

LXX. ÉVFOLYAM 4. SZÁM  
2020. AUGUSZTUS

# KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE

1951

70 év

2020



A KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI EGYESÜLET SZAKLAPJA  
ALAPÍTVÁ 1951-BEN

LÉGIFORGALMI  
IRÁNYÍTÁS

REPÜLÉS-  
BÍZTONSÁG

INNOVÁCIÓ

# IRÁNYTŰ A REPÜLÉSBEN

KÖRNYEZET-  
VÉDELEM

KUTATÁS-  
FEJLESZTÉS

AKADÉMIAI  
KÉPZÉS

TÁRSADALMI  
FELELŐSÉGVÁLLALÁS

## KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE

A közlekedési szakterület tudományos lapja  
VERKEHRSWISSENSCHAFTLICHE RÜNDSCHAU  
Zeitschrift des Ungarischen Verein für Verkehrswissenschaft  
REVUE DE LA SCIENCE DES TRANSPORTS  
Revue de la Société Scientifique Hongroise des Transports  
SCIENTIFIC REVIEW OF TRANSPORT  
Publication of the Hungarian Society for Transport Sciences

Megjelenik kéthavonta  
www.ktenet.hu

ALAPÍTOTTA:  
a Közlekedéstudományi Egyesület

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG:  
Kövésné Dr. Gilicz Éva elnök  
Dr. Katona András főszerkesztő  
Barlog Károly  
Dr. Békési István  
Berta Tamás  
Bretz Gyula  
Horváth Lajos  
Mészáros Tibor  
Dr. Prileszky István  
Somogyi Marcell  
Szűcs Lajos  
Dr. Tánzos Lászlóné  
Dr. Tóth János  
Dr. Tóth László

SZERKESZTŐSÉGI TITKÁR:  
Ráczné dr. Kovács Ágnes  
Tel./Fax: 353-2005, 353-0562  
E-mail: szemle@ktenet.hu  
DOI szerkesztő: dr. Török Ádám

SZERKESZTŐSÉG:  
1066 Budapest, Teréz krt. 38. II. 235.

FELELŐS KIADÓ:  
Dr. Tóth János,  
a Közlekedéstudományi Egyesület főtítkára

KIADJA:  
Közlekedéstudományi Egyesület  
1066 Budapest, Teréz krt. 38. II. 235.  
www.ktenet.hu

MEGBÍZOTT KIADÓ:  
Press GT Kft.  
1139 Budapest, Úteg u. 49.  
Tel.: 349-6135  
E-mail: info@pressgt.hu

NYOMDAI KIVITELEZÉS:  
Informax Millenium kft.  
Felelős nyomdavezető: Bocskay Endre

TERJESZTŐ:  
Magyar Posta Zrt. Központi Hírlap Iroda  
Előfizethető a Közlekedéstudományi Egyesületnél  
Egy szám ára: 1380 Ft, Éves előfizetés: 8280 Ft  
Egyéni KTE tagnak tagdíjjal: 5140 Ft  
Nyugdíjas és diák KTE tagnak tagdíjjal 4640 Ft

ISSN 0023 4362

A folyóiratunkban megjelenő cikkek egy év embargót követően nyíltan hozzáférhető digitális irodalomnak tekinthetők. A cikkeket a szerkesztőség az EPA-ban és a REAL-ban online elérhetővé teszi.



A cikkek tartalma nem minden esetben egyezik a szerkesztőség véleményével.  
Kéziratot nem őrünk meg.

## TARTALOM

### Dr. Tettamanti Tamás

Vezeték nélküli, elosztott szabályozási  
struktúrájú jelzőlámpa koncepciója és  
prototípusfejlesztése 4

### Szűcs Lajos

A követési távolság megválasztásának  
elmélete, gyakorlata, a közlekedőknek a hazai  
gyorsforgalmi utakon megfigyelt követési  
távolság tartási szokásainak elemzése 13

### Dobi Sándor

Európa pilóta nélküli légi járműveket érintő  
jogszabályi környezetének áttekintése 29

### Könyvajánló

Horváth Csaba Sándor: Sopron környékén  
zakatoló vicinálisok a kezdetektől 1920-ig 43

### Melléklet

*Közlekedésbiztonság -  
Közlekedési környezetvédelem*

### Dr. Jankó Domokos

Vélemény a „Gyorsforgalmi útszakaszok forgalmi  
elemzése az átlagsebesség-mérés módszerével” c.  
cikkel kapcsolatban. 44

### Prof. Dr. Holló Péter – Dr. Sipos Tibor

Közúti baleseti veszteségek aktualizálása 47

### Zalacko Roland – Zöldy Máté

### Simongáti Győző

Alternatív tüzelőanyagok alkalmazhatósága a  
hajózásban és tüzelőanyag-fogyasztás számítási  
módszerek 53

### Tisztelt Előfizető! Tisztelt Olvasó!

A Közlekedéstudományi Szemle nem csak nyomtatott, hanem digitális változatban is olvasható. A digitális lapszámra a Közlekedéstudományi Szemle szerkesztőségénél lehet előfizetni (szemle@ktenet.hu). A nyomtatott változat 8280 Ft-os előfizetési díjjal szemben a digitális változat előfizetési díja csak 6000 Ft évente, KTE egyéni tagnak 4140 Ft. A könnyebb elérhetőség és az előfizetők jobb kiszolgálását biztosítandó, egyszerűsítettük az eddigi terjesztési formát. Így a jövőben az aktuális lapszámokat már a nyomtatott változat megjelenés előtt elküldjük előfizetőink e-mail címére pdf formátumban. Reméljük, hogy hamarosan üdvözölhetjük Önt is a digitális előfizetőink között.

# Vezeték nélküli, elosztott szabályozási struktúrájú jelzőlámpa koncepciója és prototípusfejlesztése

2019 nyarán egy új közlekedési díjat alapított a Nemzeti Útdíjfizetési Szolgáltató Zrt. (NÚSZ Zrt.) és a Közlekedéstudományi Egyesület (KTE) Közlekedési Innovációs Díj néven. A pályázat célja az alapítók meghatározása szerint az „innovatív jellegű kezdeményezések és tudományos elképzelések felkarolása”. A cikk az első Közlekedési Innovációs Díj nyertes pályamunkájának bemutatása, a szélesebb körű megismertetés és a kezdeményezés hasznosságának alátámasztása.

DOI 10.24228/KTSZ.2020.4.1

**Dr. Tettamanti Tamás**

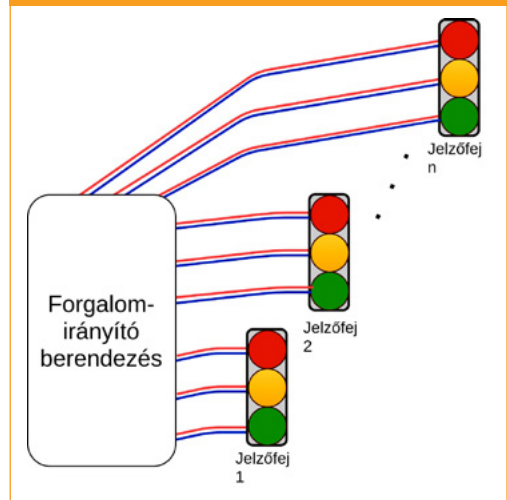
BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar  
e-mail: tettamanti@mail.bme.hu

## 1. BEVEZETŐ

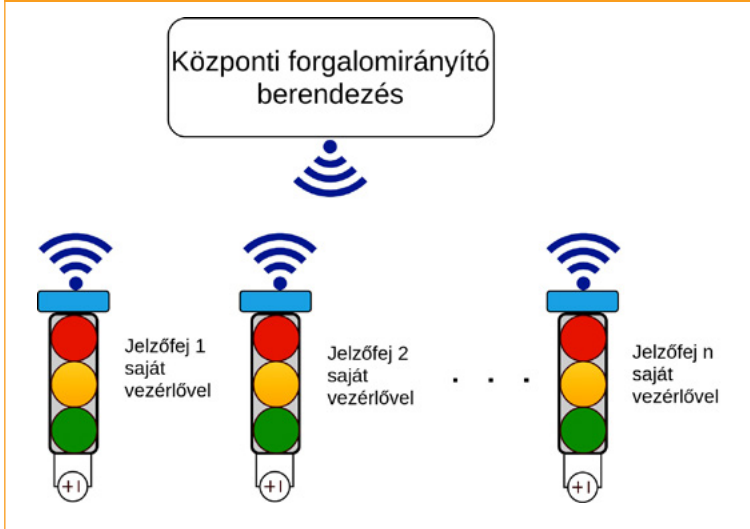
Általánosan ismert, hogy egy jelzőlámpás közúti kereszteződés hagyományosan egy központi gépből (forgalomirányító berendezés), jelzőfejekből, kommunikációs és tápkábelekből áll. Ez a klasszikus alapkoncepció a jelzőlámpás forgalomszabályozás megjelenése óta, azaz több mint 100 éve a gyakorlatban van (1. ábra).

A ma elérhető technológiák ugyanakkor egy ettől merőben eltérő koncepciót is lehetővé tesznek. Az irányítástechnika területén egyre világosabbá válik a különböző elosztott rendszerek térnyerése. Az elosztott irányítórendszerek alapja az egységek között kialakított gyors és megbízható kommunikációs csatorna. Ennek megfelelően elosztott működési módú forgalomirányítás alakítható ki, amelyben a központi vezérlőberendezés helyett a jelzőfe-

1. ábra: Hagyományos közúti forgalomirányítási koncepció (forgalomirányító berendezés és intelligencia nélküli jelzőfejek)



**2. ábra: Vezeték nélküli forgalomirányítási koncepció, ahol a jelzőfejek ugyan némi saját intelligenciával rendelkeznek (és tápellátásuk közvetlenül akár a tartóoszlopról is megoldható), de az irányítási architektúra centralizált**



jekbe telepíthető intelligencia végzi el a vezérlési feladatokat. Egy ilyen új technológia alkalmazásának természetesen alapfeltétele, hogy az érvényben lévő hazai és nemzetközi közúti forgalomirányítási szabványoknak megfelelően működjön, és legalább ugyanakkora biztonsággal tudjon üzemelni, mint a hagyományos rendszerek. Ennek megfelelően az elosztott jelzőfej koncepciójának kidolgozásához és a prototípusfejlesztéshez minden releváns jogszabály (törvény, rendelet) és műszaki specifikáció (szabvány, előírás) figyelembevételre került.

## 2. A VEZETÉK NÉLKÜLI ÉS ELOSZTOTT IRÁNYÍTÁSI ARCHITEKTÚRÁJÚ JELZŐLÁMPARENDSZER ALAPKONCEPCIÓJA

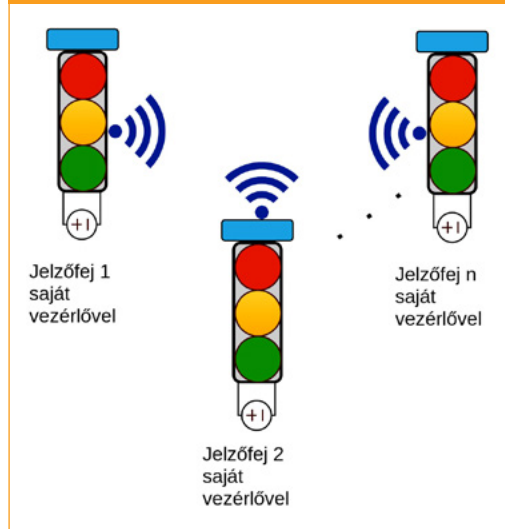
Az iparági gyakorlatban a közúti jelzőlámpák irányítása egy központi vezérlőegységen (közúti forgalomirányító berendezés) keresztül történik. Hasonlóképpen a vezeték nélküli jelzőlámpás irányítást ismertető szakkikkek is kizárólag központosított irányítási rendszert feltételeznek a működéshez [1], [2], [3]. Bár megközelítésükben némileg helyi intelligenciát is alkalmaznak a jelzőfejekben, a ve-

zérő logika szigorúan központosított módon működik (2. ábra).

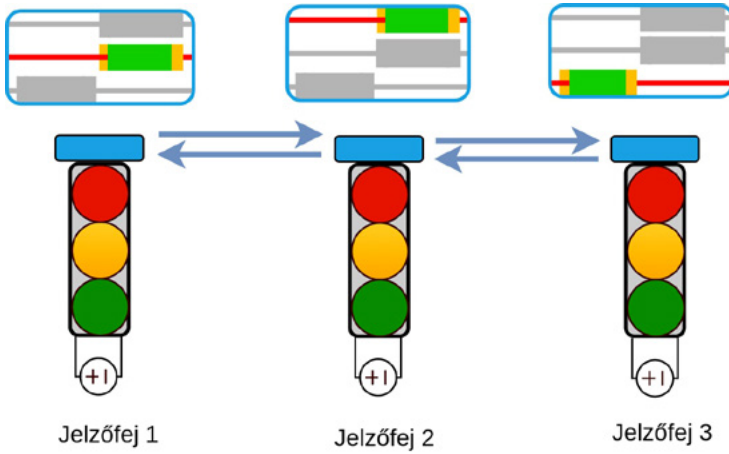
Noha ezek a szakkikkek megmutatták a vezeték nélküli jelzőlámpák alapötletét, a bemutatott koncepciók a központi vezérlés architektúráján nyugszanak. Emellett további limitációjuk, hogy a közúti forgalomirányítási szabványok szerinti megbízható és biztonságos mérnöki tervezés szempontjából korlátozottak. Ennek megfelelően egy olyan rendszer koncepcióját és működési algoritmusát írtam le, amely valóban elosztott irányítási módszert

alkalmaz és a műszaki követelményeknek is teljes mértékben megfelel (3. ábra).

**3. ábra: Elosztott irányítási architektúrájú, vezeték nélküli forgalomirányítási koncepció (a jelzőfejek saját processzorral rendelkeznek és tápellátásuk közvetlenül akár a tartóoszlopról is megoldható)**



4. ábra: Egy reprezentatív példa az elosztott irányítású rendszerre: minden jelzőfej-vezérlő egység ismeri a teljes jelzőprogramot (és így párhuzamosan ellenőrzi a többi egységet), ugyanakkor csak a saját fázisait használja

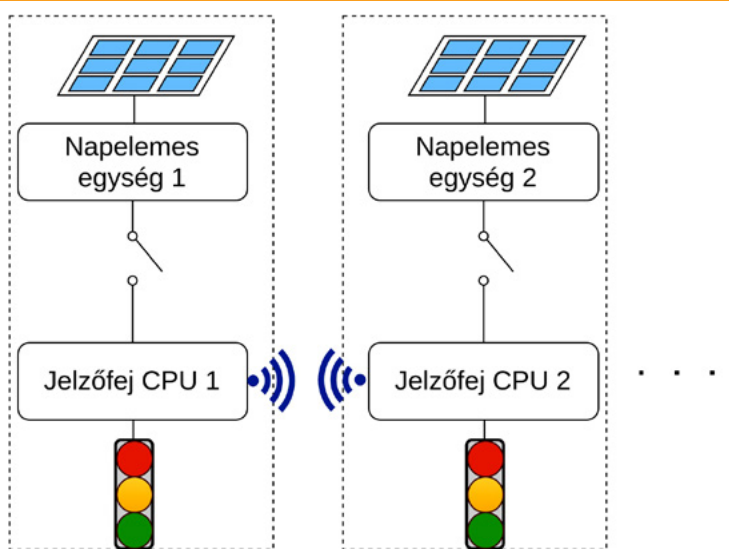


Ebben a koncepcióban (amely hazai használati mintaoltalom alatt áll: [4]) a központi vezérlőegységet eltávolítottuk, helyette a teljes vezérlési feladatot az egyes jelzőfejekhez tartozó processzorok végzik együttesen – elosztott logikával [5, 6]. Példaként a 4. ábra egy egyszerű T-cso-

a forgalomirányító berendezések az elektromos energiát az adott helyszínen elérhető közszolgáltató vállalat hálózatáról nyerik.). Új, energiahatékony megközelítésként azonban fotovoltaikus rendszer is használható: az elosztott jelzőfejek innovatív koncepciójában az

energiafogyasztást nap-elemek is kiszolgálhatják. Ezt a megközelítést az 5. ábra szemlélteti.

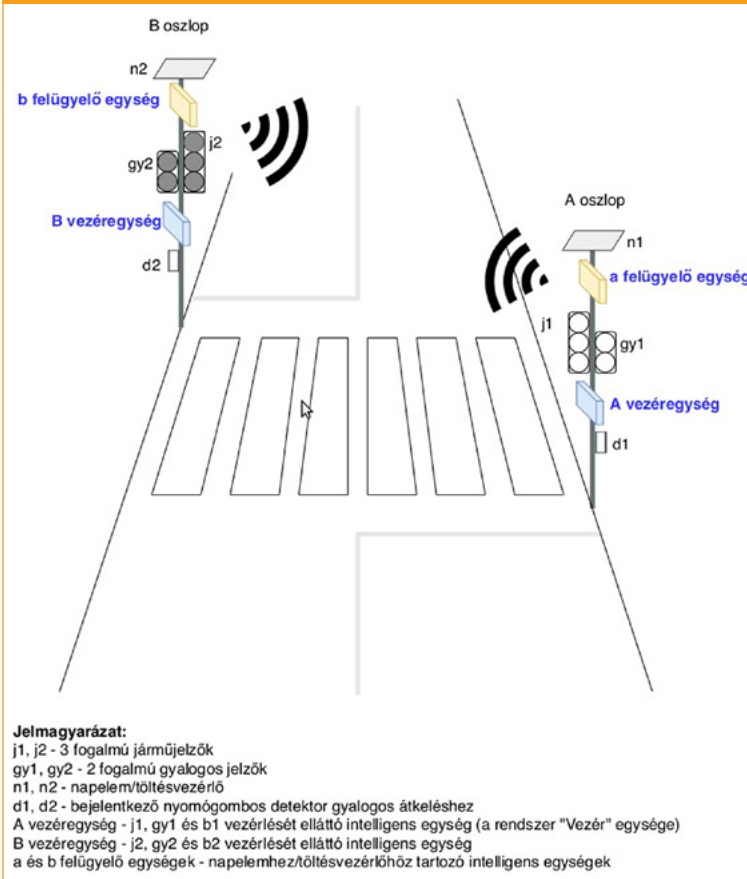
5. ábra: Elosztott irányítási architektúrájú, vezeték nélküli forgalomirányítási rendszer napelemes energiaellátással



### 3. AZ ELOSZOTT JELZŐLÁMPA EGY ELŐNYÖS KIVITELI ALAKJÁNAK BEMUTATÁSA: JELZŐLÁMPÁS GYALOGÁTKELŐ EGY-, ILL. KÉTSÁVOS ÚTON

Az elosztott logikával működő, vezeték nélküli, napelemes forgalomirányítási rendszer két kiépítésben alkalmazható gyalogátkelő biztosítására:

6. ábra: Gyalogátkelő szabályozása elosztott rendszerrel 1-sávós úton



oszlopon belül a vezérlőegység, a felügyelőegység, a jelzők, valamint a nyomógomb közötti kommunikáció kábeles összekötéssel biztosított. A két oszlop vezérlőegységei viszont egy közös, vezeték nélküli hálózaton keresztül kommunikálnak. A jelzőlámpa-rendszer döntési algoritmusait a kommunikációs csatorna típusa nem befolyásolja a logikai döntések meghozásában, pl. egy szavazó logika kiértékelésekor teljesen azonosan kerül elbírálásra a kábelben és a vezeték nélküli hálózaton érkező információ. A két vezérlőegység azonos hardverelemekből épül fel, és azonos képességekkel (szoftver) rendelkezik az elosztott koncepciónak megfelelően. Ugyanakkor az A jelű vezérlőegység némi többletfunkcióval bír. Ez az egység az ún. „Vezér”, amely a következő fő vezérfeladatokat látja el a rendszerben:

- I) 1-sávós főirány és egy gyalogátkelő irány szabályozása (6. ábra);
- II) 2-sávós főirány és egy gyalogátkelő irány szabályozása (7. ábra).

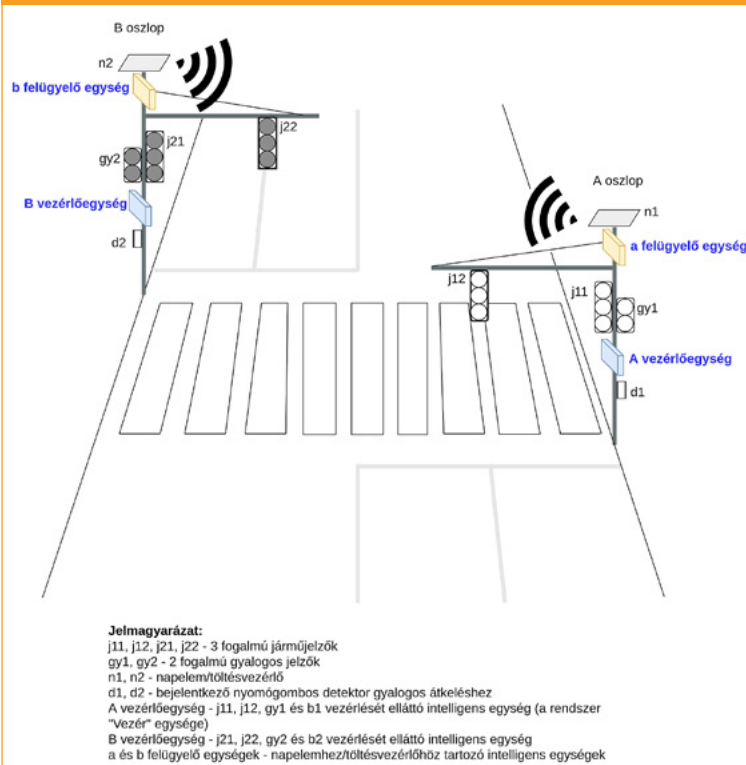
A 6. és 7. ábrákon látható rendszer felépítése alapvetően a két, energiaellátási szempontból független oszlopra (A és B) épül. Az oszlopok betáplálási forrása a tetején elhelyezett napelem (n1, n2). A rendszerben külön-külön vezérlőegységek (intelligens kártyák) tartoznak az A és B oszlop jelzőihez (gy1, gy2 gyalogosjelzők, ill. j11, j12, j21, j22 járműjelzők) és bejelentkező nyomógombjaihoz (d1, d2). A napelemekhez (n1, n2) is tartozik egy-egy intelligens kártya (a és b egységek), amelyek a felügyelő egységek szerepét is betöltik. Egy

- 1. a rendszer elindítása után szinkronizálja az egységeket;
- 2. a rendszer működése során is biztosítja a szinkronidőt: hozzá kell igazodni a B egységnek;
- 3. levezényli a jelzési programok közötti kapcsolást (be- és kikapcsoló, fix, forgalomfüggő, SV programok);
- 4. naplózza a teljes rendszer működését;
- 5. kommunikál a távfelügyeleti rendszerrel.

#### 4. REDUNDANCIÁK A FEJLESZTETT RENDSZERBEN

A klasszikus forgalomirányító berendezések esetén redundanciával biztosítják a minden-

7. ábra: Gyalogátkelő szabályozása elosztott rendszerrel 2-sávú úton



ség úgy hibásodik meg, hogy teljesen „lefagy”, azaz egyedül nem lenne képes lekapcsolni magát (és sötétre a jelzőfejet), akkor vészleállási folyamatként a vezérlőegységnek kell áramtalanítani az egész oszlop elektromos táplálását. A vészleállásra vonatkozó utasítást a felügyelőegység vagy a többi, nem hibás egységtől kapja meg, vagy önmaga dönt róla (pl. megszűnik minden kommunikáció a többi egységgel). Az izzóellenőrzés is redundáns. A feszültség- és árammérés párhuzamosan kerül megvalósításra minden fénypontra.

A berendezés fő moduljait az alábbi rendszer-technikai terv (8. ábra) foglalja össze.

kor megfelelő jelzésvezérlést. Ezt általában két független CPU kártyával valósítják meg. Ehhez hasonlóan az elosztott rendszer esetében is a dupla processzoros megközelítés került alkalmazásra a vezérlőegységekben mint leg-erősebb redundancia:

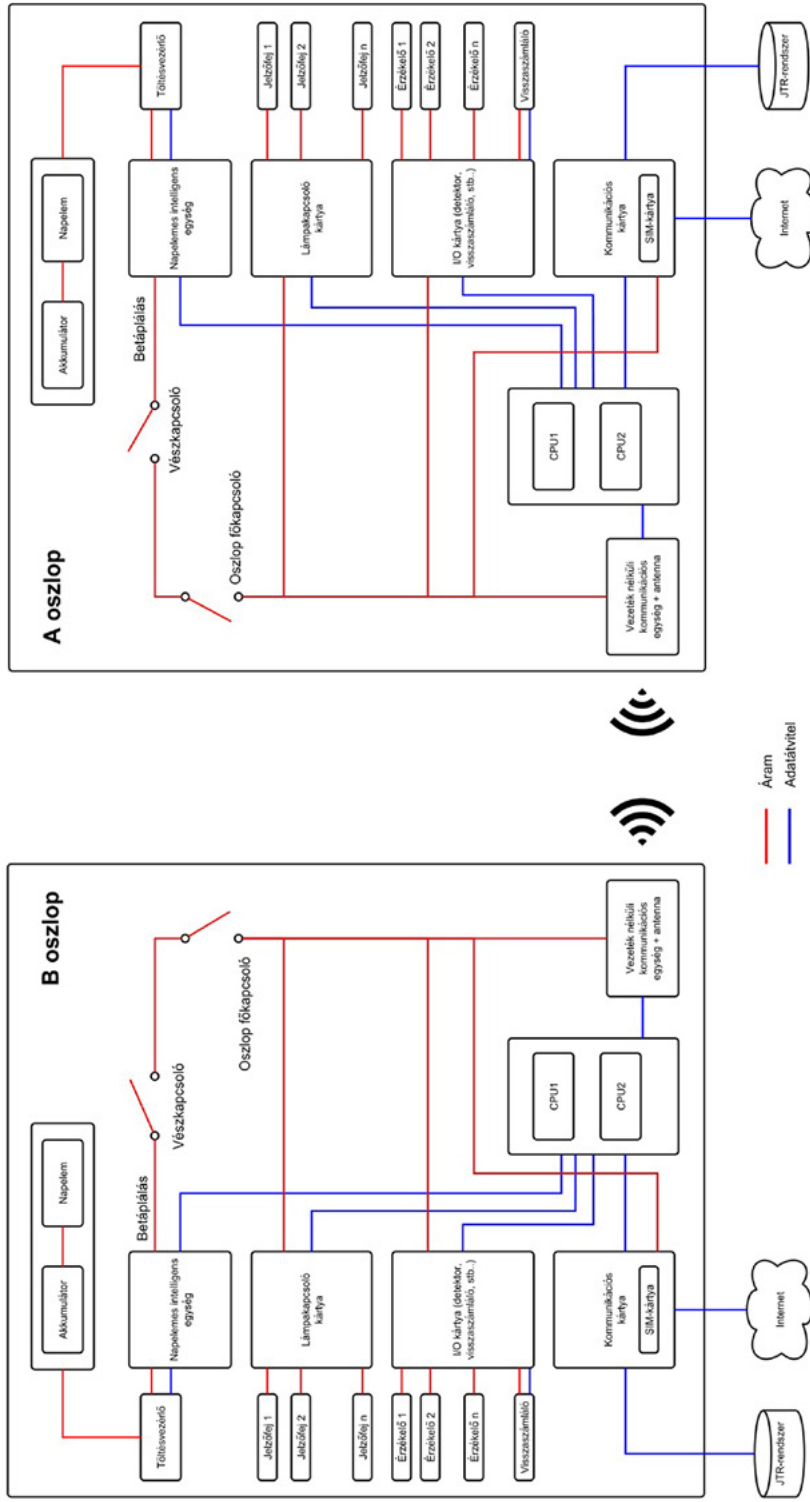
- Minden vezérlőegység kettős processzorral üzemel, így képesek egymás ellenőrzésére.
- A két CPU azonos processzorcsaládból kerül ki, de eltérő memóriákkal.
- A két CPU-n két különböző program fut.

