

2022. év 1. szám

KÖZLEKEDÉS ÉS MOBILITÁS

KÖZLEKEDÉS- ÉS JÁRMŰTUDOMÁNYI FOLYÓIRAT

KÖZLEKEDÉS ÉS MOBILITÁS

ALAPÍTVÁ: 2022

A Közlekedéstudományi Intézet szakmai és tudományos folyóirata

Megjelenik negyedévente

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG:

dr. Balogh Edina
dr. Berényi János
dr. Boros Anita
dr. Gáspár László (a szerkesztőbizottság elnöke)
dr. Maros Dóra
dr. Munkácsy András
dr. Palik Máttyás
dr. Rohács Dániel
dr. Sipos Tibor
dr. Szalay Zsolt
dr. Török Ádám
dr. Turcsányi Károly
dr. Varga István
dr. Zöldy Máté

SZERKESZTŐSÉG ÉS KIADÓ:

KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft.
1119 Budapest, Than Károly utca 3–5.

TELEFON: +36 1 371 5912

ELEKTRONIKUS LEVÉLCÍM: folyoirat@kti.hu

HONLAP: folyoirat.kti.hu

KIADÁSÉRT FELELŐS SZEMÉLY:

dr. Gál András Levente (ügyvezető)

SZERKESZTÉSÉRT FELELŐS SZEMÉLY:

Dr. Rohács Dániel

ISSN 2939-7057

A kéziratok beküldésével, a szerkesztési alapelvekkel,
a folyóirat megrendelésével kapcsolatos minden információ a honlapon érhető el.

Tisztelt Látogatónk, Kedves Olvasó!

A Közlekedéstudományi Intézet annak érdekében hívta életre a Közlekedés és Mobilitás szakmai-tudományos folyóiratot, hogy lehetőséget teremtsen a közlekedési alágazatokhoz és a multidiszciplinárisan azokhoz köthető tudományágak, valamint technológiai fejlesztések eredményeinek disszeminálására, a hazai sikerek bemutatására, a szakmai párbeszédre és a tudásmegosztásra.

A folyóirat dinamikusan és szakmai-tudományos szempontból is igényesen reagál a közlekedéshez köthető szakterületek kutatásának időszerű kérdéseire és eredményeire, azokról magas színvonalú cikkeket közöl elismert hazai szakemberek és kutatók közreműködésével. A közlekedéssel és a mobilitással ágazati, valamint multidiszciplináris megközelítésben is foglalkozik, miközben a mobilitáshoz köthető – tágabban értelmezett – fő területeket is bemutatja. Átfogó, minden alágazatra, számos közlekedési módra, több témára kiterjedő, valamint részletkérdéseket tárgyaló cikkeket

egyaránt közöl az időszerű problémákról (pl. fenntarthatóság, reziliencia, biztonság, adatvagyon), diszruptív technológiai megoldásokról (pl. autonóm közlekedés, intelligens mobilitás, drón és UTM szolgáltatások), gazdasági kérdésekről, társadalmasításról, valamint közlekedéspolitikai és szabályozási kérdésekről.

A szerkesztőbizottság tagjai a hazai szektor meghatározó szakemberei, több ágazati és csatlakozó tudomány – pl. biztonság, fenntarthatóság, védelem, autonóm közlekedés, forgalomirányítás, logisztika – képviselőiben. Lapunkat elektronikus formában jelentetjük meg, ezzel további támogatást és felületet biztosítva a közlekedéshez köthető tudományos eredmények hazai disszeminálásához.

Bízunk benne, hogy új tudományos folyóiratunk kedvező fogadtatásra talál a témák iránt érdeklődő olvasók körében, és közülük többen szerzőként is megtisztelik majd szerkesztőségünket a kutatási eredményeiket bemutató kéziratok beküldésével.

DR. HABIL. ROHÁCS DÁNIEL

tudományos ügyvezető-helyettes

KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft.

Budapest, 2022. október 24.

Tartalomjegyzék

A magyarországi akusztikai járműkategóriák megfeleltetése a CNOSSOS-EU módszer járműosztályainak

DR. BALOGH EDINA, SCHMELZ TAMÁS, DR. SIPOS TIBOR

5. oldal

Határ- és életciklusköltségek a közúti közlekedésben

DR. TÖRÖK ÁDÁM, DR. SIPOS TIBOR

14. oldal

Az otthoni ápolás mint szolgáltatás logisztikai és fenntarthatósági szempontú kérdéseinek vizsgálata

DR. SZANDER NORINA

19. oldal

Utasok fedélzeti tevékenységeinek vizsgálata ingázás és távolsági utazás során

DR. MUNKÁCSY ANDRÁS, STROMMER TAMÁS, DR. LIESZKOVSZKY JÓZSEF PÁL

29. oldal

A közös európai mobilitási adattér és az ITS ökoszisztéma tanúsíthatósága

BÓDI ANTAL, DR. MAROS DÓRA

38. oldal

Folyékony hajtóanyagok fejlesztési tendenciái

VIRT MÁRTON, DR. ZÖLDY MÁTÉ

43. oldal

Veszélyes árut szállító tehervonatok közlekedésének védelme

LÉVAI ZSOLT, DR. HORVÁTH ATTILA

47. oldal

Rutinszerű léggöri vertikális profilmérések végrehajtására alkalmas drón mérőhálózat kialakítása

DR. BOTTYÁN ZSOLT, FEKETE CSABA, GYÖNGYÖSI ANDRÁS ZÉNÓ, KARDOS PÉTER, DR. TUBA ZOLTÁN, DR. VAS TÍMEA

55. oldal

Észtország közlekedéspolitikája – szemelvények és tanulságok az OECD-ITF bevonásával kialakított közlekedési és mobilitási mestertervből

OSZTER VILMOS

66. oldal

Lehet-e ingyenes a tömegközlekedés?

ÁCS BALÁZS, KÖVESDI ISTVÁN

73. oldal

A lakótelepi kerékpártárolás fejlesztési lehetőségei

VIRÁG ÁLMOS, BÁLINT-SZEDMÁK MÁTYÁS, RADICS MIKLÓS, GLÁSZ ATTILA

81. oldal

Tudományos közlemény

A magyarországi akusztikai járműkategóriák megfeleltetése a CNOSSOS-EU módszer járműosztályainak

Beküldve: 2021.01.15.
Elfogadva: 2021.06.30.
Online közzétéve: 2022.10.24.

- ID DR. BALOGH EDINA** vezető kutató, tudományos munkatárs, Közlekedéstudományi Intézet, Közlekedésakusztikai Osztály, balogh.edina@kti.hu
- ID SCHMELZ TAMÁS** szenior kutató, Közlekedéstudományi Intézet, Közlekedésakusztikai Osztály, schmelz.tamas@kti.hu
- ID DR. SIPOS TIBOR** vezető kutató, tudományos főmunkatárs, Közlekedéstudományi Intézet, Mobilitás Kutatóközpont, sipos.tibor@kti.hu

Absztrakt: A közúti stratégiai zajtérképek előállításánál a hazai forgalomszámlálási gyakorlat nem teszi lehetővé a „szóló nehéz tehergépkocsi”, valamint a „motorkerékpár és segédmotoros kerékpár” forgalmi kategóriába tartozó járművek egyértelmű besorolását a CNOSSOS-EU módszer járműosztályába. Eltérő besorolási változatok zajkibocsátásra gyakorolt hatását elemezve előbbi kategóriára általánosan, utóbbira pedig a belterületi útszakaszokra vonatkozóan igazoltuk a probléma akusztikai relevanciáját.

Kulcsszavak: stratégiai zajtérképezés; CNOSSOS-EU; akusztikai járműkategóriák; zajkibocsátás-számítás

Correlation of Hungarian acoustic vehicle categories with the vehicle categories of the CNOSSOS- EU method

Abstract: In the production of strategic road traffic noise maps, the Hungarian traffic counting practice does not allow for a clear classification of vehicles belonging to the traffic categories "solo heavy goods vehicles" and "motorcycles and mopeds" into the vehicle categories of the CNOSSOS-EU method. By analysing the noise impact of different classification variants, the acoustic relevance of the problem was demonstrated for the former category in general and for the latter category for inland road sections.

Keywords: strategic noise mapping; CNOSSOS-EU; acoustic vehicle categories; noise emission calculation

Bevezetés

A környezeti zaj értékeléséről és kezeléséről szóló 2002/49/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv¹ a környezeti zaj káros hatásainak elkerülését, megelőzését, illetve csökkentését tűzte ki célul. Ennek érdekében a tagállamok számára stratégiai zajtérképek és intézkedési tervek előállításának, majd azok ötvenkénti felülvizsgálatának kötelezettségét írta elő. A stratégiai zajtérképek a környezeti zajnak való kitettség mértékének meghatározására szolgálnak, míg az ezeken alapuló intézkedési tervek a káros hatások megelőzésére, illetve csökkentésére vonatkozó javaslatokat fogalmazznak meg.

Az irányelv központi célkitűzése volt, hogy az egyes tagállamok a stratégiai zajtérképek és az intézkedési tervek kidolgozása során közös megközelítési módot alkalmazzanak. Az e célból definiált közös zajmutatók meghatározására szolgáló egységes értékelési módszer azonban ekkor még nem állt rendelkezésre. Átmeneti megoldásként az irányelv ún. interim módszereket jelölt ki, illetve lehetőséget adott a tagállamoknak arra, hogy saját nemzeti zajszámítási eljárásukat alkalmazzák a közös értékelési módszer megjelenéséig.

A közös számítási módszer kidolgozása céljából az Európai Bizottság a Közös Kutatóközpont (Joint Research Centre) vezetésével 2008-ban elindította a Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU) projektet (Kephalopoulos et al., 2012). Ennek eredményeként 2015-ben kihirdették a 2002/49/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv szerinti közös zajértékelési módszerek meghatározásáról szóló 2015/996 bizottsági irányelvet² (a továbbiakban CNOSSOS-EU irányelv).

¹ Az Európai Parlament és a Tanács 2002/49/EK irányelve (2002. június 25.) a környezeti zaj értékeléséről és kezeléséről

² A Bizottság (EU) 2015/996 irányelve (2015. május 19.) a 2002/49/EK európai parlamenti és tanácsi irányelv szerinti közös zajértékelési módszerek meghatározásáról

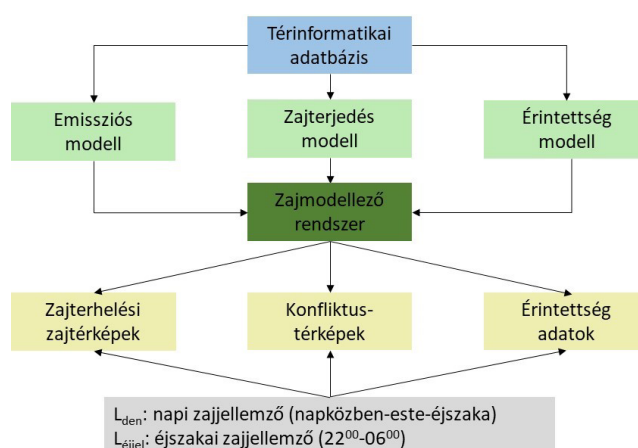
A CNOSSOS-EU irányelv hazai jogrendbe való átültetése megtörtént, azonban a jelenleg folyamatban lévő szakmai adaptáció – melynek célja az irányelv tényleges alkalmazhatóságának biztosítása a hazai járműállomány, infrastruktúra és környezeti viszonyok mellett – számos kihívást tartogat. Cikkünk az adaptációs folyamat feladatai közül a közúti közlekedési zajkibocsátás számítása során, az egyes járműtípusok akusztikai kategóriákba sorolása kapcsán jelentkező kérdések megválaszolása céljából elvégzett emissziószámítási vizsgálatokat mutatja be³. Az elemzés során arra keressük a választ, hogy az új módszer akusztikai járműkategóriáinak bevezetésével kapcsolatos bizonytalanságok milyen mértékű hatással vannak a számított zajkibocsátási értékekre. Az akusztikai járműkategóriák kialakítása más tagállamok korábban alkalmazott módszerei esetében is eltér a CNOSSOS-EU irányelvben meghatározottól (Dutilleuxa – Soldano, 2018; Faulkner et al., 2019). A francia NMPB2008 zajsámítási módszerben az egyik CNOSSOS-EU szerinti kategória hiányzik, ennek akusztikai relevanciáját mérési és modellezési eredmények alapján igazolták (Pallas – Dutilleuxa, 2018). A többi tagállami módszer esetében hasonló célú és jellegű vizsgálattal a szakirodalmi feltárás során nem találkoztunk.

A következőkben áttekintést adunk arról, hogy az akusztikai járműkategóriák kialakításának feladata miként illeszkedik a stratégiai zajtérképezés folyamatába, majd a probléma részletes ismertetését követően az elvégzett vizsgálat módszertanát és eredményeit mutatjuk be.

A stratégiai zajtérképezési folyamat áttekintése

A stratégiai zajtérképezési folyamatot az 1. ábrán szemléltetjük. A stratégiai zajtérképek (a zajterhelés abszolút mértékét bemutató zajterhelési zajtérképek, illetve a tagországonként meghatározott stratégiai küszöbértékek túllépésének mértékét ábrázoló konfliktustérképek) a zajkibocsátás és a zajterjedés modellszámítással történő meghatározásán alapulnak. A zajtérképeket két, uniós szinten egységes zajmutatóra (a teljes napra vonatkozó zajterhelést leíró L_{den} zajjellemzőre, illetve az éjszakai időszak zajterhelését bemutató $L_{éjjel}$ zajjellemzőre) vonatkozóan kell elkészíteni. A számított zajterhelési értékek alapján meghatározandó érintettségadatokat (adott értéknél nagyobb zajterhelésnek kitett lakosok, lakóépületek száma, illetve terület nagysága) szintén mindkét zajmutatóra elő kell állítani. Az emissziós, a zajterjedési, valamint az érintettségszámítást végző modellből álló rendszer működése az érintett területre felépített térinformatikai adatbázis felhasználásával valósul meg.

A CNOSSOS-EU módszer a közúti, vasúti és ipari zajforrásokra vonatkozóan a zajkibocsátás meghatározására forrásonként eltérő eljárást alkalmaz, a zajterjedés számítására azonban egységes módszert határoz meg. A légi közlekedésre vonatkozóan mind a kibocsátás, mind a terjedés számítása a többi forrástól eltérő módon történik. A stratégiai zajtérképek elkészítésére eddig alkalmazott hazai zajsámítási eljárás és a CNOSSOS-EU módszer közötti legnagyobb eltérés a közúti és a vasúti emissziószámítás, valamint az érintettségszámítás területén jelentkezik.



1. ábra A stratégiai zajtérképezés folyamata

Forrás: saját szerkesztés

³ A vizsgálatok a CNOSSOS-EU irányelv adaptációjára irányuló intézkedéscsomag megvalósításának 1. fázisa c. projekt keretében valósultak meg (támogatói okirat száma: GVF/886/2019-ITM_SZERZ)

Az emissziószámítás meghatározó eleme a zajforrás megfelelő leírása, ami magában foglalja a forgalomban részt vevő járművek zajkibocsátást befolyásoló jellemzőik szerinti csoportosítását. A vasúti zajforrás CNOSSOS-EU módszer szerinti leírása alapjaiban különbözik a hazai eljárás megközelítésétől: míg előbbinél a jármű definíció szerint „a vonat bármely önálló, függetlenül mozgatható, a vonat többi részéről leválasztható vasúti alegysége”⁴, utóbbi esetében a szerelvény egésze jelenti a számítási alapegységet. A közúti zajforrás leírása kapcsán ilyen szintű szemléletbeli különbséggel ugyan nem találkozunk, a járműkategóriák kialakítása terén lényeges eltérések mutatkoznak a két módszer között. Ezekkel alább részletesen foglalkozunk.

Akusztikai járműkategóriák kialakítása a hazai és a CNOSSOS-EU módszer szerinti közúti zajkibocsátás-számításban

A CNOSSOS-EU módszer az egyes közúti gépjárműtípusokat azok akusztikai jellemzői szerint az 1. táblázat szerinti kategóriákba sorolja.

1. táblázat A CNOSSOS-EU módszerben alkalmazott közúti járműosztályok

Kategória	Elnevezés	Leírás
1	Könnyű gépjárművek	személygépjárművek, ≤3,5 tonnás áru fuvarozók, SUV-k ⁵ , MPV-k ⁶ , pótkocsival, lakókocsival együtt
2	Középnehéz gépjárművek	középnehéz gépjárművek, >3,5 tonnás áru fuvarozók, autóbuszok, lakóautók stb. – kéttengelyes, a hátsó tengelyen ikerkeres járművek
3	Nehézgépjárművek	nehéz járművek, túragépjárművek, buszok – három- vagy többtengelyes gépjárművek
4	4a	Kétkerekű gépjárművek
	4b	
5	Nyílt kategória	a jövőbeli igények szerint határozandó meg

Forrás: CNOSSOS-EU irányelv Melléklet [2.2.a] táblázat

A táblázatban szereplő típusleírások alapján a 2. kategóriába („Középnehéz gépjárművek”) kizárólag kéttengelyes járművek tartoznak, míg a három- vagy többtengelyes gépjárművek a 3. kategóriába („Nehézgépjárművek”) sorolandók.

A 4. kategórián belül („Kétkerekű gépjárművek”) két alkategória került kialakításra: a 4a kategória a segédmotoros kerékpárokat, míg a 4b kategória a motorkerékpárokat foglalja magában. A szétválasztás okaként a segédmotoros kerékpárok és a motorkerékpárok jelentősen eltérő közlekedési jellemzőit jelölték meg.

A hazai eljárás három akusztikai járműkategóriát különböztet meg. A forgalmi járműkategóriák e három kategóriába való besorolása – a vonatkozó utügyi műszaki előírás⁷, illetve a 93/2007. (XII. 18.) KvVM rendelet⁸ alapján – a 2. táblázatban bemutatott módon történik.

2. táblázat A hazai zajszámítási eljárás során alkalmazott akusztikai járműkategóriák

Járműkategória megnevezése (ÚT 2-1.109)	Járművek főbb jellemzői	Akusztikai járműkategória
személy- és kistehergépkocsi	szgk. vontatmánnyal vagy anélkül, kis autóbusz 16 férőhely alatt, tehergépkocsi (megengedett legnagyobb össztömege <3500 kg)	I.
szóló autóbusz	KRESZ szerint meghatározott (kivéve a 16 férőhely alattiakat)	II.
csuklós autóbusz	KRESZ szerint meghatározott	III.
könnyű tehergépkocsi	tehergépkocsi, össztömeg: 3500–7000 kg	II.
szóló nehéz tehergépkocsi	tehergépkocsi pótkocsi vagy vontatmány nélkül, össztömeg >7000 kg	III.
tehergépkocsi szerelvény	tehergépkocsi pótkocsival, nyergesvontató	III.
motorkerékpár és segédmotoros kerékpár	KRESZ szerint meghatározott	II.

Forrás: 93/2007. (XII. 18.) KvVM rendelet 5. sz. melléklet 2. táblázat

⁴ CNOSSOS-EU irányelv Melléklet 12. o.

⁵ Városi terepjárók (Sport Utility Vehicles)

⁶ Többcélú járművek (Multi-Purpose Vehicles)

⁷ Országos közutak keresztmetszeti forgalmának számlálása és a forgalom nagyságának meghatározása, e-UT 02.01.21 (a korábbi számozási rendszer szerint ÚT 2-1.109) utügyi műszaki előírás

⁸ A zajkibocsátási határértékek megállapításának, valamint a zaj- és rezgés kibocsátás ellenőrzésének módjáról szóló 93/2007. (XII. 18.) KvVM rendelet

A hazai forgalmi járműkategóriák főbb jellemzőit és a CNOSSOS-EU módszer járműosztályainak leírását összevetve két olyan forgalmi kategória azonosítható, melyekbe tartozó járművek CNOSSOS-EU módszer szerinti osztályokba való besorolása nem egyértelmű (a kérdéses kategóriákat a 2. táblázatban piros kerettel emeltük ki):

- a „szóló nehéz tehergépkocsi” kategóriába tartozó járműveket a hazai forgalomszámlálási gyakorlat nem különbözteti meg tengelyszám szerint, így azok megosztása a CNOSSOS-EU módszer szerinti 2. és 3. járműkategória között problémát okoz;
- a „motorkerékpár és segédmotoros kerékpár” kategória együttesen kezeli a kétkerekű gépjárműveket, ezek besorolása a CNOSSOS-EU módszer 4. kategóriájának két alkategóriájába ezért nem megoldott.

Eltérő besorolási változatok zajkibocsátásra gyakorolt hatásának vizsgálata

Az előző fejezetben felvázolt probléma akusztikai relevanciájának megítélése céljából emissziós modellszámításon alapuló elemzést végeztünk. Célunk annak felmérése volt, hogy a kérdéses hazai forgalmi kategóriákba tartozó járművek különböző – a pontos besoroláshoz szükséges információk hiányában meghatározott – arányú megosztása a CNOSSOS-EU módszer érintett kategóriái között milyen hatással van a zajkibocsátás mértékére.

Mind a szóló nehéz tehergépkocsik, mind a motorkerékpárok és segédmotoros kerékpárok esetében hat vizsgálandó besorolási változatot határoztunk meg, melyeket a 3. táblázatban foglaltunk össze. Az A jelű változatokban a teljes forgalom figyelembevételét feltételeztük, míg a B jelű változatok esetén csak a kérdéses kategóriákba tartozó járművekkel számoltunk.

3. táblázat Besorolási változatok

Besorolási változat jele	Szóló nehéz tehergépkocsik		Motorkerékpárok és segédmotoros kerékpárok	
	CNOSSOS-EU 2. kategória	CNOSSOS-EU 3. kategória	CNOSSOS-EU 4a kategória	CNOSSOS-EU 4b kategória
A	teljes forgalom		teljes forgalom	
A1	100 %	0 %	100 %	0 %
A2	0 %	100 %	0 %	100 %
A3	50 %	50 %	50 %	50 %
B	csak 2. és 3. kategória		csak 4a és 4b kategória	
B1	100 %	0 %	100 %	0 %
B2	0 %	100 %	0 %	100 %
B3	50 %	50 %	50 %	50 %

Forrás: saját szerkesztés

A szóló nehéz tehergépkocsikra vonatkozó vizsgálat helyszínéül egy jelentős nehézgépjármű-forgalmat lebonyolító autópálya-szakaszt választottunk (M1 autópálya 26+692 és 29+600 km szelvények közötti szakasza). A kétkerekű gépjárművek vizsgálatához – mivel a hatályos magyar szabályozás szerint a segédmotoros kerékpárok autópályára és autóútra nem hajthatnak fel – célszerűen alacsonyabb kategóriájú útszakaszt jelöltünk ki (11. számú másodrendű főút 13+298 és 14+709 km szelvények közötti szakasza), szem előtt tartva az érintett kategóriába tartozó gépjárművek minél magasabb forgalmi arányára vonatkozó követelményt.

A modellszámításhoz szükséges forgalmi adatokat az Országos Közúti Adatbank 2015. évi, az országos közutak átlagos napi forgalmát megadó táblázatai (Magyar Közút, 2016a) alapján vettük fel. A forgalmi adatok napszakok szerinti felbontása a Törvényszerűségi tényezők 2015 c. kiadvány (Magyar Közút, 2016b) 4. mellékletében szereplő 'A' akusztikai napszaktényezők alkalmazásával történt. Az akusztikai napszaktényezők kiválasztásánál a szóló nehéz tehergépkocsik esetén napi forgalomjellegként az 1. kategóriát („nagyarányú nemzetközi forgalmat lebonyolító főutak”) vettük figyelembe, míg a kétkerekű gépjárművek vizsgálatánál a 2. kategóriával („átlagos éjszakai forgalmú utak”) számoltunk.

A számítás során a hatályos hazai szabályozásnak megfelelően a vizsgált útszakasz kategóriájának függvényében az egyes járműkategóriákra vonatkozóan a 4. táblázatban feltüntetett megengedett sebességeket vettük figyelembe.

4. táblázat Megengedett sebességek a vizsgált útszakaszokon

Kategória	Elnevezés	Megengedett sebesség [km/h]	
		M1 autópálya	II. sz. II. rendű főút
1	Könnyű gépjárművek	130	90
2	Középnéhez gépjárművek	80	70
3	Nehézgépjárművek	80	70
4a	Segédmotoros kerékpárok	-	40
4b	Motorkerékpárok	130	90

Forrás: saját szerkesztés

A fenti bemenő adatokat felhasználva a 3. táblázatban szereplő járműbesorolási változatok mellett adódó zajkibocsátási értékeket a SoundPlan zajmodellező szoftver 8.0 verziójával határoztuk meg, melyben választható számítási eljárásaként már elérhető volt a CNOSSOS-EU módszer tesztverziója.

A vizsgálat eredményeinek bemutatása

Szóló nehéz tehergépkocsik

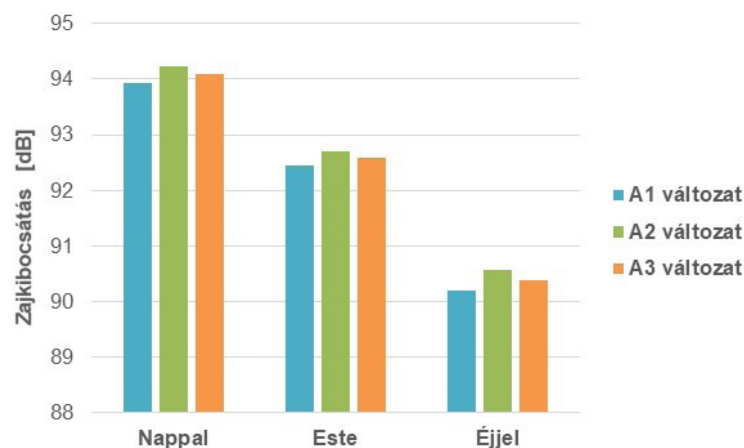
A szóló nehéz tehergépkocsik 3. táblázat szerinti A jelű besorolási változataira (a teljes forgalom figyelembevételével) meghatározott zajkibocsátási értékeket az 5. táblázatban, illetve a 2. ábrán tüntettük fel. A legkisebb zajkibocsátási értékek a szóló nehéz tehergépkocsik 100%-át a CNOSSOS-EU módszer szerinti 2. kategóriába, azaz a kisebb zajkibocsátású középnehéz gépjárművek közé soroló A1 jelű verzió esetén adódtak. A legmagasabb zajkibocsátási értékek a szóló nehéz tehergépkocsik mindegyikét a CNOSSOS-EU módszer szerinti 3. kategóriába, azaz a nagyobb zajkibocsátással jellemezhető nehézgépjárművek csoportjába soroló A2 jelű változatnál figyelhetők meg. A szóló nehéz tehergépkocsik 50-50%-os arányú megosztása a 2. és 3. kategória között köztes zajkibocsátási értékeket eredményezett. Az egyes besorolási változatokra adódó zajkibocsátási értékek közötti legnagyobb különbség a nappali, esti, illetve éjszakai időszakokra vonatkozóan: 0,3; 0,2; illetve 0,4 dB.

5. táblázat A teljes forgalom zajkibocsátási értékei napszakonként, a szóló nehéz tehergépkocsik különböző besorolási változatai esetén

Forrás: saját szerkesztés

Besorolási változat jele	Kibocsátott hangteljesítményszint [dB]		
	Nappal (06-18 h)	Este (18-22 h)	Éjjel (22-06 h)
A1	93,9	92,5	90,2
A2	94,2	92,7	90,6
A3	94,1	92,6	90,4

A 6. táblázat és a 3. ábra a szóló nehéz tehergépkocsik 3. táblázat szerinti B jelű besorolási változataira meghatározott zajkibocsátási értékeket mutatják. Az egyes változatokhoz tartozó zajkibocsátási értékek közötti eltérések vonatkozásában az A jelű változatoknál megfigyelt tendenciák rajzolódni ki, a különbségek azonban valamivel erőteljesebben jelennek meg. Ennek oka, hogy a teljes forgalom figyelembevétel helyett kizárólag az érintett 2. és 3. kategóriába tartozó járművek forgalmával számoltunk.



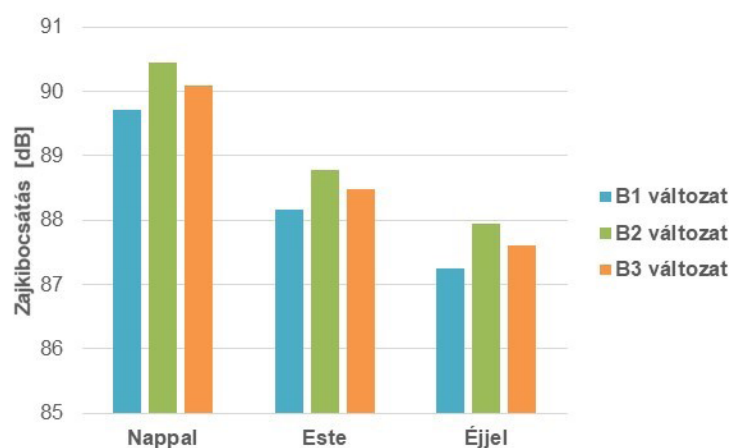
2. ábra A teljes forgalom zajkibocsátási értékei napszakonként, a szóló nehéz tehergépkocsik különböző besorolási változatai esetén

Forrás: saját szerkesztés

6. táblázat A 2. és 3. járműkategória zajkibocsátási értékei napszakonként, a szóló nehéz tehergépkocsik különböző besorolási változatai esetén

Besorolási változat jele	Kibocsátott hangteljesítményszint [dB]		
	Nappal (06-18 h)	Este (18-22 h)	Éjjel (22-06 h)
B1	89,7	88,2	87,2
B2	90,5	88,8	87,9
B3	90,1	88,5	87,6

Forrás: saját szerkesztés



3. ábra A 2. és 3. járműkategória zajkibocsátási értékei napszakonként, a szóló nehéz tehergépkocsik különböző besorolási változatai esetén

Forrás: saját szerkesztés

Motorkerékpárok és segédmotoros kerékpárok

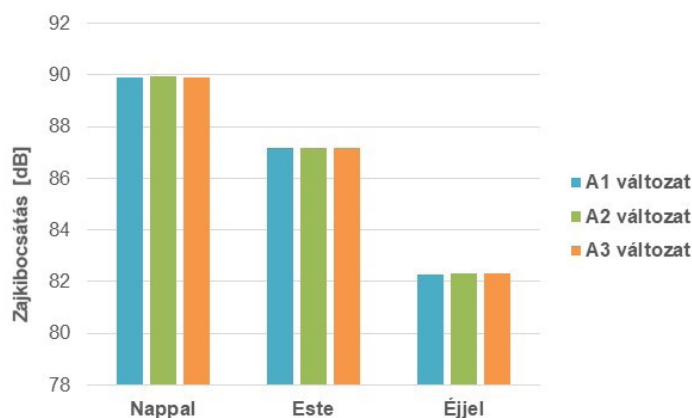
A motorkerékpárok és segédmotoros kerékpárok 3. táblázat szerinti A jelű besorolási változataira (a teljes forgalom figyelembevételével) meghatározott zajkibocsátási értékek a 7. táblázatban, illetve a 4. ábrán láthatók. A járműbesorolás problémájának akusztikai relevanciájára irányuló vizsgálatunk fontos eredménye, hogy az egyes besorolási változatokra adódó zajkibocsátási értékek között gyakorlatilag nem állapítható meg különbség. Ez az azal magyarázható, hogy míg a kétkerekű gépjárművek zajkibocsátásában a hajtóműzaj dominál (a CNOSSOS-EU módszer gördülési zajt nem is határoz meg a 4. járműkategóriára), a vizsgált útszakaszon a motorkerékpárokra

vonatkozóan megengedett sebesség (90 km/h) mellett a gördülési zaj szerepe a meghatározó (Poulikakos et al., 2016). A motorkerékpárok szerepe a teljes forgalom zajkibocsátásában ezért igen csekély, akusztikai kategorizálásuk így érdemben nem befolyásolja azt. Bár a segédmotoros kerékpárokra jellemző sebességtartományban a hajtóműzaj szerepe már jelentősebb, e járművek hozzájárulása a teljes forgalom zajkibocsátásához – gyári kipufogórendszer alkalmazása esetén alacsony emissziószintjük és a vizsgált külterületi szakaszon jellemző mérsékelt forgalmi arányuk miatt – elhanyagolható.

7. táblázat A teljes forgalom zajkibocsátási értékei napszakonként, a motorkerékpárok és segédmotoros kerékpárok különböző besorolási változatai esetén

Besorolási változat jele	Kibocsátott hangteljesítményszint [dB]		
	Nappal (06-18 h)	Este (18-22 h)	Éjjel (22-06 h)
A1	89,9	87,2	82,3
A2	89,9	87,2	82,3
A3	89,9	87,2	82,3

Forrás: saját szerkesztés



4. ábra A teljes forgalom zajkibocsátási értékei napszakonként, a motorkerékpárok és segédmotoros kerékpárok különböző besorolási változatai esetén

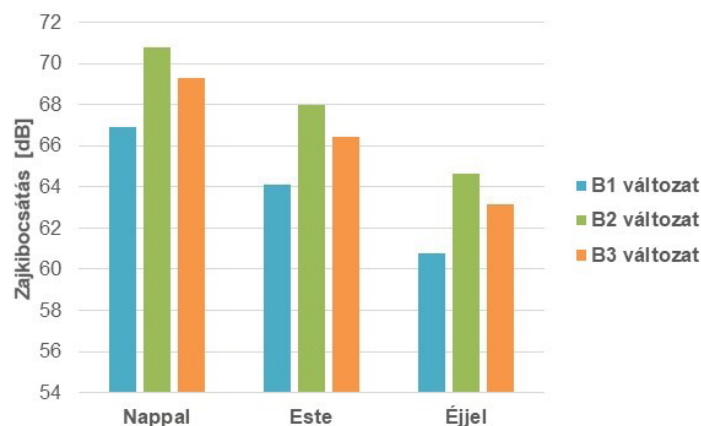
Forrás: saját szerkesztés

A 8. táblázatban, illetve az 5. ábrán a kétkerekű gépjárművek 3. táblázat szerinti B jelű besorolási változataira meghatározott zajkibocsátási értékeket mutatjuk be. Az egyes változatok között itt érdemi különbségeket állapíthatunk meg, ami annak köszönhető, hogy a számítások során a teljes forgalom helyett csak az érintett 4. kategóriába tartozó járműveket vettük figyelembe. A legkisebb zajkibocsátási értékek a kétkerekű gépjárművek összességét a CNOSSOS-EU módszer szerinti 4a kategóriába, azaz a kisebb zajkibocsátással jellemezhető segédmotoros kerékpárok közé soroló A1 jelű verzió esetén adódtak. A legmagasabb zajkibocsátási értékek ezzel szemben a kétkerekű gépjárművek mindegyikét a CNOSSOS-EU módszer szerinti 4b kategóriába, a nagyobb zajkibocsátással jellemezhető motorkerékpárok csoportjába soroló A2 jelű változatnál jelentek meg. A két alkategória közötti 50-50%-os megosztási arány köztes zajkibocsátási értékeket eredményezett.

8. táblázat A 4a és 4b járműkategória zajkibocsátási értékei napszakonként, a motorkerékpárok és segédmotoros kerékpárok különböző besorolási változatai esetén

Besorolási változat jele	Kibocsátott hangteljesítményszint [dB]		
	Nappal (06-18 h)	Este (18-22 h)	Éjjel (22-06 h)
B1	66,9	64,1	60,8
B2	70,8	68,0	64,7
B3	69,3	66,4	63,1

Forrás: saját szerkesztés



5. ábra A 4a és 4b járműkategória zajkibocsátási értékei napszakonként, a motorkerékpárok és segédmotoros kerékpárok különböző besorolási változatai esetén

Forrás: saját szerkesztés

Következtetések

A közúti zajkibocsátás számítása során a hazai eljárásban szereplő forgalmi járműkategóriák közül a szóló nehéz tehergépkocsik és a kétkerekű gépjárművek CNOSSOS-EU módszer szerinti járműosztályokba való besorolása a jelenlegi forgalomszámlálási gyakorlat alapján nem végezhető el egyértelműen. A probléma akusztikai relevanciájának vizsgálata céljából elvégzett zajkibocsátási modellszámítás eredményei alapján a két kérdéses kategória jövőbeni kezelésére vonatkozóan az alábbi javaslatok fogalmazhatók meg:

1. A szóló nehéz tehergépkocsik esetében a különböző járműbesorolási változatokra a teljes forgalom figyelembevétele mellett adódó zajkibocsátási értékek közötti 0,2–0,4 dB mértékű különbség nem elhanyagolható. Jövőbeni feladatként jelentkezik ezért a járműkategórián belül a kéttengelyű járművek részarányának meghatározása és ezzel a CNOSSOS-EU módszer szerinti járműkategóriákba való besorolás forgalmi szempontú megalapozása. A megvalósítás módjával kapcsolatban kérdésként merül fel, hogy van-e realitása a jelenlegi hazai forgalomszámlálási gyakorlat ilyen irányú továbbfejlesztésének. Jelenlegi ismereteink szerint célravezetőbb – és az emisszió mértékére való viszonylag csekély hatást tekintve kielégítő – megoldást jelenthet a részarány becslésére szolgáló közelítő szorzófaktorok meghatározása, e célból elvégzett forgalomszámlálási mintavétel eredményei alapján.

2. A kétkerekű gépjárművek esetében a problémát célszerű a stratégiai zajtérképezési feladattal érintett közutak egyes kategóriáira vonatkozóan külön-külön vizsgálni:

- A nagyforgalmú közutak⁹ külterületi szakaszai tekintetében megállapíthatjuk, hogy a motorkerékpárok és segédmotoros kerékpárok szétválasztásának problémája akusztikai szempontból nem releváns. A gyorsforgalmi utak – mivel azokon segédmotoros kerékpárok nem közlekedhetnek – értelemszerűen eleve nem érintettek a kérdésben. A további útkategóriák vonatkozásában a bemutatott emissziós

⁹ A nagyforgalmú közút fogalmát a környezeti zaj értékeléséről és kezeléséről szóló 280/2004. (X. 20.) Korm. rendelet 3.5 k) pontja definiálja.

vizsgálat eredményei alapján kijelenthetjük, hogy a kétkerekű gépjárművek megosztási aránya nincs érzékelhető hatással a teljes forgalom zajkibocsátására. Nem okozunk tehát jelentős hibát a legrosszabb eset feltételezésével, azaz a forgalmi kategóriába tartozó összes jármű motorkerékpárként való kezelésével (és ennek megfelelően a CNOSSOS-EU módszer szerinti 4b kategóriába sorolásával).

- A nagyforgalmú közutak belterületi szakaszaira (ún. átkelési szakaszok) vonatkozóan ezzel szemben felmerülhet a motorkerékpárok és segédmotoros kerékpárok forgalmi szempontból megalapozott különválasztásának igénye. Belterületen ugyanis egyrészt jellemzően nagyobb arányban vannak jelen a kétkerekű járművek (különösen a segédmotoros kerékpárok), másrészt a belterületi szakaszokon jellemző sebességtartományban a hajtóműzaj szerepe már nem elhanyagolható. Ezáltal a kétkerekű gépjárművek hozzájárulása a teljes forgalom zajkibocsátásához jelentősebb lehet. A besorolási probléma akusztikai relevanciájának megalapozott megítélése ezért további vizsgálatok elvégzését igényli. Célszerű lehet például egy – a cikkben bemutatotthoz hasonló – emissziós vizsgálat elvégzése egy kiválasztott átkelési szakaszra vonatkozóan. A további vizsgálatok eredményei alapján születhet döntés arról, hogy az átkelési szakaszok esetében is számolhatunk-e a legrosszabb eset feltételezésével, vagy pontosabb megoldás kidolgozására van szükség a motorkerékpárok és segédmotoros kerékpárok CNOSSOS-EU módszer szerinti alkategóriákba való megfelelő besorolásához.
- A nagyvárosi agglomerációk további zajtérképezendő közúti szakaszaira vonatkozóan megállapíthatjuk, hogy a kétkerekű gépjárművek (főként a segédmotoros kerékpárok) nagyobb arányának, valamint az alacsonyabb sebességtartományoknak köszönhetően itt a legnagyobb a jelentősége a motorkerékpárok és a segédmotoros kerékpárok kellően pontos szétválasztásának. Automatizált forgalomszámlálási módszer hiányában a megoldást az aktuális zajtérképezési feladat keretében elvégzendő kézi, illetve digitális képrögzítéssel történő forgalomszámlálás jelentheti.

A szóló nehéz tehergépkocsik esetében meghatározásra javasolt közelítő szorzófaktorokat a CNOSSOS-EU irányelv hazai adaptációja eredményeként elkészülő módszertani útmutatóban, illetve a Magyar Közút Nonprofit Zrt. által rendszeres időközönként közzétett törvényszerűségi tényezők között célszerű feltüntetni. A kétkerekű gépjárművek esetében konkrét ajánlások csak a fent részletezett további vizsgálatok elvégzése alapján határozhatók meg. A kétkerekű gépjárművek esetében további kutatási igényként merül fel a cikkben bemutatott emissziós vizsgálat kiterjesztése egy zajtérképezési kötelezettséggel érintett átkelési szakaszra. A szóló nehéz tehergépkocsik vonatkozásában pedig a kéttengelyű járművek részarányának becslésére szolgáló szorzófaktorok meghatározását követően az elemzés továbbfejlesztésére nyílik lehetőség a valós megoszlást immár jobban közelítő besorolási változatok vizsgálatával.

Felhasznált irodalom

Dutilleux, Guillaume – Soldano, Bertrand (2018): Matching directive 2015/996/EC (CNOS-SOS-EU) and the French emission model for road pavements, Euronoise 2018 Conference, 2018. május 27–31., Iráklio, 1213–1218. https://www.euronoise2018.eu/docs/papers/206_Euronoise2018.pdf

Faulkner, Jon Paul et al. (2019): Europe's Transition to Strategic Noise Mapping Under CNOSSOS-EU: Data Needs Assessment and Recommendations in the Context of Ireland, Inter-noise 2019 Conference, 2019. június 16–19., Madrid, 1461–1468. http://www.sea-acustica.es/fileadmin/INTERNOISE_2019/Fchrs/Proceedings/1461.pdf

Kephalopoulos, Stylianos – Paviotti, Marco – Anfosso-Lédée, Fabienne (2012): Common Noise Assessment Methods in Europe (CNOSSOS-EU). EUR 25379 EN. Az Európai Unió Kiadóhivatala, Luxembourg, 180 o. <https://doi.org/10.2788/31776>

Magyar Közút Nonprofit Zrt. (2016a): Az országos közutak 2015. évre vonatkozó keresztmetszeti forgalma. Az országos közúthálózat átlagos napi forgalma. Összesítő táblázatok (országos és kezelőnkénti bontás). II., javított kiadás, Budapest, 2016. november

Magyar Közút Nonprofit Zrt. (2016b): Törvényszerűségi tényezők 2015, Budapest, 2016. június

Pallas, Marie-Agnès – Dutilleux, Guillaume (2018): Experimental confrontation of medium-heavy vehicle noise emission to the CNOSSOS-EU prediction method, Euronoise 2018 Conference, 2018. május 27–31., Iráklio, 1237–1244. https://www.euronoise2018.eu/docs/papers/210_Euronoise2018.pdf

Poulikakos, Lily et al. (2016): Defining road and rail vehicles with a low environmental foot-print, Transportation Research Procedia 14 (2016) 830–839. <https://doi.org/10.1016/j.trpro.2016.05.031>

Valamennyi online forrás esetében az utolsó hozzáférés ideje: 2020. december 17.

Tudományos cikk

Határ- és életciklusköltségek a közúti közlekedésben

Beküldve: 2022.10.13.
Elfogadva: 2022.10.14.
Online közzétéve: 2022.10.24.



ID DR. TÖRÖK ÁDÁM kutatóprofesszor, Közlekedéstudományi Intézet, Közlekedésmenedzsment Osztály, torok.adam@kti.hu

ID DR. SIPOS TIBOR vezető kutató, tudományos főmunkatárs, Közlekedéstudományi Intézet, Mobilitás Kutatóközpont, sipos.tibor@kti.hu

Absztrakt: Ebben a cikkben a szerzők a mikroökonómia elemzési eszközeivel vizsgálták a határkölség és az életciklusköltség közötti kapcsolatot. A szerzők összegyűjtötték a legrelevánsabb szakirodalmat, hogy szilárd összehasonlítási alapot biztosítsanak munkájuknak. Az előzetes eredményként megfogalmazható, hogy a határkölséget ki lehetett terjeszteni az életciklusköltségre, és ezt a matematika eszközeivel támasztják alá. A szerzők algebrai kapcsolatokat találtak a határkölség és az életciklusköltség-elmélet között, amely megállapítás segíti az életciklusköltség könnyebben becslését.

Kulcsszavak: határkölség; életciklusköltség; közúti közlekedés

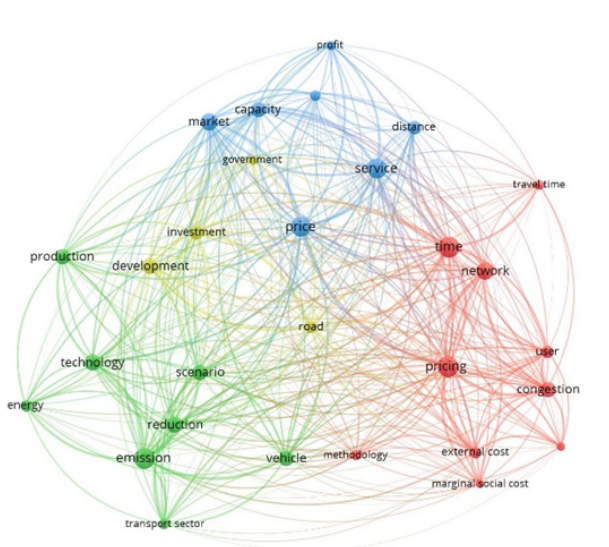
Marginal and life cycle cost in road transport

Abstract: In this article, the authors studied the connection between marginal cost and life cycle cost by the analytic tools of microeconomics. They collected the most relevant literature to have a solid basis for comparison. Firstly, the marginal cost was derived and defined later than the life cycle cost. The preliminary result is that the marginal cost could be extended to life cycle cost based on our hypothesis. The extension of this theory has been supported by tools of mathematics. The authors have found algebraic connection between marginal cost and life cycle cost theory. These findings may make the estimation of life cycle cost easier.

Keywords: marginal cost; life cycle cost; road transport

Bevezetés

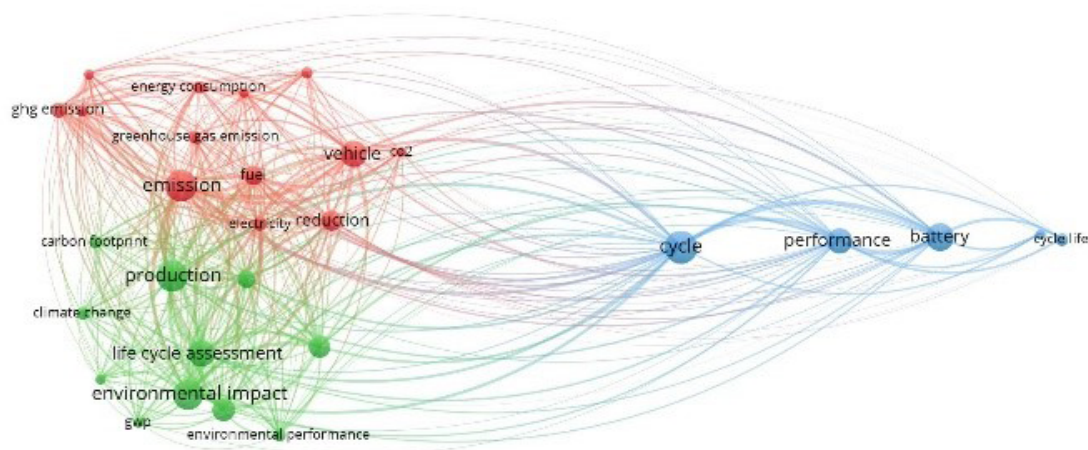
A szerzők a határkölségfüggvényhez kapcsolódó kutatási hiányosságok feltárása érdekében a Scopus adatbázisban 1964 és 2022 között 1004 olyan nyílt hozzáférésű cikket vizsgáltak, amelyek kapcsolatban állnak a határkölséggel. A VoSViewer vizualizálta az exportált adathalmaz tudományos kapcsolati hálóját az összefüggések feltárása érdekében (1. ábra):



1. ábra A Scopus adatbázisból kiválasztott határkölség témájú cikkek bibliográfiai kapcsolata (VosViewer segítségével vizualizálva)

Forrás: saját szerkesztés

A cikkek statisztikai elemzése azt mutatta, hogy a tudományos kiadványok négy csoportját lehetett megkülönböztetni. Zöld színnel a kibocsátás- és energiacsökkentésről szóló klaszter látható. A második, piros színnel jelölt csoport a torlódási díjakkal és az utazási idővel foglalkozik. A harmadik, kék színnel jelölt csoport a kapacitás optimalizálásáról és az árképzésről szól. A legkisebb negyedik klaszter pedig a közúti infrastruktúra fejlesztéséről. Ezek voltak azok a kulcsfontosságú területek, ahol a Scopus adatbázis alapján a határkölségszámítás 1964 óta fontos szerepet játszik. Ezt követően a szerzők a Scopus adatbázisában található 1225 nyílt hozzáférésű cikket is megvizsgálták 1988 és 2022 között, amelyek az életciklushoz kapcsolódnak. A VoSViewer vizualizálta az exportált adathalmazt a tudományos kapcsolat feltárása érdekében (2. ábra):



2. ábra A Scopus adatbázisból kiválasztott életciklus témájú cikkek bibliográfiai kapcsolata (VosViewer segítségével)

Forrás: saját szerkesztés

A cikkek statisztikai elemzése azt mutatta, hogy a tudományos kiadványok 3 csoportba sorolhatók. A zöld színnel jelölt klaszter az életciklus-értékelésről és a környezeti hatásokról vagy a környezeti teljesítményről szól. A második, piros színnel jelölt csoport a kibocsátáscsökkentéssel, a villamos energiával, az üvegházhatású gázok kibocsátásával és az energiafogyasztással foglalkozik, míg a harmadik, kék színnel jelölt, elkülönített klaszter az akkumulátorok életciklusáról szól. A Scopus alapján ezek voltak azok a kulcsfontosságú területek, ahol az életciklus költség 1988 óta fontos szerepet játszott.

