aztán biciklisáv és buszmegálló” plakátokat lát. Más nem nevesítette, hogy milyen plakátot lát, csupán minősítette azt, hogy “csodálatosakat”.

A többi (74 fő) kitöltő egyértelműsítette, hogy választási plakátokat lát.

A választási plakátok figyelemfelhívó jellegét mutatta, hogy a 1. ábra bal képén a válaszadók többsége, 61,8%-a, valamilyen politikai plakátot azonosított elsőként (lásd: 4. ábra).



4. ábra: Észlelési kategóriák kampányidőszak alatti környezetben

Igaz, a válaszadást torzíthatta, hogy a 2 kép közötti különbség szinte csak ebben - a választási plakátok megjelenésében - mutatkozott meg.

Ahhoz, hogy pontosabb adatokat kapjunk, érdemes lenne a szem mozgását figyelő, szemkamerás vizsgálatot végezni. Ezzel a módszerrel egyértelművé válhatna, hogy a fénykép mely részén ragad meg elsőként, és hosszabb időre a néző tekintete. Továbbá érdemes lenne akár vezetés közben is monitorozni a szemmozgást, egy másik kamerával pedig a környezetet venni. A 2 felvétel összefésüléséből modellezhető lenne, hogy a városi környezetben milyen jellegű tárgyakon ragad meg a leginkább a sofőrök tekintete.

A választási plakátok hatásairól is kérdeztük a válaszadókat. Többen úgy vélik, hogy befolyásolták a plakátok a közlekedésben résztvevőket. Azt írták, hogy több volt a konfliktus, a káromkodás. Az emberek idegesek lettek a plakátoktól. Voltak, akik kifejezetten arról írtak, hogy elterelték a figyelmet az útról. Néhányan megjegyezték, hogy eltakarták például a közlekedési táblákat, vagy más közlekedőket. Mások szerint azonban nem befolyásolják jobban a figyelmet, mint egyéb tényezők. Az egyik válaszadó így fogalmazott:

“Mindenképpen (hatottak a közlekedés résztvevőire a választási plakátok), hiszen a plakát kihelyezés célja, hogy valamilyen üzenetet közvetítsen a befogadónak. Vezetés közben nyilvánvalóan növelik a

koncentráció elterelésének esélyét, de figyelemelterelő hatásuk többnyire megegyezik bármilyen más tárggyal.”

Ez az értelmezés megegyezik egyébként az egyik vezetésoktató tapasztalatával is, amelyet a vizuális infláció jelenségével is lehet magyarázni. Ez elmélet arra mutat rá, hogy a média egyre nagyobb tényerésének köszönhetően a 21. századi embert sokkal több vizuális impulzus éri, mint amennyit be tud fogadni, a látás útján szerzett ingerek egy része tehát elvész. [34]

Mások szerint csak az első találkozások alkalmával ragadják meg a plakátok a választók figyelmét:

“Idegesítőek, az elején elterelhetik az ember figyelmét, de mivel olyan sokáig fent vannak, hozzászokik az ember.”

“Eleinte igen, lehet figyelemelterelő hatásuk, azonban szerintem hozzászokik az ember a látványhoz az ismerős helyeken. Új helyen járva ismét figyelemelterelő hatásuk van.”

Ezek a válaszok a választás rítusként való értelmezését erősítik. A választásra, mint megszokott időközönként ismétlődő eseményre, valamint az azzal járó szabályokra, szimbólumokra fel lehet készülni. A ciklikusság és a kiszámíthatóság tehát csökkentheti a plakátok figyelemfelkeltő hatását.

A válaszadók közül 22-en ugyanakkor úgy vélték, hogy nem befolyásolták a választási plakátok a közlekedőket.

Konklúzió

Kutatásunk eredményei alapján megállapítható, hogy a választási kampányidőszakban megjelenő plakátok a közlekedési környezet meghatározó vizuális elemeivé válnak, amelyek rövid idő alatt jelentősen növelik a járművezetők által feldolgozandó információk mennyiségét. A szakirodalmi áttekintés rámutatott arra, hogy a vezetési feladathoz közvetlenül nem kapcsolódó vizuális ingerek növelhetik a kognitív terhelést, ezáltal kedvezőtlenül befolyásolhatják az észlelési és döntéshozatali folyamatokat.

A három vizsgált célcsoport tapasztalatai részben alátámasztották ezt a feltételezést, igaz a kis elemszám miatt általánosító megállapítást nem tehetünk. A vezetésoktatók elsősorban a tanuló járművezetők fokozott terhelését és a rosszul elhelyezett plakátokból eredő problémákat emelték ki, ugyanakkor úgy vélték, hogy a választási plakátok figyelemelterelő hatása nem feltétlenül nagyobb, mint más nagyméretű közterületi reklámoké. A közlekedési folyamatokban hivatásszerűen részt vevő válaszadók többsége szerint a kampányidőszak növeli a közlekedési környezet vizuális terhelését, és a megszokott útvonalakon megjelenő új plakátok rövid időre elvonhatják a járművezetők figyelmét. Emellett többen a közlekedők viselkedésében is fokozott idegességet, türelmetlenséget és feszültséget tapasztaltak. A kutatás ezzel kapcsolatban arra is szeretné felhívni a figyelmet, hogy a kampányidőszak nem hétköznapi attitűdök felvételére, cselekvésekre is ösztönözheti az embereket, amelyek közvetetten veszélyeztetik a közlekedésben résztvevőket. Gondolhatunk itt a plakátok eltávolításához vagy felhelyezéséhez szükséges, magas oszlopokra való felmászásra, vagy járművek megmászására (lásd: [35]). Mindez arra enged következtetni, hogy nem csak a kihelyezett választási plakátoknak, hanem magának a választásnak, mint rítusnak is érdemes a közlekedésbiztonságra gyakorolt hatásait vizsgálni.

A civil járművezetők válaszai azt mutatták, hogy a közlekedők képesek megkülönböztetni a közúti jelzőtáblákat és a plakátokat, ugyanakkor egyes esetekben a választási plakátok elsődleges vizuális ingerként jelentek meg, ami arra utalhat, hogy képesek felhívni magukra a figyelmet még közlekedési környezetben is.

A vizsgálat további fontos eredménye, hogy a megkérdezett közlekedők és a közlekedésben dolgozó válaszadók többsége támogatta a 2026. évi XX. törvény által bevezetett plakátelhelyezési szigorításokat, és többen a jövőben is indokoltnak tartanák a plakátok számának további csökkentését vagy kizárólag kijelölt helyeken történő elhelyezését.

Mindezek alapján kutatásunk nem bizonyítja közvetlenül, hogy a választási plakátok önmagukban közlekedési baleseteket okoznának, ugyanakkor rámutat arra, hogy a kampányidőszakban jelentősen megnövekedő vizuális ingerterhelés a közlekedésbiztonság szempontjából nem hagyható figyelmen kívül. Eredményeink alapján indokolt a választási plakátok közlekedésbiztonsági hatásának további,

objektív módszerekkel – például szemmozgás-követéses vizsgálatokkal, vezetési szimulációkkal vagy természetes forgalmi megfigyelésekkel – történő elemzése. Emellett a kutatás eredményeinek értelmezését és összehasonlíthatóságát a nemzetközi tapasztalatok és külföldi vizsgálatok bevonása is elősegítheti.

Irodalomjegyzék

- [1] Lévai Sz.: Közlekedésbiztonság; Dialóg Campus Kiadó, Budapest, 2019.
- [2] Jankó D.: Közúti közlekedésbiztonság; Novádat Kiadó, Győr, 1997.
- [3] David L. S. – Amy S. M.: SPIDER 2.0: Driver Distraction and Visual Attention, *Annual Review Vision Science* 11:521-540
- [4] Young K. – Regan M.: Driver distraction: A review of the literature, In: I.J. Faulks – M. Regan – M. Stevenson – J. Brown – A. Porter – J.D. Irwin (Eds.): *Distracted driving*, Australasian College of Road Safety, Sydney, 2007.
- [5] Lyu N. – Xie L. – Wu C. – Fu Q. – Deng C.: Driver's Cognitive Workload and Driving Performance under Traffic Sign Information Exposure in Complex Environments: A Case Study of the Highways in China, *International Journal of Environmental Research and Public Health*, 2017/14 203
- [6] Siska T.: Emberi tényezők szerepe a balesetek bekövetkezésében In: Jankó D. (szerk.): *Közúti közlekedésbiztonság*; Novádat Kiadó, Győr, pp. 27-38, 1997.
- [7] Thomas R.: Ügyesség, döntés és információszerzés a gépjárművezetésben (fordította: dr. Draskóczy Magda) In: Réti L. (szerk.): *Ember-jármű-út. A gépkocsivezetés pszichológiai kérdései*; Közgazdasági és Jogi Könyvkiadó, Budapest, 1977.
- [8] Derényi G. – Varga S.: A közlekedés és a gyakorló orvostudomány kapcsolatának egyes kérdései, *Közlekedéstudományi Szemle*, XXXVIII. évf. 8. szám, pp. 367-369
- [9] Horváth L.: *Közlekedépszichológiai ismeretek*; Tankönyvkiadó, Budapest, 1976.
- [10] Arcanum Digitális Tudománytár: A magyar nyelv értelmező szótára. Elérhető: <https://www.arcanum.com/hu/online-kiadvanyok/Lexikonok-a-magyar-nyelv-ertelmezo-szotara-1BE8B/> (2026.07.14.)
- [11] Antal K.: A részvételi színház politikussága. Doktori értekezés, Pécsi Tudományegyetem Bölcsészettudományi Kar, Irodalom- és Kultúratudományi Doktori Iskola, Pécs, 2021.
- [12] Chantal M.: A politika és a politika, *Századvég*, XVI/60, 25-47
- [13] Hannah A.: *A sivatag és az oázisok*; Gond Kiadó – Palatinus Kiadó, Budapest, 2002.
- [14] Facebook bejegyzés: https://www.facebook.com/photo.php?fbid=10234086702690056&set=pb.1262008880.-2207520000&type=3&locale=hu_HU (2026.07.14.)
- [15] Facebook bejegyzés: <https://www.facebook.com/photo.php?fbid=1373809811447062&set=pb.100064541688824.-2207520000&type=3> (2026.07.14.)
- [16] Nádor A.: Elegük lett a csömörieknek a megrongált választási plakátokból, mindegyiket leszedték, de a fideszes plakátok gyorsan visszakerültek, *Telex*, 2026.03.28.; Elérhető: <https://telex.hu/belfold/2026/03/28/csomor-valasztasi-plakatok-eltuntek> (2026.07.14.)
- [17] Mark C. – Roland B. – Nilanjana P.: Elections as theatre, *Political Science and Politics*, XXXIX/1, 43–47, 43
- [18] Loupe Színházi Társulás: Levegőt! Szabad Közbeszédet, Szabad Köztereket és Életteret! Petíció; Elérhető: <https://peticio.loupe.hu/> (2026.07.14.)
- [19] Neulinger Á.: Világi rítusok, családi rítusok. *Szociológiai Szemle*, 23(3), 102–120
- [20] Pál G.: Farsang a parlamentben – Egy törvényhozást modellező játékos oktatási esemény antropológiai szemléletű elemzése. *Parlamenti Szemle*, 2022/1.
- [21] Urbán Cs.: Rendszerváltás és szimbolikus kommunikáció. *Médiakutató*, 2009/3; Elérhető: https://www.mediakutato.hu/cikk/2009_03_osz/05_rendszervaltas_szimbolikus_kommunikacio (2026. 07. 14.)
- [22] Oleár É.: A politika mint árucikk: jegyzetek a politikai marketing kérdőjeleihez, *Marketing & Menedzsment*, 29(3), 11–15.
- [23] Langer H.: Visuelle Gestaltung – visuelle Inflation, *Format*, 17/2., 1985. 17–24.
- [24] 1988. évi I. törvény a közúti közlekedésről; Elérhető: <https://njt.jog.gov.hu/> (2026.07.14.)

- [25] 2013. évi XXXVI. törvény a választási eljárásról; Elérhető: <https://njt.jog.gov.hu/> (2026.07.14.)
- [26] 2010. évi CIV. törvény a sajtószabadságról és a médiatartalmak alapvető szabályairól; Elérhető: <https://njt.jog.gov.hu/> (2026.07.14.)
- [27] 2023. évi C. törvény a magyar építészetről; Elérhető: <https://njt.jog.gov.hu/> (2026.07.14.)
- [28] 2026. évi XX. törvény a gyűlöletkeltésre alkalmas politikai reklámok visszaszorításáról, a gazdasági reklámok településképi illeszkedésének biztosításáról, valamint egyes beruházási szabályok módosításáról; Elérhető: <https://njt.jog.gov.hu/> (2026.07.14.)
- [29] Földi K.: Leszedték a fideszes plakátokat Újlipótváros virágtartóiról, 444.hu, 2026.02.25. Elérhető: <https://444.hu/2026/02/25/leszedtek-a-fideszes-plakatokat-ujlipotvaros-viragtartoirol> (2026.07.14.)
- [30] Budapest Közút Zrt.: Kérjük a választási plakátok körültekintő elhelyezését a kampányidőszakban, Budapest Közút Zrt., 2026.02.24.; Elérhető: <https://www.budapestkozut.hu/kerjuk-a-valasztasi-plakatok-korultekinto-elhelyezeset-a-kampanyidoszakban/> (2026.07.14.)
- [31] Magyar Telekom Nyrt.: Plakátelhelyezési szabályzat, Magyar Telekom Nyrt.; Elérhető: <https://www.telekom.hu/plakatelhelyezesi-szabalyzat> (2026.07.14.)
- [32] Szabó K. D.: Az autóbuszvezető képzési és oktatási rendszer, valamint a saját hibás események összefüggéseinek vizsgálata az ArrivaBus Kft-nél, Diplomamunka, Széchenyi István Egyetem, Építész-, Építő és Közlekedésmérnöki Kar, Győr, 2025.
- [33] T/122. számú törvényjavaslat: A gyűlöletkeltésre alkalmas politikai reklámok visszaszorításáról, a gazdasági reklámok településképi illeszkedésének biztosításáról, valamint egyes beruházási szabályok módosításáról, Országgyűlés, Budapest, 2026.
- [34] Pusztai V.: Vizualitás és média; Juhász Gyula Felsőoktatási Kiadó, Szeged, 2020.
- [35] Facebook bejegyzés: <https://www.facebook.com/reel/979580671182214> (2026.07.14.)

Az észlelt közlekedésbiztonság szerepe az e-roller-használati hajlandóságban – Budapest, Oroszlány és Veszprém összehasonlító vizsgálata / The Role of Perceived Traffic Safety in E-Scooter Use Intention: A Comparative Study of Budapest, Oroszlány, and Veszprém

SzakonyiP¹ – HullárM² – RapcsákGy³ – TóthJ⁴

^{1,2}Széchenyi István Egyetem és Magyar Közút Nonprofit Zrt.

¹szakonyi.petra@sze.hu

²matyas.hullar@gmail.com

^{3,4}Magyar Közút Nonprofit Zrt.

³gyorgy.rapcsak@gmail.com

⁴toth.jozsef781119@gmail.com

Kivonat: Az elektromos rollerek gyors elterjedése új lehetőségeket teremtett a fenntartható városi mobilitásban, ugyanakkor közlekedésbiztonsági és szabályozási kihívásokat is eredményezett. A kutatás célja annak vizsgálata volt, hogy az észlelt közlekedésbiztonság és a közlekedési környezet jellemzői hogyan függenek össze az e-roller-használati hajlandósággal, valamint mely közlekedői csoportok számára jelenthet az e-roller reális alternatívát a személygépkocsival szemben. A kérdőíves vizsgálat három eltérő városi adottságokkal rendelkező magyar településen – Budapesten, Oroszlányban és Veszprémben – összesen 214 fő részvételével zajlott. A felmérés a közlekedési szokásokra, az e-roller-használati tapasztalatokra, a biztonságérzetre és a módváltás feltételeire terjedt ki. Az eredmények alapján az e-roller-használati hajlandóság szorosan összefügg a közlekedési környezet észlelt biztonságával és kiszámíthatóságával. A megfelelő infrastruktúra hiánya, a kedvezőtlen útburkolati állapotok és a szabályozási bizonytalanság meghatározó akadályként jelentek meg. A korábbi használati tapasztalat kedvezőbb megítéléssel és nagyobb használati hajlandósággal társult, míg az autótulajdonosok nem bizonyultak egyértelműen elutasítóbbnak. Az eredmények arra utalnak, hogy a biztonságos és folytonos mikromobilitási infrastruktúra, az egyértelmű szabályozás és a közlekedési módok integrációja növelheti az e-rollerek elfogadottságát, és elősegítheti a fenntartható városi közlekedésbe történő integrációjukat.

Abstract: The rapid spread of electric scooters has created new opportunities for sustainable urban mobility while also posing traffic safety and regulatory challenges. This study aimed to examine how perceived traffic safety and the characteristics of the transport environment influence e-scooter use intention and to identify the user groups for whom e-scooters may represent a viable alternative to private cars. A questionnaire survey was conducted in three Hungarian cities with different urban and transport characteristics—Budapest, Oroszlány, and Veszprém—involving 214 respondents. The survey examined travel behaviour, previous e-scooter use, perceived safety, and the conditions influencing modal shift. The results indicate that e-scooter use intention is strongly influenced by the perceived safety and predictability of the transport environment. The lack of appropriate infrastructure, poor road surface conditions, and an unclear regulatory environment emerged as major barriers. Previous e-scooter experience was associated with more positive attitudes and a greater intention to use e-scooters, while car owners were not consistently more reluctant to consider their use. The findings suggest that safe and continuous micromobility infrastructure, clear regulations, and better integration with other transport modes could increase the acceptance of e-scooters and support their integration into sustainable urban mobility systems.

Kulcsszavak: e-roller; észlelt közlekedésbiztonság; használati hajlandóság; mikromobilitás; közlekedési módváltás

Keywords: e-scooter; perceived traffic safety; use intention; micromobility; modal shift

Bevezetés

Az elektromos rollerek gyors elterjedése az elmúlt években jelentősen átalakította a városi mikromobilitást. Az e-rollerek rugalmas és fenntartható közlekedési alternatívát kínálhatnak, különösen a rövid városi utazások, valamint az első és utolsó kilométeres kapcsolatok esetében. Használatuk növekedése ugyanakkor új közlekedésbiztonsági, infrastrukturális és szabályozási kihívásokat is teremtett. A megfelelő infrastruktúra hiánya, az eltérő közlekedési módok közötti konfliktusok, a kedvezőtlen útburkolati viszonyok és a szabályozási bizonytalanság egyaránt összefügghetnek az e-rolleres közlekedés észlelt biztonságával és az eszköz használatára való nyitottsággal. Az e-rollerek fenntartható városi mobilitásban betöltött szerepe nagymértékben függ attól is, hogy mely közlekedési módokat helyettesítik. Amennyiben használók elsősorban a gyaloglásról vagy a közösségi közlekedésről váltanak e-rollerre, a gépjárműforgalom és az abból eredő környezeti terhelések várhatóan csak korlátozott mértékben csökkennek. Ezért fontos annak vizsgálata, hogy az e-roller milyen feltételek mellett válhat a személygépkocsi reális alternatívájává, és mely tényezők ösztönözhetik vagy korlátozhatják használatát. Jelen kutatás célja annak feltárása, hogy az észlelt közlekedésbiztonság, a korábbi használati tapasztalatok és a helyi közlekedési környezet jellemzői milyen kapcsolatban állnak az e-roller-használati hajlandósággal. A vizsgálat Budapest, Oroszlány és Veszprém eltérő városi és közlekedési adottságainak összehasonlításával értékeli az e-rollerek megítélését és a mikromobilitási módváltás feltételeit. A kutatás az alábbi kutatási kérdésekre keresi a választ:

RQ1: Milyen kapcsolat figyelhető meg az e-rolleres közlekedés észlelt biztonsága és az e-roller-használati hajlandóság között?

RQ2: Mely infrastrukturális, közlekedésbiztonsági és szabályozási tényezők ösztönzik vagy korlátozzák az e-rollerek használatát?

RQ3: Milyen kapcsolat figyelhető meg a korábbi e-roller-használati tapasztalat, az eszköz megítélése és a jövőbeli használati hajlandóság között?

RQ4: Milyen különbségek figyelhetők meg az e-rollerek megítélésében és használati feltételeiben Budapest, Oroszlány és Veszprém eltérő városi környezetében?

1. Irodalomkutatás

A megosztott e-rollerek világszerte gyors ütemben terjedtek el; piaci előrejelzések szerint globális piaci értékük 2025-re elérhette a 40–50 milliárd USD-t [1]. Az e-rollerek elsősorban a rövid, jellemzően 0,5–4 km közötti városi utazások során, valamint a közösségi közlekedéshez kapcsolódó első és utolsó kilométeres összeköttetések biztosításában jelenthetnek rugalmas közlekedési alternatívát. Használatuk ezért a sűrűn beépített városközpontokban és a közösségi közlekedési csomópontok környezetében a legintenzívebb, ahol jelentős igény mutatkozik a rövid távú utazások iránt [2-3]. Fenntarthatósági hozzájárulásuk ugyanakkor nem egyértelmű, mivel a közlekedési módok helyettesítését vizsgáló kutatások szerint a megosztott e-rollerek gyakrabban váltják ki a gyaloglást és a közösségi közlekedést, mint a személygépkocsival megtett utazásokat [4-5]. Az e-rollerek elfogadása és használati hajlandósága a különböző társadalmi és közlekedői csoportok körében eltérő. Lee et al. (2021) két meghatározó felhasználói csoportot azonosítottak: egy nagyobb, mérsékelt használati hajlandóságot mutató csoportot, amely elsősorban rövid, első és utolsó kilométeres utazásokra használja az e-rollereket, különösen az egyetemi városrészekben; valamint egy kisebb, de az e-rollerek használatára nyitottabb csoportot, amely főként fiatalabb, magasabb jövedelmű, a közösségi közlekedéssel elégedetlen ingázókból áll [6]. Az e-rollerek elfogadását az életkor, a jövedelem, az utazás célja és a meglévő közlekedési lehetőségekkel való elégedettség mellett a biztonság megítélése, az infrastruktúra minősége és a használattal kapcsolatos bizonytalanság is alakítja. A szabályozási és irányítási feltételek, valamint a városi környezet kialakítása ezért közvetlenül befolyásolhatja a rendszerek működését és teljesítményét [7]. A szabályozási bizonytalanság továbbra is az e-rollerek terjedésének egyik központi kihívása. Az önkormányzatoknak az innováció ösztönzése mellett a közlekedésbiztonsági, közterület-használati és társadalmi méltányossági szempontokat is figyelembe kell venniük. Az Egyesült Államokban alkalmazott szabályozási megoldások közé tartoznak a kísérleti programok, a flottaméret korlátozása és a társadalmi méltányosságot elősegítő követelmények, miközben az épített környezet

fejlesztésére irányuló beavatkozások, például a dedikált mikromobilitási infrastruktúra kialakítása, továbbra is kevésbé elterjedtek [8]. A dedikált közlekedési felületek hiánya, a nem egyértelmű szabályok és a vegyes forgalmú közlekedési környezetben észlelt sérülékenységek nemcsak az e-rollerok biztonságos használatát nehezíti, hanem szélesebb körű elfogadásukat is korlátozza [9]. Az e-rollerok gyors terjedését számos országban a használatukhoz kapcsolódó sérülések számának jelentős növekedése kísérte. Az Egyesült Államokban az e-rollerokkal összefüggő sürgősségi osztályos ellátások száma 2017 és 2021 között közel 450%-kal emelkedett [10]. Hasonló tendencia figyelhető meg az európai traumatológiai központokban is, ahol az e-roller-rendszerek bevezetését követően jelentősen nőtt a sérülések száma [11]. Bár számos baleset könnyebb sérüléssel jár, az esetek jelentős részében csonttörések, fejsérülések következnek be, illetve kórházi ellátás válik szükségessé [12-13]. A közlekedésbiztonsági kockázatokat az egyéni viselkedés, a közlekedési környezet és az infrastruktúra egymással összefüggő tényezői alakítják. Az éjszakai közlekedés, a kedvezőtlen időjárási körülmények és az alkoholos befolyásoltság visszatérő kockázati tényezőként jelennek meg, míg a halálos kimenetelű események gyakran rossz látási viszonyokkal, közlekedési szabálysértésekkel és gépjárművekkel történő ütközésekkel hozhatók összefüggésbe. Az infrastruktúra minősége ugyanakkor a közlekedésbiztonság egyik alapvető strukturális meghatározó tényezője. Az egyenetlen útburkolat, a dedikált mikromobilitási infrastruktúra hiánya, a járdán történő közlekedés és a csomópontok kialakítása egyaránt befolyásolhatja a baleseti kockázatot és a sérülések súlyosságát [14-15]. Az infrastruktúra mikroszintű jellemzői, például a burkolati egyenetlenségek és a kisebb útpálya-akadályok közvetlenül is hozzájárulhatnak az irányítás elvesztéséhez és a balesetek bekövetkezéséhez [16]. Az e-rollerok közlekedésbiztonsági hatásai nem korlátozódnak a használók sérülési kockázatára. A járdán történő közlekedés és a szabálytalan parkolás veszélyeztetheti a sérülékeny gyalogosokat, különösen az idősebb korosztály tagjait [17]. Az e-rollerok biztonságos integrációja ezért nem kizárólag az egyéni közlekedési magatartás kérdése, hanem az infrastruktúra kialakításához, a közlekedési módok térbeli elkülönítéséhez és az egyértelmű szabályozási környezet megteremtéséhez is kapcsolódik.

Összességében a szakirodalom arra utal, hogy az e-rollerok használati hajlandósága és közlekedésbiztonsági megítélése szorosan összefügg. Miközben az e-rollerok rugalmas megoldást kínálhatnak a rövid városi és első–utolsó kilométeres utazások során, szélesebb körű elfogadásukat korlátozhatja a nem megfelelő infrastruktúra, a vegyes forgalomban észlelt sérülékenységek és a szabályozási bizonytalanság. A közlekedésbiztonság ezért nem csupán az e-roller-használat következményeként, hanem a használati hajlandóságot és a közlekedési módváltást alakító meghatározó tényezőként is értelmezhető. A bemutatott nemzetközi kutatások elsősorban nagyvárosi, gyakran megosztott e-roller-rendszerekkel rendelkező környezetben vizsgálták a használati hajlandóságot és a közlekedésbiztonság megítélését. Jelen kutatás hozzáadott értéke annak feltárása, hogy ezekhez hasonló tapasztalatok figyelhetők-e meg Magyarországon, illetve miként jelennek meg az eltérő adottságú hazai településeken. Budapest, Oroszlány és Veszprém összehasonlítása lehetőséget teremt annak vizsgálatára, hogy az észlelt biztonság, az infrastruktúra, a szabályozási bizonytalanság és a korábbi használati tapasztalat szerepe mennyiben egyezik a nemzetközi eredményekkel, és milyen sajátos magyarországi különbségek azonosíthatók.

2. A vizsgált települések bemutatása

2.1 Budapest

Budapest Magyarország fővárosa és legnagyobb városa, területe 525,2 km², lakossága megközelítőleg 1,7 millió fő, népsűrűsége pedig mintegy 3200 fő/km². A sűrűn beépített belső városrészek, a kiterjedt közösségi közlekedési hálózat és a jelentős közúti forgalom sajátos környezetet teremtenek a mikromobilitási eszközök használatához. A rövid városi utazások nagy száma és a közösségi közlekedési kapcsolatok sűrű hálózata kedvezhet az e-rollerok önálló közlekedési eszközként, illetve az első és utolsó kilométeres kapcsolatokban történő alkalmazásának. A megosztott e-rollerok 2019-ben jelentek meg nagyobb számban Budapesten. A fővárosban a Lime és a Dott – korábban TIER – megosztott e-roller-szolgáltatásai mobilalkalmazáson keresztül biztosítják az eszközök használatát. Az e-rollerok elsősorban a belső kerületekben és a jelentősebb közösségi közlekedési csomópontok környezetében kínálnak rugalmas lehetőséget a rövid távú utazásokhoz. Az e-rollerok biztonságos integrációját ugyanakkor nehezítheti a jelentős gépjárműforgalom, a kerékpáros és mikromobilitási infrastruktúra területi egyenlőtlensége, a helyenként kedvezőtlen útburkolati állapot, valamint a

különböző közlekedési módok közötti konfliktusok. A megosztott mikromobilitási eszközök rendezett elhelyezését kijelölt Mobi-pontok segítik. Budapest így olyan nagyvárosi vizsgálati környezetet képvisel, ahol az e-roller-használat kedvező feltételei és az észlelt közlekedésbiztonságot befolyásoló infrastrukturális kihívások egyaránt jelen vannak.

2.2 Oroszlány

Oroszlány Komárom-Esztergom vármegye déli részén, a Vértes lábánál fekvő kisváros és az Oroszlányi járás központja. Területe megközelítőleg 76 km², lakossága mintegy 18 ezer fő, népsűrűsége pedig körülbelül 235–240 fő/km². A korábban elsősorban szénbányászatra és energiatermelésre épülő település gazdasági szerkezete jelentősen átalakult; napjainkban az ipari park és az ott működő vállalkozások meghatározó szerepet töltenek be a helyi foglalkoztatásban. A város közlekedési rendszerét jelentős mértékben meghatározza a személygépkocsi-használat és a környező foglalkoztatási központokba irányuló ingázás. A helyi közösségi közlekedést autóbuszjáratok biztosítják, míg a városi és térségi kerékpáros kapcsolatok az aktív és mikromobilitási közlekedési módok alkalmazását segíthetik. Oroszlányban nem működik megosztott e-roller-szolgáltatás, így az e-roller-használat elsősorban magántulajdonú eszközökhöz kapcsolódik. A megosztott szolgáltatás hiánya korlátozhatja az eszközök kipróbálásának és alkalmi használatának lehetőségét. A kompakt városszerkezet és a rövid településen belüli távolságok ugyanakkor kedvezhetnek az e-rollerek használatának, míg a településen kívülre irányuló ingázás és a hosszabb napi utazási távolságok korlátozhatják azok önálló közlekedési alternatívaként betöltött szerepét. Oroszlány ezért olyan kisvárosi vizsgálati környezetet képvisel, ahol a mikromobilitás lehetőségei autóorientált közlekedési és ingázási mintázatokkal társulnak.

2.3 Veszprém

Veszprém vármegye és a Veszprémi járás közigazgatási, gazdasági, oktatási és kulturális központja. A Bakony keleti peremén, a Balatontól mintegy 15–20 km-re fekszik. Területe megközelítőleg 127 km², lakossága mintegy 56–57 ezer fő, népsűrűsége pedig körülbelül 440–450 fő/km². A város településszerkezetét jelentős szintkülönbségek, fennsíkok és völgyek jellemzik, ezért a tagolt domborzat a közlekedési módok megválasztását és a mikromobilitási eszközök használhatóságát egyaránt befolyásolhatja. A személygépkocsi-használat mellett a helyi autóbusz-közlekedés is jelentős szerepet tölt be a város mobilitási rendszerében. Veszprém megközelítőleg 51 km hosszú kerékpárforgalmi főhálózattal rendelkezik, amely a környező települések irányába is kapcsolatokat biztosít. A jelentős szintkülönbségek ugyanakkor több útvonalon megnehezíthetik a hagyományos kerékpározást, ezért az elektromos mikromobilitási eszközök kedvező alternatívát jelenthetnek. Veszprémben megosztott e-roller- és elektromoskerékpár-szolgáltatás egyaránt elérhető. A Lime közösségi e-roller-rendszere 2021-ben jelent meg a városban, míg a 2023-ban elindított V-Bike rendszer 146 elektromos rásegítésű kerékpárt kínál 18 gyűjtőállomáson. Az e-roller-rendszer rugalmas, állomás nélküli használatot tesz lehetővé, a V-Bike pedig kötött állomásrendszerben működik.

A város domborzata sajátos lehetőségeket és közlekedésbiztonsági kihívásokat teremt. Az elektromos hajtás megkönnyítheti a szintkülönbségek leküzdését, a meredek lejtőkön azonban a nagyobb sebesség, a hosszabb fékút és a burkolati egyenetlenségek növelhetik az észlelt és tényleges közlekedésbiztonsági kockázatokat. Veszprém így olyan középvárosi vizsgálati környezetet képvisel, ahol a kompakt városszerkezet, a meglévő kerékpáros infrastruktúra és a megosztott mikromobilitási szolgáltatások kedvező feltételeket teremthetnek, miközben a tagolt domborzat sajátos használati és biztonsági kihívásokat eredményezhet.

3. Módszerek

A három településen alkalmazott kérdőívek hasonló alapstruktúrát követtek, de kérdéseik és válaszlehetőségeik nem voltak teljes egészében azonosak. A közös kérdéskörök a válaszadók társadalmi-demográfiai jellemzőire, általános közlekedési szokásaira, korábbi e-roller-használati tapasztalataira, az e-rollerek közlekedési alternatívaként való megítélésére, az észlelt közlekedésbiztonságra, a használati hajlandóságot befolyásoló tényezőkre, valamint a megosztott e-roller-rendszerekkel kapcsolatos attitűdökre terjedtek ki. A társadalmi-demográfiai kérdések többek között a válaszadók életkorára, nemére és iskolai végzettségére vonatkoztak. A közlekedési szokásokat vizsgáló kérdések a leggyakrabban igénybe vett közlekedési módokra, az utazási távolságokra és az

utazások jellemző céljaira irányultak. Az e-rollerrel kapcsolatos kérdéscsoport kitért az eszköz korábbi kipróbálására, a használat gyakoriságára, a jövőbeli használati hajlandóságra, valamint arra, hogy a válaszadók mennyire tekintik az e-rollert a személygépkocsi vagy más közlekedési módok lehetséges alternatívájának. Az észlelt közlekedésbiztonság vizsgálata során a kérdőívek az e-rolleres közlekedés biztonságának általános megítélésére, a legfontosabbnak tartott kockázati tényezőkre, az előnyben részesített közlekedési felületekre, valamint azokra az infrastrukturális és szabályozási feltételekre kérdeztek rá, amelyek növelhetnék a használati hajlandóságot. A megosztott e-roller-rendszerekkel kapcsolatos kérdések a szolgáltatások ismertségét, korábbi használatát, helyi elfogadottságát és az eszközök közterületi elhelyezésével kapcsolatos preferenciákat vizsgálták. A kérdések között egyszeres és többszörös választást lehetővé tevő kérdések, valamint értékelési skálák egyaránt szerepeltek. A helyi kérdőívek részben az egyes települések sajátos közlekedési környezetéhez igazodtak. A veszprémi kérdőív például a város topográfiai adottságai miatt külön kérdést tartalmazott a domborzat e-roller-használatra gyakorolt hatásáról. A kérdőívek közötti eltérések következtében nem minden változó volt egységesen összehasonlítható mindhárom település vonatkozásában. A települések közötti összehasonlítás ezért kizárólag a tartalmilag és a válaszlehetőségek tekintetében is megfelelően összevethető kérdésekre terjedt ki; a csak egy-egy településen rendelkezésre álló válaszokat külön, leíró jelleggel értékeltük. A kérdőívek teljes körű egységességének hiánya a kutatás egyik módszertani korlátját jelenti.

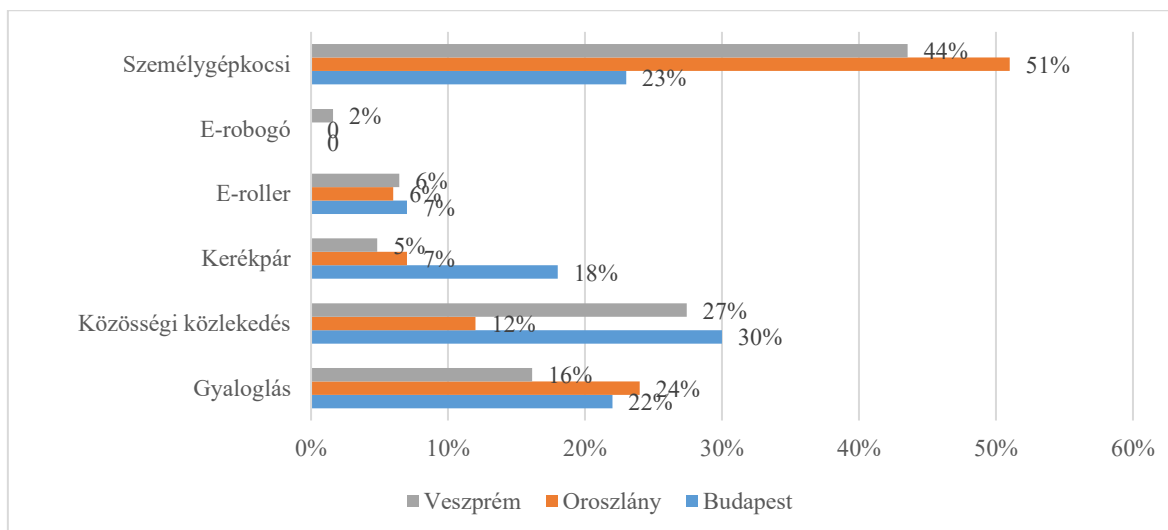
4. Eredmények

4.1 Demográfiai jellemzők

A kérdőíves felmérésben összesen 214 fő vett részt, közülük 31 fő Budapestről, 121 fő Oroszlányból, 62 fő pedig Veszprémből. A válaszadók életkor, nem és iskolai végzettség tekintetében heterogén mintát alkottak, ugyanakkor a korcsoportok megoszlása a három vizsgálati helyszínen eltérő volt. A budapesti mintában elsősorban a 26–40 éves, magasabb iskolai végzettséggel rendelkező válaszadók voltak jelen, míg Oroszlányban a 41–60 éves korosztály alkotta a legnagyobb csoportot. A települési alminták eltérő mérete és demográfiai összetétele miatt az eredmények nem tekinthetők reprezentatívnak az egyes városok teljes lakosságára; azok a vizsgálatban részt vevő válaszadók attitűdjeit és közlekedési jellemzőit tükrözik.

4.2 Közlekedési szokások

A három vizsgált település válaszadóinak közlekedési szokásai eltérő mintázatokat mutattak. Budapesten a közlekedési módok használata változatosabb képet mutatott. Bár a válaszadók 90,3%-a rendelkezett személygépkocsi-vezetői engedéllyel, 67,7%-uk pedig saját gépjárművel, a személygépkocsi nem bizonyult a leggyakrabban használt közlekedési módnak. A személygépkocsi mellett a közösségi közlekedés, a gyaloglás és a kerékpározás is megjelent a mindennapi utazásokban, ami változatosabb, multimodális közlekedési mintázatra utal. Oroszlányban ezzel szemben a személygépkocsi szerepe volt meghatározó: a válaszadók több mint fele elsősorban autóval közlekedett, míg megközelítőleg egynegyedük a gyaloglást jelölte meg leggyakrabban használt közlekedési módként. A közösségi közlekedés, a kerékpározás és az e-roller használata együttesen kisebb arányt képviselt. A válaszadók jelentős része naponta 10 km-nél nagyobb távolságot tett meg, elsősorban munkába járás, illetve a környező foglalkoztatási központokba történő ingázás céljából. Veszprémben a személygépkocsi mellett a helyi autóbusz-közlekedés, a gyaloglás és a kerékpározás is szerepet töltött be a válaszadók mindennapi mobilitásában. A rendelkezésre álló eredmények alapján azonban a közlekedési módok, a napi utazási távolságok és az elsődleges utazási célok településen belüli részletes megoszlása nem hasonlítható össze egységesen a másik két vizsgálati helyszín adataival. Összességében a vizsgált alminták eltérő mobilitási mintázatokat mutattak: Budapesten változatosabb közlekedésmód-használat, Oroszlányban pedig erőteljesebb személygépkocsi-használat és hosszabb napi utazási távolságok rajzolódtak ki. A települések közötti különbségek eltérő lehetőségeket teremthetnek az e-roller közlekedési célú alkalmazására.



1. ábra: Közlekedési munkamegosztás településenként (n = 214)

Megjegyzés: A három településen alkalmazott kérdőívek nem voltak teljes egészében azonosak. Ezért egyes adatok Oroszlány és Veszprém esetében összehasonlítható formában nem állnak rendelkezésre; ez nem válaszadói adathiányt jelent.

4.3 Korábbi e-roller használati tapasztalat

A kérdőíves vizsgálat az e-rollerrel kapcsolatos korábbi használati tapasztalatokra és a használat gyakoriságára is kiterjedt. Oroszlányban a korábbi e-roller-használat életkor szerint eltérő mintázatot mutatott: az eszköz kipróbálása a fiatalabb válaszadók körében gyakoribb volt, míg az idősebb korosztályok kisebb arányban rendelkeztek közvetlen használati tapasztalattal. A budapesti eredmények alapján a használat gyakorisága együtt járt az e-roller közlekedési alternatívaként való kedvezőbb megítélésével. Az ötfokú értékelési skálán a rendszeres e-roller-használók átlagosan 4,25 pontra, az alkalmi használók 2,29 pontra, míg az e-rollert korábban még nem használók 1,83 pontra értékelték az eszköz vonzóságát. A rendszeres használók tehát lényegesen kedvezőbben ítélték meg az e-rollert mindennapi közlekedési alternatívaként, mint az alkalmi használók vagy a korábbi használati tapasztalattal nem rendelkező válaszadók. Az eredmények alapján a korábbi használati tapasztalat és különösen a rendszeres használat kedvezőbb attitűdökkel és nagyobb deklarált használati hajlandósággal társult. A megfigyelt különbségek ugyanakkor leíró jellegűek, ezért oksági kapcsolat megállapítására nem alkalmasak.

