



Előzetes jelentés a „Hidak teljesítmény alapú méretezése 1.” című MAÚT-munkabizottsági kutatásról

**Hajós Bence¹, Dr. Boros Vazul², Dr. Kovács Tamás³, Kővári Ákos⁴,
Németh Gábor⁴, Sitku László⁵**

¹: Első Lánchíd Bt.; Nemzeti Közszerológati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola

²: Austrian Institute of Technology, Center for Transport Technologies

³: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, Építómérnöki Kar, Hidak és Szerkezetek Tanszék

⁴: Unitef83 Zrt.

⁵: Építési és Közlekedési Minisztérium; Hidászokért Egyesület

E-mail: elsolanchid@elsolanchid.hu

DOI: [10.36246/UL.2025.2.01](https://doi.org/10.36246/UL.2025.2.01)

KIVONAT

A 2025 áprilisában megalakított MAÚT-munkabizottság küldetése a valós forgalmi méréseken alapuló forgalmi tehermodell magyarországi alkalmazásának előkészítése. A kutatás résztvevői elemezték az ehhez szükséges mérés technikát, a nemzetközi szakirodalmat és a rendelkezésre álló magyar mérési adatokat. A magyar mérési adatokon alapuló összehasonlító számítás lehetőséget ad a valós forgalmi adatokból meghatározható teherintenzitás és a szabvány szerinti értékek elemzésére. Jelen tanulmány a 2026 áprilisában tervezett, végleges jelentés előzetes megállapításait tartalmazza.

Kulcsszavak: híd, adatfeldolgozás, WIM-technológia, hídszabályzat, Eurocode

ABSTRACT

The mission of the MAÚT working committee, established in April 2025, is to prepare the implementation of a traffic load model based on actual traffic measurements in Hungary. The participants in the research analyzed the required measurement techniques, the international literature, and the available Hungarian measurement data. Comparative calculations based on Hungarian measurement data provide an opportunity to analyze the actual traffic load intensity and the corresponding standard values. This study presents the preliminary findings of the final report scheduled for April 2026.

Keywords: bridge, data analysis, WIM technology, bridge design code, Eurocode

Hajós Bence

Hajós Bence (1978) MSc okl. építómérnök, MSc okl. mérnök tanár. Hídszakértő, hídtervező. Korábban az Állami Közútkezelő hidász mérnöke volt. Elsődleges szakterülete a híd vizsgálat, hidak teherbírás vizsgálata. Év hidásza (2012). Nemzeti Közszerológati Egyetem doktorandusz hallgatója 2024-től.

Dr. Boros Vazul

Boros Vazul (1983) okl. építómérnök (BME Építómérnöki kar, 2008), PhD (Universität Stuttgart, 2012), Master of Business Administration (FOM, 2019). Korábban Németországban, elsősorban híd- és magasepítés területén, volt vezető tervező. 2022-től az Austrian Institute of Technology kutató mérnöke.

Szakterülete a hidak terhei, tervezése, megerősítése és monitoringja. 2017-től az IABSE és különböző munkacsoportjainak, 2019-től a DIN hídterhekért felelős bizottságának tagja.

Dr. Kovács Tamás

Kovács Tamás (1974) egyetemi docens, okl. építőmérnök (BME Építőmérnöki kar, 1997), PhD (BME, 2010). Hídszakértő, hidtervező. Szakterületei: vasbetonszerkezetek károsodásainak előrejelzése a dinamikai jellemzők alapján, vasbeton hidak megerősítése, nagyszilárdságú és nagy teljesítőképességű betonok, szabványosítás. A *fib* Magyar Tagozat titkára, a Magyar Út- és Vasútügyi Társaság tagja.