A szakirodalom áttekintése alapján e két gazdasági jelenségnek közös metszetei lehetnek, amelyek a közlekedési ágazatban is felmerülhetnek. Ezekkel meg lehetne határozni egy átfogó és egyértelmű költségmodellt, amely tükrözné a szállítási költségeket és a szállítás hatásait. Az összetett költségmodell használatát nagymértékben befolyásolhatja a nyersanyagár, a munkatermelékenység és az átlagbérek változása, de a költségfüggvény a költségfelosztási egységtől is függ (Zöldy – Zsombók, 2018). A teherfuvarozó vállalatok számára felállított költségmodelleket érdemes a flottaszerkezetnek megfelelően felépíteni, például a járműsúly-kategória szerint (Ďurišová, 2011). Az alábbiakban összefoglaljuk a határkölséggörbe alapjait. Ehhez először is meg kell határozni a fix költséggörbék (FC) görbét (1):

$$(1) \quad FC = \text{állandó}$$

Az FC független a függő változótól, ami lehet például az idő [h], a teljesítmény [pkm] vagy a távolság [km] szállításában. Ezután másodszer a változó költséget (VC) kell meghatározni - a legegyszerűbb esetben lineáris (2):

$$(2) \quad VC(q) = a * q$$

ahol VC a q-tól függ, a regressziós paraméter (lineáris esetben a meredekség). Kérjük, vegye figyelembe, hogy ez a legegyszerűbb lineáris modell. Minden bonyolultabb modell befolyásolja a költségmodellezést. A változó és az állandó költséget együttesen tekintjük a teljes költségnek (TC), amelyet algebrailag (3) írhatunk fel:

$$(3) \quad TC = VC + FC = a * q + FC$$

A Microeconomic Theory for Social Sciences című könyv szerint az átlagos költségeket átlagos állandó költségekre (AFC) és átlagos változó költségekre (AVC) lehet osztani. Az átlagos fix költséget egy termelési egységre jutó állandó költségnek, az egy termelési egységre jutó változó költséget pedig átlagos változó költségnek nevezzük. A további elemzés szempontjából az átlagos költséggörbék nem kritikusak, ezért az egy termelési egységre jutó

növekményes költséget kell elemezni (Ficzere, 2021), (Ficzere et al., 2013). Ez a határkölség (MC) (4):

$$(4) \quad MC(q) = TC(q)' = \lim_{q_0 \rightarrow q_1} \frac{TC(q_1) - TC(q_0)}{q_1 - q_0}$$

Felhívjuk a figyelmet arra, hogy mivel a fix költségrész (3) a deriválásnál eltűnik, a fix költség nem befolyásolja a határkölséget. Továbbá itt a legegyszerűbb lineáris változó költség modell került bemutatásra, amelynek deriváltja leegyszerűsödik konstansra, a lineáris meredekségére. Térjünk most rá az életcikluskölségre (Nadanyiova et al., 2020). Manapság az életciklus fenntarthatósági értékelésében (LCSA) a környezeti szempontok mellett a társadalmi, gazdasági szempontokat is figyelembe veszik (Klöpffer, 2008); (Zamagni, 2012); (Nadanyiova et al., 2020) (5):

$$(5) \quad LCSA = LCA + LCC + SLCA$$

Az LCA az életciklus-elemzés rövidítése, amelynek célja az összes környezeti költség számszerűsítése. Az LCC az életciklus-kölségek rövidítése, és célja a termék teljes életciklus-kölségének számszerűsítése. Az SLCA a Social Life Cycle Assessment (társadalmi életciklus-értékelés) rövidítése, amelynek célja a társadalmi hatások értékelése az életciklus során (Fauzi et al., 2021). A szakirodalom szerint az LCC több változatát különböztethetjük meg. A környezeti LCC a rendszerhatárok, a funkcionális blokkok és a módszertani lépések tekintetében megfelel az LCA-nak. Végül a társadalmi LCC magában foglalja az egyéb externáliák monetarizálását, beleértve a környezeti és társadalmi hatásokat is (Pomucz – Csete, 2015). Mivel az LCC definíció szerint tartalmazza az élettartam során felhalmozott költségeket, figyelembe kell venni, hogy a pénzáramlások különböző időpontokban jelentkeznek. Ez két okból is megnehezíti az elemzést és az összehasonlítást. Először is, az árak a piaci dinamika alapján változnak, például valószínű, hogy az összes költség, a nyersanyag, a munkaerő és az üzemanyag évről évre változik, másodsor pedig hosszú távon az árak összára is folyamatosan változni fog. Az LCC a költségeket a különböző bázisúak alapján akarja összehasonlítani, ezért az összehasonlítás során minden költséget ugyanazon bázisúhoz kell igazítani, ezért diszkontrátát vezettek be.

Az elméletek egyesítése



3. ábra Egy termék lineáris életciklusa

Forrás: saját szerkesztés

Az elméletek összevonásához meg kell jegyezni, hogy a határkölség-elmélet a felhasználásra, a termelésre vagy a fogyasztásra vonatkozik (Rothengatter, 2003). Ilyen például a szennyező fizet elv vagy a határkölség-alapú útdíjszedés (Martin – Thoresen, 2015). Így a (4) egyenletet tekinthetjük a közúti gépjárműforgalomba belépő új gépjárműegyednek vagy a közlekedési teljesítmény egységnyi növekedésének járulékos költségeinek (Maffii et al., 2010). Kiterjeszthető-e ez az elmélet a teljes életciklusra? A szerzők véleménye alapján lehetséges. Megjegyzendő azonban, hogy a határkölséget napjainkig csak a termelésre vagy a fogyasztásra vonatkozóan alkalmazták (Simoni et al., 2015) (6):

$$(6) \quad \int_0^T MC(t)dt = \int_0^{t_1} MC_1(t)dt + \int_{t_1}^{t_2} MC_2(t)dt + \dots + \int_{T-1}^T MC_T(t)dt$$

MC az életciklus-határkölség [€/egység].

MC_i a határkölség része [€/egység].

t_i az életciklus időtartama [h].

ahol [0..T] intervallum a teljes életciklus, [0..t₁] intervallum lehet a tervezés, [t₁..t₂] intervallum lehet a nyersanyag előállítása... stb. Az időintervallumok eltérhetnek egymástól.

Eredmények

Eredetileg az életciklusköltség-elmélet gyakran kumulálja az adatokat, de nem monetáris alapon, hanem inkább természetesen, mint [toe] (tonna kőolajegyenérték) vagy [ÜHG-kibocsátás MtCO₂e] (szén-dioxid-egyenérték) (Asghar et al., 2021), (Hawkins et al., 2013). A közlekedési rendszer a gazdaság kritikus eleme, ezért a fenntarthatóság szempontjából is fontos szerepet játszik. A fenntartható közlekedés értékelésében meghatározóak az eltérő mutatók (Buzási – Csete, 2015).

A mobilitást elsősorban a technológiai fejlődés befolyásolja. A közlekedés jövőbeli formája számos kérdést tartogat a kialakulóban lévő mobilitási megoldások (autonóm járművek, megosztott mobilitás, villamosítás) várható szerepével és lehetőségeivel kapcsolatban, és magában foglalja a társadalmi-gazdasági és környezeti szempontokat (Miskolczy et al., 2021).

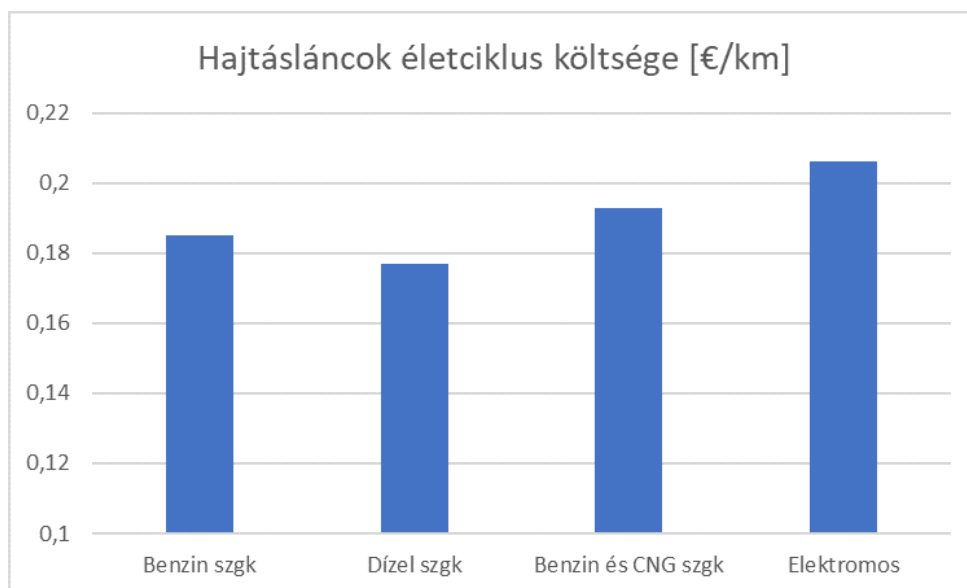
A határkölség-elmélet kiterjesztése az életciklusköltség-elméletre megoldható, mivel amíg a határkölség-elmélet egy pontra összpontosít, amikor az extra egységet előállítják vagy használják, addig az életciklus-elmélet a teljes termékéletet veszi figyelembe. Az LCC-ben a költségeket egy kiválasztott referenciaév alapján szeretnénk összehasonlítani, ezért az összehasonlítás során minden költséget ehhez az évhez kell igazítani. Ez a diszkontfaktor használatával történik. A 6. egyenletet tehát a következőképpen módosítjuk a diszkontráta segítségével (7):

$$(7) \quad \int_0^T \frac{MC(T)dT}{(1+r)^T}$$

$$\begin{aligned} \text{ahol} \quad r &= \int_0^{t_1} \frac{MC_1(t)dt}{(1+r)^{t_1}} && \text{a} \\ \text{disz-} &+ \int_{t_1}^{t_2} \frac{MC_2(t)dt}{(1+r)^{t_2-t_1}} + \dots \\ \text{kont-} &+ \int_{T-1}^T \frac{MC_T(t)dt}{(1+r)^{T-(T-1)}} \\ \text{ráta} & && \text{a} \\ T & \text{ i} \\ \text{diszkontperiódus} & && \end{aligned}$$

A szakirodalom elemzése kimutatta, hogy az eltérő közúti hajtásláncok eltérő életciklusköltségekkel terhelik a környezetüket (Furch et al., 2022):

4. ábra Hajtáslánc életciklus költségei



Forrás: Furch et al. (2022) alapján saját szerkesztés

Összegzés

Végül a szerzők megállapítják a határkölség-elmélet kiterjesztési lehetőségét. Ez kiváló megoldás az egész folyamat részfolyamatokra való felosztására és azok kumulatív hatásának leírására, ami a részfolyamatok határkölségeinek kumulálásával valósítható meg. Napjainkig a határkölséget a közlekedési ágazatban többnyire a felhasználási részben veszik figyelembe, az életcikluskölségek becslését csak ritkán alkalmazzák, mivel rendkívül nagy az adatigénye. Ezen elméletek összevonásával a szükséges adatok feloszthatók, így pontosabb becsléseket lehet találni. Az algebrai összevonás tehát a 8. egyenletben írható le:

$$(8) \quad \lim_{\substack{\Delta q \rightarrow 0 \\ t_i \rightarrow 0 \\ t_j \rightarrow T}} \int_{t_i}^{t_j} \frac{\Delta TC(q,t) dt}{(1+r)^{t_j-t_i}} = LCC$$

A jelenlegi megfontolások csak a határkölség-elméletnek a környezeti életciklus-elméletre való kiterjesztésére összpontosítanak. További megfontolásokat kell végezni az életciklus fenntarthatósági értékelésére való kiterjesztés biztosítása érdekében.

Köszönetnyilvánítás

A szerzők köszönik az anonim bírálók támogatását és Jana Majerová értékes tanácsait.

Felhasznált irodalom

- Asghar, Rafiq et al. (2021): Electric vehicles and key adaptation challenges and prospects in Pakistan: A comprehensive review. *Journal of Cleaner Production*, 278, 123375. <https://doi.org/hfm9>
- Für Attila – Csete Mária (2010): Modeling methodologies of synergic effects related to climate change and sustainable energy management. *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*, 18(1), 11-19. <https://doi.org/hbkw>
- Buzási Attila – Csete Mária (2015): Sustainability indicators in assessing urban transport systems. *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 43(3), 138-145. <https://doi.org/hfrd>
- Đurišová, Mária (2011): Application of cost models in transportation companies. *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*, 19(1), 19-24. <https://doi.org/hfrk>
- Fauzi, Rizal Taufiq et al. (2021): Life cycle assessment and life cycle costing of multistorey building: Attributional and consequential perspectives. *Building and Environment*, 197, 107836. <https://doi.org/gjmxnb>
- Ficzere Péter (2021): Effect Of 3d Printing Direction On Manufacturing Costs Of Automotive Parts. *International Journal For Traffic & Transport Engineering*, 11(1). <https://doi.org/hb76>
- Ficzere Péter – Borbás Lajos – Török Ádám (2013): Economical investigation of rapid prototyping. *International Journal For Traffic And Transport Engineering*, 3(3), 344-350. <https://doi.org/djst>
- Furch, Jan – Konečný, Vlastimil – Krobot, Zdeněk (2022): Modelling of life cycle cost of conventional and alternative vehicles. *Scientific Reports*, 12(1), 1-14. <https://doi.org/jgff>
- Hawkins, Troy R. et al. (2013): Comparative environmental life cycle assessment of conventional and electric vehicles. *Journal of industrial ecology*, 17(1), 53-64. <https://doi.org/f4q6tx>
- Ivković, Ivan – Čokorilo, Olja – Kaplanović, Snežana (2018): The estimation of GHG emission costs in road and air transport sector: Case study of Serbia. *Transport*, 33(1), 260-267. <https://doi.org/c5cd>
- Klöppfer, Walter (2008): Life cycle sustainability assessment of products. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 13(2), 89-95. <https://doi.org/ck2vw5>
- Koltai Tamás (1995): Fixed cost oriented bottleneck analysis with linear programming. *Omega*, 23(1), 89-95. <https://doi.org/fvq7p6>
- Maffii, Silvia – Parolin, Riccardo – Ponti, Marco (2010): Social marginal cost pricing and second best alternatives in partnerships for transport infrastructures. *Research in Transportation Economics*, 30(1), 23-28. <https://doi.org/ddmbns>
- Martin, Tim C. – Thoresen, Thorolf R. (2015): Estimation of the marginal cost of road wear as a basis for charging freight vehicles. *Research in Transportation Economics*, 49, 55-64. <https://doi.org/hfnb>
- Miskolczi Márk et al. (2021): Urban mobility scenarios until the 2030s. *Sustainable Cities and Society*, 72, 103029. <https://doi.org/gmvfw8>
- Nadanyiova, Margareta – Gajanova, Lubica – Majerova, Jana – Lizbetinova, Lenka (2020a): Green marketing as a part of the socially responsible Brand's communication from the aspect of generational stratification. *Sustainability*, 12(17), 7118. <https://doi.org/hbk8>
- Nadanyiova, Margareta et al. (2020b): Influencer marketing and its impact on consumer lifestyles. In *Forum Scientiae Oeconomia* (Vol. 8, No. 2, pp. 109-120). <https://doi.org/hgcr>
- Pomucz Anna Boglárka – Csete Mária (2015): Sustainability assessment of Hungarian lakeside tourism development. *Periodica Polytechnica Social and Management Sciences*, 23(2), 121-132. <https://doi.org/hf9v>
- Rothengatter, Werner (2003): How good is first best? Marginal cost and other pricing principles for user charging in transport. *Transport policy*, 10(2), 121-130. <https://doi.org/d9gn33>
- Shatanawi, Mohamad – Abdelkhalik, Fatma – Mészáros Ferenc (2020): Urban Congestion Charging Acceptability: An International Comparative Study. *Sustainability*, 12(12), 5044. <https://doi.org/hf9x>
- SSimoni, Michele D. et al. (2015): Marginal cost congestion pricing based on the network fundamental diagram. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 56, 221-238. <https://doi.org/f7hr83>
- Zamagni, Alessandra (2012): Life cycle sustainability assessment. *The International Journal of Life Cycle Assessment*, 17(4), 373-376. <https://doi.org/hfnf>
- Zöldy Máté – Zsombók Imre (2018): Modelling fuel consumption and refuelling of autonomous vehicles. In *MATEC Web of Conferences* (Vol. 235, p. 00037). EDP Sciences.

Tudományos közlemény

Az otthoni ápolás mint szolgáltatás logisztikai és fenntarthatósági szempontú kérdéseinek vizsgálata

Beküldve: 2021.01.15.
Elfogadva: 2021.06.30.
Online közzétéve: 2022.10.24.

DR. SZANDER NORINA tudományos munkatárs, szenior kutató, Közlekedéstudományi Intézet, Közlekedésmenedzsment Osztály, szander.norina@kti.hu

Absztrakt: A demográfiai előregedés gyorsuló tendenciát mutat Európában, ezért az elmúlt néhány évtizedben ez a jelenség számottevő tudományos érdeklődésre tett szert. Az otthoni ápolás egyre jobban terjedő formája az idős, mozgásában korlátozott vagy tartós gondoskodásra szoruló egyének segítségének. Ennek okait számos kutatás vizsgálta: az egészségügyi intézmények túlterheltségének és alulfinanszírozottságának problémakörén túl a korcsoport tagjai körében is ez a preferált ellátási forma. Jelen tanulmány az otthoni ápolás logisztikai vonatkozású kérdéseit vizsgálja, három különböző szempontból, amelyek rávilágítanak a szolgáltatás speciális aspektusaira: a sűrűség és eloszlás összefüggései, az időablakok és a szolgáltatásminőség kérdései, valamint az útvonal- és munkaterhelés-elosztás optimalizálása. Az eredmények alkalmasak lehetnek a fenntartók erőforrás-allokálási, szervezeti döntési folyamatainak segítésére.

Kulcsszavak: otthoni ápolás; szolgáltatásütemezés; útválasztás; térbeli diszperzió; funkcionális régió; közlekedési módválasztás

Examining the logistical and sustainability issues of home care as a service

Abstract: Demographic ageing is an accelerating trend in Europe and has attracted considerable academic interest over the last few decades. Home care is an increasingly widespread form of assistance for older people with limited mobility or in need of long-term care. The reasons for this have been investigated in a number of studies: in addition to the problems of overcrowding and underfunding of health care institutions, it is also the preferred form of care among members of this age group. This paper examines the logistical aspects of home care from three different perspectives that highlight specific aspects of the service: the relationship between density and dispersion, time windows and service quality issues, and the optimisation of routing and workload assignment. The results can be used to support resource allocation and organisational decision-making processes of operators.

Keywords: home care; service scheduling; routing; spatial dispersion; functional region; transport mode choice

Bevezetés

A kutatás háttere

Európában egyre inkább elterjedt formája az ápolási szolgáltatásoknak az otthoni ápolás (Carpenter et al., 2004). Az otthoni ápolásnak két hasonló, de lényegi különbséget hordozó formája létezik:

- lehet ideiglenes, egy akut eseményt követően, amelyből a páciens belátható időn belül jó eséllyel felgyógyul, és ezt a folyamatot támogatják az otthonában, mivel kórházi ápolást az állapota nem követel meg;
- vagy a páciens tartós ápolásban részesül, mert krónikus betegsége(i) vagy fogyatékosága(i) várhatóan élete végéig vele maradnak – esetükben az ápolás célja nem az egészség visszanyerése, hanem az életminőség emelése (Blomqvist – Busby, 2012).

A tartós ápolás nyújtása nincs életkorhoz kötve, az esetek 80%-ában mégis az idősebb (65 éven felüli) korosztály veszi igénybe a fiatalabb, fogyatékosággal élők csoportja mellett (OECD, 2015), akik segítségre szorulnak

a mindennapi élethez kapcsolódó tevékenységeikben¹ vagy egészségi problémájukkal kapcsolatban (Szociális Védelmi Bizottság és az Európai Bizottság, 2014).

Az otthonápolás jogi kategória, különleges, intézményen kívüli betegellátási forma, amelynek kereteit, feltételeit jogszabály határozza meg². Ebben a tanulmányban viszont a magyar jogi környezettől elrugaszkodva, magát a szolgáltatást vizsgáljuk, amely lényegében a beteghez juttatja el a számára megfelelő ápolást, segítséget, ezért a továbbiakban az egymással egyező jelentésű *otthoni ápolás* vagy *házi segítségnyújtás* fogalmakat alkalmazzuk. Az utóbbi évtized kutatásai számos esetben arra a következtetésre jutottak, hogy az idősök saját otthonukban kívánnak maradni, és nem szeretnék utolsó éveiket intézményi keretek között (például időotthonban) tölteni (Gillsjö et al., 2011; Keenan, 2010; Nahal – Ma, 2014). Az Európai Unióban az egészségügyre vonatkozó hosszabb távú elképzelés középpontjában az önálló életvitel és az otthoni idősödés megvalósítása áll, az intézeti elhelyezés elkerülése, megelőzése érdekében: mindezek támogatását olyan integrált megoldásokkal tervezik, mint a távgondozás és az egészségügyi távellátás, valamint az egészségügyi, ápolási szolgáltatások házhozszállítása, azaz a házi segítségnyújtás széles körű alkalmazása (Európai Bizottság, 2015).

Alapvetően a tagállamok felelősségi körébe tartozik a szociális védőháló és a tartós gondozási rendszerek működtetése. Miközben a nemzetek erről nagyon különböző álláspontokat is képviselhetnek, a Nyitott Koordinációs Módszer keretében megállapodtak az alábbi három szakpolitikai cél követésében (Szociális Védelmi Bizottság és az Európai Bizottság, 2014):

- Mindenki számára elérhetővé teszik (pénzügyi értelemben is) a tartós gondozási szolgáltatásokat, a jelenleg még a rendszerben lévő diszkriminatív, akadályozó vagy különböző egészségi kimenetelt eredményező körülményeket leküzdik;
- Előmozdítják a minőségügyi szempontok érvényesítését az egészségügyben és a tartós gondozási szolgáltatásokban, miközben a kínálatot a kereslethez igazítják, figyelembe véve a szükségleteket és egyedi preferenciákat, valamint a társadalom minőséggel kapcsolatos elvárásait, minden érintett felelősségvállalásának megerősítésével;
- Biztosítják a pénzügyi fenntarthatóságot, amelynek elemei: az aktív időskor és az egészségmegőrzés előmozdítása; az erőforrások racionális felhasználása; megfelelő ösztönzők kialakítása a felhasználók és szolgáltatók részére egyaránt; kellő koordináció a különböző ápolási rendszerek és intézmények között.

A fenti célok elérését a tudományos kutatás eszköztárával is szükséges támogatni. Jelen tanulmányban elsősorban a minőségügyi, tervezési és logisztikai szempontokra fókuszáltunk. A kutatás célja, hogy felvázoljunk olyan módszereket, amelyek támogatni tudják az aktív és jó egészségben töltött időskorral kapcsolatos uniós célokat az otthoni ápolási szolgáltatáson keresztül, figyelembe véve az érintettek szükségleteit és preferenciáit. Ennek során azt a hipotézist fogalmaztuk meg, hogy korszerű módszerek alkalmazása a települések, hálózatok és szolgáltatások tervezésében – a logisztikai szolgáltatások minőségi követelményeinek megfelelően – alkalmassá teszi az idősebb korosztály által választott helyszínt az aktív és egészséges idősödésre, az „otthoni korosodást” célzó európai uniós törekvéseknek megfelelően, az otthoni ápolás biztosításával, amely mellett az idősök megőrizhetik önálló életvitelüket.

A fentieknek megfelelően három vizsgálati területet választottunk, amelyek részletes ismertetése a módszertani részben következik:

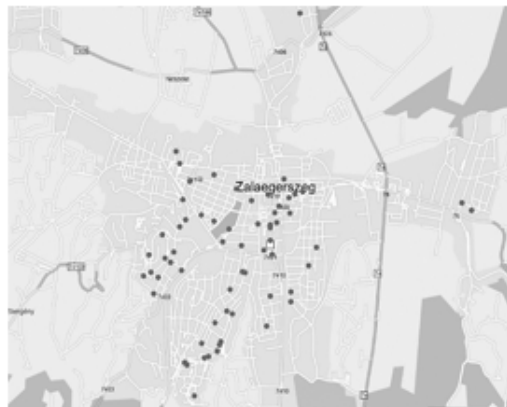
- az időablakok és a szolgáltatásminőség kérdései;
- a sűrűség és az eloszlás összefüggései;
- az útvonal és munkaterhelés elosztása (optimalizálás).

¹Ezeket a külföldi szakirodalom activities of daily living (ADL) és instrumental activities of daily living (IADL) néven tartja számon.
²Ld. 20/1996. (VII. 26.) NM rendelet az otthoni szakápolási tevékenységről

A kutatás keretei

A kutatáshoz a Zalaegerszegi Gondozási Központ szolgáltatott adatokat, továbbá információt a tevékenység részleteiről és a szolgáltatás megszervezéséről. A kutatás időszakában 67 fő részesült házi segítségnyújtásban Zalaegerszeg város közigazgatási határain belül, amelyet 11 gondozó végzett, akik gyalog és helyi autóbusszjáratokkal közlekedtek. A segítségnyújtás tervezése az alapszolgáltatási vezető feladata, aki ezt a segítségnyújtás típusa szerinti időigények alapján készíti el, számítógépes támogatás nélkül. A segítségnyújtás gyakoriságának megoszlása az 1. ábra bal oldalán látható, a jobb oldalon pedig a címeket jelöltük, ahol a segítségnyújtás történik.

Gondozási gyakoriság	Hétfőtől péntekig	Hétfőtől vasárnapig	Keddtől péntekig
Napi 1	34	7	1
Heti 1	4		
Napi 2	5	3	
Heti 2	13		
Napi 3		1	
Heti 3	5		



1. ábra A házi segítségnyújtás gyakoriságának megoszlása (bal) és a címek elhelyezkedése a városon belül (jobb)

Forrás: saját szerkesztés, Google Térkép használatával

Módszertan

Az időablakok és a szolgáltatásminőség kérdései

A házhoz érkező szolgáltatások (étel, csomag, karbantartás stb.) szolgáltatási színvonala növelhető az érkezési időpont pontosabb behatárolásával (Bennett, 2010; Ehmke et al., 2015). A szakpolitikai törekvéseknek megfelelően ez az otthoni ápolás esetében is elérni kívánt cél, ráadásul a gondozásra szoruló egyének eleve kiszolgáltatott helyzetben vannak, a segítség érkezési idejének bizonytalansága növelheti szorongásukat és diszkomfortérzetüket. Azért, hogy számszerűsíthetővé váljon a szolgáltatási színvonal növelésének hatása a házi segítségnyújtásban, megvizsgáltuk a kiszolgálási területen végzett szolgáltatás időigényét a jelenlegi rendszerben és érkezési időablakok alkalmazásával is. Az időeredmények ezután közvetlenül költséggé konvertálhatók, így alkalmazhatóvá válnak más szolgáltatók számára, saját költségtényezőik ismeretében.

A vizsgálathoz a legelterjedtebb táblázatkezelő szoftvert, a Microsoft Excelt választottuk, egyrészt mert egyik célunk az volt, hogy alkalmazható legyen a szokásos irodai körülmények között, másrészt pedig így tudtuk biztosítani, hogy a modell továbbfejleszthető legyen a kutatás további céljainak megfelelően, ellentétben a speciális útvonaltervező programokkal, amelyeknek nem célja a testreszabhatóság. R. Rasmussen (2011) is megfelelően rugalmasnak találta az MS Excelt az utazóügynök-probléma (Travelling Salesman Problem, a továbbiakban: TSP) számos változatának modellezésére és megoldásának eszközéül, habár Lee és Raffensperger (2006) felhívja a figyelmet, hogy az eredmények vizuális megjelenítésére nem ez a legalkalmasabb szoftver.

A TSP klasszikusnak mondható leírását alkalmaztuk, vagyis az utazóügynök, esetünkben a gondozónó egyszer érinti az útvonalhoz rendelt összes címet, kivétel nélkül, a legrövidebb, leginkább költséghatékony módon, ld. (1)–(3) egyenlet. A modellben az MTZ (Miller-Tucker-Zemlin-féle) korlátozást (subtour elimination constraint) alkalmaztuk a rövidebb útvonalak kizárásának érdekében (Miller et al., 1960), ld. (4).

$$\text{Minimize } \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} \quad (1)$$

$$x_{ij} = 0, 1$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall i \quad (2)$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ij} = 1 \quad \forall j \quad (3)$$

MTZ-féle korlátozás:

$$u_i - u_j + nx_{ij} \leq n - 1 \quad (4)$$

$$u_i \geq 0$$

$$x_{ij} = 0, 1$$

$$i = 1 \dots n - 1$$

$$j = 2 \dots n$$

Jelölések:

i, j : a távolság- vagy költségmátrix i -edik sorában található cím és a j -edik oszlopban található cím közötti utazás távolsága vagy költsége.

x_{ij} : ha 1, akkor az utazóügynök i pontból j pontba halad, egyéb esetben 0.

u : segédváltozó, amely biztosítja az útvonalhoz hozzárendelt összes cím érintését (a rövidebb útvonalak elfogadhatóságának kizárásával).

A TSP alapmodelljét az (5) egyenletben úgy módosítottuk, hogy alkalmazható legyen a házi segítségnyújtás leírására a Zalaegerszegi Gondozási Központ munkarendjére, ahol a gondozónők minden esetben a Központból indulnak (c_{0F}) és oda is térnek vissza (c_{L0}), valamint minden címen hozzáadódik a gondozási idő (w_i) is az eléréshez szükséges utazási időhöz (c_{ij}), és ez összesen ($c(T)$) kevesebb, mint 8 óra (napi munkaidő), ellenkező esetben túló-

$$c(T) = c_{0F} + \sum_{i=1}^n (\sum_{j=1}^n c_{ij} x_{ij} + w_i) + c_{L0} \quad (5)$$

$$c(T) \leq 8 * 60 + x$$

$$x \geq 0$$

$$\min(c(T) + ax/60)$$

rával (ax) is számolnunk kell.

A szimuláció végeredményeként meghatároztuk, hogy legkevesebb mennyi idő alatt tudják a gondozónők ellátni a pácienseket, ha az érkezési időpont nincs rögzítve. Továbbá a (6) egyenlet alapján kiszámoltuk, hogy milyen hatása van a szolgáltatásminőséget javító intézkedésnek, azaz az időablakok bevezetésének az útvonaltervezésbe, az

$$c_{\delta}(T) = c_{0F} + \sum_{j=1}^n \sum_{i=1, i \neq L}^{n-1} \left[\frac{c_{ij} x_{ij} + w_i}{\delta} \right] \delta + w_L + c_{L0} \quad (6)$$

$$c_{\delta}(T) \leq 8 * 60 + x$$

$$x \geq 0$$

$$\min(c_{\delta}(T) + ax/60)$$

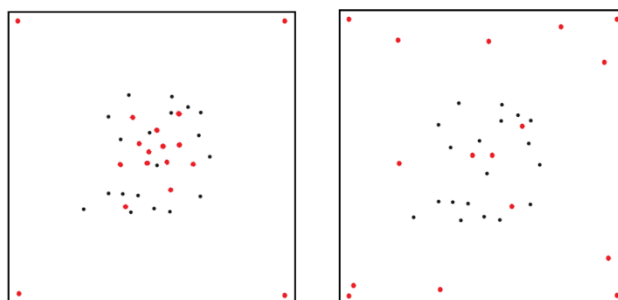
időablakok nagyságát (δ) 15 percben határozva meg.

A sűrűség és az eloszlás összefüggései

A demográfiai előregedéssel összefüggésben várhatóan az otthoni ápolási szolgáltatásokat igénybe vevők száma is növekedni fog. Az Eurostat becslése szerint 2030-ra 21,8%-kal növekszik a 65 éven felüliek aránya; egyéb tényezők változatlansága mellett erre a létszámnövekedésre lehet és kell számítani a szolgáltatás potenciális igénybe vevőinek esetén is (Czibere – Gál, 2010). Erre a jelentős keresleti növekményre érdemes proaktív módon felkészíteni a szolgáltatók logisztikai rendszerét. A disztribúciós hálózatok tervezésekor két fontos tényezőhöz tudunk igazodni: 1) a kereslet létszámához, amelyet a populáció sűrűségéből a potenciális felhasználók aránya ad meg, valamint



2) az elhelyezkedésükhöz (eloszlás), amelyet az igénylőlokációk egymástól mért távolságának szórásnégyzete határoz meg (Briggs, 2010). Logisztikai szempontból a kisebb szórásnégyzet a kedvezőbb, ekkor alacsonyabb a logisztikai költség (Chopra, 2003). Az igényvezérelt tervezéshez érdemes ennek a két tényezőnek a hatását egymástól elválasztani, valamint a kiszolgáló rendszer lehetőségeit és erőforrásait megvizsgálni. A jövőbeli kiszolgálási képességet (kapacitáselemzést) a több utazóügynökös probléma (Multiple Travelling Salesman Problem, továbbiakban: mTSP) alkalmazásával modelleztük és vizsgáltuk.

A 2. ábra szemlélteti a populáció (kereslet) lehetséges növekedését kisebb, illetve nagyobb eloszlás (σ) mellett. Az 1. táblázat összefoglalja a különböző települési mintákat, amelyeket a szimulációk során lefuttatunk.



2. ábra Azonos mértékű populációnövekedés különböző eloszlás mellett

Forrás: saját szerkesztés

Településválozat	Településválozat 1.1	Településválozat 1.2
	- Sűrűség A - Eloszlás B	- Sűrűség D - Eloszlás B
Településválozat	Településválozat 2.1	Településválozat 2.2
	- Sűrűség A - Eloszlás C	- Sűrűség A - Eloszlás B

1. táblázat Településválozatok összefoglalása különböző populációsűrűség és -eloszlások mellett

Forrás: saját szerkesztés

Az mTSP-modellezés abban különbözik a TSP-től, hogy a szimuláció egyszerre optimalizálja az útvonalakat az összes utazóügynökre (gondozónőre). Vagyis azt is számításba veszi, amikor azonos időben kell több beteget ellátni – oly módon, hogy a cél az összes útvonal összes költségének minimalizálása, minden pont meglátogatása mellett. Így az egyenletrendszerből adódóan nemcsak az utazás költsége, de a gondozónők (k) száma is a lehető legkisebb lesz. A (7)–(13) egyenletrendszer a TSP fent ismertetett leírását követi, kivéve a túlóra tekintetében: az időkeretet

$$\text{Minimize } m \tag{7}$$

$$c(k) = \sum_{i=0}^n (\sum_{j=0}^n c_{ij}x_{ijk} + x_{ijk}w_{jk}) + c_{i0k}x_{ijk} \leq 0,9 * 8 * 60 \quad k = 1,2 \dots m \tag{8}$$

$$x_{ijk} = 0, 1$$

$$c_{ij} = s_{ij} * d_{ij}$$

$$\sum_{k=1}^m \sum_{j=1}^n x_{0jk} = m \tag{9}$$

$$\sum_{k=1}^m \sum_{i=1}^n x_{i0k} = m \tag{10}$$

$$\sum_{j=1}^n x_{ijk} = 1 \quad \forall i \quad \forall k \tag{11}$$

$$\sum_{i=1}^n x_{ijk} = 1 \quad \forall j \quad \forall k \tag{12}$$

MTZ-féle korlátozás:

$$u_i - u_j + px_{ijk} \leq p - 1 \tag{13}$$

$$u_s \geq 0; \quad s = i, j$$

$$x_{ijk} = 0, 1$$

$$i = 0 \dots n - 1$$

$$j = 1 \dots n$$

$$\forall k; \quad k = 1, 2, \dots, m$$

8 órában határoztuk meg (a kapacitás növelése a gondozónők számának növelésével teljesül), 10% tartalékidővel.

Az útvonal és munkaterhelés elosztása (optimalizálás)

Az erőforrások hatékony felhasználása (ideértve a munkaerőt és a képességeket is) kiemelt fontossággal bír a szervezetek működésében, főként, ha olyan munkaerő-igényes ágazatról van szó, mint az egészségügyi ellátórendszerek (Eveborn et al., 2006). Az útvonaltervezés és feladatütemezés területén számos tanulmány fellelhető, amely valamilyen célfüggvény szerint igyekszik optimalizálni az erőforrások felhasználását a házi segítségnyújtásban. A szakirodalom áttekintésének eredményeit a 2. táblázat foglalja össze.

Optimalizáció célja	Utazás ideje	Utazás költsége	Utazási távolság	Várakozási idő	Túlóra	Preferenciák	Gondozók száma	Puha megkötések megszegése	Munkaterhelés egyenletessége	Feladatok száma
Minimalizálás (↓)	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓	↓
Maximalizálás (↑)	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑	↑
Akjiratikar et al. (2007)	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
Allaoua et al. (2013)	-	-	-	-	-	-	X	-	-	-
Bachouch et al. (2011)	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
Bertels – Fahle (2006)	-	X	-	-	-	X	-	X	-	-
Braekers et al. (2016)	-	X	-	-	X	X	-	X	-	-
Bräysy et al. (2009)	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
Bredström – Rönnqvist (2008)	X	-	-	-	-	X	-	-	X	-
Dohn et al. (2008)	-	-	-	-	-	-	-	-	-	X
Eveborn et al. (2006)	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
Fernandez et al. (1974)	-	-	X	-	-	-	-	-	-	-
Fikar – Hirsch (2014)	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-
Hiermann et al. (2015)	X	-	-	-	X	X	-	X	-	-
T. Hindle et al. (2000)	X	-	X	-	-	-	-	-	-	-
T. Hindle et al. (2009)	-	X	-	-	-	-	-	-	-	-
Lanzarone – Matta (2014)	-	-	-	-	X	-	-	-	X	-
Mankowska et al. (2013)	-	X	-	-	-	-	-	X	X	-
Misir et al. (2015)	X	-	-	X	X	X	-	X	-	-
Mutingi – Mbohwa (2014)	-	-	X	-	-	-	-	X	X	-
M. S. Rasmussen et al. (2012)	-	X	-	-	-	X	-	-	-	X
Redjem – Marcon (2016)	X	-	-	X	-	-	-	-	-	-
Rest – Hirsch (2015)	X	-	-	X	X	-	-	-	-	-
Trautsamwieser – Hirsch (2011)	X	-	-	X	X	X	-	X	-	-
Trautsamwieser et al. (2011)	X	-	-	X	X	X	-	X	-	-
Yalçındağ et al. (2016)	X	-	-	-	-	-	-	-	X	-
Yuan et al. (2015)	-	X	-	-	-	-	X	X	-	-
Összesen:	10	7	6	6	7	8	2	9	5	2

2. táblázat Az egyperiódusú otthoni gondozás útválasztási és ütemezési problémáinak célkitűzései

Forrás: saját szerkesztés Fikar and Hirsch (2017) alapján. A hivatkozások az eredeti cikkben találhatóak meg.

A szakirodalom feltárása során megállapítottuk, hogy két aspektus vizsgálatának a tudományos közösség eddig nem szentelt figyelmet ezen a területen – ezek az alábbiak: a közlekedési módválasztás és a fenntarthatóság. A jelen tanulmányban bemutatott algoritmus a *Branch and Bound* megoldási módszeren alapul (Clausen, 1999; Rouillon, Desaulniers, & Soumis, 2006), célja a kereslet (ápolási igények) kielégítése a legrövidebb út (legalacsonyabb költség) mellett.

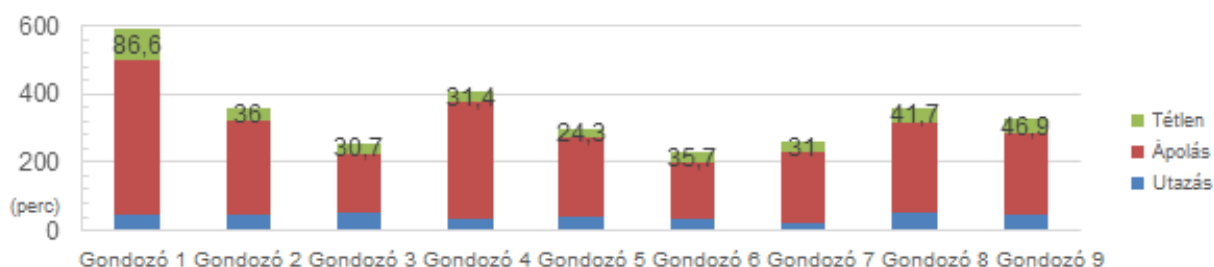
A munkaterhelés elosztására merítettünk a *hátizsák* és az *általános hozzárendelési probléma (GAP)* megoldási módszereiből (Albareda-Sambola et al. 2006; Fisher et al. 1986; Li – Curry, 2005; Martello – Toth, 1981; Osorio – Laguna, 2003; Ross – Soland, 1975). Ezekon kívül felhasználtuk még Ribeiro – Pradin (1993) munkáját, akik két szakaszra bontották a GAP megoldását: először csoportosították a hasonló tevékenységeket, majd a második szakaszban újra elosztották, hogy még tovább csökkentsék a kevésbé hatékony megoldások számát. Ezen a ponton hozzáadtuk az algoritmushoz Osorio – Laguna (2003) eljárását, amely szerint az erőforrások vagy ügynökök hatékonyságának

vizsgálatán alapuló kiválasztás az optimumhoz még közelebb álló eredményt hoz.

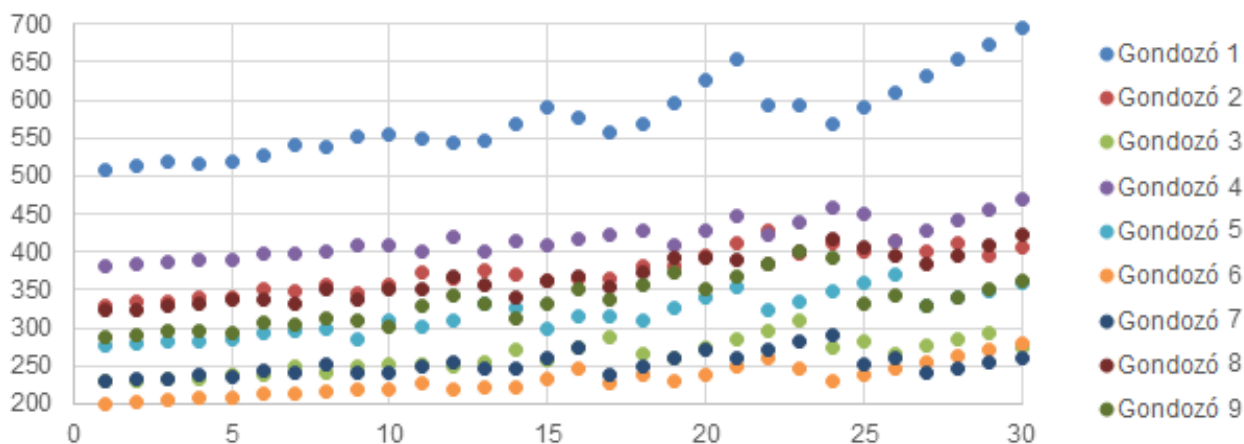
Az így létrejövő algoritmus minimalizálja a költségeket, miközben növeli az erőforrások kihasználtságát. Eredményességét meghatározza az elérhető erőforrások (gondozónők munkaterhelése) és a nyújtott szolgáltatások időigénye.

Eredmények

Az időablakok bevonásával keletkezett tétlen idő annál több lett, minél több címet kellett az adott gondozónőnek felkeresnie, vagyis: minél több a rövidebb időigényű gondozási feladatot igénylő páciens, annál költségesebbé válik a szolgáltatónak betartania a szolgáltatási minőséget növelő időablakokat. Felvetődik a kérdés, hogy a munkaidő-kihasználtság csökkenése ebben az esetben mennyire „drága”, hiszen ha túlságosan sok ilyen periódus van a munkatársak napjaiban, az végül további gondozónő alkalmazásához vezethet, és ez nem felel meg a költség-hatékonysági céloknak. A 3. ábra szemlélteti az egyes gondozónők útvonalának megoszlását a fix időpontra érkezések bevezetésével, az utazással, gondozással, tétlenül töltött idő szempontjából. A 4. ábra szemlélteti az érzékenységvizsgálat eredményét. Mindkét ábrán megfigyelhető, hogy a legtöbb címre kijáró gondozónő (Gondozó 1³) munkaideje a leginkább érintett az időablakok hosszának változtatása által. A többi útvonalhoz (gondozónőhöz) tartozó összes időigény negyedórás időablakokkal nem változna olyan mértékben, hogy plusz munkaerőt kelljen bevonni a feladatok ellátására.



3. ábra A gondozónők útvonalának megoszlása a fix időpontra érkezések bevezetésével az utazással, gondozással, tétlenül töltött idő megoszlása szerint



Forrás: saját szerkesztés

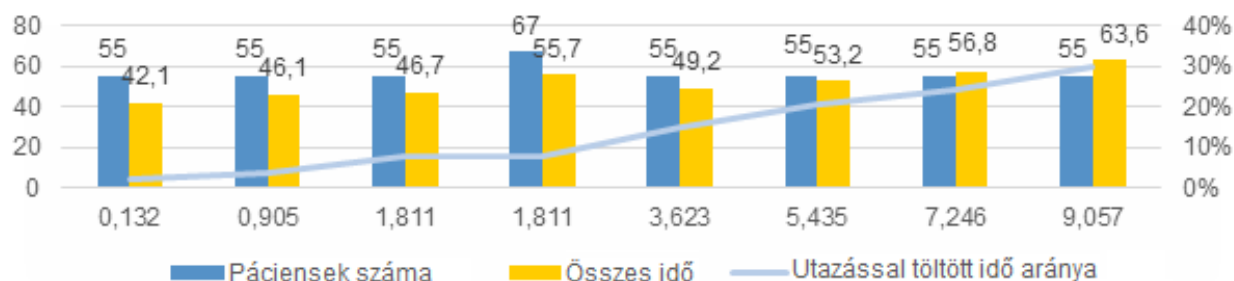
4. ábra Az érzékenységvizsgálat eredményei különböző időablakok esetén ($\alpha=1...30$ perc)

Forrás: saját szerkesztés

Megállapítható tehát, hogy egy *trade-off* (kompromisszum) alakul ki a szolgáltatási színvonal növelése érdekében alkalmazott népszerű menedzsmenteszköz – az érkezés fix időponthoz kötése – esetén az összes feladat teljes időigényével (költségével) szemben.

³Megjegyzés: ez a gondozónő 12 órás munkarendben dolgozik, a mindennapos, hétfőn is gondozást igénylő (tehát informális segítőt nélkülöző) pácienseket látja el.

A mTSP-szimulációk további idő-, azaz költségmegtakarítást eredményeztek: kevesebb gondozónőre és kevesebb időre volt szükség az összes páciens ellátásához. További eredmény, hogy sikeresen elválasztottuk egymástól a kereslet növekedésétől és a lokációtól függő hatásokat. Az 5. ábra bemutatja, hogyan változik a teljes ellátási időigény és az utazással töltött idő aránya a páciensek számának változására, illetve az eloszlásuk változására. A vízszintes tengelyen jelöltük az eloszlás (σ) értékét, a bal oldali függőleges tengelyen az időt órákban. Megfigyelhető, hogy az utazással töltött idő arányára egyedül az eloszlás nagysága hat, a páciensek számának növekedése vagy csökkenése nem.



5. ábra Teljes ellátási időigény és az utazással töltött idő aránya a páciensek különböző száma, illetve eloszlása esetén

Forrás: saját szerkesztés

A szimuláció alapvetően az Eurostat fent említett előrejelzésének hatását vizsgálja, amelyet a harmadik és a negyedik oszlopban figyelhetünk meg: a páciensek számát 55-ről 67-re növeltük, a $\sigma=1,811$ változatlansága mellett. Az eloszlásértékek változtatása mellett lefuttatott szimulációk azt hivatottak bemutatni, hogy a kisebb σ értékek mellett csökken, a nagyobb σ értékek mellett növekszik az utazással töltött idő aránya a teljes ellátásra fordított idő arányán belül.

A közlekedési módválasztást kezelő és a fenntarthatósági szempontokat figyelembe vevő, az útvonal és a munkaterhelés elosztására (optimalizálására) létrehozott algoritmus a következő szakaszokból és lépésekből áll:

1. szakasz: páciensek csoportosítása útvonalanként
2. szakasz: napi otthoni ápolási szolgáltatás kiszámítása
 - 2.1. lépés: az egyes gondozónők munkaterhelésének kiszámítása
 - 2.2. lépés: az egyes útvonalak munkaterhelésének kiszámítása
3. szakasz: napi munkaterhelés kiszámítása
 - 3.1. lépés: a legnagyobb munkaterheléssel jellemezhető útvonal hozzárendelése N_o gondozónőhöz
 - 3.2. lépés: az útvonal megosztása, ha a munkaterhelés magasabb, mint a gondozónő szabad kapacitása
4. szakasz: költség kiszámítása
5. szakasz: a munkaterhelés-elosztás hatékonyságának kiszámítása minden közlekedési módra: a 3. szakasz hozzárendeléseinek hatékonysága (α) N_o gondozónőre,

$$N_o \rightarrow \alpha_o; \alpha_o \in [0,1]; \forall o \rightarrow o = \{1..e\} \quad (14)$$

ahol:

$$\alpha_{ok} = \frac{\text{Load}(N_o)}{\text{Capacity}(N_o)}$$

Az algoritmus 4. és 5. lépése során vizsgált közlekedési módok költsége és hatékonysága összefoglalóan a 3. táblázatban található meg.