1. táblázat: Korábbi e-roller használat településenként

Vizsgálati szempont	Budapest (n=31)	Oroszlány (n=121)	Veszprém (n=62)
Korábbi e-roller-használati tapasztalat	A használati gyakoriság szerint vizsgálható	A fiatalabb korcsoportokban gyakoribb volt az e-roller kipróbálása	Nem áll rendelkezésre részletes, összehasonlítható adat
Használati gyakoriság	Rendszeres, alkalmi és korábban nem használó csoportok	Részletes gyakorisági megoszlás nem áll rendelkezésre	Részletes gyakorisági megoszlás nem áll rendelkezésre
Az e-roller vonzóságának átlagos értékelése*	Rendszeres használók: 4,25; alkalmi használók: 2,29; korábban nem használók: 1,83	Nem áll rendelkezésre	Nem áll rendelkezésre

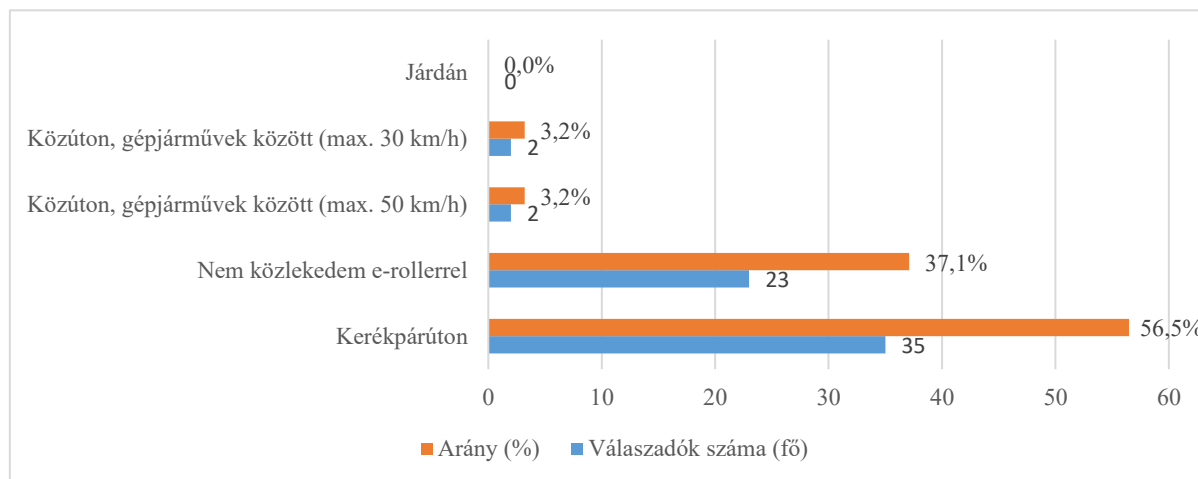
4.4 Észlelt közlekedésbiztonság

A kérdőíves vizsgálat az e-rolleres közlekedés észlelt biztonságára, a biztonsági aggályok okaira, valamint a használati hajlandóságot növelő közlekedésbiztonsági és infrastrukturális fejlesztésekre is kiterjedt. A kérdések az e-rolleres közlekedés általános biztonságának megítélésére, a biztonsági

aggályokat kiváltó tényezőkre, valamint azokra a fejlesztésekre irányultak, amelyek megvalósulása növelhetné a válaszadók használati hajlandóságát. A biztonsági aggályokra vonatkozó válaszlehetőségek között infrastrukturális, útburkolati, forgalmi és szabályozási tényezők egyaránt szerepeltek. A válaszok alapján az észlelt biztonság a használati hajlandóság egyik fontos feltételeként jelent meg. A biztonsági aggályok elsősorban az e-rollerek használatához kapcsolódó közlekedési környezetre irányultak. A válaszadók a legfontosabb problémák között a megfelelő, dedikált infrastruktúra hiányát, a rossz minőségű vagy egyenetlen útburkolatot, a fizikai védelem hiányát, valamint a hiányos vagy összefüggéstelen kerékpárút-hálózatot jelölték meg. A gyalogosokkal és a gépjárműforgalommal kialakuló konfliktusok, az e-rollerek sebessége, a szabályozási bizonytalanság és az eltérő közlekedési módok közös felületen történő megjelenése szintén megjelent a biztonság megítélését befolyásoló tényezők között. A használati hajlandóság növelésének legfontosabb feltételei között a biztonságos és megfelelő minőségű infrastruktúra, az összefüggő mikromobilitási hálózat, a megfelelő útburkolat és az egyértelmű közlekedési szabályok jelentek meg. A válaszok alapján a közlekedési környezet biztonságának és kiszámíthatóságának javítása az e-rollerek szélesebb körű elfogadásának egyik fontos feltétele lehet.

4.5 Használni kívánt közlekedési infrastruktúra

Az észlelt közlekedésbiztonságtól elkülönülő kérdéskörként a vizsgálat arra is kitért, hogy a válaszadók mely közlekedési felületet választanák e-roller-használóként, illetve megítélésük szerint az e-rollereknek hol kellene közlekedniük. A válaszadók az e-rollerek számára elsősorban a kerékpáros infrastruktúrát tartották megfelelő közlekedési felületnek. Veszprémben arra a kérdésre, hogy e-roller-használóként mely infrastruktúrán közlekednének leginkább, a válaszadók a kerékpárút, a járda, a legfeljebb 30 km/h, illetve a legfeljebb 50 km/h megengedett sebességű közút, valamint a „nem közlekednék e-rollerrel” lehetőségek közül választhattak. A válaszadók 56,5%-a a kerékpárutat jelölte meg, míg 37,1%-uk úgy nyilatkozott, hogy nem közlekedne e-rollerrel. A közúton, gépjárművek között történő közlekedést – akár legfeljebb 30 km/h, akár legfeljebb 50 km/h megengedett sebességű útszakaszon – csak a válaszadók kis része részesítette előnyben, a járdát pedig egyetlen válaszadó sem választotta. A gyalogosok és kerékpárosok nézőpontjából még nagyobb volt a kerékpáros infrastruktúra támogatottsága: a veszprémi válaszadók 80,6%-a szerint az e-rollereknek elsősorban a kerékpárúton kellene közlekedniük. Az eredmények alapján mind az e-roller-használói nézőpontból megfogalmazott válaszok, mind a gyalogosok és kerékpárosok szempontjai a kerékpáros infrastruktúra elsődlegessége felé mutattak.



2. ábra: Az e-roller használatához előnyben részesített közlekedési infrastruktúra a veszprémi válaszadók körében (n=62)

Megjegyzés: Az ábra kizárólag a veszprémi válaszadók eredményeit mutatja be, mivel ez a kérdés ebben a formában és ezekkel a válaszlehetőségekkel csak a veszprémi kérdőívben szerepelt; ezért a három település adatainak összehasonlítása vagy összesítése nem lehetséges.

4.6 A megosztott e-rollerek megítélése

A kérdőíves vizsgálat a megosztott e-roller-szolgáltatások ismertségére és korábbi használatára, a rendszerek helyi működésének támogatottságára, valamint az e-rollerek közterületi elhelyezésével kapcsolatos preferenciákra is kiterjedt. A három vizsgált település szolgáltatási környezete jelentősen eltért: Budapesten és Veszprémbe a megosztott e-rollerek a városi közlekedési kínálat részét képezték, míg Oroszlányban a felmérés időszakában nem működött megosztott e-roller-szolgáltatás. A budapesti és veszprémi válaszadók ezért közvetlenebb helyi tapasztalatok alapján értékelték a szolgáltatásokat, míg Oroszlányban a válaszok elsősorban egy lehetséges jövőbeli rendszer megítélését tükrözték. A válaszok alapján a megosztott e-roller-rendszerek támogatottsága nem jelentette a teljesen szabad és szabályozatlan működés elfogadását. Az e-rollerek közterületi elhelyezésével kapcsolatban a kijelölt parkolóhelyek alkalmazása kedvezőbb megítélést kapott, mint az eszközök teljesen szabad elhelyezése. A válaszadók preferenciái a rendezettebb és kiszámíthatóbb közterület-használat iránti igényt jelezték. Összességében a megosztott e-roller-rendszerek megítélése nem írható le egyszerű támogatásként vagy elutasításként. A válaszok alapján a szolgáltatások elfogadottsága a biztonságos infrastruktúra, az egyértelmű működési és közlekedési szabályok, valamint a rendezett parkolási feltételek biztosításához kapcsolódott. A megosztott e-rollerek városi közlekedésbe történő integrációjában ezért az eszközök rendelkezésre állása mellett a működés közlekedésbiztonsági és közterület-használati feltételei is fontos szerepet tölthetnek be.

Konklúzió

A kutatás eredményei alapján az észlelt közlekedésbiztonság szorosan összefügg az e-rollerek megítélésével és a használati hajlandósággal. A válaszadók biztonsági aggályai elsősorban nem magához az eszközhöz, hanem annak közlekedési környezetéhez kapcsolódtak. A megfelelő infrastruktúra hiánya, a kedvezőtlen útburkolati viszonyok, a gépjárművekkel és gyalogosokkal kialakuló konfliktusok, valamint a szabályozási bizonytalanság egyaránt korlátozhatják az e-rollerek elfogadottságát. A válaszadók elsősorban a kerékpáros infrastruktúrát tartották megfelelőnek az e-rolleres közlekedés számára, ami a biztonságos, folytonos és megfelelő minőségű mikromobilitási hálózatok fejlesztésének szükségességét támasztja alá. A három település összehasonlítása rámutatott arra, hogy az e-rollerek potenciális közlekedési szerepe településspecifikus. Budapesten a sűrű közösségi közlekedési hálózat és a rövid városi utazások kedvező lehetőségeket teremthetnek az e-rollerek használatához, miközben a jelentős gépjárműforgalom és az infrastrukturális hiányosságok közlekedésbiztonsági kihívásokat jelentenek. Veszprémbe a kompakt városszerkezet és a megosztott mikromobilitási szolgáltatások támogatják az e-roller-használatot, ugyanakkor a tagolt domborzat és a lejtős útszakaszok sajátos kockázatokat eredményezhetnek. Oroszlányban a rövid, településen belüli utazások kínálhatnak módváltási lehetőséget, míg az autóorientált közlekedési szokások, a hosszabb ingázási távolságok és a megosztott szolgáltatás hiánya korlátozhatják az eszköz szélesebb körű elterjedését. Az e-rollerek személygépkocsival szembeni versenyképességének növelése érdekében a fejlesztéspolitikának elsősorban a rövid városi autótutak célzott kiváltására célszerű összpontosítania. Ehhez biztonságos és összefüggő mikromobilitási infrastruktúra, megfelelő minőségű útburkolat, egyértelmű közlekedési szabályok, valamint rendezett, kijelölt parkolási lehetőségek szükségesek. A megosztott e-roller-rendszerek közösségi közlekedéssel történő fizikai, digitális és tarifális integrációja erősítheti az eszközök szerepét az első és utolsó kilométeres kapcsolatokban, míg a biztonságos kipróbálást és a közlekedési szabályok megismerését támogató programok mérsékelhetik a használattal kapcsolatos bizonytalanságot. A budapesti mintában a válaszadók 32,3%-a tekintett az e-rollerre a személygépkocsi lehetséges alternatívájaként, ami a rövid városi autótutak kiváltásának potenciáljára utal. Ez az arány ugyanakkor nem értelmezhető várható tényleges módváltási arányként: a kérdőívben megjelenő deklarált nyitottság a potenciálisan megszólítható felhasználói kört jelzi, és nem azonos a jövőbeli közlekedési magatartással. Az e-rollerek elsősorban a rövid, néhány kilométeres személygépkocsi-utak esetében válhatnak versenyképes alternatívává, míg a hosszabb ingázási utazások kiváltására önálló közlekedési módként csak korlátozottan alkalmasak. A kutatás korlátját a települési alminták eltérő mérete és összetétele, a nem reprezentatív mintavétel, valamint az önbevalláson alapuló, keresztmetszeti adatfelvétel jelenti. Az eredmények ezért az észlelt biztonság és a deklarált használati hajlandóság közötti kapcsolatokat tükrözik, oksági összefüggések megállapítására nem alkalmasak. A jövőbeli kutatásokban nagyobb és kiegyensúlyozottabb minták, valamint a kérdőíves eredmények

tényleges használati és baleseti adatokkal történő összekapcsolása segítheti az e-rollerek reális módváltási potenciáljának pontosabb meghatározását.

Irodalomjegyzék

- [1] Schellong D. – Sadek P. – Schaetzberger C. – Barrack T.: The promise and pitfalls of e-scooter sharing, Boston Consulting Group, 2019.
- [2] Meng F. – Zheng L. – Ding T. – Wang Z. – Zhang Y. – Li W.: Understanding dockless bike-sharing spatiotemporal travel patterns: Evidence from ten cities in China, *Computers, Environment and Urban Systems* 104, 2023, 102006.
<https://doi.org/10.1016/j.compenvurbsys.2023.102006>
- [3] Orvin M. M. – Bachhal J. K. – Fatmi M. R.: Modeling the demand for shared e-scooter services, *Transportation Research Record* 2676/3, 2022, 429–442.
<https://doi.org/10.1177/03611981211051620>
- [4] Weschke J. – Oostendorp R. – Hardinghaus M.: Mode shift, motivational reasons, and impact on emissions of shared e-scooter usage, *Transportation Research Part D* 112, 2022, 103468.
<https://doi.org/10.1016/j.trd.2022.103468>
- [5] Speak A. – Taratula-Lyons M. – Clayton W. – Shergold I.: Scooter stories: User and non-user experiences of a shared e-scooter trial, *Active Travel Studies* 3/1, 2023, 4.
<https://doi.org/10.16997/ats.1195>
- [6] Lee H. – Baek K. – Chung J. H. – Kim J.: Factors affecting heterogeneity in willingness to use e-scooter sharing services, *Transportation Research Part D* 92, 2021, 102751.
<https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102751>
- [7] Popova Y, Zagulova D. Aspects of e-scooter sharing in the smart city. *Informatics*. 2022;9(2):36.
<https://doi.org/10.3390/informatics9020036>
- [8] Riggs W. – Kawashima M. – Batstone D.: Exploring best practice for municipal e-scooter policy in the United States, *Transportation Research Part A: Policy and Practice* 151, 2021, 18–27.
<https://doi.org/10.1016/j.tra.2021.06.025>
- [9] Nikiforiadis A. – Paschalidis E. – Stamatiadis N. – Raptopoulou A. – Kostareli A. – Basbas S.: Analysis of attitudes and engagement of shared e-scooter users, *Transportation Research Part D* 94, 2021. 2021;94:102790. <https://doi.org/10.1016/j.trd.2021.102790>
- [10] Tark J.: Micromobility products-related deaths, injuries, and hazard patterns: 2017–2021, U.S. Consumer Product Safety Commission, 2022.
- [11] Frank S. – Sator T. – Kinsky R. M. – Frank J. K. – Frank R. – Fialka C. – Mittermayr R. – Boesmueller S.: Continuously increasing e-scooter accidents and their possible prevention in a large European city, *European Journal of Trauma and Emergency Surgery* 50, 2024, 2895–2904.
<https://doi.org/10.1007/s00068-024-02594-9>
- [12] Bloom M. B. – Noorzad A. – Lin C. – Little M. – Lee E. Y. – Margulies D. R. – Torbati S. S.: Standing electric scooter injuries: Impact on a community, *The American Journal of Surgery* 221/1, 2021, 227–232. <https://doi.org/10.1016/j.amjsurg.2020.07.020>
- [13] Bascones K. – Maio Méndez T. E. – Yanez Siller F. A.: E-scooter accidents: A new epidemic, *Revista Española de Cirugía Ortopédica y Traumatología* 66, 2022, T135–T142.
<https://doi.org/10.1016/j.recot.2022.02.001>
- [14] della Mura M. – Failla S. – Gori N. – Micucci A. – Paganelli F.: E-scooter presence in urban areas: Are rules and infrastructure enough?, *Sustainability* 14/21, 2022, 14303.
<https://doi.org/10.3390/su142114303>
- [15] Ma Q. – Yang H. – Mayhue A. – Sun Y. – Huang Z. – Ma Y.: E-scooter safety: Riding risk analysis based on mobile sensing data, *Accident Analysis & Prevention* 151, 2021, 105954.
<https://doi.org/10.1016/j.aap.2020.105954>
- [16] Karpenko M. – Eičinas D.: Dynamic analysis of micromobility in-wheel suspension system – Enhancing safety in urban environments, *Promet – Traffic & Transportation* 38/2, 2026, 229–242.
<https://doi.org/10.7307/ptt.v38i2.3155>
- [17] Sikka N. – Vila C. – Stratton M. – Ghassemi M. – Pourmand A.: Sharing the sidewalk: A case of e-scooter related pedestrian injury, *The American Journal of Emergency Medicine* 37/9, 2019, 1807.e5–1807.e7. <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2019.06.017>

Élményalapú közlekedésbiztonsági nevelés és aktív mobilitási szemléletformálás óvodás és kisiskolás gyermekek számára / Experiential Road Safety Education and Active Mobility Awareness Raising for Preschool and Primary School Children

Varga Zsófia¹ - Berta-Orosz Viktória² – Berta Tamás³

^{1,2,3}Közlekedéstudományi és Építésügyi Minőségellenőrző Intézet

¹varga.zsofia@kti.hu

²orosz.viktoria@kti.hu

³berta.tamas@kti.hu

Kivonat: A korai életkorban megkezdett közlekedésbiztonsági nevelés és a fenntartható mobilitási szemlélet kialakítása kulcsfontosságú a jövő tudatosan közlekedő generációinak kinevelésében. Jelen tanulmányban azokat az egymásra épülő, országos kiterjedésű programjainkat mutatjuk be, amelyek a hagyományos, frontális oktatás helyett élményalapú, interaktív és gyakorlatorientált módszertannal szólítják meg az óvodás és kisiskolás korosztályt. A munka első felében a kisgyermekkori nevelés aktuális kihívásait, a gyermeki észlelés biológiai korlátait, valamint az aktív mobilitás fenntarthatósági szerepét vizsgáljuk meg a „learning by doing” (cselekvés általi tanulás) pedagógiai elven keresztül. A tanulmány gerincét a minőségbiztosításból ismert PDCA (Plan-Do-Check-Act) ciklus közlekedéspedagógiai alkalmazása adja. Részletesen bemutatjuk, hogyan adaptálható ez a rendszerszemléletű modell az oktatási programok folyamatos fejlesztésében: az igényfelméréstől és tervezéstől (Plan) kezdve, a gyakorlati megvalósításon (Do) és a visszacsatolások értékelésén (Check) át, egészen a hosszú távú innovációk beépítéséig (Act). A cikk rávilágít, hogy a PDCA - alapú fejlesztési modell szisztematikus alkalmazása miként teszi lehetővé a hazai közlekedésbiztonsági programok folyamatos megújulását, biztosítva a mély, attitűdformáló hatást és a jövő biztonságosabb közlekedési morálját.

Abstract: Early childhood road safety education and the development of a sustainable mobility mindset are crucial in raising conscious future generations of road users. This paper presents our sequential, nationwide programs which, instead of traditional frontal instruction, engage preschool and primary school children through an experiential, interactive, and practice-oriented methodology. The first part of this study examines the current challenges of early childhood education, the biological limitations of children's perception, and the role of active mobility in sustainability through the pedagogical principle of “learning by doing”. The core of the paper is the pedagogical application of the PDCA (Plan-Do-Check-Act) cycle, widely used in quality management. We describe in detail how this systematic model can be adapted to the continuous development of educational programs: from needs assessment and planning (Plan), through practical implementation (Do) and the evaluation of feedback (Check), to the integration of long-term innovations (Act). The article highlights how the systematic application of the PDCA-based development model enables the continuous renewal of national road safety programs, ensuring a deep, attitude-shaping impact and fostering a safer future road safety culture.

Kulcsszavak: közlekedésbiztonsági nevelés; aktív mobilitás; élményalapú tanulás; PDCA-ciklus; szemléletformálás; gamifikáció; kisgyermekkor; fenntartható közlekedés

Keywords: road safety education; active mobility; experiential learning; PDCA cycle; awareness raising; gamification; early childhood; sustainable transport

Bevezetés

A közlekedésbiztonság napjaink egyik kiemelt társadalmi és közegészségügyi kihívása, amelynek kezelése túlmutat a közlekedési infrastruktúra fejlesztésén és a jogszabályi környezet alakításán [1]. A közlekedők biztonságos magatartásának kialakulásában meghatározó szerepet játszik a szemléletformálás, amelynek alapjai már kisgyermekkorban lerakhatók. A gyermekek közlekedési

szokásai, szabálykövető magatartása és kockázatszlelése hosszú tanulási folyamat eredményeként fejlődik, ezért a közlekedésbiztonsági nevelés hatékonysága nagymértékben függ attól, hogy milyen életkorban, milyen módszerekkel és milyen rendszerességgel történik.

Az elmúlt években a közlekedési környezet jelentős változásokon ment keresztül. Az aktív mobilitási formák – különösen a gyalogos, kerékpáros, rolleres és egyéb mikromobilitási eszközök használata – egyre nagyobb szerepet kapnak a mindennapi közlekedésben. Ezzel párhuzamosan a gyermekeket érő közlekedési ingerek is összetettebbé váltak, amely új kihívások elé állítja a közlekedésbiztonsági nevelést. A korszerű szemléletformáló programoknak ezért már nem csupán a közlekedési szabályok megismertetése a feladatuk, hanem a biztonságtudatos döntéshozatal, a felelősségteljes közlekedői magatartás és a fenntartható közlekedési szemlélet kialakításának támogatása is.

A nemzetközi és hazai szakirodalom egyaránt hangsúlyozza, hogy a kisgyermekkorai tanulás során az élményszerű, tapasztalati tanulásra épülő pedagógiai módszerek lényegesen hatékonyabbak a kizárólag ismeretközlő oktatási formáknál. Az óvodás és kisiskolás korosztály esetében a játékos, interaktív, cselekvésközpontú foglalkozások nemcsak a szabályismeret fejlesztését segítik, hanem hozzájárulnak a megfelelő attitűdök, készségek és viselkedési minták kialakulásához is.

A szemléletformáló programok eredményességének egyik alapfeltétele ugyanakkor a folyamatos fejlesztés és a gyakorlati tapasztalatok rendszeres beépítése. A gyermekek életkori sajátosságainak változása, az új közlekedési eszközök megjelenése, valamint a pedagógiai módszertan fejlődése indokoltá teszi olyan fejlesztési modellt alkalmazását, amely biztosítja a programok folyamatos értékelését és megújítását. Erre megfelelő keretet kínál a PDCA (Plan–Do–Check–Act) ciklus, amely a minőségirányítás egyik legismertebb folyamatos fejlesztési modellje, és amely az oktatási, valamint szemléletformáló programok tervezésében és továbbfejlesztésében is eredményesen alkalmazható.

Jelen cikk célja annak bemutatása, hogy a kisgyermekkorai közlekedésbiztonsági nevelés és az aktív mobilitási szemléletformálás miként támogatható egy PDCA-alapú fejlesztési megközelítés alkalmazásával. A tanulmány áttekinti a korai közlekedésbiztonsági nevelés szakmai hátterét, ismerteti a PDCA-modell oktatási alkalmazhatóságát, majd bemutatja, hogyan épülnek fel és hogyan fejleszthetők az általunk megvalósított országos közlekedésbiztonsági programok a folyamatos fejlesztés elve mentén. A tanulmány célja egy olyan módszertani keret bemutatása, amely hozzájárulhat a közlekedésbiztonsági szemléletformáló programok eredményességének és hosszú távú fenntarthatóságának növeléséhez.

1. A kisgyermekkorai közlekedésbiztonsági nevelés aktuális kihívásai

A XXI. század mobilitási kultúrája alapjaiban változott meg: az utcákon megjelenő új, mikromobilitási eszközök és a felgyorsult városi forgalom minden eddiginél összetettebb kihívás elé állítja a legfiatalabbakat. A közlekedésbiztonságra nevelés ma már nem korlátozódhat néhány elszigetelt KRESZ-foglalkozásra. Sokkal inkább a Life-Long Learning (LLL), vagyis az élethosszig tartó tanulás origójaként kell rá tekintenünk, amelynek alapjait a korai gyermekkorban kell letennünk. Az ekkor elsajátított attitűdök, reflexek és viselkedésminták határozzák meg, hogy a jövő generációi mennyire válnak tudatos, felelősségteljes közlekedőkké.

A sikeres nevelés kulcsa azonban a korosztályi sajátosságok és a fejlődéslélektani határok szigorú figyelembevétele. Nem várhatjuk el a gyermekektől, hogy felnőttfejjel, racionális szabálykövetéssel közlekedjenek. Ahogy Vajda Zsuzsanna *A gyermek pszichológiai fejlődése* című művében rámutat:

„A figyelem összpontosításának képessége 5 éves kor alatt gyenge, és a megfigyelést a gyerek érdeklődése, világképe irányítja” [2].

Míg az óvodásokat alapvetően a spontán figyelem jellemzi – ahol a fókuszidő mindössze 5–15 perc, és egyszerre szigorúan csak egy dologra képesek koncentrálni –, addig a kisiskolásoknál (7–10 éves kor) már elindul a szándékos, tudatos fókusz kialakulása. Náluk a koncentráció időtartama már elérheti a 20–30 percet is. Pedagógusként és szülőként egyaránt látnunk kell, hogy a közlekedés a gyermek számára egy hatalmas, bonyolult társasjáték, amelyben ráadásul ők a legkiszolgáltatottabb, legsérülékenyebb játékosok. Mivel ebben az életkorban a tanulás elsődleges csatornája a mintakövetés, a körülöttük élő felnőttek mindennapi közlekedési morálja jelenti a legfontosabb zsinórmértéket [1].

1.1 A korai közlekedésbiztonsági nevelés jelentősége és a differenciálás

Bár az intézményi nevelésben és oktatásban (óvodákban és iskolákban) a pedagógusok szerepe meghatározó, az első és legmélyebb mintát a szülő adja. A tudatos felnőtt magatartás alapozza meg a gyermek biztonságérzetét. A korai nevelés valódi tétje hosszú távú: az ekkor rögzült attitűdöknek olyan stabil bázist kell képezniük, amelyből 15–20 év múlva is egy figyelmes és tudatos sofőr vagy gyalogos válik [1], [3].

Ezen a téren a pedagógiai tervezés kulcsszava a differenciálás. Nem létezik egyen-módszertan, a nevelési programokat mindig az aktuális helyzethez és a gyermekek háttéréhez kell mérni. Teljesen más ingerkörnyezetben él, és így más közlekedési attitűdökkel rendelkezik egy nagyvárosi, mint egy vidéki gyermek – míg az egyik a sűrű forgalomhoz és a jelzőlámpákhoz szokott hozzá, a másiknak a járda nélküli utak vagy a kerékpáros közlekedés jelentik a mindennapokat. Emellett kiemelten fontos tényezőként kell számolnunk a sajátos nevelési igényű (SNI) gyermekekkel is, akiknél a figyelem, a téri tájékozódás vagy az ingerek feldolgozása egyedi, személyre szabott módszertani megközelítést igényel. A pedagógusnak fel kell készülnie arra, hogy a rugalmasság alapkövetelmény: a megtervezett foglalkozást mindig a csoport aktuális kognitív és fizikai állapotához kell igazítani [3].

A gyermekek kognitív képességei ráadásul biológiailag is korlátozottak: periférikus látásuk körülbelül 30%-kal szűkebb a felnőttekéénél, hallásalapú tájolásuk pontatlan, és a sebesség-, valamint távolságbecslésük is fejletlenebb [5]. Emiatt a száraz szabályok bemagoltatása helyett a kockázattudatosságot és a veszélyfelismerő képességet kell fejlesztenünk. A cél az, hogy ne bénító szorongást, hanem egyfajta magabiztos óvatosságot alakítsunk ki bennük, miközben gyakorlati tapasztalatokon keresztül megértik az ok-okozati összefüggéseket (például, hogy miért életveszélyes kilépni a busz takarásából) [4].

1.2 Az aktív mobilitás szerepe a fenntartható közlekedésben

A klímavédelem, a városi légszennyezettség csökkentése és az egészségmegőrzés miatt ma különösen aktuális az aktív mobilitás – vagyis az emberi erővel hajtott eszközök (gyaloglás, rollerezés, kerékpározás) – előtérbe helyezése. Ezzel éles ellentétben áll a mai társadalomban tapasztalható, túlféltésből fakadó „szülői taxizás” jelensége. Amikor a szülő mindenhova autóval viszi a gyermeket, megfosztja őt a legfontosabb gyakorlati tapasztalatoktól, így a kicsik sokkal később tanulnak meg önálló és magabiztos résztvevőivé válni a forgalomnak. Ráadásul az iskola környékén feltorló autótömeg épp a legveszélyesebb mikrokörnyezetet teremti meg a gyalogos gyermekek számára.

A nemzetközi jó gyakorlatok remek alternatívát mutatnak erre a problémára. Ilyen például a nyugat-európai mintára épülő „iskolautca” (School Street) koncepciója, amelynek lényege, hogy a tanítás kezdetekor és befejezésekor a tanintézmények környékét teljesen lezárják az autóforgalom elől, biztonságos sétálóövezetet teremtve. Ugyancsak sikeres az Angliából induló pedibus (gyalogbusz), vagy a Bécsben rendkívül népszerű „bicibus” kezdeményezés. Ezek lényege, hogy a gyermekek képzett felnőtt kísérőkkel, egy előre meghatározott útvonalon, fix menetrend szerint és kijelölt „állomásokon” menet közben becsatlakozva, konvojban gyalognak vagy kerékpároznak el az iskolába. Ez a módszer nemcsak a fizikai biztonságot garantálja, de közösségi élménnyé teszi a reggeli utat, és észrevétlenül kondicionálja a fenntartható közlekedési formákat.

A hazai gyakorlatban is érdemes lenne ezeket az elemeket mélyebben integrálni. Míg az iskolaidőszakban a rohanás és a nehéz iskolatáskák miatt a szülők hajlamosabbak az autót választani, a nyári, kötetlenebb időszak – különösen vidéken – kiváló terep a kerékpáros és rolleres attitűdök megerősítésére. Hogy ez a motiváció a szürke hétköznapiakban se vesszen el, érdemes játékos ösztönző rendszereket alkalmazni. Jó példa erre a nemzetközi Traffic Snake (Közlekedési Kígyó) játék, ahol az aktív mobilitással iskolába érkező gyerekek pontokat gyűjtenek egy közös, színes plakáton, és a kitűzött cél elérésekor osztályszintű jutalomban részesülnek.

1.3 Élményalapú tanulás, mint a hatékony közlekedésre nevelés kulcsa

A közlekedésbiztonsági nevelés leghatékonyabb eszköze a folyamatos élményeken keresztüli tanulás, a pedagógiában elismert „learning by doing” (cselekvés általi tanulás) elve. [2] Ebben az életkorban az empirikus, vagyis a saját tapasztalati úton szerzett tudás rögzül a legmélyebben. Ennek módszertani motorja a gamifikáció (játékosítás): a gyermekek figyelmét a játékon keresztül tudjuk tartósan lekötni, így a szabályok nem külső kényszerként, hanem a játék természetes feltételeiként épülnek be a

tudatukba. Erre a módszertani alapra épít a Közlekedéstudományi és Építésügyi Minőségellenőrző Intézet (KTI) dedikált, Közlekedésbiztonsági Projektkezelési Főosztálya is, az edukációs célú gyermekprogramok során.

A KTI-nél végzett szakmai munkánk során pontosan ezt a szemléletet ültetjük át a mindennapi gyakorlatba. Olyan mobil eszközparkkal dolgozunk, amely lehetőséget ad a gyermekeknek a különböző mikromobilitási eszközök – például rollerek és futóbiciklik – biztonságos, mégis valóságghú kipróbálására. Amikor kitelepülünk egy-egy intézménybe a mobil közlekedési pályánkkal, a gyermekek azonnal egy interaktív helyzetben találják magukat.

A foglalkozások során a pusztán eszközhasználatnál sokkal mélyebbre megyünk. Arra ösztönözzük a gyerekeket, hogy aktívan gondolkodjanak azon, mi miért van, és a saját bőrükön tapasztalják meg a működési elveket:

- **Az ideális eszközméret:** A gyerekek megtanulják felmérni, hogy a magasságukhoz képest melyik a helyes, biztonságos jármű. Közösén jövünk rá, miért veszélyes, ha túl nagy vagy épp túl kicsi a bicikli vagy a roller, és hogyan nehezíti meg ez az irányítást.
- **A fizika a gyakorlatban (súlypont és egyensúly):** A saját testükkel érzik meg, hogyan tolódik el a súlypontjuk kanyarodáskor vagy hirtelen fékezéskor. Amikor rájönnek, hogyan kell tartaniuk magukat az egyensúly megőrzéséhez, a fizika törvényei száraz elmélet helyett kézzelfogható élménnyé válnak.
- **A szabály mögötti értelem és a belső igény:** Nálunk alapszabály, hogy senki sem léphet a pályára, amíg önállóan fel nem vette a bukósisakot – így a védőfelszerelés használata azonnal belső igénnyé válik. A jelzőtáblák jelentését sem elméletben magoljuk be, hanem a pálya szélén beszéljük meg, majd a „forgalomban” a gyerekek azonnal tesztelik is a megszerzett tudást. Nem vak engedelmisséget kérünk, hanem azt, hogy értsék meg: a szabály az ő biztonságukat szolgálja. [3]

Ezzel a módszerrel elérjük, hogy a gyerekek ne csak passzív végrehajtói legyenek a KRESZ-nek, hanem értő, gondolkodó résztvevői a forgalomnak. Mindezek mellett a játékosan használható pályák fejlesztenek egy olyan kulcsfontosságú területet is, amely a későbbi toleráns közlekedési morál alapja: az empátiát. Amikor a gyermeknek meg kell várnia a társát, vagy elsőbbséget kell adnia a gyalogosnak, megtanulja tisztelni a másikat a közös térben.

A tapasztalatok azt mutatják, hogy míg az egyszerű, érzékenyítő alkalmak kiváló első impulzust adnak – és a jelen lévő pedagógusok számára is hasznos módszertani mintát nyújtanak –, a valódi, mély attitűdváltás a rendszerességben rejlik. Ha a gyermek újra és újra találkozik ezekkel az ingerekkel, a helyes döntési mechanizmusok rutinná válnak, és ezt a tudatos, felelősségteljes szemléletet felnőttként is magukkal viszik majd az utakra [1], [3].

1.4 Óvodás korosztály (3–6 év): A játékos kondicionálás és szerepjáték

Az óvodás korú gyermek még nem tud absztrakt KRESZ-szabályokat értelmezni, de a saját testének tudatos irányítását és az alapvető közlekedési ingerek feldolgozását játékos kondicionálással tökéletesen el tudja sajátítani [1], [3].

- **Szenzomotoros élmények (Testtudat és reflexek):** A biztonságos közlekedés nulladik lépése a megállni tudás képessége. Az olyan klasszikus játékok, mint a „Szoborjáték” vagy a „Piros lámpa, zöld lámpa”, tudatos pedagógiai megközelítésben fejlesztik az idegrendszeri gátló funkciót, amely lehetővé teszi, hogy a gyermek egy váratlan külső parancsra (vagy veszélyhelyzetben) képes legyen azonnal lefékezni a saját mozgását.
- **Szerepjátékok és dramatizálás:** Az óvodai udvaron berendezett „mini város” a tapasztalati tanulás ideális színtere. Amikor a gyermekek maguk alakítják a lámpákat, a gyalogosokat vagy az autókat, közvetlen élményt szereznek a dinamikáról. Ha a „száguldó autóként” futó kisgyermek azt a feladatot kapja, hogy egy jelzésre azonnal álljon meg, a saját testén tapasztalja meg, hogy a lendület miatt ez képtelenség. Így anélkül éli meg a fékút fizikai valóságát, hogy magát a szót ismerné [2], [3].
- **Érzelmi biztonság és láthatóság:** A passzív biztonsági eszközök használatát érzelmi alapon kell megközelíteni. A láthatósági mellény ne egy kötelező, kényelmetlen ruhadarab legyen, hanem a „Szuperhős jelmez”, amely láthatatlanná válás helyett épp a biztonságos láthatóságot garantálja.

Remek empirikus módszer erre a sötétített szobában végzett zseblámpás kísérlet: a gyermekek maguk fedezhetik fel, hogy míg a sötét plüssállatok és ruhák eltűnnek a homályban, a fényvisszaverő csíkok azonnal felragyognak a lámpa fényében.

1.5 Kisiskolás korosztály (7–10 év): Az ok-okozati összefüggések és a „Közlekedő ember”

A kisiskolás gyermek már megkezdte az önálló közlekedést, vagy közvetlenül előtte áll. Ebben az időszakban a nevelést már a felelősségérzet felébresztésére és a megosztott figyelem fejlesztésére kell alapozni [1], [3].

- **Felfedező utak a valóságban** (Auditszemlélet): A szabályok pusztá rajzolgatása helyett a leghatékonyabb, ha a gyerekeket kivisszük az iskola körüli valós mikrokörnyezetbe egyfajta „veszélyvadászati” (közlekedési audit) keretében. Ha a diákok maguk fotózzák le a beláthatatlan kereszteződések, a belógó bokrokat vagy a zebrát eltakaró, szabálytalanul parkoló autókat, azzal kialakul bennük a kritikus szemlélet és az aktív, pásztázó figyelem.
- **A perspektívaváltás élménye** (Empátia a közlekedésben): A kisiskolások egocentrikus gondolkodásából fakadó egyik legnagyobb veszélyforrás az a tévhit, hogy „ha én látom az autót, akkor a sofőr is biztosan lát engem”. Ezt a kognitív gátat egy zseniális pedagógiai trükkel, a perspektívaváltással lehet áttörni: ha a gyermeket – biztonságos, álló helyzetben – beültetjük egy autó vagy egy autóbusz vezetőülésébe. Amikor a saját szemével tapasztalja meg, mekkora területet fed le a holtter, és hogy a szélvédő mögül mi minden maradhat láthatatlan a sofőr számára, egy életre szóló „aha-élményt” kap.
- **Kísérletezés fizikai törvényszerűségekkel**: A szabályok mögötti fizika látványos kísérletekkel tehető kézzelfoghatóvá. A klasszikus „tojás-teszt” során egy nyers tojásra egy méretre szabott, apró hungarocell „bukósisakot” rögzítünk, míg a másikat védtelenül hagyjuk, majd mindkettőt leejtjük. A vizuális, rendkívül beszédes (és kicsit maszatos) végeredmény után egyetlen gyermeknek sem kell többet magyarázni, miért elengedhetetlen a fejvédelem rollerezés vagy kerékpározás közben.

1.6 A szülők és a családi minta szerepe

A közlekedésbiztonsági nevelés nem korlátozható az óvodai és iskolai foglalkozásokra. A gyermekek első közlekedési tapasztalatai jelentős részben a családhoz kapcsolódnak, ezért a szülők közlekedési magatartása és az általuk mutatott minta is szerepet játszik a gyermek közlekedési szokásainak alakulásában [1].

Az intézményi közlekedésbiztonsági nevelés során közvetített ismeretek akkor tudnak következetesen megjelenni a gyermek mindennapjaiban, ha azok a családi környezetben tapasztalt közlekedési magatartással is összhangban állnak. A szabálykövető felnőtt viselkedés, a biztonsági eszközök következetes használata és a közlekedési döntések a gyermek számára érthető magyarázata egyaránt erősítheti az intézményi nevelés során megszerzett tapasztalatokat.

A családi környezet és a szülői minta meghatározó, a gyermekek kiskorukban elsősorban azt másolják, amit a szüleiktől látnak. Ez különösen fontos az élményalapú oktatásnál. Egy egyszeri foglalkozás önmagában nem alakítja át a gyermek közlekedési magatartását. A megszerzett tapasztalatot a gyermeknek valós közlekedési helyzetekben újra és újra alkalmaznia kell, ebben pedig a szülő az egyik legfontosabb „tanulási környezet”. A szülők szerepe a gyermek fokozatos közlekedési önállósodásában is jelentős. Ennek során egyaránt figyelembe kell venni a gyermek életkorát és képességeit, valamint az adott környezet sajátosságait. A cél nem az önállóság minél gyorsabb elérése, hanem annak fokozatos kialakítása, hogy a gyermek saját képességeinek megfelelően egyre tudatosabban vehessen részt a közlekedésben.

A közlekedésbiztonsági programok szempontjából ezért indokolt lehet a szülők bevonása is. A családok számára készített tájékoztató anyagok, illetve a gyermekkel közösen elvégezhető feladatok segíthetik az intézményi foglalkozások során megszerzett tapasztalatok megerősítését. A családoktól érkező visszajelzések pedig a programok későbbi értékelésében és továbbfejlesztésében is hasznosíthatók.

1.7 Az élményalapú közlekedésbiztonsági nevelés gyakorlati tapasztalatai és a szülők szerepe

A KTI gyermekek közlekedésbiztonsági nevelésében az elmúlt évtizedben egyre hangsúlyosabbá vált a tapasztalati, gyakorlati és élményszerű tanulásra építő megközelítés. Ennek intézményesített

megjelenését többek között a 2016-ban elindított Biztonságos Óvoda Program, valamint az iskolás korosztály számára kialakított közlekedésbiztonsági programok jelentik. A KTI szakmai kommunikációjában már 2019-ben is megjelent az a megközelítés, amely szerint a Mobile Suli program a tapasztalatokra és érzelmekre alapozva, élményszerű feladatokon keresztül közvetíti a biztonságos közlekedéshez szükséges ismereteket [17].

