

LXXI. ÉVFOLYAM 5. SZÁM
2021. OKTÓBER

KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI SZEMLE



A KÖZLEKEDÉSTUDOMÁNYI EGYESÜLET SZAKLAPJA
ALAPÍTVÁ 1951-BEN

LENDÜLETBEN AZ UTAKON

1700

ÚJ AUTÓBUSZ ÁLL
FORGALOMBA 2021 VÉGÉIG

800

AUTÓBUSZ BESZERZÉSÉNEK
ELŐKÉSZÍTÉSE FOLYAMATBAN

100

ÚJ E-BUSZNAK
KÖSZÖNHETŐEN

5343

TONNA SZÉN-DIOXID-
MEGTAKARÍTÁS ÉVENTE

40%

MEGÚJULT AUTÓBUSZ-
FLOTTA 2022 VÉGÉIG

KÖVESS MINKET!



ÁLLAMI KITÜNTETÉSEK 2021. AUGUSZTUS 20-A ALKALMÁBÓL

DR. TÓTH JÁNOS,

a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kara Közlekedéstechnológiai és Közlekedésgazdasági Tanszék tanszékvezetője, a KTE főtitkára, a Közlekedéstudományi Szemle felelős kiadója *Magyar Érdemrend lovagkeresztje polgári tagozata* kitüntetésben részesült.

DOBÓKŐI GYÖRGY,

a Békés Megyei Kormányhivatal Közlekedési, Műszaki Engedélyezési és Fogyasztóvédelmi Főosztálya nyugalmazott vezetője, a Közlekedéstudományi Szemle számos cikkének szerzője és társszerzője *Magyar Arany Érdemkereszt* kitüntetésben részesült.

TÓTHNÉ TEMESI KINGA,

a Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft. Északnyugat-magyarországi Közlekedésszervező Iroda vezetője, tudományos munkatársa, szakcikkek szerzője *Magyar Arany Érdemkereszt* kitüntetésben részesült.

A kitüntetetteknek gratulálunk

a Szerkesztőbizottság

TARTALOM

Albert Gábor – Miksztai Péter

Tehergépkocsi szokásjellemzők feltárása
pozícióadatok alapján 5

Szabó Zsombor – Úti Gábor

Dr. Sipos Tibor

Havária jelenség hatása
Budapest forgalmára 24

Dr. Varga Balázs – Dr. Tettamanti Tamás

Városi járműforgalom térbeli becslése
kernel módszerek segítségével 37

Melléklet

Közlekedésbiztonság -

Közlekedési környezetvédelem

Dr. habil. Péter Tamás – Götz Sándor

Bóta János

A hajózás biztonságának növelése a
DunaInfoControl® - modern irányítás
bevezetésével 44

Tisztelt Előfizető! Tisztelt Olvasó!

A Közlekedéstudományi Szemle nem csak nyomtatott, hanem digitális változatban is olvasható. Digitális változat megrendelése csak egyéni előfizetőknek lehetséges a Közlekedéstudományi Szemle szerkesztőségénél (szemle@ktnet.hu). A nyomtatott változat 8280 Ft-os előfizetési díjával szemben a digitális változat előfizetési díja csak 6000 Ft évente, KTE egyéni tagnak 4140 Ft. A könnyebb elérhetőség és az előfizetők jobb kiszolgálását biztosítandó, egyszerűsítettük az eddigi terjesztési formát. Így a jövőben az aktuális lapszámokat már a nyomtatott változat megjelenés előtt elküldjük előfizetőink e-mail címére pdf formátumban.

Reméljük, hogy hamarosan üdvözölhetjük Önt is a digitális előfizetőink között.

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.ktnet.hu

ALAPÍTOTTA:
a Közlekedéstudományi Egyesület

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

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

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

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

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

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

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

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

ISSN 0023 4362

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



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

Tehergépkocsi szokásjellemzők feltárása pozícióadatok alapján

Az Európai Unió nagy hangsúlyt fektet arra, hogy a tehergépkocsi-vezetők részére kötelező pihenőidők eltöltésére megfelelő és tervezhető feltételeket biztosítson. Ennek érdekében az egyes országok illetékes szervei erőfeszítéseket tesznek, aminek sikeressége mérhető interjúkkal, de megismerhető a pihenők használatának feltárásán keresztül is.

<https://doi.org/10.24228/KTSZ.2021.5.1>

Albert Gábor – Miksztai Péter

KTI Közlekedéstudományi Intézet
e-mail: albert.gabor@kti.hu, miksztai.peter@kti.hu

1. BEVEZETÉS

A tehergépkocsi-forgalom a közúti közlekedés meghatározó része, több szempontból is:

Az útburkolat leromlása szempontjából mértékadó a nehézjármű-forgalom nagysága, illetve aránya a teljes forgalmon belül.

A nehézjárművek mind méreteik, mind menetdinamikai tulajdonságaik következtében lényegesen nagyobb mértékben foglalják az utak kapacitását, mint a személygépkocsik.

A forgalom nehézjármű aránya befolyásolja a közlekedés biztonságát, s szerepük nem elhanyagolható a közlekedési környezetterhelésben sem.

Mindezek kapcsán elengedhetetlen, hogy minél mélyebben megismerjük, s ezek birtokában előre jelezni, sőt befolyásolni tudjuk a tehergépkocsik mozgását, útvonalválasztását, útközbeni viselkedését. Ehhez nyújt új lehetőséget a tehergépkocsik pozícióadatainak elemzése.

2. ELŐZMÉNYEK

A tehergépkocsik forgalomáramlásának kérdéseivel a szakemberek igen régen foglalkoznak mind Magyarországon, mind külföldön. Ennek egyik markáns és rendszeresen megjelenő esete a célforgalmi mátrixok kidolgozása, amelyre hazánkban 1955-től mintegy tíz évenként sor került [1]. Az adatgyűjtés és -feldolgozás, az eredmények létrehozása és közreadásának módja minden esetben tükrözte az adott időszak tudományos és műszaki lehetőségeit, az esetleges korlátokat. A módszertani változások egyik fő iránya a vizsgálatba bevont utazások számának, arányának folyamatos növelése volt. Míg 1955-ben és 1963-ban helyszíni megállítással kikérdezést végeztek, 1973-ban már a műszaki állomásokon kitöltött kérdőívekkel biztosították a reprezentativitás magasabb fokát. Az egyre nehezebben lebonyolítható kikérdezésekkel felhagyva 2008-ban a tehergépkocsi mátrixok már döntően eltérő, mintavételes eljárással készültek [2]. A mintát a reprezentatívnak tekinthető KSH adatgyűjtés képezte, amely tartalmazta a hazai rendszámú, 3,5 tonna raksúly feletti tehergépkocsi-

csik utazásaira és egyéb jellemzőire vonatkozó adatokat (1654/06 sz. „A közúti teherszállítás belföldi és nemzetközi teljesítményei” elnevezésű adatgyűjtés). Ez az állomány a hibás rekordok törlését követően is a korábbiaknál nagyobb, mintegy 10%-os minta vizsgálatát tette lehetővé. Igaz, csak a hazai rendszámú járművek utazásait tartalmazta, ezt ki kellett egészíteni a külföldi járművek magyarországi utazásaival, amit a hagyományos módszerrel, határállomási kikérdezéssel hoztak létre.

A 2010-es évek közepére jelentős változások álltak be, mind a technológiai fejlődés, mind az áruszállítás terén. Egyre elterjedtebbé vált a tehergépkocsik GPS nyomkövetése, amit tovább serkentett a tehergépkocsik elektronikus, úthasználattal arányos útdíj fizetésének bevezetése 2013-ban. Ez korábban soha nem látott méretű és pontosságú adatállományt eredményezett, egyrészt a Nemzeti Útdíjfizetési Szolgáltató Zrt.-nél (NÚSZ), másrészt a flottakövető vállalkozásoknál. A műholdas helymeghatározással (GNSS, Global Navigation Satellite Systems) rögzített pozícióadatokra alapozva a korábbiaknál lényegesen nagyobb mintára támaszkodva lehetett a tehergépkocsi utazásokat vizsgálni. Igaz, a rendelkezésre bocsátott helymeghatározási adatok a koordinátákon felül csupán a hozzájuk tartozó időbélyegeket tartalmazták, ezért az utazási paraméterek, távolságok és időértékek előállítására további feldolgozásokat igényelt.

A NÚSZ által az adott időszakban észlelt tehergépkocsik 46%-ának kéthavi mozgását lefedő adatállomány első alkalmazása a célforgalmi mátrixok létrehozása volt. Ezt követően volt módunk arra, hogy további vizsgálatokat végezzünk annak érdekében, hogy feltárjuk, milyen újabb lehetőségek nyílnak meg ezen adatok birtokában. A cikk ennek a munkának az eddig elért eredményeit mutatja be.

3. A POZÍCIÓADATOK FELHASZNÁLÁSÁNAK KORÁBBI PÉLDÁI

A GNSS pozícióadatok felhasználása a közlekedési folyamatok elemzésében nem új keletű. Az alkalmazások többsége a forgalmi igények felméréséhez és előrebecsléséhez kötődik, de

készültek közlekedésbiztonsági, parkolóhely-kihasználási vizsgálatok is.

Az Egyesült Államokban folyt az a GPS pozícióadatok feldolgozására alapozott kutatás, amelynek célja annak megállapítása volt, hogy mely parkolókat, s hogyan használják a helyközi közlekedésben résztvevő tehergépkocsik [3].

Short, J. and Jones, C., (2008) [4] azt vizsgálta, hogyan használhatók fel a GNSS pozícióadatok a tehergépkocsi forgalom nagyság meghatározásához az USA teljes úthálózatán. Bemutatja, milyen módszer alkalmazható egy útszakasz, egy regionális hálózat esetében, hogyan vizsgálható a forgalom időbeli lefolyása. Kitér a torlódások elemzésének lehetőségére, sőt az időjárás körülmények forgalombefolyásoló hatására is. Mindemellett a legfontosabb következtetések az adatgyűjtés egységességét, többletköltség-mentességét, teherjárműre célozhatóságát, valamint területi kiterjedtségét emelik ki, amelyek következtében az így nyert eredmények sokkal megbízhatóbbak a korábbi adatgyűjtési eljárásokra alapozottaknál.

2013-ban a Minnesotai Közlekedési Minisztérium megbízásából a Minnesotai Egyetem komplex, számos forgalmi jellemzőt vizsgáló módszert dolgozott ki a Twin Cities (Minneapolis és Saint Paul) várostérség áruszállítási teljesítményének GPS adatokra támaszkodó elemzésére [5]. Egy teljes év (2012) GPS adatainak felhasználásával vizsgáltak 38 kulcsfontosságú áruszállítási folyosót, elemezve a nehéz-tehergépkocsik mozgását, s annak megbízhatóságát. Számos teljesítményindikátort vizsgáltak, mint a helyváltoztatások számát, a forgalom nagyságát, az utazási időt és annak megbízhatóságát, a késedelmet, s mindezt útonalanként, azon belül szakaszonként és különböző napszakokra. Az adatok megbízhatóságát, a GPS alapú sebességmérés pontosságát a telepített forgalomszámláló állomások adatainak felhasználásával ellenőrizték és validálták. Az eredmények azt mutatták, hogy a GPS adatok feldolgozásának eredményei egyaránt segíthetik az USA Közlekedési Minisztériumát a hálózat fejlesztésének tervezésében és a felszíni áruszállítás tervezőit a hatékony,

torlódásos szakaszokat elkerülő útvonalak megtalálásában. A munka során tesztjármű adatokat is felhasználtak annak vizsgálatára, hogy ezek az adatok mennyiben használhatók fel az áruszállítási sebesség értékének és változásának meghatározására az országos közúthálózaton a délelőtti és délutáni forgalmi csúcsidejakban.

A mért és feldolgozott adatok szerint sorolták az útszakaszokat a megbízható, a mérsékelten megbízható és a nem megbízható osztályokba aszerint, hogy mekkora volt az adott szakasz utazási idejének szórása. A késési időket alapul véve kiszámították azt a veszteséget, amelyet a torlódásokból fakadó késedelem okoz, egyrészt összességében, másrészt egy jármű egy órák késésére.

A kutatás rámutatott arra is, hogyan használhatók az egy hónapra, novemberre vonatkozó adatok a forgalom nagyságának, a sebesség változásának kiszámítására a délelőtti és délutáni csúcsidejakra.

A nottinghami egyetem egy vizsgálata a körforgalmak térségében az ott elhaladt járművek GPS adatainak elemzéséből levezetett vészfékezéseket veti össze az ugyanott bekövetkezett balesetekkel, kimutatva egy viszonylag laza, de mégis igazolható kapcsolatot [6].

A memphisi egyetem által vezetett kutató csoport arra kereste a választ, hogy milyen matematikai modellel lehet legjobban kapcsolatot teremteni a parkolók kihasználtsága és egyéb jellemzői valamint az azokat igénybe vevő vagy a csatlakozó útvonalon elhaladó tehergépkocsik GPS adatai között [7]. Az eredmények azt mutatták, hogy megfelelő korreláció eléréséhez több tényezőt is figyelembe kell venni (tehergépkocsiforgalom-nagyság, sávszám, stb), míg más összetevők, mint pl. a be- és kihajtó sávok illegális használata csökkentik a parkolóhelyek kihasználtságát. A vizsgálat kitért a kihasználtság napi ingadozására is.

A „Truck Activity Analysis using GPS Data” projekt keretében többek között azt vizsgálták, hogy a többnyire csak egy mintát képviselő, a kapcsolódó úthálózaton elhaladó vagy

az adott parkolóba beálló tehergépkocsik GPS pozícióadataiból hogyan lehet következtetni a különböző parkolótípusok tényleges, elsősorban éjszakai foglaltságára [8].

Tehergépkocsi GNSS pozícióadatok nagy tömegű, forgalom elemzési célú felhasználására először az OCF 2016 projekt keretében nyílt módunk. Ahogy a bevezetőben említésre került, olyan flottakövető vállalkozásoktól vásároltuk meg az általuk követett tehergépkocsik kéthavi (2016 október-novemberi) mozgásait leíró anonimizált pozícióadatait, amelyek egyben a NÚSZ bevallási közreműködői, így ezek a járművek (szintén anonimizált formában) megtalálhatók a NÚSZ adatállományában is. A két állomány összevezetésére azért volt szükség, hogy meghatározható legyen az adott jármű kategóriája. Ezt ugyanis a flottakövetési pozícióadatok nem tartalmazták. A jármű anonimizált azonosítója mellett a jármű földrajzi elhelyezkedése és annak időpontja ismert.

Az OCF 2016 projektben az adott jármű utazásainak kiinduló és végpontjához rendelt forgalmi körzetet kerestük, egy-egy ilyen utazás jelenti a célforgalmi (honnan-hová) mátrix egy-egy elemét. Ennek meghatározása speciális algoritmust igényelt, amelyet a projekt során dolgoztunk ki [9]. Erre támaszkodva hoztuk létre három tehergépkocsi osztályra a forgalmi modellezés alapját képező célforgalmi mátrixokat.

4. A POZÍCIÓADATOK FELHASZNÁLÁSA A NEHÉZ-TEHERGÉPKOCSIK VÁRAKOZÁSAINAK ÉS CÉLPONTJAINAK VIZSGÁLATÁRA – MÓDSZERTAN

A tehergépkocsik GNSS adatainak további feldolgozására 2019-ben nyílt módunk. Az ekkor indított projektben egyrészt a Magyarországot érintő, az országhatárt átlépő utazások végpontjainak pontosabb meghatározása, akár adott objektumhoz rendelése volt a feladat, egyúttal keresve ezek sűrűsödési pontjait, azaz a több jármű által is érintett célpontokat. Az OCF 2016-tól eltérően ez esetben nem elégedtünk meg a célpontok elnagyolt, körzet szintű

megkeresésével külföldön sem, hanem város, városrész, ipari / logisztikai központ mélységben, pontossággal határoztuk meg a nehéz-tehergépkocsik útjainak végpontjait. Másrészt kerestük a tömegesen használt parkolási és várakozási helyeket, valamint ezek használatának módját, például a különböző típusú várakozó helyeken eltöltött időtartamot. A tömeges várakozási helyszínek között megjelentek azok a határátkelőhelyek is, amelyeknél a tehergépkocsik hosszadalmasan várakozni kényszerültek.

Az adatbázis alapját a tehergépkocsik fedélzeti berendezései által szolgáltatott log-fájlok adták, amelyek csupán azt rögzítik, hogy egy adott időpontban milyen földrajzi koordinátán tartózkodik a jármű, tehát rendelkezünk koordinátával és időbélyeggel. Ezeknek az adatoknak az egymás után szerepeltetéséből lehet következtetni a jármű mozgására, útvonalára, sebességére, várakozására. Számos előkészítő számításra volt szükség a tényleges feldolgozás megkezdése előtt, ugyanis először össze kellett rendelni az ugyanahhoz az egyedi azonosítóhoz tartozó pontokat, azokból sorozatot, így útvonalat kellett képezni, majd le kellett válogatni azokat, amelyek nem lépik át az országhatárt, ugyanis a feladat a nemzetközi fuvarok vizsgálata volt.

Az így megmaradt útvonalakat szakaszoltuk, illetve definiáltuk, milyen „viselkedési mintát” tekintünk valódi megállásnak, illetve végpontnak. A megállást látszólag egyszerű definiálni azzal, hogy ha a GPS pontok hosszabb időn keresztül ugyanoda (illetve inkább egy meghatározott kis sugarú területre) esnek, akkor az megállásnak minősül. Ugyanakkor egyáltalán nem mindegy, hogy az a megállás hol és milyen indokkal történik. Erre nem kapunk választ tisztán a koordináta-adatok vizsgálatával, hanem térinformatikai térképeket, adatbázisokat használtunk (elsősorban az OpenStreetMap térképeit), amelyek tartalmazták a parkolókat, pihenőhelyeket, üzemanyag-töltő állomások, határátkelők helyét, és össze lehetett vetni, hogy a kiszámított megállások vajon összeesnek-e ezek területével. Ez jelentősen hozzájárult az adatok értelmezéséhez, ugyanakkor korlátai is vannak, hiszen csak azokat az objektumokat tudjuk figye-

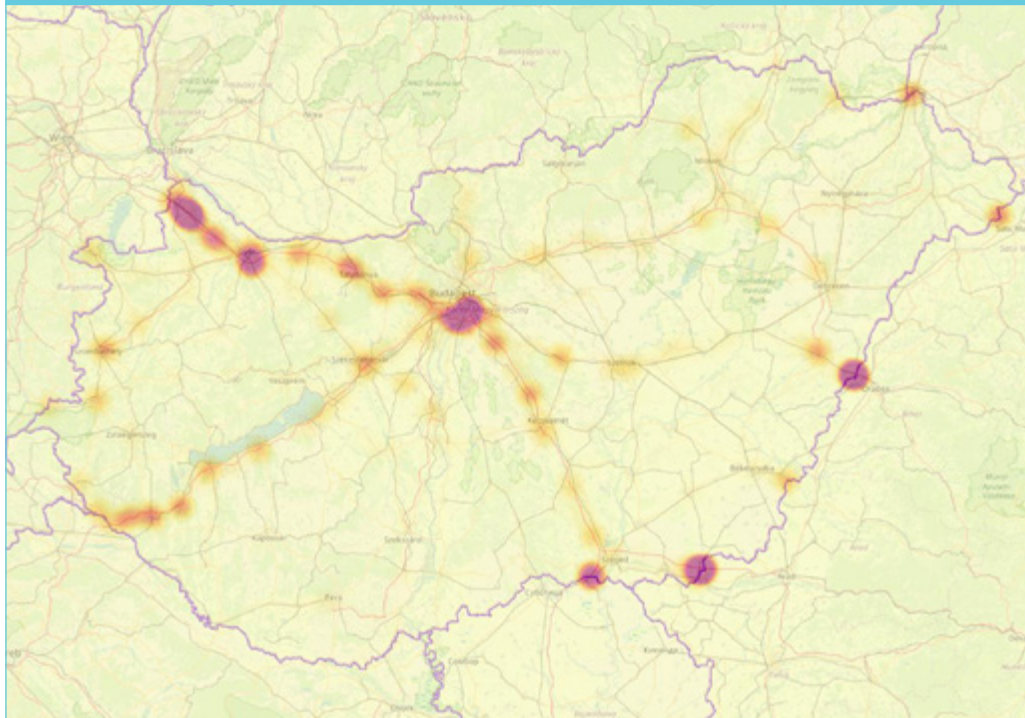
lembe venni, amelyek szerepelnek a térképen. Éppen ezért a pihenők leképezéséhez több forrásból is építettünk térképet.

A másik fontos információ, amit ki kellett nyernünk, a fuvarok végpontjai. Mivel a célpont is egy speciális várakozás, ezért meg kellett tudni különböztetni az útközbeni várakozástól. Ehhez egyrészt felhasználtuk az OSM adatait, és ami várakozásnak minősült, az nem minősült végpontnak, illetve azt is vizsgáltuk, hogy az útvonalat képező apró részzszakaszok milyen irányba mutatnak, így meg lehetett állapítani, ha az iránya határozottan visszafordult. Sajnos ilyen „vegytiszta” eset nem fordult elő elegendő számban, ugyanis pl. már az is elegendő ahhoz, hogy ez az algoritmus ne adjon helyes eredményt, ha a célpont körül, annak közelében egy kört ír le a jármű, máris nincs határozott visszafordulásra utaló jel. De az is előfordulhat, hogy egy adott helyszínen tényleges fel-/lerakodás történik, tehát célpontnak minősül, de mégis tovább halad a jármű a következő célpontja felé. Ezeket úgy pontosítottuk, hogy leszűrtük a várakozásnak minősített eseteket és utána ahol lehetett, illetve ahol bizonytalanság volt, szintén az OSM térképeit vettük igénybe (pl. egy logisztikai központ szinte biztos, hogy célpontnak számít).

Az eredmények értékelésénél nem szabad figyelmen kívül hagyni azt, hogy az adatállományokból nem derül ki, hogy az adott jármű rakott volt-e vagy sem, mennyi terhet szállított, illetve arra is csak becsléseket tudunk adni, hogy a vizsgált (egyébként igen jelentős arányú) minta az összes forgalomnak hány százaléka. Ugyanakkor még ha pontos darabszámot nem is tudunk mondani, a fontosabb helyszínek, irányok, egymáshoz viszonyított értékek mindenképpen értékelhető eredményt adnak.

Az eredményeket több módon is meg lehet jeleníteni. Nagyobb területekre ún. hőterképeket készítettünk, amelyek az egyes helyszíneken a pontok sűrűsödését mutatják be. Ha egy adott helyszínen több végpont vagy várakozási pont található, annak sötétebb a színe. Lokális vizsgálatokhoz használható az a megjelenítési mód, ahol minden egyes pontot (várakozást)

1. ábra: A magyarországi várakozások áttekintő hőtésképe



ábrázolunk, ugyanakkor megkülönböztethetjük valamilyen jelkulcs, színkód alapján a várakozási idők hosszát.

5. A MAGYAR KÖZÚTHÁLÓZATOT HASZNÁLÓ NEHÉZ-TEHERGÉPKOCSIK VÁRAKOZÁSI HŐTÉRKÉPE

Először azt mutatjuk be, hogy a magyar közúthálózatot használó, nemzetközi forgalomban közlekedő tehergépkocsik jellemzően hol és milyen hosszan várakoznak Magyarországon területén, illetve külföldön.

5.1. A várakozási hőtésképek vizsgálata Magyarországon területén

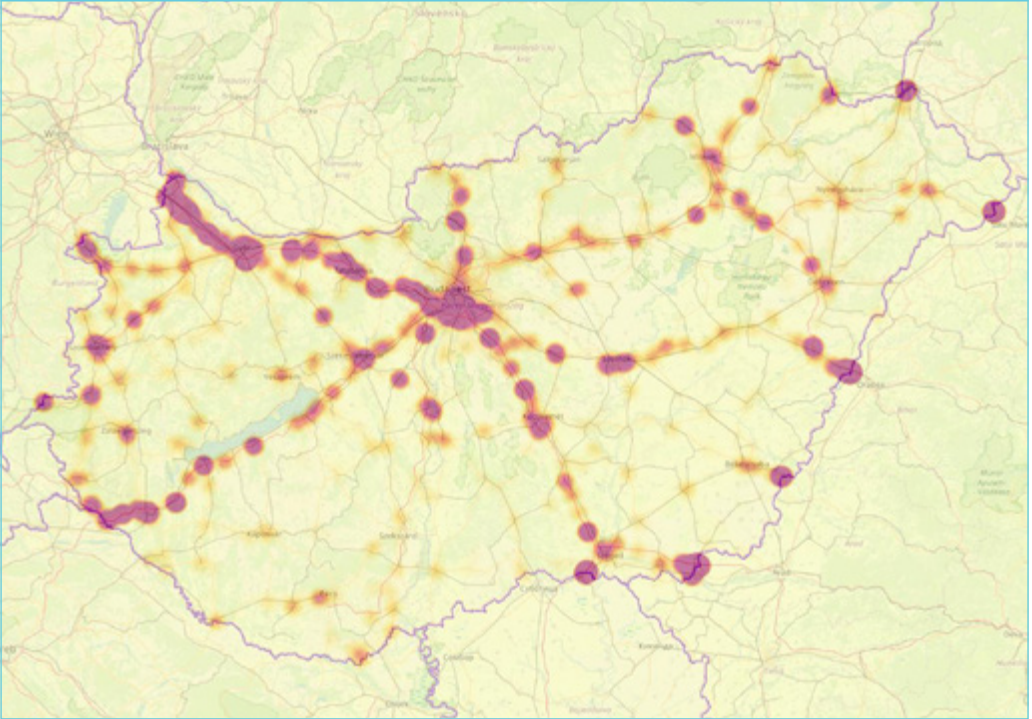
Az 1. ábra Magyarországon területére képzett összes várakozás hőtésképet mutatja be a teljes vizsgált időszakra. Jól kirajzolódnak az ismert tranzitútvonalak, illetve a jelentősebb nem schengeni határátkelők.

Láthatók az autópályák mentén található pihenők, de néhány helyszín nagyon markánsan megjelenik. Az egyik legnagyobb ilyen pontegyüttes az M1 autópályára osztrák határhoz közeli szakaszán van. A legnagyobb részt az autópályára 162-es km szelvényében fekvő Mosoni pihenőhely adja, de komoly forgalma van az M1 autópályára és a 86-os számú főúton csomópontjában fekvő kamionparkolónak és benzinkútnak, valamint a határ előtt a Miklóshalmi útról nyíló kamionparkolónak és motelnek.

Szintén a közelben látható egy másik sűrűsödési pont, az M1 autópályára 119-es km szelvényében található Arrabona pihenőhely. Hozzájárulhat a pontfelhő méretéhez, bár önmagában nem túl jelentős (kb. ötöde) az autópályára és a 81-es számú főúton csomópontjában lévő parkoló.

Egy másik terület, ahol jelentős számú megállást regisztrálhatunk, az M0 déli szektora, illetve annak közvetlen környéke. Ezen belül is kiemelkedik a szigetszentmiklósi/csepeli pi-

2. ábra: A 15 percnél rövidebb megállások hő térképe



henőhely a 19-es kmszelvényben. Mintegy fele ekkora mértékű, de még így is jelentős számú megállást regisztrálhatunk az Alacska pihenőben. Ezekből jóval elmaradó számú, de lokálisan és összedadva jelentős várakozási pontok adódnak az autópálya közelében fekvő ipari-kereskedelmi létesítmények, logisztikai központok közelében, ahol a járművek valószínűsíthetően rakodásra várakoznak.

