LXXIII. ÉVFOLYAM 3. SZÁM
2023. JÚNIUS

KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE

A KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI EGYESÜLET SZAKLAPJA
ALAPÍTVA 1951-BEN

A KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI EGYESÜLET TISZTÚJÍTÓ KÖZGYŰLÉSÉNEK VÁLASZTÁSI EREDMÉNYE

ELNÖK

Dr. Fónagy János

FŐTITKÁR

Dr. Horváth Balázs

TÁRSELNÖKÖK

Bíró József
Dr. Bói Loránd
Dr. Kerékgyártó János
Dr. Mosóczi László
Dr. Tóth János

FŐTITKÁRHELYETTESEK

Bősze Sándor
Dr. Heinczinger Mária
Dr. Lakatos András
Tóthné Temesi Kinga

SENIOR FELELŐS

Szabó András

IFJÚSÁGI FELELŐS

Vágány András

FELÜGYELŐ BIZOTTSÁG ELNÖKE

Dr. Cserhalmi Dorottya

FELÜGYELŐ BIZOTTSÁG TAGJAI

Dr. Bálint Ákos
Csermely Tibor
Dr. Környei Éva
Veres István

ÜGYVEZETŐ

Orosz Balázs

ELNÖKSÉGI TAGOK

Dr. Bartal Tamás
Dr. Becske Loránd
Berente István
Bíró József
Dr. Bói Loránd
Bősze Sándor
Dr. Dabóczi Kálmán
Dr. Dér Erika
Dr. Erb Szilvia
Dr. Fischer Szabolcs
Dr. Heinczinger Mária
Dr. Henézi Diána
Holnapy László
Dr. Homolya Róbert
Kameniczky Ákos
Dr. Kerékgyártó János
Keszthelyi Tibor
Dr. Kormányos László
Kruchina Vince
Dr. Makó Emese
Dr. Mayer András
Mikesz Csaba
Dr. Mosóczi László
Nagy Attila
Dr. Orosz Csaba
Dr. Pafféri Zoltán
Schváb Zoltán
Szabó Eszter
Dr. Tóth János
Tóthné Temesi Kinga
Dr. Török Ádám
Virág István
Vitézy Dávid

AZ ELNÖKSÉG TOVÁBBI TAGJAI

Dr. Katona András
főszerkesztő, Közlekedéstudományi Szemle

Dr. Denke Zsolt
főszerkesztő, Városi Közlekedés

TERÜLETI ÉS TAGOZATI ELNÖKÖK

Berta Tamás	*Közlekedésbiztonsági Tagozat*
Dobrocsi Tamás	*Városi Közlekedési Tagozat*
Zsolnay Tamás	*Légiközlekedési Tagozat*
Dr. Hinfner Miklós	*Fuvaroztatók és Szállítmányozók Tagozat*
Feldmann Márton	*Vasúti Tagozat*
Horváth Zsolt Csaba	*Általános Közlekedési Tagozat*
Székely András	*Gépjárműközlekedési Tagozat*
–	*Közlekedésépítési Tagozat*
Csobay Balázs	*Hajózási Tagozat*
Barabás Zsolt	*Komárom-Esztergom Megyei Területi Szervezet*
Ürmössy Ákos	*Nógrád Megyei Területi Szervezet*
–	*Zala Megyei Területi Szervezet*
Stangl Imre László	*Vas Megyei Területi Szervezet*
Séllei Zoltán	*Békés Megyei Területi Szervezet*
Dr. Horváth Balázs	*Győr-Moson-Sopron Megyei Területi Szervezet*
Demeter Péter	*Borsod-Abaúj-Zemplén Megyei Területi Szervezet*
Gubik László	*Szabolcs-Szatmár-Bereg Megyei Területi Szervezet*
Tóth István	*Somogy Megyei Területi Szervezet*
–	*Jász-Nagykun-Szolnok Megyei Területi Szervezet*
Ujváry Izabella	*Bács-Kiskun Megyei Területi Szervezet*
Kövesdi Szilárd	*Sopron Városi Szervezet*
Mondi Miklós	*Csongrád Megyei Területi Szervezet*
Tóth Szabolcs	*Hajdú-Bihar Megyei Területi Szervezet*
Szerencsi Gábor	*Heves Megyei Területi Szervezet*
Molnár István	*Fejér Megyei Területi Szervezet*
Tóth László	*Tolna Megyei Területi Szervezet*
Dr. Weidinger Antal	*Baranya Megyei Területi Szervezet*
Vántsa Előd	*Veszprém Megyei területi Szervezet*

TARTALOM

Dr. Horváth Balázs
Hálózattudomány alkalmazása
a közforgalmú közlekedésben 5

Kruchina Vince – Dr. Sárközi György Tibor
Az elektrifikáció térnyerése és az elektromos autóbuszok kiemelt szerepe a fenntartható közösségi közlekedésben. 1. rész 18

Molnár László Aurél
Szemelvények fontosabb útjaink történetéből. 2. rész 36

Emlékeztető
az MTA Közlekedés- és Járműtudományi Bizottságának ünnepi üléséről 45

Melléklet
Közlekedésbiztonság -
Közlekedési környezetvédelem
Dr. Henézi Diána Sarolta
Dr. Horváth Balázs – Berta Tamás
A hazai közlekedők biztonságiöv-viselési szokásainak, attitűdjének vizsgálata 50

Negyeliczky János
Az 50 éves MARPOL Egyezmény
VI. melléklete 62

A digitális változat megrendelése csak egyéni előfizetőknek lehetséges a Közlekedéstudományi Szemle szerkesztőségénél (szemle@ktenet.hu).
A digitális változat előfizetési díja évente 6600 Ft, KTE egyéni tagnak 4500 Ft. Az aktuális lapszámokat már a nyomtatott változat megjelenése előtt elküldjük előfizetőink e-mail címére pdf formátumban.

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

Megjelenik kéthavonta
www.ktenet.hu

ALAPÍTOTTA:
a Közlekedéstudományi Egyesület

SZERKESZTŐBIZOTTSÁG:
Kövesné Dr. Gilicze Éva elnök
Dr. Katona András főszerkesztő
Barlog Károly
Dr. Békési István
Berta Tamás
Horváth Lajos
Dr. Prileszky István
Somogyi Marcell
Dr. Tánczos Lászlóné
Dr. Tóth János
Dr. Tóth László

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

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

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

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

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

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

TERJESZTŐ:
Magyar Posta Zrt. Központi Hírlap Iroda
1089 Budapest Orczy tér 1., Telefon: 36-1-4776300

ELŐFIZETÉS:
Előfizethető a Közlekedéstudományi Egyesület szerkesztőségében
Éves előfizetés (6 szám): 9000 Ft
KTE egyéni tagoknak: 4500 Ft

ISSN 0023 4362

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

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

Hálózattudomány alkalmazása a közforgalmú közlekedésben

A témaválasztás nemcsak a kérdés elméleti vonatkozásainak újszerű, hálózattudományi szemléletű megközelítése és megalapozása miatt fontos, hanem a gyakorlatban felmerülő problémák szempontjából is aktuális. A közlekedési rendszer fenntarthatóságának komplex követelményrendszere, vagyis a gazdasági, a társadalmi és a környezeti értelemben vett "hatékonyságra irányuló törekvés" ugyanis a közforgalmú közlekedési hálózat fejlesztése és fenntartása során is egyidejűleg és folyamatosan biztosítandó.

DOI: ***https://doi.org/10.24228/KTSZ.2023.3.1***

Dr. Horváth Balázs
Széchenyi István Egyetem Építész-, Építő- és Közlekedésmérnöki Kar
dékán
e-mail:hbalazs@sze.hu

1. BEVEZETÉS

Életünk minden területén kapcsolatok veszznek körül minket. E kapcsolatok lehetnek társadalmi, műszaki, gazdasági vagy éppen természeti jellegűek. A társadalomtudósok, a fizikusok és a matematikusok lassan 100 éve foglalkoznak e kapcsolati rendszerek, más néven kapcsolati hálók rejtelmeinek feltárásával. A korai kutatók még természetesen nem voltak tisztában azzal, hogy egy új tudományágat, egy új kutatási irányzatot hoztak létre.

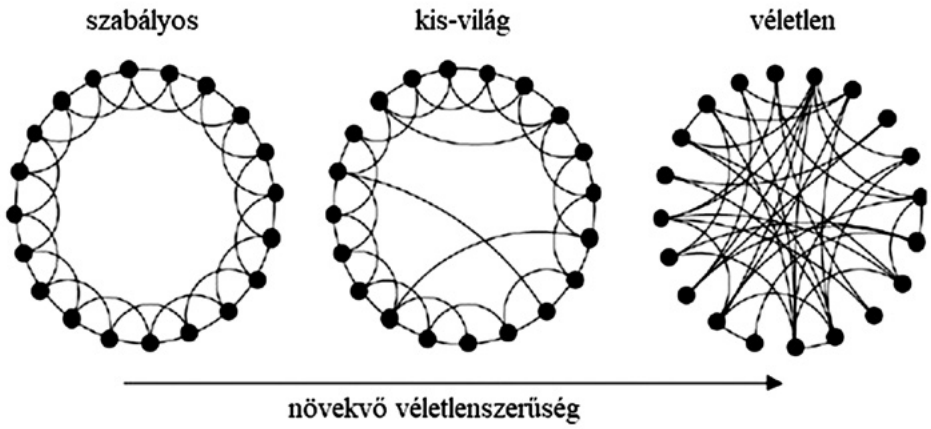
A hálózatkutatás, a kapcsolatok rendszerének feltárása azonban nem egy elvont ismeretkör. Elég csak arra gondolnunk, mikor ismeretlen ismerősökkel találkozva felkiáltunk, „milyen kicsi a világ!", bizony ez is a hálózatkutatási kapcsolatkeresés módszereivel megmagyarázható jelenség, amit sokan csak „hat lépés távolság" kérdéseként aposztrofálnak.

Felmerülhet, ha a hálózatkutatás ilyen általános, és a világ ennyi területére kiterjed, akkor vajon nem lenne-e alkalmas közlekedési rendszereink vizsgálatára, a párhuzamosságok kérdésének értékelésére, a hatékonyság becslésére. Így a hálózatok tudományának általános bemutatásától indulva jutunk el oda, hogy mit adhat nekünk e tudományterület a közforgalmú közlekedési rendszerek értékelésében.

2. HÁLÓZATOK, KAPCSOLATOK

Ha napjainkban hálózatokról, hálózatkutatásról esik szó, akkor az első, aki eszünkbe jut, Barabási Albert-László, aki forradalmasította a hálózatkutatás témakörét, tudományterületté emelte az ezirányú kutatások csoportját. De ahhoz, hogy idáig eljussunk, hosszú az út, amint azt maga Barabási is bemutatja [1].

1. ábra: Kapcsolati formák és a véletlenszerűség [5]



A hálózatkutatás sarokköve a hálózatok ábrázolása és számszerűsítése. Ez ma már nem nehéz, hiszen a gráfok és a gráfelmélet ebben nagy segítségünkre van. Ennek megalkotásához azonban kellett a híres matematikus Euler, aki a königsbergi hidak problémáján keresztül vezette be a gráfok fogalmát és a gráfelméletet.

Nagyon érdekes, hogy a Barabási-féle hálózatkutatási eredmények egyik első, tőle természetesen teljesen független felismerője Karinthy Frigyes volt [2], aki 1929-ben írta le, hogy: „...A földön minden ember összekapcsolható legfeljebb hat lépésben…". Ez a felismerés ma már matematikailag könnyen bizonyítható, amint azt többek között a hálózatelméletről szóló igen részletes leírást adó összefoglaló mű is bemutatja [3].

Ha hálózatokról, gráfokról beszélünk nem kerülhetjük meg a két leghíresebb matematikust Erdős Pált és Rényi Alfrédot. Ők alkották meg a véletlen hálózatok fogalmát [4]. A véletlen hálózatok sok problémára magyarázatot adnak. Azonban, mint azt később sokan felismerték [5] a társadalmi, természeti és műszaki rendszerek alkotta kapcsolati hálók általában nem véletlen hálózatokként épülnek fel. E felismerésből alakult ki a „kis világ" (small-world) kifejezés, ami arra utal, hogy a hálózatokban vannak olyan, a távoli részeket összekötő hidak, amelyek a hálózat egyes szereplői közötti távolságot lerövidítik, amint azt Karinthy [2] és mi magunk („Milyen kicsi a világ!") is nap, mint nap felismerjük.

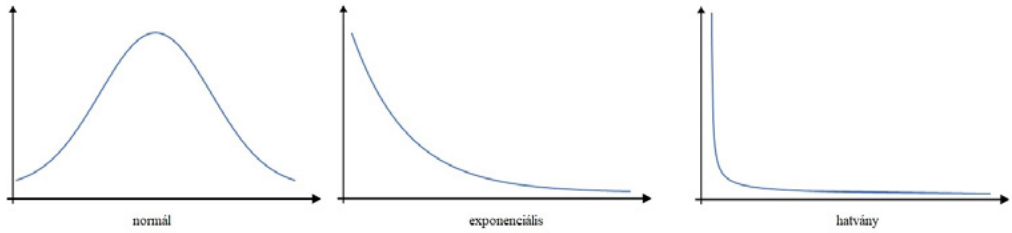
Watts és Strogatz [5] új gondolatokkal bővítették a véletlen hálózatok világképét, és megalkották a kis-világ típusú hálózatok fogalmát (1. ábra). E felismeréssel számtalan valódi rendszer kapcsolati hálója magyarázhatóvá vált, sok azonban továbbra sem magyarázható.

Felmerülhet a kérdés, hogy hogyan lehet e kapcsolati formákat megkülönböztetni. Mai ismereteink szerint (illetve a Barabási által felismert összefüggések alapján) erre a legjobb módszer az elemek kapcsolati rendszerének matematikai statisztikai elemzése.

3. KAPCSOLATI HÁLÓK KAPCSOLATRENDSZERÉNEK STATISZTIKÁI

Egy-egy hálózat résztvevőinek kapcsolatrendszere leírható az egyes szereplők kapcsolatainak számával. Tekintsünk egy egyszerű példát: Egy körasztalnál 10 fő ül körbe, akik kezdetben nem ismerik egymást. Az asztal mellett azonban megismerkednek, így elő-

2. ábra: Kapcsolatok számának lehetséges eloszlása



ször mindenki pontosan két főt fog ismerni, a jobb- és a baloldali szomszédját. Ezen egyszerű hálózatban a résztvevők kapcsolati rendszere egyszerű lesz, 10 fő fog ismerni 2-2 főt, így mindenkinek két kapcsolata lesz ebben a hálózatban. A valóság ennél jóval összetettebb, ennek megfelelően a valódi hálózatok kapcsolati rendszerét nem tudjuk egy-egy konkrét értékkel leírni. E célra valamely matematikai eloszlás felel meg leginkább. Véletlen hálózatokban a kapcsolatok számának eloszlása normál eloszlásnak megfelelő, vagyis kevesen vannak sok kapcsolattal, kevesen vannak kevés kapcsolattal, sokan vannak azonban átlagos vagy ahhoz közeli kapcsolattal (2. ábra).

A társadalmi, természeti, gazdasági és műszaki rendszerek jellemzően exponenciális vagy hatvány eloszlást követnek. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy sok szereplőnek kevés kapcsolata van, kevés szereplőnek viszont sok. Barabási kimutatta, hogy a rendezett kapcsolati hálók jellemzően hatvány típusúak. E felismerés összefüggésbe hozható a fizikusok által régóta vizsgált víz fagyásának folyamatával. E vizsgálatok során megállapították, hogy a víz és általában a rendezetlennek tekinthető hálózatok inkább exponenciális eloszlás szerint kapcsolódnak, míg a rendezettebbnek tekinthetők, mint például a jég viszont hatvány eloszlást mutatnak [6], [7].

Ebből persze nem szabad levonni azt a következtetést, hogy a hatvány mindig rendezett, az exponenciális mindig rendezetlen. Felmerülhet azonban a kérdés, hogy egyáltalán iránymutatásként fel lehet-e használni e megfigyelést. Vagyis érvényes-e, hogy az inkább hatvány eloszlású kapcsolatokkal rendelkező hálózatok rendezettebbek, míg az inkább exponenciális eloszlást mutató hálózatok rendezetlenebbek.

Másképpen feltéve e kérdést, vajon igaz-e, hogy egy exponenciális eloszlással bíró kapcsolati háló kevésbé épül a központokra, az az elosztott (gyenge központokkal), míg egy hatvány típusú eloszlást követő kapcsolati háló pedig inkább központokra épülő rendszert takar.

Mielőtt e kérdést gyakorlati példákon keresztül megvizsgáljuk érdemes ellenőrizni, hogy igazolta vagy megcáfolta-e már bárki e feltevést a közlekedés területén.

4. HÁLÓZATELMÉLETI VIZSGÁLATOK A KÖZLEKEDÉSBEN

Áttekintve a közlekedésben alkalmazott hálózatelméleti kutatásokat, megállapítható, hogy sokan megálltak Watts és Strogatz [5] hosszú kapcsolatelméleti modelljénél (small-world). Egyesek Gladwell [8] modelljével kiegészítve e hosszú kapcsolatokat, mint összekötőket vizsgálták.

Zengwang és Daniel [9] a közlekedési hálózatok általános elemzéséről készített tanulmányt. Gráf-alapú megközelítést végeztek az út- és metróhálózatok értékelésére. Nilanchal [10] az ő művükre építve egy új torlódási indexet javasolt, bár a végleges index nem használta fel eléggé a hálózattudományok tanulságait.

A közlekedéssel kapcsolatos tanulmányok többsége csak a közúti hálózattal vagy esetleg a vasúti hálózattal (de csak mint infrastruktúrával) foglalkozik. Vannak azonban általánosabb, rendszerbe illesztett kutatások is, amelyek sokkal jobban építenek a hálózatelméleti gondolatok közlekedési alkalmazására, mint Barthelemy [11], aki azt a kérdést vizsgálta általánosabban, hogy hogyan lehetséges a hosszú kapcsolatok elméletének alkalmazása, amennyiben a távolság a szétválasztottság mérőszáma. Gastner és Newmann [12] voltak talán az elsők, akik részletesen leírták a hosszú kapcsolatok elméletén alapuló közlekedési hálózat hálózatelméletét.

E felsorolt eredmények vagy közúthálózatra, vagy általában a közlekedési rendszerekre vonatkoztak. Közforgalmú közlekedést leíró esetek kevésbé jelennek meg a szakirodalomban, bár ezek között akadnak előremutató vizsgálatok is.

Sienkiewicz és Hołyst [13] meglehetősen alapos tanulmányt készített 22 lengyel közforgalmú közlekedési rendszer elemzéséről. Ők ezeket a hálózatokat hálózatokként és nem szolgáltatásként tanulmányozták, bár vizsgálatuk erős relevanciát mutat a jelen cikk témájával, de nem léptek túl a hálózatok statisztikai elemzésén.

Ferber et.al. [14] 14 különböző hálózattal végzett hasonló vizsgálatot, míg Bercher et.al. [15] a hálózattudományokat használta egy közforgalmú közlekedési hálózat sebezhetőségének elemzésére. Ehhez hasonló Ding et.al. [16] tanulmánya is. Mindezekből jól látszik, hogy vannak már próbálkozások a hálózattudományok bekapcsolására, ezek azonban nem az értékelés irányába indulnak el.

A bemutatott cikkek és tanulmányok is jól mutatják, hogy ma még jellemzően hiányzik a kapcsolat a hálózattudományok és a közforgalmú közlekedési szolgáltatás hatékonyságértékelése között. A következőkben e hiányosság leküzdésére alkalmas modell kerül bemutatásra.

5. HÁLÓZATELMÉLET ALKALMAZHATÓSÁGA A KÖZFORGALMÚ KÖZLEKEDÉSI RENDSZEREK ÉRTÉKELÉSÉBEN

Az eddig leírtak alapján talán világos, hogy adott egy általános eszköz, a hálózattudomány (hálózatelmélet), ami képes arra, hogy objektív módon értékeljen egy kapcsolati hálót. Ehhez három kérdést kell megválaszolnunk:

- Hogyan értelmezhetők ezen értékelési mutatószámok a közlekedési hálózatok kapcsán?
- Szabad-e, lehet-e a közforgalmú közlekedési hálózatokat e mutatószámokkal értékelni?
- Ha az első két kérdésre igen a válaszunk, akkor hogyan és mire lehet még használni e mutatószámokat?

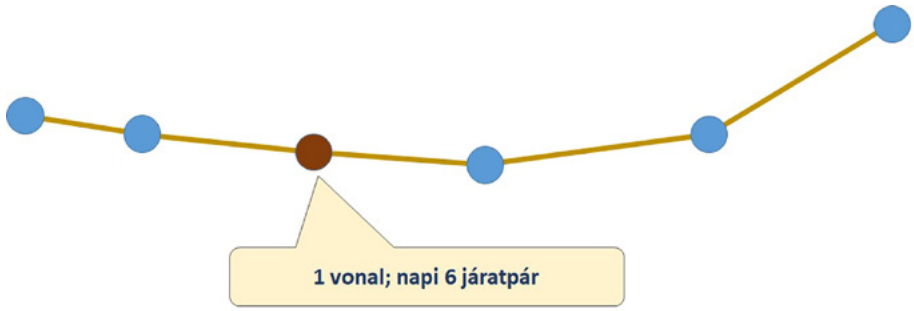
A vizsgálatok során alkalmazott módszertan szerint a nyilvánosan rendelkezésre álló GTFS (General Transit Feed Specification) adathalmaz Python kód segítségével került feldolgozásra, majd a feldolgozott adatok táblázatok és diagramok formájában váltak értékelhetővé. A feldolgozás és értékelés technikai megvalósítása előtt azonban módszertanileg kellett tisztázni a számítási eljárás logikáját.

A közforgalmú közlekedési hálózatok elemeinek kapcsolata alatt e vizsgálat során a közvetlen eljutásokat értjük. A kapcsolatokat háromféleképpen értelmezhetjük:

- hálózati kapcsolat,
- vonali kapcsolat,
- járati kapcsolat.

Hálózati kapcsolat alatt azt értjük, hogy két megálló között van-e közvetlen (átszállás nélküli) eljutási lehetőség, vagy nincs. Ilyen formán e megközelítés egy igen-nem típusú képet ad két pont közötti kapcsolatról. Mint kapcsolati háló jó ez a megközelítés. Ezzel szemben a közforgalmú közlekedést, mint szolgáltatást nem képezi le, mindemellett első kiinduló vizsgálatnak jónak látszik e megközelítés is.

3. ábra: Hálózati – és járati kapcsolatok fogalmának értelmezése



A vonali kapcsolat a hálózati kapcsolathoz képest abban nyújt újat, hogy nem csak igen-nem szinten értelmezzük a kapcsolatot két megálló között, hanem azt is vizsgáljuk, hogy hányféle közvetlen eljutási lehetőség adódik két megálló között. E megközelítés azonban hamar elvetésre került, mivel nehéz megindokolni, hogy ezek a vonaltípusok más-más kapcsolatot adnak-e, másfelől (különösen a vasúti közlekedésben) nehéz jól definiálni, mely vonalakat tekintjük eltérőnek. A vasúti közlekedés példáján, eltérő (többlet) kapcsolatnak számít-e, ha két megálló között van EC és RJ vonat is? Jobb-e a kapcsolat két megálló között, ha egyféle személyvonat helyett van gyorsvonat és személyvonat is, amely e felfogás szerint kétféle eljutási lehetőséget jelent. Mindezek miatt a vonali megközelítés elvetésre került.

A közforgalmú közlekedés szolgáltatás jellegének megjelenítése érdekében az előzőektől eltérően definiálhatjuk a kapcsolatot a járatok szintjén. Minden egyes járatot (típusától függetlenül), ami közvetlen eljutást biztosít külön-külön kapcsolatként veszünk figyelembe. E megközelítés lehetővé teszi, hogy a hálózat struktúrája mellett a szolgáltatás egyik fontos jellemzőjét, a járatgyakoriságot is bevonhassuk a vizsgálatba.

E két megközelítés értelmezéséhez nyújt segítséget a 3. ábra.

A 3. ábrán látható egyszerű hálózatrészleten könnyebben értelmezhetjük az egyes megközelítések közötti különbséget. Hálózati megközelítés esetén a jelzett megállóból öt másik megálló érhető el, így e megálló esetében a hálózati kapcsolatok száma 5. Ha a járati kapcsolatokat keressük, akkor e megálló esetén ismét csak 5 megálló érhető el, azonban mindegyik 6-6 alkalommal, így összesen 6×5=30 elérése van e megállónak, így itt a járati kapcsolatok száma 30.

A következőkben e két megközelítés (hálózati, járati kapcsolat) elméleti és gyakorlati értékelési eljárása kerül bemutatásra.

Az iménti módszertani megfontolások után, ki kellett alakítani az adatfeldolgozó algoritmusok rendszerét.

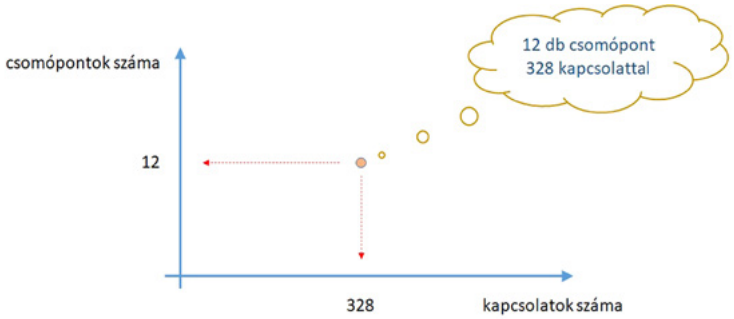
A feldolgozás során a GTFS-ben rendelkezésre álló, megálló, járat és útvonal adatokból létrehozásra került egy kapcsolati mátrix. A kapcsolati mátrix kiszámítása az előzőekben definiáltak szerint kétféleképpen valósult meg:

- hálózati kapcsolatok,
- járati kapcsolatok.

A kapcsolati mátrix sorai és oszlopai a megállókat tartalmazzák, értéke pedig hálózati kapcsolati mátrix esetén 0 vagy 1, attól függően, hogy a két megálló között van-e közvetlen kapcsolat, vagy nincs. A járati kapcsolati mátrix esetében a mátrixelem értéke 0, ha nincs kapcsolat, amennyiben két megálló között van kapcsolat, akkor a mátrixelem értéke, a két megálló közötti járatok számával egyezik meg,

függetlenül attól, hogy mely viszonylatokon közlekednek az adott járatok. A kapcsolati mátrix irányított, mint a hagyományos célforgalmi mátrix, vagyis a sorokban az indulások, az oszlopokban pedig az érkezések találhatók. Így előfordulhat, hogy a mátrix nem szimmetrikus, ha egy-egy járat csak egyirányban vagy oda-vissza eltérő útvonalon közlekedik.

4. ábra: Kapcsolati értékek ábrázolása



A mátrix sorainak összegzésével kiszámítható, hogy egy-egy megállónak, az innen való indulások tekintetében, hány hálózati vagy járati kapcsolata van.

Ezen előkészületek után minden megállóhoz hozzárendelhető e kapcsolati érték, amit egy grafikonon ábrázolhatunk.

A 4. ábra kellően sűrű hálózat esetén önmagában is értelmezhető, ritkább hálózatok esetén a megállókat osztályközökbe kell rendezni, és hisztogramszerű megjelenítést kell alkalmazni.

Ezen ábrázolás eredményeként létrejön az adott hálózatra jellemző kapcsolatok eloszlása, ami Barabási [1], [3] eredményeit is figyelembe véve társadalmi-gazdasági hálózatok esetén exponenciális vagy hatvány alakot ölt (lásd 2. ábra). Ez utóbbit skálafüggetlen hálózatnak nevezte el Barabási.

Élve a feltételezéssel, hogy a hatvány alakú eloszlás rendezettebb hálózatot takar. Kérdés, hogy a vizsgálatokban e feltételezés visszaköszön-e a hálózatok szubjektív szakmai értékelésében?

6. ESETTANULMÁNYOK A HAZAI KÖZLEKEDÉSI HÁLÓZATON

A korábbiakban vázolt elméleti meggondolások ellenőrzésére a hazai vasúti (MÁV), illetve autóbuszos (Volánbusz) GTFS adathalmaz került feldolgozásra.

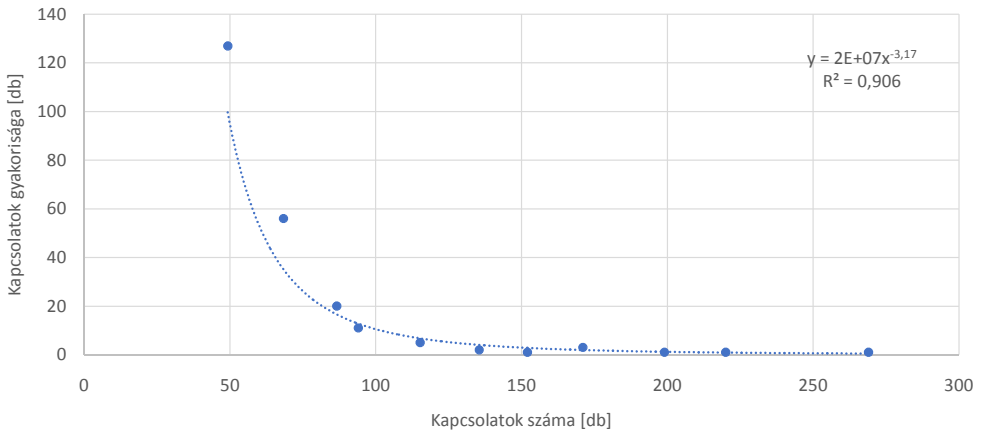
6.1. A vasúti közlekedés vizsgálata

A vasúti adathalmaz feldolgozása viszonylag egyszerűbb, hiszen egy ritkább hálózat rendszerét kellett megvizsgálni, ahol mindössze 1218 megálló (állomás) – csomópont, és 3362 járat van, igaz e járatok összesen 41493 megálló érintést teljesítenek egy átlagos munkanap.

A vasúthálózati adatok feldolgozása az előzőekben leírt módszertan szerint történt, ahol a GTFS adathalmazból kiválasztásra került egy átlagosnak tekinthető munkanap, és csak e munkanap tervezett járatai kerültek bele a számításba. Ezek alapján a hálózati kapcsolatok eloszlása az 5. ábra szerint alakult.

A kapcsolatok gyakoriságának eloszlása hatvány függvény képét mutatja, ami arra utal, hogy a hálózat, mint struktúra rendezett, különösen akkor, ha a legkevesebb kapcsolattal rendelkező megállókat kihagyjuk a számításból. Minden állomást és megállót figyelembe véve a hatvány függvény korrelációs együtthatója 0,63; azonban a 35 kapcsolatnál kevesebbel bíró megállók elhagyásával a korrelációs együttható 0,99-re emelkedik. Nagy kérdés, mi ennek az értelme? A korábbi elméleti megfontolásokat alapul véve ez arra enged következtetni, hogy a vasúti hálózat egy rendezettnek tűnő hálózat, amely erős központokra

5. ábra: Hálózati kapcsolatok a vasúti hálózaton

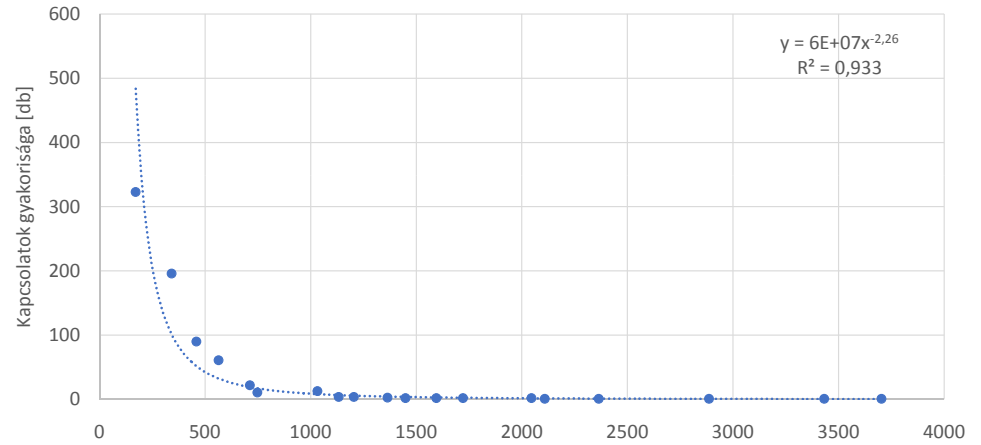


épül. Viszont e rendezettséget kicsit gyengíti az nagyon alacsony kapcsolati számmal bíró megállók csoportja.