A módszertan országos elérését jól jelzi, hogy a Biztonságos Óvoda Program 2016-os indulását követően 2024-re már több mint 1000 óvodában sikerült beépíteni a közlekedésbiztonsági módszertant. A program nem kizárólag a gyermekekre, hanem az óvodapedagógusokra és a szülőkre is kiterjedő segédanyagokat és támogatást biztosított. [17] Az élményalapú, gyakorlati megközelítés személyes kitelepülések formájában is megjelent: a 2023-ban megvalósított „Biztonságosan az iskolába” programsorozat tíz állomáson fogadta a nagycsoportos óvodásokat, míg a 2025-ös MobileKids jubileumi program Kecskemét térségében 25 iskolát és több mint 3600 gyermeket ért el. [18]

A programok fejlesztésének egyik fontos iránya a gyakorlati és élményalapú közlekedésbiztonsági nevelés további szélesítése. A KTI 2024-ben megfogalmazott céljai között szerepel, hogy a gyermekek biztonságos közlekedésre való felkészítése már óvodáskortól, együttműködő szervezetek bevonásával valósuljon meg, miközben a programok folyamatosan fejlődnek és új kezdeményezésekkel gazdagodnak. A további kiterjesztés lehetőségét ugyanakkor az intézményi, szakmai és finanszírozási erőforrások is meghatározzák.

Az élményalapú oktatás hatékonysága ugyanakkor nem kizárólag az intézményi foglalkozásokon múlik. A gyermek közlekedési magatartásának alakításában meghatározó a családi környezet és a szülői példa. A KTI szakmai tapasztalatai szerint a gyermekek kisgyermekkorban elsősorban a szüleiktől és a velük élő felnőttektől látott viselkedési mintákat követik. [17] Ez azt jelenti, hogy az élményalapú foglalkozások során megszerzett tudás és tapasztalat csak akkor tud tartós viselkedésváltozássá alakulni, ha a gyermek a mindennapi közlekedési helyzetekben is találkozik az elsajátított biztonságos magatartásformákkal.

A szülők ezért nem csupán a közlekedésbiztonsági nevelés címzettjei, hanem annak aktív résztvevői és egyben modelladó szereplői. Feladatuk, hogy a gyermekkel közlekedve következetesen alkalmazzák a közlekedési szabályokat, a veszélyhelyzeteket közösen értelmezzék, és lehetőséget teremtsenek a gyermek számára a tanultak valós helyzetekben történő gyakorlására. A szülői szerep így közvetlenül kapcsolódik a PDCA-alapú fejlesztési szemlélethez is.

A Plan szakaszban a program tervezésekor a gyermekek mellett a családi környezet és a szülők bevonásának lehetőségeit is célszerű figyelembe venni. A Do szakaszban az élményszerű foglalkozás során megszerzett tapasztalatokat a gyermekek a pedagógusok és a szülők támogatásával a mindennapi közlekedési helyzetekben alkalmazhatják. A Check szakaszban a pedagógusok, a szakemberek és – ahol erre lehetőség van – a szülők visszajelzései is hozzájárulhatnak annak megítéléséhez, hogy a tanultak mennyiben jelennek meg a gyermekek tényleges közlekedési magatartásában. Az Act szakaszban pedig ezek a tapasztalatok alapot adhatnak a programok, módszerek, szemléltetőeszközök és a szülőket támogató segédanyagok továbbfejlesztéséhez.

A PDCA-modell ilyen megközelítésben nem csupán a szakmai program folyamatos fejlesztésének eszköze, hanem lehetőséget teremt arra is, hogy a közlekedésbiztonsági nevelés az intézményi foglalkozás keretein túllépve a gyermek mindennapi környezetében is folytatódjon.

1.8 Nemzetközi kitekintés

A modern közlekedésbiztonsági nevelés globális filozófiáját a Svédországból indult Vision Zero (Zéró Tolerancia) koncepciója foglalja keretbe [6]. Ez a megközelítés abból a megkérdőjelezhetetlen alapelvől indul ki, hogy az emberi élet megfizethetetlen, így a közúti közlekedésben egyetlen halálos áldozat vagy súlyos sérülés sem fogadható el. A Vision Zero abból a realista zsenialitásból indul ki, hogy az emberek – és különösen a fejlődésben lévő gyermekek – hibázhatnak. A gyermekek kiszámíthatatlan viselkedése az életkori sajátosságaikból adódik, és ez így van rendjén. Éppen ezért a feladatunk kettős: egyrészt a közlekedési környezetet kell úgy alakítani (például sebességszabályozott övezetekkel az oktatási intézmények körül), hogy a tévedések ne vezessenek tragédiához, másrészt az élményalapú neveléssel egy belső, kognitív védőburkot kell képeznünk a legkisebbek köré.

A közlekedésbiztonsági szemléletformálás végső célja ebben az életkorban nem a megfélemlítés vagy a forgalomtól való elzárkózás kialakítása. Ellenkezőleg: olyan magabiztos, figyelmes és partnerszemléletű közlekedőket kell nevelnünk, akik tisztában vannak a határaikkal és a jogaikkal is. Az élményalapú pedagógia a félelemkeltés helyett a kompetenciaérzést erősíti a gyermekben [2], [3], [11]. Ahogy a cselekvés általi tanulás atyja, John Dewey megfogalmazta:

„Ha a gyermeknek megadjuk a lehetőséget a tapasztalásra, nemcsak a tényeket fogja megtanulni, hanem képessé válik az összefüggések átlátására és az önálló, felelős cselekvésre is.”

A korai közlekedésbiztonsági nevelés eredményessége ugyanakkor nem egyetlen foglalkozás vagy módszer eredménye. Az intézményi nevelés, a családi minta, a megfelelő közlekedési környezet és a rendszeres gyakorlás egymást kiegészítve járulhatnak hozzá a biztonság tudatos közlekedési magatartás fejlődéséhez [1], [3]. Ez egyben indokolja olyan folyamatosan értékelt és továbbfejlesztett programrendszer működtetését, amely képes alkalmazkodni a gyermekek, az intézmények és a közlekedési környezet változó sajátosságaihoz. Ennek módszertani keretét adja a következő fejezetben bemutatott PDCA-modell.

2. A PDCA-ciklus alkalmazhatósága a közlekedésbiztonsági szemléletformálásban

A közlekedésbiztonsági szemléletformálás eredményessége nem kizárólag a közvetített ismeretanyag minőségétől függ, hanem attól is, hogy a programok mennyiben képesek alkalmazkodni a közlekedési környezet, a társadalmi elvárások és a célcsoportok változó igényeihez. Az oktatási és szemléletformáló programok fejlesztése ezért olyan módszertani keretet igényel, amely biztosítja a folyamatos tervezés, megvalósítás, értékelés és fejlesztés egymásra épülő folyamatát. Erre nyújt megfelelő megközelítést a PDCA (Plan–Do–Check–Act) ciklus, amely a folyamatos minőségfejlesztés egyik legismertebb és legszélesebb körben alkalmazott modellje.

A PDCA-ciklus alkalmazása lehetővé teszi, hogy a közlekedésbiztonsági programok ne egyszeri beavatkozásként, hanem dinamikusan fejlődő, a visszacsatolásokra építő rendszerekként működjenek. Ez különösen fontos a kisgyermekkorú közlekedésbiztonsági nevelésben, ahol a gyermekek életkori sajátosságai, a közlekedési környezet változásai és az új mobilitási formák megjelenése folyamatos módszertani megújulást tesznek szükségessé.

2.1 A PDCA-modell elméleti háttere

A PDCA-modell a folyamatos fejlesztés egyik legismertebb módszertani kerete, amely Walter A. Shewhart munkásságára épül, majd W. Edwards Deming fejlesztette tovább és tette széles körben ismertté. A szakirodalomban ezért gyakran Shewhart–Deming-ciklusként is hivatkoznak rá [8–10].

A modell alapelve, hogy a fejlesztés nem egyszeri feladat, hanem folyamatos, ismétlődő folyamat. Négy egymásra épülő szakaszból áll: Plan (tervezés), Do (megvalósítás), Check (értékelés) és Act (fejlesztés). A ciklus biztosítja, hogy a megvalósítás során szerzett tapasztalatok beépüljenek a következő fejlesztési szakaszba, ezáltal támogatva a programok folyamatos megújulását és minőségének javítását.

Bár a PDCA-modellt eredetileg a minőségirányítás területén alkalmazták, napjainkban az oktatásban és a szemléletformáló programok fejlesztésében is széles körben használják, mivel jól támogatja a tervezés, a megvalósítás és az értékelés egymásra épülő, tudatos folyamatát.

2.2 A PDCA alkalmazása oktatási és szemléletformáló programokban

Az oktatás és a szemléletformálás sajátossága, hogy eredményességük nem kizárólag a megszerzett ismeretek mennyiségében mérhető, hanem a résztvevők attitűdjének, viselkedésének és kompetenciáinak változásában is megnyilvánul. Ennek megfelelően az oktatási programok fejlesztése során olyan módszertani megközelítésre van szükség, amely lehetővé teszi a folyamatos értékelést és a tapasztalatokra épülő fejlesztést.

A PDCA-ciklus ezt a szemléletet támogatja azáltal, hogy a programfejlesztést nem lineáris folyamatként, hanem ismétlődő fejlesztési ciklusként értelmezi. Az egyes programok megvalósítása során szerzett tapasztalatok nem lezárják a folyamatot, hanem kiindulópontként szolgálnak a következő fejlesztési szakasz számára.

A közlekedésbiztonsági szemléletformálásban ez különösen fontos, hiszen a gyermekek közlekedési környezete folyamatosan változik. Az elmúlt években jelentősen megnőtt például a mikromobilitási eszközök – elektromos rollerek, különböző kerékpárok és egyéb személyes mobilitási eszközök – jelenléte, miközben a digitális technológiák és a megváltozott közlekedési szokások új típusú veszélyhelyzeteket is teremtenek. A szemléletformáló programoknak ezekre a változásokra gyorsan és rugalmasan kell reagálniuk.

A PDCA-modell lehetővé teszi, hogy a programok fejlesztése során rendszeresen értékeljék a foglalkozások hatékonyságát, elemezzék a pedagógusok, a szakmai megvalósítók és a résztvevők visszajelzéseit, majd ezek alapján módosítsák a tananyagokat, a módszertani elemeket és az alkalmazott szemléltető eszközöket. Ennek eredményeként olyan adaptív programrendszer alakítható ki, amely képes követni a közlekedési környezet és a pedagógiai gyakorlat változásait.

A jelen tanulmányban szerepeltetett országos közlekedésbiztonsági programok fejlesztése is ezt a szemléletet követi. A programok tervezése a célcsoportok szükségleteinek elemzésére épül, megvalósításuk során kiemelt szerepet kapnak az élményalapú és interaktív módszerek, az értékelési szakaszban a szakmai tapasztalatok és a résztvevői visszajelzések kerülnek elemzésre, míg a fejlesztési fázisban ezek az eredmények beépülnek a következő programciklusba. A PDCA-ciklus alkalmazása így nem csupán a programok minőségének fenntartását támogatja, hanem hozzájárul a közlekedésbiztonsági szemléletformálás hosszú távú eredményességéhez és fenntarthatóságához.

A továbbiakban a tanulmány bemutatja, hogy a PDCA-ciklus egyes szakaszai miként jelennek meg a szerzők által fejlesztett és megvalósított országos közlekedésbiztonsági programok tervezésében, lebonyolításában, értékelésében és folyamatos továbbfejlesztésében.

3. A közlekedésbiztonsági programok fejlesztése a PDCA-modell mentén

A PDCA-modell gyakorlati alkalmazása lehetőséget biztosít arra, hogy a közlekedésbiztonsági szemléletformáló programok fejlesztése strukturált, dokumentálható és folyamatosan fejleszthető folyamatként valósuljon meg. A modell alkalmazásával a programok nem egyszeri projektek, hanem olyan adaptív rendszerek, amelyek a célcsoportok igényeihez, a közlekedési környezet változásaihoz és a megvalósítás során szerzett tapasztalatokhoz igazodva fejlődnek.

Az általunk továbbfejlesztett és koordinált országos közlekedésbiztonsági programok – köztük a Biztonságos Óvoda Program, a Biztonságos Óvoda Kupa, a MobileKids és a Mobile Suli – kialakítása és működtetése során a PDCA-ciklus valamennyi eleme azonosítható. A fejlesztési folyamat minden szakaszában kiemelt szerepet kap a célcsoport életkori sajátosságainak figyelembevétele, a pedagógiai célok pontos meghatározása, valamint a programok rendszeres értékelése és továbbfejlesztése.

3.1 Plan – Igényfelmérés, célmeghatározás és programtervezés

A PDCA-ciklus első szakasza a közlekedésbiztonsági szemléletformáló programok tudatos tervezését foglalja magában. A cél olyan pedagógiai rendszer kialakítása, amely figyelembe veszi a gyermekek életkori sajátosságait, a közlekedési környezet aktuális kihívásait, valamint hosszú távon támogatja a biztonság tudatos közlekedési magatartás és az aktív mobilitással kapcsolatos pozitív attitűdök kialakulását.

A tervezés alapját a szükségletfelmérés képezi, amely során a gyermekek közlekedési tapasztalatai mellett a pedagógusok, intézményvezetők, szülők és közlekedésbiztonsági szakemberek visszajelzéseit is figyelembe vesszük. Az így nyert információk biztosítják, hogy a programok a mindennapi életben előforduló közlekedési helyzetekre és a valós pedagógiai igényekre épüljenek.

A programok célja nem a közlekedési szabályok mechanikus megtanítása, hanem olyan kompetenciák fejlesztése, mint a veszélyhelyzetek felismerése, a felelős döntéshozatal, a szabálykövető magatartás és a más közlekedők iránti felelősség kialakítása. Ennek megfelelően az óvodás és kisiskolás korosztály számára egymásra épülő, életkori sajátosságaikhoz igazodó programok készülnek.

A programtervezés során kiemelt szerepet kap az élményalapú pedagógiai megközelítés. A foglalkozások interaktív feladatokra, szerepjátékokra, közlekedési tanpályákon végzett gyakorlatokra, mozgásos tevékenységekre és problémamegoldó helyzetekre épülnek, amelyek lehetőséget biztosítanak

a gyermekek számára a szabályok gyakorlati megtapasztalására és a biztonság tudatos gondolkodás kialakítására.

A tervezési szakasz része az értékelési rendszer kialakítása is. Már a program kidolgozásakor meghatározásra kerülnek azok a visszajelzési pontok és értékelési szempontok, amelyek a megvalósítás során szerzett tapasztalatok beépítését és a programok folyamatos fejlesztését szolgálják.

3.2 Do – A programok megvalósítása az óvodás és kisiskolás korosztályban

A PDCA-ciklus Do szakasza a megtervezett közlekedésbiztonsági szemléletformáló programok gyakorlati megvalósítását foglalja magában. A szerzők által kidolgozott országos programok esetében ez a fázis nem pusztán az ismeretátadás végrehajtását jelenti, hanem egy olyan komplex pedagógiai folyamatot, amelynek középpontjában a gyermekek aktív részvétele, a tapasztalati tanulás és a valós közlekedési helyzetekhez kapcsolódó készségfejlesztés áll.

A programok kialakításának alapelve, hogy a közlekedésbiztonsági nevelés az életkori sajátosságokhoz igazodó, egymásra épülő rendszerben valósuljon meg. Ennek megfelelően az óvodás és a kisiskolás korosztály számára eltérő pedagógiai célok, módszertani eszközök és tanulási helyzetek kerültek kialakításra, ugyanakkor a programok egységes szemléleti keretet alkotnak.

3.2.1 Az óvodás korosztály programjai

Az óvodáskor a közlekedési magatartás alapjainak kialakulása szempontjából kiemelt jelentőségű időszak. Ebben az életkorban a gyermekek elsősorban utazás, játék és közvetlen tapasztalatszerzés útján sajátítják el a viselkedési mintákat, ezért a foglalkozások szervezése során az élménypedagógiai módszerek dominálnak.

A Biztonságos Óvoda Program olyan komplex szemléletformáló rendszerként működik, amely nem csupán a gyermekeket, hanem az óvodapedagógusokat és közvetetten a családokat is bevonja a közlekedésbiztonsági nevelés folyamatába. A program középpontjában a mindennapi közlekedési helyzetek játékos feldolgozása áll. Ezt kidolgozott módszertannal támogatjuk, s óvodapedagógusi képzéssel, folyamatos kapcsolattartással, mindig megújuló módszertani elemek eljuttatásával. A gyermekek dramatikus játékokon, mozgásos feladatokon, szerepjátékokon, meséken, dalokon és gyakorlati szituációkon keresztül ismerkednek meg a gyalogos közlekedés, az alapvető közlekedési szabályok, a láthatóság, a kerékpározás és az utasbiztonság legfontosabb elemeivel.

A tanulási folyamat során kiemelt szerepet kap a cselekvő részvétel. A gyermekek nem passzív befogadói az ismereteknek, hanem aktív szereplői a foglalkozásoknak, akik saját élményeiken keresztül fedezik fel az összefüggéseket. Ez a módszertani megközelítés elősegíti, hogy a megszerzett ismeretek hosszabb távon is beépüljenek a közlekedési magatartásukba.

A program fontos eleme a Biztonságos Óvoda Kupa, amely játékos szakmai kihívásként ösztönzi az intézményeket arra, hogy a közlekedésbiztonsági nevelést rendszeresen és kreatív módon építsék be pedagógiai munkájukba. A verseny nem a gyermekek teljesítményének összehasonlítására, hanem az intézményi jó gyakorlatok bemutatására, a módszertani innováció ösztönzésére és a szakmai hálózatépítésre helyezi a hangsúlyt. Itt a személyes jelenlét van a hangsúly.

3.2.2 Az iskolás korosztály programjai

Az iskolába lépéssel a gyermekek közlekedési önállósága fokozatosan növekszik. Egyre gyakrabban vesznek részt gyalogosan vagy kerékpárral a közlekedésben, ezért a szemléletformáló programok célja ebben az életkorban már nem csupán az alapvető szabályok megismertetése, hanem a felelős döntéshozatal, a veszélyhelyzetek felismerése és a biztonságos közlekedési magatartás tudatos fejlesztése. A MobileKids program az alsó tagozatos tanulók számára kínál interaktív, állomásrendszerre épülő foglalkozásokat, amelyek során a gyermekek különböző közlekedési szituációkban próbálhatják ki tudásukat. A feladatok a problémamegoldó gondolkodás, az együttműködés és a gyakorlati készségek fejlesztését egyaránt szolgálják.

A felső tagozatos korosztály számára kidolgozott Mobile Suli program már komplexebb közlekedési helyzetek feldolgozására épül. A foglalkozások során hangsúlyt kapnak a közlekedési konfliktushelyzetek elemzése, a láthatóság, a kerékpáros és mikromobilitási közlekedés, valamint a digitális eszközhasználatból eredő figyelemelterelés veszélyei. Az alkalmazott módszerek között

szerepelnek csoportos problémamegoldó feladatok, helyzetelemzések, interaktív játékok és gyakorlati bemutatók. A program módszertana az érzelmi „know how”-ra épül, mely segít rávilágítani a döntéseink következményeire.

A megvalósítás módszertani sajátosságai

A bemutatott programok közös jellemzője, hogy a tanulási folyamatot élményszerű, interaktív és kompetenciaalapú pedagógiai módszerek támogatják. A foglalkozások során alkalmazott játékos feladatok, közlekedési pályák, demonstrációs eszközök és szituációs gyakorlatok lehetőséget teremtenek arra, hogy a gyermekek biztonságos környezetben próbálják ki döntéseiket, felismerjék a veszélyhelyzeteket és megtapasztalják a szabálykövető magatartás jelentőségét.

A programok megvalósítása során kiemelt figyelmet kap a partneri együttműködés is. Az intézmények pedagógusai, a programot megvalósító szakemberek, a rendőrség, az önkormányzatok és más szakmai szervezetek közös szerepvállalása hozzájárul ahhoz, hogy a közlekedésbiztonsági szemléletformálás ne egyszeri eseményként, hanem a gyermekek mindennapjait átszövő, folyamatos nevelési folyamatként valósuljon meg.

A Do szakasz eredményességének egyik legfontosabb feltétele, hogy a programok megvalósítása során keletkező tapasztalatok, megfigyelések és visszajelzések rendszeresen dokumentálásra kerüljenek. Ezek az információk képezik a PDCA-ciklus következő, Check szakaszának alapját, amely lehetővé teszi a programok szakmai értékelését és folyamatos fejlesztését.

1. táblázat

Program	Célcsoport	Fő fejlesztési cél	Alkalmazott módszerek
Biztonságos Óvoda Program	3–6 év	alapvető közlekedési szokások kialakítása	mese, szerepjáték, mozgásos feladatok
Biztonságos Óvoda Kupa	óvodai közösségek	intézményi szemléletformálás	projektfeladatok, jó gyakorlatok
MobileKids	6–10 év	biztonságos önálló közlekedés	állomásrendszer, gyakorlati feladatok
Mobile Suli	12–16 év	felelős közlekedői döntések	interaktív helyzetgyakorlatok, vita, dilemma, problémamegoldás

A KTI élményalapú közlekedésbiztonsági programjainak eddigi eredményei és országos elérése

A KTI gyermekeknek szóló közlekedésbiztonsági programjaiban az élményalapú, cselekvésközpontú pedagógiai megközelítés több éve alkalmazott és folyamatosan fejlesztett módszertani alapelv. Az elmúlt öt év tapasztalatai alapján a programok különböző formákban, eltérő korosztályokat megszólítva, jelentős számú intézményhez és gyermekhez jutottak el. A Biztonságos Óvoda Program országos lefedettségű módszertani programként az elmúlt években mintegy 1000 óvodát ért el, amelyeken keresztül összesen megközelítőleg 70–80 ezer óvodás gyermek közlekedésbiztonsági szemléletformálása valósulhatott meg. A program sajátossága, hogy az élményalapú közlekedésbiztonsági nevelés nem kizárólag egy-egy alkalomhoz kötődik, hanem az óvodapedagógusok módszertani támogatásán keresztül az intézmények mindennapi pedagógiai gyakorlatába is beépülhet.

Az általános iskolás korosztály számára kialakított MobileKids program az elmúlt öt évben mintegy 30 intézményben, megközelítőleg 5000 gyermek részvételével valósult meg. A program állomásrendszerű, interaktív feladatokon keresztül biztosít lehetőséget arra, hogy a gyermekek a közlekedési szabályokat ne kizárólag elméleti ismeretként sajátítsák el, hanem gyakorlati és döntési helyzetekben is alkalmazzák. A felsőbb évfolyamok számára megvalósított Mobile Suli program az elmúlt öt évben mintegy 10 iskolába jutott el, összesen körülbelül 300 tanuló részvételével. A program ebben a korosztályban már összetettebb közlekedési helyzetek feldolgozására, a kockázatok felismerésére, a döntési következmények megértésére és a közlekedési konfliktushelyzetek elemzésére helyezi a hangsúlyt.

A fenti programokon túl az elmúlt öt évben további, kitelepüléssel közlekedésbiztonsági szemléletformáló programok is megvalósultak, amelyek mintegy 20–30 intézményt és 3000–4000 gyermeket értek el. Ezek során a mobil közlekedési pályák, demonstrációs eszközök, mikromobilitási eszközök és interaktív feladatok segítségével a gyermekek közvetlen, gyakorlati tapasztalatokat

szerezhettek a biztonságos közlekedésről. Az elmúlt öt év programadatai alapján tehát jól látható, hogy az élményalapú közlekedésbiztonsági nevelés a KTI gyakorlatában nem elszigetelt módszertani elem, hanem több korosztályt és eltérő pedagógiai környezetet lefedő programrendszer része. A programok eltérő módszertani formában, de közös szemléleti alapokra épülnek: a gyermekek aktív részvételére, a gyakorlati tapasztalatszerzésre, a döntési helyzetek modellezésére és a biztonságtudatos magatartás kialakítására.

A programok fejlesztésének következő szakaszában cél a meglévő módszertani elemek további korszerűsítése és – a rendelkezésre álló erőforrások és szakmai lehetőségek függvényében – az élményalapú közlekedésbiztonsági programok további intézményekhez történő eljuttatása. A mennyiségi kiterjesztés mellett kiemelt fejlesztési irányt jelent az új mobilitási formák, a mikromobilitási eszközök, valamint a változó közlekedési környezet által jelentett új kihívások beépítése a programok módszertanába. A többéves működés során kialakult programrendszer egyben jól szemlélteti a PDCA-modell gyakorlati alkalmazhatóságát. A széles körű megvalósítás során keletkező szakmai tapasztalatok és visszajelzések olyan információs bázist biztosítanak, amelyre a programok következő fejlesztési ciklusai építhetők.

3.3 Check – Tapasztalatok, visszajelzések és értékelési módszerek

A PDCA-ciklus Check szakaszának elsődleges célja annak vizsgálata, hogy a programok megvalósítása során kitűzött pedagógiai és szakmai célok milyen mértékben teljesültek. A közlekedésbiztonsági szemléletformáló programok sajátossága, hogy eredményességük nem kizárólag a résztvevők megszerzett ismereteiben mérhető, hanem a közlekedési attitűdök, a viselkedési minták és a gyakorlati készségek fejlődésében is megmutatkozik. Ennek megfelelően az értékelési folyamat komplex megközelítést igényel, amely ötvözi a kvalitatív és a kvantitatív módszereket. A szerzők által megvalósított országos programok értékelése több egymást kiegészítő információforrásra épül. A foglalkozásokat követően rendszeresen gyűjtésre kerülnek a programot megvalósító szakemberek tapasztalatai, az intézmények pedagógusainak visszajelzései, valamint a programok lebonyolítása során szerzett megfigyelések. Ezek az információk lehetővé teszik a programok szakmai értékelését és a fejlesztést igénylő területek azonosítását.

A gyermekek esetében a hagyományos tudásmérés helyett elsősorban megfigyelésen alapuló értékelési módszerek alkalmazhatók. A foglalkozások során vizsgálható például a szabályok felismerése és alkalmazása, a veszélyhelyzetek azonosításának képessége, a feladatokban való részvétel aktivitása, valamint az együttműködési készség fejlődése. Ezek az indikátorok közvetett módon jelzik, hogy a szemléletformáló tevékenység mennyiben járult hozzá a biztonságos közlekedési magatartás kialakulásához. A pedagógusok visszajelzései kiemelt jelentőségűek, mivel ők hosszabb időn keresztül követhetik nyomon a gyermekek viselkedésének változását. Tapasztalataik alapján értékelhető, hogy a foglalkozások során elsajátított ismeretek és viselkedési minták milyen mértékben jelennek meg a mindennapi óvodai vagy iskolai életben, illetve a gyermekek közlekedési szokásaiban.

A programok értékelésének fontos eleme a szakmai reflexió is. Minden megvalósított foglalkozás lehetőséget biztosít arra, hogy a programvezetők elemezzék az alkalmazott módszerek hatékonyságát, az időkeretek megfelelőségét, az alkalmazott szemléltető eszközök használhatóságát, valamint az egyes feladatok motiváló erejét. Az így keletkező tapasztalatok dokumentálása biztosítja, hogy a fejlesztési döntések ne egyedi benyomásokon, hanem rendszerezett szakmai információkon alapuljanak. Az országos lefedettségű programok esetében különös jelentősége van annak, hogy a különböző régiókban szerzett tapasztalatok összehasonlíthatók legyenek. Az egységes programstruktúra és dokumentáció lehetővé teszi a visszajelzések országos szintű elemzését, amely megbízható alapot biztosít a következő fejlesztési ciklus megtervezéséhez.

A programok megvalósítása során szerzett pedagógiai tapasztalatok

A programok folyamatos értékelése során nem kizárólag a résztvevő intézmények formális visszajelzéseire támaszkodtunk, hanem a több száz óvodában és iskolában megvalósított foglalkozások során szerzett pedagógiai tapasztalatokat is rendszereztük. Az elmúlt évek során ezek a megfigyelések jelentős mértékben hozzájárultak a programok szakmai fejlődéséhez. A foglalkozások egyik legfontosabb tapasztalata, hogy a gyermekek tanulását elsősorban a cselekvésen alapuló, élményszerű feladatok támogatják. A közlekedési pályákon megvalósuló szerepjátékok során a gyermekek nem csupán megismerik a közlekedési szabályokat, hanem valós döntési helyzetekben alkalmazzák azokat.

A megfigyelések alapján ezek a szituációk gyakran rávilágítanak arra, hogy a gyermekek ugyan ismerik a szabályokat, azok gyakorlati alkalmazása azonban jóval összetettebb feladat. Jellemző példa erre az elsőbbségadás nehézségei, a STOP tábla vagy a jelzőlámpa előtti megállás. A gyermekek többsége pontosan fel tudja idézni a szabályt, azonban amikor kerékpárral vagy rollerrel közlekedik a pályán, a mozgás lendülete miatt sok esetben megfélemedezik róla. Ezek a helyzetek kiváló lehetőséget teremtenek arra, hogy a gyermekek saját élményükön keresztül ismerjék fel a szabályok valódi jelentőségét. A foglalkozások során ezért nem kizárólag arra helyeződik a hangsúly, hogy mit kell tenni, hanem arra is, hogy miért fontos az adott szabály betartása, és hogyan járul hozzá saját és mások biztonságához. A gondolkodásra tanítás, az egyszerű „ahha” élmény megvalósítása egy közlekedési szituáción keresztül védett keretek között a legoptimálisabb a tanításra.

A gyakorlati tapasztalatok arra is rámutattak, hogy az óvodás és kisiskolás korosztály számára is az absztrakt vagy szimbolikus ábrázolások értelmezése sok esetben nehézséget jelent. Az oktatás során alkalmazott grafikai elemek és feladatlapok egy részét ezért át kellett dolgozni, mivel a gyermekek gyakran eltérően értelmezték a közlekedési helyzeteket. A programok fejlesztése során egyre nagyobb hangsúlyt kapott az egyértelmű, valóság-hű szituációk bemutatása, valamint a személyes tapasztalatszerzésre építő tanulási környezet kialakítása. Tapasztalataink szerint a gyermekek akkor sajátítják el a leghatékonyabban a közlekedési szabályokat, amikor aktív szereplőivé válnak a tanulási folyamatnak. A veszélyhelyzeteket modellező szerepjátékok, a döntési helyzetek közös elemzése, valamint a mozgásos feladatok jelentősen növelik a gyermekek motivációját és figyelmét. A frontális ismeretközlés önmagában kevésbé eredményes, míg a cselekvésen alapuló tanulás lehetőséget biztosít a tapasztalatok azonnali feldolgozására és megbeszélésére. Az óvodapedagógusok visszajelzései szintén megerősítik a programok hatékonyságát. A részt vevő intézmények pedagógusai rendszeresen számolnak be arról, hogy a gyermekek a foglalkozások után a mindennapi közlekedési helyzetekben is tudatosabban figyelnek környezetükre, és gyakran egymást is emlékeztetik a szabályok betartására. A pedagógusok kreatív ötletei és gyakorlati javaslatai ugyanakkor fontos szerepet játszanak a programok folyamatos fejlesztésében is, hiszen számos új feladat és módszertani elem ezekből a szakmai együttműködésekben született.

3.4 Act – Fejlesztések, innovációk és a programok továbbfejlesztése

A programok folyamatos fejlesztését nagymértékben meghatározták a megvalósítás során szerzett tapasztalatok. A több éves működés során világossá vált, hogy a közlekedésbiztonsági nevelés csak akkor lehet hosszú távon eredményes, ha képes alkalmazkodni a gyermekek változó igényeihez, az intézmények működéséhez és a társadalmi környezet átalakulásához. Az elmúlt öt év egyik legjelentősebb változása a digitális kapcsolattartás előtérbe kerülése volt. Az óvodák és az óvodapedagógusok kommunikációja egyre inkább elektronikus felületeken történik, amely jelentősen megkönnyítette a módszertani anyagok, hírlevelek és pályázati felhívások eljuttatását az intézményekhez. A digitális kommunikáció fejlődésével párhuzamosan nőtt a programok iránti érdeklődés és a pályázatokban való részvételi aktivitás is, ami hozzájárult a Biztonságos Óvoda Program országos hálózatának bővüléséhez. A fejlesztési folyamat során egyre nagyobb hangsúlyt kapott a differenciált pedagógiai megközelítés. A programokban részt vevő gyermekcsoportok összetétele az elmúlt években jelentősen változott, és növekedett a sajátos nevelési igényű (SNI) gyermekek aránya. Ez szükségessé tette a feladatok átdolgozását, az instrukciók egyszerűsítését, valamint a vizuális és gyakorlati elemek arányának növelését. A fejlesztések során elsődleges szemponttá vált, hogy minden gyermek életkori sajátosságainak és egyéni képességeinek megfelelő módon vehessen részt a foglalkozásokban.

A szerzett tapasztalatok alapján tovább erősödött az élménypedagógiai szemlélet szerepe is. A programokban növekedett a szerepjátékok, a közlekedési szimulációk, a mozgásos feladatok és a problémamegoldó helyzetek aránya, miközben csökkent a kizárólag elméleti ismeretátadásra épülő elemek száma. Ennek hátterében az a pedagógiai felismerés áll, hogy a gyermekek figyelmé és motivációja jelentősen növekszik, ha a tanulás mozgással, közös cselekvéssel és saját élménnyel párosul. A döntési helyzeteket modellező gyakorlatok nemcsak a szabályismeretet mélyítik el, hanem fejlesztik a kockázátészlelést, a felelősségteljes döntéshozatalt és az együttműködési készséget is. A fejlesztések eredményeként a programok egy olyan adaptív módszertani rendszerré váltak, amelyben a pedagógusok visszajelzései, a gyermekek reakciói és a megvalósítás során szerzett szakmai tapasztalatok egyaránt meghatározzák a következő fejlesztési ciklus tartalmát. Ez a folyamatos

visszacsatolás biztosítja, hogy a közlekedésbiztonsági szemléletformáló programok szakmailag korszerűek, pedagógiaiilag megalapozottak és a célcsoportok számára hosszú távon is relevánsak maradjanak. A PDCA-ciklus záró, Act szakasza biztosítja a közlekedésbiztonsági szemléletformáló programok folyamatos megújulását. A fejlesztési folyamat alapját a Check szakaszban összegyűjtött tapasztalatok, visszajelzések és szakmai értékelések képezik, amelyek alapján meghatározhatók a módosítandó elemek és az új fejlesztési irányok.

Az általunk működtetett programok fejlesztése iteratív szemléletet követ. Ez azt jelenti, hogy az egyes foglalkozások, rendezvények és országos programok lezárását követően a szerzett tapasztalatok nem csupán dokumentálásra kerülnek, hanem közvetlenül beépülnek a következő programtervezési ciklusba. Ennek eredményeként a programok tartalma, módszertana és eszközrendszere folyamatosan alkalmazkodik a gyermekek igényeihez, a pedagógusok elvárásaihoz és a közlekedési környezet változásaihoz. Az elmúlt évek fejlesztései során több olyan innováció valósult meg, amely közvetlenül a visszajelzésekre épült. Bővült a gyakorlati feladatok köre, korszerűsödtek a szemléltető eszközök, nagyobb hangsúlyt kaptak az aktív mobilitási formákhoz kapcsolódó témák, valamint megjelentek a mikromobilitási eszközök biztonságos használatát feldolgozó foglalkozási elemek. A programok tartalmának folyamatos aktualizálása biztosítja, hogy azok a közlekedési környezet aktuális kihívásaira is megfelelő válaszokat adjanak.

A fejlesztési folyamat fontos része a pedagógiai módszertan folyamatos korszerűsítése is. Az új foglalkozási elemek kialakításánál elsődleges szempont a gyermekek aktivitásának növelése, az élményszerű tanulás erősítése és a gyakorlati tapasztalatszerzés lehetőségeinek bővítése. Ennek megfelelően a programokba rendszeresen új interaktív feladatok, szituációs gyakorlatok, projektalapú elemek és digitális szemléltető megoldások kerülnek beépítésre. A PDCA-modell alkalmazásának egyik legfontosabb eredménye, hogy a programfejlesztés nem egyéni kezdeményezésekre vagy alkalmoszerű módosításokra épül, hanem egy tudatos, dokumentált és ismétlődő fejlesztési folyamat részeként valósul meg, mint ahogyan azt az 1. ábra mutatja. Ez hozzájárul a programok szakmai egységességéhez, minőségének fenntartásához és országos szintű adaptálhatóságához. A fejlesztések eredményeként kialakított módszertani rendszer lehetővé teszi, hogy a közlekedésbiztonsági szemléletformáló programok hosszú távon is képesek legyenek reagálni a társadalmi, technológiai és közlekedési környezet változásaira. Ez különösen fontos a kisgyermekkori nevelés területén, ahol a szemléletformálás hatékonyságát nagymértékben befolyásolja a pedagógiai módszerek korszerűsége és a tanulási környezet aktualitása.



1. ábra: A közlekedésbiztonsági programok PDCA-alapú fejlesztési modellje

Konklúzió

A közlekedésbiztonsági nevelés ma már túlmutat a közlekedési szabályok átadásán. A gyermekeknek olyan készségeket és gondolkodásmódot kell elsajátítaniuk, amelyek segítik őket a veszélyhelyzetek felismerésében, a felelős döntéshozatalban és a biztonság tudatos közlekedésben. Mivel a közlekedés minden gyermek mindennapi életének része, a közlekedésbiztonsági szemléletformálásnak a kisgyermekkorai nevelés szerves részévé kell válnia.

A közlekedésbiztonsági nevelés során ugyanakkor alapvető fontosságú a gyermekek életkori sajátosságainak, fejlettségi szintjének és eltérő közlekedési tapasztalatainak figyelembevétele. Az óvodás és kisiskolás korosztály számára ezért eltérő, az adott életkorhoz igazodó pedagógiai módszerek alkalmazása indokolt. A közlekedési szabályok mechanikus megtanítása helyett a veszélyfelismerés, az ok-okozati összefüggések megértése és a fokozatos önállósodás támogatása kerülhet előtérbe. Ehhez szorosan kapcsolódik az aktív mobilitási szemléletformálás is: a gyaloglás és a kerékpározás megfelelő körülmények között nemcsak közlekedési lehetőséget, hanem a közlekedési környezet közvetlen megismerésének és a gyakorlati tapasztalatszerzésnek az eszközét is jelentheti.

A szemléletformálás eredményessége ugyanakkor nem kizárólag az intézményi programokon múlik. A gyermekek első és mindennapi közlekedési tapasztalatai jelentős részben a családi környezethez kapcsolódnak, ezért a szülők által mutatott közlekedési minta és az intézményi nevelés összhangja kiemelt jelentőségű.

3.5 PDCA-alapú fejlesztési modell előnyei a közlekedésbiztonsági szemléletformálásban

A közlekedésbiztonsági szemléletformálás eredményessége nagymértékben függ attól, hogy a programok képesek-e alkalmazkodni a közlekedési környezet, a társadalmi elvárások és a célcsoportok változó igényeihez. A hagyományos, statikus oktatási programokkal szemben a PDCA-ciklus olyan folyamatos fejlesztési keretet biztosít, amely lehetővé teszi a programok rendszeres értékelését, korszerűsítését és a gyakorlati tapasztalatokra épülő megújítását [8–10].

A modell egyik legfontosabb előnye, hogy a programfejlesztést ismétlődő tanulási folyamatként értelmezi. A tervezés, megvalósítás, értékelés és fejlesztés egymásra épülő ciklusai biztosítják, hogy minden megvalósítás során szerzett tapasztalat beépüljön a következő fejlesztési szakaszba. Ez elősegíti a programok rugalmasságát, valamint alkalmazkodását a gyermekek fejlődési sajátosságaihoz és a folyamatosan változó közlekedési környezethez.

A PDCA-modell egyúttal támogatja a szakmai együttműködést is. Az óvodapedagógusok, pedagógusok, közlekedésbiztonsági szakemberek és egyéb partnerek visszajelzései fontos szerepet játszanak a fejlesztési döntésekben, miközben ösztönzik az új pedagógiai módszerek és innovatív megoldások bevezetését. A szerzők tapasztalatai szerint különösen eredményesek azok a fejlesztések, amelyek az élményalapú, cselekvésközpontú tanulásra épülnek, mivel ezek jelentősen növelik a gyermekek motivációját és a tanulás hatékonyságát [2,11].

Összességében a PDCA-alapú fejlesztési modell olyan korszerű módszertani keretet biztosít, amely támogatja a közlekedésbiztonsági programok folyamatos megújulását, szakmai megalapozottságát és hosszú távú fenntarthatóságát. Ennek köszönhetően a szemléletformáló programok képesek hatékonyan reagálni a változó pedagógiai és közlekedési kihívásokra, miközben hozzájárulnak a gyermekek biztonság tudatos közlekedési magatartásának kialakításához.

A tanulmányban bemutatott PDCA-alapú fejlesztési modell igazolja, hogy a közlekedésbiztonsági programok hosszú távú eredményessége a folyamatos tervezésen, értékelésen és fejlesztésen alapul. Az országos programok megvalósítása során szerzett tapasztalatok azt mutatják, hogy a gyermekek nem attól válnak szabálykövető közlekedőkké, hogy ismerik a szabályokat, hanem attól, hogy megértik azok jelentőségét és saját élményeiken keresztül megtapasztalják azok szerepét.

Tapasztalataink szerint ebben kiemelkedő szerepe van az élményalapú pedagógiai módszereknek. A szerepjátékok, a közlekedési tanpályákon végzett gyakorlati feladatok, a mozgásos tevékenységek és a valós döntési helyzetek hatékonyabban fejlesztik a gyermekek biztonság tudatos gondolkodását, mint a kizárólag frontális ismeretátadás. A cél nem a szabályok mechanikus megtanítása, hanem annak megértése, hogy azok saját és mások biztonságát szolgálják.