3. táblázat Az algoritmus lépései során vizsgált közlekedési módok költsége és hatékonysága

Ti	Közlekedési mód	C(Ti)
T1	Gyaloglás	0
T2	Tömegközlekedés	20€/hó
T3	Elektromos kerékpár	9€/hó
T4	Taxi	3€/út (fix áras)
T5	Személygépjármű	0,19€/km +parkolás

Nap	Tömegközlekedés		Elektromos kerékpár	
	Gondozónók száma	Átlagos hatékonyság	Gondozónók száma	Hatékonyság
Hétfő	9	0,77	7	0,87
Kedd	9	0,79	7	0,89
Szerda	8	0,85	7	0,85
Csütörtök	9	0,78	7	0,87
Péntek	9	0,78	7	0,88
Szombat és vasárnap	2	0,76	2	0,53

Forrás: saját szerkesztés

Összefoglaló gondolatok

A kutatásban az otthoni ápolást mint szolgáltatást vizsgáltuk logisztikai és fenntarthatósági szempontból. Az első részben bevezettük a szolgáltatásminőség növelése céljából az érkezési időablakokat, amelynek szimulációja révén számszerűsítettük a többlet-munkaterhelés, illetve emberi erőforrás szükségességét az érkezés pontosságának növelése érdekében. Megállapítottuk, hogy az időablakok által okozott „tétlenség” ideje milyen mértékben növeli a teljes időszükségletet, amely kapcsán azonosítottuk a szolgáltatásminőség és az erőforrás-gazdálkodás közötti trade-offot. Az ellátórendszer fenntarthatóságát ez negatívan befolyásolja, így – az EU szakpolitikai céljaira is tekintettel – ez további vizsgálatokat igényel.

A kutatás második alkalmazott módszere a térbeli elhelyezkedés és kereslet összefüggéseit vizsgálta, hogy az egyes hatások elválaszthatóvá váljanak egymástól. Bevezettük a közlekedési módválasztás hatását is az otthoni ápolási szolgáltatásra, amely esetünkben az eloszlás szórásnégyzetét növelő vagy csökkentő eszköz. Megállapítottuk, hogy az utazással töltött idő aránya az eloszlástól függ – és nem a felmerült igénylők számától. Ez az ismeret jelentőséggel bír az ellátórendszer kapacitásának tervezésekor a várható igénynövekedés miatt, amely – egyéb tényezők változatlansága mellett – a demográfiai elöregedés velejárója.

A harmadik részben létrehoztunk egy algoritmust, amely egyaránt képes kezelni a költségmegtakarítási célokat és a közlekedési módválasztást, valamint megvizsgáltuk egy fenntarthatóbb közlekedési eszköz (elektromos kerékpár) alkalmazásának lehetőségét. A javasolt otthoni ápolási útvonal- és beosztástervező algoritmussal, valamint – a vizsgált vagy hasonló szolgáltatási terület esetében – elektromos kerékpárok alkalmazásával rugalmas és pénzügyi szempontból is fenntartható idősellátási szolgáltatási móddá válhat.

A módszertan felhasználható lehet más citylogisztikai kihívások vizsgálatában is.

Köszönetnyilvánítás

A kutatás a szerző doktori értekezésének része, így a kutatási folyamatban – főként a kutatási módszertan és a bemutatott algoritmus kialakításában – segítséget nyújtottak mentorai és kutatótársai: Lorenzo B. Ros-McDonnell, PhD, a Cartagenai Műszaki Egyetem (UPCT) egyetemi tanára, María Victoria de la Fuente, PhD, az UPCT egyetemi tanársegéde és Robert Vodopivec, PhD, a Mediterranean Institute for Advanced Studies kutatója.

Felhasznált irodalom

- Albareda-Sambola, María – Van Der Vlerk, Maarten H. – Fernández, Elena (2006): Exact solutions to a class of stochastic generalized assignment problems, *European Journal of Operational Research*, 173:2, 465-487. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.01.035>
- Bennett, Ashlea R. (2010): Home health care logistics planning, PhD-értekezés, Georgia Institute of Technology, Atlanta. <http://hdl.handle.net/1853/33989>
- Blomqvist, Ake – Busby, Colin (2012): Long-term care for the elderly: Challenges and policy options, *CD Howe Institute Commentary*(367). <https://www.cdhowe.org/public-policy-research/long-term-care-elderly-challenges-and-policy-options>
- Briggs, Ronald (2010): Descriptive Statistics for Spatial Distributions - Review Standard Descriptive Statistics Centographic Statistics for Spatial Data. <http://www.utdallas.edu/~briggs/>
- Carpenter, Iain et al. (2004): Community care in Europe. The aged in home care project (AdHOC), *Aging Clinical and Experimental Research*, 16:4, 259-269. <https://doi.org/10.1007/BF03324550>
- Chopra, Sunil (2003): Designing the distribution network in a supply chain, *Transportation Research Part E: Logistics and Transportation Review*, 39:2, 123-140. [https://doi.org/10.1016/S1366-5545\(02\)00044-3](https://doi.org/10.1016/S1366-5545(02)00044-3)

- Clausen, Jens (1999): Branch and bound algorithms-principles and examples, Department of Computer Science, University of Copenhagen, 30 o. <https://imada.sdu.dk/~jbj/DM85/TSptext.pdf>
- Czibere Károly – Cál Róbert I. (2010): The Long-Term Care system for the elderly in Hungary, ENEPRI Research Report No. 79. <https://www.ceps.eu/ceps-publications/long-term-care-system-elderly-hungary/>
- Ehmke, Jan Fabian – Campbell, Ann Melissa – Urban, Timothy L. (2015): Ensuring service levels in routing problems with time windows and stochastic travel times, *European Journal of Operational Research*, 240:2, 539–550. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2014.06.045>
- Európai Bizottság (2015): Innovation for Active & Healthy Ageing. Paper presented at the European Summit on Innovation for Active and Healthy Ageing, Brussels. Final Report. https://ec.europa.eu/research/innovation-union/pdf/active-healthy-ageing/ageing_summit_report.pdf
- Eveborn, Patrik – Flisberg, Patrik – Rönnqvist, Mikael (2006): Laps Care—an operational system for staff planning of home care, *European Journal of Operational Research*, 171:3, 962–976. <https://doi.org/10.1016/j.ejor.2005.01.011>
- Fikar, Christian – Hirsch, Patrick (2017): Home health care routing and scheduling: A review, *Computers & Operations Research*, 77, 86–95. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2016.07.019>
- Fisher, Marshall L. – Jaikumar, R. – Van Wassenhove, Luk N. (1986): A multiplier adjustment method for the generalized assignment problem, *Management Science*, 32:9, 1095–1103. <https://doi.org/10.1287/mnsc.32.9.1095>
- Gillsjö, Catharina – Schwartz-Barcott, Donna – von Post, Iréne (2011): Home: The place the older adult can not imagine living without, *BMC Geriatrics*, 11:1, 1–10. <https://doi.org/10.1186/1471-2318-11-10>
- Keenan, Teresa A. (2010): Home and community preferences of the 45+ population, AARP, Washington DC. <http://assets.aarp.org/rgcenter/general/home-community-services-10.pdf>
- Lee, Jon – Raffensperger, John F. (2006): Using AMPL for teaching the TSP, *INFORMS Transactions on Education*, 7:1, 37–69. <https://doi.org/10.1287/ited.7.1.37>
- Li, V. C. – Curry, Guy L. (2005): Solving multidimensional knapsack problems with generalized upper bound constraints using critical event tabu search, *Computers & Operations Research*, 32:4, 825–848. <https://doi.org/10.1016/j.cor.2003.08.021>
- Martello, Silvano – Toth, Paolo (1981): An algorithm for the generalized assignment problem, in: Brans, J. P. (szerk.): *Operational research*, North-Holland, Amsterdam, 589–603.
- Miller, C. E. – Tucker, A. W. – Zemlin, R. A. (1960): Integer programming formulation of traveling salesman problems, *Journal of the ACM*, 7:4, 326–329. <https://doi.org/10.1145/321043.321046>
- Nahal, Sarbjit – Ma, Beija (2014): The Silver Dollar – Longevity Revolution Primer. <https://www.longfinance.net/programmes/sustainable-futures/london-accord/reports/the-silver-dollar-longevity-revolution-primer/>
- OECD (2015): Health at a Glance 2015: OECD Indicators. OECD Publishing, Párizs. https://doi.org/10.1787/health_glance-2015-en
- Osorio, María A. – Laguna, Manuel (2003): Logic cuts for multilevel generalized assignment problems, *European Journal of Operational Research*, 151:1, 238–246. [https://doi.org/10.1016/S0377-2217\(02\)00576-3](https://doi.org/10.1016/S0377-2217(02)00576-3)
- Rasmussen, Rasmus (2011): TSP in Spreadsheets – a Guided Tour, *International Review of Economics Education*, 10:1, 94–116. [https://doi.org/10.1016/S1477-3880\(15\)30037-2](https://doi.org/10.1016/S1477-3880(15)30037-2)
- Ribeiro, J. F. – Pradin, B. (1993): A methodology for cellular manufacturing design. *International Journal of Production Research*, 31:1, 235–250. <https://doi.org/10.1080/00207549308956723>
- Ross, G. Terry – Soland, Richard M. (1975): A branch and bound algorithm for the generalized assignment problem, *Mathematical Programming*, 8:1, 91–103. <https://doi.org/10.1007/BF01580430>
- Rouillon, Stéphane – Desaulniers, Guy – Soumis, François (2006): An extended branch-and-bound method for locomotive assignment. *Transportation Research Part B: Methodological*, 40:5, 404–423. <https://doi.org/10.1016/j.trb.2005.05.005>
- Szociális Védelmi Bizottság és az Európai Bizottság (2014). Adequate social protection for long-term care needs in an ageing society, Brüsszel. <https://op.europa.eu/hu/publication-detail/-/publication/71532344-ddf1-4d34-a7aa-f65c701a22a2>

Valamennyi online forrás esetében az utolsó hozzáférés ideje: 2020. december 17.

Tudományos közlemény

Utasok fedélzeti tevékenységeinek vizsgálata ingázás és távolsági utazás során

Beküldve: 2021.01.15.
Elfogadva: 2021.06.30.
Online közzétéve: 2022.10.24.



- DR. MUNKÁCSY ANDRÁS** tudományos főmunkatárs, kutatóközpont-vezető, Közlekedéstudományi Intézet, Közlekedésfejlesztési Kutatóközpont, munkacsy.andras@kti.hu
- STROMMER TAMÁS** tudományos segédmunkatárs, junior kutató, Közlekedéstudományi Intézet, Közlekedésmenedzsment Osztály, strommer.tamas@kti.hu
- DR. LIESZKOVSZKY JÓZSEF PÁL** tudományos munkatárs, senior kutató, Közlekedéstudományi Intézet, Közlekedésmenedzsment Osztály, lieszkovszky.jozsef@kti.hu

Absztrakt: Az utazás közben végzett tevékenységek köre a kommunikációs eszközök és az internetelés gyors terjedése miatt teljesen átalakult. E tevékenységeket egy vállalat naponta ingázó és rendszeresen nagy távolságra utazó munkavállalói körében, kvalitatív kutatási módszerek (kérdőív és két fókuszcsoport keretében, összesen 18 fő részvételével) vizsgáltuk, hogy meghatározzuk a fő jellemzőiket és a kapcsolódó utazási szokásokat. A résztvevők változatos tevékenységeket végeznek utazás közben, és nem egyértelműen foglaltak állást arról, hogy a munkába járás idejét munka- vagy szabadidőnek tekintik. A vizsgálat tapasztalatai alapján a járművek kialakításával, a személyszállítási szolgáltatással kapcsolatos, valamint a munkaadókra vonatkozó javaslatokat fogalmaztunk meg.

Kulcsszavak: utazás közbeni tevékenységek; utazási szokások; autóbusz-közlekedés; vasúti személyszállítás

Investigation of onboard passenger activities during commuting and long-distance travel

Abstract: The range of activities performed while travelling has been completely transformed by the rapid spread of communication devices and internet access. These activities were investigated among daily commuter and regular long-distance traveller employees of a company, using qualitative research methods (questionnaire and two focus groups with a total of 18 participants) to identify their main characteristics and related travel behaviour. Participants engaged in a variety of activities while travelling and did not clearly state whether they considered commuting time as work or leisure time. Based on the experience of the survey, recommendations were made on vehicle design, passenger transport services and employers.

Keywords: travel-based multitasking; travel behaviour; bus transport; rail passenger transport

A kutatási téma időszerűsége

Az új évezred tapasztalata, hogy az infokommunikációs technológia, valamint a mobil- és okoseszközök robbanásszerű fejlődése, illetve a nagysebességű mobilinternet gyors terjedése átalakította a mindennapi tevékenységeinket. A közvetlen hatások között szerepel az emberek jelentős hányadának szinte folyamatos elérhetősége és online jelenléte, valamint a munka kereteinek elmosódása, a munkával kapcsolatos kööttségek fellazulása. Az utazási körülmények, illetve az utazás közbeni szórakozás, munkavégzés, pihenés feltételeinek javulásával teljesen új lehetőségek nyíltak meg, és ezek végül magukkal hozták az utazásra fordított idő szubjektív és objektív értékeinek drasztikus átalakulását (Goodwin, 2019; Gripsrud – Hjorthol, 2012; Lee et al., 2019; Line et al., 2011). A szakirodalom egyre szélesebb körben mutat fel eredményeket az utazási idő hasznossága, értéke kapcsán az utasok, a munkáltatók és a gazdaság szempontjából (Fosgerau, 2018; Földes – Csiszár, 2015; Keserű et al., 2015; Munkácsy et al., 2022), az utazási időt immár nem „elveszettnek” tekintve.

E jelentős átalakuláshoz és annak következményeihez célszerű a közlekedéssel foglalkozó szereplőknek (pl. járműgyártóknak, közlekedésszervezőknek, szolgáltatóknak) is gyorsan alkalmazkodniuk, hiszen mindez egyúttal lehetőség is a személyközlekedési folyamatokban a tömegközlekedés részarányának növelését célzó

törekvések megvalósítására. Továbbá a tömegközlekedési eszközök használata mellett szólhat, hogy – szemben az egyéni gépjárműhasználattal – az utazási idő változatosabban és sok esetben hasznosabban is eltölthető, ezáltal pedig javítható az utazás szubjektív megítélése, és növekedhet az utazások objektív (egyéni, de akár gazdasági, társadalmi) haszna is. E változások elméleti alátámasztásához viszont elengedhetetlenek azok a kutatások, melyek az utazási idő felhasználását és az utazás közbeni tevékenységeket (angolul travel-based multitasking) vizsgálják, emellett a felhasználásuk és gyakorlati hasznosításuk lehetőségeit is elemzik.

Az utazás közbeni tevékenységek vizsgálata

Az utazás közben végezhető tevékenységek lehetőségeit jelentősen javítják a digitális technika, illetve az infokommunikációs és közlekedési szolgáltatások jelentős változásai. Az okoseszközök gyors terjedése, az internethozzáférés arányának és a kommunikációs lehetőségek (pl. adatátvitel) sebességének növekedése, valamint a járművek kényelmi szolgáltatásainak (elektromos csatlakozók, vezeték nélküli internetkapcsolat stb.) bővülése nyomán az utazási körülmények is javultak. Mindezek hatására napjainkra megvalósult az utasok szinte folyamatos elérhetősége – a hozzáférhetőség (internethez, szolgáltatásokhoz, információkhoz, rendszerekhez stb.) is az utazáson kívüli körülményekkel vetekszik –, illetve folyamatosan bővül az utazás közben is végezhető tevékenységek, munkák száma és aránya. Az utazási és időfelhasználási szokások e folyamatokhoz kapcsolódó átalakulása pedig magával hozta az utazási idő hasznosabb eltöltésének lehetőségét.

Az utazás közbeni tevékenységek és az utazási idő felhasználásának eddigi vizsgálatait Keserű – Macharis (2018) tanulmánya foglalja össze. A szemlézett kutatások változatos körülmények között és egymástól is jelentősen eltérő módszerekkel, meghatározásokkal, illetve különböző közlekedési módok körében végezték vizsgálataikat az utazás közbeni tevékenységek felderítésére. E különbségek viszont az eredmények összehasonlítását, és így közvetetten az eredmények felhasználhatóságát és adaptációját is erősen korlátozzák.

E hiányosságok felismerése nyomán végzett vizsgálatot szerzői munkaközösségünk: ennek célja egységes tevékenységjegyzék (leltár) összeállítása volt, amely képes a széles körben használt tevékenységek egységesítésére és a tevékenységekkel kapcsolatos vizsgálatok támogatására (Munkácsy et al., 2020). Az utazás közben is végezhető tevékenységek vizsgálatának megalapozását és a vizsgálatok magyarországi adaptációját szolgálta a budapesti metróhálózaton csúcsidőszakban végzett felmérés. Az utasok által végzett tevékenységek, valamint az utasok, illetve az utazás megfigyelhető jellemzői között a már egyszerű statisztikai vizsgálatokkal is lényeges összefüggéseket lehetett kimutatni (Munkácsy – Strommer, 2020).

Mindezek alapján megállapítható, hogy az utazással töltött idő állandósága (Fleischer – Tir, 2016, 2018) lehetőséget biztosít, hogy a naponta utazással töltött mintegy egy óra valamilyen módon hasznosítható legyen. Az utazási szokások részletes feltárása, az igények felmérése, valamint az utazás közben végzett fontosabb tevékenységcsoportok jellemzőinek felderítése és azonosítása révén cikkünk célja annak gyakorlati alátámasztása, hogy jelentős lehet az utazások társadalmi, gazdasági, illetve az utas számára érzékelhető és általa realizálható haszon – vagyis az utazások és a közlekedési fejlesztések értékelésénél a tevékenységek hatásával is számolni kell.

A vizsgálat jellemzői és módszertana

A vizsgálatot fókuszcsoportokban – a Covid19-világjárvány miatt a személyes találkozások mellőzésével – valósítottuk meg. Vizsgálatunk célja az volt, hogy rendszeresen utazó munkavállalók körében feltárja a jellemző utazási szokásokat, preferenciákat, és felderítse az utazás közben végzett tevékenységek körét. A résztvevők úgy lettek kiválasztva, hogy több szempontból is megvalósuljon a vizsgálat sokszínűsége (nem, kor, munkakör, utazási szokások), és egy-egy fókuszcsoport általános létszámának (4–10 fő) megfelelően legyen közöttük naponta települések között ingázó, illetve munkavégzés céljából nagy távolságra rendszeresen utazó munkavállaló. Valamennyien a Közlekedéstudományi Intézet (KTI) szellemi foglalkozású alkalmazottai, akik mind a szervezet budapesti székhelyén vagy szombathelyi, pécsi, szegedi, debreceni telephelyén dolgoznak (összesen 18 fő).

A vizsgálat online kérdőív összeállításával, tesztelésével, majd kiküldésével kezdődött. A kérdőív célja, hogy feltárja a beszélgetésekben részt vevők utazási jellemzőit és szokásait (utazások relációja, időtartama, jellemzően használt közlekedési eszköz, utazás közben végzett tevékenységek és azok művelésének gyakorisága), illetve vizsgálja és tesztelje a korábban összeállított tevékenység-leltár (Munkácsy et al., 2020) felhasználhatóságát egy szélesebb körben megvalósított felmérés kivitelezése előtt.

A fókuszcsoportok jellemzője, hogy irányított beszélgetés során, ám relatíve kötetlen körülmények között valósulhat

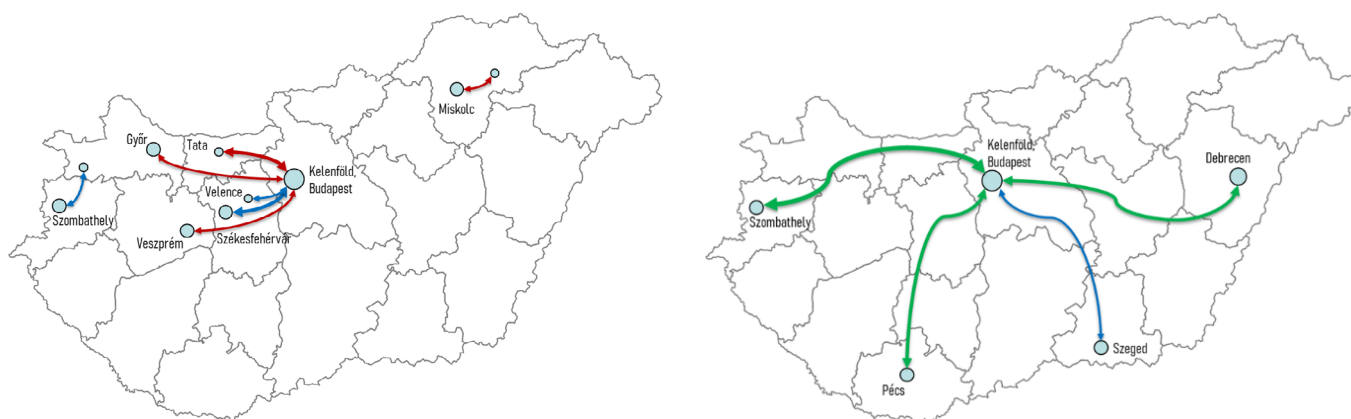
meg a résztvevők megkérdezése, illetve a résztvevők közötti párbeszéd és interakció. Mivel a világjárvány miatt érvényben lévő szabályok nem tették lehetővé személyes találkozó megszervezését, a fókuszcsoportokat online bonyolítottuk le. A fókuszcsoportok levezetéséhez hasonlóan a teljes csoport számára azonos kérdéseket tettünk fel, és biztosítottuk a lehetőséget az egyéni és csoportos vélemények kifejtésére, illetve ahol erre szükség volt, vita-, illetve beszélgetéscsökkentő kérdéseket tettünk fel a beszélgetés, véleménycsere kialakulása érdekében.

A munkavállalókat két fókuszcsoportba rendeztük: az egyiket a naponta viszonylag nagy távolságról ingázó munkavállalók, a másikat pedig a munkával összefüggésben rendszeresen nagy távolságon utazó munkavállalók alkották. Mindkét fókuszcsoport esetén a nemek aránya kiegyenlített volt, és szinte az összes korcsoport képviseltette magát. A résztvevők lényegesen különböző relációkban és különféle közlekedési eszközök használatával ingáznak, utaznak, de jelentős különbségek vannak az utazási idők és az utazási szokások között is.

Előrebocsátjuk, hogy az eredmények csak részben általánosíthatók, mert a résztvevők egy munkahelyen (bár több helyszínen), ráadásul hasonló területen és munkakörökben dolgoznak. Bár az utazás közbeni munkavégzés célú tevékenységek az időtöltésre csak az utazók kisebb részének jelenthetnek valós alternatívát, a megkérdezettek kiválasztása mégis biztosítja a tevékenységekkel kapcsolatos helyzetfelméréshez szükséges információkat, hiszen az utazás közben végzett nem munkavégzési célú tevékenységek (zenehallgatás, beszélgetés, online bevásárlás stb.) is számottevő hasznot hajthatnak például a megtakarított szabad- vagy munkaidő, szórakozás értéke révén.

A fókuszcsoportok bemutatása

A fókuszcsoportokat a naponta ingázók körében 2020 májusában, a nagy távolságra utazók esetében pedig 2020 szeptemberében szerveztük meg. A résztvevők által beutazott viszonylatokat az 1. ábra mutatja be. Az ingázók többsége a budapesti székhelyre ingázik, a rendszeresen nagy távolságra utazók pedig a KTI regionális irodáiból a budapesti székhelyre ügyintézés, illetve (vezetői) megbeszélések miatt utaznak, nagyjából havi rendszerességgel. Az alábbi megállapításokhoz a fókuszcsoportot megelőző kérdőívek eredményeit és az ott írásban tett kijelentéseket is felhasználtuk.



1. ábra. A naponta ingázó (balra), illetve a nagy távolságra utazó (jobbra) munkatársak által beutazott relációk

Forrás: saját szerkesztés

A naponta ingázók csoportja

A naponta ingázók fókuszcsoportjának összeállítása során a fő szempont a helyközi közlekedés használata volt, tekintve, hogy a városi közlekedés során jellemzően kevesebb tevékenység végzésére nyílik lehetőség. A fókuszcsoportban részt vevő munkatársak jellemzően a nyugati-déli agglomerációból és megyeszékhelyekről ingáznak, két fő pedig egy-egy regionális irodába ingázik (vagy korábban ingázott) 30–40 km távolságról. Az utazás ideje jellemzően 1–1,5 óra között alakul, de irányonként 2 óra eljutási idő is előfordul. A következő felsorolásokban található idézeteket a felmérésben részt vevő munkatársak válaszaiból válogattuk. Az idézetek mélyebben megvilágítják az utazás közben végzett tevékenységek, illetve azok művelésének jellegzetességeit.

Az utazási idő gyakori felhasználási módja, amikor az utas magáncélú tevékenységet végez. A leggyakrabban előforduló tevékenységek a pihenés, az alvás, a különböző járművön is elérhető és alkalmazható szórakozási formák,

például online és más játékok, zenehallgatás:

1. A leggyakrabban előforduló nem munkacélú tevékenységek között szerepel a különféle okos- és elektronikus eszközök (pl. tablet, laptop) használata.

„A vonaton reggel befele jellemzően ugyanazt csinálom, mint a visszaúton: mobiltelefonos játékokat játszom. Azt veszem észre, hogy a logikai játékok jók arra, hogy az ember kicsit kikapcsoljon – és már nem is a mobiltelefonjára figyel, hanem egészen más dolgokon gondolkodik.”

2. Meghatározó jelentőségű a pihenés, szundítás, alvás és ezek változatos formái:

- a. az alvás, illetve az okoseszközök használatával művelt tevékenységek többféle módon, időtartamban és időszakban jelennek meg az utazás során;
- b. a legtöbb esetben az is jellemző, hogy e tevékenységek művelése a napi rutin részeként alakul és ezek egyfajta keveréke alakítja ki az utazás közben végzett tevékenységek összességét.

3. Az elmondottakból levonható következtetés, hogy megfelelő körülmények között az utazással töltött idő a pihenés (és a reggeli „ébredés”) színhelye is lehet – egyfajta átmenet a magánélet és a munkahelyi lét között.

4. A rendszeresen együtt utazókból gyakran kialakulnak olyan ingázócsoportok, akik akár az időbeosztásukat is összeszervezik, hogy együtt tudjanak utazni. Gyakran rokonok, barátok és ismerősök is feltűnnek az utazás során, ilyenkor velük beszélgetés, csevegés indul.

„A reggeli időszakban olyan 5–10 fős kialakult ingázócsoport volt, akikkel többnyire együtt tettük meg az utat, beszélgetéssel töltöttük az időt. Hazafelé már csak 2-3 főre redukálódik a létszám, mindenkinek a munkaidő végzéséhez igazodva.”

5. Egyéb tevékenységek is előfordulnak a járműveken: gyakori az olvasás, de a különleges, kevésbé megszokott tevékenységek is előfordulnak.

„A vonat azért megadja azt a lehetőséget, hogy ki tudjon kapcsolni az ember – én írni szoktam. Verseket, tájleírásokat, meséket. Jön a szösszenet, és valamikor kész is egy vers, mire beérek a munkahelyre.”

További módja az utazási idő eltöltésének, ha az utas utazás közben munkát vagy munkához kapcsolódó tevékenységet végez. Legegyszerűbben az okoseszköz segítségével elvégzett munka vagy munkavégzéshez köthető tevékenység végezhető (pl. telefonbeszélgetés, e-mailek írása és olvasása), ám ezek hasznát, illetve rendszerességét is negatívan befolyásolhatja a munka tárgyának érzékeny tartalma vagy az utazási közeg jellege.

1. A legtöbb esetben a munkacélú tevékenységek a szokásos alaptevékenységek körénél maradnak, vagyis az e-mailek olvasása, a telefonbeszélgetések és a lapon vagy tableten végezhető egyszerűbb munkák fordulnak elő.

2. Logikus felvetés, hogy olyan munkát lehet és érdemes végezni utazás közben, amelynek során:

- a. rendelkezésre áll egy munkavégzésre alkalmas eszköz: mobiltelefon, laptop vagy tablet, valamint megfelelő a mobilhálózati lefedettség és a szolgáltatás minősége (telefonbeszélgetés, adatátvitel) – ezekkel kapcsolatban számos probléma vetődött fel a fókuszcsoportban;

„Nekem nincs és nem is volt laptopom, amivel dolgozhattam volna, tehát [a munka] mindig csak telefon vagy legfeljebb tablet használatát jelentette.”

„Sokszor nehézségekbe ütközik maga a telefonálás, mert ezen a szakaszon négyszer szakad meg [a vonal]. Amikor egyeztetünk munkaügyben, mert elkerülhetetlen, akkor arról szól a beszélgetés, hogy »mindjárt visszahívlak«, »megszakadt« – ez tehát egy nagy hátrány.”

b. adva vannak a körülmények (pl. az utasnak utazás közben nem kell állnia vagy nem ül mellette senki), amelyek esetén a munkavállaló kényelmesen és megfelelő módon munkát tud végezni;

„Esetleg egy-két telefont elintézek, de alapvetően én sem szeretek sem magán-, sem munkaügyben telefonhívást kezdeményezni. Ez inkább arra az időszakra jellemző, amíg megközelítem a vasútállomást.”

c. nem szükséges az információk, eszközök stb. különleges védelme (például minősített vagy érzékeny adatok, értékes munkaeszközök);

„Nálam a munka jellegű hívások azok, amiket nem szeretek ingázás közben csinálni, mert hát olyan munkakörben és munkaterületen dolgozunk, ahol elég erős a lakosság érintettsége.”

d. a munkavállaló motivált, hogy utazás közben (is) munkát végezzen (kompenzálja-e a munkáltató a felhasznált időért vagy esetleg rugalmasan beépíthető a napi munkarendbe).

„Hazafelé az esetek többségében többet szoktam dolgozni, mert sokszor 16 óra körül eljövök bentről, és a maradék munkát a vonatom végzem el.”

„A délután az mindig ad hoc jelleggel működik, de a melót akkor sem venném elő. Akkor már inkább olvasás, zenehallgatás.”

A rendszeres ingaforgalom leginkább a nagyvárosok agglomerációjára jellemző, de egy-két esetben távolabbi településről történik az ingázás – ekkor viszont módosulnak az utazási szokások, jellemző az intercityk és a gyorsvonatok használata. A rendszeres ingázás a tapasztalatok szerint általában együtt jár a kötöttebb és közel változatlan utazási szokásokkal.

Az elővárosi ingaforgalom egyik sajátossága a zsúfoltság. Az ezzel együtt járó zaj, illetve a privát tér beszűkülése miatt az utazás közben kényelmesen végezhető tevékenységek köre korlátozott, sok esetben csak a többi utas zavarása mellett valósítható meg (vagy lenne megvalósítható).

„Ha valaki ott ül tőlem 20 centire, akkor nem fogok az arcába beszélni. Én ezt nem szeretem, amikor valaki azzal tölti el a fél órát, hogy elmeséli a fél életét, mert éppen ráér. Én a legszükségesebb munkatelefonokat sem szívesen veszem ott fel. Nálam ez így nem működik.”

„Én beszereztem egy jó kis párnás fülhallgatót, ami tompítja a külső zajokat. Egy idő után már nem azért hallgattam zenét, mert annyira akartam volna, hanem már nem bírtam elviselni, amit a körülöttem lévők műveltek.”

Rákérdeztünk arra is – amely kérdés létjogosultságát a válaszok is megerősítették –, hogy van-e olyan tevékenység, amelyet az utas dedikáltan azért nem végez, mert ha van ülőhelye, akkor ül mellette valaki, és számára ez kényelmetlen.

„A telefonálás nálam is kocsifüggő. Mondjuk egy FLIRT típusú kocsiiban, ami tágas és nagyjából ott vagyunk egymás mellett, ott én sem szoktam telefonálni. Én azokat a kocsikat részesítem előnyben, ahol enyém a négyes ülés vagy csak ketten ülünk, vagy nem is ül úgy közvetlen mellettem valaki.”

A nagy távolságra rendszeresen utazók csoportja

A másik fókuszcsoportot a rendszeresen, de a mindennapi utazásnál jóval ritkábban (több hetente, havonta) nagy távolságra utazó munkatársakból állítottuk össze. E fókuszcsoport esetén is a helyközi közlekedés használata során végzett tevékenységekre került a hangsúly. A munkatársak jellemzően a regionális irodákban (vezetői vagy szakértői munkakörben) dolgoznak, képviselik az összes aktív korcsoportot, emellett pedig a választott közlekedési mód (autó, vonat, autóbusz) és az utazások jellemzői is változatosak. Az utazások ideje jellemzően 2-3 óra között alakul,

de előfordul a 3 órát meghaladó utazás is irányonként (ez egy nap akár 5–7 óra utazásra fordított időt is jelenthet). Jellemzően igaz a fókuszcsoporthoz tartozó résztvevőire, hogy az utazások közben végzett tevékenységek eltérnek a naponta ingázókétól. Egyrészt a távolsági utazásoknál az utas szinte mindig rendelkezik ülőhellyel és helybiztosítással, ez pedig elősegíti a viszonylag egyenletes kényelmet, másrészt az egy helyben eltöltött idő hossza is jelentősen hosszabb lehet. Fő megállapításaink:

1. A fókuszcsoporthoz tartozó utazások sajátossága, hogy az oda- és a visszaút is egy nap leforgása alatt valósul meg. Az utazáson kívül végzett munka mellett a jelentős utazási idő miatt maga az utazás is jelentős terhelést jelent az utasnak, így az utazás során csak korlátozottan jellemző a munkavégzés – domináns tevékenység a pihenés, illetve a lazítást szolgáló tevékenységek, valamint a szundítás és az alvás;

„Visszafelé olvasással vagy konkrétan munkával nem szoktam foglalkozni. Addigra már elfáradok. Ezek az értekezletek Budapesten általában nagyon korán kezdődnek, nekünk 5-6 óra körül már el kell indulni és [...] este 7 előtt nem is érünk haza.”

2. Megjelenik még a szórakozás, illetve lazítás-pihenés célú olvasás, rádió- és zenehallgatás is – többeknél ez tölti ki a munka helyett vagy mellett az utazás idejét.

„Két és fél, három óra alatt érek Debrecenbe. És sem oda, sem haza irányban nem szeretek munkával foglalkozni. Csak szükség szerint. Többnyire olvasással, illetve zenehallgatással töltöm az időt.”

Mivel a vizsgált utazások kevésbé rendszeresen valósulnak meg, e napok rendje és ezek a tevékenységek kevésbé épülnek be a napi rutinba, csak ritkán jelennek meg állandósult napirendek – az utazás időtartamára a munkavállalók sokkal inkább egyfajta kiegészítő időként tekintenek. Az utazással töltött időt többnyire a munkaidő részének tekintik, de van, aki egyfajta kompenzációként tekint rá az egész napos munka ellentételezéseként.

1. Jellemző, hogy az utazás céljából szolgáló megbeszélés vagy aktuális munkák anyagát, tervezeteket, szakmai szövegeket, cikkeket olvasnak az utazók;

„[A Budapesten zajló megbeszélésekre] sokszor utazom IC vonattal, szinte mindig egyedül. Utazás, illetve a vonatút közben szakmai anyagokat szoktam olvasni, munkaügyben néha telefonálok, de más tevékenységet jellemzően nem szoktam végezni. Tapasztalatom szerint a vonaton történő utazás nem nagyon alkalmas munkavégzésre.”

2. Másik jellemző tevékenységfajta a munkavállaló éppen aktuális munkafolyamatának folytatása: ebben az esetben a munkavállaló a folyamathoz kapcsolódó munkát végez változatos formában, terjedelemben és eszközökön (pl. laptop, telefon). De előfordul az is, hogy a munkavállalónak nem áll rendelkezésére megfelelő eszköz, vagy a távközlési szolgáltatás nem megfelelő, emiatt csak a legszükségesebb eszközöket viszi magával, és csak a legfontosabb üzenetekre válaszol.

„[Az utazással töltött idő] alkalmas arra, hogy a hivatali e-maileket, ügyeket el tudja intézni az ember. Visszafelé is ugyanúgy hagyok olvasnivalót a vonatra. Természetesen az e-maileket folyamatosan nézzük, hiszen mindenképpen reagálni kell. Az e-mail küldője az nem tudja, hogy mi éppen utazunk, és elvárja, hogy időben válaszoljunk.”

Az online munka jó minőségének alapja a folyamatos mobilhálózati lefedettség rendelkezésre állása, valamint az adatátviteli szolgáltatás gyorsasága és megbízhatósága. A fókuszcsoporthoz tartozó tapasztalatai alapján a rendszeresen utazók már ismerik a rendszer és a lefedettség sajátosságait, és készülnek az adatkapcsolat megszakadására. Többeknél elsődleges szempont továbbá az utazás kényelme. A munkaeszközök esetén gondot jelenthet, ha például a jellemzői (méret, tömeg stb.) miatt nem kényelmes a hordozásuk: ez gyakori ok egy eszköz nélkülözésére, amennyiben nincsen rá feltétlenül szükség.

A vizsgálat tapasztalatai alapján az irányonként legalább 1,5–2 óra időtartamú utazásokat lehet hosszú távúnak tekinteni. Ennél rövidebb utazások esetén nem alakulnak ki azok a sajátosságok, melyek a hosszú távú utak jellemzői:

hosszabb előkészítő szakasz, utazás tervezettség, az utazást kényelmesebbé és hasznosabbá tevő eszközök (pl. párna, okoseszközök).

A hosszú távú utazások és az ingázás közötti jól megfigyelhető különbség, hogy a hosszú távú utazások esetén több munkavállalónál jelenik meg alternatívaként a személygépkocsi. Az ingaforgalom esetén gyakorlatilag nem szerepelt a személygépjármű az életszerű alternatívák között – legfeljebb egy-két napon a bevásárlással összekötve –, többek pedig egyenesen kizárták az autó használatának célszerűségét a rendszeres torlódások és a bizonytalan menetidő miatt.

Hogyan tekintünk az utazásokra: munka- vagy szabadidő?

A kutatásunk kiinduló gondolata az volt, hogy bizonyos feltételek teljesülése esetén, különösen szellemi foglalkozásúak esetében, utazás közben is lehet érdemben munkát végezni (az egyén számára hasznos más tevékenységek mellett). A kérdések között szerepelt, hogy a résztvevők hogyan tekintenek az utazás során munkával eltöltött időre: azt a munkaidő egy részének tekintik, vagy egy lehetőségnek például a napi munka befejezésére.

„Hát ez egy érdekes kérdés, és egyes munkahelyeken bizonyos szempontból kínos is. Én dolgoztam olyan helyen, ahol megmondták előre, hogy bárhová kell menni, nyolctól négyig dolgozol, és pont. Ha most éppen neked el kellett indulni hat órákor és megérkeztél este hétre, akkor így jártál.”

„Én egyértelműen azt gondolom, hogy a munkaidő része, ezt én így is tekintem. Viszont az ember nyilván nem áll ostonnal a dolgozója mögött, tehát hogyha alszik odaúton, meg visszafele úton is alszik, én azt is el tudom fogadni, nincs ezzel semmi probléma. De hát praktikus kihasználni a lehetőséget, különösen akkor, ha határidős feladat van.”

„Én például úgy szoktam gondolkodni a munkaidőről, hogy ha pusztán be kell menni a munkahelyemre, akkor értelemszerűen a munkaidőm akkor kezdődik, amikor beérkezem. Ha viszont máshova kell mennem, mert például egy külső megbeszélés van, [...] akkor tulajdonképpen otthon kezdődik a munkaidőm, mert a szokásostól eltérő [...] útvonalon kell menni.”

Kérdéses, hogy ha a munkavállaló a munkahelyre vagy az onnan hazautazás közben e-mailt kap vagy telefonon hívják, akkor van-e, lehet-e rajta kényszer, hogy válaszolnia kell. Tehát úgy érzi-e vagy érezheti-e a munkavállaló, hogy rögtön válaszolnia kell, hiszen már dolgozik.

„Épp a kollégáim vonatkozásában én azt gondolom, hogy ez föl sem merül. [Ha] hívják, akkor azonnal – amint tud – válaszol, nem nézi, hogy munkaidő vagy nem munkaidő.”

„Én azt gondolom, ha szorít a határidő, akkor nyilván az odaúton és a visszaúton is dolgozunk. Igazából nekem diszkomfortérzetem van, hogyha nincs nálam a laptop, akkor bizonyos munkákat nem tudok azonnal megcsinálni. Tényleg inkább magammal viszem abban az esetben is, ha egyáltalán nem kell egész nap.”

„Az én munkakörömet érintően ritkán szokott olyan feladat beérkezni, amit azonnal meg kell válaszolni. Tehát az mondjuk simán belefér, hogy míg felérek [a székhelyre], ott akkor valakinek a gépét szükség esetén kölcsönkérem, vagy nyilván vár addig a feladat, amíg hazaérek.”

Összefoglaló megállapítások

Munkánk során meghatároztuk és összegyűjtöttük azokat a jellemzőket, amelyek befolyásolhatják az utazás közbeni munkavégzésre irányuló tevékenységeket. Ez alapján olyan ajánlásokat és lehetőségeket vázolunk fel, amelyekkel az utazás során a munkavégzés hatékonysága és kényelme növelhető a járművek belső kialakítása vagy a kiegészítő kényelmi szolgáltatások révén.

Járművekkel szemben támasztható elvárások:

A fókuszcsoportok tapasztalatai alapján a járműoldali fejlesztések a következő területeken lehetnek igazán nagy hatással az utazás kényelmére, a közben végzett tevékenységekre:

- asztalok biztosítása étkezéshez, munkavégzéshez stb. (akár helybiztosítás, felár mellett);
- a munkavégzés, szórakozási, kommunikációs lehetőségek támogatása érdekében az ülések nagy részét el kell látni elektromos hálózati és mobiltöltésre is alkalmas csatlakozóval;
- hosszabb (pl. távolsági) utazások esetén célszerű olyan üléseket és szolgáltatásokat biztosítani – például mozgatható, dönthető ülések, csendes kocsi –, amelyek révén a koncentrációt igénylő tevékenységek kényelmes körülmények között végezhetők;
- tisztálkodási lehetőség biztosítása legalább a nagy és középtávolságú utazásoknál,
- ülőhelyek biztosítása: a várható utasforgalomnak, utazási szokásoknak és az utazás közben végzett, végezhető tevékenységek részaránya alapján optimalizálva.

Szolgáltatással szemben támasztható elvárások

A járművek kialakítására és felszereltségére tett megállapítások ugyanúgy érvényesek a (fedélzeti) szolgáltatásokra is. Ezekben az esetekben sokszor nincs is szükség jelentős átalakításokra az infrastruktúrában és a járműparkban, hiszen sok esetben szervezéssel is jelentős eredményt lehet elérni. A legfontosabb szolgáltatásfejlesztési intézkedések az alábbiak lehetnek:

- étel- és italvásárlási lehetőség a rövidebb utazásoknál is (étel- és italautomata, büfé), étkezőkocsi közlekedtetése távolsági viszonylatokon;
- nagysebességű internet-hozzáférés biztosítása a teljes utazás során;
- rugalmas helyfoglalási rendszer, kényelmi szolgáltatások biztosítása (ülésfoglalás, büfé- vagy étkezőkocsi, családbarát vagy csendes kocsi/fülke, prémiumülések, asztalok stb.),
- a zsúfoltság csökkentése (követési idő csökkentése, kapacitásbővítés stb.).

További megállapítások

Bár az utasoknak akár jelentős hányada munkát is végezhet utazás közben, ez az idő más, az utas számára hasznos tevékenységekkel is eltölthető. A mindennapos utazás során a pihenés, a közösségi funkció, valamint egyéb tevékenységek végzése (online vásárlás, böngészés, beszélgetés stb.) is lehetőséget ad az utazáson kívüli idő szabad(abb) felhasználására. Bár a jármű és a szolgáltatás szempontjából a legfontosabb javaslatokat feljebb ismertettük, több olyan funkció és jelenség maradt ki, amelyet az utazások működése és funkciója szempontjából fontos kiemelni.

Az egyik meghatározó jelenség a közösségek és utascsoportok kialakulása a járműveken. A jelenség nemcsak a viszonylagos közelséget biztosító telekocsik esetén, de a vasúti fővonalak zsúfolt szerelvényein is megfigyelhető. Az utazás közösségi élménnyé, maga a jármű pedig közösségi térré válik, ami pozitívan hathat az egyén hangulatára, emberi kapcsolataira. Az ilyen jellegű társas kapcsolatok ugyanakkor magukban hordozhatják az utazási idő eltöltésének rugalmatlanságát is abban az esetben, ha a közösség nem fogadja el az érdeklődésén kívül eső tevékenységek művelését, és az utazó nem tud a számára éppen kívánatos tevékenységgel foglalkozni (azaz például nem tud pihenni).

Az utazás közben végzett tevékenység kiválasztásánál szempont lehet, hogy a járművön milyen tevékenységet tesznek vonzóvá és elérhetővé. Továbbá a napi rutin kialakulását és a szokások rögzülését is elősegíti, ha az utas hasonló utazási feltételekkel, szolgáltatásokkal és (megfelelő) körülményekkel találkozik a járművön nap mint nap. Fontos, hogy rendelkezésre álljanak a csoportos utazás és a jármű korlátait figyelembe véve szabad tevékenységválasztás feltételei, amivel végső soron csökkenthető az utazás okozta „veszteség” mértéke.

Következtetések és további kutatási célok

Az utazási szokások átalakulása és az igények megváltozása nagyban befolyásolja, hogy miként is tekintenek az utasok az egyes közlekedési módokra. Az utóbbi évtizedekben előtérbe kerülő környezeti szempontok és a városok,

illetve azok agglomerációinak túlterhelődése a közforgalmú közlekedés kínálta lehetőségekre terelte a figyelmet. A közlekedési módok versenyképessége azonban több tényezőtől függ, és ezek közül az egyik meghatározó szempont, hogy az adott közlekedési eszközön töltött idő miképpen hasznosítható.

A közforgalmú közlekedési járműveken utazás közben számos tevékenység végezhető, kivéve azokat, amelyek tiltva vagy korlátozva vannak (pl. a dohányzás, esetenként az evés-ivás). A mobilkommunikáció és az okoseszközök fejlődése egyrészt sokak esetében lehetővé tette a helyfüggetlen munkavégzést, másrészt az utazók számos további, számukra hasznos tevékenységet végezhetnek, mint például az online tanulás, vásárlás, ügyintézés vagy kikapcsolódás.

Az utazás közben végzett tevékenységek, azok sokszínűsége, felmérésének különbségei és az értékelésük lehetőségei, az utazás mint közösségi élmény, és az egész jelenség hasznának meghatározása mind igényli az utazás közben végzett tevékenységek részletesebb tanulmányozását. Eddigi kutatásaink alátámasztják, hogy az utazás közbeni tevékenységeket célzó felmérések és azok értékelése során felhasznált módszertan alkalmazása lehetővé teszi az utazási közben eltöltött idő hasznosságának meghatározását, kvalitatív és kvantitatív értékelését. Az egy vállalat rendszeresen utazó munkavállalóinak részvételével lebonyolított vizsgálatok eredményei arra utalnak, hogy az utazás közben végezhető tevékenységek változatosak, és számos egyéni körülmény (különösen a preferenciák, érdeklődés, szokások) alapjaiban befolyásolják a kapcsolódó döntéseket. Az utazás közbeni munkavégzés a kutatás nem minden résztvevője számára magától értetődő, inkább csak az egyszerű online tevékenységekre (pl. e-mail megválaszolására) korlátozódik, a körülmények (zaj, zsúfoltság vagy pusztán mások jelenléte) miatt bizonyos tevékenységek (pl. telefonhívások) nem valósulnak meg. E műhelytanulmány alapján a következtetések nem feltétlenül általánosíthatók, a komplex társadalmi és gazdasági hatások vizsgálata további tanulmányozást és kutatásokat indokolnak, például a fókuszcsoporthoz és a megkérdezettek körének kibővítését, utascsoportok célzott vizsgálatát.

Felhasznált irodalom

- Fleischer Tamás – Tir Melinda (2016): The transport in our timebudget, *Regional Statistics*, 62, 54–94. <https://doi.org/10.15196/RS06204>
- Fleischer Tamás – Tir Melinda (2018): Hazai közlekedési időmérleg-elemzés, *Közlekedéstudományi Szemle*, 68:2, 7–22. <https://doi.org/10.24228/KTSZ.2018.21>
- Fosgerau, Mogens (2019): Automation and the Value of Time in Passenger Transport. Discussion Papers 2019/10, *International Transport Forum*. 22 o. <https://www.itf-oecd.org/automation-and-value-time-passenger-transport>
- Földes Dávid – Csizsár Csaba (2015): Route plan evaluation method for personalised passenger information service, *Transport*, 30:3, 273–285. <https://doi.org/10.3846/16484142.2015.1086889>
- Goodwin, Phil (2019): The Influence of Technologies and Lifestyle on the Value of Time Discussion Papers 2019/03, *International Transport Forum*. 18 o. <https://doi.org/10.1787/9811ba36-en>
- Gripsrud, Mattias – Hjorthol, Randi (2012): Working on the train: From 'dead time' to productive and vital time. *Transportation*, 39:5, 941–956. <https://doi.org/10.1007/s11116-012-9396-7>
- Keserő Imre et al. (2015): Is travel time wasted? Evidence from a time use survey in Flanders, Belgium, 14th International Conference on Travel Behaviour Research, Windsor, Egyesült Királyság, 1–16. <https://doi.org/10.13140/RG.2.1.1267.6320>
- Keserő Imre – Macharis, Cathy (2018): Travel-based multitasking: Review of the empirical evidence, *Transport Reviews*, 38:2, 162–183. <https://doi.org/10.1080/01441647.2017.1317048>
- Lee, Sungwon et al. (2019): Influence of ICT on Public Transport Use and Behaviour in Seoul. Discussion Papers 2019/02, *International Transport Forum*. 12 o. <https://doi.org/10.1787/daf30fcc-en>
- Line, Tilly – Jain, Juliet – Lyons, Glenn (2011): The role of ICTs in everyday mobile lives, *Journal of Transport Geography*, 19:6, 1490–1499. <https://doi.org/10.1016/j.jtrangeo.2010.07.002>
- Munkácsy András – Strommer Tamás (2020): Utasok tevékenységei a budapesti metró csúcsidőszakban, *Közlekedéstudományi Konferencia: A közlekedés jövője – a jövő közlekedése*, 2020. október 29–30., Győr, 68, 1–9.
- Munkácsy András – Strommer Tamás – Lieszkovszky József Pál (2020): Utazás közbeni tevékenységek leltára, *Közlekedéstudományi Konferencia: A közlekedés jövője – a jövő közlekedése*, 2020. október 29–30., Győr, 69, 1–12.
- Munkácsy András – Keserő Imre – Siska Miklós (2022): Travel-based Multitasking on Public Transport: An Empirical Research in Hungary, *Periodica Polytechnica Transportation Engineering*, 50:1, 43–48. <https://doi.org/10.3311/PPtr.15866>

Műhelytanulmány

A közös európai mobilitási adattér és az ITS ökoszisztéma tanúsíthatósága

Beküldve: 2021.01.15.
Elfogadva: 2021.06.30.
Online közzétéve: 2022.10.24.