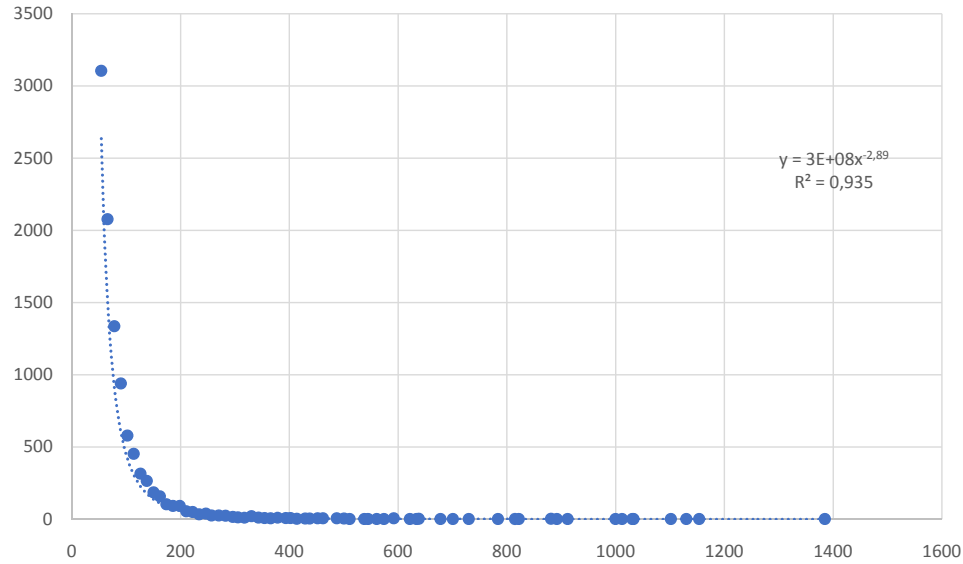
Nem szabad azonban elfelejteni, hogy e kép csak a hálózat szerkezetének vizsgálatára volt alkalmas. Ha a szolgáltatást (járatgyakoriság) is szeretnénk bevonni, a járati kapcsolatok alakulását kell megfigyelnünk. (6. ábra)

A hálózatihoz hasonló képet ad a járati kapcsolatok eloszlása is, az összes állomás/megálló tekintetében a hatvány függvénnyel való közelítés korrelációs együtthatója ugyan mindössze 0,72. Azonban a leggyengébb (129-nél kevesebb napi járati kapcsolat) megállók kihagyása esetén ez az érték 0,86-ra emelkedik, ami szoros kapcsolatra utal. Vagyis a hatványfüggvény jól leírja a vizsgálat pontok halmazát. Mindezek alapján megállapíthatjuk, hogy a vasúti hálózat nemcsak szerkezetében, de a tervezett szolgáltatásában is egy rendezett kapcsolati háló képét mutatja. Ez arra utal, hogy üzemszerű (tervezett) működ-

6. ábra: Járati kapcsolatok a vasúti hálózaton



7. ábra: Hálózati kapcsolatok a teljes hazai menetrendszerinti autóbuszhálózaton



dés mellett e rendszer, mint hálózat jó. További vizsgálandó kérdés e hálózat és a fellépő utasforgalom kapcsolata, hogy vajon ilyen összehasonlításban is kellően szervezett képet mutatna-e a rendszer?

6.2. Az autóbuszos közlekedés vizsgálata

A vasúti hálózat mellett a hazai autóbuszos (Volánbusz) hálózat is értékelésre került. E feladat kicsit összetettebb, mint a vasúti hálózat vizsgálata, mivel az autóbuszos GTFS adathalmaz egy adatként tartalmazza az összes hazai, Volánbusz által üzemeltetett járatot, a legkisebb helyi vonalon közlekedő járattól, a távolsági járatokig. E hatalmas adathalmaz 41088 megálló adatait tartalmazza, amelyek között 49827 db járat közlekedése volt tervben a vizsgált napon. A bonyolult rendszert többféleképpen is lehet értékelni. Első és legegyszerűbb egy hálózatként kezelni mindent, ami menetrendszerinti autóbuszos közlekedés. Ezt követően lehetőség nyílik régiónként vagy más szempontok (Budapest elővárosa; távolsági; helyi…) szerint is vizsgálni a hálózatot.

A hazai menetrendszerinti közlekedést egy hálózatként vizsgálva a rendszer kapcsolati hálója meglehetősen jó képet ad, amint az a 7. ábrán is látszik.

Talán elsőre meglepő, de a hálózat, mint szerkezet kapcsolati hálója ugyanolyan jó rendezettséget mutat a teljes hazai menetrendszerinti autóbuszhálózaton, mint a vasúti hálózaton, amely azonban sokkal egyszerűbb szerkezetű.

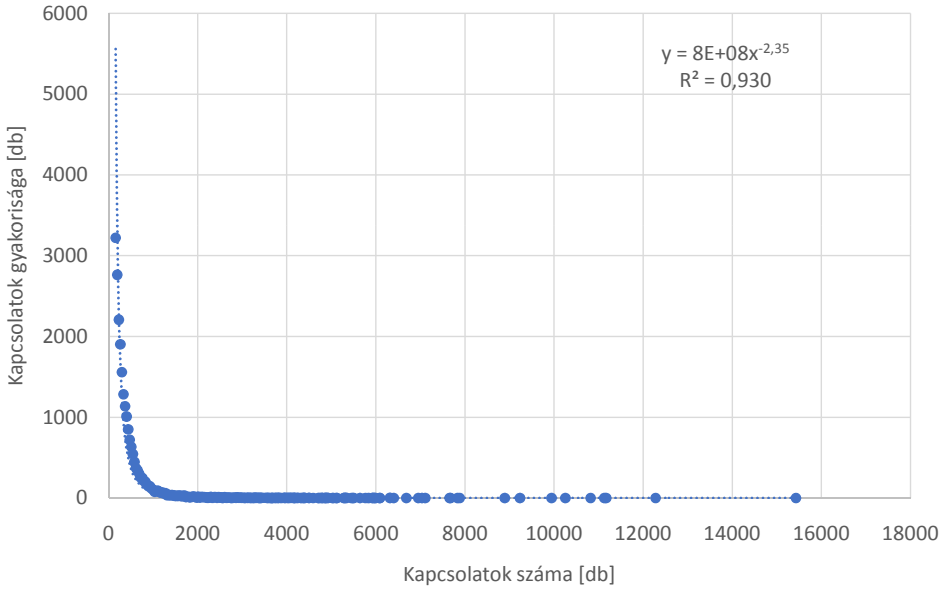
A szolgáltatásokat (járatgyakoriság) is figyelembe vevő járati kapcsolatok illeszkedése már kicsit rosszabb képet fest (8. ábra).

Hasonlóan a vasúti hálózathoz az autóbuszos hálózaton is rosszabb rendezettséget mutat a járati rendszer, mint a hálózati.

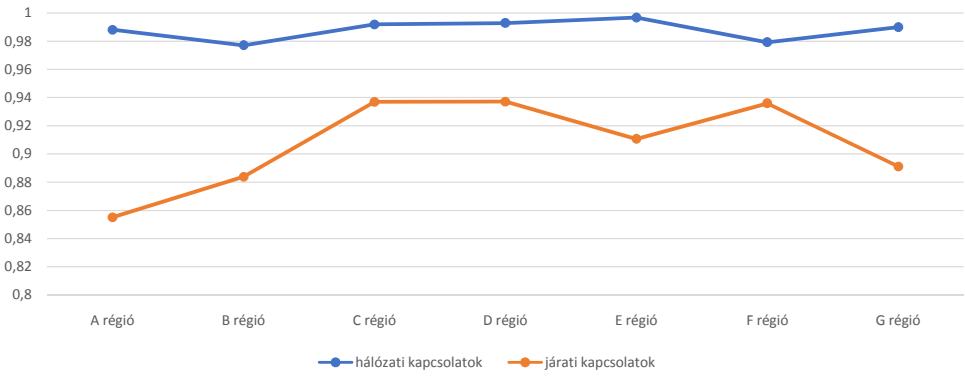
A teljes hálózatot egyben vizsgálva a nagy átlagot kapjuk, megnézve azonban a régiókat kiderülnek az eltérések, az apró különbségek.

Ha jól megfigyeljük, a hálózatszintű kapcsolati háló elemzés értékeit, azok meglehetősen közel esnek egymáshoz (0,977 – 0,997), ebből akár

8. ábra: Járati kapcsolatok a teljes hazai menetrendszerinti autóbuszhálózaton



9. ábra: Az egyes régiók helyközi menetrendszerinti autóbuszközlekedésére jellemző korrelációs együtthatók



arra is következtethetünk, hogy a hazai helyközi menetrendszerinti autóbuszközlekedés, mint hálózat jól felépített, egységes szerkezetű az egész országban. Kissé más képet ad azonban, ha a járati szerkezet elemzését vizsgáljuk. Itt az eltérések jóval nagyobbak, amit akár jelentősnek is mondhatunk (0,855 – 0,937). E jól látható eltérések oka gyökerezhet abban, hogy az egyes régiókban más-más a szolgáltatás színvonala, a járatok sűrűsége. Tekintettel arra, hogy jelenleg országos, objektív mérés nem érhető el e kérdés eldöntésére, a kutatáshoz kapcsolódóan személyes interjúkra került sor, a teljes hazai szolgáltatásra

rálátó szakemberekkel. Véleményük nem volt egyöntetű. Összhang mindössze abban mutatkozott, hogy az A és B régiók alacsonyabb értéke magyarázható. Fontos azonban, hogy megjegyezzük, – minden esetben elhangzott, – hogy a szolgáltatás tisztán hálózat és járat alapon történő értékelése akár félrevezető is lehet, tekintettel az egyes régiók jelentősen eltérő földrajzi és települési szerkezetére. Ezzel szemben meggondolandó, azonos térségek eltérő időpontban működő hálózatainak összehasonlítása, az egyes menetrendi beavatkozások megítélése céljából.

6.3. A teljes (autóbusz-vasút) hálózat vizsgálata

Az előző elemzések alapján logikusnak tűnik, hogy ha helyközi közforgalmú közlekedési hálózatról beszélünk, akkor célszerű lenne egy rendszerként kezelni a vasúti és az autóbuszos hálózatot. Szolgáltatási szempontból is kézenfekvő ez a gondolat, azonban az eredményt erősen befolyásolja az alkalmazott módszertan. Vajon, hogyan lehetne egy hálózatként kezelni e két független rendszert. A megállók elnevezése és kódolása eltérő, ezek alapján nem lehet kapcsolatot létesíteni. További kérdés, egy útmenti (egy utcás) település esetén 2-3-4 autóbuszos megálló kapcsolati rendszerét mennyiben befolyásolja a település szélén futó vasútvonal. E kérdések csak az adott helyszín vizsgálatával, az esetleges gyaloglási lehetőségek feltárásával dönthetők el. Tekintsük egy mintatelepülést, ahol három autóbuszmegálló és egy vasúti megállóhely ad közlekedési kapcsolatot. Külön-külön vizsgálva mindegyik rendszer esetében jól megállapítható a kapcsolatok száma. Komplex rendszer esetén azonban ez nem teljesen egyértelmű, hiszen ha legalább egy autóbuszmegálló közel esik a vasúti megállóhelyhez, akkor e kettő hálózati kapcsolatait tekinthetjük akár együtt is, így

$$Kh_i^k = Kh_j^k = Kh_i^b + Kh_j^v$$

ahol

Kh_i^k az i. megálló komplex hálózati kapcsolatainak száma

Kh_j^k a j. megálló komplex hálózati kapcsolatainak száma

Kh_i^b az i. megálló autóbuszos hálózati kapcsolatainak száma

Kh_j^v az j. megálló vasúti hálózati kapcsolatainak száma

Természetesen abban az esetben, ha egy megállóhely mind a vasúti, mind az autóbuszos adattárban szerepel, akkor a fenti összefüggés egyszerűbb lesz, hiszen az adott megálló esetében csak a saját vasúti és autóbuszos kapcsolatait kell összeadni.

Ezek a helyzetek viszonylag könnyen kezelhetők, de visszatérve a fenti példához, a mintatelepülés további két autóbuszos megállójának a kapcsolati száma nem változott. Ennek eredményeként úgy tűnik, mintha a település azon része szempontjából indifferens lenne a vasút jelenléte.

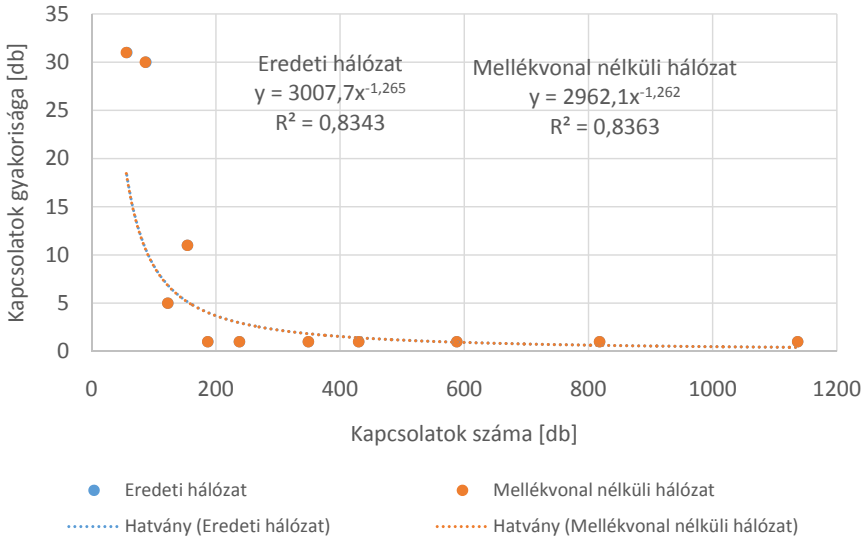
Mindezek miatt a teljes hálózatra vonatkozóan komplex autóbuszos-vasúti rendszer vizsgálathoz kapcsolati eloszlás elemzés még nem készült, hiszen alapvetően két irányból lehet megközelíteni a komplex hálózati értékelést. Egyfelől megállók szintjén, ebben az esetben az előző logika szerint lehet dolgozni, másfelől települési szinten összevont megállócsoportok alkalmazásával.

Jelenleg a komplex vizsgálat inkább csak kisebb, kiválasztott térségben képzelhető el, ahol helyismerettel pótolható az előzőekben felvetett dilemma. E térségben rögtön meg is lehet vizsgálni, milyen hatása van a kapcsolati hálóra, ha az adott térségben futó vasúti mellékvonal megszűnik. Megvizsgálható lesz a kérdés: párhuzamos vagy alternatíva?

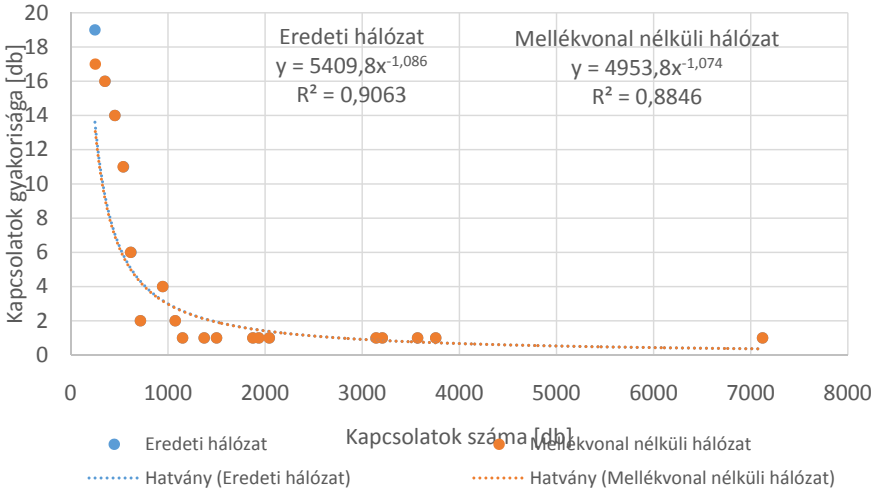
6.4. Párhuzamosságok vizsgálata

Ideális esetben az utazó számára indifferens, hogy vasúton vagy autóbusszal kell-e utaznia, így a menetrendszerinti helyközi közlekedési rendszert egy egészként is kezelhetjük. Másfelől ha az a kérdés, hogy egy vasút- és autóbuszvonal párhuzamos-e, akkor azoknak a komplex hálózaton betöltött szerepét kell vizsgálni. Mindezek alapján érdemes ellenőrizni, hogy vajon egy párhuzamossági kérdés eldöntésében tud-e segíteni a hálózattudomány.

10. ábra: Eredeti és mellékvonal nélküli komplex hálózat, hálózati kapcsolatai



11. ábra: Eredeti és mellékvonal nélküli komplex hálózat, járati kapcsolatai



Tekintsünk egy egyszerű hálózatrészletet, ahol összesen 90 település található, közülük 64 rendelkezik vasúti kiszolgálással, 88 pedig autóbuszossal. A 64 vasúttal kiszolgált település között van 8, amelyet egy mellékvonal lát el. Kérdés, hogy mi történik, ha e mellékvonal bezárásra kerül.

Tegyük egymás mellé az eredeti, és a mellékvonal nélküli hálózat komplex (vasút és autóbusz együttesen) kapcsolati hálóját. Először vizsgáljuk meg a hálózati kapcsolatok rendszerét!

A 10. ábrán gyakorlatilag csak egy pontsort, és egy görbét látunk, olyan nagymértékű az

átfedés a két helyzet között, ebből akár azt a következtetést is levonhatjuk, hogy a vizsgált beavatkozás hálózati szinten nem jelent mérhető változást, vagyis a komplex közlekedési hálózat morfológiailag érdemben nem változik.

Szinte azonos képet kapunk, ha a szolgáltatást is leíró járatsűrűséget is figyelembe vesszük, vagyis a hálózati helyett a járati kapcsolatok adják a vizsgálat alapját.

A pontsor és a görbe hasonlóan a hálózati kapcsolati esethez nagymértékben átfedi egymást (11. ábra). Ha azonban a korrelációs együttható értékét nézzük, látható, hogy az 0,9063-ről 0,8846-ra csökkent. Ez alapján mondhatjuk, hogy romlott a korrelációs együttható, tehát a mellékvonal nélkül rosszabb lett a hálózat, másfelől azonban mondhatjuk azt is, hogy alig változott, és mindkét érték kellően nagy (közel van az egyhez), így nem lett rosszabb a hálózat, a szolgáltatás. Harmadik véleményként azt is megfogalmazhatnánk, hogy oly kicsi az eltérés még itt is, hogy ez alapján nem lehet megítélni a beavatkozás hatását.

7. ÖSSZEFOGLALÁS

A hálózattudomány egy dinamikus fejlődő tudományterület, amely alkalmas lehet arra, hogy segítse a közforgalmú közlekedési rendszerek értékelését. A bemutatott módszertan és vizsgálat csak felvillantja, mire lehet képes e gondolkodásmód. Mindemellett a számítások igazolták, hogy a hazai, menetrendszerinti helyközi és távolsági vasúti és autóbuszos közlekedés mutatja a skálafüggetlen hálózatok jellemzőit, vagyis kapcsolati hálója mind hálózati, mind járati szempontból hatványfüggvénnyel közelíthető.

E vizsgálat is rávilágít, hogy a módszertan pontosításával, adott esetben további vizsgálati tényezők bevonásával, mint lakosszám, gazdasági teljesítmény stb. alkalmas lehet közforgalmú közlekedési hálózatok értékelésére, akár a párhuzamosságok vizsgálatára is.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] Barabási Albert-László: Behálózva - A hálózatok új tudománya, Helikon Kiadó 2003.

[2] Karinthy Frigyes: Minden másképpen van (Láncszemek), 1929

[3] Barabási Albert-László: A hálózatok tudománya, Libri 2017.

[4] Erdős Pál – Rényi Alfréd: On Random Graphs I, Publicationes Mathematicae vol. 6, 290-297 (1959)

[5] Watts, D. J. - Strogatz, S. H.: Collective dynamics of 'small-world' networks, Nature 1998. 393 (6684): 440–442. Bibcode:1998Natur.393..440W. DOI: https://doi.org/bwp37w PMID 9623998

[6] Leo P Kadanoff: From Order to Chaos; Essays: Critical, Chaotic and Otherwise World Scientific Series on Nonlinear Science Series A: Volume 1 October 1993, p 576 DOI: https://doi.org/j9xq

[7] Kenneth G. Wilson: Renormalization Group and Critical Phenomena: I. Renormalization Group and the Kadanoff Scaling Picture, Physics Review B, 4 (1971) pp3174-3183

[8] Malcolm Gladwell: The Tipping Point, 2000, New York, Little, Brown

[9] Zengwang Xu - Daniel Sui: Small-world characteristics on transportation networks, Journal of Geographical Systems, 2007, DOI: https://doi.org/bczvdk

[10] Nilanchal Patel: Assessment of network traffic congestion through Traffic Congestability Value (TCV): a new index, 2015. DOI: https://doi.org/j9xr

[11] Marc Barthelemy: Crossover from Scale-Free to Spatial Networks 2007 EPL (Europhysics Letters) 63(6):915 DOI: https://doi.org/dkgdtn

[12] Michael T. Gastner - M. E.J. Newman: The spatial structure of networks 2006 Physics of Condensed Matter 49(2):247-252 DOI: https://doi.org/bsj6nx

[13] Julian Sienkiewicz - Janusz A. Hołyst: Statistical analysis of 22 public transport networks in Poland, Phys. Rev. E 72, 046127 – 2005, DOI: https://doi.org/b43qnm

[14] Ferber, C., Holovatch, T., Holovatch, Y. et al. Public transport networks: empirical analysis and modeling. Eur. Phys. J. B 68,

261–275 (2009). DOI: https://doi.org/dvh3kt
[15] Berche, B., von Ferber, C., Holovatch, T. et al. Resilience of public transport networks against attacks. Eur. Phys. J. B 71, 125–137 (2009). DOI: https://doi.org/d8rksd
[16] Rui Ding, Norsidah Ujang, Hussain bin Hamid, Jianjun Wu: Complex Network Theory Applied to the Growth of Kuala Lumpur's Public Urban Rail Transit Network, 2015 Plos One, DOI: https://doi.org/f762xn

Application of network science in public transport

Public transport networks, like all networks, consist of a multitude of connections. The system of these connections builds up the transport service in the form of lines, routes and journeys. From time to time the question arises if our transport network is efficient and well organised. This article discusses the application of Barabási's network theory methods to public transport and discusses the further development of the application of these theoretical methods to practical evaluations, using examples of the Hungarian rail and bus transport systems.

The paper addresses questions such as whether these methods can help to assess the goodness of public transport networks, to judge whether a public transport network is sufficiently well organised or not.

Anwendung der Netzwerkwissenschaft im öffentlichen Verkehr

Öffentliche Verkehrsnetze bestehen, wie alle Netze, aus Verbindungen. Das System dieser Verbindungen bildet das Verkehrsangebot in Form von Linien, Strecken und Fahrten. Von Zeit zu Zeit stellt sich die Frage, ob unser Verkehrsnetz effizient und gut organisiert ist. In diesem Artikel wird die Anwendung der netzwerktheoretischen Methoden von Barabási auf den öffentlichen Verkehr erörtert und die Weiterentwicklung der Anwendung dieser theoretischen Methoden auf praktische Bewertungen anhand von Beispielen des ungarischen Eisenbahn- und Busverkehrs erörtert.

Der Artikel befasst sich unter anderem mit der Frage, ob diese Methoden helfen können, die öffentliche Verkehrsnetze zu bewerten und zu beurteilen, ob ein öffentliches Verkehrsnetz ausreichend gut organisiert ist oder nicht.

Az elektrifikáció térnyerése és az elektromos autóbuszok kiemelt szerepe a fenntartható közösségi közlekedésben. 1. rész

A közúti közlekedési szolgáltató vállalkozások fenntartható működését egyre jobban meghatározzák a globális folyamatok és a technológiai trendek, amelyek fókuszában a megújuló energiaforrások felhasználása és a karbonsemleges, károsanyag-kibocsátás mentes (net-zéró) üzemeltetés áll.

DOI: https://doi.org/10.24228/KTSZ.2023.3.2

Kruchina Vince[1] – Dr. Sárközi György Tibor[2]

[1]Volánbusz Zrt. elnök-vezérigazgató
[2]c. egyetemi tanár, közlekedési szakértő
e-mail: Vince.Kruchina@volanbusz.hu, dr.sarkozi.gyorgy.tibor@outlook.hu

1. BEVEZETÉS

A két részből álló írás első része a közösségi közlekedésben lezajló elektrifikációt komplex, rendszerszemléletű modellben tekinti át. A második rész ezen modell gyakorlati alkalmazása az elektromos autóbuszokkal végzett személyszállítás példáján keresztül mutatja be a Volánbusz Zrt.-nél keletkezett futási, töltési, fogyasztási, karbantartási költségek statisztikai és pénzügyi adatait. A statisztikai modellalkotást megelőzően az elektromos autóbuszok üzemeltetésére vonatkozó hatótényezők elemzése bemutatja a hazai és nemzetközi szakirodalom idevonatkozó publikációit.

2. A KÖZÖSSÉGI KÖZLEKEDÉSBEN MIÉRT AZ ELEKTROMOS AUTÓBUSZOKÉ A JÖVŐ?

A vázolt megközelítési mód célja egy, a közösségi közlekedés operátorai számára hasznos gazdasági modell megalkotása, amely segíti az elektromos autóbuszok flottába integrálásával kapcsolatos döntések meghozatalát. Az elektromos autóbuszok gazdasági megtérülési mutatóit és az ennek alapjául szolgáló módszertant a téma szakértői számos anyagban tették közzé az elmúlt években. Az egyik legkorábbi, 2016-os kutatás [1] fókuszában helyesen az autóbusz, mint termelőeszköz teljes élethasznossága (TCO), a töltőinfrastruktúra elhelyezkedése, az akkumulátorok teljesítménye, a fordák optimalizálása áll [2]. Jóllehet Dominic Jefferies és Dietmar Göchlich az elektromos buszok megtérülési mutatóit komplex gazdasági és műszaki ökoszisztémában [2] ábrázolja, sem ők, sem a további rendelkezésre álló források nem veszik figyelembe a megtérülést erősen befolyásoló egyéb bevételi lehetőségeket.

A nemzetközi és hazai szakirodalomban megtalálható gazdasági modellek rövid bemutatása után a kibővített modellszámítás akképpen kerül ismertetésére, hogy az elekt-

romos autóbuszok TCO-ján, beruházási (CAPEX) és üzemeltetési költségein (OPEX) felül az elhasznált akkumulátorokban, a töltőállomásokban és a vállalat által megtermelt, de fel nem használt áram és hő értékesítésében rejlő, kapcsolódó üzleti lehetőségek milyen tartalékokat rejtenek.

Az elektromos autóbuszok szignifikáns elterjedése jelentősen hozzájárul a károsanyag-kibocsátást csökkentő hazai és nemzetközi [3] célok eléréséhez, a fenntartható közösségi közlekedéshez. Boya Zhou és Ye Wu [4] szakértők 2016-ban kiszámolták, hogy az elektromos autóbusz az életciklusa során 85-87%-kal csökkenti a fosszilis energia felhasználását, 19-35%-kal pedig a CO_2-kibocsátást. A zéró emisszió egyelőre nem lehetséges, a legtöbb elektromos busztípus belső fűtése ugyanis beépített gázolaj-fűtőtestekkel történik. Erre azért van szükség, hogy a téli időszakban az akkumulátor kapacitását ne eméssze fel a fűtés, az évszakok közötti áramfelhasználás-különbség pedig kiegyenlített legyen.

Azáltal, hogy az elektromos autóbuszokba szükséges áram zöld energiával előállítható (legyen az nap-, szél- vagy geotermikus energia), a károsanyag-kibocsátás csökkentése nemcsak az egyes elektromos autóbuszok (lokális szint), de a tágabb környezet (globális szint) vonatkozásában is megvalósul.

Az elektromos meghajtású járművek közösségi közlekedésben való alkalmazása a környezetvédelmi szempontok mellett az egészségügyi következmények oldaláról is megfontolandó. Több tanulmányt összefoglaló kiadványában a WHO többek között megállapítja, hogy a közúti közlekedésből fakadó zaj jelentősen növeli az infarktus, a magas vérnyomás és egyes keringési betegségek előfordulásának lehetőségét. A gyermekeknél különösen nagy valószínűséggel jelenik meg kognitív zavar, alvási nehézség és ebből faladó koncentrációs nehézségek, fülzúgás [5]. A hanghatás vizsgálatánál Sven Borén svéd kutató egy publikációjában mérések útján megállapította [6], hogy az elektromos autóbuszok zajkibocsátása (63dBA) kisebb, mint a dízel (68dBA), vagy a biogázüzemű (70dBA) buszoké.

A környezetvédelmi, egészségügyi hatások mellett mindazonáltal nem törpülnek el az elektromos autóbuszok alkalmazásának gazdaságossági szempontjai sem. A hazai [7] és nemzetközi [8] szakirodalomban a buszok megtérülési számításánál elfogadottan azok teljes élethasznosságát vizsgálják. Lakatos István számításai [7] szerint tízéves TCO alapulvételével, 20%-os állami támogatás mellett, tekintettel a minimálisan szükséges karbantartási ráfordításra, – amennyiben kedvező áron lehet az üzemanyaghoz, vagyis az áramhoz hozzájutni, – úgy az új dízelmeghajtású buszokéhoz képest rendkívül kedvező az elektromos buszok megtérülési rátája. Dominic Jefferies és Dietmar Göhlich publikációjukban kiszámolták, hogy amennyiben az elektromos busz beszerzéséhez nyújtott állami támogatás mértéke nem éri el a 20%-ot, a megtérülés a belső égésű buszokéhoz képest nem biztosított [2]. A szerzők szerint az új termék magas ára (egy elektromos busz beszerzési ára duplája a dízelbuszénak) és a hozzá tartozó töltőinfrastruktúra kiépítésének költsége egyelőre nem kompenzálja az üzemanyag árából [8] és a – nemzetközi szakirodalom 30%-os költségmegtakarítást lát a karbantartási kiadások tekintetében a dízelbuszokhoz képest -költséghatékonyabb [9] karbantartásból [7] fakadó előnyöket.

Érdemes alaposabb vizsgálat tárgyává tenni, hogy valóban helyesek-e a rendelkezésre álló számítások, amelyek alapján az elektromos buszok üzemeltetése nem rentábilis.

Gazdasági modellünkben a busz TCO-ja mellett – operátori szemszögből – egyéb gazdasági mutatókat is célszerű figyelembe venni. Az elektromos buszokat nem pusztán önmagukban, termelőeszközként kell vizsgálni, sokkal inkább egy komplex gazdasági rendszer fontos alkotóelemeiként. A vizsgálatnak ki kell terjedni a töltőállomás alternatív hasznosítási formáira, valamint a buszok által fel nem használt energia továbbértékesítésének és az akkumulátorok másodlagos felhasználásának energiaipari lehetőségeire is. Mindezen felül érdemes

górcső alá venni az elektromos áram előállításához szükséges megújuló zöld erőművek által saját felhasználást követően megmaradt áram és esetlegesen melléktermékként megmaradt hő továbbértékesítésének piaci esélyeit.

Az elektromos buszok flottába illesztése számos kedvező környezeti, egészségügyi és társadalmi hatással bír. Egy alaposan kidolgozott gazdasági és üzemeltetési modell esetén pedig jelentős gazdasági előnnyel jár. Ésszerű alkalmazásukkal az autóbuszos közösségi közlekedés a következő évtizedekben alapjaiban alakulhat át.

A téma terjedelme miatt a folyamat állomásait a következő részben mutatjuk be.

3. AZ ELEKTROMOS JÁRMŰVEK JELLEMZŐI

Az elektromosság járműben történő felhasználásának története 1827-ben kezdődött, amikor Jedlik Ányos megépítette az első életképes villanymotort, amely állórészből, rotorból és kommutátorból állt, és a következő évben már egy kisautó meghajtására használta [10].

Az elektromos járművek egy vagy több elektromos motort használnak meghajtásukhoz. A hajtási lánc kialakítása alapján az alábbi típusok különböztethetők meg [11]:

- Akkumulátoros elektromos járművek (angolul: battery electric vehicles BEVs) újratölthető elektromos akkumulátorokkal. Ezeknek a járműveknek nincs kipufogógáz kibocsátása és nincs belső égésű motorja.

- A hálózatról tölthető hibrid elektromos járművek (angolul: Plug-in hybrid vehicles, PHEV), amelyeket egy elektromos motor, valamint egy kis méretű belső égésű motor hajt meg.

- A hibrid elektromos járművek (angolul: hybrid electric vehicles, HEV) belső égésű motorral és elektromos motorral rendelkeznek, amely csak alacsony sebességnél segít. Az akkumulátort vagy a belső égésű motor tölti fel, vagy fékezéskor rekuperálódik.

- Az üzemanyagcellás elektromos járművek (angolul: Fuel cell electric vehicles, FCEV) elektromos motorokat használnak. Az áramot üzemanyagcellákban állítják elő, és egy kis puffer akkumulátorban tárolják. Az üzemanyagcella egy olyan elektrokémiai cella, amely átalakítja az üzemanyag (gyakran hidrogén) kémiai energiáját.

3.1. Az akkumulátoros elektromos autóbuszok

Az elektromos autóbuszok legtöbbje az akkumulátoros elektromos járművek csoportjába tartozik és egy beépített akkumulátor egységből (onboard battery pack) kapja a szükséges villamos energiát. A későbbiekben, amikor elektromos autóbuszokról van szó, akkor ezeket a járműveket értjük alatta.

3.2. Miért aktuális kérdés az elektromos autóbuszok szerepének helyes megítélése?

Szakmai konferenciákon és tudományos publikációkban egyre gyakrabban hangzik el a kérdés, hogy az elektromos autóbuszok és az elektrifikáció határozhatja-e meg a közösségi közlekedés jövőjét. Erre a kérdésre egy holisztikus, rendszerszemléletű megközelítés tartunk alkalmasnak, amely figyelembe veszi a globális hatótényezőket, a megatrendeket és a technológia trendeket éppúgy, mint a hazánkra jellemző gazdasági és energetikai realitásokat és a közösségi közlekedés szereplőinek erőforrásait és képességeit.