Összességében megállapítható, hogy a PDCA-modell és az élményalapú pedagógia együttes alkalmazása korszerű és fenntartható módszertani keretet kínál a közlekedésbiztonsági nevelés számára. A jövő feladata olyan értékelési módszerek kidolgozása, amelyek hosszú távon is mérhetővé teszik a szemléletformáló programok hatását a gyermekek közlekedési magatartására.

Irodalomjegyzék

- [1] WHO (2023): Global status report on road safety 2023. World Health Organization, Geneva
- [2] Biri János: A gyermekek közlekedésre nevelésének pedagógiai és pszichológiai alapjai. KTI Közlekedéstudományi és Építésügyi Minőségellenőrző Intézet, Budapest, 2011.
- [3] Dewey, John: Democracy and Education: An Introduction to the Philosophy of Education. Macmillan, New York. (A cselekvve tanulás – learning by doing – elméleti alapvetéséhez). 1916.
- [4] Közlekedéstudományi Intézet (KTI): Módszertani útmutató az óvodás és kisiskolás korosztály közlekedésbiztonsági neveléséhez. KTI Nonprofit Kft., Budapest, 2018.
- [5] Oktatókutató és Fejlesztő Intézet (OFI): Gyalogos és kerékpáros közlekedésbiztonsági nevelés a köznevelésben – Segédlet pedagógusok részére. OFI, Budapest, 2016.
- [6] Sandels, Stina: People in Traffic. Hunter House, London. (A gyermekek korlátozott kognitív képességeinek, szűkebb látómezejének és észlelési sajátosságainak nemzetközi alpműve), 1975.
- [7] Swedish Ministry of Transport and Communications: Memorandum on the Traffic Safety Bill: "Vision Zero". Ministry of Transport, Stockholm. (A svéd Vision Zero – Zéró Tolerancia program hivatalos kiadványa), 1997.
- [8] Vajda Zsuzsanna: A gyermek pszichológiai fejlődése. Helikon Kiadó, Budapest. (A figyelem fókuszáltságának fejlődéslélektani megalapozásához), 2014.
- [9] Deming, W. E.: Out of the Crisis. Massachusetts Institute of Technology, Cambridge, MA. 1986.
- [10] Shewhart, W. A.: Economic Control of Quality of Manufactured Product. D. Van Nostrand Company, New York. 1931.
- [11] Moen, R. D. – Norman, C. L.: Evolution of the PDCA Cycle. Asian Network for Quality Conference, Tokyo. 2009.
- [12] Kolb, D. A.: Experiential Learning: Experience as the Source of Learning and Development. Prentice Hall, Englewood Cliffs, 1984.
- [13] World Health Organization: Global Status Report on Road Safety, WHO, Geneva, 2023.
- [14] European Commission: Sustainable and Smart Mobility Strategy – Putting European Transport on Track for the Future. European Commission, Brussels, 2020.
- [15] European Commission: EU Road Safety Policy Framework 2021–2030 – Next Steps Towards Vision Zero. European Commission, Brussels, 2021.
- [16] Organisation for Economic Co-operation and Development – International Transport Forum (2024): Road Safety Annual Report 2024. OECD Publishing, Paris.
- [17] Közlekedéstudományi Intézet: Biztonságos Óvoda Program – Módszertani ajánlás. KTI, Budapest, 2024.
- [18] Közlekedéstudományi Intézet: MobileKids Program – MoKi 5 Próba módszertani anyag, KTI, Budapest, 2025-2026.
- [19] Közlekedéstudományi Intézet: Mobile Suli Program – Módszertani kézikönyv. KTI Nonprofit Kft., Budapest, 2019.

Karbantartási stratégiák szerepe a vasúti járművek karbantartásában – fókuszban a biztonság / The role of maintenance strategies in railway vehicles maintenance – focusing on safety

Stánicz János^{1,2} – Dr Török Ádám¹

^{1,2}Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

¹torok.adam@kjk.bme.hu

²stanciz.janos@mavcsoport.hu

Kivonat: A járművek karbantartása jelentős fejlődésen ment keresztül az elmúlt évszázadban, amely kezdetekben csupán hibaelhárításra koncentrált, majd a megelőzésre, míg napjainkban már a berendezések valós idejű állapotfigyelésén keresztül az előrejelzés került a középpontjába. Ennek kapcsán korábban javításokról, majd karbantartási stratégiákról beszélhettünk, mára viszont már összetett karbantartási rendszereket – karbantartási mixet – alkalmaznak a vállalatok, annak érdekében, hogy a járművek rendelkezésre állása biztosított legyen. Fontos kiemelni, hogy a karbantartási stratégiák fejlődése során a biztonság mindinkább fókuszba került, melynek eredményeként mára elsődleges prioritás és a modern karbantartási stratégiák meghatározó eleme. A hatékony karbantartás nem csupán a meghibásodások kizárását, hanem a rendkívüli üzemi állapotok, veszélyhelyzetek, balesetek kialakulásának megakadályozását és a biztonságos üzem folyamatos fenntartását helyezi a vállalati működés középpontjába. Cikkünkben bemutatjuk ennek a fejlődési útnak fontosabb állomásait, jellemzőit, alkalmazását a vasúti gyakorlatban. Rámutatunk arra, hogy a biztonság fenntartása érdekében az európai irányelvekben, szabványokban megfogalmazott előírások a vasútvállalatok biztonságirányítási rendszerébe illesztetten, hogyan befolyásolják a karbantartási stratégiák megvalósítását.

Abstract: Vehicle maintenance has undergone significant development in the past century, initially focusing only on troubleshooting, then on prevention, while today it has become focused on prediction through real-time condition monitoring of equipment. In this regard, we could previously talk about repairs, then maintenance strategies, but now companies use complex maintenance systems – maintenance mix – in order to ensure the availability of vehicles. It is important to highlight that during the development of maintenance strategies, safety has increasingly come into focus, as a result of which it is now a primary priority and a defining element of modern maintenance strategies. Effective maintenance places not only the exclusion of failures, but also the prevention of extraordinary operating conditions, dangerous situations, accidents and the continuous maintenance of safe operation at the center of corporate operations. In our article, we present the most important stages, characteristics and applications of this development path in railway practice. We point out how the regulations set out in European directives and standards, when integrated into the safety management system of railway companies, influence the implementation of maintenance strategies in order to maintain safety.

Kulcsszavak: közlekedésbiztonság; karbantartási stratégia; hatékony karbantartás; vasúti közlekedés; biztonságirányítási rendszerek

Keywords: transport safety; maintenance strategy; efficient maintenance; railway transport; safety management systems

Bevezetés

A vasúti közlekedés fejlesztése, mind az áru-, mind a személyszállítás terén az Európai Unió és szinte valamennyi tagállamának közlekedéspolitikájában kiemelt helyet foglal el. Az energiahatékonyság és a légi vagy közúti közlekedéshez képest jelentősen alacsonyabb CO₂-kibocsátás, valamint az utazási sebesség és kényelem növekedése révén a vasúti közlekedés egyre versenyképesebb rövid és hosszú távon egyaránt. Az Európai Unió az egységes vasútpolitikai irányelvek és azok megvalósítása érdekében

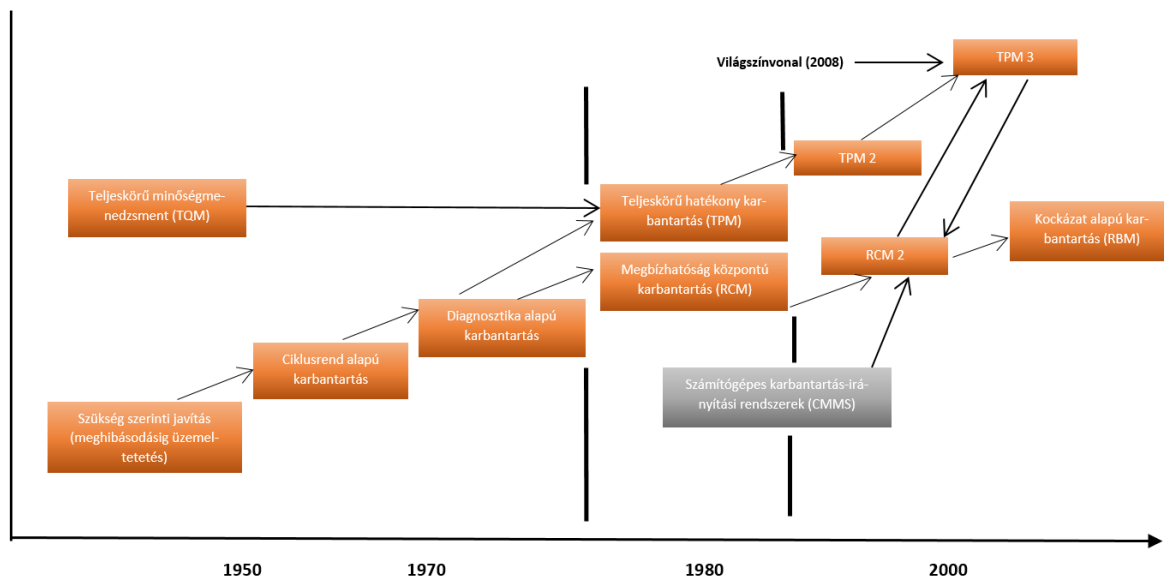
négy „Vasúti Csomag”-ot készített és ehhez kapcsolódó jogalkotási csomagot fogadott el. A közös rendelkezések kitérnek a vasúti piac liberalizációjára, vasúttársaságok engedélyezésére, biztonsági követelményekre, az Európai Vasúti Ügynökség és vasúti szabályzó szervek felállítására, valamint a vasúton utazók jogaira. Az európai szinten elfogadott jogszabályok két pillérként segítik az egységes működést. Megtalálható a piaci pillér, amely elsősorban a versenyképességet és a működési hatékonyságot hivatott támogatni, valamint a műszaki pillér, amely a biztonsági, műszaki és adminisztratív feladatok egységes megközelítésével kapcsolatos kérdéseket érinti, segítve a vasúti piacra belépő új szereplők törekvéseit. A cikkünk megírását alapvetően a műszaki pillér és azon belül is a műszaki és biztonsági kérdések helyzetének áttekintése indította el.

Napjainkban a modern karbantartási stratégiák kulcsfontosságú eleme a biztonság és nincs olyan tényező, amely ennek prioritását felülírná. Cikkünkben bemutatjuk a karbantartási stratégiák fejlődésének útját, az egyes stratégiák főbb jellemzőit, valamint azt, hogy alkalmazásuk milyen hatással van az üzembiztonságra, a nem várt rendkívüli helyzetek kezelésére. Ezt követően áttekintjük, hogy a vasúti közlekedés egyéges szabályozása érdekében milyen törekvéseket tett az Európai Unió és annak intézményrendszere. Ezen belül kitérünk a Karbantartásért felelős szervezetre, működésére, feladataira, felelősségére. Bemutatjuk, hogy milyen karbantartási kihívásokkal szembesülnek a vasútvállalatok, amikor az egységes európai vasúti biztonsági irányelvek előírásainak megfelelően kell gondoskodniuk járműparkjuk biztonságos üzemeltetéséről. Ennek érdekében fontosnak tartjuk cikkünkben kitérni arra, hogy az egyes karbantartási stratégiák milyen feltételekkel alkalmazhatók a vasúti járművek vonatkozásában és milyen eredmények elérését biztosítják. Napjainkban már nem reaktív stratégiát követnek a karbantartók, hanem szeretnék látni a jövőt és minden olyat megelőzni, ami nem várt meghibásodást, üzemkiesést, kritikus helyzetet okoz, és baleset kialakulásához vezethet. Ebben jelentős szerepet tölt be gördülőállomány tekintetében azoknak a rendszereknek, részegységeknek, alkatrészeknek a beazonosítása, amelyek kockázatot jelentenek a biztonságos vasúti közlekedés lebonyolítása során. A folyamat lépésein keresztül jutunk el a biztonságkritikus alkatrészekhez, melyek esetében meg kell határozni, hogy azok milyen kockázati szintet képviselnek és a kockázatok kezelésére mely stratégia alkalmazása nyújt megfelelő eredményt. Cikkünk 2. fejezetében a biztonságkritikus alkatrészek kockázati és karbantartási elemzésén keresztül bemutatjuk az eltérő kockázati besorolások kezelésére alkalmas karbantartási stratégiákat. Fontos az elvárt eredmény eléréshez, hogy a stratégia mellett meghatározzuk azt a folyamatot is – vizsgálatok, ellenőrzések, mérések –, ami információt ad a biztonságkritikus alkatrész állapotáról, ezzel megelőzve a rendellenes üzemállapot bekövetkezését. Célunk az, hogy a karbantartásért felelős szervezet számára olyan módszert mutassunk be, amely segítséget nyújt az azonosítási folyamatban és a kockázatok csökkentését célzó karbantartási stratégia kiválasztásában. Mindemellett szeretnénk ráirányítani a figyelmet arra, hogy ennek az összetett feladatnak megfelelő szinten történő elvégzése az egyik alapfeltétele a biztonságos vasúti közlekedésnek.

1. Karbantartási stratégiák

Az emberiség fejlődésében a tudatos eszközhasználat fokozatosan nyert teret és egyre inkább segítette a mindennapi tevékenységét. Kezdetben egyszerű eszközöket használt, majd készített és végül már tervezett és gyártott. Míg az egyszerű eszközök, ha elvesztették értéküket – a munkát segítő képességüket –, akkor eldobták azokat, addig a bonyolultabb felépítésűek esetében, már igyekeztek megjavítani. Ide tehető a karbantartás és javítás, mint funkció megjelenése. Az eszköz, gép, berendezés használata és javítása közötti kapocs a gépkezelő volt, aki ismerte és meg is javította az eszközt, ha az elromlott. Amikor a gépek felépítése már nem tette lehetővé annak teljes részletes megismerését a kezelő számára, akkor megjelent a karbantartást végző szakember, illetve ezeket a szakszerelőket egységbe fogó karbantartó szervezet [1]. A tudományok térnyerése, a felfedezések eredményeinek gyakorlatba ültetése nagy hatást gyakorolt a gépek, berendezések fejlődésére. A mai napig tartó változás hatására a megjelenő berendezések összetettsége folyamatosan nőtt, ami teljesen új szemléletet várt és vár el a karbantartási stratégiák alkalmazásától. A karbantartási stratégia nem más, mint tudatosan alkalmazott elvek, módszerek, rendszerszemléletű célkitűzések összessége, amellyel a vállalat gondoskodik a gépek, berendezések, termelő eszközök üzembiztonságáról, folyamatos rendelkezésre állásáról a költségek minimalizálása mellett. Megvalósítása a gépek, berendezések hosszútávú, hibamentes működése érdekében elvégzendő vizsgálatok, javítások láncolata, amely a stratégia alkalmazásában ölt testet. A

stratégiák alapvető célja, hogy a reaktív karbantartási szemlélet helyébe egy előrelátó, megbízhatóság központú, költségeket optimalizáló, valamint a vállalati célokat támogató filozófia kerüljön [2]. A karbantartási stratégiák fejlődését az 1. számú ábrán mutatjuk be, melyen láthatók az egyes fázisok és azok kialakulásának idősíkjai.



1. ábra: Karbantartási stratégiák fejlődése

Forrás:[4] alapján saját szerkesztés

1.1 Stratégiák és főbb jellemzőik

A Bevezetésben utaltunk arra, hogy milyen fejlődésen esetek át a gépek és berendezések, most pedig ehhez kapcsolódóan a karbantartási filozófiák változását mutatjuk be röviden. Fontos kiemelni, hogy a bemutatásra kerülő karbantartási stratégiák vállalati alkalmazása szerteágazó és nem ritka, hogy az adott vállalat eltérő fejlettségű gépekre, berendezésekre más-más karbantartási filozófiát alkalmaz. Ezt úgy fogalmazhatjuk meg, hogy kialakítja a saját karbantartási-mix-ét, amely legjobban illeszkedik a vállalati célokat megvalósító Társasági stratégiába.

1.1.1 Szükség szerinti javítás

A nagyüzemi gépek megjelenésének korszakára tehető ennek a stratégiának a kialakulása. Technikai eszközök még egyszerűek és jobbra túlméretezettek voltak, ami miatt nem igényelték a módszeres karbantartást, inkább csak a tisztítási, kenési feladatokat kellett elvégeznie a kezelőszemélyzetnek. A módszer előnye, hogy maximálisan kihasználja az alkatrészek tervezéskor beépített élettartamát, nem igényel semmilyen előrelátást, karbantartás tervezést. Ugyanakkor a meghibásodások, üzemkiesések váratlanok, helyreállításuk jelentősebb idő-, és költség ráfordítás útján valósulhat meg. A megbízhatóság, rendelkezésre állás sok esetben a szerencse kérdése [3].

1.1.2 Ciklusrend alapú karbantartás

A fejlett ipari országok a gépekkel, berendezésekkel szemben elvárt megbízhatósági követelmény növekedésével felismerték, hogy a váratlan meghibásodások számának csökkentésére meghatározó eszköz lehet a megelőzés és a megelőző karbantartási rendszer kialakítása. A filozófia lényege, hogy előre meghatározott időciklusok elteltével a gépet, berendezést megállítják, részleges vagy teljes szétszereléssel, a meghibásodás vagy elhasználódás mértékétől függetlenül javítják vagy cserélik azokat az alkatrészeket, részegységeket, amelyek élettartama várhatóan a következő karbantartásig már nem biztosított. Célja a megelőző karbantartási rendszernek, hogy a berendezések, járművek megbízhatósága közel állandó legyen, melynek szintjét a biztonsági és gazdasági szempontok határozzák meg. Alkalmazásának eredményeként jelentős javulás következett be a berendezések megbízhatósága területén. A tervezhető kapacitásigény és költségfelhasználás elfogadottá tette a karbantartás, mint eszközszer szerepét. A merev ciklus jellemzője ugyanakkor, hogy sok esetben indokolatlan megbontásokat, részegység cseréket eredményezett. Megjelenik egy berendezésen belül az alul-, és

túlkarbantartás is, melynek oka, hogy a filozófia nem veszi figyelembe a valós igénybevételt, elhasználódást. Ennek kezelésére, illetve a merev ciklus felpuhítására került bevezetésre a teljesítmény tényező – ütemező teljesítménymutató – figyelembevétele, ami már a valós igénybevételt – üzemóra, üzemnap, futott kilométer, stb. – is figyelembe veszi, megtartva, de kitolva a merev ciklus naptári határait [2]; [4].

1.1.3 Diagnosztika alapú – állapot függő – karbantartás

Az elektronika és a digitális technológiák fejlődése jelentős szerepet töltött be egyfelől a diagnosztikai eszközök kialakításában, másfelől ezen eszközök bevezetésében és elterjedésében a karbantartási folyamatok részeként. Eleinte az eszközök használatával közvetett módon határozták meg a gépek, berendezések, részegységek állapotát, majd a fejlődés eredményeként már közvetlen vizsgálattal állapították meg az elhasználódás mértékét. A korábbi stratégiáktól eltérően, nem kell minden esetben megbontani a berendezést teljes mélységben és nem kell az előírt alkatrészeket minden esetben kicserélni csak akkor, ha a vizsgált értékek és a szakértői tapasztalat alapján az indokolt. A módszer csökkenti a javításban, karbantartásban töltött időt, az erőforrásokat és költségeket a valóban szükséges mértékig használják föl úgy, hogy a berendezés, jármű megbízhatósága javul. A diagnosztikai berendezések további fejlődése, a rendelkezésre álló adatok gyűjtése, rendszerezése, elemzése és a szakértői tapasztalatok felhasználása vezetett el a diagnosztikától a Tudás alapú karbantartási rendszer kialakulásához és hatékony alkalmazásához. Ezekben az esetekben a vállalatok CMMS (Computerized Maintenance Management System) vagy EAM (Enterprise Asset Management) rendszert alkalmaznak az adatok feldolgozására, információk előállítására és a döntés támogatására [5]; [8].

1.1.4 Megbízhatóság központú karbantartás (Reliability Centred Maintenance, RCM)

Az ipar és közlekedés területén növekvő számban jelenlévő összetett gépek, járművek és a termelésben, szolgáltatásnyújtásban betöltött szerepük fontossága miatt egyre kevésbé volt elfogadható tartós kiesésük. Központba került a gépek, berendezések, járművek megbízhatósága. Megbízhatóságot értelmezhetjük a berendezés működésének valószínűségként, de megadható a minőség időbeli alakulásának mértékeként is. További szakirodalomban megjelenik úgy, mint a gép, berendezés azon képessége, hogy az elvárt funkciókat, előírt feltételek között, és meghatározott időtávon folyamatos biztosítja. A megfogalmazásokból az látható, hogy valójában ez nem más, mint egy meghatározott megbízhatósági szintig történő üzemeltetési stratégiát helyez a középpontba. Bevezetésével a műszaki becslésen alapú karbantartás tervezést felváltotta az objektív információkon alapuló szervizüzemelés. Ezzel jelentős javulást eredményezve a megbízhatóság tekintetében, mivel alkalmazásával minden funkcionális hiba, annak következményei és a megelőzésükhöz szükséges lépések meghatározásra kerülnek [6].

1.1.5 Teljes körű, hatékony karbantartás (Total Productive Maintenance, TPM), TPM 2, TPM 3

A szakirodalom áttekintve elmondhatjuk, hogy a TPM filozófia kialakulásának alapjait a TQM-ben (Total Quality Management) találhatjuk meg. A fejlesztés célja az volt, hogy a folyamatok menedzselése mellett megvalósuljon a gépeknél, berendezéseknél a nulla meghibásodás, nulla váratlan leállás. Ez nem más, mint a TQM minőségközpontú szemléletét gyakorlati eszközrendszerre formálták, melyben a karbantartó személyzetnek kiemelt szerepe volt. Alkalmazásának célja, hogy a berendezés, jármű általános hatékonyságát folyamatosan növelje, azáltal, hogy kényszerleállások, meghibásodások nélküli üzemeltetést biztosít. A rendszer működése 5 alappilléren nyugszik. Fontos kiemelni, hogy a rendszeralkalmazásnak talán legfontosabb eleme az alappillérek közül, hogy folyamatosan kutatja a veszteségforrásokat és azok megszüntetésén dolgozik. Éppen ezért, már nem csupán a karbantartási folyamaton van a hangsúly, hanem a vállalat valamennyi részlegét bevonja, hiszen a hatékony működés nem csak a karbantartó részlegen múlik, hanem a vállalat minden szervezetén. A rendszer fejlődése tekintetében itt is beszélhetünk több generációról. A második generációs TPM kialakulásában nagy szerepet kapott az USA-ban és Angliában elterjedt megközelítés, miszerint az eszközrendszer a karbantartás mellett a gyártásban is jól alkalmazható. Kifinomultabb lett a veszteségek kezelése és bevezetésre kerül a 16 féle veszteségtípus vizsgálata, valamint hangsúlyossá vált az információ fontossága. A korábbi „tegyük jobbá a karbantartás” elvét lecserélik a „termeljünk hatékonyabban” filozófiára. A harmadik generációs TPM-ben az emberi tényező és az ehhez kapcsolódó motivációs eszközök minden korábbinál nagyobb szerepet kaptak. A karbantartást támogató műszaki diagnosztika,

valamint a kiterjedt mutatószámrendszer alkalmazásával a folyamatos felügyeleten túl az önfejlesztés automatikus megvalósítására is képes az alkalmazott rendszer [7].

1.1.6 Kockázat alapú karbantartás (Risk Based Maintenance, RBM)

A termelő berendezések, közlekedési eszközök a fejlődés következtében napjainkban már nem olyan egyszerű szerkezetek, számos alrendszer és főegység összehangolt működése szükséges ahhoz, hogy megbízhatóan működjenek. Az alrendszerek összetettsége, valamint az egyre nagyobb követelmény velük szemben a megbízható üzemeltetésre, indokoltá tettem az alkalmazott filozófiák újra gondolását. A RBM abban tér el a korábbi filozófiáktól, hogy kockázat alapján rangsorolja a rendszereket, majd ez alapján priorizál, amit a rendelkezésre álló erőforrások hozzárendelésénél vesz figyelembe. Elsődleges célja, a kockázatok feltárása és megszüntetése, melynél kiemelt szempont a biztonság és a gazdaságosság egyensúlyának megtartása [9]. A módszer részét képezi a gördülőállomány meghibásodásainak elemzése, amelyben azonosítják a bekövetkezés kiváltó okait, majd meghatározzák a meghibásodás előfordulási valószínűségét. Ezt követően kerül sor a bekövetkezett esemény következményeinek, azok nagyságrendjének a meghatározására. Itt a következmények meghatározásánál szűkebb értelemben csak az üzemkiesés, javítás okozta költségeket veszik figyelembe, de tágabb értelemben akár a társadalmi hatásokat, büntetéseket és vállalati hírnéven esett csorbát is számszerűsítik [10]. Az egyes események bekövetkezésének valószínűsége és következménye alapján magas, közepes és alacsony besorolásuk lehetnek, melyhez a szükséges megelőző – kockázat csökkentő – intézkedések is kidolgozásra kerülnek. Megjelenik a rendszerben az elfogadható kockázat, mint kategória, de nagyon fontos, hogy minden kockázatot be kell azonosítanunk az eredményes működés érdekében [13]. Az előzőekben bemutatott fejlődés eredményeként kialakult karbantartási stratégiák, rendszerek egyfelől tükrözik a gépekben, járművekben a technikai fejlődés eredményeként bekövetkezett változásokat, másfelől megjelenítik a berendezésekkel szembeni megbízhatósági elvárások erősödését. Az elvárások változása alapvetően a vállalati érdekek mentén történtek, amelyet befolyásolt az adott működési területen folyó gazdasági verseny, piaci szereplők jelenléte és a világszínvonalú termék gyártás és szolgáltatás nyújtás iránti igény, vállalati filozófia [11]. Ugyanakkor a fejlődés során soha nem volt abban kétség, hogy a biztonság szerepe elsődleges. A biztonsági szempontok alapvetően két módon jelennek meg a stratégiákban: egyrészt magának a karbantartási folyamatnak a biztonságos elvégzésében, másrészt a berendezések nem megfelelő karbantartásából eredő meghibásodások nyomán előállt veszélyes helyzetek megelőzésében [12].

1.2 Vasúti járműkarbantartás – karbantartásért felelős szervezet

A járművek megbízhatósága nagymértékben függ az alkalmazott műszaki megoldások fejlettségi szintjétől, azok zavarérzékenységétől, de ugyancsak szoros kapcsolatot találunk a vasúti rendszerben a biztonságos járműüzemeltetés és a használt műszaki kialakítás vonatkozásában is. Annak érdekében, hogy Európa vasúti hálózata és azon való közlekedés egyenszilárdságú legyen, meg kellett teremteni annak szabályozási hátterét. Fontosságát az is kiemeli, hogy korábban csak nemzeti vasútvállalatok voltak, ahol egy kézben összpontosult az infrastruktúra, a gördülőállomány, a karbantartás és a biztonságot saját utasításokon, szabályozásokon keresztül garantálták. Ugyanakkor a liberalizáció eredményeként kialakuló magánvasúti társaságok, a járműveket bérbe adó lízing vállalatok és a határokon átvéelő vonatközlekedés eredményeként a biztonságért való felelős szerep elmosódott. Sajnos ezt az átláthatatlan helyzetet még jobban felszínre hozták azok a vasúti balesetek, amelyek személyi sérüléssel, jelentős anyagi kárral és közfeltűnéssel jártak. A napjainkban alkalmazott szigorú rendszer bevezetésének közvetlen oka, a 2009-ben bekövetkezett viareggioi vasúti baleset volt, ahol egy gázszállító tartálykocsi kerékpár tengelye menet közben eltört. Ennek következtében a teherkocsi kisiklott, a szállított gáz felrobbant, ezzel 32 ember halálát okozva. A vizsgálatok rámutattak a tisztázatlan felelősségre, mindamellett, hogy egyértelműen a karbantartás hiányosságára vezették vissza a tengely törését. A hasonló esetek megelőzése és a felelősségi körök egyértelmű meghatározása érdekében született meg az első olyan Európai Uniói rendelet, amelyben megjelent a Karbantartásért felelős szervezet – Entity in Charge of Maintenance, röviden ECM – és annak feladata, engedélyeztetési folyamata és kritériumai. Furcsa lehet, de ez a 2011. évi rendelet a vasúti teherkocsik és karbantartásuk vonatkozásában rendelte el a Karbantartásért felelős szervezet meghatározását. Ennek prioritását az adta, hogy elsőként a teherszállítás területén indult el a több országon át végzett árutovábbítás nem nemzeti vasútvállalatok által. Ezért kezdték el ezen a területen az egységes és közös karbantartási megközelítés bevezetését. Az európai jogalkotás célja – a vasúti csomagokon keresztül – a vasúti

közlekedés versenyképességének, nyitottságának fejlesztése, valamint a vasúti járművek Unió országok közötti kölcsönös átjárhatóságát biztosító szabályrendszer kialakítása. Ennek okán szükségessé vált az egységes karbantartási megközelítés bevezetése, aminek eredményeként 2016-ban európai Parlamenti és Tanácsi irányelv alapján, majd 2019-ben Bizottsági Rendelet formájában kiterjesztették a Karbantartásért felelős szervezet alkalmazását az Európai Unió vasúthálózatán közlekedő valamennyi vasúti járműkategóriára [19]. Jogalkotó meghatározta azokat a feladatokat, melyeket a Karbantartásért felelős szervezetnek el kell látnia. Jogszabályban meghatározott feladatok a következők:

- irányítási feladat,
- karbantartás-fejlesztés feladat,
- járműállomány-karbantartás irányításának feladata,
- karbantartás végrehajtásának feladata.

A vonatkozó rendelet egyértelműen kimondja, hogy a fenti feladatok közül az elsőt – irányítási feladat – minden esetben a Karbantartásért felelős szervezetnek kell ellátnia, míg a következő hármat elláthatja maga, vagy a járműgyártók, illetve alvállalkozóként igénybe vett karbantartó műhelyek, melyek rendelkeznek a tevékenység végzéséhez szükséges engedélyekkel [17]. A fenti szabályrendszer és a feladatok megosztásának lehetősége mellett nagyon fontos azt kiemelni, hogy a vasúti jármű aktuális műszaki állapotáért való felelősség, – a vasúti hálózaton mozgatott jármű biztonságosan, az infrastruktúra és más járművek veszélyeztetése nélkül közlekedjen – minden esetben a Karbantartásért felelős szervezetnél marad. A karbantartásért felelős szervezetnek a feladatai ellátása érdekében – saját tevékenységként, vagy alvállalkozó bevonásával – karbantartási rendszert kell működtetni, melyben dokumentáltan elvégzi az előírásoknak megfelelő karbantartást, végrehajtja a meghatározott kockázatelemzési és értékelési feladatokat és a beszállítói, illetve alvállalkozói teljesítések esetén ezt tőlük is megköveteli [20]. Mindezek mellett gondoskodik a karbantartási tevékenység nyomon követhetőségéről. A vasúttársaságok és az infrastruktúra-üzemeltetők kötelesek biztonságirányítási rendszereket kidolgozni és bevezetni, valamint az európai szinten alkalmazandó jogi követelmények szerint a rendszernek tartalmaznia kell a vasúti járművek üzembiztonságának fenntartására vonatkozó megfelelő eljárásokat, és a beszállítók – jármű, alkatrész – minősítésével kapcsolatos elemeket és azok későbbi, rendszeres értékelését. Fontos kiemelni, hogy a felelős szervezet minden feladatának maradéktalan elvégzését a nemzeti vasúti közlekedési hatóság hivatott ellenőrizni, illetve a tevékenység megkezdésekor a működést engedélyezni a feltételek teljesülése esetén.

A Karbantartásért felelős szervezet megfelelő működése során minden esetben alkalmazni kell kockázatelemzési módszert, annak érdekében, hogy eredményét a rendszer működése során felhasználva a kiemelt biztonsági kockázatok kezelése megvalósuljon. Az Európai Bizottság vasúti rendszerek kockázatkezeléséről szóló rendelete úgy fogalmaz, hogy az nem más, mint irányítási politikák, eljárások és gyakorlatok alkalmazása a kockázatok elemzésére, értékelésére és ellenőrzésére. Más megfogalmazás szerint a kockázatkezelés nem más, mint összehangolt tevékenységek egy szervezet irányítására és ellenőrzésére a kockázatok tekintetében. Fontos kiemelni, hogy a jogszabályi háttér keretében bevezetésre került a biztonságkritikus alkatrész, komponens fogalma és ahhoz kapcsolódó eljárásrend, valamint felelősség. Ebben a munkában mind a gyártók, mind pedig a Karbantartásért felelős szervezetek szerepet kapnak. Szeretnénk hangsúlyozni, hogy a rendelet megfogalmazása és alkalmazásának köteleme jelentős feladatot ró annak betartására kötelezett szereplők számára. *„A biztonsági szempontból kritikus részegységek különös figyelmet és prioritást igényelnek a karbantartási műveletek során. Az egyes részegységek kritikus vonatkozásai mindazonáltal a jármű konkrét kialakításához és a részegység konkrét funkcióihoz kapcsolódnak. Ezért nem lehetséges a biztonsági szempontból kritikus részegységeket kimerítően felsorolni. A biztonsági szempontból kritikus részegységek alapvető elemeit kell meghatározni”* [19]. A rendelet kiemelt feladatként fogalmazza meg a biztonságkritikus alkatrészek, rendszerek beazonosítását a gyártók felé, míg a karbantartásért felelős szervezet feladataként az átalakításokhoz rendeltlen írja elő, valamint a karbantartás során végzett beavatkozások, gyűjtött adatok elemzésekhez kapcsolódóan lehetőséget biztosít új komponens felvételére. A kritikus jelleg meghatározása során iránymutatásként figyelembe kell venni a részegység tervezett használatának módját, és a környezetet, amelyben azt használják. Természetesen a karbantartásért felelős szervezetek számára minden olyan információhoz, dokumentumhoz biztosítani kell a hozzáférést a gyártó oldaláról, amely lehetővé teszi számára, hogy teljes mértékben tisztában

legyen a felelősségi körébe tartozó összes járműtípus részegységeinek kritikus jellegével. A karbantartásért felelős szervezetnek ezeket az alkatrészeket, életútjukat – gyártó által és saját maga által tett kiegészítésekkel együtt – nyomon kell követni, valamint a gyártó felé és szükség esetén a nemzeti közlekedési hatóság felé információt kell szolgáltatnia. A rendelet lehetőséget biztosít arra is, hogy a karbantartó az elvégzett elemzések, tapasztalatok alapján a „kritikus” körbe tartozó elemet kivegyen, ugyanakkor erre csak a gyártó és jármű típusengedélyét kiadó hatóság felé történő, az eljárási rend szerinti engedélyezés után kerülhet sor. A fentiek alapján látható, hogy sem a gyártónak sem a karbantartásért felelős szervezetnek nem egyszerű az érintett alkatrész kör, komponens konkrét meghatározása, ugyanakkor a biztonságos közlekedés szempontjából kiemelt feladat. A rendelet végrehajtására nincs egységes gyakorlat a tagállamok között. Találunk olyan tagállami hatóságot, amely a nemzeti keretek között iránymutatásként megadta azokat a rendszereket, rendszerelemeket, fődarabokat, amelyek kezelésére vonatkozóan elvárja a besorolást és kockázatértékelést [16]. Ugyanakkor találkozhatunk a gyakorlatban olyan országokkal, ahol a rendelet betartása érdekében széleskörű együttműködéssel – gyártók, karbantartók, üzemeltetők – közösen próbálják azonosítani ezeket az elemeket. Ahogyan korábban erre utaltunk, új jármű esetében egyértelműen a gyártó feladata, míg korábban gyártott járművek átalakítása, korszerűsítése során a járműengedély tulajdonosa az, akinek ez a kötelessége, így az együttműködés elsősorban az egységes kezelésben nyújt segítséget. Amint a fentiekben írtuk, az új gyártású járművekhez kapcsolódóan kritikus elemek listája minden esetben szükséges, melynek elkészítése a gyártó feladata. Ezért a vasúti járművek tervezési és építési folyamatában részt vevő gördülőállomány-gyártóknak ennek megfelelően kell eljárniuk, tudásuk és technológiai lehetőségeik mértékéig minimalizálniuk kell az ilyen elemek számát. Ezt az anyagok kiválasztásával, a műszaki megoldásokkal vagy a jármű alapvető funkcióinak az egyes elemeken belüli kombinálásával kell megtenniük. A biztonságkritikus elemeket prioritásként kell kezelni, és a műszaki dokumentációnak ki kell emelnie az üzemeltetési, szervizelési, karbantartási, valamint nyomon követhetőségre vonatkozó követelményeket [19]. A vasúti járművek szempontjából biztonságkritikus alkatrészek azonosításának folyamata összetett feladat, hiszen nem találunk erre vonatkozóan egyértelmű alkatrészcsoportok, rendszerek, komponensek megjelölését. A témában végzett szakirodalmi áttekintés kapcsán sem találhatunk egy letisztult listát, ami alapján a járműspecifikus vizsgálatokat el tudnánk végezni, inkább csak módszereket, lehetőségeket írnak le a szerzők. Ennek egy lehetséges megoldását szemlélteti a 2. számú ábra, amely a lépéseket mutatja be.



2. ábra: Biztonságkritikus alkatrész meghatározásának lépései

Forrás: [18] alapján saját szerkesztés

Az azonosítás folyamatában a jármű komponenseiből indulhatunk ki, majd a 2. ábra lépéseinek végig haladva, folyamatosan szűkítve juthatunk el a végeredményhez. Mint azt korábban is jeleztük, nincs egyértelműen meghatározva az a komponenslista, amely mint sorvezető segíti a gyártók, karbantartók munkáját. Az irányelv végrehajtásához kapcsolódó szabványokban is csak leírást találunk, mint például „A biztonságkritikus alkatrészek olyan alkatrészek, amelyek esetében egyetlen meghibásodás esetén valószínűsíthető a közvetlen súlyos balesetveszély” [18]. A biztonságkritikus alkatrészek azonosításában használt kockázatértékelési módszerek tekintetében iránymutatásként azokat a technikákat és módszereket adják meg, mely alkalmazása elvezet az elvárt eredményhez. Ilyen módszer lehet:

- ETA (Eseményfa-elemzés),
- FTA (Hibafa-elemzés),
- FMECA (Hibamód-hatás- és kritikussági elemzés),
- Ok-következmény diagram,
- HAZOP (Veszély- és működőképességi vizsgálat).

A témában elfogadott törvényi követelmények és irányelvek, valamint a jelen cikkben bemutatott elvek szerint a szervezetek a biztonság kritikus alkatrészek azonosítását saját tapasztalataik, ismereteik és a vasúti járművek üzemeltetésével és karbantartásával kapcsolatos előzmények alapján végzik. A járművek rossz műszaki állapota által okozott és súlyos következményekkel járó vasúti balesetek jelentős szerepet játszanak ebben a folyamatban. Ennek eredményeként az összeállított listák, olyan alkatrészeket is tartalmaznak, amelyek nem megfelelő műszaki állapota növeli a vasúti balesetek kockázatát [20]. Ezt a megközelítést követve a kerékpárok és a megfelelő működésükhöz kapcsolódó egyéb elemek – tengelycsapágók, kerékpár ágytok, csapágóvezetési rendszerek, kikötőkarok, rugózási rendszerek stb. – mindig szerepelnek a listán [22]. A leírt példákra hivatkozva figyelmet kell fordítani a komponensek tárgyalásakor a különböző megközelítésekre, amelyek egyetlen alkatészre vagy alkatészcsoporthoz redukálhatók, ugyanakkor alapvető szerepet játszanak a gördülőállomány biztonságos üzemeltetésében. Természetesen nem maradhatnak ki a fékrendszer, az erőátviteli rendszer elemei és az ütközők, vonókészülékek, valamint a felsővezetékkel együttműködő áramszedők és részegységeik sem a kritikus biztonságú alkatrészek csoportjából [23]. Ugyanakkor szintén szerepelnek a listában azok az elektronikai, informatikai rendszerek, melyek megbízhatósága a biztonságos üzemeltetés feltétele. Így a GSM-R kommunikációs rendszerelemek, vonatbefolyásoló rendszerek – ETCS, EÉVB, MIREL stb. –, állapot figyelő diagnosztikai rendszerek elemei is folyamatos felügyeletet, nyomon követést igényelnek a karbantartásért felelős szervezet részéről. A beazonosítás mellett minden esetben el kell végezni az alkatész biztonságra gyakorolt hatásának, fontosságának vizsgálatát. Alapvetően a kockázatértékelési módszerek kapcsán ismert kategóriák mellett – magas, közepes, alacsony – megengedett a részletesebb felbontás is, amennyiben azt az értékelést végző fontosnak tartja [24]. A rendszer működése szempontjából elengedhetetlen, hogy a folyamatos felülvizsgálat és frissítés a karbantartási tevékenység során végzett szakmai visszajelzések és dinamikus elemzések eredményeként történjen meg, és ne egy vasúti baleset vizsgálati eredménye következtében.

2. Karbantartási stratégiák alkalmazásának vasúti gyakorlata

A cikkünk első részében általánosságban bemutattuk, hogy milyen fejlődési úton mentek keresztül a karbantartási stratégiák, és ennek eredménye milyen változáshoz vezetett a megbízhatóság területén. A vasúti közlekedés fejlődését tekintve látható, hogy ugyan voltak benne megtorpanások, de a mai napig folyamatosan új megoldások bevezetésével megújul. Erre nem csupán a technikai előrehaladás biztosít hajtóerőt, hanem a határokon átvélt szállítási és mobilitási igény folyamatos növekedése, valamint a környezetszennyezőbb közlekedési ágazatok visszaszorítására tett intézkedések. Annak érdekében, hogy vasúti közlekedés valóban vezető szerepet töltsön be Európában, az Unió döntéshozó testületei megalkották a szükséges szabályozó rendszereket, amely a tagállamok számára meghatározzák az egységes működés keretrendszerét és a fejlesztés irányát [21].