İD BÓDI ANTAL ITS irodavezető, tudományos munkatárs, Közlekedéstudományi Intézet, ITS Tanúsító Iroda, bodi.antal@kti.hu

İD DR. MAROS DÓRA tanúsítási szakértő, tudományos tanácsadó, Közlekedéstudományi Intézet, Vasúti Ellenőrző-, Irányító- és Jelző Iroda (CCS), maros.dora@kti.hu

Absztrakt: A közös európai mobilitási adattér tudatos kialakítása alapvető kiberbiztonsági kérdéseket vet fel. Jelen cikk a 2020-ban elfogadott európai adatstratégiából kiindulva, több szempont (normatív rendeletek, az Európai Bizottság kezdeményezései, kiberbiztonsági tanúsítás, hiányzó feltételek) alapján javaslatokat fogalmaz meg az intelligens közlekedési rendszerek (ITS) ökoszisztémában a közlekedés egészére vonatkozó biztonsági napló kialakítása kapcsán. Hazánk ebben a folyamatban vezető szerepet tölthetne be, ha az eddig elért eredményeket innovatívan és kreatívan hasznosítja az ITS fejlesztésében, beleértve a hálózatba kapcsolt járműveket is. A mobilitási adattér megkönnyíti a hozzáférést a közlekedési és mobilitási adatbázisokból származó adatokhoz, azok összevonását, megosztását és a közhiteles tanúsíthatóságát, kapcsolódva a kialakítás alatt álló európai kiberbiztonsági keretrendszerhez és a zéró bizalom elvéhez.

Kulcsszavak: európai adatstratégia; mobilitási adattér; 5G; trust space; ITS ökoszisztéma

The Common European Mobility Data Space and the certifiability of the ITS ecosystem

Abstract: The conscious development of a common European Mobility Data Space raises fundamental cybersecurity issues. This paper gives a proposal for the development of a transport-wide safety log for the Intelligent Transport Systems (ITS) ecosystem, based on the European Data Strategy 2020, and taking into account several aspects (normative regulations, European Commission initiatives, cybersecurity certification, missing links). Hungary could play a leading role in this process by using the results achieved so far in an innovative and creative way in the development of ITS, including connected vehicles. The Mobility Data Space will facilitate access to, aggregation, sharing and public certification of data from transport and mobility databases, linked to the European cybersecurity framework under development and the principle of zero trust.

Keywords: European data strategy; mobility data space; 5G; trust space; ITS ecosystem

Bevezetés

A kiterjedt digitalizáció lehetősége és igénye a közlekedést is elérte (Ducuing, 2020). Olyan intelligens közlekedési rendszerek (Intelligent Transport Systems, ITS) jönnek létre, amelyek az általuk előállított és kezelt adatokra épülve lehetővé teszik a közlekedési adattér kialakulását (Bódi – Maros, 2019). A lehetőségek kiaknázása azonban jelentős kockázatot is hordoz magában, mivel az ITS kialakítása során fokozott kitérttséget és kiberfizikai kockázatot jelentő IT rendszereket vagyunk kénytelenek használni (Sallai et al., 2009; Bódi et al., 2018). Azzal, hogy adatvezérelt hálózati rendszerek közvetlen emberi kontroll nélkül képesek a közlekedésben meghatározó szerepet játszani, a felelősség meghatározásában és a jogkövető magatartás kikényszerítésében, a jogalkotás és a jogértelmezés számára nagyon komoly kihívást jelentenek. A technológiai fejlődés olyan új lehetőségeket ad a kezünkbe, amelyek segítségével képesek leszünk a kialakuló helyzetet kezelni, és a kockázatokat megszüntetni vagy legalábbis jelentősen mérsékelni.

Európai adatstratégia, mobilitási adattér

Az európai adatstratégia¹ fogalmazza meg, hogy a 21. századi átalakulás középpontjában az adatok állnak. Az adatvezérelt innovációk a polgárok számára óriási előnyöket nyújtanak majd. Például mindeddig csak tudományos-fantasztikus művekben láthattunk példát a személyre szabott orvoslásra, a 2020-as években pedig már távsebészeti beavatkozások elvégzése is rutinszerűvé válhat. Olyan újfajta adatvezérelt mobilitási lehetőségek bontakoznak ki, amelyek az európai zöld megállapodásban kitűzött klímacélok megvalósulását lehetővé teszik majd.

Olyan társadalomban fogunk élni, ahol az egyének egyre több adatot állítanak elő. Az adatgyűjtés és felhasználás módjának elsősorban az egyén érdekeit kell előtérbe helyezni, összhangban az európai értékekkel, az alapvető jogokkal és a szabályokkal. A felhasználók többségében még nem tudatosult kellőképpen, hogy az adataik nem feltétlenül csak számukra kedvező felhasználásra nyújtanak lehetőséget. Amint negatív tapasztalatokkal találkoznak – például nem kért reklám árasztja el őket, vagy akár nagyon érzékeny egészségügyi adataikat zsaroló vírusok blokkolhatják, ha azok nem megfelelő kezekbe kerülnek –, a társadalom tagjai bizalmatlanná válhatnak. Az állampolgárok csak akkor fognak az adatvezérelt innovációban megbízni, és csak akkor fogadják el azt, ha meggyőződnek, hogy az EU-ban az adatok megosztása során a szigorú uniós adatvédelmi szabályok (GDPR²) maradéktalanul érvényesülnek.

A közös európai mobilitási adattér tudatos és tervszerű kialakításánál arra kell hangsúlyozottan törekedni, hogy Európa az intelligens (gépjármű- és egyéb) közlekedési rendszerek kifejlesztésében vezető szerepet töltsön be. Ez az adattér meg fogja könnyíteni a meglévő és a jövőbeli közlekedési és mobilitási adatbázisokból származó adatokhoz való hozzáférést, azok összevonását és megosztását.

Napjainkban a korszerű járművek óránként már mintegy huszonöt gigabájtnyi adatot generálnak, az önvezető autók pedig több terabájtnyi adatot fognak előállítani, amelyeket a mobilitással kapcsolatos innovatív szolgáltatásokhoz, valamint a javítási és a karbantartási szolgáltatásokhoz lehet majd felhasználni. Ezen a területen az innovációhoz szükség van arra, hogy az autók adatait az érdekelt szereplők (stakeholderek) között biztonságosan, jól szervezeten és a versenyszabályokkal összhangban megosszák. A járművek fedélzeti adataihoz való hozzáférést az uniós járműjövahagyási jogszabályok már 2007 óta szabályozzák, annak érdekében, hogy a független javítóműhelyek számára egyes gépjárműadatokhoz méltányos és kielégítő hozzáférést biztosítsanak. Napjaink változó elvárásaival és a becsült jövőbeli adattömegekkel kapcsolatos jövőbeli elvárásokkal összhangban az említett jogszabályok frissítése folyik – annak érdekében, hogy elősegítsék az összekapcsolt rendszerek terjedését. A távközlésben gyors fejlődésnek lehetünk szemtanúi, amelyek az ún. távdiagnosztikai és felügyeleti rendszerek számára egyre biztonságosabb és egyre nagyobb kapacitást képesek biztosítani. Az 5G-rendszerek kialakítása már világszerte megkezdődött, és több országban a 6G-rendszerek kísérleti fejlesztése is elkezdődött. A távközlés fejlődése és a biztonságos szoftverrendszerek fogják biztosítani az adatokat generáló autótulajdonosok jogainak és érdekeinek tiszteletben tartását és az adatvédelmi szabályok betartását.

Az Európai Bizottság kezdeményezései

Az európai adatstratégián belül a mobilitási adattér létrejöttéhez a Bizottság felülvizsgálja a gépjárművekre vonatkozó hatályos, uniós típusjövahagyási jogszabályokat (amelyek jelenleg csak a javítási és karbantartási célú, vezető nélküli adatmegosztásra összpontosítanak) azzal a céllal, hogy azok hatálya több, a gépjárműadatokon alapuló szolgáltatásra is kiterjedjen. A felülvizsgálat keretében többek között arra keresik a választ, hogy a gépjárműgyártók miként teszik, illetve miként tegyék hozzáférhetővé az adatokat, valamint milyen eljárások szükségesek ahhoz, hogy az ilyen adatok lehívása az adatvédelmi szabályok, valamint a gépjármű-tulajdonosok és a gépjárművezetők jogainak maradéktalan tiszteletben tartása mellett történjen.

Az intelligens közlekedési rendszerekről szóló irányelv és az ahhoz kapcsolódó felhatalmazáson alapuló rendeletek 2010-es évek végén indult felülvizsgálata kapcsán az adatok rendelkezésre állásának, újrafelhasználásának és interoperabilitásának további elősegítésére erősebb koordinációs mechanizmust hoznak létre. Ennek célja, hogy az Európai Hálózatfinanszírozási Eszköz (CEF) támogatásával és annak keretében az ITS-irányelv³ alapján létrehozott

¹A Bizottság közleménye: Európai adatstratégia, COM(2020) 66, 2020. február 19.

²Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2016/679 rendelete a természetes személyeknek a személyes adatok kezelése tekintetében történő védelméről és az ilyen adatok szabad áramlásáról, valamint a 95/46/EK rendelet hatályon kívül helyezéséről (általános adatvédelmi rendelet), 2016. április 27.

nemzeti hozzáférési pontokat egyesítse és egységesítse.

2020-ban módosították az egységes európai égboltról szóló rendeletre irányuló javaslatot⁴, új rendelkezésekkel bővítve azt az adatok rendelkezésre állására és az adatszolgáltatók piaci hozzáférésére vonatkozóan, annak érdekében, hogy a légi forgalmi szolgáltatás digitalizálását és automatizálását előmozdítsák. Ennek köszönhetően a légi közlekedés biztonsága, hatékonysága és kapacitása a remények szerint jelentősen javul. A drónok működését szabályozó rendeleteket például a jövőben nemzeti szinten is kiadják (Beke et al., 2018). Ezenkívül a vasúti közlekedés területén alkalmazott interoperábilis adatmegosztásra vonatkozó szabályozási kereteket is felülvizsgálják 2022-ig. Az elektronikus áru fuvarozási információkról szóló rendeletekben előírt közös adatkészleteket azzal a céllal hozzák létre, hogy a vállalkozások és a közigazgatási szervek közötti digitális adatcserét, az adatok újrafelhasználását és az adatok másodlagos felhasználását megkönnyítsék.

Kiberbiztonsági tanúsítás

A Bizottság felismerte, hogy az informatikai kitettség kezelésére fokozott figyelmet kell fordítani. Az EU rendeletben⁵ megbízta az ENISA-t (az Európai Unió Kiberbiztonsági Ügynökséget), hogy dolgozza ki az információs és kommunikációs technológiák kiberbiztonsági tanúsításának eljárását, mivel a hálózati és az információs rendszerek, valamint a távközlési hálózatok és szolgáltatások a társadalom működésében létfontosságú szerepet töltenek be, és a gazdasági növekedés gerincét képezik. Ezt az irányelvet 2025. június 28-ától a közlekedési szolgáltatásokra is alkalmazni kell. Ez kiterjed a légi, a vasúti, a vízi és az autóbusszal végzett személyszállítási szolgáltatások alábbi elemeire (a városi, az elővárosi és a regionális közlekedési szolgáltatások kivételével, amelyeknél csak az v. alpont szerinti elemeket kell alkalmazni):

- i. honlapok;
- ii. mobileszköz-alapú szolgáltatások, ideértve a mobilalkalmazásokat is;
- iii. elektronikus menetjegyek és elektronikus menetjegy-értékesítési szolgáltatások;
- iv. a személyszállítási szolgáltatásokkal kapcsolatos tájékoztatás, a valós idejű utazási információkat is beleértve; ez az információs képernyők tekintetében az EU területén található, interaktív képernyőkre korlátozódik;
- v. az EU területén található interaktív önkiszolgáló terminálok, kivéve azokat a járműveket, repülőgépeket, hajókat és vasúti járműveket, amelyekbe beépítették már korábban ezeket a terminálokat.

Ebben a felsorolásban nem találkozunk sem adatstratégiával, sem mobilitási adattérrel, annak ellenére, hogy ennek a kialakítására szabott határidő sokkal későbbi, mint a mobilitási adattér kialakíthatóságához kapcsolódó intézkedéseké – és ez minden bizonnyal konfliktushoz fog vezetni és utólagos harmonizációt fog igényelni.

Normatív rendeletek

A már említett GDPR a természetes személyek személyes adatainak a kezeléséről és azok védelméről szól, általában ezt tekintik az általános adatvédelmi rendeletnek. Ez az európai jogintézmény az adatvédelem fontosságára nem csak az EU-tagországok állampolgárait ébresztette rá, hanem az egész világ számára mintaként szolgál(hat). Az eIDAS⁶, az elektronikus azonosítási és bizalmi szolgáltatásokról szóló rendelet minden tagországra vonatkozó szabványosítási előírás, amely az elektronikus azonosítók és aláírások elfogadására konzisztens jogi kereteket biztosít. Az üzleti egységek számára digitális pecsétet is bevezet, és így az eIDAS megérkezésével az európai szervezetek üzleti folyamatainak teljes digitalizálása válik lehetővé, azonban ezt 2020-ig nem sikerült minden tagországban egyenlő szinten bevezetni. Magyarország ezen a területen élen jár, mivel az e-személyi igazolvány eIDAS-konform eszköz, és már a magyar lakosság mintegy fele rendelkezik is ilyen eszközzel. Az eIDAS rendelet jelenleg módosítás alatt áll, annak érdekében, hogy az eltérő nemzeti szintű megoldásokat egységes uniós rendszer váltsa ki egységes, elektronikus személyazonosítási rendszer létrehozásával. A jelen tanulmány írásakor fennálló koronavírus-világjárvány kezelése felgyorsíthatja ezt a folyamatot, amennyiben a rendelet a jelenlegi PASS funkció mellé „víruspassport” funkcióval is kiegészül majd.

³Az Európai Parlament és a Tanács 2010/40/EU irányelve az intelligens közlekedési rendszereknek a közúti közlekedés területén történő kiépítésére, valamint a más közlekedési módokhoz való kapcsolódására vonatkozó keretről, 2010. július 7.

⁴Az Európai Parlament és a Tanács rendelete az egységes európai égbolt végrehajtásáról (átdolgozás), COM(2020) 579, 2020. szeptember 22.

⁵Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2019/881 rendelete az ENISA-ról (az Európai Unió Kiberbiztonsági Ügynökségről) és az információs és kommunikációs technológiák kiberbiztonsági tanúsításáról, valamint az 526/2013/EU rendelet hatályon kívül helyezéséről (kiberbiztonsági jogszabály), 2019. április 17.

⁶Az Európai Parlament és a Tanács 910/2014/EU rendelete a belső piacon történő elektronikus tranzakciókhoz kapcsolódó elektronikus azonosításról és bizalmi szolgáltatásokról, valamint az 1999/93/EK irányelv hatályon kívül helyezéséről, 2014. július 23.

A NIS⁷ direktíva az EU 2016/1148 irányelve, amely a hálózati és az információs rendszerek biztonságának az egész Unióban egységesen magas szintjét biztosító intézkedések kidolgozását irányozza elő. Ennek a reformja is tervbe van véve, és a NIS2 kialakításáról napjainkban széles körű egyeztetés van folyamatban.

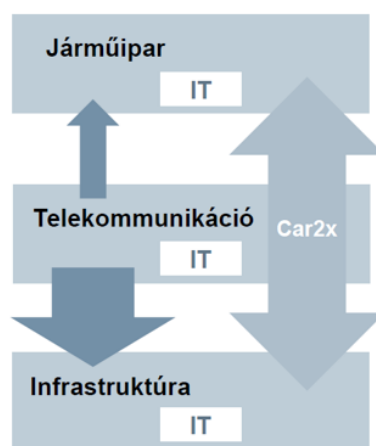
A fenti három rendelet által meghatározott jogszabályi környezet jelentős támogatást ad a mobilitási adattér létrejöttének a megalapozásához.

Hiányzó feltételek

Egyes fejlesztőlaborokban már jelentős eredmények születtek a jövő közlekedését érintően. Az 1. ábra bemutatja, hogy a fő együttműködő partnerek – járműgyártás, infrastruktúra-fejlesztés, távközlési szolgáltatás – között milyen kapcsolódás, együttműködés, azaz logikai modell képzelhető el. A legnagyobb problémát az okozza, hogy ebben a struktúrában az alábbi szerepeket még nem dolgozták ki:

- Hatósági, állami szerepek definiálása;
- Bűnüldözés, bűnmegelőzés, terrorelhárítás feltételrendszere;
- Az egész ITS ökoszisztémát tanúsító szervezetek szerepe és lehetősége;
- A garanciát, illetve a biztosítást nyújtó szereplők csatlakozási felülete;
- A különböző típusú járművek heterogén életkorának és felszereltségének a kezelése.

1. ábra. A jövő közlekedésében leginkább érintett iparágak együttműködése



Forrás: Úveges – Bogárdi (2019: 5)

ITS ökoszisztéma – mint biztonsági napló a közlekedés egészére

Az ITS a közlekedésben alkalmazott infokommunikációs technológiák alkotta egységes rendszert jelenti, amelynek segítségével a közlekedési módok mind társadalmi, mind egyéni szempontból optimalizálhatók, azaz javítható a költséghatékonyság, csökkenthető a környezeti terhelés, valamint javítható a közlekedés biztonsága, informáltsága és kényelme. Fejlesztése során a hangsúlyt arra kell helyezni, hogy egyszerre teljesüljenek mind a társadalmi, mind az egyéni szempontok. Ennek alapján az a felvetésünk, hogy az ITS adatokra épülő ökoszisztémát a közhitelesen rögzített közlekedési adatokra támaszkodva kell létrehozni. Ezzel biztosítható a közlekedés egészére az úgynevezett megmásíthatatlan biztonsági napló (security log). Ez esetünkben azt jelenti, hogy a közlekedési trajektóriákat (a közlekedést jellemző pályát, sebességet és időt rögzítő adatokat), és ezzel a közlekedési tér mozgó vagy nem mozgó résztvevőinek állapotváltozását digitálisan és közhitelesen rögzítik. Ennek eredményeként az feltételezhető, hogy a közlekedésben részt vevők viselkedése kedvezően fog változni, mert minden közlekedési aktivitás mérhető és dokumentálható lesz, és ezáltal a közlekedésből származó társadalmi veszteség a jövőben jelentős mértékben csökken, a közlekedésbiztonság pedig érdemlegesen javul. Ezzel a közlekedés egésze – a vonatkozó európai és hazai szabályokkal összhangban – közhitelesen tanúsíthatóvá válik. A gyakorlati megvalósításához a már elterjedt,

⁷Az Európai Parlament és a Tanács (EU) 2016/1148 irányelve a hálózati és információs rendszerek biztonságának az egész Unióban egységesen magas szintjét biztosító intézkedésekről, 2016. július 6.

flottakövető rendszerekhez hasonló integrált digitális rendszert kell majd kialakítani, amely hatósági rendszerként működik és adatvédelmi szempontból az EU kiberbiztonsági tanúsítása szerint az EU GDPR, valamint az eIDAS és a NIS kötelező érvényű rendeleteinek is megfelelne.

Az előzőek alapján egy bizalmi modell jönne létre, azaz olyan speciális adattér, amely elemeinek kiberbiztonsági védelme garantált és tanúsított (trust space). Az adattérben lévő adatok megmásíthatatlanok, megőrzöttek, kompromittálhatatlanok, adott felhasználásra/felhasználási célra érvényesek és elérhetőek. A felhasználás ellenőrizhetőségének mind technikailag, mind pedig törvényi szabályozás szerint a teljes életciklus alatt biztosítva kell lennie. Ez a modell a bizalom két szintjén alapul:

- egyéni szintű bizalom: a szereplők tevékenységének a teljes körű biztonsági logolása;
- rendszerszintű bizalom: a rendszer egészén belüli zéró bizalom (Zero Trust) elvére épül, és ki kell zárni minden olyan elemet, amelynek biztosítása egyéni hozzáálláson vagy ki nem kényszeríthető szabálykövetésen múlhatna.

A fentiekből következően az ITS ökoszisztémát a teljes mobilitási adattér speciális részhalmazaként értelmezhetjük, mint a közlekedés biztonsági naplóját. Ennek kialakítása elő tudja segíteni az autonóm közlekedés kialakulását és a korábban felsorolt hiányzó feltételek megalapozását azzal, hogy minden szereplőről képes lesz közhiteles mobilitási adatokat összegyűjteni. Az ITS ökoszisztéma nem szükségképpen igényel nagy sávszélességű, magas rendelkezésre állású, kiemelt biztonsági paraméterekkel rendelkező hálózati lefedettséget, mint amilyen például az 5G hálózat. Az autonóm közlekedés nagyon nagy adatigényének a kielégítéséhez azonban az 5G képességei elengedhetetlenek.

Összefoglaló gondolatok

A közös európai mobilitási adattér és az ITS közlekedési rendszerek esetén a kiberfenyegetettség minimalizálása, illetve lehetőség szerinti kizárása kiemelt feladat. Ennek érdekében olyan 5G hálózati lefedettséget kell kialakítani, amely magas rendelkezésre állással és megfelelő biztonsággal képes az adatátvitelre. Az adatok összegyűjtése és mozgatása során az adattér számára részben az 5G hálózat fogja az itt megosztott adatokból létrejövő trust space garantálását és az EU kiberbiztonsági keretrendszer szerinti tanúsíthatóságát is megteremteni. Az ITS ökoszisztéma esetén a közhitelességi és a GDPR elvárások teljesülését rendszerszinten kell garantálni. Ehhez az eIDAS szerint kell kialakítani a hozzárendelőt az eID-hez (elektronikus azonosítóhoz).

További feladat, hogy a jövőben kiberbiztonsági szempontból meg kell vizsgálni a már kialakult forgalomirányító, közlekedésbiztonságot támogató rendszereket, illetve a járműveken belüli, aktív közlekedésbiztonsági rendszerek esetén a mesterséges intelligencia alkalmazhatóságát. Az örökölt (legacy) rendszerek integrálása a közös mobilitási adattérbe kiemelt kiberbiztonsági kockázati tényezőt jelent.

Külön vizsgálatra érdemes a közösségimédia-alapú navigációs rendszerek és a közforgalmú közlekedési rendszerek között megteremthető kölcsönhatás és ezek együttes hatása az adatvezérelt közlekedési rendszerek kialakítására. A közlekedési rendszerekben használt informatikai rendszerek átlagos felhasználóin kívül kiemelten kell kezelni elsősorban a privilegizált felhasználókat, a rendszergazdákat és az adatgazdákat kiberbiztonsági tudatosságát, valamint a szabályok betartását és betartatását, mert az adatbiztonsági sérülékenységek és azok kihasználhatósága a legtöbb esetben emberi hibákra vagy mulasztásokra vezethető vissza.

Felhasznált irodalom

- Beke Éva et al. (2018): The role of drones in linking industry 4.0 and ITS Ecosystems, IEEE 18th International Symposium on Computational Intelligence and Informatics (CINTI 2018), IEEE Hungary Section, Budapest, 2018. november 21-22., 191-198. <https://doi.org/10.1109/CINTI.2018.8928239>
- Bódi Antal et al. (2018): ITS ökoszisztéma – A közlekedés egészének digitalizációja, in: Munkácsy András – Jászberényi Melinda (szerk.): Utazás a tudományban. Konferencia a 70 éves Pálfalvi József tiszteletére, Budapesti Corvinus Egyetem, Budapest, 2018. február 23., 82-84. http://unipub.lib.uni-corvinus.hu/3782/1/UaT2018_kotet_vegleges.pdf
- Bódi Antal – Maros Dóra (2019): A komplex ITS ökoszisztéma alapjai, in: Vigh László (szerk.): Az infrastruktúra és a gazdaság távlatai 2020 előtt, Acta Periodica 17. kötet, Edutus Egyetem, Budapest, 48-70.
- Ducuing, Charlotte: Beyond the Data Flow Paradigm: Governing Data Requires to Look Beyond Data, Technology and Regulation, 2020, 57-64. <https://doi.org/10.26116/techreg.2020.006>
- Sallai Gyula et al. (2009): A hazai szélessávú infokommunikációs infrastruktúra fejlesztése, Híradástechnika LXIV:1-2, 4-17, https://hiradastechnika.hu/data/upload/file/2009/2009_1_2-HT09_1_2a3.pdf
- Úveges Péter – Bogárdi Péter (2019): Önvezető és vezetést támogató technológiák közúti infrastruktúrája. Közlekedési Kultúra Napja – Siemens megoldások az autonóm közlekedésben, Budapest, 2019. május 17. <https://docplayer.hu/156287023-Onvezeto-es-vezetestsamogato-technologiak-kozuti-infrastrukturaja-siemens-mobility.html>

Valamennyi online forrás esetében az utolsó hozzáférés ideje: 2020. december 17.

Műhelytanulmány

Folyékony hajtóanyagok fejlesztési tendenciái

Beküldve: 2022.10.13.
Elfogadva: 2022.10.14.
Online közzététel: 2022.10.24.

- DR. VIRT MÁRTON** PhD hallgató, BME Gépjárműtechnológia Tanszék, Innovatív Járműhajtások Kompetenciaközpont, marton.virt@gmail.com
- DR. ZÖLDY MÁTÉ** tudományos főmunkatárs, BME Gépjárműtechnológia Tanszék, Innovatív Járműhajtások Kompetenciaközpont, zoldy.mate@kjk.bme.hu

Absztrakt: A 21. század egyik mobilitási kihívása az energiaellátás biztosítása. A középpontba kerülő környezetterhelés, a Covid miatti logisztikai nehézségek és az Európában zajló háború új kihívás, már-már sokk elé állították a mobilitás energiaellátását. Cikkünkben alágazatonként áttekintjük, hogy a terjedő elektromobilitás mellett miért van szükség a folyékony hajtóanyagokra. Bemutatjuk az alternatív hajtóanyag-fejlesztéseket első-, másodgenerációs és fejlett hajtóanyagok területén.

Kulcsszavak: folyékony hajtóanyagok; mobilitás; fejlett hajtóanyagok

Development trends of liquid fuels

Abstract: One of the challenges of the 21st century towards mobility is the provision of energy supply. The environmental burden coming into focus, the logistical difficulties caused by the virus and the new challenge of the ongoing war in Europe almost brought the energy supply of mobility to a shock. In our paper, we review by sub-sector why liquid fuels are needed in addition to the spreading electromobility. We present the alternative fuels developments in the field of first-, second-generation and advanced fuels.

Keywords: liquid fuels; mobility; advanced fuels

Bevezetés

Van-e élet a mobilitáson belül a villamos energián túl? A közlekedés intenzív elektrifikálása megoldást jelent a mobilitás egyes területeire, de a jelenlegi technológia nem lesz képes teljes mértékben kiváltani a kőolaj alapú energiaforrásokat. Az egyes közlekedési alágazatokban eltérő az elektromobilitás térnyerése.

A vasúti alágazatban régóta zajlik az elektromos vontatás terjedése, elsősorban a teherszállítás által vezérelve. Magyarországon az első villamosított vonal 1911-ben nyílt meg, váltakozó áramú egyfázisú villamosítással, 10 kilovolt feszültséggel (Károly, 2015). Az évtizedek alatt a villamos vontatás elterjedése lassú, de folyamatos volt, napjainkra a pálya több mint 40%-a villamosított. A villamos üzem alternatívája a vasút esetében a dízelvontatás. Itt a közúti járművek által is használt szabványos gázolajat használják (Zobory, 2014).

A vízi alágazatban az elsődleges hajtóanyag a gázolaj, illetve a fűtőolaj. Utóbbit szinte kizárólag nyílt tengeri alkalmazásoknál találjuk. A magas kéntartalmú hajtóanyagok használatának feltétele ebben az alágazatban is folyamatosan szigorodik. Alternatívaként, történelmileg is ismert megoldásként, a szélenergia használata merül fel. Az elektromos akkumulátor alapú hajtások száma lassan növekszik, közben megjelentek a hidrogén alapú hajtások is (Zalacko et al., 2020).

A légiközlekedésben mind a repülőbenzinek, mind a kerozin széleskörben elterjedt, mint hajtóanyag, de folyamatosan zajlanak a fejlesztések a közlekedés elektrifikálása felé (Adu et al., 2022). Az akkumulátor alapú technológia jelenlegi színvonala erős korlátot jelent a légi közlekedésben, szélesebb villamosításra ennek fejlődése, valamint az elektromotorok fejlesztése és az aerodinamika javulása mellett kerülhet sor (Rohács – Rohács, 2020). A légiközlekedésben alternatívát jelenthetnek a megújuló alapon fejlesztett üzemanyagok, az ún. bio-jetek. Ezek a meglévő hajtásláncokban használhatók, de kisebb környezetterhelést jelentenek.

A közúti és az úton kívüli off-road mobilitásban nagyon intenzív az elektromobilitás térnyerése, azonban a technológia korlátai miatt nem várható a teljeskörű elterjedés. A mostani mobilitás és társadalmi berendezkedés alapja a távolsági áruszállítás és a nagyüzemi mezőgazdaság. Jelenleg ezek energiaigényének kiváltására nem alkalmas a villamos hajtás. A személyi közlekedésben is elsősorban a rövidtávú, városi használat az, amelyben – elsősorban a megosztott járműparkokban – valóban fenntartható módon lehetséges ezen járművek használata (Nyerges,

2022). A közúti közlekedésben is zajlik az alternatívák kutatása, keresése, amelyek különböző folyékony dízel és benzinhelyettesítők kifejlesztésére szolgálnak.

Áttekintve a közlekedési alágazatokat, kijelenthető, hogy minden területen látható elmozdulás az áram intenzívebb felhasználására, azonban a jelenlegi technológiai szinten egyik területen sem várható rövidtávon teljes áttörés. Emiatt is fontos az alternatívák kutatása. Ezek közül az egyik lehetőség, amely a meglévő motorokkal és hajtásláncokkal való kompatibilitása miatt vonzó megoldás, a folyékony alternatív hajtóanyagok fejlesztése. Cikkünk az ezekben rejlő lehetőségeket tárja fel.

Folyékony hajtóanyag-alternatívák a közlekedés számára

A folyékony hajtóanyagok a 20. század eleje óta dominálják a közlekedést. A közvilágítást szolgáló petróleumgyártás melléktermékéből a benzin, a kerozin és a gázolaj a mobilitás legfontosabb energiahordozóivá váltak. Az alternatívák keresése a hetvenes években indult, az első olajválság hatására. A szakirodalom megkülönböztet elsőgenerációs, másodgenerációs és fejlett hajtóanyagokat, így ebben a rendszerben mutatjuk be a fejlődés irányait.

Elsőgenerációs hajtóanyagok

Az alternatív hajtóanyagok alkalmazása visszanyúlt a belsőégésű motorok kialakulásának a kezdetéhez: az első vizsgálatok – amelyeken alapuló fejlesztések a mai napig folytatódnak – az etanolra, a növényi olajokra és a gázokra fókuszáltak. Az elsőgenerációs hajtóanyagok jellemzője, hogy rendelkezésre állnak, több alternatív felhasználásuk ismert.

A gázolaj esetében, bár történtek kísérletek tiszta növényi olaj alkalmazására, hamarosan a biodízel – átészterezett növényi olaj – került a fejlesztések fókuszába. Az átészterezéssel a gázolajéhoz nagyon hasonló tulajdonságok érhetőek el. (Jevakumar et al., 2022). Bekeveréssel a szabványnak megfelelő hajtóanyag állítható elő. Ez minden alternatív hajtóanyag használatára szempontjából kritikus fontosságú, mert a járművek oldaláról az az elvárás, hogy a szabvány előírásait teljesítsék az üzemanyagok. A biodízel esetében kritikus az alapanyag minősége, amely befolyásolja a végtermék minőségét (Alahamer et al., 2022). A használt műtrágya mennyisége, az öntözés vagy az esős napok száma mind hatással van a végtermék tulajdonságaira. Az alkalmazástechnikai korlát ezért jelenleg 7 v/v%, amelyet az injektorgyártók határoztak meg (Lulic et al., 1998).

Az etanol benzinekben való alkalmazása párhuzamosan zajlott a fenti folyamattal (Emőd et al., 2005). Az alkoholgyártástechnológiája sztetenderd termékminőséget biztosít, így a bekeverési korlátot inkább a futó járművek motorkatréseinek felkészítettsége jelentheti. Az alkohol felkeményíti a gumi és műanyag alkatrészeket, illetve tisztító hatása révén a korábbi szennyeződésekkel eltömítheti a szűrőket. Jelenleg már 10 v/v%-ig kevernek Európában tiszta alkoholt a motorbenzinbe, s ennek a további növekedése várható. Etanolt nem csak közvetlenül, hanem vegyületeiben is bekevernek, például ETBE (etil-tercier-butil-éterként), így a kedvezőtlen tulajdonságai megkevlhetővé válnak. Alkalmazásának további hátránya az alacsony sűrűsége, amely fogyasztásnövekedést okoz. Az etanol gázolajkeverő komponensként való használatára is történtek kutatások, elsősorban azt kihasználva, hogy alkalmazása kedvező a kibocsátásokra (Zöldy et al., 2007, Tutak et al., 2015).

A CNG (Compressed Natural Gas – komprimált földgáz) és a PB (Propán-bután) alkalmazása a motorok átalakítását követeli meg, elterjedésüknek ez erős korlátja. CNG-t inkább haszongépjárművek zárt járműparkjai használnak (Matijosius, 2022), míg a PB vagy az autógáz kedvező adózása miatt a magánszemélyek által használt hajtóanyag.

Másodgenerációs hajtóanyagok

A másodgenerációs hajtóanyagok elsősorban alapanyagaikban különböznek az elsőgenerációs társaiktól. Az elsődleges cél ezek esetében a hajtóanyag és az emberi fogyasztás versenyének megszüntetése volt. A növényi olajoknál a repce és a napraforgóolaj kiváltására szinte minden növényi olaj kipróbálása megtörtént. A fejlesztések során az újrahaznosított olajokat is bevonták az alapanyagok közé, mint például a használt sütőolaj. Ennek előnye, hogy hulladék kerül hasznosításra, hátránya azonban, hogy minőségét komplex eljárással lehet csak biztosítani. Az etanol alapanyagai közül a cukor, azaz termény alapú alkohol előállítás mellett a keményítő és cellulóz alapú gyártás került a kutatások középpontjába. Ezek az alapanyagok, illetve gyártástechnológiák lehetővé teszik, hogy ne versenyezzenek az emberi fogyasztással (Emőd et al., 2005).

Fejlett üzemanyagok

A fejlett üzemanyagok leginkább kutatott területének a szintetikus üzemanyagok tekinthetők. A Fischer-Tropsch eljárás segítségével szintézisgáz és hidrogén segítségével sokféle üzemanyag előállítható. A „hibrid hidrogén-szén” (H₂CAR) eljárást javasolják (Agrawal et al., 2007) folyékony szénhidrogén üzemanyagok előállítására, ahol a biomassa a szénforrás, és a hidrogént szénmentes energiából szolgáltatják. A szintetizált folyadék nyílt hurkú rendszerben H₂ tárolást biztosít. A szénből folyadékokká alakítás a H₂CAR előnye, hogy a kőolaj szénrel való helyettesítése miatt nincs további CO₂-kibocsátás a légkörbe, így nincs szükség CO₂ megkötésére.

Az oximetilén-éter (OME) ígéretes alternatív üzemanyag a dízelmotorokhoz. Fenntarthatóan állítható elő, égése tiszta és hatékony. Jó példa a kutatásokra Virt és Ulrich tanulmánya, amely a különböző OME₃₋₅ keverékek kibocsátásra és égésre gyakorolt hatását vizsgálja. A méréseket kipufogógáz-visszavezető rendszerrel (EGR) felszerelt, négyhengeres, közös nyomócsöves kereskedelmi dízelmotoron végezték. Öt különböző OME₃₋₅ és B7 dízel keveréket alkalmaztak 0, 7, 15, 25 és 45 térfogat% OME₃₋₅ tartalommal négy terhelésnél. Az NO_x-PM kompromisszumot 11 EGR rátánál vizsgálták minden keveréknél, 3 terhelési szinten. Az OME₃₋₅ keverési arányának növelése csökkentette a PM-kibocsátást, javította az NO_x-PM kompromisszumot, és növelte az effektív hatásfokot. A maximálisan elért PM-kibocsátás-csökkenés 86,8% volt nagy terheléseknél. Az NO_x-kibocsátás azonban nőtt, és a viszkozitás jelenthet alkalmazástechnikai nehézséget.

Pirolízis olajok a körforgásos gazdaság keretrendszerében, mint hulladéktovább-hasznosítási opció kerültek a kutatások fókuszába (Kondor et al., 2021). A pirolízis olaj víztartalma magasabb a gázolajéhoz képest, illetve aromástartalma is magasabb, ezek a tényezők növelik az emissziós értékeket. A másik két nagy eltérés, hogy a pirolízis olaj magas kéntartalommal rendelkezik, ez szintén az emissziós értékeket rontja a gázolajhoz képest. A Cetán-index alacsonyabb a pirolízis olaj esetén, amely alacsonyabb szén-hidrogén jelenlétet jelent, a tesztek során ez csökkentette a szén-hidrogén emissziós értékét. Alkalmazástechnikai kihívást jelent a hidegsűrűségénél a magas dermedéspontja, hiszen az 20° C körül alakul. Ezek alapján a pirolízis olajok inkább harmadik keverőkomponensként képzelhetők el, semmint önállóan vagy elsődleges keverőkomponensként.

Elsősorban a növényi olajok, de a legtöbb olajszármazék motorikus alkalmazásának egy új módja a HVO, a hidrogénezett növényi olaj alkalmazása. A hidrogénezési technika révén egy nagyon jó tulajdonságokkal rendelkező komponens érhető el, amelynek a hidegtulajdonságai akár a téli gázolajét is meghaladhatják. A HVO gyártása észak-Európában már piacérett szakaszban van, a kutatások elsősorban a gyártási költségek csökkentésére fókuszálnak.

A magasabbrendű alkoholok alkalmazása motorhajtóanyagként is intenzíven kutatott terület. A butanol mellett a propanol a kutatások fő területe, több más alkohol mellett. Ezen alkoholok alkalmazása elsősorban dízel komponensként kutatott, mert csökkentik az emissziót, és tulajdonságaik jobban közelítenek a gázolajhoz, mint az etanol (Longwic et al., 2020).

Az olajból származó repülőgépjármű-üzemanyagotól való folyamatos függés tagadhatatlan környezeti következményei ösztönözték a légiközlekedési ágazatban az alternatív megoldások felé irányuló nemzetközi erőfeszítéseket (Doliente et al., 2020). Az áttekintésben a hidrogénnel feldolgozott észterek és zsírsavak előállításának módja, a második generációs olajos magvak és fáról olajok felhasználásával, hatékony azonnali megoldást jelenthet, amely jelentős üvegházhatású gázok kibocsátását csökkentheti. A mikroalgaolaj potenciálisan sokkal nagyobb bio repülésüzemanyag-hozamot és az üvegházhatást okozó gázok kibocsátásának csökkentését kínálná, de a nagy léptékű algatermesztés technológiája jelenleg még nem eléggé kiforrott. A lignocellulóz biomasszát használó Fischer-Tropsch gyártási út a legnagyobb megtakarítást rejti magában az üvegházhatásúgáz-kibocsátás terén, ami potenciális megoldás lehet a légiközlekedési ipar közép- és hosszú távú tervei között, de további kutatásra és optimalizálásra van szükség a nagymértékű kibocsátás előtt.

Összegzés

A fokozott elektrifikáció minden közlekedési alágazatban tapasztalható, de a jelenlegi technológia nem lesz képes teljes mértékben kiváltani a belsőégésű motorokat. A folyékony fosszilis üzemanyagok kiváltására sok fejlesztés tesz kísérletet. A már piacon lévő elsőgenerációs etanol és biodízel mellett a másodgenerációs és fejlett üzemanyagok is megjelennek a piacon. Ezek közül a magasabbrendű alkoholok, az OME és a szintetikus üzemanyagok kutatása ígéretes.

Köszönetnyilvánítás

A projekt eredményei a KTI által biztosított KTI_KVIG_8-1_2021 támogatással, az Innovatív Mobilitás Program finanszírozásában valósultak meg. A kutatásokat az AVL Hungary Kft. támogatta.

Felhasznált irodalom

- Adu-Gyamfi, Bright Appiah – Good, Clara (2022). „Electric Aviation: A review of concepts and enabling technologies.” *Transportation Engineering*: 100134. <https://doi.org/10.1016/j.treng.2022.100134>
- Agrawal, Rakesh et al. (2007): Sustainable fuel for the transportation sector, *Proceedings of the National Academy of Sciences*, 104:12, 4828–4833. <https://doi.org/10.1073/pnas.0609921104>
- Alahmer, Ali et al. (2022): Modeling and Optimization of a Compression Ignition Engine Fueled with Biodiesel Blends for Performance Improvement. *Mathematics*, 10(3), 420.8.
- Doliente, Stephen S. et al. (10 July 2020): A bioetanol magyarországi bevezetésének műszaki, gazdasági és környezetvédelmi feltételei. *Magyar Tudomány*, 50, 278-286. <https://doi.org/10.3389/fenrg.2020.00110>
- Emőd István et al. (2005): A bioetanol magyarországi bevezetésének műszaki, gazdasági és környezetvédelmi feltételei. *Magyar tudomány*, 50, 278-286.
- Horváth Péter – Nyerges Ádám (2022): “Design Aspects for in-Vehicle IPM Motors for Sustainable Mobility”. *Cognitive Sustainability* 1, no. 1 (March 18, 2022). <https://doi.org/10.55343/cogsust.5>
- Jeyakumar, Nagarajan et al. (2022): Experimental evaluation over the effects of natural antioxidants on oxidation stability of binary biodiesel blend. *International Journal of Energy Research*.
- Károly Szabolcs: Indul a hivatalos villamos üzem a Csorna-Porpác vonalon! <http://iho.hu/hir/indul-a-hivatalos-villamos-uzem-a-csorna-porpac-vonalon-150610> (2015.6.11.)
- Longwic, Rafał et al. (2020): Self-ignition of rapeseed and n-hexane mixtures in diesel engine. *Przemysł Chemiczny*, 99(2), 206-210.
- Lulić, Zoran – Mavrin, Ivan – Mahalec, Ivan (1998): Aspects of Using Biological Regenerative Fuels in Internal Combustion Engines. *Promet-Traffic&Transportation*, 10(1-2), 75-80.
- Matijošius, Jonas et al. (2022): “Investigation of the Concentration of Particles Generated by Public Transport Gas (CNG) Buses”. *Cognitive Sustainability* 1, no. 1 (March 30, 2022). <https://cogsust.com/index.php/real/article/view/10>.
- Rohács József – Rohács Dániel (2020): „Energy coefficients for comparison of aircraft supported by different propulsion systems.” *Energy* 191 : 116391. <https://doi.org/10.1016/j.energy.2019.116391>
- Tutak, Wojciech et al. (2015): Alcohol–diesel fuel combustion in the compression ignition engine. *Fuel*, 154, 196-206.
- Virt Márton – Ulrich Arnold (2022): “Effects of Oxymethylene Ether in a Commercial Diesel Engine”. *Cognitive Sustainability* 1, no. 3 (August 17, 2022). <https://doi.org/10.55343/cogsust.20>
- Zalacko Roland – Zöldy Máté - Simongáti Győző (2020): „Comparative study of two simple marine engine BSFC estimation methods.” *Brodogradnja: Teorija i praksa brodogradnje i pomorske tehnike* 71.3: 13-25. <https://doi.org/10.21278/brod71302>
- Zobory Istvan (2014): Hungarian Contributions to the Railway Market, *INNORAIL MAGAZIN Special edition for Innitrans 2014* pp. 6-7. , 2 p.
- Zöldy Máté – Emőd István – Oláh Zsolt (2007): „Lubrication and viscosity of the bioethanol-biodiesel-diesel blends.” *Proceedings of EAEC 2007 Budapest*
- Zöldy Máté – Kondor István Péter (2021): „Simulation and injector bench test validation of different nozzle hole effect on pyrolysis oil-diesel oil mixtures.” *Energies* 14.9 (2021): 2396. <https://doi.org/10.3390/en14092396>

Műhelytanulmány

Veszélyes árut szállító tehervonatok közlekedésének védelme

Beküldve: 2021.01.15.
Elfogadva: 2021.06.30.
Online közzétéve: 2022.10.24.



LÉVAI ZSOLT tudományos segédmunkatárs, szenior kutató, Közlekedéstudományi Intézet, Hálózattervezési Osztály, levai.zsolt@kti.hu
DR. HORVÁTH ATTILA egyetemi tanár, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Műveleti Logisztikai Tanszék, horvath.attila@uni-nke.hu

Absztrakt: A közlekedési infrastruktúra és az azon közlekedő járművek a terroristák ideális célpontjai lehetnek. Ez egyaránt igaz a vasúti közlekedésre és magukra a vonatokra is, különösen a veszélyes árut szállító vonatokra. Egy esetleges terrorakció következtében kiszabaduló veszélyes anyagok sokkal nagyobb pusztítást tudnak végezni mind emberéletben, mind pedig anyagi és természeti értékben, mint a vonat felrobbantásával okozható kár. A cikkben bemutatjuk a veszélyes anyagok szállításának vasúti környezetét, majd pedig a terrorizmus és a vasúti közlekedés kapcsolatát, végül javaslatot teszünk a lehetséges védelmi módszerekre és eljárásokra.

Kulcsszavak: veszélyes anyagok szállítása; vasúti közlekedés; RID; terrorizmus; védelmi felkészítés

Protecting the transport of freight trains carrying dangerous goods

Abstract: Transport infrastructure and the vehicles that run on it can be ideal targets for terrorists. This is true both for rail transport and for the trains themselves, especially those carrying dangerous goods. Hazardous materials released as a result of a possible terrorist attack can cause far greater damage in terms of human life, material and natural assets than the damage caused by simply blowing up a train. This article describes the rail environment in which dangerous goods are transported, then the relationship between terrorism and rail transport, and finally suggests possible protection methods and procedures.

Keywords: transport of dangerous goods; rail transport; RID; terrorism; security preparedness

Bevezetés

A hidegháború évtizedei után a nyugati világ új hadviselési móddal és kockázati tényezővel találta magát szemben: a hibrid hadviseléssel, amely leginkább olyan (katonai) tevékenységeket jelentett, amelyek nem érték el a háborús ingerküszöböt. Tipikusan ilyen jelenség a terrorizmus. A terrorizmus a világ számos országában jelen van, célja az országok, kormányok megrendítése aszimmetrikus hadviselési módszerekkel. Az ilyen módszerek ellen a védekezés nehéz, mert az elkövetők sokszor rejtve maradnak, sőt egyes esetekben maguk is áldozattá válnak. A technikai fejlődés napjainkra eljutott oda, hogy a mindennapi élet folyamatához ellátási láncok sokasága kapcsolódik, melyek a kiépült infrastruktúra-elemeket használják. Ennek egyik leggyakoribb formája a közlekedési infrastruktúra igénybevétele, azaz az áru fuvarozás megvalósulása. Az ellátási láncok megszakadása azonban emberi életet is veszélyeztethet. A terrorizmus előbb említett célja éppen ezért az ellátási láncok megakasztására is irányulhat. Emiatt pedig az egyes infrastruktúra-elemek sérülékenysége is megnőtt (Horváth – Lévai, 2021). A terrorizmus gyakori célterepe az infrastruktúra-hálózat, mert ezek rombolásával érhető el legkönnyebben az anyagi, gazdasági, társadalmi és emberéletekben bekövetkező károkozás, amely képes akár kormányok hatalmát is megingatni. Az Egyesült Államokban, ahol a terrorizmus elleni küzdelem mindig is kiemelt jelentőségű volt, már az 1990-es években elkezdtek foglalkozni az infrastruktúrák védelmével. Az első ilyen témájú dokumentum Bill Clinton elnök 1998-ban kiadott, 63. számú elnöki rendelete¹ volt. A 2001-es terrortámadások erősítették az infrastruktúra-védelem szerepét az Egyesült Államokban, valamint lépésekre kényszerítették immár az Európai Uniót (EU) is. Az EU 2005-ben adta ki zöld könyvét a kritikus infrastruktúrák európai programjáról². Ez azonban még csak alapelveket rögzített, a fordulópontot 2008 hozta el, amikor az EU már irányelvet³ adott ki a témáról (Horváth, 2013).

¹Presidential Decision Directive/NSC-63 – Critical Infrastructure Protection, 1998. május 20.

²Zöld könyv a létfontosságú infrastruktúrák védelmére vonatkozó európai programról, COM (2005) 576 final, 2005. november 17.

³A Tanács 2008/114/EK irányelve (2008. december 8.) az európai kritikus infrastruktúrák azonosításáról és kijelöléséről, valamint védelmük javítása szükségességének értékeléséről

Az irányelv szerint a kritikus infrastruktúrák közé azokat az elemeket és alrendszereket lehet besorolni, amelyeknek valamilyen rendkívüli eseményhez kapcsolható kiesése emberi életek elvesztésével járhat, gazdasági hátrányokat és anyagi károkat, valamint fennakadásokat okozhat a társadalom mindennapjaiban és a közigazgatásban.

Az előző bekezdésben tárgyaltak alapján a közlekedési infrastruktúra-elemek – mint az országos infrastruktúrahálózat részei – az alábbiak miatt joggal tartozhatnak a kritikus infrastruktúrák közé:

- nagy értékűek;
- nagy területi elhelyezkedésűek;
- a használók száma jelentős;
- a kiesésük jelentős károkat és fennakadásokat okoz.

Különösen igazak ezek az állítások a vasútra. Ebben az alágazatban ráadásul nemcsak az infrastruktúrák rombolásával kell számolnunk, hanem a pályákon közlekedő járművek, illetve szerelvények elleni támadásokra is figyelmet kell fordítanunk, mert az ezek elleni terrorcselekmények is az elkövetők által kívánt hatást érhetik el. Jelenleg a terrorizmus nem Európában a legerősebb jelenség, az Afganisztánban kialakult helyzet azonban ismét előtérbe hozhatja a terroristacsoportok tevékenységét. Ugyanakkor a terrorizmus Magyarország közvetlen közelében is jelen van, mint mutatja ezt a Bécsben 2020 novemberében elkövetett támadás is. Éppen ezért a kritikus infrastruktúra védelmével folyamatosan foglalkozni kell, a legújabb védekezési módszerek kutatása nem állhat meg. Cikkünk a vasúti közlekedés egyik részterületével, a veszélyes anyagok szállításával, illetve az ilyen árut szállító tehervonatok védelmével foglalkozik. Az ilyen vonatok védelme kiemelten fontos, mert az ellenük végrehajtott terrortámadások nemcsak az infrastruktúrát, hanem a veszélyes anyagok révén a környezetet is károsítják és rombolhatják, mely felbecsülhetetlen károkat okozhat akár az egész kontinensre nézve.