A jelzőfejek vezérlőegységeinek áramkörétől független redundanciára is szükség van: ez ebben a rendszerben a napelemhez tartozó – a és b – felügyelő egységek áramkörével valósul meg. Ezen egységek fő célja a biztonságkritikus helyzetek kezelése. Egy jellegzetes példa erre a következő. Ha az A vagy B vezérlőegy-

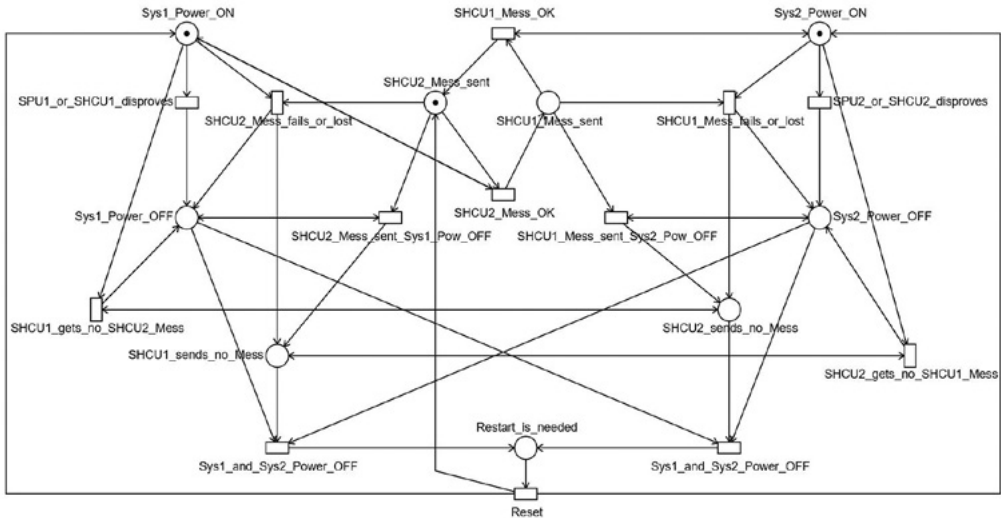
## 5. AZ ELOSZTOTT IRÁNYÍTÁSÚ JELZŐLÁMPA-RENDSZER „FAIL-SAFE” MŰKÖDÉSÉNEK VIZSGÁLATA PETRI-HÁLÓ ALKALMAZÁSÁVAL

A következőkben a rendszer „fail-safe” működésének igazolását mutatom be. A „fail-safe” működés jelentése, hogy a rendszer rendelkezik egy olyan biztonságos kimeneti állapottal, amelybe hiba esetén automatikusan belekerül, és ezt az állapotot magától nem (csak javítás, ill. újbóli indítás után) hagyhatja el. Az elosztott vezérlésű jelzőlámpa-rendszer gyakorlati alkalmazhatóságának igazolásaként a redundáns működést Petri-hálóval modelleztem, amely egy hatékony matematikai módszer diszkrét állapotú dinamikus rendszerek leírására [7]. A modellezéshez a PetriDotNet programot – egy Petri-háló szerkesztő és elemző eszközt – alkalmaztam [8]. A 9. ábra

8. ábra: Az elosztott jelzőlámpa-rendszer rendszertechnikai terve



9. ábra: Az elosztott jelzőlámpa vezérlés redundáns megvalósításának Petri-háló modellje két darab vezérlőegységre bemutatva (a modell PetriDotNet szotverben készült [8])



### Rövidítések az 9. ábrán:

- SPU1 / SPU2: napelemes (felügyelő) egység 1 / 2
- SHCU1 / SHCU2: vezérlőegység 1 / 2
- Sys1\_Power\_ON / Sys2\_Power\_ON: az 1. alrendszer (SHCU1 és SPU1) / a 2. alrendszer (SHCU2 és SPU2) be van kapcsolva
- Sys1\_Power\_OFF / Sys2\_Power\_OFF: az 1. alrendszer (SHCU1 és SPU1) / a 2. alrendszer (SHCU2 és SPU2) ki van kapcsolva
- SHCU1\_Mess\_sent / SHCU2\_Mess\_sent: SHCU1 / SHCU2 vezérlők üzenete el van küldve
- SHCU1\_Mess\_OK / SHCU2\_Mess\_OK: az SHCU1 / SHCU2 vezérlőtől származó üzenet tartalmának megfelelőségét igazolta SHCU2 / SHCU1 egység
- SHCU1\_Mess\_fails\_or\_lost / SHCU2\_Mess\_fails\_or\_lost: az SHCU1 / SHCU2 vezérlőtől származó üzenet tartalma nem megfelelő vagy az üzenet nem érkezett meg
- SPU1\_or\_SHCU1\_disproves / SPU2\_or\_SHCU2\_disproves: SPU1 vagy SHCU1 / SPU2 vagy SHCU2 nem igazolja SHCU1 / SHCU2 egység hibamentes működését
- SHCU1\_Mess\_sent\_but\_Sys2\_Pow\_OFF: SHCU1 üzenete kiment, de 1. alrendszer (SHCU1 és SPU1) ki van kapcsolva
- SHCU2\_Mess\_sent\_but\_Sys1\_Pow\_OFF: SHCU2 üzenete kiment, de 2. alrendszer (SHCU2 és SPU2) ki van kapcsolva
- SHCU1\_sends\_no\_Mess / SHCU2\_sends\_no\_Mess: SHCU1 / SHCU2 nem képes üzenetet küldeni SHCU2 / SHCU1 egységnek
- SHCU1\_gets\_no\_SHCU2\_Mess / SHCU2\_gets\_no\_SHCU1\_Mess: SHCU2 / SHCU1 nem képes üzenetet fogadni SHCU1 / SHCU2 egységtől
- Sys1\_and\_Sys2\_Power\_OFF: mindkét alrendszer (SHCU1 és SPU1, valamint SHCU2 és SPU2) ki van kapcsolva
- Reset: újraindítási művelet (alapállapotba kapcsolással) szükséges a két alrendszer bekapcsolásához (SHCU1 és SPU1, valamint SHCU2 és SPU2)

az elosztott vezérlés redundáns működésének Petri Net modelljét mutatja be. A modell az áttekinthetőség kedvéért csak két vezérlőegységre vonatkoztatva kerül bemutatásra. Ugyanakkor ezt a modellezési megközelítést ki lehet terjeszteni további vezérlőegységekre az egységek azonos biztonsági protokollja miatt. Azaz bármelyik egység (alrendszer) az egész rendszert biztonságos „fail-safe” kimeneti állapotba viheti.

A Petri-hálóval modellezett rendszerben (9. ábra) periodikus belső működést feltételezünk, azaz:

- SPU1 / SPU2 periodikusan ellenőrzi SHCU1 / SHCU2 egység hibamentes működését (a rövidítések a 9. ábra alatt vannak definiálva)
- SHCU1 / SHCU2 periodikusan küld üzeneteket SHCU2 / SHCU1 irányába,
- SHCU1 / SHCU2 periodikusan fogadja és ellenőrzi az üzeneteket SHCU2 / SHCU1 irányából.

A Petri-háló ún. T-invariánsai [7] alapján igazolható, hogy a teljes rendszer „fail-safe” állapotba jut, amennyiben kritikus probléma történik

bármelyik alrendszerben, azaz bármelyik vezérlőegység meghibásodik vagy a kommunikáció elveszik az alrendszerek között. A kiszámított T-invariáns érték megmutatta, hogy a Petri-háló bármelyik tüzelési sorozata (tüzelés alatt gyakorlatilag az állapotátmenetet értjük két diszkrét állapot között) során előállított bármelyik hiba mindig a "Power OFF" (kikapcsolt) állapotba viszi mindkét alrendszert, azaz SPU1, SPU2, SHCU1, ill. SHCU2 egységek mind kikapcsolódnak.

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

Az innováció egyrészt megvalósult koncepcionális szinten. Részletes műszaki specifikáció és követelményrendszer került felállításra annak érdekében, hogy a kialakítandó rendszer minden érvényben lévő műszaki előírásnak/szabványnak megfelelően, és ezáltal a hagyományos forgalomirányító berendezések által biztosított biztonságos működést garantálja. Másrészt a fejlesztés – az MS Kft.-nek köszönhetően – konkrét prototípus megvalósulásáig is eljutott (10. ábra). A prototípuson történt eddigi tesztelesek eredményei igazolják a megbízható, üzembiztos működést.

Legjobb ismereteim szerint a kifejlesztett vezeték nélküli közúti jelzőlámpa-rendszer egyedülálló: se Magyarországon, se máshol Európában nem forgalmaznak a jelzőlámpás cégek ilyen megoldást. A megoldás újszerűsége a vezeték nélküli technológia alkalmazásából indul ki, amely lehetővé teszi, hogy alépítmény és kábelezés nélkül, rendkívül gyorsan és költségtakarékosan telepítsünk jelzőlámpás rendszert. Emellett a berendezés energiaellátása is korszerű, hiszen a hagyományos jelzőlámpákkal ellentétben napelemes működési mód is választható. Fontos még megjegyezni, hogy a kifejlesztett rendszer minden – releváns – uniós és hazai szabványnak megfelel. Az ipari gyakorlati használhatósága mellett kiemelendő a fejlesztés tudományos hatása is, hiszen a rendszer működtetéséhez ún. elosztott szabályozási irányítás algoritmust kellett megvalósítani. A rendszerre használatiminta-oltalom is bejegyzésre került, a szabadalom jelenleg bírálati fázisban van.

10. ábra: Az elosztott jelzőlámpa-rendszer prototípusa; a vezérlőegységek az oszlopokba kerültek elhelyezésre (a megvalósítást az MS Kft. támogatta)



## KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A cikkben bemutatott rendszer prototípus szintű megvalósulását az MS Kft. támogatta.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Vincent, D.: Wireless Traffic Signal Control - How Boulder saves a bundle by replacing T1 lines with private wireless technology, IMSA Journal (International Municipal Signal Association, USA), Vol. January-February, pp. 57-58, 2008. <http://www.imsasafety.org/journal/jf08/21.pdf>
- [2] Thatsanavipas, K., Ponganunchoke, N., Mitatha, S., Vongchumyen, C.: Wireless Traffic Light Controller, Procedia Engineering, 8, pp. 190-194, 2011. DOI: <http://doi.org/dkf274>
- [3] Bo, L., Fusheng, Z.: Traffic Signal Control System Based on Wireless Technology, 2013 Third International Conference on Intelligent System Design and Engineering

- Applications, Hong Kong, China, pp. 1578-1580, 2013. <https://doi.org/10.1109/ISDEA.2012.379>
- [4] Hujber R., Tettamanti T., Varga I.: Intelligens közúti forgalomirányító rendszer, elosztott elrendezésű szabályozó logikával, Használati mintaoltalom, Lajtszomszám: 5034, Bejelentés ügyszám: U1800160/10, Elfogadás dátuma: 2019.05.31.
- [5] Tamaskovics G., Tettamanti T., Varga I.: Az intelligens jelzőfej koncepciója: vezeték nélküli, elosztott rendszerű jelzőlámpás forgalomirányítás, Közlekedéstudományi Szemle, LXVI. évfolyam, 6. szám, pp. 45-54., 2016.
- [6] Tettamanti, T.: Wireless Traffic Signal Controller with Distributed Control System Architecture. Periodica Polytechnica Civil Engineering, 63(3), pp. 918-925, 2019. DOI: <http://doi.org/d2ms>
- [7] Peterson, L.: Petri net theory and the modeling of systems, Prentice Hall, USA, 1981.
- [8] Vörös, A., Darvas, D., Hajdu, Á., Klenik, A., Marussy, A., Molnár, V., Bartha, T., Majzik, I.: Industrial applications of the PetriDotNet modelling and analysis tool, Science of Computer Programming, 157, pp. 17-40, 2018. DOI: <http://doi.org/gdfqhh>



## Concept and prototype development of a wireless traffic light system with a distributed control structure

The innovative nature of the developed traffic light system stems from the novelty that it enables wireless technical implementation in a so-called distributed regulatory structure in contrast to the concept of conventional central traffic control equipment (which has remained virtually unchanged since its inception in the early 20th century). On the one hand, the innovation has been implemented on a conceptual level: a detailed technical specification and system of requirements have been set up in order to ensure that the system to be developed complies with all applicable technical regulations / standards and thus guarantees the safe operation provided by conventional traffic control equipment. On the other hand, the development has reached the realization of a specific prototype, which – based on the tests performed so far – proves that it can operate reliably.



## Konzept und Prototypenentwicklung einer drahtlosen Verkehrsampel mit verteilter Steuerungsstruktur

Der innovative Charakter des entwickelten Ampelsystems beruht auf der Neuheit, dass es im Gegensatz zum Konzept herkömmlicher zentraler Verkehrssteuerungsgeräte (die seit ihrer Einführung am Anfang des 20. Jahrhunderts praktisch unverändert geblieben sind) eine drahtlose technische Realisierung in einer sogenannten verteilten Steuerungsstruktur ermöglicht. Zum einen wurde die Innovation auf konzeptioneller Ebene umgesetzt: es wurde eine detaillierte technische Spezifikation und ein Anforderungssystem erstellt, um sicherzustellen, dass das zu entwickelnde System allen geltenden technischen Vorschriften / Normen entspricht und somit den sicheren Betrieb herkömmlicher Verkehrssteuerungsgeräte gewährleistet. Andererseits hat die Entwicklung die Realisierung eines spezifischen Prototyps erreicht, der auf Grund der bisher durchgeführten Tests einen Beweis für den zuverlässigen und zuverlässigen Betrieb liefert.

# A követési távolság megválasztásának elmélete, gyakorlata, a közlekedőknek a hazai gyorsforgalmi utakon megfigyelt követési távolság tartási szokásainak elemzése

Az utóbbi néhány évben megtört az előző évtizedben tapasztalt kedvező közúti közlekedési baleseti trend, és ennek kapcsán fontos a figyelem felhívása arra, hogy a követési távolság be nem tartása a gyorsforgalmi utakon súlyos baleseti kockázati tényező.

A témával összefüggő osztrák és német forgalomszabályozási és szankcionálási megoldás bemutatása mellett széles körű hazai – elsősorban a NUSZ Zrt. – adatgyűjtésével, valamint az eredményeket, következtetéseket magas szintű elemzéssel megalapozva készült a tanulmány.

DOI 10.24228/KTSZ.2020.4.2

---

**Szűcs Lajos**

e-mail:szucslhome@gmail.com

---

## 1. BEVEZETŐ

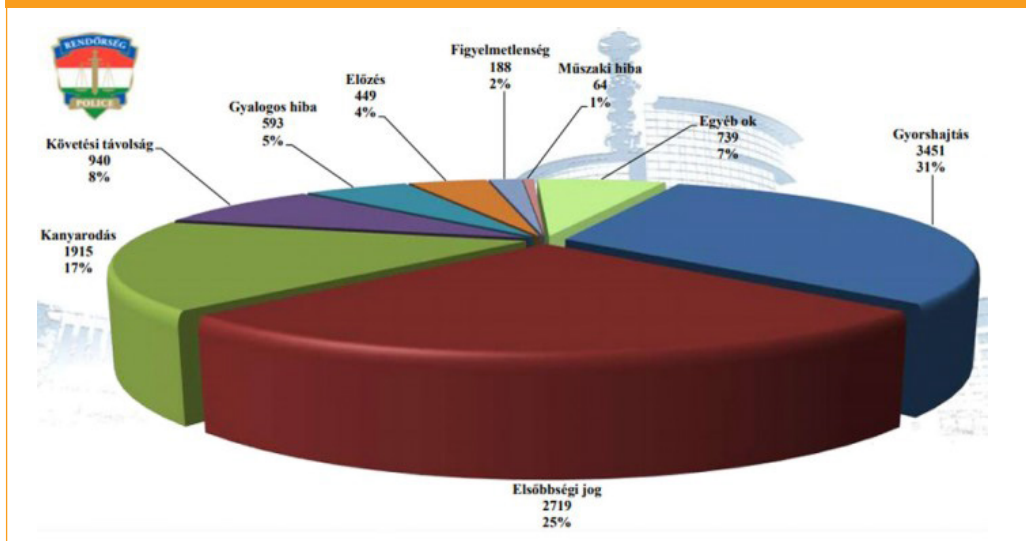
Nem csak a városi utakon, hanem a gyorsforgalmi úton közlekedők szubjektív tapasztalatai szerint is túlzottan elterjedt, hogy rájuk közelítenek a mögöttük haladók. A járművezetők számára a gyorsforgalmi utakon közlekedve ismerős helyzet az, hogy az előző sávban a megengedett 130 km/h-val közlekedőt beér egy gyorsabb jármű, amelynek vezetője ezután vagy magatartásával, fényjelzéssel, közvetett módon kierölteti a „lassabb” járművet a haladó sávba, vagy nyomatékot adva a gyorsabb haladási igényének, tartósan közelebről „tolja” az elől levőt. Az eredmény az, hogy a haladó sávban közlekedők biztonságosan kialakított követési távjainak valame-

lyikébe váratlanul besorolódik egy harmadik jármű, ezzel mindkét sávban megbomlik az ott, helyileg kialakult biztonságos közlekedési rend.

A megfelelő követési távolság betartása a gyorsforgalmi úti közlekedésben kiemelten fontos, mert a sebesség növelésével egy esetleges ütközés hatványozottan növekvő károsodással, súlyosabb sérülések kockázatával jár. Vannak országok, ahol már mérik és szankcionálják a közlekedés folytonosságát és biztonságát veszélyeztető túl rövid követési távolságtartást.

A gyorsforgalmi úton megengedett 130 km/h-s (~36 méter/s) sebességgel történő vezetés

1. ábra: A közúti baleseti okok arányai



esetén, a minimálisan szükséges, a reakció időkből és a sebességből számolt és ajánlott 60-70 méteres követési távolság érzékelése, illetve annak menet közbeni megtartása a járművezetőktől elvárt. Az erre irányuló vizsgálatok szerint a figyelem elkerülhetetlen megosztása és a becslési támpontok gyors változása miatt gyors haladás közben a távolság becslése fiziológiai korlátokba ütközik, ezért sokkal gyakorlatiasabb, elterjedtebb és megvalósíthatóbb a minimum 2 másodperces követési idő tartásának az ajánlása. A 2 másodperces követési idő érzékeltesének és a megtartásának gyakoroltatása érdekében a közútfenntartók néhol jelzéseket festenek fel az útburkolatra.

A hazai gyorsforgalmi utakon kiépített forgalomszámoló és az útdíjfizetést, a közlekedési rendet felügyelő kamerarendszerek képesek a követési távolságok – követési idők – adatainak gyűjtésére. Jelen elemzés a Nemzeti Útdíjfizetési Szolgáltató Zrt. nem reprezentatív módon kiválasztott, de nagyszámú adatot tartalmazó adatmintáinak statisztikai jellegű feldolgozásával mutatja be a gyorsforgalmi úton közlekedők követési távolságtartásának jellegzetességeit.

## 2. AZ ELEGENDŐ KÖVETÉSI TÁVOLSÁG TARTÁSÁNAK HIÁNYÁRA VISSZAVEZETHETŐ KÖZÚTI KÖZLEKEDÉSI BALESETEK

A városi közúti közlekedési balesetek egyik gyakori oka a követési távolság szabályának megszegése. A követési távolság helytelen megválasztásából eredő balesetek elemzésére viszonylag kevés adatot lehet találni a szakirodalomban, de egyes biztosítói statisztikákban baleseti okként a nem megfelelő követési távolság tartása a második-harmadik helyen szerepel.<sup>1</sup>

Az ORFK közreadott statisztikáiban a személyi sérüléses balesetek okai között az elégtelen követési távolság az arányokat tekintve negyedik-ötödik a gyakorisági sorrendben. Mivel gyakran gyorshajítás, szabálytalan előzés, figyelmetlenség az elsődleges baleseti ok, ezek mögött másodlagosan – vagy egyenrangúan – az elégtelen követési távolságtartás is ott lehet az 1. ábra szerint. (A személyi sérüléses közúti közlekedési balesetek okai 2018. január-augusztus időszakban.)<sup>2</sup>

1 <https://www.vezess.hu/magazin/2018/10/02/kozlekedesi-balesetek-kivalto-okai-biztositok/>

2 <https://www.orfk.hu>

Az általánosság szintjén a közúti közlekedési balesetek bekövetkezésének eredendő okai lehetnek a szabályozatlanság, a szabályok alkalmazásának szándékos mellőzése, azok helytelen alkalmazása, vagy véletlen figyelmen kívül hagyása. Egyéb ok, mint például az időjárási viszonyok (szélrohám) vagy műszaki jellegű pálya- vagy járműhiba, vagy ezek kombinációja is előfordul.

A gyorsforgalmi utakon történt súlyos balesetek okaira vonatkozóan fellelt konkrét adatok hiányában feltételezhető, hogy az elsődlegesen figyelmetlen vezetésben megjelölt baleseti ok mellett a követési távolság betartásának helytelen megválasztása is fennállhatott. Azokat az eseteket kivéve, amikor a balesetet okozó jármű vezetője saját figyelmét elterelte a járművezetésről – például mobiltelefon használatával – minden bizonnyal a fékezési és kormánykorrekciós reakciókra azért jut kevés idő, mert túl közel van a jármű az előtte haladóhoz.

### 3. A KÖVETÉSI TÁVOLSÁGRA VONATKOZÓ KÖZÚTI KÖZLEKEDÉSI SZABÁLYOK

A KRESZ (1/1975. (II. 5.) KPM-BM együttes rendelet a közúti közlekedés szabályairól) 27. § (1),(2),(3) bekezdése rendelkezik a követési távolságról:

- (1) *Járművel másik járművet csak olyan távolságban szabad követni, amely elegendő ahhoz, hogy az elől haladó jármű mögött - ennek hirtelen fékezése esetében is - meg lehessen állni.*
- (2) *Olyan járművel, illetőleg járműszerelvény-nyel, amelynek megengedett együttes tömege a 3500 kg-ot vagy hosszúsága a 7 métert meghaladja, lakott területen kívül másik jármű mögött olyan követési távolságot kell tartani, hogy a két jármű közé legalább egy - előzést végrehajtó - személygépkocsi biztonságban besorolhasson.*

*Nincs szükség ilyen követési távolság tartására*

- a) *ha*
  - *a vezető előzésre készül fel,*
  - *az úttest menetirány szerinti jobb olda-*

*lán két vagy több forgalmi sáv van, vagy*

- *az úton az előzés tilos,*
- b) *fegyveres erők oszlopban haladó gépjárművei között,*
- c) *egy nyomon haladó jármű (kétkerekű motorkerékpár, segédmotoros kerékpár vagy kerékpár) követése esetén.*

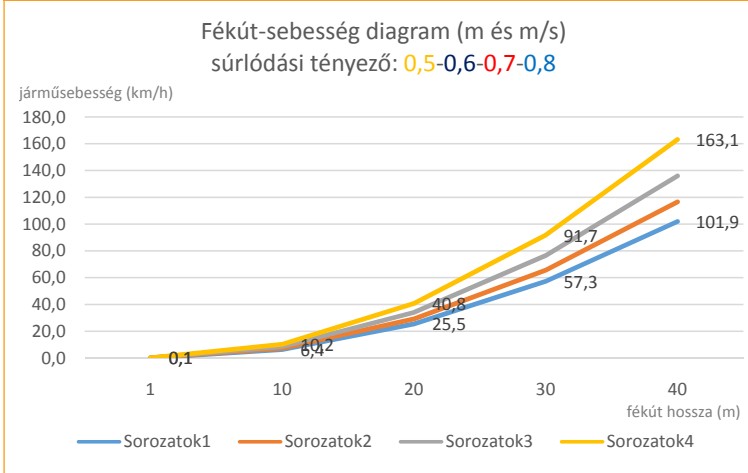
- (3) *A jármű sebességét hirtelen fékezéssel csökkenteni csak abban az esetben szabad, ha ezt a személy- vagy vagyónbiztonság megóvása szükségessé teszi.*

A (2) bekezdés a közlekedésben résztvevő járművezetők látását korlátozó nagyobb méretű járművek vezetésére, követési távolságtartására mond ki szabályokat, ennek a speciális kitételnek a vizsgálata nem tárgya jelen cikknek, de megjegyezhető, hogy az egy nyomon haladó – fokozottan sérülékeny – járművek észlelhetőségét a (2)(c) előírás nem igazán segíti az előzést befejező vagy forgalmi sávot váltó gépjármű vezetők részéről.

Az (1) és (3) bekezdés helyes alkalmazásának feltétele, hogy a járművezetők jól válasszák meg az „elegendő távolság” és a „hirtelen fékezés” együttes paramétereit, amit a gyakorlatban nyilván nem pontosan, hanem rátartásokkal határoznak meg, ha a különböző nehezítő körülmények között egyáltalán képesek azt jól megválasztani, illetve a többi közlekedési résztvevő engedi-e azt megvalósítani.

A gyorsforgalmi úti közlekedésben az előző sávot használó jármű vezetője elé, a haladó sávból figyelmetlenül, akadályt jelentően kivágó vagy bármilyen más úton, egy kereszteződésben szabálytalanul felkanyarodó jármű, legrosszabb esetben egy hirtelen történt baleset által kiváltott ütközést megelőző reflex a „személy- vagy vagyónbiztonság megóvása” jogán az alapjában tiltott, túlzottan „hirtelen fékezést” szabályossá minősíti. A követő jármű vezetője számára az eddig általa helyesnek vélt és megtartott követési távolság egy pillanat alatt túlzottan rövidde válhat. Az, hogy mekkora biztonsági rátartással közlekedik egy követési szituációban a követő jármű, az az útviszonyoktól, a mentális állapotoktól, a gyakorlottságtól függ, de alapvetően befolyá-

2. ábra: A fizikai fékút hossza a sebesség és a súrlódási tényező függvényében



solja a forgalom átlagos nagysága, mert zsúfolt forgalomban az elől haladó és a követő jármű távolságtartását, a felzárkózásra vagy lemaradásra törekvést folyamatosan alakítja a mikro-környezethez tartozó többi járművezető közlekedési magatartása.

## 4. A KÖVETÉSI TÁVOLSÁG MÉRTÉKE, ELMÉLETI MEGHATÁROZÁSA ÉS A BEFOLYÁSOLÓ TÉNYEZŐI

A korlátozó feltételek nélküli esetben tartandó követési távolság hossza **ideális** esetben a megállásig szükséges fékúttal, *addicionálisan* a reakcióidők (vezető és jármű műszaki berendezései) alatt *megtett úttal egyenlő*. Ez a távolság, a „teljes fékút” nagyon sok tényezőtől függ, ha az elől haladó jármű nem ütközik, hanem lassulva ki tud gurulni, akkor a második járműnek ennél több tere marad a fékezés megkezdésétől a megállásig. A **minimális** követési távolság – feltételezve a járművek egyforma lassulási képességet – egyenlő a *második jármű vezetőjének reakció ideje alatt megtett útjával*.

Az „**ideális**”, vagy „**biztonságosan elegendő**” követési távolság egyenlő a fékhatás felépüléséhez szükséges, átmeneti jelenségeket is kezelő és beszámító haladással megnövelt, az ener-

gia megmaradás elvéből levezethető fékúttal.<sup>3</sup>

Az egyszerűsített számítások azt mutatják, hogy a legfontosabb faktorok (sebesség, súrlódási tényező – lassulás) hatása a követési távolságra az alábbi:

$$l_{\text{fékút}} = v^2 (2g(\mu + e\%/100)) + v \cdot t_{rv} + v \cdot t_{rj} + l_{j\text{mü}} + l_{\text{bizt}}$$

ahol az  $l_{\text{fékút}}$  a fékút hossza,  $v$  a jármű sebessége,  $\mu$  az útburkolat-gumiabroncs közötti súrlódási tényező,  $e$  az emelkedő/lejtő mérté-

ke %-ban,  $t_{rv}$  a vezető reakció ideje,  $t_{rj}$  a jármű műszaki berendezéseinek reakció ideje (fékhatás felépülésének ideje),  $l_{j\text{mü}}$  az elől levő jármű hossza,  $l_{\text{bizt}}$  biztonsági ráhagyott távolság.

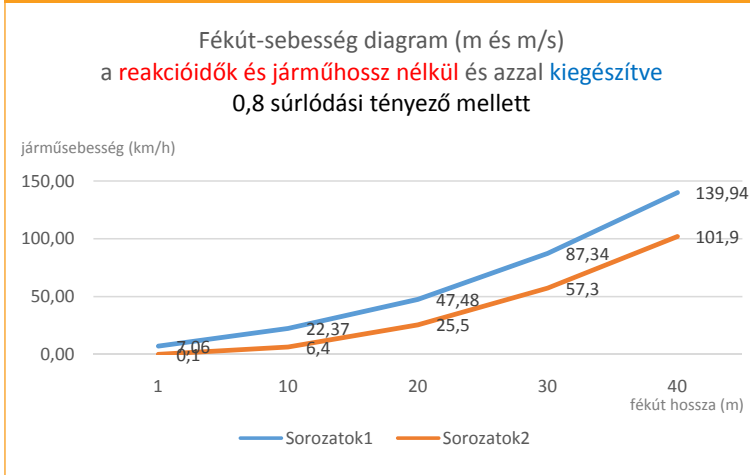
Néhány diagram segítségével érdemes áttekinteni a később kielemezett mérésekből származó értékek értelmezhetősége miatt az egyes tényezők kihatását a fékút hosszának alakulására.

A gyorsforgalmi utakon megengedett 130 km/h (36 m/s) sebességnél a súrlódási (tapadási) tényező gyakorlatban előforduló mértékei mellett 50-60 méter fékút különbségeket mutatnak a számított értékek.