A trendek, prognózisok és tények összeállítása és elemzése azt a célt szolgálja, hogy a későbbiekben a közösségi közlekedés számára egy adatvezérelt, körforgásos gazdasági modell kerüljön megalkotásra az elektrifikáció következtében létrejövő energetikai ökoszisztémában. A modell alkalmazásával lehetővé válna egy tervezhető, kiszámítható energiaelőállítás és felhasználás, amely azáltal válhat lehetségessé, hogy a modell alapján működő platform valamennyi lényeges hatástényezőből származó historikus adatra épített predikciót figyelembe venne és prediktív előírásokat (preskripciókat) fogalmazna meg a kívánt célfüggvények optimális megvalósításához [29].

A következőkben a globális és megatrendektől a technológiai trendek irányába haladva bemutatásra kerülnek azok a hatástényezők, amelyeket adatforrásként az adatvezérelt modell algoritmusainak „táplálásához" folyamatosan monitorozni és elemezni szükséges.

4. GLOBÁLIS HATÁSOK, MEGATRENDEK ÉS TECHNOLÓGIAI TRENDEK

4.1. Globális hatások

Nem kisebb tudós, mint Albert Einstein mondta: „Sose gondolok a jövőre, így is épp elég hamar eljön". Lehetséges természetesen, hogy csekély hatásunk lehet csak a demográfiai vagy geopolitikai változásokra, de az is igaz, hogy ismernünk kell a világban végbemenőt globális változásokat és azokra a saját területünkön reagálnunk szükséges, méghozzá úgy, hogy azokat a magunk hasznára fordítsuk, vagy legalábbis a veszélyüket ne hagyjuk figyelmen kívül. Melyek tehát azok a megatrendek és technológiai trendek, amelyek az elektromos autóbuszok elterjedését előidézik.

4.2. Megatrendek

A megatrendek megismerésére azért van szükség, mert „a meglepetések nem a semmiből kerülnek elő. Ezeket azok a hosszabb távon ható változások idézik elő, amelyeket megatrendeknek nevezünk." Mikko Dufva jövőszakértő meglátása egy olyan stratégiai tervezés esetében, mint egy gépjárműflotta megvásárlása és a hozzá kapcsolódó infrastruktúra felépítése a kockázatok kezelése szempontjából elengedhetetlen [12].

1. ábra: 2023-ra irányadó megatrendek [12]

Az **1. ábrán** látható, hogy az ökológiai rekonstrukcióhoz szorosan kapcsolódik a helyreállító gazdaság, amelynek fontos pillére a körkörös gazdaság. Ez hatékonyan csak az adatok ismeretére és hasznosítására alapozott digitális zöld átmenet révén valósítható meg egy korrekt módon működő digitális világban. Ezen megatrendek mindegyike értelmezhető az elektromos autóbuszok közösségi közlekedésben történő alkalmazására.

4.3. Technológiai trendek

4.3.1. Elektrifikációs trendek

Az elektromos járművek gyártására vonatkozó trendek – a technológia korlátjai ellenére vagy éppen ezek egyre csökkenő mértéke miatt – növekedő pályát mutatnak. Ezt bizonyítja egy 2022-ben készült piaci elemzés [13], amely a következő trendeket látja igazolva:

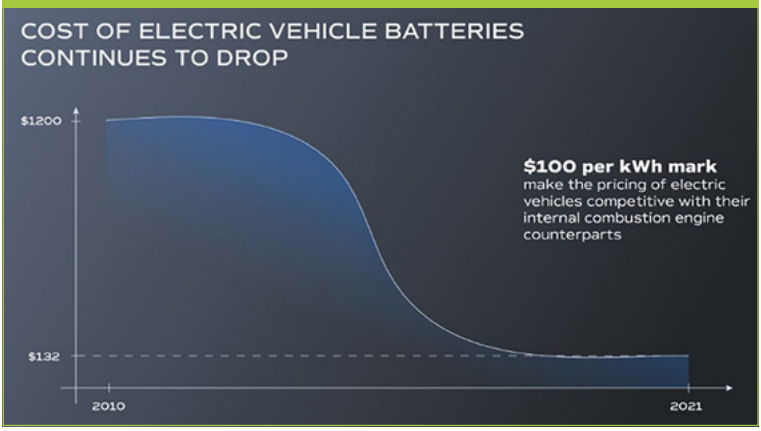
A hagyományos autógyártók elkötelezték magukat, hogy milliárdokat fektetnek be elektromos járművekbe. Becslések szerint az jármű-

gyártó ipar 2030-ban több mint 500 milliárd dollárt fektet az elektromos járművek fejlesztésébe. [14] (2., 3. ábra)

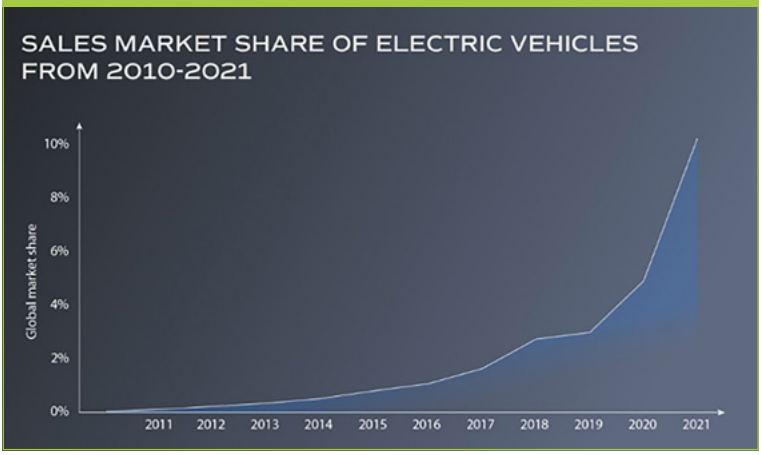
A várható fontos lépések:

- Nagy értékű elektromos flották megrendeléséről folynak tárgyalások világszerte.
- A hagyományos autógyártók növelik az elektromos járművek reklámozására fordított költéseiket.
- A nagy tech vállalatok is belépnek az elektromos járműgyártási iparágába.
- Az elektromos járművek töltési infrastruktúrája gyorsan bővül.
- Az elektromos járművek ára továbbra is csökken.
- A fogyasztók egyre szívesebben vásárolnak elektromos járműveket.
- Az elektromos járművek értékesítése felgyorsult az elmúlt néhány évben.

2. ábra: Az elektromos jármű akkumulátor költségeinek trendvonala [14]



3. ábra: Az elektromos járművek értékesítésének piaci részaránya 2011-2021 között [14]



4.3.2. A mobilitásra és a közösségi közlekedésre vonatkozó technológiai trendek

A mobilitási és közlekedési technológiák trendjei között mindig szerepel az elektromobilitás, és – főleg a városi közösségi közlekedésben – az elektromos autóbuszok fokozatos térnyerése. A kérdés elsősorban az, hogy milyen arányban és milyen ütemben állnak szolgálatba a „villanybuszok" a közlekedési társaságok vonalain.

4.3.3. A belső égésű gépjárművek, ezen belül kiemelten a dízeles autóbuszok gyártását és használatát érintő változások

Már 2021-től leginkább az képezte az Európai Unióban és az Amerikai Egyesült Államokban folyó szakmai viták és egyeztetések tárgyát, hogy mikorra teszik a belső égésű motoros (ICE – Internal Combustion Engine) járművek értékesítésének végső időpontját. A legújabb szabályozási célok 2030-ra az elektromos jár-

művek részesedési arányának tekintetében már legalább 50 százalékra irányulnak. Számos ország gyorsított ütemezést jelentett be az ICE járművek értékesítési tilalmára. Néhány gyártó kijelentette, hogy abba kívánja hagyni az új ICE platformok és modellek fejlesztésére irányuló befektetéseit, és nem egy közülük már közzé is tette az ICE járműgyártás befejezésének konkrét dátumát.

A trendet az is erősíti, hogy a fogyasztói gondolkodásmód is a fenntartható mobilitás felé tolódott el, és több mint az autóvásárlók 45 százaléka fontolgatja elektromos járművek vásárlását [29].

A közösségi közlekedési flottákban eddig domináló szerepet játszó dízelüzemű autóbuszok folyamatos és fokozatos cseréjét a dekarbonizációs törekvések és a teljes élettartamra vonatkozó hatékonysági elvárások felgyorsították.

5. A KÖZÖSSÉGI KÖZLEKEDÉS FENNTARTHATÓSÁGA ÉS AZ ELEKTRIFIKÁCIÓ

5.1. Az Európai Unió dekarbonizációs stratégiája

Az Európai Bizottság új javaslatcsomagot dolgozott ki az üvegházhatású gázok kibocsátásának csökkentésére, és az elektromos járművek és az egyéb új technológiák bevezetése tekintetében is módosította a korábbi (EU) 2017/2400 rendeletét, ami sok más mellett konkrét dátumokat határoz meg a belső égésű motoros járművek kivezetésére. Eszerint 2035-ig fokozatosan meg kell szüntetni a dízel- és a benzinüzemű autók értékesítését, és minden új gyártású autónak károsanyag-kibocsátás mentes nek kell lennie. [15]

Az Európai Parlament plenáris ülésen jóváhagyta a tagállami kormányokat tömörítő Európai Tanáccsal elért megállapodást az új személygépkocsikra és kisteherautókra vonatkozó szén-dioxid-kibocsátási normák felülvizsgálatáról. Az intézkedéscsomag része a 2021 júniusában előterjesztett „Fit for 55" csomagnak, amellyel az EU igyekszik elérni, hogy 2050-re klímasemlegessé tegye az Európai Uniót. Ennek érdekében 2030-ig 55 százalékkal kívánja csökkenteni a károsanyag-kibocsátás mértékét.

Lapinformációk szerint a szavazás előtt a Bizottság európai "Zöld megállapodásért" felelős alelnöke a plenáris ülésen kifejtette, hogy a megfizethető, tiszta közlekedés érdekében a Bizottság 2030-ra kibocsátásmentessé tenné az új városi autóbuszokat, arra is tekintettel, hogy a teherautók, a városi buszok és a távolsági autóbuszok felelnek az EU teljes üvegházhatásúgáz-kibocsátás több mint 6 százalékáért és az uniós közúti közlekedésből származó kibocsátás több mint 25 százalékáért [16].

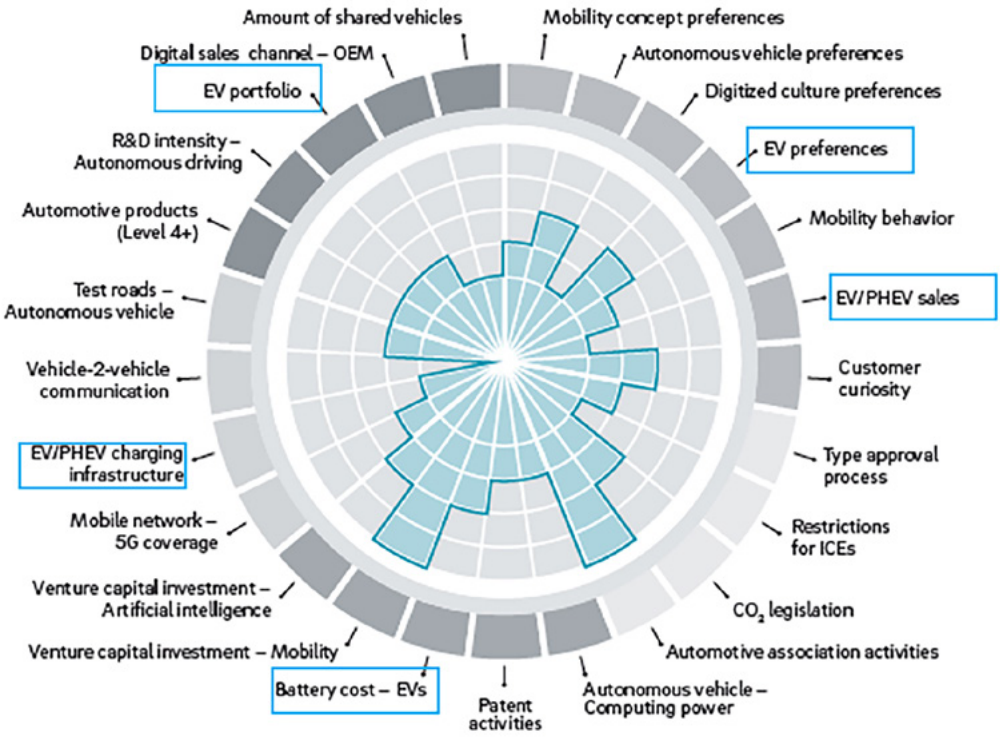
5.2. Az energiaellátás költségei és az energiabiztonság

A hazánkban megtermelt, rendelkezésre álló elektromos energia nem fedezi a felmerülő igényeket. Ennek okairól a magyar energetikai miniszter több alkalommal is kifejtette véleményét [17], [18]. Hangsúlyozta, hogy az elektrifikáció folyamatosan nő, és ehhez jön hozzá az újraiparosodás is. A hazai elektromos áramfogyasztás 44 TWh, amelynek mintegy a 70 százaléka származik hazai termelésből, de azért jelentős részben importfüggők vagyunk. 2030-ra a számításunk szerint 68 TWh-t kell elérni, hogy minden igényt ki lehessen elégíteni [17].

A hazai villamosenergia-termelés fontos pillére továbbra is a Paksi Atomerőmű, hiszen éves szinten 15,81 TWh villamos energiát termel. Paks mellett megkerülhetetlen szerepet töltött be a szénből és gázból termelt áram is, amelyek részaránya 9,6, illetve 26 százalék volt. Mindezek mellett a hazai termelésből az ipari méretű naperőművek 2525 MW és a szélerőművek 323 MW beépített kapacitás révén 9,13, illetve 1,74 százalékkal részesedtek [18].

A létesülő akkumulátor gyárak újabb energiaigényt támasztanak a villamosenergia-rendszerrel szemben, ami az igények kielégítéséhez további villamosanenergia importra szorul. Az import ára nehezen tervezhető, ezért az

4. ábra: A járműipari diszruptív technológiák öt dimenzióban megfigyelt 25 indikátora [20]



elektromos autóbuszok számára alternatív, megújuló energiaforrások számbavétele szükséges.

5.3. Elektrifikáció és az alternatív, megújuló energiaforrások hasznosítása

Az Európai Unió vonatkozó irányelve [19] szerint az alternatív üzemanyag „a közlekedés energiaellátásában a kőolajforrásokat legalább részben helyettesítő üzemanyag vagy energiaforrás, amely potenciálisan hozzájárul a közlekedési ágazat dekarbonizációjához, és javítja annak környezeti teljesítményét."

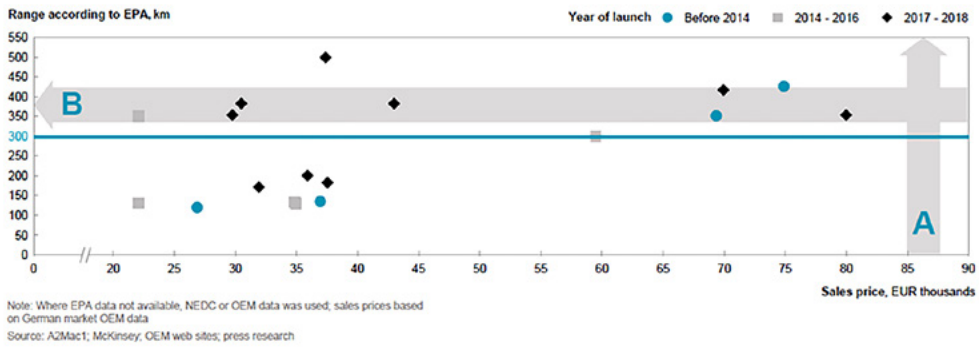
Ezek az üzemanyagok, többek között:

- a villamos energia,
- a hidrogén,
- a 2009/28/EK irányelv (2) cikkének i) pontjában meghatározott bioüzemanyagok,
- a szintetikus és paraffinos üzemanyagok,
- a földgáz, beleértve a biometánt, gáznemű (sűrített földgáz – CNG) és cseppfolyósított (LNG) formában
- a cseppfolyósított propán-bután gáz (LPG).

5.4. Az elektrifikáció erősödése az addigi piaci viszonyokat felforgató, innovatív (diszruptív) technológiák között

Már 2017-től megfigyelhető, hogy az elektromos járművekkel (EV) kapcsolatos tendenciák erőteljesen növekedtek a járműflották, a vásárlási preferenciák, eladások, a töltő infrastruktúra kiépülése és az akkumulátor árak csökkenése tekintetében egyaránt (4. ábra) [20].

5. ábra: Elektromos járművek hatótávolság/vásárlási ár mátrixa, 2014-2018
(forrás: McKinsey, [21])



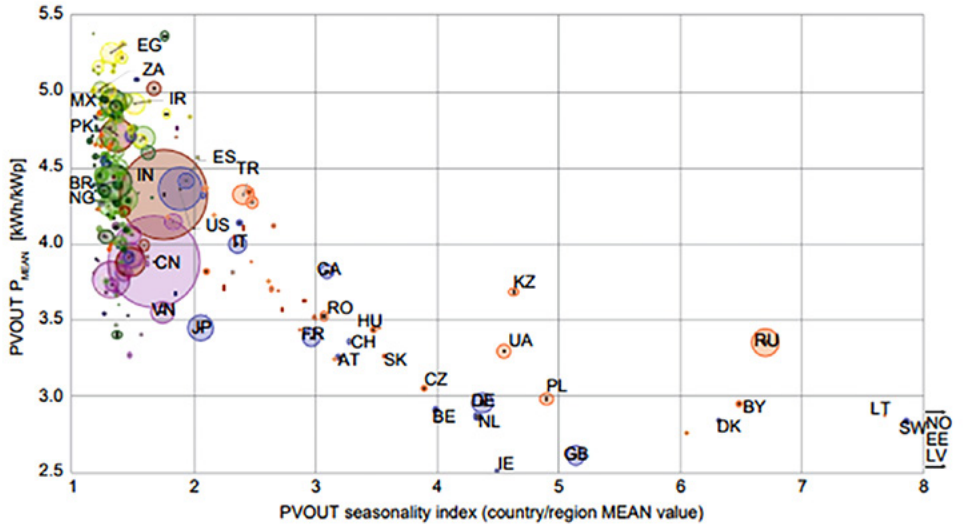
Az elektromos járművek vonzó alternatívát jelentettek a belső égésű motorral működő járművekkel szemben, főleg az ázsiai térségben. Elterjedésüket ekkor elsősorban a töltő infrastruktúra hiányosságai és a magas ár gátolta (5. ábra). [21]
Ugyanakkor az elfogadható hatótávolság eléréséért tett erőfeszítések sikerrel jártak, és kialakult egy elfogadható beszerzési ár is.

A **5.1. fejezetben** leírt okok miatt a villamosenergia közlekedési dekarbonizációban történő nagy léptékű hasznosításához célszerű a napenergia, mint megújuló erőforrás felhasználása.

6. A NAPENERGIA HASZNOSÍTÁSA

Az elmúlt évtizedben a napenergia-ágazat telepítési költségei drasztikusan és globálisan

6. ábra: A fotovoltaikius energia szezonalitása
(forrás: ESMAP 7, Világbank, https://esmap.org) https://documents1.worldbank.org/curated/en/466331592817725242/pdf/Global-Photovoltaic-Power-Potential-by-Country.pdf [22]



csökkentek, a beépített kapacitások jelentősen nőttek.

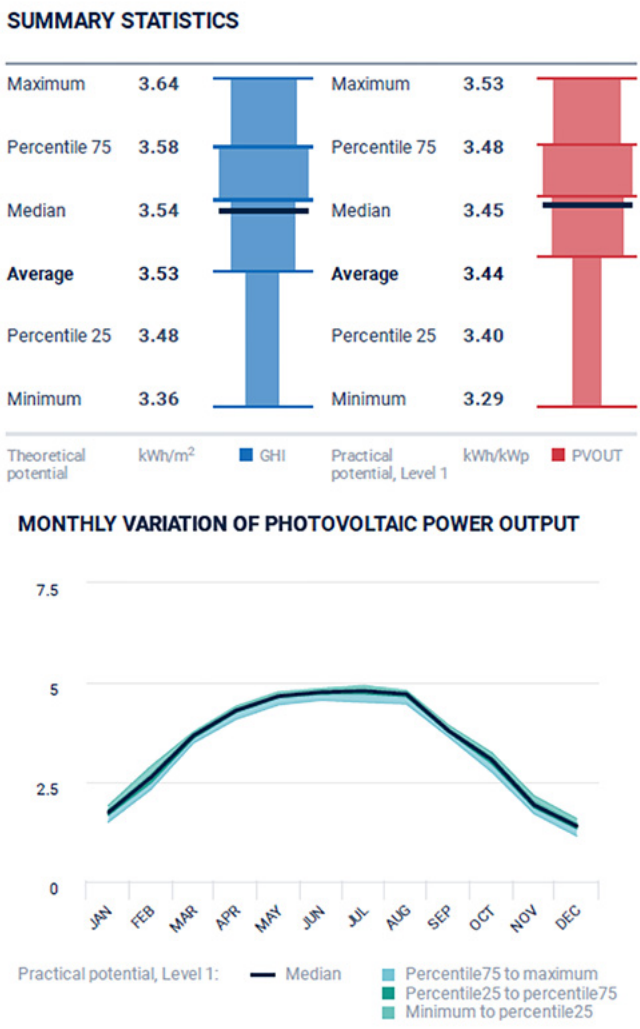
A fotóvoltaikus energiapotenciál reális megítélése döntően befolyásolhatja a napelemek, napelemparkok telepítésével kapcsolatos beruházási (capex) döntések megalapozását. A Világbank az ESMAP (Energy Sector Management Assistance Program) program keretében átfogó globális elemzést készített ezzel kapcsolatban (6. ábra). [22] A szezonalitás -több más hatótényező mellett - nagy mértékben meghatározza az effektíven hasznosítható energiamennyiséget.

A kérdés tehát az, hogy az adott országban a fotovoltaikus (PV) energiapotenciál megfelelő-e ahhoz, hogy kielégítő mértékben lehessen kihasználni a napenergiát.

Számos módszer létezik a napenergia-potenciál értékelésére. Az idézett tanulmány abból indul ki, hogy egy adott helyen rendelkezésre álló napelem hosszú távú energiatartalma határozza meg az elméleti napelemes PV potenciált. A PV technológia esetében az energiatartalmat jól számszerűsíti a globális horizontális besugárzás (GHI) fizikai változója.

Ez egy vízszintes felületen fogadott közvetlen és diffúz besugárzási összetevők teljessége kWh/m^2-ben kifejezve. A GHI az első közelítés a napelemes energiatermelésről egy adott térségben, de figyelembe kell vennünk más fontos tényezőket. is.

7. ábra: Magyarországra vonatkozó fotóvoltaikus összegzés és a teljesítmény havi megoszlása,
(forrás: ESMAP 7, Világbank, https://esmap.org), [22]



Az elméleti potenciálhoz képest az effektív napenergia-teljesítmény meghatározásánál (PVOUT), amely elektromos áram termelésére alkalmas, még a következő tényezőket kell figyelembe venni:

- a levegő hőmérsékletét,
- a terep horizontját,
- a más helyről (pl. bolygóról vagy holdról)

beeső fény vagy sugárzás visszavert arányát (aldebó), a modul dőlését, konfigurációját, beárnyékoltságát, szennyeződését.

A PVOUT a megtermelt energia mennyisége egységnyi beépített PV kapacitás hosszú távon (fajlagos hozam), kilowattórában mérve telepített kilowatt csúcs (kWh/kWp).

A **7. ábrán** a Magyarországra vonatkozó felmérés adatai szerepelnek, amelyeket egy napelem parkról meghozandó beruházási döntésnél (CAPEX) célszerű figyelembe venni.

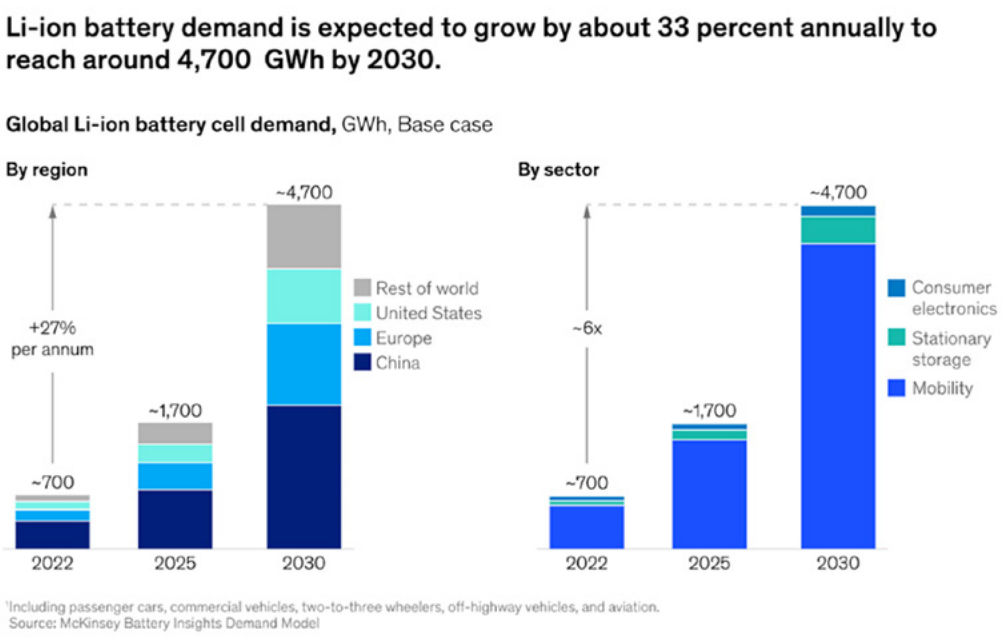
Érdemes hangsúlyozni, hogy a napenergia lényegében a Föld bármely pontján elérhető ingyenes erőforrás. A napelemes fotovoltaikus (PV) erőművek a napsugárzást villamos energiává alakítják. A globális éghajlatváltozás jelenlegi korszakában a fotovillamos technológia lehetőséget ad az országok és közösségek számára, hogy átalakítsák vagy fejlesszék energiainfrastruktúrájukat, és felgyorsítsák az alacsony szén-dioxid-kibocsátású energiára való átállásukat. Az adott országra vonatkozó, elérhető energia mennyiség alapvetően meghatározza az alkalmazandó technológiákat és korlátaikat. Ez idáig nem létezett a napelemes potenciál országos szintű, globális és harmonizált értékelése. A hazánkra vonatkozó értékek megismerése lehetővé teszi, hogy aggregált és harmonizált képet kapjunk a napenergia-erőforrásról és a napelemes energiapotenciálról, optimális szögben rögzített egyfelületű modulok telepítését feltételezve.

Hazánkban a gyakorlatban elérhető átlagos kW/kWp potenciál jól közelíti az elméleti kWh/m^2-ben számított elméleti átlagértéket, ugyanakkor viszonylag jelentős a havi értékek változása a téli (2 kWh)-és a nyári (5 kWh) időszak között. Ezen adatok figyelembevétele fontos a közösségi közlekedés energiaellátó rendszerének megtervezése során.

7. AZ ELEKTROMOS GÉPJÁRMŰVEK AKKUMULÁTORAI

Az elektromos járművek akkumulátorai (angol

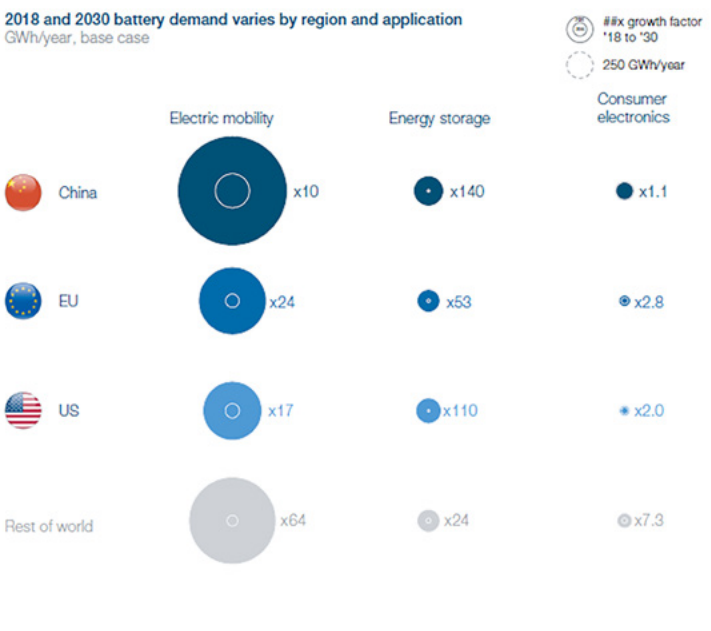
8. ábra: Litium-ion akkumulátor igény változása 2030-ig,
(forrás: McKinsey&Company, https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/battery-2030-resilient-sustainable-and-circular, [23]



rövidítéssel: EVB) olyan újratölthető akkumulátorok, amelyeket akkumulátoros elektromos járművek (BEV) vagy hibrid elektromos járművek (HEV) elektromos motorjának táplálására használnak. Ezeket a jellemzően lítium-ion akkumulátorokat kifejezetten nagy elektromos töltési kapacitásra tervezik.

Az elektromos járművek akkumulátorai jelentős értéket képviselhetnek ezek élettertam-költségében (TCO). Az akkumulátorok előállítási ára, kapacitása, hasznos élettartama, újrahasznosítási lehetősége, töltési technológiája egyaránt fontos tényezők egy BEV megvásárlásánál.

9. ábra: Az elektromobilitás és az energiatárolók (storage) volumen fejlődése, [24]



Source: World Economic Forum, Global Battery Alliance; McKinsey analysis

A litium-ion akkumulátorok iránti kereslet a globális világpiacon évente 33 százalékkal növekszik, és 2030-ra eléri a 4 700 GWh értéket (8. ábra). [23]

Az EVB iránti kereslet növekedése mellett egyre jobban előtérbe kerül ezek gyártásával összefüggésben az akkumulátor értéklánc fenntarthatósága.

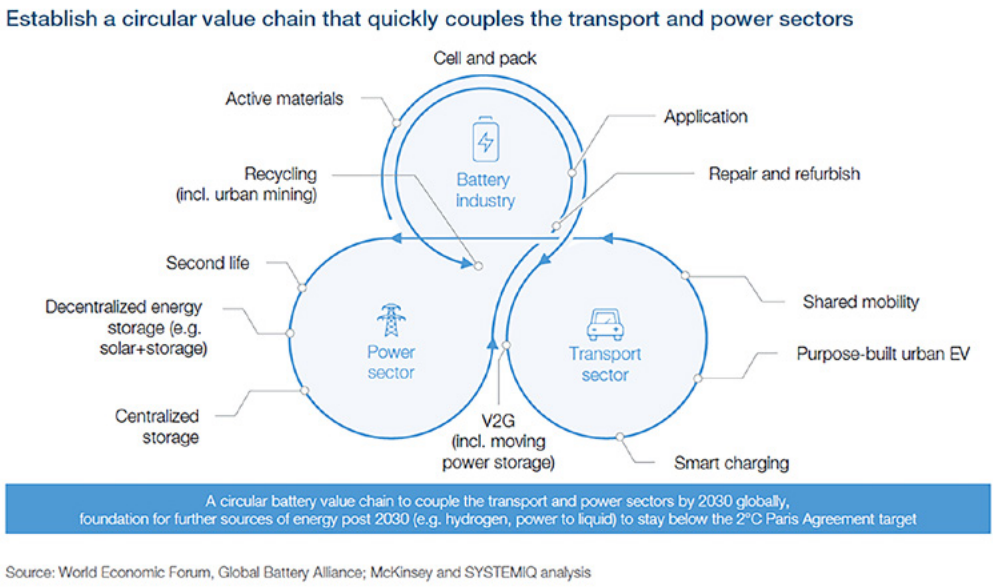
A **9. ábra** jól mutatja, hogy az akkumulátor keresleti piacát az elektromobilitás igénye dominálja, de az energiatárolók (storage) is dinamikus növekedésnek indulnak. A regionális felvevő piac volumenében minden tekintetben Kína vezet, de a növekedés Európában dinamikusabb.

A közlekedési szektor (és ily módon a közösségi autóbusz-közlekedés) számára ezen tendenciákból az is következik, hogy működési modelljében egy körkörös értéklánc részévé kell válnia, amelyben az akkumulátorgyártó iparral és az energiaszektorral alkot együttműködő rendszert.

A **10. ábra** mutatja a körfolyamat kialakításához szükséges modellt, amely az akkumulátoripar beiktatásával összekapcsolja az energia és a közlekedési szektort. A modellben helyet kap a V2G (Vehicle-to-Grid), az okos töltés (smart charging) és a megosztott mobilitás (shared mobility) is.