Kővári Ákos

Kővári Ákos (1987) MSc okl. szerkezet-építőmérnök (BME Építőmérnöki kar, 2011) hídépítési irányító tervező (UNITEF'83 Műszaki Tervező és Fejlesztő Zrt.) vezetőtervező. Érdeklődési területei: hidak és szerkezetek tervezése, környezettudatos híd- és szerkezetépítés, vasbeton- és acélszerkezetek, szabványosítási kérdések. Az év fiatal mérnöke (2017), Construsoft BIM Awards (2019), Közlekedési Innovációs Díj (2023), Feketeházy János-díj (2025).

Németh Gábor

Németh Gábor (1993) MSc okl. szerkezet-építőmérnök (BME Építőmérnöki kar, 2018), okl. szerkezettervező (UNITEF'83 Műszaki Tervező és Fejlesztő Zrt.) tervező és fejlesztő mérnök. Elsődleges kutatási területe acél-vasbeton öszvér hídszerkezetek nyírt kapcsolóelemei. Közlekedési Innovációs Díj (2023), Az év fiatal mérnöke (2024).

Sitku László

Sitku László (1963) hídépítési és fenntartási üzemmérnök (KTMF 1985), hídépítő szakmérnök (BME 2010), építőmérnök (SZE 2015). Több évtizedes kivitelezői és hídüzemeltetési, hídfenntartási tapasztalattal. Korábbi közúti főhidász, jelenleg az az ÉKM Közúti Infrastruktúra Fejlesztési Főosztály hidásza. Szakmai elismerései: Év hidásza (2007), Magyar Köztársasági Arany Érdemkereszt (2009), Apáthy Árpád díj (2016).

1. BEVEZETŐ

Az Útügyi Műszaki Szabályozási Bizottság döntésére, 2025 áprilisában új MAÚT-munkabizottság (Magyar Út- és Vasútügyi Társaság) alakult a közúti hidak forgalmi teherszintjének meghatározásához kapcsolódóan. A készítendő szakmai háttéranyag célja a tényleges közúti forgalmon alapuló teherszintből statisztikai alapon számítható közúti híd forgalmi terhek elemzése, vizsgálva a Magyar Közút NZrt. (MK) mérlegelési adatsorainak használhatóságát az Európában alkalmazott példák tükrében. A bizottsági elemzés tervezett befejezési határideje 2026. április. A munkabizottságot Hajós Bence vezeti, tagok: Sitku László, Dr. Kovács Tamás, Dr. Boros Vazul, Kővári Ákos és Németh Gábor. Jelen tanulmány a munkabizottság tevékenységéhez kapcsolódóan készült.

Jelen előzetes jelentés célja a munkabizottság első nyolc hónapi munkájának bemutatása, biztosítva a transzparenciát és lehetőséget adva a szakmai párbeszédre, hozzászólásra, kiegészítésre vagy akár ellenvélemény megfogalmazására a végleges jelentés elkészítése előtt.

2. A MAÚT-MUNKABIZOTTSÁG ELŐZMÉNYEI ÉS MEGALKAKÍTÁSA

2.1. ELŐZMÉNYEK – RÖVID IDŐRENDI ÁTTEKINTÉS

2000 óta folyamatban van a magyarországi közúti hidak tervezésére vonatkozó Útügyi Műszaki Előírások (ÚME) megújítása. Szubjektív alapon a tervezett változások közül a legjelentősebb az Eurocode előírások átvétele, beleértve a közúti hidak forgalmi tehermodelljeit is. Ezzel ki lesz vezetve

a 80 tonnás „A” jelű járműteher, s helyette elsősorban a különböző osztályba sorolási tényezőket (α) alkalmazó LM1 tehermodellt kell használni Magyarországon is – hasonlóan Európa megannyi országához.

A hidak forgalmi tehermodelljeit a készülő új e-UT 07.01.12 jelzetű, erőtani számításokat tartalmazó kötet fogja tartalmazni. A bevezetés előtt álló Útügyi Műszaki Előírás tervezetben a jelenleg hatályos „A” jelű forgalmi tehernél és az ezzel harmonizált, 2010-től hatályos Eurocode magyar nemzeti melléklet szerinti forgalmi terhekhez képest a legnagyobb terhelési osztályban lényegesen magasabb teherszintek szerepelnek. A tervezet első változata 2023. szeptember elején vált elérhetővé a szakmai közönség számára. Ebben az I. terhelési osztályhoz tartozó α (terhelési osztályba sorolási) tényezők a koncentrált terhek esetében 1,0 értékben lettek meghatározva, a megoszló terhelések esetében pedig sávonként differenciálva, 1,2 – 2,2 – 1,1 értékek.