Egyes vizsgálatok szerint a gumiabroncs anyagának minősége („téli” vagy „nyári”), a mintázat mélysége a 2. ábrán lévő esethez hasonlóan megnövekvő fékúttakat eredményez. Az előírások személgépkocsikra minimálisan 1,6 mm gumi-profilmélységet írnak elő, azonban 3 mm alatt jelentősen romlik a fékezés hatásossága. A gumiabroncs gyártása óta eltelt idő (több mint 6 év esetén) szintén rontja a keverék tapadási képességét. Az újabb járművek (vész)fékasszisztens berendezései a követésben második jármű számára előnyösek, de ha ilyen felszereltségű

<sup>3</sup> <https://docplayer.hu/39361690-A-forgalomsuruseg-es-a-kovetesi-tavolsag-kapcsolata.html>

3. ábra: A szükséges követési távolság hossza a sebesség függvényében a fizikai fékúthoz mérten

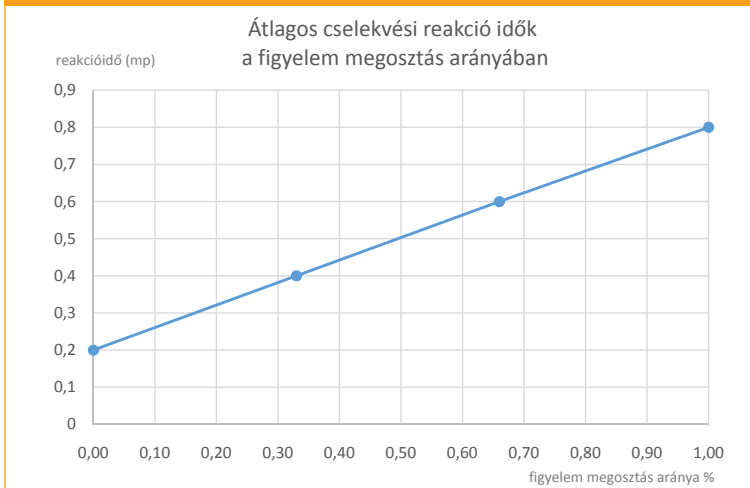


jármű halad elöl, a másodiknak rövid vezetői reakció időkre és kiváló minőségű gumiabroncsokra lehet szüksége egy kritikus helyzetben, megelőzendő egy ráfutásos balesetet.<sup>4</sup>

A reakció idők – elsősorban a vezetői reakció idő (1 másodperc) – figyelembevételével és egy személygépkocsi járműhossz (5 m) hozzáadá-

4 <https://das.hu/jogi-esetek-es-hirek/a-kovetesi-tavolsagrol-avagyhogyan-keruljuk-el-az-utolereses-baleseteket/>

4. ábra: Átlagos reakció idők koncentráció mellett, egyszerű, kettős, és többszörös figyelem megosztással



sával jelentősen nő a megállásig számított fékút hossza.

Egy másodperc reakcióidő a gyorsforgalmi úti sebességnél 36 méterrel növeli meg a teljes fékutat. Gyakran vita-téma, hogy mekkora is a reakció idő, eltúlzott az egy másodperc, vagy nem? Mérések igazol-ják, hogy a figyelem megosztásától függően átlagos esetben a reagá-lási idő 0,2-0,8 másod-perc között szóródik. Járművezetéssel töltött hosszabb (2 óra) idő, a

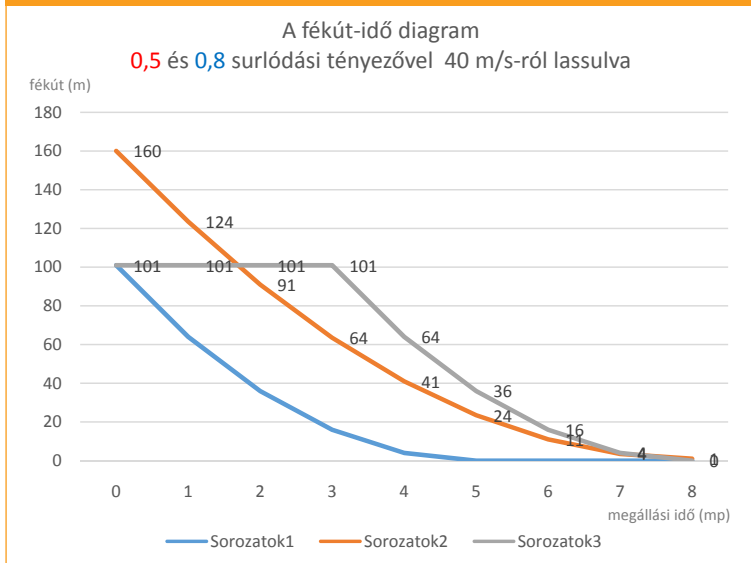
jármű fedélzeti eszközeinek, a műszerfalnak, a klímaberendezés adatainak/információinak, a rádióknak, a navigációs eszköznek, sajnos sok esetben a telefon jelzéseinek figyelése, de akár az utasokkal való társalgás is, erősen terhelik a vezető figyelmét.

Erősen megosztott figyelem mellett az egy másodpercet megközelítő reakció idők mérés-sel alátámasztottak, huzamosabb vezetési idő monotoníája mellett nem túlzás egy másod-perccel számolni.<sup>5</sup>

Az 5. ábra azt mutatja, hogy egyenlő, 40 m/s haladási sebességek mellett, egyszer 0,8-es, másodszer annak 60%-át elérő, 0,5-es súrlódási tényezőt feltételezve, a hatásosabban fékező jármű teljes fékútja 101 méter, a gyengébben fékező 160 méter. Amikor a jobb lassulású jármű már áll – mintegy

5 [http://www.epa.oszk.hu/00300/00342/00274/pdf/EPA00342\\_fizikai\\_szemle\\_2013\\_07-08\\_248-251.pdf](http://www.epa.oszk.hu/00300/00342/00274/pdf/EPA00342_fizikai_szemle_2013_07-08_248-251.pdf)

5. ábra: Eltérő súrlódási tényezőkkal lassuló járművek megállásig hátralevő útja az idő függvényében



5 másodperc lassulás után, a másik járműnek még 41 méter szükséges a teljes megállásig, és további 3,5 másodpercet gurul. Más oldalról értelmezve: a jobb tapadási körülmények mellett a példálvott esetben 3,5 másodperccel később kezdett fékezésnél egy időben áll meg a két jármű. Ebből érzékelni lehet, hogy a ráfutásos balesetek elkerüléséhez elégséges követési távolság a fékezés hatékonyságának több tényezőjétől (a példában a súrlódási tényezőktől, a valóságban emellett a fékhatás felépülésétől, az ABS szabályozás minőségétől) függ, és ezek kismértékű módosulásával is jelentősen változik.

## 5. A KÖVETÉSI TÁVOLSÁG MEGÁLLAPÍTÁSÁNAK ÉS SZÁMONKÉRESÉNEK GYAKORLATA

A követési távolságra vonatkozó, fentiekben csak érintőlegesen bemutatott, befolyásoló tényezők és hatások mellett, az általánosságban megfogalmazott (megfogalmazható) szabály („elegendő ahhoz, hogy meg lehessen állni”) utal arra, hogy konkrét esetben – járművezetés közben – életszerű helyzetben csak becsléssel élhetünk, és a mindennapi alkalmazhatóság, az oktathatóság és a járművezetési rutin ki-

alakíthatósága miatt az elméleti számításokhoz mérten jelentős egyszerűsítéseket kell alkalmazni a gyakorlatban.

Két, haladásban levő jármű közötti távolság becslése a látásunk alapján, egyre nagyobb sebességeknél, egyre nagyobb hibával hajtható végre. A sebességtől függő, méterben kifejezett ajánlott távolság előírása helyett elterjedt a kétmásodperces követési időköz betartásának ajánlása, mert ez az ember érzékszerveivel elég jól becsülhető. Ha az elöl haladó jármű elhaladása során meg-

figyelhető egy út menti tárgy (oszlop, fa, portál) mellett az elhaladásának pillanata, akkor megfelelő a követő jármű távolságtartása, ha közben 2 másodperc számítható meg.

A követési távolság közlekedésbiztonsági jelentőségét felismerve, Németországban a Német Közlekedésbiztonsági Tanács 2018 nyarán indította meg a „2 Sekunden können Leben retten” „2 másodperc életet menthet” közlekedésbiztonsági kampányát, amit szabályozásmódosítások követtek.<sup>6</sup>

Mostanra, egyes országok gyakorlatában, már a szabályozás szankcionálandó tételévé is emelkedett a követési időnek bizonyos feltételek mentén történő megkövetelése. Ausztriában a szabályokba bekerült egy 1 másodpercnyi követési minimum tartása, és bírsággal is fenyegetett az, aki a követési távolságot kisebbre veszi 0,8 másodpercnél. Ez egységesen vonatkozik személy- és tehergépkocsikra, de utóbbiaknak az autópályákon kívül legalább 50 méteres távolságot kell hagyniuk az előttük haladó járműtől. Az ellenőrző hatóság egy erre kifejlesztett eszköz (számítógépes alkalmazás)

<sup>6</sup> <http://kreszvaltozas.hu/magazin/etlemento-ket-masodperc/>

segítségével kalkulálja a követési időt és távolságot az elhaladó jármű sebességének és a követési időköznek a méréséből.

Németországban a személygépkocsinál a 2 másodperces szabály él, tehergépjárműveknél 50 km/h felett legalább 50 méteres követési távolságot kell tartani. A szabályszegők bírsága nagy, 75-400 EUR közötti.

Összehasonlításképpen, nálunk a KRESZ 27.§. (2) megsértése miatt születtek bírságok – a két jármű közötti távolság szubjektív megítélése mellett – a gyakorlatban 5-150 eFt közötti tételekkel sújtott, közúti közlekedés veszélyeztetése címen.<sup>7</sup>

## 6. A KÖVETÉSI TÁVOLSÁG ÉS A FORGALMI PARAMÉTEREK KAPCSOLATA

A forgalomban a követési távolság hossza, a követés időköze vagy tudatos cselekedet útján, vagy ösztönös, tanult módon alakul ki, leginkább a járművezető által észlelt forgalom nagyságától függően. Sűrűbb forgalomban a járművek közelebb kerülnek egymáshoz, ezáltal közlekedésbiztonsági szempontból felmerül a követési távolság kialakításának igénye. Ritkább forgalomban a közelség hiánya miatt pedig nem jelentkezik a közlekedésbiztonsági kockázat. Túlzottan sűrű forgalomban a járműveknek a ráfutasokat megelőző lassítása és az ezt követő gyorsítása olyan követési idő hullámzást, szakaszos torlódást vált ki, ahol egyes keresztmetszetek egyes időpontjaiban a sebesség akár az átmeneti megállásig is lecsökken. Ezért a közutak tervezéséhez irányadó forgalomnagyságok kerültek meghatározásra, nagyobb forgalmak esetén több forgalmi sáv, vagy más módú kapacitásbővítés ajánlott.

A követési távolság/idő szempontjából releváns fogalmak és forgalmi paraméterek:

### Átlagssebesség:

Az adott útkeresztmetszeten időegység (óra)

alatt áthaladó járművek mért sebességének átlaga ( $V_{\text{átl}}$  (km/óra))

### Forgalomnagyság:

Az adott útkeresztmetszeten időegység alatt áthaladó járművek száma (F (jármű/óra))

### Forgalomsűrűség:

Az adott keresztmetszethez értelmezhető egységnyi útszakaszon levő járművek száma (D jármű/km))

A járműfolyam inhomogenitása miatt gyakran „egységjármű”-ben (Ej) történik a járműszám megállapítása, ahol a személygépkocsi az egység.

A megengedett és eltűrhető forgalomnagyság értékeit az egyes útkategóriákra az ÚT 2-1. 201:2008. útügyi előírás (Közutak tervezése; a KTSZ) tartalmazza.

1. táblázat

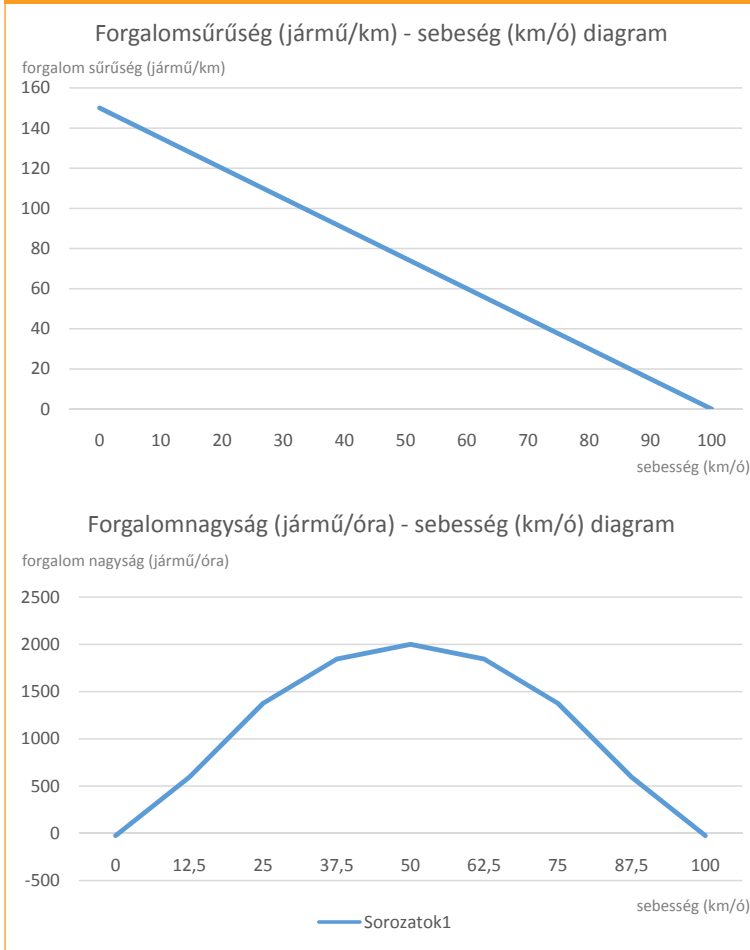
KÜLTERÜLETI KÖZ- UTAK	MEGFELELŐ	ELTŰRHETŐ
	MEGENGEDETT FORGALOM- NAGYSÁG (Egységjármű/óra)	
	FM	FE
Autópálya forgalmi sáv	1200	1700
Autóút forgalmi sáv	1100	1600
Két forgalmi sáv, kétirányú forgalommal összesen	1200	2000
Egy irányban két vagy több forgalmi sáv utak forgalmi sávonként	1000	1400
Két forgalmi sáv utak, kétirányú forgalommal összesen	1400	2000

Az eltűrhetőnél nagyobb forgalomnagyság közlekedésbiztonsági kockázatot jelent, mert a sűrűbb forgalom kisebb követési távolság tartására ösztönzi a résztvevőket, és egyben sebességsökkentésre is.

Az adott keresztmetszeten egy óra alatt át-eresztett forgalom a sebességgel együtt egy mértékig növekszik, utána a sebesség négyzetével növekvő fékút miatt egyre nagyobb távolságot tartanak a járművezetők, emiatt a

<sup>7</sup> <https://www.vezess.hu/haszongepjarmu/2018/08/24/120-ezer-forintos-bunti-ha-nem-tartod-a-kovetesi-tavolsagot/www.oeamtc.at>

6. ábra: A forgalomsűrűség és a forgalom nagyság kapcsolata



forgalom nagyság visszacsökken. Az elméletet a gyakorlat annyiban változtatja meg, hogy a járművezetők az indokltnál kisebb követési távolságokat tartanak, gyakorlatilag a reakció idejük mértékéből és a sebességből számolható hosszúságút, úgy kalkulálva, hogy a járművek fékútja egyenlő. Egyenletes sebességnél ebből közvetlenül még nincs gond, az áramló sor lassulásánál már lengések keletkeznek a sebesség és a távolság vonatkozásában egyaránt (6. ábra).<sup>8</sup>

8 <https://doksi.hu/get.php?lid=13367> (Kálmán L-Koren Cs -Tóth-Sz. Zs: Közúti forgalomtechnika I.

## 7. A KÖZLEKEDŐK KÖVETÉSI TÁVOLSÁGTARTÁSA/KÖVETÉSI IDŐKÖZE ELEMZÉSÉNEK LEHETŐSÉGEI

A követési távolságnak – időköz – a megválasztása mérésekre alapuló statisztikai módszerekkel elemezhető, a járművezetői szokások e téren megismerhetők, mert erre alkalmas hazai adatok is tömegével állnak rendelkezésre. A közúti forgalom számláló eszközök, a közlekedésbiztonságot vagy az útdíjfizetést szolgáló ellenőrző portálok másodperc pontossággal rögzítik az alattuk közlekedő járművek elhaladási időpontjait. A rögzített követési időköz-adatok statisztika jellegű, kutatási célú feldolgozásával a járművezetők követési időre vonatkozó szokásai megismerhetők, elemezhetők.

A követési időközök elemzéséhez a módszertan kialakítása és az alapvető összefüggések megállapítása céljából a Nemzeti Útdíjfizetési Szolgáltató Zrt. adataiból minta jelleggel kiválasztott, megfigyelt két nap 2019. június 5-e és november 6-a volt. A feldolgozott forgalmak időpontjai reggel 9-10, délután 15-16 és este 22-23 óra közé estek, az M1, M7, M3 és M5 gyorsforgalmi utak egy-egy pályaszelvényében. Ekkora minta mintegy 65 ezer jármű adatát foglalja magába, és az ajánlott, minimum 2 másodperces követési időköz betartásának, illetve be nem tartásának körülményeit több szempontból is vizsgálhatóvá teszi. Az adatgyűj-

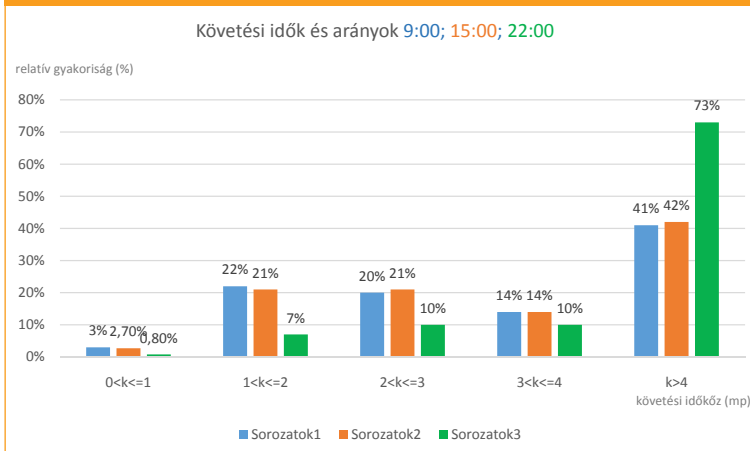
téshez a mérési helyek a NÜSZ Zrt. díjfizetés ellenőrző fix-portáljai voltak, amelyek, mint figyelmeztető táblával jelzett kamerás ellenőrzési pontok, a tapasztalatok szerint a megengedett sebesség adott helyen történő pillanatnyi betartására ösztönzik és készítik is a gyorshajtók többségét. A sebesség megválasztásánál „kikényszerített” óvatosságot a 2 másodperces követési időköz megtartása tekintetében a portálok mérési adatainak az elemzése azonban már nem igazolta, e tekintetben a feltártak a veszélyesen, illetve kockázatosan kicsi követési távolság (idő) tartás – némely körülmények között egészen magas arányú – előfordulását igazolták.

Az adatok összességének feldolgozása a különböző időpontokban és forgalomsűrűség-kategóriákban átlagszámok képzésével, a 0-1 másodperc közötti, az 1-2 másodperc, a 2-3 másodperc és 4, illetve annál több másodperc közötti intervallumba eső gyakoriságok számbavételével, illetve arányaik számolásával történt. A választott időintervallumoknak a közlekedésbiztonság mértékével való kapcsolata a következő módon jellemezhető:

2. táblázat

Követési idő (k másodperc)	Baleseti kockázati mérték
$0 = <k < 1$	Fokozottan balesetveszélyes
$1 = <k < 2$	Balesetveszélyes
$2 = <k < 3$	Csökkentetten balesetveszélyes
$3 = <k < 4$	Nem balesetveszélyes
$4 = <k$	Biztonságos

7. ábra: A mért követési időközök relatív gyakorisága napszakonként



## 8. A MÉRT ADATOK STATISZTIKAI ELEMZÉSÉNEK EREDMÉNYEI

A kiválasztott elemzési módszer elsődlegesen a forgalomsűrűség (jármű/óra, a továbbiakban rövidebben: „jmű/ó”), ezen belül a napszakok, illetve az előző és haladó sávokra bontott forgalmak alapján a járművek a vizsgált öt követési időközosztályához rendeltén, az oda sorolható járművek relatív gyakorisága tekintetében keresett és mutatott ki a körülményektől függő sajátosságokat.

A 65 ezer mérés összességére vonatkozóan az eredményeket a 7. ábra tartalmazza.

Az ábrában feltüntetett időpontokhoz a 3. táblázatban feltüntetett forgalmi adatok tartoznak.

A 7. ábra azt mutatja, hogy a biztonságos közlekedés gyakorlata által megkívánt 2 másodperces követési időközt a nagyobb forgalmú reggeli és délutáni időpontokban a járművezetők mintegy 25%-a (!) nem tartja be, ezen belül 3% kifejezetten túl rövid, fokozott baleseti kockázatot jelentő 1 másodperc alatti követési időköz tart. További 35% a kellő vezetési figyelem mellett kisebb baleseti kockázatot jelentő 2-4 másodperces, és 40 %-a az adott körülmények között a legbizton-

### 3. táblázat

Mérések száma (hely és idő, db)	Időszak (óra)	Minimális forgalom nagyság (jmű/óra)	Maximális forgalom nagyság (jmű/óra)	Átlagos forgalom nagyság (jmű/óra)
28	9 - 10	495	1268	787
18	15 - 16	459	1239	901
27	22 - 23	78	569	302

ságosabb 4 másodpercnél nagyobb követési időközt tudja tartani. A kisebb forgalmú – és rosszabb látási viszonyokat jelentő – 22-23 órák között a járművek közel 1%-a fokozottan balesetveszélyesen, 8%-a baleseti kockázattal, 20%-a elégséges követési idővel, 73%-a biztonságosan közlekedik a követési idő szempontjából. Nyilvánvaló, hogy az éjszakai időszak kisebb forgalma több lehetőséget ad a nagyobb követési távolságok betartására, azonban az elméletben rendelkezésre álló 12 másodperces követési idő mellett elgondolkodtató, hogy járművezetők majdnem 10%-a 2 másodpercnél kisebb követési időt tart. Az is kitűnik, hogy a vizsgált keresztmetszetben az egy óra alatt áthaladó járművek számával fordított összefüggést mutat a helytelenül, túl rövidre megválasztott követési idő gyakorisága. Helyesen megválasztott követési időre az 1000 jármű/óra mértékű sávforgalom (átlagosan 3,6 másodpercenként egy jármű) már beláthatóan, de nem teljesen indokolhatóan kisebb esélyt ad.

Az adatfelvételhez szükséges, a videotechnika vezérlését biztosító, nem hitelesített sebességmérés alapján, a mért sebességek átlagai a különböző időszakokban az előző sávokban 115-127 km/h, a haladó sávokban 100-112 km/h között szóródtak, tehát a legnagyobb zsúfoltságot jelentő 1200 jármű/óra forgalomnagyság mellett sem voltak a minta napjain és időszakokban jelentős forgalomlassulást okozó tényezők a mérési helyek közelében.

A kiválasztott mintában a legnagyobb forgalomnagyságot a valamivel több, mint 1200 db egy óra alatt elhaladt járműszám jelentette. A követési idő megválasztásával kapcsolatos részletek és sajátosságok feltárásához a forgalomsűrűség 1 – 1200 jmű/ó tartományát 4 részre volt célszerű felosztani, ezen belül a

napszakok és az előző-haladó sávok szerinti vizsgálati részletek eredményei egymásra épülő törvényszerűségeket mutatnak.

### 4. táblázat

Forgalomsűrűség (jármű/óra)	Jellemzés
0 - 299	kis forgalom
300 - 599	kis-közepes forgalom
600 - 899	nagy – közepes forgalom
900 (- 1200) - 1268	nagy forgalom

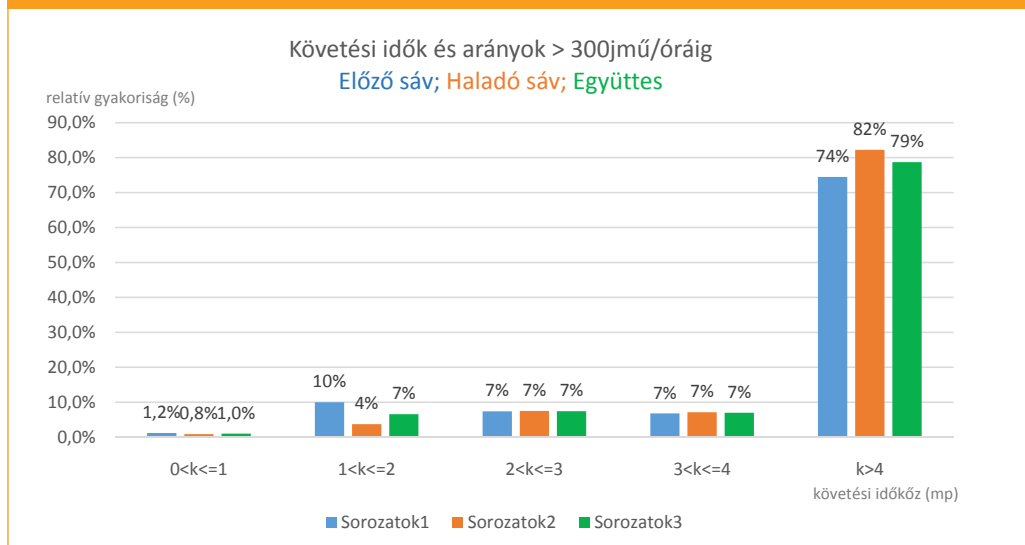
#### 8.1. A 0–299 jmű/ó közötti forgalomsűrűségű tartomány követési időközének vizsgálata

Az adatmintában a legkisebb mért forgalomsűrűségű tartomány 14 mért keresztmetszetben/ időpontban fordult elő, a sávok átlagos forgalma 78-289 jmű/ó között mutatkozott, az átlagos forgalomsűrűség 187 jmű/ó-ra adódott. A minta alsó negyedében ez elvben 23 másodperc átlagos követési időt jelentett.

A 8. ábra szerint külön vizsgálva az előző és haladó sávokat, jellemző különbségek mutatkoznak. Egy 15-16 óra közötti mérés (M1U15K701M, haladó sáv, jobb pálya, 2019.06.12) kivételével minden alacsony forgalomsűrűséget eredményező mérés a 22:00 - 23:00 óra közötti intervallumba esett.

Az előző sávok forgalma nyolc mért keresztmetszetben és időpontban 78-269 jmű/ó között mozgott, ez átlagban 149 jmű/ó mennyiséget és átlagosan 29 másodperc/jármű sűrűséget jelentett.

8. ábra: A követési időközök relatív gyakorisága alacsony forgalomsűrűség mellett, forgalmi sávonként



A haladó sávok forgalma 156-289 jmű/ó között ingadozott – átlag 238 jmű/ó –, hat mért keresztmetszet és időpont átlagában.

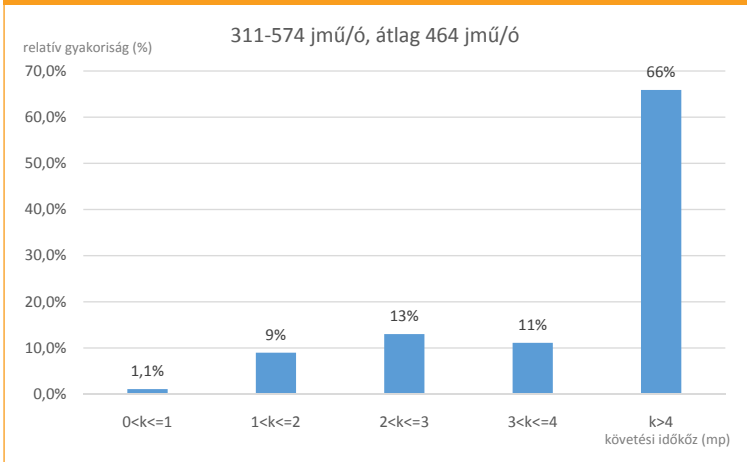
A követési idő megtartásának a kedvező alacsony forgalomintenzitás és a jellemzően korlátozó látási viszonyok ellenére az előző sávokban a vezetők 1,2%-a fokozottan kockázatos, további 10%-a a még balesetveszélyt jelentő egy-két másodperc közötti követési időt választott. A haladó sávban a kockázatos követési idő 1% alá szorult vissza, és csak a vezetők további 4%-a tartotta azt az ajánlott 2 másodperc alatt. Az előző sávban a ritka forgalomban vélhetően sebességtúllépéssel közlekedők „tolhatták” a megfigyelt keresztmetszetekben is a lassabban haladókat, a szoros követéssel kierőltetve azok félre húzódását a haladó sávba. A haladó sávban nagy arányban közlekedő teherautók egyre inkább a távolságtartásra is beállítható „adaptív tempomat”-tal közlekednek, így meglepő a nem megfelelő követési idő 5%-os arányban mért előfordulása. Az adatrögzítés másodpercenkénti üteme mellett az is lehet, hogy a 2 másodperces ajánlott követési idő 75-99%-ával közlekedett az említett 4%, ami a gyakorlatban már akár nagyon közel is lehetett az ajánlott követési időközhez. En-

nek valószínűsége azonban csekély, inkább a tempomaton a követési távolság szándékos rövidre állítása a valószínűbb magyarázat a kis követési időkre, az elől haladó teherautó légörvényeinek elkerülése, az üzemanyag-fogyasztást növelő közegellenállás csökkentése érdekében.