A másik nagy csoport, ahol jelentős mennyiségű várakozást találhatunk, a határátkelőhelyek. Ilyen tekintetben a két legjelentősebb pont a román határon található. A legtöbb megállást a csanádpalotai határon láthatunk az M43 autópályán, de nem sokkal marad el tőle a 42. sz. főút Ártándnál. Az M5 autópálya rőszkei átkelője is számottevő megállással bír, de kevesebb, mint fele annyi pontot láthatunk itt, mint az előző két említett helyszínen.

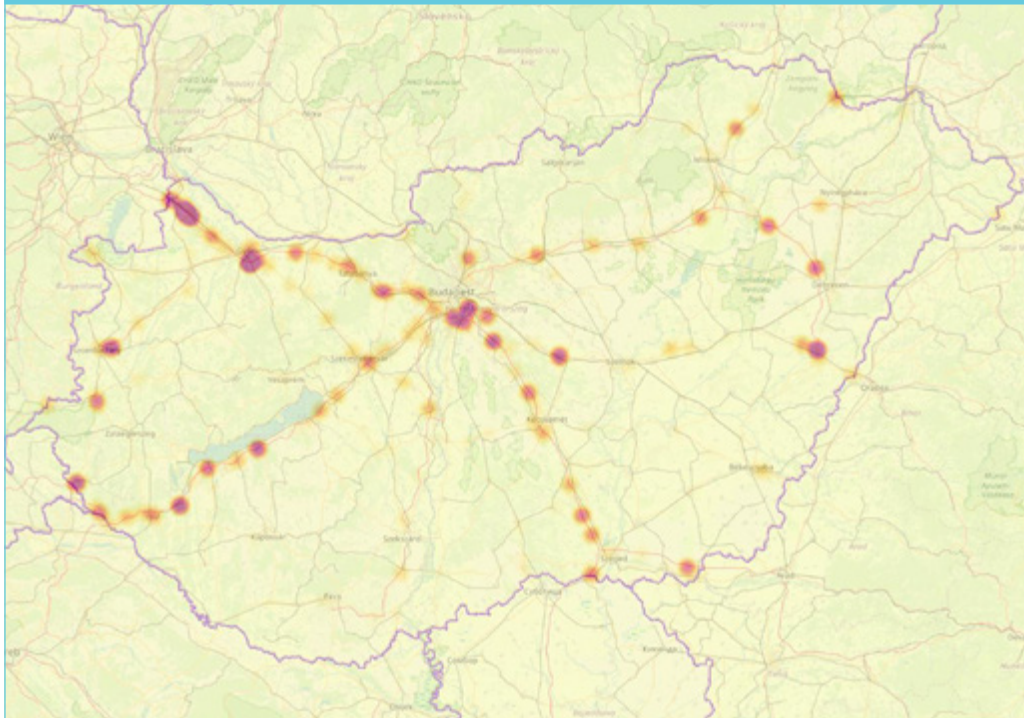
Mivel az egyes várakozások eltérő időtartamúak, a várakozások hosszának elemzése is hasz-

nos lehet. Ezzel megkereshetjük a hosszabb idejű tartózkodásra nagyobb tömegben igénybe vett helyszíneket, vagy éppen a rövid ideig igénybe vett helyszínek (pl. benzinkutak) is kirajzolódnak. Az 1. ábrán a hangsúlyos ÉNy-DK irányú forgalom miatt az egyéb helyszínek kevésbé látszódnak a kisebb elemszám következtében, de ha pl. megnézzük, hogy alakulnak a 15 percnél rövidebb megállások (amelyik a leggyakoribb fajta), akkor már több, nagy tehergépkocsi-forgalommal rendelkező autópályát és főutat is láthatunk (2. ábra).

Természetesen az eredeti térkép, adatbázis természetesen nagyítható és elemezhető. Amennyiben vizsgálni szeretnénk az egyes pontok helyét – mivel itt a teljes országot mutatjuk be –, így az azonosítás csak hozzávetőleges lehet és a tendenciákat mutatja.

Több várakozási időosztályt is vizsgáltunk, de itt terjedelmi okokból nem tesszük mindet közzé. A belőlük levonható következtetések a

3. ábra: A 8-12 óra közötti megállások hő térképe



következők: A 15-45 perc közötti várakozások szintén jelentős mennyiségben vannak jelen, hasonló térképet rajzolnak ki, mint a 15 perc alattiak. A 45-90 perc közötti várakozások esetében láthatjuk, hogy a főutak mentén egyre halványabbak a foltok, tehát kevesebb ilyen időtartamú megállás van, de az autópályákon még nem jelentős a csökkenés. Viszont 90 perc felett a főutak szinte teljesen eltűnnek (alig van ilyen hosszúságú várakozás) és az autópályákon is szinte csak a leggyakrabban használt helyszínek láthatók. Ez a trend igaz egészen a 8 órát meghaladó várakozásokig, mivel a 8-12 óra közötti hosszúságú várakozások darabszáma jelentősen felülmúlja a 8 óránál rövidebb várakozásokét. De ez magyarázható, sőt logikus is, hiszen a gépkocsivezetők kötelezően letöltendő pihenőideje éppen ebbe a tartományba esik. A 3. ábrán láthatjuk, hogy ezek a nagy tranzitforgalommal rendelkező folyosókon fordulnak elő (érthető módon), és az adatok alaposabb elemzésével az egyes helyszínek

is beazonosíthatók, sőt az átlagos várakozási idő is minden helyszínrre meghatározható.

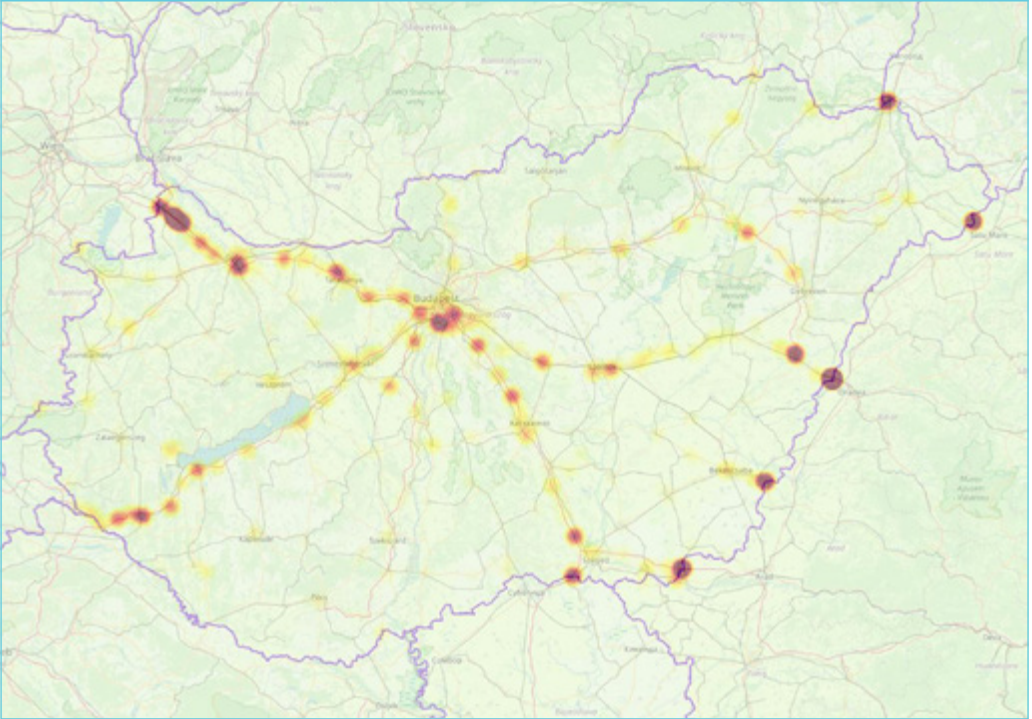
12 vagy 16 órát meghaladó pihenőket ritkán láthatunk, térképen alig ábrázolható mennyiségben.

Az eddigi megállapítások a teljes vizsgált időszak összességére voltak igazak, tehát ugyanúgy tartalmaztak munkanapi és hétvégi forgalmakat is. Érdekes lehet ugyanakkor megvizsgálni, hogyan alakul mindez, ha kiemelünk egy szerdai munkanapot vagy egy vasárnapot.

Szerdán is a 15 perc alatti várakozások adják a legnagyobb mennyiséget, alapvetően hasonló tendenciával, csak kisebb mennyiséggel, elsősorban a gyorsforgalmi utak látszanak, azon belül is az M1 autópálya dominál, a főutakon lényegesen kevesebben várakoznak.

Ha megvizsgáljuk a 8-12 óra közötti hosszúságú várakozásokat, kissé más képet láthatunk,

4. ábra: A 15 perc alatti megállások hőtésképe a vasárnapi napokon



az átlagoshoz képest. Győr és Mosonmagyaróvár térsége kiemelkedik a mennyiséget tekintve, de sem az M1 további szakaszai, sem az M0, sem az M5 autópálya vonalában nem figyelhetünk meg jelentősebb várakozási igényt ilyen időtartamban.

Bár vasárnap alapszabály szerint közlekedési tilalom van a nehéz-tehergépkocsik számára, de mind a forgalomszámlálási adatok, mind az itt elemzett adatállomány azt mutatja, hogy létezik vasárnap is egy alacsony szintű tehergépkocsi-forgalom. Ha ismét a 15 perc alatti megállásokat vizsgáljuk, akkor láthatjuk, hogy a tranzitútvonalakon belül is főként a nem-schengeni országhatárokon, illetve azok közelében láthatunk említésre méltó mennyiségű várakozásokat a határátkelés miatt. Ezeken felül Győr és az M0 térsége jelenik meg markánsan (4. ábra).

A hosszabb (8 órán túli) és nagyobb mennyiségű várakozások tekintetében szinte csak Győr,

Mosonmagyaróvár és Hegyeshalom térsége említhető meg vasárnaponként.

A klasszikus hőtésképes ábrázoláson túl az eredmények egyéb vizsgálatokra is módot adnak, egy-egy kiválasztott helyszínt is meg lehet vizsgálni részletesebben. Így nem csak a várakozások darabszámát, hanem az időtartamot is ábrázolni lehet (országos léptékben ez nem lenne látható).

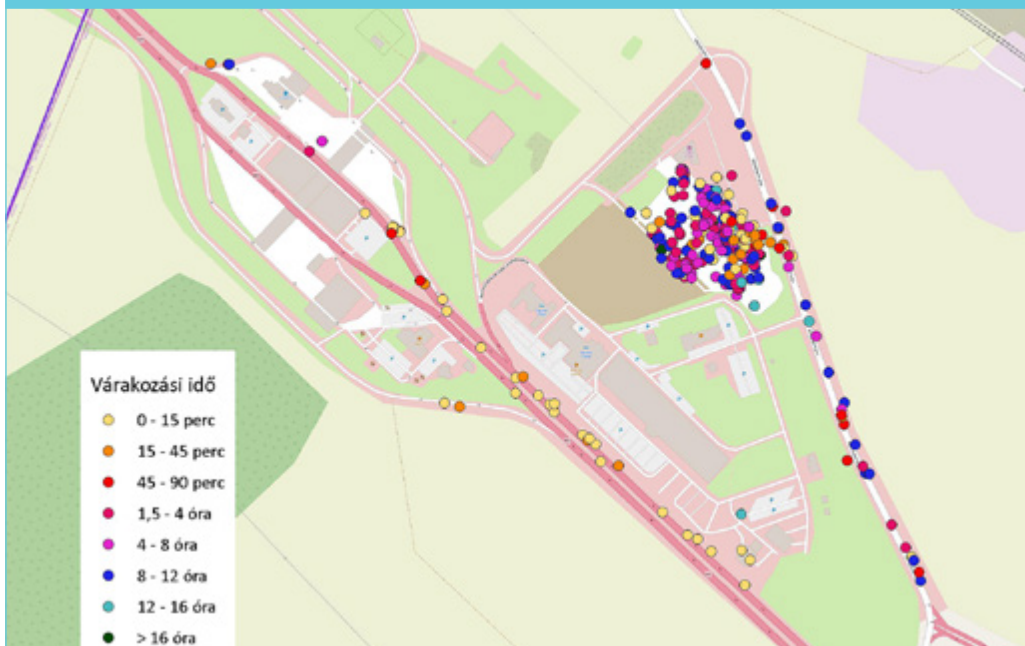
Az 5. ábra egy példát mutat be, amelyen az M5 autópálya inárcsi pihenőhelyén a szerdai napokon a várakozási időket láthatjuk. Megfigyelhető a rövidebb várakozások túlsúlya (sárgás-pirosas színek), de van jó pár 8 órán túli várakozás is. A pontok elhelyezkedéséből az valószínűsíthető, hogy esetenként a parkoló bejáratában is megállnak, valószínűleg telítettségi problémák miatt.

Bemutatunk egy vasárnapra érvényes példaabrárt is. Ezen a Hegyeshalom melletti, határ kö-

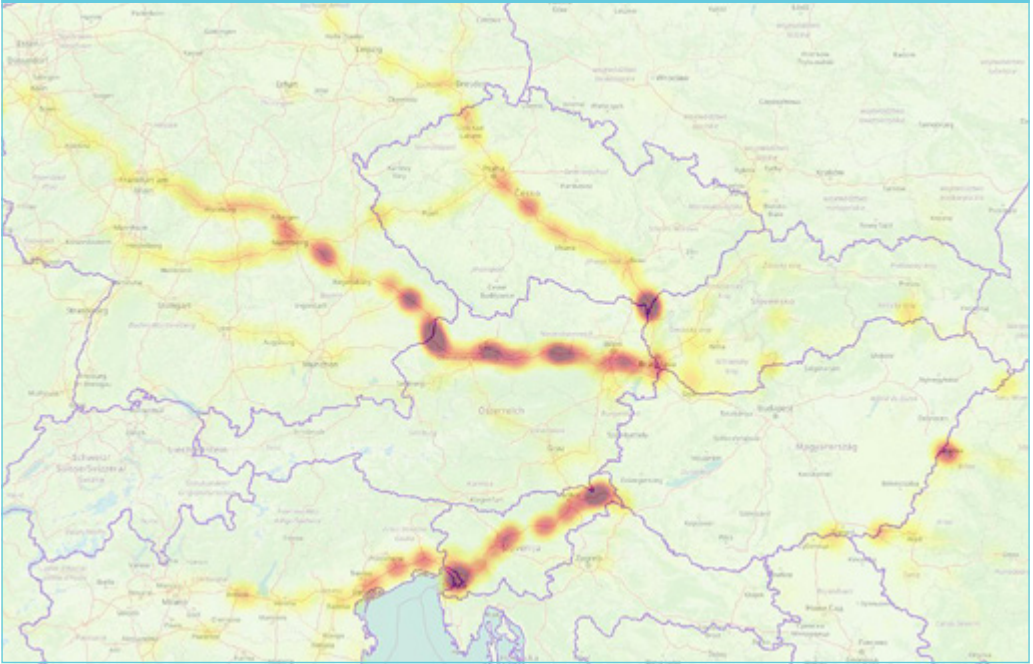
5. ábra: A várakozási időtartamok megoszlása az M5 autópálya inárcsi pihenőjében szerdai napokon



6. ábra: A várakozási időtartamok megoszlása az M1 autópálya hegyeshalmi kamionparkolójában vasárnapi napokon



7. ábra: Várakozási hőterkép külföldön, a várakozási idővel súlyozva



zeli parkolót láthatjuk (6. ábra). Látható, hogy kevés a rövid idejű megállás, a több órás várakozások dominálnak (liláskékes színek).

Láthatjuk, hogy a létrejött eredmények számos, még a bemutatottakon túli elemzést is lehetővé tesznek.

5.2. A várakozási hőterképek vizsgálata külföldön

Jelen vizsgálat lényegi része volt, hogy a Magyarországon áthaladó tehergépkocsikat külföldön is nyomomon tudjuk követni. Az adatokból kirajzolódnak a jellemző útvonalak és azon belül a jellemző megállóhelyek is.

A 7. ábrán a külföldi várakozások hőterképét láthatjuk, ahol nem csak a megállások darabszámát vettük figyelembe, hanem azok hosszát is.

Határozottan kirajzolódik néhány főbb útvonal: Bécs – Linz – Nürnberg – Frankfurt am Main – Köln/Bonn (Ausztria és Németország),

Pozsony – Brünn – Prága, illetve kevésbé határozottan tovább Lipcse és Hannover felé (Szlovákia – Csehország – Németország), Maribor – Ljubljana – Trieszt – Velence (Szlovénia és Olaszország).

Magyarország környezetét vizsgálva láthatjuk, hogy a legtöbb várakozást a magyar-román határ túloldalán, a DN1-es úton, Bors település térségében találjuk. Itt részben a Magyarországra belépni szándékozó kamionok várakozását láthatjuk, de hasonló nagyságú a Romániába belépett járművek megállása az út menti benzinkutaknál, parkolókból közvetlenül a határátkelés után.

Szintén a román határon láthatunk nagy mennyiségű várakozást a magyar M43 autópálya folytatásában, a román A1 autópályán. Itt a várakozás a határátkelés miatt van, nem jellemző a határátlépés utáni pihenőben félrálás.

Jelentős várakozás koncentrálódik Szlovéniában, Muraszombat közelében az A5-ös autópálya mentén.

pályán, ezt a sötét folt is jelzi (az átlagos várakozási idő 106 perc).

Jelentős várakozás figyelhető meg a magyar-szlovák határ után, a D2-es autópályán. Itt egyrészt az látható, hogy közvetlenül a határátlépés után állnak meg a járművek (átlagos várakozási idő 60 perc), ugyanakkor néhány km-rel távolabb, a Jarovce melletti pihenőben még több megállást regisztrálhatunk, az autópálya mindkét oldalán (átlagos várakozási idő 81 perc).

Továbbhaladva Csehország felé a D2 autópályán, több kisebb pihenő mellett egy nagyobb forgalmút is találhatunk a határ előtt nem sokkal, majd már Csehországban a határtól nem messze két nagyobb forgalmú pihenőt is találunk (itt az átlagos várakozási idő 110 perc körül van).

Ausztriában a magyar határ és Bécs között az A4-es autópályán egy pihenőhely emelkedik ki, a fischamendi.

Bécs után, az A1 autópályán gyakran találhatunk az autópálya mellett kiépített pihenőket, amelyeket a nehéz-tehergépkocsik használnak. Nem soroljuk fel az összeset, a térképen látszanak a foltok. Jellemzően 105-120 perc között van a várakozási idő, de az egyik kiemelkedik közülük, a St. Pölten melletti kamionparkoló, amely méreténél fogva is különleges, illetve abban is, hogy itt az átlagos várakozási idő 228 perc.

Linztől nyugatra az A25-ös, majd A8-as autópályán halad tovább a fő forgalmi áramlat, de az itt található kisebb pihenőkben relatíve alacsony számú megállást találhatunk és az átlagos várakozási idő tekintetében sincsen kiemelkedő helyszín hosszú szakaszon. A német határ felé közeledve a Murau Ost/West parkoló bonyolítja le nagy várakozó forgalmat az átlagnál kissé magasabb, 138 perces átlagos várakozási idő mellett. Ettől lényegesen több megállást fogad közvetlenül a német határ előtt elhelyezkedő, több részletről álló, nagy parkoló – benzinkút, étterem, szerviz komplexum –, ahol a parkolási idő átlaga 90 perc körül van, viszont ez a területen belül is változik a funkciójától függően, van ahol 47 perc, van ahol 228 perc.

Ahogy távolodunk Magyarországtól, úgy lesz egyre kisebb számosságú a hazánkat érintő teherforgalom, így az ebből adódó megállások száma is, amit az egyre halványodó és egyre világosabb foltok is jeleznek.

6. A MAGYAR KÖZÚTHÁLÓZATOT HASZNÁLÓ NEHÉZ-TEHERGÉPKOCSIK UTAZÁSI VÉGPONTJAI

6.1. Végponti hőtérképek létrehozása

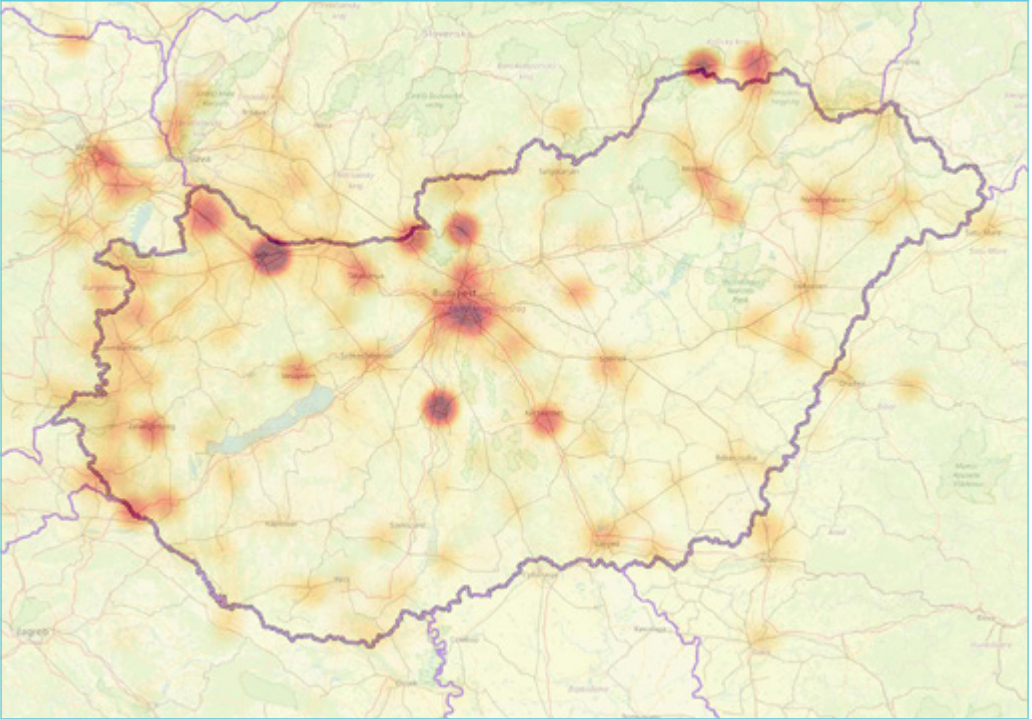
A munka egyik fő célkitűzése volt a magyar határt átlépő (Magyarországra érkező, innen induló, illetve tranzitban közlekedő) nehéz-tehergépkocsik tömeges célpontjainak meghatározása lokális szinten. Az eredményeket két részben mutatjuk be, először a magyarországi végpontokat, majd a külföldieket.

Az általános módszertani leírásban részleteztem túlmenően a végpontok azonosításához az OpenStreetMap térinformatikai adatbázisát is felhasználtuk az eredmények pontosításához. Erre leginkább azért volt szükség, mivel azon alapelvek, hogy a benzinkúton, illetve parkolóban történő megállás biztosan nem az utazás végpontja, hanem közbenső várakozás, bizonyos esetekben finomításra szorult. Ugyanis ez igaz a tisztán benzinkút, pihenő vagy parkoló funkciót ellátó létesítményekre (az autópályák pihenői általában ilyenek), de nem igaz ott, ahol (főként városi területen) az említettek kívül ipari-kereskedelmi-logisztikai funkciók is megjelennek. Mivel ezt az információt önmagában a GPS log nem tartalmazza, ezért volt szükséges háttér adatbázisokat igénybe venni, és egy ilyen területen szétválasztani a megállási és végponti eseményeket földrajzi elhelyezkedésük alapján. Ennek a bizonyosságára nem 100%-os és függ a háttéradatbázis tartalmától is, de ennek figyelembevétele mindenképpen a helyes azonosítás irányába mutat és nem okoz számottevő torzulást a mintában.

6.2. A magyar országhatárt átlépő nehéz-tehergépkocsik hazai jelentősebb célpontjai

Jelen vizsgálatban a belföldi fuvarokkal nem foglalkoztunk, hanem kifejezetten a nem-

8. ábra: A Magyarországra külföldről érkező nehéz-tehergépkocsik végponti hő térképe



zetközi fuvarok képezték a vizsgálat tárgyát. Ugyanakkor az adatokból kinyerhető, hogy a külföldről Magyarországra érkező fuvaroknak melyek a jellemző célpontjai (8. ábra).

Jól látható – és ezt a háttérben levő adatok is alátámasztják – hogy 3 térség emelkedik ki, amelyek a legjelentősebb célpontok:

- Győr keleti ipartelep (beleértve, de nem kizárólag az AUDI gyár)
- Dunaújváros déli területe
- M0 déli szektorában több logisztikai központ és ipari park összessége, hosszan elnyúlva (külön-külön nem lennének a legnagyobbak között, de összességében jelentősek)

Ezekről láthatóan lemaradva, de még mindig önállóan jelentős mennyiséget képvisel a kecskeméti Mercedes gyár és az esztergomi Suzuki gyár, nagyjából hasonló értéket mutatva.

Hozzájuk képest kicsit több, mint fele akkora mértékű célpontot mutat Mosonmagyaróvár nyugati ipartelepe, ettől kicsit kevesebbet a Váci Cementművek. Közel ekkora vonzást mutat fel a Nyíregyháza nyugati részén fekvő ipari park, a Veszprémtől északra fekvő ipari park, kiegészítve a kádártaival, de ide sorolható még a Tatabánya nyugati részén fekvő ipari park is. Érdekes, hogy ebbe a nagyságrendbe bekerült egy drogériai árukkal kereskedő magáncég saját telephelye is Letenye és az országhatár között.

Ez utóbbi egy érdekes kérdést is felvet. Vajon miért nem láthatók a jelentős célpontok között a nagy hipermarketek és egyéb kereskedelmi láncok logisztikai központjai? Ennek több oka is lehet. Egyrészt az, hogy ezek túlnyomórészt vagy kizárólagosan saját flottával rendelkeznek és nem kerültek bele az általunk megkapott bevállási közreműködők adatbázisába, illetve az, hogy ezek a fuvarok belföldi végpontokkal történnek és nem ke-

9. ábra: A magyar országhatárt átlépő nehéz-tehergépkocsik végponti áttekintő hő térképe külföldön



rülnek bele a határt átlépő tehergépkocsik adatbázisába.

A térképről még több, a fentiekhez képest kevésbé jelentős célpont is leolvasható, de ezeket nem soroljuk fel tételesen, mert a vizsgálat szempontjából nem meghatározók.

6.3. A magyar országhatárt átlépő nehéz-tehergépkocsik jelentősebb külföldi célpontjai

Jelen vizsgálat talán legizgalmasabb területe az, hogy a hazai közutakat használó nehéz-tehergépkocsik valójában hová tartanak, melyek a tényleges célpontjaik. Azt gondoljuk, hogy erre a kérdésre a vizsgálatunk választ ad.