A hidász szakmagyakorlók kezdeményezésére, a Hidászokért Egyesület szorgalmazására, a MAÚT szakmai vitanapot hirdetett 2023. szeptember 25-ére a Makadám-klubba [1]. Erre az alkalomra az UNITEF'83 Zrt. mérnökei egy részletes, európai körképet adó tanulmányt készítettek, bemutatva számos ország érvényes forgalmi teherszintjét [2]. A vitanapon kérdésként felmerült a tervezett teheremelés szükségessége, illetve többen szorgalmazták, hogy érdemes lenne a teherszint mértékét részletesebb kutatás alapján meghatározni. A vitanapon elhangzott prezentációkból kiderült, hogy a tervezet készítői a teherszint felvételénél alapvetően a Németországban 2012-ben bevezetett teherszintet tekintették követendőnek.

A vitanapot követően, októberben az előírásstervezet szerzői a legmagasabb terhelési osztályhoz rendelt koncentrált teher szorzóit 10%-kal csökkentették (1,0-ról 0,9-re).

2023 decemberében az Útügyi lapok 18. számában szakcikk formában is megjelent a vitanapon kézirat formában már kiosztott, európai körképet adó tanulmány véglegesített formában [3]. Ugyanezen számban megjelent a magyarországi hiteles teherforgalmi mérések statisztikai elemzéséről szóló cikk, mely feltárta, hogy egy kiragadott példát tekintve a hazai forgalom intenzitása jelentősen eltér (kisebb) a németországi forgalométól [4].

2024. június 11-én a Hidász napok keretében az új előírásstervezet készítő bizottság vezetője részletes előadást tartott a javasolt változásokról, előadásának írott változata 2024 szeptemberében megjelent a konferencia előadásainak gyűjteményes kötetében [5]. Ugyanezen konferencián elhangzott másik előadásból megismerhettük a közúti terhek statisztikai alapú meghatározásának módszertanát németországi (Stuttgart) példán keresztül, ahol az Eurocode által javasolt teherszorzók csökkentése mellett döntöttek [6].

2024 novemberében a Vasbetonépítés szakmai folyóiratban részletes szakcikkben mutatták be az előírásstervezet [7].

2.2. A MAÚT-MUNKABIZOTTSÁG FELÁLLÍTÁSA

2024. július elején a Hidászokért Egyesület szakmai döntéselőkészítő javaslattal kereste meg a szakminisztériumot, indítványozva a magyar közúti forgalmi mérések statisztikai feldolgozásán alapuló [6] teherszintek meghatározását, s ennek elkészültéig a tervezett teherszintemelés halasztását, és a hatályos MSZ EN 1991-2:2006 2010-ben pontosított magyar nemzeti melléklet szerinti terhelési osztályba sorolási tényezők alkalmazását.

A javaslatról Thoroczkay Zsoltnak, az Építési és Közlekedési Minisztérium (ÉKM) főosztályvezetőjének vezetésével 2024. október 8-án egy ad hoc egyeztető tárgyalás volt a MAÚT székházában, ahol az ÉKM, a MAÚT, a Magyar Közút NZrt., az új előírásstervezet készítő MAÚT munkabizottság és a Hidászokért Egyesület képviselői röviden áttekintették a javasolt módszert. Ekkor az ÉKM részéről döntés született, hogy a készülő e-UT 07.01.12 Erőtani számítás című kötet megújítási munkája mielőbb fejeződjön be, és ezzel párhuzamosan induljon el egy szakmai előkészítő vizsgálat a benyújtott javaslat nyomán, aminek várható eredményei később felhasználhatók akár a meglévő hidak erőtani számítására vonatkozó később készülő előíráshoz, akár az új hidak erőtani számítási előírásainak későbbi módosításához.