A terrorizmus vasúti célpontjai

Ahogy feljebb említettük, a vasúti alágazat – mint a közlekedési rendszer része – megfelelő célpont lehet terrorcsoportok számára akcióik végrehajtásához. A veszélyes anyagot szállító tehervonatok ugyanazt a vasúti infrastruktúrát használják, mint a személyvonatok, ideértve a városban futó pályákat is (Kaplan, 2007). Ez elkerülhetetlen, mert a veszélyes anyagot gyártó, de leginkább azokat felhasználó üzemek a városok környékén helyezkednek el, és számukra nem építettek ki külön vasúti vágányokat. Kerülőutak léteznek, de ezek használata csökkent a szállítás sebességét és növeli a költségeket, ezért ezek igénybevételére alig mutatkozik szándék. A veszélyes árut szállító tehervonatok tehát a városi vasútvonalakon sokkal nagyobb kockázatot jelentenek, és ez a terroristák figyelmét is felkeltheti. Problémaként jelentkezik, hogy egy ilyen vonat áthaladásáról sok esetben a városi kárelhárító egységeknek sincs tudomásuk, így egy esetleges támadás következményeinek gyors elhárítására sem lehetnek felkészülve. Példaként említhetjük, hogy a Komárom melletti vasúti Duna-hídon veszélyes árut szállító tehervonat ellen elkövetett esetleges merénylet következtében a folyóba ömlő anyag akár a főváros vízkészletét is veszélyeztetheti, így emberéletek tömeges veszélyeztetésével lehetne számolni.

Hasonló tömeges áldozatszám érhető el egy nagy vasúti csomópont elleni terrortámadáskor. Robbantásos merénylet elkövetésekor a jelentős utastömeg miatt az áldozatok száma nagy lehet, és ha a célpont ráadásul egy veszélyes anyagot szállító tehervonat, a kiszabaduló veszélyes anyag további pusztító hatásával is számolni kell. A vasúti veszélyesáru-szállítás veszélyeztetett üzemi létesítményeinek a rendező pályaudvarokat és az átrakó terminálokat lehet tekinteni (Horváth H., 2014). Ezeknek a létesítményeknek meg kell felelniük a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos ipari baleseti veszélyek ellenőrzéséről szóló tanácsi (ún. Seveso) irányelvben⁴ meghatározott követelményrendszernek (Horváth – Kátai-Urbán, 2013).

Magyarországon a rendező pályaudvarok a személypályaudvarok közvetlen közelében épültek, egymástól nagyobb távolságra csak Szolnok esetében létesültek. Még az ország legnagyobb rendező pályaudvara, Ferencváros is a személypályaudvar közvetlen közelében épült meg, ráadásul további probléma, hogy Budapest belterületén, a belvárostól nem nagy távolságra fekszik, azaz egy veszélyes anyagot szállító vonattal kapcsolatos baleset a főváros lakosságára is jelentős hatással lenne.

Fontos kérdés annak elemzése, hogy honnan szerezhető információ az ilyen vonatok közlekedéséről, azaz hogyan alakítható ki a megfelelő informatikai védelem. A terroristák nemcsak a helyszíneken (vasútállomásokon, vasútvonalak mentén) tájékozódhatnak a vonatok közlekedésének részleteiről, hanem a világhálót is bevetik az adatok

⁴A Tanács 96/82/EK irányelve (1996. december 9.) a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek veszélyeinek ellenőrzéséről (Seveso II. irányelv), továbbá az Európai Parlament és a Tanács 2012/18/EU irányelve (2012. július 4.) a veszélyes anyagokkal kapcsolatos súlyos balesetek veszélyének kezeléséről, valamint a 96/82/EK tanácsi irányelv módosításáról és későbbi hatályon kívül helyezéséről (Seveso III. irányelv). A Seveso irányelvekről Id. Cimer et al. (2015) cikkét.

megszerzése érdekében. Az informatika másik felhasználási területe a vasútirányítás rendszere. A vasút területén a bekövetkező balesetek rendkívüli súlyossága miatt elengedhetetlen, hogy a vonatok mindig csak a megengedett sebességgel közlekedjenek, melyet ma már korszerű vasútirányítási rendszerek szabályoznak. Ugyanakkor a hamis parancsokból származó helytelen cselekedetekből súlyos balesetek származhatnak, így a vasúti irányítóközpontok is a terrorizmus célpontjaivá válhatnak.

A fentiek alapján kijelenthetjük, hogy a veszélyes árut szállító vonatok szempontjából a terroristák első számú célpontjai a városi és város környéki vasútvonalak, különösen a városi folyók felett átívelő hidak, valamint a nagy vasúti csomópontok, illetve a vasúti irányítóközpontok és az elektronikusan rendelkezésre álló adatok lehetnek, így a védelmet ezekre az infrastruktúra-elemekre kell összpontosítani.

Veszélyes áruk vasúti fuvarozása

A világban elterjedt gyártási technológiák sokféle veszélyes anyag felhasználását igénylik, illetve a gyártás során vagy annak melléktermékeként is keletkeznek ilyenek. A veszélyes anyagok termelése és felhasználása, valamint semlegesítése földrajzilag nem esik egybe, így azokat szállítani kell az egyes telephelyek között. A szállítás egyik eszköze a vasút, a fentiek értelmében pedig gondoskodni kell a környezetre veszélyes anyagokat szállító vonatok védelméről.

Fuvarozási szabályok

A Nemzetközi Vasúti Fuvarozási Egyezmény⁵ összetett szabályozási rendszert teremtett a vasúti fuvarozásban. A veszélyes áruk nemzetközi vasúti fuvarozásáról szóló szabályzat⁶ meghatározza a vasúti áru fuvarozásban (és a kombinált fuvarozásban) részt vevő szereplőknek a biztonság elérésével kapcsolatos kötelezettségeit. A szabályok kitérnek továbbá az ellenőrzésekre és a hatósági korlátozásokra, valamint a veszélyes anyagok osztályozására, a veszélyes áruk felsorolására, csomagolására és a csomagolóanyagok gyártására, a feladási eljárásokra, valamint a szállítási feltételekre (berakás, kirakás, árukezelés). A szállításnak egyebekben meg kell felelnie a veszélyes áruk szárazföldi szállításáról szóló irányelvnek⁷.

Az emberi élet és a környezet védelme érdekében hozott szabályok alkalmazásának azonban gazdasági hatásai is vannak, és néha bürokratikusnak tűnnek. E bürokratizmusról az Európai Bizottság 2015-ben készített, a közlekedéspolitikai fehér könyv⁸ végrehajtásáról szóló jelentése⁹ megállapította, hogy a veszélyes áruk fuvarozása adminisztratív nehézséget jelent a fuvarozatóknak, ezért a szabályozás egyszerűsítését és összehangolását előmozdító intézkedésekre tett indítványt, amelyet az Európai Parlament el is fogadott. Ezek az intézkedések növelhetik a vasúton fuvarozott veszélyes anyagok mennyiségét, így a vonatok védelme még fontosabb feladattá válik.

Vasúti kocsik

Sokféle vasúti kocsi alkalmas veszélyes anyag szállítására, az igénybevehetőség az anyag fajtájától és csomagolásától függ. A különböző halmazállapotú gázok, valamint folyékony anyagok szállítására a tartálykocsik alkalmasak. Nyitott kocsikban azok a veszélyes anyagok szállíthatók, amelyek csomagolása erre kifejezetten alkalmas, és fedett kocsiban kell szállítani azokat az anyagokat, amelyeket még csomagolva is védeni kell az időjárás hatásaitól. A pórekocsikat konténerek vagy kamionpótkocsik vasúti szállítására használják. Ebben az esetben a veszélyes anyag magában az egység rakományban vagy a pótkocsiban van elhelyezve. Vannak olyan veszélyes áruk is, amelyek szállítására nem alkalmazhatók az előbbieken felsorolt kocsik, esetükben különleges építésű vasúti kocsikra van szükség.

Mindez abból a szempontból lényeges, hogy csak nagyon különleges összeállítású tehervonatokról lehetséges szemrevételezéssel megállapítani, hogy a rakományuk veszélyes anyagnak minősül-e (például csak tartálykocsikból álló szerelvény).

⁵A Nemzetközi Vasúti Fuvarozási Egyezményt (Convention Relative aux Transports Internationaux Ferroviaire, COTIF) 1980. május 9-én Bernben írták alá, hazánkban az 1986. évi 2. törvényerejű rendelet hirdette ki. (Azóta többször módosították.)

⁶A COTIF módosításáról szóló jegyzőkönyv C függelékét (Règlement concernant le transport international ferroviaire des marchandises dangereuses, RID) 1999. június 3-án fogadták el, hazánkban a 2006. évi LXXVII. törvény hirdette ki. (Azóta többször módosították.)

⁷Az Európai Parlament és a Tanács 2008/68/EK irányelve (2008. szeptember 24.) a veszélyes áruk szárazföldi szállításáról

⁸Fehér könyv: Útiterv az egységes európai közlekedési térség megvalósításához – Úton egy versenyképes és erőforrás-hatékony közlekedési rendszer felé, COM(2011) 144, 2011. március 28.

⁹Az Európai Parlament Közlekedési és Idegenforgalmi Bizottságának jelentése a közlekedésről szóló 2011. évi fehér könyv végrehajtásáról: számvetés és a fenntartható mobilitás felé vezető út (A8-0246/2015)

A vasúti fuvarozás felügyelete

Hazánkban 2012-ig a veszélyes anyagok szállításának ellenőrzését a MÁV Zrt. saját maga végezte, azaz a felügyeletet önellenőrzés keretében látta el. A jogszabályváltozások miatt 2012-től ezt a feladatot a katasztrófavédelmi hatóság vette át, 2016-tól pedig Kelebián kísérleti jelleggel 24 órás ellenőrzés van, valamennyi ki- és belépő vonatot megvizsgálják. A katasztrófavédelmi egységek folyamatos ellenőrzéseinek hatására a szabálytalanságok száma jelentősen csökkent (Balogh et al., 2019).

Veszélyes árut szállító vonatok védelmének lehetőségei

Fizikai védelem

A fizikai védelem az infrastruktúra és a vonatok esetében is felvetődhet. Az infrastruktúra esetében ez a vágányokhoz való közvetlen odajutás, illetve az irányítóközpontba való bejutás, míg a vonatok esetében a szerelvényvel való fizikai kapcsolat megakadályozását jelenti.

Az állomások közötti nyílt vonal esetében a fizikai védelem nem oldható meg teljesen. A nyíltvonalai vágányok mellett építhető ugyan védelmi kerítés, de ezeket is meg kell szakítani, például ott, ahol a vasútvonalat közút keresztezi. Az úttájtárókban közvetlen bejutási lehetőség kínálkozik a vágányokhoz, így például egy robbanószerkezet a megfelelő helyen elhelyezhető. A legkritikusabb szakaszokon, vagyis azokon a pályarészekon, ahol a vonatok megállhatnak (például vasútállomások bejárati jelzői előtti szakaszok), megoldást jelenthet a szögesdrótos kerítés vagy zajvédő fal építése, ugyanakkor ezeken különböző vágóeszközök segítségével át lehet jutni, így nem nyújtanak teljes biztonságot. Ennek megakadályozására javasolható, hogy ezeken alacsony feszültségű elektromos áramot vezessenek végig, melyek nem okoznak halálos áramütést, ugyanakkor képesek jelezni, ha a rendszerben szakadás történik (például elvágják a drótkerítést). A rendszer ebben az esetben figyelmeztető jelet küld a felügyelő központba, ahol a megfelelő intézkedéseket meg lehet tenni. Szükséges lehet a behatolás helyének gyors és pontos megállapítása, ami éjjellátó kamerák alkalmazásával oldható meg.

Az állomási vágányok tekintetében a fenti megoldások nem alkalmazhatók, ugyanis az állomásokon biztosítani kell a hozzáférést a vasúti kocsikhoz. Ebben az esetben forgalomszervezési eljárásokkal lehet megoldani, hogy a különösen veszélyes anyagot szállító tehervonatok elkerüljék a nagyobb személyforgalmi csomópontokat. Ha ez nem lehetséges, az állomáson olyan vágányon kell ezeket a vonatokat közlekedtetni, amely az utasforgalmi terektől és épületektől a legtávolabb helyezkedik el. Ez praktikus az állomások szélső vágányait jelenti, amelyek nem minden esetben vannak kifogástalan állapotban, de az állomási vágányok megfelelő állapotban tartása elősegítheti a megfelelő védelem kialakítását. Ebből következően fontos, hogy ezek a vágányok legalább 40 km/h sebességgel járhatók legyenek – lévén a legtöbb ilyen vágányra már csak legfeljebb ezzel a sebességgel járható kitérő vezet –, és így az áthaladás az állomáson ne tartson jelentősen hosszabb ideig, mint az átmenő fővágányok használata esetén.

További védelmi elem a vasúti utasítások által szabályozott figyelési kötelezettség, amely kötelezheti a vasúti alkalmazottakat az ilyen tehervonatok állomási tartózkodásának folyamatos vagy időszakos megfigyelésére¹⁰, ideértve a mozgások koordinálását és a szerelvény szemrevételezését.

Az állandó személyi jelenlét is megfelelő védelmi megoldás lehet. Nagy értékű árut (például gépjárművet) szállító vonatok esetében alkalmazzák azt a megoldást, hogy a vonatot végig őrök kísérik, akik az állomási tartózkodás teljes ideje alatt a szerelvény mellett vannak, figyelik a környező mozgásokat. A személyes felügyelet fontos lehet a terroristák távoltartásában is. Lehet alkalmazni a vonat útját végig kísérő őrseget vagy csak az állomási tartózkodások idejére megrendelt őrzést. Ez utóbbi csak a menetrend szerinti hosszabb tartózkodás esetén lehet megoldás, mivel az operatív forgalomszabályozás következtében felmerülő állomási megállások nincsenek előre meghatározva, illetve rövidebb (például 10–15 perces) tartózkodás esetén túl költséges lenne az őrzés megszervezése. Különösen veszélyes anyagot szállító vonatok esetében szükséges lehet a fegyveres kíséret és akár a vonat útjának fegyveres erőkkel történő biztosítása.

Az irányítóközpontok fizikai védelme az illetéktelen bejutás megakadályozására irányul. Az épületbe történő bejutás fizikailag leginkább fegyveres őrseggel akadályozható meg, illetve szükséges az ablakok felszerelése a bejutást

¹⁰Magyar Államvasutak Zrt., F. 2. sz. FORGALMI UTASÍTÁS 15.1.12. pont, hatálybalépés időpontja: 2008. április 6.

megakadályozó ráccsal. A megfelelő belépési jogosultság ellenőrizhető informatikai eszközökkel is. A szerelvényekkel személyek a be- és kirakások alkalmával, illetve állomási tartózkodások időtartama alatt kerülhetnek fizikai kontaktusba. A be- és kirakási műveletek történhetnek a fuvaroztató cégek telephelyein is, így ebben az esetben a fizikai érintkezés ellenőrzése és megakadályozása az adott cég protokollja szerint történik. A vonatok összeállítása és képzése minden esetben vasútállomáson történik. A vonatképzés (kocsigyűjtés) ideje alatt el kell érni, hogy illetéktelenek ne juthassanak a kocsik közelébe. Ez leginkább a vágányok és a szerelvények megfigyelésével érhető el, de az előző pontban már említettük, hogy a (fedett) teherkocsik rakományának megállapítása kívülről nem egyszerű, ugyanakkor az áru veszélyességére utaló, a kocsira vagy a rakományra ragasztott bárcák (ld. RID) árulkodók lehetnek. A kocsikba történő bejutást megfelelő biztonságot nyújtó kocsizárak és ólomzárak egyidejű alkalmazásával kell megakadályozni.

Informatikai védelem

Napjainkban az informatika kulcsszerepe megkérdőjelezhetetlen. A vasúti közlekedés terén jelen van a vonatokról, kocsikról szóló adatkezelésben, a közlekedés lebonyolításában és a különböző hozzáférés-ellenőrzési megoldásokban.

Adatvédelem

A vasúti fuvarozás során a feladott árukról szóló információk az egész folyamatot végigkísérik. Az informatikai fejlődés eredményeként a papíralapú okmányokat felváltották az elektronikus okmányok, így a vonatok, kocsik és szállítmányok adatai digitális formában vannak rögzítve. Ez védelmi szempontból azt jelenti, hogy a veszélyes anyagot szállító vonatok adatait úgy kell rögzíteni, tárolni és továbbítani, hogy azok ne kerülhessen illetéktelenek birtokába.

A továbbítási lánc leggyengébb láncszeme maga az ember. Fenyegetettség hatására képes olyan információkat is kiadni, amelyeket amúgy bizalmasan kellene kezelnie. Emiatt az ember által kezelt bármely információ megszerzhető, így törekedni kell az információtovábbítás zártóságára és az elektronikus adattovábbításra. Természetesen a vonatok közlekedtetéséhez a forgalmi személyzetnek továbbra is szüksége van információkra, sőt, még azt is tudniuk kell, ha veszélyes árut szállító vonat közlekedik, hogy ez esetben az ilyen vonatok közlekedésére vonatkozó szabályokat alkalmazzák. A fentiekből következően a veszélyes árut továbbító vonatok közlekedése esetén csak a feltétlenül szükséges számú ember bevonását javasoljuk.

Az informatikai információtovábbítás esetén javasoljuk a blokkláncalapú adattovábbítást, amely jelentősen megnehezíti az adatok megszerzését (Lévai – Üveges, 2020), illetéktelenek hozzáférését az információhoz. A technológia önmagában nem feltörhetetlen, ugyanakkor ennek időszükséglete meghaladja a feltörés észlelésének idejét, így a szükséges intézkedések időben megtehetőek.

A hálózaton azonban közlekednek olyan veszélyes anyagot szállító vonatok, amelyek védelme nem engedi meg az informatikai adattovábbítást. Az ilyen esetekben javasolt eljárásra a közlekedés védelme kapcsán alább bővebben is kitérünk.

A biztosítóberendezések védelme

A vonatközlekedés lebonyolítása biztosítóberendezések üzemeltetésével történik. Mint már említettük, a terroristák célja balesetek előidézése lehet, melyek előidézhetőek a biztosítóberendezések utasításellenes és a kezelési szabályzattól eltérő kezelésével is. A technika fejlődésével teremtődött meg a lehetőség arra, hogy az ilyen kezeléseket a távolból is el lehessen végezni. A korszerűtlen biztosítóberendezések kezelése ugyanis csak a helyszínen lehetséges (például helyszíni vagy vonóvezetékes állítású váltók), ugyanakkor a legkorszerűbb berendezéseket már számítógép irányítja, azaz a vezérlés informatikai úton történik. Különösen igaz ez a távkezelt állomásokra. Az informatikai védelemnek tehát az ilyen esetekben a hamis állítási parancsok kiadását, illetve a biztosítóberendezés működtetésének átvételét kell megakadályoznia. Belátható, hogy mindkét esetben siklással járó balesetek okozhatók (például „megfelelő” időben történő váltóállítással), melyek következtében a veszélyes anyag kiszabadulhat a szabadba és károkat okozhat. Az ilyen cselekmények megakadályozása érdekében szükséges, hogy a vezérlő számítógép ne csatlakozzon az internethez. A legtöbb kibertámadás a világhálón keresztül éri a felhasználókat,

ezért ezt a lehetőséget ki kell zárni. A megoldás a zárt hálózatok alkalmazása lehet, amelyek nem csatlakoznak külső hálózatokhoz, így az internetről nem elérhetők.

Ugyanakkor a megfelelő közlekedésbiztonság kialakítása érdekében szükséges biztosítani a biztosítóberendezések egymás közötti kommunikációját, melyet szintén zárt hálózatok kialakításával lehetséges megteremteni. Természetesen nem elégséges csak az internetről távol tartani a hálózatot, ugyanis bármilyen eszközbe elhelyezhető olyan elem, amely képes az információtovábbításra mind adóként, mind pedig vevőként. Ezért a zárt hálózatok kialakításánál törekedni kell, hogy a hálózat egyes elemei ugyanattól a gyártótól származzanak, aki garanciát vállal a termékeire. A teljes biztonság még így sem érhető el, de már megközelíthető.

Lehetséges támadási mód lehet az információ eljutásának megakadályozása is. Ez informatikailag az adatok blokkolását jelenti, melynek kiküszöbölésére jó megoldást kínálnak a már ismertetett blokklánc alapú adattovábbítási rendszerek. Fizikailag is lehetséges a blokkolás, ez pedig a vezetékek, kábelek elvágását jelenti. Ennek megakadályozására javasoljuk a redundancia kiépítését: a kommunikációs összeköttetések megkettőzését. Fontos megemlíteni, hogy a két vezeték ne haladjon egymás közelében, például az egyik egy kábelcsatornában, a másik a felsővezeték tartó oszlopok tetején. Ez a megoldás drága, mert a vezetékek kiépítésének (legalább) kétszeres költségét igényli, ugyanakkor az adatátvitel folyamatos biztosítása érdekében ezzel a költséggel tervezni kell. A modern biztosítóberendezési rendszerek képesek szabályozni, hogy melyik legyen az elsődleges (primer) aktív, és melyik legyen a másodlagos (szekunder) passzív útvonal, valamint képesek jelezni, ha a passzív út meghibásodik (Kővári, 2017).

Hozzáférés-ellenőrzés

A hozzáférés-ellenőrzési megoldások kiegészítik vagy helyettesítik a fizikai védelmet. Az egyes adatkezeléssel foglalkozó munkahelyekre történő fizikai és számítógépes belépés ellenőrzésére ma már többféle informatikai rendszer létezik (Lévai – Üveges, 2020):

- hozzáférés-jogosultsági lista (Access Control List, ACL): tartalmazza, hogy egy információ eléréséhez kinek van jogosultsága, illetve ki mit tehet az információval;
- diszkrécionális hozzáférés-kezelési modell (Discretionary Control List, DAC): a felhasználó azonosítása (a felhasználó a hozzáférést tovább is adhatja más felhasználónak);
- elrendelő hozzáférés-kezelési modell (Mandatory Access Control, MAC): az információkhoz való hozzáférés különböző biztonsági szinteken valósul meg, az információ tulajdonosa nem határozhatja meg, hogy ki férhet hozzá az információhoz, mert ez az operációs rendszer feladata, és ezt a felhasználók nem is tudják megváltoztatni (nincs lehetőségük az átminősítésre);
- szerepalapú hozzáférés-jogosultság (Rolebased Access Control, RBAC): a hozzáférés ellenőrzése egy adott szerephez kapcsolt szabályrendszer szerint történik, a felhasználók hozzáférése szerepek (például: adminisztrátor) szerint lehetséges – egy felhasználó több szerepet is elláthat, azaz az ellátandó feladatok határozzák meg a hozzáférést;
- szabályalapú hozzáférés-jogosultság: az ACL kiegészítése különböző szabályokkal (például az információk csak munkahelyi gépről érhetőek el), nem önálló ellenőrző felület, hanem a fentiek kiegészítése.

A fentiek alapján javasoljuk a munkahely-specifikus biztonsági kódok alkalmazását, így az adatokhoz csak a ténylegesen azokat kezelők férhetnek hozzá.

Fontos lehet még a hordozható eszközök felügyeleti rendszere (Mobile Device Management, MDM) is: a rendszer ellenőrzi egy társaság flottájába tartozó okoseszközök működését és állapotát.

A közlekedés védelme

A vonatközlekedés védelme kiterjed a vonattalálkozások lebonyolítására és a haladásra a nyílt pályán. A kockázatok csökkentése érdekében szükség lehet olyan közlekedési terv készítésére, amely lehetővé teszi a veszélyes anyagot szállító vonat más vonattal történő találkozásának elkerülését. A veszélyes anyag tulajdonsága alapján kell eldönteni, hogy adott vonat találkozhat-e más vonatokkal a nyílt pályán, illetve az állomásokon mekkora védőtávolságot kell alkalmazni két vonat között. A szükséges védőtávolság miatt vonattalálkozás nem minden állomásra tervezhető a rendelkezésre álló vágányok szűkössége miatt, ez pedig a menetrend felborulásával járhat. (Itt érdemes emlékeztetni az állomások szélső vágányainak használhatóságára.) A keletkező késés elszemvedése

azonban még mindig csak egy kisebb kellemetlenség. Előfordulhat olyan eset is, amikor az állomáson található olyan létesítmény, berendezés (például gáztartály), amely közelében nem haladhat el veszélyes anyagot szállító vonat, így az állomás használható vágányainak száma szűkül, és az állomáson tartózkodó vonatok száma is korlátozva lehet. Ez is negatív hatással lehet a menetrendszerúségre, ezért ilyen esetekben jelentős a közlekedési tervet készítő felelőssége, ugyanakkor a feladatuk kapcsán az elsődleges szempont természetesen a vonatok biztonságos közlekedtetése.

A vonatok döntő többségének közlekedtetése menetrend alapján történik, ezért a menetrenddel valamennyi, a vonat útjába eső szolgálati helynek tisztában kell lennie, valamint azt a vontatójárművet biztosító társaságnak is ismernie kell. Ez már önmagában is jelentős létszám, és ehhez hozzáadódnak még az üzemirányításban dolgozó szakemberek. A menetrend informatikai úton készül el, így küldik el az érdekelteknek. A menetrend mind az azt készítő kapacitáselosztó szervezet, mind a vonatok közlekedését biztosító pályavasúti társaság, mind pedig a közlekedést lebonyolító vasútvállalat informatikai rendszerében megjelenik. Az egyes társaságok között hazánkban nincs kiépítve zárt hálózat, így az adattovábbítás az interneten történik.

Mint az informatikai védelemnél említettük, bizonyos különlegesen veszélyes anyagot szállító vonatok adatait nem is lehet informatikai úton továbbítani, és nem ajánlott hosszú ideig számítógépen tárolni sem. A fentiek miatt az ilyen vonatok menetrendjét csak röviddel a közlekedés előtt készítik el és hozzák az érintettek tudomására. A menetrendet szigorú biztonsági intézkedések betartásával kell elkészíteni. Ilyen esetekben elektronikus postázás nem is lehetséges, az érintettek csak papíralapú menetrendet kapnak, amelyet a vonat elhaladása után ellenőrzött módon azonnal meg kell semmisíteni. Ilyen esetekben az emberi tényező nem kiküszöbölhető, ezért előfordul, hogy a közlekedés biztonságát a rendvédelmi szervek bevonásával kell szavatolni.

Ugyancsak a kockázatok csökkentését szolgálják a veszélyes árut szállító tehervonatok összeállítási szabályai. Egy ütközés, illetve a dízelmozdonyokból kiáramló füst és pernye berobbantó hatásait hivatott csökkenteni a mozdony után alkalmazott úgynevezett védőkocsi. Ilyen nevesített kocsi besorozására több helyen lehet szükség, akár egy szerelvényen belül is, illetve a szerelvény végén. Hogy milyen kocsiból lehet védőkocsi, a vasúti utasítások egyértelműen szabályozzák (nem minden esetben szükséges üres kocsinak lennie). A védőkocsi alkalmazása csökkenti egy ütközés vagy kisiklás hatásait, így nagyobb biztonságot nyújt a közlekedés során.

Összefoglaló gondolatok

Korábbi védelmi kutatások bizonyítják, hogy a közlekedési infrastruktúrák a terroristák „puha” célpontjai közé tartoznak (Horváth A., 2014). Különösen igaz ez a városi közlekedési hálózatok elemeire. A várható jelentős áldozatszám és médiaérdeklődés a terroristák célkeresztjébe helyezi a közlekedést. A vasúti közlekedési alágazat – mint a közlekedés része – a személyek és áruk szállításán keresztül biztosítja egy ország mindennapos működését. A rendszer ellen tervezett terrorakciók ezt a működést igyekeznek gátolni.

Cikkünk a vasúti közlekedés egy speciális esetét, a veszélyes árut szállító tehervonatok közlekedését vizsgálta védelmi szempontból. Az előző bekezdésben taglalt rombolás hatása fokozható, ha mindez egy veszélyes anyagot szállító tehervonat ellen irányul. A veszélyes anyag szabadba kerülése növelheti a már amúgy sem alacsony károk mértékét, kiegészítve természeti károkozással is.

A 21. században is jelen lévő terrorizmus miatt a kritikus infrastruktúra védelme továbbra is fontos szerepet játszik egy ország védelmi felkészítésében, elengedhetetlen a megfelelő védelem kialakítása. A cikkben a vasúti infrastruktúrák védelmének kérdésével foglalkoztunk a veszélyes anyagokat szállító tehervonatok példáján keresztül. Elsőként bemutattuk a veszélyes anyagok szállításának vasúti környezetét, majd pedig megvilágítottuk a terrorizmus és a vasúti közlekedés kapcsolatát. A védekezés szükségességének bemutatása után javaslatot tettünk a lehetséges védelmi módszerekre és eljárásokra.

Cikkünk főbb megállapításai az alábbiakban foglalhatók össze:

- a veszélyes árut szállító tehervonatok érdekében tett fizikai védelmi intézkedéseknek ki kell terjedniük az infrastruktúra elemeire, az irányítóközpontokra és a vonatokra egyaránt;
- a vasúti kocsik védelmét fizikai zárral és szükség esetén fegyveres őrökkel kell biztosítani;
- a kibervédelem a veszélyes árut szállító tehervonatok esetében a vonatok közlekedési adatainak (menetrendjének) védelmét, a vasúti biztosítóberendezések megfelelő működésének garantálását, valamint az adatokhoz való hozzáférés illetékességének biztosítását és ellenőrzését jelentik;
- a vonatközlekedés védelmének megszervezésekor a legfontosabb eldöntendő kérdés, hogy a veszélyes

árut szállító vonat találkozhat-e más vonatokkal, és menetrendjét, útvonalát ennek megfelelően kell tervezni;

- a veszélyességből eredő kockázatokat csökkenti, ha a vonatba a kocsikat megfelelő védelmi szempontokat figyelembe véve sorozzák be.

A bemutatott javaslataink nem csak a terrorizmus elleni védekezés eszközeként használhatók. Veszélyes anyagot szállító vonat balesete ugyanis nemcsak szándékosság miatt következhet be, hanem gondatlanság, emberi hiba, környezeti körülmények miatt is. Javaslataink egy része felhasználható a balesetek következményeinek elhárítása érdekében, illetve alkalmazásukkal csökkenthetők a balesetek bekövetkezésének kockázatai. Ezáltal emberéletek és környezetünk élővilága is megmenthető. Érdemes megemlíteni, hogy Kaplan (2007) a már idézett cikkében kiemeli: a szakértők azt javasolják, hogy csökkenjen a veszélyes anyagok ipari felhasználása, ezáltal az ilyen anyagokat szállító tehervonatok száma is csökkenni fog, ez pedig a veszély mértékét és kockázatát is csökkenti. Véleményünk szerint a kutatás ezen a ponton nem állhat meg. A további kutatások lehetséges irányaként megállapításaink témaköreit javasoljuk egy közlekedési-védelmi (katonai és katasztrófavédelmi) komplex kutatási-fejlesztési projekt keretében szélesebb körben vizsgálni.

Köszönetnyilvánítás

Jelen publikáció az Innovációs és Technológiai Minisztérium Kooperatív Doktori Program Doktori Hallgatói Ösztöndíj Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült.

Felhasznált irodalom

- Balogh Róbert – Kozma Sándor – Vass Gyula (2019): A vasúti veszélyesáru-szállítás hatósági felügyeletével kapcsolatos tapasztalatok értékelése a bírságjogszabály változásának következtében, *Katonai Műszaki Közöny*, 29:3, 21–34. <https://doi.org/10.32562/mkk.2019.3.2>
- Cimer Zsolt – Kátai-Urbán Lajos – Vass Gyula (2015): Veszélyes üzemekkel kapcsolatos üzemazonosítási szabályozás értékelése – európai szabályozás, *Hadmérnök*, 10:3, 78–91. http://hadmernok.hu/153_07_cimerzs_kul_vgy.php
- Horváth Attila (2013): A kritikus infrastruktúra védelem komplex értelmezésének szükségessége, in: Horváth Attila (szerk.): *Fejezetek a kritikus infrastruktúra védelemből – Kiemelten a közlekedési alrendszer*, Magyar Hadtudományi Társaság, Budapest, 18–37.
- Horváth Attila (2014): A terrorizmus csapdájában, *Zrínyi Kiadó*, Budapest, 278 o.
- Horváth Attila – Lévai Zsolt (2021): A magyarországi vasúthálózat létfontosságú elemeinek azonosítása, in: Földi László (szerk.): *Szemelvények a katonai műszaki tudományok eredményeiből I.*, Ludovika Egyetemi Kiadó, Budapest, 131–146.
- Horváth Hermina – Kátai-Urbán Lajos (2013): Veszélyelhárítási tervezés a vasúti rendezőpályaudvarokon, *Katasztrófavédelmi Szemle*, 20:2, 16–18. <http://vedelem.hu/letoltes/ujsgaj/v201302.pdf?6>
- Horváth Hermina (2014): Vasúti veszélyes áru szállítás gazdasági és infrastrukturális értékelése, *Bolyai Szemle*, 23:4, 89–105. https://www.uni-nke.hu/document/uni-nke-hu/Bolyai_Szemle_2014_04_elektron.pdf
- Kaplan, Eben (2007): Rail security and the terrorist threat, *Council on Foreign Relations*, 2007. március 8. <https://www.cfr.org/backgrounder/rail-security-and-terrorist-threat>
- Kövári Máttyás (2017): Biztosítóbereendezés online?, *Vasúti Vezetékvilág*, 1:3, 20–27. <http://www.kozlekedesvilag.hu/wp-content/uploads/2017/10/VVV-2017-3.pdf>
- Lévai Zsolt – Üveges András József (2020): A vasúti közlekedés informatikai adatvédelme, *Felderítő Szemle*, 19:2, 103–139. <https://www.knbsz.gov.hu/hu/letoltes/fsz/2020-2.pdf>

Valamennyi online forrás esetében az utolsó hozzáférés ideje: 2020. december 17.

Rutinszerű légköri vertikális profilmérések végrehajtására alkalmas drón mérőhálózat kialakítása

Beküldve: 2022.10.13.
Elfogadva: 2022.10.14.
Online közzétéve: 2022.10.24.



- ID DR. BOTTYÁN ZSOLT** vezető kutató-fejlesztő munkatárs, MouldTech Systems Kft., zsold.bottyan@mouldtech.hu
- ID FEKETE CSABA** tanársegéd, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék, fekete.csaba@uni-nke.hu
- ID GYÖNGYÖSI ANDRÁS ZÉNÓ** kutató-fejlesztő munkatárs, MouldTech Systems Kft., andras.zeno.gyongyosi@mouldtech.hu
- ID KARDOS PÉTER** kutató-fejlesztő munkatárs, MouldTech Systems Kft., peter.kardos@mouldtech.hu
- ID DR. TUBA ZOLTÁN** kutató-fejlesztő munkatárs, MouldTech Systems Kft., zoltan.tuba@mouldtech.hu
- ID DR. VAS TÍMEA** tanszékvezető, adjunktus, Nemzeti Közszolgálati Egyetem, Repülésirányító és Repülő-hajózó Tanszék, vas.timea@uni-nke.hu

Absztrakt: A Meteorológiai Világszervezet felmérése szerint komoly adathiány van a légkör függőleges jellemzőit leíró mérésekből, ami az aktuális állapot elégtelen meghatározása mellett kihatással van a meteorológiai előrejelzések pontosságára is. A probléma lehetséges megoldását a Meteorológiai Világszervezet a drónok profilozó célú alkalmazásában látja, aminek érdekében 2024-ben globális mérési kampányt is indít, melyre hazánkban egyedülként a MouldTech Systems regisztrált és kezdte meg ezirányú fejlesztéseit. Cikkünkben a fejlesztés eddigi eredményeinek és az ezek elérése érdekében leküzdött akadályok felvázolása mellett a tervezett mérőrendszer teljes funkcionalitásának és az ennek elérését várhatóan kísérő kihívásoknak a bemutatását tűztük ki célul.

Kulcsszavak: meteorológiai mérőrendszer; drón; vertikális profil; repülésbiztonság

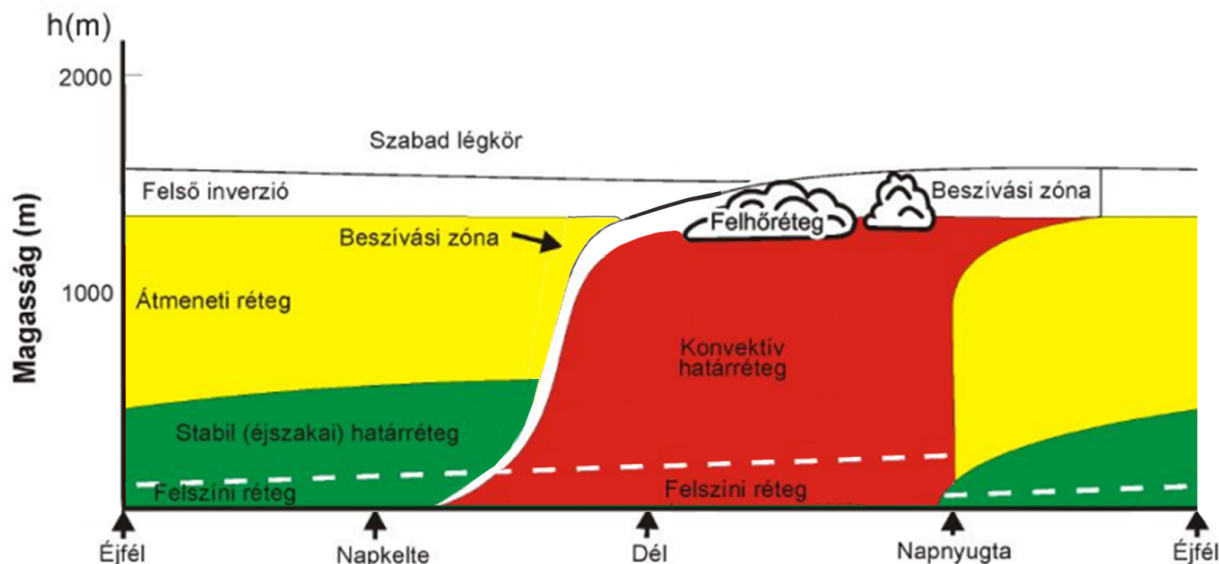
Development of a drone measurement network for routine atmospheric vertical profile measurements

Abstract: According to a survey by the World Meteorological Organization there is a serious lack of data from measurements describing the vertical characteristics of the atmosphere. Which, beside the insufficient determination of the current state, also affects the accuracy of meteorological forecasts. World Meteorological Organization sees the use of profiling drones as a possible solution. That's the reason why they start a global campaign in 2024, from Hungary only MouldTech System registered and started the development in this field. In this study beside the achieved outcomes of the development and the bridged obstacles, we would like to introduce the complete functionality of the measurement network and the related future challenges.

Keywords: meteorological measurement system; drone; vertical profile; aviation safety

Bevezetés

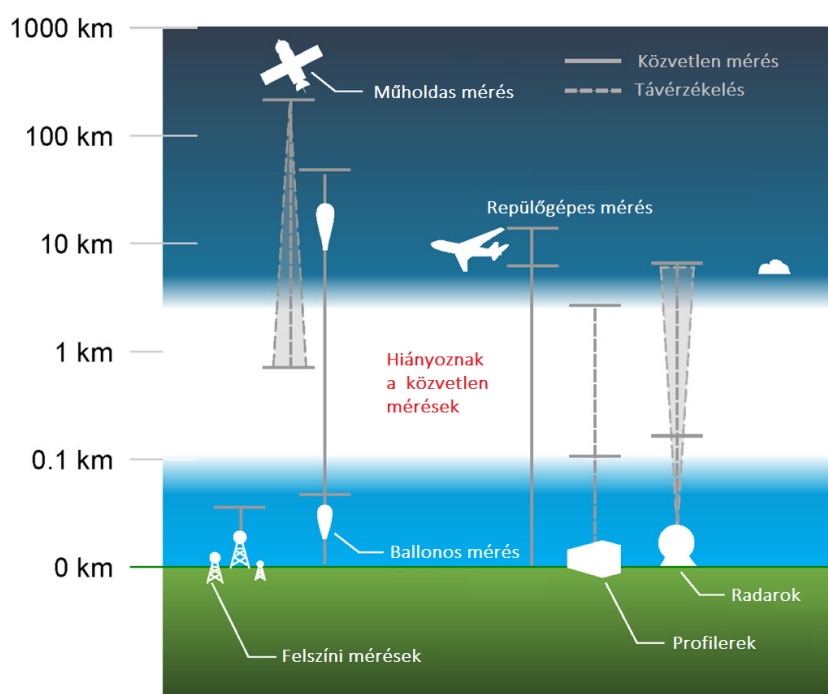
Planetáris határretegnek (a továbbiakban: PHR) a légkör azon felszínközeli, maximum néhány kilométer vastag rétegét tekintjük (1. ábra), ahol a felszín és a légkör közötti kölcsönhatás közvetlenül kimutatható. A PHR szerepe az időjárás alakításában kulcsfontosságú (és nagyrészt ismert is), hiszen ebben a tartományban zajlanak azok a folyamatok, amelyek a légkör-felszín kölcsönhatáson át alapvetően meghatározzák a légkör mindenkori állapotát. A PHR aktuális állapotának ismerete különösen a mikro- és mezoskálájú folyamatok fejlődésének megértésében és előrejelzésében lényeges, hiszen a nagyobb skálák dinamizmusát már a szabad légkör folyamatai determinálják (Bottyán et al., 2016).



1. ábra A planetáris határreteg és annak szerkezete.

Forrás: Bottyán (2016) alapján

Ugyanakkor éppen a mikro- és mezoskálájú időjárási jelenségek, mint például a turbulencia vagy a zivatarok azok, amelyeknek az előrejelzése az élet számos területén kiemelt fontosságú. Ahogyan azonban a Meteorológiai Világszervezet (World Meteorological Organization – WMO) vizsgálata is megállapította (Pinto et al., 2021): éppen a planetáris határretegben van komoly térbeli és időbeli adathiány a légkör függőleges jellemzőit leíró mérésekben (2. ábra), hiszen a légkörnek ebben a tartományában sokkal inhomogénebb eloszlású, és időben is gyorsabban változó a karakterisztikák értéke; mint a magasabb rétegekben. Az aktuális légköri állapot elégtelen meghatározása pedig nyilvánvalóan hatással van a meteorológiai előrejelzések pontosságára is. Azaz éppen a fentiekben említett, a legnagyobb érdeklődésre számot tartó, kis- és közepes léptékű légköri folyamatok rövid távú prognosztikai pontosságát ütköztetik akadályba a kezdeti feltételek nem megfelelő ismerete miatt (Bottyán et al., 2022).



2. ábra A légkör mérések

Forrás: Pinto et al. (2021) alapján

A magyarországi viszonyokat tekintve, in situ mérésként, ballonos rádiószondákkal (Budapesten és Szegeden naponta két alkalommal) és repülőgépekre szerelt szenzorokkal (a nagyobb repülőterek körzetében, rendszertelen időközönként) lehet adatokat nyerni a légkör ezen régiójából. Az azonban, hogy ezeknek a méréseknek számát térben és időben jelentősen megnöveljük, több szempont miatt sem realitás. A rádiószondás mérések esetében a költséghatékonyság és a környezetvédelmi szempontok, míg a repülőgépes mérések esetén az a tény a korlátozó tényező, hogy a mérések térbeli elhelyezkedése a repülőterek lokációjához, az időbeli felbontás pedig a járatok menetrendjéhez kell, hogy igazodjon. Kijelenthető tehát, hogy a meglévő adathiány a hagyományosnak mondható eszközrendszerrel ésszerű keretek között nem elégíthető ki. Újszerű, költséghatékony eljárást kell keresni, ami időben és térben is megfelelő mérési felbontást tud garantálni. A megoldást a WMO iránymutatása szerint is a drónos vertikális profilozó mérések jelenthetik. Elképzelésük komolyságát alátámasztja az a tény is, hogy 2024-ben fél év időtartamú, globális mérési kampányt terveznek, amelyre egyetlen hazai résztvevőként a MouldTech Systems Kft. jelentkezett saját fejlesztésű drónos mérőrendszerével.

Cikkünk célja ennek a drónos profilozó mérőrendszernek az áttekintő felvázolása, és a kialakítása során leküzdött akadályok, valamint a jövőbeli kihívások és a várható eredmények bemutatása.

Alkalmazott eszközök

A mérőrendszer legfontosabb elemeit maga a mérési feladat végrehajtására alkalmas drón, a meteorológiai paramétereket mérő szenzorok, valamint a hozzájuk tartozó adatgyűjtő, adattovábbító és adatfeldolgozó infrastruktúra jelentik. Tekintettel arra, hogy sem meteorológiai mérőeszközök drónokra való telepítésére, sem pedig ilyen eszközök mérőhálózatba szervezésére nincs kialakult, standardizált gyakorlat, rendszeres meteorológiai drónos mérőhálózat egyedül Svájcban működik operatíván (Leuenberger et al., 2020), ezért amellettt döntöttünk, hogy amit csak lehetséges, azt saját fejlesztéssel, gyártással állítunk elő a tervezett rendszer esetében. Az egyes részegységek bemutatása során ezért az alábbiakban törekszünk a saját fejlesztésű, gyártású elemek tulajdonságainak hangsúlyozására is (Bottyán et al., 2021).

Meteorológiai mérődrón

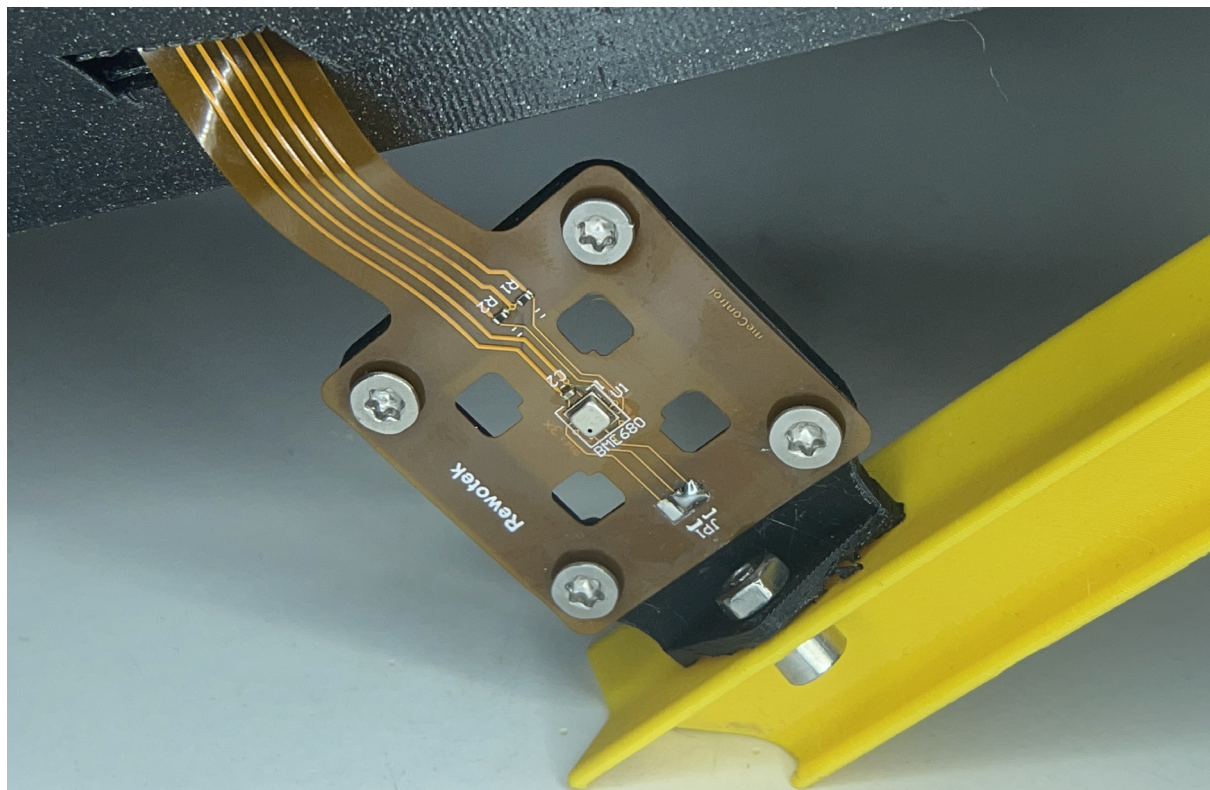
A mérőhálózat legfontosabb eleme egy olyan drón (3. ábra), amely akár néhány óránként képes a PHR vertikális szondázására. Egy ilyen feladat ellátásánál pedig elengedhetetlen a magas hatásfok és a megbízható működés. Ennek megfelelően a kiválasztott motorok kis tömegű, nagy hatásfokú egységek, a hozzájuk párosítható legnagyobb légcsavarral és legnagyobb feszültségű akkumulátorral kerültek tervezésre. A kiválasztott quadrotor kialakítás esetén ez KDE2315-885 motorokat, 12x4 karbon lég-csavarokat, és 4 cellás 6750 mAh kapacitású, LiPo kémiaájú akkumulátort és megfelelő feszültségen üzemelő szénkefe nélküli motorvezérlőt jelent.



3. ábra A meteorológiai mérődrón

Forrás: Bottyán et al. (2022)

A drón szerkezeti kialakításának fontos lépése volt a szenzorok megfelelő fedélzeti rögzítése és az adatgyűjtővel való stabil adatkapcsolat kialakítása. A szenzorok helyének meghatározásakor elsődleges szempont volt, hogy az elhelyezett mérőeszköz kellően reprezentatív módon működjön a környezet felmérése során, azt a drón működésével együtt járó semmilyen termikus vagy dinamikus folyamat ne befolyásolja hátrányosan. Alapos mérleget követően végül a szenzorok a drón lábain kerültek rögzítésre (4. ábra). A szenzorok rögzítési struktúrája és az adatfeldolgozó komponens úgy került kialakításra, hogy egy időben akár 8 darab integrált érzékelő is mérheti a környezet állapotát.