A 9. ábra egy áttekintő térkép a célpontokról, ahol azonos léptékben láthatjuk az érintett területeket, így van ahol nagyon intenzív a forgalom, van ahol ehhez képest kevésbé. Látható, hogy a legsötétebb foltok, tehát a legmagasabb értékek túlnyomórészt az országha-

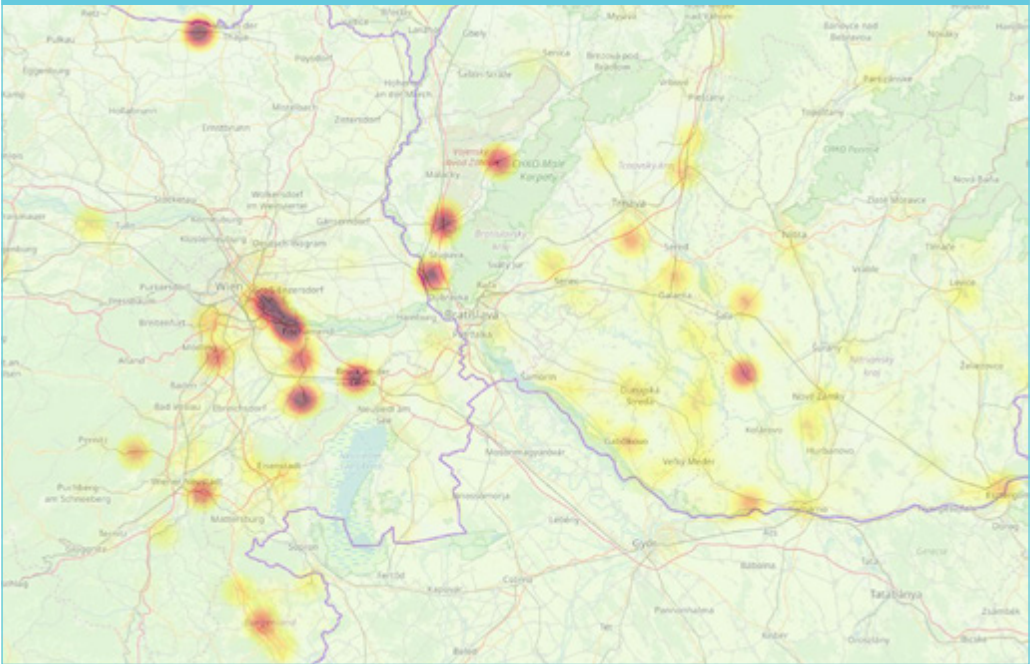
tár közelében, 60-80 km-en belül találhatók. Az értelemzettség kedvéért a hazai végpontokat bemutató ábrához képest eltérő léptéket használtunk és Magyarország területére nem mutatunk itt értéket.

Összességében Bécs és Pozsony tágabb térsége, ahol a legtöbb célpont található, de Kassa, Nagyvárad és Arad térsége is számottevő mennyiségű szállítás végpontja. Itt kiemelendő még Koper kikötője. A távoli észak-német kikötővárosok jóval szerényebb értékkel képviselik magukat, még a külföldi célpontok mezőnyében is.

A továbbiakban több részletábrát mutatunk be, hogy a célpontok pontosan beazonosíthatók legyenek. Elsőként a legintenzívebb forgalommal rendelkező, Bécs-Pozsony közötti régiót mutatjuk be (10. ábra).

A térségen belül kiemelkedik és a magyarországi végpontok számával is vetekszik a Bécs melletti Schwechat által vonzott, illetve kibocsá-

10. ábra: Bécs és Pozsony térségének végponti hőterképe



tott tehergépkocsik száma. Ezen belül a kikötő forgalma a legnagyobb, amelynek mintegy felét az OMV üzemanyag-elosztója adja, míg kb. ugyanakkora részesedéssel bírnak a kikötőbeli egyéb létesítmények. Schwechat másik koncentrált célpontja a repülőtér szintén hasonló nagyságrendben. Ugyanakkor megjegyzendő a repülőtér esetében, hogy sajnos nem lehet teljes bizonyossággal elkülöníteni a cargo terminálra célfuvarként érkező tehergépkocsikat a parkolóban hosszasan időző, csupán pihenő járművektől, de valószínűsíthető, hogy az itt megforduló kamionok nem pihenőnek használják a repülőtérteret, hanem ez a célpontjuk.

A térképen a cseh határ közelében sötét foltként jelenik meg egy ismertnek nem mondható kisebb település biotechnológiai üzeme, a Jungbunzlauer Holding AG. Mindenesetre az adatok alapján jelentősnek mondható a magyar határt átlépő forgalma.

Ettől némileg kisebb forgalmat mondhat magáénak Bruck an der Leitha nyugati ipari-ke-

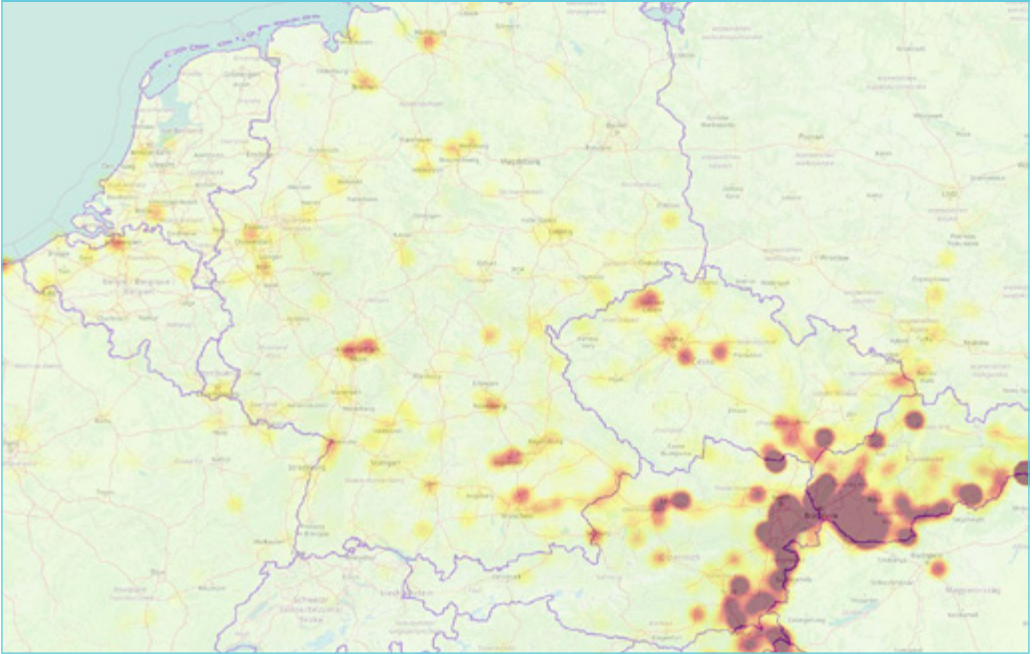
reskedelmi zónája. Következő említést érdemlő helyszín a Bécsújhely (Wiener Neustadt) melletti Neudörfel egy jelentős ipari üzeme. Hasonló léptékű forgalmat vonz szintén egy kis település, Mannersdorf am Leithagebirge cementgyára.

Ezeken kívül még számos ipari létesítmény, logisztikai központ is szerepel a térképen szerényebb volumennel, ezek részletes felsorolásától itt eltekintünk.

Ahhoz, hogy a távolabbi térségek relatíve alacsonyabb értékeit is láthassuk, egy másik léptékkal mutatjuk be Németországot és annak környezetét (11. ábra).

Németország területén több, nagyjából hasonló mennyiségű célpontot tartalmazó foltot láthatunk a térképen. Nem emelkedik ki egyik sem magasan a többi közül, de mindenképp a lista elején található Frankfurt am Main repülőtere. A várostól keletre, annak közvetlen közelében található Obertshausen

11. ábra: A Benelux-államok, Németország és Csehország végponti hő térképe



település ipari-kereskedelmi területe hasonló nagyságú célponttal rendelkezik.

Éppen csak hogy elmarad ezektől az értékektől a Nürnberg mellett található két helyszín, igaz, hogy itt a logisztikai központ és a tőle néhány km-re található ipari park forgalmának összege vethető össze az előbbi értékekkel. A térképen az egymástól való távolság miatt nem látható markánsan Wolfsburgban a Volkswagen gyár és a VW logisztikai központ Braunschweigben, de ha összeadjuk az értékeit (hiszen mindkettő a VW-t szolgálja ki), akkor szinte a legnagyobb érték lesz az egész országra vonatkozóan. Hasonló jelenséget figyelhetünk meg Ingolstadt térségében is. Maga az AUDI gyár viszonylag szerény mennyiségű végpontot tartalmaz, de ha hozzávesszük a város keleti határában fekvő nagy logisztikai-ipari központot (amely kétszer akkora értéket reprezentál), akkor összességében szintén a legnagyobbak közé kerül a város.

Az teljesen egyértelmű, hogy a hamburgi kikötő önmagában rendelkezik közel annyi célponttal, mint az előzőekben felsoroltak.

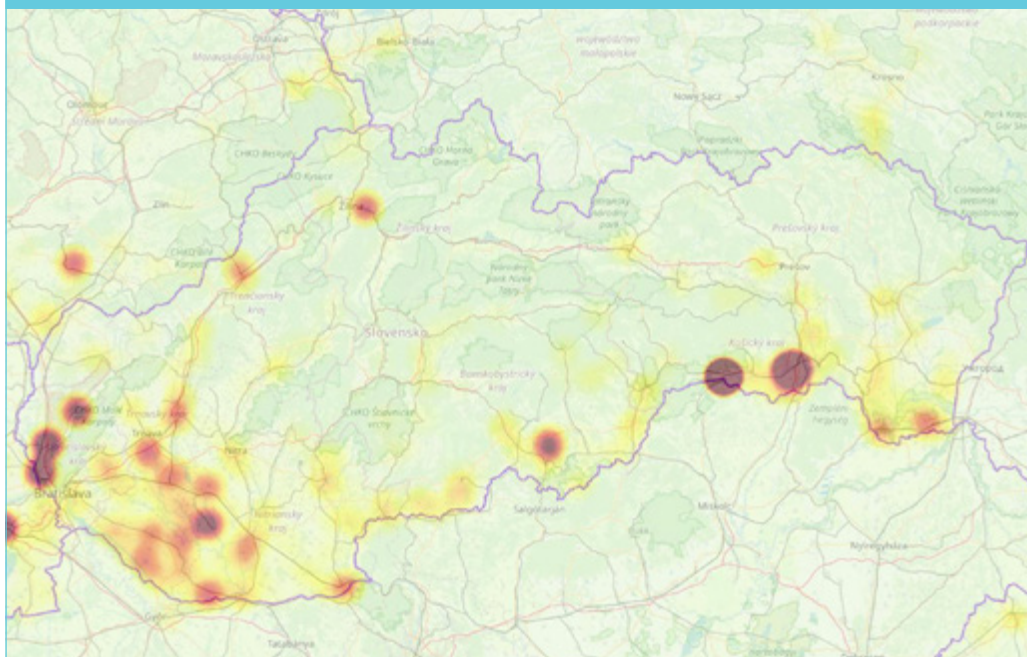
Hamburgtól nem messze találjuk Brémát, ahol több logisztikai központ összessége ad ki ekkora mennyiséget. Ettől nem sokkal marad el a Münchentől északra fekvő Eching település ipari-logisztikai központja, sőt ha a közelben található Münchener Repülőtér forgalmát is belevesszük, akkor egy szinten van az előzőekkel. Kissé alacsonyabb értéket képvisel Rostock kikötője, illetve Duisburgban egy logisztikai központ. (Önmagában az Ingolstadt melletti logisztikai központ is itt következne a sorban, de az AUDI gyárral együtt már az élre ugrik.)

A fentiek után még Köln és Lipcse említhető meg, de azokhoz képest fele akkora volumenrel rendelkezik.

Már nem Németország területén, hanem attól nyugatra fekszik Belgiumban az antwerpeni kikötő, amely még a hamburginál is nagyobb forgalmat vonz.

Már fentebb említettük, hogy Szlovákia bizonyos területei jelentős forgalmat vonzanak (12. ábra).

12. ábra: Szlovákia végponti hőtérképe



Pozsony térségében kiemelkedik Devínska Nová Ves, a Volkswagen Slovakia autógyár karosszéria összeszerelő üzeme. Szintén magas értékeket mutat nem messze Lozorno mellett egy logisztikai park és egy autóiipari raktár párosa. Szintén nem messze és szintén hasonló léptékű forgalmat vonz Rohozník (Nádasfő) település cementgyára.

Keletre indulva, Vlčany (Vágfarkasd) település két üzeme érdemel említést, amely jelentős mennyiségű célpontot generál. Egyébként itt a Dunaszerdahely és Érsekújvár közötti területen több kisebb-nagyobb célpont is található. A Zsolna melletti nagy ipari park benne a KIA autógyárral alig marad el az előzőektől. Ha tovább lépünk lefelé a képzletbeli skálán, akkor ott találhatunk egy kőbányát és cementműveket Husiná és Velké Dravce települések között, nem messze a magyar határtól.

A magyar határ közelében, Tornanádaskárhoz közel van Včeláre (Szádudvarnokméhész), ahol egy bánya és cementgyár

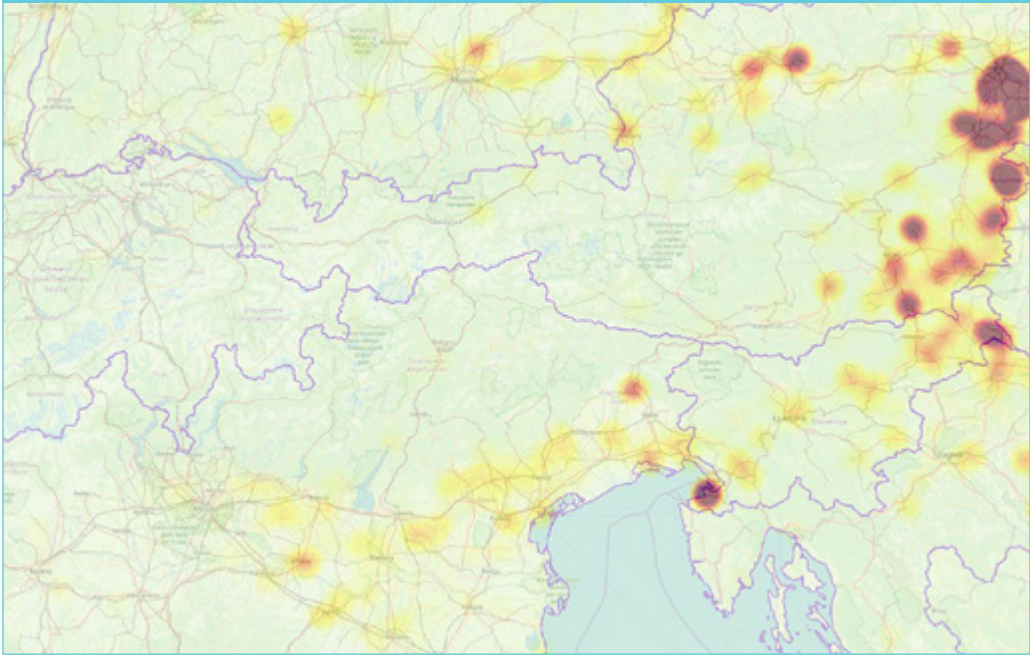
található. Az itteni célpontok mennyiségéről elmondható, hogy nem csak Szlovákiában ez a „csúcstartó”, hanem az ausztriai Schwechat térségével van nagyjából egy szinten a szállítási végpontok számát tekintve. Ugyanakkor emellett Kassa térsége sem sokkal marad el ettől az értéktől, ha összeadjuk a Kassai Vasművek és a közelében található logisztikai terminál forgalmát.

A Romániába tartó forgalomról külön térképet nem közlünk, ott a határ közeli nagyvárosok térsége jelent említésre méltó célpontot (Nagyvárad, Arad, Temesvár), de kiemelkedik Kürtös (Curtici) mellett a Lagermax telep.

Horvátországban ilyen szempontból szinte semmi említésre méltót nem láthatunk, inkább vonzóznak számát Szlovénia (13. ábra).

Szlovéniánál jól látszik a koperi kikötő jelentősége, amely messze meghaladja a már említett német kikötők célponti forgalmát és ezzel Szlovénia meghatározó célpontja.

13. ábra: Olaszország északi területei és Szlovénia végponti hőtérképe



Szlovénia más területein, illetve Olaszország területén nem találunk egyéb kiemelkedő, említésre méltó célpontot.

Összességében elmondhatjuk, hogy a külföldi célpontok jelentős számban az országhatár mintegy 60-80 km-es térségében található. Itt különféle ipari üzemek (cementgyár, faipari, vegyipari üzem) és logisztikai központok a szállítások célpontjai. Németországban és részben Szlovákiában az autógyártáshoz kapcsolódó üzemek jelennek meg gyakran és nagy mennyiségben célpontként, de általában a logisztikai központok itt is nagy számú fuvarnak jelentik a végpontját. A tengeri kikötők közül legjelentősebb a koperi, majd az adatok szerint az antwerpeni kikötő következik és utána a hamburgi.

8. KONKLÚZIÓ, TOVÁBBI KUTATÁSI IRÁNYOK

A kutatás eredményei rámutattak, hogy a tehergépkocsi pozícióadatok feldolgozásával olyan adatokhoz juthatunk, amelyek jól leírják

a forgalom fő célpontjait, valamint a járművek (és vezetőik) viselkedését az utazás során. Ebből mind a fuvarozók, mind az infrastruktúra fejlesztők hasznos információkhoz juthatnak egyrészt a forgalom szervezését (pl. várakozások csökkentése), másrészt a kiszolgált infrastruktúra (pl. parkolók) fejlesztését illetően. A kidolgozott módszertan hasznosulásának feltétele azonban, hogy azokat friss adatállományra is alkalmazzuk.

A vizsgálatok ugyanakkor azt is megmutatták, hogy az adatok, illetve a belőlük képzett útvonalak egy nem jelentéktelen része nem volt értelmezhető, így az értékelhető minta mérete csökkent. A későbbiekben kerülhet sor annak vizsgálatára, hogy ezek a hibák szisztematikusak-e, azaz befolyásolják-e a minta reprezentativitását, illetve a valóságban mi történik, amikor az ilyen megmagyarázhatatlan adatok képződnek.

Ahogy a bemutatott külföldi alkalmazások is mutatják, a tehergépkocsi GNSS / GPS adatok különböző célú feldolgozása jelentős távlato-

kat tartogat. Az egyes útszakaszokon a forgalom más jellemzőinek függvényében kialakuló tehergépkocsi sebességek fontos információt jelentenek mind a hálózattervezőnek, mind a fuvartervezőnek. A parkolóhely használatlalt kapcsolatosan is további összefüggések tárthatók fel, ami szintén hasznos lehet mind az üzemeltetőnek, mind a fuvarozónak, s hozzájárulhat a parkolók jobb kihasználásához. A külföldi célpontok pontosabb megismerése az országon áthaladó forgalom menedzselése és az infrastruktúra-fejlesztések tekintetében lehet fontos. A módszertan kidolgozható a jelenleg rendelkezésre álló, ugyanakkor régi adatállományok birtokában, de a pontos következtetések levonása csak friss, a jelenlegi helyzetet tükröző adatok elemzését követően lehetséges.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Albert Gábor: Az országos célforgalmi mátrix (OCM 2008) kidolgozása és néhány eredménye. Közlekedésépítési Szemle 2010 (60. évf.) 9. sz.: 1-6 old.
- [2] Keserű Imre: A magyar tehergépkocsik közlekedési jellemzőinek meghatározása az országos célforgalmi mátrix számára. Közlekedésépítési Szemle, 2010. (60. évf.) 9. sz. 14-18. old.
- [3] Short, J., and Murray, D., (2008). "Assessment Of Interstate Truck Parking Needs Using Transportation System Demand", 10th International Conference on Applications of Advanced Technologies in Transportation, Athens Greece.
- [4] Short, J. and Jones, C., (2008). "Utilization of Wireless Truck Position Data to Estimate Wireless Truck Position Data". 15th World Congress on Intelligent Transport Systems, New York, NY.
- [5] Liao, C.F., (2014). "Generate Reliable Freight Performance Measures Using Truck GPS Data A Case Study in Twin Cities Metropolitan Area (TCMA)", TRB 93rd annual meeting, Compendium of Papers, Washington, D.C. DOI: <https://doi.org/gf2jbs>
- [6] Kamla, J., Perry, I. and Dickinson, I.: Analysing Truck Position Data to Study Roundabout Accident Risk, Transportation Research Board, 94th Annual Meeting, At Washington, D.C.
- [7] Haque, K., Mishra, S., Paleti, R., Golias, M.M., Sarker, A.A. and Pujats, K.: Truck Parking Utilization Analysis Using GPS Data, Journal of Transportation Engineering, Part A: Systems/Volume 143 Issue 9 September 2017, DOI: <https://doi.org/gf2jk6>
- [8] Diaz Corro, K.J., Akter, T. and Hernandez, S.: Comparison of Overnight Truck Parking Counts with GPS-Derived Counts for Truck Parking Facility Utilization Analysis, Transportation Research Record Journal of the Transportation Research Board, April 2019, DOI: <https://doi.org/gt4c>
- [9] Pusztai Ádám és Kiss István: Módszertani áttörés a nagytehergépkocsi-mátrixok kidolgozása. Közlekedéstudományi Szemle 2017 (66. évf.) 5. sz.: 44-53 old. DOI: <https://doi.org/gt4d>



Exploration of behaviour characteristics in the truck traffic, based on position data

A new anonymised procedure has been developed, using the fixed series of positions recorded during the satellite tracking of lorries to determine:

- the typical foreign travel destinations of the vehicles,
- typical rest areas for vehicles,
- places where vehicles are forced to wait longer than required by the transport operation (e.g. border crossings),
- the typical length of rest and waiting time and its distribution in each place.

A significant sample of cross-border truck movements affecting Hungary was included in the study. A significant novelty of the method is that it is possible to determine the typical foreign destinations of trucks crossing the Hungarian border.



Untersuchung von Verhaltensmerkmalen im Lkw-Verkehr auf Grund von Positionsdaten

Es wurde ein neues anonymisiertes Verfahren entwickelt, bei dem anhand der festen Positionsreihen, die während der Satellitenortung von LKWs erfasst werden, folgende Daten bestimmt werden können:

- die typischen Auslandsreiseziele der Fahrzeuge,
- typische Rastplätze für Fahrzeuge,
- Orte, an denen Fahrzeuge länger warten müssen, als es der Transportvorgang erfordert (z.B. Grenzübergänge),
- die typische Länge der Ruhe- und Wartezeiten und deren Verteilung an einzelnen Orten.

In die Studie wurde eine bedeutende Stichprobe grenzüberschreitender Lkw-Bewegungen mit Auswirkungen auf Ungarns Territorium, aufgenommen. Eine wesentliche Neuerung des Verfahrens ist, dass es möglich ist, die typischen ausländischen Bestimmungsorte von LKWs, die die ungarische Grenze überschreiten, zu bestimmen.

E számunk lektorai

Barlog Károly ■ Heisig András ■ Horváth Gábor

Dr. Katona András ■ Tánczos Lászlóné Dr. ■ Dr. Tóth János

Havária jelenség hatása Budapest forgalmára

A városi közlekedés és annak közvetlenül érintő hatásainak vizsgálata, valamint a javaslatok alkalmasnak adnak a felkészülésre és a komplikációk mérséklésére.

<https://doi.org/10.24228/KTSZ.2021.5.2>

Szabó Zsombor¹ – Uti Gábor² – Dr. Sipos Tibor³

¹BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Közlekedéstechnológiai és Közlekedésgazdasági Tanszék – KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft., Központi Közlekedésszervező Iroda

²Relativegap Hungary Kft.

³BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Közlekedéstechnológiai és Közlekedésgazdasági Tanszék – KTI Közlekedéstudományi Intézet Nonprofit Kft., Mobilitás Kutatóközpont,
e-mail: szabo.zsombor@kjk.bme.hu, gabor.uti@relativegap.com, sipos.tibor@kjk.bme.hu

1. BEVEZETÉS

A közúthálózat megfelelő működését korlátozó külső hatások szempontjából leginkább kritikusnak minősülő közúthálózati elemek analizálására irányuló módszertant mutatunk be. Egy fiktív, Budapestet is érintő katasztrófa hatását vizsgáltuk [5] forgalmi szempontból a már rögzített forgatókönyvek mentén. A vizsgálatok során cél volt, hogy a káresemény forgalmi áramlatokra, utazási időkre, torlódásokra és a hálózat egyes részeinek elérhetőségére gyakorolt hatását megbecsüljük. Budapest térségére jelenleg operációs modell nem létezik. A kiindulási állapot a BKK Zrt. által karbantartott Egységes Forgalmi Modell (EFM) biztosította, amely egy makrószintű stratégiai modell, és mint ilyen, elsősorban a Budapesten és az agglomerációban tervezett infrastruktúrális fejlesztések hatásának becsléséhez nyújt validált, szakmailag stabil és megbízható állapot. A vizsgálatok speciális jellege megkövetelte a modell jelentős átalakítását. A létrehozott modellváltozat alkalmas a jelenlegi csúcsidei közúti forgalmak megjelenítésére, valamint a vizsgált események várható hatásának bemutatására az egyes hálózati elemeken (százelékos, valamint abszolút változások az óras

forgalmakban). A kutatás a közúthálózat hatékony működését korlátozó rendszerszintű külső tényezők vizsgálatára irányul, mint például a természeti csapások következményeként előálló vészhelyzetek. Ezzel összhangban a vizsgálat elsődleges célja a leginkább kritikusnak minősülő közúthálózati elemek azonosítása és rangsorolása. A kritikus kommunikációs hálózati elemek azonosítását célzó módszertani keretek meghatározására irányult a [6]-ban bemutatott kutatás. Ennek alapvető célja a hálózati elemek működőképességét veszélyeztető sérülések hatásának becslése volt, valamint a teljes hálózat működőképességét leginkább befolyásoló ügynevezett kritikus elemek azonosítása. Az általános hálózati megfontolások vizsgálatán túlmutat a [2] vizsgálata, amely már kifejezetten a közúthálózat sérülékeny elemeinek azonosítására fókuszál. A [3] pedig közvetlenül a katasztrófák és a váratlan természeti jelenségek közúthálózatra gyakorolt hatásának becslését végezte el. Látható tehát, hogy a közúthálózat gyenge pontjainak azonosítására irányuló módszereket a nemzetközi szakirodalom széles körben vizsgálta [1], illetve vizsgálja, azonban a hazai hálózat zavarérzékenységének csökkentéséhez elengedhetetlen a vizsgálati módszertan hazai

rendszerkörnyezetbe történő adaptálása. Az első részben a vizsgálati modell felépítését mutatjuk be, ezt követően az alkalmazott eljárásokat ismertetjük, majd az utolsó részben az eredmények értékelését végeztük el.

2. A VIZSGÁLT HÁLÓZAT LEHATÁROLÁSA, FELÉPÍTÉSE, FORGATÓKÖNYVEK AZONOSÍTÁSA

A forgalmi modellezés a forgalmi áramlatokra, utazási szokásjellemzőkre jelentős befolyást gyakorló beavatkozások hatásának becslésére szolgáló döntéstámogató eszköz, amely több, jól elkülöníthető részre bontható. Ezek: a vizsgálat hatásterületét forgalmi körzetek segítségével leképező **területi modell**; a forgalmi körzetek közötti utazási igényt leíró **igény modell**; valamint a forgalmi körzetek között az utazási igények megvalósulását lehetővé tevő **hálózati modell**. A hálózaton ténylegesen megvalósuló utazásokat, illetve az útvonalválasztást a ráterhelési eljárás teszi lehetővé. A jelenlegi forgalmi igények megismerése, a területi és a hálózati modell megfelelő kialakítása és az utazási szokásjellemzőket leíró összefüggések feltárása segítségével leképezzük a jelenlegi állapotot, amely így a jövőbeli fejlesztések/ változások hatását is nagy biztonsággal vetíti előre. Jelen forgalmi vizsgálat a széles körben alkalmazott és validált PTV VISUM szoftver segítségével készült.

2.1. A modell alapjai – EFM

A modell alapját a BKK által létrehozott és folyamatosan karbantartott Egységes Forgalmi Modell (EFM) képezi, ez egy olyan makrószintű forgalmi modell, amely a Budapesten és agglomerációjában tervezett fejlesztések vizsgálatához nyújt szakmailag stabil, validált és egységes alapot. Az EFM tartalmaz minden közösségi közlekedési viszonylatot, az általuk bejárt útvonalakat és a főbb gyűjtőutakat a térségben. A területi és hálózati modell összesen 1200 forgalmi körzetből (zone), 16000 csomópontból (node), 30000 szakaszból (link) – ezek 45 különböző úttípusba sorolva – és 90000 kanyaradó mozgásból (turn) épül fel.