2025. április 3-án a MAÚT megbízást adott Hajós Bencének a Hidak teljesítmény alapú méretezése 1. című munkabizottság létrehozására. A készítendő szakmai háttéranyag célja a tényleges közúti forgalom mért adataiból statisztikai módszerekkel meghatározott teherszint elemzése és az ez alapján számítható közúti híd forgalmi terhekhez tartozó terhelési osztályba sorolási tényezők elemzése, vizsgálva a Magyar Közút NZrt. mérlegelési adatainak használhatóságát az Európában alkalmazott példák tükrében. A munkabizottság tagjait (Sitku László, dr. Kovács Tamás, dr. Boros Vazul, Kővári Ákos és Németh Gábor) a MAÚT jóváhagyta és a bizottság megkezdte munkáját 2026. áprilisi tervezett befejezési határidővel.

A munkabizottság nevében a MAÚT 1-es sorszámot jelölte meg, jelezve ezzel a tervezett kutatás ütemezését, folytatásának szükségességét. Ezt támasztja alá az is, hogy a bizottsági munkához rendelt időkeret (egy év) rövidebb is, így a Hidak teljesítmény alapú méretezése 1. című munkabizottság bizonyosan nem tud eljutni a kívánt végeredményig, azaz szabványba átemelhető tényezők meghatározásáig. Tisztázni tudja azonban az ehhez vezető munkamódszert és meg tudja határozni az ennek nyomán felmerülő teendőket, továbbá a feladat végrehajtásának megkezdésével ki tudja jelölni a célig vezető utat.

3. KUTATÁSMÓDSZERTAN

A műszaki szabványok, előírások készítésekor alapkövetelmény kell legyen a nyilvánosság, a folyamat átláthatósága és a megfogalmazott követelményeket megerősítő konszenzus. Az ehhez vezető út része a tudományos igényű szakmai párbeszéd, a vélemények, javaslatok publikálása, közreadása a szabványok véglegesítése és bevezetése előtt.

Ennek megfelelően a bizottsági munkát úgy ütemeztük, hogy az egy éves időszak utolsó harmada előtt a széles szakmai közösség elé tudjuk tární megállapításaink minél nagyobb részét, előmozdítva ezzel a szakmai párbeszédet. A transzparencia, a szakmaiság és szabatos hivatkozhatóság érdekében jelen tanulmányunkat, mint előzetes jelentést jelen szakcikk formájában készítettük el, amihez szervesen csatlakoznak az eddig elkészített résztémák önálló tanulmányok formájában.

Munkabizottságunk eddig öt alkalommal tartott megbeszélést, kétszer személyes találkozóval, háromszor video-konferencia formájában. Ezt kiegészítette a tagok közötti számos, szűkebb körű konzultáció és levélváltás.

Az egy év alatt elvégzendő kutatást résztémákra bontottuk, mindegyikhez külön témafelelőst rendelve, ezzel részben párhuzamosítva a munkavégzést.

A bizottsági munka nyilvánossága érdekében a Hidászokért Egyesület elektronikus körlevelén és közösségi felületén keresztül tájékoztattuk a magyar hidász szakmai közösséget a munkabizottság megalakulásáról, célkitűzéséről, tagjairól, elérhetőségéről, bátorítva minden érdeklődőt a hozzászólásra, véleményformálásra [8].

Bizottsági munkánk közben rendezte meg az International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE) szokásos éves kongresszusát Gentben [9]. Ezen a nemzetközi konferencián jelen tanulmány három szerzője számolt be a munkabizottság tevékenységéről és az alkalmazott eljárásról a magyarországi teherfoglalmi adatok [10] kapcsán. Az előadás számos pozitív visszajelzést kapott, emellett igen bátorító volt a megkezdett kutatáshoz kapcsolódóan, hogy lényegében azonos elvek alapján több országban aktívan dolgoznak a valós forgalmon alapuló méretezési tehertényezők meghatározásán. A kongresszuson további öt tanulmány [11–15] jelent meg ebben a témában, ami reprezentálja a kutatási téma rendkívüli aktualitását nemzetközi szinten.