2.1 Alkalmazott karbantartási stratégiák összehasonlítása

A vasúti közlekedés járműállománya esetében alapelvek, hogy legalább 30-40 éves üzemre tervezik őket, ugyanakkor a jól megválasztott karbantartási stratégia, és annak maradéktalan elvégzése, a megbízható üzemeltetés, valamint az életciklusuk felénél megvalósított nagyjavítással – a szakirodalom utal rá – ez az életkor tovább növelhető. A vasúti járművek hosszú élettartama indokolja, hogy az alkalmazott karbantartási filozófia alapelveinek megfelelően megtörténjenek az előírt rövid – napi, heti, havi szintű – és hosszú átfutási idejű – felújítások, korszerűsítések – karbantartások. Míg a rövid átfutású javítások esetében a meghibásodások elhárítása, megelőzése a cél, addig a felújítások, nagyjavítások során minden részegység teljes felújítására vagy cseréjére sor kerül, akár az elavult berendezések korszerűsítésével egybekötően [14]; [15].

A cikkünk következő részében elemzésünket mutatjuk be arról, hogy az egyes karbantartási stratégiák sajátosságai hogyan tudják támogatni a karbantartásért felelős szervezet számára meghatározott feladatok ellátását. Az 1. számú táblázatban a szakirodalmi példák és a szerzők tapasztalata alapján összefoglaltuk azokat a releváns jellemzőket, amelyeket az egyes karbantartási stratégiák bevezetése vagy alkalmazása során a karbantartásért felelős szervezetnek figyelembe kell vennie az elvárt megbízhatósági szint, a közlekedésbiztonsági célok, valamint a vonatkozó jogszabályokban meghatározott követelmények teljesítése érdekében. A táblázatban látható, hogy az egyes stratégiák jelentősen eltérő dokumentációs háttérrel igényelnek és az alkalmazása során a keletkezett bizonylatok

menyisége és információtartalma is számottevően eltér. A stratégiák alkalmazásának alapinformációit tekintve láthatjuk, hogy kezdetben csak az alkatrész-katalógus, mint fő komponens és annak kicserélését támogató útmutató állt rendelkezésre, addig a fejlődés további fázisaiban már az üzemeltetési adatok, integrációs, működési folyamatok információi iránti igény is megfogalmazódott a hibamentes működés biztosítása érdekében. Az egyre összetettebb karbantartási rendszerek alkalmazása során jelentősen megváltozott a rendelkezésre álló adatok, információk feldolgozása és már nem csak statikus állapot rögzítés történik, hanem elvégzik a meghibásodás analízist, szakértői és MI támogatással előrejelzéseket készítenek, amelyben megjelennek a kritikus alkatrészek vizsgálati tervei is. Az elemzés eredményeként bemutatjuk az 1. számú táblázatban, hogy a karbantartási stratégiák fejlődése milyen hatást gyakorol a járművek megbízhatóságára, biztonsági szintjére. A meghibásodásig történő üzemeltetés esetében a karbantartási rendszernek semmilyen ráhatása nincs a megbízhatóságra, hiszen csak a hibás alkatrész cseréje történik meg, és a következő nem várt leállás bármikor bekövetkezhet. Amikor már a vizsgálatok tervszerűen követik egymást, az alkatrészeket bizonyos elvek szerint időszakonként cserélik, akkor látható, hogy az üzembiztonságban javulást érünk el. Amennyiben a ciklusrend szerinti karbantartás mellett a valós igénybevételeket is figyelembe vesszük az alkalmazott fenntartási rendszerben, akkor jelentős előrelépést tapasztalunk a biztonságos üzemeltetésben. Tovább csökkenti a váratlan meghibásodások lehetőségét, ha folyamatosan gyűjtjük az adatokat a járművekről üzem közben is és azt megfelelő szakemberek tapasztalataival kiegészítve előrejelzéseket, javítási terveket készítünk a rendkívüli meghibásodások kiküszöbölésére. Itt már a megbízhatóság kellően magas, ugyanakkor a költségek optimalizálása háttérbe szorul. A korszerű karbantartási rendszerek bevezetésével további javulást érhetünk el az üzemkiesések csökkentésében azáltal, hogy elemezzük a bekövetkezett hibákat, elvégezzük a rendszer elemeinek kockázatértékelését, modellezzük a váratlan meghibásodásokat és mesterséges intelligencia segítségével megalapozott megelőző intézkedéseket hozunk a nem várt események, biztonsági kockázatot jelentő helyzetek elkerülésére.

1. táblázat: Karbantartási stratégiák jellemzőinek összehasonlítása.

Forrás: Saját szerkesztés

Stratégia	Szükséges gyári/mérnöki input	Karbantartás során keletkező műszaki dokumentumok	Megebízhatósági/Biztonsági szint	Fő előny	Fő hátrány
Szükség szerinti javítás (meghibásodásig üzemeltet)	Alapvető alkatrész-katalógusok, szerelési útmutatók.	Hibafeltáró lap, cserealkatrész-lista, javítási munkalap.	Kifejezetten alacsony	Maximális alkatrész-kihasználás	Kritikus és veszélyes üzemzavarok
Ciklusrend alapú karbantartás / TMK	Gyári szervizkönyv, ciklustáblázatok, csereperiódus-előírások.	Karbantartási utasítások, ellenőrzőlapok, műszaki megfelelőségi igazolás.	Közepes	Jól tervezhető leállások	Alul-, vagy túlkarbantartás, magas költségek
Üzemidő / Teljesítmény alapú	Gyártói üzemóra-/kilométer-határértékek, kenési táblázatok.	Futásteljesítmény-jegyzőkönyv, időszakos műszaki vizsgálati lapok.	Biztonságos	Valós terheléshez igazodik	Nem látja a rejtett anyaghibákat
Diagnosztika alapú - állapotfüggő - karbantartás	Diagnosztikai bázisadatok, tűréshatárok, kalibrációs görbék.	Rezgésvizsgálati diagramok, olajlabor-elemzések, hőkamerás felvételek.	Nagyon magas	Pontos hiba-előrejelzés	Drága diagnosztikai eszközök
Tudás alapú karbantartás (KBM)	Gyári telemetriai protokollok, hibakód-adatbázisok.	CAN-busz logfájlok, trendanalízis-riportok, MI által generált előrejelzések.	Kiváló	Adatvezérelt, intelligens döntések	Komplex IT- és adatinfrastruktúra
Megebízhatóság központú karbantartás (RCM)	Funkcionális leírások, tervrajzok, anyagfáradási modellek.	FMEA/FMECA jegyzőkönyv , hibaág-elemzések (FTA), logikai döntési fák.	Maximális	Funkcionális biztonságra fókuszál	Rendkívül időigényes bevezetés
Teljes körű (TPM 1-2-3) hatékony karbantartás	Vizuális gépkönyvek, kenési térképek.	Autonóm karbantartási csekklisták, gépnapló, OEE (hatékonysági) lapok.	Magas és fenntartható	Minimális emberi mulasztás	Teljes vállalati kultúráváltást követel
Kockázat alapú karbantartás (RBM)	Szerkezeti integritási adatok, valószínűség-számítási modellek.	Műszaki kockázati mátrix, kritikus alkatrészek kiemelt vizsgálati terve.	Költség-hatékonyan magas	Erőforrások optimális elosztása	Alacsony kockázatot elemek elhanyagolása

A modern módszerek alkalmazásával nem csak az a cél, hogy javítsuk a megbízhatóságot, hanem a rendelkezésre álló erőforrások – szakember, költség – felhasználása is optimalizáltan történjen. A mindennapi tapasztalatok alapján elmondható, hogy az európai vasútállatok járműösszetétele heterogén, ami egyrészt megnyilvánul a többféle gyártó által történő szállításokban, másrészt jellemzően

megtalálhatók a mai kor színvonalának megfelelő korszerű járművek és a 30-40, de akár 50 éve gyártott mozdony és személykocsi egyaránt. Mindezek figyelembevételével, valamint a karbantartásért felelős szervezet engedélyezett működéséhez előírt jogszabályi megfelelés érdekében, olyan stratégiát, stratégia mixet kell választani a vasútvállalatnak, amellyel ezt biztosítja. Az európai vasútvállalatok jellemzően a korszerű járműflottáikhoz igazítottan – figyelembe véve a gyártó ajánlásait – olyan karbantartási rendszert választanak, ami biztosítja a magas megbízhatóságot és optimális karbantartási költséget a gazdaságos élettartam költség figyelembevételével. Az idősebb járműveknél elsősorban olyan stratégiát alkalmaznak, amely egy elfogadható – a jármű korához és állapothoz igazított, de az elvárásokat is figyelembe veszi – megbízhatóság mellett optimalizálja a Társasági erőforrás felhasználást [22].

2.2 Biztonságkritikus elemek kezelése az alkalmazott karbantartási stratégia tükrében

Az előzőekben bemutattuk azokat a feladatokat, amelyeket a jogszabályi megfelelés érdekében a karbantartásért felelős szervezetnek meg kell tennie a transzparens működése érdekében. Ennek egyik fontos eleme a beazonosított biztonságkritikus alkatrészek, komponensek, rendszerek folyamatos felügyelete, elemzése, dokumentált nyomon követése. Arra is utaltunk, hogy a meghibásodás elemzések, nyomon követés, esetleg kockázatértékelés alapján javaslatot tehet a gyártó felé, azok minősítésében történő változtatásra – kivehető vagy besorolható a biztonságkritikus alkatrészek körébe –. Vonatkozó jogszabály arra is kitér, hogy a járművön történő korszerűsítések, átalakítások során, – az átalakításokhoz kapcsolódóan – maga az ECM szervezetnek kell elvégeznie a szükséges besorolást és ehhez kapcsolódó kockázatelemzést, amit meg kell jeleníteni a jármű dokumentációjában. Európai Unió jogszabályokban nem áll rendelkezésre olyan keretrendszer, fő komponens lista, amely egyértelműen meghatározza azokat az elemeket, amely a biztonságkritikus alkatrészek alapja legyen. Az Európai Unió rendeletének magyarországi jogrendbe történő harmonizáció során készített „Fődarab lista” viszont tág keretek ad, de segítségül szolgál a fontos feladat elvégzésében. Összegző jelleggel és általánosságban mutat be példákat a jellemző biztonságkritikus alkatrészekre a [18] szakirodalom. Ebben kiemeli, hogy a piaci szereplők és a szerző saját tapasztalata alapján jelenítette meg a rendszereket, elemeket. A cikkünk írása során arra törekedtünk – felhasználva a szakirodalmi példákat –, hogy elsősorban a vasúti infrastruktúra és azon közlekedő jármű üzeme során jelentkező közlekedésbiztonsági szempontból kiemelt biztonságkritikus szerkezeti részekre, azok kockázatára mutassunk példát. Fontos kiemelni, hogy a szakirodalmi példák megmaradtak a fő egység szintjén, míg cikkünkben az elemzéseink elvégzése során törekedtünk annak minél részletesebb bemutatására és kockázati szintjének meghatározására. Amennyiben végig gondoljuk, hogy mely elemek játszanak szerepet a sínen gördülő jármű zavarmentes közlekedéséhez és annak biztonságos megállításhoz, akkor láthatjuk, hogy a járműszerkeztény kapcsoló és erőátadó elemeken keresztül a forgóvázakon nyugszik. A forgóvázak magukba foglalják a terhelést átadó rugórendszert, a kerékpárokat és szerelvényeiket, melyek már a fő egység alábontott elemei. Ezek együtt biztosítják a terhelés – önsúly, vonó és fékező erők – átadását és sínen történő biztonságos haladást. Tovább bontva megtalálható a kerékpár tengely és az arra felszerelt féktárcsák, valamint a megállításhoz szükséges fékezést biztosító fékbetétek, és a súrlódást majd lassulást létrehozó, fékezőerőt biztosító fékhengerek.

2. táblázat: Vasúti biztonságkritikus alkatrészek kockázati és karbantartási elemzése

Forrás: saját összeállítás

Biztonság szempontjából releváns részegységek	Biztonságkritikus alkatrészek	Kockázati szint	Alkalmazott karbantartási stratégia a kockázat csökkentésére	Hogyan csökkenti a kockázatot?
Futómű	Kerékpárok és tengelyek	Nagyon magas	Idő-/Futásteljesítmény-alapú megelőző + Állapotalapú	Szigorú kilométer-határonkénti ultrahangos és mágneses repedésvizsgálat a rejtett anyaghibák kiszűrésére.
Futómű	Tengelyágak és csapágak	Nagyon magas	Prediktív (Monitorozás) + Állapotalapú	Szigorú kilométer-határonkénti vizsgálat, illetve fedélzeti hőmérséklet-érzékelők a folyamatos felügyeletre.
Fékberendezések	Kormányselepek, fékhengerek	Nagyon magas	Időalapú megelőző karbantartás	Rendszeres, naptári naphoz kötött működésellenőrzés, időszaki próbapadi kalibrálás, tömítéscserék és nyomáspróbák a működés garantálására.
Fékberendezések	Féktárcsák és fékbetétek	Magas	Állapotalapú karbantartás	A betétek vastagságának és a tárcsák kopásának/hajszálrepedéseinek vizuális és műszeres ellenőrzése ciklus és futásteljesítmény alapján.
Fékberendezések	Csúszásgátló rendszer (WSP)	Közepes	Megelőző karbantartás + Elektronikus önteszt	A járművezérlő számítógép folyamatosan figyeli a kerékfordulat-érzékelők jeleit és hiba esetén azonnal jelez a műszerfalon, automatikus beavatkozás.
Vonatbefolyásoló rendszerek	ETCS / EVM fedélzeti egységek	Nagyon magas	Időalapú megelőző karbantartás + Elektronikus öntesztelés	Minden szolgálatkezdéskor kötelező automatikus szoftveres/hardveres funkcióteszt és rendszeres hatósági felülvizsgálat.
Vonó- és ütközőkészülékek	Csavarkapocs, vonóhorog	Magas	Időalapú megelőző + Állapotalapú	Rendszeres szemrevételezés, kenés, valamint meghatározott időközönkénti mágnesporos repedésvizsgálat a szerkezeti fáradás ellen.
Vonó- és ütközőkészülékek	Ütközők, energiaelnyelők	Alacsony	Időalapú megelőző karbantartás	Időszakos szétzerelés, a belső rugalmas/hidraulikus elemek csillapítási képességének ellenőrzése és zsírozása.
Járműszerkezet	Forgóvázkeret	Magas	Időalapú megelőző (Nagyjavítás)	Főműhelyi revíziók során a festék eltávolítása utáni teljes szerkezeti hegesztési varratvizsgálat (ultrahang/röntgen) és geometriai kimérés.
Áramellátás	Áramszedő	Közepes	Állapotalapú + Prediktív Karbantartás	A széncsúszók kopásának mérése, valamint az automatikus leeresztő rendszer pneumatikus figyelése törés esetére. Működési paraméterek ciklus szerinti ellenőrzése.

Ugyancsak kiemelt helyet foglal el közlekedésbiztonság szempontjából a vonó és ütközőkészülékek rendszere, valamint a vontatójármű és pályamenti jelző és biztosítóberendezés kapcsolatát megteremtő fedélzeti vonatbefolyásoló rendszerek. A több éves szakmai tapasztalatunk, valamint a vonatkozó rendelet definícióinak figyelembevételével, és a témában készült szakirodalmi művek feldolgozása során nyert információk alapján, továbbá az általunk fentiekben vázolt alapelvek alkalmazásával állítottuk össze a 2. számú táblázatot. A táblázat felépítésében követtük azt az elvet, hogy először a biztonság szempontjából kritikus részegységeket, majd azon belül az alkatrészeket azonosítottuk. A részegységeken belüli sorrendet már a kockázati szint súlya alapján állítottuk össze, csökkenő sorrendben. Ezt követően az egyes biztonságkritikus alkatrészek kockázati szintjeinek megfelelően hozzá rendeltük az 1. számú táblázatban bemutatott karbantartási stratégiákat, azon jellemzői alapján, melyek biztosítják a megfelelő kockázatkezelést. Amennyiben megvizsgáljuk a releváns részegységeket, valamint azon belül a biztonságkritikus alkatrészeket, láthatjuk, hogy eltérő kockázati szintek jelennek meg. Ennek oka az, hogy az egyes alkatrészeknél eltérő a meghibásodási gyakoriság, a meghibásodás következtében előálló rendkívüli helyzet súlyossága, valamint annak közvetlen és közvetett hatásai, következményei. Azonosított alkatrészek tekintetében minden esetben meg kell határozni a bevezetett karbantartási stratégián belül azt az eljárásrendet, amely biztosítja a rendkívüli üzemállapot bekövetkezésének elkerülését, ezzel csökkentve a baleset kockázatát. Mindenképp fontos kiemelni, hogy a biztonságkritikus alkatrészek esetébe a megelőzésen van a hangsúly, tehát a meghibásodásig történő üzemeltetés szóba sem jöhet, mint alkalmazott stratégia. A táblázat alapján

látható, hogy a kiválasztott rendszerek alkatrészei között megtalálható a nagyon magas, magas, közepes és alacsony kockázati kategóriába tartozók egyaránt. Szeretnénk hangsúlyozni, hogy az 1. fejezetben bemutatott karbantartási stratégiák között minden esetben találunk olyat, amely biztosítja a megfelelő kockázatkezelést amellet, hogy az ECM szervezetnek és a vasútvállalatnak optimális megoldást kínál az erőforrás felhasználás szempontjából. A karbantartási stratégia megválasztása után ki kell alakítani azt a folyamatot, vizsgálati eljárásrendet és a szükséges dokumentáció, valamint követési rendszert, amely a felügyelet alá vont alkatrész esetében teljes egészében láthatóvá teszi a bekövetkezett, normál üzemtől eltérő változásokat. A megfelelő megoldás kiválasztása és alkalmazása szintén a Karbantartásért felelős szervezet feladata és felelőssége. Napjainkban a szoftverfejlesztők számos olyan informatikai alkalmazást kínálnak – CMMS, EAM megoldások –, amelyek támogatják a felügyelet alá vont alkatrészek nyomon követését, valamint a kapcsolódó adatok elemzését, ami szintén hozzájárul a kockázatkezelés megvalósításához.

Konklúzió

A közlekedés és azon belül a vasúti közlekedés biztonsága minden országban kiemelt helyet foglal el, ami nem valószínűsíthető meg az egységes irányelvek alkalmazása nélkül. Fontos kiemelni, hogy a biztonságos közlekedés keretrendszerének megalkotása mellett azonosítani kell a szereplőket és azok felelősségi körét. A vasúti járművek műszaki megfelelőségének biztosítását a jogszabályok a Karbantartásért felelős szervezet feladatkörébe utalja, és előírja, hogy minden járműnek rendelkeznie kell ECM szervezettel. A karbantartásért felelős szervezet fontos feladata, hogy a megfelelő karbantartási stratégia alkalmazásával azonosítsa a jármű üze során megjelenő műszaki nem megfelelőségre visszavezethető kockázatokat. Ennek érdekében bemutattuk cikkünk első részében, hogy az egyes karbantartási stratégiák milyen megoldásokat biztosítanak erre. A második részben kiemeltük a biztonságkritikus alkatrészek azonosítási folyamatának fontosságát, annak nehézségeit. A közlekedésbiztonság szempontjából kritikus rendszerek és alkatrészek példáján keresztül kitértünk arra, hogy miként tudjuk különböző kockázati szintet jelentő alkatrészek esetén a megfelelő karbantartási stratégiák alkalmazásával csökkenteni a lehetséges műszaki kockázatokat a felügyelt alkatrészek, rendszerek esetében. Rámutattunk, hogy a biztonság szempontjából kritikus alkatrész azonosításának már a jármű gyártásakor meg kell történni, és annak folyamatos felügyeletét az ECM-nek kell ellátni. A biztonságos vasúti közlekedés a kockázatot csökkentő és a lehetséges meghibásodások előfordulását megelőző proaktív intézkedésekkel érhető el, ahelyett, hogy a vasúti balesetek utáni különféle hibákra és nemmegfelelőségekre – amelyek nagyon súlyos következményekkel járhatnak – reagálnánk. Ebben a feladatban nyújthat gyakorlati segítséget cikkünk a járműkarbantartási feladatokat ellátó felelős szervezetek számára.

Irodalomjegyzék

- [1] <http://hdl.handle.net/10890/17377> Dr. Pokorádi László Karbantartás elmélet (2026.03.11.)
- [2] Vermes P. A karbantartás mint a termelésmenedzsment támogatója. Multidiszciplináris Tudományok 1.1 (2011): 55-68.
- [3] Baksai G., Csete L. B., Nagy I., Pap N., Kertay N.: Állapotfüggő-és kockázatalapú karbantartást segítő rendszer felépítése. Delta-3N, Paks, 2006
- [4] Kosztyán Zs. T., Pribojszki-Németh A., Kovács Z.: Karbantartási projektek mátrix alapú tervezése. Alkalmazott matematikai lapok 33 (2016): 27-56.
- [5] Pokorádi L.: Modellek a karbantartásban. Gép 60.2009/4 (2009): 84-88.
- [6] Rostás S.: A karbantartási tevékenység digitális átalakításához szükséges képzési igények vizsgálata. Soproni Egyetem, Tanulmánykötet 2025: 102-111.
- [7] Böhm J. F.: A fenntartható közlekedés időszerű innovációja-az Állapotfüggő Karbantartás (ÁK) alkalmazása az üzemeltetésben. Dr Péter Tamás PhD (szerk.): Innováció és Fenntartható Felszíni Közlekedés Konferencia (IFFK 2013):- Budapest, Magyarország (2013): 28-2013.
- [8] Pokorádi L., Ágoston G.: Közlekedési karbantartó szakemberek véleményeinek összehasonlítása. IFFK 2017, Budapest aug.30 – szept. 1.
- [9] Gyüre F.: A negyedik ipari forradalom digitális újításai – Állapotfigyelő-karbantartó rendszerek hatása a termelékenységére. Külügyi Műhely 2021/1. 85-118.
- [10] Árva G., Bognár F., Erdei J., Kövesi J.: Kockázat és megbízhatóság a menedzsmentben. Vezetéstudomány/Budapest Management Review 51 (2020): 70-84.

- [11] Malatinszky, S.: A jármű-karbantartási rendszer korszerűsítésének lehetőségei. Vasútgépészet, 2004/4 37- 43.
- [12] Bohlin, M., Forsgren, M., Holst, A., Levin, B., Aronsson, M., & Steinert, R. (2008, June). Reducing vehicle maintenance using condition monitoring and dynamic planning. In 2008 4th IET International Conference on Railway Condition Monitoring (pp. 1-6). IET..
- [13] Pfaff, R., Shahidi, P., & Enning, M. (2017, July). Connected freight rail rolling stock: a modular approach integrating sensors, actors and cyber physical systems for operational advantages and condition based maintenance. In PHM Society Asia-Pacific Conference (Vol. 1, No. 1).
- [14] Chen, F., Shang, D., Zhou, G., Ye, K., & Ren, F. (2024). Mileage-aware for vehicle maintenance demand prediction. Applied Sciences, 14(16), 7341.
- [15] Kistelek M., Csiba J., Sábitz L., Szigeti D.: Vasúti járművek üzeme és diagnosztikája, BME 2012.
- [16] Eichstaedt, D., Gorzelanczyk, P. (2025) "Changes in the Use of Passenger Rail Transport in Poland due to the COVID-19 Pandemic", Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 53(4), pp. 420–430. <https://doi.org/10.3311/PPtr.37645>
- [17] Directive (EU) 2016/798 of the European Parliament and of the Council of 11 May 2016 on railway safety <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2016/798/oj/eng>
- [18] Gawlak, K. (2022). Safety critical components (SCC) in the maintenance management system for railway vehicle. Diagnostyka, 23. <http://www.diagnostyka.net.pl/Safety-critical-components-SCC-in-the-maintenance-management-system-for-railway-vehicle,156166,0,2.html>
- [19] Commission Implementing Regulation (EU) 2019/779 of 16 May 2019 laying down detailed provisions on a system of certification of entities in charge of maintenance of vehicles pursuant to Directive (EU) 2016/798 of the European Parliament and of the Council and repealing Commission Regulation (EU) No 445/2011.
- [20] Commission Implementing Regulation (EU) 2019/776 of 16 May 2019 amending Commission Regulations (EU) No 321/2013, (EU) No 1299/2014, (EU) No 1301/2014, (EU) No 1302/2014, (EU) No 1303/2014 and (EU) 2016/919 and Commission Implementing Decision 2011/665/EU as regards the alignment with Directive (EU) 2016/797 of the European Parliament and of the Council and the implementation of specific objectives set out in Commission Delegated Decision (EU) 2017/1474.
- [21] Commission Delegated Regulation (EU) 2018/762 of 8 March 2018 establishing common safety methods on safety management system requirements pursuant to Directive (EU) 2016/798 of the European Parliament and of the Council and repealing Commission Regulations (EU) No 1158/2010 and (EU) No 1169/2010.
- [22] 24/2016. (VII. 18.) NFM rendelet a vasúti járművek karbantartását, javítását és időszakos vizsgálatát végző műhelyekről <https://net.jogtar.hu/jogszabaly?docid=a1600024.nfm>
- [23] 44/2020. (XI. 19.) ITM rendelet a vasúti járművek karbantartási rendszeréről és a karbantartásért felelős szervezetekről <https://njt.jog.gov.hu/jogszabaly/2020-44-20-7Q>
- [24] CEN/TR 17696:2021 <https://standards.iteh.ai/catalog/standards/cen/877db36d-8114-4570-85de-80cfd1f4ec54/cen-tr-17696-2021>

Összetett vasúti átjárók rálátási területeinek vizsgálata nyilvános adatok alapján / Checking sight fields at complex railway level crossings using open source data

Dr. Hegyi Pál¹ – Dr. Koren Csaba²

^{1,2}Széchenyi István Egyetem

¹hegyi.pal@sze.hu

²koren@sze.hu

Kivonat: A vasúti átjárók gyakran nem csak egy vasúti vágány és egy út egyszerű keresztezéséből állnak. Az ilyen átjárókban a rálátási területek helyszíni vizsgálata összetett feladat. A helyszíni felvételeket segíthetjük, ha előzőleg irodai munkával, nyilvános adatbázisokból elvégezzük a rálátási területek vizsgálatát (pl. OpenStreetMap). A cikk példákon szemlélteti az összetett vasúti átjárók rálátási területeinek vizsgálatát nyilvános adatok alapján. A példák között szerepelnek olyanok, ahol az adott helyszínen több vágány van, egyenesben, vagy ívben. A közút kialakítása is változatos lehet: a keresztezési szög, az ív- és lejtési viszonyok, közeli útcsatlakozás befolyásolják a látási viszonyokat. Ehhez hozzájön még a gyalogos- és kerékpáros átvezetések kérdése, amelyek geometriai kialakítása többféle lehet. A vizsgálatokból arra tudunk következtetni, hogy a láthatósági ellenőrzésekben milyen előnyei és korlátjai vannak az irodai vizsgálatoknak, mennyiben tudják segíteni vagy helyettesíteni a helyszíni felméréseket és az utóbbiak hol nélkülözhetetlenek.

Abstract: Railway level crossings often consist of more than just a simple intersection of a railway track and a road. On-site inspection of sight fields at such crossings is a complex task. On-site surveys can be facilitated by previously performing office work and inspecting the visibility areas from public databases (e.g. OpenStreet Map) The paper illustrates the analysis of the sight fields of complex level crossings based on public data using case studies. Examples include those where there are multiple tracks at a given location, either straight or curved. The design of the road can also vary: the angle of intersection, the horizontal and vertical alignment, and the proximity of road junctions affect visibility. Added to this is the issue of pedestrian and bicycle crossings, the geometric design of which can vary. From the studies, it can be concluded what advantages and limitations office checks have in visibility inspections, to what extent they can help or replace on-site surveys, and where the latter are indispensable.

Kulcsszavak: közút-vasút keresztezés; vasúti átjáró; rálátási terület; irodai ellenőrzés; nyilvános adatok

Keywords: road-railway crossing; level crossing; sight field; desk check; open-source data

Bevezetés

A közút-vasút szintbeni keresztezések a közlekedési hálózatok kritikus pontjai. Az ilyen helyszíneken történt balesetek alakulását a szakma rendszeresen elemzi, pl. [1]. Ugyanakkor a vasúti átjárók biztonságát a laikus közönség is kiemelten értékeli. A baleseti adatok és az úthasználók által érzékelt veszély összehasonlításával foglalkozott pl. [2]. Magyarországon hosszú évekre visszamenő hálózati szintű kutatások is folynak: az átjárók veszélyességi rangsorának legújabb vizsgálatát ismerteti [3].

A vasúti átjárók biztonságának fontos követelménye, hogy az elsőbbségi viszonyoknak megfelelően a közúton közlekedők időben észlelhessék a közeledő vasúti járműveket, ill. meggyőződhetnek a szabad áthaladásról. Ennek a követelménynek a teljesülését, a láthatóságot többféle módon lehet ellenőrizni: helyszíni és irodai vizsgálatokkal. E cikk szerzői előző munkájuk [4] folytatásaként az összetett átjárók láthatósági vizsgálataival foglalkoznak, felhasználva az OpenStreetMap nyilvános adatait.

Összetett átjárókon az olyan helyszíneket értjük, ahol egy vagy több (esetleg ívben fekvő) vágányt a közúton kívül gyalogút, kerékpárút is keresztez. A szükséges, ill. a rendelkezésre álló rálátási terület meghatározása ilyenkor összetett feladat.

1. Rálátási területek meghatározása

A vasúti átjárókra vonatkozó szabályozásban a vasúti átjáró megfelelő észlelhetősége az egyik legfontosabb elem. Itt előbb az előírásokat, majd az ellenőrzési módszereket foglaljuk össze.

1.1 Előírások

A kérdést jelenleg a 20/1984. (XII. 21.) KM rendelet az utak forgalomszabályozásáról és a közúti jelzések elhelyezéséről szabályozza [5]. Ebből idézzük a legfontosabbakat.

A teljes rálátási terület az, a vasúti pálya forgalmának észleléséhez szükséges terület, amelynek átláthatósága, lehetővé teszi a vasúti átjáróhoz közeledő közúti jármű vezetője részére az átjárón a megállás nélküli biztonságos áthaladást vagy az átjáró előtti biztonságos megállást.

Ez az a háromszög terület, amelyet az úttest felezővonalának és a vasúti pálya tengelyének metszéspontjától az úttesten a vasúti átjáró előtt Lk távolságban, és a vasúti pályán mindkét irányban Lv távolságban lévő pontok határoznak meg. A jelenleg hatályos szabályozás szerint az Lv távolság a vasúti pályára engedélyezett - km/órában kifejezett - sebesség számértékének ötszöröse, méterben kifejezve.

A csökkentett rálátási terület az ahhoz szükséges terület, hogy az átjáró előtt megálló jármű vezetője el tudja dönteni, hogy biztonságosan áthaladhat-e. Geometriailag az az a háromszög, amelyet az úttest felezővonalának és a vasúti pálya tengelyének metszéspontjától

- az út tengelyén a fénysorompó jelzőjétől, illetve a vasúti átjáró kezdete jelzőtábla oszlopától 1 méter távolságban, valamint
- a vasúti pályán mindkét irányban Lv távolságban lévő pontok határoznak meg.

Vasúti gyalogos-átkelőhelynél a rálátás akkor szabad, ha az elsodrasi határtól a vasúti pálya mindkét irányban Lv távolságra belátható. Az Lv távolság (méterben) a vasúti pályára engedélyezett sebesség km/órában megadott számértékének

- háromszorosa egy és kétvágányú,
- ötszöröse kettőnél több vágányú pálya esetén.

A fent említett szabályok az átjáró helyszínrajzi viszonyaihoz kapcsolódnak. A rendelet ezeken kívül foglalkozik a rálátást zavaró tárgyak magasságával és rendeltetésével is. Néhány példa:

„26.4. a) Vasúti átjárónál, vasúti gyalogos-átkelőhelynél a rálátási háromszögben, illetve a csökkentett rálátási háromszögben a rálátás akkor szabad, ha abban az út és vasút szintjétől számított 80 cm magasságot meghaladó építmény, terepalakulat, létesítmény, fa, illetve növényzet nincs, amely a vasúti pályára a rálátást akadályozza.

b) A rálátási háromszögben, az út tengelyének minden pontjáról ellenőrizve a 80 cm-nél magasabb pontszerű, vasúti üzemi akadályok (vasútüzemi berendezések stb.) nem tekinthetők akadálnak, ha az akadályok együttes hossza által okozott kitakarás a rálátási háromszög vasúti tengelyében mérve oldalanként 10%-ot, vagy egy-egy akadály vasúti tengelyre vetített hossza a 20 m-t nem éri el.

c) A 26.1. pont b), d) és g) alpontjában foglaltak szerint biztosított vasúti átjáróknál – a vasúti átjárót a közút felől biztosító berendezés üzemzavara esetére – a rálátás szempontjából érintett terület kiszámításánál azt a sebességet kell figyelembe venni, amelynek alkalmazását a vasúti átjáróhoz közelítő vonat számára a vasúti biztosítóberendezés az üzemzavar esetében lehetővé teszi.”

A miniszteri rendeleten túlmenően az e-UT 03.06.11 - Szintbeni közúti-vasúti átjárók kialakítása. Geometriai kialakítás, pályaszerkezet, víztelenítés, forgalomszabályozás, üzemeltetés c. üzemi műszaki előírás, valamint a MAUT Magyar Út- és Vasúti Társaság „Szintbeni közúti-vasúti keresztezések” 33. sz. tervezési útmutató további részleteket fogalmaz meg a rálátási területtel kapcsolatban, többek között az íves vasúti pálya esetére [6, 7].

Más országok előírásai a hazaitól eltérő követelményeket fogalmaznak meg. Ezekre itt nem térünk ki, de példaképpen néhányat felsorolunk az irodalomjegyzékben [8, 9, 10, 11].

1.2 Módszerek

A vasúti átjárók láthatósági viszonyainak ellenőrzésére és értékelésére többféle módszert azonosíthatunk. Az első a hagyományos felmérési eszközökkel végzett vizsgálat: két személy az út, ill. a vasút mentén mozogva ellenőrzi az összelátást. Ebben az eljárásban persze nem elég a háromszög csúcsainak összelátását ellenőrizni, hanem a számtalan összelátási kombinációt is vizsgálni kell. Teljesen szabad látómező esetében talán könnyű lehet döntést hozni, de bármilyen, a látást zavaró tényező esetében részletesebb vizsgálatok szükségesek. Fejlettebb módszert ismertet [12], ebben a szerző egy mérőállomásról, több álláspontból méri fel az érintett területet, beleértve a háromszög belső területeiben lévő akadályokat.

A rálátási háromszögek vizsgálatára ma már gyors és hatékony helyszíni felmérést tesz lehetővé a lézerszkenneres technológia. A módszer segítségével előállítható a térbeli modell, amelyben meghatározható a vágánytengely és a felezővonal helyzete; kiszűrhetők az adott magasságnál túlnyúló, rálátási akadályok, felállítható ezek modellje; megszerkeszthetők a látómezők; előállítható a teljes rálátási területre vonatkozó takarás; pontszerű takaró akadályok hatása is mérhető. [13, 14]

A harmadik módszercsoport a nyílt hozzáférésű adatbázisok használata. Ennek egyelőre kevés példáját látjuk [15] és jelen kutatásunk erre irányul. Természetesen előfordul a módszerek kombinációja is.

2. Felhasznált adatok

A kutatás során az Openstreetmap (OSM) nyilvánosan hozzáférhető adatbázisát használtuk fel [16]. A WGS84 rendszerben letölthető állományokat a QGIS térinformatikai szoftverrel transzformáltuk EOVS rendszerbe. A térképi adatbázisban tárolt adatok pontossága függ annak előállítási módjától. A leggyakoribb térképezési eljárások a geodéziai és térinformatikai adatgyűjtés, valamint az ortofotók digitalizálása. Az alkalmazott eszközök, illetve a transzformáció befolyásolja az eredményt, ami a legtöbb esetben szubméteres vagy méteres tartományban mozog. A letöltött állományok tematika szerint, rétegenként jelennek meg. A rétegek elemzése után az alábbi három réteggel foglalkoztunk:

- Út
- Vasút
- Épületek

A vizsgált terület Győr-Moson-Sopron megyére terjed ki, ezért a kiinduló állományokból leszűrtük a megye területén található vonal- és felületszerű objektumokat. Ennél fogva az „utak” rétegen 52276 darab, a „vasút” rétegen 1249 darab, míg az „épület” rétegen 273037 darab objektum szerepelt. A nyers rétegeket feldolgoztuk az elemzési szempontok alapján. Mindegyik adattáblában az objektumosztály mező (fclass) tartalmazta a leginkább felhasználható attribútumokat. A „vasút” rétegen a „rail” attribútumokkal ellátott elemeket vizsgáltuk, amelyek a normál nyomtávú vasútvonalat jelentik. Ezen kívül az attribútumok között megtalálható például a „narrow gauge” érték is. Ugyancsak leszűrtük az út rétegből a „service” attribútumokat, amelyek lakótelepek, illetve iparterületek útjai lehetnek. Iparterületi átjárókkal a kutatás során nem foglalkoztunk. Az épület réteget gyakorlatilag feldolgozás nélkül fel tudtuk használni. A közúti-vasút keresztezéseket a két réteg metszéséből állítottuk elő.

3. Az adatok feldolgozása példákkal szemléltetve

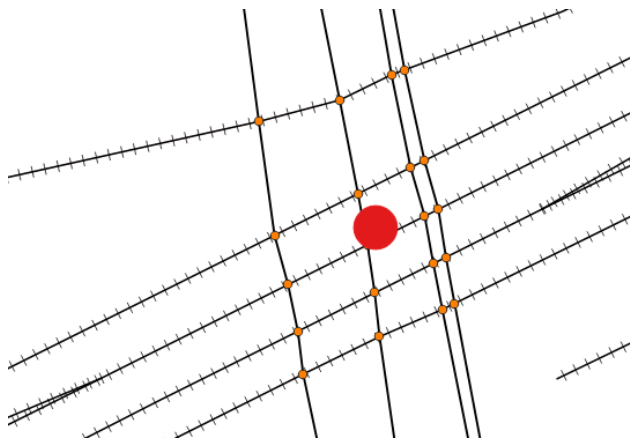
Az irodai feldolgozás során olyan adatok, tények is előkerülhetnek, amik egy helyszíni vizsgálat során nem veszünk észre, nem látszik egyértelműen. A vízszintes és magassági geometria jó azonosíthatóságához kellő gyakorlat és térlátás szükséges a terepen. Egzaktabb eredményeket kapunk, ha az egyes átjárókat nem csak vizuálisan, hanem műszerek segítségével is feltérképezünk. Ez azonban még egy darab közúti-vasúti kereszteződés esetén is hosszú időt vesz igénybe. Amennyiben nagy mennyiségű átjáróról szeretnénk adatokat gyűjteni, akkor egy olyan módszert kell választanunk, amivel egyszerűen juthatunk adatokhoz, mint például a rálátási távolságok, a keresztezési szögek stb. Emiatt viszont némi egyszerűsítéssel kell megelégednünk.

A kutatás során alkalmazott adatbázis a vízszintes értelmű geometriában támogatja a helyszíni vizsgálatot. Ennél fogva a helyszínen nagyobb figyelmet fordíthatunk az irodában előkészített adatok alapján olyan részletekre, amik csak egy későbbi elemzés kapcsán válnak releváns tényezővé. A bárki

számára elérhető Openstreetmap (OSM) adatbázisban számos olyan adattal találkozhatunk, ami jól felhasználható ilyen vizsgálatoknál. A következőkben néhány konkrét példán mutatjuk be az adatbázis felhasználhatóságát.

3.1 Általános adatok az átjárókról

Keresztezési pontok alapján a több pont súlypontja az átjáró helyét jelöli, amit mind a vasút, mind a közút EOVS koordinátákkal tárolhat. Ezen ponthoz adhatók hozzá azok a releváns attribútumok mind a két oldalról (út és vasút), amelyekre az egyes szervezeteknek szükségük van (1. ábra).



1. ábra: Győr, Újlak utca átjáró metszéspontok súlypontja

Az egyes vonalelemek irányszöge alapján meghatároztuk a közút és vasút keresztezési szögét. A következő ábrán a Győr-Sopron vasútvonal Enese és Csorna közötti átjáróinak helyei láthatók (2. ábra). Az eltérő színek a különböző nagyságú keresztezési szöget szemléltetik.