4. ábra A meteorológiai mérődrón szenzor rögzítési megoldása

Forrás: Bottyán et al. (2022)

A drónvezérlés kiválasztásának elsődleges szempontjával a megbízható működést és a nagy fedélzeti számítási kapacitást vettük figyelembe. Ennek megfelelően a választás a Pixhawk Cube Orange repülésvezérlésre, és a hozzá tartozó carrier board-okra esett. Ez nyílt szoftvert futtató rendszer lévén nagy szabadságot biztosít a repülésvezérlés és a további fejlesztések megvalósításának terén egyaránt. Repülés közben a pozicionálást RTK GPS segítségével valósítjuk meg, az egyidejű repülést végző objektumok elkerülésének érdekében, a PixHawk Cube Orange repülésvezérlőhöz integrált ADS-B vevő egység alkalmazása mellett döntöttünk. Ezzel a funkcióval lehetővé válik más, ADSB adóval felszerelt repülőgépek megfelelő időben és távolságban történő észlelése és – szükség esetén – a meteorológiai drón pályájának módosítása is. A rossz látási viszonyok között és/vagy éjszaka történő könnyebb vizuális azonosítás érdekében a drónra zöld színű villanófény került felszerelésre.

A drón teljesen saját tervezésű elemei közül (az elektronikus egységeket, szenzorokat és a légcsavarokat kivéve) a vázrendszert folytonos szálhúzásos kompozit 3D nyomtatással állítottuk elő, amelynek magas szakítószilárdság/tömeg aránya közismert. Az áramlási felületek gyártása SLS nyomtatási technológiával, PA12 alapanyagból történt.

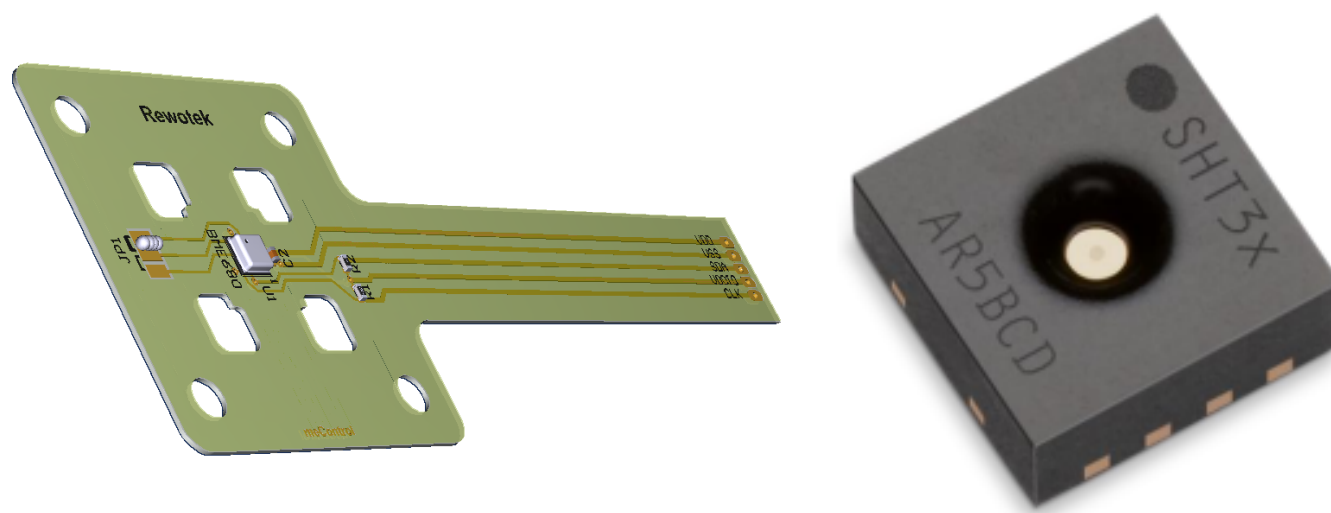
Meteorológiai szenzorrendszer

A szenzorrendszer kialakításánál a hagyományos rádiószondás profilozó mérésekkel szemben támasztott elvárásokat vettük irányadónak. Ez nem csak a vizsgált állapotjelzők kiválasztását, azaz a szenzorok meghatározását, hanem a mérésekkel szemben elvárt pontosságot is alapjaiban determinálta. Ennek megfelelően olyan szenzorrendszer összeállítását végeztük el, ami alkalmas a levegő hőmérsékletének, nedvességének és nyomásának

mérésére. Tekintettel arra, hogy még egy szónikus anemométer drónra való fizikai illesztése sem egyszerű feladat, nem is beszélve a drón mozgása és a légcsavarok okozta áramlás figyelembevételéről, úgy döntöttünk, hogy a rádiószondás mérésekhez hasonlóan mérőeszköz nélkül oldjuk meg a levegő mozgási karakterisztikáinak (szélsebesség, szélirány, széllökés) számítását. A ballonos profilozáshoz képest annyi különbséggel, hogy esetünkben nem az elsodródást jellemző vektort, hanem a drón robotpilóta szél ellen tett kompenzáló parancsainak valós idejű telemetriai adatait dolgozzuk fel. Ez a feladat annyiban egyszerűbb a telemetriai adatokból történő szél-információk általános kiszámításához képest, hogy esetünkben a profilozás repülési karakterisztikája kizárólag vertikális irányú elmozdulást tartalmaz, tervezett horizontális komponense nincsen. Azaz minden vízszintes síkban történő elmozdulás a szél ellenében tett kompenzációnak tekinthető.

A szenzorokkal kapcsolatban is elmondható, hogy a repülési üzemidő maximalizálása érdekében a fejlesztés egyik alapvető szempontja az alacsony tömeg és a megbízhatóság volt. Az alacsony hőkapacitás, a kis hiszterézis a drónok nagy vertikális elmozdulási sebessége által támasztott gyors reakció miatt szintén nélkülözhetetlen volt.

Az alkalmazási terület és a repülési körülmények változatossága megkövetelik a szenzorrendszer olyan kialakítását is, amely alkalmassá teszi azt a magas és alacsony hőmérséklet, valamint magas páratartalom környezetében történő üzemelésre is. A szenzorrendszer fejlesztésének további fontos szempontja volt a korrózióállóság, valamint a rotorlapátok által gerjesztett intenzív légmozgásnak ellenálló robusztus mechanikai kialakítás. A követelményrendszer vizsgálata alapján a fenti kritériumoknak megfelelő Bosch680 (T, Rh, p) és Sensirion SHT35 (T, Rh) mérőérzékelők (szenzor chippek) kerültek. A szenzorokat fogadó nyomtatott áramkörti lap úgy került megtervezésre, hogy mindkét mérőérzékelő elhelyezhető rajta egyidőben, de készíthető szenzorrendszer csak BME680 vagy csak SHT35 érzékelővel is.



5. ábra A fólianyákra integrált BME680 szenzor és az SHT35 érzékelő

Forrás: Bottyán et al. (2022)

A szenzorrendszer fedélzetre történő installációja a quadrokopter rendszerű kísérleti drónra megtörtént és alacsony magasságon az első próbákat el is végeztük vele.

Adatkommunikáció

A repülés közben mért meteorológiai adatokat és a szél paraméterek meghatározásához szükséges telemetriai információkat a fedélzeten memóriakártyára rögzítjük, de valós időben is lesugározzuk irányított WiFi, illetve peer-to-peer LoRa hálózaton keresztül. Az adatkommunikációs rendszer implementálása során figyelnünk kellett a stabil adatkapcsolat fenntartására és az EU szabványoknak való megfelelésre, ezért a választás az 868MHz-es tartományban szórt spektrumú SX1262 LoRa HAT adatátviteli moduljára esett. Ezen modulok nagy (akár 80km) hatótávolságú adathidat képesek biztosítani repülés közben (Károly, 2019), ami biztonságosan megfelel a tervezett repülési feladat végrehajtásához. Ez utóbbihoz az Antenna Hungária hálózatát használhatjuk tesztelési céllal a Zalaegerszeg-Andráshida repülőtéren tervezett mérési helyszínen.

A mérőhálózat kialakításának nehézségei

A mérőhálózat kialakítása során a megfelelő műszaki és meteorológiai, szakmai szempontból releváns megoldások kialakítása mellett komoly erőforrásokat kellett hozzárendelni a fenti kategóriákon kívül eső akadályok, nehézségek leküzdéséhez. Az üzemeltetés kereteinek és az operatív mérések szabályszerű végrehajtásának ugyanis számos, a műszaki és meteorológiai témakörökkel csak közvetett módon kapcsolatban álló terület szabott jogos feltételeket. A következő alfejezetekben ezeket a problémaköröket és megoldásukat részleteiben is kifejthetjük.

A jogos repülés keretei és korlátai

A pilóta nélküli légi jármű rendszerek (továbbiakban: UAS Unmanned Aircraft Systems) légköri mérésekre való dinamikus-, igény szerinti-, akár egy időben több helyszínről történő alkalmazásának egyik akadályozó tényezője a jogszerű UAS repülések végrehajtásának szabályozási háttere. Ehhez egyrészt hozzátartozik az UAS hatósági regisztrációjához szükséges tanúsítási, besorolási eljárás lefolytatása, másrészt a légtérhasználatra jelenleg rendelkezésre álló feltételek. Ahhoz, hogy a fent említett eljárások sajátosságait bemutassuk, előzetesen át kell tekintenünk a meteorológiai méréseket végző drón repülési karakterisztikáit.

A mérődrón egy VTOL (Vertical Take Off and Landing) pilóta nélküli légi jármű (továbbiakban: UA - Unmanned Aircraft), melynek maximális felszálló tömege (MTOM- Maximum Take Off Mass) 3000 g, hasznos teher nélküli tömege pedig kb. 2600 g. A légi jármű hasznos teherként a már bemutatott meteorológiai szenzorokkal van felszerelve. A felszállást a földről távpilóta vezérli, majd ellenőrzi, mivel az UA automatizált látótávolságon túli repülést hajt végre BVLOS (Beyond Visual Line of Sight) szabályok szerint. A függőleges profilú pályán folyamatos 5-8 m/s-os sebességgel emelkedik. Az elérni kívánt magasság, a téli és nyári időszaktól függően változhat, igazodva a PHR magasságához, de ez nem haladná meg a 2500 métert AMSL (Above Mean Sea Level)-t, ami az év minden szakában biztosítaná az előrejelzések pontosításához szükséges adatok begyűjtését. Ennek a magasságnak az eléréséhez kb. 4-8 perc szükséges. A mérési maximum magasság elérése után az eszköz folyamatosan süllyed, ami a fent említett 5-8 m/s sebességnél lassabban, kb. 4 m/s sebességgel történik. Az elvégzett számítás alapján kijelenthető, hogy az mérődrón 34kJ alatti kinetikai energiával rendelkezik, amit a műveleti besorolás és későbbi kockázatelemzés miatt fontos leszögezni (Vas et al., 2021a; 2021b).

Mivel az UA egy kísérleti prototípus, ami a piacon jelenleg elérhető típusoktól eltérően szélsőségesebb időjárás határértékek mentén is képes repülést végezni, hatósági tanúsítási eljárás kell majd átesnie. A tanúsítás során, amelyet az illetékes polgári légügyi hatóság végez, gyakorlatilag a hagyományos légi járművekre előírt normák szerint, vizsgálat alá kell vonni az UA-t, mint légi járművet (típusalkalmassági vizsgálat), a tervezési és gyártási körülményeket, illetve annak karbantartási és folyamatos légi alkalmasságát biztosító rendszerét. A hatóság az előírásoknak való megfelelést tanúsítványokkal igazolja. Az UA típusáról az eljárás lefolytatását követően ún. típusalkalmassági bizonyítvány kerülhet majd kiadásra, a tervezés, gyártás és karbantartás vonatkozásában pedig szervezeti engedélyek, amelyek birtokában kimondható, hogy az eszköz biztonságos és légi közlekedésre alkalmas. A mérődrónt, ahogyan azt a tervezett repülési profil is bizonyítja, nem lehet üzemeltetni a nyílt kockázati kategória szabályai szerint, hiszen a repülési magasság a mérések során meghaladja a 120 méter magasságot terep felett (AGL-Above Ground Level). Ezért vizsgálni kell, hogy az uniós keretrendelet¹ adta határok között melyik műveleti kategóriába sorolható be az eszköz.

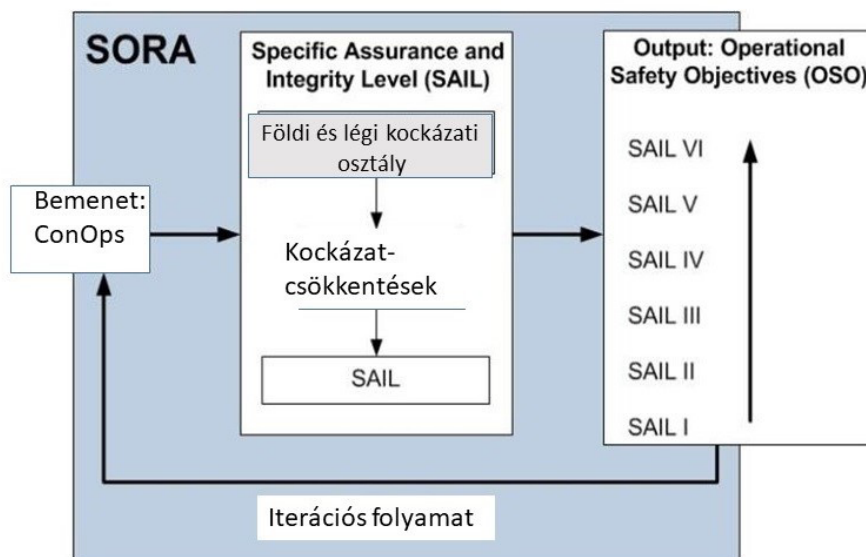
Az üzemeltetés történhet speciális műveleti kategóriában, mivel az UA repülési magassága több, mint 120 méter, és a drón jellemző mérete sem haladja meg a 3 métert. A drón ebben a műveleti kategóriában üzemeltethető BVLOS-ban is, ami az esetleges felhőzet és a nagy vertikális magasság miatt alapfeltétel. A speciális kategóriában történő üzemeltetés egyik alapfeltétele a Műveleti Leírás (OM-Operation Manual), melyet a polgári légügyi hatóságnak el kell fogadnia a repülési műveletek végrehajtása előtt.

Az OM-nek tartalmaznia kell a kérelmező szervezet leírását, viszonyát a repülésbiztonsághoz, a művelet teljeskörű leírását (ConOps-Concept of Operation), és egy részletes kockázatelemzést is, melyet a végrehajtási rendelet² 11. cikke alapján kell elvégezni SORA-alapú kockázatelemzéssel (Specific Operating Risk Assessment). Fontosabb elemei még az OM-nek a normál és rendkívüli eljárások, a Vészhelyzeti Reagálási Terv (ERP-Emergency Response

¹ A BIZOTTSÁG (EU) 2019/945 FELHATALMAZÁSON ALAPULÓ RENDELETE (2019. március 12.) a pilóta nélküli légi jármű-rendszerekről és a pilóta nélküli légi jármű-rendszerek harmadik országbeli üzemeltetéséről

² A BIZOTTSÁG (EU) 2019/947 VÉGREHAJTÁSI RENDELETE (2019. május 24.) A pilóta nélküli légi járművekkel végzett műveletekre vonatkozó szabályokról és eljárásokról

Plan), a műveletbe be nem vont emberek védelme és a naplózási szabályok. A kockázatelemzés iteratív eljárás, melynek során figyelembe kell venni a ConOps leírásait, a repüléssel érintett terület jellemzőit, az aktuális terület feletti légtér szerkezetet, a közeli repülőtereket, és a korlátozott vagy veszélyes légtereket is. A fentiek mellett fontos tényezők még az alkalmazott drón fizikai jellemzői. Mindezeket figyelembe véve a kockázatelemzés végeredménye egy Speciális Bizonyossági és Integritási Szint elérése (SAIL-Specific Assurance and Integrity Level), mely figyelembe véve a fentebb felsorolt tényezőket, egy együttes kockázati értéket mutat meg a repülési művelet egészére kihatóan (EASA, 2022). A speciális kategóriára vonatkozó SORA szerinti kockázatelemzés folyamatát szematikusan az 5. ábra mutatja.



6. ábra SORA szerinti kockázatelemzés

Forrás: Nikodem, Florian et al. (2018)

Abban az esetben, ha a kockázati értékek meghaladnak egy bizonyos értéket a kockázatcsökkentések során a megfelelő Üzemi Biztonsági Célok (OSO-Operational Safety Objective) alkalmazásával, amelyek vonatkozhatnak például a repülési körülmények, időjárási viszonyok állapotára, a repülés végrehajtásának működési korlátjaira vagy a távpilóták kompetencia szintjének növelésére, csökkenthető az összkockázat mértéke.

Előfordulhat olyan eset azonban, amikor a SORA alapú kockázatelemzés során a GRC (Ground Risk Class- Földi kockázat Mértéke) magasabb mint 7, vagy az OSO-k kínálta kockázatcsökkentési eljárások figyelembe vehetők, de nem a megfelelő robusztussággal teljesülnek, ekkor az adott repülés már nem hajtható végre a speciális műveleti kategória keretein belül.

Mivel a jelenlegi szabályozás a nyílt és a speciális kockázati kategória kiindulási kereteit teremti meg, célszerű a repülés helyszínét úgy megválasztani, hogy az a sűrűn lakott településektől, a kritikus infrastruktúrától távol legyen kijelölve. Ezzel garantálni lehet a művelet speciális és engedélyköteles kategóriában maradását, ami a hagyományos légi járművekkel egyenrangú tanúsítási eljárás alá vonná az UA hatósági regisztrációját és műveleteit. A speciális kategóriában való repüléshez a távpilótának jogszabályban³ előírt hatósági vizsgával kell rendelkeznie, emellett kellő jártassággal is, ami lehetővé teszi a felmerülő kockázatok csökkentését. A jártasság, illetve a kompetencia ez esetben azt jelenti, hogy a távpilóta nem csak a normál repülési műveletek végrehajtására képes, hanem a váratlan helyzetekben a vészhelyzeti eljárást leíró forgatókönyv alapján tud eljárni. Továbbá a távpilótának ismernie kell nemcsak az UA típus műszaki jellemzőit, hanem az üzemeltető szervezet által végzett feladatok jellemzőit is, különös tekintettel a kockázatértékelés tárgyát képező műveletfajtákra. Emellett tud csapatban dolgozni, a repülést érintő adatok tekintetében koordinálni, együttműködni a légtér gazdálkodásban és légiforgalomban érintett szolgáltatókkal.

³ 6/2021. (II. 5.) ITM rendelet a távoli pilóták képzését és vizsgáztatását végző szervezetek kijelöléséről, a távoli pilóták képzésének és vizsgáztatásának részletes szabályairól, valamint a vizsgán való részvétel díjáról

Fontos megemlíteni, hogy a speciális kockázati kategória bevezetések az unió első körben csak az STS-1 és STS-2 forgatókönyvek szerinti repülések végrehajtásához adja hozzájárulását, amelyeket kizárólag a 120 m alatti repülésekre definiáltak. A kockázatértékelési és -kezelési eljárások azonban egy másik módszer alkalmazását is lehetővé teszik, a már említett EASA (2022) kiadvány alapján, mégpedig a PDRA (Pre-defined Risk Assessment) szerinti kockázatértékelési eljárást.

Míg az STS-ek részletesebben írják le a műveleti kockázatokat és az azok enyhítését célzó módszereket a SORA alkalmazásával, a PDRA-k rendelkezései meglehetősen általánosan vannak leírva annak érdekében, hogy rugalmasságot biztosítsanak az UAS repülések számára. Az üzemeltetők és az illetékes hatóságok korlátozásokat és rendelkezéseket állapíthatnak meg, amelyek igazodnak a tervezett sajátosságokhoz és tevékenységekhez. Olyan UAS operátorok számára célszerű ezt a megoldást választani, akik még nem rendelkeznek az STS-ekben a műveletekhez előírt CE⁴ besorolással vagy saját építésű eszközzel repülnek.

1. táblázat PDRA G02 összefoglaló táblázata

PDRA	Kiadás dátuma	UAS karakterisztikája	BVOL/VLOS	Terület jellege	Távoli pilótától való távolság	Maximális magasság	Légtér	AMC
PDRA G02	2021. július	3 m fesztávolság alatt és 34 kJ alatti kinetikai energia	BVLOS	ritkán lakott	N/A	Amit a lefoglalt légtér magassága lehetővé tesz	Műveletre lefoglalt légtér	AMC 3

Forrás: EASA (2022) 39. o. alapján

A fenti összefoglaló táblázatban is látható, illetve maga a 120 méter AGL feletti repülési magasság is alátámasztja, hogy a szükséges kockázatelemzés elvégzése, és a repülés végrehajtásához szükséges hatósági engedély rendelkezésre állásának ellenére a műveletet csak az erre a célra kijelölt légtérben lehet lebonyolítani. Mivel a felszállási terület, esetünkben a zalaegerszeg-andráshidai repülőtér, nem rendelkezik saját légtérrel, amit UAS repülésekre is lehetne használni, amennyiben azt a hatóság által elfogadott repülőtérrendben feltüntetik, egyetlen megoldásként az eseti légtér kijelölése szolgálhat. Az eseti légtér – ami az egyéb, légiközlekedési tevékenységektől eltérő repülésekre jelölhető ki – az egyetlen megoldás jelenleg az olyan repülésre veszélyes tevékenységek végrehajtására, amelyeket az ország területe felett bárhol, a rendeletben⁵ veszélyes tevékenységekre kijelölt légterek helyén és felhasználási idején kívül szeretnének végrehajtani.

A jelen alfejezetben kifejtett indokok alapján a Polgári Légiközlekedési Hatóságnál az érintett műveletek vonatkozásában műveleti engedély kiadását kezdeményeztük. A hatósági eljárás jelenleg a hiánypótlás fázisában van, várhatóan 2022 novemberében zárul le. Ezt követően a repülések végrehajtásához igényelt eseti légtérben a tervezett mérési feladatok a műveleti engedélyben meghatározott magasságig teljesíthetőek lesznek.

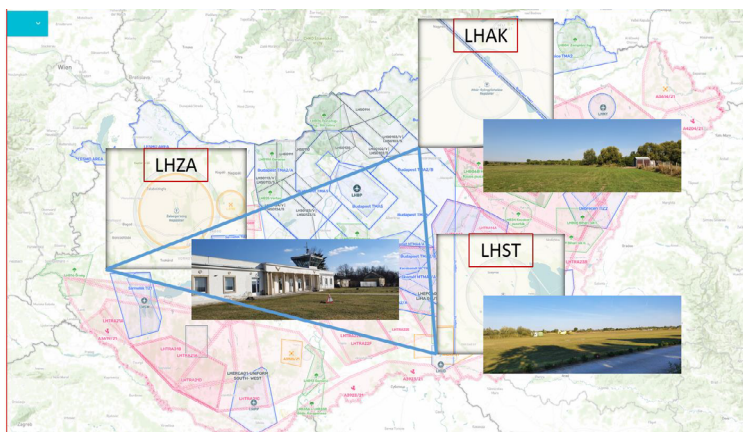
A mérési helyszínek kiválasztása

A mérési helyszínek kiválasztása során a legfontosabb szempontok azok voltak, hogy a mérési protokoll végrehajtásához kellően nagy és jól megközelíthető nyílt terület álljon rendelkezésre, továbbá az üzemeltetéshez szükséges infrastruktúra is elérhető legyen. A repüléshez kötődő szoros kapcsolatunkból azonnal adódott a lehetőség, hogy a mérési helyszínek repülőtereken legyenek kijelölve. Ugyanakkor a mérési és egyben repülési feladat jellegéből adódóan olyan alacsonyabb kategóriájú repülőtereket volt szükséges választani, ahol nem jelentős a forgalom, így

⁴ A BIZOTTSÁG (EU) 2019/945 FELHATALMAZÁSON ALAPULÓ RENDELETE (2019. március 12.) a pilóta nélküli léggépjármű-rendszerekről és a pilóta nélküli léggépjármű-rendszerek harmadik országbeli üzemeltetéséről

⁵ 26/2007. (III. 1.) GKM-HM-KvVM együttes rendelet a magyar légtér légiközlekedés céljára történő kijelöléséről

az üzemeltetés sem jelent túlzott mértékű biztonsági kockázatot. Ennek megfelelően a mérőrendszer állomása-
inak elhelyezése a tervek szerint IV. kategóriás repülőtereken kerül megvalósításra. A kezdeti 3 kijelölt repülőtér
LHZA (Zalaegerszeg-Andráshida), LHST (Szatymaz) és LHAK (Atkár), amelyek elhelyezkedése a 6. ábrán látható.

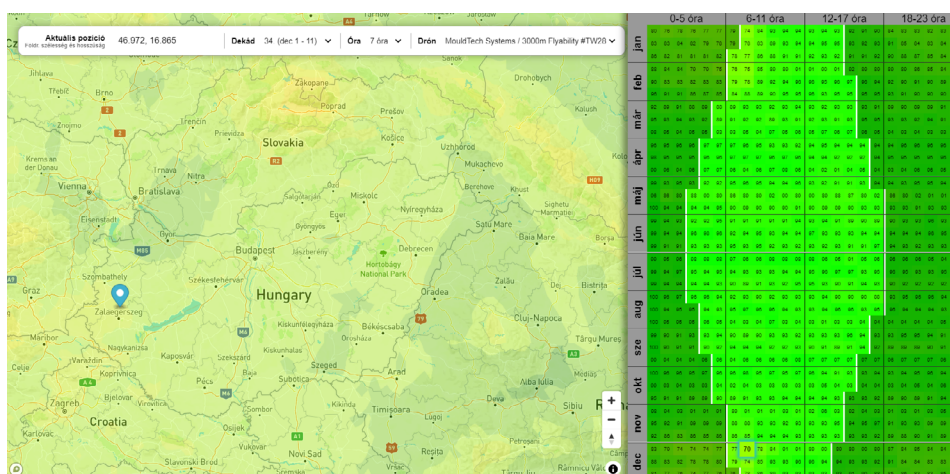


7. ábra A tervezett mérőhálózat első helyszínei

Forrás: Saját szerkesztés

A mérődrón rendelkezésre állása

A drón mérőhálózat tervezésekor figyelembe kellett vennünk, hogy a rendszer igen széles időjárás-tartományban legyen képes repülni és mérni, hiszen az operatív működés során a rendelkezésre állás tekintetében a rádiószondá-
zó rendszerek paramétereit kell megközelítenünk. A mérleg másik serpenyőjében ezzel szemben a mérési feladat
biztonságos végrehajtása volt, ami a költséghatékonysági megfontolásokkal együtt nem engedhette meg a mé-
rődrón elvesztésének vagy károsodásának kockázatát. Ezért a repülési időjárás-tartományt úgy határoztuk meg,
hogy az év során a rendelkezésre állás lehetőleg egyenletesen magas értékű legyen (éves átlagban 90% feletti),
és emellett a drón ne kerüljön olyan környezeti feltételek közé, amelyek a fent említett kockázatokkal járhatnak.
Az üzemeltetésre vonatkozóan ezért már a tervezés folyamatában meghatároztuk azokat a műveleti határérté-
keket, mint a hőmérséklet, a nedvesség, az intenzívebb csapadék és a jegesítő körülmények, amelyek átlépését
nem tartottuk megengedhetőnek. Mindezekre vonatkozóan a Középtávú Időjárás-előrejelzések Európai Központja
(ECMWF) ERA5 publikus re-analízis adatbázisainak felhasználásával a Kárpát-medence térségére elvégeztük a ha-
tárértékeknek való megfelelés ellenőrzését a 2006-2022 közötti időszakban órás időlépcsővel. Ráadásul a repülés
karakterisztikáihoz igazodva ezeket nem csak a felszínre vagy annak közeli környezetére vonatkoztatva, hanem
egészen 3000 méteres tengerszint feletti magasságig, 16 magassági szint figyelembevételével határoztuk meg.
Az így előálló kompakt kimutatások több száz GB, speciális formátumú nyers meteorológiai adat feldolgozását
igényelték.



8. ábra A mérődrón rendelkezésre állása a Kárpát-medencében (balra) a december eleji reggeleken és a Zalaegerszeg-Andráshida repülőtérre
vonatkozó éves táblázata

Forrás: Saját szerkesztés

A kapott eredmények (7. ábra) mindhárom tervezett helyszínen 90-95% közötti átlagos rendelkezésre állást mutatnak, és még a legalacsonyabb értékekkel bíró dekádok esetében is 85%-ot meghaladó a napi átlagos érték. Ez utóbbi információ azt jelenti, hogy átlagosan körülbelül minden 8. mérést kell időjárás okok miatt törölni vagy elhalasztani.

Ezek az eredmények ugyan némileg elmaradnak a rádiószondás rendelkezésre állás szintjétől, de a velük nyerhető többletinformáció messze kompenzálja ezt a különbséget.

Várható eredmények

A korlátos tartományú prognosztikai modellek meteorológiai előrejelzéseihez szükséges kezdeti feltételeket a globális előrejelzésekből származó mezők saját modellrácsra történő interpolálásával származtathatjuk. A kis- és közepes léptékű folyamatok által befolyásolt rövid távú előrejelzések minősége nagy mértékben növelhető oly módon, ha a globális modell inicializációs idejét követő időpontban a planetáris határrétegből származó profil mérések adatait asszimiláljuk a kezdeti feltételekbe. Ezáltal 6 óránként szolgáltatathatók az integrált globális modell outputok, mint kezdeti és peremfeltételekre vonatkozó korlátos tartományú modell előrejelzés alternatívájaként +3 óra időelőnyvel futtatott előrejelzés, amely már csak az operatív rádiószonda és a felszíni szinoptikus mérési adatok figyelembevételével is rendszeresen minőségi javulást biztosít a korábbi előrejelzésekhez képest. A drón platformon végzett megfigyelések további jelentős minőségi javulást ígérnek az előrejelzésekben, olyan időelőnyvel, amivel nem rendelkezik egyik globális szolgáltató sem. A jelen cikkben is felvázolt megoldás ezt a szegmenst célozza meg.

A megoldás eredményessége szinte garantált, annak technikai megvalósítása azonban számos kérdést vet fel. Ezek technikai kivitelezése is része a jelen cikkben ismertetett projektnek.

A profil mérési adatokat igen nagy idő- és térbeli felbontásban lehetséges előállítani: 2 Hz-es felbontásban 8 m/s emelkedési és 4 m/s süllyedési vertikális sebesség esetén ez 4, illetve 2 méteres vertikális felbontást jelent, de mint minden mérési adat, ezek az adatok is véletlenszerűnek tekinthető mérési hibával terheltek. Ezt a fajta hibát kell kiszűrni, és a gyakoriságból származó túlzott reprezentáltságot kell a mérések megbízhatóságának szintjére redukálni a megfelelő mintavételezéssel. Emellett az adatokat olyan formátumba szükséges konvertálni, amelyek megfelelő bemenő adatformátumúak az előrejelző meteorológiai modell számára. A fentiek biztosítására a mért profiladatokat a meteorológiai előrejelző modell vertikális integrálási rácpontjainak megfelelő szintjeire interpoláljuk másodfokú polinom illesztéssel. A planetáris határrétegben mért és a fentiek szerint illesztett vertikális profilmérési adatokat asszimilálva jelentős minőségi javulás várható az előrejelzési adatokban.

Tekintettel arra, hogy a drón platformon végzett rendszeres planetáris határréteg-mérési adatok a műveleti engedély hiányában még nem állíthatók elő, ezért a modellelőrejelzések verifikációja jelenleg még nem hozzáférhető. Az viszont már most elmondható, hogy az adatok fogadásához szükséges rendszer technikailag rendelkezésre áll, és a közeljövőben várhatóan megszerzett hatósági engedély birtokában elérhetővé váló meteorológiai mérési adatokkal azonnal ellenőrizhető lesz, hogy a rendszer milyen hozzáadott értékkel rendelkezik (Szirocák et al., 2022).

Jövőbeli kihívások, tervek

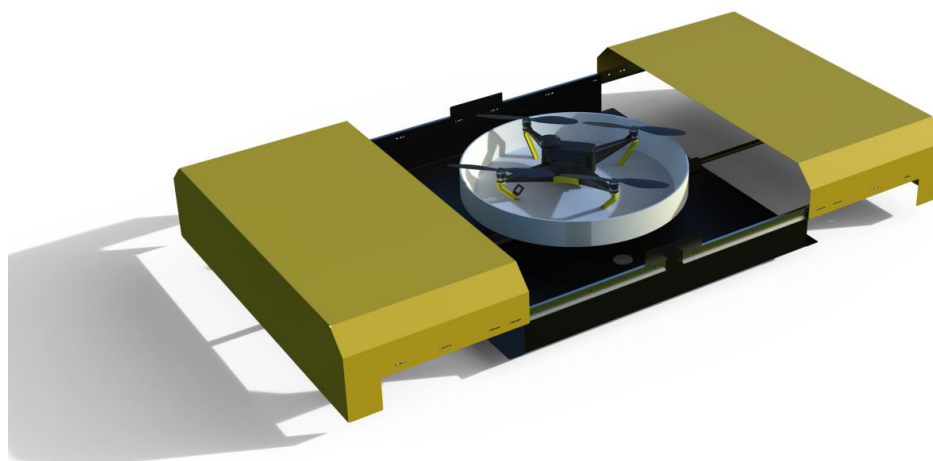
Talán a cikk tartalma alapján is egyértelmű: a drónos mérőhálózat kialakítása és az operatív működést akadályozó nehézségek kiküszöbölése jól halad, de még számos feladat vár megoldásra a célállapot eléréséig. A teljesség igénye nélkül az alábbiakban ismertetünk néhány ránk váró kihívást, illetve a kihívásokra adott válaszainkat és terveinket is.

Ahogy a bevezetésben is említettük: a WMO 2024 márciusától fél év időtartamú, globális drónos mérési kampányt tervez. Ebben a mérési kampányban már a legalább három helyszínen operatíván működő mérőhálózatunkkal szeretnénk részt venni adatszolgáltatói szerepkörben.

A kezdeti három helyszín után az adatasszimilációs tesztek eredményei alapján a jövőben szeretnénk meghatározni a mérőhálózat helyszíneinek optimális számát, valamint javaslatot megfogalmazni azok lokációjára vonatkozóan. Bár kezdetben az eseti légtér segítségével a folyamatos kísérleti üzem megvalósulhat, de hosszútávon egy hatékonyabb megoldásban gondolkodunk. Az eseti légtér ugyanis egy rugalmatlan, a légtér gazdálkodási egységek számára előre nem tervezhető, de jelen helyzetünkben a légi kockázatok csökkentésére az egyedül rendelkezésre álló megoldás. Mivel az eseti légtér igénylésének és kijelölésének rendje egy hosszadalmas eljárás, továbbá UAS

repülések végrehajtására csak korlátozott ideig jelölhető ki, így a jövőben célszerű lenne az érintett repülőtér felett, egy a repülőtér részéről aktiválható légtér kijelölése. A légtér tulajdonságait tekintve legyen UAS repülésekre is felhasználható, a működési rendje a légtérhasználók számára publikus és ismert légtérként, a légtérhasználók számára publikus és ismert légtérként. Ez az újfajta légtér konstrukció hosszútávú, hatékony megoldásként szolgálhatja az UAS rendszerek kísérleti és kutatási célú repüléseit is az adott helyszínek felett. Mindemellett a meteorológiai célú függőleges profilú repülések engedélyeztetésének következő lépéseként az egy távpilóta által több drón üzemeltetésének hatósági engedélyeit célszerű elindítani. Ennek oka, hogy a speciális kategóriába tartozó repülések ezzel a felhasználással, valamint a drónraj (swarm) repülések végrehajtásával egészültek ki.

További tervünk, hogy a légköri méréseket végző drón egy speciális földi egységben (8. ábra) kerüljön elhelyezésre, amikor nem végez repülést.



9. ábra A mérődrón és a kiszolgáló/befogadó földi állomás tervének látványrajza

Forrás: Saját szerkesztés

Ez egy zárt és szigetelt teret biztosítana a drón biztonságos tárolásához, és egyben az akkumulátorok töltéséhez, cseréjéhez, valamint az adatkapcsolat fenntartásához szükséges elektromos ellátást és internetcsatlakozást is garantálná. Ebben a földi egységben kapnának helyet a drón rendszert ellenőrző szenzorok, melyek segítségével távolról is lehetségessé válna a leszállás utáni ellenőrzések végrehajtása és nyomon követése is.

Felhasznált irodalom

- Bottyán Zsolt (2016): A pilóta nélküli repülőeszközök meteorológiai alkalmazásának lehetőségeiről I.: Az időjárás-felderítés. Repüléstudományi Közlemények, 28(2), 57-70. o.
- Bottyán et al. (2022): Innovatív kihívások a drón repülések meteorológiai támogatásában, különös tekintettel az utm/u-space rendszerre. Repüléstudományi Szemle, Kiadás alatt.
- Bottyán Zsolt – Tuba Zoltán – Vránics Dávid Ferenc (2021): Innovatív megoldások a drón repülések meteorológiai támogatásában. In: Békési, Bertold; Buday, Tamás (szerk.) Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban 2021 Konferencia: Környezet- és Földtudományok, Műszaki Hidrológia és Repüléstudomány Szekció előadások kiadványa. Debrecen, Magyarország: MTA TABT Debreceni Területi Bizottság Titkársága, 37-41. o.
- EASA (2022): Easy Access Rules for Unmanned Aircraft Systems <https://www.easa.europa.eu/en/downloads/110913/en> (2022.10.01)
- Károly Krisztián (2019): LoRaWAN-technológia felhasználási lehetőségei a katonai alkalmazások tükrében. Hadmérnök, 14, 101-111. o.
- Leuenberger, Daniel et al. (2020): Improving High-Impact Numerical Weather Prediction with Lidar and Drone Observations. Bulletin of the American Meteorological Society, 101(7), 1036 – 1051. o. <https://doi.org/10.1175/BAMS-D-19-0119.1>
- Nikodem, Florian – Dittrich, Jörg Steffen – Bierig, Andreas (2018): The new specific operations risk assessment approach for uas regulation compared to common civil aviation risk assessment, Deutscher Luft- und Raumfahrtkongress, 2018, szeptember 4-6., Friedrichshafen, 9 o. <https://elib.dlr.de/121660/> (2022. 10. 01.)
- Pinto, James O. et al. (2021): The Status and Future of Small Uncrewed Aircraft Systems (UAS) in Operational Meteorology, Bulletin of the American Meteorological Society, 102(11), 2121-2136 o. <https://journals.ametsoc.org/view/journals/bams/102/11/BAMS-D-20-0138.1.xml> (2021.12.30.)
- Sziroczák Dávid – Rohács József – Rohács Dániel (2022): Review of road weather management improved by the use of drone-based mobile meteorological measurements. Progress in Aerospace Sciences. Vol. 134. 1-20. <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0376042122000513?token=D21B412540BA172E34055F0AC9CC643F84DB7EA2365AAC6CFC6FC9C38199C11866E17298F3386D88554A8F372CA93DE&originRegion=eu-west-1&originCreation=20221004070320>
- Vas et al. (2021a): The flight authorization of the automatized VTOL UAS for meteorological sensor measurement, Acta Avionica Vol 23, No 2, <https://doi.org/10.35116/aa.2021.0010> (2022.10.01)
- Vas et al. (2021b): VTOL (Vertical Take off and Landing) UAS (unmanned aircraft system) alapú meteorológiai előrejelző rendszer fejlesztésének lehetőségei és kockázatai a repülőtereken. In: Békési, Bertold; Buday, Tamás (szerk.) Műszaki Tudomány az Észak-kelet Magyarországi Régióban 2021 Konferencia: Környezet- és Földtudományok, Műszaki Hidrológia és Repüléstudomány Szekció előadások kiadványa. Debrecen, Magyarország: MTA TABT Debreceni Területi Bizottság Titkársága, 49-54. o.

Műhelytanulmány

Észtország közlekedéspolitikája – szemelvények és tanulságok az OECD-ITF bevonásával kialakított közlekedési és mobilitási mestertervből

 Beküldve: 2021.01.15.
 Elfogadva: 2021.06.30.
 Online közzétéve: 2022.10.24.


OSZTER VILMOS szenior kutató, tudományos munkatárs, Közlekedéstudományi Intézet, Közlekedésstratégiai Osztály, oszter.vilmos@kti.hu

Absztrakt: Az észt szakminisztérium 2020 végén fogadta el a tizenöt évre szóló közlekedési és mobilitási mestertervét. Jelen cikk a mesterterv (master plan) OECD ITF bevonásával, széles körű nemzetközi együttműködésben kidolgozott megalapozó tanulmányát dolgozza fel, bemutatva a felvetett intézményi, szabályozási és stratégiaalkotási modelleket és javaslatokat. A hazánkkal sok tekintetben hasonló helyzetű Észtország kihívásai és az arra adott válaszok releváns tanulságokkal szolgálhatnak a magyar közlekedéspolitika alakítása kapcsán is.

Kulcsszavak: közlekedéspolitika; ingyenes tömegközlekedés; intézményrendszer; OECD ITF; Észtország

Transport policy in Estonia – insights and lessons from the Transport and Mobility Master Plan developed with the OECD-ITF

Abstract: The Estonian Ministry of Transport and Communications adopted its fifteen-year Transport and Mobility Master Plan at the end of 2020. This article elaborates on the founding study of the Master Plan, developed in a broad international cooperation with the OECD ITF, presenting the institutional, regulatory and strategy building models and proposals put forward. The challenges faced by Estonia, which is in many respects in a similar situation to Hungary, and the responses to these challenges can provide relevant lessons for the development of transport policy in Hungary.

Keywords: transport policy; free public transport; institutional framework; OECD ITF; Estonia

Bevezetés

Az alig több mint száz éve függetlenné vált Észtország az időszak alig felében volt csak valóban független. A Magyarországgal nemcsak nyelvi, hanem történelmi és részben gazdaságtörténelmi szempontból is párhuzamba állítható Észtország területe hazánk területének mintegy felét teszi ki (45 226 km²). Népeségszámban (1,32 millió fő) viszont jelentősen elmarad hazánktól, a szovjet időszak alatt körülbelül duplájára duzzasztott Tallinn napjainkban megközelítőleg az észt lakosság harmadának (434 ezer főnek) a lakóhelye. A további népesség is 70%-ban a 47 városi jogállású településen koncentrálódik, de az átlagos népsűrűség mindent egybevéve csupán 29 fő/km², ami a hazai érték harmadát sem éri el. Az Észak-Európában egyáltalán nem szokatlan alacsonyabb népsűrűség a korábbi évszázadokban jelentősebb hatású éghajlati tényezők mellett a sík-dombos terület alacsony mezőgazdasági potenciáljával is összefügg. Az ország területének 43%-át (leginkább túlveles) erdő borítja, ami a kétezernél is több sziget közül a nagyobbakra is jellemző. (Mindössze öt népessége haladja meg az ezer főt.)

A közlekedési rendszernek, illetve a rendszert formáló közlekedéspolitikának tehát ezen adottságok között kell hatékony választ adnia korunk kihívásaira. A helyzetet valamelyest könnyíti, hogy az észt gazdaság fejlettsége 2019-re a vásárlóerő-paritáson (PPS) számított egy főre jutó uniós bruttó hazai össztermék (GDP/fő) 84 %-át¹ érte el. A történelmileg legfejlettebb balti tagállamot a poszt-szocialista tagállamok közül már csak a hagyományosan élenjáró cseh és szlovén gazdaság előzi le, holott a függetlenség elnyerésekor, 1991-ben még jócskán el volt maradva a közép-európai szinttől. Továbbá Észtország nem örökölt államadósságot a szovjet időszakból, és kiegyensúlyozott makrogazdasági fejlődésének köszönhetően a GDP-hez arányosított államadósságot azóta is sikerült

¹<https://ec.europa.eu/eurostat/databrowser/view/tec00114/default/table?lang=en> (utolsó hozzáférés: 2020.12.16.)

8,4%-on tartania², mely az egész Európai Unió messze legalacsonyabb értéke.

A 2035-ig tartó időszak megalapozott közlekedési fejlesztéseinek elősegítése érdekében az észtpénzügyekért és infrastruktúráért felelős minisztérium 2018-ban segítséget kért az EU strukturális reformokat támogató programjától (Structural Reform Support Programme, SRSP). Világszerte első alkalommal alakult ki szakpolitikai tanácsadásban együttműködés a világ 62 legfejlettebb országát tömörítő Gazdasági Együttműködési és Fejlesztési Szervezetéhez (OECD) tartozó közlekedési tudásközpont (Nemzetközi Közlekedési Fórum, hivatalosan International Transport Forum, ITF) és az Európai Bizottságban az SRSP-nek helyet adó Strukturálisreform-támogató Főigazgatóság (DG REFORM) között.

Az együttműködés eredményeként a jelenlegi közlekedéspolitikai helyzet áttekintése és a reformokra vonatkozó javaslatlétel történt meg, melynek eredményeként előállt a közlekedéspolitikai kialakítását segítő, átfogó megalapozó dokumentum, az Input study (ITF, 2020). A dokumentum fontos alkotóeleme volt az észtp országos forgalmi modell építése a scenáriók tesztelésére, valamint a szakmai és érdeklődő civil szervezetek, állampolgárok közösségi tájékoztatása, bevonása az átláthatóság növelése érdekében.

Jelen cikkben összefoglalva mutatjuk be a fent említett dokumentum főbb szervezeti és alágazati megállapításait és javaslatait.

Intézményi kihívások

A számos külföldi szakértő bevonásával készült, koncepcióalkotást támogató dokumentum 61 teendőt azonosított 10 szakterületre (1. táblázat).

1. táblázat Tematikus észtp közlekedéspolitikai reformterületek

Szakterület	Azonosított reformok száma
Intézményi háttér	6
Infrastruktúra-tervezés és projekt kiválasztás	3
Infrastruktúrához kapcsolódó közbeszerzés, pályázatadás	9
Infrastruktúra finanszírozása és a PPP-k szerepe	1
Közúti áruszállítás	6
Vasúti áruszállítás és infrastruktúra	9
Egyéni közlekedési szokások befolyásolása és a közforgalmú közlekedéspolitikai	13
Tengerhajózás	4
Légi közlekedés	4
Jövő közlekedése – technológiai és éghajlatváltozási alkalmazkodóképesség	6
Összesen	61

Forrás: ITF (2020) alapján saját szerkesztés

Az átfogó elemzés során hamar világossá vált, hogy más országokhoz – köztük részben hazánkhoz is – hasonlóan a jellemzően más társadalmi-gazdasági szférák igényeit kiszolgáló közlekedési ágazatnak nincsen egységes fejlesztési és a működését hatékonyan szervező, intézményi háttere. Ez a hiányosság még a nemzetközi felmérések³ szerint a korrupció által legkevésbé érintett Észtporszag esetében is negatívan hat a beruházások rangsorolására. Az ITF elemzői számos utólagos vizsgálat alapján megállapították, hogy az EU által elvárt költség-haszon elemzések (CBA) és egyéb támogató dokumentumok, valamint szakanyagok jellemzően a korábban meghozott fejlesztési döntések utólagos alátámasztásaként szolgálnak⁴.

Ennek érdekében fontos, hogy legyen egy vezető közgazdász által irányított mintegy 15 fős szakértői csapat, releváns szaktudással és versenyképes fizetéssel a legtehetségesebb munkaerő felvételére és megtartására. A javaslat értelmében ez a szakmai erőforrásközpont (Technical Resource Centre, TRC) az észtp Gazdasági és Kommunikációs Minisztériumon (MEAC) belül jöhetne létre (1. ábra). Az erőforrásközpont megfelelő szakmai, anyagi és szervezeti jogosultságokkal is bírna, egyebek mellett a vezetőjének lehetősége nyílna közvetlenül egyeztetni a miniszterrel.

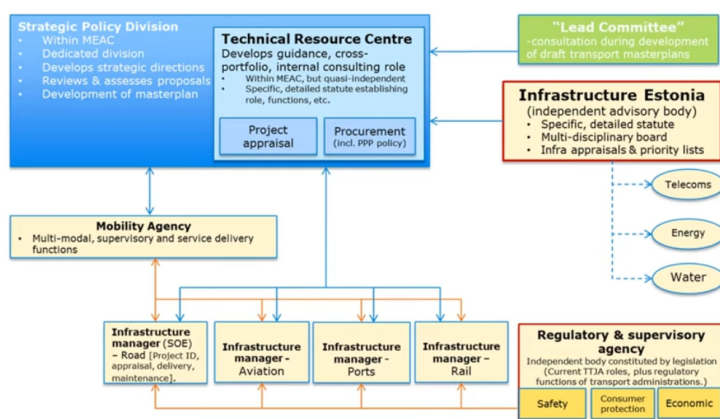
² <https://countryeconomy.com/national-debt> (utolsó hozzáférés: 2020.12.16.)

³ <https://tradingeconomics.com/country-list/corruption-rank> (utolsó hozzáférés: 2020.12.16.)

⁴ „Rendelkezésre áll a költség-haszon elemzés mint módszertan ismerete és a tapasztalat az alkalmazásában, habár jellemzően a korábban meghozott döntések igazolásának eszköze.” (ITF, 2020: 44, a szerző fordítása)

Az erőforrásközpont támogatást nyújtana a fejlesztési projektek generálásához, rangsorolásához, megvalósításához, és egyúttal a beruházások beszerzéseit is felügyelné. A magas szintű elméleti tudás kiegészítéseként javasolják továbbá az erőforrásközpont szakértő munkatársainak delegálását operatív munkakörökbe évenként több rövidebb időszakra az egyes alágazati (közúti, légi, vasúti, kikötői) infrastruktúra-kezelőkhöz (Infrastructure manager Road/Aviation/Rail/Port), illetve a közforgalmú közlekedést országos szinten szervező mobilitási ügynökséghez (Mobility Agency). Munkájukat a minisztériumon belül stratégiai szakpolitikai főosztály is támogatná, a projektrangsoroláshoz pedig egy sokoldalú független tanácsadótestület (Infrastructure Estonia) nyújtana támogatást, a végső mesterterv megalkotásának folyamatát pedig egy vezető szakértői bizottság (Lead Committee) is segítené. Az ITF véleménye szerint⁵ a stratégiai szakpolitikai főosztály jelenleg különösen hiányzik a szervezetből. A felvázolt döntéshozatali és szakpolitikai mechanizmus egyúttal segíti a rövid távú politikai megfontolású, nem feltétlenül valóban hasznos fejlesztések elleni küzdelmet a hosszú távú víziókba és koncepciókba illeszkedő, alaposan átgondolt, valóban indokolt fejlesztések és projektek javára.