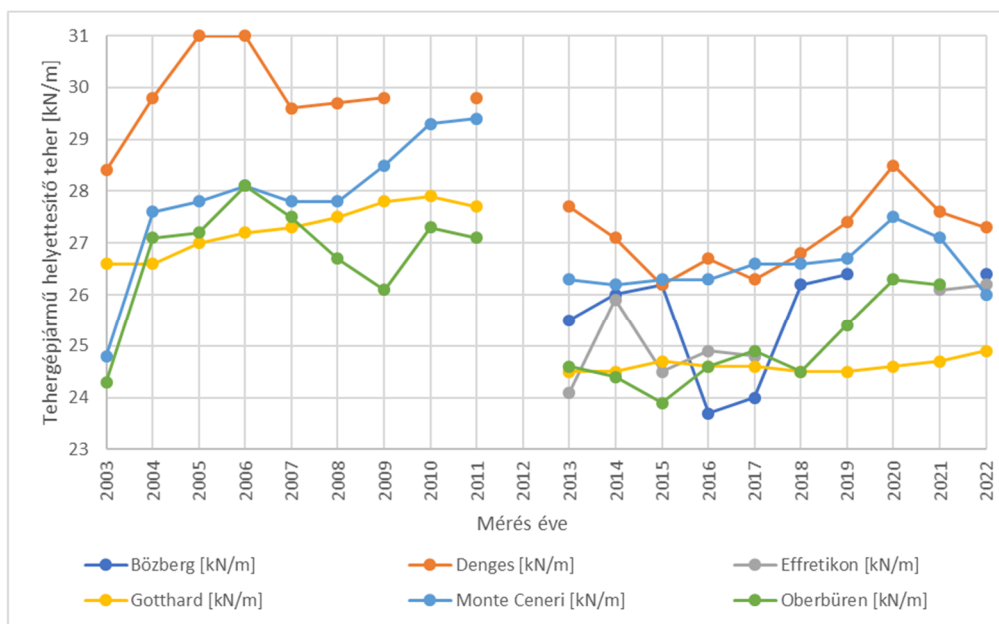
Ugyanezen téma a kutatási célja az IABSE 1.10 jelzetű, 2023-ban megalakult kutatócsoportjának (Task Group) is, amelyet Alan O'Connor vezet Utilization of traffic data in research, design and assessment of bridges (A forgalmi adatok felhasználása hidak kutatásában, tervezésében és értékelésében) címmel, mintegy 18 ország szakértőjét összefogva. Jelen munkabizottság két tagja is részt vesz a Task Group munkájában.

4. A KUTATÁS RÉSZFEJEZETEI

Munkabizottságunk egy-egy résztemáját önálló tanulmányként készítettük el. Az egyes résztemákat röviden az alábbiakban ismertetjük. Ezek közül az első négyet jelen előzetes jelentéssel egyidőben adjuk közre.