2.2. Útvonalválasztás

A közúti ráterhelési eljárások alapját az útvonalkereső eljárások (gráfelméleti algoritmusok) adják, amelyek a hálózat két pontja, illetve két forgalmi körzet középpontja közötti első vagy első „k” darab „legrövidebb” útvonalakat keresik meg a hálózati elemek (szakaszok, csomópontok) ellenállásértékeinek figyelembevételével alapján. Az útvonalválasztás egy többdimenziós költségfüggvény minimumát keresi, amelynek elemei között van fix érték (útdíj, távolság stb.) és változó költségelem, ez a hálózat terheltségétől (kapacitás kihasználásától) függő utazási idő.

2.3. Utazási idő számítása

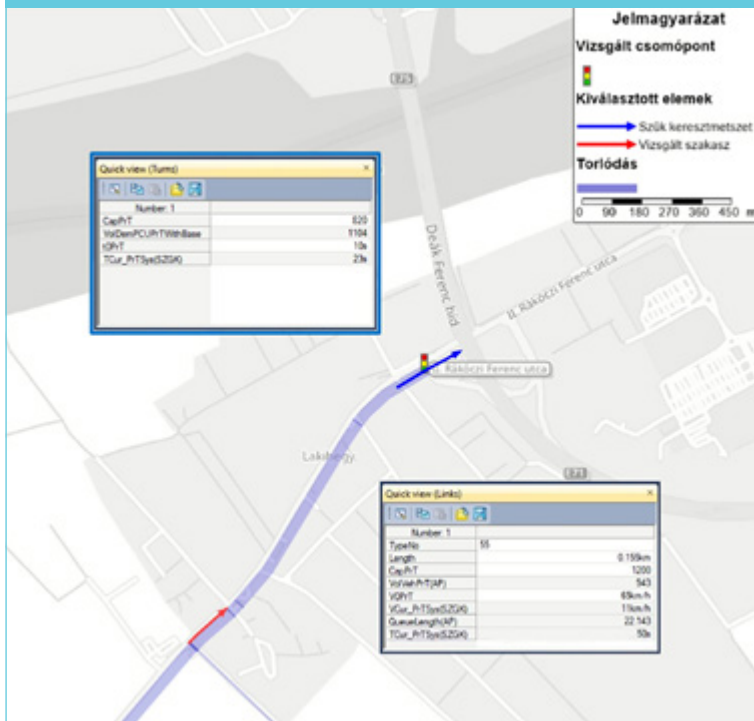
Az utazási idő számítása forgalomnagyság-késedelem (VDF) görbe segítségével történt. A forgalomnagyság-késedelem függvény (Volume – Delay Function) minden hálózati elemhez az aktuális kapacitáskihasználás függvényében rendel hozzá egy aktuális utazási időt. A forgalom növekedésével az utazási idő is nő, a sebesség pedig folyamatosan csökken, de sosem éri el a 0 értéket. Ez a gyakorlatban azt jelenti, hogy a modell nem kapacitáskorlátos, vagyis az utazási idő növekedése mellett tetszőlegesen nagy forgalom áthaladhat egy adott hálózati elemen.

Valós forgalmi viszonyok között, ha a forgalom eléri a kritikus értéket, a lefolyása zavarttá válik, a sebesség csökken és kialakul a torlódás. Torlódott állapotban a relatív mértékben alacsony tényleges forgalomnagyság mellett is jelentős idővesztés képződik. A városi közegben kulcsfontosságú torlódások leképezéséhez a meglévő modellt jelentősen át kellett alakítani.

2.4. Visszatorlódási eljárás működése

A torlódások kezelésére, leképezésére az EFM modell – kialakításából adódóan – nem képes, így a kapacitáshiányos szakaszok megjelenítése vagy a hálózat bizonyos részeinek kapacitásvesztése nem megfelelően reprodukálható. A kapacitáscsökkentett elemen kialakuló sebességet a program modellezi, azonban a

1. ábra: Visszatorlódási eljárás működése



sebessége, illetve a kanyarodó mozgások alapvető időbüntetési vagy a forgalomnagyság-késedelem görbék alakja ebben a munkában nem vizsgáltuk felül. Ugyanakkor elkerülhetetlen volt a VDF görbék időtényezőjének megváltoztatása az órásráterhelésnek megfelelően. Ezután teszt-futtatások segítségével azonosítottuk azokat a hálózati elemeket, ahol a napi forgalmi igények mellett korábban az esetleges hibás paraméterezés hatásai rejtve maradtak, egyedileg felülvizsgáltuk ezen hálózati elemek kapacitását (összesen közel 2000 szakasz, valamint 41000 kanyarodási mozgás kapacitását irtuk felül). Az iménti

hálózat többi elemének kapacitáskihasználása változatlan, így azokon az utazási idő is változatlan. Ennek okán a teljes útvonal időnövekedése messze elmarad a tényleges várható hatástól, mivel a kapacitáskorlátos elem előtti torlódás teljesen hiányzik. A kapacitáshiányos elemek okozta torlódások kezeléséhez a következő jelentős átalakításokat kellett elvégezni.

Első lépésként a rendelkezésre álló átlagos napi forgalomnagyság (ÁNF) értékekből csúcsórai (MOF) forgalmat generáltunk, amit a vizsgálat fókuszpontjában álló M0 autótúvonalhoz MOF/ÁNF értéke alapján határoztunk meg, és ez iránytól függetlenül hozzávetőlegesen a napi forgalom 10%-a. Ezt az arányt az egész hálózatra kiterjesztettük. A csúcsidei forgalmak vizsgálata mellett szükséges volt egy kevésbé terhelt állapot vizsgálata is, amihez egy csúcsidőn kívüli (MOF*0,7) forgalmi igényt állítottunk elő.

A hálózat olyan alapvető keretparamétereit, mint az úttípusok kapacitása, megengedett

lépések végrehajtását követően nyílt lehetőség a „Visszatorlódási” eljárás alkalmazására. A torlódást kezelő modell működését ezután a csúcsórai időszak mellett a M0 autótúvonal halásztelki csomópontjánál szemléltetjük (1. ábra).

A 1. ábra késsel jelölt „szűk keresztmetszet” kapacitása lényegesen kisebb, mint az adott irányban lévő utazási igény (820 [Ejm/ó], illetve 1104 [Ejm/ó]). A többlet-idővesztés a túlterhelt elem 13 másodperc (10mp→23mp). A hagyományos eljárás itt meg is állna, és a kapacitáshiányos elem mellett többlet-idővesztés nem jelentkezne. A Blocking Back eljárásnak köszönhetően azonban a kapacitáson felüli járművek visszatorlódhatnak a késsel jelölt szakaszokon, ezáltal ezeknek az egyéb-

1 Visszatorlódási eljárás – Blocking back: a torlódások vagy események okozta kapacitás csökkenése a közúti infrastruktúrán és annak hatása a teljes modellezett hálózaton. A torlódási hullám terjedésének modellezéséhez, a torlódási visszahatást időbeli gradiens módszerrel alkalmazzák az útválasztás során.

ként kapacitástartalékkal rendelkező szakaszoknak a sebessége is csökken (lásd pirossal jelölt szakasz).

A teljes eljutási idő így nem csak a túlterhelt elemen nő drasztikusan, hanem az alkalmazott eljárás következtében a torlódások modellben való leképezése a környező hálózati elemekhez is megnövekedett utazási időt rendel.

2.5. A modell validálása

A modell helyes működését a keresztmetszeti forgalmak megfelelőse mellett az útvonalválasztás és az eljutási idő ellenőrzése teszi lehetővé. A modell validálására és a különböző verziók utazási idő változásainak bemutatására hat útvonalat választottunk ki, amelyek, a 2. ábrán láthatók.

Az útvonalakat rögzített elemeken keresztül vezettük, így elkerülve, azt hogy az esetleges útvonalválasztásban jelentkező eltérés az egyes állapotok későbbi összehasonlíthatóságát nehezítse. A választott útvonalak utazási időértékeit az 1. táblázat tartalmazza, a modellben és a Google Maps útvonaltervezőjében kapott értékek összehasonlításával.

1. táblázat: Útvonalak eljutási ideje

Közbenső pont	Csúcside		Csúcsideon kívül	
	Google Maps	Visum	Google Maps	Visum
(1) M0 autótűt				
Háros	9...12	13min 6s	9...12	10min 17s
M5	18...24	26min 37s	18...24	20min 42s
M4	24...35	35min 55s	24...35	27min 43s
(2) M6-6.sz.fűt-Budafoki út-Petűfi hid-Boráros tér-Soroksár				
Savoya park	10...16	15min 47s	8...14	12min 25s
Boráros tér	20...35	29min 1s	14...26	20min 57s
Alsónémedi	36...65	55min 54s	28...50	40min 59s
(3) Diűsd-Balatoni út-Nagyszűlűs utca-Petűfi hid-Csepel				
Nagyszűlűs u.	18...35	36min 50s	14...22	17min 57s
Boráros tér	25...51	45min 53s	19...34	25min 49s
Halásztelek	43...91	76min 45s	35...62	49min 12s
(4) M1-Egérűt-Szeremi út-Rákűci hid-Nagykűrosi út				
Egérűt	6...9	8min 19s	5...7	5min 30s
Gyűli út	20...40	31min 51s	16...26	19min 9s
M5-M0	30...56	50min 31s	26...42	32min 27s
(5) M1-Egérűt-Szeremi út-Rákűci hid-Ferihegyi gyorsforgalmi út				
Egérűt	6...9	8min 19s	5...7	5min 30s
Gyűli út	20...40	31min 51s	16...26	19min 9s
M4	40...75	59min 31s	32...50	37min 28s
(6) M1-Tűrűkbűlűnt-Szabadság utca-Angeli utca				
Tűrűkbűlűnt	7...12	8min 50s	7...9	7min 20s
Diűsd	12...18	18min 21s	12...14	10min 57s
Nagytűtűnyűi út	16...24	22min 19s	16...18	14min 47s

2. ábra: Modell validálásához választott útvonalak



3. VIZSGÁLAT

A vizsgálat fókuszában az M0 autópályát déli Duna-hídjai állnak. A kutatási projekt keretein belül több különböző forgatókönyv hatásait elemeztük és hasonlítottuk össze a jelenlegi állapothoz képest, de terjedelmi okokból csak három releváns forgatókönyvet fejtünk ki, amelyek leírását a 2. táblázat tartalmazza.

2. táblázat: Vizsgált forgatókönyvek leírása

Forgatókönyv	Leírás
SC4	Haraszi Duna-híd kapacitása 30%-kal csökken.
SC5	Haraszi Duna-híd kapacitása 50%-kal, Budapesti hálózat kapacitása 25%-kal csökken.
SC6	Haraszi Duna-híd kapacitása 100%-kal, Budapesti hálózat kapacitása 50%-kal csökken.

3.1. A vizsgálat szempontrendszere

A különböző változatok kiértékeléséhez alapvetően négy értékelési módszert dolgoztunk ki:

- **A várható torlódások bemutatása.**
- **Eljutási idő változása;** a hálózat egy ki-

választott pontjához képest mennyire változott meg a különböző térségek elérhetősége.

- **Utazási idő változása;** a validáláshoz használt útvonalakon tapasztalható eljutási idők változása.
- **Összesített utazási idő változása;** iránytól és célponttól függetlenül egy-egy körzet összes utazásában bekövetkező százalékos változás.

4. EREDMÉNYEK

4.1. Negyedik forgatókönyv (Haraszi Duna-híd kapacitása 30%-kal csökken)

A 3. ábrán pirossal az újonnan kialakuló torlódásokat, szürkével a jelenlegi és a kapacitáscsökkentett esetben is meglévő torlódásokat, míg zölddel a csökkenő torlódásokat jelöltük.

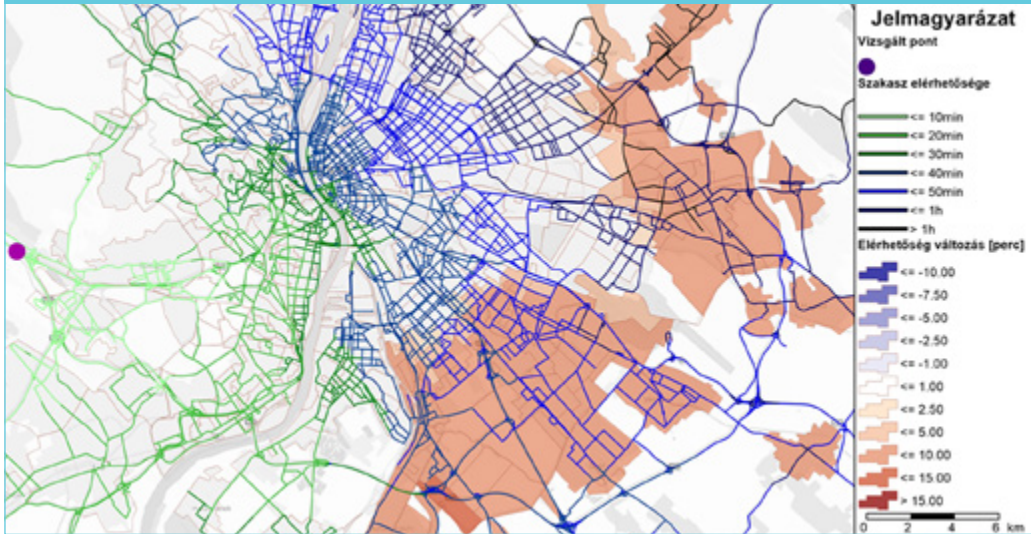
Csúcsórai igények mellett a kapacitást veszített híd környezetében jelentős torlódások várhatók. A város belső területén kismértékű változásokra lehet számítani.

A 4. ábrán a körzetek jelenlegi állapothoz viszonyított elérési idejének növekedése látható.

3. ábra: Kialakult torlódások (SC4)



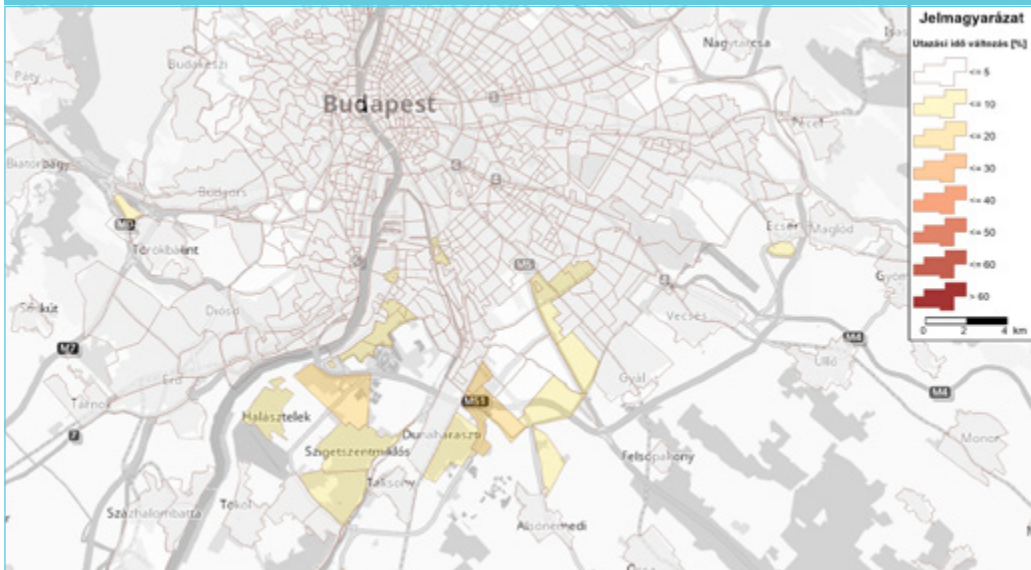
4. ábra: Eljutási idő változása (SC4)



A Haraszi híd kapacitáscsökkenése elsősorban az M0 autópályát térségében okoz érdemi változást, de az eljutási idő növekedése szinte sehhol sem éri el a 15 perces értéket. Az összesített eljutási idők romlását a 5. ábra mutatja be.

Látható, hogy elsősorban a híd közvetlen közelében található településrészek szenvednek el a legnagyobb arányú, eseteként a 20%-ot meghaladó összesített utazási idő növekedést.

5. ábra: Körzetek elérési idejének fajlagos változása (SC4)



6. ábra: Kialakult torlódások (SC5)

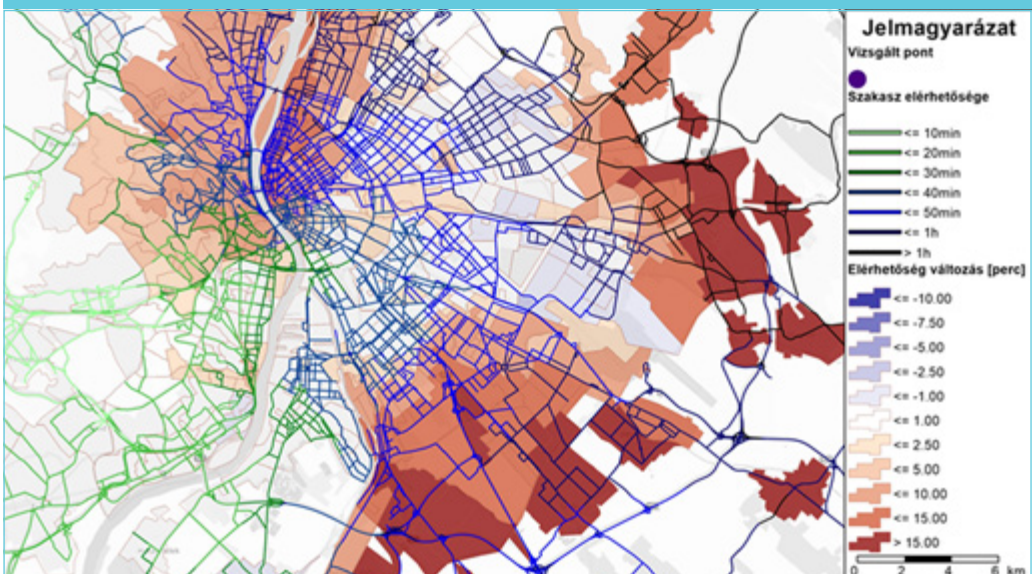


4.2. Ötödik forgatókönyv (Haraszi Duna-híd 50%-kal, budapesti hálózat kapacitása 25%-kal csökken).

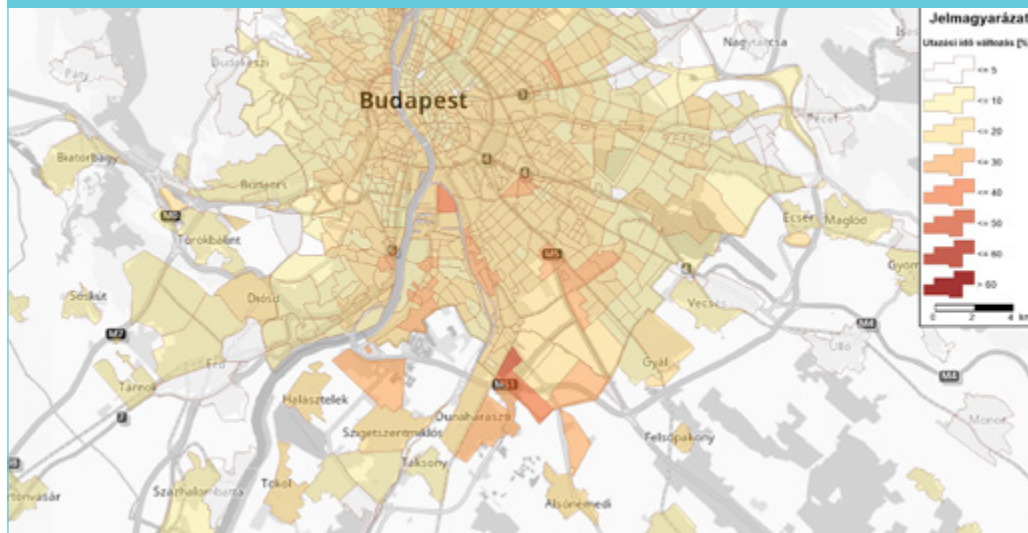
A 6. ábrán a vizsgált forgatókönyv esetén kialakuló torlódásokat szemléltetjük.

Az 50%-os kapacitáscsökkenés hatására a hídra vezető szakaszokon jelentős, több-kilométeres torlódások várhatók a csúcsórai igények mellett, és a város belső területeit is érő katasztrófa-helyzeti torlódásokhoz vezet az egész hálózat. A 7. ábrán a körzetek jelenlegi

7. ábra: Eljutási idő változása (SC5)



8. ábra: Körzetek elérési idejének fajlagos változása (SC5)



állapothoz viszonyított elérési idő növekedése látható.

Az eljutási idő változása a vizsgált csomópontból a dél-pesti régióban már meghaladja a 15 percet, és Budapest belső és északi kerületei esetén is jelentős elérhetőség-romlás várható.

Érdemes megjegyezni, hogy a külsőbb részeken kialakuló torlódások a belváros egyes régióit némileg tehermentesítik, így az eljutási idő néhány desztinációban nem változik érezhető mértékben. A 8. ábrán iránytól függetlenül jelennek meg az egyes körzetek összes utazásának összesített idejében várható fajlagos változások (szgk járműrétegre nézve).

Az ötödik forgatókönyv esetén mindenhol jellemzően 15-30%-os utazásiidő-növekedés várható, a katasztrófa sújtotta híd közvetlen környezetében, illetve Dél-Pest, valamint Csepel térségében ennél is nagyobb, akár 40-60%-os összesített idővesztés várható.

4.3. Hatodik forgatókönyv (Haraszti Duna-híd 100%-os kapacitást veszít, budapesti hálózat kapacitása 50%-kal csökken)

A 9. ábrán piros színnel a vizsgált változások hatására újonnan kialakuló torlódásokat, szürkével a jelenlegi és a kapacitáscsökkentett esetben is meglévő torlódásokat, míg zölddel a csökkenő torlódásokat lehet látni.

A Haraszti híd lezárása, valamint a városi hálózat 50%-os kapacitáscsökkenése következtében jelentős torlódások alakulnak ki a teljes hálózaton, különösen a belváros térségében és a sugár irányú, nagy forgalmat lebonyolító főutakon. Az M0 autópályán Haraszti Duna-hídjának „lezárása” okán a modellezett forgalom – hasonlóan a harmadik forgatókönyvhöz – alternatív útvonalat keres, és nem a híd közvetlen környezetében torlódik fel. A 10. ábrán látható a vizsgált csomópont elérhetőségének változása a csúcsidei igények mellett.

A városi hálózat kapacitáscsökkenése már a belső körzetek elérhetőségében is jelentős változást eredményez. Emellett a Haraszti híd teljes kapacitásvesztése miatt a dél-pesti régiók elérhetősége különösen nagy mértékben romlik. A hatodik forgatókönyv során vizsgált kapacitásvesztés esetén az egész hálózaton drasztikus utazásiidő-növekedés várható (11. ábra).

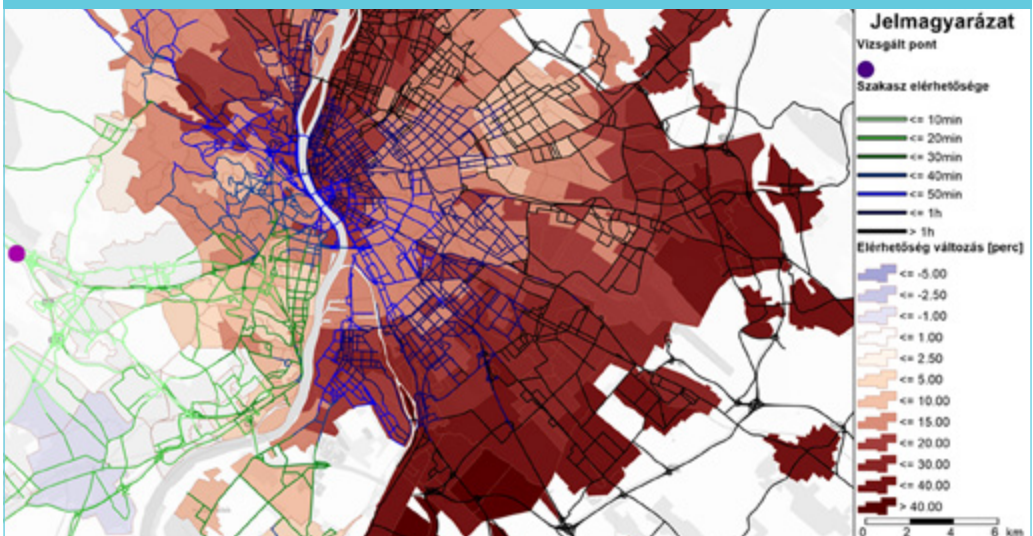
9. ábra: Kialakult torlódások (SC6)



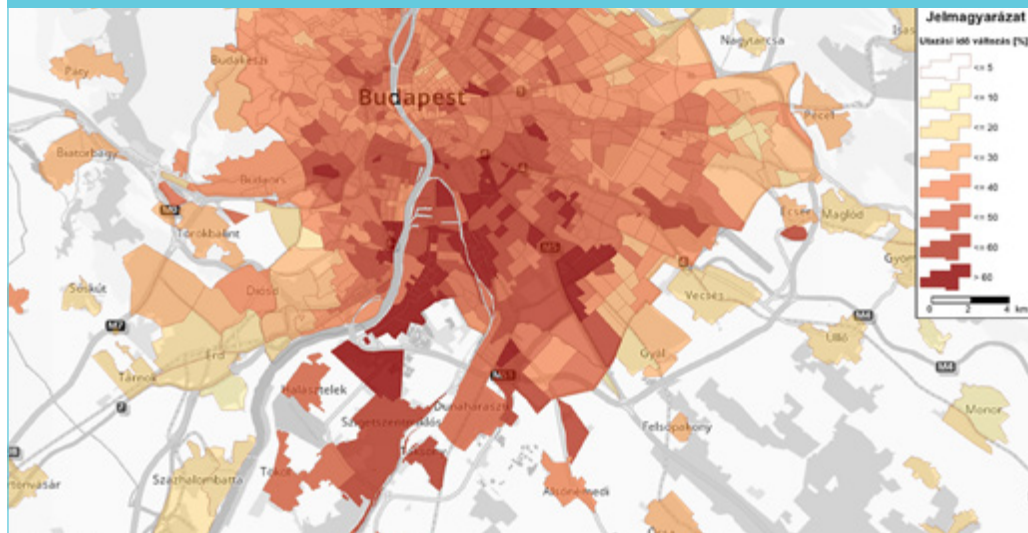
A legnagyobb veszteségek a dél-pesti régióban jelentkeznek, de kevésbé koncentrált módon, mint a Hárosi híd lezárásakor. Ennek oka, hogy az utazások eltérően oszlanak meg az egyes körzetekből, valamint az, hogy a

Haraszti híd jelentős kapacitásvesztése az átmenő forgalmat eltereli az M0 déli szektorából, ez részben csökkenti a dél-budai régióban várható torlódásokat.

10. ábra: Eljutási idő változás (SC6)



11. ábra: Körzetek elérési idejének fajlagos változása (SC6)



5. ÖSSZEFOGLALÁS

5.1. Eredmények

Az utazási lehetőségek romlását szemléletesen mutatja be a vizsgálatunk, ahol a modell validálására használt útvonalak aktuális eljutási idejét gyűjtöttük le a különböző változatok esetén.

A 3. táblázatban az útvonalakat a teljes hosszukban tapasztalható összesített utazási idő változása szerint mutatjuk be. Így az esetleges idővesztések konkrét helye és mértéke nem jelenik meg.