Az akkumulátor technológia kulcsfontosságú a közlekedés dekarbonizációjában és az energiaszektor és a szén-dioxid-mentesítésének terén. A párizsi klímaegyezmény 2°C-os globális átlaghőmérséklet-emelkedési célkitűzése szerint a közlekedési és energiaszektor 2050-ig 430 $GtCO_2e$ széndioxid kvótával rendelkezik, azonban az akkumulátor technológia alkalmazása nélkül ez a kvóta 2035-ig kimerül, míg a javasolt körkörös értéklánc megvalósításával alapesetben 2040-ig kitart.

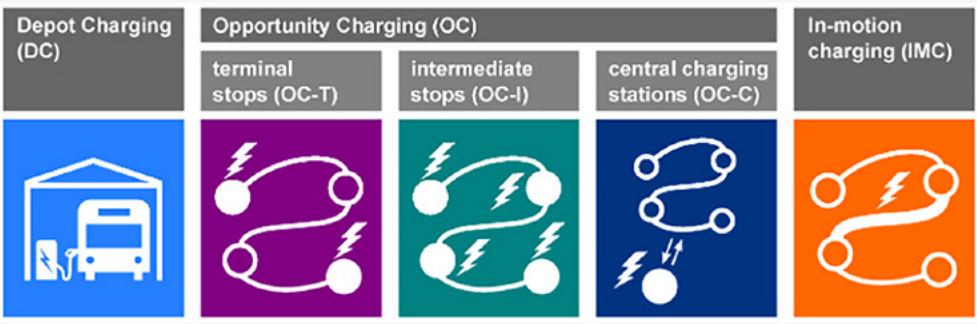
10. ábra: A körkörös értéklánc összekapcsolja a közlekedés az energiaszektorral [24]



8. ELEKTROMOS TÖLTŐK

Az elektromos autóbuszok akkumulátorainak töltési módja, a töltők kiválasztása, azaz a töltési stratégiai az e-mobilitás egyik sarkalatos pontja és alapvetően befolyásolja a rendszer életciklus költségeit, a közösségi közlekedés infrastruktúrájának és szolgáltatási folyamatainak kialakítását. Az elektromos autóbuszok töltési stratégiáit a 11. ábra mutatja be. Ezáltal egy új szervezeti-működési struktúra megvalósítását igényli. A töltési folyamat nagyban befolyásolja a forda kialakítását, hiszen figyelemmel kell lenni a várakozási és töltési időkre. A közlekedési szolgáltatók alapvetően három csoportba sorolható töltési módot alkalmazhatnak. A telephelyi vagy depó (DC) töltés megfelelő hálózati erőforrások esetén zsínóráramról történik, ugyanakkor a telephelyekre telepített

11. ábra: Elektromos autóbuszok töltési stratégiai [2]
(forrás: MDPI, https://www.mdpi.com/2032-6653/11/3/56



12. ábra: Töltési logika alapján vezérelt folyamat sémája [2]
(forrás: MDPI, https://www.mdpi.com/2032-6653/11/3/56

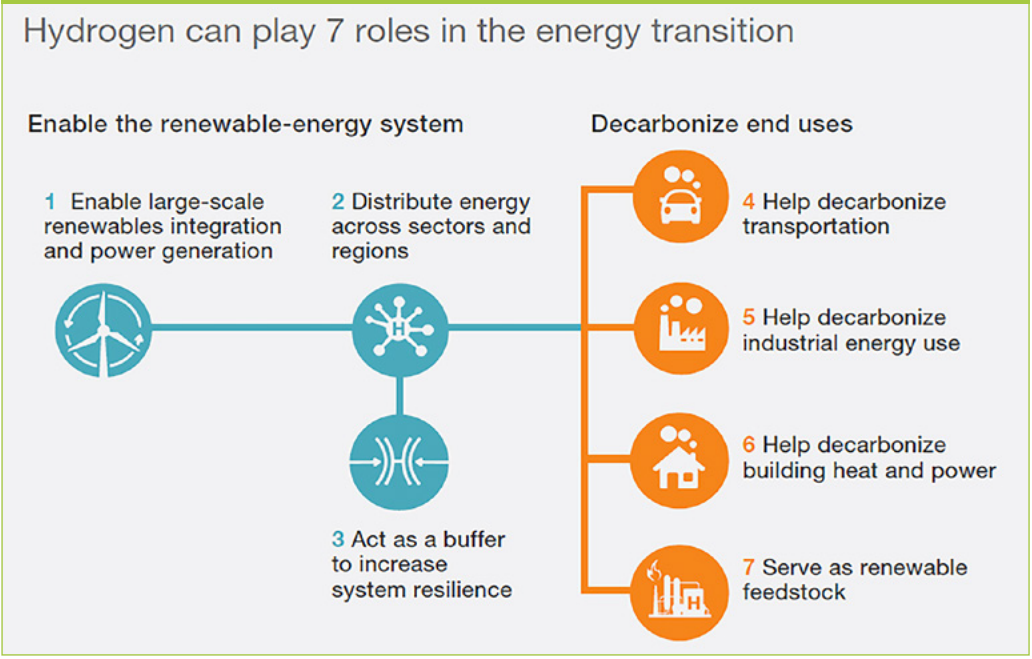
napelemparkokból származó elektromos töltési energia is egyre gyakoribb. Az eseti töltés (OC opportunity charging) lehet megállóhelyi (OC-T) vagy megállók közötti (OC-I), sok esetben központi töltőállomási (OC-C). A jármű mozgása közben történő (IMC -In-motion-charging) töltési technológia azokra a városokra jellemző, amelyek már rendelkeznek trolibusz-hálózattal. IMC technológiának tekinthetők azonban a közúti burkolatba ágyazott vezeték nélküli töltés rendszerek, amelyek jelenleg még kísérleti (pilot projekt) stádiumban tartanak.

A töltési infrastruktúra, töltési módok és a töltési logika megfelelő megválasztása jelentős mértékben érinti a közlekedési szolgáltató CAPEX és OPEX kalkulációt. A töltési logika alapján vezérelt folyamat sémáját a 12. ábra mutatja be.

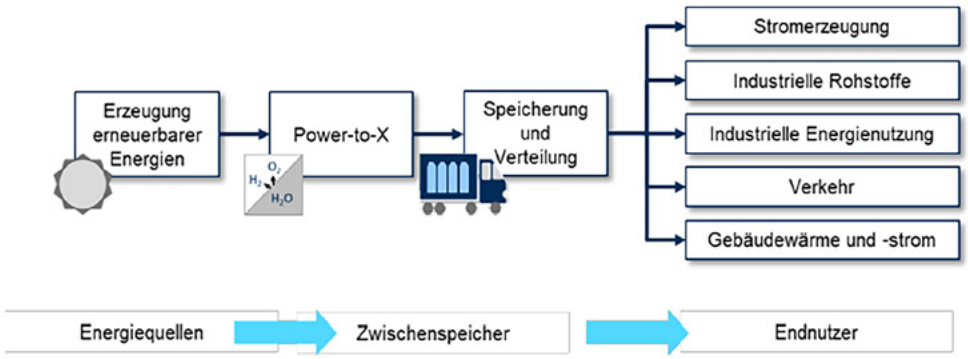
9. A HIDROGÉNHAJTÁSÚ AUTÓBUSZOK SZEREPE A GÉPJÁRMŰFLOTTÁBAN

Az akkumulátoros elektromos járművek elterjedése folyamatosan az újságok cím-

13. ábra: A hidrogén hasznosításának 7 szerepköre
(forrás: McKinsey&Company), [25] https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/hydrogen-the-next-wave-for-electric-vehicles



14. ábra: A hidrogéné a főszerep a jövő energiarendszerében [26] *Forrás: https://www.hs-esslingen.de/fileadmin/media/Fakultaeten/wt/Forschung/Institute/Institut_fuer_Automobilmanagement_IAM/IAM_20200823_Forschungsbericht_BWPLUS_v14_komm.pdf*



lapjaira kerül, de látni kell, hogy az üzemanyagcellák szorosan a nyomukban vannak, elsősorban azért, mert a hidrogén létfontosságú szerepet játszhat a megújuló energiaforrások hasznosításában és szerepet kaphat a **10. ábrán** bemutatott körkörös értéklánc megvalósításában is, és egyben lehetővé teszi a közlekedés fosszilis energiafelhasználásának csökkentését. A hidrogén hasznosítási módjai között lényeges szerep jut a közlekedési ágazat dekarbonizációjában (13. ábra, 4. pontja).

A hidrogénhajtású autóbuszok üzembe állítása hazánkban is napirenden van, de már több ország egyes régióiban – pl. a németországi Rems-Murr térségben – a közlekedési ökoszisztéma részévé tették a megújuló energiák – köztük a hidrogén – rendszerszemléletű felhasználását (26). A megújuló energiaforrások előállításának, közbenső tárolásának, elosztásának és - többek között - közlekedési célú felhasználásának folyamatábráját a 14. ábra szemlélteti.

Az ilyen rendszerek részletesebb ismertetésére a második részben kerül sor, azonban a rendszermodell kialakításában a hidrogén közlekedési célú felhasználása az ún. „power-to-x" koncepció jegyében szerepet kap.

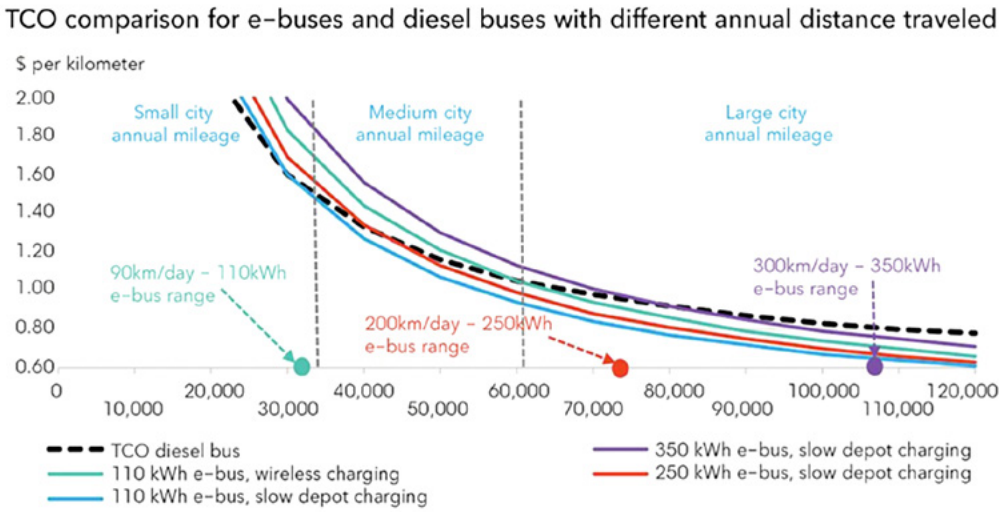
10. ELEKTROMOS JÁRMŰVEK SZABVÁNYOSÍTÁSA ÉS CÉLKÖLTSÉGEI

Az elektromos autóbuszok használatával összefüggő technológiák változatossága és sokszínűsége miatt már viszonylag régen megindultak a kezdeményezések a szabványosítási folyamat kialakítására és a rendszerek célköltségeinek elemzésére. Egy 2017-ben készült átfogó elemzés is alátámasztja, hogy a közlekedési szolgáltatóknak rendszerszemléletű megközelítéssel kell megvizsgálniuk a beszerzéssel, üzemeltetéssel és energiafelhasználással kapcsolatos célköltségeket, és komplex szemléletmódban, kiemelten a teljes életút költségekre is tekintettel kell az ilyen rendszerek megvalósítását célzó beruházási döntéseiket meghozniuk [27].

Elsősorban a közlekedési szolgáltatók jelenlegi flottájában még nagy számban üzemelő dízelüzemű járműveinek TCO összehasonlítása nyújthat támpontot az elektromos átállás kérdésére. A következőkben – példa jelleggel – mutatunk be olyan ábrákat, amelyek alkalmasak a teljes életútköltség (TCO) elemzésére.

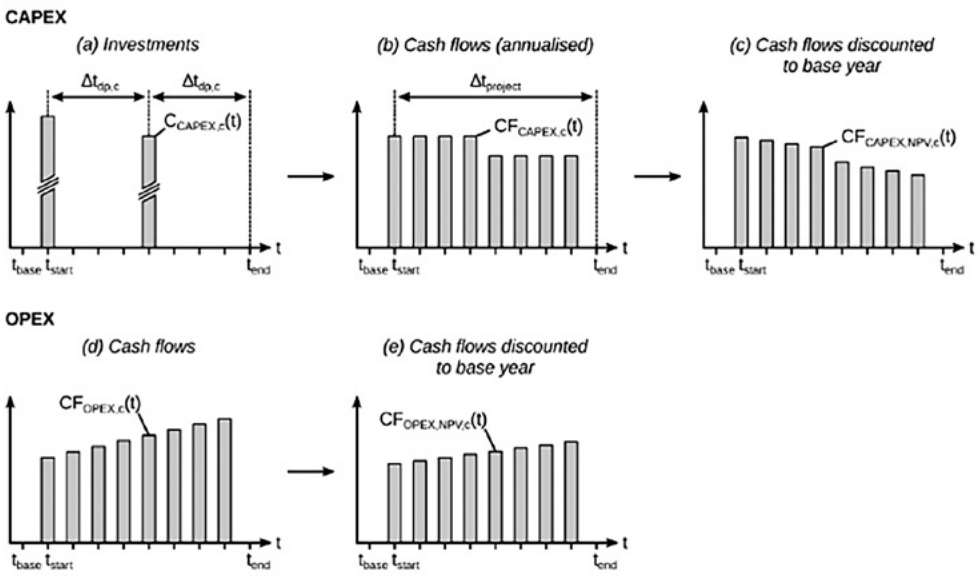
A **15. ábra** az elektromos és a dízelüzemű autóbuszok TCO-ját az éves megtett futástelje-

15. ábra: Elektromos és dízel autóbuszok TCO összehasonlítása,
forrás: Bloomberg: [28] https://about.bnef.com/blog/electric-buses-cities-driving-towards-cleaner-air-lower-co2/



Source: Bloomberg New Energy Finance. Note: Diesel price at $0.66/liter ($2.5/gallon), electricity price at $0.10/kWh, annual kilometers traveled – variable. Bus route length will not always correspond with city size.

16. ábra: TCO kalkulációs módszer [2]
forrás: MDPI, https://www.mdpi.com/2032-6653/11/3/56



sítmény, valamint a töltési mód függvényében vizsgálja és hasonlítja össze [28].

A szakirodalomban a TCO számítására is találhatunk javasolható és követendő kalkulációs módszert. A **16. ábra** a CAPEX és OPEX költségek élettartam jelleggörbéit ábrázolja. Az élettartam vizsgálatnál természetesen csak a diszkontált költségek és bevételek összehasonlításának van gazdasági racionalitása, megjegyezve azt is, hogy az elemzések eredményét a vizsgálatokban alkalmazott diszkont-tényezők is befolyásolják.

11. A MODELL ALAPJA

A modell elsősorban a Volánbusz Zrt.-nél nyert üzemeltetési és mérési adatokra, a fordák szerkezeti sajátosságaira épül, amelyeket a nemzetközi és a hazai szakirodalmi források fényében elemeztünk. A modell kialakításánál figyelembevételre kerülnek az elektrifikáció folyamatát meghatározó (már többségében bemutatott) hatótényezők, trendek, valamint az energetikai, klímavédelmi és gazdaság-hatékonysági elvárásokat alátámasztó számítások adatvezérelt algoritmusokkal számított eredményei.

A modell részletesebb bemutatására és a következtetésekre a második részben kerül sor.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] Boré, S., Nurhadi, L., Ny, H.; Preferences of Electric Buses in Public Transport; Conclusions From Real Life Testing in Eight Swedish Municipalities, World Academy of Science Engineering and Technology International Journal of Enviromental, Chemical, Ecological, Geological and Geophysical Engineering; 2016.

[2] Jefferies, D., Göhlich, D., A comprehensive tco evaluation method for electric bus systems based on discrete-event simulation including bus scheduling and charging infrastructure optimisation, 2020, Technische Universität Berlin, https://www.mdpi.com/2032-6653/11/3/56 DOI: https://doi.org/j9xt

[3] Az Európai Bizottság tervei szerint 2050-re valamennyi busznak nulla károsanyag-kibocsátásúnak kell lennie (EUR-Lex - 52020DC0789 - EN - EUR-Lex (europa.eu))

[4] Boya Zhou Real-world performance of battery electric buses and their life-cycle benefits with respect to energy consumption and carbon dioxide emissions - ScienceDirect, Energy, 2016.02.01. 96 szám 610. ol. DOI: https://doi.org/f8b4bn

[5] Layout 1 (who.int), Burden of diseasee from enviromental nois, World Health Organisation, 2011. 4.oldal,

[6] Electric buses' sustainability effects, noise, energy use, and costs (tandfonline.com) International Journal of Sustainable Transport, 20219, No. 12. 965.oldal DOI: https://doi.org/gh79d5

[7] Lakatos, I., A CNG közlekedés lehetőségeinek kidolgozása Győr város helyi közlekedésének kiszolgálásban, 2019. Győr, 100. oldal,

[8] Volánbusz Zrt. nettó beszerzési ár 2022 december. Villamosenergia csúcsidőszakban 165,6 Ft/Kwh. Földgáz 530,5 Ft./m3 Gázolaj 476,16 Ft/liter

[9] Seven Borén electic buses sustainability effect, noise, energy use and cost, International Journal of Sustainable Transport, 20219, No. 12. 960. oldal. DOI: https://doi.org/gh79d5

[10] Guarnieri, M., Looking back to electric cars, 2012, Third IEEE History of Electrotechnology Conference (HISTELCON). Proc. HISTELCON 2012 – 3rd Region-8 IEEE History of Electro – Technology Conference: The Origins of Electrotechnologies. pp. 1–6. doi:10.1109/HISTELCON.2012.6487583. ISBN 978-1-4673-3078-7. S2CID 37828220.

[11] McKinsey&Company, What is an EV?, 2023, https://www.mckinsey.com/featured-insights/mckinsey-explainers/what-is-an-ev?

[12] Wartiovaara, A., Aspivaara, C., Nyman, S., 2023, Megatrends 2023: these are the trends we cannot ignore, https://www.sitra.fi/en/news/megatrends-2023-these-are-the-trends-we-cannot-ignore/

[13] Eight Electrification Trends Forecasting EV Adoption in 2023 & Beyond, 2022, https://www.exro.com/industry-insights/electrification-trends-forecasting-ev-adoption-in-2022-beyond,

[14] Electric Cars Have Hit an Inflection Point, 2021, https://www.theatlantic.com/newsletters/archive/2021/09/electric-cars-have-hit-inflection-point/620233/
[15] CELEX_32022R1379_HU_TXT, A BIZOTTSÁG (EU) 2022/1379 RENDELETE az (EU) 2017/2400 rendeletnek a közepes és nehéz tehergépjárművek és nehéz autóbuszok CO2- kibocsátásának és tüzelőanyag-fogyasztásának meghatározása, valamint az elektromos járművek és egyéb új technológiák bevezetése tekintetében történő módosításáról, https://eur-lex.europa.eu/legal-content/HU/TXT/PDF/?uri=CELEX:32022R1379&from=HU
[16] Az Európai Bizottság 2030-ra csak elektromos városi buszokat szeretne az unióban, https://hvg.hu/gazdasag/20230214_Megszavaztak_2035tol_csak_elektromos_autokat_lehet_eladni_az_EUban
[17] Gyöngyös, B., Szabó, Gy., Lantos Csaba az Indexnek: Orbán Viktor egy napot adott a döntésre, egy hetet kértem, 2023, https://index.hu/gazdasag/2023/01/25/energia-lantos-csaba-ellatasbiztonsag-gazszerzodes-elektromos-aram-paks-mol-mvm-megujulo-energia/, index.hu
[18] M.Orbán, A., Nem csökken a villamosenergia-igény Magyarországon, 2023, https://magyarnemzet.hu/gazdasag/2023/02/nem-csokken-a-villamosenergia-igeny-magyarorszagon-2, magyarnemzet.hu,
[19] CELEX_32014L0094_HU_TXT, Európai Unió irányelve az alternatív üzemanyagok infrastruktúrájának kiépítéséről, EUR-Lex, https://eur-lex.europa.eu/legal content/EN/TXT/?uri=CELEX%3A32014L0094&qid=1676631973369
[20] Berret, M., Bernhart, W., Winterhoff, M., Seyger, R., Kirstetter, E., Riederle S., Automotive Disruption Radar Issue #1 - Tracking disruption signals in the automotive industry, 2017, Roland Berger GmbH,
[21] Trends in electric vehicle design - Issue No. 2 - Insights on best practices for paving the road for mass market electric vehicles, 2018, McKinsey, https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/what-a-teardown-of-the-latest-electric-vehicles-reveals-about-the-future-of-mass-market-evs#/
[22] Global photovoltaic power potential by country, 2020, ESMAP, https://esmap.org
[23] Battery 2030: Resilient, sustainable, and circular - Battery demand is growing—and so is the need for better solutions along the value chain,
[24] A Vision for a Sustainable Battery Value Chain in 2030 -Unlocking the Full Potential to Power Sustainable Development and Climate Change Mitigation, 2019, Global Battery Alliance – 2019 World Economic Forum,
[25] Heid, B., Linder, M., Orthofer, A., Wilthaner, M., HYDROGEN: The next wave for electric vehicles?, 2017, McKinsey&Company, https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/hydrogen-the-next-wave-for-electric-vehicles
[26] Ehret, O., Wörner, R., Langenbucher, L., Schneider, D., Emissionsfreier ÖPNV – eine wissenschaftliche Konzeptentwicklung zum Aufbau eines regionalen, emissionsfreien Busliniennetzes im urbanen Raum, 2020, Hochschule Esslingen, Institut für Nachhaltige Energietechnik und Mobilität, Forschungsbericht BWPLUS, https://www.hs-esslingen.de/fileadmin/media/Fakultaeten/wt/Forschung/Institute/Institut_fuer_Automobilmanagement_IAM/IAM_20200823_Forschungsbericht_BWPLUS_v14_komm.pdf
[27] Knote, T. (Autor), Haufe, B., Saroch, L., 2017. E-Bus-Standard »Ansätze zur Standardisierung und Zielkosten für Elektrobusse«, Fraunhofer-Institut für Verkehrs- und Infrastruktursysteme IVI, Dresden, https://www.erneuerbar-mobil.de/sites/default/files/2018-04/Abschlussbericht_E-Bus-Standard.pdf
[28] Electric Buses in Cities: Driving Towards Cleaner Air and Lower CO2, Bloomberg NEF, https://about.bnef.com/blog/electric-buses-cities-driving-towards-cleaner-air-lower-co2/
[29] Why the automotive future is electric, Mainstream EVs will transform the automotive industry and help decarbonize the planet, 2021, McKinsey Center for Future Mobility, IAA 2021: charticle, https://www.mckinsey.com/industries/automotive-and-assembly/our-insights/why-the-automotive-future-is-electric

The rise of electrification and the prominent role of electric buses in sustainable public transport

The decarbonisation and efficient, energy-saving operation of transport is the most important task for public transport providers in the coming years. Volánbusz Zrt. is preparing for electrification by continuously modernizing its vehicle fleet and transforming its operating model. In the first part of the article series, the authors present the trends and international and domestic factors related to the integration of electric buses, based on extensive literature research. In the next part of the series of articles, the data-driven operating model based on the pilot projects of Volánbusz Zrt., which enables the achievement of the set goals, will be described.

Der Aufstieg der Elektrifizierung und die herausragende Rolle von Elektrobussen im nachhaltigen öffentlichen Verkehr

Die Dekarbonisierung und der effiziente, sowie energiesparende Betrieb des Verkehrs ist die wichtigste Aufgabe der ÖPNV-Anbieter in den kommenden Jahren. Volánbusz Zrt. bereitet sich auf die Elektrifizierung vor, indem es seine Fahrzeugflotte kontinuierlich modernisiert und sein Betriebsmodell umgestaltet. Im ersten Teil der Artikelserie stellen die Autoren basierend auf einer umfangreichen Literaturrecherche die Trends, sowie internationalen und nationalen Faktoren im Zusammenhang mit der Integration von Elektrobussen. Im nächsten Teil der Artikelserie wird ein datengetriebenes Betriebsmodell basierend auf den gesammelten Daten von Pilotprojekten der Volánbusz Zrt. vorgestellt, das die Erreichung der genannten Ziele ermöglicht.

KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE
KTSZ
ALAPÍTVA 1951

Szemelvények fontosabb útjaink történetéből. 2. rész

A kétrészes írás a szerző által fontosnak tartott részletek bemutatása a nagy egészből, ami egyféle válogatás, de más rendező elvek mentén lehet számtalan ilyen jellegű összeállítást szerkeszteni a teljesség igénye nélkül. A szakmai közvélemény érdeklődésének felkeltésére, az ismeretek felelevenítésére, bővítésére is alkalmas követett tematika.

DOI: ***https://doi.org/10.24228/KTSZ.2023.3.3***

Molnár László Aurél
ny. minisztériumi főtanácsos
e-mail: molnar.laurel@gmail.com

10. A KONCENTRÁLT KORSZERŰSÍTÉSEK IDŐSZAKA

A 60-as években a motorizáció egyre erőteljesebben sürgette, hogy az ország úthálózatát autózhatóvá kell tenni. A pormentes burkolatok aránya 1950-ben még csak 16%, s a 77% vizes makadám mellett még 7% földút. A geometriai jellemzők túlnyomó részben még a fogatolt forgalom igényeihez igazodnak. (E sorok írója az 50-es évek elején a Magyar Rádió állandóan úton lévő falurádiós riportereitől elsőkézből kapott élménybeszámolókat az utakról és az utazás körülményeiről.)

A korszerűsítést azonban számos tényező gátolta. A pénzhiány mellett elsődlegesen az építőipar képességei. A 60-as évek elejéig csak néhány főúton épült aszfaltburkolat. A főváros kivételével nem is volt az országnak érdemi aszfaltkeverő kapacitása. A baja–garai út kapcsán említett keverők csak kisebb és alárendelt feladatokra voltak alkalmasak. A 60-as évek közepén megjelenő C-25 aszfaltkeverő gép – az UVATERV-KÖZGÉP együttműködés elismerésre méltó terméke – elvileg óránként 25 tonna keverék előállítására volt képes, ám ezzel a legprimitívebb finisert sem lehetett folyamatosan kiszolgálni. Ráadásul ebből a gépből sem jutott mindegyik közúti építő vállalatnak. (Jellemző adalék, hogy a 24. sz. főút 18 km-es Gyöngyös–Mátraháza szakaszának építésekor a fővállalkozó Egri KÉV kénytelen volt társvállalkozóként a Debreceni KÉV-et is bevonni a munkába, mert nem volt saját keverője.) A 60-as évek derekán jelentek meg a színen a keletnémet gyártmányú 50 t/ó, később 70 t/ó teljesítményű Teltomat keverőgépek, amelyek már alkalmasak voltak aszfaltútépítési feladatok kiszolgálására. A nagy útépítő vállalatok pedig korlátozott számban már rendelkeztek nagykapacitású nyugatnémet és olasz gépekkel is [1].

Gátolta azonban az utak korszerűsítését az a körülmény is, hogy a kőbányák – noha termékeik zömét az út- és vasútépítés igényelte – az építésügyi tárcához tartoztak, és nem kaptak elég anyagi, szakmai támogatást elavult berendezéseik modernizálására. Így a jó minőségű kőanyag krónikusan hiányzott.

A 60-as évek közepére megérett a felismerés, hogy a forgalom 50%-át viselő 6000 km-es főúthálózat korszerűsítése nem halasztható. Az 1968. évi közlekedéspolitikai koncepció a közúthálózat fejlesztésének főbb irányelveit a következőkben állapította meg [2]:

- az országos úthálózat korszerűsítése, az útpályák szélességének és teherbírásának növelése, a hidak és műtárgyak korszerűsítése, tekintettel a nehézjárművek számának növekedésére;
- a bevezető és átkelési szakaszokon az útpályák szélesítése, valamint az átmenő és helyi forgalom lehető szétválasztása;
- a nagy forgalmú út-vasút keresztezések átépítése külön szintű alul- és felüljárókká.

Tegyük ehhez hozzá, hogy új utak tömeges építésére nem volt szükség. Nem igényelte ezt sem a forgalom nagysága, sem a hálózat szerkezete. Az „autópálya" a jövő úttípusaként is még csak lokális kapacitásbővítésként jelent meg a szakemberek körében. A korszerűsítés fogalma viszont éppen azt takarta, hogy a meglévő utat kell a korszerű forgalomra alkalmassá tenni, megmentve az abban rejlő felhalmozott értékeket. Hogy mit jelent az alkalmasság, azt az ugyancsak 1968-ban megjelent OKTSZ (Országos Közutak Tervezési Szabályzata) az új utakra vonatkozó műszaki jellemzőkkel tételesen meghatározta. A régi utak korszerűsítése során ezekből a feltételekből egy-egy kategóriát engedni lehetett.

Így született meg a koncentrált korszerűsítésekről szóló döntés, ami a 70-es évek közepéig a hazai útépítés gerincét alkotta. Felismerték ugyanis, hogy apró szakaszokban nem lehet a főhálózatot modernizálni, csak hosszabb – legalább 20-30, de inkább közel 100 km-es szakaszokat összefogva, egységes elvek alapján és egységes szervezeti lebonyolítással. Ennek során természetesen sort kellett keríteni az addig elmaradt és – valljuk be! – elhanyagolt hídépítésekre is. Ezek között a csúcsot a Tisza-hidak (Kisar-Tivadar, Algyő, Csongrád) és Körös-hidak (Kunszentmárton, Gyoma) jelentették. 1965-1971 között 2,3 milliárd Ft értékű korszerűsítés keretében többek között – csak példaként – a következő főbb utak épültek át:

- 1. sz. főút 62-181 km szakasz (119 km)
- 2. sz. főút 43-79 km szakasz (36 km)
- 3. sz. főút 17-169 km szakasz (152 km)
- 4. sz. főút 18-186 km szakasz (158 km)
- 5. sz. főút 83-178 km szakaszon (65 km)
- 6. sz. főút 203-231 km szakasz (28 km)
- 7. sz. főút 131-174 km szakasz (43 km)
- 21. sz. főút 16-55 km szakasz (39 km)
- 22. sz. főút 0-52 km szakasz (52 km)
- 23. sz. főút 0-17 km szakasz (17 km)
- 43. sz. főút 35-52 km szakasz (17 km)
- 46. sz. főút 40-47 km szakasz (Gyomaendrőd)
- 52. sz. főút 38-44 km szakasz (Kiskunlacháza)
- 55. sz. főút 0-4 km szakasz (Szeged, Tolbuchin sgt.)
- 64. sz. főút 0-37 km szakasz (37 km)
- 71. sz. főút 0-51 km szakaszon (43 km)
- 84. sz. főút 0-60 km szakasz (60 km)
- 86. sz. főút 48-60 km szakasz (12 km).

Hol jelentkezett a koncentrált korszerűsítés, mint módszer haszna?

- Csökkentek a fajlagos építési költségek a racionálisabb szervezés, a kevesebb melléklétesítmény, a jobb gépkihasználás révén. Jelentősen javult az anyaggazdálkodás és modernizálódott a gépállomány.
- Az egyes építmények gyorsabban valósultak meg, és csökkentek a forgalom zavarásából fakadó veszteségek.
- Korszerűbb műszaki megoldások kidolgozására és alkalmazására nyílott mód.
- A kapcsolódó gazdasági ágazatok is felzárkóztak a szakmai és társadalmi igényekhez [2].
- Az úthasználó szempontjából pedig annak tudata, hogy hosszú szakaszon azonos útviszonyokra számíthat.

Ma már azonban visszatekintve azt is leszögezhetjük, hogy az így koncentrált építési igé-

nyek ráterelték a közlekedés társadalmi szerepére és az iparágra a társadalom és a politikai vezetők figyelmét, s ez végső soron az iparág komplex modernizációját eredményezte.

11. A 3. SZ. FŐÚT KORSZERŰSÍTÉSE [3]

A 3. sz. Budapest–Miskolc–Tornyosnémeti főút az ország egyik legjelentősebb főútja volt, forgalma alapján az ország második főútja, ami összekötötte a fővárost a nehézipar fellegvárával, Miskolccal és a borsodi iparvidékkel. Az Alföld és az Északi-középhegység határán futó dombvidéki jellegű út olyan fontos városokat érintett, mint Gödöllő, Hatvan, Gyöngyös. Kapcsolatot nyújtott Salgótarján, Eger, Kazincbarcika és Ózd felé is. Emellett Szerencsen és Tokajon keresztül kapuja volt az ország északkeleti tájainak. Távolsági forgalma megközelítette az 50%-ot. A nehéz teherforgalom aránya 37%, a személygépkocsi forgalma 28% volt.

A korszerűsítés 1966-1971 között, hat év alatt zajlott le. Ennek első, s talán legfontosabb része a Budapest–Gyöngyös közötti 68 km hosszú szakasz. A tervezésre alig több mint egy év állt rendelkezésre. Az útszakasz 36%-a, mintegy 25 km átkelési jellegű, amit meg kellett tartani, hogy az út továbbra is ki tudja szolgálni ezeket a nagy és jelentős településeket. Számoltak azzal, hogy ezek elkerülése a közeljövőben építeni tervezett M3 autópálya feladata lesz. Sőt – egy kis kötéltánc! – taktikailag arra is ügyelni kellett, hogy az útkorszerűsítés kedvező eredményei nehogy „feleslegessé tegyék" az autópályát.