4.1. A WIM-MÉRÉSTECHNIKA

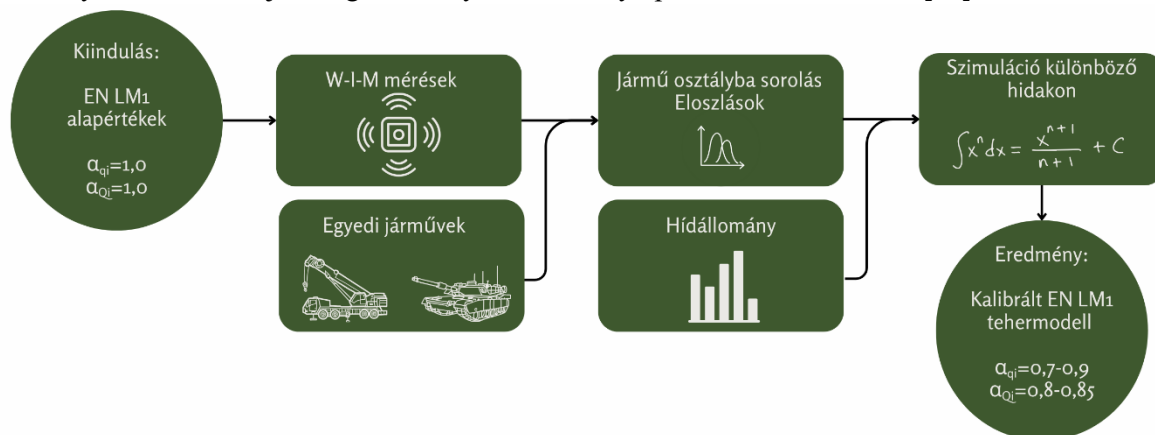
A közúti forgalom statisztikai feldolgozásának alapja a járművek tényleges mérlegelési adatai. A résztanulmány bemutatja a magyarországi járműmérlegelések történetét és jelenét. Részletesen bemutattuk a svájci WIM-hálózat mérési és adatfeldolgozási gyakorlatát (1. ábra), amelyet követendő példának is tekinthetünk: a 2003-óta évente elkészített statisztikai kiértékelések adatai szabadon hozzáférhetőek az interneten [16].



1. ábra: A svájci WIM-mérések szerinti fajlagos karakterisztikus tehergépjármű terhelések grafikus időszora [16].

4.2. VIZSGÁLT MÓDSZER A NEMZETKÖZI IRODALOMKUTATÁS TÜKRÉBEN

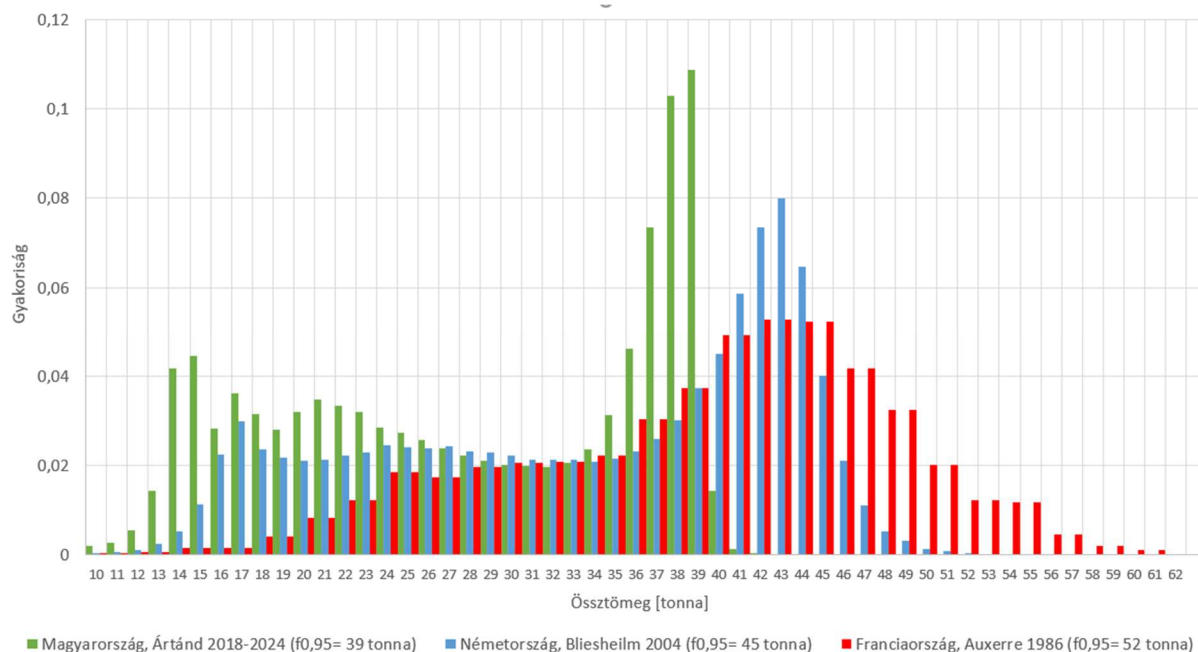
Az Eurocode szerinti forgalmi járműterhek felvételéhez eredetileg is forgalmi mérési adatokat használtak, hasonlóan a 2012. évi német nemzeti mellékletet megalapozó vizsgálatokhoz. A szakirodalmi elemzésből megismerhetők az egyes országokban már alkalmazott módszerek (2. ábra) és eredmények, valamint a jelenleg több helyszínen is folyó párhuzamos kutatások [17].