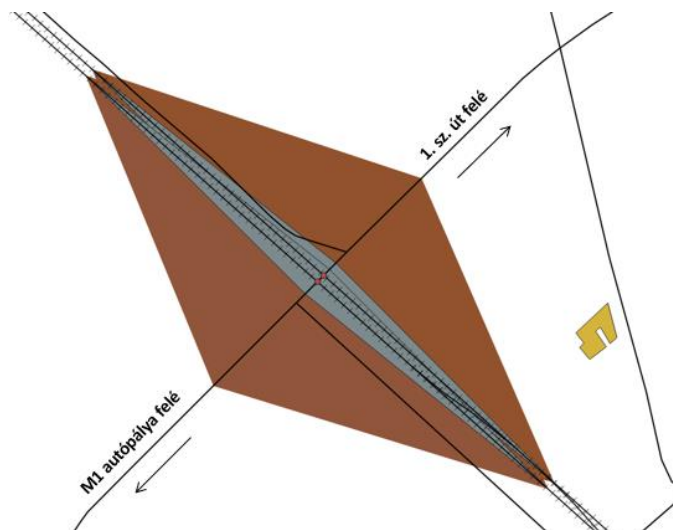
2. ábra: Csorna – Enese közötti vasútvonal útkeresztezései eltérő keresztezési szögekkel

3.2 Gépjárművek rálátási háromszögei a vizsgált átjárókban

A Lébény-Mosonszentmiklós vasútállomás közelében található átjáró kétvágányú fővonalat keresztez, közel merőleges keresztezési szögben. Az általunk használt térképi adatbázis nem tartalmaz olyan mesterséges tereptárgyakat, amelyek jelentősen akadályozzák a rálátást. Ilyen objektum például egy zajvédő fal, ami nem szerepel az épületek rétegen (ezen a rétegen emlékművek és más mesterséges tereptárgyak is szerepelhetnek az épületeken kívül). Ez egy lényeges eltérés, hiszen a vasúti pályára a rálátást nagymértékben korlátozza, míg az ellenkező irányból inkább a növényzet gátolja a kilátást (3. és 4. ábra).



3. ábra: Lébény-Mosonszentmiklós vasútállomás közelében lévő átjáró az M1 autópálya felől

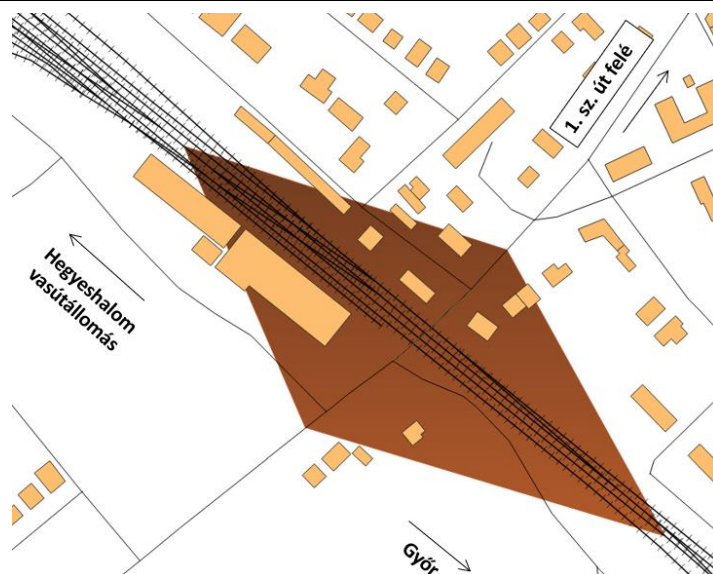


4. ábra: Lébény-Mosonszentmiklós vasútállomás közelében lévő átjáró rálátási háromszögei

A következő példa a Budapest-Hegyeshalom kétvágányú vasúti fővonal Hegyeshalom vasútállomás előtti átjárója (Kossuth Lajos utca). A belterületen található kereszteződés rálátási háromszögeit mind természetes, mind mesterséges tereptárgyak akadályozzák. Az utóbbiak elsősorban épületek, amelyek megjelennek az Openstreetmap adatbázisában is. Az ábrán lévő háromszög területén több épület is szerepel, ennél fogva az adatbázis alapján is leszűrhető, hogy ebben az átjáróban nem teljesül a szabad rálátási háromszög (5. és 6. ábra).

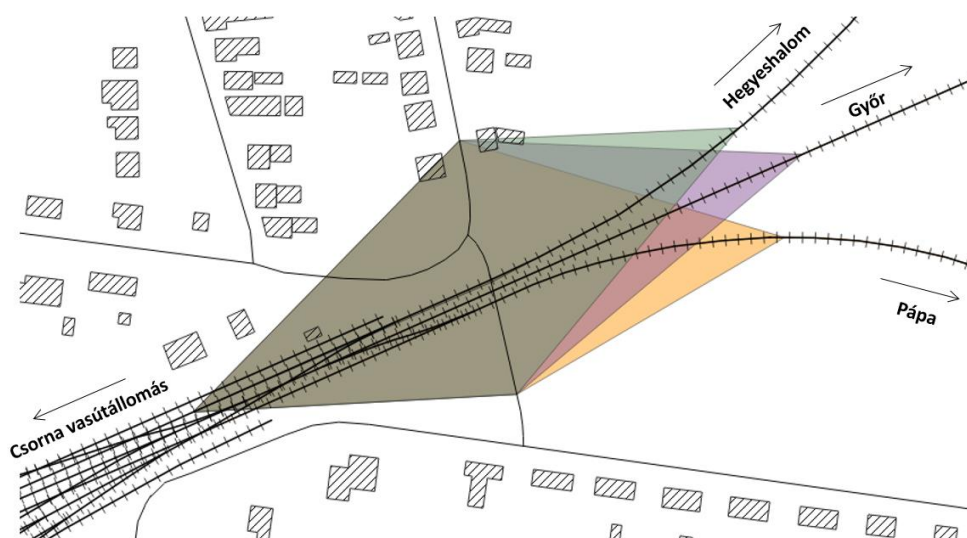


5. ábra: Hegyeshalom vasútállomás közelében lévő átjáró az 1. sz út felől



6. ábra: Hegyeshalom vasútállomás közelében lévő átjáró rálátási háromszögei

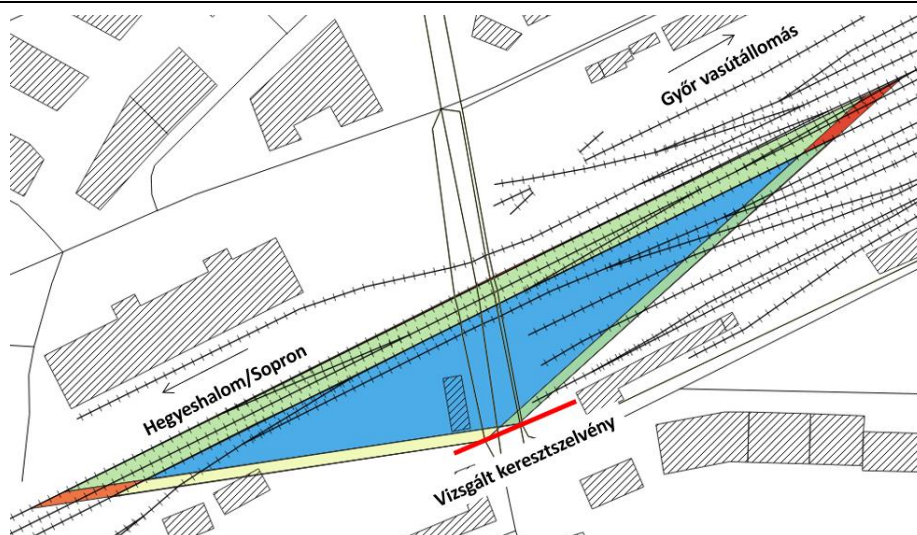
Az átjárók esetén eltérő rálátási háromszögek alakulnak ki több irányból érkező vasútvonalak találkozása esetén, amelyek nagysága függ a vasúti pályára engedélyezett sebességtől. A háromszögek által lefedett területen belül a különböző vasútvonalak eltérő mértékben látszódnak. A rálátást gátló épületek az adatbázis alapján azonosíthatók (7. ábra)



7. ábra: Csorna, József Attila utcai átjáró rálátási háromszögei az OSM adatok alapján a különböző vasútvonalak felé

3.3 Gyalogosok és kerékpárosok rálátási háromszögei a vizsgált átjárókban

Számos esetben a rálátási háromszögeket csak a gépjárművek helyzetéből vizsgáljuk. Ez egy 2x1 sávú út esetében elegendő lehet, azonban gyakran találkozunk a gépjármű forgalmi sávok mellett kerékpáros átvezetéssel, illetve gyalogosok számára kialakított átjáróval. Néhány méteres eltérés a nézőpont esetén már befolyásolhatja az eredményeket. A 8. ábrán a győri Újlak utcai átjáró látható, ahol a gépjárművek mellett kerékpáros és gyalogos átvezetést is kialakítottak. A rálátási háromszögeket a déli irányból érkezők szerint készítettük el. Az eltérő színekkel jelölt háromszögek és sávok az egyes rálátási háromszögek közös, illetve külön részeit mutatják. Az adatbázisban lévő épületek esetén is megfigyelhetjük, hogy vizsgált keresztszelvényből az átjáró felé nézve van olyan rálátási háromszög, amibe egy épületsarok már belelóg, míg az utca másik oldaláról már nincs takarás.



8. ábra: Győr, Újlak utcai átjáró rálátási háromszögei az eltérő sávokból

Konklúzió

A cikk példákon szemlélteti az összetett vasúti átjárók rálátási területeinek vizsgálatát nyilvános adatok alapján. A példák között szerepelnek olyanok, ahol az adott helyszínen több vágány van egyenesben vagy ívben. További példák mutatják a gyalogos- és kerékpáros átvezetéseket, amelyek rálátási területei különböznek a gépjárművektől. A vizsgálatok példákkal illusztrálják, hogy az OpenStreetMap adatbázisból kinyert adatok segíthetik a láthatósági ellenőrzéseket. A segítség a rálátási területek közelítő meghatározásán túl abban is megnyilvánul, hogy az OSM vizsgálat alapján kijelölhetők azok a területek, ahol helyszíni kiegészítő felmérésre szükség van. Az irodai vizsgálatoknak tehát előnyei és korlátjai is vannak, de mindenképpen segíteni tudják a helyszíni felméréseket.

Irodalomjegyzék

- [1] Henézi, D. S.; Kormányos, L.: Vasúti átjárókban történt balesetek alakulásának vizsgálata. Közlekedéstudományi Szemle 74: 5 pp. 46-52. DOI: 10.24228/KTSZ.2024.5.4, 7 p. (2024)
- [2] Ladich, M., Miletics, D. Szintbeni vasúti átjárók és közúti csomópontok összehasonlítása baleseti adatok és az úthasználók által érzékelt veszély mértéke alapján. Közlekedéstudományi Szemle, 75(1), 41-52. (2025). doi: 10.24228/KTSZ.2025.1.4
- [3] Egyházy, Z., Hóz, E., Cseffalvay, M., Nagy, P.D.: Országos közúti és vasúti (MÁV) szintbeni keresztezéseinek veszélyességi rangsora (2024) és annak módszertani kihívásai In: Döbrentei, B.; Horváth, G.; Horváth, B. (szerk.) XVI. Nemzetközi Közlekedéstudományi Konferencia: Komplexitás és sokszínűség a közlekedésben. (2026) pp. 697-709.
- [4] Hegyi, P., Koren, Cs.: Vasúti átjárók rálátási területeinek vizsgálata OSM adatok alapján. In: Döbrentei, B.; Horváth, G.; Horváth, B. (szerk.) XVI. Nemzetközi Közlekedéstudományi Konferencia: Komplexitás és sokszínűség a közlekedésben. (2026) pp. 766-773.
- [5] 20/1984. (XII. 21.) KM rendelet az utak forgalomszabályozásáról és a közúti jelzések elhelyezéséről
- [6] MAUT Magyar Út- és Vasútügyi Társaság UT 03.06.11 - Szintbeni közúti-vasúti átjárók kialakítása. Geometriai kialakítás, pályaszerkezet, víztelenítés, forgalomszabályozás, üzemeltetés. Budapest, 2005.
- [7] MAUT Magyar Út- és Vasútügyi Társaság „Szintbeni közúti-vasúti keresztezések” 33. sz. tervezési útmutató. Budapest, 2017.
- [8] Stojić, G., Milanović, J., Sremac, S., Bursać, V., Mrđenović, N. (2026). Regulatory Framework for Visibility Zones at Level Crossings. In: Stević, Ž., Prentkovskis, O., Kostadinović, M., Danilevičius, A. (eds) NEW HORIZONS of Transport and Communications 2025. TransportaCom 2025. Lecture Notes in Intelligent Transportation and Infrastructure. Springer, Cham. https://doi.org/10.1007/978-3-032-14078-4_12

- [9] L'upták, V, Stopkova, M., Jurkovic, M. Proposed Methodology for the Calculation of Overview Distances at Level Crossings and the Inclusion Thereof in National Standards Sustainability 2020, 12(14), 5684; <https://doi.org/10.3390/su12145684>
- [10] Kallberg, V.P., Ahtiainen, A. Determination of Sight Distance Requirements for Finnish Level Crossings. The Open Transportation Journal, 2011, 5, 71-79. benthamopen.com
- [11] Easa, S.M., Qu, X., Dabbour, E. Improved pedestrian sight-distance needs at railroad-highway grade crossings. Journal of transportation engineering, 2017 - ascelibrary.org
- [12] Kampczyk, A.: An Innovative Approach to Surveying the Geometry of Visibility Triangles at Railway Level Crossings. Sensors 2020, 20, 6623; doi:10.3390/s20226623
- [13] Naghdi, M, Lautala, P, Erfani, A.: Assessing visibility at highway-rail grade crossings using light detection and ranging (LiDAR) technology. Heliyon, 2024; 10 doi:10.1016/j.heliyon.2024.e40347
- [14] Dedík, M.; Mašek, J.; Gašparík, J.; L'upták, V. Assessment of the Perspective Ratios in Rail Crossings as an Important Evaluation Factor of Rail Crossings. Appl. Sci. 2022, 12, 7489. <https://doi.org/10.3390/app12157489>
- [15] Barić, D., Grabušić, S.: Designing a QGIS-based multimodal database for level crossing mapping: a Croatian case study. CETRA Road and Rail Infrastructure IX. (2026) ISBN:9789538168857 doi:10.5592/CO/CETRA.2026.1960
- [16] <https://www.openstreetmap.org/>

Személy sérüléssel járó mikromobilitási balesetek Magyarországon / Micromobility accidents involving personal injury in Hungary

Mészárosné Dr. Krizsik Nóra¹ – Dr. Pauer Gábor² – Berta Tamás³ –
Dr. Farkas Ramón⁴ – Dr. Kerekgyártó Csaba⁵ – Jeney Attila⁶ –
Zemlényiné Hortobágyi Katalin⁷ – Dr. Mocsári Tibor⁸ – Dr. Henézi Diána Sarolta⁹ –
Dr. Miletics Dániel¹⁰

^{1,2,3}Közlekedéstudományi és Építésügyi Minőségellenőrző Intézet

¹krizsik.nora@kti.hu

²pauer.gabor@kti.hu

³berta.tamas@kti.hu

^{4,5,6,7}Magyar Biztosítók Szövetsége

⁴ramon.farkas@mabisz.hu

⁵csaba.kerekgyarto@mabisz.hu

⁶attila.jeney@mabisz.hu

⁷katalin.hortobagyi@mabisz.hu

⁸Magyar Közút Nonprofit Zrt

⁸mocsari.tibor@kozut.hu

^{9,10}Széchenyi István Egyetem

⁹kdiana@sze.hu

¹⁰miletics.daniel@sze.hu

Kivonat: Kutatásunkban a mikromobilitási eszközökkel összefüggő személy sérüléssel járó közúti balesetek hazai jellemzőit vizsgáltuk a 2024–2025 közötti időszakban, valamint 2026 első öt hónapjában. Bemutatjuk a balesetek számának és súlyosságának alakulását, időbeli és területi eloszlását, az érintett eszközök és korcsoportok sajátosságait, a főbb baleseti okokat, valamint a baleseti góchelyek jellemzőit. Az eredmények növekvő baleseti érintettséget és jelentős területi koncentrációt mutatnak, különösen Budapesten. A különböző mikromobilitási eszközök és korcsoportok eltérő kockázati mintázatai is kirajzolódnak. A kutatás kitér a hivatalos baleseti adatgyűjtés korlátaira és a látencia problémájára, valamint a kiegészítő adatforrások bevonásának lehetőségére és biztosításpolitikai szempontokra. Az eredmények hozzájárulhatnak a veszélyes helyszínek azonosításához, a közlekedési infrastruktúra fejlesztéséhez, valamint a célzott közlekedésbiztonsági intézkedések megalapozásához.

Abstract: Our research examined the characteristics of person-injury road traffic accidents related to micromobility devices in Hungary during the period from 2024 to 2025, and in the first five months of 2026. We present trends in the number and severity of accidents, their temporal and spatial distribution, the characteristics of the devices and age groups involved, the main causes of accidents, and the characteristics of accident black spots. The results show an increasing incidence of accidents and significant spatial concentration, particularly in Budapest. Different risk patterns also emerge for various micromobility devices and age groups. The study discusses the limitations of official accident data and the issue of underreporting, as well as the potential for incorporating supplementary data sources and insurance related considerations. The results may help to identify hazardous locations, improve transportation infrastructure, and lay the groundwork for targeted traffic safety measures.

Kulcsszavak: mikromobilitás; közlekedésbiztonság; balesetelemzés; baleseti góckutatás; járműbiztosítás

Keywords: micromobility; traffic safety; accident analysis; accident black spot research; vehicle insurance

Bevezetés

A mikromobilitási eszközök - különösen az elektromos rásegítésű kerékpárok, az elektromos rollerek és az egyéb kis méretű motoros közlekedési eszközök - az elmúlt években a városi közlekedés jelentős szereplőivé váltak, mivel rugalmas alternatívát kínálnak a rövid távú közlekedési igények kielégítésére [1, 2]. Használatuk gyors növekedésével párhuzamosan azonban világszerte emelkedett az ezekhez kapcsolódó közúti balesetek és sérülések száma, ami a közlekedésbiztonsági kutatások egyik kiemelt témájává tette a mikromobilitást [3]. Hazánkban egy a budapesti adatokkal végzett, 2011-2023 közötti vizsgálat alapján a mikromobilitási forgalom hosszabb távon növekvő tendenciát mutatott, miközben a mikromobilitási közlekedőket érintő balesetek száma ennél meredekebben emelkedett [4].

A mikromobilitási eszközöket érintő közúti balesetek több sajátos jellemzővel rendelkeznek. Használóik - a gyalogosokhoz és kerékpárosokhoz hasonlóan - kiemelten sérülékeny közlekedőnek minősülnek. Az elektromos hajtásból eredő magas haladási sebesség, a járművek kis mérete, eltérő menetdinamikai tulajdonságai és a passzív biztonsági védelem hiánya következtében a balesetek sajátos sérülési mintázatokat és kockázati tényezőket mutatnak [5, 6]. A nemzetközi kutatások szerint a mikromobilitási balesetekre jellemző az egyjárműves esemény és az elesésből eredő sérülések magas aránya, valamint a fej- és felsővégtagok sérüléseinek gyakori előfordulása. A balesetek kialakulásában meghatározó szerepet játszhatnak az infrastruktúra hiányosságai, a közlekedők közötti konfliktusok, a nem megfelelő sebesség megválasztása, a szabályszegés és az alkoholos befolyásoltság is [7].

A mikromobilitási eszközöket érintő közúti balesetek elemzésében kihívást jelent a magas látencia, vagyis a hivatalos baleseti statisztikákban nem szereplő esetek nagy száma. Korábbi vizsgálatok alapján a rendőrségi adatbázisok elsősorban a súlyos sérüléssel vagy más jármű érintettségével járó baleseteket tartalmazzák, miközben az egyjárműves események, az elesések és a könnyű sérülések jelentős része nem kerül be a hivatalos nyilvántartásokba [8]. Ennek következtében a mikromobilitási eszközökkel összefüggő balesetek tényleges száma a legtöbb országban feltehetően lényegesen magasabb a rendőrségi statisztikákban szereplő értékeknél [9]. Egyes vizsgálatok szerint az egészségügyi, rendőrségi és biztosítói adatok együttes alkalmazása szükséges a balesetek valós előfordulásának és következményeinek megbízhatóbb feltárásához [10-14].

A mikromobilitási eszközökhöz kapcsolódó balesetek számának növekedésére számos ország és város közlekedésbiztonsági intézkedésekkel reagált. Ezek elsősorban a használati szabályok egységesítésére, a járművek műszaki követelményeinek meghatározására, a megengedett sebesség korlátozására, valamint a biztonságos közlekedési infrastruktúra kialakítására irányultak [15]. Több európai országban bevezették vagy javasolták a kötelező sisakhasználatot, a használatához elvárt minimális életkor meghatározását, a maximális sebesség korlátozását, az utasszállítás tiltását, valamint az alkohol vagy kábítószer hatása alatti használat szankcionálását [16]. A hatékony balesetmegelőzés ugyanakkor összehangolt megközelítést igényel, amely a szabályozás, az infrastruktúra, a járművek, a használók oktatása és az ellenőrzés együttes fejlesztésére épül [17, 18].

Kutatásunk célja a mikromobilitási eszközök érintettségével 2024-ben és 2025-ben bekövetkezett hazai személy sérüléssel járó közúti balesetek jellemzőinek átfogó feltárása. Az elemzés során mikromobilitási eszköz gyűjtőnéven az elektromos rásegítésű kerékpárok, a kis és nagy teljesítményű motoros rollerek, illetve az egyéb, jellemzően gyaloglást segítő, kisméretű motoros eszközök (pl. hoverboard, segway) együttesére hivatkozunk. Az adatelemzés fókuszát ezen közlekedési eszközök képezik, ugyanakkor az összevetések során kitérünk a hagyományos kerékpárok, továbbá a segédmotoros- és motorkerékpárok részvételével történt balesetekre is. A kis és nagy teljesítményű rollerek megkülönböztetése az ORFK által a közúti baleseti statisztikai adatgyűjtés céljából alkalmazott definíció szerint történt, amelynek alapján kis teljesítményű minden olyan motoros roller, amelynek tömege legfeljebb 35 kg, meghajtó motorjának névleges teljesítménye legfeljebb 1000 W, és sík úton, önerőből 25 km/óra sebességnél gyorsabban haladni nem képes; nagy teljesítményű pedig minden, ennek nem megfelelő motoros roller.

A kutatás a mikromobilitási balesetek számát, súlyosságát, időbeli és területi eloszlását, főbb típusait és okait, valamint a résztvevők és a baleseti helyszínek jellemzőit vizsgálja. Külön figyelmet fordít a hivatalos baleseti adatgyűjtés korlátaira és a látenciára, továbbá a biztosítási és egyéb adatforrások bevonásának lehetőségére. A Közlekedéstudományi és Építésügyi Minőségellenőrző Intézet (KTI), a Magyar Biztosítók Szövetsége (MABISZ), a Magyar Közút Nonprofit Zrt. (MK), és a Széchenyi István Egyetem (SZE) együttműködése révén a kutatás célja átfogó képet adni a hazai mikromobilitási

balesetekről, és megalapozni a balesetmegelőzési, infrastruktúra-fejlesztési, szabályozási és kommunikációs javaslatokat.

1. A mikromobilitási balesetek hazai adatforrásai és nyilvántartási korlátai

1.1 Személy sérüléses baleseti adatok

A Magyarországon történt személy sérüléses közúti balesetek adatait a rendőrség rögzíti, részletesen dokumentálva a baleset körülményeit és a résztvevők adatait. Az elektronikus rendszerben rögzített adatok a rendőrség központi adatbázisában kerülnek tárolásra. A 133/2022. (IV.7.) Korm. rendelet 9. §-a alapján 2023. év eleje óta a Központi Statisztikai Hivatal (KSH) javításait tartalmazó kumulált személy sérüléses közúti baleseti adatállományt az MK is megkapja közvetlenül a rendőrségtől. Az MK és a rendőrség (ORFK) közötti Együttműködési Megállapodás értelmében az adatszolgáltatás havi rendszerességgel (a tárgyhót követő 40 napon belüli). Az adatok tárolására és elemzésére a 2011. decembere óta működő, webalapú Web-Bal rendszer szolgál, amely a balesetek körülményeire, a résztvevő járművekre, valamint a sérült és részes személyekre vonatkozó anonim adatokat tartalmazza (1. ábra), és lehetőséget biztosít egyedi lekérdezések, illetve kimutatások készítésére.

A Web-Bal 2002-től tartalmaz személyazonosításra nem alkalmas személy sérüléses baleseti adatokat. A balesetek helyazonosítását az adatbázis mellett működő Országos Közúti Adatbank (OKA) topológiája segíti. Az adatok a rendőrségi baleseti helyszínelők által, a KSH statisztikai adatgyűjtéséhez rendszeresített adatlapon rögzített információk alapján kerülnek az adatbázisba. A rendszer teljes tartalmára egységes szűrési feltételek adhatók meg, és keresztábrás lekérdezések is készíthetők. A személy sérüléses baleseti adatbázis havi rendszerességgel érkezik az ORFK-tól, programba töltése 1-2 havonta történik meg. Az OKA állomány negyedéves záró állományokkal frissül, az alábbi 3 adattípussal: útszakasz adatok, forgalmi (OKKF) adatok, útszelvény azonosítópontok.

WEB-BAL baleseti adatlap

2026.04.23. 09:56

Baleseti adatlap azonosítója: 20020100478				
Vármegye:	Baranya	Baleset ideje:	2020.01.01 00:00 (szerda)	
Város, község neve:	Pécs (lakott területen kívül)	GPS	46°07'51,09 / 18°15'07,89	
1. közút száma:	66	1. közút szelvénye:	5+320	1. közút kategóriája:
1. utca neve:		1. utca házszám:		
Keresztező közút száma:		Keresztező közút szelvénye:		Keresztező közút kategóriája:
Keresztező utca neve:				
	Meghaltak száma	Súlyosan sérültek száma	Könnyen sérültek száma	Baleset kimenetele
48 óra múlva	0	1	0	súlyos sérüléses
30 nap múlva	0	1	0	súlyos sérüléses
Baleset típusa:	[106] Utolérési baleset két vagy több résztvevővel, az egyik megállt			
Típuscsoportja:	[100] azonos irányba haladó járművek összeütközése			
Előidéző ok:	[150] követési távolság be nem tartása			
Előidéző okcsoport:	[15] haladás és bekanyarodás szabályainak megszegése			
Természete:	[12] azonos irányba haladó járművek összeütközése			
Időjárási viszonyok:	borult	Látási viszonyok:	nappali, természetes fény	
Baleset helye:	lakott területen kívül	Az útvonal típusa:	gépjárműforgalmi út	
Sebességkorlátozás:	90	Sebességkorlát (k. út):		
Út alakzata:	egyenes útvonal	Útkereszteződés típusa:	nem útkereszteződés, vagy ismeretlen	
Forgalomirányítás:	nem útkereszteződés, vagy ismeretlen	Útvonal forgalmi jellege:	kétirányú osztatlan	
Azonos irányú sávok:	egy	Forgalmi sávok jelzése:	útburkolati jellel	
Út lejtviszonyai:	lejtő	Burkolat állapota:	hibátlan	
Úttest felületének áll.:	normál (száraz) állapotú úttest	Kábitószeres befoly.:		
Alkoholos befoly.:	nem fogyasztott alkoholt			
A résztvevő jármű sorszáma: 2				
Jármű fajtája:	személygépkocsi	Gyártási éve:		
A jármű gyártmánya:	BMW	Veszélyes áru kódja:		
Telephelye (ország, vagy vármegye):	K/N(02)	Haladási irány (szelv./szám.)	ellentétes	
Jármű mozgása:	haladó	Helyszín elhagyása:	nem volt	
Az első ütközés tárgya:	nincs			
A résztvevő jármű sorszáma: 1				
Jármű fajtája:	motorkerékpár	Gyártási éve:		
A jármű gyártmánya:	Egyéb	Veszélyes áru kódja:		
Telephelye (ország, vagy vármegye):	K/N(02)	Haladási irány (szelv./szám.)	ellentétes	
Jármű mozgása:	haladó	Helyszín elhagyása:	nem volt	
Az első ütközés tárgya:	nincs			
Résztvevő személy sorszáma/Jármű azonosítója: 1 / 1				
Életkora:	44	Neme:	férfi	
Állampolgársága:	Magyarország	Forgalomban szerepe:	járművezető	
Biztonsági eszközök:	bukósisakot használta	Légzsák:		
Járművezetői engedély:	rendelkezett	Jogosítvány megléte/dátuma:	volt jogosítvány / 199307	
Alkoholos befoly.:	nem fogyasztott alkoholt	Drog teszt:	pozitív	
Gyalogos helyzete:	nem gyalogos	Kerékpáros közlekedése:	ismeretlen, vagy nem kerékpáros	
Sérülés kimenete helysz.:	súlyosan sérült	Sérülés kimenetele (30 nap):	súlyosan sérült	
Kórházi ápolás:	kórházba szállították	A sérült szerepe:	okozója	

1. ábra: WEB-BAL baleseti adatlap - példa



2. ábra: Példa a GPS koordináta és útszám-szelvényszám különbségére

Az országos közúton történt személy sérüléses balesetek helyazonosítóinak ellenőrzését és javítását (2. ábra) 2016. január 1-től az MK vármegyei igazgatóságai végzik (a 2025-ben történt 14.577 baleseti rekord 10.848 mezője hibásnak bizonyult). Erre a Web-Bal adatellenőrző modulja több ellenőrző algoritmust kínál:

- Hiányzó útszám (lakott területen);
- Hiányzó útszám (lakott területen kívül);
- Megadott és OKA szerinti GPS pozíció eltér ($> 100\text{m}$);
- Adatlapon megadott és GPS alapján számított pálya eltér;
- Önkormányzati útszám (94000), de GPS pozíció szerint országos közút ($< 50\text{ m}$);
- 48 óra múlva halálos baleset 30 nap múlva csak sérüléses;
- 48 óra múlva súlyos sérüléses baleset 30 nap múlva csak könnyű sérüléses;
- Magános baleset több résztvevővel;
- 94000-es útszám lakott területen kívül;
- Út alakzata „kereszteződés”, de hiányzik a keresztező közút száma.

2024. január 1-jétől átfogóan megújult a személyi sérüléses közúti balesetek adatainak gyűjtési és kódolási rendszere. A változások célja a közlekedési környezet és a jogszabályi változások követése, vagyis az adatgyűjtés „élethez igazítása” volt. Ennek részeként több adatmező értékkészlete pontosításra, módosításra vagy kiegészítésre került. A teljesség igénye nélkül kiemelt példák közt említhető az „útvonal típusa” mező kapcsán az „egyéb hely” opció pontosítása „egyéb hely (parkoló, járda)” megnevezésre; az „út alakzata” mező „egyéb” opciójának „egyéb, vagy nem úttest”-re bővítése; illetve a „jármű mozgása” mező esetén a „hátramenő” opció „tolató” megnevezésre módosítása.

A megújított adatkódolási rendszerben a baleseti résztvevők kapcsán rögzíthető adatok körében is történtek módosítások. Itt fontos megjegyezni, hogy „Résztevő”-n a baleseti adatkódolás szerint a balesetben érintett járműveket kell érteni, a konkrétan érintett személyek adatai nem a résztvevők, hanem a „sérültek” táblában találhatók. Alapvető módosításként bővültek a résztvevők esetén a „jármű fajtája” mezőben megadható opciók, az alábbiak szerint:

- a „különleges gépkocsi” helyett megjelent a „megkülönböztető jelzést használó jármű”;
- bevezetésre került az „iskolabusz”, a „mezőgazdasági vontató”, a „lassú jármű” és a „pótkocsi”;
- a „kerékpár” kategóriát felváltotta a „kerékpár, emberi erővel hajtott” és az „elektromos rásegítésű kerékpár”;
- megjelent a „kis teljesítményű motoros roller” és „nagy teljesítményű motoros roller” opció (a korábban említett, ORFK által a közúti baleseti statisztikai adatgyűjtés céljából alkalmazott definíciók szerint);
- megszűnt a „gyalogos”, „utas” és „állat” opció.

Több változás történt a „Sérültek” adattáblában rögzítendő, a balesetben résztvevő személyekkel kapcsolatos adatokban. A legfontosabb a „motoros közlekedési eszközzel közlekedő gyalogosok” megkülönböztetése: korábban az ilyen eszközzel közlekedőket is csak gyalogosként lehetett azonosítani az adatbázisban, 2024. január 1-től kezdődően a „forgalomban betöltött szerepe” mező értékkészletének bővülése miatt külön rögzíthetővé váltak azon gyalogosok, akik egyéb motoros közlekedési eszközzel (pl. e-egykerekű/monowheel, e-gördeszka, hoverboard, segway) közlekedtek a baleset során

1.2 Biztosításszakmai megfontolások

A mikromobilitási eszközök használatának gyors terjedésével párhuzamosan egyre nagyobb figyelem irányult az általuk okozott közlekedési kockázatok kezelésére és a károsultak megfelelő védelmének biztosítására is. Az Európai Unió ennek érdekében módosította a gépjármű-felelősségbiztosításról szóló irányelvet [19], amely egyértelműbb kereteket teremtett a nagyobb teljesítményű mikromobilitási eszközök biztosítási kötelezettségének meghatározására. A szabályozás alapvető célja, hogy a közúti közlekedés során bekövetkező káresemények esetén a sértettek számára biztosított legyen a megfelelő kártérítési fedezet függetlenül attól, hogy a károkozás hagyományos gépjárművel vagy új típusú mikromobilitási eszközzel történt.

A kötelező gépjármű-felelősségbiztosítás elsődleges rendeltetése, hogy fedezetet nyújtson a jármű használata során harmadik személyeknek okozott károk megtérítésére. A biztosítás kiterjedhet a személyi sérülésekből eredő kártérítési igényekre, valamint a vagyoni és dologi károk megtérítésére is. Érvényes biztosítás hiányában a károkozó jelentős anyagi felelősséggel szembesülhet, emellett fedezetlenségi helyzet és egyéb jogkövetkezmények is felmerülhetnek. A magyarországi gépjárműállományt tekintve a biztosítási kötelezettség ellenére biztosítatlan járművek aránya nemzetközi összehasonlításban is kedvező, hosszú évekre visszatekintve is 2% alatti [20]. Az új járműkategóriák megjelenése változtatott a helyzeten, azonban arra vonatkozóan egyelőre nem rendelkezünk pontos adattal, hogy mekkora a biztosítatlan mikromobilitási eszközök aránya – s arról sem, hogy hány ilyen eszköz van használatban hazánkban.

A magyar jogszabályi környezet az uniós előírásoknak megfelelően meghatározza azon mikromobilitási eszközök körét, amelyek esetében az üzemben tartó felelőssége az érvényes kötelező gépjármű-felelősségbiztosítási (KGFB) szerződés megkötése és hatályában való folyamatos fenntartása. A mikromobilitási eszközök vonatkozásában a biztosítási kötelezettség elsősorban az adott jármű maximális tervezési sebességéhez és teljesítményéhez kapcsolódik, így nem valamennyi elektromos roller vagy egyéb mikromobilitási eszköz tartozik azonos szabályozás alá. KGFB-kötelesnek minősülnek azok a járművek, amelyek legfeljebb 25 kg tömegűek és tervezési sebességük meghaladja a 25 km/h-t, illetve azok, amelyek tömege 25 kg feletti és tervezési sebességük meghaladja a 14 km/h-t [21]. Látható tehát, hogy jelenleg eltérés van hazánkban az uniós jogszabály alapján biztosítási kötelezettség alá tartozó mikromobilitási eszközök kategóriáinak meghatározása és az ORFK által a közúti baleseti statisztikai adatgyűjtés céljából alkalmazott, a bevezetőben említett definíciók között. Megjegyzendő, hogy a felhasználók, üzemben tartók számára sok esetben problémát jelent a maximális tervezési sebességre vonatkozó információ hiánya, s ennél fogva annak megítélése, hogy kötelesek-e biztosítást kötni az adott járműre. A tájékoztatatlanság, információhiány okozta biztosítatlanság potenciálisan növeli a baleseti látenciát is.

Érdemes megjegyezni, hogy a hazánkban is elérhető lakás- és vagyonbiztosítási szerződéseknek is jellemzően részét képezi olyan felelősségbiztosítási fedezet, amelyben a biztosító kockázatviselése kiterjed a mikromobilitási eszközökkel okozott károk megtérítésére is.

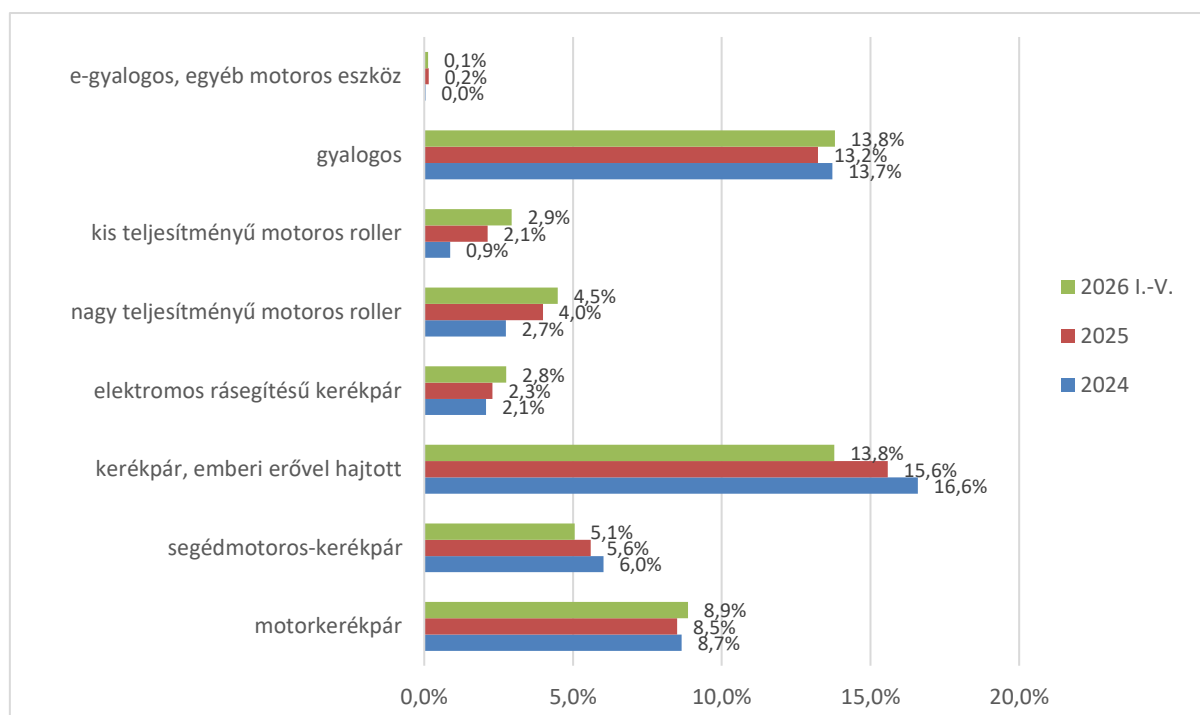
Biztosításszakmai szempontból ezen a ponton kiemelendők a biztosíthatóság szempontjai. Ahhoz, hogy egy adott kockázat biztosítható legyen, minimálisan a következő feltételeknek fenn kell állniuk: kellően nagy számú, azonos vagy hasonló kockázatoknak kitett személyek/vagyontárgyak köre, az események jövőbelisége, véletlenszerűsége (a felek szándékától való függetlensége) és a károk valószínűségének és várható nagyságának kalkulálhatósága [22]. Utóbbi szempontból a mikromobilitási eszközök kapcsán az elérhető, optimális közeli állapothoz képest jelentős a bizonytalanság, amit a közúti közlekedési szabályok ezen eszközökre vonatkozó rendelkezéseinek hiányossága (mikromobilitási eszközök használatának pontosabb szabályai), a biztosítási kötelezettségre vonatkozó megbízható és elérhető információk hiánya és ezen eszközök számának növekvő mértéke is táplál.

Ezek figyelembevételével szükséges értékelni a Rendőrségtől származó és a Központi Statisztikai Hivatal által közzétett adatokat a személyi sérüléssel járó közúti balesetek számáról és jellemzőiről, amelyek a jelen tanulmány tárgyát képezik és amelyről a következő fejezetben lesz szó.

2. Mikromobilitási eszközök érintettségével történt személy sérüléses balesetek elemzése

2.1 A 2024-2026. évek baleseti jellemzőinek részletes elemzése

A 2024. január 1. és 2026. május 31. között bekövetkezett személy sérüléses közúti balesetek közül 790 esetben volt érintett elektromos kerékpár, 1229 esetben nagy teljesítményű motoros roller, 599 esetben kis teljesítményű motoros roller, míg 36 esetben egyéb motoros mikromobilitási eszköz. Az egyéb motoros eszközök kivételével e járműkategóriák érintettségével történt balesetek részaránya a vizsgált időszakban folyamatos emelkedést mutatott. Míg 2024-ben az összes személy sérüléses közúti baleset 5,7%-ában volt érintett valamely mikromobilitási eszköz, addig 2026 első öt hónapjában ez az arány már megközelítette a 10,2%-ot. Ezzel párhuzamosan a hagyományos kerékpárok és a segédmotoros kerékpárok érintettségével történt személy sérüléses balesetek részaránya enyhén csökkent (3. ábra). A két tendencia alapján valószínűsíthető, hogy a mikromobilitási eszközök térnyerése részben a hagyományos kerékpárok és a segédmotoros kerékpárok használatának visszaszorulásával jár együtt, amely a baleseti statisztikákban is megfigyelhető.



3. ábra: Különböző közlekedési eszközök érintettségével történt személy sérüléses balesetek aránya az összes baleseten belül (2024-2025 és 2026. I-V.)

A baleseti részarányok növekedése mögött a sérültek számának növekedése is megfigyelhető. A mikromobilitási eszközök használói körében a balesetek sérültjeinek abszolút száma 2024 és 2025 között jelentősen emelkedett: 2024-ben 784 fő, 2025-ben pedig már 1174 fő sérült meg ezen eszközökön, miközben 2026 első öt hónapjában 543 sérültet regisztráltak, ami további növekedést vetít előre (2024. és 2025. első öt hónapjában a sérültek száma 244, illetve 341 fő volt).