## 8.2. A 300–599 jmű/ó közötti forgalomsűrűségű tartomány követési időközeinek vizsgálata

A forgalomsűrűség második negyedét képviselő kis és közepes forgalomban, 464 jmű/óra átlagos forgalomsűrűség mellett a 9. ábrán az látható, hogy itt is 1% körül mutatkozik a veszélyesen kicsi követési távolságot tartó vezetők aránya, velük együtt 10%-ot tesznek ki a minimálisan ajánlott követési időt be nem tartók, miközben az átlagos járműkövetési idő még mindig 8 másodperc lehetne. Ebben a forgalomsűrűség tartományban már jól érzékelhető növekedés van a forgalom ritmusához alkalmazkodó, felzárkózó, de a 2-4 másodperces biztonságos követési időt tartó vezetői hányad – ez itt közel egy negyede a közlekedőknek, szemben a kisforgalmú esetek 14%-ával.

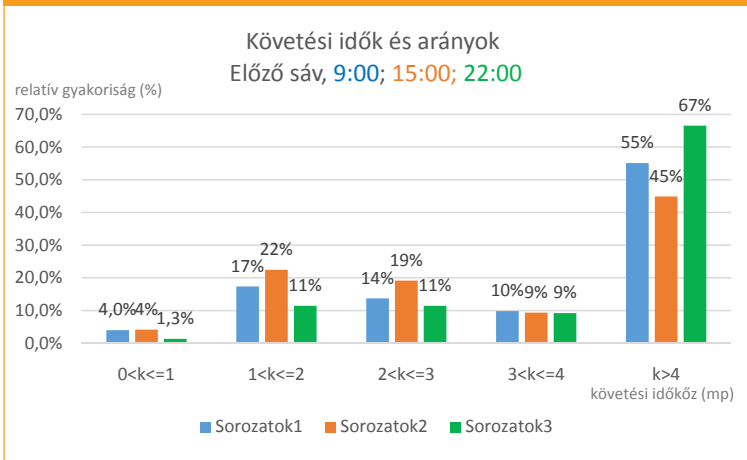
**9. ábra: A mért követési időközök relatív gyakorisága kis-közepes forgalomsűrűség esetén**



ra csökken a tolakodók aránya, és csak 11% nem tartja az ajánlott követési időt.

Az 11. ábra szerint a haladó sávban a 300-600 jmű/óra közötti forgalomban elenyésző kisebbség zárkózik fel túlzottan az előbb haladóra, mintegy 0,3%, és az éjszakai órában mért 5%-os kockázatos arányuk nappali közlekedési viszonyok mellett is csak 7%-ra nőnek. A járművezetők közel 80%-a a biztonságos követési időköz tartományt választja.

**10. ábra: A kis-közepes forgalomban mért követési időközök relatív gyakorisága az előző sávban, napszakonként**



### 8.3. A 600-899 jmű/ó közötti forgalomsűrűségű tartomány követési időközeinek vizsgálata

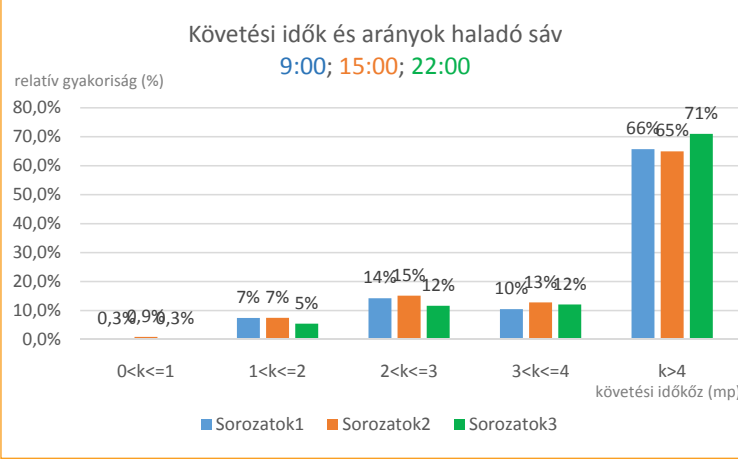
A közepesen magas mértékű forgalom elemzése azt mutatja, hogy ekkora forgalmak a mért gyorsforgalmi úti keresztmetszetekben már csak napközben alakultak ki, és ettől a forgalmi szinttől megemelke-

A 10. ábra mutatja, hogy az előző sávban napközben a kifejezetten veszélyesen közelítők aránya 4%, és 17-22% nem tartja az ajánlott 2 másodperces ütemet. A közlekedők 14-20% között közlekedők vannak az ajánlott követési idő környékén, az annál kevéssel nagyobb követési közt tartók száma. A közlekedők 55-65%-a él az átlag 8 másodperces átlagos ütem adta „hézagos közlekedés” biztonságának a lehetőségével. Az éjjeli időszakban megmutatkozik az óvatosság, és az előző sávban is 1,3%-

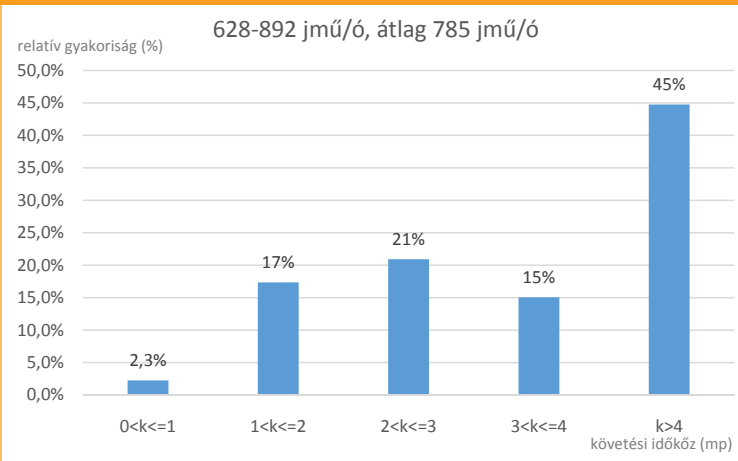
dik az elégtelen követési időt tartók aránya, akik itt már 2,3%-ot képviselnek. A rendelkezésre álló átlagos 5 másodperces átlagos ütemidőben vagy még ritkábban már csak a járművek mintegy 45%-a közlekedik, a 36%-os, legnagyobb arányt képviselő hányad felzárkózik az előttük haladókra, de tartja a biztonságos 2 - 4 másodperces követési ütemet. (12. ábra)

Az előző sávokban a 13. ábra szerint a reggeli órákban 4%-ot meghalad a veszélyesen rövid

11. ábra: A kis-közepes forgalomban mért követési időközök relatív gyakorisága a haladó sávban, napszakonként



12. ábra: A nagy-közepes forgalomban mért követési időközök relatív gyakorisága



követési távot tartók aránya, velük együtt már 28% az ajánlott követési időt meg nem tartók aránya. Alig több az ajánlott mértéket 1-2 másodperccel növelők aránya, de még 40-45% tud a követési idő szempontjából biztonságos tartalékkal közlekedni.

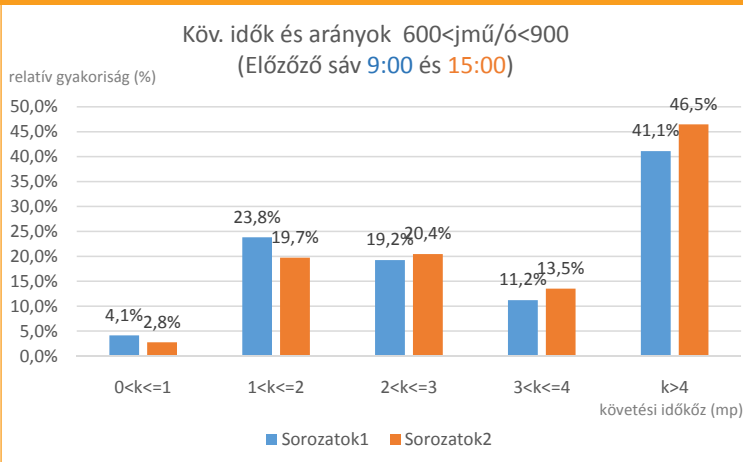
Teljesen más képet mutat a haladó sávok forgalmának elemzése. A fél százalék körüli „tolakodó” arány, a 10%-ot kis mértékben meghaladó „kockázatos”, mellettük ebben a viszonylag erős forgalomban is 22-23% az

elégéses biztonságos módon közlekedők aránya. A felzárkózott, de a 2-4 másodperces elégéses-biztonságos követési időt tartók hányada 41-42%. A nagy többség, mintegy kétharmad, a 3 másodpercnél nagyobb, biztonságos időtartományban követi az előtte haladót. Ennek a megoszlásnak az oka minden bizonnyal a tempomattal vezetett, viszonylag homogén sebesség beállítással (90 km/h a tapasztalatok szerint) közlekedő, magas arányt kitevő tehérgépkocsik lehetnek. A feltevés igazolására az adatfelvétel során rögzített járműhosszúság alapján a továbbiakban el lehet végezni a személgépkocsikra és tehérgépkocsikra vonatkozó gyakoriság vizsgálatokat, és a technikai (nem hitelesített) mért sebességek alapján a sebesség hullámzás („hernyózás” vagy „harmonikázás”) és a követési időváltozás kapcsolatát is lehetne mélyebben elemezni. (14. ábra)

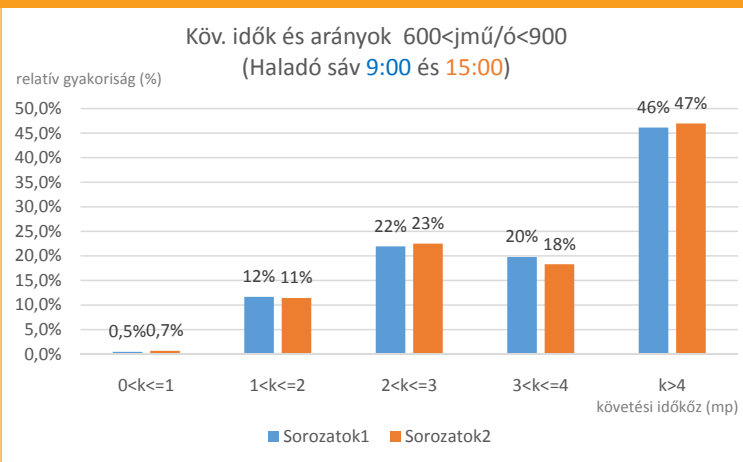
#### 8.4. A 900–1199 (1269) jmű/ó közötti forgalomsűrűségű tartomány követési időközeinek vizsgálata

A nagy forgalomsűrűségű felső egynegyedben a 15. ábra szerint már csak 3,6 másodperc áll átlagosan rendelkezésre a követő járművek között. Ennek megfelelően a „hézagosan” közlekedni tudók aránya már csak 35%, a veszélyesen kicsi követési idővel közlekedők aránya 3,6%, ami az 1000-et meghaladó órás járműszám mellett óránként 36 kockázatosan közlekedő járművet

**13. ábra: A nagy-közepes forgalomban mért követési időközök relatív gyakorisága az előző sávban, napszakonként**



**14. ábra: A nagy-közepes forgalomban mért követési időközök relatív gyakorisága a haladó sávban, napszakonként**



jelent. A két másodperces ajánlott követési időn belül közlekedik a járművek 30%-a, darabszámban egy óra alatt 300 (!) jármű. Az előző negyed-tartományban „még” csak 20% volt a kockázatosan közlekedők aránya, itt már 30%.

Az előző sávban az átlagos forgalom 1051 jmű/ó-ra adódott, 937 és 1268 jármű szám szélsőértékekkel. (16. ábra)

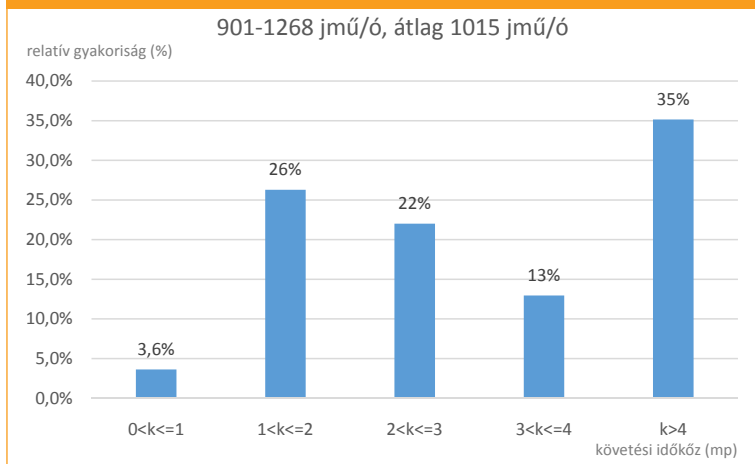
Ebben a negyedik osztályközt jelentő nagy forgalomsűrűségben, ahol nem jut 3,4 másodperc egy

járműkövetésre átlagban, az előző sávban már 6% körüli a kifejezetten balesetveszélyesen közlekedők aránya, velük együtt 38-25% a kockázatosan közlekedők aránya. Összesemosódnak a délelőtti és délutáni forgalmak között eddig több osztályban látott magatartás különbségek. Az elegendően biztonságosan, de szorosan felzárkózók aránya 20% körüli és a hézagosan közlekedő 26-34% mellett az elméleti átbocsátóképeséghez legközelebbi forgalomosztályban csak 7-9% tud közlekedni a felzárkózást és nagyobb biztonságot egyaránt jelentő 3-4 másodperces követési időt tartva.

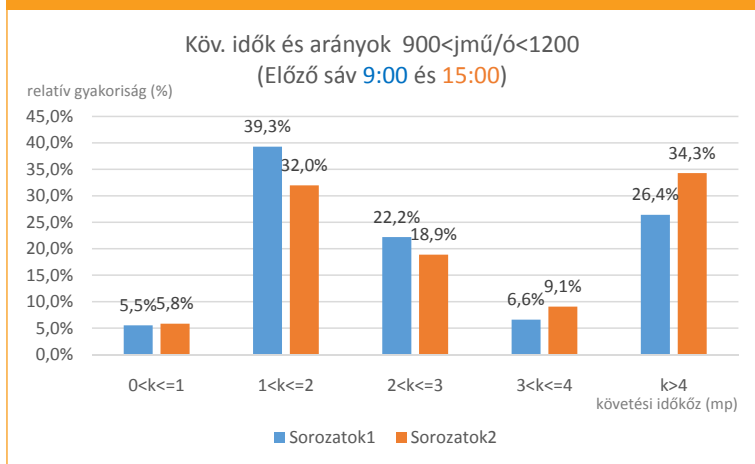
Az előző forgalom sűrűségű osztályban kimutatott, a biztonságos követési időköz tartományában közlekedő járművek jelentős aránya ebben a 900 jármű feletti tartományban a túl magas forgalom miatt már erősen lecsökken. A 4 másodpercnél nagyobb követési időt tartani tudók aránya

a délelőtti forgalomban már alig 25%, ezzel együtt a haladó sáv homogenitása jobb arányt teremt a 2 és 4 másodperc követési idővel közlekedők számára, az arányuk 40-50%-ot tesz ki. Egy százalék erősen kockázatos ebben a tartományban is van, ami a nagy forgalmi számok mellett (964 jmű/ó átlagos forgalom, 901-1120 jmű/ó között) 10 balesetveszélyesen közlekedő járművet jelent egy óra alatt. Feltűnő a kockázatvállaló, 2 másodpercnél kisebb követési időt tartó járművek aránya a délelőtti forgalmakban. Ennek oka a tehergépkocsik közé (ki-

15. ábra: A nagy forgalomban mért követési időközök relatív gyakorisága



16. ábra: A nagy forgalomban mért követési időközök relatív gyakorisága az előző sávban, napszakonként



kényszerítés miatt) besorolt, de az előző sávba átlépni (visszalépni) készülő személygépkocsik magasabb száma, akik a tehergépkocsik adaptív tempomatjai által szabályozott követési távolságú forgalmakat megbontják. (17. ábra)

## 9. ÖSSZEFOGLALÓ ÉS JAVASLATOK

A négy forgalomsűrűségi osztályra (300-600-900 és 900 feletti jármű/óra) bontott, 65 ezer adatot magába foglaló adatminta elemzése kimutatta, hogy a legkisebb és a kis-közepes forgalmak

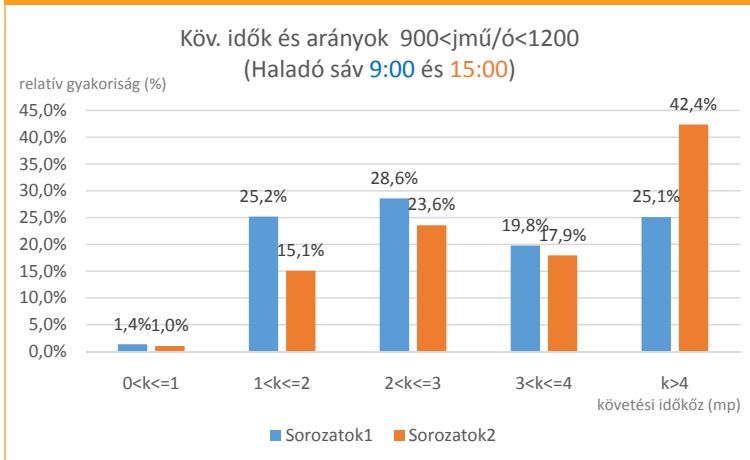
mellett is – elsősorban az előző sávokban és nap-pali időszakban – előfordulnak kifejezetten balesetveszélyesen, kicsi követési idővel közlekedők, mintegy 1%-os arányban. A forgalomsűrűség nagy-közepes és nagy mértékei mellett ez az arány az előbbi 1%-ról 2, majd 4%-ra nő, ami a sűrűbb forgalomban már a követési idő szempontjából közel 40, kifejezetten balesetveszélyesen közlekedő járművet jelent egy óra alatt.

A kockázatot jelentő 2 másodperc alatti követési idővel közlekedők – belefoglalva az előző hányadot is – a kezdeti 8-10% arány után, a harmadik osztályban 19%-ot, a negyedik osztályban már 30%-ot tesznek ki. A nagy forgalmat jelentő osztályban ez a 30% már 400 fő, kisebb-nagyobb kockázatot vállaló járművezetőt jelent keresztmetszetként, óránként.

Az előző sávokban tapasztaltaknál kedvezőbb helyzetet jelez az adat-

elemzés a haladó sávok esetében, ahol a sűrű forgalom mellett a biztonságos követési távolságot jelentő 2-4 másodperc közötti követési időtartó – és tartani tudó – járművek aránya 40-50%, ebben közrehat az is, hogy a járműfolyamban az adaptív sebesség és követési vezetést támogató automatikával felszerelt és azt használó tehergépkocsik már jelentős arányt képviselnek. A ráfutásos balesetek a jövőben csaknem teljesen megelőzhetőek lesznek a fejlett ITS rendszerekhez kapcsolt (C-ITS) és adaptív sebesség- és követésitávolság-tartó eszközzel ellátott gépjár-

**17. ábra: A nagy forgalomban mért követési időközök relatív gyakorisága a haladó sávban, napszakonként**



művek általánossá válásával. A közlekedésbiztonság ezáltal nagymértékű javulást fog mutatni, de a gépkocsi átlagos használati élettartama miatt erre még másfél évtized szükséges, addig a biztonság követési időköz járművezetők általi betartására, betartatására kell törekedni.

Az ajánlott követési távolságnak – a 2 másodperces követési időközöknek – az elem-

zésben kimutatott magas arányú be nem tartása a gyorsforgalmi utakon jelentős baleseti kockázatot jelent. Emiatt javasolható a közlekedésbiztonsági kampányok tárgyává tenni a témát, szükséges a közlekedési kultúra fejlesztése és a fegyelem javítása e vonatkozásban. A vezetéstámogató automatikák használatának a növelésére ösztönző figyelemfelhívások mindenképpen, továbbá az ajánlott követési időköz mérésének, a 2 másodperc betartásának kötelezővé tétele a gyorsforgalmi utakon megfontolásra javasolt. Az „ajánlott” helyett „előírt” 2 másodperc betartásának a megkövetelése, a külföldi példák mentén a szankcionálás bevezetése is megfontolható, a hatóságok információval történő ellátásához hitelesített közlekedéstechnikai és infokommunikációs eszközök rendelkezésre állnak.



## The theory and practice of choosing the proper safety distance – an analysis of the safety distance keeping habits of drivers, as observed on Hungarian expressways

Over the last few years, the favourable trend of road accident numbers in the previous decade has been broken and, in this context, it is important to draw attention to the fact that non-compliance with the safety distance requirements on expressways is a serious risk factor for accidents.

In addition to presenting the Austrian and German traffic regulation and sanctioning solutions related to the topic, the study was prepared by collecting a wide range of domestic data primarily by the National Toll Payment Services Plc. and by basing the conclusions and results on a high-level analysis.



## Theorie und Praxis der Wahl der Sicherheitsabstands, Analyse der Fahrgewohnheiten hinsichtlich der Haltung des Sicherheitsabstands der Verkehrsteilnehmer auf ungarischen Autobahnen

In den letzten Jahren wurde der günstige Trend der Verkehrsunfälle im vorherigen Jahrzehnt gebrochen, und in diesem Zusammenhang ist es wichtig darauf hinzuweisen, dass die Nichteinhaltung des Sicherheitsabstands auf Autobahnen ein schwerwiegendes Unfallrisiko darstellt.

Neben der Präsentation der österreichischen und deutschen Verkehrsregulierungs- und Sanktionslösungen zum Thema wurde die Studie erstellt, in der eine Vielzahl von inländischen Daten hauptsächlich von der Nationalen Mauterhebung Geschlossenen Dienstleistungs-AG gesammelt und die Schlussfolgerungen auf ihrer hochrangigen Analyse basieren.

# Európa pilóta nélküli légi járműveket érintő jogszabályi környezetének áttekintése

Modern világunkban új ipari forradalom vette kezdetét, amelyben a mesterséges intelligenciáé, az önvezető járművéké és a drónoké a főszerep. A pilóta nélküli légi járművek megjelenése nem csak a légi közlekedésben jelenthet paradigmaváltást, de más iparágakra, köztük a kereskedelemre is komoly hatása lesz, mindezeket összevetve a szabályozás ma már elengedhetetlen.

DOI 10.24228/KTSZ.2020.4.3

---

## Dobi Sándor

HungaroControl  
kutatás-fejlesztési szakértő  
e-mail: Sandor.Dobi@hungarocontrol.hu

---

### 1. BEVEZETÉS

Az emberiség eddigi története során három ipari forradalmat jegyzett fel a történelemkönyvekbe, amelyek a gőzgépek, a tömegtermelés és az automatizáció megjelenéséhez kötődtek. A XXI. században egy új ipari forradalom vette kezdetét, ami már a gépeink és tárgyaink egyetlen információs hálózatba történő kapcsolásáról (*IoT - Internet of Things*), az adatkezelésről és intelligens feldolgozásáról szól. Az új ipari forradalom meghatározó vívmányaiaként tarthatók számon az önvezető járművek, de mellettük legalább annyira fontos szerep jut a pilóta nélküli légi járműveknek (a továbbiakban: drónok) is. A folyamatosan megjelenő új drónos megoldások és felhasználási lehetőségek, valamint az eszköz- és alkatrészárak fokozatos csökkenése egyre vonzóbbá teszi a pilóta nélküli légi járművek alkalmazását, ugyanakkor mindez számos kihívással jár. Az egyik

ilyen **kihívás**, hogy összeurópai szinten **integrálni kell a folyamatosan növekvő számú pilóta nélküli eszközt légtereinkbe** biztonságos, hatékony, tervezhető és felhasználóbarát módon. Úgy, hogy a gazdasági és társadalmi értékteremtő hatások lehetőség szerint ne szenvedjenek csorbát. Ezekkel együtt azonban a hagyományos légi közlekedés szereplőinek mindennapi tevékenysége változatlan vagy akár magasabb színvonalon bonyolódjon le a jövőben is. De emellett a drónok alkalmazása nagy **lehetőség**, mert számos **hobbyi, üzleti és közszolgálati célú felhasználási** megoldást rejt a terület, ami **direkt és indirekt módon is serkentheti Európa gazdaságát**. Számos piaci és gazdasági elemzés szerint a drónalapú szolgáltatások éves értéke globálisan 100 milliárd dolláros nagyságrendű hatással lehet a világ-gazdaságra és számos társadalmi pozitívumot eredményezhet a felhasználásuk. Az említett „digitális” forradalom tehát nem csupán a

technológia térhódításáról szól, hanem arról is, hogy az üzleti folyamatok és lényegében minden meghatározó iparág mellett a jelentős hagyományokkal rendelkező légi közlekedésben is paradigmaváltás várható. Ebben pedig versenyképessége fenntartása érdekében Magyarországnak is szerepet kell vállalnia. Ahhoz, hogy a drónok támogatásával kiválthatók legyenek a jelenlegi, ember által végzett – a sokak által csak **robotizációs 4D** (*dull, dirty, dangerous, distant*) **kritériumként** emlegetett – munkafolyamatok és teljesen új felhasználási területek, munkakörök jelenhessenek meg, további fejlődésre és konszolidációra van szükség. Elég csak a szabványosítási, jogalkotási és forgalmi menedzsmentet érintő kérdések tisztázására és folyamatos naprakész állapotban tartására gondolni. Azzal együtt, hogy kiemelt figyelem irányul az európai drón jogszabályi keretrendszerre és a műveletcentrikus kategorizálás közérthető, de tömör bemutatására.

## 2. A JOGSZABÁLYI KÖRNYEZET KIALAKÍTÁSA, STRUKTÚRÁJA ÉS AZ EURÓPA UNIÓS TERVEK A JÖVŐRE NÉZVE

Az Európai Repülésbiztonsági Ügynökség (*a továbbiakban: EASA*) már évekkal ezelőtt elkezdett dolgozni a pilóta nélküli légi járművek (*a továbbiakban: UAV*) és járműrendszerek (*a továbbiakban: UAS*) operatív működésén (*Implementing Act*), gyártásán és a kereskedelemre vonatkozó (*Delegated Act*) európai szabályozás kialakításán. A jogszabálycsomag létrejöttében az Európai Unió tagállamai mellett olyan szervezetek működtek közre, mint például a polgári légi közlekedés szakosított intézete az ICAO (*International Civil Aviation Organization*), a drónos globális jogszabályi környezet kialakítását támogató számos hatósági szereplőt tömörítő JARUS (*Joint Authorities for Rulemaking on Unmanned Systems*) vagy az Egyesült Államok légügyi hatósága az FAA (*Federal Aviation Administration*). **A dokumentumok legfontosabb tartalmi eleme, hogy az általános tagállami és hatósági feladatok keretrendszerét, illetve az Európában forgalomba kerülő és már forgalomban lévő eszközökre vonatkozó**

**követelményrendszert kialakítsa.** A kidolgozás során a következő (legfontosabb) alapelveket igyekeztek maximálisan szem előtt tartani:




- műveletcentrikus, teljesítmény- és kockázatalapú megközelítés, a jobbiztonság garantálásával,
- a keretrendszer járuljon hozzá a biztonság, a magánélet és a környezet védelméhez,
- a tagállamok szerepének tisztázása, rugalmasság és megfelelő felkészülési idő biztosítása a számukra,
- a rendszer a modellrepülőket is magába foglalva törekedjen arra, hogy teljes egészében lefedje a hobbi és a kereskedelmi felhasználást.

Az UAS műveleteket az EASA három fő műveletcentrikus kategóriába sorolta, amely csoportosítás és az ahhoz kapcsolódó követelmények kialakításában jelentős szerepet töltött be a kockázat (*alacsony, közepes, magas*), **ahogy azt az 1. ábra is szemlélteti.**

A kategóriák részletes bemutatása előtt érdemes néhány szót ejteni az eddigi legfontosabb fejleményekről, illetve arról, hogy nagyjából melyek lesznek az elkövetkezendő évek tervezett lépései az európai szintű jogalkotás vonatkozásában.