2. ábra: Hidak forgalmi terheinek adat alapú meghatározása – módszertan folyamatára [17].

4.3. MAGYARORSZÁGI MÉRÉSEK

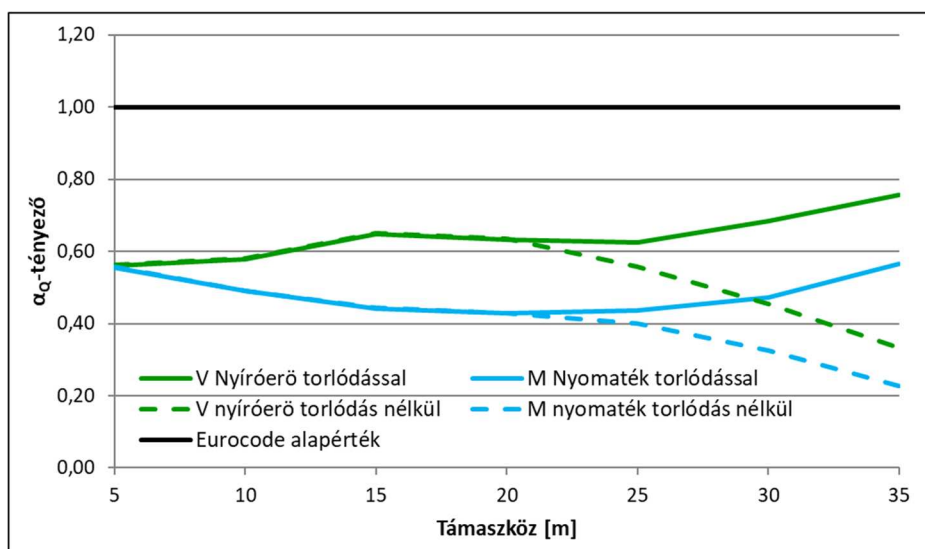
A magyarországi tehergépjármű mérlegelési adatokat bemutató résztanulmányban 5,5 millió mérési adat egyszerű statisztikai kiértékelése található. A magyar méréseket összehasonlítottuk az Eurocode hasznos járműterhének felvételéhez kapcsolódó franciaországi mérésekkel és a németországi nemzeti melléklet készítéséhez végzett mérésekkel is (3. ábra) [18].



3. ábra: A magyarországi, franciaországi és németországi mérések össztömeg gyakorisági hisztogramjai [18].

4.4. ÖSSZEHASONLÍTÓ SZÁMÍTÁS

Egy összehasonlító számítás keretein belül megvizsgáltuk, hogy milyen karakterisztikus nyomatóéki és nyíró igénybevételek adódnak egynyílású tartók esetén, amennyiben ugyanazt a számítást végezzük el, mint Németországban, csak a Magyarországon mért adatokból kiindulva (4. ábra). Az igénybevételeket összevetettük a szabvány szerinti tehermodellből adódókkal, továbbá rámutattunk a két ország közötti lényeges különbségekre is [19].



4. ábra: A koncentrált teher azon α -tényezői, mely alkalmazásánál a teher modellből adódó és a Magyarországon mért valós forgalomból adódó karakterisztikus igénybevételek megegyeznének [19].