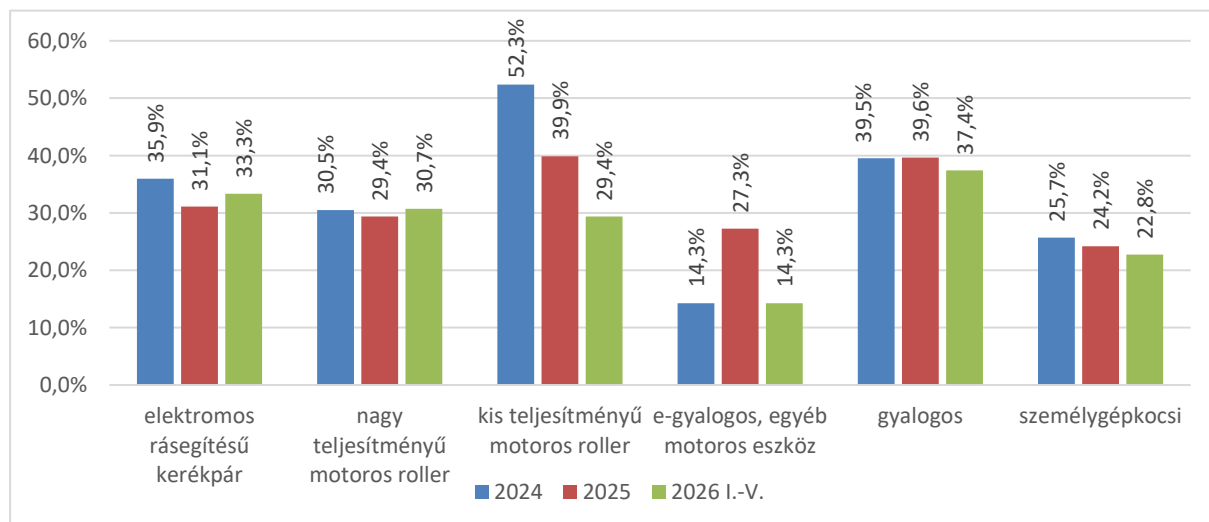
A vizsgált közlekedési eszközök baleseti érintettségében nemcsak időbeli változások, hanem az „okozó” és „részes” szerep között is jellegzetes különbségek figyelhetők meg (1. táblázat). A hagyományos kerékpárok esetében az „okozóként” és „részesként” történő érintettség aránya közel azonos, és mindkét mutató enyhén csökkent a vizsgált időszakban. A motoros rollereknél ezzel szemben az okozói érintettség következetesen meghaladja a részesi érintettséget. A különbség különösen a nagy teljesítményű motoros rollerek esetében jelentős, ahol az okozói arány a vizsgált időszakban 1,9%-ról 3,2%-ra emelkedett, miközben a részesi arány lényegesen kisebb mértékben, 0,8%-ról 1,3%-ra nőtt. Hasonló, bár kisebb mértékű eltérés figyelhető meg a kis teljesítményű motoros rollereknél is. A gyalogosok esetében ezzel ellentétes mintázat rajzolódik ki: részesi érintettségük tartósan 9% feletti, míg okozói érintettségük 4% körül alakul. Az eredmények alapján tehát az egyes közlekedési módok között nemcsak az érintettség mértékében, hanem a balesetekben betöltött szerep tekintetében is

markáns különbségek figyelhetők meg: a motoros rolleren közlekedők körében a többi védtelen közlekedői csoporthoz képest jóval inkább jellemző az okozói szerepben történő baleseti érintettség.

1. táblázat: Különböző közlekedési eszközök érintettségével történt személy sérüléssel járó balesetek aránya a balesetekben betöltött szerep alapján (2024-2025 és 2026. I-V.)

közlekedő szerepe eszköz	2024		2025		2026 I.-V.	
	okozó	részes	okozó	részes	okozó	részes
motorkerékpár	4,1%	4,5%	4,2%	4,3%	4,4%	4,5%
segédmotoros-kerékpár	3,4%	2,6%	3,0%	2,6%	2,7%	2,3%
kerékpár, emberi erővel hajtott	8,4%	8,2%	7,9%	7,7%	7,0%	6,8%
elektromos rásegítésű kerékpár	0,9%	1,2%	1,0%	1,3%	1,2%	1,5%
nagy teljesítményű motoros roller	1,9%	0,8%	2,8%	1,2%	3,2%	1,3%
kis teljesítményű motoros roller	0,6%	0,3%	1,5%	0,6%	2,0%	1,0%
gyalogos	3,9%	9,8%	4,0%	9,2%	4,1%	9,7%
e-gyalogos, egyéb motoros eszköz	0,0%	0,0%	0,0%	0,2%	0,0%	0,1%

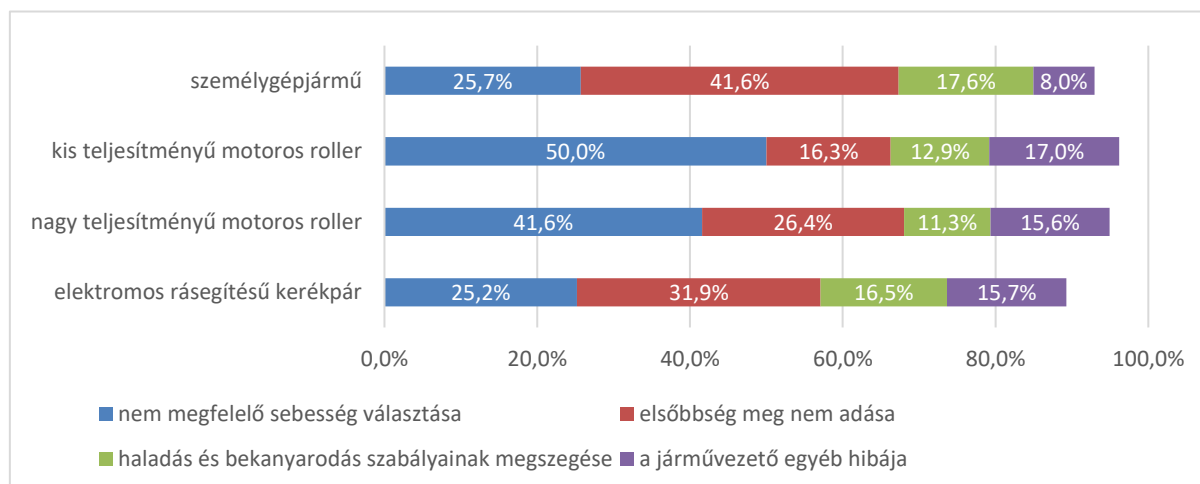
Az egyes járműkategóriák részvételével történt balesetek kimenetelének összevetése (4. ábra) alapján 2024-ben a kis teljesítményű motoros rollerek érintettségével történt balesetek körében volt a legmagasabb a halálos vagy súlyos sérüléssel végződő esetek aránya (52,3%). Ez az érték ugyanakkor 2025-ben 39,9%-ra, 2026 első öt hónapjában pedig 29,4%-ra csökkent, így a 2024. évi kiugró érték alapján hosszabb távú tendencia egyelőre nem állapítható meg. A gyalogosok érintettségével történt balesetek mindhárom vizsgált időszakban tartósan magas, 37-40% körüli súlyos vagy halálos kimeneteli arányt mutattak, és összességében ezek tekinthetők a legkedvezőtlenebb kimenetelűnek. Az elektromos rásegítésű kerékpárok és a nagy teljesítményű motoros rollerek esetében az értékek 30% körül alakultak, és szintén meghaladták a személygépkocsik érintettségével történt baleseteknél tapasztalt arányokat. Az összehasonlítás így alapvetően visszatükrözi a védtelen közlekedők fokozott sérülékenységet. Az e-gyalogosok és egyéb motoros eszközök kategóriájának alacsony esetszáma miatt az itt tapasztalt arányokból érdemi tendencia nem állapítható meg.



4. ábra: Halálos vagy súlyos sérüléssel végződő balesetek aránya az egyes közlekedési eszközök érintettségével történt balesetekben (2024-2025 és 2026. I-V.)

A vizsgált időszakban a mikromobilitási eszközök használói által okozott személy sérüléssel járó balesetek mintegy 90%-a négy fő baleseti okcsoportra vezethető vissza (5. ábra). Az egyes járműkategóriák között ugyanakkor jelentős eltérések figyelhetők meg a baleseti okok megoszlásában. A motoros rollerek esetében egyértelműen a nem megfelelő sebesség megválasztása dominál: ez a kis teljesítményű motoros rollerek által okozott balesetek 50%-ában, a nagy teljesítményű motoros rollereknél pedig 41,6%-ában jelent meg. Ezzel szemben az elektromos rásegítésű kerékpárok esetében az elsőbbség meg nem adása volt a leggyakoribb baleseti ok (31,9%), míg a nem megfelelő sebesség megválasztásának részaránya 25,2% volt. A személygépjárművek által okozott baleseteknél szintén az elsőbbség meg nem

adása dominált (41,6%). Az eredmények alapján tehát a motoros rollerek által okozott balesetek okstruktúrája eltér a másik két vizsgált közlekedési módtól, elsősorban a sebesség nem megfelelő megválasztásának lényegesen nagyobb szerepe miatt.



5. ábra: Különböző közlekedési eszközök által okozott személy sérüléses balesetek fő okcsoportjai (2024-2025 és 2026. I-V. összesített adatai alapján)

A balesetek napszak szerinti megoszlása alapján a mikromobilitási eszközöket érintő balesetek két jellegzetes időszakban koncentráálódtak. Az első csúcs valamennyi vizsgált járműkategória esetében a reggeli közlekedési csúcsideszakban, 7 és 8 óra között jelentkezett. Ezt követően egy elhúzódó, magas baleseti gyakoriságú időszak figyelhető meg, amelynek időtartama járműkategóriánként eltérő. Az elektromos rásegítésű kerékpárokat érintő balesetek esetében ez a periódus 9 és 19 óra között, a nagy teljesítményű motoros rollereknél 13 és 20 óra között, míg a kis teljesítményű motoros rollereknél 14 és 19 óra között figyelhető meg. Az e-gyalogosokat érintő balesetek esetében 14 és 18 óra között jelentkezett kiemelkedő érték. Ezen időszakokban minden órában a balesetek részaránya meghaladta a reggeli csúcsideszakban tapasztalt értéket. A legnagyobb baleseti koncentráció 15 és 16 óra között figyelhető meg, amikor a mikromobilitási eszközöket érintő napi balesetek 8,2%-a következett be.

Korcsoportos vizsgálataink során a különböző mikromobilitási eszközökön sérültek életkorok szerinti eloszlását elemeztük (2. táblázat). A korcsoportokat az Élet Úton program definíciói szerint határoztuk le, az utolsó korcsoport felső határát 92 évben határoztuk meg, igazodva a vizsgált adatbázisban rögzített legidősebb sérült életkorához. A táblázat az egyes korcsoportokon belül az egy életkori évre jutó sérültek számát mutatja, így lehetővé teszi az eltérő szélességű korcsoportok összehasonlítását. A számítás során a korcsoportokban történt sérüléseket osztottuk a korcsoportok intervallumának méretével. Az eredmények alapján az elektromos rásegítésű kerékpárok esetében elsősorban a felnőtt és idősebb korosztály érintettsége jellemző, míg a motoros rollereknél egyértelműen a 11–18 éves korcsoport érintettsége dominál. Különösen magas érték figyelhető meg a 15–18 évesek körében a nagy teljesítményű (65,0 sérült/életkor) és a kis teljesítményű motoros rollerek (42,5 sérült/életkor) esetében.

2. táblázat: Az egy életkori évre jutó sérültek száma korcsoportonként és mikromobilitási eszköztípusonként (2024-2025 és 2026. I-V.) [sérült/életkor]

	0-5	6-10	11-14	15-18	19-29	30-64	65-92
elektromos rásegítésű kerékpár	0,5	1,0	1,3	4,3	8,7	9,9	9,5
nagy teljesítményű motoros roller	0,0	3,0	28,3	65,0	26,8	11,4	1,4
kis teljesítményű motoros roller	0,0	0,8	18,3	42,5	12,0	5,7	0,4
e-gyalogos, egyéb motoros eszköz	0,0	0,0	0,5	0,8	0,5	0,3	0,4

A korcsoportos vizsgálatot a baleseti okozók esetében is elvégeztük (3. táblázat). Az eredmények alapján az elektromos rásegítésű kerékpárral okozott balesetknél a 19–29 éves (5,1), valamint a 30–64 éves (4,6) korcsoport érintettsége a legmagasabb, azaz ezekben a korosztályokban a leggyakoribb az elektromos kerékpárral történő balesetokozás. A motoros rollereknél kiemelkedik a 15–18 éves korosztály, ahol a nagy teljesítményű rollerek esetében 45,8, a kis teljesítményű rollereknél pedig 29,0

okozott baleset jut egy életkori évre. Az eredmények alapján tehát nemcsak a sérültek, hanem a baleseti okozók körében is meghatározó a fiatalabb korosztályok érintettsége.

3. táblázat: Az egy életkori évre jutó okozott balesetek száma korcsoportonként és mikromobilitási eszköztípusonként (2024-2025 és 2026. I-V.) [baleset/életkor]

	0-5	6-10	11-14	15-18	19-29	30-64	65-92
elektromos ráségítésű kerékpár	0,2	0,0	0,8	2,0	5,1	4,6	3,7
nagy teljesítményű motoros roller	0,0	1,6	18,5	45,8	22,5	7,8	0,9
kis teljesítményű motoros roller	0,0	0,4	11,5	29,0	8,2	4,1	0,3
e-gyalogos, egyéb motoros eszköz	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0

2.2 A balesetsűrűsödési helyszínek jellemzőinek elemzése

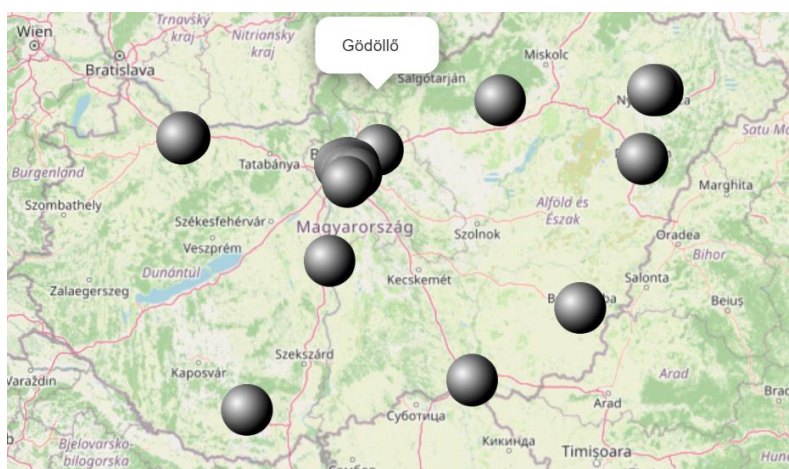
A Magyar Közút NZrt. kezelésében lévő országos közúthálózaton a közút szakemberei kiemelten vizsgálják a baleseti góccokat, különösen az azonos okra visszavezethető baleseteket. Az elemzéseket legalább 3 teljes év személysérüléses baleseti adatai alapján végzik a GPS- koordináták alapján. A GPS alapú vizsgálat előnye, hogy a csomóponti góchely meghatározása valamennyi (országos közúti, önkormányzati, egyéb kezelésű) ágon történt balesetek figyelembevételével történik. A vizsgálat során legalább 6 személysérüléses baleset szükséges a góchely kijelöléséhez.

A mikromobilitási eszközökkel közlekedők személysérüléses baleseteit 2024. január 1. óta rögzíti a Rendőrség, ezért a góckutatási időszakot 2024-2025 és 2026. I-VI. hónapjaira korlátoztuk. A góckeresési paramétereket az országos elemzés alapján választottuk ki:

- Minimális balesetszám = 5 baleset
- Minimális számított terület = 50 m²
- Baleset súlyozó tényezők: Halálos baleset=5, Súlyos sérüléses baleset=3, Könnyű sérüléses baleset=1.
- Jármű fajtája = „kerékpár, emberi erővel hajtott”, „elektromos ráségítésű kerékpár”, „kis teljesítményű motoros roller”, „nagy teljesítményű motoros roller”, „segédmotoros kerékpár”

Lakott területen kívül a bővítési távolság (ϵ) = 150 m, a minimális súlyozott balesetsűrűség = 0,001 súlyozott baleset/m² volt, míg lakott területen kívül a bővítési távolság (ϵ) = 70 m, a minimális súlyozott balesetsűrűség = 0,01 súlyozott baleset/m² volt.

Lakott területen kívül a fenti paraméterekkel 832 balesetben 899 személy sérült meg a vizsgált időszakban, azonban balesetsűrűsödési helyet nem talált az algoritmus. Lakott területen 9496 baleset történt, amelyben 9883 személy sérült meg a vizsgált időszakban, és 62 balesetsűrűsödési helyet talált az algoritmus. E helyszínek többsége (50) budapesti, 12 pedig nagyvárosokban (Győr, Eger, Nyíregyháza, Pécs, Szeged, Debrecen, Békéscsaba, Dunaújváros, Gödöllő) található (6. ábra).



6. ábra: Mikromobilitási eszközökhöz kapcsolódó belterületi balesetsűrűsödési helyek (2024-2025 és 2026. I-VI. összesített adatai alapján)

A súlyozott baleseti szám alapján sorba rendezett első 9 góchelyet – amelyek súlyozott baleseti száma nagyobb, mint 12 – a 4. táblázat tartalmazza. A góclista első 3 helyén álló helyszín, illetve a 8. helyezett – különleges – góchely baleseti adatait részletesebben is elemeztük.

4. táblázat: A súlyozott baleseti szám alapján sorba rendezett első 9 góchely

#	Balesetsűrűsödési helyek	Halálos baleset	Súlyos sérüléses baleset	Könnyű sérüléses baleset	Súlyozott baleseti szám	Terület baleseti sűrűség
1	Budapest, Nyugati tér	0	3	9	18	0,0176
2	Budapest, Szabadság híd, Budai hídfő	0	5	2	17	0,0204
3	Budapest, Erzsébet krt. – Dob utca	0	3	8	17	0,0166
4	Budapest, Erzsébet krt. – Dohány utca	0	2	8	14	0,0182
5	Győr, Ipar utca – Kartács utca	0	3	5	14	0,0146
6	Budapest, Hungária krt. – Thököly út	0	2	8	14	0,28
7	Budapest, Könyves Kálmán krt. – Üllői út	0	3	4	13	0,0177
8	Budapest, Margitsziget, Palatinus strand	0	3	4	13	0,26
9	Budapest, Móricz Zsigmond körtér – Váli u.	0	3	4	13	0,26

A lista első helyén a Budapest, Nyugati tér szerepelt (7. ábra), amely nemcsak a súlyozott balesetszám, hanem a balesetek száma alapján is a legveszélyesebb helyszínnek bizonyult. A balesetekben 7 emberi erővel hajtott kerékpár, 2 segédmotoros kerékpár, 2 nagy teljesítményű motoros roller és 1 elektromos rásegítésű kerékpár vett részt. A balesetek többsége (10) gépjárműforgalmi úton, mindössze 2 gyalogúton vagy kerékpárúton történt. A gócpont kialakulásához hozzájárulhatott a jelentős gyalogos-, kerékpáros-, mikromobilitási és gépjárműforgalom, valamint az ezek találkozásából adódó konfliktushelyzetek nagy száma.



7. ábra: Budapest, Nyugati tér – 1. góchely



8. ábra: Budapest, Szabadság híd, Budai hídfő – 2. góchely

A lista második helyén Budapest, Szabadság híd, Budai hídfő szerepelt (8. ábra). A balesetekben 3 segédmotoros kerékpár, 2 emberi erővel hajtott kerékpár, 1 elektromos rásegítésű kerékpár és 1 nagy teljesítményű motoros roller vett részt. Valamennyi baleset gépjárműforgalmi úton történt. A gócpont kialakulásához hozzájárulhatott a híd és a hídfő jelentős forgalma, a kerékpárút nagy forgalma, valamint a különböző közlekedési módok találkozása és az ebből adódó konfliktushelyzetek.



9. ábra: Budapest, Erzsébet krt. – Dob utca – 3. góchely



10. ábra: Budapest, Margitsziget, Palatinus strand – 8. góchely

A lista harmadik helyén Budapest, Erzsébet krt. – Dob utca szerepelt (9. ábra). A balesetekben 5 emberi erővel hajtott kerékpár, 3 nagy teljesítményű motoros roller és 3 segédmotoros kerékpár vett részt. A balesetek többsége (10) gépjárműforgalmi úton, míg 1 baleset kerékpárúton történt. A gócpont kialakulásában elsősorban a körút jelentős mikromobilitási forgalma játszhat szerepet, amely a gépjárműforgalommal együtt számos konfliktushelyzetet eredményezhet.

A Budapest, Margitsziget, Palatinus strand helyszín a listában a 8. helyen szerepelt, azonban különleges adottságai miatt részletesebben is bemutatjuk (10. ábra). A strand előtt az út mindkét oldalán autóbusszmegálló található, azonban nincs kijelölt gyalogátkelőhely. A 7 baleset mindegyikében érintett volt kerékpáros, ezek közül 4 esetben kerékpáros ütt el gyalogost, miközben minden esetben a kerékpáros volt a vétlen. A gócpont kialakulásában szerepet játszhat a strand jelentős gyalogos- és kerékpáros forgalma, valamint az autóbussz-megállók és a gyalogosok átkelési lehetőségének hiánya miatt kialakuló konfliktushelyzetek.

Gyakorlatilag valamennyi baleset a strandszezonban (tavasz végén, nyáron) történt. A balesetek kialakulásában ebben az időszakban a megnövekedett gyalogos- és kerékpáros forgalom, valamint a strandolók figyelemelterelő magatartása (hiányos öltözet) is szerepet játszhat, továbbá a strandról távozók esetleges alkoholos befolyásoltsága is növelheti a baleseti kockázatot.

A Margitsziget sportolási szempontból Magyarország egyik kiemelt szabadidős és amatőr „edzőtere”, ugyanakkor sajátos hibrid térként egyszerre funkcionál rekreációs parkként és sportolási célú területként, ahol a szigetet körülvevő út kerékpárral is használható, elkülönített sportkerékpárút hiányában a kerékpárosok a bringóhíntókkal és szolgáltató járművekkel közös útfelületen, valamint egyes szakaszokon gyalogosokkal közös felületen közlekednek.

A személy sérüléses baleseti adatok mikromobilitási eszközökre koncentráló góchelyeit megvizsgáltuk: a MABISZ e-kárbejelentő segítségével rögzített anyagi káros balesetei is sűrűsödést mutatnak? A 2025 szeptember – 2026. augusztus közötti 9981 anyagi káros baleset közül 7-7 történt a Nyugati téren, illetve a Szabadság híd budai hídfőjében. Az Erzsébet krt. – Dob utca és a Margitsziget, Palatinus strand térségében nem történt e-kárbejelentő regisztráció. Mindez a két adatbázis különbözőségére utal (személy sérüléses – anyagi káros balesetek), illetve arra, hogy a biztosítótársaságok adataiban nem, vagy csak nagyon korlátozott számban jelennek meg a mikromobilitási eszközök.

3. Balesetmegelőzési, szabályozási és kommunikációs javaslatok

A mikromobilitás közlekedésbiztonságának javítása komplex megközelítést igényel, amelyben a szabályozási, infrastrukturális, ellenőrzési, oktatási és kommunikációs intézkedések egymást kiegészítve jelennek meg. Az egyes mikromobilitási eszközök eltérő használói és baleseti jellemzői miatt ugyanakkor nem indokolt valamennyi eszközt és használói csoportot egységesen kezelni. A beavatkozások meghatározásánál célszerű figyelembe venni az eszköz típusát, a használók életkorát, a jellemző baleseti okokat, valamint a balesetek térbeli és időbeli koncentrációját.

A motoros rollerek esetében az okozói érintettség meghaladta a részesi érintettséget, és az általuk okozott balesetekben kiemelkedő szerepet játszott a nem megfelelő sebességválasztás: ez a kis teljesítményű rollereknél 50,0%, a nagy teljesítményűeknél 41,6% volt. Az eredmények alapján indokolt a használati szabályok – különösen a megengedett sebesség, a használható közlekedési felületek, a minimális életkor, az utasszállítás és a védőfelszerelések alkalmazása – egyértelmű meghatározása és következetes ellenőrzése. A korcsoportos elemzés alapján különös figyelmet igényelnek a fiatal használók, mivel a 15–18 éves korosztály mind a sérültek, mind a baleseti okozók között kiemelkedő érintettséget mutatott. Ez indokolja, hogy a mikromobilitás biztonságos használata már az általános iskola felső tagozatában és a középiskolai közlekedésbiztonsági oktatásban hangsúlyosan megjelenjen. A szabályismeret mellett célszerű gyakorlati módon bemutatni a sebesség és a fékút kapcsolatát, a rollerek menetdinamikai sajátosságait és a védőfelszerelések jelentőségét.

A balesetek időbeli megoszlása szintén lehetőséget teremt a prevenció célzottabb kialakítására. A legnagyobb baleseti koncentráció 15 és 16 óra között jelentkezett, amikor a mikromobilitási eszközöket érintő napi balesetek 8,2%-a történt. Ez indokolhatja a délutáni időszakokra koncentráló közlekedésbiztonsági kampányokat és ellenőrzéseket. A térbeli elemzés során azonosított 62 lakott területi balesetsűrűsödési hely – amelyek közül 50 Budapesten található – ugyanakkor arra hívja fel a

figyelmet, hogy az eszközök gyors elterjedésével nem tart lépést az infrastruktúra fejlesztése, amely szintén meghatározó eleme a prevenciónak. A góchelyeken célzott közúti biztonsági felülvizsgálatok indokoltak, különös tekintettel a különböző közlekedési módok konfliktuspontjaira, az elsőbbségi és látási viszonyokra, a gyalogos átkelési igényekre, valamint a sebesség mérséklésének lehetőségeire.

A biztosítási szabályozás tekintetében fontos, hogy a felhasználók számára egyértelmű legyen, mely mikromobilitási eszközök tartoznak biztosítási kötelezettség alá. Ennek érdekében olyan közérthető tájékoztatás szükséges, amely már az eszköz megvásárlásakor megfelelő információt biztosít annak műszaki paramétereiről, jogi besorolásáról és az esetleges biztosítási kötelezettségről. A közlekedésbiztonsági kommunikációban ugyanakkor a mikromobilitási eszközök használoinak megbélyegzése helyett a biztonságos együtt közlekedésre célszerű helyezni a hangsúlyt. Kiemelt üzenet lehet, hogy a motoros roller nem játékeszköz, használata felelősséggel jár. A kommunikációban elsősorban a megfelelő sebességválasztásra, a védőfelszerelések használatára, az utasszállítás veszélyeire, az alkohol kerülésére és a gyalogosokkal szembeni fokozott figyelemre indokolt koncentrálni.

Konklúzió

A kutatás átfogó képet adott a mikromobilitási eszközök érintettségével bekövetkezett hazai személy sérüléssel járó közúti balesetek főbb jellemzőiről a 2024–2025 közötti időszakban, valamint 2026 első öt hónapjában. Az eredmények alapján a mikromobilitási eszközök baleseti érintettsége növekvő tendenciát mutat. A vizsgálat ugyanakkor rámutatott arra is, hogy az egyes eszköztípusok kockázati jellemzői jelentősen eltérnek egymástól. A motoros rollerek esetében különösen a fiatalabb korosztály érintettsége emelkedik ki, míg az elektromos rásegítésű kerékpárok esetében inkább a felnőtt és idősebb korcsoportok jelennek meg nagyobb arányban. Előbbi empirikus adatokkal alátámasztott megállapítás feltétlen figyelembe veendő a mikromobilitási eszközök használatára vonatkozó, esetleges szabályozási javaslatok megvitatásánál. Utalunk itt a már felmerült szakmai javaslatokra, miszerint életkorra vonatkozó szabályozás indokolt lehet főként a nagy teljesítményű elektromos rollerek esetében [23]. A balesetek térbeli elemzése szintén fontos eredményeket hozott: a vizsgált időszakban 62 belterületi balesetsűrűsödési helyet azonosított az algoritmus, amelyek közül 50 Budapesten található. A részletesen vizsgált helyszínek azt mutatják, hogy a gócpontok kialakulásában meghatározó lehet a nagy mikromobilitási, kerékpáros, gyalogos és gépjárműforgalom, illetve az ezek találkozásából adódó konfliktushelyzetek.

Az eredmények gyakorlati hasznosíthatósága elsősorban a balesetmegelőzés és a közlekedési infrastruktúra fejlesztése területén jelentős. A feltárt góchelyek alkalmasak lehetnek a beavatkozási területek kijelölésére, a helyszíni infrastruktúra-biztonsági felülvizsgálatok és célzott fejlesztések megalapozására. Az egyes eszköztípusok és korcsoportok eltérő kockázati jellemzői pedig a közlekedésbiztonsági kommunikáció és az oktatási programok célzottabb kialakítását is lehetővé teszik. A nemzetközi tapasztalatok alapján mindemellett a szabályozás, az infrastruktúra, a járművek, a használók oktatása és az ellenőrzés összehangolt fejlesztése indokolt.

A kutatás egyik legfontosabb korlátja, hogy a Rendőrség a mikromobilitási eszközökhöz kapcsolódó személy sérüléssel járó balesetek részletesebb, új kategóriák szerinti rögzítését csak 2024. január 1-jétől végzi, ezért hosszabb távú idősoros összehasonlításra jelenleg korlátozottan van lehetőség. További korlátot jelent a hivatalos baleseti adatok látenciája, vagyis az egészségügyi ellátásban megjelenő, de rendőrségi nyilvántartásba nem kerülő esetek köre. Emellett a balesetszámok önmagukban nem alkalmasak a tényleges kockázat pontos meghatározására, mivel a mikromobilitási forgalom nagysága és az egyes eszközök használati intenzitása nem minden esetben ismert.

A további kutatások egyik fontos iránya ezért a rendőrségi adatok egészségügyi, esetleg hosszabb távon a biztosítási és egyéb kiegészítő adatforrásokkal történő összekapcsolása lehet, amely pontosabb képet adhat a balesetek tényleges számáról és következményeiről. Emellett indokolt lenne a góchelyek részletesebb infrastruktúra-biztonsági vizsgálata, a mikromobilitási forgalom nagyságának bevonása, valamint a baleseti kockázatok hosszabb távú nyomon követése. A jelen kutatás eredményei így egy olyan megalapozott adatbázist és módszertani kiindulópontot jelenthetnek, amelyre a hazai mikromobilitás közlekedésbiztonsági fejlesztése és a jövőbeni szabályozási döntések is építhetők.

Ami a társadalom tájékoztatását, a kommunikációs feladatokat illeti, elengedhetetlen a már elindult tömegkommunikációs kampányok fenntartása, esetleges bővítése, illetve megosztása a közmédia és a közösségi média felületein. Megfontolandó „outdoor” azaz kihelyezett plakátkampány, illetve kitáblázás is, a baleseti gócpontok környékén a figyelem felhívás, egyszersmind a balesetmegelőzés érdekében. Influenzerek bevonásával rövid TikTok, Instagram és Youtube videókban, akár videósorozatban kellene folyamatosan fenntartani a figyelmet, a baleseti gócpontok, a helyes rollerhasználat és a védőfelszerelések használatára vonatkozóan.

Irodalomjegyzék

- [1] Mitropoulos L. – Stavropoulou E. – Tzouras P. – Karolemeas C. – Kepaptsoglou K.: E-scooter micromobility systems: Review of attributes and impacts, *Transportation Research Interdisciplinary Perspectives*, 2023/21, 100888, <https://doi.org/10.1016/j.trip.2023.100888>
- [2] James O. – Swiderski. J. I. – Hicks J. – Teoman D. – Buehler R.: Pedestrians and E-Scooters: An Initial Look at E-Scooter Parking and Perceptions by Riders and Non-Riders, *Sustainability*, 2019/11(20), 5591, <https://doi.org/10.3390/su11205591>
- [3] Serra G. F. – Fernandes F. AO. – Noronha E. – Alves de Sousa R. J.: Head protection in electric micromobility: A critical review, recommendations, and future trends, *Accident Analysis & Prevention*, 2021/163, 106430, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2021.106430>
- [4] Felföldi P.: A mikromobilitás közlekedésbiztonsági elemzése Budapest tekintetében közlekedésrendészeti szempontból, PhD. értekezés, 2026
- [5] Dozza M. – Violin A. – Rasch A.: A data-driven framework for the safe integration of micro-mobility into the transport system: Comparing bicycles and e-scooters in field trials, *Journal of Safety Research*, 2022/81, 67-77, <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2022.01.007>
- [6] Che M. – Lum K. M. – Wong J. D.: Users' attitudes on electric scooter riding speed on shared footpath: A virtual reality study, *International Journal of Sustainable Transportation*, 2020, 152-161, <https://doi.org/10.1080/15568318.2020.1718252>
- [7] Kazemzadeh K. – Haghani M. – Sprei F.: Electric scooter safety: An integrative review of evidence from transport and medical research domains, *Sustainable Cities and Society*, 2023/89, <https://doi.org/10.1016/j.scs.2022.104313>
- [8] Badeau A. – Carman C. – Newman M. – Steenblik J. – Carlson M. – Madsen T.: Emergency department visits for electric scooter-related injuries after introduction of an urban rental program, 2019/37(8), 1531-1533, *Am J Emerg Med*, <https://doi.org/10.1016/j.ajem.2019.05.003>
- [9] Nagy M. – Bekhit Z. – Le Fevre J. – Bergin C. J.: Regional healthcare costs and burden of injury associated with electric scooters, *Injury*, 2019, <https://doi.org/10.1016/j.injury.2019.10.026>
- [10] <https://www.gov.uk/government/statistics/serious-e-scooter-casualties-comparing-police-and-hospital-data> (2026.08.02.)
- [11] Guesneau M. – Cherta-Ballester – Agier L. – Arnoux P.-J. – Wei W. – Vernet C. – Honoré V. – Bailly N.: Traffic collisions and micromobility: A comparison between personal mobility devices and bicycles based on police reports, *Journal of Safety Research*, 2024/91, 156-164, <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2024.08.012>
- [12] White E. – Guo F. – Han S. – Mollenhauer M. – Broaddus A. – Sweeney T. – Robinson S. – Novotny A. – Buehler R.: What factors contribute to e-scooter crashes: A first look using a naturalistic riding approach, *Journal of Safety Research*, 2023/85, 182-191, <https://doi.org/10.1016/j.jsr.2023.02.002>
- [13] Pai R. R. – Dozza M.: Understanding factors influencing e-scooterist crash risk: A naturalistic study of rental e-scooters in an urban area, *Accident Analysis & Prevention*, 2025/209, <https://doi.org/10.1016/j.aap.2024.107839>
- [14] Pauer G. – Krizsik N. – Szigeti S.: Estimating the Underreporting Rate of Injured Cyclists, *Periodica Polytechnica Civil Engineering*, 2023/67(2), 619–627, <https://doi.org/10.3311/PPci.19429>
- [15] International Transport Forum: Safe Micromobility, 2020, <https://doi.org/10.1787/0b98fac1-en>
- [16] <https://etsc.eu/etsc-and-pacts-set-out-safety-recommendations-for-e-scooters-and-their-riders/> (2026.08.02.)

- [17] Izquierdo-Herazo E. – Orozco-Fontalvo M. – Gutiérrez M. – Ramos R. – Cantillo V.: How do regulations and safety perceptions affect the willingness to use e-scooters?, *Transportation Research Part A: Policy and Practice*, 2026/204, <https://doi.org/10.1016/j.tra.2025.104828>
- [18] Cloud C. – Heß S. – Kasinger J.: Do shared e-scooter services cause traffic accidents? Evidence from six European countries, *Econometrics*, 2022, <https://doi.org/10.48550/arXiv.2209.06870>
- [19] <https://eur-lex.europa.eu/eli/dir/2021/2118/oj/eng> (2026.08.13.)
- [20] <https://mabisz.hu/jelentosen-csokkent-a-biztositan-gepjarmuvek-szama-magyarorszagon/> (2026.08.19.)
- [21] <https://mabisz.hu/ujabb-jarmuvekre-kell-majd-kgfb-t-kotni/> (2026.08.13.)
- [22] Váradi Á.: A biztosítás fogalmi elemei és fejlődési tendenciái, *Optimi nostri*, Díjnyertes tudományos diákköri dolgozatok, 2009, 285-315
- [23] <https://mti.hu/nemzeti-kozlemlenytar/2026/02/06/mikromobilitasi-eszkozokre-vonatkozozabalyok-megvitatasaval> (2026.09.09.)

Vasúti zavarhelyzetek osztályozása és forgalomirányítási beavatkozások biztonsági szempontú elemzése / Classification of Railway Disturbances and Safety-Oriented Analysis of Traffic Control Measures

Takács Ámon

Széchenyi István Egyetem
takacs.amon@sze.hu

Kivonat: A vasúti forgalomirányítás zavarhelyzetei biztonsági szempontból kritikus kutatási területet képeznek, mivel a megfelelő osztályozás és a kapcsolódó beavatkozások közvetlenül befolyásolják az üzembiztonságot, valamint a késések kezelésének hatékonyságát. A nemzetközi szakirodalomban számos zavarhelyzet-osztályozási megközelítés létezik, amelyek a zavarok jellemzői, forgalmi hatásai vagy kezelési lehetőségei alapján rendszerezik az eseményeket. Ugyanakkor hiányzik az egységes kapcsolat a zavarhelyzetek kategorizálása és a forgalomirányítás során alkalmazott beavatkozások biztonsági szempontú értékelése között. A cikkben vizsgálom a vasúti zavarhelyzetek osztályozását valós hazai üzemeltetési adatok alapján, valamint a zavarhelyzetekhez kapcsolódó forgalomirányítási beavatkozások biztonsági hatásait is elemzem. A vizsgálat a zavarhelyzetek gyakoriságának, időtartamának és forgalmi következményeinek értékelésére épül, különös figyelemmel a forgalomirányítás szempontjából kritikus eseménycsoportokra. A kutatás eredményeként kialakítható egy olyan osztályozási és értékelési keretrendszer, amely alapot biztosít egy későbbi hálózatszintű vasúti forgalomirányítási döntéstámogató modell zavarhelyzeti paraméterrendszerének meghatározásához.

Abstract: Disruptions in railway traffic control constitute a research area critical from a safety perspective, as proper classification and related interventions directly affect operational safety and the efficiency of delay management. The international literature presents numerous approaches to incident classification, which organize events based on the characteristics of the incidents, their impact on traffic, or the available management options. However, there is a lack of a consistent link between the categorization of incidents and the safety-oriented evaluation of the interventions applied during traffic control. In this article, I examine the classification of railway incidents based on real-world domestic operational data and analyze the safety implications of traffic control interventions related to these incidents. The study is based on an assessment of the frequency, duration, and traffic consequences of incidents, with particular attention to event categories critical from a traffic control perspective. The results of this research will enable the development of a classification and evaluation framework that provides the basis for defining the set of disruption parameters for a future network-level railway traffic control decision-support model.

Kulcsszavak: vasúti forgalomirányítás; zavartatások osztályozása; késésterjedés; kockázatelemzés; döntéstámogatás; prediktív szabályozás

Keywords: railway traffic management; classification of disturbances; delay propagation; risk assessment; decision support; predictive control

Bevezetés

A növekvő vasúti forgalom és a hálózati kapacitások telítettsége mellett a zavarhelyzetek operatív kezelése mind a menetrendi stabilitás, mind a közlekedésbiztonság szempontjából kritikus feladat. Egy rendkívüli esemény vagy műszaki meghibásodás esetén, a forgalomirányításnak korlátozott időablak áll rendelkezésre a beavatkozási stratégiák megfelelő kidolgozására. Emiatt a zavarhelyzetek strukturált osztályozása és a hozzájuk rendelhető forgalomirányítási döntések biztonsági szempontú elemzése elengedhetetlen az üzembiztonság fenntartásához és akár a forgalomirányítás prediktív alkalmazásához.

A nemzetközi és a hazai vasúti rendszerek egységes, felelősségalapú késéskódolási alapját az International Union of Railways (UIC) által kidolgozott UIC 450-2 számú döntvény képezi.

Magyarországon a hazai szabályozási környezet így négy fő felelősségi kategóriát határol el: a pályavasúti (PV), a vállalkozó vasúti (VV), a külső (K), valamint a más vonatok által okozott hatásokat leíró másodlagos (M) okokat. [1]

Jelen kutatás a MÁV Pályaműködtetési Zrt. 2026. márciusi adatait elemzi, hogy feltérképezze az egyes eseménycsoportok statisztikai jellemzőit és a zavartatások tipikus mértékét. A kutatás célja, hogy a fajlagos késési mutatókat közvetett biztonsági és üzemviteli indikátorként alkalmazva feltárja a hálózatot érő hatások komplexitását és egy olyan többdimenziós prioritási és kezelési mátrixot hozzon létre, amely hatékonyan különválasztja az alacsony szintű beavatkozásokat a rendszerszintű és stratégiai kockázatoktól. Az elemzéssel nemcsak a legfőbb üzemzavarok és a közlekedésbiztonság közötti közvetlen összefüggéseket lehet számszerűsíteni, hanem olyan empirikus eloszlások határozhatók meg, amelyek közvetlen bemeneti paraméterként szolgálnak egy vasúti forgalmi szimulációs modell zavarhelyzeti moduljához.