- **2019 februárjában** az EASA bizottsága megszavazta az Európai Bizottság végrehajtási rendeletjavaslatát, amely szabályozni fogja az UAS-ek működését a „nyílt” és a „speciális” kategóriákban [1].
- **2019 márciusában** az Európai Bizottság elfogadta azt a rendelettervezetet, amely a teljes EU-ra érvényes műszaki követelmények szabályait tartalmazza. E rendelet meghatározza azokat a funkciókat és képességeket, amelyekkel a drónoknak rendelkezniük kell a biztonságos repüléshez, ugyanakkor elősegíti a beruházások és az innováció térhódítását az ágazaton belül [2].
- **2019 júniusában** – miután sem az Európai Parlament, sem pedig az EU Tanácsa nem

## 1. ábra: EASA által definiált műveletcentrikus üzemelési kategóriák

 <b>NYÍLT KATEGÓRIA</b> Alacsony kockázat	 <b>SPECIÁLIS KATEGÓRIA</b> Közepes kockázat	 <b>ENGEDÉLYKÖTELES KATEGÓRIA</b> Magas kockázat
<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Nem engedélyköteles repülések</li> <li>▪ Maximális felszálló tömeg hasznos teherrel együtt kevesebb, mint 25 kg</li> <li>▪ Földfelszíntől számított maximális repülési magasság: 120 m AGL</li> <li>▪ Látástávolságon belül (VLOS)</li> <li>▪ Három alkategória: A1, A2, A3</li> <li>▪ CE jelzéssel ellátott drónok használata (C0, C1, C2, C3, C4)</li> <li>▪ Átmeneti időszak 2020-2022 között</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Hatóság által jóváhagyott működés, ami a kockázateértékelésen alapszik (Specific Operation Risk Assessment)</li> <li>▪ Szabványos forgatókönyvek és kockázatsökkentő intézkedések</li> <li>▪ Könnyű UAS üzemeltetői tanúsítványhoz (LUC) tartozó privilégiumok</li> <li>▪ Látástávolságon túli repülések (BVLOS)</li> <li>▪ 25 kg feletti felszálló tömeg lehetséges</li> <li>▪ 120 m feletti repülés</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>▪ Tanúsítani kell az eszközt és regisztrálni kell a tulajdonosát</li> <li>▪ UAS üzemeltetői tanúsítvány</li> <li>▪ Meg kell felelni az általános légi járművek tervezésére vonatkozó EU-s rendeletek</li> <li>▪ Emberek felett végzett repülés, személy- vagy veszélyes áruszállító tevékenység</li> </ul>

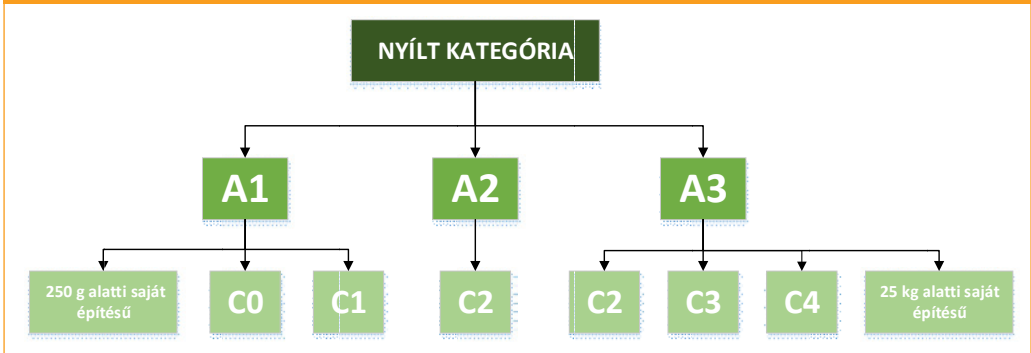
emelt kifogást – adaptálták és publikálták a korábban már említett felhatalmazáson és végrehajtáson alapuló rendeleteket, amelyek 20 nappal később hatályba is léptek [3].

- **2019 júliusában** hatályba lépett az európai jogszabálysomag és kezdetét vette a 12 hónapos, tagállami szintű felkészülési időszak a nemzeti jogszabályok megalkotására és bevezetésére [4].
- **2019 októberében** az EASA az előzetes terveknek megfelelően publikálta a jogszabályra vonatkozó megfelelés követelményeit (*AMC – Acceptable Means of Compliance*) és a támogató anyagokat (*GM – Guidance Material*) összefoglaló dokumentumot. Az anyag többek között tartalmazza az alapvetően „különleges” kategóriába eső UAS-műveletekre vonatkozó kockázatelemzési és értékelési (*SORA – Specific Operation Risk Assessment*) metodikát [5].
- **2020 első félévében** az EASA a már kidolgozási folyamatban lévő U-space szabályozással kapcsolatos, első körös véleményeket publikálta. Továbbá a második kör is megtörtént a CANSO-val (*Civil Air Navigation*

*Services Organization*) és a többi iparági szereplővel együttműködésben [4].

- **2020 júniusában** az EASA a COVID-19 világjárvány miatt fél évvel elhalasztotta a jogszabálysomag nemzeti szintű alkalmazását, valamint az abban foglalt további határidőket is, amelyeket a cikk későbbi részében mutatunk be. (Innentől ennek tudatában tüntetjük fel a dátumokat.) [8].
- **2020. december 31-től** – a 18 hónaposra nyújtott felkészülési időszak leteltével – alkalmazandók az elfogadott nemzeti szintű rendeletek. E dátumtól kezdődően **minden olyan UAS-üzemeltetőnek regisztrálnia (nyilvántartásba vetetnie) kell magát, akinek drónja a 250 grammot meghaladó felszálló tömegű vagy 250 gramm alatti és nem játéknak minősített, illetve személyes adatok rögzítésére alkalmas szenzorokkal (pl. kamera, mikrofon) van felszerelve.** A későbbiekben bemutatásra kerülő „engedélyköteles” kategóriában az eszköz (drón) regisztrációja is kötelező lesz. Külön rendelkezések figyelembevételével az átmeneti „nyílt” kategóriában való működés kezdete. A „speciális” kategóriában végzett műveleteket csak a nemzeti légügyi hatóság jóváhagyásával lehet végrehajtani [4][8].

2. ábra: Nyílt kategória struktúrafelbontása



- **2022 januárjáig** a nemzeti szintű engedélyeket, tanúsítványokat és nyilatkozatokat teljesen átvezetik az új EU-s rendszerre. A tagállamoknak eddig az időpontig definiálniuk kell a különböző földrajzi övezeteket, ahol a drónos tevékenységek tiltottak vagy az ott végzett repülésekhez speciális engedélyre van szükség [4][8].
- **2023 januárjában** az átmeneti, korlátozott nyílt kategóriát érintő időszak vége. A tagállamok dönthetnek arról, hogy a modellklubok és egyesületek eltérjenek-e az EU-s szabályozás minden követelményétől [4][8].

### 3. NYÍLT KATEGÓRIA

A három fő kategória közül kezdjük azzal, amely strukturálisan vélhetően a legösszetettebb. Ez a nyílt kategória (*Open Category*), amelyet alapvetően **alacsony kockázatú repülések** számára hoztak létre, és a repüléseket megelőzően a felhasználónak **nem szükséges előzetes engedélyt beszereznie**. A drónok **maximális felszállótömege (MTOM) a kategórián belül nem haladhatja meg a 25 kilogrammot, és a földfelszíntől számított maximális repülési magasságuk (AGL) sem lépheti át a 120 métert**. A repülés teljes időtartama alatt a felhasználónak folyamatosan gondoskodnia kell arról, hogy a pilóta nélküli légi jármű **látástávolságon belül (VLOS)** tartózkodjon, kivéve, ha az eszköz „follow me” üzemmódban van (*olyan üzemmód, amelyben az UAV adott távolságból kö-*

*veti a pilótát*). A pilótának ügyelnie kell arra, hogy a **drónjával biztonságos távolságot tartson az emberekől**, és ne repüljön összefüggő embertömeg (*olyan embercsoport, ahol a résztvevők sűrű elhelyezkedése miatt korlátozott a mozgásuk*) felett. Fontos továbbá, hogy a kategória drónjai **nem szállíthatnak veszélyes árut** (pl. *robbanóanyagok, gázok, tűzveszélyes folyadékok, radioaktív anyagok, permetszerek*), és **nem szórhatnak, dobhatnak le semmilyen anyagot**. A drónpilóták **alsó korhatárát 16. betöltött életévben** határozták meg, ami tagállami szinten maximum 4 évvel csökkenthető. Az **Európai Unión belül forgalomba hozott, nyílt kategóriába tartozó drónokat CE jelzéssel kell ellátni**, amellyel a gyártó jelzi, hogy a termék eleget tesz a harmonizációs jogszabályban rögzített követelményeknek. A nyílt kategórián belül további **három alkategóriát** is bevezetnek: az **A1, A2 és A3**, amelyek között **három fő alapelv** figyelembevételével tesznek különbséget a jogszabályban:

- **műveletet/repülést** érintő korlátozások,
- **drónra** vonatkozó követelmények, feltételek,
- **drónpilóta** kompetenciák, feltételek. [6]

Az említett három alkategória alatt a **CE-jelzések** alapján további öt **osztályazonosító (C0, C1, C2, C3, C4)** foglal helyet. A leírt, elsősre talán bonyolultnak tűnő kategorizálás megértéséhez készült a **2. ábra**. [6]

A továbbiakban lépésről lépésre bemutatjuk az alkategóriákat az említett három elv mentén (*művelet, drón, pilóta*) és a hozzájuk rendelt CE osztályokkal.

## 3.1. A1 kategória feltételei

### A) Műveletre vonatkozó követelmények:

- A nyílt kategóriára általánosan vonatkozó műveleti kereteknek való megfelelés [6].
- Az A1 alkategóriában repüléseket úgy kell végezni, hogy a **drón ne repüljön át embertömeg felett** [6].
- Aktív „follow me” mód esetén az eszköz nem távolodhat el 50 méternél tovább a pilótától [6].

### B) Drónra vonatkozó követelmények, feltételek:

- Az eszközöket letörölhetetlen és jól látható **C0 (3.1.1.)** vagy **C1 (3.1.2.)** CE-jelöléssel kell ellátni, azoknak az osztályokra vonatkozó egyedi követelményeknek is meg kell felelniük [6].
- Saját építésű UAS esetében az MTOM kisebb, mint 250 gramm és maximális repülési sebessége 19 m/s-nál (*68,4 km/h*) kevesebb [6].

### C) Szükséges drónpilóta kompetenciák, feltételek:

- A drónpilóta ismeri az eszköz gyártója által biztosított – a csomagolásban is elhelyezett – felhasználói kézikönyvet [6].
- C1 osztályú légi jármű esetében **online tanfolyamot végzett és elméleti** – 40 feleletválasztós kérdésből álló – **vizsgát tett**, ami a megszerzéstől számított 5 évig érvényes [7].

#### 3.1.1. C0 osztályra vonatkozó követelmények, feltételek

Az A1 alkategórián belül C0 osztályba sorolandók azok a drónok, amelyek MTOM-je

**nem haladja meg a 250 grammot** és vízszintes **repülési sebességük nem lépi át a 19 m/s-ot**. Külső személyek (*műveletben nem részt vevő személyek*) felett átrepülhetnek, de embertömeg felett nem [6].

A C0 osztályba tartozó drónoknak nem kell rendelkezniük úgynevezett „geo-awareness” funkcióval (*olyan funkció, amely észleli, ha az UAV megsérti a légtérhasználatra vonatkozó korlátozásokat, és jelzi azt a drónpilótának*), sem azonosítási képességgel és fizikai azonosítóval. **A C0 drónok üzem-bentartóit pedig nem szükséges abban az esetben nyilvántartásba venni, amennyiben az eszközt játéknak minősítették és nem rendelkezik személyes adatok rögzítésére alkalmas szenzorokkal (pl. kamera, mikrofon)** [6].

#### 3.1.2. C1 osztályra vonatkozó követelmények, feltételek

Az A1 alkategórián belül a C1 osztályba sorolandók azok a drónok, amelyek MTOM-je **nem haladja meg a 900 grammot**, vagy a fejnek átadott **ütközési energia kevesebb, mint 80 J**, valamint vízszintes **repülési sebességük nem lépi át a 19 m/s-ot**. Ezek az eszközök sem embertömeg, sem külső személyek felett nem repülhetnek át. A C1 osztályú drónoknak mindenképpen rendelkezniük kell:

- „geo-awareness” funkcióval;
- adott (*ANSI/CTA-2063*) szabványnak megfelelő, egyedi, fizikai sorozatszámmal;
- távoli azonosításra alkalmas rendszerrel (*remote identification*), amely adott protokoll használatával a repülés során valós időben küld adatokat a drón fedélzetéről, amelyek az alábbiak:
  - o az üzem-bentartó regisztrációs száma,
  - o a drón fizikai sorozatszáma,
  - o pozíciós adatok,
  - o útvonal és földi sebesség,
  - o a pilóta helyzete vagy a felszállás helye.

Fontos továbbá, hogy a C1 osztályba tartozó drónok üzem-bentartóit nyilvántartásba kell

### 3. ábra: A1 kategória fontosabb elemei

	Saját építésű	C0	C1
Drón felszálló tömeg	< 250 g	< 250 g	< 900 g vagy < 80 J
Drón max. jellemző méret	-	-	-
Drón vízszintes repülési sebesség	< 19 m/s (68,4 km/h)	< 19 m/s (68,4 km/h)	< 19 m/s (68,4 km/h)
Drón fizikai azonosító kötelezettség	-	-	van
Drón azonosítási képességi kötelezettség	-	-	van
Drón "geo-awareness" kötelezettség	-	-	van
Repülési magasság	< 120 m föld felett	< 120 m föld felett	< 120 m föld felett
Repülés típusa	látástávolságon belül	látástávolságon belül	látástávolságon belül
Repülés emberek környezetében	nem repülhet embertömeg felett	nem repülhet embertömeg felett	nem repülhet át külsős személyek sem embertömeg felett
Repülés közben tartandó vízszintes távolság (ember, terület)	-	-	-
"Follow-me" mód távolság	-	max. 50 m	max. 50 m
Drón regisztráció	-	-	-
Pilóta regisztráció	van, ha személyes adat rögzítésre alkalmas szenzor található az eszközön	van, ha személyes adat rögzítésre alkalmas szenzor található az eszközön	van
Alsó korhatár (kivéve, ha játékdron)	-	16 év	16 év
Alsó korhatár tagállami csökkentése	-	max. 4 évvel	max. 4 évvel
Felhasználói kézikönyv ismerete	szükséges	szükséges	szükséges
Online pilóta elméleti tanfolyam	-	-	van
Online pilóta elméleti vizsga	-	-	van
Elméleti vizsga érvényessége	-	-	5 év
Önállóan végzett gyakorlat	-	-	-
Gyakorlati vizsga	-	-	-
Gyakorlati vizsga érvényessége	-	-	-

venni. Az A1 kategóriára érvényes legfontosabb információkat foglalja össze a 3. ábra, eltekintve a drónra vonatkozó részletes technikai és műszaki követelményektől (pl. szerkezet, hajtás, tüzelőanyag, világítás, hangteljesítmény, felhasználói kézikönyv tartalma, csomagolás tartalma). [6][7]

A táblázat áttekinthetően hangsúlyozza a pilóták szükséges kompetenciáit (pl. képzések, kor), a lebonyolítandó repülési művelet legfontosabb paramétereit (pl. repülési magasság, sebesség) és a drón szempontjából elengedhetetlen képességeket (pl. geo-awareness, fizikai azonosító).

4. ábra: A2 alkategória fontosabb elemei

	C2
Drón felszálló tömeg	< 4 kg
Drón max. jellemző méret	-
Drón vízszintes repülési sebesség	-
Drón fizikai azonosító kötelezettség	van
Drón azonosítási képességi kötelezettség	van
Drón "geo-awareness" kötelezettség	van
Repülési magasság	< 120 m föld felett
Repülés típusa	látástávolságon belül
Repülés emberek környezetében	nem repülhet át külsős személyek sem embertömeg felett
Repülés közben tartandó vízszintes távolság (ember, terület)	30 méter vízszintes
"Follow-me" mód távolság	max. 50 m
Drón regisztráció	-
Pilóta regisztráció	van
Alsó korhatár	16 év
Alsó korhatár tagállami csökkentése	max 4 évvel
Felhasználói kézikönyv ismerete	szükséges
Online pilóta elméleti tanfolyam	van
Online pilóta elméleti vizsga	van
Elméleti vizsga érvényessége	5 év
Önállóan végzett gyakorlat	van
Gyakorlati vizsga	van
Gyakorlati vizsga érvényessége	5 év

szintes távolságot kell tartania tőlük, ez a távolság 5 méterig csökkenthető, amennyiben a drón alacsony sebességű üzemmódban van.

- Aktív „follow me” mód esetén az eszköz nem távolodhat el 50 méternél nagyobb távolságban a pilótától.

### B) Drónra vonatkozó követelmények, feltételek

- A drónnak rendelkeznie kell jól látható és letörölhetetlen **C2 (3.2.1)** CE-jelöléssel és az osztályra vonatkozó egyedi követelményeknek is meg kell felelnie.

### C) Szükséges drónpilóta kompetenciák, feltételek

- A gyártó által biztosított felhasználói kézikönyv ismerete.
- **Online tanfolyam és elméleti vizsga** a bemutatott C1 osztályhoz hasonlóan. (A sikeres vizsga 5 évig érvényes.)
- **Önállóan végzett gyakorlati képzés teljesítése**, amiről nyilatkozatot és legalább 30 kérdésből álló **feleletválasztós vizsgát kell tennie** a pilótának az erre feljogosított állami szervnél. (A vizsga 5 évig érvényes.)

### 3.2.1 C2 osztályra vonatkozó követelmények, feltételek

## 3.2. A2 kategória feltételei

### A) Műveletre vonatkozó követelmények

- Nyílt kategóriára általánosan vonatkozó műveleti kereteknek való megfelelés.
- A2 alkategóriában úgy lehet repülést végezni, hogy a drón nem repülhet külső személyek felett és legalább 30 méteres víz-

Az A2 alkategórián belül a C2 osztályba sorolandók, azok a drónok, amelyek **MTOM-je nem haladja meg a 4 kilogrammot**. Kötött pilóta nélküli légi jármű esetében a kötélhossz rövidebb legyen 50 méternél. A drónpilóta és a drón közötti esetleges adatkapcsolatvesztés esetén a kapcsolatnak helyreállíthatónak kell lennie, vagy mielőbb be kell szüntetni a repülést, törekedve a földi és légi hatás minimalizálására. Az ide sorolandó drónok esetében nincs

megszabva a maximális vízszintes repülési sebesség, sem „follow-me” mód távolság [6].

A C2 osztályú drónoknak rendelkezniük kell:

- „geo-awareness” funkcióval;
- adott (ANSI/CTA-2063) szabványnak megfelelő, **egyedi, fizikai sorozatszám**mal;
- **távoli azonosításra alkalmas rendszerrel**, amely adott protokoll használatával a repülés során, valós időben küldi a drón alábbi adatait:
  - o az üzemmentartó regisztrációs száma,
  - o a drón fizikai sorozatszáma,
  - o pozíciós adatok,
  - o útvonal és földi sebesség,
  - o a pilóta helyzete vagy a felszállás helye [6][7].

A C2 osztályba tartozó drónok üzemmentartóinak nyilvántartásba vétele szükséges [6][7].

Az A2 kategória működési elveit az **4. ábra** foglalja össze, eltekintve a rájuk vonatkozó részletes technikai és műszaki követelményektől (pl. szerkezet, hajtás, tüzelőanyag, világítás, hangteljesítmény, felhasználói kézikönyv tartalma).

### 3.3. A3 kategória feltételei

#### A) Műveletre vonatkozó követelmények

- Nyílt kategóriára általánosan vonatkozó műveleti kereteknek való megfelelés [6].
- A legmagasabb nyílt kategóriában olyan területen lehet repülést végezni, ahol a drónpilóta a **repülés teljes időtartama alatt nem veszélyeztet a repülésben nem résztvevő személyeket**, és legalább 150 méteres távolságot tart lakott, kereskedelmi, ipari vagy szabadidős területektől [6].

#### B) Drónra vonatkozó követelmények, feltételek

- Letörölhetetlen és jól látható **C2 (3.3.1.), C3 (3.3.2.)** vagy **C4 (3.3.3.)** jelöléssel kell

rendelkezni és az osztályokra vonatkozó egyedi követelményeknek is meg kell felelni [6].

- Saját építésű UAS esetében **MTOM kisebb** legyen, **mint 25 kilogramm** [6].

#### C) Szükséges drónpilóta kompetenciák, feltételek

- Ismeri a gyártó által – a csomagolásban is – biztosított felhasználói kézikönyvet [6].
- Online tanfolyam és elméleti vizsga a C1 osztályhoz hasonlóan, ami sikeres teljesítés esetén 5 évig érvényes [6].

#### 3.3.1. C2 osztályra vonatkozó követelmények, feltételek

Az A3 kategóriába tartozó C2 osztályú drónok esetében hasonlóak a követelmények, mint az A2 kategóriában, viszont az A3-ban érvényes műveletre, drónra és pilótára vonatkozó követelményeknek kell eleget tenni.

#### 3.3.2. C3 osztályra vonatkozó követelmények, feltételek

Az A3 kategórián belül a C3 osztályba sorolandók azok a drónok, amelyek MTOM-je **nem haladja meg a 25 kilogrammot**, továbbá **maximális jellemző méretük 3 méternél kisebb**. Kötött pilóta nélküli légi jármű esetében a kötélhossznak rövidebbnek kell lennie 50 méternél. A drónpilóta és drón közötti esetleges adatkapcsolatvesztés esetén a kapcsolat helyreállítható legyen, vagy mielőbb be kell szüntetni a repülést, törekedve a földi és légi hatás minimalizálására. A maximális vízszintes repülési sebességet és a „follow-me” módot illetően nincs konkrét korlátozó érték meghatározva [6].

A C3 osztályú drónoknak rendelkezniük kell:

- „geo-awareness” funkcióval;
- adott (ANSI/CTA-2063) szabványnak megfelelő, **egyedi, fizikai sorozatszám**mal;

5. ábra: A3 alkategória fontosabb elemei

	C2	C3	C4	Saját építésű
Drón felszálló tömeg	< 25 kg	< 25 kg	< 25 kg	< 25 kg
Drón max. jellemző méret	-	< 3 m	-	-
Drón repülési sebesség	-	-	-	-
Drón fizikai azonosító kötelezettség	van	van	-	-
Drón azonosítási képességi kötelezettség	van	van	-	-
Drón "geo-awareness" kötelezettség	van	van	-	-
Repülési magasság	< 120 m föld felett	< 120 m föld felett	< 120 m föld felett	< 120 m föld felett
Repülés típusa	látástávolságon belül	látástávolságon belül	látástávolságon belül	látástávolságon belül
Repülés emberek környezetében	nem veszélyeztethet külső személyeket	nem veszélyeztethet külső személyeket	nem veszélyeztethet külső személyeket	nem veszélyeztethet külső személyeket
Repülés közben tartandó vízszintes távolság (bizonyos területek, ember)	150 m	150 m	150 m	150 m
"Follow-me" mód távolság	max. 50 m	max. 50 m	max. 50 m	-
Drón regisztráció	-	-	-	-
Pilóta regisztráció	van	van	van	van
Alsó korhatár	16 év	16 év	16 év	16 év
Alsó korhatár tagállami csökkentése	max. 4 évvel	max. 4 évvel	max. 4 évvel	max. 4 évvel
Felhasználói kézikönyv ismerete	szükséges	szükséges	szükséges	szükséges
Online pilóta elméleti tanfolyam	van	van	van	van
Online pilóta elméleti vizsga	van	van	van	van
Elméleti vizsga érvényessége	5 év	5 év	5 év	5 év
Önállóan végzett gyakorlat	-	-	-	-
Gyakorlati vizsga	-	-	-	-
Gyakorlati vizsga érvényessége	-	-	-	-

- **távoli azonosításra alkalmas rendszerrel**, amely adott protokoll használatával a repülés során valós időben küld adatokat a drónról. A küldött adatok köre a következő:
  - o az üzemben tartó regisztrációs száma,
  - o a drón fizikai sorozatszám, pozíciós adatok,
  - o útvonal és földi sebesség,
  - o a pilóta helyzete vagy a felszállás helye [6][7].
  - o Az ide sorolandó C3 drónok üzemben tartóinak nyilvántartásba vétele szükséges [6].

### 3.3.3. C4 osztályra vonatkozó követelmények, feltételek

Az A3 kategórián belül a C4 osztályba sorolandók azok a drónok, amelyek **MTOM-je nem haladja meg a 25 kilogrammot**, nem rendelkezhetnek automatikus vezérlési üzemmóddal (kivéve járműstabilizáló, útvonal- és adatkapcsolatvesztési üzemmódok). A maximális vízszintes repülési sebességre és a „follow-me” módra nincs konkrét korlátozó érték meghatározva. **A C4 drónok üzemben tartóinak nyilvántartásba vétele szintén szükséges [6].**

Az A3 alkategóriára vonatkozó működési elvek összefoglalását az **5. ábra** szemlélteti, a drónok részletes technikai követelményeitől (pl. szerkezet, hajtás, tüzelőanyag, világítás, hangteljesítmény, felhasználói kézikönyv tartalma.) eltekintve [6].

### 3.4. Külön rendelkezések

A jogszabálycsomag hatályba lépése előtt forgalomba került drónokra vonatkozóan külön rendelkezéseket is beépítettek – e rendelkezések között a **6. ábra** segít eligazodni. Fontos, hogy az általános működést tekintve a nyílt kategória követelményei ezekben az esetekben is érvényesek maradnak.

**Azokat a drónokat, amelyek egyáltalán nem felelnek meg a Delegated Act-nek (2019/945) és nem saját építésűek, továbbra is engedélyezni kell az alábbi feltételek mellett:**

- 2023. január 1. előtt hozták forgalomba,
- a **7. ábrán** látható A1 kategóriába sorolandó, ha MTOM-je kevesebb, mint 250 gramm,
- a **7. ábrán** A3 kategóriába sorolandó, ha MTOM-je kevesebb, mint 25 kg [4][6][8].

A nyílt kategóriában az átállás és a felkészülés zökkenőmentes lebonyolítása érdekében 2020.

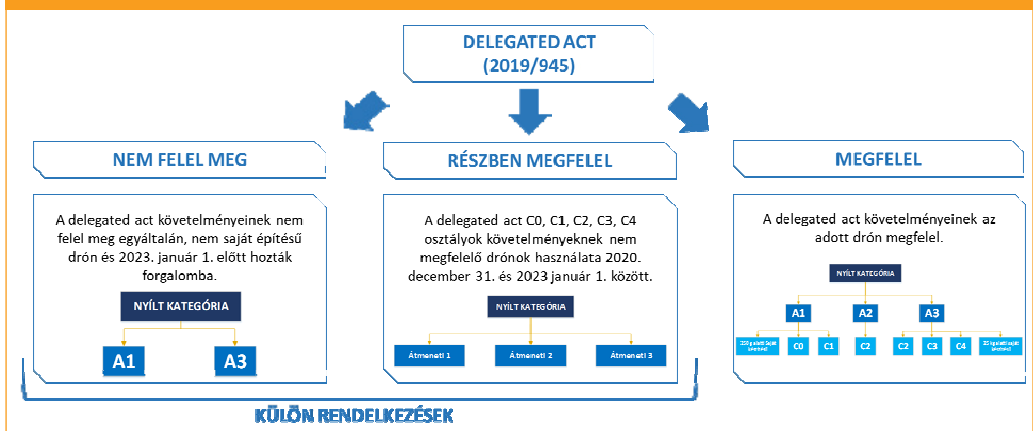
december 31-től kétéves, átmeneti időszak veszi kezdetét egészen 2023. január 1-ig, ami azokra a drónokra és műveleteire fog vonatkozni, amelyek nem felelnek meg a C0, C1, C2, C3 és C4 osztályok követelményeinek. Az ide sorolandó eszközökre vonatkozó elvárásokat a következőkben mutatjuk be [4][6][8].

#### 3.4.1. Első átmeneti kategória

Az **500 grammnál kevesebb MTOM-mel** rendelkező drónok esetében az érintett **tagállam által meghatározott kompetenciaszint** birtokában lévő drónpilóta bonyolíthat le repülést, az alábbi **követelmények betartása** mellett:

- 250 gramm alatti drón esetében nincs drónpilóta-regisztráció kivéve, ha a drón személyes adatok rögzítésére alkalmas szenzorokkal (pl. kamera, mikrofon) van felszerelve.
- 250 és 500 gramm közötti drónnal rendelkező pilótát nyilvántartásba kell venni.
- **Nem repülhet át külső személyek, sem összefüggő embertömeg felett** a művelet során, amennyiben ez mégis megtörténne, akkor az átrepülés időtartamát minimalizálni kell [4][6][7].

**6. ábra: Delegated Act-nek való megfelelés lehetőségei**



**7. ábra: Delegated Act-nek nem megfelelő eszközökhöz rendelt követelmények**

	A1	A3
Drón felszálló tömeg (MTOM)	< 250 g	< 25 kg
Drón max. jellemző méret	n/a	n/a
Drón repülési sebesség	n/a	n/a
Drón fizikai azonosító kötelezettség	-	n/a
Drón azonosítási képességi kötelezettség	-	n/a
Drón "geo-awareness" kötelezettség	-	n/a
Repülési magasság	< 120 m föld felett	< 120 m föld felett
Repülés típusa	látástávolságon belül	látástávolságon belül
Repülés emberek környezetében	nem repülhet át embertömeg felett	nem veszélyeztethet külső személyeket
Repülés közben tartandó vízszintes távolság (ember, terület)	-	150 m
"Follow-me" mód távolság	n/a	n/a
Drón regisztráció	-	-
Pilóta regisztráció	van, ha személyes adat rögzítésre alkalmas szenzor található az eszközön	van
Alsó korhatár (kivéve, ha játékdron)	16 év	16 év
Alsó korhatár tagállami csökkentése	max. 4 év	max. 4 év
Felhasználói kézikönyv ismerete	szükséges	szükséges
Online pilóta elméleti tanfolyam	-	van
Online pilóta elméleti vizsga	-	van
Elméleti vizsga érvényessége	-	5 év
Önállóan végzett gyakorlat	-	-
Gyakorlati vizsga	-	-
Gyakorlati vizsga érvényessége	-	-

### 3.4.2. Második átmeneti kategória

A 2 kilogrammnál kevesebb MTOM-mel rendelkező drónok sorolandók ebbe a nyílt kategórián belüli kategóriába. Az eszközökkel nem repülhetnek át a drónpilóták külső személyek felett és legalább 50 méteres vízszintes távolságot szükséges tartaniuk tőlük.