A 18 szakaszban készülő terveket az UVATERV-nél 10 mérnökcsoport készítette. A tervezés során a következő műszaki jellemzőket vették alapul:

	Külsőségben	Lakott területen
Tervezési sebesség	100 km/h	80 km/h
Minimális vízszintes ívsugár	500 m	150 m
Maximális emelkedő	3%	
Burkolatszélesség	7 m	10-14 m
Koronaszélesség	12 m	

A kivitelezésen a budapest–aszódi szakaszon az Aszfaltútépítő Vállalat, míg Gyöngyösig a Betonútépítő Vállalat dolgozott. A változatos terepen és beépítési körülmények között minden szakaszon más-más problémák merültek fel. A legnagyobb gondot azonban a forgalom folyamatos fenntartása jelentette. Ennek érdekében sokszor különleges megoldásokhoz kellett folyamodni, mint Kistarcsán és Gödöllőn, ahol a pályaszintsüllyesztés miatt a nyomvonalat oldalt el kellett tolni: amíg a régi pályán ment a forgalom, tőle pár méterre, de 2-3 méterrel mélyebben épült az új út.

A Kisbagi csárda előtt az U-alakú „hajtűkanyar" átvágásához 800 méteres korrekciót kellett építeni tőzeges altalajon. Akkor még nem létezett építőfilc, így a töltést előterhelő pótpadkákkal építették. A földmű 30 cm-t süllyedt, de utána stabilizálódott.

Hatvanban az új út felüljárón halad át a 21. sz. főút és vasútállomás fölött, majd a régi nyomra visszatérve, azt korszerűen kialakítva jut el a város keleti végére. Itt újabb felüljáró következik a miskolci vasútvonal fölött, és fél kilométerrel később tér vissza a régi nyomra.

Gyöngyösön a régi Egri úti nyomvonalat ugyancsak felhagyták, és mintegy 800 m rövidítéssel a Kassai útra helyezték át a főutat. Így az átmenő forgalom messzire elkerüli a műemlékekben gazdag városközpontot. Az új út a vasútvonalat az állomás kijáratánál ugyancsak külön szintben, aluljáróban keresztezi.

Az altalaj minőségétől és a terheléstől függően a burkolatok vastagsága He = 35 és 55 cm között változott. Hosszú szakaszokon erősítésre nem is volt szükség, de az egységes minőség érdekében mindenütt kötőrétegre helyezett AB-12, esetenként AB-20 kopóréteg épült. Az új burkolatok alapja szélesítésben sovány beton, szélesebb felületeken szórt alap, később cementstabilizáció volt.

A korszerűsítési munkák nagy része nem volt gépesíthető. Az organizációs terv szerint 1 km külsőségi út munkaóra szükséglete 20 800 óra volt, tehát 100 munkás 1 havi munkáját igényelte. Itt bizonyosodott be az is, hogy, –

amitől a forgalomtechnikusok sokat vártak – a fehérbeton vezetősáv fektetése nagyon munkaigényes feladat, s ráadásul a gyakorlatban sem vált be, mert gyorsan szétfagyott. Ezért áttértek a szélesebb aszfaltra felfestett vezetősávokra.

Másik jelentős tapasztalat, hogy a központi helyen felállított aszfaltkeverő telepről 30-40 km távolságra is károsodás nélkül szállítható az aszfaltkeverék. 15°C léghőmérséklet felett ugyanis a lehűlés percenként alig 0,5°C.

A hatvani keverőtelepen működő C-25 keverőgéppel vegyes tapasztalatokat szereztek. A kőbányák által szállított zúzalék minősége és tisztasága itt is sok gondot okozott, de a gép működése megbízható volt, a keverék minősége kielégítő, havi 4-4,5 ezer tonna keveréket állított elő. Az eredeti két frakciós helyett bevezették a három frakciós osztályozást, s ettől a minőség javult, az átállások időigénye csökkent. Viszont a teljesítmény nem volt elegendő a finiser folyamatos haladásához, így 18 méterenként leállási nyomok keletkeztek. A hosszanti illesztés is (a slussz) utóbb sokszor megnyílott. Itt is bebizonyosodott, hogy ilyen méretű munkákhoz nagyobb kapacitású keverőgépekre van szükség.

A 3. sz. főút korszerűsítésének másik említésre méltó szakasza a miskolci bevezetés volt a hejőcsabai cementgyár térségében. Itt az országos főút vonala keresztezte a budapesti vasútvonalat, s a keresztezés közelében a tapolcafürdői csomópontot is meg kellett oldani. Számos változat elemzése után az a döntés született, hogy a főút aluljáróban keresztezze a vasutat. A keresztezés helyén a 14 m széles út 500 m sugarú bal ívben fekszik, fölötte a vasút 1000 m sugarú jobb ívben, s az elméleti metszés szöge 30°. Ebből számítva a híd szabad nyílása 49,0 m. Ezért a híd tervezői – a városképi szempontokat is mérlegelve – acél Langertartó mellett döntöttek [4].

12. A 4. SZ. FŐÚT KORSZERŰSÍTÉSE [5]

A 4. sz. főút hazánk leghosszabb és egyik legfontosabb főútja. A záhonyi határhídig közel 350 km. Szolnokon át ez köti össze az ország központi területeit a Tiszántúl északi és középső megyéivel, de túl az országhatáron ez vezet Lengyelország és Ukrajna, valamint Erdély északi és középső részei felé. Négy megyét fűz fel, négy megyeszékhelyet és számos nagy és népes várost kapcsol be az ország vérkeringésébe.

Forgalma már a hatvanas években is, az autópályákat leszámítva talán ma is, a legnagyobb az országban. A koncentrált korszerűsítések időszakában a vizsgálatok mégis azt mutatták, hogy autópálya építése ebben az irányban még nem gazdaságos. (Ennek talán az lehetett az oka, hogy közlekedéspolitikánk akkor nem a forgalom és a térszerkezet igényei szerint, hanem gazdaságpolitikai keretek közé illesztett autópálya-hálózatban gondolkozott.)

A 4. sz. út vonalvezetése nem felelt meg a gépkocsi-közlekedés követelményeinek. 32 helyen keresztezte a vasutat és 35 város, község lakott területét szelte át. Az átkelési szakaszok hossza összesen 108 km (31%) volt. Az előtervek szerint csak Budapest és Debrecen között összesen 33 km jelentős útkorrekció volt indokolt. A tervezési sebességet külső szakaszokon 120 km/h-ban, lakott területeken 60 km/h-ban határozták meg.

A tervek öt fázisban készültek. Első fázisban úthálózat-fejlesztési tanulmányterv készült, kitekintve a gépkocsi-ellátottsági telítettség időszakára is. Ezt követte a műszaki tanulmányterv a régi út részletes vizsgálatával és a megoldási javaslatokkal. Ezeket a műszaki-gazdasági vizsgálat összegezte és minősítette. Negyedik fázisban készült a bejárási (engedélyezési), majd végül az építési terv. (Egyszerűbb szakaszokra ez utóbbi kettő helyett egyesített terv készült.)

Az út rendeltetése, jellege és várható forgalma alapján állapították meg a műszaki jellemzőket, és sorolták az utat három tervezési kategóriába:

- gyorsforgalmi út (M4)
- vegyesforgalmú főút külső szakasza
- vegyesforgalmú főút átkelési szakasza

(Jegyezzük meg: a „vegyesforgalmú út" kategória még a forgalom lefolyását komolyan befolyásoló forgalommal is számolt.)

A tervezés során felmerült a hosszú, új nyomon épülő elkerülő utak gondolata, amit már autópálya-jellemzőkkel kellett volna kiépíteni. (A korabeli felfogás szerint ugyanis az autópályák a főutakkal párhuzamosan, a kapacitás kimerülésének sorrendjében szakaszonként épültek volna.) A 4. sz. főúton ebből megvalósult az 50-77 km szakasz és a ceglédi elkerülés Albertirsa és Abony között, de szóba jött már akkor Szolnok északi elkerülése, Tiszapüspökinél új Tisza-híddal. Karcag térségében végül a rövidebb, déli elkerülés épült meg, de ez is megszüntetett két fővonali vasúti keresztezést és egy rossz átkelési szakaszt.

A Debrecenen túli szakaszokkal a tanulmányok akkor nem foglalkoztak.

A pályaszerkezet kialakításánál mind az új nyomon vezetett szakaszokon, mind a korszerűsített régi szakaszok esetén egységesen 3,5 m széles forgalmi sávokat terveztek, és 4 cm vastag kötőrétegen 4 cm aszfaltbeton kopóréteget. Az új szakaszokon és a szélesítésekben homokos talajok esetén cementes stabilizáció épült alaprétegként, egyéb helyeken B100-as sóványbeton. Az alapra 3-5 cm bitumenes kavics került. A forgalmi sávokat az 1970 előtt épült szakaszokon fehérbeton optikai vezetősáv szegélyezte. Később azonban áttértek a festett szélvonalra.

Végezetül meg kell jegyeznünk, hogy a Budapest–Abony szakaszon már a 70-es években időszerű volt a kétsávos autóút átépítése 2x2 sávosra, de erre még sokáig várni kellett. Pedig a késedelem súlyos baleseti veszélyt hordozott, hogy csak a legkirívóbbat, a 311. sz. Cegléd Nagykőrösi út csomópontját említsük, ahol a körforgalom 1998. évi kialakításáig gyakoriak voltak a súlyos balesetek.

13. AZ 5. SZ. FŐÚT SZEGEDI ÁTKELÉSI SZAKASZÁNAK KORSZERŰSÍTÉSE [6]

1975-76-ban került sor az 5. sz. főút szegedi átkelési szakaszán a 165-169 km szakasz korszerűsítésére a bevezető Budapesti úttól a Párizsi körútig. A forgalom ezen a szakaszon már ezt megelőzően meghaladta az elméleti kapacitás értékét. A legnagyobb gondot a környéket kiszolgáló és az átmenő közművek sokasága jelentette. Postai és távkábelek, kis-, közép- és nagyfeszültségű elektromos légvezetékek és földkábelek, gázvezetékek, víznyomócsövek, szennyvíz- és csapadékcsatornák, ráadásul magas talajvíz és kedvezőtlen altalaj miatt, 3-3,5% CBR értékekkel. 53-58 He egyenértékcentiméteres burkolat épült, 4 cm aszfaltbeton kopóréteggel.

Az építkezés legnagyobb problémája az építésszervezés, a munkák napi összehangolása volt. A 25 résztvevő, beruházó, tervező, fő- és alvállalkozók stb. szocialista együttműködési szerződést kötöttek. A mű a kitűzött határidőre, 1976. november 7-ére elkészült.

A tervező a fő tanulságot abban fogalmazta meg, hogy hasonló esetekben célszerű lenne már a városrendezési tervekben gondoskodni arról, hogy az adott úton előforduló közlekedési építmények és közművek fenntartása, felújítása egymás zavarása nélkül megoldható legyen, – tehát a legfontosabb közműveket önálló nyomvonalon, az útpályán kívül vezessék [8].

14. AZ ASZFALTBURKOLATOK TÉRHÓDÍTÁSA [7]

A koncentrált útkorszerűsítések a magyar közlekedés számára számos elismerésre méltó eredményt hoztak, de hamar kitűnt, hogy ezzel a módszerrel még a főúthálózat egészét sem lehetséges a kor által megkövetelt szintre fejleszteni, a mintegy 180 ezer kilométernyi teljes úthálózat többi eleméről nem is beszélve. Ezen kívül megváltozott a gazdaságpolitikai környezet is. A 70-es évek közepére az útépítés forrásai drasztikusan beszűkültek. Ezért a figyelem mindinkább a meglévő utakba beépített anyagi és eszmei érték átmentésére irányult. Erre a célra nyugati minták alapján egy olyan komplex és sokoldalú, mérnöki és gazdasági, később környezeti megfontolásokra is épülő eljárás alakult ki, amire leegyszerűsítve a „burkolaterősítés" kifejezés honosodott meg, noha az eljárás annál sokkal többet takart.

Nyilvánvalóvá vált, hogy a forgalom növekedésével, az útépítés új technológiáinak megjelenésével véget ért a makadámutak kora. A 60-as években mind erőteljesebben jelentkezett hazánkban is az aszfaltburkolatok igénye. A nagyobb ütemű fejlődés fő akadálya a szükséges keverő- és bedolgozógépek hiánya volt. 1970-ben a Közlekedéstudományi Egyesület debreceni konferenciáján élesen felvetették, hogy a megye 2556 km hosszú tanácsi úthálózatának mindössze 7,5%-a (196 km) szilárd burkolatú, de a szélességük ezeknek sem megfelelő. Debrecen városa kétszintű csomópontokat tervez, de az anyagi fedezet késik. Várható, hogy a IV. ötéves terv végére (1975) a teherjárművek száma az országban eléri a 120 000 darabot, az autóbuszoké a 10 000-et, a személyautóké a félmilliót. Ehhez utak kellenek, s az útépítés a hengerelt aszfaltok irányába fejlődik. Növelni kell az aszfaltkapacitást és a termelékenységet. Gépesíteni kell [8]!

Ugyanekkor a Székesfehérvári KÉV főmérnöke, dr. Polányi László is megkondítja a harangot: Tért hódít az aszfalt! „Minden közúti igazgatóság az aszfaltszőnyegek kilométereit rendelte meg, és kialakult az a szemlélet, hogy az egyetlen biztos fenntartási mód az aszfaltréteggel való burkolaterősítés." – írta. Ezért minden vállalatnál legalább két C.25-ösre van szükség. Súlyos gond azonban a szállítás. Csökkent a vasúti kőellátás, de a kavicsaszfaltokkal előre törtek a helyi anyagok. A jobb gépesítés pedig a melegaszfalt szállítási távolságát növeli. Ezért központosított keverőtelepekre van szükség, saját szállítójárművekre és jóval nagyobb termelékenységre. Bányákat is nyitni kell, saját műveléssel. A nagylengyeli bitumen-források elapadásával pedig tudatosan fel kell készülni a más típusú, más minőségű kötőanyagokra is. Elképzeléseit részletes árelemzésekkel támasztotta alá, bebizonyítva, hogy a korszerű útépítés számos tényező állandó figyelembevételét követeli [9].

15. ÚJABB KORSZERŰSÍTÉSEK A 2000-ES ÉVEKBEN

1980 és 2000 között a szűkös források az utak kezelőit arra szorították, hogy minden erejükkel az utak felületének jó karbantartására összpontosítsanak. Korszerűsítésekre alig-alig került sor. 2004-ben azonban hazánk csatlakozott az Európai Unióhoz, és ezzel számos új lehetőség nyílt meg, de jelentős kötelezettségeket is vállalt. Ezeknek a kötelezettségeknek egyike, hogy útjainkon a korábbi 10 tonna tengelyterhelés helyett meg kell engednünk a 11,5 tonna tengelyterhelésű járművek közlekedést, – ami az útburkolatra tengelyenként mintegy kétszeres igénybevételt jelent. Igaz, hogy az EU a szükséges megerősítéseket pénzügyileg támogatta.

Ennek a programnak egyik emblematikus eleme volt a 3. sz. főút 170-246 km és a 35. sz. főút 0-73 km szakaszának felújítása az ISPA burkolat-rehabilitációs program I. ütemében. A felújítás előtt 2004-ben a kivitelező részletes állapotfelvételt készített, a felújítás minőségét befolyásoló minden paraméterre kiterjedően. Az ennek alapján kialakult műszaki polémia 2005 közepén zárult le a mérnök állásfoglalásával. Eközben azonban a 35. sz. út az M35 autópálya építésének „szállító útjává" vált. Ez jelentős baleseti veszélyt okozott, késleltette az építési anyagok szállítását, és jelentősen továbbrontotta az út állapotát. Kiéleződött a kivitelezői garancia kérdése. (Más kérdés, hogy ugyan mi szükség volt éppen akkor az út megerősítésére, amikor vele párhuzamosan már épült a minden igényt kielégítő autópálya.)[10]

Melyek voltak a fontosabb kérdések az út állapotával és a technológiával kapcsolatban?

Már a 2004 tavaszi felvételek is kimutatták, hogy a földmű a vízelvezetés hiányosságai miatt nagyon elnedvesedett, a pályaszerkezet teherbírása csökkent. Emellett ez a pályaszerkezet egyébként is eleve nagyon inhomogén és deformált volt, alaprétege elégtelen, s most állapota továbbromlott. A kívánt 10 éves élettartam átburkolással nem garantálható. Az aszfaltburkolat elöregedett, a felbomlás jeleit mutatja.

Az új műszaki javaslat elvei a következők voltak:

- ahol műszakilag lehetséges, továbbra is a marás+megerősítés technológiát kell alkalmazni;

- számításba kell venni a régi és új aszfalt közötti minőségi különbséget;
- a felmart anyagot hideg vagy meleg eljárással lehetőleg újra fel kell használni;
- ahol szükséges, a pályát teljesen át kell építeni;
- a 3 cm kopóréteget mindenütt kötőrétegre kell fektetni;
- a vízelvezetést meg kell oldani.

A kivitelezés során további feltárások készültek, hol magfúrással, hol kutatógödörrel. A felmért adatokat többféle számítással is feldolgozták, s ennek eredményeként bebizonyosodott, hogy erősítésre a két út teljes hosszában szükség van. A csapatmunkában kidolgozott javasolt felújítási technológia a következő: a felmart helyszíni anyag átkeverése és a tervezett geometriával való visszaépítése. A konkrét hibatípusok szerint a remix eljárások számos variációját számításba vették és alkalmazták.

A jövőre vonatkozó tanulságokat a következőkben összegezték:

- a tényleges teherbírás meghatározására legalkalmasabb eszköz a Lacroix eljárás;
- fontos a rétegrend és a tényleges rétegvastagságok ismerete;
- nagyon hasznos a repedéskép elemzése;
- mindenképpen helyes kötő + kopórétegből álló burkolatot tervezni;
- a nyomvályúsodás problémájának jobb megismerésére országosan megvizsgálandó az aszfalt pályaszerkezetek felső három rétegének deformációs ellenállása;
- szélesítés esetén mindig meg kell vizsgálni annak három lehetséges alaptípusát: külön szélesítő sáv, avagy helyszíni hideg remix, avagy a teljes pályaszerkezet cseréje.

Összegzett tanulság: a 11,5 tonnára való átépítés vagy hasonló művelet sosem tekinthető egyszerű megerősítésnek.

A 4. sz. főút korszerűsítése kapcsán már bemutattuk az Albertirsa–Cegléd elkerülő szakasz nagyvonalú kialakítását, amit sajnos nem követett kellő időben a befejezés: a szakmailag kiérlelt autóúti kiépítés. Ezzel kapcsolatban a legnagyobb gond a fővárosi bevezetés volt, hiszen akár a zsúfolt Üllői úton, akár a Ferihegyi gyorsforgalmi úton hagytuk el a fővárost, még le kellett küzdeni Vecsés, Üllő és Pilis átkelési szakaszának akadályait. 1995-ben, amikor már működött az M5 autópálya fővárosi bevezető szakasza, ahhoz csatlakozva kiépítették Újhartyán és Albertirsa között a 405. sz. főutat, mint a félkész 4-es út 15 km hosszú autóúti csatlakozását. Ezzel az E-60-as európai főút is erre a nyomvonalra került át.

A 2000-es évek elején újraindult a 4. sz. főút fejlesztése. A 4. sz. főút forgalma tovább növekedett, s ezzel összefüggésben a 405. sz. út forgalmának növekedése is várható volt. A 4. sz. út Pest megyei átlagos forgalma naponta több mint 20 000 egységjármű volt, de Vecsésen elérte a 35 000 egységjárművet. A burkolat állapota viszont érthető módon rohamos romlásnak indult. Albertirsa és Abony között a nyomvályúk miatt 60 km/h sebességkorlátozást kellett bevezetni [11].

2002-ben ünnepélyes keretek között megkezdődött a 18 km-es Abony elkerülő szakasznak, mint a későbbi 2x2 sávos út balpályájának és Ceglédbercel mellett egy 2x2 sávos „előzési szakasznak" az építése, azzal az ígérettel, hogy ezt követi a Budapest–Szolnok közötti teljes szakasz négysávosítása is. Ez a két szakasz 2005-re elkészült. 2005 elején döntött úgy a Kormány, hogy az UFCE alapból 3 milliárd forintos ráfordítással felújítják a 405. és 4. sz. út további részeit is. A 405-ös út 4 cm vastag aszfalt szőnyeget kapott. A 4-es út 50-77 km közötti szakaszán a meglévő burkolatot Remix-Plus technológiával felújították és kiépült a végleges balpálya, Abony elkerülő szakasza után pedig a szolnoki déli elkerülő úton háromrétegű burkolatcsere és erősítés készült.

Ezen közben az Alföld Koncessziós Autópálya Rt. az M5 autópálya burkolatán is felújította az elöregedett, hibás szakaszokat. Így Budapest és Szolnok között összesen 100 km hosszban megújult a pálya.

16. ÖSSZEFOGLALÁS, TANULSÁGOK

Az elmondottak során olyan, a közúthálózatot érintő eseményeket és összefüggéseket tekintettünk át, amelyek mindegyike több volt, mint valamely konkrét lokális közlekedési fejlesztés. Ugyanakkor ezek a példák rávilágítanak arra, hogy az úthálózat több, mint az egyes utak egyszerű összege. Ugyanis minden bemutatott példánk fontos tanulságokkal szolgál, amelyek közlekedésünk egészére is kivetíthetők.

Miben foglalhatjuk össze a tanulságokat?

A gróf Széchenyi István életművének részleteiből kirajzolódik a közlekedésnek és a közlekedési hálózatoknak az a tulajdonsága, hogy a jelen állapot a forgalom zavartalan lebonyolításához általában elégtelen, tehát fejlesztést igényel. A fejlesztés azonban sosem elégedhet meg a perc kívánalmainak kielégítésével. Természetes, hogy a közlekedésnek, mint országos, sőt nemzetközi rendszernek az egészét csak lépésenként, csak részelemek egyedenkénti fejlesztésével lehet a jelen és a jövő igényeihez igazítani. Emellett elengedhetetlen, hogy ezt mindenkor az egész rendszer jövőjének koncepciója foglalja keretbe, és az egyes elemek megtervezése és megvalósítása során lássuk egyben a teljes rendszert.

A „teljes rendszer" aztán az idő múlásával fokozatosan maga is változik, ez ugyancsak természetes. Tehát amit ma építeni szándékozunk, de a körülmények folytán egyelőre kénytelenek vagyunk elhalasztani, az majd idővel, ha terveink tárgya „megérik", akkor meg is valósul. Sok példát láthatunk erre, többször sok évtizedes csúszással. De az idő megérleli, ami méltó a megvalósításra, és akkor az meg is valósul. Más esetekben viszont vagy az ideáról derül ki, hogy tévedés volt, s ezért idővel köddé foszlik, vagy a körülmények változása hoz a konkrét kérdésre más megoldást. A fő tanulság – amire a közlekedéstörténet is tanít - , hogy míg a naponta felmerülő feladatokra fókuszálunk, szemünk mindig észlelje a távlatokat is.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] 150 éves a magyar aszfaltútépítés, HAPA 2017

[2] Fűrész Sándor: Útkorszerűsítések koncentrált kivitelezése, Mélyép.tud. Szemle 1970/2

[3] Árkai András-Kovács Béla-Pethő Andor: A 3. sz. főút Budapest-Gyöngyös közötti szakaszának korszerűsítése, Mélyép.tud. Szemle 1971/5.

[4] Hiesz Győző-Csölle Endre: A 3.sz. út Miskolc-Hejőcsaba szakaszának korszerűsítése, Mélyép.tud. Szemle 1969/11-12.

[5] Dr. Moldován Kristóf: A 4.sz. főút Budapest-Debrecen közötti szakszának korszerűsítése, UVATERV Műsz. Közlemények 1970/2

[6] Bacsó Antal-Lávay Ervin: Az 5.sz. főút szegedi átkelési szakaszának korszerűsítése, Mélyép.tud. Szemle 1975/11.

[7] dr. Polányi László: Térthódít az aszfalt!, Út 1971

[8] Aradi János: Közúti ankét Debrecenben a jövő feladatairól, Út 1971

[9] dr. Polányi László: Központosított aszfaltkeverő telepeket, termelékeny útépítést!, Út 1970

[10] Baksay János-Dorombay Géza-Dr. Pallós Imre: A 3. és a 35. sz. főút felújításának esettanulmánya, Közúti és Mélyépítési Szemle 2006/1

[11] Pásztor Zoltán: Új burkolat 65 kilométeren (E60 Újhartyán-Szolnok), Közút 2005.11

Excerpts from the history of Hungary's road network. Part 2

The history of the development of the Hungarian road network can serve as an important source of information for those interested in the topic, both from a domestic and international perspective.

Auszüge aus der Geschichte des ungarischen Straßennetzes. Teil 2

Die Geschichte der Entwicklung des ungarischen Straßennetzes kann sowohl aus nationaler als auch aus internationaler Perspektive als wichtige Informationsquelle für diejenigen dienen, die sich für das Thema interessieren.

E számunk lektorai

Boross István ▪ Dr. Katona András
Dr. Tánczos Lászlóné ▪ Dr. Tóth László ▪ Dr. Törőcsik Frigyes

Magyar Tudományos Akadémia
Műszaki Tudományok Osztálya
Közlekedés- és Járműtudományi Bizottság
Elnök: **Dr. Török Ádám**
Titkár: **Dr. Horváth Balázs**

Emlékeztető: az MTA Közlekedés- és Járműtudományi Bizottságának üléséről

DOI: https://doi.org/10.24228/KTSZ.2023.3.4

Horváth Balázs – Török Ádám

Időpont: 2023. március 29. szerda, 14:00 óra
Helyszín: MTA Nádor utcai földszinti előadó

Török Ádám köszöntötte a megjelenteket, kitüntetett figyelemmel az új köztestületi tagokra. Ismertette az előzetesen kiküldött, tervezett programot, amely szerint az infrastruktúra témakörében az ülésen négy előadásra kerül sor.

Gáspár László előadásában az útgazdálkodástól indulva mutatta be a közúti infrastruktúrához tartozó legújabb megoldásokat [2] és elképzeléseket, különös tekintettel a mindig rendelkezésre álló utak és az élettartam tudomány témaköreire [7]. A témakör definiálása után bemutatta a legfontosabb összefüggéseket, majd ismertette a mindig rendelkezésre álló utak elméletét és megoldásait [1]. Az előadás második részében az élettartam tudomány úttervezési vetületei kerültek szóba, így a hallgatóság megismerhette az ezzel kapcsolatos követelményeket, általános tervezési elveket. Végül pedig e tudományterület úttervezési vetületét [6].

Mosóczi László előadásában vázolta a V0 vasútvonal szükségességét, külön kiemelve, hogy ha Magyarország Közép-Kelet-Európa logisztikai központja kíván lenni, akkor a vasúti elérhetőséget erősen javítani kell [11], hiszen a korábbi közel 50-50%-os árufuvarozási modal-split mára 20-80%-ra módosult [3], ez a közúti előretörés nap, mint nap tapasztalható az M0 autóúton. Ezt követően bemutatta a V0 projekt szereplőit és feladatukat. Az előadás utolsó részében részletesen ismertette a V0 vasútvonal egyes tervváltozatait, különös tekintettel a jelen állapot szerint nyertesnek tekinthető változatra. Megemlítette, hogy egyes szakaszokon a V0 és az NSV egy közlekedési csatornát is alkothat. Török Ádám megköszönte az előadást, és tekintettel arra, hogy az előadónak az ülés vége előtt el kell mennie, indítványozta, hogy ehhez az előadáshoz kapcsolódó kérdések az előadás után hangozzanak el.

Fleischer Tamás szerint a gyűrűs hálózati megközelítés elavult, de ebben az esetben ez a megoldás akár az átlós forgalmakat is ki tudja szolgálni. A V0 és az NSV keveredését nem tartja jónak, hiszen a szerepük teljesen eltérő. Végül megjegyezte, hogy a V0 távolítása Budapesttől jó, hiszen így nagyobb szakaszok kerülnek tehermentesítésre.

Mosóczi László egyetértett az átlós forgalmak lebonyolíthatóságával, hiszen a V0 tervezésekor ez kiemelt cél volt, különösen a nemzetközi szerep erősödése miatt. Felhívta a figyelmet, hogy a V0 és az NSV fizikailag nem fog keveredni. Ez azért is biztos, mert a V0 tervezésben jóval előbbre tart, míg az NSV-nél még elvi kérdések is döntésre várnak, mint például Győr érintése vagy elkerülése.

Orosz Csaba megköszönte az előadást. Szerinte nagyon jó, átfogó képet adott a témáról. Fleischer

Tamás véleményével vitatkozva kifejtette, hogy a gyűrű, átló kérdés ma nem kérdés, a jövőben 10 és többéves távlatban talán igen. Felhívta a figyelmet, hogy különösen a vasút esetében nem elegendő a zajvédelemmel foglalkozni, a rezgésvédelem is fontos. Végül megkérdezte, hogy a 2027-2031 dátumok a V0 tekintetében mennyire reálisak.

Mosóczi László válaszában elmondta, hogy a V0 és a Déli vasúti összekötő híd kérdésköre bekerült az IKOP-ba, így finanszírozása biztosítottnak látszik, sőt már most több kivitelező is érdeklődik a projekt iránt. Nem szabad elfelejteni, hogy a V0 nem budapesti ügy, Kelet-Magyarországnak is fontos. A Duna-hidak kapcsán kifejtette, hogy a mai rendkívül szűkös átkelési lehetőséget mindenképpen bővíteni kell, lehetőleg új híddal, hiszen a dunaföldvári, vegyes (közút-vasút) híd működtetése ma már nem reális alternatíva.

Farkas Gyula hozzátette, habár a V0-lal cél Budapest árufuvarozási tehermentesítése, az árufuvarozás Budapestről teljesen nem zárható ki, amíg Ferencváros helyett nincs másik országos rendezőpályaudvar. Török Ádám megköszönte a kérdéseket, észrevételeket és a válaszokat.

Fischer Szabolcs előadásában bemutatta a Széchenyi István Egyetemen zajló, vasúti infrastruktúrához kapcsolódó kutatásokat és kutatókat [5]. Az előadás elején képet kaptak a résztvevők a vasúti infrastruktúrához kapcsolódó kutatások győri múltjáról, a korábbi neves, iskolateremtő kutatókról. Ezt követően az elmúlt időszak jelentősebb projektjei kerültek ismertetésre [9]. Példaként bemutatta az egyik ma is futó projektet, amely a lassújelek és a vontatási energiaigény kapcsolatával foglalkozik, tekintettel a lassújelek okozta lassítási és gyorsítási veszteségekre. Az előadás második felében elmondta, hogy a múlt gyökerein SZE-RAIL néven kutatócsoport alakult, amelyet az egyetem tudományos testülete akkreditált, így ez a kutatócsoport az Széchenyi István Egyetem hivatalos kutatócsoportja lett. A kutatócsoport a vasúti infrastruktúrához kapcsolódóan igen széles körben vizsgál témákat. A kutatócsoport a hagyományos vasúti rendszer strukturális alrendszeinek (vasúti pálya és műtárgyak, energiaellátás, ellenőrző-, irányító-, jelző- és biztosítóberendezések, forgalmi szolgálat és üzemirányítás, valamint jármű) kutatásaival foglalkozik. A kutatócsoport célja direkt és indirekt módon a kötöttpályás közlekedés alábbi javításai: biztonság(osság), energia- és költséghatékonyság növelése, környezetbarát, gazdaságos és költség-optimalizált üzemeltetési lehetőségek kutatása, új mérési és eszközrendszerek kidolgozása. A személyszállítás esetén a közösségi közlekedés szerepének növelési lehetőségei a "modal split"-en belül, valamint a pontosság, az utazási idő, utazáskényelem fejlesztése, a teherszállítás esetén a szállítási kapacitás, az eljutási (szállítási) idő és a pontosság növelése, a meglévő kutatási irányok fejlesztése és javítása, új irányok kijelölése, a vasúti közlekedésben alkalmazott anyagok fejlesztése tömegcsökkentési és energiahatékonysági szempontok figyelembevételével. Az előzőekben említett energetikai kérdések mellett a másik fő irányzat a zúzottkő ágyazatokkal kapcsolatos kutatások területe.

Berki Zsolt az előző két előadóhoz együttesen intézett kérdést a tekintetben, hogy van-e V0 kapcsolódása e kutatásoknak.

Fischer Szabolcs közvetett választ adott, és osztrák példát idézett, ahol a döntéshozói szint rendszerként kezeli az infrastruktúra-fejlesztés – szolgáltatásfejlesztés – szolgáltatásértékesítés körét. Ilyen példa a szolgáltatásfejlesztés központú infrastruktúra-fejlesztés, ami végül lehetővé tette a klimaticket bevezetését, amelynek eredményeként ma Bécsben a lakosság 40%-a egyáltalán nem vezet személygépkocsit.

Mosóczi László ezt azzal egészítette ki, hogy nálunk is indul a vármegye- és országosbérlet, ami rendkívül kedvező áron biztosít hozzáférést a közforgalmú közlekedéshez, illetve ehhez illeszkedve egyre több P+R és B+R parkoló létesült, valamint a kerékpárszállítás is fejlődik.