1. Zavarhelyzetek osztályozása a nemzetközi szakirodalomban

A nemzetközi kutatások egyik irányát a zavarhelyzetek egzakt osztályozási megközelítései és az üzemeltetési adatgyűjtés automatizálási lehetőségei jelentik. Erre épülnek a hálózati hatásokat vizsgáló kutatások, amelyek a lokalizált elsődleges zavarokból kiinduló másodlagos késésterjedés statisztikai és sztochasztikus modellezési irányokat tekintik. Mivel a zavarok kezelése elválaszthatatlan a kockázatok kezelésétől, a szakirodalom harmadik meghatározó iránya a vasútbiztonsági kockázatelemzési és rangsorolási eljárások rendszerezése. Végül ezen elméleti és empirikus eloszlások ismerete teszi lehetővé a valós idejű, MPC-alapú (Model Predictive Control) és automatizált döntéstámogató forgalomirányítási beavatkozások optimalizálását.

1.1 Zavarhelyzet-azonosítás és felelősségalapú kódolási rendszerek

A szakirodalomban a manuális kódolás korlátainak és a folyamatok automatizálásának kérdésköre kiemelt figyelmet kap. Guida és mtsai. algoritmikus modellt fejlesztettek ki az olasz vasúti infrastruktúra-kezelő és a vállalkozó vasút közötti teljesítmény-visszatérítési mechanizmusok támogatására, formalizálva a felelősségmegosztás folyamatát. [2]

Hasonlóan az üzemeltetési adatok integrációjának fontosságát hangsúlyozzák Veiseth és mtsai.. Akik a norvég hálózati adatokon igazolták, hogy az infrastrukturális hibákat tartalmazó adatbázisok és a késési nyilvántartások közvetlen összekapcsolása nélkül az felelősség specifikus elemzések megbízhatósága korlátozott marad. [3]

A digitalizáció térnyerésével az utóbbi években megjelentek a strukturálatlan szöveges adatok feldolgozását célzó modern megközelítések is. Borg és mtsai. gépi tanulási alapú döntéstámogató rendszert dolgoztak ki a Fejrovtos előjegyzési naplók szövegeinek hierarchikus osztályozására. Kutatásuk rámutatott, hogy a naplók struktúrájához illeszkedő hierarchikus osztályozás szignifikánsan pontosabb eredményt ad a többi kategorizálásnál, és az automatizált algoritmusok hatékonysága már megközelíti a humán kódolók megbízhatóságát. [4]

A beavatkozások tervezhetősége szempontjából ugyanakkor elengedhetetlen a felelősségi kategóriák szerinti csoportosítás. Cerreto és mtsai. dán késési adatokon végzett felelősi elemzésükkel kimutatták, hogy a menetrendi tartalékok (pufferidők) kihasználása és a késési minták eloszlása szorosan összefügg az elsődleges okok jellegével. Így az operatív és a menetrendi szintű beavatkozások hatékonysága csak ezek ismeretében optimalizálható. [5]

1.2 A késésterjedések statisztikai elemzése

A vasúti hálózaton jelentkező operatív zavarok általában nem lokális szintűek, a keletkező másodlagos késések terjedési dinamikájának feltárása az operatív beavatkozások meghatározásának és így a hálózat teljesítményének kulcskérdése. A nemzetközi kutatások e terjedési folyamatokat egyre gyakrabban sztochasztikus és hálózattudományi alapokon közelítik meg.

Khadilkar a menetrendi robusztusság értékelésére olyan sztochasztikus modellt fejlesztett ki, amely az elsődleges és a generált másodlagos késéseket szigorúan elkülönítve kezeli, és hálózati szintű sebezhetőségi mutatókat vezet be. A megközelítés lehetővé teszi annak számszerűsítését, hogy a zavartatások különböző forrásai milyen arányban vezetnek hálózati szintű késésterjedéshez. [6]

A matematikai modellezést finomítva Meester és Muns fázistípus-eloszlásokra épülő általános késésterjedési modellt alkotott. Amellyel a másodlagos késések statisztikai eloszlása a zavarok paraméterei alapján levezethetővé és vasúthálózati szimulációkban hatékonyan alkalmazhatóvá válik. [7]

A hálózati kölcsönhatások empirikus vizsgálata szintén alátámasztja a statisztikai törvényszerűségek jelenlétét. Monechi és mtsai. olasz és német hálózati adatokon igazolták, hogy a késések terjedése a járványok esetében alkalmazott epidémia-modellek szerint leírható, és univerzális statisztikai törvényeket követ. [8]

Rendkívüli események esetén azonban a terjedés minden paramétere megváltozhat. Büchel és mtsai. a rastatti infrastruktúra-katasztrófa mint természetes kísérlet elemzésével rámutatott, hogy egy kritikus hálózati pont tartós kiesése nem lineáris, nagyléptékű terjedési hatást indít el a teljes kontinens hálózatán, ami a késésterjedési mintázatok strukturális megváltozását eredményezi. [9]

Hasonlóan, a sűrű üzemű rendszerek sebezhetőségét vizsgálva Huang és mtsai. a Wuhan–Guangzhou nagysebességű vonal adatain statisztikailag bizonyították, hogy a késési mintázatok alakulása és a kapacitás-kihasználtság mértéke szorosan korrelál egymással. Így az okspecifikus statisztikai elemzés elengedhetetlen a legkritikusabb szűk keresztmetszetek adatvezérelt azonosításához. [10]

1.3 Biztonsági kockázatelemzési módszerek

A vasúti zavartatások értékelése elválaszthatatlan a biztonsági kockázatok kvantitatív és kvalitatív meghatározásától. Mivel az operatív üzem során keletkező adatok sokszor bizonytalanok, hiányosak vagy összetettek, a nemzetközi szakirodalom számos fejlett többkritériumos döntési és valószínűsítésszámítási modellt alkalmaz a biztonsági szint objektív mérésére.

A rendkívüli események és üzemzavarok értékelésére Zhang mtsai. egy olyan kockázat feltérképező eljárást alkalmaztak, amely az egyedi és a kollektív működési veszteség mutatók elkülönítésén alapul. Ez a megközelítés lehetővé teszi, hogy különbséget lehessen tenni az események lokális hatása és a hálózat egészét terhelő kockázatai között. [11]

Wang és mtsai. a GSI-TOPSIS (Grey System–Technique for Order Preference by Similarity to Ideal Solution) módszert fejlesztették ki a városi kötőtpályás közlekedés biztonsági szintjének értékelésére. Ez a matematikai apparátus hatékonyan kezeli az üzemeltetési környezet bizonytalanságait, és képes objektív biztonsági rangsort felállítani az eltérő jellegű kockázati tényezők között. [12]

Shi és mtsai. Bayes-hálózati, valamint TAN (Tree-Augmented Naive Bayes) modelleket alkalmaztak, melyek gráfalapú valószínűségi modellek. Ezekkel képesek leképezni a különböző infrastrukturális és emberi hibák közötti komplex, nemlineáris kölcsönhatásokat. [13]

Ezen elméleti modellek közvetlen gyakorlati, baleset-megelőzési alkalmazhatóságát mutatja Di Graziano és Marchetta útátjárókra kidolgozott kockázatelemzési keretrendszere, amely képes a strukturált üzemeltetési adatokból közvetlen és számszerűsíthető baleseti kockázatot becsülni. [14]

A bemutatott nemzetközi szakirodalmi irányok jól szemléltetik, hogy a zavarok osztályozása, a késésterjedések modellezése és a biztonsági kockázatelemzés egymástól elválaszthatatlan összefüggő részei a modern vasúti közlekedésnek. Ugyanakkor a külföldi kutatásokban alkalmazott komplex elméleti megközelítések hazai adaptációjához és a prediktív irányítási struktúrák megalapozásához elengedhetetlen a magyar vasúthálózaton ténylegesen jelentkező zavarok jellegzetességeinek mélyreható ismerete. Jelen tanulmány ezen módszertani kapcsolat megteremtésére tesz kísérletet: a nemzetközi elméleti alapokat a gyakorlatba átültetve, a következő fejezetben részletezett tényadatokra építve határozza meg a hazai vasúthálózat zavarhelyzeti sajátosságait és azok közlekedésbiztonsági vonatkozásait.

2. Adatforrás és módszertan

A hálózati szintű elemzés elsődleges adatforrásaként a MÁV Pályaműködtetési Zrt. területén alkalmazott Hiba- és rendkívüli eseménykezelő rendszer (HUBA) szolgál, amely a rendkívüli események dokumentálására és az operatív üzemviteli adatgyűjtésre szolgál. A rendszerben rögzítésre kerül az összes olyan esemény, amely a közlekedő vonatoknál késést idéz elő, valamint minden olyan

rendkívüli eset is, amely a hálózaton keletkezett, de tényleges forgalmi késéssel nem járt. Az események rögzítése a már említett UIC 450-2 döntvény alapján egy kibővített egységes szám- és betű kombinációkból álló kódtáblázattal és szöveges kiegészítéssel történik.

A tanulmányban 2026. márciusi mintavételi időszak adatállományát vizsgálom. Ez a harmincegy napos intervallum reprezentatív alapsokaságot nyújt a hazai hálózat átlagos üzemviteli körülményeiről, mentesen a szélsőséges téli vagy nyári időjárási tényezők torzító hatásaitól. A vizsgált hónapban összesen 2442 egyedi, forgalmi késést okozó esemény került rögzítésre, amelyek kumulatíván 55 472 perc elsődleges késést generáltak, ami a hálózat egészére vetítve 22,7 perc/esemény átlagos fajlagos késési értéket eredményezett.

A HUBA rendszer egyedi eseményrekordjainak csoportosítására az UIC 450-2 döntvényen alapuló hazai késéskódolási keret szolgál. A zavarokat és a hozzájuk rendelhető elsődleges késési perceket négy fő felelősségi csoportba sorolják:

- **PV (Pályavasúti felelősség):** Az infrastruktúra-üzemeltető hatáskörébe tartozó zavarok, ideértve a pálya-, a biztosítóberendezési és felsővezeteki meghibásodásokat, valamint a forgalomirányító személyzet mulasztásait.
- **VV (Vállalkozó vasúti felelősség):** A vasúttársaságok működéséhez köthető okok, kiemelten a vontató- és vontatott járművek üzemzavarai, a vonatszemélyzeti mulasztások és az indulás előtti előkészítési nehézségek.
- **K (Külső okok):** A vasúti rendszertől független, de arra közvetlen hatást gyakorló tényezők, mint az időjárási viszonyok, hatósági intézkedések, rongálások, valamint a közlekedés biztonsági szempontjából kritikus személy- és állatgázolások.
- **M (Másodlagos okok):** A hálózaton jelentkező korábbi elsődleges zavarok terjedési hatásaiból eredő késések.

A nemzetközi határforgalomból adódó, eredetileg nem azonosítható zavarokat önálló „Egyéb / Szomszéd pályavasút” kategóriaként kezelik.

A hálózati zavarok súlyosságának számszerűsítésére és a közlekedésbiztonsági kockázatok közvetett értékelésére be kell vezetni a fajlagos késés mutatóját. A mutató egyszerű képlete az (1) számú egyenlet alapján az adott felelős (vagy akár lehetne főköd, de ebben az esetben egyelőre a felelőst alkalmazom) által okozott összes elsődleges késési perc és az ezekhez tartozó események számának hányadosa.

$$\text{Fajlagos késés} = \frac{\text{Összes elsődleges késés [perc]}}{\text{Eseményszám [db]}} \quad (1)$$

Az (1) egyenlet alapján kapott mutatószám egy közvetett biztonsági mutató. A megközelítés mögöttes logikája, hogy a magasabb fajlagos késéssel jellemezhető események strukturálisan összetettebb műszaki vagy humán rendellenességekre mutatnak rá. Illetve hosszabb vagy esetleg veszélyesebb helyreállítási folyamatokat igényelnek, és a megváltozott üzemállapot tartóssága miatt szignifikánsan magasabb hálózati baleseti kockázatot jelentenek.

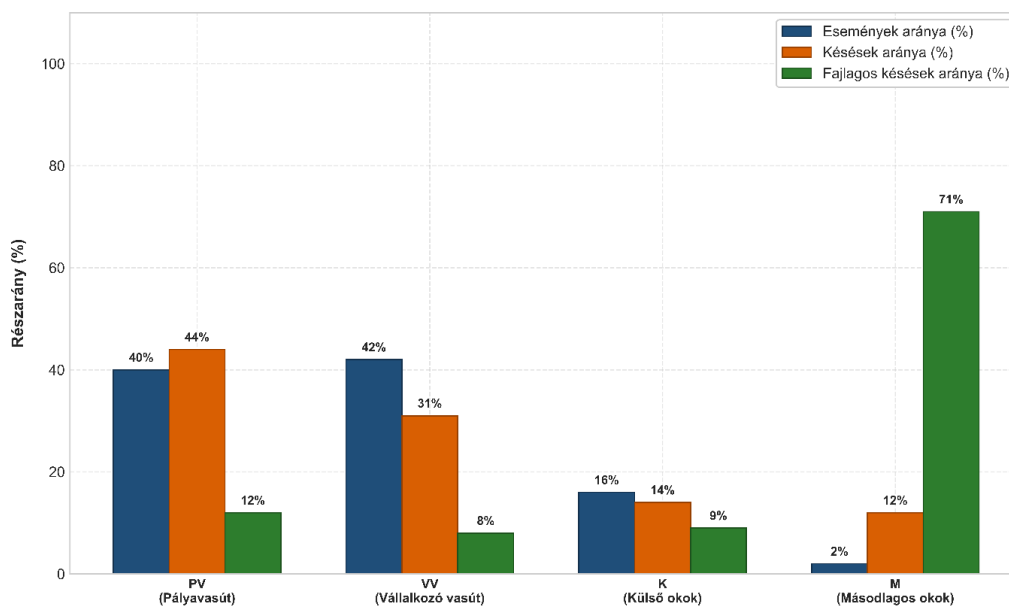
3. Zavartatások felelősségi csoportok szerinti meghatározása

A vizsgált 2026. márciusi időszakban rögzített 2442 egyedi, elsődleges késést okozó esemény felelősségalapú megoszlását, a generált összes késési percet, valamint az ezekből származtatott fajlagos késési értékeket az 1. táblázat foglalja össze.

1. táblázat: Az elsődleges zavarhelyzetek megoszlása felelősségi kategóriánként

	Esemény [db]	Esemény arány	Elsődleges késés [perc]	Késés arány	Fajlagos késés [perc/esemény]	Fajlagos késés arány
PV	975	40%	24 184	44%	24,8	12%
VV	1 032	42%	17 157	31%	16,63	8%
K	392	16%	7 561	14%	19,29	9%
M	43	2%	6 570	12%	152,79	71%
Össz.	2 442		55 472		22,72	

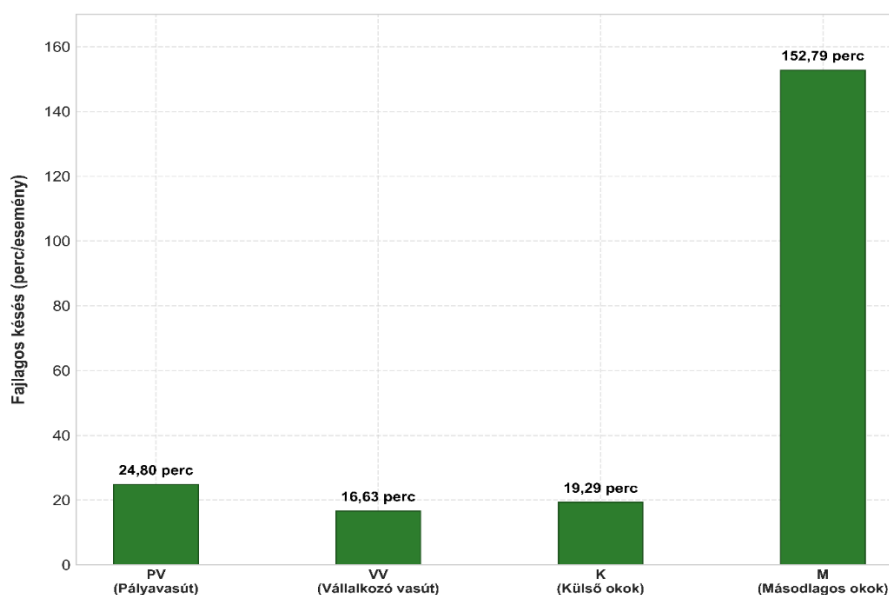
A vizsgált adatok százalékos részarányait az 1. ábra mutatja be egymás melletti összehasonlításban, szemléltetve az egyes kategóriák hálózati súlyát.



4. ábra: A zavartatások arányainak összehasonlítása a felelős szerint (saját szerkesztés)

Az adatok strukturált elemzése azonnal rávilágít egy kiemelt összefüggésre az események gyakorisága és azok hálózati súlyossága között. Bár a darabszám tekintetében a Vállalkozó vasúti (VV) felelősségi körbe tartozik az események relatív többsége (1032 db, 42%), ezek az üzemzavarok jellemzően alacsony hálózati hatásúak, amit a 16,63 perc/esemény értékű fajlagos késés is jól mutat. Ez a jelenség azzal magyarázható, hogy a VV kategória eseményeinek jelentős része lokális jellegű, könnyen azonosítható jármű- vagy személyzeti nehézségből adódik, amelyek ritkán bénítják meg tartósan a kapacitásokat.

Ezzel szemben a Pályavasúti (PV) kategória sokkal nagyobb, rendszerszintű kockázatot hordoz. Noha az eseményeknek csupán a 40%-ban felelős az infrastruktúra-üzemeltető, ezek generálták az összes elsődleges késési perc közel felét (24 184 perc, 44%), átlagosan 24,80 perces fajlagos késést okozva eseményenként. A PV és VV kategóriák közötti éles eltérés oka a műszaki és forgalmi természetükben rejlik: a biztosítóberendezési hibák, pályakapacitás-korlátozások azonnal szűk keresztmetszetet okoznak a vonalszakaszokon és hosszadalmas helyreállítási folyamatokat vonnak maguk után.



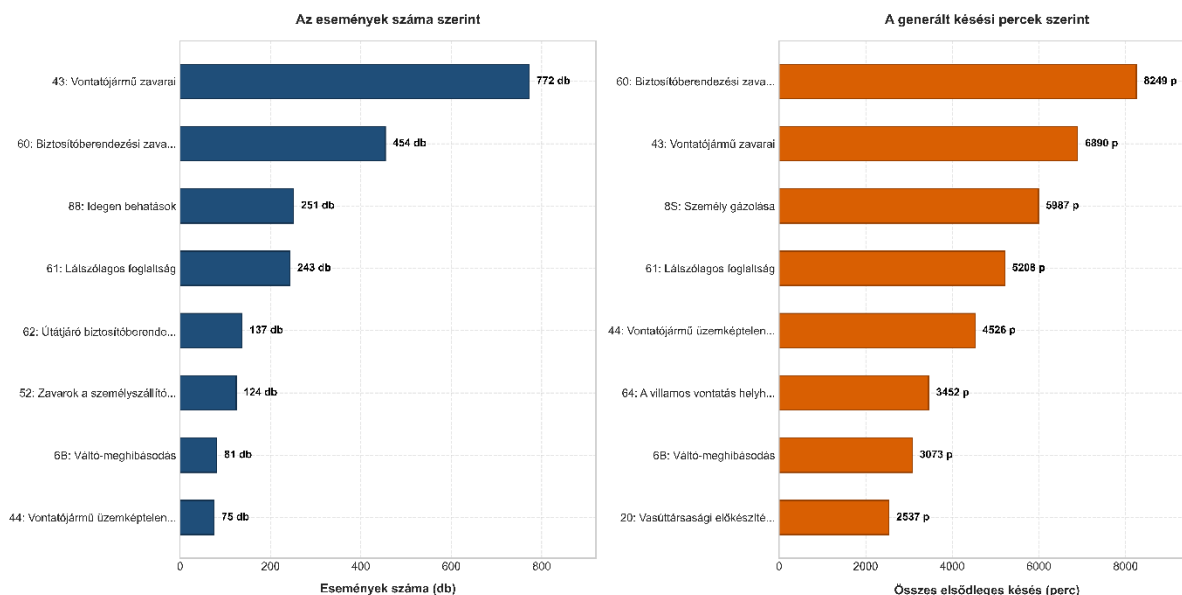
5. ábra: Az egy eseményre jutó átlagos (fajlagos) késések kategóriánként (saját szerkesztés)

A legkiemelkedőbb kockázati tényezőt azonban a Másodlagos okok (M) jelentik. Noha az események elenyésző része (2%) sorolható ide, ezek a rendkívül elhúzódo hatásuk miatt kritikus terhelést jelentenek a hálózatra, amit a 2. ábrán látható konkrét, 152,79 perc/esemény értékű átlagos késés is tükröz.

A 152,79 perc/esemény értékű, rendkívül magas fajlagos késés mutatja ezen események (például balesetek utóhatásai, hatósági intézkedések) kritikus jellegét. Egy ilyen rendkívüli eset során a helyszínelés és a vizsgálatok ideje alatt akár a forgalom teljes leállítása is szükségessé válhat, ami órákra megbénítja az érintett szakaszt, és tovagyűrűző késéshullámot generál a teljes hálózaton. Emiatt az operatív forgalomirányításban a prediktív modellek és a gyors, automatizált konfliktusfeloldó eljárások alkalmazása kulcsfontosságú, hogy a folyamatokat ne az utólagos beavatkozás, hanem a proaktív hálózati stabilizálás jellemezze.

4. Késési kódok szerinti elemzés

A hálózatot érő zavarhatások finomabb, operatív szintű megértéséhez elengedhetetlen a felelősségi kategóriák megbontása a késések kódolási rendszerében használt főkédek szerint. A 2026. márciusi időszakban regisztrált események közül az eseményszámok (gyakoriság) szerinti, valamint a generált összes elsődleges késési perc szerinti legfőbb főkédeket a 3. ábra mutatja be egymás melletti összehasonlításban.



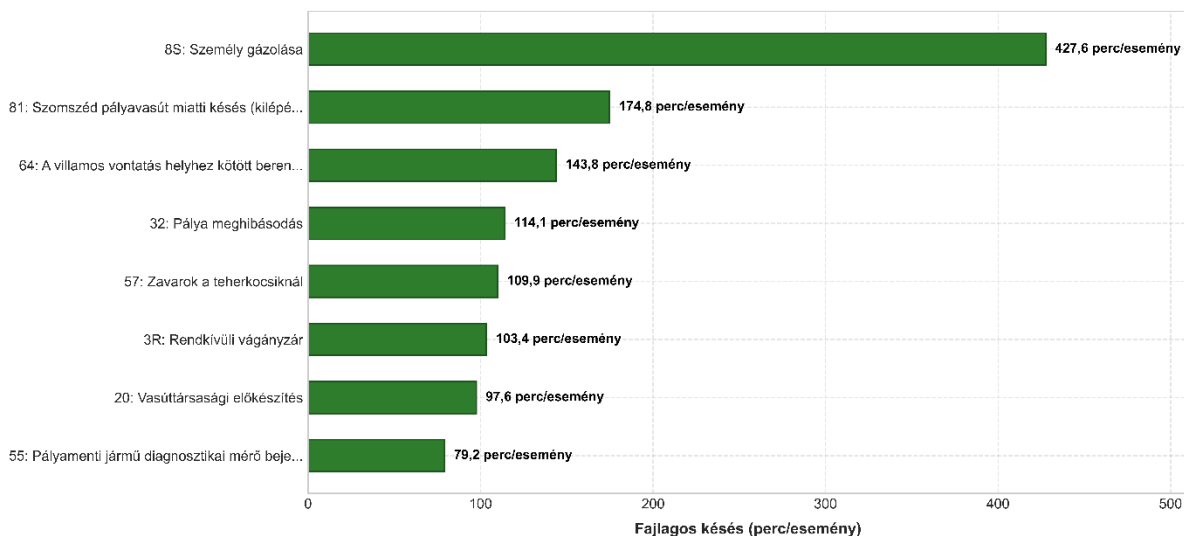
6. ábra: A kritikus főkédek összehasonlítása eseményszám és összes késés szerint (saját szerkesztés)

Az adatok strukturált elemzése rávilágít arra az összefüggésre, hogy az események gyakorisága és azok hálózati súlyossága között jelentős eltolódások tapasztalhatók. Az események darabszáma alapján (3. ábra, bal oldali diagram) a hálózaton a 43: Vontatójármű zavarai kód vezet, amely 772 eseményért (az összes eset 31,6%-ért) felelős. Ezt követi a pályavasúti oldalról a 60: Biztosítóberendezési zavar (454 db, 18,6%), valamint a külső eredetű 88: Idegen behatások (251 db, 10,3%) és a 61: Látszólagos foglaltság (243 db, 10,0%). Ezek az eseményszámok azt igazolják, hogy a mindennapi operatív munkát leggyakrabban a járművek futó műszaki hibái és a biztosítóberendezések instabilitásai terhelik.

A generált késési percek szerinti rangsor (3. ábra, jobb oldali diagram) azonban alapvetően más képet mutat. Bár a 43: Vontatójármű zavarai kiugróan sokszor fordul elő, az összesített késések terén visszaszorul a második helyre (6890 perc), és a vezetést a 60: Biztosítóberendezési zavarok veszik át, amelyek összesen 8249 perc elsődleges késést okoztak a vizsgált hónapban. Ez a jelenség igazolja, hogy az infrastruktúra-üzemeltető felelősségi körébe tartozó hibák nehezebben háríthatók el operatíván, és közvetlenül súlyosabb kapacitásszűkülést okoznak a pályahálózaton, mint az egyedi járműhibák.

4.1 Fajlagos késés

A fajlagos késés, ahogy korábban említésre került nem csak a felelősségre alkalmazható, hanem külön az egyes késési kódokra is. A legalább 5 alkalommal előforduló, reprezentatív főkédek fajlagos késés szerinti rangsorát a 4. ábra szemlélteti.



7. ábra: Kritikus főkédek összehasonlítása a fajlagos késés szerint, eseményszám ≥ 5 esetén (saját szerkesztés)

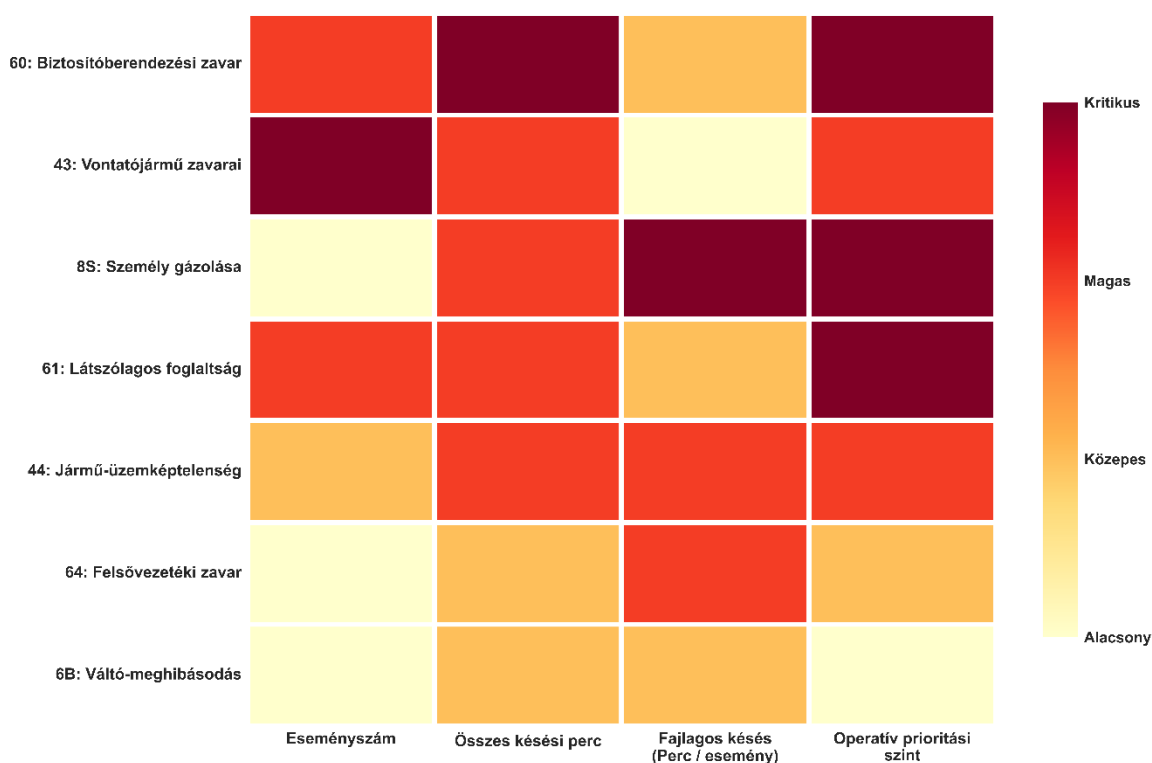
A 4. ábra elemzése rávilágít a ritka, de a hálózat működését leginkább veszélyeztető hatásokra. A 8S: Személy gázolása főkédek darabszám alapján az emberi súlyosságához mérten sajnos nagyon sok, ám az összes esethez képest annyira nem (14 eset), ám kimagasló, 427,6 perc/esemény fajlagos késési értéket eredményez. A rangsor további helyezései rámutatnak a nehezen feloldható hálózati szűk keresztmetszetekre is. A 81: Szomszéd pályavasút miatti késések (174,8 p/esemény) és a 64: Felsővezetéki zavarok (143,8 p/esemény) olyan kiterjedt hatású események, amelyek azonnal dominóeffektust indítanak el a hálózaton. Jellemző a 32: Pálya-meghibásodások (114,1 p/esemény) és a 3R: Rendkívüli vágányzárak (103,4 p/esemény) kiugró fajlagos súlya, miközben a napi operatív zajt jelentő járműzavarok (43-as kód) fajlagos hatása mindössze 8,9 perc/esemény.

A fajlagos késés mutató lehetővé teszi a zavarhelyzetek biztonsági súlyosságának objektív összehasonlítását a különböző felelősségi kategóriákon belül és azok között. A mutató mögöttes feltételezése, hogy a nagyobb késést okozó események általában súlyosabb műszaki meghibásodást vagy biztonsági veszélyt jelentenek, bonyolultabb helyreállítási folyamatot igényelnek, nagyobb hálózati hatással bírnak (több vonat érintett), és magasabb baleseti kockázatot hordoznak.

A fajlagos késés és a biztonsági kockázat közötti kapcsolat különösen erős a személyi balesetek esetében (8S: 427,6 perc/esemény), ahol a hosszú késés a hatósági eljárások, helyszínelés szükségességéből ered. Az infrastruktúra-meghibásodások esetében a fajlagos késés a helyreállítás műszaki bonyolultságát és a forgalmi átszervezés nehézségét tükrözi.

4.2 A zavarhelyzetek többdimenziós csoportosítása

Ahhoz, hogy a hálózati szintű forgalomirányítás és a prediktív modellek fejlesztése során a különböző zavarokat rendszerezni tudjuk, a vizsgált három mutatószámot (gyakoriság, összes késési perc, fajlagos késés) egyetlen közös mátrixba integráltuk. Bár a vasúti elemzések gyakran különállónként kezelik ezeket a dimenziókat, a rendszerszintű kockázat elméleti alapvetése szerint a valós operatív súly a bekövetkezési valószínűség (itt a gyakoriság) és a fellépő egyedi hatás (fajlagos késés) együttes függvénye. Az előző bekezdésekben elemzett kiemelt jelentőségű főkédek ezek a dimenziók szerinti eloszlását és a hozzájuk rendelhető prioritási szinteket az 5. ábrán látható hő térkép szemlélteti.



8. ábra: Operatív prioritási és kezelési mátrix (saját szerkesztés)

Az 5. ábrán látható eloszlás feloldja a különálló mutatószámok közötti látszólagos ellentmondásokat, és a színmélység segítségével négy jól elkülöníthető kezelési kategóriába rendezi a főkéódokat a rendszerszintű besorolás alapján:

- **Kritikus szint** (Mélyvörös tartomány): ebbe a kategóriába került a 60: Biztosítóberendezési zavar, a 61: Látszólagos foglaltság, valamint a 8S: Személy gázolása. Közös jellemzőjük, hogy a hálózat működésére közvetlen veszélyt jelentenek. Míg a biztosítóberendezési zavarok a magas gyakoriságuk és a kumulált késési tömegük miatt kritikusak, addig a személygázolás az extrém egyedi fajlagos késési hatása (átlagosan 427,6 perc) miatt azonnali, hálózatszintű operatív kríziskezelést igényel. A valós idejű konfliktusfeloldó algoritmusok és a prediktív modellek fejlesztése során ennek a három főkéódoknak kell a legmagasabb prioritást adni.
- **Magas szint** (Narancssárga tartomány): ide tartoznak a 43: Vontatójármű zavarai és a 44: Jármű-üzemképtelenség. A vontatójármű-hibák a kiugró gyakoriságuk miatt összesítve akkora késési értéket generálnak a hálózaton, ami már stratégiai szintű beavatkozást és kapacitástervezést igényel, míg a járművek nyíltvonali fekvemaradása (44-es kód) a magas fajlagos helyreállítási idő miatt követel meg külön kezelési protokollt.
- **Közepes szint** (Sárga tartomány): ebben a kategóriában jelenik meg a 64: Felsővezetéki zavar. Bár fajlagos hatása jelentős, alacsony előfordulási gyakorisága miatt rendszerszintű, mindennapos modellezési szempontból mérsékelt prioritást élvez, hatása kerülő útirányok, dízel közlekedés lehetőségévé mérsékelhető.
- **Alacsony szint** (Krémszínű tartomány): A 6B: Váltó-meghibásodás, illetve a többi, jelen felsorolásban nem említett késési kódok mutatói minden dimenzióban a mérsékelt vagy alacsony sávban maradnak. Ettől függetlenül érdemes lenne ezek alapján az értékek alapján minden egyes kódot külön vizsgálni, amely további kutatási kérdéseknek adhat teret.

A bemutatott többdimenziós csoportosítás és az ezekért felelős vasútüzemi és közlekedésbiztonsági okok (mint a gázolásoknál kötelező hatósági helyszínelés elhúzódó jellege vagy a biztosítóberendezések biztonsági, ún. fail-safe működéséből adódó sebességkorlátozások) egyértelműen kijelölik a jövőbeli fejlesztési irányokat. Amíg a mérsékelt zavarok kezelését alacsonyabb szintű mikroszabályozás vagy a menetrendi pufferidők kezelése, addig a valós idejű, hálózatszintű prediktív forgalomirányítási és konfliktusfeloldó algoritmusok fejlesztése során a fókusz elsősorban a mélyvörös tartományban

azonosított kritikus zavarokra (60, 61, 8S), valamint a magas hálózati terhelést generáló kategóriákra (43, 44) kell helyezni.

Konklúzió

A hálózatszintű vasúti forgalomirányítás digitalizációja és a növekvő kapacitásigények megkövetelik a reaktív forgalomszabályozási döntések felváltását proaktív, prediktív megközelítésekkel, amelyek a menetrendi stabilitás megőrzése mellett közvetlenül támogatják a magas szintű közlekedésbiztonság fenntartását is. Jelen tanulmányban a HUBA adatbázis üzemzavar- és késési adatainak feldolgozásával bemutatott többdimenziós elemzési módszertan rávilágított arra, hogy a zavarok gyakoriság szerinti vizsgálata nem nyújt elégséges alapot a rendszerszintű kockázatok kezelésére. A gyakoriság, az összesített késési percek és az egyedi fajlagos késések hatásainak együttes vizsgálatával lehetséges olyan objektív besorolási rendszert alkotni, amely a forgalomszervezési prioritások kijelölése mellett a vasútbiztonsági kockázatok eloszlását is megfelelően tükrözi.

Az adatok alapján egyértelműen igazolható, hogy a legnagyobb rendszerszintű terhelést okozó biztosítóberendezési zavarok és látszólagos foglaltságok közvetlen kapcsolatban állnak a vasútbiztonsági rendszerek alapvető működési elveivel. A biztosítóberendezések hibatűrő, biztonságra törekvő (fail-safe) kialakítása miatt fellépő műszaki zavarok azonnali sebességhatározásokat és szigorú operatív intézkedéseket alkalmaznak a veszélyhelyzetek elkerülése érdekében. Ez a biztonsági működés azonban jelentős kapacitáskorlátokat idéz elő, ami a magas előfordulási gyakorisággal együtt a hálózat legnagyobb késési perceit generálja. Ezzel szemben a személygépkocsók vagy a nyíltvonali jármű-üzemképtelenségek olyan stratégiai biztonsági krízishelyzetek, amelyeknél a fizikai kapacitás tartós kiesése és a kötelező hatósági eljárások elhúzódó jellege miatt makroszintű, előre optimalizált vis maior forgatókönyvekre van szükség a hálózat integritásának és a mentésben részt vevők biztonságának megőrzéséhez.

A jövőbeli kutatások egyik legfontosabb iránya az összes fő kód kiterjedt, a jelen tanulmányban kijelölt háromdimenziós szempontrendszer szerinti szisztematikus, illetve akár komolyabb kockázatelemzési vizsgálata. Egy ilyen átfogó elemzés lehetővé tenné a hálózaton jelentkező összes üzemzavar sztochasztikus modellezését, valamint a késések terjedésének pontosabb előrejelzését. A tudományos és gyakorlati fejlesztések fókuszát a jövőben a Modell Prediktív Irányítás (MPC) elveinek a vasútüzemi konfliktusfeloldásba történő integrálására kell helyezni. A gyors ütemben felhalmozódó késések ugyanis növelik a végrehajtó személyzet (forgalmi szolgálattevők, mozdonyvezetők) kognitív terhelését, ami növeli a humán hibázásból eredő veszélyhelyzetek kockázatát is. Az MPC-alapú prediktív modellek és állapot-visszacsatolásos szabályozási körök alkalmazásával azonosíthatók és elkerülhetők a veszélyes forgalmi helyzetek, csökkenthető az emberi igénybevétel, és közvetlen döntéstámogatás nyújtható a Központi Forgalomirányító (KÖFI) rendszerek irányítói számára. Ezen jövőbeli kutatási irányok közös kidolgozása biztosíthatja, hogy a kapacitáskorlátos helyzetek feloldása során a forgalomszervezési és a szigorú közlekedésbiztonsági követelmények egyszerre, optimalizált egyensúlyban teljesüljenek.

Irodalomjegyzék

- [1] International Union of Railways (UIC), „UIC Leaflet 450-2: Evaluation of network performance with regard to rail traffic operation for the purpose of quality analyses - Delay coding and delay cause attribution process”, International Union of Railways (UIC), Paris, 450–2, 2009.
- [2] P. Guida, A. Libardo, és G. Salerno, A model to analyze railway delay to support the “performance regime” evaluation. 2012, o. 271. doi: 10.2495/CR120221.
- [3] M. Veiseth, N. Olsson, és I. Sætermo, Infrastructure’s influence on rail punctuality. 2007, o. 490. doi: 10.2495/UT070451.
- [4] A. Borg, P. Lingvall, és M. Svensson, „Hierarchical Delay Attribution Classification using Unstructured Text in Train Management Systems”, 2024. február 6., arXiv: arXiv:2402.04108. doi: 10.48550/arXiv.2402.04108.
- [5] F. Cerreto, O. Nielsen, S. Harrod, és B. F. Nielsen, Causal Analysis of Railway Running Delays. 2016.

- [6] H. Khadilkar, „Data-Enabled Stochastic Modeling for Evaluating Schedule Robustness of Railway Networks”, *Transportation Science*, köt. Articles in advance, szept. 2016, doi: 10.1287/trsc.2016.0703.
- [7] L. E. Meester és S. Muns, „Stochastic delay propagation in railway networks and phase-type distributions”, *Transportation Research Part B: Methodological*, köt. 41, sz. 2, o. 218–230, febr. 2007, doi: 10.1016/j.trb.2006.02.007.
- [8] B. Monechi, P. Gravino, R. Di Clemente, és V. D. P. Servedio, „Complex delay dynamics on railway networks from universal laws to realistic modelling”, *EPJ Data Sci.*, köt. 7, sz. 1, o. 35, szept. 2018, doi: 10.1140/epjds/s13688-018-0160-x.
- [9] B. Büchel, T. Spanninger, és F. Corman, „Empirical dynamics of railway delay propagation identified during the large-scale Rastatt disruption”, *Sci Rep*, köt. 10, sz. 1, o. 18584, okt. 2020, doi: 10.1038/s41598-020-75538-z.
- [10] P. Huang, Z. Li, Y. Zhu, C. Wen, és F. Corman, „Train traffic control in merging stations: A data-driven approach”, *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, köt. 152, o. 104155, júl. 2023, doi: 10.1016/j.trc.2023.104155.
- [11] J. Zhang, Y. Huang, S. Deng, T. Li, és Y. Ye, „Risk Mapping for Daily High-Speed Railway Disturbances Based on Operation Loss”, *Journal of Advanced Transportation*, köt. 2025, sz. 1, o. 6619187, jan. 2025, doi: 10.1155/atr/6619187.
- [12] H. Wang, L. Guo, és T. Chen, „GSI-TOPSIS Method for Quantization of Railway Safety Situation Based on Incident and Accident Data”, *Urban Rail Transit*, köt. 11, sz. 4, o. 335–350, dec. 2025, doi: 10.1007/s40864-025-00247-7.
- [13] L. Shi, Y. Liu, Y. Zhang, és J. Liang, „Data-Driven Bayesian Network Analysis of Railway Accident Risk”, *IEEE Access*, köt. 12, o. 38631–38645, 2024, doi: 10.1109/ACCESS.2024.3376590.
- [14] A. Di Graziano és V. Marchetta, „Application of a Quantitative Risk-Based Decision Tool for Local Railway Level Crossing Management”, *Applied Sciences*, köt. 14, o. 8630, szept. 2024, doi: 10.3390/app14198630.