Szükséges drónpilóta kompetenciák, feltételek:

- Gyártó által biztosított felhasználói kézikönyv ismerete.

- **Online tanfolyam és elméleti vizsga** a bemutatott C1 osztályhoz hasonlóan. (A sikeres vizsga 5 évig érvényes.)

- **Önállóan végzett gyakorlati képzés** teljesítése, amiről nyilatkozatot és 30 kérdésből álló feleletválasztós vizsgát kell tennie a pilótának az erre feljogosított állami szervnél. A vizsga szintén 5 évig érvényes.

- Szükséges a drónpilóták nyilvántartásba vétele [6][7].

### 3.4.3. Harmadik átmeneti kategória

A 2 kg-nál nagyobb, de 25 kg-nál kisebb MTOM-mel rendelkező drónok tartoznak ebbe a nyílt kategórián belüli kategóriába. Az említett típusú drónokkal végzett műveletek során a drónpilóta a repülés teljes időtartama alatt **nem veszélyeztethet külső személyeket** és legalább **150 méteres vízszintes távolságot** kell tartani tőlük lakott, kereskedelmi, ipari vagy szabadidős területektől [6].

Szükséges drónpilóta kompetenciák, feltételek:

- A gyártó által biztosított felhasználói kézikönyv ismerete [6].

- **Online tanfolyam és elméleti vizsga**, amely a sikeres teljesítés esetén 5 évig érvényes [6][7].

A bemutatott átmeneti kategóriákat a **8. ábra** foglalja össze a drónra vonatkozó részletes technikai és műszaki követelményektől (pl. szerkezet, hajtás, tüzelőanyag, világítás, hangteljesítmény, felhasználói kézikönyv tartalma.) eltekintve.

8. ábra: Delegated act-nek való részben megfelelés

	Átmeneti 1	Átmeneti 2	Átmeneti 3
Drón felszálló tömeg (MTOM)	< 500 g	< 2 kg	2 kg < x < 25 kg
Drón max. jellemző méret	-	-	-
Drón repülési sebesség	-	-	-
Drón fizikai azonosító kötelezettség	n/a	n/a	n/a
Drón azonosítási képességi kötelezettség	-	-	-
Drón "geo-awareness" kötelezettség	-	-	-
Repülési magasság	< 120 m föld felett	< 120 m föld felett	< 120 m föld felett
Repülés típusa	látástávolságon belül	látástávolságon belül	látástávolságon belül
Repülés emberek környezetében	nem repülhet át külsős személyek sem embertömeg felett	nem repülhet át külső személyek felett	nem veszélyeztethet külsős személyeket
Repülés közben tartandó vízszintes távolság (ember, terület)	-	50 m	150 m
"Follow-me" mód távolság	-	-	-
Drón regisztráció	-	-	-
Pilóta regisztráció	van, ha személyes adat rögzítésre alkalmas szenzor található az eszközön és 250 g fölötti	van	van
Alsó korhatár (kivéve, ha játékdron)	16 év	16 év	16 év
Alsó korhatár tagállami csökkentése	max. 4 évvel	max. 4 évvel	max. 4 évvel
Felhasználói kézikönyv ismerete	tagállami döntés	szükséges	szükséges
Online pilóta elméleti tanfolyam	tagállami döntés	van	van
Online pilóta elméleti vizsga	tagállami döntés	van	van
Elméleti vizsga érvényessége	tagállami döntés	5 év	5 év
Önállóan végzett gyakorlat	tagállami döntés	van	-
Gyakorlati vizsga	tagállami döntés	van	-
Gyakorlati vizsga érvényessége	tagállami döntés	5 év	-

## ÖSSZEFOGLALÁS

Az új uniós, drónokra vonatkozó jogszabályi környezetet 2020. december 31-től előreláthatólag nemzeti szinten is alkalmazni fogják, és az átmeneti nyílt kategóriás időszakot

követően 2023. január 1-től teljes mértékben az EU-rendeletnek megfelelően kötelező érvényűvé válik. Három fő működési kategóriát határoztak meg (alapvetően a kockázati szintek alapján), ezeket nyílt, speciális és engedélyköteles kategóriáknak nevezték el.

Az alacsony kockázatúként definiált nyílt kategórián belül további alkategóriákat definiáltak A1, A2 és A3 néven, amelyek között három fő alapelv (*drón, drónpilóta, művelet*) vonatkozó egyedi követelményei alapján tesznek különbséget a jogszabályban. Az alkategóriákat tovább bontják CE követelmények alapján meghatározott osztályokra (C0, C1, C2, C3, C4), de természetesen nem hagyják figyelmen kívül a saját építésű eszközöket sem. Fontos általános megállapítás továbbá, hogy minden olyan UAS-üzemeltetőnek nyilvántartásba kell vetetnie magát, aki 250 grammot meghaladó vagy 250 gramm alatti felszálló tömegű, nem játéknak minősített eszközzel rendelkezik, illetve a készülék személyes adatok rögzítésére alkalmas szenzorokkal van felszerelve. Azok a drónok, amelyek nem felelnek meg a felhatalmazáson alapuló rendelkezésnek és nem saját építésűek, továbbra is működhetnek megszabott feltételek mellett, amennyiben 2023. január 1-je előtt kerültek forgalomba. A felhatalmazáson alapuló rendelkezésnek részben megfelelő drónokat, amelyek eleget tesznek a C0–C4 osztályokban definiált követelményeknek a rendeletek alkalmazását (2020. december 31.) követő kétéves időszakban (2023. január 1-ig) engedélyezni kell bizonyos, a cikkben is vázolt feltételek figyelembevételével. Fontos továbbá megjegyezni, hogy tagállami szinten az országoknak van mozgástere és ennek fényében szigorításokat tehetnek a nemzeti szabályozás kialakításakor. (pl. alsó korhatár, regisztráció). A későbbiekben a most leírtakon túlmenően a speciális és az engedélyköteles kategória legfontosabb tudnivalóit szeretnénk bemutatni.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] European Aviation Safety Agency (EASA); One step closer to harmonised rules for safe drone operation in Europe; 01. march 2019.; <https://www.easa.europa.eu/newsroom-and-events/news/one-step-closer-harmonised-rules-safe-drones-operation-europe>
- [2] European Aviation Safety Agency (EASA); European Commission paves the way for safe, secure and green drone operations; 12. march 2019.; [https://ec.europa.eu/transport/modes/air/news/2019-03-12-drones\\_en](https://ec.europa.eu/transport/modes/air/news/2019-03-12-drones_en)
- [3] European Aviation Safety Agency (EASA); EU wide rules on drones published; 11. june 2019.; <https://www.easa.europa.eu/newsroom-and-events/news/eu-wide-rules-drones-published>
- [4] Civil drones (Unmanned aircraft) – regulatory framework background and timeline; <https://www.easa.europa.eu/easa-and-you/civil-drones-rpas#0>
- [5] EASA; Acceptable Means of Compliance (AMC) and Guidance Material (GM) to Commission Implementing Regulation (EU) 2019/947; 09. October 2019. Issue 1; <https://www.easa.europa.eu/sites/default/files/dfu/AMC%20%26%20GM%20to%20Commission%20Implementing%20Regulation%20%28EU%29%202019-947%20%E2%80%94%20Issue%201.pdf>
- [6] European Aviation Safety Agency (EASA) (2019), Commission Delegated Regulation (EU) 2019/945 of 12 March 2019 on unmanned aircraft systems and on third-country operators of unmanned aircraft, <https://eur-lex.europa.eu>.
- [7] European Aviation Safety Agency (EASA) (2019), Commission Implementing Regulation (EU) 2019/947 of 24 May 2019 on the rules and procedures for the operation of unmanned aircraft , <https://eur-lex.europa.eu>
- [8] European Aviation Safety Agency (EASA) (2020), Commission Implementing regulation (EU) 2020/746 of 4 June 2020 amending Implementing Regulation (EU) 2019/947 as regards postponing dates of application of certain measures in the context of the COVID-19 pandemic <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32020R0746>



## An overview of Europe's regulatory environment for unmanned aerial vehicles

### Part I: Legislative Background and Presentation of the Open Category

In our modern world, a new industrial revolution has begun, in which artificial intelligence, self-driving vehicles, and drones play a major role. The appearance of unmanned aerial vehicles could mean a paradigm shift in not only the (aviation) transport, but it will also have a major impact on other industries, including trade. Taking all this into consideration, regulation is indispensable.



## Überblick über das regulatorische Umfeld in Europa für unbemannte Luftfahrzeuge

### Teil I: Legislativer Hintergrund und Darstellung der „offenen Kategorie“

In unserer modernen Welt hat eine neue industrielle Revolution begonnen, in der künstliche Intelligenz, selbstfahrende Fahrzeuge und Drohnen eine wichtige Rolle spielen. Das Aufkommen unbemannter Luftfahrzeuge könnte nicht nur einen Paradigmenwechsel in der Luftfahrt bedeuten, sondern auch erhebliche Auswirkungen auf andere Branchen, einschließlich des Handels, haben. Unter Berücksichtigung all dessen ist die Regulierung heute schon unverzichtbar.



### E számunk lektorai

Barlog Károly ■ Berta Tamás ■ Dr. Merétei Tamás  
Dr. Tóth János ■ Dr. Tóth László

Horváth Csaba Sándor

## Sopron környékén zakatoló vicinálisok a kezdetektől 1920-ig

A vasúttörténet iránt érdeklődők egy olyan tanulmányt tartanak a kezükben, amelyből megtudhatják, hogy Északnyugat-Dunántúlon miként épültek ki a vicinálisok. Az alapos tényfeltáró munka és a gazdag szakirodalmi háttér bemutatja a vicinálisok létesítésének előzményeit, eseményeit és körülményeit.

Betekintést kapunk a magyar vasút építéstörténetébe, részletes összefoglalót olvashatunk a korabeli közlekedési viszonyokról. A szerző bemutatja az első vasútépítési tervek megvalósulását 1845-ig. Részletes tájékoztatást ad a helyi érdekű vonalak építésének aranykoráról (1880-1920). Az északnyugat-dunántúli térséget megismerhetjük a vasútépítés szempontjából. Kutatási adatokkal alátámasztva láthatjuk, hogy a tervezett vonalon milyen az érintett települések szerkezete, társadalmi-gazdasági és demográfiai háttere. A vizsgálat eredményeként feltehető a legfontosabb kérdés: Érdemes-e a vasút megépítése a tervezett útvonalon?

Képet kapunk arról, hogy a személyszállítási és az áru fuvarozási igények miként hatottak a vasútvonalak építési vonalterveire, a szolgáltatások fejlesztésére, és arra, hogy a technikai és a technológiai változások hatására miként változik a települések élete.

Érdekes információ a Győr-Sopron-Ebenfurt-i Vasút (GYSEV) megalakulásának története és a vállalati rendszer kialakulása.

A kötetben három vicinális építése kap kiemelt figyelmet: a Sopron–pozsonyi, a Fertővidéki, valamint a Sopron–kőszegi HÉV.

Láthatjuk, hogyan változik a vasutak vonalvezetési terve a különböző személyi-financiális háttér befolyása miatt, és azt is, hogy, a változó döntések után mi és hogyan valósult meg. Részletesen megismerkedhetünk a különböző érdekcsoportok szempontjaival, a finanszírozásban résztvevő országos és helyi tisztviselők szerepével. Szembesülhetünk a sajtó befolyásával, a közvéleményre gyakorolt, sokszor negatív hangulatkeltéssel. A megjelent hírek hallatán többször változott a vasútvonal terve, amivel a megvalósítás ideje csak tovább húzódott. A sajtó foglalkozott a korrupciós gyanús kérdésekkel is, ami szintén az építés ellen hatott. Egy-egy vonal megépítése évekig is a terv

szintjén maradt, elsősorban pénzügyi okok, valamint az egyet nem értés miatt.

A kötetben külön fejezetben értékeli a szerző, hogy a helyi érdekű vasutak megépítése milyen hatással volt a vasútvonalba bekapcsolt és környező települések gazdasági-társadalmi és demográfiai változásaira. Az új közlekedési mód lehetőséget nyújtott arra, hogy mind belföldre, mind külföldre lehetőség legyen a termékek értékesítésére, ezáltal a gazdasági élet fellendülésére. Néhány település viszont visszafejlődést mutat.

A könyv hasznos azoknak, akiket érdekel a vasút múltja, mivel olyan gazdag szakirodalmi hivatkozást és forrásanyagot talál az olvasó, amelyből mindent megtudhat az Észak-Dunántúli vicinálisainak építési körülményeiről.

A szerző bevezetőjében a következőket írja: „Céлом, hogy a vizsgált területen a helyi érdekű vasutak megépítését, a velük kapcsolatos döntéshozatali mechanizmust, finanszírozásukat, az őket övező érdekharcokat, illetve a gazdasági és társadalmi hatásukat feltárjam, és az azokból származó konklúziók megalapozottak legyenek.”

A meghatározott célnak megfelelően a HÉV-ek építésének folyamatát minden oldalról megvilágítva, korabeli felmérések eredményeivel alátámasztva és egyéb dokumentumok adataival igazolva, összefoglalva juthatunk olyan ismeretek birtokába, amelyek hiánypótló jellegűnek is tekinthetők.

x x x

Horváth Csaba Sándor 1983-ban született Kapuváron. A Berzsenyi Dániel Főiskolán 2006-ban szerzett történelem és német nyelv és irodalom szakon diplomát, majd 2008-ban az Eötvös Lóránd Tudományegyetemen történelem bölcsész-tanár oklevelet. Doktori értekezését 2015-ben sikeresen védte. Jelenleg a Széchenyi István Egyetem Apáczai Csere János Karának oktatója. Kutatási területe: közlekedéstörténet, vasútépítés-történet, a vasút gazdasági és társadalmi hatásai, helyi érdekű vasutak története. Munkásságát a KTE Czére-díjjal ismerte el.

A kötet a Palatia Nyomda és Kiadó Kft Győr gondozásában jelent meg 2018-ban. (ára: 3890 Ft, mely megrendelhető a szerző e-mail címén: horvath.csaba@ga.sze.hu).

**Melléklet**

**Közlekedésbiztonság - Közlekedési környezetvédelem**

## VÉLEMÉNY

### a "Gyorsforgalmi útszakaszok forgalmi elemzése az átlagsebesség-mérés módszerével" c. cikkkel kapcsolatban

(Szerző: Dr. Sándor Zsolt okleveles közlekedésmérnök)

Megjelent: a Közlekedéstudományi Szemle 2020. június, 3. számában)

A cikk – a Közlekedéstudományi Szemle 2. számában megjelent – hasonló című publikáció folytatása, amelyet a szerző Monostori Ákossal közösen jegyzett. A szerző ebben a 2. részben – a korábban ismertetett vizsgálatokra és saját számításaira hivatkozva – lényegében azt javasolja, hogy a Nemzeti Útdíjfizetési Szolgáltató Zrt. (NÚSZ Zrt.) – gyorsforgalmi utakra kifejlesztett – „díjfizetést ellenőrző rendszerének” felhasználásával vezessék be az átlagsebesség-ellenőrző és szankcionáló eljárást.

A javaslat nem eredeti, de megerősíti a hazai sajtóban, külön a szakajtóban és a szakmai párbeszédekben gyakran elhangzó igényt, hogy a hazai gyakorlatban is alkalmazzák ezt a – külföldön már jól ismert – ellenőrző, szankcionáló módszert, a gyorsajtók kiszűrésére.

Ahhoz azonban, hogy a javaslatot érdemben meg lehessen fontolni, a szerzőknek részletesebben ismertetni kellett volna, hogy a NÚSZ Zrt. rendszere – jelenlegi formájában – mind műszaki, mind jogi szempontból, megfelel-e az ilyen rendszerekkel szemben támasztott követelményeknek, illetve milyen költségigényű átalakítások után tud megfelelni az egyéb közlekedésbiztonsági szakmai elvárásoknak is. A követelményeket egyébként a 18/2008. (IV.30.) GKM rendelet<sup>1</sup> részletezi. A közlekedésbiztonsági elvárás pedig az, hogy egy korszerű rendszer képes legyen a gyorsajtáson kívül, a szabálytalan sávváltást, a biztonságos követési távolságot, a biztonsági öv használatát és a nappali menetjelző lámpa vagy

tompított fényszóró használatát is megbízhatóan ellenőrizni.

A cikkből annyit megtudhatunk, hogy bizonyos követelmények jelenleg nem teljesülnek, pl. az ellenőrzésre javasolt gyorsforgalmi úthálózatnak csupán kb. 70%-át „fedi le” a NÚSZ rendszer, a hálózat pedig nem „zárt”, vagyis a gyorsforgalmi úthálózaton megfigyelt járműveknek csak 60%-a halad át két szomszédos portál között, vagyis csak ezek ellenőrizhetők ebből a szempontból. Megtudjuk azt is, hogy érvényes jogszabály tiltja a NÚSZ Zrt. forgalomban gyűjtött adatainak átadását, más – szankcionálásra jogosult – hatóságnak.

A cikkben, „felhasználva a témával kapcsolatos nemzetközi eredményeket, a szerző három szcenáriót készített a balesetszámok csökkenésére vonatkozóan a hatásosság figyelembevételével.”

Kiszámolta továbbá – a KTI által közreadott 2017. évi sérülési veszteségtényező és a 2018. évi baleseti statisztikai adatok alapján – forintban kifejezve, mekkora társadalmi veszteség lenne „megtakarítható” a rendszer üzemeltetésével. Számításainak eredményeit a 8. táblázatban közli. Eszerint 3-5 halálos, 7-18 súlyos és 14-28 könnyű kimenetelű balesettel kevesebb történne évente az 1509 km hosszú hazai gyorsforgalmi úthálózaton. A szerző az elmaradó baleseti veszteséget 1,5 – 3,0 milliárd forintra becsüli.

A várható eredmény értékeléséhez érdemes kiszámolni, (a szerző nem számolta ki), hogy a teljes hazai gyorsforgalmi úthálózaton a 2018. évi balesetek következtében 40,3 milliárd Ft

<sup>1</sup> 18/2008.(IV.30.) GKM rendelet a gépjárműről és annak hatósági jelzéséről felvett készítő eszközre vonatkozó követelményekről.

társadalmi veszteség keletkezett. (Ez az országban összesen keletkezett ilyen veszteség 6%-a). Ez azt jelenti, hogy a gyorsforgalmi utakra javasolt átlagsebesség-ellenőrzés bevezetésével a „megtakarítás” (az elmaradó baleseti veszteség) ezeken az utakon 3,7%-7,4% között volna. A teljes közúthálózaton jelentkező összes – 632 milliárdos – veszteség pedig mindössze 0,24%-0,48%-kal csökkenne. Ez meglehetősen szerény eredménynek tűnik. Akkor lehetne teljes az eredmény értékelése, ha ismertek lennének a rendszer alkalmassá tételéhez szükséges ráfordítások költségei is. Erről azonban semmilyen adatot (esetleg becslést) sem közöl a szerző, így a javaslat „költséghatékonysága” nem értékelhető.

A javaslat megvalósításának tehát egyelőre számos akadálya van. Ettől függetlenül el lehet gondolkozni a felvetésen, akkor is, ha a közölt számítások vitatható feltételezéseken alapulnak.

Helytelen annak feltételezése, hogy a – remélt – sebességszökkenés csak azokra a balesetekre van „hatással”, amelyek előidéző oka – a helyszíni adatgyűjtés szerint, - „a sebesség nem megfelelő alkalmazása”. 2018-ban 252 olyan baleset történt az autópályákon, ahol a baleset megjelölt oka nem a helytelen sebességmegválasztás volt, de amelyekre a túlzott sebességnek feltehetően lehetett hatása.

Helytelen továbbá az az „egyszerűsítő” feltételezés is, hogy a balesetek eloszlása a gyorsforgalmi úthálózaton egyenletes. Egy példa: 2018-ban a gyorsforgalmi úthálózaton 622 baleset történt. Képletesen osszuk fel a hálózatot 5 km hosszú szakaszokra. 300 ilyen szakasz van. Egyenletes eloszlást feltételezve, ezek mindegyikén átlagosan 2,07 baleset fordult elő. 2018-ban azonban legalább 11 olyan szakasz volt, ahol 10-nél több baleset történt. (Ezeket a szakaszokat hívjuk „baleseti gócszakaszoknak” vagy nagy baleseti kockázatú szakaszoknak). Egy-egy ilyen útszakaszon – részletes forgalomtechnikai és baleseti adatalemzés után – az átlagsebesség-ellenőrző és szankcionáló rendszer telepítése indokolt lehet.

Véleményem szerint az átlagsebesség-mérés és szankcionálás rendszerének, a javaslat szerinti teljes kiépítése a teljes gyorsforgalmi úthálózatra – az ismertetett számítások és megfontolá-

sok alapján – nem indokolt. Nagyon fontosnak tartanám viszont, ha megkezdődnének az ilyen típusú ellenőrző rendszerek alkalmazását szükségképpen megalapozó, előzetes forgalomtechnikai mérések, kísérletek, tesztek.

Fontosnak tartom a forgalomtechnikai fogalmak tisztázását és a számítási módszerek pontosítását is.

Véleményem szerint nem tisztázott, hogy a hosszabb útszakaszokon mért tényleges „eljutási időt”, illetve az ebből számított „utazási sebességet” egyszerűen össze lehet-e hasonlítani azzal az „idővel”, illetve „számított” sebességgel, amit az adott járműre előírt megengedett legnagyobb sebességgel el lehet érni? Kérdés, hogy ennek az összehasonlításnak az eredménye megalapozza-e a szankcionálást? Másrésztől nincs-e olyan „veszély”, hogy elmarad a jogos szankcionálás, akkor is, ha a jármű, „utazása” során, egy-egy részzakaszon gyorsabban haladt a megengedett sebességnél. Rövid és akadálymentes útszakaszon (terelésben, alagútban), ez gyakorlatilag sem jelenthet problémát. A gyorsforgalmi hálózatban javasolt ellenőrző rendszerben azonban hosszabb útvonalak vannak, ahol az útközbeni „manőverezésre”, sokszori sávváltásra, jelentősebb gyorsításra, lassításra több lehetősége van a szabálytalankodó járművezetőnek. Ebben az esetben – véleményem szerint – a mért utazási idők egyszerű összehasonlítása nem adhat szankcionálásra okot adó eredményt. (A cikk 1. részében bemutatott mintapéldákban a legrövidebb szakasz 36 km, a leghosszabb pedig 75 km volt, ráadásul a szakaszokon belül – fenntartási munkák miatt – terelések is voltak.)

A cikk utolsó mondata a következő: „A jelenlegi hazai közlekedési morál indokolja egy új és igazságos ellenőrző rendszer kifejlesztését, amely képes kiszűrni és szankcionálni a gyorshajtókat”.

Ezzel a megállapítással általánosságban egyet tudok érteni, de addig is, amíg ez az ideális rendszer nem áll rendelkezésre, a meglévő eszközök és módszerek átgondolt és szakszerű alkalmazásával kell a közlekedésbiztonsági, balesetmegelőzési feladatokat megoldani.

Dr. Jankó Domokos

# Közúti baleseti veszteségek aktualizálása

A közlekedésbiztonság fontos eleme a veszteségértékek teljes körű feltárása és használata. Az elvégzett kutatások eredményeként a teljeskörűség irányába tett jelentős lépéseket mutatják be és tesznek javaslatot a gyakorlati alkalmazásra.

DOI 10.24228/KTSZ.2020.4.4

---

## Prof. Dr. Holló Péter – Dr. Sipos Tibor

kutató professzor – vezető kutató  
Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft.  
Közlekedésbiztonsági Kutatóközpont – Mobilitási Kutatóközpont  
e-mail: hollo.peter@kti.hu, sipos.tibor@kti.hu

---

### 1. BEVEZETÉS

Az írás a nemzetgazdasági közúti baleseti veszteségekkel kapcsolatos néhány elméleti és módszertani megfontolás után a SafetyCube projekt nyomán áttekintést ad arról, hogyan alakult az elmúlt években a különböző kimenetelű sérülések fajlagos (egy főre jutó) nemzetgazdasági baleseti vesztesége az EU tagállamaiban. A szerzők szerint a halálos áldozatokra és a súlyos sérültekre vonatkozó hazai értékek „eurokonformnak” mondhatók, azaz nagyságrendjüket tekintve összemérhetők más tagállamok értékeivel. A könnyű sérültek értéke azonban túlságosan alacsony volt. Ennek okait mérlegelve arra jutottak, hogy külön számítási módszer (modell) megalkotása szükséges. A cikk nem csak a modellt ismerteti, hanem az utóbbi időszak éveire, 2018-ig, megadja valamennyi kimeneteli osztályra jutó veszteségértéket.

A diagram jól szemlélteti ezek meredeken növekvő irányzatát. A szerzők hangsúlyozzák, hogy ezek az értékek egyedül a közúti biztonsági intézkedések költség-haszon elemzése során használhatók, ott viszont nagyon szükségesnek tartják az aktualizált értékek alkalmazását.

### 2. BALESETI SÉRÜLTEKKEL KAPCSOLATOS VESZTESÉGEK

A cikk elején hangsúlyoznunk kell néhány dolgot.

Először is, olyan, hogy „az emberélet ára” nem létezik. A kutatás során azt próbáljuk – a témával foglalkozó többi kutatóval összhangban – kimutatni, hogy egy baleseti halál mekkora veszteséget jelent a társadalom, a nemzetgazdaság számára.

Az emberélet egyszeri és megismételhetetlen, s mint ilyen, fogalmilag eleve különbözik a pénztől.

A veszteségek meghatározására használt módszertan jelentős változásokon ment át, és az utóbbi évtizedekben maga a szemlélet is változott. Így pl. kezdetben nem is próbálkoztak a kutatók a veszteségek emberi oldalának (fájdalom, gyász, stb.) meghatározásával, ma már ezeket is figyelembe veszik.

Annak hangsúlyozására, hogy statisztikai adatokról beszélünk, a szakma is az SVOL rövidítést használja, ami az élet statisztikai értékét jelenti (Statistical Value Of Life).

Fontos azt is hangsúlyozni, hogy a szakma (a közlekedésbiztonsági tevékenység) számára – ezt nyíltan ki kell mondani – a minél nagyobb fajlagos (egy főre jutó) értékek hasznosak, mert ezek növelik igazán a szakterület súlyát, jelentőségét. (Ami nem jelenti azt, hogy az országos veszteség értéke ne lehetne alacsony.) A fajlagos értékek nagysága jól jelzi, mennyire fontos az adott ország számára a közúti biztonság.

El kell oszlatnunk azonban azt a félreértést is, hogy létezik „pontos baleseti veszteség”. Ilyen nincs. Becslésekről, közelítésekről beszélünk.

Megítélésünk szerint a baleseti veszteségek egyedüli felhasználási területe a közlekedésbiztonsági intézkedések költség-haszon elemzése. Nem szabad összekeverni ezeket a tudományos módszerekkel meghatározott értékeket semmilyen biztosítási vagy bírósági gyakorlatban előforduló számokkal.

Annak ellenére, hogy több mint 20 éve került kifejlesztésre, mai napig a COST 313 [1] irányelv tekinthető a legátfogóbb módszertannak a közúti balesetek veszteségeinek becslésére. Ezért ezt az irányelvet fogadták el a szakértők a legfontosabb módszertani alapnak a SafetyCube [7] c. kutatási projekt keretében is, annak ellenére, hogy időközben számos új megközelítést is alkalmaztak. A 2017. évi SafetyCube projekt keretében a közúti baleseti veszteségeket társadalmi-gazdasági veszteségként értelmezték, és az alábbi fő tényezőket vették figyelembe:

- orvosi költségek (kórházbeszállítás, kórházi kezelés költsége),
- termelékieséssel kapcsolatos veszteség,
- emberi veszteségek,
- anyagi károkkal (főleg gépjárművekkel) kapcsolatos költségek,
- adminisztratív költségek (rendőrség, tűzoltók, biztosító társaságok),
- egyéb költségek (temetési költségek, forgalmi torlódásból adódó veszteségek, stb.).