A sok tekintetben analóg észak-európai, különösen a svéd közlekedési intézményrendszerrel összevetve számottevő különbség, hogy az ITF szakértői az észti intézményrendszert nem egységes, hanem a már említett állami tulajdonú alágazati (közúti, légi, vasúti, kikötői) infrastruktúra-kezelők létrehozásával ajánlják, amelyekhez hatékonyságösztönzést támogató szabályozást javasolnak. Továbbá elkülönített szabályozó és hatósági funkciókat (fogyasztóvédelem, közlekedésbiztonság, piacfelügyelet) is ellátó szakosított ügynökség (Regulatory & supervisory agency Consumer Protection/Safety/Economic) létrehozása is szükséges, mely nagyban támaszkodik a már jelenleg is meglévő szervezetekre.



1. ábra A javasolt közlekedési intézményrendszer Észtországban

Forrás: ITF (2020: 36)

Fontosnak tartják továbbá a kiterjedt folyamatos és alapos kockázatelemzést a döntéshozatal előtt. A megfelelően beárazott infrastruktúra-fejlesztési közbeszerzések elősegítik a valós verseny kialakítását az egyes pályázók között. Az ITF szakértői által megvizsgált 1 millió eurónál magasabb értékű infrastruktúra-fejlesztési közbeszerzések több mint felénél (25-ből 13 esetben) a jellemzően „nagyvonalúan” kiírt összeggel pontosan megegyező összeggel nyújtottak be ajánlatot, az esetek negyedében nem is volt több ajánlattevő. Összességében megállapítható, hogy a projekteknél csak igen kis százalékban fordult elő költségtúllépés, sőt, a vizsgált tízéves időszak fejlesztési projektjei a kiírásban szereplő összeghez képest átlagosan 13%-kal alacsonyabb áron valósultak meg.

Szabályozási és pénzügyi kihívások

A koronavírus-világjárvány 2020 eleji megjelenése előtt az egyik legfontosabb és leggyakrabban előforduló közlekedéspolitikát befolyásoló tényező a karbonsemlegesség, illetve a szén-dioxid és egyéb üvegházhatású gázok közlekedési eredetű kibocsátásának csökkentése volt. Észtország a viszonylag alacsony népességszáma, valamint az ország északkeleti részén koncentrálnak, szovjet időszakból örökölt környezetszennyező olajpala-bányászata és az erre települt vegyipar következtében a második legmagasabb egy főre jutó üvegházhatású gázkibocsátását

⁵ „Kulcsprobléma a magas szintű szakmai kapacitásokkal rendelkező, erős stratégiai szakpolitikai osztály hiánya a Gazdasági és Kommunikációs Minisztériumban.” (ITF, 2020: 14, a szerző fordítása)

tudhatja magáénak az EU-ban. Észtországból 2017-ben fejenként mintegy évi 16 tonna üvegházhatású gáz került a légkörbe (ITF, 2020) – ez a fajlagos mennyiség hozzávetőlegesen a duplája az uniós átlagnak. Fontos teendő tehát a kibocsátás csökkentése, amelyre a közlekedésen belül is van lehetőség, ennek részleteit alább az egyes alágazatok helyzetének ismertetésekor bővebben kifejtjük.

Ezzel összefüggésben az ITF szakértői egyrészt az üzemanyagadó fokozatos csökkentését javasolják a hatékonyabb, növekvő arányban elektromos meghajtású járművek elterjedése miatt. Másrészt viszont a kieső adóbevételek pótlására használatarányos elektronikus útdíj bevezetését javasolják, nemcsak a tehergépjárművek, hanem a személygépkocsik esetében is. A vidéki térségekben a nagyobb átlagos távolságú utazásokat az elektronikus rendszerben lehetőség lenne szociális alapon is támogatni, míg a valós közösségi közlekedési alternatívákat kínáló nagyvárosok (elsősorban Tallinn) közelében akár behajtási díjjal is tovább lehetne terhelni. A elektronikus útdíjfizetési rendszer típusáról és beruházási, valamint fenntartási költségéről nem esik szó az ITF tanulmányában. A 2018-ban bevezetett, jelenleg is érvényben lévő, csak a 3,5 tonna össztömeg feletti tehergépjárművekre vonatkozó – európai irányelv⁶ miatt mindössze napi 9–12 eurós jelképes áron kínált – úthasználati jogosultság⁷ helyett bevezetésre javasolt általános használatarányos útdíj egyúttal csökkentené a napjainkban jelentős üzemanyag-turizmusból és a nagyvárosok forgalmi torlódásaiból keletkező veszteségeket. Az üvegházhatású gázok esetén ez a lépés hosszú távon mintegy felére csökkenthetné a kibocsátást. 2020-ban átmeneti jelleggel literenként 7 eurócenttel csökkentették a gázolaj adótartamát, ami 43 millió eurót hagy a közúti fuvarozóknál, illetve a környezetet fajlagosan jobban szennyező dízelautó-tulajdonosoknál. Ezzel a lépéssel tovább nőtt a benzin és a gázolaj adótartamának uniós szinten is jelentős különbsége a környezetet jobban szennyező gázolaj javára. Az előállt kedvezőtlen helyzet orvoslására az ITF egyértelműen más pénzügyi szabályozási eszközökkel javasolja a közúti árufuvarozók – piaci versenyt nem torzító – támogatását az általános használatarányos elektronikus útdíjrendszer bevezetéséig.

Fontos kiemelni, hogy az ITF álláspontja szerint az alágazaton belül keletkező bevételeket viszont alágazaton belüli útfenntartáshoz, illetve kisebb útépitésekhez kellene felhasználni. Egyúttal fontos célként határozzák meg a környezetbarát (lehetőleg nem egyéni tulajdonú) járműflotta terjedésének a környezetterheléssel arányos, differenciált adóalapú ösztönzését, elsősorban a városias térségekben, amely a városi térhasználat és a vizuális környezetszennyezés mellett középtávon a közlekedésből származó üvegházhatású gázok kibocsátásának 30%-os csökkentését is lehetővé tenné.

A költséges infrastruktúra-fejlesztések pénzügyi fedezetének előteremtésére korlátozott körben (pl. kikötő- vagy repülőtér-fejlesztés kapcsán, amelyeknél az üzemeltetőnek jelentős ráhatása lehet a forgalom alakulására), körültekintő forgalmi és bevételkockázati megállapodás esetén a PPP (public-private partnership) megfontolását is javasolják. Az ITF a tapasztalatok alapján egyértelműen ellenzi ugyanakkor a PPP-konstrukció alkalmazását a vasúti, sőt, a közúti alágazat esetében is Észtországban.

A világszinten egyik legismertebb észt kezdeményezés a majdnem országos és majdnem ingyenes közforgalmú közlekedés bevezetése volt egy háromnegyedes támogatású népszavazást követően előbb 2013-ban Tallinnban, majd 2018-ban 15 megyéből 11-ben, sokszínű részletszabályokkal: észtországi lakos, helyi lakos, uniós polgár, bárki, ezek kombinációja város- vagy megyehatár esetében, továbbá életkor, foglalkozás, szociális helyzet, kötelező regisztrációs (e-)jegy stb.

Hasonló méretű területen és rendszerszinten ingyenes, azaz a szakirodalom szerint (Cats et al., 2017; 2018) pontosabban kifejezve díjmentes közforgalmú közlekedésre eddig nem volt hasonló példa a világban (vö. Ács – Kövesdi, 2022). Észtországban a rövid távú, kismértékű átterelődés részben a nem motorizált egyéni módok felől történik és az amúgy is véges kapacitású csúcsórákban jelentkezik, ami többlet szállítási kapacitások finanszírozását követelheti meg – ezáltal és a kieső bevételek miatt pedig még nagyobb függést jelent az üzemeltető számára a megrendelő, finanszírozó hatóságtól. Hosszabb távon az ITF a szolgáltatások minőségi romlását vetíti előre, ráadásul a korlátok nélküli ingyenes utazások esetlegesen a városi szétterülés további gyorsulását is okozhatják, ezért az szakértők nem is javasolják az alkalmazását.

Forgalmi modellezés

Az ITF szakértői testülete jelentős segítséget nyújtott Észtország forgalmi modelljének létrehozásához. Az általános gyakorlat alapján az egyes forgalmi kategóriáknak megfelelően három különböző modell kialakítása történt

⁶Az Európai Parlament és a Tanács 2011/76/EU irányelve (2011. szeptember 27.) a nehéz tehergépjárművekre egyes infrastruktúrák használatáért kivetett díjakról szóló 1999/62/EK irányelv módosításáról

⁷<https://teetasu.ee/rates> (utolsó hozzáférés: 2020. december 18.)

meg, az alábbi bontásban:

- városi modell Tallinnra,
- modell Tallinn napi vonzaskörzetére kiterjedően (Harjumma és részben Rapla megye),
- országos személyközlekedési modell megyei szintre (autóbusz, személyszállító vonat, személygépkocsi).

A három modellben közös a scenáriók felállítása:

- beavatkozás nélküli eset (Business As Usual),
- legvalószínűbb fejlesztések (Low Ambition),
- optimális szakpolitikai támogatás és infrastruktúra-fejlesztés (High Ambition).

A városi forgalmi modellezés eredményei kapcsán dióhéjban elmondható, hogy a tervezett beavatkozások intézkedései különböző mértékben képesek befolyásolni a városi módválasztás változását (2. táblázat). Kiemelhető, hogy a módválasztásra a tallinni behajtási díj bevezetése lenne a legnagyobb hatással, elsődlegesen a közforgalmú közlekedés és másodlagosan a gyaloglás részarányának jelentősebb változásához járulna hozzá. A szintén tervezett használatarányos országos útdíj is hasonló arányban, de csak harmadakkora eredményt érne el – de még ezzel is megelőzné a városi térhasználat gyalogos és kerékpáros központú újrafelosztásának a várható hatásait. A táblázatban külön nem szerepel, de ha a közforgalmú közlekedés újra díjkötelessé válna (a helyi lakosok számára is), mintegy 0,2%-kal csökkenne a részaránya.

2.táblázat A városi forgalmi modellezés eredményei

	Személygépkocsi	Megosztott járművek	Közforgalmú közlekedés	Kerékpár	Gyaloglás
Jelenlegi közlekedési részarány	54 %	1 %	18 %	1 %	25 %
Behajtási díj Tallinnba	-15 %	+1 %	+8 %	+0,3 %	+6 %
Használatarányos útdíj	-5 %	+1 %	+3 %	+0,1 %	+1 %
Parkolási díjak	-1 %	+0,1 %	+1 %	0 %	+1 %
A személygépkocsik belvárosi térhasználatának csökkentése	-2 %	0 %	+0,1 %	+0,1 %	+2 %
Parkolóhelyek szabályozása	-3 %	+0,1 %	+1 %	+0,1 %	1 %
Közforgalmú közlekedés fejlesztése	-1 %	0 %	+2 %	0 %	-0,3 %
Összesen elérhető módváltás	-27 %	+2 %	+15 %	+1 %	+11 %

Forrás: ITF (2020) alapján saját szerkesztés

A helyközi közlekedési modellek összegzése kapcsán kijelenthető, hogy ideális szakpolitikai háttér esetén a személyforgalom esetében a vasút részaránya a kétszeresére nőhet. Ebbe beleértik a párhuzamos autóbuszjáratok felszámolását és a ráhordó szolgáltatások bővítését, így az autóbusz-közlekedés teljesítménye összességében nem változna. A vasúti áruforgalomban a villamosítás révén a széndioxid-kibocsátás jelentős csökkenése várható. Ugyanez a személyforgalomról nem mondható el, mivel a legforgalmasabb elővárosi szakaszok Tallinn körül már villamosítva vannak, a további három irányban pedig korszerű dízelüzemű motorvonatok járnak. A személygépkocsi-állományban a megosztás alapú mobilitás és az elektromos meghajtás részarányának növelésével az ideális forgatókönyv megvalósulása esetén akár a széndioxid-kibocsátás 30%-os csökkenése érhető el (3. táblázat).

3. táblázat A helyközi személy- és áruforgalmi modellezés eredményei

Javasolt intézkedések ideális szakpolitikai helyzet esetén	Helyközi személyközlekedés	Helyközi (országos) áruforgalom
Vasúti szolgáltatások fejlesztése	A vasút részaránya kétszereződik (2%-ról 4%-ra)	A vasúti áruforgalom részaránya 0,3%-kal nő
Vasútvonalak villamosítása	A vasút széndioxid-kibocsátása 1%-kal csökken	A vasút széndioxid-kibocsátása 46%-kal csökken
Személygépkocsi-állomány: az elektromos meghajtás növelése és megosztott használat bővülése	Széndioxid-kibocsátás 30%-kal csökken	-

Forrás: ITF (2020) alapján saját szerkesztés

Alágazati helyzetkép

Észtország földrajzi fekvése és társadalmi-gazdasági szerkezete alapvetően kihat az egyes ágazatok szerepére és jövőbeli potenciális fejlesztéseikre. Fontos megjegyezni, hogy az elkészült szakértői dokumentum nem a meglévő és jól működő szakterületeket tekinti át minden részletre kiterjedően, hanem a problémákra összpontosít, illetve arra modellez megoldási lehetőségeket. Az alábbiakban alágazatonként ismertetjük az általános és időszerű kihívásokat.

Közúti közlekedés

Észtország főútvonalai hagyományosan Oroszország irányába fejlődtek. Mindmáig a Tallinnból keletre, Narván át Szentpétervárra tartó 1-es számmal jelölt főútnak van a leghosszabb szakaszon kétszer kétsávos kiépítése, igaz, részben szintbeli csomópontokkal és védőkerítések nélkül, de a nyári időszakban óránként 110 kilométer megengedett sebességgel. A Tallinnból sugarasan kiinduló főútvonalhálózat napjainkra jó állapotúnak mondható. A függetlenné válás óta tudatosan fejlesztett harántirányú, egyszámjegyű fő- és másodrendű főútvonal-hálózat, valamint a háromnegyedrészlet másodrendű, de egyre bővülő arányban burkolt országos utak összesen 16.608 kilométert tesznek ki. A teljes úthálózatba az erdészeti és magánutak mellett az időjárás függvényében befagyott tavakon kijelölt útszakaszok is beletartoznak. A fő forgalmi irányok a közút esetén is észak–déli irányban mozdultak el, ennek kapcsán kapott elkerülő utat a második legnépesebb észt város, Tartu, valamint a negyedik legnépesebb, Parnu is.

A regionális autóbussz-közlekedés esetében kihívást jelent egyfelől a csökkenő és elöregedő népességű aprófalvas és szórványjellegű településhálózat kiszolgálása, másfelől pedig a 15-ből 11 észt megyében bevezetett ingyenes tömegközlekedés többletfinanszírozásának és a megyék közti kapcsolatok biztosításának problémája (pl. megrendelés a megyehatáron áthaladó járatok esetén, az ingyenes utazásra vonatkozó részletszabályok sokszínűsége).

Vasúti közlekedés

Észtország vasúthálózatának kialakulását alapvetően határozta meg az orosz cári uralom következtében elterjedt széles nyomtávú pályahálózat. A két világháború között a független állam megkezdte az ország területén a jelentős összekötővonalak építését, illetve a Tallinn környéki elővárosi szakaszok villamosítását, amelyből azóta sem készült több. A kilencvenes években drasztikusan megcsökkentett vasúthálózatot egy felemásra sikerült privatizációs kísérlet után a 2010-es évek hoztak látható fejlesztést az új Stadler-gyártmányú dízel és elektromos motorvonatok üzembe állításával és a kapcsolódó állomás- és pályafelújításokkal. Az ITF által javasolt fejlesztések fő hasznélvezője a vasút lehet, ha sikerül erősíteni a ráhordást az autóbusszjáratokkal, az országos közlekedésszervező létrehozásával, valamint a sokszínűen értelmezett és szabályozott ingyenes tömegközlekedés helyett országos tarifaszövetség kialakításával, amely a valós mobilitási igényeket és az extrém mértékű ingázást is képes keretek közé szorítani. A modellezett szcenárióktól függően 2025-re vagy 2030-ra újabb vonalszakaszok villamosítása történhet meg, ezekre immár a Skoda-gyár szállít majd új motorvonatokat a növekvő utasigények kielégítésére. A pályasebesség a fővonalak több szakaszán a jelenlegi 135 km/órától 160 km/óra-ra nőhet.

A közúttal összehasonlítva a vasúti közlekedés fő irányának kelet–nyugatiról észak–délivé válása számos további beruházást tesz szükségessé. A napjainkban is a forgalom kétharmadát jelentő, kelet felől érkező orosz áruforgalom fokozatosan más kikötőkbe tevődik át, ennek következtében a viszonylag magas pályahasználati díjak mellett a közelmúltig önfenntartó pályavasút egyre jelentősebb állami támogatást igényel, mely jelenleg a költségek mintegy harmadát teszi ki (ITF, 2020). Érdemi változást majd csak az EU 80% feletti társfinanszírozásával, várhatóan 2030-ra kiépülő – új építésű, normál nyomtávú, kétvágányú, villamosított, 250 km/óra (tehervonatoknak 120 km/óra) sebességre létesülő – Rail Baltica projekt (Tallinn–Kaunas–lengyel/litván határ) tud hozni. Ennek a nagyprojektnek az esetleges költségtúllépései, illetve egyéb kapcsolódó projektek (Tallinn–Helsinki alagút) megépülése makroregionális szinten lesz képes a forgalmi igényeket módosítani.

Tengerhajózás

Az elmaradó orosz tranzit miatt – a fent említett vasút mellett – az észti kikötők helyzete is kedvezőtlenül változott. Tallinn több kikötője és az 1980-as években kiépült muugai kikötő is alig harmadkapacitással működik, még a növekvő konténerforgalom ellenére is. Az ITF (2020) nem javasolja az észti felségjelzéssel közlekedő hajók további bővülésének ösztönzését, ami jelenleg körülbelül 200 tengeri hajót érint.

A személyforgalomban a szigetek közötti közszolgáltatást pályázaton tíz évre elnyerő, részben állami háttérű komp-társaságok esetében a javaslat a dinamikus árazás és további minőség alapú ösztönzés bevezetése. Ugyanakkor ezen a területen is vannak már előremutató lépések az elektronikus jegyértékesítéssel és automata rendszámfelismerő rendszerekkel.

Légi közlekedés

Észtország négy nemzetközi repülőtere közül a belvároshoz közeli és már villamossal is kiszolgált tallinni repülőtér bonyolítja le a teljes utasforgalom 98%-át. A legnagyobb két sziget (Saaremaa, Hiiumaa) repülőterei és Tallinn között belföldi közszolgáltatást is igénybe lehet venni, Tartu repülőterére pedig a Finnair indít ráhordó járatokat Helsinkiből.

Az önálló nemzeti légitársaság méretgazdaságossági okokból nem volt sikeres, különösen a viszonylag erős Finnair és a rigai Air Baltic közelében, melyeket középtávon a Rail Baltica is tovább fog erősíteni. A tallinni repülőtérnek dinamikus növekedést biztosító, piaci alapon közlekedő diszkont-légitársaságok jövője pedig a koronavírus-világjárvány kapcsán az idegenforgalmi célú utazásokra bevezetett korlátozások feloldását követően dől majd csak el.

Összegző gondolatok

A jövő kérdése, hogy az észti szakpolitikusok és döntéshozók megfontolják-e, alkalmazzák-e az ITF kétségkívül alapos és a nemzetközi szakirodalom élvonalát felsorokozató tapasztalatok alapján készült segédletét. Az ITF online szerzői fórumán elhangzott beszélgetés alapján vélelmezhető, hogy a javaslatokat részben továbbgondolják, amihez hozzávetőlegesen kétszáz indikátor mérlegelésére nyílik lehetőségük. A döntéshozókat feltehetőleg az alábbi két kérdés motiválja jelenleg leginkább: hogyan lehet a Rail Baltica kiépítését hatékonyan menedzselni (költségtúllépés elkerülése); továbbá kell-e többletkapacitást kiépíteni, hogy (logisztikai) csomóponttá váljanak. Utóbbi esetében Észtországnak nem különösen éri meg a vasúti tranzitforgalomra alapoznia – az ITF szerint a „logisztikai központ” szerepét pedig inkább más, kedvezőbb forgalmi fekvésű térségeknek kellene meghagynia. Ugyanakkor fontos, hogy a már eldöntött, nagyrészt uniós finanszírozású Rail Baltica a lehető legjobban legyen kihasználva, ehhez pedig elsősorban a másik két balti tagállammal, valamint Lengyelországgal és Finnországgal kell fokoznia az együttműködést.

Az észtiországi eset tanulságos szakpolitikai tapasztalat lehet a magyar közlekedéspolitika alakítói számára például az ingyenes tömegközlekedés, az országos tarifaintegráció két eltérő irányának alakulása, illetve a nyertes változat gyakorlati megvalósítása és annak széles körű társadalmi-gazdasági hatásai kapcsán. Hasonlóképpen az esetlegesen megvalósuló, javasolt intézményrendszer gyakorlati tapasztalatai sem közömbösek a hazai háttérintézmények és egyéb szereplők jövőbeni feladatainak meghatározása kapcsán.

Felhasznált irodalom

Ács Balázs – Kövesdi István (2021): Lehet-e ingyenes a tömegközlekedés?, *Közlekedés és Mobilitás*, 1:1, 6. <https://doi.org/10.55348/KM.6>

Cats, Oded – Susilo, Yusak O. – Reimal, Triin (2017): The prospects of fare-free public transport: evidence from Tallinn, *Transportation*, 44, 1083–1104. <https://doi.org/10.1007/s11116-016-9695-5>

Cats, Oded – Susilo, Yusak O. – Reimal, Triin (2018): Erratum to: The prospects of fare-free public transport: evidence from Tallinn, *Transportation*, 45, 1601–1602. <https://doi.org/10.1007/s11116-017-9785-z>

ITF (2020): The Future of Passenger Mobility and Goods Transport in Estonia: Input Study for the Estonian Transport and Mobility Master Plan, *International Transport Forum Policy Papers*, No. 78, OECD Publishing, Párizs. 191 o.

Lehet-e ingyenes a tömegközlekedés?

Beküldve: 2021.01.15.
Elfogadva: 2021.06.30.
Online közzétéve: 2022.10.24.



ACS BALÁZS integrált közlekedési vezető, tudományos munkatárs, Közlekedéstudományi Intézet, Közszolgáltatási Központ, acs.balazs@kti.hu

KÖVESDI ISTVÁN osztályvezető-helyettes, tudományos munkatárs, Közlekedéstudományi Intézet, Közlekedésstratégiai Osztály, kovesi.istvan@kti.hu

Absztrakt: Egyre több a példa az ingyenes (díjmentes) közforgalmú közlekedési szolgáltatásokra, de széles körű elterjedésükről egyelőre nem beszélhetünk. Vegyesek a tapasztalatok, és a számos előny mellett jelentős hátrányok, kockázatok is ismertek. Hazánkban a tarifa inflációkövető emelésének elmaradása miatt az utasok által fizetett bevételek eleve alacsony aránya a 2010-es évek második felétől gyorsuló ütemben csökken, haladunk az ingyenesség irányába. A folyamat államháztartásra, a szolgáltatások minőségére, valamint a szolgáltatók magatartására vonatkozó hatásait ismertetjük.

Kulcsszavak: személyszállítás; közforgalmú közlekedés; ingyenes tarifa; átalánydíj; versenyképesség; államháztartás

Can public transport be free?

Abstract: There are more and more examples of free public transport services, but it is not yet widespread. Experiences are mixed and there are many advantages, but also significant disadvantages and risks. In Hungary, the already low share of revenue paid by passengers has been declining at an accelerating pace since the second half of the 2010s, due to the failure to raise fares in line with inflation, and we are moving towards free travel. The implications of this process for public finances, the quality of services and the behaviour of operators are presented below.

Keywords: passenger transport; public transport; free fare; flat rate; competitiveness; public finances

Bevezetés

Az utóbbi években a hazai közforgalmú közlekedésben megállt a tarifanövekedés üteme, és egyre csökken az utasok által befizetett bevételek aránya, de mivel a költségek dinamikusan növekednek, egyre növekszik a rendszer költségtérítési igénye is. A környezetvédelmi szempontok erőteljesebbé válása és az utasok igényeinek növekedése a közforgalmú közlekedés fejlesztésének gyorsítását indokolja, mely további beruházási és fenntartási forrásokat igényel. Számos előrelépés történt a menetrendi kínálat, a járműpark, az infrastruktúra fejlesztése terén, azonban a tarifarendszerben strukturális változás nem volt. Cikkünkben annak lehetőségét vizsgáljuk, hogy lehet-e a közforgalmú közlekedés vonzerejét agresszív tarifális intézkedéssel, akár az ingyenesség (díjmentesség) kiterjesztésével javítani, és ennek milyen egyéb következményei lehetnek. Elsősorban a helyközi közlekedéssel foglalkozunk, tekintettel arra, hogy ez állami feladat, egységes díjszabással és irányítással, a helyi közlekedésben csak érintőlegesen vizsgáljuk a kérdést, noha ott van az ingyenességre több példa. Előrebocsátjuk, hogy a tanulmányban nem teszünk különbséget ingyenesség és díjmentesség között.

Szakirodalmi áttekintés és helyzetkép

Az ingyenes tömegközlekedés iránti markáns igény és az erről szóló szakmai tudományos közbeszéd a tengerentúlról ered. Észak-Amerikában számos gyakorlati próbálkozás történt ezen a téren, jellemzően az 1980–90-es években, de a hatásokat illetően nincs szakmai konszenzus (Perone, 2002). A tudományos kutatások eleve elsősorban a városi közlekedésre fókuszálnak, az árelaszticitás oldaláról közelítik meg a kérdéskört és rendszerezik a pro és kontra érveket (Baum, 1973; Doxsey et al., 1981; Hodge et al., 1994). A szerzők kevésbé foglalkoznak a finanszírozási

kérdésekkel, a tengerentúli szakirodalomban a bevételkiesés és a megnövekedő költségtérítési igény kérdésköre nem jelenik meg markánsan, aminek az oka az, hogy a bevételek aránya eleve rendkívül alacsony; mértéke hozzávetőlegesen éppen a bevételbeszedés infrastruktúrájának fenntartására elegendő.

Az ingyenesség támogatói az autóforgalom, a környezetszennyezés és a közúti torlódások csökkentését várják egy ilyen változástól. Az ellenzők jellemző érvei az elméleti közgazdaságtanból származnak: a zsúfoltság kialakulásának veszélye, illetve az a jelenség, hogy ami ingyenes, azt a fogyasztók egy jelentős része nem értékeli eléggé. Míg ez utóbbi inkább pszichológiai megközelítés, az előbbi összhangban van a közjavak elméletével, ugyanis a tömegközlekedési szolgáltatás a vegyes közjavak közé tartozik, kapacitása, hozzáférhetősége nem végtelen, tehát valóban zsúfoltságra hajlamos.

Az ellenzők további érvei között gyakran megjelenik a vandalizmus megnövekedése, valamint a fizető utasok eltűnése, és a helyükre érkező, nem feltétlenül kívánatos új utasok által okozott problémák, azaz a tömegközlekedés reputációja. Ezt alátámasztja, hogy az Egyesült Államokban több vizsgálat is folyt az utasok eszközválasztási szempontjairól, és jellemzően a jegyár a legkevésbé fontosak közé tartozott, míg a biztonság, a menetrendszerűség, a kényelem (átszállásmentesség), a tisztaság és a járatgyakoróság volt az öt legfontosabb szempont (Kounes, 1993).

Európában az elsők között (1997 óta) a belgiumi Hasselben vált ingyenessé a helyi közlekedés, de egyre több francia középvárosban is bevezették, vagy tervezik bevezetését. Az „első ingyenes főváros” Tallinn volt (és Észtországban a helyközi közlekedés ingyenessége felé is történtek jelentős lépések), az országosan teljeskörű ingyenességet pedig Luxemburg vezette be, 2020. március elsejével. Ennek hatásait még korai lenne elemezni (különösen a tanulmány írásakor tomboló koronavírus-járvány tükrében), azonban a kiváltó ok itt is elsősorban az volt, hogy az utasok által befizetett arány annyira alacsony volt, hogy nominálisan összemérhető volt a bevételbeszedés költségeivel.

A hazai tudományos folyóiratokat áttekintve az ingyenes tömegközlekedésről az első említést a Közgazdasági Szemle 1972. évfolyamának nemzetközi kitekintő rovatában találjuk, ahol „Vita az ingyenes városi tömegközlekedésről az NSZK-ban” címmel hivatkozzák a hamburgi Wirtschaftsdienst folyóirat 1971/9. számát, melyben egyetemi professzor, szakszervezeti vezető és az „ifjú szocialisták” elnökségének tagja vitázik a témáról, korántsem azonos álláspontot képviselve (Mausecz, 1972). Seidenfus (1978) Budapesten megtartott előadásában már az ötlet tulajdonképpen elvetéséről szól: „Volt idő, amikor az NSZK-ban a megosztási arányok javításának lényeges eszközt az ingyenes tömegközlekedésben, az ún. nulltarifában látták. A közlekedéstudományok ezeket a javaslatokat többségében a tömegközlekedési kereslet kis árrugalmassága miatt visszautasították.”

Ezzel a szakmai vita alapvetően itthon is lezárult, csak óvatosan került elő a téma, vagy mint moszkvai olvasói levél¹, vagy mint az ismert humorista által a lakosság szájába adott gondolatok². Ennek ellenére 1986-ban előbb a városi közlekedésben, majd 1989-ben a helyközi közlekedésben is bevezették a 70 éven felüliek ingyenes utazását, melyet 1998-ra kiterjesztettek a 65 éven felüliekre.

Hazánkban a 2010-es önkormányzati választások kampányában került először magas politikai szintre az ingyenesség témaköre, amikor az egyik főpolgármesterjelölt a kampánya egyik fő témájává tette a javaslatot Budapest vonatkozásában. Ennek kapcsán szakmai vita is indult, melynek során – néhány nappal a kampánybejelentést követően – Fleischer Tamás (2010) elismerve, hogy van létjogosultsága annak, hogy az állam gondoskodik olyanok ellátásáról, akiknek erre nem telne, az ingyenes BKV ötletét az ingyenkonnyhakkal állította párhuzamba³, kifejtve, hogy az akkoriban érvényes Egységes Közlekedésfejlesztési Stratégia (2007–2020) által előrevetített szempontok szerint a közforgalmú közlekedés inkább a minőségi szolgáltatásokkal tudna teret nyerni.

Az ingyenesség kérdése a későbbiekben a nagyvárosainkban vagy országos szinten érdemben nem merült fel, de több kisebb városban van rá példa. Budaörs peremterületein, Veresegyházon, Dunakeszin vagy éppen 2021 márciusától Hódmezővásárhelyen (városkártyával rendelkezők számára) ingyenes a helyi közlekedés⁴. Az ingyenesség több más módon is megjelenik a helyi közlekedésben. Győrben például a belvárost körbejáró City-busz ingyenes szolgáltatásként indult, Esztergomban a diákok ingyen kapják a helyi autóbusrészt. (Ez utóbbi megoldás a szociálpolitikai menetdíj-támogatás lehívása kapcsán elvi kérdéseket vet fel.) Számos városban működnek ingyenes áruházi bevásárlójáratok, melyek elsősorban a hipermarketeket teszik elérhetőbbé, és általuk vannak finanszírozva. Elenyésző számban, de helyközi viszonylatban is léteznek ingyenes járatok, például létezik ingyenes kórházjárat Kiskunfélegyháza és Kecskemét között⁵.

Nemzetközi kitekintésben lényegesen több ingyenesen igénybe vehető személyszállítási szolgáltatást találhatunk.

¹ Olvasók merész ötlete - Ingyenes tömegközlekedés?, Esti Hírlap, 1986. április 14., 5. o.

² Árkus József: Ingyenes, Népszabadság, 1986. július 5., 12. o.

³ A „Közlekedésfejlesztés Magyarországon – aktualitások” című konferencián elhangzott előadás szerkesztett formája a Közlekedéstudományi Szemle 2010. decemberi számában jelent meg.

⁴ A cikk megírása és megjelenése közötti időszakban további városokban is hasonló folyamatok zajlottak, pl. Hatvanban, Baján, Egerben, Székesfehérváron, Várpalotán vagy éppen Budapesten a 14 éven aluliak tekintetében.

⁵ <https://kiskunfelegyhaza.hu/szerdan-indul-korhazjarat/>

Az ezzel a témával foglalkozó portál⁶ 2020 végén közel 200 olyan várost említ, ahol van ingyenes tömegközlekedési szolgáltatás, ezek között nincs magyarországi, sem afrikai. Szintén nem szerepel a szlovákiai Komárno (Révkomárom), ahol 2020. január 1. óta szintén ingyenes a helyi autóbusz-közlekedés⁷. Szerepelnek olyan városok, ahol a győrihez hasonlóan egy-egy belvárosi vonal ingyenes vagy néhány állomásközben egy vasútvonal. Skócia egésze is meg van említve, ahol a 60 éven felüliek (bizonyos feltételek mellett) országszerte ingyenesen utazhatnak, de például Írország nincs jelölve, ahol nagyon hasonló megoldást alkalmaznak. A portál információtartalma tehát tájékoztató jellegű, és nem teljes körű, sem nem egyenszilárdságú.

Új irányok 2010 óta

A rendszerváltozás időszakától kezdve megszokottá vált a tömegközlekedési tarifák inflációhoz hasonló mértékű emelése, sőt, egyes években egy-egy kiugró mértékű emelés is történt (pl. 1991, 2007). 2010-ben azonban fordulópont következett be, az évenkénti tarifaemelési folyamat megállt, és a helyközi tarifák azóta változatlanok tekinthetők. Ezáltal megkezdődött a tömegközlekedést ténylegesen használók pénzügyi hozzájárulásának csökkenése, és az így kieső összegnek az egész társadalomra való – de alig érezhető mértékű – ráterhelése.

Zajlott azonban egy ezzel ellentétes jellegű folyamat is, éppen az ingyenesség tekintetében: 2012 decemberében bevezették, majd kiterjesztették a kiegészítőjegy váltási kötelezettséget az autóbusz-közlekedésben, elsősorban a Budapestről induló távolsági autóbuszjáratokon. A folyamat 2013. május 15-től a vasúti gyorsvonati pótjegyváltási kötelezettség újbóli bevezetésével folytatódott a gyorsvonatokon, mely a díjmentes utasokra is vonatkozott. A gyorspótjegyekből kb. 2 milliárd forint többletbevétel keletkezett a MÁV-START-nál, melyet – az akkori kommunikáció szerint – a gyorsvonati kocsipark felújítására fordíthattak. Az összeg az utasoktól beszedett évi kb. 35 milliárd forinthez képest nem kevés, de a MÁV-START kb. 240 milliárdos összköltségéhez képest már nem jelentős. 2013 és 2020 között – jellemzően a szolgáltató kezdeményezésére – apró lépésekben csökkent a vasúti felárak jelentősége, a gyorsvonati pótjegyváltási kötelezettség mellett igénybe vehető vonatok és viszonylatok száma.

2020-ban megtörtént az áttörés, a MÁV-START javaslatára a szaktárca hozzájárult, hogy több vonalon is eltöröljék a gyorsvonati pótjegyváltási kötelezettséget. A változás markánsan megjelent a MÁV-csoport – egyre élénkebb – kommunikációjában is, azzal a jól hangsúlyozott üzenettel, hogy a Dunántúlra 65 év felett és 6 év alatt „ingyenes” a vasúti közlekedés. Több nyilatkozat⁸ is egyértelműsítette, hogy 2020 végére az immár a Volánbuszt is magában foglaló MÁV-csoport díjpolitikai eszközök (az autóbusz-közlekedésben a felárak megtartása, a vasúti felárak csökkentése vagy eltörlése, valamint a vasúti kilométer-övezetek virtuális rövidítése) révén a vasútra tereli az utasokat, továbbá az illetékes hatóság is a tömegközlekedés olcsóbbá tételét támogatja.

Úgy tűnik, Magyarországon túl vagyunk egy fordulóponton, a tarifaemelések helyett 2020-tól a tarifacsökkentés időszaka következik. A Volán-társaságok eközben inkább bevételnövelő, és a kapacitásgazdálkodást segítő (az ingyenesen „utazatókat” kiszűrő) eszközként tekintettek a kiegészítő jegyekre, ezért az autóbusz-közlekedésben ezen a téren nem történt érdemi visszalépés a 2012-es bevezetés óta, ezáltal a vasút árelőnye több viszonylaton is fennáll, különösen a szociálpolitikai kedvezményekkel utazók részére.

Az elmúlt évtizedek legstabilabb eleme a tarifarendszer: ennek struktúrájában érdemi változás, mely a tömegközlekedés versenyképessége irányába hatott volna, egyelőre nem történt. A tarifa távolságarányos, szinte lineáris, és csak kis mértékben degresszív, nem tükrözi a szolgáltatási színvonalban, menetidőben, járatsűrűségben fennálló különbségeket. Más a helyzet a járműfejlesztések terén, mely a rendszerváltozás kora óta szintén alacsony volumenű volt, de a 2010-es évek második felétől dinamikus fejlődés érezhető. A legjelentősebb versenyképesség-javulás a menetrendi fejlesztésekben történt, ott is elsősorban vasúton. Hiába azonban a sűrű menetrendi kínálat, ha a viszonylag magas árral és a szolgáltatás viszonylag alacsony minőségével párosulva a keresletre nem ad megfelelő választ, és azt nem is gerjeszti.

Mi a megoldás?

⁶<https://freepublictransport.info/city/>

⁷<https://ujso.com/regio/ingyenes-a-buszjarat-komaromban>

⁸https://index.hu/gazdasag/2020/10/21/gyors_atalakitas_kisebb_hianyossagokkal/
<https://www.vasutasmagazin.hu/hirek/eletbe-lepett-egyik-legtoobb-fejlesztest-kinalo-vasuti-es-buszmenetrend>

A három adottság (alacsony kihasználtság, alacsony fedezeti szint és a kínálatcsökkenéssel szembeni általános ellenérzések) lehetőséget ad a társadalmi mobilitás, társadalmi hasznosság hatékony növelésére, maximalizálására adott költségszint mellett. Ennek egyik kulcsa a tarifarendszer új megközelítés szerinti átalakítása lehetne, melynek lényege, hogy az igénybe vevőt a jelenleginél is kisebb mértékben terhelje az egyes utazásokkal kapcsolatos közvetlen költség (jegyár) és utánajárás (jegyváltás, elszámolás). Az így be nem folyt összeget a társadalom egészének átalány-befizetései fedezhetnék, illetve költségmegtakarítás is keletkezne (kevesebb pénztár, automata, jegyvizsgáló, adminisztráció stb.).

Szélsőséges esetben ez jelenthetné a tömegközlekedés részleges vagy teljes ingyenessé (vagy átalánydíjassá) tételét is, ahogy az Luxemburgban történt, vagy egy egységáras (flat fare) jellegű tarifátáblát, mely a távolságarányos tarifarendszer hátrányait szűri ki egy adott közigazgatási határon belül, például egy járásban.

Amikor „ingyenes” tömegközlekedés lehetőségéről beszélünk, akkor nem feltétlenül a tényleges, széleskörű díjmentes utazásról van szó, hanem a díjmentesen utazók körének kiszélesítéséről, illetve egy olyan alacsony árszínvonalú, leginkább átalánydíjas tömegközlekedésről, melynek megfizetése már nem utasriasztó hatású. Valamilyen szintű befizetésre mindenképpen szükség van, mivel a tömegközlekedés a mikroökonómiai elméletben a vegyes közjavak közé tartozik, tehát zsúfoltságra hajlamos, ezen a téren tehát további számításokra, modellezésekre van szükség.

A tömegközlekedés „fogyasztása” egy darabig nem rontja a többi fogyasztó hozzáférését, de egy határon túl igen. A tömegközlekedést az egészségügyhöz vagy éppen a színházba járáshoz hasonlóan „mértéktelenebbül” lehet igénybe venni, míg például az oktatást tanköteles korban kevésbé, ezért előbbi túlzott igénybevételét árázással lehet leginkább korlátozni, míg utóbbi esetben ez nem célszerű és nem is kívánatos. Amennyiben teljes ingyenesség lenne, az alábbi hatásokra lehet számítani:

- Kiesne az utasok által befizetett bevétel, mely szolgáltatónként és alágazatonként is eltérő mértékű és arányú, a helyközi közlekedésben összesen kb. 100 milliárd forint. Ahhoz, hogy az ágazat finanszírozása fenntartható maradjon, ezt a kb. 100 milliárd forintot valamilyen átcsoportosítással, esetleg általános vagy speciális, új közteherviselési forma révén (pl. tömegközlekedési adó, járulék) lehet beszedni, ennek azonban olyan hatásai lehetnek, melyek elemzése túlmutat cikkünk témakörén.
- A szociálpolitikai kedvezményre jogosult utasok, utazások ingyenessé tételével a kapcsolódó menetdíj-támogatás igénylési jogalapja is csorbul. Ez ugyanakkor államháztartáson belüli pénzmozgásnak tekinthető, és feltételezzük, hogy az ingyen utazók körének szélesedése nem járna a szociálpolitikai menetdíj-támogatás csökkenésével.
- A helyi közlekedésben is bevételcsökkenés lenne várható, ha a városokon belül a helyközi járatok ingyenesen használhatókká válnának, ezáltal a helyi közlekedés fenntarthatósága romlana. (A helyi közlekedés finanszírozásával ebben a cikkben nem foglalkozunk.)
- A bevételcsökkenéshez költségcsökkenés is járlna: szükségtelenné válnának a pénztárak, automata, a jegyellenőrzés és az értékesítéshez kapcsolódó számos egyéb tevékenység és személyzet. (Pénztárosok, elszámolók, a munkába járás költségtérítésével foglalkozók, tarifaügyi szakemberek, forgalmi tevékenységet el nem látó jegyvizsgálók, utóbbiak esetében a bért kiegészítő értékesítési jutalékok csökkenésével is számolni kell. Ugyanakkor a közlekedési szakmában – a pandémiás helyzet előtt – jellemző általános munkaerőhiány miatt ezen a téren munkanélküliség keletkezésével nem számolunk.)
- A helyközi autóbusz-közlekedésben a fedélzeti jegyváltás megszűnése révén gyorsulna a beszállítás, csökkennének a menetidők, ezáltal nemcsak javulna a szolgáltatási színvonal, de az eszközigény is csökkenhetne (a felszabaduló eszközökkel a többletutasok számára lehet többletkapacitásokat kínálni). A vasúti utazás vonzerejét is növelné, hogy elegendő lenne éppen csak a vonat indulására kiérkezni az állomásra, jegyváltásra nem szükséges időt tartalékolni. Mindezek eredményeként jelentős, az eljutási időket csökkentő (tehát gyorsító, vonzóbbá tevő) menetrendi korrekciókat lehet kidolgozni és bevezetni.
- Megjelenne a tömegközlekedésben egy olyan (további) igény, amely csak részben támasztható alá kellő társadalmi hasznossággal, és mint ilyen, nem feltétlenül kívánatos a kiszolgálása. Ugyanakkor például a belföldi turizmus ilyen módon történő élénkítése várhatóan számos pozitív externáliával is járna.
- Az egyéni közlekedés helyett az ingyenes tömegközlekedést választó utasok miatt csökkenne az üzemanyag-fogyasztás, és akár még a gépkocsik, kerékpárok iránti kereslet is, ennek minden környezeti és élethezési hatásaival, egyúttal a kapcsolódó adóbevételek kiesése miatt tovább romlana az államháztartási egyenleg.

- A tömegközlekedés egyéb versenytársai is hátrányba kerülnének, különösen a szerződéses dolgozó-szállítást végzők, valamint tovább csökkenne a piaci alapú szolgáltatók megjelenésének esélye.
- A teljes ingyenesség rossz üzenet lenne a jelenlegi felhasználóknak is, mivel az eddigi tapasztalat az, hogy az ingyenesség a szolgáltatás megbecsültségét, illetve minőségét, elérhetőségét rontaná. Igaz, hogy mindez már az olcsóságnál és – kisebb mértékben – az átalánydíjnál is felmerül.
- A szolgáltatók utasoktól való függése tovább csökkenne, a bevételbeszedés iránti motiváltság megszűnne, továbbá az utazóközönség jelentős része is kevésbé becsülné meg a szolgáltatást, ami szintén a minőség romlásához vezet.
- Konfliktushelyzetek adódhatnak abból, hogy az ingyenesség alanyi jogú-e, vonatkozik-e például a házánkba látogató külföldiekre.
- Megszűnne az egyes utasok utazásból való kizárásának fő oka (jegy nélküli utazás), a többi kizáró ok (pl. szennyezett ruházat) gyakorlati érvényesíthetősége nehezebbé válna.
- Utasjogi nehézségeket jelentene, hogy nem megfelelő szolgáltatás esetén a menetdíj visszatérítése nem értelmezhető, illetve a szolgáltatókra nézve ennek motivációs hatása megszűnik.
- Nem keletkeznének értékelhető, elemezhető bevételi adatok, viszonylati adatbázisok, megnehezítve a tervezési munkát.
- A tarifacsökkentés vagy a teljes ingyenesség esetén várható nagyobb kereslet miatti többletkapacitás-igény jelentős többletköltséggel járna (infrastruktúra, jármű, személyzet, ellenőrzés), egyúttal a járatsűrítés emelné a szolgáltatási színvonalat, ezáltal a rendszer vonzerejét is, spirális folyamatokat beindítva, de ezek eredője nehezen becsülhető.

Legfőképpen emiatt is, valamint a zsúfoltságot elkerülendő, az utasforgalmat mindenképp követni, monitorozni kell, ezért az utazások ellenőrzését nem lehet teljesen elhagyni még teljes ingyenesség esetén sem. Az értékesítési infrastruktúra fenntartási (sőt, a napjainkban éppen aktuális kialakítási) költsége tehát csak részben lenne megtakarítható az ingyenesség széles körű bevezetésével is. A fenti kockázatok csökkenthetők azzal, ha az utazás csak egy igazolvány (célszerűen elektronikus kártya) felmutatásával (érintésével) lenne megkezdhető. Egy ilyen kártya kiváltásának lehet egyszeri költsége, mely akár szintén elengedhető, célszerűen azoknak a csoportoknak, akik jelenleg ingyenesen utazhatnak.

A fent felsorolt kockázatok (és előnyök) kevésbé jelentkeznének, ha az ingyenességet csak kisebb lépésekben, területileg és/vagy időben, esetleg szegmensenként, kor vagy egyéb csoportokra korlátozva, más, akár nehezebben kommunikálható intézkedésekkel összhangban vezetik be, és elsősorban akkor és ott, amikor és ahol a tömegközlekedés versenyképességéhez hozzájárul, azonban a költségvetési kiadásokat érdemben nem növeli. A korlátozott ingyenesség azonban továbbra is indokolja az értékesítési hálózat valamilyen szintű fenntartását, ezáltal a megtakarításokat is jelentősen csökkenti.

Kor vagy éppen foglalkozási csoportokra nézve a jelenleg is díjmentesen utazók köre fokozatosan bővíthető az életkori keretek módosításával, mindig tekintettel maradván a kapcsolódó szociálpolitikai menetdíj-támogatás rendszerben tartására.

Felmerülhet az is, hogy csak az egészen alacsony vagy legfeljebb közepes bevételű vonalak legyenek ingyen használhatóak, ezek esetében a bevételvesztés kockázata sem nagy, és a vonzerő növelésére is nagy az esély. Távolsági utazások esetén az tűnik logikus megoldásnak, hogy az ingyenes alapjegy helyett – akár dinamikus árazással – helybiztosítást is tartalmazó kiegészítő jegyet kelljen váltani, elsősorban a gyorsabb járatokon (IC- és gyorsvonatok, autópályán közlekedő autóbusszjáratok, ha van alternatív kínálat). Ez a megoldás elősegítené a lassabb, olcsóbb és alacsonyabb színvonalú közszolgáltatás és az akár piacibb alapra helyezhető távolsági személyszállítás közötti olló nyílását is, azonban ez nem feltétlenül kívánatos jelenség.

Budapest elővárosa külön kiemelését érdemel: ebben a szegmensben a tömegközlekedés versenyképessége a forgalmi torlódások és a nagy népsűrűség miatt jó, fenntartása, sőt, fejlesztése kifejezetten indokolt. A budapesti elővárosi utasok már másfél évtizede jelentős kedvezményt élveznek azáltal, hogy a helyközi jegyek és bérletek a Budapest-bérlettel kombinálhatóak. Itt tehát a jelenlegi tarifaszint nem riasztóan magas.

Továbbgondolásra érdemes a közsférában dolgozók ingyenes utazásának lehetősége, mely jelentős tömegeket érint, és – tekintettel, hogy a szolgáltatók is állami társaságok – a pénzkörforgás kiiktatása alapvetően az adminisztrációs terhek könnyítésének is felfogható, hiszen itt is az állam teszi egyik zsebéből a másikba a forintokat a közszolgákon keresztül, akik számára egyúttal vonzóbbá lehetne tenni ezt az életpályát. Gyakorlatilag ez azt jelentené, hogy például egy állami egészségügyi dolgozó esetén nem lenne szükség a havi bérlet megváltására, számlájának

elszámolására a munkáltató pénzügyi részlegén, a 86%-os költségtérítés visszafizetésére és ennek elszámolására az egészségügyi intézmény költségvetésében, hanem az összeget eleve a közlekedési szolgáltatók kapnák, nem kellene keresztülfuttatni az egészségügyi költségvetésen. Hasonló a helyzet a diákberletekkel, melyet akár iskolák is megválthatnának, minden diákjuk számára, így azok ára tulajdonképpen az oktatási költségvetésben jelenne meg, akár az árkiegészítés vonzatukkal együtt.