Tóth Csaba a közutak méretezéséről tartott előadást. Ismertette az alapelveket, illetve a hazai gyakorlat múltját. Bemutatta az elméleti és gyakorlati méretezés közötti ellentmondást, különös tekintettel néhány, haladó nemzetközi példa tükrében [10]. Napjaink egyre mélyülő energia- és klímaválsága minden ipari szereplőt, így a közlekedési ágazat képviselőit is arra kényszeríti, hogy szembenézzenek ezen kihívásokkal és mindent

tegyenek meg a prognosztizált káros hatások jövőbeli minimalizálására. Ezen idealizált cél érdekében az előadás egyrészt a szűkebb értelemben vett - műszaki fenntarthatóság (maintenance), másrészt a tágabb értelemben vett - környezettudatos fenntarthatóság (sustainable) jegyében tekintette át a magyar útpályaszerkezetek méretezési, illetve tervezési gyakorlatát. A hazai szabályozási környezet, illetve a tervezési és építési gyakorlat színvonalának reális megítélhetősége érdekében ismertetésre kerülő nemzetközi példák mellett, az előadás mondanivalójának alátámasztását szolgálja az M1 autópálya 2x3 sávra bővítésével kapcsolatos néhány kihívás és az arra adott megoldás felvillantása is.

Az előadás első részének fókuszában a klaszszikus méretezési elv – azaz a teher és a teherviselőképesség összevethetősége – áll, és az elhangzottak arra igyekeztek felhívni a figyelmet, hogy mind a tervezési forgalom becslésben, mind az ezt viselni hivatott pályaszerkezeti rétegek technológiai kialakításában a szükségesnél nagyobb bizonytalanság rejlik, amely szükségképpen kihathat a pályaszerkezet műszaki fenntarthatóságára is [4].

Ezt követően az előadás az aszfaltpálya-szerkezeti rétegek gyártása során értelmezhető környezettudatos elemeket tekintette át (visszanyert aszfalt felhasználás, károsanyag-kibocsátás, energiamérleg, karbonlábnyom) és annak hangsúlyozására törekszik, hogy nemzetközi összehasonlításban jelentős fejlesztési potenciál marad még kihasználatlanul a hazai szabályozás hiányosságai következtében.

Összességében az előadás fő mondanivalója, hogy a közúti infrastruktúra épített pályaszerkezetei kapcsán nemcsak számos technológiai, tervezési, méretezési kérdés még napjainkban is megválaszolatlan és/vagy szabályozatlan, hanem a várhatóan erre terhelődő közeljövő új kihívásainak energetikai, környezetvédelemi és gazdasági aspektusai még összetettebb rendszert generálnak. Ezen rendszer kezelése, finomra hangolása rendkívül komplex megközelítést igényel és a felmerülő problémák megoldása nem képzelhető el az útügyi műszaki szabályozási elemek szemléletváltása, majd folyamatos korszerűsítése nélkül.

Az előadás hazai vonatkozású részei a nyilvánosan elérhető források (magyar nyelvű előadások, publikációk, műszaki előírások és egyéb szakmai anyagok) alapján készült, ennek köszönhetően természetesen elképzelhető, hogy készültek és készülnek a szakpolitika számára olyan, még nem publikus háttéranyagok, amelyek árnyalják és finomíthatják az elmondottakat, és optimistább jövőképet rajzolnak a most tervezett útpályaszerkezeteink jövőbeli fenntarthatósgról, és rendelkeznek a fenntartható fejlődés azon víziójával és a megvalósításhoz szükséges azon stratégiával, amelyet ezen előadás hiányozni vélelmezett. Tóth Csaba elmondta, hogy a KÉSZ (Közutak Építési Szabályzata) hosszú-hosszú ideje egyeztetés és vita alatt áll, ami foglalkozik a méretezés kérdéskörével is. Az előadás második része a méretezés és a környezettudatosság (fenntarthatóság) összefüggéseivel foglalkozott, különös tekintettel a visszanyert aszfalt felhasználhatóságára. Elmondta, hogy fontos volna zöld értékelési rendszert bevezetni, hiszen a fejlesztéseknek nemcsak műszaki, de környezeti hatásai is vannak. Végül ő is említést tett a mindig rendelkezésre álló utakról. Török Ádám megköszönte az előadást, és megnyitotta a vitát.

Péter Tamás kérdésében az útprofilspektrum méretezésbeli szerepéről érdeklődött.

Tóth Csaba szerint igen fontos lenne az útprofilspektrum alkalmazása, de jelenleg ez mindössze az útállapotfelmérésben kap szerepet, a tervezésben nem. Viszont beavatkozás-előrebecslésre akár most is alkalmas lenne.

Fischer Szabolcs felvetette a 4/8 frakciójú kövek alkalmazását, hiszen azokból túl sok van, így kedvező az ára.

Tóth Csaba szerint ezt a frakciót a mai technológiával nem lehet bedolgozni.

Gáspár László szerint megfontolandó volna az alkalmazás, hiszen igaz ugyan, hogy eleinte a csúszási érdessége ezen keverékeknek kisebb, azonban 2-3 év használat után a kopás miatt nincs érzékelhető különbség [8].
Fleischer Tamás hozzászólásában visszatért Fischer Szabolcs előadásához, és méltatta a Széchenyi Egyetem széles kutatási palettáját.

Fischer Szabolcs kifejtette, hogy a vázolt kutatócsoport kettős feladatot lát el, a fiatalok segítője, inkubátora, másfelől pedig az egyetemre nehezedő publikációs nyomás/elvárás teljesítésének egyik bázisa kíván lenni.

Horváth Balázs hozzáfűzte, hogy megérti Fleischer Tamás véleményét. A kar három területet ölel fel:, hiszen Építész-, Építő- és Közlekedésmérnöki Karról van szó. Ennek értelmében a területek közötti együttműködés is fontos az induló kutatásokban. Másfelől amint az elhangzott, a kutatócsoport teret ad kezdő kutatóknak, új témák elindítására, azok életképességének ellenőrzésére is.

Berki Zsolt az útpályaméretezés kapcsán felvetette, hogy a tervezett szabályozás 20-ról 30 évre kívánja emelni a tervezési időtávot, de mi lesz akkor? Klímaváltozás, egyéb ma még nem ismert tényezők.

Tóth Csaba szerint a KÉSZ hosszú folyamat eredménye, tulajdonképpen még ma sincs készen. Viszont a klimatikus hatásoknál sokkal súlyosabb gond, hogy a ma ismert bazaltbányák, a mai tempó mellett 25 év múlva kifogynak, így a trópusi napok, szélsőséges időjárás, eső… körülményeknél nagyobb gond lesz, hogy nem lesz mit bedolgozni, hacsak nem erősítjük a visszanyerés részarányát.

Török Ádám lezárta a vitát. Az egyebek között ismertette a bizottsággal kapcsolatos híreket.

- Németh Balázs benyújtotta MTA doktori eljárási kérelmét, mely a habitusvizsgálaton túljutott, az MTA MTO is támogatta
- Tettemanti Tamás MTA doktori eljárása bírálati szakaszban van
- ismételten üdvözölte az új köztestületi tagokat
- következő ülés: 2023. május 24. MTA Nádor utca 7 fsz 29

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] Almassy, K., Geiger, A., Holló, A., & Gáspár, L. (2021). Performance of asphalt mixtures with a new type of rubber modified bitumen. Facta Universitatis, Series: Architecture and Civil Engineering, 031-054. DOI: https://doi.org/j9xv

[2] Almassy, K., Pusztai, G., Gáspár, L., & Lógó, J. (2019). Optimization methods of the pavement management system of Budapest. Journal of Civil Engineering and Management, 25(8), 798-804. DOI: https://doi.org/gf9rw2

[3] Boldizsár, A., & Mészáros, F. (2022). A Spatial Economic Study of Rail Freight in the European Economic Area. Promet-Traffic&Transportation, 34(5), 687-698. DOI: https://doi.org/j9xw

[4] Cho, S., & Tóth, C. (2022). Temperature Estimation Method Of Asphalt Pavement In Hungary. Facta Universitatis, Series: Architecture And Civil Engineering, 203-212. DOI: https://doi.org/j9xx

[5] Eller, B., Movahedi Rad, M., Fekete, I., Szalai, S., Harrach, D., Baranyai, G., ... & Fischer, S. (2023). Examination of Concrete Canvas under Quasi-Realistic Loading by Computed Tomography. Infrastructures, 8(2), 23. DOI: https://doi.org/j9xz

[6] Gáspár, L., & Bencze, Z. (2020). Increasing life expectancy of road pavements. Građevinar, 72(06.), 515-522. DOI: https://doi.org/j9x2

[7] He, L., Cai, H., Huang, Y., Ma, Y., Van Den Bergh, W., Gaspar, L., ... & Zhang, J. (2021). Research on the properties of rubber concrete containing surface-modified rubber powders. Journal of Building Engineering, 35, 101991. DOI: https://doi.org/gp4bst

[8] Király, T., Primusz, P., & Tóth, C. (2022). Simulation of Static Tyre–Pavement Interaction Using Two FE Models of Different Complexity. Applied Sciences, 12(5), 2388. DOI: https://doi.org/j9x3

[9] Kou, L., Sysyn, M., Liu, J., Fischer, S., Nabochenko, O., & He, W. (2023). Prediction system of rolling contact fatigue on crossing nose based on support vector regression. Measurement, 210, 112579. DOI: https://doi.org/j9x4

[10] Primusz, P., & Tóth, C. (2023). Use of the Modified Ramberg-Osgood Material Model to Predict Dynamic Modulus Master Curves of Asphalt Mixtures. Materials, 16(2), 531. DOI: https://doi.org/j9x5

[11] Sipos, T., Szabó, Z., & Török, Á. (2021). Spatial econometric cross-border traffic analysis for passenger cars–Hungarian experience. Promet-Traffic&Transportation, 33(2), 233-246. DOI: https://doi.org/gpn4w7

Melléklet

Közlekedésbiztonság - Közlekedési környezetvédelem

A hazai közlekedők biztonságiöv-viselési szokásainak, attitűdjének vizsgálata

Élete során minden harmadik ember megsérül közúti közlekedési balesetben. A baleseti veszteséget nem csak a család és a hozzátartozók szenvedik el, hanem nemzetgazdasági veszteséget is jelent egyben. A balesetek jelentős százalékában a járművezető és/vagy utas nem viselte a biztonsági övet, amellyel a baleset kimenetele és sérülés súlyossága szignifikánsan megnőhet.

DOI: ***https://doi.org/10.24228/KTSZ.2023.3.5***

Dr. Henézi Diána Sarolta[1] – Dr. Horváth Balázs[2] – Berta Tamás[3]

[1]egyetemi adjunktus – [2]tanszékvezető, egyetemi docens – [3]közlekedésbiztonsági igazgató helyettes
e-mail: kdiana@sze.hu, hbalazs@sze.hu, berta.tamas@kti.hu

1. BEVEZETÉS

Magyarországon évente átlagosan 14-16 ezer személysérüléses közúti közlekedési baleset történik. 2021 évben 14233 balesetben összesen 544 fő veszítette életét, 4596 fő súlyosan és 14003 fő könnyen sérült meg. Ez azt jelenti, hogy több ezer család élete gyökeresen megváltozott.

A közúti közlekedésbiztonság szempontjából két nagy csoportra lehet osztani a közlekedőket: védtelen közlekedők (kerékpárosok, gyalogosok, motorkerékpárosok és utasaik), valamint védett közlekedőre (akiket valamilyen formában véd a gépjármű karosszériája).
Gépjárművel való közlekedés során aktív és passzív biztonsági rendszerek segíthetik és védhetik a gépjárműben utazókat esetleges baleset esetén. A baleset bekövetkezésének pillanatában és azt követően kapnak szerepet a passzív biztonsági rendszerek. Ezek közül a legfontosabbak: a biztonsági öv, a légzsák és a gyűrődő zóna.

Hazánkban a biztonságiöv-viselés 1993-tól lakott területen kívül a hátsó üléseken is kötelező, míg az első üléseken a KRESZ (1/1975. (II. 5.) KPM-BM együttes rendelet a közúti közlekedés szabályairól) megjelenése óta.

A biztonságiöv-viselés gyakoriságában Magyarországon a tendencia javuló. A **személygépkocsi vezetők** biztonságiöv-viselési arányát az 1. táblázat tartalmazza.

A biztonságiöv-viselés aránya az egyik legfontosabb magatartás-orientált közlekedésbiztonsági teljesítménymutató.

A biztonságiöv-viselés, mint teljesítménymutató Németországban és Franciaországban figyelhető meg a legmagasabb értékekkel. Ezt követi Svájc, a Cseh Köztársaság és Finnország. Hazánk a sereghajtók közé tartozik, hiszen nálunk rosszabb értéket csak Dél-Korea mutat.

1. táblázat: Biztonságiöv-viselési arányok Magyarországon [1]

	2017	2018	2019
Lakott területen belül	88,42%	89,52%	92,6%
Lakott területen kívül	91,78%	87,21%	94,71%
Autópályákon	91,18%	92,98%	96,54%

2. táblázat: Balesetszámok 2017-2019 évben

Év	Balesetet szenvedett személyek	Ebből		
		súlyosan sérült személyek	könnyen sérült személyek	meghalt személyek
2017	22 076	5 627	15 824	625
2018	22 632	5 559	16 440	633
2019	22 198	5 482	16 114	602

3. táblázat: Balesetben meghaltak biztonságiöv-viselése

		2010	2011	2012	2013	2014	2015	2016	2017	2018	2019	2020	2021
		meghalt	*meghalt*	*meghalt*	*meghalt*	*meghalt*	*meghalt*	*meghalt*	*meghalt*	*meghalt*	*meghalt*	*meghalt*	*meghalt*
járművezető	biztonsági övet nem használta	105	91	72	65	81	74	69	74	70	80	72	78
	biztonsági övet használta	121	102	105	113	108	126	128	125	133	107	111	120
utas, elől ült	biztonsági övet nem használta	31	26	16	24	21	22	28	17	21	20	11	24
	biztonsági övet használta	49	41	36	32	45	51	36	39	53	45	24	32
utas hátul ült vagy egyéb helyen	biztonsági övet nem használta	41	50	30	32	19	40	22	28	34	42	21	51
	biztonsági övet használta	23	14	23	20	15	17	17	18	13	18	12	12

2018-ban a hazai adatokban csökkenés figyelhető meg, amelyet a balesetszámokban megsérült, illetve meghalt személyek száma is tükröz.

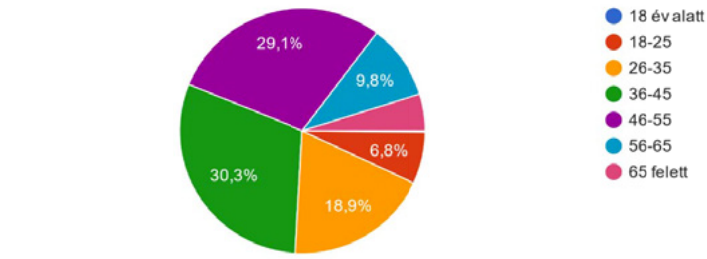
A biztonságiöv-viselési arányok a halálos személyi sérüléses balesetekben a következőképpen alakultak 2010-2021 között (3. táblázat). [2]

A biztonsági öv viselésének mellőzése nem csak a bekötetlen személynek jelent kockázatot a közlekedés során, hanem a felelőtlen magatartás a járműben utazók testi épségét is veszélyezteti egy esetleges ütközés esetén.

A biztonságiöv-viselés gyakoriságát, az övviselési hajlandóságot és ezek következményeit már több szakember is vizsgálta. Hazánkban kutatásokat ebben a témakörben leginkább prof. Dr. Holló Péter végzett, publikált. Rajta kívül még Dr. Jankó Domonkos, Dr. Véssey Tamás foglalkozott a témával.

2. KÉRDŐÍVES KIKÉRDEZÉS

1. ábra:



A biztonságiöv-viselésre vonatkozó kérdőívünket 3041 fő töltötte ki 2022. október 28. és november 15-e között. A kérdőívvel arra kerestük a választ, hogy a kinyilatkoztatott biztonságiöv-viselési hajlandóság mekkora Magyarországon.

A biztonsági öv és a gyermekbiztonsági rendszerek a legfontosabb passzív biztonsági eszközök, amelyeknek helyes használatával naponta több emberélet menthető meg.

Hazánkban számos kezdeményezés és kampány indul évente annak reményében, hogy a biztonsági öv használatát népszerűsítsék és elérjék azt, hogy a gépjárműben közlekedők 100%-a viselje.

A kérdőívben először általános, szociodemográfiai jellemzőkre kérdeztünk rá (nem, életkor, lakhely).

A legtöbb válasz a 36-45 éves korosztálytól érkezett, összesen 921 fő (30,3%). Ezt követte a 46-55 éves korosztály (886 fő, 29,1%) majd a 26-35 évesek (574 fő, 18,9%).

A kitöltők 53,5%-a férfi, 46,5%-a nő.

2.1. A kérdőíves felmérés értékelése

Az első kérdéscsoport a kinyilatkoztatott biztonságiöv-viselési szokásokra kérdezett rá.

1. kérdés:
Ön **autópályán** utazik személygépjárművel. Saját bevallása szerint mekkora valószínűséggel van bekötve a biztonsági öve **járművezetőként**?

2. ábra:

3. ábra:

A válaszadók 93,4%-a (2841 fő) úgy nyilatkozott, hogy mindig vagy szinte mindig használja a biztonsági övet járművezetőként autópályán. 11 ember jelölte meg válaszként, hogy soha vagy szinte soha nem kapcsolja be a biztonsági övet.

Autópályán 130 km/h a megengedett maximális sebesség. Egy utoléréses (ráfutásos) balesetnél, vagy oldal irányú ütközésnél a be nem kötött járművezető nem csak a saját életét veszítheti el, hanem a vele egy járműben utazók életét is kiolthatja.

2. kérdés:
Ön **autópályán** utazik személygépjárművel. Saját bevallása szerint mekkora valószínűséggel van bekötve a biztonsági öve **az első ülésen utazva**?

A kérdésre 2999 fő válaszolt úgy (98,6%), hogy mindig vagy szinte mindig viseli a biztonsági övet. Míg az első kérdésénél a volán mögött 2841 fő köti be magát (emellett 112 fő nem vezet járművet).

3. kérdés:
Ön **autópályán** utazik személygépjárművel. Saját bevallása szerint mekkora valószínűséggel van bekötve a biztonsági öve **a hátsó ülésen utazva**?

E kérdés megválaszolásában már jóval nagyobb azon válaszadóknak az aránya, akik nem minden alkalommal használják a biztonsági övet (17,4%).

A válaszadók 82,6%-a köti be magát mindig vagy szinte mindig, míg 17,4% gyakran, vagy annál kevesebbszer. 61 fő (a válaszadók 2%-a) adta meg válaszul azt, hogy soha vagy szinte soha nem használja a biztonsági övet autópályán a hátsó ülésen utazva.

Ugyan ebben a sorrendben kérdeztünk rá a lakott területen (4-6 kérdés) kívüli utakra.

4. kérdés:
Ön **lakott területen kívüli főúton** utazik személygépjárművel. Saját bevallása szerint mekkora valószínűséggel van bekötve a biztonsági öve **járművezetőként**?

2866 fő (94,2%) válaszolta azt, hogy mindig, vagy szinte mindig beköti magát járművezetőként. 6 fő volt, aki az utolsó opciót jelölte meg (soha vagy szinte soha).

5. kérdés:
Ön **lakott területen kívüli főúton** utazik személygépjárművel. Saját bevallása szerint mekkora valószínűséggel van bekötve a biztonsági öve az **első ülésen utazva**?

2950 fő (97%) jelölte meg az első választ, míg szintén 6 fő volt, aki az utolsó választ jelölte meg.

4. táblázat:

	Mindig vagy szinte mindig (95-100%)	Gyakran (75-94)	Az esetek kicsit több, mint felében (50-74%)	Az esetek kicsit kevesebb, mint a felében (25-49%)	Alkalmanként (6-24%)	Soha, vagy szinte soha (0-5%	Nem vezetek gépjárművet
1. Ön **AUTÓPÁLYÁN** utazik személygépjárművel. Saját bevallása szerint mekkora valószí-nűséggel van bekötve a biztonsági öve **járművezetőként**?	2841	26	14	7	30	11	112
2. Ön **AUTÓPÁLYÁN** utazik személygépjárművel. Saját bevallása szerint mekkora valószí-nűséggel van bekötve a biztonsági öve **az első ülésen utazva**?	2999	20	6	3	5	8	0
3. Ön **AUTÓPÁLYÁN** utazik személygépjárművel. Saját bevallása szerint mekkora valószí-nűséggel van bekötve a biztonsági öve **a hátsó ülésen utazva**?	2512	266	92	41	69	61	0
4. Ön **LAKOTT TERÜLETEN KÍVÜLI FŐÚTON** utazik személygépjárművel. Saját bevallása szerint mekkora valószí-nűséggel van bekötve a biztonsági öve **járművezetőként**?	2866	43	15	5	10	6	96
5. Ön **LAKOTT TERÜLETEN KÍVÜLI FŐÚTON** utazik személygépjárművel. Saját bevallása szerint mekkora valószí-nűséggel van bekötve a biztonsági öve **az első ülésen utazva**?	2950	54	14	6	11	6	0
6. Ön **LAKOTT TERÜLETEN KÍVÜLI FŐÚTON** utazik személygépjárművel. Saját bevallása szerint mekkora valószí-nűséggel van bekötve a biztonsági öve **a hátsó ülésen utazva**?	2368	340	125	47	87	74	0
7. Ön **LAKOTT TERÜLETEN BELÜL** utazik személygépjárművel. Saját bevallása szerint mekkora valószínűséggel van bekötve a biztonsági öve **járművezetőként**?	2633	187	44	18	31	22	106
8. Ön LAKOTT TERÜLETEN BELÜL utazik személygépjárművel. Saját bevallása szerint mekkora valószínűséggel van bekötve a biztonsági öve **az első ülésen utazva**?	2710	212	53	15	31	20	0
9. Ön **LAKOTT TERÜLETEN BELÜL** utazik személygépjárművel. Saját bevallása szerint mekkora valószínűséggel van bekötve a biztonsági öve **a hátsó ülésen utazva**?	1924	469	206	115	148	179	0

6. kérdés:
Ön **lakott területen kívüli főúton** utazik személygépjárművel. Mekkora valószínűséggel van bekötve a biztonsági öve a **hátsó ülésen utazva**?

Itt szignifikáns a visszaesés a biztonsági övviselési hajlandóságra, mivel csak 2368 fő (77,9%) válaszolt úgy, hogy mindig vagy szinte mindig használja a biztonsági övet. A legmagasabb azoknak az aránya, akik alkalmanként (87 fő – 2,9%) vagy soha, szinte soha nem használják a biztonsági övet (74 fő – 2,4%). Összesen 208 főről állapíthatjuk meg, hogy az esetek kevesebb, mint felében használja lakott területen kívül a hátsó ülésen a biztonsági övet.

A 7-9 kérdés a lakott területen belüli övviselési hajlandóságra vonatkozott.

7. kérdés:
Ön **lakott területen belül utazik személygépjárművel**. Mekkora valószínűséggel van bekötve a biztonsági öve **járművezetőként**?

Aki mindig vagy szinte mindig használja az övet, a válaszadók közül 2633 fő. Ez a legalacsonyabb hajlandósági arány a járművezetői kérdésben. Aki szinte soha, illetve alkalmanként használja az összesen 161 fő.

8. kérdés:
Aki **lakott területen belül** utazik személygépjárművel mekkora valószínűséggel van bekötve a biztonsági öve **az első ülésen utazva**?

Összesen 2710 fő jelölte meg a választ, ami kevesebb, mint a 2633 fő, aki járművezetőként is beköti magát, és a 106 fő, aki a „nem vezetek személygépjárművet" választotta.

9. kérdés:
Ön **lakott területen belül** utazik személygépjárművel. Mekkora valószínűséggel van bekötve a biztonsági öve **a hátsó ülésen utazva**?

Várható volt, hogy erre a kérdésre fogják a legkevesebben a mindig vagy szinte mindig választ jelölni. Összesen a válaszadók 63,3%-a (1924 fő) válaszolta ezt. 442 fő (14,6%) jelölte meg az 50%-nál alacsonyabb értékeket.

Az 1-9. kérdésekre kapott válaszokat a 4. táblázatban foglaltuk össze.

A ***10. kérdés*** arra hivatott rávilágítani, hogy befolyásolja-e a biztonságiöv-viselési hajlandóságot a munkanap, illetve hétvége. 3019 fő jelölte meg válaszként, hogy nincs különbség aszerint, hogy hétvége vagy hétköznap van. 5 fő választotta azt, hogy hétvégén nagyobb valószínűséggel köti be magát, míg 17 fő hétköznap köti be magát nagyobb valószínűséggel.

A ***11. kérdés nyitott válaszadásra adott lehetőséget***, és arra kérdezett rá, hogyha a 10. kérdésben eltérő övhasználatot jelölnek meg, mi ennek az oka? A következő válaszokat adták a kitöltők:

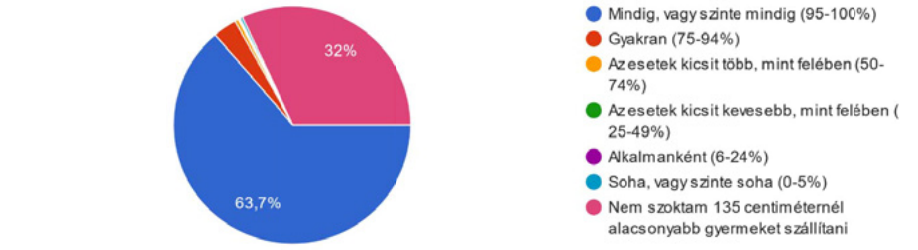
- „Valószínűnek tartom, hogy hétvégén több a rendőr, fokozottabbak a közúti ellenőrzések, a pénzbüntetést pedig nem szeretném kockáztatni.
- Céges autó
- Rövid távon vezetek lakott területen belül
- Hátsó ülésen nagyon nehéz kényelmesen bekötni magát az embernek a kicsi autókba!"

A ***12. kérdés*** arra világított rá, hogy az eltérő évszak okozhat-e eltérő övhasználatot. A válaszadók közül 3020 fő jelölte be azt, hogy nincs eltérés az övhasználatban évszaktól függően. 11 fő adta azt a választ, hogy télen köti be magát gyakrabban, a csúszós utak miatt, 6 fő nyáron kevésbé használja az övet a meleg miatt. 4 fő pedig írásban jelölte meg a „Nem" választ.

A 13. kérdéstől kezdve a gyermekbiztonsági rendszerek használatára vonatkozó kérdéseket tettünk fel.

13 kérdés:
Amennyiben Ön szokott 135 centiméternél alacsonyabb gyermeket szállítani: Mekkora valószínűséggel van az Ön által szállított gyermek a testméretéhez igazodó, megfelelő gyermekvédelmi rendszerben (pl. gyerekülés, ülésmagasító) előírás szerint rögzítve **autópályán**?

4. ábra:



977 fő (32,1%) jelölte meg válaszként, hogy nem szokott 135 cm-nél alacsonyabb gyermeket szállítani. 2012 fő (az összes válaszadó 66,2%-a, a gyermeket szállítók 97,5%-a) nyilatkozta, hogy mindig vagy szinte mindig használja a gyermekbiztonsági rendszereket. 10 fő jelölte meg válaszul azt, hogy soha vagy szinte soha nem használnak gyermekszállításnál arra megfelelő biztonsági rendszereket. 32 fő jelölte meg, hogy gyakran, 3-3 fő, hogy az esetek több mint felében, illetve az esetek kicsit kevesebb, mint felében. 4 fő pedig alkalmanként használja ezen passzív biztonsági eszközöket.

Azok a gyermekek, akiket nem véd biztonsági rendszer teljesen ki vannak téve egy esetleges vészfékezésnél a sérülésnek. A legfontosabb közlekedésbiztonsági magatartás a jó szülői minta. Ez az alapja a felnőttkori közlekedési magatartásnak és kultúrának.

A ***14. kérdés*** ugyanerre a használati szokásra kérdezett rá, csak lakott területen kívüli főúton. Itt a válaszadók közül 975 fő jelölte meg, hogy nem szokott 135 cm-nél alacsonyabb gyermeket szállítani, és 10 fővel több, tehát 2022 válasz érkezett a mindig vagy szinte mindig használja a megfelelő gyermekvédelmi rendszert.

A ***15. kérdés*** a lakott területen belüli szokásokról gyűjt információt. Megdöbbentő, mennyivel emelkedik azoknak az aránya, akik csak „gyakran" használják ezeket a rendszereket (13. kérdésnél: 32 fő, 14. kérdésnél: 25 fő), hiszen 98 fő jelölte ezt meg válaszként (az összes válaszadó 3,2%-a, a gyermekeket szállítók 4,7%-a. 972 fő jelölte ebben az esetben, hogy nem szállít gyermeket.

A ***16. kérdésben*** arra kerestük a választ, hogy azokban az esetekben, amikor a szállított, 135 centiméternél alacsonyabb gyermek nincs a testméretéhez igazodó, megfelelő gyermekvédelmi rendszerben előírás szerint rögzítve, jellemzően hogyan utazik a gyermek? (több válasz volt megjelölhető)

12 fő jelölte meg a „szabadon" választ, 25 fő ölben szállítja a gyermeket ilyen esetben, 353 fő biztonsági övvel bekötve, 25 fő pedig gyermekülésben biztonsági öv használata nélkül.

17. kérdés:
Ön szerint a biztonsági öv használata miért fontos (az Ön szerint leginkább igazat/fontosat válassza)?

A válaszadók 93,9%-a (2854 fő) jelölte meg azt, hogy alapvető fontosságú a biztonsághoz, 3,4% (103 fő) a törvényi kötelezettségre hivatkozott, míg 40 fő jelölte meg, hogy jó példát kell mutatni a gyermekeknek, 27 fő (0,9%) szerint nem fontos, 17 fő (0,6%) szerint a gyakori rendőri ellenőrzés miatt fontos.

5. ábra: Gyermekbiztonsági rendszer [3]

A ***19. kérdés*** a gyermekbiztonsági rendszerek használatára irányult: Hogy viszonyul ahhoz, aki gyermekét nem megfelelő gyermekülésben szállítja? A megkérdezettek 94,6%-a szerint rendkívül felelőtlen viselkedés. 124 fő megérti, ha nem fér bele az autóba a gyermekülés, míg 30 fő szerint drágák a gyerekülések, 9 fővel pedig gyakran előfordul, hogy nem gyermekülésben szállítja a gyermeket.

A ***18. számú kérdésben*** arra kerestük a választ, hogy a kitöltők hogyan ítélik meg azt, aki nem használja a biztonsági övét. A válaszadók többsége (56,5%) szerint **rendkívül** felelőtlen viselkedést mutat, ha valaki nem köti be a biztonsági övet. 41,4% is felelőtlennek tartja, csak nem ily drasztikus módon. 53 fő jelezte azt, hogy nem tartja felelőtlenségnek az ilyen fajta magatartást, sőt 12 fő vagány viselkedésnek tartotta. Összesen 65 fő az, aki vélhetően ezen a válaszok alapján nem használja a biztonsági övet. Azonban itt jön a kérdés: akkor milyen példát mutat a gyermekeinek, illetve a válaszadó maga kinek a példáját követi?

A 20-28. kérdés nem a válaszadók szokásaira irányult, hanem arra, hogy a kitöltők hogyan ítélik meg a többi közlekedő magatartását.

20. kérdés:
Ön szerint a **járművezetők** hány százaléka köti be rendszeresen a biztonsági övet **AUTÓPÁLYÁN**? A válaszadók 14,6%-a (443 fő) ítéli meg úgy, hogy szinte mindenki beköti magát. 56,4%-a mondta azt, hogy nagyon sokat viselik a biztonsági övet. Míg 62 fő szerint a járművezetők kicsit kevesebb, mint fele használja, 7 fő szerint néhányan, 4 fő szerint pedig senki nem köti be magát autópályán járművezető-

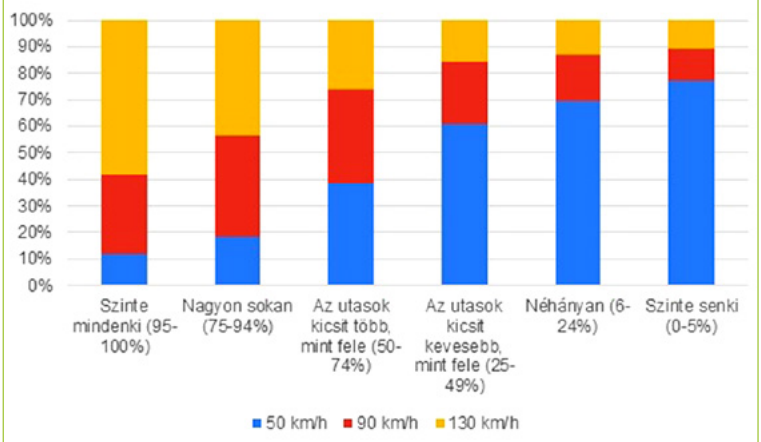
6. ábra:

ként. 810-en válaszolták, hogy a járművezetők 50-74%-a kötheti be magát ilyen esetben.

A ***21. kérdés*** szintén a járművezetők biztonságiöv-viselésre vonatkozott, csak már lakott területen kívüli főúton.

Jól látható, hogy itt már csak a válaszadók 7,7%-a szerint használja minden járművezető a biztonsági övet. 51,6% szerint nagyon sokan, 4,3% szerint a járművezetők kicsit kevesebb, mint fele, míg 15 fő szerint néhányan, és 3 fő szerint szinte senki.