3. táblázat: Eljutási idő változása a vizsgált útvonalakon [perc]

Útvonal	Eljutási idő változása a vizsgált útvonalakon [perc]		
	SC4	SC5	SC6
1	8,1	17,7	-
2	-1,6	1,1	22,4
3	1,8	7,9	38,2
4	0,1	8,5	35,0
5	-0,4	5,5	31,6
6	-4,9	-4,9	-5,5

A vizsgálat fókuszában álló M0 autópályát utazási ideje minden változatban jelentős 8-20 perc közötti értékkel nő, míg a 6. forgatókönyv esetén ez az útvonal járhatatlan.

A 2-5. útvonalak az M0-sal „párhuzamos” alternatív, Budapesten belüli útvonalakat jelenítik meg. Itt szinte minden esetben jelentős idővesztés várható, amely esetenként megközelítheti az egy órás értéket.

A 6. útvonal a katasztrófa sújtotta övezeten kívül helyezkedik el. A belső városrészen, valamint különösen az M0 nyomvonalán kialakuló torlódások miatt ebben a térségben csökken a forgalmi terhelés, így az eljutási idők itt minden változat esetén csökkennek.

A vizsgálatok során mind a csúcsidei, mind az átlagos óras forgalmak mellett számszerűsítettük is a várható költségeket, mint az utazási idő változásából adódó veszteségértékeket, vagy a futásteljesítmény változást. Ezeket összefoglalóan, táblázatba rendezve a következőkben ismertetjük. A 4. táblázat az óras vizsgálatokból számított napi értéket jeleníti meg.

Az utazási idő fajlagos értékét az Innovációs és Technológiai Minisztérium költség-haszon

4. táblázat: Mutatószámok összehasonlítása

	SC4	SC5	SC6
Zóna elérési idő változása [%] (maximális érték)	19,46	40,47	96,16
Zóna elérési idő változása [%] (átlagos érték)	0,77	9,85	37,39
Futásteljesítmény (szgk) [km]	-15 224	15 700	-39 104
Futásteljesítmény (tgc) [km]	-753	-1 533	163 509
Hálózaton töltött idő (szgk) [h]	4 676	73 451	363 313
Hálózaton töltött idő (tgc) [h]	1 264	5 190	26 755
Utazási idő veszteségértéke szgk [millióFt]	34,75	545,85	2 699,97
Utazási idő veszteségértéke (tgc) [millió Ft]	11,27	46,28	238,60
Összegzett utazási idő veszteségértéke [millió Ft]	46,02	592,14	2 938,57

elemzési útmutatója alapján határoztuk meg (ITM, 2016). Valamennyi utazást a munkamotivált utazásokhoz tartozó értékkel számoltuk. Az euró – forint átváltást 2021.04.30-ai MNB árfolyam alapján 359,59 Ft/euró árfolyamon végeztük el. Személygépkocsi esetén az utas/jármű értéket 1,2-nek, tehergépkocsi esetén 1-nek vettük.

A táblázat alapján megállapítható, hogy a hálózaton töltött idő minden esetben nő. Ugyanakkor a 4. forgatókönyv esetében, mivel az M0 Duna-hídjainak 30%-os kapacitáscsökkenése még nincs érezhető hatással az útvonalválasztásra, a futásteljesítmény érdemben nem változik. Az M0 autópályán átlagsebességének csökkenése a rövidebb, de lassabb, belvárost átszelő útvonalakra tereli a forgalom egy részét, ami bizonyos relációkban az utazási távolság csökkenéséhez vezethet.

Az 5. forgatókönyvben vizsgált változások a belvárosban is kialakuló torlódások miatt jelentős futásteljesítmény-növekedést eredményeznek a teljes hálózaton.

A 6. forgatókönyv esetén az M0 autópályán déli szakasza átjárhatatlan, ezért annak teljes forgalma az egyébként is csökkentett kapacitású belvárosi hálózatot terheli, ezzel rendkívül nagy mértékben megnövelve mind a futásteljesítményt, mind a hálózaton töltött időt.

5.2. Fejlesztési lehetőségek

A jelenlegi forgalmi vizsgálatnak komoly korlátot szabott a rendelkezésre álló idő. Ezért a kiindulási alapon csak a legfontosabb változásokat tudtuk végrehajtani. A vizsgálatok fő korlátját jelentő napi forgalmi terhelést átalakítottuk időszakokra, valamint a hálózatot a vizsgálat szempontjából kritikus területen pontosítottuk, és felkészítettük az eljárást a torlódások kezelésére. Ugyanakkor számos további hatás még rejtve marad, a legfontosabb fejlesztési területeket – a teljesség igénye nélkül – foglaljuk össze.

• Hálózat

Ahhoz, hogy a vizsgálatokat ki tudjuk terjeszteni, valamint az eredményeket pontosítani lehessen, az alábbi fejlesztéseket kell végrehajtani:

- A hálózat kibővítése minden szilárd burkolatú szakasszal.
- A kapacitáshiányos elemek pontosabb azonosítása, paraméterezése a teljes hálózaton.
- Az agglomerációs hálózat leképezése.

• Forgalomlefolysis

A forgalomlefolysis tekintetében további előrelépést jelenthet az egyszerűsített, mértékadó órás forgalomleképezés helyett tetőszöveges napszakra előállított aszimmetri-

kus forgalmi terhelés figyelembevétele akár egymást követő több időszakra is (éjszaka, reggeli csúcóra, délutáni csúcóra stb.) a 2019. évi budapesti és agglomerációs háztartásfelvétel alapján. A jelenlegi fiktív óras forgalmi vizsgálatok egymástól függetlenül, a vizsgálat kezdetén torlódásmentes hálózaton történnek. Egy beavatkozás (például egy híd kapacitásának csökkentése) így csak az adott ráterhelési időszakban fejt ki hatását. Ha több, egymást követő időszak valós óras forgalmi igényeit terhelnénk a hálózatra úgy, hogy az adott időszak kezdetén az előző időszak forgalmi terhelése jelentené a kiindulási állapot, akkor az adott időszak útvonalválasztása már a terhelt állapot mellett történhetne. Jelentősebb mértékű torlódásokat, valamint az alternatív útvonalak felértékelését eredményezve. Emellett az átlagos napi forgalom teljes – időszakkal történő – leképezése lehetőséget biztosítana arra, hogy az egyes időszakok eltérő forgalmi igényei mellett megfigyelhessük a torlódások kialakulásának és eltűnésének folyamatát. Ez lehetővé tenné tehát a teljes napi forgalomlefolys változásának vizsgálatát úgy, hogy az egyes időszakokban kialakult torlódások a következő időszak forgalmi áramlataira is hatást gyakorolnak, ezáltal a katasztrófavédelem hatásaira pontosabb becslést lehetne adni. Igény esetén vizsgálhatóvá válna a katasztrófa elhárítási időszükségletéből adódó teljes veszteség, ha a helyreállítás becsült idejét is figyelembe vesszük. Az EFM jelenleg átlagos napi forgalmi igénytel dolgozik, de a módszertan lehetőséget biztosít további, szezonális hatás vagy héten belüli ingadozás figyelembevételére.

• Eljárás és eredmények

Az eljárás továbbfejlesztése és a bemutatott eredmények bővítése esetében a következő lehetőségek adóttak:

- Szükség esetén speciális, katasztrófavédelmi réteg (járműtípus) kidolgozása (személygépjárműtől eltérő sebesség, párhuzamos villamos sín, buszsáv vagy ellenkező irányú sáv figyelembevétele az útvonalválasztásnál, torlódásokon való gyorsabb áthaladás stb.).
- A vizsgálat kiterjesztése a megrendelővel egyeztetett pontokra/relációkra (például:

katasztrófavédelmi központok elérhetősége, mentési pontok elérhetősége).

- Hosszabb távú hálózati sérülés esetén az utazási igények változásának becslése.
- A személygépjármű-forgalomra gyakorolt hatás mellett a közösségi közlekedésben okozott fennakadások vizsgálata (például: autóbusszal utazók veszteségei, megnövekedő várakozási- és menet-idők).
- A katasztrófavédelem elhárításának becsült idejének figyelembevétele.
- Az egymást követő időszakok folytatós vizsgálata esetén az előző időszak eredményeinek figyelembevétele.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A szerzők köszönik az A KEHOP-1.1.0-15-2016-00003 Katasztrófa-kockázattérkeles rendszer, OKF-BME ÉPK valamint az OTKA-K-134760 projekt támogatását.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Barsi, Árpád ; Kugler, Zsófia ; Juhász, Attila ; Szabó, György ; Batini, Carlo ; Abdulmuttalib, Hussein ; Huang, Guoman ; Shen, Huanfeng (2019): Remote Sensing Data Quality Model: from data sources to lifecycle phases, International Journal Of Image And Data Fusion pp. 1-30. , 30 p. DOI: <https://doi.org/f9v8>
- [2] Leal, E., Oliveira, D., & Porto, W. (2014). Determining Critical Links in a Road Network: Vulnerability and Congestion Indicators. *Procedia-Social and Behavioral Sciences PANAM*, 162, 158–167. doi: DOI: <https://doi.org/f938>
- [3] Luathep, P. (2013). Identification of Critical Locations in Road Networks due to Disasters. *Proceedings of the Eastern Asia Society for Transportation Studies*, 9. <http://easts.info/on-line/proceedings/vol9/PDF/P42.pdf>
- [4] Módszertani útmutató egyes közlekedési projektek költség-haszon elemzéséhez”. Nemzeti Fejlesztési Minisztérium, 2016.
- [5] Simon, J ; Vigh, LG (2017): Seismic Reliability Assessment of Typical Road Bridges in Hungary, *JOURNAL OF*

EARTHQUAKE ENGINEERING 21 : 0 pp. 1-29. , 29 p. DOI: <https://doi.org/f94b>

- [6] Sufyan, N., Saqib, N. A., & Zia, M. (2013). Detection of jamming attacks in 802.11

b wireless networks. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 2013(1), 208. doi: DOI: <https://doi.org/f939>



The effect of hazard events on the traffic of Budapest

In this article, we present a methodology for the analysis of the road network elements that are considered to be the most critical in terms of external effects limiting the proper operation of the road network. The aim of the investigation was to estimate the impact of the damage on traffic flows, travel times, congestion, and the accessibility of certain parts of the network. There is currently no operational model for the Budapest area. The created model version is suitable for displaying the current peak road traffic and for presenting the expected impact of the investigated events on each network element. The present research focuses on the examination of systemic external factors limiting the efficient operation of the road network, such as emergencies occurring as a result of natural disasters.



Die Auswirkungen von Havarie-Erscheinungen auf den Verkehr von Budapest

In diesem Artikel stellen wir eine Methodik zur Analyse der Straßennetzelemente vor, die in Bezug auf externe Effekte, die den ordnungsgemäßen Betrieb des Straßennetzes einschränken, als die kritischsten angesehen werden. Ziel der Untersuchung war es, die Auswirkungen der Schadenereignisse auf Verkehrsflüsse, Fahrzeiten, Staus und die Erreichbarkeit bestimmter Netzteile abzuschätzen. Für den Raum Budapest steht derzeit kein Betriebsmodell zur Verfügung. Die erstellte Modellversion eignet sich zur Darstellung des aktuellen Spitzenverkehrs im Straßenverkehr und zur Darstellung der zu erwartenden Auswirkungen der untersuchten Ereignisse auf die einzelnen Netzelemente. Die vorliegende Forschung konzentriert sich auf die Untersuchung systemischer externer Faktoren, die den effizienten Betrieb des Straßennetzes einschränken, wie beispielsweise Notfälle infolge von Naturkatastrophen.



Városi járműforgalom térbeli becslése kernel módszerek segítségével

A modern, intelligens forgalomirányító rendszerek számára a közlekedési hálózat minél pontosabb valós idejű ismerete szükséges. A bemutatott módszer segítségével a detektorok nélküli útszakaszok forgalomnagysága is megbecsülhető.

<https://doi.org/10.24228/KTSZ.2021.5.3>

Dr. Varga Balázs – Dr. Tettamanti Tamás

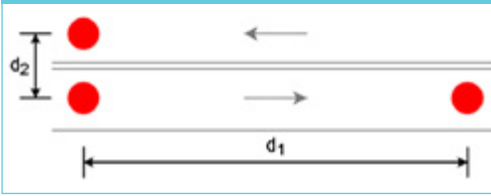
BME Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, Közlekedés- és Járműirányítási Tanszék
e-mail: varga.balazs@kjk.bme.hu, tettamanti.tamas@kjk.bme.hu

1. BEVEZETÉS

Egy városi közlekedési hálózatban a forgalmi állapotok minél több keresztmetszetben való pontos ismerete számos intelligens közlekedésirányítási megoldás hatékony működése számára kulcsfontosságú. Jármű szinten például az egyes útszakaszokon a késések ismeretében pontos útvonalajánló algoritmusok tervezhetők. A sebesség vagy forgalomnagyság állapotok térbeli és időbeli lefolyása segítségével adaptív forgalomirányítás hozható létre. Nagy mennyiségű adat segítségével felismerhetők a forgalmi mintázatok és a szűk keresztmetszetek. Számos tudományos munka foglalkozik a szenzorok városi hálózatban történő minél hatékonyabb elhelyezésével annak érdekében, hogy a lehető legtöbb információt nyerhessük a hálózat pillanatnyi állapotáról [1], [2], [3]. Önmagában a szenzorok hatékony elosztása nem elegendő a hálózat elvárt felbontású mérésére. Ezen felül, nagyszámú detektor telepítése, üzemeltetése és karbantartása nagyon költséges feladat. Ebből kifolyólag fontos a hálózat nem mért helyein a forgalmi állapotok becslése valami-

lyen matematikai modell vagy adatvezérelt gépi tanulási eljárás segítségével. A becslés nehézségét az adja, hogy a földrajzilag szét-szórt detektorok közötti korreláció nem egyértelmű. Hatékony becsléshez az első feladat a mérési pontok közti korrelációk meghatározása. [4] légvonalban és közúton mért távolságok alapján próbálta meghatározni a detektorok mérési eredményei közötti kapcsolatot és próbált interpolációval újabb keresztmetszetekben forgalomnagyságot becsülni. [5] szerint a forgalomnagyság predikció szempontjából nincs jelentős különbség abban, hogy a helyszínek közötti távolságot hogyan határozzuk meg. Habár az algoritmus megfelelően működött, lehetséges olyan hálózati topológia, ahol ez a fajta hasonlósági metrika pontatlan lesz. Erre az 1. ábra szolgáltat szemléletes példát. Két ellentétes irányú forgalmi sáv esetén, ha két detektor egymás mellett helyezkedik el, de az ellentétes irányt méri, akkor a két detektor mérése nem korrelál, hiába vannak egymáshoz földrajzilag közel. Hasonlóképp, ugyanabban a forgalmi sávban egymástól távolabb eső detektorok mérései nagy valószínűséggel korrelálni fognak.

1. ábra: Detektorok távolsága két ellentétes irányú forgalmi sávban



Az autópályákon a földrajzi távolság szerinti interpoláció kellően jó pontosságot biztosít [6], azonban egy városi hálózatban ez nem mindig igaz.

A pontosabb forgalombecslés érdekében olyan – adatvezérelt – hasonlósági metrikát vezetünk be, amely a fentieknél pontosabban képes az egyes detektorok mérési adatai hasonlóságának leírására. A módszer a városi hálózatban található fix mérési pontok historikus adatain, illetve a megbecsülni kívánt lokáción ideiglenesen telepített szenzorok adatain alapszik. Amennyiben a forgalmi mintázatok jelentősen nem változnak, az ideiglenesen telepített detektorok adatai jól becsülhetők térbeli regressziós eljárások segítségével.

A bemutatott két ilyen térbeli forgalombecslési eljárás: a független Gauss folyamatok sorozatának segítségével és a Kriging módszerrel. Mindkét módszer pontosabb becslést szolgáltat a földrajzi vagy közúton mért távolsággal értelmezett hasonlósági metrikákkal végzett regresszióknál. A pontosság ára, hogy a becsülni kívánt helyeken előzetes információra van szükség a múltbeli forgalom nagyságokról. Az eljárás célja és egyben a cikk kontribúciója olyan helyeken is meghatározni a forgalom nagyságát, ahol nem áll rendelkezésre pillanatnyi mérés. Ezzel a hálózat állapotai részletesebben leírhatók, javítva az intelligens forgalomirányító berendezések hatékonyságát.

2. ADATVEZÉRELT TÁVOLSÁG-METRIKA

A térbeli predikciós algoritmusok legfontosabb eleme a helyszínek mérési eredményei

közötti kapcsolatot leíró távolságmetrika. Itt a távolságmetrika a detektorok múltbeli mérési adataiból kerül meghatározásra. Legyen a hálózatban N darab útszakasz, ahol folyamatosan működnek detektorok és legyen M darab ideiglenesen telepített (mobil detektor vagy kézi forgalomszámlálás). Ezek a detektorok fix időközönként (pl. 5 percenként) mintavételezik a forgalom nagyságát az adott keresztmetszetben. A detektorok mérési eredményeinek hasonlósága az általuk mért elegendően hosszú idősorok hasonlósága alapján számítható. Egy idősor hossza lehet egy nap vagy akár egy teljes hét. Ezzel lehetséges szétválasztani eltérő forgalmi mintázattú időszakokat (pl. hétköznapok, hétvégék, ünnepnapok). Legyen két mért keresztmetszet i és j , $i, j \in 1, 2, \dots, N+M$. Ekkor a hasonlóság („távolság” d_{ij}) két detektor (i és j) között a következő módon állítható elő. Legyen $Q_i([t_a, t_b])$ és $Q_j([t_a, t_b])$ a forgalom nagyság (jármű/óra) két keresztmetszetben t_a és t_b időpontok között.

1. Normalizálás: annak érdekében, hogy két hasonló forgalmi mintázattal rendelkező, de más forgalom nagyságú hely összevethető legyen egymással, az idősorokat normalizálni kell:

$$\bar{Q}_i([t_a, t_b]) = \frac{Q_i([t_a, t_b])}{\max(Q_i([t_a, t_b]))} \quad \forall i = 1, 2, \dots, N + M.$$

2. Hasonlósági mérték: a normált forgalom nagyságokat felhasználva és az idősorok különbségének 2-es értelemben vett normáját képezve előáll egy alkalmas, múltbeli mérési adatokon alapuló távolságmetrika:

$$d_{ij} = |\bar{Q}_i([t_a, t_b]) - \bar{Q}_j([t_a, t_b])|_2.$$

A d_{ij} értékeket egy szimmetrikus hasonlósági mátrixba rendezve:

$$D = \begin{bmatrix} d_{11} & d_{12} & \dots & d_{1(N+1)} \\ d_{21} & d_{22} & \dots & d_{2(N+1)} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ d_{(N+1)1} & d_{(N+1)2} & \dots & d_{(N+1)(N+1)} \end{bmatrix}$$

Ez a mátrix a detektorok egymáshoz képesti relatív hasonlóságát adja meg. A relatív metrika abszolút metrikává transzformálása több előnnyel bír. Az abszolút metrika lehetőséget ad a probléma geometriai értelmezésére és a dimenzióredukcióra.

3. Többdimenziós skálázás (multidimensional scaling) és dimenzióredukció: a többdimenziós skálázás algoritmus egy páronkénti távolságmátrixot egy olyan nagydimenziós térbe transzformál, amelyben a kapott mátrix (X) sorainak euklideszi távolsága visszaadja az eredeti D mátrixot [7]. A kapott szimmetrikus, négyzetes X mátrix legkisebb sajátértékeihez tartozó oszlopai eltávolíthatók. Ezen oszlopok bírnak a legkisebb információtartalommal a hasonlóságra vonatkozóan, így ezen dimenziók eltávolításával D továbbra is kellő pontossággal helyreállítható [8]. A dimenzióredukció megkönnyíti a térbeli forgalombecslést. Az X mátrix minden sora egy detektor ezen nagydimenziós térbeli koordinátáit reprezentálja.

4. X rögzítése: a múltbeli $[t_a, t_b]$ közötti adatok alapján kapott X a jelenbeli térbeli predikció során legyen állandó. Ha a forgalmi mintázatok nem térnek el drasztikusan a $[t_a, t_b]$ intervallumbelől, akkor X segítségével a pillanatnyi forgalomnagyság pontosan becsülhető.

Itt megjegyzendő, hogy a folyamatosan működő N detektor aktuális méréseit figyelve előfordulhatnak a múltbeli rögzítettől eltérő forgalmi mintázatok. Ekkor a forgalombecslés kevésbé megbízható. Ennek oka lehet akár valamilyen szezonális változás vagy a forgalmi rend megváltozása.

3. FORGALOMBECSLÉS GAUSS FOLYAMATOKKAL

A Gauss folyamatok (Gaussian Process, GP) segítségével függvények becsülhetők valószínűségi értelemben. Egy Gauss folyamat felfogható többdimenziós valószínűségi vektorként,

ahol a vektor minden eleme egy Gauss eloszlásból vett mintavétel. Egy Gauss folyamatot egyértelműen meghatároz a trendfüggvénye (közéérték) és egy kovariancia kernel. Függvényapproximációra ez úgy használható, hogy a tanítópontokat (méréseket) az adott helyen egy Gauss eloszlás egy mintavételeként értelmezzük. A regresszió célja olyan függvény előállítás, amely a legjobban illeszkedik a tanítópontokra [9].

Adott egy Gauss folyamat, amelynek tanítópontjai a $Q_i(t)$ forgalomnagyságok az x_i nagydimenziós térben vett helyeken t időpillanatban és $i = 1, 2, \dots, N$. Az első feladat ezen pontokra egy Gauss folyamat illesztése, majd ezen Gauss folyamattal a hiányzó M hely forgalomnagyságának becslése. Egy adott t időpillanatban a forgalomnagyságot a hely függvényében leíró függvény

$$Q^*_{i,t}(x) \sim GP(m(x), k(x, x'))$$

egy Gauss folyamat, ahol $m(x)$ a folyamat várható értéke, $m(x) = E(Q^*_{i,t}(x)) = 0$ (a Gauss folyamat nem érzékeny a trendfüggvényre), a kovarianciája pedig egy négyzetes exponenciális kernellel kerül modellezésre:

$$k(x, x') = E(Q^*_{i,t}(x) - m(x))(Q^*_{i,t}(x') - m(x')) = \sigma^2 e^{-\frac{1}{2\theta^2}(x-x')^T(x-x')} + a^2 \delta_{x,x'}$$

ahol a kernel keresett hiperparaméterei $[\sigma, \theta, a]$. σ^2 a mérési pontok közötti szórászt skálázza, θ^2 egy hosszparaméter, amely a függvény simaságát állítja, végül a^2 veszi zaj, amely a becslés bizonytalanságát veszi figyelembe. $\delta_{x,x'}$ a Kronecker delta. A hiperparaméterek a negatív logaritmusos határvalószínűség minimalizálásával számíthatók [9]. A kapott függvénybe behelyettesítve a becsléni kívánt hely x koordinátáit, a forgalomnagyság egy Gauss eloszlással (várható érték, szórás) megkapható.

4. FORGALOMBECSLÉS KRIGING MÓDSZERREL

A Kriging szintén kerneleken alapuló predikciós eljárás, amit elsősorban a földtudo-

mányokban használnak a földben levő anyagok koncentrációjának térbeli eloszlásának becslésére [10]. Az eljárás hasonló a Gauss folyamatokkal történő becsléshez, viszont külön kezeli a trendet és a kovarianciát: a trend egy általánosított legkisebb négyzetek módszerével kerül meghatározásra, a maradékok pedig egy zéró várható értékű Gauss folyamattal vannak becslve. Legyen a Kriging prediktor a következő alakban definiálva:

$$Q^*_{|t}(x) = \sum_{j=1}^m \beta_j g_j(x) + GP(0, k(x, x')),$$

ahol g_j bázisfüggvények (x j -edik hatványai (x^0, x^1, \dots, x^j)) és β_j ezek együtthatói. Tehát a trendet egy polinommal közelítjük. A kovariancia kernel itt is definiálható négyzetes exponenciálisként a korábbiakban leírtak szerint. A $G_x = [g_1(x), g_2(x), \dots, g_m(x)]^T$ a keresett helyen a bázisfüggvények vektora, $G = [G_{x_1}, G_{x_2}, \dots, G_{x_N}]^T$ a mért helyek dizájn mátrixa, $K_x = [k(x_1, x), k(x_2, x), \dots, k(x_N, x)]^T$ és $K = [k(x_i, x_j)]_{ij}$, $i, j = 1, 2, \dots, N$. Ebből az ismeretlen forgalom nagyság x helyen a következőképp határozható meg:

$$Q^*_{|t}(x) = [G_x^T \quad K_x^T] \begin{bmatrix} 0 & G^T \\ G & K \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} 0 \\ Q_{|t}([x_1, x_2, \dots, x_N], t) \end{bmatrix}$$

A becslés négyzetes középhibája pedig

$$MSE(Q^*_{|t}(x)) = \sigma_z^2 \left[1 - [G_x^T \quad K_x^T] \begin{bmatrix} 0 & G^T \\ G & K \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} G_x \\ K_x \end{bmatrix} \right],$$

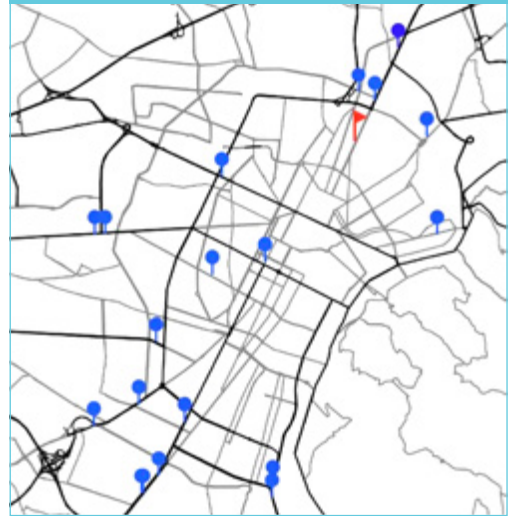
ahol σ_z^2 a folyamat szórásnégyzete [11].

5. NUMERIKUS PÉLDÁK

Ebben a fejezetben egy valós városi hálózat különböző helyein mért forgalom nagyságok alapján kerül összehasonlításra a két bemutatott algoritmus. A példákban felhasznált hálózat az olaszországi Torinó belvárosa (2. ábra). A detektor adatok $N=20$ helyről érkeznek óránkénti felbontásban, jármű/óra mértékegységgel. A cél egy további helyen ($M=1$) meghatározni az óránkénti forgalom nagyságot. Erről a helyről rendelkezésre áll a múltból forgalom nagyság mérés (ideiglenes detektoradat), és

feltételezzük, hogy a jelenlegi forgalmi mintázatok jelentősen nem térnek el a múltbelitől. Ehhez először a 2. fejezetben ismertetett módon múltbeli (2 hét hosszú) adatsorok segítségével mind a 21 detektorra meg kell határozni azok egymáshoz képesti távolságát és az X mátrixot.