Korábbi kutatásaink alapján (Kövesdi, 2017), sokéves idősor elemzését követően általánosságban elmondható, hogy az utasok által ténylegesen megfizetett költséghányad a MÁV-START közszolgáltatásai esetében kb. 15%, a GYSEV-nél kb. 10%, a BKK-nál kb. 25%, míg a Volánbusz (és jogelődei) helyközi szolgáltatásainál kb. 40%. Ráadásul ennek az utasbevételnek is egy része a munkáltatók kötelező vagy önkéntes költségtérítése, amit szintén nem az utas fizet meg közvetlenül. Az uniós államok közül hazánkban a legalacsonyabb a vasúti utasok befizetése az összbevételhez képest (Európai Bizottság, 2016), és ez az utóbbi években csak tovább csökkent. Luxemburg azonban az ingyenessé tett vasúti közlekedés révén várhatóan megelőzi hazánkat ezen a listán.

Az utasok megtartásához, illetve a szolgáltatók működéséhez szükséges beruházások döntő részét szintén állami, EU- illetve önkormányzati finanszírozás adja; ténylegesen saját forrású, támogatásoktól mentes beruházásuk alig van. A vasúti beruházások volumene az elmúlt időszakban elérte az évi 200 milliárdos nagyságrendet, mely kétszerese vagy akár háromszorosa a 2000-es évek szintjének, és zöme személyszállítási célú, annak ellenére is, hogy az EU-val egyeztetett módon felújításra kijelölt TEN-T vonalak alapvetően a transzeurópai teherszállítás érdekeit szolgálják.

A közúti beruházásoknál még nehezebb a tömegközlekedési célú beruházásokat elkülöníteni, de az elmondható, hogy az autópályák, autóutak nem elsősorban az autóbusz-közlekedés céljára épülnek. Szintén megállapítottuk, hogy a közúthálózat államháztartási kiadásait a használók (elsősorban az egyéni közlekedés) által történt befizetések teljes egészében fedezik (Kövesdi – Horváth, 2019), sőt, pénzügyi szempontból a közúti közlekedés nettó befizetőnek tekinthető. A többlet elegendő a közúti tömegközlekedés működésének (tehát a közszolgáltató autóbusz-társaságok bevételekkel nem fedezett kiadásainak) finanszírozására is. Az alágazaton belüli keresztfinanszírozás mindenképpen indokolt, ha tekintetbe vesszük, hogy a tömegközlekedés enyhíti a közút infrastrukturális költségigényét, és javítja az egyéni közlekedés hatékonyságát is (kevesebb torlódás, kisebb externális költség).

A kötöttpályás közlekedés térségenként jelentősen eltérő, de például a budapesti elővárosban kiemelten jelentős terhet vesz le a teljes közúti alágazatról, egy bizonyos volumen felett kedvezőbb a fajlagos környezeti terhelése, ezáltal közpénzből való finanszírozása, illetve közútból való keresztfinanszírozása is indokolt (ennek mértékén azonban lehet vitatkozni). A közúti alágazat pénzügyi befizetése azonban mindezt már nem tudja teljesen fedezni, csak hozzájárulni, ezért a teljes közlekedési ágazat finanszírozása a vasút miatt fordul át negatívba (Kövesdi, 2017). A vasút jelenlegi utasszállítási teljesítményéről (a budapesti HÉV nélkül évi közel 150 millió utazás) csak nehezen mondható el, hogy indokolná a támogatás mértékét (ami kb. 300 milliárd forintos nagyságrendű, számítási metodikától függően). A hatékony működés tulajdonosi elvárásként és az 1370/2007/EK rendelet alapján is kötelező, ugyanakkor feltételezhető, hogy ha van is hatékonysági tartalék a vasúti szolgáltatók üzemeltetési struktúrájában – különösen az eszközgazdálkodásban, személyzeti politikában és a beruházások, beszerzések terén –, az legfeljebb néhány tízmilliárdos nagyságrendű. (Ez a probléma a közúti szolgáltatók esetében is fennállhat.) Ez nominálisan nem kevés, de a költségtérítési igényhez mérve kevésbé jelentős, és az éves infláció, illetve ár- és bérszínvonal változásából eredő költségnövekményhez hasonló mértékű. Ennek fényében kiindulási pontnak tekinthető, hogy a jelenlegi támogatási szint szükséges a vasút működéséhez. Ha viszont ez a jelentős kiadás nem csökkenthető, akkor a hozzáadott értéken, tehát az utasszállítási teljesítményen érdemes emelni, és az ebből eredeztethető hasznokon is javítani kell, hogy a vasút „jobban megérje” a ráfordított igen jelentős költségvetési és külső forrásokat. Ehhez a jelenleginél sokkal több elégedett utas, eljutásiidő-megtakarítás, illetve kötött pályán elszállított áru szükséges. Mindehhez a teljes közforgalmú közlekedési rendszer minden eleme (jármű, menetrend, tarifa, intermodalitás) versenyképességének, vonzerejének növelése szükséges, szélsőséges esetben ennek egyik eszköze lehet a tarifák csökkentése, akár ingyenes szintre, sőt, akár az alá.

Felmerül a kérdés, hogy az egyes piaci szegmensekben veszteséges körülmények között van-e értelme egyáltalán a tömegközlekedésnek, kell-e egyáltalán finanszírozni. A tömegközlekedés alapvető közszolgáltatás, melynek jelentős az infrastruktúra-pótló szerepe, a gazdaságélénkítő és területfejlesztő hatása, valamint környezetbarát megoldás is. A tömegközlekedés biztosítja, hogy az ország azon állampolgárai, továbbá azok az itt élők és ide látogatók, akiknek az egyéni közlekedés nem alternatíva, el tudjanak jutni az ország egyik pontjából a másikba, viszonylag megfizethető áron – biztosítva a minimális, sőt gyakran az optimális szolgáltatási színvonalat (Horváth ,

2010). Mindez hozzájárul a társadalmi mobilitáshoz, a további közszolgáltatások elérhetőségéhez, ezáltal a gazdaság hatékonyabb, jobb működéséhez is (ami könnyebben elérhető munkahelyek formájában, de például az ingatlanárakban is megnyilvánul). Emellett a tömegközlekedés az egyéni közlekedés infrastruktúra-igényét jelentősen csökkenti, működését javítja. Mindemellett a tömegközlekedés fajlagos externális költsége alacsonyabb, továbbá működésével jelentősen csökkenti az egyéni közlekedés externális költségét (a kevesebb torlódás miatt). Az alábbi táblázat megmutatja, hogy a közlekedési kiadásoknak milyen egyéb jelentőségük van (1. táblázat).

A személyszállítási szolgáltatásoknál kulcskérdés, hogy a használók és nem használók milyen arányban járuljanak hozzá a rendszer fenntartásához. Ingyenesség esetén egyenlőnek mondható közteherviselésről beszélhetnénk, ahol a használóknak már nem kellene további hozzájárulást fizetniük a konkrét utazásért (ez motiváló a használatra), ugyanakkor a jogosultságot igazolniuk kell. Erre megoldást jelenthet egy – akár alanyi jogon járó, vagy a munkáltatók által biztosított, akár csak a lakóhelyre, járásra érvényes – utazási kártya, melynek lényege, hogy az egyes utazások ne jelentsenek további kiadást a használó számára.

1. táblázat A közlekedési kiadások közvetlen, közvetett és egyéb rendeltetései

Forrás: Kövesdi és Horváth (2019: 253)

közlekedési alágazatok kiadásai	A kiadás rendeltetése		
	közvetlen közlekedési kiadás	egyéb, közlekedéssel kapcsolatos rendeltetés	közlekedésen kívüli rendeltetés
vasútfejlesztés	igen	közút infrastrukturális költség-igényének és externális hatásainak csökkentése	(köz)szolgáltatások, munkahelyek elérhetősége, gazdaságfejlesztés, területi kohézió, környezetvédelem
vasúti személyszállítás és pálya-fenntartás támogatása	igen		(köz)szolgáltatások, munkahelyek elérhetősége, környezetvédelem
vasút veszteségfinanszírozása	igen		szociálpolitika (társadalmi mobilitás), (köz)szolgáltatások, munkahelyek elérhetősége, környezetvédelem
menetrend szerinti közúti / vasúti / városi-elővárosi személyszállítás támogatása	igen	közlekedési társaságok finanszírozása	a szolgáltató által kiszolgált rendeltetések szerint
szociálpolitikai menetdíj-támogatás	nem		(köz)szolgáltatások, munkahelyek elérhetősége, területi kohézió
közlekedési társaságok tulajdonosi támogatása	igen	ld. vonatkozó kiadásoknál	ld. vonatkozó kiadásoknál
közút (beleértve gyorsforgalmi út) fejlesztése	igen		ld. vonatkozó kiadásoknál
közút (beleértve gyorsforgalmi út) fenntartása és üzemeltetése	igen		intézmény rendeltetése szerint
eddigyi kiadások áfatartalma	igen		
államháztartás körébe tartozó (nem közlekedési) szervezetek saját közlekedésükre fordított kiadásai	nem		

Összegzés, következtetések, további kutatási irányok

A 2010-es években a tarifaemelések helyett a tarifacsökkentés irányába mozdult a hazai közforgalmú közlekedési rendszer, ezáltal annak finanszírozásából arányaiban egyre nagyobb teher hárul a társadalom egészére, miközben a használók (utasok) terhei nem növekednek. Ennek a folyamatnak a vége akár a teljesen ingyenes tömegközlekedés is lehetne, de ennek számos olyan hátránya, kockázata van, melyek miatt a várt környezetvédelmi, utasszám-növekedési hatások nem feltétlenül lennének elérhetőek. Az utasok terheinek csökkentését több szempontból is differenciáltan és fokozatosan érdemes végrehajtani, ideértve azon adminisztrációs terhek eltörlését is, melyek az állam egyik zsebéből a másikba való pénzátcsoportosításhoz szükségesek. A megújítás alatt álló értékesítési és tarifarendszereket már ennek fényében érdemes fejleszteni, különös figyelmet fordítva a járatok kihasználtságának

követhetőségére. Érdeemes megvizsgálni a tömegközlekedési tarifák rendszerét és a tarifák további jelentős csökkenését, mert az elmúlt évek jelentős vasúti infrastruktúra-, jármű- és menetrendi kínálatfejlesztései, valamint az eddigi (reálértéken számított) tarifacsökkentés nem hoztak átütő eredményt, mivel maga a tarifarendszer elavult és nem vonzó. A klímacélok teljesítéséhez, a gazdasági növekedéshez szükség van a tömegközlekedés fejlesztésére, a szolgáltatások elérhetőségének javítására, mert a tömegközlekedésnek önmagán messze túlmutató jelentősége is van, hozzájárul a társadalmi jóléthez, a munkaerő mobilitásához és a környezetvédelmi, klímapolitikai célokhoz is. A hozzáférhető, jó színvonalú tömegközlekedés javítja a további közszolgáltatások minőségét is, valamint a társadalmi mobilitást. A kisebb beruházásigény miatt az egyéni közlekedés is valamelyest olcsóbbá és hatékonyabbá válna, nem utolsósorban környezetileg is előnyös lenne az alacsonyabb fajlagos kibocsátású tömegközlekedés nagyobb részaránya miatt.

A tömegközlekedés pénzügyi hatékonysága már viszonylag kevésbé tud romlani (főleg kötött pályán), társadalmi és környezeti hatékonysága viszont sokat tud javulni a kihasználtság növelésével, ha elérhetővé válik a tömegközlekedés mindazoknak, akiknek az utazásához társadalmi érdek (pl. munkába járás, közszolgáltatások ellátása, igénybevétele) fűződik. Emiatt – a korábbi évek céljaival szemben – a kedvezmények pénzügyi szempontú korlátozása helyett érdemes lehet ezeket még kiterjedtebbé tenni olyan esetekben, amikor az társadalmilag indokolt. Fontos ugyanakkor az árscökkentés szelektivitása annak érdekében, hogy kapacitásproblémát (jelentős többletköltséget) ne okozzon a tömegközlekedés jobb kihasználtsága, egyúttal a tarifarendszer motiváljon a tömegközlekedés használatára.

Felhasznált irodalom

- Baum, Herbert J. (1973): Free public transport, *Journal of Transport Economics and Policy*, 7:1, 3–19. <https://www.jstor.org/stable/i20052302>
- Doxsey, Lawrence B. – Spear, Bruce D. (1981): Free-fare Transit: Some empirical findings, *Transportation Research Record*, 799. <http://onlinepubs.trb.org/Onlinepubs/trr/1981/799/799-010.pdf>
- Európai Bizottság (2016): A Bizottság jelentése az Európai Parlamentnek és a Tanácsnak, ötödik jelentés a vasúti piac fejlődésének nyomon követéséről, COM(2016) 780. <https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:52016DC0780>
- Fleischer Tamás (2010): A közlekedésfejlesztést befolyásoló társadalom, gazdaság, környezet, *Közlekedéstudományi Szemle*, 2010:6, 4–11. <http://real.mtak.hu/3905/>
- Hodge, David C. – Orrell III, James D. – Strauss, Tim R. (1994): Fare-free Policy: Costs, Impacts on Transit Service and Attainment of Transit System Goals. Report Number WA-RD 277.1., Washington State Department of Transportation. <https://www.wsdot.wa.gov/research/reports/fullreports/277.1.pdf>
- Horváth Balázs (2010): Optimális szolgáltatási színvonal a városi közlekedésben, *Városi Közlekedés*, 2010:4, 239–241.
- Kounes, A. M. (1993): Memorandum: An Assessment of Fiscal, Ridership, and Operational Impacts of Reintroducing a Free-Fare Policy in 1994, August 17th, 1993. Prepared for the Chairperson and Members of the Board of Directors.
- Kövesdi István (2017): A közlekedés államháztartási mérlege Magyarországon 2004–2015., *Közlekedés-tudományi Konferencia*, 2017. március 30–31., Győr, 1–13.
- Kövesdi István – Horváth Balázs (2019): A közúthálózat államháztartási bevételei és kiadásai Magyarországon 2004–2017., *Közlekedéstudományi Konferencia*, 2019. március 21–22., Győr, 243–263.
- Mausecz Zsuzsa (1972): Vita az ingyenes városi tömegközlekedésről az NSZK-ban (*Wirtschaftsdienst*, Hamburg, 1971. 9. sz.), *Közgazdasági Szemle*, 1972:2, 241–243.
- Perlaki Attila (2010): Útvaló, Budapest, Shirokuma Kiadó, 134 o.
- Perone, Jennifer S. (2002): Advantages and disadvantages of fare-free transit policy, National Center for Transit Research, Center for Urban Transportation Research, University of South Florida, 52 o.
- Seidenfus, Hellmuth (1978): A Német Szövetségi Köztársaság új közlekedéspolitikája tudományos meg-alapozásának lehetőségei (Monigl János fordítása), *Közlekedéstudományi Szemle*, 1978:7, 330–336.

Valamennyi online forrás esetében az utolsó hozzáférés ideje: 2020. december 17.

A lakótelepi kerékpártárolás fejlesztési lehetőségei

Beküldve: 2021.01.15.
Elfogadva: 2021.06.30.
Online közzététel: 2022.10.24.



- IR** **VIRÁG ÁLMOS** szenior kutató, Közlekedéstudományi Intézet, Közlekedésmenedzsment Osztály, virag.almos@kti.hu
- IR** **BÁLINT-SZEDMÁK MÁTYÁS** kutatási asszisztens, Közlekedéstudományi Intézet, Közlekedésmenedzsment Osztály, balint-szedmak.matyas@kti.hu
- IR** **RADICS MIKLÓS** PhD-hallgató, Universidad de Cantabria
- IR** **GLÁSZ ATTILA** kormányfőtanácsos, Innovációs és Technológiai Minisztérium, Kerékpáros Koordinációs Főosztály, attila.glasz@itm.gov.hu

Absztrakt: A cikk a lakótelepi kerékpártárolás problémáit tárja fel a tervezési szempontokra, a jogi és szabályozási környezetre, valamint a szakpolitikai környezetre kiterjedő helyzetfeltárás alapján. Ezt online kérdőív keretében gyűjtött 343 válasz statisztikai elemzése egészíti ki, megállapítva, hogy a kutatásban részt vevők több mint 30%-a teljes mértékben visszatartó erőnek érzi, ha a kerékpártárolás nincs megoldva, miközben 71% lakóhelyén egyáltalán nincs kerékpártárolásra alkalmas helyiség. Mindezek alapján a kerékpártárolás műszaki kivitelezésével és finanszírozásával kapcsolatos javaslatokat fogalmazunk meg.

Kulcsszavak: kerékpározás; kerékpártárolás; lakótelepek

Development options for residential bicycle storage

Abstract: This article explores the problems of residential cycle storage based on a status analysis covering planning aspects, the legal and regulatory environment and the policy context. It is complemented by a statistical analysis of 343 responses to an online questionnaire, finding that more than 30% of respondents felt that the lack of bicycle storage was a complete disincentive, while 71% of residents felt that there was no bicycle storage at all in their homes. This leads to recommendations on the technical design and financing of bicycle storage.

Keywords: cycling; bicycle storage; housing estates

Bevezetés

Ahhoz, hogy egyes városi utazásokat kerékpárral is kényelmesen, biztonságosan meg lehessen tenni, nemcsak a célpontoknál, hanem a kiindulási pontokon is színvonalas kerékpártárolási lehetőség biztosítására van szükség. Ez hatványozottan igaz a nagy laksűrűségű városi lakótelepeknél, belvárosi tömbházas beépítésű városnegyedeknél, ahol a saját kerékpár biztonságos tárolásának jelenlegi nehézségei magát a kerékpáros közlekedést akadályozhatják.

Számos felmérés – többek között a Magyar Kerékpárosklub 2020-ban elvégzett és a továbbiakban itt is bemutatott, az ország felnőtt lakosságára nézve reprezentatív, 3000 fő megkérdezésével lebonyolított felmérése (Magyar Kerékpárosklub, 2020), valamint saját, online felmérésünk is bizonyítja, hogy a lakosság közel harmada hetente többször kerékpárra ül. A főbb kerékpárvonzó létesítmények (közintézmények, kiskereskedelmi üzletek) környezetében egyre nagyobb számban található kerékpártámaszok, a pályaudvarok mellett mind több metró-, vasút- és hévállomás mellett épülnek B+R tárolók vagy kerékpártámaszok, így támogatva az utazási láncba illeszkedő kerékpárhasználatot.

Ugyanakkor sok esetben megoldatlan a lakóhelyen történő kerékpártárolás, ami így akadályozza a rendszeres kerékpározást. Kertvárosi, családi házas beépítésű lakóövezetben ez rendszerint nem jelent problémát, a telken valamilyen módon (garázsban, kerti tárolóban) elhelyezhetők a kerékpárok, ugyanakkor a sűrű beépítésű városnegyedekben, lakótelepeken a megfelelő tárolóhelyiségek hiánya vagy a kapacitás szűkössége miatt a lakók sok esetben a lakásban vagy a lépcsőházban kénytelenek elhelyezni használaton kívüli kerékpárjaikat.

A Magyar Kerékpárosklub (2020) 3000 fő részvételével 2020-ban lebonyolított, az ország felnőtt lakossága körében reprezentatív felmérése alapján megállapítható, hogy a kerékpározást országosan és Budapesten is vonzóbbá

tenné, ha több helyen – tehát nem felétlenül a lakóházban – lennének zárt kerékpártárolók.

Cikkünkben – korábbi kutatásunk (KTI, 2021) eredményeiből kiindulva – áttekintjük a lakótelepi kerékpártárolókra vonatkozó tervezési szempontokat, a jogszabályi környezetet és a külföldi jó gyakorlatokat. Ezt követi a vizsgálati eredmények bemutatása, majd mindezek alapján javaslatot adunk hazai beavatkozásokra, intézkedésekre.

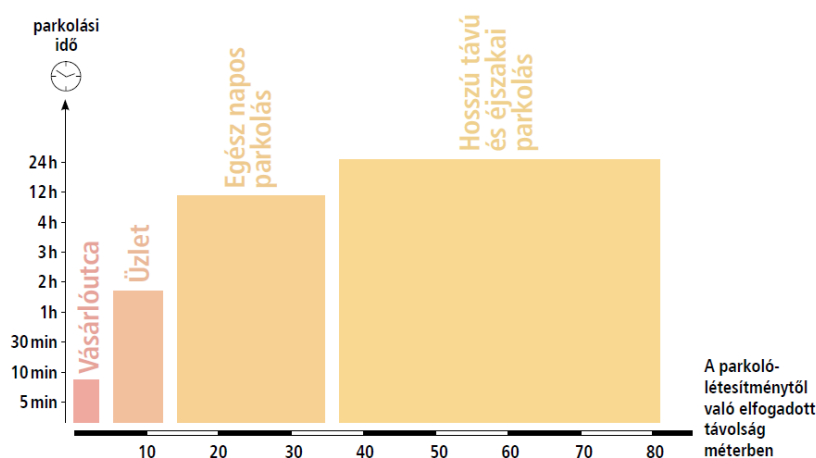
Helyzetfeltárás

Tervezési szempontok

A Magyar Kerékpárosklub 2012-ben kiadott, kerékpártárolók kialakítására és elhelyezésére vonatkozó műszaki ajánlása (Magyar Kerékpárosklub, 2012) általános irányelveket tartalmaz a kerékpártárolók műszaki paramétereire vonatkozóan. Az ajánlásban a lakóház a kerékpártároló létrehozásának potenciális helyszíne, azonban a tároló lakóépületben való létrehozására konkrét útmutatás nem szerepel. Az ajánlás ugyanakkor említi egy Magyarországon kevésbé elterjedt megoldást, az ún. kerékpártároló dobozt, melyet leginkább lakóépületek közelében alkalmaznak. Német nyelvterületen iránymutatásokat (németül Leitfaden) adtak ki a kerékpártárolással kapcsolatos tervezési szempontok meghatározásához. Zürich önkormányzatának mélyépítési hivatala helyzetelemzéssel és példákkal szemlélteti a lakótelepi, lakóparki kerékpártárolási lehetőségeket, illetve azokat egy jól strukturált szempontrendszer szerint összehasonlítja (Steiner et al., 2017). A dokumentum nagy mértékben tekinti alapnak a svájci útügyi hivatal (továbbiakban: ASTRA) kerékpárparkolási kézikönyvét (ASTRA – Vks, 2008). Az ebben megfogalmazott lakótelepi kerékpártárolási koncepció szerint a kerékpártárolás fontos funkcionális részeleme egy lakótelepi lakóháznak, ezért az új építésű vagy felújított épületeknél már a tervezési folyamat elején figyelemmel kell lenni a szempontjaira, legfőképpen az épületen belüli és kívüli rendelkezésre álló tér (újra)felosztása során. Különösen fontos hangsúlyt fektetni a hagyományos kerékpárok mellett a speciális járművek, mint például a babakocsik, gyermekkocsik és utánfutók tárolására is.

Alkalmas helyek, kapacitás és tárolótípusok

A parkolási idő és a forgalomvonzó létesítmény távolságának összefüggése (1. ábra) kapcsán az ajánlások megálapítják, hogy rövid idejű tárolásnál a lakosok és a látogatók kerékpárjait decentrálisan érdemes a bejáratok közelében elhelyezni. Ezzel szemben a hosszú idejű tárolásnál – szabály szerint – központi tárolóhelyiségek is igénybe vehetők, ezeknek zárhatónak és fedettnek kell lenniük. Minden tároló legyen biztonságos, valamint kényelmesen, akadálymentesen megközelíthető. A legjobb példaként a konkrét kialakításon túl figyelembe veszik a későbbi bővíthetőségi, fejleszthetőségi lehetőségeket is.



1. ábra A kerékpárparkoló távolsága és a parkolási idő összefüggése

Forrás: Celis – Bølling-Ladegaard (2008) alapján saját szerkesztés

Új építésű lakóépület esetén a kerékpártárolásnak a tervezés kezdetétől kulcsszerepet kell kapnia, így el lehet kerülni a területfelosztás vagy a bejárattól való távolság tervezés közbeni vagy utólagos megváltoztatását. Egy kerékpártároló jó kiindulópontja lehet a kültéri környezet felosztásának, természetesen tekintettel a környező épületek adottságaira. A kerékpártárolók kívánt kapacitásának meg kell felelnie az irányadó jogszabályoknak is. Már meglévő lakóházak esetén az átfogó felújításnál a tervezési útmutatók és a jogszabályi előírások széleskörű alkalmazása szükséges. Ha a felújítás nem terjed ki az egész lakóházra, további számításokkal célszerű meghatározni a kívánt kapacitást. A férőhelyek számának minimuma a már meglévő kerékpárok számának 120%-a, mert egy jó kialakítású kerékpártároló használóinak száma és ezzel a kerékpározás részaránya növekedhet.

Kerékpártárolási rendszerek

A rövid időre szolgáló, szabadterén elhelyezett kerékpártárolóknak biztosítaniuk kell a kerékpár rögzítését és lezárását, továbbá a kerékpárok eldőlésének megakadályozását. A zárható tárolókban lehetséges helytakarékos rendszereket kialakítani, emellett itt is előnyös, ha a gyermekkocsik és utánfutók tárolására is van lehetőség. A megvalósítási program során ki kell dolgozni az egyes lépéseket, ezek ütemezését, meg kell határozni a megvalósítás költségeit.

Az INTERREG Central Europe programban 2010 és 2013 között – Budaörs Város Önkormányzata közreműködésével – végrehajtott Bicy projektben kidolgozták A kerékpár-parkolás megkönnyítése című útmutatót (FGM-AMOR, 2011), amely a lakótelepi kerékpártárolás körülményeinek javítását szolgálja. A dokumentum megkülönböztet kerékpárállványt (utcai eszköz), kerékpár-parkolóhelyet (kifejezetten kerékpár parkolására kijelölt parkoló), illetve kerékpáros parkolólétesítményt (min. 5 kerékpár-parkolóhellyel, saját bejutási és kijutási területtel). A tervezési útmutató részletesen ismerteti a kerékpártárolókra vonatkozó minőségi kritériumokat, illetve azok paramétereit. A lakónegyedekre (lakótelepekre, lakóparkokra) vonatkozó ajánlása szerint a nagyobb lakóberuházások esetén kerékpártároló helyiségeket vagy kültéri fedett és lezárható kerékpártároló létesítményeket kell elhelyezni. Javasolt több, kisebb decentralizált egységet telepíteni 10 vagy 20 parkolóhellyel, ez csökkenti a távolságot a bejárat és a kerékpártároló között, valamint biztosítja, hogy csak kis számú felhasználó férjen hozzá a kerékpárokhoz, minimalizálva a lopás és vandalizmus kockázatát. Kerékpárállványokat kell létesíteni továbbá a parkolóterületen a rendezett parkolás biztosítása érdekében. A nagyobb lakónegyedekben a garázs egy része is alkalmas lehet erre a célra. Ezen kívül létesíthetők kerékpárparkolók a nagy lakóépületek lakóterületként nem használt földszintjén. A kerékpártárolási létesítmények helyzetének javítása érdekében ösztönözni kell a társasházi közösségek és az ingatlankezelők közötti együttműködést.

Jogi és szabályozási környezet

Hollandiában az 1950-es évek óta önkormányzati, majd 1992 óta nemzeti szintű szabályozásban határozták meg a lakóhelyi kerékpártárolással kapcsolatos alapvető rendelkezéseket, melyek a kerékpártároló minimális mérete mellett előírják azt is, hogy a tárolónak közvetlen kapcsolattal kell rendelkeznie a közterület irányába. Eszerint a lakóhelyen biztosítani kell az időjárástól védett kerékpártárolást, a lakóépületnek – részfunkcióként – rendelkeznie kell egy legalább 5 m² alapterületű (minimum 1,8 m széles és 2,3 m hosszú) zárható tárolóval. E tárolóhelyiségnek közvetlenül elérhetőnek kell lennie a közútról vagy olyan közös használatú magánterületről, amely közvetlen hozzáférést biztosít a közúthoz.

Ezzel összehasonlítva a hazai előírásokat tartalmazó országos építési követelmény¹ (a továbbiakban: OTÉK) kevésbé részletes. Kimondja, hogy minden olyan építményhez biztosítani kell kerékpárok elhelyezését, ahol rendszeres kerékpáros forgalomra kell számítani. A kerékpárok elhelyezését telekhatáron belül kell megoldani, továbbá a kerékpártároló számára legalább 0,8 x 2,0 m helyigényt kell biztosítani minden lakás és üdülőegység után.

A kerékpározható közutak tervezetével foglalkozó műszaki előírás² (a továbbiakban: ÚME) értelmében ajánlott az OTÉK-ban meghatározott számú kerékpár egy részének elhelyezését az épületen belül megoldani, ha a kerékpárok elhelyezése az ott élő lakók részéről tömeges igényként jelentkezik. Ez a helytakarékoság érdekében zárható helyiségben történhet, például függesztő kampók segítségével, amelyek a kerékpár vázát vagy kerekét tartva az oldalfalon vagy a mennyezeten helyezkednek el. Egyedi lakóingatlanoknál önálló kerékpárparkoló, -tároló kialakítása

¹253/1997. (XII. 20.) Korm. rendelet az országos településrendezési és építési követelményekről

²Kerékpározható közutak tervezése, e-ÚT 03.04.13:2019 számú útügyi műszaki előírás

nem feltétlenül szükséges, mert a kerékpár elhelyezése a rendelkezésre álló egyéb funkciójú helyiségekben megoldható. Az ÚME ajánlásokat fogalmaz meg a kerékpárok tárolásához mélygarázsban vagy parkolóházban is. A kerékpártárolókat a parkolóház bejáratának közelében kell elhelyezni, emellett – ha releváns – a sorompó mellett legalább 1 méter széles közlekedési sávot kell biztosítani a kerékpározók számára. A sorompó kikerülését kerékpár-piktogrammal vagy az útburkolaton kerékpáros nyom felfestésével kell jelölni.

A lakástörvény³ a kerékpártárolót közös használatra szolgáló helyiségként tartja nyilván, így annak használata minden lakót (és bérlőt) megillet. Érdemes hozzátenni, hogy az Országos Tűzvédelmi Szabályzat⁴ szerint lakórendeltetésű épületek, épületrészek területén a lakáson kívüli közlekedőkön, lépcsőházakban éghető anyagok és a menekülési útvonalat leszűkítő tárgyak – a menekülési útvonalat a minimális méret alá nem leszűkítő növényeket leszámítva – nem helyezhetők el. Ennek értelmében a lépcsőházban és egyéb lakóépületi közlekedőben (pl. földszinti előtér, átjáró) a kerékpártárolás tilos – ennek ellenére a tapasztalatok szerint népszerű jelenség.

Szakpolitikai aktualitás

A „Kerékpározás éve” megvalósításával összefüggő kormányzati intézkedésekről szóló rendelkezés⁵ meghatározza azokat a feladatokat, melyek a 2020-2021-re meghirdetett programhoz kapcsolódnak. A kormányhatározat ambíciós feladatokat vázol fel. Az érintett szakmai szervezetek bevonásával javaslatot kell adni a KRESZ gyalogosok és a kerékpárral közlekedők biztonságának javítását, valamint a kerékpáros közlekedés feltételeinek javítását célzó módosítására, valamint el kell készíteni a 2020–2030. közötti időszakra szóló nemzeti középtávú kerékpáros stratégiát. Emellett gondoskodni kell Budapest és a fővárosi agglomeráció kerékpáros kapcsolatainak, a térségben a kötöttpályás közlekedés kerékpáros elérhetőségének, a kerékpárút hálózatának állapotáról és fejlesztésének fő irányiról szóló koncepció kidolgozásáról, továbbá a 2021–2027 közötti európai uniós programozási időszak támogatásainak tervezése során az országos kerékpárút-hálózat, valamint a Budapest és a fővárosi agglomeráció kerékpáros kapcsolatainak fejlesztéséhez kapcsolódó szempontok érvényesítéséről. A kormányhatározat tehát számos programelemet sorol fel, melyek közül ki kell emelni az infrastrukturális fejlesztések és kerékpárhasználatot ösztönző programok között szereplő kerékpártároló-kialakítási programot, amelynek kidolgozása remélhetőleg már a jelen cikk hátteréül szolgáló kutatás (KTI, 2021) eredményeinek fgyelembevételével valósulhat meg.

Adatok és módszerek

A vizsgálat saját online kérdőív eredményeire támaszkodik, amely kifejezetten a lakótelepi kerékpártárolás körülményeit kívánta feltárni. Célunk volt, hogy a kérdőívet elsősorban aktív kerékpározók töltsék ki, ugyanis ők azok, akik lakóhelyi kerékpártároló hiányában vállalják a lakásban, lépcsőházban vagy egyéb helyen történő kerékpártárolás kényelmetlenségeit, így véleményük meghatározó lehet e megoldásra váró helyzettel kapcsolatban. Ennek érdekében a Magyar Kerékpárosklub levelezési listáit használtuk a kérdőív terjesztésére, arra számítva, hogy így nagyobb számban tudjuk megszólítani az aktív kerékpározókat.

A kérdőívet összesen több mint 350-en töltötték ki, azonban a hibás kitöltések miatt az értékelhető válaszok száma 343, ebből 270 Budapestről. Budapesten az I. és XXIII. kerületeket leszámítva minden kerület legalább egy lakosa válaszolt; a legtöbb a XI. kerületből (50), emellett 20 vagy több kitöltés a III., a IX., a X., a XIII. és a XIV. kerületből érkezett. A Budapesten kívüli válaszok esetében Miskolcra 32, Székesfehérvárra 13, Győrből és Szentendréről 4-4, Debrecen, Szeged és Dunaújváros esetében 2-2, valamint további 13 város esetében 1-1 kitöltés érkezett. A kérdőívet jellemzően 25–39 (171 fő) és 40–59 év közöttiek (132) töltötték ki, emellett összesen 40 válasz érkezett 18 év alatti, 18-24 év közötti és 60 év feletti válaszadóktól. A válaszadók túlnyomó része szellemi foglalkozást űz. A legtöbb kitöltő (292) 11 vagy több lakásos társasházban él. A kitöltők között a panel 46, a téglá 50, az egyéb falazatú épületek 4 százalékos arányban oszlanak meg. A legtöbb kitöltő kétszobás (166) vagy háromszobás (113) lakásban él. A háztartásban élők számát tekintve 132 kitöltő egy, 79 kettő, 53 három, 13 további négy emberrel osztozik, míg 66 válaszadó egyedül használja a lakást. A legtöbb kitöltő háztartásában 2 kerékpár található (119), 1 kerékpárt 91, 3-at 57, 4-et pedig 71 kitöltő háztartásában található meg, továbbá 5 fő esetében a háztartásában nincs kerékpár. A kérdőív eredményeit alább további leíró statisztikai módszerekkel, az R szoftver használatával elemeztük.

³ 1993. évi LXXVIII. törvény a lakások és helyiségek bérletére, valamint az elidegenítésükre vonatkozó egyes szabályokról

⁴ 54/2014. (XII. 5.) BM rendelet az Országos Tűzvédelmi Szabályzatról

⁵ A Kormány 1377/2020. (VII. 10.) Korm. határozata a „Kerékpározás éve” program megvalósításával összefüggő kormányzati intézkedésekről

Eredmények

A lakóhelyi kerékpártárolás általános helyzete

A felmérésünk eredményei alapján megállapítható, hogy a válaszadók több mint 80%-a használja kerékpárját legalább hetente, ennek több mint egyharmada naponta, illetve további egyharmada egy héten több alkalommal. Ha a kerékpártárolás feltételei ideálisak lennének, a megkérdezettek további 18%-a használná a kerékpárját naponta. Míg a jelen körülmények mellett 18% ritkábban, mint hetente ül kerékpárra, a kitöltők mindössze 4%-a tenné ezt ugyanígy a kerékpártárolás feltételeinek ideálissá válása esetén.

A felmérés egyik legfontosabb objektív eredménye a kerékpártárolók lakóhelyi rendelkezésre állásának aránya. A megkérdezettek mindössze 28%-a jelezte, hogy rendelkezik kerékpártárolóval a lakóhelyén, ugyanakkor ez az arány területileg nagy eltéréseket mutat. Budapesten a 4–10 lakásos társasházak esetében áll rendelkezésre a legkisebb tárolókapacitás, a 11 vagy annál több lakásos (panel)házakban élő válaszadóknak pedig 31%-a nyilatkozott úgy, hogy van a lakóhelyén kerékpártároló. A vidéki városokban minden második kisebb társasház rendelkezik kerékpártárolóval, viszont a 11 vagy több lakásos téglá és panelházak esetében a budapestihez hasonló arányokkal találkozhatunk.

A kérdőívet kitöltők legnagyobb része elégtelennek minősítette a kerékpártárolási körülményeket lakóhelyén, területtől függetlenül. Megjegyzendő azonban, hogy a fővárosi kitöltők által a kerékpártárolási körülményekkel kapcsolatos elégedettségre vonatkozó átlagos érték némileg alacsonyabb a Budapesten kívüli kitöltők átlagos elégedettségi értékénél.

Budapesten meglehetősen sokan a lakást vagy a lépcsőházat használják a kerékpárok tárolására, azonban előbbi a lakóterületből vesz el teret, utóbbi pedig akadályozhatja a közlekedést, így a menekülési útvonalat is a társasházban. Külön erre a célra kialakított helyiség mindössze az esetek 5–15%-ban, a fővároson kívüli 2–10 lakásos társasházak esetében 30%-ban szolgál kerékpártárolásra. Emellett funkciójában megfelelő garázst és a kerékpártárolásra kialakított helyiségek értékeit összeadva is 10–20%-os értékek adódnak, tehát a kerékpárok nagy része nem megfelelő funkciójú helyen van tárolva.

A kerékpártárolásra vonatkozó problémák tekintetében a zsúfoltság, a biztonság hiánya, a házon belüli mozgatás nehézsége és a rendelkezésre álló megfelelő mennyiségű hely hiánya merült fel leggyakrabban, de olyan kisebb problémák is gondot okoznak, mint a fedetlen kerékpártárolók esetében az időjárás körülményeknek való kitettség, illetve a hozzáférés hiánya (pl. nincs kulcsa a kerékpártároló helyiséghez) (1. táblázat).

1. táblázat A kerékpártárolásra vonatkozó problémák

		Válaszadók száma	nincs probléma	tárolóhelyiség hiánya	lopásveszély	zsúfoltság, kényelmetlenség	időjárásnak kitettség (fedetlen helyen)	házon belüli mozgatás (lift, lépcső)	hozzáférés (pl. „nincs kulcsom”)	egyéb
Budapest	Belváros (5-7. ker)	18	0%	23%	17%	40%	3%	13%	0%	3%
	4-10 lakásos társasházak	37	9%	13%	24%	24%	4%	22%	0%	2%
	11 vagy több lakásos, téglá	129	2%	25%	13%	33%	7%	15%	1%	3%
	11 vagy több lakásos, panel	94	2%	27%	18%	33%	2%	11%	5%	3%
	összesen	270	3%	25%	17%	31%	4%	15%	2%	3%
Budapesten kívül	2-10 lakásos társasházak	10	0%	10%	10%	60%	0%	10%	0%	10%
	11 vagy több lakásos, téglá	13	0%	12%	29%	24%	12%	24%	0%	0%
	11 vagy több lakásos, panel	46	0%	21%	23%	40%	4%	6%	0%	6%
	összesen	72	0%	18%	21%	39%	5%	12%	0%	5%
	összesen	342	3%	23%	18%	33%	4%	14%	2%	3%

Forrás: saját szerkesztés

Arra a kérdésre, hogy van-e kerékpártároló kialakítására alkalmas helyiség az épületben, a megkérdezettek közel 60%-a igennel válaszolt. Ezek a helyiségek zömmel meglévő, de más célra használt tárolók, pincék vagy garázsok, illetve funkció nélküli vagy jelenleg nem közös tulajdonban álló helyiségek.

Összefüggés-vizsgálatok

A kerékpártárolás jelenlegi helyzetének felméréséhez végzett összefüggés-vizsgálatok alapján három esetben mutatkozott szignifikáns összefüggés: a háztartásban lakók és a háztartásban tárolt kerékpárok száma, a háztartásban tárolt kerékpárok száma és a tárolás jellemző helye, valamint a kerékpározás gyakorisága és a kerékpártárolás színvonalával való megelégedettség között.

A háztartásban lakók és a háztartásban tárolt kerékpárok száma közötti összefüggés

A vizsgálatból megállapítható, hogy jellemzően több lakos esetén több kerékpárt tárolnak egy háztartásban (2. táblázat). A szignifikáns összefüggés mértéke 38,37%.

2. táblázat A háztartásban lakók és a háztartásban tárolt kerékpárok száma közötti összefüggés

		1 db kerékpár	2 db kerékpár	3 db kerékpár	4, vagy több kerékpár	Nincs kerékpár	Összesen darabszám és arány
1 fő	Darabszám	46	16	3	2	1	68
	Soron belüli arány	0.676	0.235	0.044	0.029	0.015	0.197
	Oszlopon belüli arány	0.500	0.134	0.054	0.028	0.167	
2 fő	Darabszám	33	70	14	10	4	131
	Soron belüli arány	0.252	0.534	0.107	0.076	0.031	0.380
	Oszlopon belüli arány	0.359	0.588	0.250	0.139	0.667	
3 fő	Darabszám	10	23	29	16	1	79
	Soron belüli arány	0.127	0.291	0.367	0.203	0.013	0.229
	Oszlopon belüli arány	0.109	0.193	0.518	0.222	0.167	
4 fő	Darabszám	2	9	8	34	0	53
	Soron belüli arány	0.038	0.170	0.151	0.642	0.000	0.154
	Oszlopon belüli arány	0.022	0.076	0.143	0.472	0.000	
5 fő, vagy afelé	Darabszám	1	1	2	10	0	14
	Soron belüli arány	0.071	0.071	0.143	0.714	0.000	0.041
	Oszlopon belüli arány	0.011	0.008	0.036	0.139	0.000	
Összesen	Összes darabszám	92	119	56	72	6	345
	Soron belüli arány	0.267	0.345	0.162	0.209	0.017	

Forrás: saját szerkesztés

A háztartásban tárolt kerékpárok száma és a tárolás jellemző helye közötti összefüggés

Megállapítható, hogy ha több kerékpárt tárolnak a házban, szükségessé válik más helyiség igénybevétele is erre a célra (3. táblázat): 1 kerékpár esetén a kerékpárok 55%-át lakásban tárolják, míg 4 vagy több kerékpár esetén ez az arány csak 25%. A szignifikancia mértéke 17%.

3. táblázat A háztartásban tárolt kerékpárok száma és a tárolás jellemző helye közötti összefüggés

		Erre a célra kialakított helyiségben	Garázsban	Lakásban	Lépcsőházban	Pincében	Szabadterületen	Összesen (darabszám és arány)
1 db kerékpár	Darabszám	4	4	42	16	9	2	77
	Soron belüli arány	0.052	0.052	0.545	0.208	0.117	0.026	0.259
	Oszlopon belüli arány	0.121	0.267	0.389	0.225	0.150	0.200	
2 db kerékpár	Darabszám	15	5	34	27	19	5	105
	Soron belüli arány	0.143	0.048	0.324	0.257	0.181	0.048	0.354
	Oszlopon belüli arány	0.455	0.333	0.315	0.380	0.317	0.500	
3 db kerékpár	Darabszám	3	3	15	16	10	0	47
	Soron belüli arány	0.064	0.064	0.319	0.340	0.213	0.000	0.158
	Oszlopon belüli arány	0.091	0.200	0.139	0.225	0.167	0.000	
4, vagy több kerékpár	Darabszám	11	3	16	9	21	3	63
	Soron belüli arány	0.175	0.048	0.254	0.143	0.333	0.048	0.212
	Oszlopon belüli arány	0.333	0.200	0.148	0.127	0.350	0.300	
Összesen	Összes darabszám	33	15	108	71	60	10	297
	Soron belüli arány	0.111	0.051	0.364	0.239	0.202	0.034	

Forrás: saját szerkesztés

A kerékpározás gyakorisága és a kerékpártárolással való megelégedettség összefüggése

A keresztábrából látható, hogy ha a kerékpározók elégedettebbek a kerékpártárolás színvonalával, gyakrabban kerékpároznak (4. táblázat). Ugyanakkor a hetente vagy ritkábban, mint hetente kerékpározók mintegy 80%-a számára erős visszatartó erő, ha a lakóhelyen nincs megoldva vagy nem biztonságos a kerékpártárolás. A szignifikancia mértéke 20%.

4. táblázat A kerékpározás gyakorisága és a kerékpártárolási elégedettség összefüggése

	Elégedettség Darabszám	1	2	3	4	5	Összesen 133
		18	21	26	41	27	
naponta	Soron belüli arány	0.135	0.158	0.195	0.308	0.203	0.386
	Oszlopon belüli arány	0.600	0.677	0.361	0.390	0.252	
	Darabszám	5	7	36	30	36	114
egy héten több alkalommal	Soron belüli arány	0.044	0.061	0.316	0.263	0.316	0.330
	Oszlopon belüli arány	0.167	0.226	0.500	0.286	0.336	
	Darabszám	2	1	3	13	17	36
hetente	Soron belüli arány	0.056	0.028	0.083	0.361	0.472	0.104
	Oszlopon belüli arány	0.067	0.032	0.042	0.124	0.159	
	Darabszám	5	2	7	21	27	62
ritkábban, mint hetente	Soron belüli arány	0.081	0.032	0.113	0.339	0.435	0.180
	Oszlopon belüli arány	0.167	0.065	0.097	0.200	0.252	
	Darabszám	30	31	72	105	107	345
Összesen	Soron belüli arány	0.087	0.090	0.209	0.304	0.310	

Forrás: saját szerkesztés

Javaslatok

A kérdőívet kitöltők javaslatokat adtak a kerékpártárolás feltételeire vonatkozóan, legtöbbször új tároló létrehozását vagy meglévő helyiség(ek) átalakítását javasolták, és sokuknak fontos a meglévő kerékpártároló biztonsága és más adottságai (pl: hozzáférhetőség) javítása is.

A kerékpártárolók műszaki kialakítására vonatkozóan – az ÚME ajánlásait is figyelembe véve – fontos a kerékpártároló biztonságos és időjárástól védelmet nyújtó kialakítása, a megfelelő helykihasználás biztosítása, a környezetbe illeszkedés, a kis karbantartási igény és a megfelelő megközelítés. A megfelelő kialakításhoz számos előregyártott eszköz áll rendelkezésre, azonban ezek kiválasztását több tényező (pl: kültér vagy beltér, tárolt kerékpárok száma, tároló zárhatósága) befolyásolja.

Bár az OTÉK kevés követelményt határoz meg, sok épület esetében még ez az előírás sem teljesül. Kerékpártárolók kialakításához napjainkban legfőképpen önkormányzatok által, általában környezetvédelmi céllal kiírt eseti pályázati támogatások vehetők igénybe. Javasoljuk dedikált támogatási rendszer létrehozását, melyben az önkormányzatok által kiírt pályázatokhoz a forrást az állam biztosítja, a pályázati feltételeket pedig egységes módon szabályozzák. Az OTÉK előírásainak megfelelő társasházak esetében 80%-os, más társasházak esetében 70%-os támogatási intenzitás látszik életszerűnek – a kerékpárhelyek számának megfelelően, biztosítva a törekvést a költséghatékonyságra. (Az új építésű társasházakat a jogszabályi kötelezettségből adódóan nem javasoljuk támogatásra.) A támogatási rendszert pilot projekt keretében érdemes tesztelni.

A fent leírt javaslatok összehangolására háromlépcsős intézkedési tervet tartunk célszerűnek: a kerékpártároló kialakítási program kidolgozására (1), egy pilot projekt végrehajtására (2) és a kerékpártárolást támogató pályázat kiírására (3) vonatkozóan, felelős szervezetek és határidők meghatározásával.

Konklúzió

Cikkünk a lakótelepi kerékpártárolás problémáit tárta fel, valamint az azonosított problémákra fogalmazott meg javaslatokat. Mint az látható volt, a kérdőívünket kitöltők jelentős része (mintegy 70%-a) rendszeresen, naponta vagy hetente több alkalommal kerékpározik és a válaszadók további megközelítőleg ötöde használná ugyanilyen rendszerességgel kerékpárját, ha a lakóhelyén meg lenne oldva a kerékpártárolás. A kutatást alapjaiban indokolja az a tény, hogy a kérdőívet kitöltők 71%-ának a lakóhelyén nincs kerékpártárolásra alkalmas helyiség, miközben több mint 30%-uk érzi teljes mértékben visszatartó erőnek, ha a kerékpártárolás nincs megoldva.

Külföldi példák és tapasztalatok bemutatása nyomán javaslatot adtunk az innovatív kerékpártárolási lehetőségek

hazai implementációjára, mely javaslatok magukban foglalják a műszaki kivitelezést és a finanszírozást érintő kérdéseket. Összességében, a cikkben megfogalmazott javaslatokkal a lakótelepi kerékpártárolás színvonala és lehetőségei nagymértékben javulhatnak, hozzájárulva ezzel a kerékpárhasználat mint fenntartható közlekedési mód komfortjának és népszerűségének növeléséhez.

Felhasznált irodalom

- ASTRA – Vks (szerk.) (2008): Veloparkierung. Empfehlungen zu Planung, Realisierung und Betrieb. Handbuch. https://www.astra.admin.ch/dam/astra/de/dokumente/langsamverkehr/lv_v07_veloparkierung-handbuch2008.pdf.download.pdf/lv_v07_veloparkierung-handbuch2008.pdf
- Celis, Pablo - Bølling-Ladegaard, Erik (2008): Bicycle Parking Manual, The Danish Cyclists Federation, Koppenhága. 95 o.
- FGM-AMOR (2011): A kerékpár-parkolás megkönnyítése, BICY – Cities and Regions for cycling. 20 o. https://www.eltis.org/sites/default/files/trainingmaterials/20110823_bicy_bicycle_parking_hu_draft.pdf
- KTI (2021): A lakótelepi kerékpártárolás fejlesztési lehetőségei, Közlekedéstudományi Intézet, Budapest, 55 o.
- Magyar Kerékpárosklub (2012): Kerékpárparkolók és- tárolók kialakítása és elhelyezése. Műszaki ajánlás. URL: https://kerekpárosklub.hu/storage/images/kerekparkolok_ajanlas.pdf
- Magyar Kerékpárosklub (2020): A Magyar Kerékpárosklub országos felmérése. https://kerekpárosklub.hu/kerekpároskutatas_2020
- Steiner, Jennifer – Abegg, Patrick – De Tommasi, Roberto (2017): Leitfaden zur Veloparkierung in Wohnsiedlungen, Tiefbauamt der Stadt Zürich, Zürich. 33 o.

Valamennyi online forrás esetében az utolsó hozzáférés ideje: 2021. január 8.