5. táblázat: Sebesség és biztonságiöv-viselés közötti összefüggés



A ***22. kérdésben*** lakott területen belüli járművezetői biztonságiöv-viselési szokásokra kerestük a véleményt. Itt érkezett a legkevesebb válasz arra, hogy szinte mindenki viseli a biztonsági övet, mindössze 118 fő válaszolt így. 50% alatti valószínűséget 717 fő jelölt meg valamilyen formában. Összefüggés fedezhető fel a valószínűsített biztonságiöv-viselés és a sebesség változása között. Minél magasabb a sebesség, annál valószínűbb a válaszadók szerint, hogy használják a biztonsági övet.

A 23-25. kérdés ugyanezeket a témaköröket vizsgálta, csak utas oldalról.

23. kérdés:
Ön szerint a gépkocsik **utasainak** hány százaléka köti be rendszeresen a biztonsági övet **AUTÓPÁLYÁN**? 15,4% válaszolta, hogy szinte mindenki, 49,1% szerint nagyon sokan, és 26,8% szerint az utasok kicsit több, mint fele. Összesen 8,7% jelölt meg kevesebb, mint 50%-ot a válaszadás során. 9 fő szerint senki nem használja utasként a biztonsági övet autópályán.

24. kérdés:
a LAKOTT TERÜLETEN KÍVÜLI FŐÚTON való szokásokat vizsgáltuk. Itt már csak 7,9% mondta azt, hogy szinte mindenki beköti magát utasként, 43,5% szerint nagyon sokan, 36,3% szerint az utasok több, mint fele. Nem meglepő, hogy a sebesség várható csökkenésével azon válaszadók száma emelkedik, akik inkább úgy ítélik meg, hogy utasként az emberek nem használják a biztonsági övet. Összesen 12,3% szerint 50% alatti utasok biztonsági övviselési hajlandósága (ez az előző kérdésben 8,7% volt).

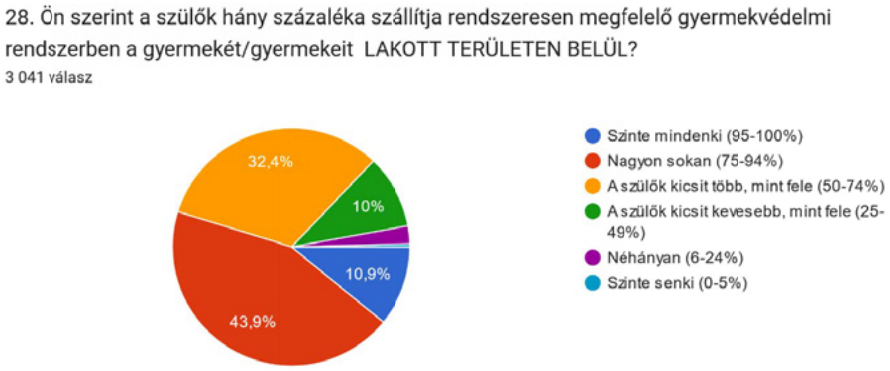
25. kérdés:
a LAKOTT TERÜLETEN BELÜLI szokásokra irányult. Itt már csak 3,1% az, aki szerint szinte mindig viselik az utasok a biztonsági övet. 20,7% szerint nagyon sokan, 39,5% szerint az utasok kicsit több, mint fele. 36,7% a megkérdezettek közül 50% alatti valószínűségű választ jelölt.

26-28. kérdésekben arra vonatkozóan tettünk fel kérdéseket, hogy a válaszadók hány %-a szerint használják a közlekedők a gyermekbiztonsági rendszereket?

26. kérdés:
Ön szerint a szülők hány százaléka szállítja rendszeresen megfelelő gyermekvédelmi rendszerben a gyermekét/gyermekeit **AUTÓPÁLYÁN**?

28,9%-a válaszadóknak úgy gondolja, hogy szinte mindenki használja a gyermekvédelmi

7. ábra:



rendszereket az autópályán. 55,9% szerint nagyon sokan, 13,1% szerint a szülők több, mint fele és 13,1 fő úgy gondolja, hogy a szülők kicsit több, mint fele. 17 fő szerint néhányan, míg 4 fő szerint egy szülő sem használ ilyen rendszereket autópályán.

A ***27. kérdés*** a LAKOTT TERÜLETEN KÍVÜLI FŐÚTON való szokásokra irányult. Ahogy várható volt, a csökkenő megengedett legnagyobb sebesség csökkenő valószínűséget mutat a gyermekvédelmi rendszer használatában. 21,9% szerint használja szinte mindenki lakott területen kívüli főúton a gyermekvédelmi rendszert, 57,4 % szerint nagyon sokan, 17,8% szerint a szülők kicsit több, mint fele. 91 fő adott olyan választ, melyben a biztonsági rendszer használatának kevesebb, mint 50%-ot jelöltek meg (18 fő „néhány", 5 fő „szinte senki" választ jelölt meg).

A ***28. kérdésnél*** a LAKOTT TERÜLETEN BELÜLI szokásokra válaszoltak a kitöltők. Itt már csak 10,9% szerint használja mindenki a biztonsági rendszereket, 43,9% szerint nagyon sokan, 32,4% szerint a szülők kicsit több, mint fele. 391 fő szerint kevesebb, mint 50% valószínűsége van a rendszer használatának lakott területen belül.

A bevezetőben bemutatott felmérés és a kérdőívben kapott válaszok alapján jelentős eltérés mutatkozik a járművezetőknél a lakott területen belüli övhasználat hajlandóságban.

A lakott területen kívüli értékek szinte megegyeznek, autópályán pedig 3%-os csökkenést figyelhetünk meg a legutolsó, 2019. évi adathoz képest. Megjegyzendő, hogy a felmérés tényleges biztonságiöv-viselési értékeket tartalmaz, míg a 2022. kérdőív kinyilatkoztatott valószínűséget. [1] [4]

7. táblázat: Biztonságiöv-viselési arányok és Kérdőíves kikérdezés eredménye

	IRTAD felmérés			Kérdőív
	2017	2018	2019	2022
Lakott területen belül	88,42%	89,52%	92,60%	86,60%
Lakott területen kívül	91,78%	87,21%	94,71%	94,20%
Autópályákon	91,18%	92,98%	96,54%	93,40%

A 2021. éves IRTAD jelentéshez képest a kérdőív megválaszolása a következőképpen alakult:

8. táblázat: Biztonságiöv-viselési arányok és Kérdőíves kikérdezés eredménye

	IRTAD	Kérdőív
	2021	2022
Lakott területen belül	97,70%	86,60%
Lakott területen kívül	90,60%	94,20%
Autópályákon	94,60%	93,40%

6. táblázat:

	Szinte mindenki (95-100%)	Nagyon sokan (75-94%)	A járművezetők kicsit több, mint fele (50-74%)	A járművezetők kicsit kevesebb, mint fele (25-49%)	Néhányan (6-24%)	Szinte senki (0-5%)
20. Ön szerint a **járművezetők** hány százaléka köti be rendszeresen a biztonsági övet **AUTÓPÁLYÁN**?	443	1715	810	62	7	4
21. Ön szerint a **járművezetők** hány százaléka köti be rendszeresen a biztonsági övet **LAKOTT TERÜLETEN KÍVÜLI FŐÚTON**?	234	1570	1089	130	15	3
22. Ön szerint a **járművezetők** hány százaléka köti be rendszeresen a biztonsági övet **LAKOTT TERÜLETEN BELÜL**?	118	784	1422	567	138	12
23. Ön szerint a gépkocsik **utasainak** hány százaléka köti be rendszeresen a biztonsági övet **AUTÓPÁLYÁN**?	469	1493	0	0	55	9
24. Ön szerint a gépkocsik **utasainak** hány százaléka köti be rendszeresen a biztonsági övet **LAKOTT TERÜLETEN KÍVÜLI FŐÚTON**?	239	1322	0	0	71	10
25. Ön szerint a gépkocsik **utasainak** hány százaléka köti be rendszeresen a biztonsági övet **LAKOTT TERÜLETEN BELÜL**?	879	1699	0	0	17	4
26. Ön szerint a szülők hány százaléka szállítja rendszeresen megfelelő gyermekvédelmi rendszerben a gyermekét/gyermekeit **AUTÓPÁLYÁN**?	879	1699	0	0	17	4
27. Ön szerint a szülők hány százaléka szállítja rendszeresen megfelelő gyermekvédelmi rendszerben a gyermekét/gyermekeit **LAKOTT TERÜLETEN KÍVÜLI FŐÚTON**?	665	1745	0	0	18	5
28. Ön szerint a szülők hány százaléka szállítja rendszeresen megfelelő gyermekvédelmi rendszerben a gyermekét/gyermekeit **LAKOTT TERÜLETEN BELÜL**?	331	1335	0	0	74	13

Lakott területen belül, illetve az autópályán a felmérés szerint kisebb a biztonságiöv-viselési hajlandóság, mint a 2021. IRTAD jelentésben.

Comparison of self-reported and observed road safety performance indicators c. cikkében prof Dr. Holló Péter szerzőtársaival megállapította, hogy az önbevalláson alapuló kérdőív viszonylag jó becslést mutathat a tényleges biztonságiöv-viselési magatartásra [5]. Így várható, hogy a valós biztonságiöv-viselés összességében csökkenni fog.

3. ÖSSZEFOGLALÁS / KONKLÚZIÓ

A személyi sérüléses balesetek számában és súlyosságában történő változások több külső tényezőre vezethetők vissza. Befolyásolhatja az időjárás, a gazdasági helyzet (pl. üzemanyagár emelkedés), a népesség alakulása (életkorban is), a mentéshez rendelkezésre álló eszközök.

Az utasvisszatartó rendszerek (biztonsági öv, gyermekülés) használata az egyik legfontosabb magatartás-orientált teljesítménymutató. A kérdőíves felmérésben arra voltunk kíváncsiak, hogy Magyarországon mekkora a kinyilatkoztatott biztonságiöv-viselési hajlandóság, és a gyermekbiztonsági rendszerek használata.

Kérdőívünket összesen 3041 fő töltötte ki, kevesebb, mint egy hónap alatt. Az első részben szocio-demográfia adatokra kérdeztünk rá, majd arra vonatkozó kérdéseket tettünk fel, hogy kinek-milyen közlekedési szerepben mekkora a biztonságiöv-viselési hajlandósága.

Összefoglalva elmondható, hogy a kinyilatkoztatott biztonságiöv-viselés az elmúlt évek felméréseihez képest csökkenő tendenciát mutat. Ha valóban egy jó becslést jelent ez a tényleges övhasználatra, akkor a biztonsági öv használatában is csökkenés várható. Reméljük, hogy a tendencia a kinyilvánított viselkedésben nem mutatkozik meg, és a kérdőíves (kinyilatkoztatott) felmérés csak az alsó értékeket mutatta.

FELHASZNÁL IRODALOM

[1] Biztonságiöv-viselési arányok Magyarországon és külföldön; Prof. Dr. Holló Péter, Közlekedéstudományi Szemle 2020. LXX. évf. 6. sz., DOI: https://doi.org/j9xp

[2] https://webbal.kozut.hu/

[3] https://tesztek.tudatosvasarlo.hu/mindenkinek-letfontossagu-a-jo-gyerekules (2023.01.31.)

[4] KTI felmérések alapján

[5] Comparison of Self-reported and Observed Road Safety Performance Indicators; prof. Dr. Holló Péter, Dr. Henézi Diána, Berta Tamás, Periodica Polytechnica Transportation Engineering 46: 3 pp. 117-121., 5 p. (2018)

Examination of seat belt wearing habits and attitudes of road users in Hungary

Untersuchung der Sicherheitsgurt-Anschnallgewohnheiten und Einstellungen von Verkehrsteilnehmern in Ungarn

Az 50 éves MARPOL Egyezmény VI. melléklete

2023-ban 50 éve, hogy a londoni székhelyű Nemzetközi Tengerészeti Szervezet (IMO) létrehozta és működteti az 1978. évi jegyzőkönyvvel módosított a hajókról történő szennyeződés megelőzéséről szóló Nemzetközi Egyezményt [MARPOL 1973/1978]. A levegőszennyezéssel kiegészített, vagyis az éghajlatváltozás elleni, teljesebb védelmét csak az 1997. évi jegyzőkönyvvel biztosította.

DOI: ***https://doi.org/10.24228/KTSZ.2023.3.6***

Negyeliczky János
e-mail: negyeliczky@gmail.com

Tengerhajózás, levegőszennyezés és éghajlatváltozás

A Föld felszínének 75%-át borítja víz. Ebből a döntő többséget az óceánok, tengerek és az ezekhez csatlakozó öblök, szorosok és egyéb vízterületek alkotják. Az óceánokon, tengereken és a csatlakozó egyéb vízterületeken zajlik a világ legnagyobb tömegű személy- és áruszállítása a tengerhajózás [az UNCTAD szerint a 2019-es rekord évben ez az áruszállítás 11 071 millió tonna tonnát tett ki, s amely a COVID miatt 2020-ra 3,8%-kal visszaesett 10 648 millió tonnára; ezt szakértők a világ összes áruszállítási volumenének 90%-ára teszik].

A Brundtland-jelentés megjelenéséig [Környezet és Fejlődés Világbizottságának 1987. évi, „Közös jövőnk" című Brundtland-jelentése] a tengerész társadalom nem beszélt a légszennyeződés hajózási vonatkozásairól, mivel a tengerhajózás fenntarthatóságához ezidőben még nem fért kétség. Noha az **IMO** már az 1960-as évektől a tengeri környezet szennyezését komplex módon szemlélte [az IMO környezetvédelmi munkaszervét megalakulásától Tengeri Környezetvédelmi Bizottságnak (**MEPC**) nevezték]. Az 1978. évi Jegyzőkönyvvel módosított a hajókról történő szennyeződés megelőzéséről szóló 1973. évi Nemzetközi Egyezmény [**MARPOL** 1973/1978] azonban csak az olajokat, a mérgező ömlesztve szállított folyadékokat, a küldeménydarabokban [csomagolt formában] szállított anyagokat, a hajókról kidobott szennyvizek és a szilárd hulladékok által történő tengervíz szennyeződéseket szabályozta. Eredeti formájában [a MARPOL 1973/1978 Egyezmény + I – V. melléklete][1] a tengerek feletti levegő védelmével nem foglalkozott.

A levegőszennyezésről csak a MARPOL Egyezményt ún. „**A hajókról történő légszennyezés megelőzéséről**" szóló, 2005. május 19-ikétől hatályos, s azóta is többször módosított VI. Melléklettel a **1997. évi Jegyzőkönyv** egészítette ki. Az IMO a legutóbbi módosítását a **2022. november 1-jétől hatályos** MEPC.328(76) számú határozatban fogadta el. Az utóbbi 2023. január 1-jétől ró a tengerhajózásra kötelezettséget.

1. AZ IMO A TENGERI KÖRNYEZET VÉDELMÉÉRT

Bár az IMO eredeti mandátuma a tengerészeti biztonságra terjedt ki „az olaj által való tengerszennyeződés megelőzéséről szóló 1954. évi nemzetközi egyezmény" [1954 International Convention for the prevention of pollution of the sea by oil (OILPOL '54 Convention)][2] aláíróinak véleményével egyezően felelősséget vállalt a tenger szennyezése kérdésköreiben és az 1959-es működésével egyidejűleg elkezdett a hajózás környezeti kérdéseinek egyéb aspektusaival is foglalkozni.[3] Ennek következtében elmondhatjuk, hogy az IMO keretei között elfogadtott és kezelt 51 nemzetközi egyezményből ma 21 környezetvédelmi tárgyú (köztük a MARPOL, a ballasztvízkezelés BWM Egyezménye, a hajók bontásával foglalkozó Hong Kongi Egyezmény, a tengerbe lerakott hulladékokkal foglalkozó LDC Egyezmény, stb.).

Az IMO szakmai tevékenységét a környezetvédelmi témákban a Tengeri Környezetvédelmi Bizottság (MEPC) vagy – a témának megfelelően – több albizottság pl. az IMO Jogszabályainak bevezetése Albizottság (III), vagy a Környezetszennyezés megelőzése és felelőssége Albizottság (PPR), vagy az Áru- és Konténerszállítás Albizottság (CCC), stb., végez. Az albizottságok által előkészített döntési anya-

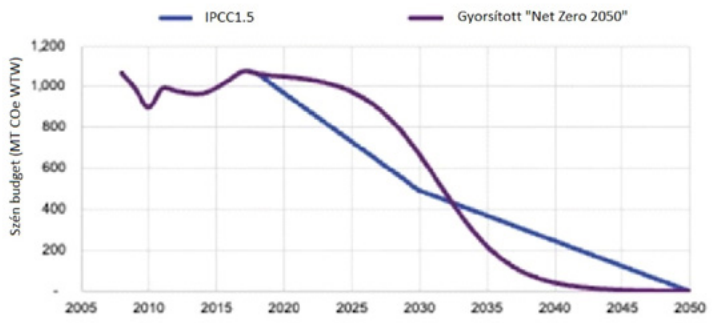
1 Ezt tartalmazza a magyar jogrendben „a hajókról történő szennyezés megelőzéséről szóló 1973. évi nemzetközi egyezmény és az ahhoz csatolt 1978. évi jegyzőkönyv („MARPOL 1973/1978.")" címet viselő 2001. évi X. törvény, amely még ma is az eredetivel azonos (elavult), változatlan tartalommal hatályos.

2 Az OILPOL '54 egyezményt még követte az OILPOL '62, az OILPOL '69 és az OILPOL '71 egyezmény mielőtt az olaj által történő szennyeződést a MARPOL '73/'78 I. mellékleteként meghatározva szabályozták.

3 Az ilyen fajta, a köznyelveben a szervezet „lopakodó hatáskör-szerzés"-ének tartott dolgok ma át- meg átszövi az olyan nemzetközi szervezeteket, mint ENSZ szervezetek, vagy például az Európai Unió intézményei, de ez egy más tudományághoz, nem a műszaki tudományokhoz tartozó történet.

gokat a bizottság önti végső formába és határozatok mellékletében egyezménymódosításként vagy az egyezmény végrehajtását segítő kötelező érvényű dokumentumként illetve nem kötelező használatra szolgáló irányelvként fogadja el.

1. ábra: Net Zero 2050"



A döntések előkészítését néha olyan szakmai összeállítások, elemzések is elősegítik, mint amilyen a 2020-ban megjelent „Fourth IMO Greenhouse Gas Study".

Az IMO MEPC a hajózás számára a klímacél, az ún. zérókarbon hajózást irányozta elő 2050 utánra az ENSZ Éghajlatváltozás stratégiájával összhangban. Ennek közbenső állomásai: a szénintenzitás csökkentése 2030-ra a 2008-as szint 40 %-ára, illetve 2050-re a 70 % elérése.

A már meglévő IMO tervek hatására egyre-másra készülnek a tengerhajózás levegőszennyezését reálisan felmérő tanulmányok, amelyek már arról adnak számot, hogy a tengerhajózás légszennyezőhatása milyen jelentős. Ezzel a világ légszennyezést okozó szereplőinek 6. legnagyobbja. A tengerhajózás összességében bocsát ki 1 Gt szén-dioxidot, amelyből az EU országok annak 1/5-ét, kb. 200 Mt/év mennyiséget [9]. Az igazi veszélyt az jelenti, hogy a legforgalmasabb tengeri kikötők a a legnagyobb városok körzeteiben jöttek létre, így az együttes hatás okozza a bajt.

Az IMO, miként azt a kezdeti, 2018-as stratégiai céljaiban lefekteti résztvesz az ENSZ „globális 1,5°C-os felmelegedési" ["Global warming of 1.5 Degrees Celsius"] feladatainak megoldásában, de annak politikailag motivált, gyorsított „Net Zero 2050" változatát nehezen tudja követni (1. ábra).

Az említett környezetvédelmi célok elérésében az IMO MEPC a következő ttevékenységeket végzi:

- Folytatja a levegővédelmi tevékenység kiteljesítését, amelyet a MARPOL Egyezménnyel kezdett meg és az üvegházhatású gázok kibocsátására vonatkozó csökkentési intézkedéseit, úgymint a tengeren használt üzemanyagok maximálisát;
- A szén-dioxid-kibocsátás csökkentési ún. kvótarendszer (ETS) kialakításának három fázisú tervének végrehajtását (az intézkedési terv javaslatának összeállítása 2021-2022; továbbfejlesztési javaslatok befogadása 2022-2023; és a rendszer később elfogadott határidőre történő elfogadása);
- Segít a hajók tulajdonosainak és üzemeltetőinek, valamint a hajózást kiszolgáló ipar szereplőinek a zérókarbon üzemanyagok kiválasztásában.

A tanulmány az első bekezdésben említett tevékenység jelenlegi állásával foglalkozik, s azzal is inkább csak összegző jelleggel, abból a megfontolásból, mivel ezen rövidtávú feladatok során az IMO MEPC egy olyan nevezetes dátumhoz érkezett, amely jelentősen kihat az ETS és zérókarbon feladatok hosszútávú céljainak elérésére.

2. A MARPOL VI. MELLÉKLETE ÉS VÉGREHAJTÁSI DOKUMENTUMAI

Emlékeztetőül a közvetlen előzményekről (a „történelem" részeként):

Az 1968-ban bekövetkezett ***Torrey Canyon*** tanker incidense után megkezdett munka eredményeként 1973-ban egy olyan diplomáciai konferenciát rendeztek, amelyen megszületett a tengerhajózás átfogó környezetvédelmét megteremtő „*A hajókról történő szennyezés megelőzéséről szóló 1973. évi nemzetközi egyezmény (MARPOL)*".

Röviddel a MARPOL 1973 elfogadása után, 1977-ben súlyos balesetet szenvedett az Amaco Cadiz tanker. Ezt követően 1978. februárjában összehívták a tartályhajó biztonsági és szennyezésmegelőzési konferenciát. Itt a MARPOL 1973 Egyezmény mielőbbi hatálybalépése céljából egy Jegyzőkönyvet fogadtak el, amellyel módosítva a már MARPOL 1973/1978 címet viselő egyezmény [teljes nevén: „a hajókról történő szennyezés megelőzéséről szóló 1973. évi nemzetközi egyezmény és az ahhoz csatolt 1978. évi jegyzőkönyv (MARPOL 1973/1978)"].

A MARPOL 1973/1978 Egyezmény annak mellékletein keresztül lépett hatályba (az olaj által történt szennyeződéssel foglalkozó I. melléklet és az ömlesztve szállított ártalmas folyékony anyagok ellenőrzéséről szóló II. melléklet 1983. október 2-án; a küldeménydarabok szállítását érintő III. melléklet 1992. július 1-jén; a szennyvizek által okozott szennyeződés megelőzéséről szóló IV. melléklet 2003. szeptember 27-én és a szilárd hulladékok által való szennyeződést megelőző V. melléklet 1988. december 31-től érvényes).

Az 1978. évi Jegyzőkönyvvel módosított MARPOL 1973/1978 Egyezményt 1997-ben, az ún. **1997. évi Jegyzőkönyv**vel egészítették ki „**A hajókról történő légszennyezés megelőzéséről**" szóló **VI. melléklet**tel.

Az 1978. évi és az 1997. évi jegyzőkönyvekkel módosított MARPOL Egyezmény VI. mellékletét öt fejezetbe, ill. 31 szabályba szerkesztették, ill. tizenegy függelékkel egészítették ki (ezek között vannak a hajóknak kiadandó okmányok okmánymintái, a kibocsátásellenőrzési körzetek határai, stb.). A MARPOL VI. mellékletét minden hajóra alkalmazni kell a 3. szabályban lévők szerint a biztonságot, az életvédelmet, a hajókról történő kibocsátás csökkentésére és ellenőrzésére vonatkozó kutatásokat, a tengerfenékről való érckitermelést szolgáló hajók, továbbá a személyzetnélküli bárkák kivételével. A MARPOL VI. mellékletét az ún. **NO_x Technical Code**-dal[4] [teljes címe magyarul: „A tengeri dízelmotorokból származó nitrogén-oxidok kibocsátásellenőrzésének műszaki kódexe"] együtt kell használni, amit az 1997. évi MARPOL Konferencia 2. határozatával fogadott el a MARPOL Egyezmény 16. cikke szerinti rendben, vagyis amely így annak kiterjesztéseként értelmezhető.

Minden 400 tonna bruttó űrtartalmú hajót első (vagy üzembe helyezés előtti), felújító (legfeljebb öt évenkénti), közbenső (legfeljebb két évenkénti), éves és javítást, ill. felújítást követő kiegészítő szemlének kell alávetni, s ha az eredményes ún. **Nemzetközi Légszennyezés Megelőzési (IAPP) Bizonyítvánnyal** [International Air Pollution Prevention (IAPP) Certificate] **kell ellátni**.

Abban az esetben, ha a hajóra a 4. Fejezet követelményeit is alkalmazni kell [vagyis ha az új hajóra jóváhagytak megfelelő **elérendő EEDI** [attained EEDI] mutatót, illetve a hajó már **elérendő EEXI** [attained EEXI] mutatóra és **Hajó Energiahatékonysági Terv**re [Ship Energy Efficiency Management Plan (**SEEMP**)] kötelezett], az IAPP Bizonyítvány érvényesítéséhez szükséges szemle során meg kell meg kell győződni arról is, hogy ezek az EEDI, EEXI mutatók és a SEEMP terv a hajón megtalálhatók.

A meglévő hajók esetében a hajók SEEMP terveit **2013. január 1**-jét követően az soron következő közbenső vagy a megújító szemle alkalmából kell elkészíteni. Minden 5000 tonna bruttó űrtartalmú vagy annál nagyobb hajónál **2023. január 1**-jét követően ezen SEEMP tervet ki kell egészíteni az **elérhető, éves, üze-**

4 Jelenleg az IMO „MARPOL Annex VI and NTC 2008 with Guidelines for implementetion 2017 Ed. [IC664E; IMO, London]" kiadványban elérhető 2008. évi változata van hatályban, de az ún. elektronikus IMO könyvtárban [az IMO kiadványok szoftveres változata] elérhető egy ún. 2022-es kiadvány is.

mi szénintenzitás mutató [attained annual operational **CII**] adatait tartalmazó SEEMP III. résszel is.

A MARPOL VI. mellékletének 4. fejezében lévő EEDI, EEXI indexeket és a SEEMP tervet a **Nemzetközi Energiahatékonysági Bizonyítvány**ba (**IEE Bizonyítvány**) [International Energy Efficiency Certificate (IEE Certificate)] is be kell foglalni (lásd az IEE Bizonyítvány Függelékének 3 – 7. pontjait, továbbá az IEE Bizonyítvány 8 – 9 pontjaiban kell részletezett EEDI ill. EEXI műszaki doszsziék adatait). Az IEE Bizonyítványt a hajón kell őrizni.

3. A HAJÓKRÓL KIKERÜLŐ LÉGSZENNYEZŐ ANYAGOK ELLENŐRZÉSE

A MARPOL VI. melléklete által lefedett légszennyezési területek a következők szabályozásával foglalkozik:

- Azon **ózonréteget lebontó anyagok** tilalma, amelyek jobbára a hűtőgépekben, a tűzoltókészülékekben és egyes szigetelőanyagokban fordulnak elő a hajókon [a tilalom 2005. május 19. után lépett hatályba, kivéve a hidro-klórszénhidrogéneket tartalmazó tartalmazókat, amelyek tilalma 2020. január 1. követően, de legkésőbb 2025. október 1-ig lép hatályba; a még engedélyezett anyagokat tartalmazó hajóberendezésekkel ellátott hajókon ún. Ózonréteget Lebontó Anyag Nyilvántartási Naplót (**Ozone Depleting Substances Record Book**) kell vezetni, amelybe be kell jegyezni teljes vagy részleges újratöltést, a berendezés javítását, a véletlenszerű és szándékos anyagkieresztést, a parti helyre történő anyag kiürítést].

- A dízelmotorokból származó **nitrogén-oxidok** [NO_x (legalább az NO és az NO_2)] korlátozása [kevés kivételtől eltekintve minden tengeri hajón lévő legalább 130 kW teljesítményű dízelmotort érintenek; részletesen lásd a MARPOL VI. melléklet 13. szabályát].

  A nitrogén-oxidok kibocsátás csökkentése által érintett dízelmotorokat a 2008. évben kiadott NO_x Műszaki Kódex szerint kell próbálni ill. egy EIAPP bizonyítvány kiállításával okmányolni /Engine International Air Pollution Prevention Certificate/, amelyet egy IAPP függelék kísér.

  A nitrogén-oxidok kibocsátására ún. kibocsátásellenőrzési körzeteket létesítettek [Észak-Amerikai Kibocsátásellenőrzési Körzet illetve az Amerikai Egyesült Államok Karib-tengeri Kibocsátásellenőrzési Körzet, továbbá a Balti-tenger és az Északi-tenger területén létesített Kibocsátásellenőrzési Körzet].

- A **ként tartalmazó, folyékony üzemanyagok** elégetésekor keletkező kén-oxidok és részecskék kibocsátásának korlátozása.

  A tengeri hajók fedélzetén legfeljebb 0,50% m/m kéntartalmú olaj alapú üzemanyag használható, amely a Balti-tenger és az Északi-tenger területén létesített Kibocsátásellenőrzési Körzetben, Észak-Amerikai Kibocsátásellenőrzési Körzetben illetve az Amerikai Egyesült Államok Karib-tengeri Kibocsátásellenőrzési Körzetében [határai azonosak a nitrogén-oxidnál meghatározott körzetekkel] 0,10% m/m kéntartalomra csökken (lásd a MARPOL VI. melléklet 14. szabályát).

  A 2022. december 12-16. között megtartott IMO MEPC 79. ülésszakának határozata szerint a teljes Földközi-tenger 2025. május 1-jével belép a kibocsátásellenőrzési körzetek közé, azaz ettől az időponttól a Földközi-tengeren csak legfeljebb 0,10% m/m kéntartalmú üzemolaj használható, vagy a hajón füstgázmosó berendezést kell üzemeltetni.

- A MARPOL VI. melléklete szabályozza a hulladékok fedélzeti égetőművekben

történő elégetését (részletesen lásd a MARPOL VI. melléklet 13. szabályát); az üzemanyagok minőségét és a hajók energiahatékonyságát.

Az olaj alapú üzemanyagokat a MARPOL VI. mellékletének 18. szabálya szerinti ellátóhelyektől és az ott leírt minőségben kell beszerezni. A beszerzett, égési folyamatban felhasznált üzemanyagról az V. Függelékben[5] leírt bizonylatot [**Bunker Delivery Note (BDN)**] kell adni, az eredeti bizonylatot a hajón a beérkezéstől számított három évig meg kell őrizni.

A 2022. december 12-16. között megtartott IMO MEPC 79. ülésszak határozata szerint a BDN-ben 2024. május 1-jétől fel kell tüntetni az olaj alapú üzemanyag gyulladáspontját, amely ettől az időponttól nem lehet több, mint 70°C.

A használható és a világszerte beszerezhető olaj alapú üzemanyagok ellenőrzésére az IMO MEPC a MEPC.326(75) határozat mellékletében útmutatót adott ki.

Különösen a tartályhajókban szállított rakományokból számos káros hatást okozó szerves vegyület szabadulhat fel, ezeket nevezzük **illékony szerves vegyületek**nek (**VOC**) [lásd a 15. szabályt]. Ezen anyagok lehetnek: metán, vagy oxidálószerek, egészségre káros, hosszútávon károsodást (sokszor légzési nehézséget vagy szívritmus zavarokat) okozó egyéb anyagok. Az anyagok a kikötői hatóságok részéről szabályozást igényelnek. A rakománytartályokból a rakományok töltése és ürítése, tartálymosása (különösen a nyersolajos tartálymosás esetén) kiszabaduló ilyen gázokat (pl. metánt) és gőzöket a hajó jóváhagyott **VOC Menedzsment Terv**e szerint kell kezelni, a rakodás során felszabaduló metánt a kikötőkben a partra ki kell vezetni.

4. ENERGIAHATÉKONYSÁGI INDEXEK

A MARPOL VI. melléklet a nemzetközi hajózás az üvegházhatású gázok kibocsátására és az **energiahatékonyság**ra vonatkozó szabályait tartalmazó 4. Fejezete a legalább 400 tonna bruttó űrtartalmú vagy annál nagyobb valamennyi hajóra vonatkozóan egy sor fogalom a többitől jelentősen eltérő meghatározással kerül alkalmazásra. Ezek között vannak a hajó típusára (kombinált ömlesztett-áruszállító, konténerszállító, személyszállító, gázszállító, gencargo, LNG-szállító, hűtőhajó, ro-ro hajó, tartályhajó), hajtásmódjára (konvencionális vagy nem konvencionális hajtásmódú hajók) vonatkozó fogalmak mellett meghatározzák a szénintenzitást jellemző mutatószámok (az elért és a kötelező EEDI/EEXI illetve a kötelező éves üzemi CII) fogalmai.

A MARPOL VI. melléklet 2. szabálya szerint:

„Az elérhető EEDI (Energy Efficiency Design Index = tervezett energiahatékonysági mutatószám) az egyedi hajó által e melléklet 22. szabálya szerint elérhető EEDI érték."

„Az elérhető EEXI (Energy Efficiency Existing Ship Index = meglévő hajó energiahatékonysági mutatószáma) az egyedi hajó által e melléklet 23. szabálya szerint elérhető EEXI érték."