Úgy gondoljuk, magyarázatra szorul, miért részesítettük előnyben az egyszerűsített

McMahon-Dahdah módszert a fentiekben részletezett veszteségtényezők tételes meghatározásával szemben. Utoljára a KTI-ben a 2010-es években készült a TÁRKI bevonásával, részletes, kérdezőbiztosokkal végzett reprezentatív felmérés, amely során 1000 embert kérdeztek meg a fizetési hajlandóság (Willingness To Pay: WTP) módszerével, de a termelési kapacitás csökkenését is számszerűsítették a human capital módszerrel. Az eredményekről beszámoló cikkben [4] a szerzők elsőként hazánkban kipróbálták a McMahon-Dahdah egyszerűsített eljárást, és többek között arra a megállapításra jutottak, hogy a kapott eredmény nagyságrendileg alig tér el a sok éven át tartó és rendkívül drága részletes felmérés eredményétől. Az egyszerűsített módszer lényege, hogy azon országok veszteségtételeire, ahol a megfelelő módszertan használatával volt elegendő tudás és anyagi forrás a részletes felmérésre, regressziós görbét illesztettek, így olyan egyszerű, ám viszonylag jó becslést adó módszert kaptak, amit ma már több ország használ. Alkalmazásához csupán az egy főre jutó GDP ismerete szükséges, abból már egyszerű szorzókkal becsülhető a halálos áldozatok és súlyos sérültek fajlagos veszteségtétele nemzetközi dollárban<sup>1</sup>. Úgy gondoljuk, hogy a drága és hatalmas munkaráfordítást, megbízható alvállalkozót igénylő, hosszan tartó folyamat helyett érdemesebb az egyszerű, közelítő módszert használni. Kétségtelen hibája, hogy a könnyű sérültekre nem ad becslést. E mögött valószínűleg az a megfontolás húzódnak, hogy az ilyen sérültek vesztesége elhanyagolható a súlyos és halálos sérültek mellett. Az a tény, hogy a McMahon-Dahdah módszer nem ad becslést a könnyű sérültekre, azt a téves benyomást kelti, mintha ezek is csak „pléh-károk” (csak anyagi káros balesetek) lennének. Pedig tudjuk, hogy ezek veszteségtétele valóban viszonylag nem túl magas, azonban az ilyen balesetekből van a legtöbb. Amint a

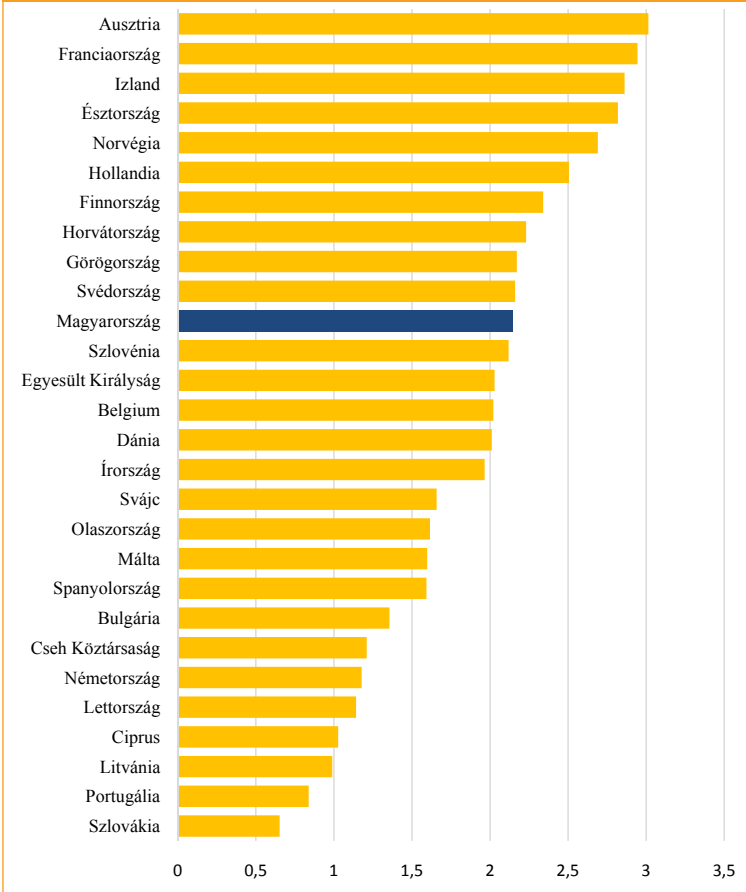
1 A nemzetközi dollár egy elvi pénzmennyiség, melynek vásárlóereje pontosan ugyanannyi, mint adott időben az Amerikai Egyesült Államokbeli dolláré, tehát tulajdonképpen amerikai dollár vásárlóerő-paritáson átszámítva.

Forrás:

[https://hu.wikipedia.org/wiki/Nemzetk%C3%B6zi\\_doll%C3%A1r](https://hu.wikipedia.org/wiki/Nemzetk%C3%B6zi_doll%C3%A1r)

**1. ábra: Egy halálos áldozattal kapcsolatos baleseti veszteségek (millió euró, 2015, PPP – purchasing power parity: vásárlóerő paritás - szerint korrigált értékek.)**

*Forrás: saját szerkesztés (Wijnen et al., 2017) alapján*



**3.1. A halálos sérültekkel kapcsolatos veszteségek**

A felmérés szerint egy halálos áldozattal kapcsolatos veszteségérték 0,7 millió eurótól (Szlovákia) 3,0 millió euróig terjed (Ausztria). Általánosságban megállapítható, hogy a halálos sérüléssel kapcsolatos veszteségek nagyobbak az észak- és nyugat-európai tagországokban, mint a dél- és kelet-európaiakban (1. ábra).

Az eltéréseket három tényezővel magyarázzák:

- eltérés a halálos sérült definíciójában;
- eltérés a figyelembe vett veszteségtényezőkben;
- módszertani különbségek.

**3.2. A súlyos sérültekkel kapcsolatos veszteségek**

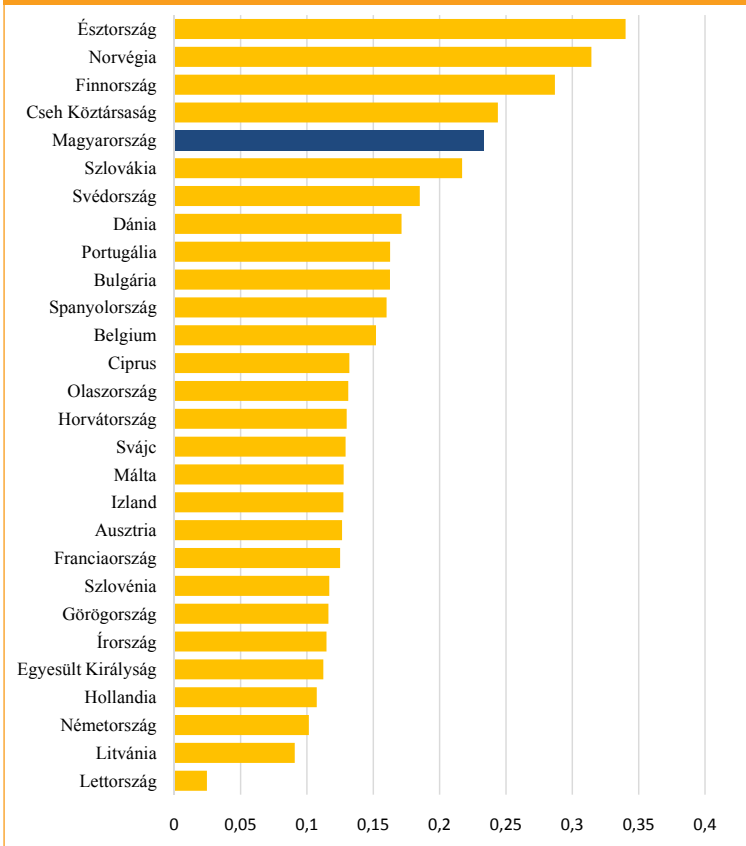
cikk további részéből kiderül, a módszer ezen hiányosságát külön modell megalkotásával (Dr. Sipos Tibor) orvosoltuk.

**3. BALESETI SÉRÜLTEKSEL KAPCSOLATOS VESZTESÉGEK AZ EU TAGÁLLAMAIBAN**

A SafetyCube projekt keretében a szakértők felmérték az EU tagállamaiban meghatározott veszteségértékeket. Valamennyi tagállam – Románia kivételével – szolgáltatott információt. Minden értéket euróban adtak meg, 2015-ös árszinten, figyelembe véve a relatív kereseti eltéréseket.

A súlyos sérült személy veszteségértéke a halálos sérült veszteségértékének 2,5-34%-a. Noha ezek az értékek meglehetősen nagy szórást mutatnak, az országok háromnegyedénél a halálos áldozat veszteségértékének 10 és 20%-a közé esik a súlyos sérültek vesztesége. (Mivel a hazai érték is alig haladja meg a 20%-ot, azt állapíthatjuk meg, hogy a magyar érték egyáltalán nem kirívó.) A tényleges, pénzben kifejezett értékek nagyon nagy különbségeket mutatnak. A súlyos sérültek vesztesége Lettországonban a legkisebb (28 000 euró) és Észtországban a legnagyobb (959 000 euró). Lengyelországot azért hagyták ki az elemzésből, mert ott a súlyos sérültekre meghatározott

**2. ábra: Súlyos sérültek veszteségértéke a halálos áldozatok veszteségértékének %-ában (Lengyelország kivételével.)**  
Forrás: saját szerkesztés (Wijnen et al., 2017) alapján



veszteségérték – egyedülálló és szakmailag elfogadhatatlan módon – nagyobb volt a halálos áldozatokra meghatározott értékénél (2. ábra).

### 3.3. A könnyű sérültekkel kapcsolatos veszteség

A könnyű sérültek veszteségértékeit szintén a halálos áldozatokra meghatározott érték százalékában hasonlították össze (3. ábra).

## 4. A HAZAI ÉRTÉKEK AKTUALIZÁLÁSA

Az összehasonlításokból is látható, hogy míg a halálos és súlyos sérültekre vonatkozó veszteségérték eurokonformnak mondható, addig a könnyű sérültek becsült vesztesége

alacsony. Ennek az az oka, hogy az általunk használt McMahon-Dahdah módszer nem ad becslést ezekre, illetve a régi érték aktualizálása elmaradt. Ezért a téma keretében olyan modell került kidolgozásra, amely lehetővé teszi a könnyű sérültek fajlagos (KSV) és eurokonformnak mondható veszteségének meghatározását [6].

A modell alapjául a nemzetközi könnyű sérülés statisztikai veszteségértékére vonatkozó értékek szolgáltattak, melyek a SafetyCube 2017. projektből származnak [7].

A nemzetközi adatokra GLM (Generalized Linear Model) típusú regressziót illesztettünk. A számításokhoz az R stúdió 3.4.0 statisztikai szoftvert alkalmaztuk [2], [5]. Az

eurokonform könnyű sérülés statisztikai veszteségértékének meghatározására így az alábbi formula használható:

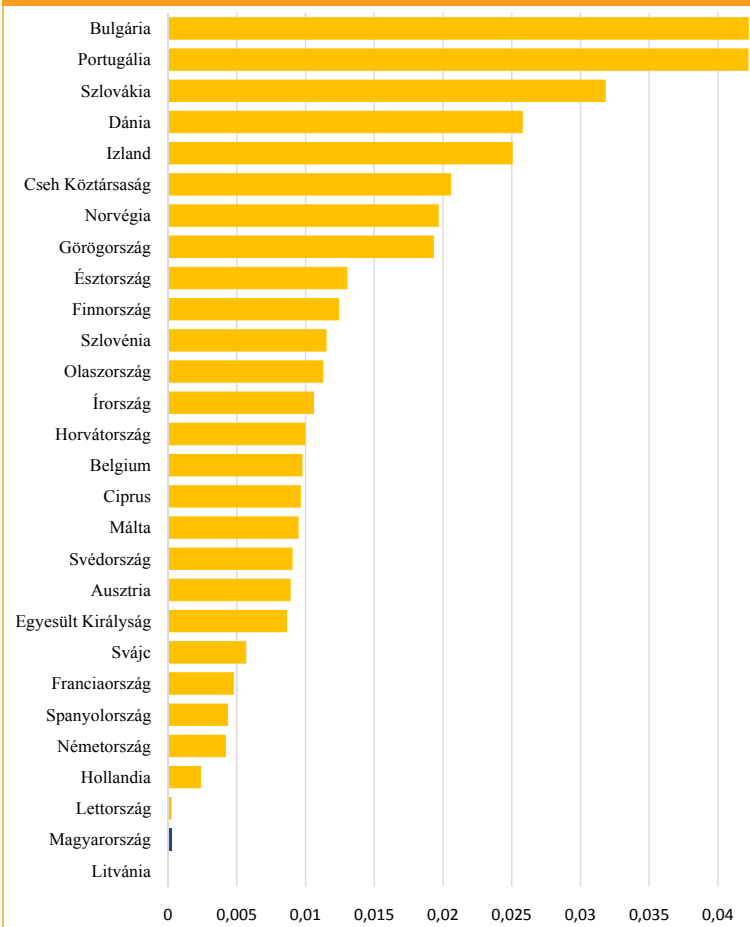
$$KSV = e^{10,447 - 3,571 \cdot 10^{-4} \cdot \left[ \frac{\text{könnyű sérüléses balesetek száma}}{\text{halálos kimenetelű balesetek száma}} \cdot \ln(\text{Egy főre jutó GDP[PPS]} \right]}$$

A halálos és súlyos sérülés statisztikai veszteségértékeinek becsült értékei a McMahon-Dahdah [3] módszertan alapján, a könnyű sérülés statisztikai veszteségének becsült értékei pedig a KTI (Dr. Sipos Tibor) által kidolgozott módszertan alapján kerültek meghatározásra.

A 4. ábrából világosan látható, hogy évről-évre növekednek a fajlagos veszteségértékek.

### 3. ábra: Könnyű sérültek veszteségértéke a halálos áldozatok veszteségértékének %-ában.

Forrás: saját szerkesztés (Wijnen et al., 2017) alapján



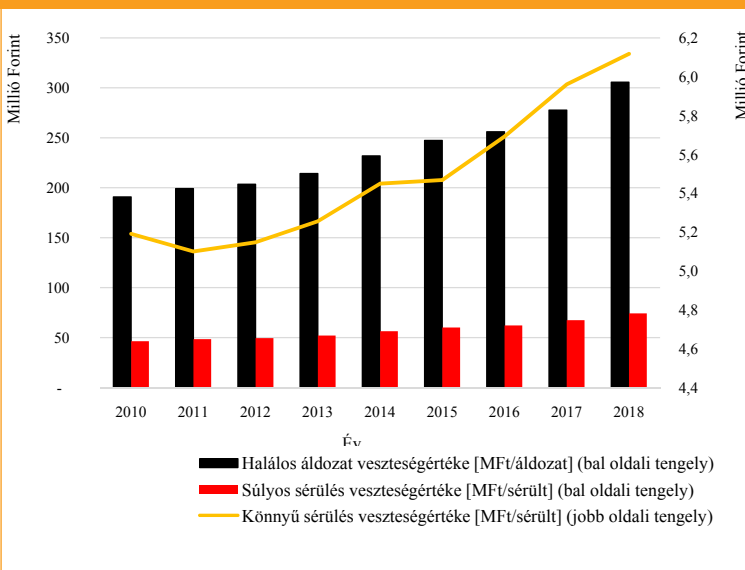
A gyors növekedés főként a halálos és könnyű sérültekre jellemző. Míg a halálos áldozat fajlagos veszteségértéke 2010-ben a 200 millió Ft/áldozat értéket sem érte el, addig 2018-ban már a 300 millió Ft/áldozat értéket is meghaladta.

Mint a bevezetőben említettük, a fenti értékek egyedüli felhasználási területe a közúti közlekedésbiztonsági intézkedések költség-hason elemzése. Mivel a fajlagos veszteségértékek gyakorlatilag évről-évre növekednek, súlyos hibát okozhat az elemzésben, ha elavult értékeket használunk. Információink szerint a szakmai gyakorlatban nem alkalmazzák az aktualizált értékeket, nem is hallottunk, olvastunk ilyenekről a hazai szakirodalomban. Véleményünk szerint a leírt módszerekkel meghatározott

### 1. táblázat: A halálos, súlyos és könnyű sérülés statisztikai veszteségértékei

Év	Halálos áldozat statisztikai veszteségértéke [Ft/áldozat] (McMahon-Dahdah módszertan alapján)	Súlyos sérülés statisztikai veszteségértéke [Ft/sérült] (McMahon-Dahdah módszertan alapján)	Könnyű sérülés statisztikai veszteségértéke [Ft/sérült] (KTI modell alapján)
2010	190 881 686	46 356 981	5 190 938
2011	199 158 583	48 367 084	5 100 402
2012	203 556 594	49 435 173	5 147 777
2013	214 323 796	52 050 065	5 256 145
2014	231 956 822	56 332 371	5 449 702
2015	247 379 595	60 077 902	5 468 162
2016	256 035 983	62 180 167	5 692 145
2017	277 735 484	67 450 046	5 960 853
2018	305 700 898	74 241 647	6 118 179

4. ábra: A különböző kimenetelű sérültek fajlagos (egy főre eső) veszteségértékei 2010. és 2018. között. *Forrás: saját szerkesztés*



értékek egyrészt eurokonformnak mondhatók, másrészt évente rendelkezésre állnak. Ezek költség-haszon elemzések során történő használatát fontosnak tartjuk, hiszen csak így vezethetnek az elemzések reális eredményre. Szükségesnek ítéljük a költség-haszon elemzésre vonatkozó előírások e tekintetben történő átdolgozását is. A KTI szakemberei ezután is meghatározzák és a szakma rendelkezésére bocsátják az éves veszteségértékeket. Javasoljuk, hogy ezeket fogadják el „hivatalos értéknek” is. Ismereteink szerint az aktuális veszteségértékek meghatározására csak a KTI-ben folytak kutatások.

## FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Alfaro, J.-L., Chapuis, M., Fabre, F., 1994. COST 313. Socioeconomic cost of road accidents. Report EUR 15464 EN, Commission of the European Communities. Brüsszel, Belgium.
- [2] Gross, J., Ligges, U., 2015. nortest: Tests for Normality.
- [3] McMahon, K., Dahdah, S., 2008. The true cost of road crashes - Valuing life and the cost of a serious injury.



### Actualisation of road accident losses



### Aktualisierung von Verkehrsunfallverlusten

- [4] Prof. DSc. Holló, P., Dr. Hermann, I., 2013. A közúti közlekedési balesetek által okozott társadalmi-gazdasági veszteségek aktualizálása (Actualization of Social-Economic Losses Caused by Road Accidents). Közlekedéstudományi Szemle, 2013. június, 22–27.
- [5] R Core Team, 2019. R: A Language and Environment for Statistical Computing. R Foundation for Statistical Computing, Vienna, Austria.
- [6] Sipos, T., Bokor, Z., Mészáros, F., 2012.

A közúti közlekedés társadalmi költségeinek meghatározása. Közlekedéstudományi Szemle 62, 31–35.

- [7] Wijnen, W., Weimars, W., Vanden Berghe, W., Schoeters, A., Bauer, R., Carnis, L., Elvik, R., Theofilatos, A., Filtner, A., Reed, S., Perez, C., Martensen, H., 2017. Crash cost estimates for European countries, Deliverable 3.2 of the H2020 project SafetyCube. Belgium.

# Alternatív tüzelőanyagok alkalmazhatósága a hajózásban és tüzelőanyag-fogyasztás számítási módszerek

Ahogy az autóiiparban az elektromos, gázüzemű ill. hibrid autók, úgy a hajózásban is megjelentek az elmúlt évtizedekben különböző alternatív hajtásrendszerek a hagyományos dízel rendszerek helyettesítésére, korszerűsítésére. A terjedés mozgató rugói az egyre szigorúbb környezetvédelmi előírások és az üzemeltetési költségek csökkentése, amelynek nagy részét az üzemanyagköltségek jelentik.

DOI 10.24228/KTSZ.2020.4.5

**Zalacko Roland – Zöldy Máté – Simongáti Győző**

doktorandusz      tudományos főmunkatárs      docens

Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem

e-mail: rzalacko@vrht.bme.hu, mate.zoldy@gjt.bme.hu, gysimongati@vrht.bme.hu

## 1. BEVEZETÉS

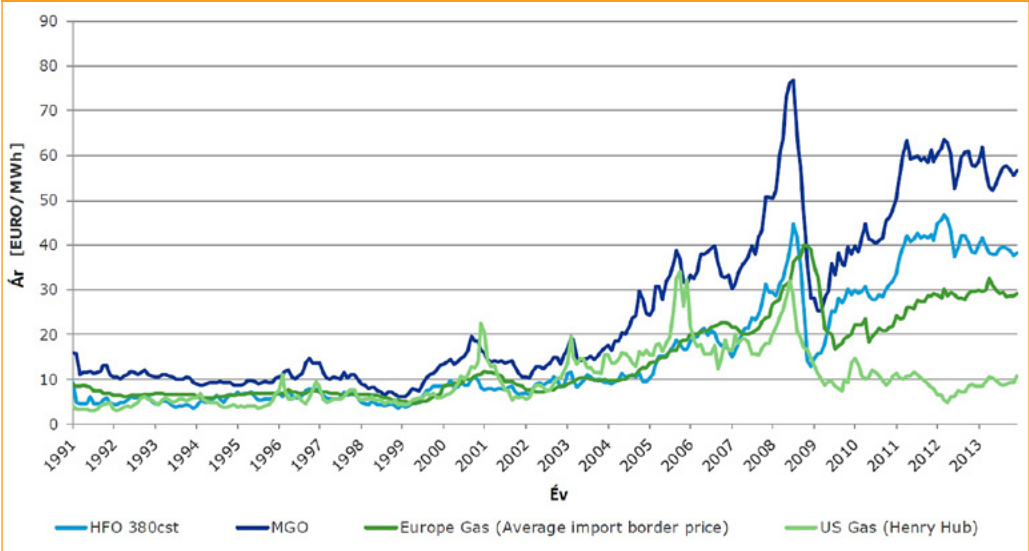
Ahogy az autóiiparban az elektromos, gázüzemű, ill. hibrid autók, úgy a hajózásban is megjelentek az elmúlt évtizedekben különböző alternatív hajtásrendszerek a hagyományos dízel rendszerek helyettesítésére, korszerűsítésére. A cél egyértelműen a környezetvédelmi előírások könnyebb betartása és az üzemeltetési költségek csökkentése, az üzemanyagköltségek csökkentésén keresztül. A hajózásban csak az utóbbi néhány évtizedben kezdtek nagyobb számban telepíteni alternatív hajtásrendszereket, akár újonnan épülő hajóba, akár a hagyományos rendszer helyére. Ezek a beruházások sikeresek és kifizetődők voltak, ezért évről-évre több alternatív hajtásrendszerű hajó épül vagy kerül beépítésre régi hajókba. Ezen hajtásrendszerek legtöbbször alternatív tüzelőanyagokkal működnek. A kőolaj-lelőhelyek számának és a kitermelés mennyiségének csökkenése a

1. ábra: Kőolajkészletek kimerülése (forrás:[1])



jelenlegi fogyasztás mellett ahhoz vezetnek, hogy 200 év múlva már nem fog rendelkezésre állni ez az üzemanyagfajta (1. ábra). Alternatív tüzelőanyagok használatával ez

2. ábra: Hajózásban használt tüzelőanyagok árainak alakulása (forrás: [2])



az idő megnövelhető, és az átállás kiépítése is elkezdhető. Számos alternatív tüzelőanyaggal folynak kísérletek és fejlesztések.

Egységes megoldást találni szinte lehetetlen, mert a hajótípusok különbözők mind méretben, mind szállítási kapacitásában, illetve üzemeltetési körülményeket tekintve is. Emiatt az üzemanyag-fogyasztások nagy eltéréseket mutatnak, mérésük fontos a megfelelő alternatív tüzelőanyag megtalálására.

## 2. MIÉRT SZÜKSÉGESEK AZ ALTERNATÍV ÜZEMANYAGOK?

A bevezetőben már említett csökkenő kőolajmennyiségén kívül több oka is van az alternatív üzemanyagok használatának. A hajózásban használt dízel-tüzelőanyagok ugyan olcsóbbak, mint a közforgalomban lévő társaik, de a kőolaj folyamatos drágulása minden dízelolaj árát megnöveli (2. ábra), és ez a növekedés a rendelkezésre álló mennyiség csökkenésével egyre nagyobb mértékű lesz.

Márpedig az üzemeltetési költségek jelentős részét az üzemanyagköltségek teszik ki. Tehát az egyik fő motivációja az alternatív tüzelőanyagok felhasználásának a nagyobb profit

elérése. A másik fontos ok a környezetvédelmi előírások betartása. A dízelüzemanyag égetésével rengeteg káros gáz kerül a légkörbe, amelyek fokozzák az üvegházhatást és rákkeltőek ( $\text{CO}_2$ ,  $\text{NO}_x$ ,  $\text{CO}$ ,  $\text{SO}_x$ ). Az előírások egyre szigorúbbak, de a hagyományos tüzelőanyaggal hajtott motorok fejlesztési lehetőségei végesek. Ilyenkor szűrővel is lehet kompenzálni és javítani az emissziós értékeken. A szűrők alkalmazása drága, és egy idő után ez sem nyújt majd elégséges megoldást. A tengeri hajózásban jelenleg az IMO (International Maritime Organization) által előírt Tier II emissziós értékek vonatkoznak a hajókra globálisan, de bizonyos területeken (ECAs – Emission Control Areas) csak a Tier III-as besorolású hajók hajózhatnak [3], ami az  $\text{NO}_x$  és  $\text{SO}_x$  kibocsátást szabályozza. Ezen kívül a dízelüzemanyagok kén tartalma is szigorúan szabályozott. Az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentése érdekében az IMO kifejlesztett egy mérőszámot, amellyel minden hajó értékelhető az energiahatékonyságuk alapján, ez a szám az EEDI (Energy Efficiency Design Index - Energia Hatékonysági Tervezési Mutató). A képletben a tüzelőanyag-fogyasztás és a  $\text{CO}_2$ -kibocsátás a leghangsúlyosabbak, amelyek közvetlen kapcsolatban állnak. Ezeket az értékeket minden üzemelő hajótípusra külön

**1. táblázat: EEDI csökkentési kritériumok %-ban kifejezve különféle hajótípusok esetén (forrás: [3])**

Hajótípus	Méret	2013.01.01-2014.12.31	2015.01.01-2019.12.31	2020.01.01-2024.12.31	2025.01.01-
Ömlesztettáru szállító	20 000 DWT <sup>1</sup> +	0	10	20	30
	10 000-20 000 DWT	n/a	0-10	0-20	0-30
Gáz tanker	10 000 DWT +	0	10	20	30
	2000-10 000 DWT	n/a	0-10	0-20	0-30
Tanker	20 000 DWT +	0	10	20	30
	4 000 – 20 000 DWT	n/a	0-10	0-20	0-30
Konténer szállító	15 000 DWT +	0	10	20	30
	10 000 – 15 000 DWT	n/a	0-10	0-20	0-30

<sup>1</sup>DWT(dead weight tonnage)xdesigned speed (tervezési sebesség) (a hajó maximális megengedett terhelésekor a motor teljesítményének 75%-a mellett)

kiszámítva, megszülettek azok a határértékek, amelyeket minden újonnan épülő hajónak teljesíteni kell. Az új hajótól elvárt alapértéket öt évente tovább csökkentik, ezzel is motiválva az üzemeltetőket az innovatív megoldások alkalmazására (1. táblázat).

Az 1. táblázatban az egyes hajótípusoktól elvárt értékek jövőben megkövetelt csökkentése látható %-ban. Az előírt értékeket be nem tartó hajókat súlyos pénzbüntetésekkal fogják sújtani. Mindezekből az látszik, hogy az alternatív tüzelőanyagok fejlesztése és használata nem csak környezetvédelmi érdeke az üzemeltetőknek, hanem gazdasági is, így gyorsítható a folyamatos átállás.

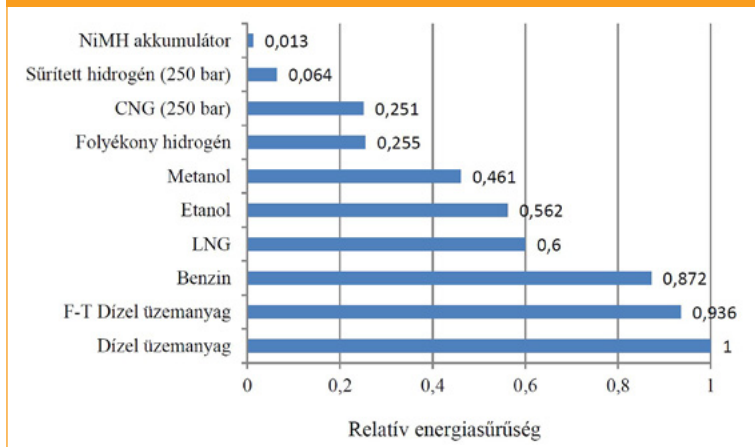
### 3. ALTERNATÍV TÜZELŐANYAGOK

A hajózásban egyeduralgkodó dízelüzemanyag tekinthető hagyományosnak, a tengeren a HFO (Heavy Fuel Oil) és folyamatosan az MGO (Marine Gas Oil), amelyek kéntartalma és viszkozitása nagyobb a közúti dízelolajéhoz képest. Míg minden más tüzelőanyag alternatívnak számít. A dízelolaj kiszorítása már egy ideje elkezdődött, de a folyamat nagyon lassú. Ennek okai:

- a dízelmotorok kiforrott gépezetek, amelyek karbantartása, szerkezete, gyártása viszonylag egyszerű, emellett az egyik legjobb termikus hatásfokkal rendelkezik,
- az infrastruktúra jól kiépített és könnyen kezelhető,
- a dízel-tüzelőanyag relatív energiasűrűsége a legnagyobb (3. ábra),
- egyéb gazdasági tényezők.

Az alternatív tüzelőanyagoknak csak akkor van létjogosultságuk, ha az alacsonyabb tüzelőanyagár és a kedvezőbb emissziós értékek felül tudják írni a dízelüzemanyaggal kapcsos-

**3. ábra: Tüzelőanyagok relatív energiatartalma (forrás: [4])**



latban az előbb említett előnyöket. Jelenleg a hajózásban négy különböző alternatív energiaforrás említhető meg:

- tisztán elektromos energia (akkumulátorok),
- LNG,
- biotüzelőanyagok,
- hidrogén.