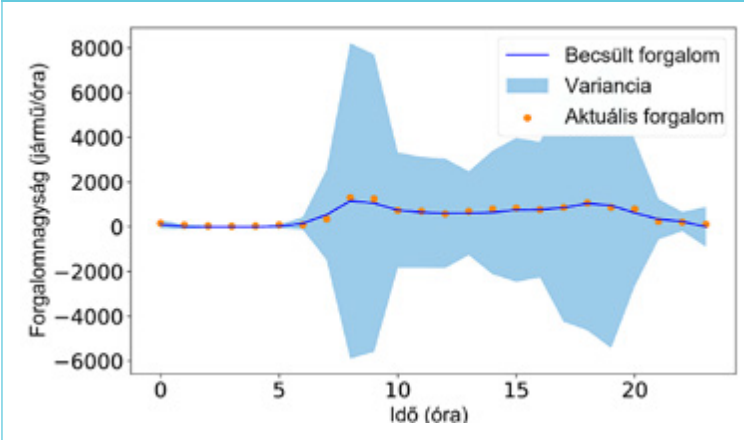
2. ábra: Detektor lokációk Torinóban. A becsülni kívánt keresztmetszet GPS koordinátái: lat: 45.095, lon: 7.6954. Forrás: <https://snazzymaps.com>



Az első térbeli predikció független Gauss folyamatok segítségével történik. A cél egy teljes napra meghatározni az óránkénti forgalom nagyságát. Ehhez 24 független Gauss folyamatra van szükség, amely a nap minden órájában az adott órában mért forgalom nagyságokra egy-egy térbeli Gauss folyamatot illeszt. A becsülni kívánt helyen az approximált függvények segítségével megállapítható az egy napra vonatkozó forgalom lefolyása (3. ábra). Az eredmények azt mutatják, hogy ez a megoldás a forgalom várható értékét jól becsüli (RMSE = 99,94), viszont meglehetősen bizonytalanul, amit a nagy szórás tükröz. Ennek oka, hogy az x_i tanítópontoktól távol a becslés egyre bizonytalanabb lesz.

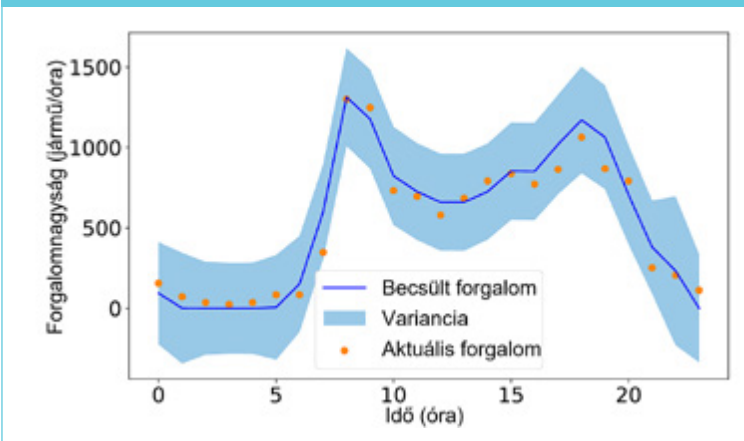
Kriging segítségével (elsőfokú polinomokat használva trendfüggvényként) a becslés pontos

3. ábra: Független Gauss folyamatokkal becsült egynapos járműforgalom, RMSE = 99,94



sabb (4. ábra). Itt a négyzetes középhiba (RMSE) kisebb, $RMSE = 82,42$, a predikció szórása jelentősen kisebb. Meg kell jegyezni, hogy a szórási értéke egyik esetben sem garantálja, hogy egy újabb mérési pont a szórás által meghatározott intervallumon belülre essen, viszont jó indikátora a becslés megbízhatóságának. A Gauss folyamatokhoz képesti kisebb szórás oka a trendfüggvény eltérő kezelésében keresendő. A Kriging a trendre egy regressziót illeszt, és a regresszió hibáját az additív Gauss folyamattal korrigálja. Az egyszerű Gauss folyamattal történő becslés csupán a kovarianciakernel

4. ábra: Kriginggel becsült egynapos járműforgalom, $RMSE = 82,42$



hiperparamétereinek hangolásával próbál minél jobb becslést adni. Mindkét esetben pontosabb értéket kapunk, mint ha a választott távolságmetrikánk sima földrajzi távolság lenne. Ekkor Kriginggel az RMSE értéke $135,1$ jármű/óra.

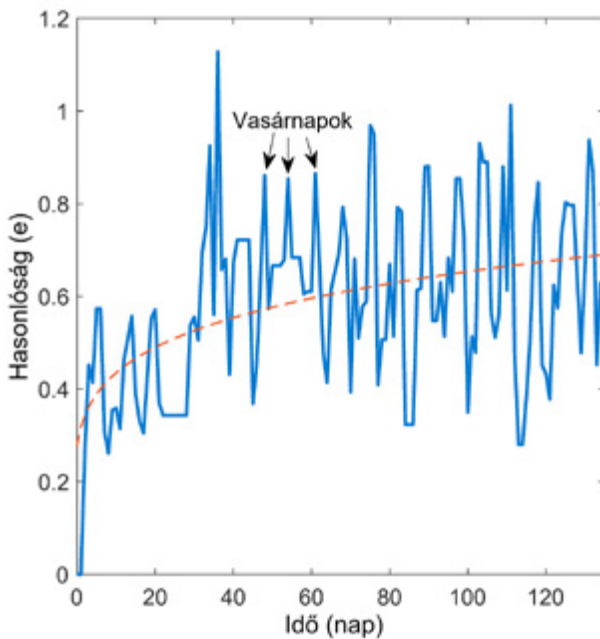
A térbeli predikció során az X mátrix állandónak tekintett. Amennyiben a forgalmi mintázatok megváltoznak, például szezonális változások vagy forgalmi

rend változása miatt, X már nem fogja pontosan visszaadni a mért keresztmetszetek közötti hasonlóságot. Hasonlítsuk össze a rögzített X -et egy új, mozgó ablakban folyamatosan (1 napos időintervallumokban) számítottal ($X'(t)$). A két mátrix eltérését összehasonlítvá

$$e(t) = \frac{1}{N + M} \|X - X'(t)\|_2$$

mátrixnorma segítségével, az 5. ábra szerinti alakuláshoz jutunk. A vizsgált 4 hónapos időszakban $X'(t)$ minden napra kiszámításra került. Látható, hogy az idő előrehaladtával a hasonlóság csökken (e növekszik), továbbá megfigyelhető egy, a hét napjai szerinti periodikusság. Ez megfelel Weijelmars [12] eredményeinek, miszerint a vasárnapok forgalmai jelentősen eltérnek a hétköznapi és más munkaszüneti napok forgalmi mintázataitól.

5. ábra: Becsléshez használt hasonlósági metrika jósága



6. KONKLÚZIÓ, JÖVŐBENI KUTATÁSI IRÁNYOK

Olyan módszereket vizsgáltunk, amelyek segítségével méretlen útszakaszok forgalomnagyságai becsülhetők. Ehhez a különböző keresztmetszetekben mért forgalomnagyságok hasonlóságára egy új távolságmétriKA került kidolgozásra. A detektorok múltbeli idősorai alapján azok hasonlósága kvantifikálható. Az így kapott páronkénti hasonlóságokat transzformálva alkalmassá válnak a járműforgalom térbeli becslésére. Ezen metrika felhasználásával két kerneleken alapuló módszer került bemutatásra. Független Gauss folyamatok sorozatával forgalomnagyság-adatok kerültek meghatározásra egy új lokációban. Hasonlóképp, ugyanezen adatok felhasználásával Kriging módszerrel is megbecsültük ugyanitt a járműforgalmat. Szimulációs eredmények alapján az adatvezérelt távolságmétriKA mindkét módszer felhasználásával jobb eredményt ad, mint ha a detektorok hasonlóságát azok földrajzi távolsága határozná meg. A Gauss

folyamatok sorozataként végzett becslés kevésbé pontos, mint a Krigingé, és a szórása is jóval nagyobb. Ennek lehetséges oka, hogy a Kriging a trendet explicit módon kezeli.

A kutatás továbbvitelére több lehetőség van. Egyrészt a távolságmétriKA a jelenlegi megközelítésben fix. Ezt új adatok beérkezésével célszerű lenne adaptív módon változtatni és monitorozni a távolságmétriKA jóságát. Egyszerű megoldásként több X felvétele és ezek közötti kapcsolgatás a pillanatnyi forgalmi mintázat függvényében (pl. hétköznap, hétvége, reggeli csúcs, délutáni csúcs stb.). Ezen kívül

a becslést célszerű alkalmassá tenni időbeli becslésekre is. Ehhez a felírt becslési algoritmusokba a térbeli függésen felül bele kell venni az időfüggést is.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

A publikáció az Innovációs és Technológiai Minisztérium ÚNKP-20-3 kódszámú Új Nemzeti Kiválóság Programjának a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Alapból finanszírozott szakmai támogatásával készült. A kutatás kapcsolódik továbbá a „Digitálisan összekapcsolt adatforrásokra alapozott, dinamikus, hangolt és adaptív városi forgalomirányítási rendszer szolgáltatások és beavatkozási, értékelési közlekedéspolitikai eszköztár kifejlesztése” c. piacvezérelt kutatás-fejlesztési és innovációs projekthez (NKFIH, 2019-1.1.1-PIACI-KFI-2019-00330).

A szerzők szeretnék köszönetet mondani a Nápolyi II. Federico Egyetem Közlekedésmérnöki Tanszékének a felhasznált adatokért.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Lawrence A. Klein, Milton K. Mills, and David R. P. Gibson. *Traffic detector handbook: Volume I*. No. FHWA-HRT-06-108. Turner-Fairbank Highway Research Center, 2006.
- [2] Yang Liu, and Ning Zhu. "A multi-objective detector location optimization approach." In *CICTP 2014: Safe, Smart, and Sustainable Multimodal Transportation Systems*, pp. 1788-1800, 2014. DOI: <https://doi.org/gt4f>
- [3] Jianming Hu, Jingyan Song, Mingchen Zhang, and Xiaojing Kang. Topology optimization for urban traffic sensor network. *Tsinghua Science and Technology*, 13(2):229-236, 4-7 July, 2014, Changsha, China. DOI: <https://doi.org/b9xnnf>
- [4] Haixiang Zou, Yang Yue, Qingquan Li, and Anthony G. Yeh. An improved distance metric for the interpolation of link-based traffic data using kriging: a case study of a large-scale urban road network. *International Journal of Geographical Information Science*, 26(4):667-689, 2012. DOI: <https://doi.org/bd3633>
- [5] Brent Selby and Kara M Kockelman. Spatial prediction of traffic levels in unmeasured locations: applications of universal kriging and geographically weighted regression. *Journal of Transport Geography*, 29:24-32, 2013. DOI: <https://doi.org/f4vv3x>
- [6] Bumjoon Bae, Hyun Kim, Hyeonsup Lim, Yuandong Liu, Lee D Han, and Phillip B Freeze. Missing data imputation for traffic flow speed using spatio-temporal cokriging. *Transportation Research Part C: Emerging Technologies*, 88:124-139, 2018. DOI: <https://doi.org/gdbch3>
- [7] Michael A. Cox and Trevor F Cox. Multidimensional scaling. In *Handbook of data visualization*, pages 315-347. Springer, 2008. DOI: <https://doi.org/gt4h>
- [8] Ian T Jolliffe. A note on the use of principal components in regression. *Journal of the Royal Statistical Society: Series C (Applied Statistics)*, 31(3):300-303, 1982. DOI: <https://doi.org/dw25m4>
- [9] Rasmussen, C. E. "Gaussian processes in machine learning", Springer, Berlin, Germany, 2003. DOI: <https://doi.org/fhqcwv>
- [10] Noel Cressie. The origins of kriging. *Mathematical geology*, 22(3):239-252, 1990.
- [11] Michael James Sasena. Flexibility and efficiency enhancements for constrained global design optimization with kriging approximations. PhD thesis, University of Michigan
- [12] Weijermars, Wendy, and Eric Van Berkum. "Analyzing highway flow patterns using cluster analysis." *IEEE Intelligent Transportation Systems*, 2005. DOI: <https://doi.org/dswz6d>



Spatial estimation of urban vehicle traffic using kernel methods

The authors investigated methods that can be used to estimate traffic volumes on unmeasured road segments. To this end, a new distance metric has been developed based on the traffic volumes measured in different cross-sections. Based on the time series of the detectors, measured in the past, their similarity can be quantified. By transforming the pairwise similarities thus obtained, they become suitable for the spatial estimation of vehicle traffic. Using this metric, two kernel-based methods have been presented.



Räumliche Schätzung des städtischen Fahrzeugverkehrs mit Kernel-Methoden

Die Autoren untersuchten Methoden, mit denen sich das Verkehrsaufkommen auf den Straßenabschnitten, wo keine Messungen durchgeführt werden, abschätzen lässt. Zu diesem Zweck wurde eine neue Distanzmetrik entwickelt, die auf den in verschiedenen Querschnitten gemessenen Verkehrsmengen basiert. Anhand der in der Vergangenheit gemessenen Zeitreihen der Detektoren kann deren Ähnlichkeit quantifiziert werden. Durch Transformation der so erhaltenen paarweisen Ähnlichkeiten werden sie für die räumliche Schätzung des Fahrzeugverkehrs geeignet. Unter Verwendung dieser Metrik wurden zwei Kernel-basierte Methoden vorgestellt.

Közlekedésbiztonság - Közlekedési környezetvédelem

A hajózás biztonságának növelése a DunaInfoControl® - modern irányítás bevezetésével

A publikáció áttekinti a hazai hajózás biztonságával kapcsolatos főbb kérdéseket, amelyeket az új és biztonságos hajózási műveletek megkövetelnek, hogy képesek legyünk a katasztrófákat elhárítani. Megállapítja, hogy már a valós idejű felügyelet és az aktuális prevenció beavatkozás eszközei szükségesek a hazai modern vízi forgalomirányítás komplex feladatának ellátásához.

<https://doi.org/10.24228/KTSZ.2021.5.4>

Dr. habil. Péter Tamás

a műszaki tudomány kandidátusa
Magyar Mérnökakadémia
e-mail: peter.tamas@mail.bme.hu,

Götz Sándor

Eötvös Loránd-díjas hajóépítő
mérnök, gépészmérnök
sador.gotz.msc@gmail.com,

Bóta János

okl. villamosmérnök
szakmérnök
bjl.bta@gmail.com

1. BEVEZETÉS

Az EU-n belüli nemzetközi közlekedési útvonalak (TEN-T folyosók) kiemelt fejlesztést kapnak. Ennek ellenére a hajózó útvonalakon számos és – részben elkerülhető – vízi baleset következett be. A 2021-2030-as ciklusban, ezek kiküszöbölésére egységes megoldásokat kell kidolgozni. A DNV-GL – az egyik legnagyobb nemzetközi hajóminősítő intézet – a közelmúltban adta ki *CLOSING THE SAFETY GAP IN AN ERA OF TRANSFORMATION* című "Fehér Könyvét" (2020), amelyben megfogalmazta a hajózás biztonságával kapcsolatos főbb problémákat, amelyeket csak egységes koncepció segítségével lehet megoldani. Az intézet, amely rálát a 100+ országra kiterjedő intenzív fejlesztésekre, vezető szerepet játszik nem csak a hajóépítés és karbantartás, hanem a megújuló energiák alkalmazási területén is. Kiadványában következő megállapításokat teszi:

A 2030-2050-es előrejelzések alapján, várhatóan attól függ majd az összes fejlesztési eredmény sikeressége, hogy mennyire veszi figyelembe azokat a prognosztizálható rizikófaktorokat, amelyek a fejlesztésekből adódhatnak [1]. A digitalizáció és az automatizálás bonyolult, összetett alkalmazásokat jelent és ez az üzemeltetés terén új módszerek bevezetését igényli. Emiatt, a hagyományos rizikómenedzsment rendszerek alkalmazatlanok az e rendszerekben fellépő zavarok kezelésére, helyettük az alábbi szempontokat figyelembe véve, újakat kell kidolgozni, hogy a biztonságot veszélyeztető előrejelzések alapján képesek legyünk elhárítani a katasztrófákat.

1. Korunkban a hajózás megnövelt biztonsági szintje úgy érhető el, ha a rizikóelhárítási munkákba bevonjuk a képzett humán résztvevőket.

2. A dekarbonizáció, – amelyet a klímavédelem vezérel – megköveteli a megújuló üzemanyagok széles körű alkalmazását, amik viszont a tárolásukból adódó kockázatok miatt, új kihívásokat jelentenek. Ezt csak új jogi és műszaki szabályozásokkal lehet leküzdeni.
3. A hajózás karbon-neutrális megoldásánál szükséges szabályozások a – feltárástól a végső felhasználóig – igénylik az átlátható szabályozást és az azokhoz tartozó elkötelezettséget.
4. A kollektív elkötelezettséggel bíró csapatmunka a tudás és tapasztalat rendelkezésre állását igényli, valamint az azt támogató szabályozások betartását és betartatását.
5. A speciális kompetencia kifejlesztését a folyamatos tanulás jellemzi, amelynek kultúrája képes létrehozni a szükséges tudást és tapasztalatot a biztonságos vízi közlekedéshez.
6. Minden hajózási szervezetnek részt kell vennie a biztonságos és hatékony teljesítmény elérésében, amely viszont az optimalizált ember – technológia kapcsolatot feltételezi.
7. Az átállás sikeressége az emberen múlik, aki a feladatokat végrehajtja. Ezért lényeges az a követelmény, hogy milyen típusú feladathoz rendelhető hozzá az a munkatárs, aki rendelkezik jó kreativitással, problémamegoldási, valamint döntési képességgel, amelyeket az új és biztonságos hajózási műveletek megkövetelnek.

Néhány fontos meghatározás a hajózási rendszerekkel kapcsolatban.

1.1. Mi határozza meg a hajózási biztonságot?

A "biztonság" a latin "securus" szóból ered, amely aggodalom nélküli, v. félelem nélküli állapotot fejez ki, és a fenyegetettség kivédésének képességére vonatkozik. A hajózási rendszereknél különös figyelmet kell erre fordítani. A hajózási rendszereknél a fenyegetettséget a humán és a műszaki hibák, valamint egyidejű külső hatások, ill. hirtelen fellépő események idézik elő.

A fenyegetettség kivédésének képessége a hajózási rendszereknél megköveteli, hogy ennek minden alkotóeleme megbízhatóan rendelkezésre álljon és képes legyen egymással együttműködni az aktuális körülmények között.

A belvízi hajózás biztonságával kapcsolatban, pl. a RIS bevezetésével [23], a hajóparancsnokok aktuális és teljes áttekintést adnak a forgalmi helyzetről. Ezáltal jól tájékozott navigációs döntéseket hoznak. Ez a balesetek és a sérülések/halálesetek csökkenéséhez vezet. Az irányító központ létesítésével összehangolt felületek kifejlesztésével, átfogó és átlátható információs folyamatokat és a közlekedési láncban résztvevő összes partner közötti zökkenőmentes adatcserét valósíthatunk meg.

1.2. Mit nevezünk robusztus hajózási rendszernek?

Ennek a rendszernek a felépítése huzamos időtartamot ölel fel és komplex fejlesztést igényel. Ezeket a kompetenciákat a gyakorlati tapasztalatokkal együtt fejleszti és közben kidolgozza a megfelelő előírásokat és szabványokat is, hogy végül egy biztonságos hajózási rendszert kapjunk, amely már hosszú évig működik és alapvető változtatások nélkül is kezelni tudja a működtetés közben előforduló hibákat.

1.3. Mit nevezünk rugalmas hajózási rendszernek?

A rugalmas hajózási-közlekedési rendszer igényvezérelt (*flexible transport systems, demand responsible transport, DRT*) olyan közlekedési rendszer, amely a hagyományos rendszerektől eltérően a menetrendet vagy a közlekedési útvonalat, adott esetben mindkét jellemzőt – a rugalmasság fokától függően – az aktuális szállítás igényei szerint határozza meg. Az ilyen rendszerek szolgáltatásának színvonala meghaladja a hagyományos közlekedési rendszerét. Ehhez modern irányító központ szükséges, amit segít a RIS felhasználása is. Az irányító központ megfelel a modern ellátási-lánckezelés információs igényeinek, és lehetővé teszi az erőforrások optimális felhasználását, figyelemmel kísérését.

Rugalmas reagálás válik lehetővé az eredeti tervtől történő bármilyen eltérés esetén [23]. Ezáltal, átlátható, megbízható, **rugalmas** és könnyen hozzáférhető közlekedési mód valószínűsíthető meg.

1.4. Mit értünk a "folyamatos javítás" alatt?

Ez esetben a feladatok és mechanizmusok nagyban függenek attól, hogy a rendszer milyen mértékben képes visszacsatoltan biztosítani az eseti *eredmények pozitív vagy negatív hatásait*. A hajózási rendszerek megbízhatósága nagyban függ attól, hogy mennyire képesek felhasználni és beépíteni a tapasztalatokat, amelyek ún. "kreatív aggodalomból" származnak. Vagyis egy bekövetkezett esemény tanulsága – azaz a *tanulás kultúrája* –, hogy használható fel.

A digitális átállás útja elvezet az "okos hajózás" – 'smart shipping' – eléréséhez. Egyben ez a fogalom a "fenntarthatóságra" is kiterjed, mivel magára a klíma változására hatással van, és ezzel lehet megvalósítani a fosszilis-mentes közlekedés elérését.

2. A HAJÓZÁSI BALESETEK ÁTTEKINTÉSE

Az új technológiát alkalmazó eszközökkel a hajók műszaki felszereltsége rohamosan fejlődik. A hajók építésére, valamint azok felülvizsgálatára vonatkozó előírások 2014 után új igényeket szabnak meg a gyártók és hajózási társaságok számára [24] (ES-TRIN és ES-QIN előírások).

Több tanulmány feltárta, hogy a közlekedésben is a leggyengébb láncszem az ember. A közlekedési balesetek több mint 80%-ában az emberi hibák okozzák a baleseti károkat, illetve az esetleges halálos kimeneteleket. Ez a megállapítás a hajózási balesetekre is igaz. Emiatt a jövőben számos baleset- és károkozót fokozottabban fog érinteni a szabályozási környezet szigorítása.

Az 1. táblázatban összefoglaltuk azokat a folyami baleseteket, amelyek alapján indokoltá vált az új megoldások bevezetése, a vízi közlekedés szabályozásában és a navigációs

rendszer területén. (A statisztikai adatok az INLAND NAVIGATION IN EUROPE MARKET OBSERVATION Annual Report 2018 dokumentumból származnak.)

1. táblázat:

Baleseti típusok	Baleseti számok Duna alsó és középső szakaszán	Baleseti számok Rajna és az Elba folyón
Éves baleseti számok hajók ütközésére 2010-2018 között	30-35	20
Éves baleseti számok infrastruktúra ütközésére 2010-2018	40-50	40
Éves elakadás a folyón	45-50	35-40
Éves felütközés a fenékre vagy parti átlag	10-15	10
Egyéb	10	10

Jelenleg a Duna forgalma a hazai szakaszon 1/10-e a Rajna forgalmának, míg a teherhajózás forgalma a 60'-as évekhez viszonyítva, 15-17%-a.

2.1. Balesetek a hazai Duna szakaszon

- 22% az összes Duna balesetnek. 2017-ben ez a részarány felette volt a 2013-ra megállapított nemzeti céloknak,
- 44% volt a Duna hajózási úton 2013-ban, ami állandó csökkenést mutatott és 2017-ben elérte a 27%-ot.

2.1.1. Az általunk vizsgált időszakban a hazai dunai baleseteknél az alábbi fontosabb események történtek:

- **1972.09.09.-én** A SIRÁLY- II 52 utassal Bécsből Budapestre indult. Újpest-Megyer térségébe érkezve 19 órakor rádióon helyzetjelentést adott, és ezt követően 1-2 perc múlva koppanó hang kíséretében a hajó jobb oldalára dőlve enyhén megbillent. Ekkor ütközött a SIRÁLY II-es első stabilizátora az útvonalát kb. 50-fokos szögben keresztező kivilágítatlan motoros túracsónakkal. Ez két személy haláláért járt. Az ok elsősorban a rossz látási viszonyok voltak.

1. ábra: A Hableány baleset helyszíne a Margit hídnál



- **1983-2007** közötti időszakban hajózási balesetben 202 fő halt meg a hazai Dunán ütközések, valamint tűz okozta balesetek, illetve vízbe esések következtében, többségében emberi hibából,
 - **1983.09.05.-én** a **SIRÁLY** I-es kb. 70 km/h sebességgel ütközött a Vilnius tolóhajó tolatmány hátsó borkájának sarok éléhez. A bárka felszakította az utastér bal oldalfalát és 9 db ülés az utasokkal együtt, egymásra torlódott, majd lékesedést okozott. A hajótest úszási biztonságát növelő 8 db vízmentes légrekeszből 2 db megsérült. A következmény két utas halála.
 - **1983** szeptemberében ütközött egy romániai kirándulóhajó egy bolgár tolóhajó konvojjal, ami 200 halálos áldozattal járt az al-Dunán.
 - **2007-ben** ütközés az M0-nál két halott.
 - **2007-ben** hajó ütközött Soroksárnál, egy halott.
 - **2016** Szigetbecse, vízbe esés hajóból, egy halott.
 - **2017** motoros kishajó úszóműbe ütközik egy halott.
 - **2019 május 29.** A Hableány balesete: egy forgalmi központból irányított prevenciószó beavatkozás - a rendkívül rossz időjárási körülmények ellenére - a trgaédia valószínűségét jelentősen csökkentette volna. Mivel ilyen nem létezett, ezért a mulasztásért sajnos 27+1 fő az életével fizetett! 1., 2. ábra
 - **2021.02.12.** A Rákóczi hídnál ütköző uszály, a katasztrófavédelem tájékoztatása szerint kora reggel manőver közben a Rákóczi híd pillérének ütközött egy Vác felé tartó objektum, amit csak több napos beavatkozással lehetett kiszabadítani.
 - **2021.03.16.** Hat bárkát tolt a Dunán a Cseljabinszk nevű ukrán hajó, amikor Bajánál ütközött a Türr István híd egyik pillérjével és az összefűzött bárkák szét-szóródtak.
- A halálos balesetek többsége a preventív eljárásokkal megelőzhető, ill. elhárítható lenne és megfelelően szervezett mentéssel a súlyosság jelentősen csökkenthető!

3. A KIKÖTŐI FELÜGYELET ÉS FORGALOM

Budapest, mint világváros az egyik legszebb panorámát nyújtja – az Európai városok között – a parti közlekedésről és a hajózási oldalról is. Ugyanakkor a fővárosnak számos kikötő

2. ábra: A Hableány A Hableány kiemelése a Dunából



tője van a hajózó útvonalon elszórva, amelyek a személyhajózást szolgálják. Ezek két kategóriába sorolhatók:

I. Nemzetközi kikötők 9 kikötő hellyel és időnként dupla (tripla) hajó kikötéssel.

II. Közforgalmú kikötők, a turizmus számára 29 kikötő hellyel, amelyeknek a Mahart Passnave adatai szerint az éves forgalma: 3000 kikötés mellett, 130 000 utas kiszolgálása.

Jelenleg a kikötéssel és logisztikával kapcsolatos szolgáltatásokon túl más szolgáltatás a kikötő helyeken nem történik. (Sajnálatos, hogy még a parti kikötői áramellátást sem oldották meg eddig, annak ellenére, hogy az uniós szabályozás ezt előírja.) A RIS-rendszer üzemeltetését egy külön társaság végzi, amelynél elsődleges a teherhajózási és általános navigációs szolgáltatás, beleértve a hajósok tájékoztatását és az aktuális vízügyi adatok átadását is. Az AIS-rendszerrel történő hajókövetést a jelenlegi rendszer nem képes valós időben megfelelő biztonsággal megoldani, mivel ahhoz sem a kihelyezett eszközök, sem a feldolgozó informatikai rendszer nem alkalmas. **A rendszer csak az utólagos hajókövetésre készült fel, prevenció megoldásra nem fejleszhető tovább!**

Véleményünk szerint a folyamszakasz napi kikötési forgalma és az átmenő hajózási forgalom együttes felügyeletét kell megoldani, egy olyan rendszer funkcióival, *amely képes a valós idejű felügyelet és aktuális prevenció beavatkozás eszközeivel a forgalomirányítás komplex feladatát ellátni.*

3.1. A 2030-as évekre várható hajózási forgalom növekedése:

- A teherhajózásban 4-5-szörös forgalmi növekedés várható, amelyen belül a konténeres hajózás kimagaslóan fejlődhet. A 6000-8000 tonnás konvojok és a veszélyesáru-forgalom 10-12%-os növekedésével lehet számolni.
- A személyhajózás területén várhatóan a 10-12% -os éves fejlődés fennmarad a nemzetközi forgalmat lebonyolító krúzereknél, amennyiben visszaáll a pandémia előtti állapot.
- Számolni kell az agglomerációs hajózás megindításával is napi 20 000-25 000 fő forgalom mellett, valamint a sport és kishajózás növekedésével.