„Az egyedi hajó által e melléklet 26. és 28. szabálya szerint elérhető éves üzemi szénintenzitási mutatószáma (Carbon Intenzity Indicator)."

„Az előírt EEDI a hajó saját típusától és méretétől függően e melléklet 24. szabálya szerint megengedett elelérhető EEDI érték maximuma."

„Az előírt EEXI a hajó saját típusától és méretétől függően e melléklet 25. szabálya szerint megengedett elérhető EEXI érték maximuma."

„Az előírt éves üzemi CII a hajó saját típusától és méretétől függően e melléklet 26. és

5 Az üzemanyag tankolási bizonylatban fel kell tüntetni az azt érkeztető hajó nevét és IMO számát, a szolgáltató adatait, a termék nevét, mennyiségét, sűrűségét, kéntartalmát [% m/m]. A bizonylatot az arra jogosultnak kell aláírnia és hitelesítenie.

28. szabálya szerint megengedett elelérhető éves üzemi CII célértéke."

4.1. Az EEDI és EEXI mutatószámok

Földünk klímaváltozásának okai között jelentős hatással bír a tengerhajózás globalizációja és rohamos növekedési üteme. Az átlaghőmérséklet növekedésére a legmeghatározóbb tényezőként a klímakutatók az ún. üvegház hatású gázokat, s köztük a széndioxidot (CO_2) szokták megjelölni, amely katasztrofális hatással bír a mezőgazdaságra és a kereskedelemre, az életkörülményekre.

Mivel a hajózás a globális kereskedelem igényeinek megfelelően megállíthatatlanul nő, világos hogy annak hatékonyságán kell olyan módosításokat végrehajtani, ami kezdetben lelassítja, majd hosszabb távon megállítja a kibocsátott széndioxid mennyiségét. Ennek a lehetséges folyamatnak a vizsgálatából következik, hogy a szénhidrogén-alapú üzemanyagokat a lehető leghatékonyabban használjuk fel. A különféle üzemanyagok átlagos CO_2 egyenértékét a MEPC.245(66) határozat a következőkben adja meg: dízelolaj/gázolaj (DMX – DMB minőség az ISO 8217 szabvány szerint) – 3,206 t-CO_2/t-üzemanyag; könnyű fűtőolaj (LFO) (RMA – RMD minőség az ISO 8217 szabvány szerint) – 3,151 t-CO_2/t-tüzelőanyag;és nehéz fűtőolaj (HFO) (RME – RMK minőség az ISO 8217 szabvány szerint) – 3,114 t-CO_2/t-tüzelőanyag.

Egy új hajó energiahatékonyságát az ún. **tervezett energiahatékonysági mutatószám**mal jellemezzük. A tervezett energiahatékonysági mutatószám függ a hajóba beépített égési termékeket kibocsátó gépek teljesítményétől, a hajó sebességétől és a hajón szállított rakomány tömegétől. Az új hajó tervezett energiahatékonysági mutatószámát (az egységnyi hajózási szállítási teljesítményre eső széndioxid-emissziót) a lap alján látható képlettel összegezhetjük.

[a MARPOL VI. melléklet 2021. évi módosított szövege 22. szabályának lábjegyzetében említett többszörösen módosított MEPC.308(73) határozat Útmutató mellékletében lévő képlet, ahol (az egyes tényezők pontos meghatározásait az IMO dokumentumban találhatjuk):

- A képlet számlálójában: főgép emisszióját + a segédgépek emisszióját + a főtengelyt meghajtó egyéb motor használatából adódó kalkulált emissziót (egyes esetekben a tengelygenerátort - az emissziót csökkentő tényezőket [pl. a tengelygenerátor-, szélrotor-, ill. a skype-használata] jelenítik meg;

- A képlet nevezőjében: a szállítási teljesítmény szerepel.

Az energiahatékonyság mutatószáma **t gramm CO_2/t mérföld**. A mutatószám küszöbértékét (referencia bázisát) a 2013. évi elérhető EEDI mutató képzi a 400 bruttó regisztertonnát meghaladó, 2013. január 1-jét követően készült különféle hajótípusoknál (pl. konténerszállítók, gencargo-hajók, Ro-Ro hajók, Ro-Paxok, személyhajók, stb.). A 2013. január 1. után épülő hajók energiahatékonysági mutatószáma nem haladhatja meg az előírt küszöbértéket.

Az IMO ezt a bázisértéket kívánta a 2015, 2020, ill. 2022-2025. utánra sávosan javítani e mutatószám használatával, amelyet **előírt EEDI** mutatószámnak nevezünk (lásd MARPOL VI. melléklet 24.1 Szabályát).

elérendő EEDI ≤ előírt EEDI = (1-x/100)· referencia vonal érték

ahol:

- az „x" egy, az elérendő EEDI és a referencia vonal érték viszonyát jellemző redukciós tényező [a redukciós mutatók hatályos értéke a MARPOL VI. melléklet 24. Szabályának 1. táblázatában található a hajó típusa, mérete és építési fázisa alapján]; és

$$\frac{\left(\prod_{j=1}^{n} f_j\right)\left(\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)}\right) + \left(P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE}*\right) + \left(\left(\prod_{j=1}^{n} f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{AEeff(i)}\right) C_{FAE} \cdot SFC_{AE}\right) - \left(\sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME}**\right)}{f_i \cdot f_c \cdot f_l \cdot Capacity \cdot f_w \cdot V_{ref}}$$

- a referencia vonal érték a MARPOL VI. melléklet 24. Szabályának 3-6. pontja a 2. táblázat alapján állapítható meg.

Ebből következik, hogy az EEDI értékét egy olyan referencia vonal érték alapján kell meghatározni, amelyet modellkísérletek segítségével lehet megállapítani. Az így kapott értékek a hajó teoretikai hatékonyságából és nem valós üzemi hatékonyságából adódnak. Ez tette szükségessé a meglévő hajó energetikai hatékonyságának értékelését.

A **meglévő hajó** elérhető energiahatékonysági mutatószáma (attained EEXI) annak energiahatékonyságát jelöli egy meghatározott alapvonalhoz (**referencia vonal érték**) képest. Ezt követően a hajó attained EEXI mutatószáma összehasonlításra kerül a meglévő hajó előírt energiahatékonysági mutatószámának az alapvonalához viszonyítva százalékban kifejezett alkalmazott csökkentési tényezővel. Ezen mutatókat minden 400 tonna űrtartalmú vagy annál nagyobb hajónál a hajó típusától és méretének kategóriájától függően kell kiszámítani. Mindenegyes hajó kiszámított elérendő EEXI mutatószámnak meg kell felelni a minimális energiahatékonysági szabványnak.

A meglévő hajókat érintő számításokat minden, a MARPOL VI. melléklet 25. szabály 3. táblázatában lévő típusú, méretű és gyártási időpontú meglévő hajóra el kell végezni 2023. január 1-ig. A módszert az IMO 2026. január 1-ig ismét megvizsgálja annak alkalmazhatósága szempontjából [mert vannak kétségek a minden hajóra való alkalmazhatósága szempontjából].

Az elérhető EEXI mutatószám az IMO MEPC.333(76) határozatban közölt képlettel (lásd a lap alján) számítható ki.

(A képletben lévő paramétereket és azok alkalmazási feltételeit szintén az említett határozat tartalmazza.)

Ennek az energiahatékonysági mutatószámnak az eredményét is gramm CO2/t mérföldben kapjuk.

Az elvárható EEXI mutatószám értékénél az EEDI-hez hasonlóan fennáll a következő képlet szerinti viszony:

elérendő EEXI ≤ előírt EEXI = (1-y/100)· EEDI referencia vonal érték

ahol:

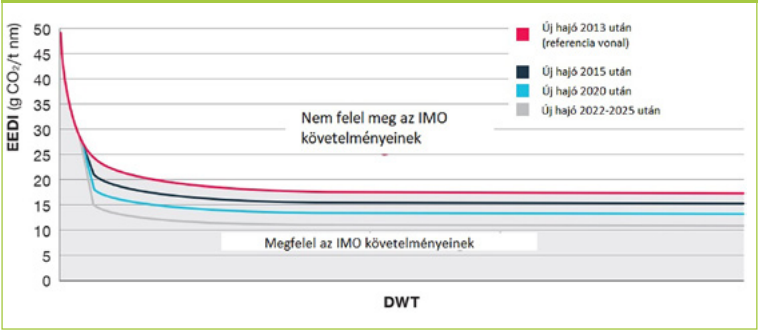
- az „y" egy, az elérendő EEXI és az EEDI referencia vonal érték viszonyát jellemző redukciós tényező [a redukciós mutatók hatályos értéke a MARPOL VI. melléklet 25. Szabályának 3. táblázatában található a hajó típusa és mérete alapján],

- az EEDI referencia vonal értéket a 24.3 és 24.4 szabály szerint kell meghatározni. A módszert az IMO 2026. január 1-ig ismét megvizsgálja annak alkalmazhatósága szempontjából (ebből is látható, hogy vannak kétségek a minden hajóra való alkalmazhatósága szempontjából).

Ezt a folyamatot írja le a MARPOL VI. melléklet a 22. és 24. szabálya [az elérendő energiahatékonysági mutatószámot az elismert szervezetnek (hajóosztályozó társaságnak) ki kell számítani minden **új hajó**nál **és átépített hajó**nál, majd az igazgatásnak e mutatószámot meg kell küldeni az IMO-nak; az IMO ezeket az EEDI mutatókat a további környezetvédelmi terveihez feldolgozva veszi figyelembe (pl. időközi módosításokat javasol az MEPC-n keresztül)]. 2.ábra

$$\frac{\left(\prod_{j=1}^{n} f_j\right)\left(\sum_{i=1}^{nME} P_{ME(i)} \cdot C_{FME(i)} \cdot SFC_{ME(i)}\right) + \left(P_{AE} \cdot C_{FAE} \cdot SFC_{AE}\,*\right) + \left(\left(\prod_{j=1}^{n} f_j \cdot \sum_{i=1}^{nPTI} P_{PTI(i)} - \sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{AEeff(i)}\right) C_{FAE} \cdot SFC_{AE}\right) - \left(\sum_{i=1}^{neff} f_{eff(i)} \cdot P_{eff(i)} \cdot C_{FME} \cdot SFC_{ME}\,**\right)}{f_i \cdot f_c \cdot f_i \cdot Capacity \cdot f_w \cdot V_{ref} \cdot f_m}$$

2. ábra: A MARPOL szerint előírt EEDI mutatószámok tervezett csökkentése a hajó építési éve, ill. a hajó bruttó űrtartalma függvényében [15].



4.2. Hajóenergetikai hatékonysági menedzsment terv (SEEMP)

A hajóenergetikai hatékonysági menedzsment tervében (SEEMP) [Ship Energy Efficiency Management Plan (SEEMP)], (lehet a hajó Biztonsági Menedzsment Tervének (SMS) a része is), 2023. január 1-jén vagy azt megelőzően kell a MARPOL VI. melléklet 26. szabálya alapján minden 5000 tonna bruttó űrtartalmú hajónál[6] összegezni azt a módszertant, amivel a hatóságoknak előterjesztett elvárható, éves, üzemi energiahatékonysági mutatószámot [attained anual operational CII] kiszámították. A következő három naptári évre előírt, éves, üzemi energiahatékonysági mutatószámot [required anual operational CII]; illetve egy olyan tervet, amellyel ez a három évre szóló mutatószám elérhető; továbbá e mutatószámok önellenőrzési módszerét és a növelésére vonatkozó lehetőségeket ugyancsak meg kell határozni.

Ezt a menedzsment tervet [a módosított MEPC.213(63), MEPC.282(70), MEPC.346(78) és a MEPC.347(78) határozatok ill. a Lloyds Register útmutató [16] mintája szerint bemutatva] a következő három részre kell felosztani:

I. Rész: **A hajó terve az energiahatékonyság növelésére**

A hajó adatai:

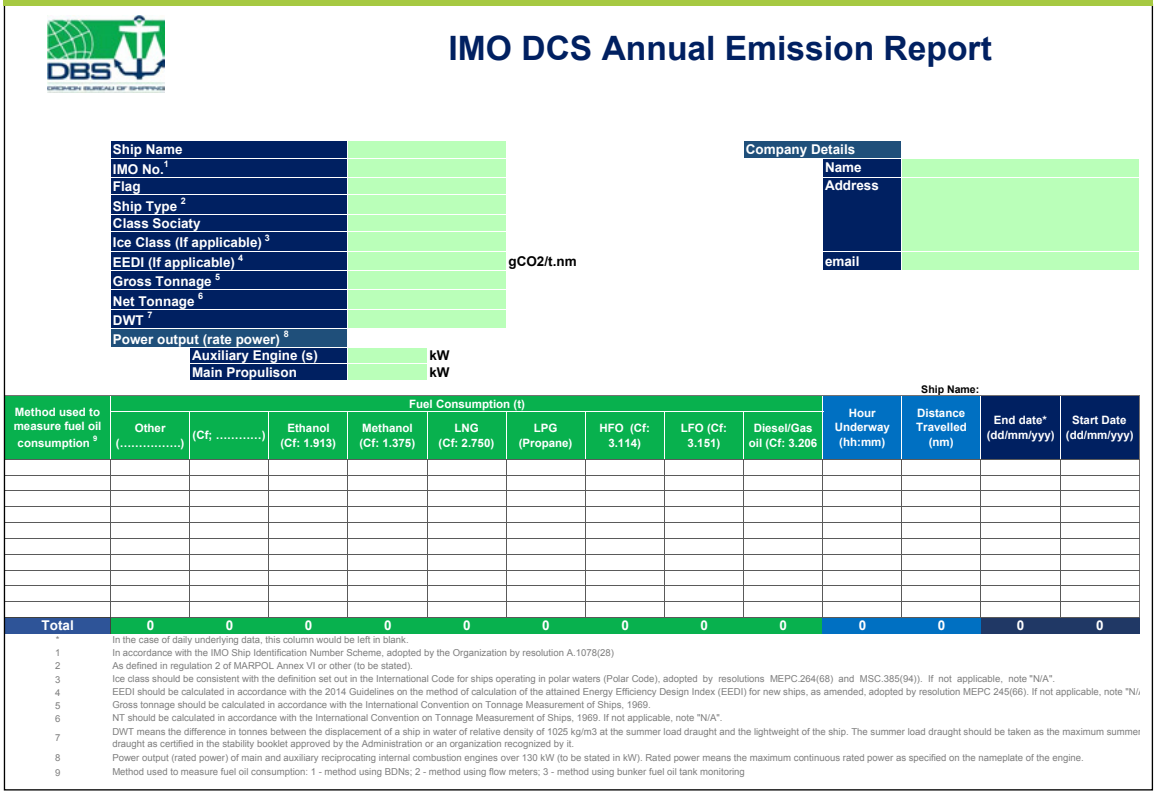
1. Intézkedések
2. Ellenőrzés
3. Elérendő célok
   [Itt szokás bemutatni, a hajó tulajdonosa/üzembetartója és személyzete milyen tevékenységgel érheti el, hogy a hajó energiahatékonysága folyamatosan javuljon, vagyis a hajó energiahatékonysági üzemi mutatói fejlődést jelezzenek. Mivel az SEEMP egy menedzsment eszköz, a céloknak is időszakokhoz kell kötődni (pl. egy útra szóló, havi/negyedévi/éves célok kitűzése).]
4. Értékelés
   [Az SEEMP menedzsmenthez kötődése miatt az értékelés történhet a hajó parancsnoka által (egy útra szóló céloknál), vagy a társasági menedzsment által (pl. az éves céloknál, főként, ha a hajót ellátták távérzékelő, nyomkövető és egyéb felszerelésekkel).]

II. Rész: **A hajótulajdonosok és -üzemeltetők kötelezettségei**

1. Olaj alapú üzemanyagok fogyasztási adatainak gyűjtésére vonatkozó metodika
2. A hajó gépészeti berendezései milyen típusú olaj alapú üzemanyagot használnak
3. Bizonylatok [Bunker Delivery Note (BDN)] használata
4. Átfolyásmérők a mennyiségi méréshez
5. Az olaj alapú üzemanyagok tartályainak töltöttségi ellenőrzése
6. A hajó útadatainak ellenőrzése
7. Az IMO üzemanyagfogyasztás emissziós bejelentő űrlapja és annak kezelése

6 A várhatóan később kisebb hajóknál is előfogják írni, ezért a SEEMP tervet a Lloyds Register már 400 tonna bruttó űrtartalomnál ajánlja elkészíteni.

3. ábra: A bejelentő űrlap formája [16]



IMO DCS Annual Emission Report

Ship Name		Company Details	
IMO No.[1]		Name	
Flag		Address	
Ship Type [2]			
Class Sociaty		email	
Ice Class (If applicable) [3]			
EEDI (If applicable) [4]	gCO2/t.nm		
Gross Tonnage [5]			
Net Tonnage [6]			
DWT [7]			
Power output (rate power) [8]			
Auxiliary Engine (s)	kW		
Main Propulison	kW		

Ship Name:

Method used to measure fuel oil consumption [9]	Fuel Consumption (t)									Hour Underway (hh:mm)	Distance Travelled (nm)	End date* (dd/mm/yyy)	Start Date (dd/mm/yyy)
	Other (……)	(Cf; ……)	Ethanol (Cf: 1.913)	Methanol (Cf: 1.375)	LNG (Cf: 2.750)	LPG (Propane)	HFO (Cf: 3.114)	LFO (Cf: 3.151)	Diesel/Gas oil (Cf: 3.206				
Total	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

* In the case of daily underlying data, this column would be left in blank.

1 In accordance with the IMO Ship Identification Number Scheme, adopted by the Organization by resolution A.1078(28)

2 As defined in regulation 2 of MARPOL Annex VI or other (to be stated).

3 Ice class should be consistent with the definition set out in the International Code for ships operating in polar waters (Polar Code), adopted by resolutions MEPC.264(68) and MSC.385(94)). If not applicable, note "N/A".

4 EEDI should be calculated in accordance with the 2014 Guidelines on the method of calculation of the attained Energy Efficiency Design Index (EEDI) for new ships, as amended, adopted by resolution MEPC 245(66). If not applicable, note "N/

5 Gross tonnage should be calculated in accordance with the International Convention on Tonnage Measurement of Ships, 1969.

6 NT should be calculated in accordance with the International Convention on Tonnage Measurement of Ships, 1969. If not applicable, note "N/A".

7 DWT means the difference in tonnes between the displacement of a ship in water of relative density of 1025 kg/m3 at the summer load draught and the lightweight of the ship. The summer load draught should be taken as the maximum summe draught as certified in the stability booklet approved by the Administration or an organization recognized by it.

8 Power output (rated power) of main and auxiliary reciprocating internal combustion engines over 130 kW (to be stated in kW). Rated power means the maximum continuous rated power as specified on the nameplate of the engine.

9 Method used to measure fuel oil consumption: 1 - method using BDNs; 2 - method using flow meters; 3 - method using bunker fuel oil tank monitoring

III. Rész: **A megfelelőség megerősítése**
[Szakértői következtetések, a következő években elérendő célok, reális célkitűzések a CII mutatóval összhangban]

Az adott hajó adatai:

1. Áttekintés és frissítések felsorolása
2. Required CII a következő három évre, attained CII és értékelése három egymást követő évre
3. A karbonintenzitási jellemzők számítása (elméleti alapok)
4. Hároméves bevezetési terv
5. Önértékelés
6. Függelékek

[Kötelező: 1.függelék: a szénintenzitási szabvány adatok közlése; Nem kötelező: 2.függelék: az adatgyűjtésűrlapjai és összesítésük; 3.függelék: az ún. utankénti korrekció számítása, adatai; stb.]

A fentiekből következően, összhangban a MARPOL VI. mellékletének 27. szabálya előírásaival, az IMO 2019-től egy a hajók üzemanyagfogyasztási adatainak emissziós adatait tartalmazó **adatgyűjtési rendszer**t üzemeltet (**IMO DCS**), amelyhez minden 5000 tonna bruttó űrtartalmú vagy annál nagyobb tengeri hajó éves, fajtánkénti üzemanyagfogyasztását az emisszió oldaláról részletezve kell az előírt formában bejelenteni (3. ábra).

4.3. A CII mutatószámok

Az elvárható, éves, üzemi szénintenzitási mutatószám (CII) illetve az előírt, éves, üzemi

szénintenzitási mutatószám (CII) szabályozását a (2021. november 1-jétől hatályos módosított) MARPOL VI. melléklet 28. szabályában találjuk. A szabályokat minden 5000 tonna bruttó űrtartalmú vagy annál nagyobb hajóra 2023. január 1-től alkalmazni kell. Ez előírja, hogy a január 1-től december 31-ig tartó naptári évre ki kell számolni az elvárható, éves, üzemi szénintenzitási mutatószámot (CII).

A számításokat az ún. elismert szervezetek (jobbára hajóosztályozó társaságok) végezhetik a MEPC.352(78) határozat mellékletét képező útmutató (G1) 4. pontja szerint. A hajó elvárható, éves, üzemi szénintenzitási mutatószáma (CII) az év során a hajó által elvégzett teljes szállítási teljesítményre (W) eső CO_2 tömege (M), vagyis

$$\text{attained CII}_{\text{ship}} = M/W$$

Az elvárható, éves, üzemi szénintenzitási mutatószámból (CII) ki kell számítani az előírt, éves, üzemi szénintenzitási mutatószámot (CII) az alábbi képlet szerint:

$$\text{Előírt éves üzemi CII} = (1\text{-}z/100)\cdot \text{CII}_R$$

ahol:

z – az éves redukciós tényező a MEPC.304(72) határozat szerint és

CII_R – a szénintenzitás referencia értéke a MEPC.353.(78) határozat szerint kerül meghatározásra.

Az éves redukciós tényező 2023-ban 5%, 2024-ben 7%, 2025-ben 9% és 2026-ban 11%, míg 2027-2030 időszakra később kerül az IMO MEPC által meghatározásra [18].

A fentiek szerint kapott előírt, éves, üzemi szénintenzitási mutatószám (CII) alapján a hajót a MEPC.354(78) határozat szerinti útmutató alapján **A**, **B**, **C**, **D** vagy **E** kategóriába [kiváló, kicsit magas, csökkent, kissé alacsony és alacsony terjesítményszint (major superior, minor superior, moderate, minor inferior, or inferior performance level)] kell besorolni. A C kategória jelenti az elvárható, éves, üzemi szénintenzitást, míg az egymást követő három évben D kategóriába sorolt illetve az E kategóriába sorolt hajót a SEEMP tervben leírtak alapján kell korrektív műveleteknek (kisebb-nagyobb átépítésnek, átalakításnak) alávetni.

A CII érték egy 2019-ben közölt felmérés szerint [17] az üzemben lévő hajók 70%-a a B, C és D kategóriába, ezen belül a 30%-a a C kategóriába tartozott.

A számítási módszert (különösen a hajó típusától függő z redukciós tényező értékét) az IMO MEPC az alkalmazás tapasztalatai alapján 2026. január 1-jéig fogja korrigálni.

4.4. A EEDI/EEXI és a CII mutatószámok útján nyert környezeti hatások

Az EEDI mutatószámok jelzik az új hajók gépeinek és berendezéseinek használatából adódó környezeti hatékonyságot, vagyis azt, hogy mennyi széndioxidkibocsátás jut egy a hajó termelésére (áruszállítók esetében egy árutonna mérföldre). Ezt a mutatót a hajók tulajdonosainak, üzemeltetőinek belátása szerint oly módon kell használni, hogy az azonos típusú hajók azonos gépei illetve berendezései 2013. január 1-jétől használva biztosítsák 2025-re a 30%-os kibocsátáscsökkenést, majd 2050-re lehetőség szerint megközelítsék a teljes karbonsemlegességet (ezt nevezzük „Zérókarbon 2050" környezetvédelmi célnak).

Tekintettel arra, hogy a világ kereskedelmi hajóinak technikai avulás miatti lecserélése lassú folyamat (egyes hajótípusoknál 25 év feletti, de nem jellemző 15 év alatti élettartam-hossz). A környezeti hatékonyság eléréséhez közbenső átalakításokat kell előírni. Erre szolgál az EEXI és CII mutatószámok által diktált környezeti hatékonyságjavulás.

Az EEXI és CII mutatószámok együttes használata az egész hajó (a hajótest, a hajó gépei és berendezései és a hajócsavar) komplex energetikai és a vele összhangban lévő környezeti hatékonyságát szándékozik biztosítani. A komplexitás miatt ajánlatos annak kidolgozásával a hajó osztályozó felügyeletét ellátó társaságokra hagyatkozni.

5. A MONITORINGRA, ELLENŐRZÉSRE ÉS VALÓSZÍNŰSÍTÉSRE VONATKOZÓ ELŐÍRÁSOK

A MARPOL VI. melléklet 5. fejezetének „Alkalmazás" című 30. szabálya szerint a légszennyezési követelményeket alkalmazó 105 szerződő állam e melléklet végrehajtására az IMO kiadványaiban megjelölt hatálybaléptető egyéb előírásokat is alkalmazza. Ezek közül kiemelkedik az államok auditjára vonatkozó követelmény: az IMO az A.1067(28) közgyűlési határozatában foglalt rendben, időszakonként ellenőrzi a tengerhajózásért felelős illetékes hatóságok.

A MARPOL előírásai mellett más irányú ellenőrzés is folyik. Így például az Európai Unió területén kötelező jogrendben működik annak ellenőrzési rendszere is. Érvényes a tengeri közlekedésből eredő szén-dioxid-kibocsátások nyomonkövetéséről, jelentéséről és hitelesítéséről szóló 2015/757 számú európai parlamanti és tanácsi rendelet [19]. Ezt a rendeletet hívjuk angol rövidítéssel EU MRV-nek (EU Monitoring, reporting and verification). Ezt a rendeletet annak 2. Cikke szerint a hadihajók, a haditengerészeti segédhajók, a halász- és halfeldolgozó hajók, a kezdetleges építésű, fából készült hajók, a mechanikus meghajtás nélküli hajók és a nem kereskedelmi célra használt, az állami hajók kivételével az összes 5 000 tonna bruttó űrtartalom feletti hajókra kell alkalmazni az utolsó útiterv szerinti kikötőből egy tagállami joghatóság alatt álló kikötőbe tartó útjaik során, egy tagállami joghatóság alatt álló kikötőből a következő útiterv szerinti kikötőbe tartó útjaik során, valamint a tagállami joghatóság alatt álló kikötőn belül történő szén-dioxidkibocsátásaik vonatkozásában.

A hajóknak a rendelet szerint 2017. augusztus 31. után egy ún. „nyomonkövetési tervet" kell készíteni, s ennek megfelelően a 9. Cikk szerint utanként jelezni a következő információkat:

a) indulási és érkezési kikötőt, beleértve az indulás és az érkezés napját és időpontját;

b) a felhasznált tüzelőanyag teljes mennyiségét és kibocsátási tényezője valamenynyi felhasznált tüzelőanyag-típus tekintetében;

c) a kibocsátott szén-dioxidot;

d) a megtett távolságot;

e) a tengeren töltött időt;

f) a szállított rakományt;

g) a fuvarozási tevékenységet.

A fentieket a hajózási társaságoknak 2019-től kezdve minden év április 30-ig évente összesítve is jelentenie kell a hajó nevével és IMO-azonosítási számával megjelölve.

Az ilyen jelentéseket egy akkreditált hitelesítőnek (pl. a hajóosztályozó társaságoknak) kell ellenőriznie. A hajóknak a fedélzeten erről egy ún. megfelelőségi okmányt kell tartaniuk. Az illetékes hatóságok e rendszer működtetését ellenőrzik, ha kell, szankcionálják. A nem teljesítők kiutasíthatók az EU területéről.

Az ellenőrzési terv jelentési űrlapját az EU 2016/1927 számú végrehajtási előírásainak I. Melléklete tartalmazza. E terv jelentése A – F részekből áll, amelyek:

A rész: A felülvizsgálatok áttekintése

B rész: Alapadatok (pl. a hajó és a hajózási társaság adatai, az emissziót létrehozó üzemanyag fajtája és emissziós tényezője, stb.)

C rész: Működési adatok (üzemanyagfogyasztás adatai, a hajó útadatai, a szállított áruk, utasok, a tengeren töltött idő, stb.)

D rész: Adatvariációk eltérései (pl. üzemanyagok eltérései, stb.)

E rész: Menedzsment folyamatok (pl. a tervek időszakos felülvizsgálatának időköze, módosítások, kiigazítások, stb.)

F rész: Egyéb információk (alkalmazott fogalommeghatározások, rövidítések)

Az éves emissziós jelentésnek az EU 2016/1927 számú végrehajtási előírásainak II. Melléklete szerint a következő négy részből kell áll:

A rész: A hajó és a társaság adatai

B rész: A hitelesítő adatai

C rész:
Az ellenőrzési módszer és hibahatárai

D rész:
Éves adatok (az IMO DCS-hez hasonlóan)

Bár mindenki elismeri, hogy az EU szabályozás jól szolgálja az üvegházhatású gázok csökkentésére irányuló erőfeszítéseket, sokan bírálják az EU MRV-t annak túlzott bürokratizmusa miatt.

Az EU MRV szabályozás egyik előnye, hogy kapcsolatot létesít az ún. EU Green Deal (az EU zöld átállása) folyamaton belül az EU emissziókereskedelmi rendszerével (**EU ETS** = Emission trading system). Az EU ETS viszont az pénzügyi forrás, amely lehetőséget biztosít a zöld átállás költséges és rögös útjához: pénzügyi alapot képez az alternatív energia források kutatásához és ezen kutatások eredményeinek a gyakorlatba való átültetésére.

FELHASZNÁLT IRODALOM

[1] Az IMO weblapja [www.ino.org]
[2] Fourth IMO Greenhouse Gas Study, 2020 [a pdf alapú, angol nyelvű kiadvány letöltve az IMO weblapjáról]
[3] MARPOL Consolidated Edition 2017 [IE520E; IMO, London]
[4] MARPOL Annex VI and NTC 2008 with Guidelines for implementetion 2017 Ed. [IC664E; IMO, London]
[5] MARPOL 2022 Ed [IMO Bookshelf, IMO, London]
[6] DNV Energy Transition Outlook 2022, A global and regional forecast to 2050 [az Internetről letöltve]
[7] DNV Maritime Forecast to 2050, Energy Transition Outlook 2022 [az Internetről letöltve]
[8] DNV Insights into Seafarer Training and Skils Needed to Support a Decarbonized Shipping Industry [Report no.: 2022-0814, rev. 0; az Internetről letöltve]
[9] Roadmap to decarbonising European shipping, a study by TE Transport&Environment, November 2018 [a www.transportenvironment.org weblapról letöltve, 2018]
[10] Zalacko Roland – Zöldy Máté – -Simongáti Győző: Alternatív tüzelőanyagok alkalmazhatósága a hajózásban és tüzelőanyag-fogyasztás számítási módszerek [Közlekedéstudományi Szemle, 70. évf., 4. szám (2020. augusztus); pp. 53-62.]
[11] IMO Note by the International Maritime Organization to the fifty-seventh session of the UNFCCC Subsidiary Body for Scientific and Technological Advice (SBSTA 57) Sharm El Sheikh, Egypt, 6 to 12 November 2022
[12] Ship Emissions Toolkit, Guide No.1: Rapid assessment of ship emissions in national context, IMO, GloMEEP Project, 2018
[13] Ship Emissions Toolkit, Guide No.2: Incorporation of MARPOL Annex VI into national law, IMO, GloMEEP Project, 2018
[14] Ship Emissions Toolkit, Guide No.3: Development of ship emissions reduction strategies, IMO, GloMEEP Project, 2018
[15] MAN Energy Solutions füzetsorozat „Future in the making" című kiadványában.
[16] A Lloyds Register of Shipping SEEMP űrlapformája [az Internetről letöltve; 2022. december 6.]
[17] DNV, Carbon Intensity Indicator (CII) – A closer look, Webinar 16 September 2021
[18] Ship Efficiency in the Context of EEDI, EEXI and CII – The MCN guideline; Maritime Cluster Norddeutschland, 2022
[19] A tengeri közlekedésből eredő szén-dioxid-kibocsátások nyomon-követéséről, jelentéséről és hitelesítéséről, valamint a 2009/16/EK irányelv módosításáról szóló 2015/757 számú európai parlamenti és tanácsi rendelet; Az Európai Unió Hivatalos Lapja; 2015.5.19.; L123/55 – 76.

Annex VI of the 50-ear-old MARPOL treaty
Shipping, air pollution and climate change

Anlage VI des 50-jährigen MARPOL-Übereinkommens -
Seefahrt, Luftverschmutzung und Klimawandel

Támogatóink

Építési és Közlekedési Minisztérium

KTI Magyar Közlekedéstudományi és Logisztikai Intézet
Alapítva - Since 1938

ORFK • Országos Balesetmegelőzési Bizottság • 1992

FŐMTERV

STADLER
Stadler Trains Magyarország Kft.

VOLÁNBUSZ

GYSEV Raaberbahn

EUROASZFALT
ÉPÍTŐ ÉS SZOLGÁLTATÓ KFT.

HungaroControl
Magyar Légiforgalmi Szolgálat

KÖZLEKEDÉS
TERVEZŐIRODA

NEMZETI ÚTDÍJFIZETÉSI SZOLGÁLTATÓ ZRT.