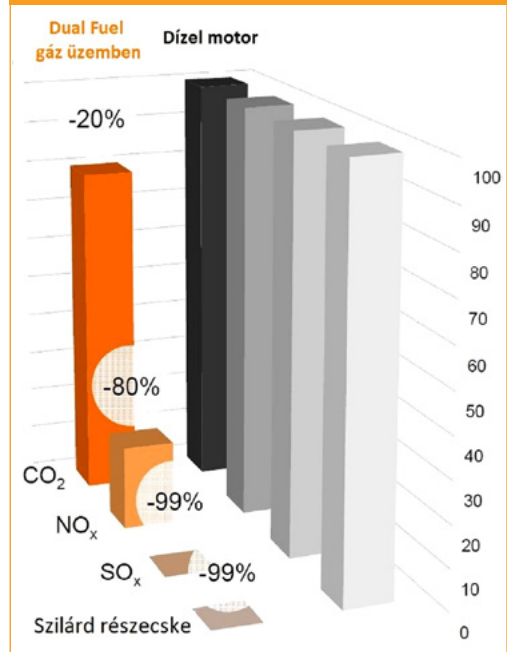
### 3.1. Tisztán elektromos energia

A tisztán elektromos hajtás felépítése egyszerűbb, mint a dízelmotoros, hagyományos meghajtások. Főbb egységei az elektromotorok, az energiatárolók és az energiaelosztó rendszer. Az elektromotorok hajtásához szükséges elektromos energiát a hajón kell termelni vagy tárolni. Tisztán elektromos energiát termelni pl. napelemmel lehet. A napelemek használata azonban jelenleg a hajózásban nem elégséges a szükséges energia termelésére. Az energia tárolására akkumulátorokat lehet használni, amelyeket időnként fel kell tudni tölteni. Az akkumulátorok feltöltési ideje kulcskérdés, főként egy napi menetrend szerint üzemelő hajó esetén. A tárolók feltöltésében egy norvég projekt keretein belül elérték, hogy egy 200 kWh kapacitású akkumulátortelep kevesebb, mint 20 perc alatt lehet feltölteni, miközben 15 000 teljes ciklusú élettartam biztosítható [5].

Tisztán elektromos hajtásrendszer kialakítása kishajókon régóta lehetséges. Nagyobb hajókon történő alkalmazásának eddig az akkumulátorok alacsony teljesítmény/tömeg aránya, ill. hosszú feltöltési ideje szabott határt. A tárolóknak ugyanis mind a fő-, mind a segédüzem energiaszükségletét biztosítaniuk kell. Az akkumulátorok fejlődésével viszont már elképzelhető tisztán elektromos hajtásrendszer kivitelezése és üzemeltetése a kereskedelmi hajózásban is. Erre jó példa a Kínában üzembe helyezett elektromos folyami teherhajó [6], vagy a holland és belga belvizeken a közelmúltban indított nagyszabású projekt a „csatornák Tesláí” [7].

Hatalmas előnye e megoldásnak, hogy zero emisszióval közlekednek, és a szokásos gépház is elhagyható, mivel csak az akkumulátoroknak kell helyet biztosítani. A belvízi hajókon tehát

4. ábra: Az LNG relatív károsanyag-kibocsátása (forrás: [8])



már vannak működőképes megoldások, de tengeren az áttörés egyelőre még várta magát, hiszen ott nagyságrendekkel nagyobb az energiaigény. Továbbá a zéróemisszió sem teljesen igaz, hiszen az elektromos áram termeléséhez az erőművek rengeteg káros anyagot juttatnak a légkörbe. Tehát amíg az ilyen hajók akkumulátorainak töltéséhez szükséges energia nagyobb részét nem sikerül környezetbarát(abb) technológiákkal előállítani, a teljes felhasználási lánc környezetterhelése nem (vagy nem feltétlenül) lesz kisebb.

### 3.2. LNG, vagyis cseppfolyósított földgáz

A földgáz cseppfolyósításával (LNG) új alternatív tüzelőanyag jött létre, amely versenyképes lehet a dízellel szemben. Ezzel párhuzamosan megkezdődött az LNG-vel működő motorok megtervezése. Két megoldás is született, a kettős tüzelőanyagú- (DualFuel – DF) és a gázmotorok. A DF motorok esetében mindig szükség van egy kis gázolajra a gáz-levegő keverék begyűjtéséhez, de akár tisztán dízelüzemanyaggal is üzemeltethetők, míg a gázmotorok csak LNG-vel működtethetők.

Az LNG tüzelőanyag tisztább a dízelnél (4. ábra), ezért az emissziós értékei sokkal kedvezőbbek, emellett az utóbbi időben olcsóbb is (2. ábra), ez a tendencia fokozódhat a kőolaj-készletek kimerülése miatt.

A dízel-körfolyamatot megvalósító DF motorok termikus hatásfoka közel azonos a dízelgépekével, részterheléseken néhány százalékkal jobb is [4]. Beruházási költsége és helyigénye (kisebb energiasűrűség miatt; 60%-a a dízel-tüzelőanyagának – 3. ábra) viszont jóval nagyobb (5. ábra) egy hagyományos hajtásrendszer kialakításához képest.

Az LNG üzemanyag tárolása jóval körülményesebb, mint a dízelé. Cseppfolyós halmazállapota normál környezeti nyomáson ugyanis csak -162°C-on jön létre, és kizárólag különálló tartályokban lehet tárolni. Általában a hajó külső részén helyezik el, hogy egy esetleges robbanás során a kárt minimalizálják. Így a raktérből sem vesz el helyet, továbbá utólagos kialakítása komolyabb szerkezeti átalakítást sem igényel. Rosszabb esetben a nagyobb helyigényű tüzelőanyag elhelyezése a raktér térfogatára is kihatással lehet, ezáltal csökken a hasznos hordképesség, tehát kevesebb áru szállítható, így a megtérülési idő széles skálán mozog. Az mindenesetre megállapítható, hogy minél nagyobb egy belvízi

hajó energiaigénye, annál inkább érdemes DF motorokra váltani, mert gyorsabban megtérül a befektetés [8]. Tengeri hajóknál leginkább a konténerszállító és az LNG szállító tankerek használják ezt az üzemanyagforrást. 2018-ban már több mint 100 tengeri hajó üzemelt LNG tüzelőanyaggal [2].

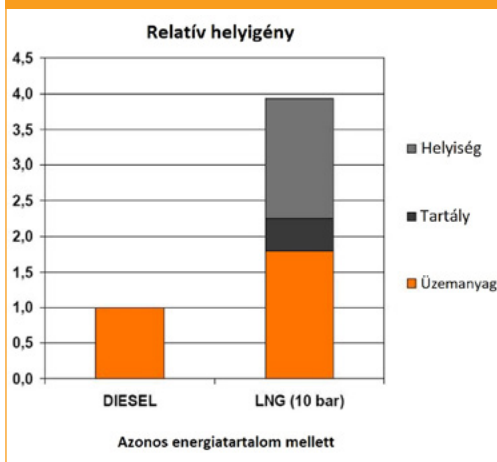
### 3.3. Biotüzelőanyagok

A tengeri felhasználásra elvileg rendelkezésre álló folyékony biotüzelőanyagok: a biodízel vagy FAME (fatty acid methyl ester), az alga alapú tüzelőanyagok, a metanol, a hidrogénezésből származó megújuló dízel (HDRD - Hydrogenation-Derived Renewable Diesel), amely másodlagos biodízelnél és pirolízisolvajként is ismert. Az olajok és zsírok lehetőségeit már évek óta kihasználja az autóipar, ezért kérdéses, hogy mennyi potenciál maradt benne. Az ilyen üzemanyagok hátrányai a korlátozott keverhetőség a HFO tüzelőanyaggal és a fagyérzékenység.

A biodízel (FAME), az alga-tüzelőanyag, a metanol, a HDRD és a pirolízisolvaj gyakorlatilag kénmentesek. Az algák és a HDRD-tüzelőanyagok kompatibilisek a dízelmotorokkal és a kapcsolódó fedélzeti üzemanyag-rendszerekkel. A biodízel (FAME) nem kompatibilis bizonyos nemfém és fém anyagokkal, és általában a jelenlegi motorok és a fedélzeti tüzelőanyag-rendszerek módosítását igényli [14]. A pirolízisolvaj magas savasságban, alacsony cetánszámmal gyakorlatilag kénmentes, és nem keverhető a dízel-tüzelőanyaggal, ezért módosítani kell a tengeri használatra. A FAME jól ismert és bevált keverőkomponens a közúti dízelmotorokhoz [15], de tengeri üzemanyagként való használatra nem alkalmas.

Az ISO 8217 keretrendszeren belül a FAME jelenleg a tengeri hajózásban használatos tüzelőanyag keverékkomponenseként kerül alkalmazásra. A közeljövőben várhatóan 7%-os térfogat-koncentrációt engedélyeznek. A FAME általában nem okoz gondot a motorban. A hosszú távú tárolás azonban problémás lehet. A tartályfesték és a motortömítések, tömlők, nemfém és néhány fém tüzelőanyaggal

5. ábra: Az LG relatív helyigénye (forrás: [8])



nedvesített alkatrészeket hozzá kell igazítani a FAME-hez. A biodízel fő problémája a fenntarthatóság, mivel a termelés nagymértékben támaszkodik a pálmaolaj-termelésre, ami gyakran ellentétes a természetes esőerdők megőrzésével. Ezért a FAME általában nem tekinthető megvalósítható hosszú távú, környezetkímélő lehetőségnek, mert ez nagymértékű emulziót okoz, és nem teszi lehetővé a tüzelőanyag elválasztását a víztől, továbbá korróziót okoz, miután vízzel keveredik.

A metanolt, mint általános üzemanyagot a CEESA (Central & Eastern European Schools Association) ajánlotta. A tengeri hajók metanolhoz való átalakítása lényegesen olcsóbb a metanol tárolási rendszerének egyszerűsége miatt, mint az LNG-re történő átállás. Noha a metanol önmagában kicsit drágább, mint az LNG, utóbbi tüzelőanyag-rendszerének magasabb fokú bonyolultsága nagyobb összköltséget eredményez. A metanol megnöveli a korrózió kockázatát, amelyet megfelelő tüzelőanyag-tartályok stb. alkalmazásával kell kiküszöbölni, Ezen túlmenően a metanol várhatóan a raktérből is helyet foglal, az alacsony energiasűrűsége miatt. A metanol egy motorba fecskendezés során a metánhoz hasonló tulajdonságokkal rendelkezik, így a kettős tüzelőanyag-koncepcióban alkalmazható.

### 3.4. Hidrogén

A hidrogén a legnagyobb mennyiségben előforduló elem a Földön, ezért ez lenne a legjobb megoldás a fosszilis tüzelőanyagok helyettesítésére. Az égés során kinyerhető energiára jellemző érték az alsó és felső fűtőérték, a kettő különbsége a párolgáshőt adja. Mivel a gáz-halmazállapotú hidrogént nem kell elpárolgoltatni, valamint a végtermék is gőz formájában van jelen, ezért a kinyerhető munkát az alsó fűtőérték reprezentálja.

A hidrogén előállítása villamos energiával, vízbontással lehetséges kémiai úton, tüzelőanyag-cellában oxigénnel egyesülve vízgőzt alkot, miközben villamos energia szabadul fel. A folyamat környezetbarát és megújuló. Mivel a hidrogén a legkönnyebb elem, ezért tömegre vetített energiataralma a legnagyobb. Alsó fűtő-

értéke 119,93 kJ/g (25°C, 1 atm), ami majdnem háromszor akkora, mint a dízel-üzemanyagé.

Hátránya, hogy térfogatra vetített energiasűrűsége nagyon kicsi, köszönhetően alacsony sűrűségének. Ez szintén fontos, hiszen megmutatja, hogy egy adott térfogatú tartályban mennyi energiát tudunk magunkkal vinni. Például egy 500 literes tartály kb. 400 kilogrammnyi dízelolajával egyenértékű hidrogéngáz mennyiség körülbelül egy 8000 literes tartályban férne el 250 bar nyomáson. Folyékony hidrogént használva ehhez körülbelül egy 2100 literes tartály kellene.

Fém-hidrid tárolás esetén a fő probléma a tömegnövekedés. A 400 kg dízelolaj energiájának tárolására szolgáló hidrogéntartály tömege körülbelül 1725 kg lenne [11]. Hiába tehát a kis tömegre eső magas energiamegnövelés, a fedélzeti felhasználásnak korlátokat szabnak a tárolási lehetőségek. A hidrogén tüzelőanyag-cellás megoldás tűnik a legbiztosabbnak.

2. táblázat: Hidrogén energiasűrűsége (forrás: [10])

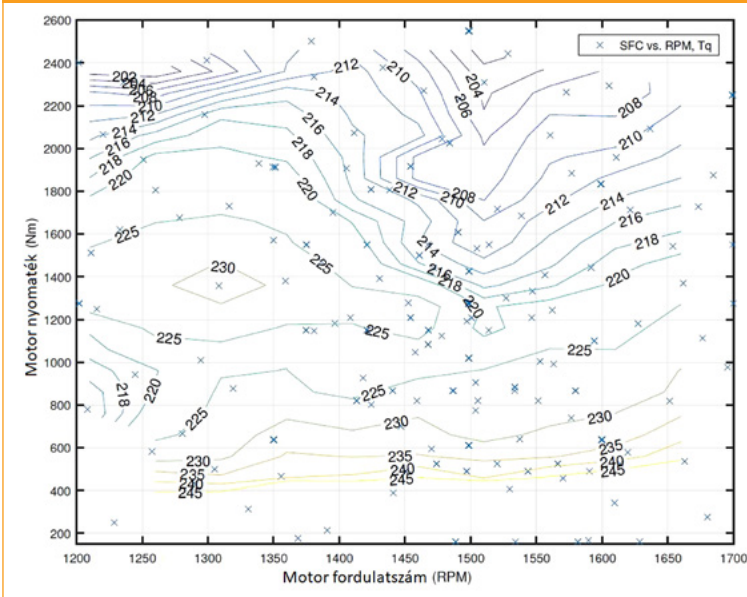
Tüzelőanyag megnevezése	Térfogatra vetített energiasűrűség MJ/m <sup>3</sup>
Hidrogén	10,05 (gáznemű, 1 atm, 15°C)
	1825,00 (gáznemű, 200 bar, 15°C)
	4500,00 (gáznemű, 690 bar, 15°C)
	8491,00 (folyékony)
	11000,00 (fém-hidrid)

Tulajdonságai tehát alkalmassá teszik a hidrogént energiahordozóként történő alkalmazásra, de a magas ára és az előzőekben felsorolt hátrányai miatt egyelőre nem alkalmazható a hajózásban. Egyetlen hajó üzemel jelenleg hidrogénhajtással, ami az Energy Observer nevet viseli. Immár 6 éve közlekedik a belvizeken és a partközeli tengereken. A hajó nagyon speciális kialakítású, minimális ellenállással, katarán hajótesttel rendelkezik, ezért alacsony az energiaigénye.

## 4. TÜZELŐANYAG-FOGYASZTÁS SZÁMÍTÁSI MÓDSZEREK

Az előzőekben bemutatott alternatív üzemanyagoknak a legfőbb előnye a dízelolajokkal

6. ábra: Egy hajómotor fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás térképével - fuel map (forrás: [12])



szemben az alacsonyabb árak, ezért minél nagyobb egy hajó tüzelőanyag-fogyasztása, annál inkább érdemes elgondolkozni az átálláson. Az üzemanyag-fogyasztás meghatározásához alapvetően kétféle módszer létezik:

- méréseken alapuló,
- becslésen alapuló.

## 4.1. Méréseken alapuló módszerek

### 4.1.1. Tüzelőanyagszint mérés

A legegyszerűbb módszer a köbözéses mérés, vagyis adott idő alatt mennyi tüzelőanyag fogyott a tartályból. A legtöbb üzemanyagtartály rendelkezik nívópálcával vagy szintjelzővel, így az elfogyasztott dízelolaj mennyisége könnyen számítható. A módszer egyszerű és gyors, de nem elég pontos.

### 4.1.2. Átfolyás mérés

A tüzelőanyagcsövön átfolyó tüzelőanyag mennyiségét többféleképpen is lehet mérni:

- mágneses-indukciós átfolyás mérővel,
- ultrahangos átfolyás mérővel,
- mérőperemmel.

Ebben az esetben szükséges az adatok folyamatos rögzítése. A módszer elég pontos, de ritkán alkalmazzák hajókon, mivel a pontos fogyasztás meghatározásához mérni kell az adagolótól visszaáramló tüzelőanyag mennyiségét is.

### 4.1.3. Teljesítmény-mérés és fuel map használata

A motor teljesítményét sokféleképpen lehet mérni. Hajózásban bevett szokás a tengelynyomatékát és fordulatszámát mérni, a kettő szorzata pedig megadja a teljesítményt. Gyakorlatilag minden időpillanatban rendelkezésünkre áll a nyomaték-fordulatszám pár. Ha pedig rendelkezünk a motor teljesítmény vagy fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás térképével (6. ábra), akkor minden pillanatban le tudjuk olvasni az aktuális fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás értékét.

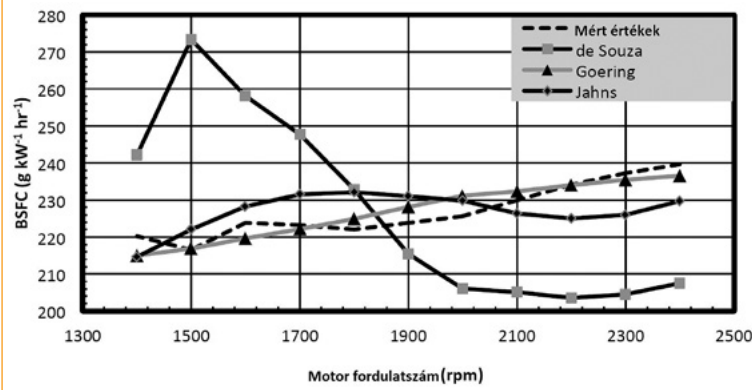
Ez utóbbit a hozzá tartozó teljesítménnyel megszorozva és az egész időintervallumban összeadva megkapjuk az összefogyasztást. Az eljárás viszonylag egyszerű és nagyon pontos, azonban sok előzetes számítási munkát vagy mérést igényel.

Ez utóbbit a hozzá tartozó teljesítménnyel megszorozva és az egész időintervallumban összeadva megkapjuk az összefogyasztást. Az eljárás viszonylag egyszerű és nagyon pontos, azonban sok előzetes számítási munkát vagy mérést igényel.

## 5. BECSLÉSEN ALAPULÓ MÓDSZEREK

A számítástechnika fejlődésével új lehetőségek nyíltak a fizikai jellemzők becslésére, előre jelzésére. Számos program képes modelleken keresztül előre megjósolni egy rendszer valószínű működését. A motorok modellezésére is már sokféle megoldás született, amelyek jól ismert fizikai egyenleteken alapulnak. Az előző alpontban említett mérési módszert is ki lehet váltani egy jól felállított modellel, és

7. ábra: Becslésen alapuló módszerek összehasonlítása (forrás: [13])



ezáltal mérés elvégzése nélkül jól becsülhető a hajó tüzelőanyag-fogyasztása bármilyen útvonalon. Természetesen minden modellt előbb validálni kell, amelyekhez elengedhetetlenek a mérések.

A (7. ábrán) három szerző által kikísérletezett becslő modell összehasonlítása látható ugyanazon motor esetében. Mindhárom modell ugyanazon elven alapszik. Egy adott motormodell empirikus adataiból nyert egyedi konstansokat használ, de más-ként közelíti meg a fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás meghatározását szolgáló képletet. De Souza képletével több ilyen konstans használva minden egyes fordulatszám-nyomaték párhoz kiszámítható a termikus ha-

tásfok, amiből a BSFC (Brake Specific Fuel Consumption) érték megkapható. Goering több változóval, de kevesebb konstanssal összeállított képlete közvetlenül a BSFC értékeket szolgáltatja. Míg Jahns a kettő közötti megoldást tartja megfelelőnek.

Az ábra alapján jól látszik, hogy a Goering módszer tűnik a vizsgálat során a legpontosabbnak, de Souza

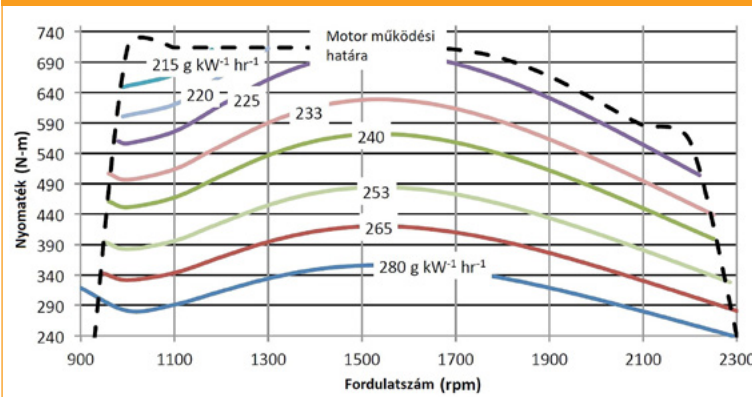
modellje messze elmarad a mért értékektől, ezért használata nem javasolt. Ezen modellek előnyei, hogy a publikus, gyári adatokból, mérések nélkül előállítható egy motor fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás térképe, de a 6. ábrán látott pontosságot nem képesek visszaadni, kissé idealizált (szinte párhuzamos) vonalakkal közelítik a BSFC értékek várható alakulását (8. ábra) [13].

## 6. ÖSSZEFOGLALÁS

Az alternatív üzemanyagok használata egyre nagyobb méreteket ölt és alkalmazhatóvá váló újabb lehetőségek is kínálkoznak, amelyek felgyorsíthatják ezt a folyamatot.

A közúti forgalomban az elektromos és hibridautók elterjedése miatt jelenleg a tisztán elektromos hajtásrendszer, tehát az elektromos energia, mint „tüzelőanyag” a legkiforrottabb, de az akkumulátorok fejlődésével egyre nagyobb hajók alternatív meghajtásává válhat. A környezetszennyezés szempontjából viszont nem jelentene komoly javulást.

8. ábra: Egy dízel motor fajlagos tüzelőanyag-fogyasztás térképe Goering modell alapján (forrás:[13])



Az LNG, mint alternatív tüzelőanyag már régóta ismert a tengeri hajós alkalmazásokban. A dízelüzemanyaghoz képest alacsony környezetterhelése és ára miatt egyre több hajó épül DF vagy gázmotoros hajtással. A kevésbé kiépített infrastruktúra és a nagy helyigénye miatt egyelőre nem elég jó alternatíva a dízel-tüzelőanyag kiszorítására. Biodízel használatával jobb teljesítmény és kisebb környezetterhelés érhető el ugyanazon motorral. Használata azonban sokszor a motorok átalakításával valósítható csak meg, és az áruk is még túl magas ahhoz, hogy gazdaságos megoldás lehessen a hajózásban. A hidrogén-meghajtású hajó lenne a legjobb megoldás, de a hidrogén körülményes előállítás, szállítása és tárolása miatt egyelőre csak koncepciótervek készültek.

A megfelelő alternatív tüzelőanyag meghatározásához elengedhetetlen ismerni a hajó tüzelőanyag-fogyasztását. Erre több lehetőség is kínálkozik mérésekkel, de egy új hajó esetében vagy egy esetleges alternatív hajtásrendszer beépítése előtt a becslésen alapuló módszerek adnak jó megoldást. A számítástechnika fejlődésével ezek a módszerek egyre pontosabban jelzik előre a várható fogyasztást, s így segítenek a legjobb döntések meghozatalában, ill. innovációk bevezetésében.

### FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] ZÖLDY MÁTÉ: *Alternatív tüzelőanyagok, alternatív járműhajtások*, BME 2005
- [2] OCÉANE BALLAND: LNG – A cost-efficient fuel option?, Maritime 2014, <https://www.sjofart.ax/sites/www.sjofart.ax/files/attachments/page/oceaneballand2014.pdf>
- [3] MARTIAL CLAUDPIERRE: *Energy efficiency optimisation*, Green Shipping Summit, Genova 2013
- [4] DR. SIMONGÁTI GY., HARGITAI L. CS.: *Hajógépek*, BME 2012
- [5] <http://www.bbgreen.info/>
- [6] [https://index.hu/tech/2017/12/06/szenet\\_szallit\\_majd\\_az\\_első\\_elektromos\\_tetherhajo/](https://index.hu/tech/2017/12/06/szenet_szallit_majd_az_első_elektromos_tetherhajo/)
- [7] [https://index.hu/tech/2018/01/26/tesla\\_uszaly\\_tetherhajo\\_elektromos\\_hollandia/](https://index.hu/tech/2018/01/26/tesla_uszaly_tetherhajo_elektromos_hollandia/)
- [8] BRAM KRUYT: *Eco<sup>2</sup> inland vessel projekt*, LNG Konferenz, Leer 2013
- [9] KAMALJIT MOIRANGTHEM: *Alternative Fuels for Marine and Inland Waterways*, ISBN 978-92-79-56957-9 (PDF), 2016
- [10] BUDIK GYÖRGY: *Alternatív motorhajtóanyagok alkalmazása belsőégésű motorban*, BME 2011 PhD dolgozat, <https://repozitorium.omikk.bme.hu/handle/10890/1026>
- [11] *Hydrogen Fuel Cell Engines and Related Technologies*, College of the Desert, Palm Desert, CA, USA, 2001., <https://www.energy.gov/sites/prod/files/2014/03/f9/fcm00r0.pdf>
- [12] ZHENYING WU: *Comparison of Fuel Consumption on A Hybrid Marine Power Plant with Low- Power versus High-Power Engines*, Norwegian University of Science and Technology 2017
- [13] Jacob K. Keller: *A Cost Effective Method to Create Accurate Engine Performance Maps & Updating the*
- [14] Nebraska Pumping Plant Performance Criteria, University of Nebrask 2014
- [15] ALFREDAS RIMKUS, JONAS MATIJOŠIUS, MARIJONAS BOGDEVIČIUS, ÁKOS BERCZKY, ÁDÁM TÖRÖK: An investigation of the efficiency of using O<sub>2</sub> and H<sub>2</sub> (hydrooxile gas -HHO) gas additives in a ci engine operating on diesel fuel and biodiesel ENERGY 152: pp. 640-651. 2018. DOI: <http://doi.org/gdnhsb>
- [16] MÁTÉ ZÖLDY: Investigation of Correlation Between Diesel Fuel Cold Operability and Standardized Cold Flow Properties", Periodica Polytechnica Transportation Engineering. 2019 DOI: <http://doi.org/d2mq>



### Use of alternative fuels in shipping and fuel consumption calculation methods

Just as in the automotive industry, electric, gas and hybrid cars, various alternative propulsion systems have emerged in the shipping industry in recent decades to replace and modernize conventional diesel systems. In the shipping industry, it has only been in the last few decades that more propulsion systems have been introduced, either in new ships or to replace the traditional system. The reasons are the increasingly stringent environmental regulations and reduction of operating costs, much of which is fuel cost. Knowledge of fuel consumption data (measurement, calculation, estimation) is therefore very important for finding suitable alternative fuels for each type of ship. In this article, the authors would like to introduce the features of the most feasible solutions and some of the methods for calculating fuel consumption for conventional diesel engines.



### Verwendung von alternativen Kraftstoffen in der Schifffahrt und Methoden für Berechnung des Kraftstoffverbrauchs

Genau wie in der Automobilindustrie, wo die Elektro-, Gas- und Hybridautos erschienen sind, es sind in den letzten Jahrzehnten auch in der Schifffahrtsbranche verschiedene alternative Antriebssysteme entstanden, um herkömmliche Dieselsysteme zu ersetzen und zu modernisieren. In der Schifffahrtsbranche wurden erst in den letzten Jahrzehnten entweder in neuen Schiffen oder als Ersatz für das traditionelle System mehrere neue Antriebssysteme eingeführt. Die Gründe dafür sind die zunehmend strengeren Umweltvorschriften und die Reduzierung der Betriebskosten, wobei der Großteil der letzteren Kraftstoffkosten sind. Die Kenntnis der Kraftstoffverbrauchsdaten (Messung, Berechnung, Schätzung) ist daher sehr wichtig, um für jeden Schiffstyp den geeigneten alternativen Kraftstoffe zu finden. In diesem Artikel möchten die Autoren die Merkmale der praktikabelsten Lösungen und einige Methoden zur Berechnung des Kraftstoffverbrauchs für herkömmliche Dieselmotoren vorstellen.



# Támogatóink



Innovációs és Technológiai  
Minisztérium

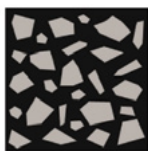


FÜMTERV



STADLER

Stadler Trains Magyarország Kft.



EUROASFALT  
ÉPÍTŐ ÉS SZOLGÁLTATÓ KFT.

HungaroControl

Magyar Légiforgalmi Szolgálat

KÖZLEKEDÉS  
FŐVÁROSI TERVEZŐ IRODA KFT.



NEMZETI  
ÚTDÍJFIZETÉSI  
SZOLGÁLTATÓ ZRT.