4. A HAJÓZÁSI BIZTONSÁG NÖVELESE

Fontos kiemelni, hogy a hajózási útvonalak szabványosítottak a hajózási eszközök méreteinek hozzárendelésével az AGN egyezmény előírása szerint, amelyet hazánkban az 57/2011.(XI.22.) NFM rendelet és annak 1.sz melléklete határozza meg a Hajózási Szabályzat előírásaival [1-5].

Unió szinten a biztonságot szabályozó direktívák:

- 2005/44/EC direktíva RIS bevezetése,
- Az EU Parlament és Tanács 2010/65/EU Irányelve, a tagállami kikötőkbe és azokból induló hajókra vonatkozó nyilatkozási kötelezettség.
- 2015/EC, National Single Window Guidelines, EUROPEAN COMMISSION DIRECTORATE-GENERAL FOR MOBILITY AND TRANSPORT, (2015.04.17.)
- ISO 28005-2(2011) EU Port Community System, az elektronikus kapcsolatok létesítésére vonatkozó interfész szabványokra. (Security management systems)
- Safe SeaNET 2018 EMSA, (European Maritime Safety Association) amelyet az AIS azonosított hajókra alapozva kell teljesíteni.
- RIS-2014, AIS bevezetése megtörtént.
- RIS-2018 ECDIS térképek bevezetése a teherhajózásban megtörtént.

4.1. Unió finanszírozású hazai hajózási fejlesztések

- A hajóút kitézési rendszer fejlesztése a teljes magyar Duna-szakaszra (Fairway-projekt).
- Új, korszerű üszög bója-rendszer (hagyományos és intelligens bójkát tartalmaz) és parti jelek kiépítése a következő funkciókra továbbfejleszhetően:
 - hajózási üzenetek,
 - időjárás előrejelzés,
 - forgalmi ellenőrzés és statisztika,
 - vízállásra vonatkozó térképes korrekciók.

4.2. A személy- és teherhajózás együttélése

A Duna nemzetközi folyó, ahol a szabad hajózást biztosítani kell, a Belgrádi Egyezmény, valamint

az ENSZ AGN előírásai és ICPDR (Zágráb) megállapodás alapján. A teherhajózás területén, valamint a személyhajózásnál megfelelően szabályozottak a műszaki paraméterek - a hajók főbb méretei, valamint azok kapcsolt egységei (vonták és tolatmányok) a biztonsági eszközök és felszerelések, ill. azok éjszakai kivilágítása. Ezzel együtt fontos, hogy az összes járműcsoport területén eltérő forgalmi jellemzők találhatók:

- Vonták és tolatmányok: Hossz x Szélesség 320-350 m x 33-35 m, sebessége: 15-20 km/h.
- Önjáró hajók: (+1 egység tolatmány) H x Sz 180-200 m x 11,40 m, sebessége 15-20 km/h.
- Cruizer: H x Sz 110-150 m x 11,40, sebessége 25-28 km/h.
- Sirály szárnyashajó: H x Sz 27 x 9 m, sebessége 65 km/h.
- Meteor szárnyashajó: H x Sz 34,6 x 9,5 m, sebessége 60 km/h.
- Helyi turistahajók és katamaránok: H x Sz 24-35 m x 6-8,5 m, 20-55 km/h.
- Kishajózás* (12 fő/hajó alatt): H x Sz 8-12 m x 4-5,5 m, 12-15 km/h.

Mindegyik hajócsoportot felszerelték AIS hajókövető eszközzel, kivéve a *-gal jelöltet.

Az érvényes szabályozások és ahhoz kialakított hajókövetési gyakorlat ma nem alkalmas az objektum egyedekre vonatkozó real-time követést és prevenció beavatkozás módszerét, mivel az ehhez szükséges eszközök eddig a folyami hajózás terén nem kerültek alkalmazásra.

4.3. A hajózási fegyelem és biztonság kérdése

A meglévő szabályozások általános szintű biztonságot nyújtanak a hajóvezetéshez, a tiszta döntéshozatali képességű és szakmai gyakorlattal rendelkező vezetőknél, valamint átlátható időjárás és hibátlan technikai feltételek mellett.

Az emberi fáradtság, a nem hibamentes technikai környezet, valamint a kedvezőtlen időjárás feltételek együttes hatásai negatívan befolyásolják az emberi döntéseket – ezek a tényezők tömegbalesetet is előidézhetnek – ezért szükséges

a meghatározott lokációkban, állandó diszpécser-szolgálatot bevezetni, amelyben a forgalmat ellenőrző és magas szakmai kompetenciával rendelkező szakember on-line és real-time módon képes beavatkozni egy MI technológián alapuló HW/SW tanácsadói háttérrel.

5. AZ 5G TECHNOLOGIA

5.1. Az 5 G technológia a fővárosi dunai szakaszán

Az 5G-s technológia, amelyet 2019.05.23.-án a VODAFONE az $f=3,6$ GHz frekvencián telepített, lehetőséget ad a rendszer alkalmazására [3,4,5]. A fővárosi Duna szakaszon, 2019.03.23. óta üzemeltetett vízimentő hajós szolgálat, valamint az AIS automatikus egyedi hajóazonosító rendszer (amelyet az EU minden teher és 12 utasszám feletti személyhajóra bevezetett 2015-ben) lehetővé teszi a fővárosi dunai szakaszon a 1659,74 fkm, valamint a 1633 fkm között egy pilot-irányítórendszer kifejlesztését és alkalmazását.

A pilot terv célja olyan üzemeltetési eredmény biztosítása, amely alkalmassá teszi a rendszert a hazai, majd azt kibővítve és továbbfejlesztve a teljes D-M-R vízi úti alkalmazásra.

Amint az a nemzetközi statisztikákból látszik, a baleseti körülményeket tekintve alapvető szerepe van az időjárási tényezőknek, valamint az esetlegesen bekövetkező technikai hibáknak, amelyek még a legkorszerűbb hajók fedélzetén is váratlanul felléphetnek!

Ennek következtében, a fenti negatív hatások életeteket követelhetnek, másrészt a baleset következtében az épített környezetet is romboló hatások érik.

Ezek megelőzésére dolgozta ki az EU a SEVESO-III előírást, amely a hazai katasztrófa törvény jogszabályaiba is bekerült. Megfelelő matematikai eljárások alkalmazásával a várható biztonság érték meghatározható és az éves várható balesetszám gazdasági hatásai értékelhetők.

A biztonsági rendszer – BIR – kifejlesztésének az a jelentősége, hogy részletesebb előírást tar-

talmaz a veszélyes anyagokkal és tranzakciókkal kapcsolatban, amely kiterjed a várható vagy a már bekövetkezett balesetek figyelembevételére az eseménysorok vizsgálatánál.

A jogszabály az üzemeltető számára előírja, hogy:

- Nagy figyelmet kell fordítani a veszélyes tevékenység kapcsán a szerződött partnerek vállalkozók/ávvállalkozók által végzett munkafolyamatok résztvevőire és ezeket meg kell jeleníteni a BIR-ben.
- A tevékenységhez kapcsolódóan ki kell dolgozni a „tudatosság és megelőzés jegyében” a technológiai környezet nyomon követéséhez szükséges stratégiát és módszertant, amelynek eredményeként az üzemeltetők végrehajthatják a szükséges javító intézkedéseket.
- Az üzemeltetőknek meg kell határozniuk a biztonsági teljesítményértékeléshez használatos teljesítmény mutatókat.
- A belső védelmi terv átdolgozása során be kell mutatni az üzemeltetőnek a veszélyes anyagokkal kapcsolatban kialakuló baleseti helyzetek minimalizálására rendszeresített technológiákat/technikákat és a hatékony vezetési, irányítási infrastruktúrát.
- A biztonsági dokumentációban bizonyítani kell az üzemi kárelhárító szervezet létrejöttét és használhatóságát, a hozzájuk kapcsolódó személyi, tárgyi, technológiai/technikai feltételekkel egyetemben.
- A kis molekulatömegű gázok szempontjából, mint nedvesített anyag jelennek meg a következő anyagok pl.: vízmentes ammónia, a bór-trifluorid, hidrogén-szulfid, a hidrogén, valamint a metán-gázok. (Ezen anyagok főként a megújuló és alternatív üzemanyagok körébe tartoznak.) A BIR-rendszer az előzőekből adódóan olyan biztonsági feltételeket valósít meg, amelyek az üzemeltetés során állandó értékelés alatt állnak – a bekövetkező események hatására – vagyis az adott üzemeltetett objektumra életút-menti biztonságra szolgál.

Az általunk bevezetésre javasolt DunaInfoControl-rendszer, ezen követelmények teljesítését kívánja biztosítani a folyamati közlekedés minden résztvevője számára.

A -BIR-SIS- kifejlesztése megköveteli egyrészt, hogy minden biztonsági rendszert érintő esemény bekövetkezése után, az előírt jelentéseket foganatosítani, másrészt azok feldolgozásával kell a BIR szabályozását továbbfejleszteni és átértékelni.

5.2. Az 5 G technológia és a mesterséges intelligencia (MI) adta lehetőségek

Az irányító rendszer a meghatározott folyami szakaszon, a folyami partokon és a hidakon, lépcsőkben megfelelően beállított kamera rendszert és radar érzékelőket használ, háránt eltolással a partok mentén, közös hálózatra kapcsolva. Teljesül a mintavételi pontok duplikálása, a hidaknál alsó/felső rálátással, fkm szakaszonkénti követéssel. Ezek felhasználásával történik az adatok folyamatos gyűjtése, (AIS, sebesség, iránytartás, hegy/völgymenti), ciklikus pálya-útvonal korrekcióval a követésnél, amelyet az MI rendszer 0,1 sec frissítéssel végez. Alkalmazásra kerülnek a hajó és vonta / tolatmány-formákra kidolgozott "buborékok" és biztonsági sávok folyamatos nagy sebességű automatikus ciklikus értékeléssel a várható helyzetképek értelmezésére. A jelzések automatikus feldolgozásánál alkalmazásra kerül az MI-eljárás, kombinálva a vízi IDM modell alkalmazásával, a várható konfliktus helyzetek előrejelzésére és a feltételezett baleseti pozíciók kiemelésére. A szabálytalanságok esetén figyelmeztetések kiadása és az elterelés végrehajtása a feladat. Fontos a havaria és technikai hiba fellépése esetén a technikai támogatás nyújtása. Pl., az "ember a vízben" - esetén drónos mentőmellény küldése. A hajóvezetők és a mentőszemélyzet közvetlen támogatása körkörös többpontos info-hálózati kapcsolattal történik. Automatikus feladat az eseményértékelő rendszer működtetése, az adatok feldolgozása. A súlyozásos hibafa, a szabálytalanság, a következmény, a fkm-pozíció kár és az okozó statisztikai feldolgozása és archiválása is megoldandó. Ezzel egy "öntanuló-rendszer" analízise és kifejlesztése is feladat. Mindezekkel megtörténik az on-line rendszer üzemeltetésére képes kompetenciák létrehozása és annak fenntartható fejlesztése 24-órás üzemi feltételekhez.

6. A KÖZPONTI FORGALOMIRÁNYÍTÁS FEJLESZTÉSÉRE VONATKOZÓ JAVASLAT

6.1. Az on-line és real-time diszpécserközpont fejlesztése

A megoldás kiterjed az irányítással kapcsolatos, minden információ kétirányú áramlásának nagy biztonsággal történő megvalósítására. Ideértve annak a képességnek az ellenőrzését is, hogy a belépő járműnek minden, a biztonsággal kapcsolatos eszköze, berendezése hibátlanul működik. A rendszer intelligens kommunikációs felügyeletet alkalmaz. A központ biztosítja az optimális mozgásokat és az információk tárolását (3. ábra). Időben beavatkozik, ha a forgalmi előírásoknak nem megfelelő a helyzet, vagy kritikus-közeli helyzet kezd kialakulni. (A diszpécserközpont lokális beüzemelését követően, országos központtá fejleszthető.)

Célkitűzések és követelmények:

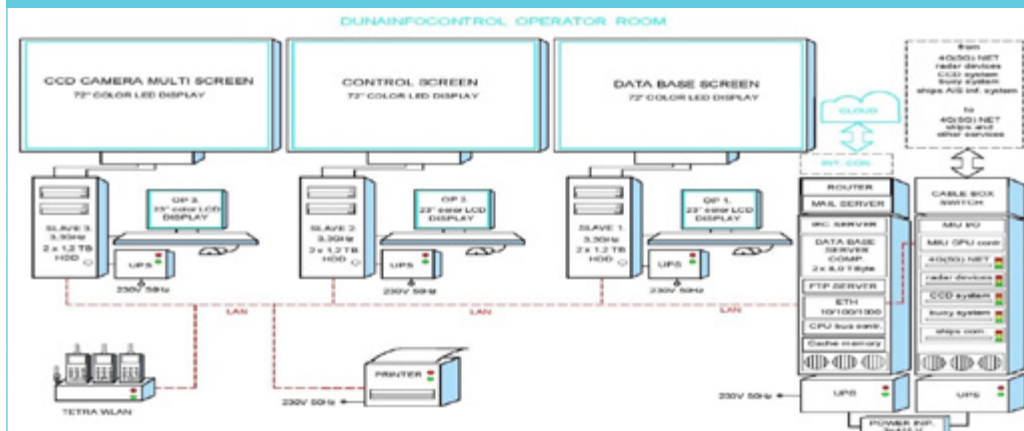
- illeszthető legyen a jelenleg telepítés alatt álló "intelligens bója-rendszer" HW/SW alkalmazásra,
- telepíthető legyen a teljes hazai Duna és a Tisza szakaszokon, valamint tavak területére is,
- továbbfejlesztése tegye lehetővé a baleseti okok elemzésénél a személyzeti beosztások és gépi berendezések hiba-feltárását,
- baleset esetén tegye lehetővé a diszpécser részére az aktív körkörös beavatkozást a rendőrség, a mentők, a katasztrófavédelem és az egyéb szervekkel (OMSZ) való együttműködéshez.

6.1.1. A fejlesztést három lépcsőben javasoljuk kidolgozni:

1. lépcső: Pilot programon belül a meglévő HW/SW bővítése a fővárosi diszpécserközpont felállítása, majd megtervezni a Duna és Tisza egyes szakaszain.

2. lépcső: Új informatikai hálózat létesítése 5G rendszerrel, pl. az $f = 3,6$ GHz sávban.

3. ábra: Az operátori munkaállomás és az irányító központ tömbvázlata



3. lépcső: Egy országos irányítási központ és több alközpont létesítése.

A fejlesztés eredménye, egy integrált on-line proaktív MI támogatású rendszer, amelyet a biztonságos hajózásnál alkalmazni lehet és ezzel egy, az EU-irányelveinek megfelelő innovatív közlekedési fejlesztés jön létre.

A létrehozandó rendszerben az alábbi három fontos minőségi jellemzőt érdemes figyelembe venni:

1. Mesterséges intelligencia és a járműbe épített eszközök.
2. Kikötői ki/belépő kommunikáció digitalizálása és a forgalmi elsőbbségek szabályozása.
3. A hajózó személyzet visszatérő oktatása hazai fejlesztésű szimulátoros navigációval, amely megfelel a MARITIME TRANSPORT: A SELECTION OF ESSENTIAL EU LEGISLATION DEALING WITH SAFETY AND POLLUTION PREVENTION (2016-EU) előírásoknak.

A valós idejű kommunikáció, valamint több érdekelt fél egyidejű bekapcsolása a mentési rendszerbe, real-time kommunikációval, már megfelelő támogatást adhat a baleseti helyzet megoldására és a mentés hatékonyságának növelésére.

6.1.2. A projekt főbb funkciói:

A pilot projekt megvalósítása az alábbi feladatok elvégzését igényli:

- A fővárosi hajózó utak felmérése, a kihelyezett eszközök helymeghatározása a hídlábak körül. A változó vízmélységek hatására létrejövő nautikai, áramlási szimulációs vizsgálatok.
- A nagy forgalmú és magas rizikójú vízi közlekedési lokációk meghatározása – a kikötő helyek környezetének egyedi követelményei miatt – a helyi biztonsági feltételek betartására.
- Az operátori irányítástechnikai HW/SW rendszer létrehozása, üzemi próbáinak végrehajtása.
- Központosított forgalomirányítás bevezetése 24 órás felügyelettel, váltott személyzettel.
- Real-time és on-line informatikai hálózat (5G), valamint az MI (AI – Artificiál Intelligence) technológia alkalmazása a vészhelyzetek kialakulása előtti döntéshozatalnál, műszaki tervezés és kivitelezés, valamint üzembe helyezés.
- Machine-machine (M2M) kommunikációs eszközök kiválasztása, és próbaüzemeltetése.
- Korszerű mentési eszközök, drónok telepítése központi irányítással, egy új szervezeti egység operatív tevékenységével.
- Oktató szimulátor HW /SW tervezése és kivitelezése, és ennek archivált adatbázisát a diszpécserrendszer is felhasználhatja.

- Oktató szimulátor baleseti szimulációkkal, illetve öntanuló SW rendszerek alkalmazása a továbbképzésekhez, a baleseti helyzetek elemzéséhez és a hajóvezetők visszatérő képzéséhez.
- A rendszer EU-kompatibilis nemzetgazdasági költség/eredmény haszon kidolgozása
- Az 5G alkalmazása SIL-3 illetve SIL-4 feltétel mellett, redundanciával és folyamatos üzemeltetéssel, a 24-órás felügyeletnek megfelelően. Egy adott folyamatszakaszon a balesetmentes hajózás biztosítása, a jogi következmények szigorításával.
- Az aktuális hazai hajózási szabályzatok felülvizsgálata az EU előírásainak megfelelően. A képzési és a kompetencia felülvizsgálatok rendezése a hajózási üzem és a hajózó személyzet minősítésének szempontjából. Korszerű kommunikációs rendszer kialakítása a hajó-kikötő biztonsági kommunikációs kapcsolatok létrehozására, az uniós digitalizációs szabályok bevezetésével. (FAL-1-7 adatforgalom).

6.1.3. Mit vehetünk át a repülés irányítási rendszer működéséből?

Elsősorban azokat a koncepcionális alapokat, amelyek megalapozták a modern irányítási rendszernél a nagy biztonságot és a hatékonyságot. Továbbá, azt az élvonalbeli biztonságkritikus technikát, amely kiszolgálja a hatékony módszerek alkalmazását.

A mesterséges intelligencia (MI) módszereit már egyre több közlekedési ágazatban alkalmazzák. A HungaroControl egy nemzetközi, német-francia-angol konzorciummal kötött szerződést, ezzel megkezdődött a ma is használt MATIAS (Magyar Automated and Integrated Air Traffic System) (4. ábra) fejlesztése. A szoftver alapját a francia Thales Air Systems EuroCat 2000E programja adja, azonban ezt a kezdetektől fogva a magyar igényekhez alakították és az 1999 decembere óta üzemelő rendszert folyamatosan frissítik, új képességekkel ruházzák fel. A szoftver feladata a légiforgalmi irányítók támogatása a számukra szükséges leg több releváns információ nyújtásával.

A megújított szoftverrendszert pedig egy módosított, valós idejű működésre felkészített Red Hat Linux operációs rendszer szolgálja ki.

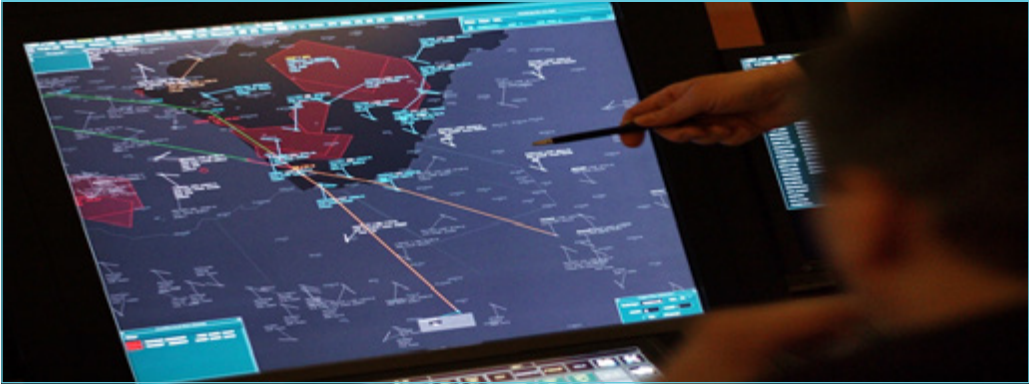
Az eddig hibátlanul működő FDDI-gyűrűt gigabites Ethernet váltja fel.

A MATIAS összesen hét radar (négy magyar, két szlovák, egy román) által valós időben szolgáltatott adatok (gépek helyzete, sebessége, magassága) mellett folyamatosan figyeli a Brüsszelben működő európai repülésirányító központból beérkező repülési tervadatokat is, amelyek a magyar légteret érintő járatokkal kapcsolatos információkat tartalmazzák, a járatszám mellett például a gép típusát, kiindulási és célállomását, felszereltségét.

Emellett a MATIAS kapcsolatban van a környező országok hasonló rendszerével, s azoktól már a gépek légtérbe érkezése előtt percekkel megkapja a velük kapcsolatos legfontosabb információkat, vagyis hogy az adott gép hol, mikor, és milyen magasságon fog a légtérbe érkezni [6].

A szoftver emellett tartalmazza a (pl. katonai művelet miatt) védett légterek adatait, illetve az időjárással kapcsolatos információkat is, utóbbit 10 másodpercenként frissíti a Meteorológiai Szolgálat (OMSZ). A MATIAS legfontosabb feladata a légiforgalmi irányítók tájékoztatása. Egy képzett irányító legfeljebb 18-20 gépet képes kezelni, a magyar légteret mindig annyi szektorra osztja szét az irányítók vezetője („supervisor”), hogy egy irányítóra ne jusson ennél nagyobb forgalom. A szoftver az információk megjelenítésén és rögzítésén kívül a rendelkezésére álló adatok alapján képes előrejelzéseket is készíteni, a repülőgépek helyzete és haladási iránya alapján valós időben elemzi és 25-30 percre előrevetíti a légtér helyzet alakulását, valamint figyelmezteti az irányítókat, ha valahol konfliktushelyzet várható. A rendszer képes 80-100 gép párhuzamos légtéri helyzetét követni, valamint csúcsidőben 2-300 járatot közvetlenül irányítani a helyi repülőtérről.

4. ábra: A MATIAS 10.0 rep. irányítási rendszer egy operátori munkaállomását mutatja [6]



6.2. Automatikus irányító központ fejlesztése, optimális vízi irányító rendszer telepítése

A jármű-jármű optimális dinamikus kapcsolatának irányítása figyelembe veszi a jármű- infrastruktúra dinamikus kapcsolatának irányítását is. A jövőben az esetek többségében ezt a vízi járművek fedélzetére telepített intelligens rendszer fogja megoldani. Ekkor már autonóm vízi járműirányítás történik, robotpilóta/robotkapitány modellrendszer kiépítésével és megvalósításával. Ezt a továbbfejlesztett diszpécserközpont végzi el. Minden, a körzetébe tartozó vízi jármű pozícióját pontosan meghatározza a saját rendszerében, előre számol és optimális fogalomirányítást hajt végre. Ezekhez a fejlesztésekhez kiválóan alkalmazhatók a Módosított Intelligens Driver Model (IDM) modellek területén végzett tudományos kutatásaink [7-15].

Az IDM modell és forgalmi alkalmazása az Adaptive Cruise Control (ACC) körbe tartozik, ami egy olyan járműforgalmi rendszer, amely lehetővé teszi a jármű számára, hogy a sebességet a környezethez igazítsa. Az Intelligens Driver Model (IDM) egy adaptív tempomat (ACC) modell, amelyet széles körben használnak a közlekedési kutatásokban a longitudinális mozgások modellezéséhez. Treiber, Hennecke és a Helbing 2000-ben, a Drezdai Műszaki Egyetem közlekedési laboratóriuma dolgozta ki az

Intelligens Vezető Modellt (IDM), amelyet a BMW autógyár használ. A klasszikus IDM modellt, folyamatos forgalomáramlás modellezésében alkalmazzák az autópálya és a városi forgalom szimulációjánál. Ezen munkák eredményei azt mutatják, hogy alkalmazásuk a forgalom hatékonyságának növekedését idézi elő.

A klasszikus IDM ütközésmentes modell. Ez kritikus baleseti helyzetben viszont már nem elegendő a biztonság garantálására. Munkáinkban az IDM modell pontosabb működésével és módosításaival foglalkoztunk, a járművek valós képességének figyelembevételével. A módosítás alapján, a vezetőnek, ill. önvezető robotpilótának már figyelembe kell vennie az őt követő járművek viselkedését is, és ez által, egy új módosított IDM modellt fejlesztettünk ki és teszteltünk le mikroszkopikus szimulátorral a húrstabilizálás figyelembevételével [10-11].

Ez a módosított IDM modell már a valódi járműképességeket helyezte előtérbe. Figyelembe vettük azt a valós folyamatot is, amelynél görbe vonalú trajektóriákon haladnak a járművek [8]. A folytonos trajektóriakövetés esetére levezetett modellrendszerünk alapján megállapítható, hogy a trajektória követésre alkalmazott fizikai megfontolások jól hasznosíthatók az előre meghatározott mértékű hibaelkövetést is magában hordozó vezetési technikai stratégiáknál is.

Ez figyelembe veszi a bonyolult, valós forgalmi környezetet és a járművek együttes dinamikáját.

Ennél az irányításnál alkalmazzuk a Model Predictive Control (MPC) módszert [7-11].

A modell prediktív irányítási (MPC) módszer olyan numerikus-optimalizáláson alapuló irányítási módszer, amelynél – diszkrét időt feltételezve – a beavatkozó jel jövőbeni értékeit (véges időhorizonton előretekintve) minden diszkrét időlépésben egy előírt célfüggvény optimalása révén határozzák meg. A célfüggvény értéke függ a rendszer jövőbeni állapotától, amelyeket a rendszermodell alapján, a beavatkozó jelek és a kezdőállapot függvényében lehet számítani. Az ily módon működő irányítási eljárás esetén, a programalkotó rendszer már teljesen forgalomtól függő és a fő jellemzője az adaptivitás.

Amennyiben a forgalomirányító rendszer kellően fejlett, megfelelő naplózás és a pontos idő ismeretében lehetőség van arra is, hogy meghatározzuk az időfüggő aktuális jelzéseképet is. A módszernél alkalmazzuk a „Nagyméretű hálózati forgalmi modellt”, amely a forgalmi hálózatok és környezetükre vonatkozó kutatásaink eredménye és a közlekedési folyamatok összetett kapcsolatrendszerét írja le. Ezekhez, az adott környezetben fellépő forgalmi folyamatokhoz a szűkített hálózati forgalmi modellt alkalmazzuk [12-21].

A most előkészített javaslatunk alapján megállapítható az is, hogy a környezetet figyelembe vevő autonóm járműipari kutatások kiterjeszthetők és általánosíthatók az autonóm vízi járművekre és irányításuk területére [12-22]. Természetesen két fontos jellemzőt alaposan figyelembe kell venni: 1.) A vízi járművek közlekedésének sajátosságait és tulajdonságait. 2.) A víz, mint pálya sajátosságait és tulajdonságait. Ezek elemezhetők mérésekkel, de lemodellezhetők pl. a **Saint-Venant differenciál egyenletekkel**, ill., ezek továbbfejlesztett módozataival, végeselemes áramlási modellezésre alkalmas szoftverek felhasználásával is. (A folyóvízi áramlások egyes szakaszaira előkészített forgatóköny-

vekkel és ezen körülményeket figyelembe véve, hajómodellekkel szintén feltérképezhetők, elemezhetők a vízi járművek egymásra gyakorolt különböző hatásai.)

A forgalomirányítási központ kiépítése, valamint az ehhez tartozó szoftverrendszer fejlesztési tevékenység is további lényeges feladat. Megállapítható, hogy a technikai megoldásokban ehhez kitűnő hazai lehetőségek állnak rendelkezésünkre! Figyelembe kell venni, a Hungarocontrol Zrt. kitűnő szakmai tapasztalatait és ismereteit, amelyekre mindenképp támaszkodni kell. Hasonlóan, igen fontos az a magas szintű mérnöki szakmai tudásbázis, amelyet a Magyar Mérnökakadémia nyújt ehhez a projekthez. Örömmel állapítható meg, hogy mindkét irányból teljes támogatást kapott a projekt. Ugyanakkor, természetesen a légi irányítás módszere nem vihető, ill. vehető át közvetlen módon a vízi irányítás területére. Nagyon sok lényegi eltérés van a két rendszer között és olyan fizikai sajátosságok, amelyek eltérő megoldásokat igényelnek. Ezzel együtt, a csoportokra vonatkozó irányítási elvek, a nagy megbízhatósággal működő gyors rendszerekre vonatkozó tapasztalatok és követelmények teljesítése, sok vonatkozásban alátámasztják a konform leképezéseket.

A konkrét esetekben az SW a kötelezően leadott hajózási útvonaltervekkel együtt és egyéb adatok alapján, 3D profilokat számol és rajzol fel, akár többszázas nagyságrendben. Ezek között már 20-25 percre előre képesnek kell lennie a potenciálisan problémás helyzetek észlelésére. A javasolt módszer a valódi radaradatok és a nagy felbontású széles spektrumú CCD kamerák alapján, rövid távú konfliktuskutatást is végez, és 5-10 másodpercenként újraértékeli az egész forgalmi helyzetet.

A nyári csúcsidekban lehet olyan nap, amikor több száz jármű is mozoghat egyidejűleg a monitoron. A szoftver úgynevezett SSR kód helyett, az AIS lesugárzott rádióhívójelet használja a vízi járművek azonosítására és a térbeli pozíció, valamint a megadott útvonal tervek összerendelésére. (Ez, a kamerás megfigyelő rendszer által szolgáltatott adatokkal párhuzamosan történik.)

Egy-egy új verzióhoz (build) való hozzákezdés előtt figyelembe kell venni az aktuális trendeket és szabályozásokat, az irányítók igényeit, saját fejlesztéseket, majd egyeztetés után indul el a SW fejlesztése.

A tesztelés előbb a gyártónál, majd a szoftverhibák kijavítása után, normál üzemben történik. Egy build általában tíz-húsz kisebb nagyobb fejlesztési igényt szolgál ki. Ennek része a CPDLC (Controller Pilot Data Link Communications) képesség, amely automatikus sms-re cseréli a jelenlegi fónikus telefonálást.

Az irányító és a vízi jármű közti adatkapcsolati kommunikáció bevezetése elsősorban a növekvő vízi forgalom következtében az egyre telítettebb frekvenciák miatt szükséges.

Egy körzethez egy frekvencia tartozik, és ezen kommunikál az irányító központtal az adott időben az arra hajózó objektum. A néhány másodperces rádiózás nem tűnik soknak, de a csúcsidőszakokat nézve, a félreértések elkerülése miatt fontos visszaolvasási szabályt is figyelembe véve, igencsak sűrű egy-egy frekvencia. Ha a kommunikáció egy része adatkapcsolaton történik, az a hangforgalmazáshoz képest eltérő ideig terheli a csatornát, másrészt gyakorlatilag lecsökken a félreértések, félrehallások esélye.

A szoftverfejlesztés célja az, hogy egyre több információt láthasson a központi forgalomirányítás, viszont elég keveset és elég kényelmes formában ahhoz, hogy a képernyőn látható adatmennyiség is kezelhető maradjon.

7. A HAJÓZÁSI RENDSZERHEZ ADAPTÁLT KIKÖTŐI ÉS KOMBINÁLT FORGALMI RENDSZER KONCEPCIÓJA

Egyrészt a távlati célok miatt, másrészt az átmenő és helyi forgalom struktúrájának kezelése szempontjából, illetve a nemzetközi hatósugarú hajózási adatok átvételének érvényesítése miatt célszerűnek látjuk az AIS azonosítóval rendelkező hajók két önálló követési csoportját megvalósítani a fejlesztésre kerülő rendszerben, amely alapján elkülönítve kezelhetjük:

- az induló állomástól külföldi céllal hajózó járműveket, (amelyek hazai folyami szakaszon csak hajózást céloznak meg (**A-kategória**), valamint
- azon hajókat, amelyek hazai kikötőből vagy határállomási átlépéssel hazai kikötési céllal kerülnek be a hajóútra, (**B-kategória**).

Mindkét csoportnál elvárásunk a The Digital Transport and Logistics Forum (DTLF) Subgroup 1: electronic transport documents Version 6.0 June 2018. direktíva szerinti digitális dokumentumok alkalmazása, valamint, az EU-kikötőbe érkező hajókra kiadott digitális dokumentumok felhasználása.

Az információk, amelyeket a központi rendszerben az EU a Hajótest Adatbázisban tart nyilván minden hajóról: (EHDB). Ezt az adatbázist minden tagországi hatósággal meg kell osztani.

Az EHDB adatbázis a következő információkat tartalmazza:

- hajónév és egyedi azonosító,
- tulajdonos azonosítója és neve, valamint elérhetősége,
- egy karakter-csoport a hajó adatainak meghatározására,
- a hajó főbb hajózási jellemzői,
- hajózási terület a RIS-re (River Information Services). A rendszer megosztja mindazon elektronikus információkat a veszélyes anyagokkal kapcsolatban, amelyek kapcsolatban vannak a különböző hatóságokkal, valamint az ilyen típusú áru-tranzakciókkal.
- RIS megoszt egy sor olyan határon átmenő elektronikus információt, amely a hajózást szolgálja ki.

Az **A**, valamint a **B** kategóriában a hajózásra a 2017/2397-EU Direktíva érvényes, amelyben a hajózó személyzeti szakmai kompetenciák minősítését írja elő a folyami hajózásra, valamint a 96/50/EC és a 91/672/EEC direktívák, amelyek a teljes személyzet minősítését a társországi hatáskörbe utalja át. Ennek alapján a személyzet minden tagja rendelkezik egy személyzeti könyvvel és azon belül a minősítés-

nek követésével. A személyzeti könyvet a hajó személyzeti tagjai kötelesek naprakészen papír formában is hordozni.

Az A-kategóriájú teherhajókra vonatkozóan a dokumentumokat digitálisan is rögzíteni kell, amely megadhatja az árumozgásokkal kapcsolatos összes információt, mind a logisztikai láncon belüli, mind pedig a hatósági dokumentumokra vonatkozóan.

A dokumentum előírja, hogy:

- azon dokumentumok, amelyek bizonyítják az árumozgást a hajó és a tulajdonos, vagy szállítmányozó szerződéses viszonylatában, a Nemzetközi Konvenció szerint (CMR, CIM/SMGS consignment notes, air waybill, bill of loading),
- valamint az egyéb dokumentumokat, amelyek bizonyítják az árutulajdonos mivoltát, ezek a: származási bizonyítvány, a pszichoszomatikus bizonyítvány, illetve a veszélyes áru bizonyítványok.

A hajózási útvonal követése:

Az A-kategóriájú hajók esetén az alábbi elektronikus adatok átadása a biztonsági rendszer számára:

- EU induló kikötő és kikötési hely azonosítása,
- tervezett / tény kiindulási időpont nap / óra / perc,
- határátlépési pont és tervezett ideje, nap/óra/perc, (ennek tény időpontját a biztonsági rendszer figyeli).

A B-kategóriájú hajók esetén a következő elektronikus adatok átadása a biztonsági rendszer számára:

- tervezett / tény kiindulási időpont nap / óra / perc,
- határátlépési vagy hazai induló kikötő-pont és tervezett ideje, nap/óra/perc, (ennek tény időpontját a biztonsági rendszer figyeli),
- elérési kikötőpont vonatkozó adatai és kikötés időpontja, nap /óra /perc.

A két kategóriára együtt folyamatos útvonalkövetés alatt áll, és a teljes hajóúton – a ki-

kötési kommunikáció végrehajtása és / vagy a határon történő kilépésig illetve a kikötési helyre történő navigálások végéig – a biztonsági felügyelet alatt állnak. Ezen időszak alatt a diszpécserközpont aktív irányítási felügyelete érvényesül. (Figyelembe véve általános szabályként az adott hajózási szakaszon érvényes iránytartási és elsőbbségi szabályokat, amelyek a jogszabályi és/vagy eseti vízállási feltételekhez illeszkedően érvényesek)

Speciális helyi szabályokat kell érvényesíteni – jogszabályi háttér – vagy eseti időszakra vonatkozóan adott víziúti szakaszokon, ha az alábbi rizikótényezők állnak fenn:

- HKV vagy HLV közeli állapot--17/2002. (III. 7.) KöViM rendelet-- a vízállás tekintetében, (hidlábak és fenék domborzati veszélyek),
- hajózási úti kikötők környezetében, ha az adott szakaszon előírt navigációk nem tarthatók be,
- eltérő áramlási viszonyok--viharos környezetben,
- egyirányú közlekedés kitűzött szakaszain, ha konvoj szembeforgalommal kell számolni,
- havária esetén, ha technikai meghibásodás, vagy hajók ütközése, illetve tüzeset történt,
- "ember a vízben" baleseti helyszín közelében.

A felsorolt esetekben a hajóvezetők kötelesek a diszpécser által kiadott utasítások szerint eljárni. (Az utasításokat "fekete dobozként" kell kezelni, és utólag feldolgozni, az oktató szimulátor rendszer számára is.

8. KÖVETKEZTETÉSEK

8.1. A központosított forgalomirányítás általános következménye a belvízi hajózási biztonságára

Az irányító központot a 2030-as dunai forgalomra kell tervezni, figyelembe véve azt, hogy addigra, mind a teher-, mind a személyhajózáásban legalább 4-szeres többletforgalom fog megjelenni.

Ezt a forgalmi igényt nem lehetséges más módon a kiemelt fontossággal bíró nemzetközi belvízi úton megfelelő biztonság mellett irányítani. Az automatizált funkciók mellett a nemzetközi gyakorlat szerint, a szabályok betartását is felügyelő humán akció beléptetése többletlehetőséget biztosít a havaria helyzetek várható limitálási esélyére.

Itt kell kiemelni, hogy a Duna a fővároson kívül is, számos helyen nehéz navigációs körülményeket okoz, amelyeket jelenleg fizikai beavatkozásokkal is javítanak a korlátozott vízmélység és kisvíz/nagyvíz ingadozások kompenzálására. Ezért, néhány helyen mederszűkítéseket is végeznek, amelyek esetlegesen adott lokációban forgalmi irányváltási és elsőbbség kezelési szabályozást is igényelhetnek. Ezen helyek központi irányítása is lehetővé válik a javaslat szerinti módon.

Egyben ki kell hangsúlyozni az oktatás, valamint az utánpérezések szerepét a biztonság fenntartásában, amelyet ma már a szimulátoros képzések frekvenciált alkalmazásai is kiszolgálhatnak a hajóvezetők számára, főként az éjszakai és rossz időjárási viszonyok melletti kritikus helyzetek lokációiban. Ezt ismerte fel a nemzetközi szabályozás a képzési tréningek előírásainak betartatásával.

Az általunk javasolt rendszer alkalmas arra, hogy ehhez a továbbképzési módszerhez automatikusan szolgáltatson dinamikus és statisztikai adatokat és egyúttal feldolgozásokat is, főként az alábbi funkciókkal, amelyek egyben a mesterséges intelligencia alapú irányítás számára is alapadatok lesznek:

- kritikus események, jármű-típus/lokáció,
- kritikus navigációs helyzetek, forgalmi tömeg/navigáció/humán viselkedés,
- időjárási viszonyok lokációs előrejelzése.

Az előzők mellett, a fejlesztés igénye ma már a balesettől függetlenül is alapvetően szükségessé vált, és a hazai innovációs technológiák és a humán kapacitások alkalmasak megfelelő nemzetközi színvonalú SW kifejlesztésére. Annak alkalmazási gyakorlata lehetővé teszi a termék piaci értékesítését is.

A Dunán és egyéb hazai vizeken előre prognosztizálható a belvízi hajózás növekedése, amely ki fogja kényszeríteni a forgalomirányítás átalakítását is.

A rendszer bevezetése az alábbi területeken is fontos:

- az előre látható baleseti szituációk elkerülése, mesterséges intelligencia szolgáltatások alkalmazásával,
- az esetleges vis major balesetknél a központosított mentés irányítás real-time és on-line biztosításával.

8.2. A belvízi és a tengerhajózási középfokú képzések népszerűsítése és korszerűsítése a mérnökképzésben

Számítógépes szimulátorok telepítésével a különböző folyamathajózási helyzeteket lehet modellezni, valamint a kritikus forgalmi szituációk elemzése elvégezhető. Ez egyben a korszerű oktatási színvonal emelését is jelenti, valamint az egyetemi továbbképzés részévé válhat. Megvalósulása esetén, nemcsak a hazai folyami és tengeri tisztképzést támogatja, hanem külföldi hallgatókat is fogadhat költségtérítéssel.

Abban is biztosak vagyunk, hogy ezt az elképzelést az EU is támogatná.

Ugyancsak a témához tartozónak véljük az integrált bel- és külföldi szállítási módszerek – ún. konténerizáció alkalmazásának jelentős szerepét és annak gyakorlati oktatását is.

Fontosak az alábbi területek:

1. Az 5G IT rendszerek elterjesztésének, valamint az MI alkalmazások várható társadalmi következményének áttekintése, példaként bemutatva a központosított vízi forgalomirányítási rendszert.
2. ES-TRIN / 2017 belvízi és tengerparti hajózásra, ill. kikötőkre vonatkozó szabványok és ajánlások figyelembevétele és alkalmazása.
3. Korszerű redundáns informatikai rendszerek honvédelmi alkalmazásai.

Mint minden, a polgári életben alkalmazott széleskörűen alkalmazható IT rendszernek, pl., ennek a telepített mikrohullámú adó-vevő, valamint az 5G alapú megbízható kommunikációs hálózatnak is van honvédelmi, katonai alkalmazása.

Ezért az ún. MIL követelményeknek (szabványoknak) is célszerű megfelelnie ezen a területen is:

- a már kiépített és zavarvédtet nagysebességű üvegszálakommunikációs hálózatokhoz való IT csatlakozás megvalósítása,
- a SAT kapcsolatoktól független vezetési pontok közötti ök.-k bővítése,
- minősített események (ABV katasztrófa-helyzet vagy fegyveres konfliktus esetén) a kiépített vezeték és vezeték nélküli celluláris rendszerű IT hálózat működőképességének folyamatos biztosítása alternatív kerüldőirányokkal.

A fentiekben kívül lényeges szempont, hogy mind az interaktív operátor központnak, mind pedig a későbbiekben kifejlesztendő autonóm irányítási rendszernek meg kell felelnie a MIL-STD 461 szabványnak. Külső ECM-el szemben ellenállónak, valamint hatásos kibervédelemmel kell rendelkeznie, mivel nem lehet figyelmen kívül hagyni a rosszindulatú külső beavatkozásokat az irányítási és kommunikációs rendszerbe.

4. Az ember-gép kapcsolat korszerű szemléletének oktatása a középfokú és felsőoktatási intézményekben, az innovatív műszaki és természettudományos szemléletmód elterjesztése.
5. Környezetvédelmi hatástanulmány része lehet – összefüggésben jelen javaslatunkkal – az alternatív üzemanyagok (LNG, illetve H2) széles körű alkalmazása a folyami hajózásban a jelenleg elterjedt dízelolaj helyett.
6. A belföldi szállítási rendszerek (hajó/vasút/közút) összehangolása a teherforgalom számára és a konténerátrakó állomások fokozott igénybevétele – ez egyben a valós környezet védelmét is szolgálja.
7. Költségelemzések és az elvárható üzleti haszonra, beleértve a HW és SW licence értékesítéseket.

KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Köszönetünket fejezzük ki a Nemzeti Kutatási, Fejlesztési és Innovációs Hivatalnak, az ED_18_1-2019-0016 szám alatt létrejött „INNOKATALIZÁTOR 2019-2020” MMA projektben nyújtott támogatásáért, amely biztosította a témakörben a modern közlekedés aktuális problémáinak vizsgálatát.

FELHASZNÁLT IRODALOM

- [1] Götz Sándor – A hajóipar lehetőségei az Innovatív Járműgyártás területén - NIH 2013
- [2] PannonRIS Folyami Információs Rendszer Távközlési és rendszertechnikai megoldásai OKF HTE 2019.04.15.Turcsán Zsolt - NOVOFER Zrt.
- [3] „Scenarios for 5G mobile and wireless communications: the vision of the METIS project”
- [4] IEEE Communications Magazine 52 (5), 26. 35.o. DOI:10.1109/MCOM.2014.6815890. ISSN 0163-6804, DOI: <https://doi.org/10.1109/MCOM.2014.6815890>
- [5] 5G Mobile and Wireless Communications Technology. Cambridge University . ISBN 9781107130098. „Leading Towards Next Generation “5G” Mobile Services”, Federal Communications Commission
- [6] Hungarocontrol - Matias 10.1 rep. irányítási rendszer ált. ismertetése
- [7] Tamás Péter and István Lakatos, Vehicle Dynamic-based Approach for the Optimization of Traffic Parameters of the Intelligent Driver Model (IDM) and for the Support of Autonomous Vehicles’ Driving Ability, Acta Polytechnica Hungarica Vol. 16, No. 3, 2019, pp. 121 – 142. DOI: <https://doi.org/10.1515/acta-2019-0034>
- [8] T. Péter, F. Szauter, Z. Rózsás, I. Lakatos, Integrated application of network traffic and IDM models in the test laboratory analysis of autonomous vehicles and electric vehicles , Int. J. Heavy Vehicle Systems, (ISSN: 1744-232X) 24. (2019). pp. 1-18. DOI: <https://doi.org/10.1080/1744232X.2019.1644444>
- [9] Derbel, O., Péter, T., Mourllion B., & Basset M. (2017), ‘Generalized Velocity-Density Model based on microscopic traffic simulation’, Transport, 33(2): 489-501 DOI: <https://doi.org/10.1080/1744232X.2017.1381111>

- [10] Derbel, O., Peter, T., Zebiri, H., Mourllion, B., Basset, M. (2013). 'Modified intelligent driver model for driver safety and traffic stability improvement', IFAC Proceedings Volumes 46(21): 744– 749. DOI: <https://doi.org/gt4s>
- [11] Derbel, O., Peter, T., Zebiri, H., Mourllion, B., Basset, M. (2012). 'Modified intelligent driver model', Periodica Polytechnica Transportation Engineering 40(2): 53–60. DOI: <https://doi.org/gt4t>
- [12] Péter, T. (2012) 'Modeling nonlinear road traffic networks for junction control', International Journal of Applied Mathematics and Computer Science (AMCS), 2012, Vol. 22, No. 3. pp. 723-732. DOI: <https://doi.org/gt4v>
- [13] Peter, Fülep and Bede (2011) 'The application of a new principled optimal control for the dynamic change of the road network graph structure and the analysis of risk factors', 13th EAEC European Automotive Congress 13th-16th June 2011. Valencia – SPAIN Society of Automotive Engineers (STA), 2011. pp. 26-36. (ISBN:978-84-615-1794-7)
- [14] Péter T. and Bokor J. (2011) 'New road traffic networks models for control', GSTF International Journal on Computing, vol. 1, Number 2. pp. 227 -232. DOI: <https://doi.org/b22s24>
- [15] Péter T., and Bokor J. (2010.1) 'Research for the modelling and control of traffic', In: Scientific Society for Mechanical Engineering, 33rd Fisita-World Automotive Congress: Proceedings, Budapest, Magyarország, 2010.05.30-2010.06.04. Budapest: GTE, 2010. pp. 66-73. (ISBN:978-963-9058-28-6)
- [16] Péter T., Götz S., Bóta J. A hazai vízi közlekedés modern irányítása és bevezetésének hatása, MMA 2020 11
- [17] Péter T., and Bokor J. (2010.2) 'Modeling road traffic networks for control', Annual international conference on network technologies & communications: NTC 2010. Thaiföld, 2010.11.30-2010.11.30. pp. 18-22. Paper 21. (ISBN:978-981-08-7654-8)
- [18] Péter, T. and Lakatos I. (2017) 'Hybrid model of vehicle and traffic for combined dynamic analysis', Int. J. Heavy Vehicle Systems, (ISSN: 1744-232X) 24: (2) pp. 1-14. (2017). DOI: <https://doi.org/gt4w>
- [19] Péter, Tamás és Szabó, Krisztián (2017) Combined Mathematical Modeling of Different Transport Networks, Considerations and Complex Analysis. ACTA POLYTECHNICA HUNGARICA, 14 (2). pp. 7-26. ISSN 1785-8860 DOI: <https://doi.org/gt4x>
- [20] Peter, T., Lakatos, I., Szauder, F., Pup D. (2016) 'Complex analysis of vehicle and environment dynamics', 12th IEEE/ASME International Conference on Mechatronic and Embedded Systems and Applications. (MESA) August 29-31, 2016, Auckland, New Zealand, pp. 1-7. Paper 34. (ISBN:978-1- 5090-6190-7) DOI: <https://doi.org/ch7h>
- [21] Péter, T., Lakatos, I. and Szauder, F. (2015) 'Analysis of the complex environmental impact on urban trajectories', ASME 2015 International Design Engineering Technical Conferences and Computers and Information in Engineering Conference: Mechatronics for Electrical Vehicular Systems, 2–5 August, Boston, Massachusetts, USA, Paper No. DETC2015-47077, pp.V009T07A071;p.7, DOI: <https://doi.org/gt4z>, ISBN: 978-0-7918-5719-9.
- [22] Péter T., Fazekas S. (2014) 'Determination of vehicle density of inputs and outputs and model validation for the analysis of network traffic processes', Periodica Polytechnica Transportation Engineering 42:(1) pp. 53-61. (2014) DOI: <https://doi.org/gt42>
- [23] AZ EURÓPAI PARLAMENT ÉS A TANÁCS IRÁNYELVE a közösségi belvízi közlekedésre vonatkozó harmonizált folyami közlekedési információs szolgáltatásokról, Brüsszel, 25.05.2004 COM(2004) 392 végleges 2004/0123 (COD). <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2004:0392:FIN:HU:PDF>
- [24] A TANÁCS HATÁROZATA a belvízi hajózási szabványok kidolgozásáért felelős európai bizottságban (CESNI) és a Rajnai Hajózási Központi Bizottság (CCNR) plenáris ülésén a belvízi hajók műszaki követelményeiről szóló szabványok elfogadásával és az ilyen hajókra vonatkozó átmeneti rendelkezések módosításával kapcsolatosan az EU nevében elfogadandó álláspont Brüsszel, 2017.5.23. COM(2017) 273 final 2017/0110 (NLE) <https://eur-lex.europa.eu/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=COM:2017:0273:FIN:HU:PDF>

MELLÉKLET

Nemzetközi, Európai Unió és Nemzeti jogforrások:

- **2001. évi XI. törvény** a Londonban 1974. november hó 1. napján kelt „Életbiztonság a tengeren” tárgyú nemzetközi egyezmény és az ahhoz csatolt 1978. évi Jegyzőkönyv (SOLAS 1974/1978) kihirdetéséről
 - **Az európai parlament és a tanács 1315/2013/EU rendelete** a transzeurópai közlekedési hálózat fejlesztésére vonatkozó uniós iránymutatásokról és a 661/2010/EU határozat hatályon kívül helyezéséről
 - **Az Európai Parlament és a Tanács 1177/2010/EU rendelete** a tengeri és belvízi közlekedést igénybe vevő utasok jogairól, valamint a 2006/2004/EK rendelet módosításáról
 - **Az európai parlament és a tanács 2010/65/EU irányelve** a tagállamok kikötőibe érkező vagy onnan induló hajókra vonatkozó nyilatkozattételi követelményekről és a 2002/6/EK irányelv hatályon kívül helyezéséről
 - **COM/2011/898 bizottsági közlemény** a különböző közlekedési módokban érvényesülő utasjogokról
 - **COM/2006/00034 bizottság közlemény** a bioüzemanyagokra vonatkozó uniós stratégiáról
 - **2011. évi CXXVIII. törvény** a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról
 - **2005. évi CLXXXIV. törvény** a légi-, a vasúti és a víziközlekedési balesetek és egyéb közlekedési események szakmai vizsgálatáról
 - **2000. évi XLII. törvény** a víziközlekedésről
 - **510/2017. (XII. 29.) Korm. rendelet** a kikötő, komp- és révátkelőhely, továbbá más hajózási létesítmény létesítéséről, haszná-
- latba vételéről, üzemben tartásáról és megszüntetéséről
 - **234/2011. (XI. 10.) Korm. rendelet** a katasztrófavédelemről és a hozzá kapcsolódó egyes törvények módosításáról szóló 2011. évi CXXVIII. törvény végrehajtásáról
 - **30/2003. (III. 18.) Korm. rendelet** a víziközlekedés egyes belvízi utakon környezetvédelmi okokból való korlátozásáról és a korlátozás alá eső területeken kiadható üzemeltetési engedélyről
 - **34/2012. (VI. 8.) NFM rendelet** a Közlekedés Operatív Program 4. prioritásának első konstrukciójára vonatkozó részletes szabályokról
 - **46/2012. (VIII. 6.) NFM rendelet** az Európai Gazdasági Térség valamely tagállamának tengeri kikötőjébe érkező vagy onnan induló tengeri hajókra vonatkozó nyilatkozattételi kötelezettség teljesítéséről
 - **77/2011. (XII. 21.) NFM rendelet** a víziközlekedési balesetek és a víziközlekedési események vizsgálatának részletes szabályairól
 - **54/2011. (X. 19.) NFM rendelet** a tengeri hajók bejelentkezési és bejelentési kötelezettségéről
 - **41/2005. (XI. 24.) HM-GKM együttes rendelet** a katonai célú vízi közlekedésről
 - **49/2002. (XII. 28.) GKM rendelet** a kikötő, komp- és révátkelőhely, továbbá más hajózási létesítmények általános üzemeltetési szabályairól, valamint az üzemeltetési szabályzatok alkalmazásáról
 - **17/2002. (III. 7.) KöViM rendelet** a hajózásra alkalmas, illetőleg hajózásra alkalmassá tehető természetes és mesterséges felszíni vizek víziúttá nyilvánításáról
 - **46/2001. (XII. 27.) BM rendelet** a szabad vízen való tartózkodás alapvető szabályairól



Increasing safety in shipping with the introduction of the DunaInfoControl® modern control system



Erhöhung der Sicherheit in der Schifffahrt durch Einführung des modernen Kontrollsystems DunaInfoControl®

Támogatóink



Innovációs és Technológiai
Minisztérium



FÜMTERV



STADLER

Stadler Trains Magyarország Kft.



EUROASFALT
ÉPÍTŐ ÉS SZOLGÁLTATÓ KFT.

HungaroControl

Magyar Légiforgalmi Szolgálat

KÖZLEKEDÉS
FŐVÁROSI TERVEZŐ IRODA KFT.