4.5. TOVÁBBI TERVEZETT RÉSZTÉMÁK

Munkabizottságunk további három résztémát tervez vizsgálni és kidolgozni. Sikeres elkészítésük esetén a 2026 áprilisára tervezett végleges munkabizottsági jelentéssel egyszerre tudjuk majd ezeket publikálni. E három téma: (i) a mintaszámítással meghatározott osztályba sorolási tényezők hatása a hidak költségére; (ii) a mérlegelési adatok felhasználási lehetőségei a fáradási tehermodellekhez; (iii) javaslatok a terhelési osztályokba soroláshoz kapcsolódóan.

5. A KUTATÁS ELŐZETES EREDMÉNYEI

5.1. A KUTATÁS ELŐZETES MEGÁLLAPÍTÁSAI

- a) A rendelkezésre álló magyarországi tehergépjármű mérlegelési adatok nemzetközi összehasonlításban is különösen értékes és unikális lehetőséget adnak a hidak forgalmi teherszintjének felvételéhez a rendelkezésre álló hosszú időszornak és szabatosan telepített mérlegállomásoknak köszönhetően.
- b) A magyarországi teherforgalom tengelysúly és össztömeg eloszlása markánsan eltér a hasonló német és francia eloszlásoktól. A járművek terhelésének sűrűségfüggvénye hazánkban kevésbé illeszkedik a normális eloszláshoz, ellenben felső határral bíró eloszlástípusokkal, mint például a lognormális eloszlás, jobb közelítés várható.
- c) A legnagyobb súlyú egyedi járművek össztömege Magyarországon a mérési adatok alapján szignifikánsan kisebb, mint akár az 1986. évi franciaországi (Auxerre), akár a 2004. évi németországi (Bliesheim) mérések esetén.
- d) Az elmúlt évtizedekben Magyarországon a forgalomban résztvevő tehergépjárművek száma jelentősen megnőtt, de az egyes járművek terhelése nem növekedett, köszönhetően a változatlan jogi szabályozásnak és ellenőrzésnek.
- e) A járművek száma (forgalomfejlődés) nincs érdemi kihatással a közúti hidak tervezéséhez szükséges forgalmi teherszintekre. A forgalomfejlődés mértéke elsősorban a fáradásvizsgálat során feltételezett teherismétlődési számok felülvizsgálata szempontjából kritikus jelentőségű.
- f) Több külföldi kutatócsoport aktívan foglalkozik az Eurocode szerinti tehermodell terhelési osztályba sorolási tényezőinek felülvizsgálatával valós mérlegelési adatok alapján.
- g) A tényleges forgalom alapján meghatározott, módosított osztályba sorolási tényezők értéke a publikált külföldi kutatások szerint alacsonyabb, mint a jelenleg hatályos magyar nemzeti melléklet szerinti I. terhelési osztályhoz tartozó tényezők.
- h) A WIM-méréseken alapuló LM1 tehermodell kalibráció pontosabb és gazdaságosabb hídtervezést tesz lehetővé, mint az általános LM1 modell alkalmazása, különösen, ha a tervezéskor alkalmazott forgalmi terhelést a tényleges forgalmi adatok alapján rendszeresen újrakalibrálják.
- i) Megállapítható, hogy a forgalmi terhelési osztályok meghatározásakor egészen más megfontolásokat kell alkalmazni városi és országos tranzit hálózati elemeken.
- j) Kis és közepes támaszközü, egynyílású hidak esetén az LM1 tehermodellhez tartozó, Eurocode által javasolt terhelési osztályba sorolási tényezők alkalmazása jelentősen konzervatívabb értékeket eredményez a Magyarországon mért járműterhekből meghatározható karakterisztikus igénybevételekhez képest.
- k) A magyarországi mérések és a nemzetközi példák tükrében, azok trendjéhez igazodóan, a járműmérésekből származtatható terhelési osztályba sorolási tényezők várhatóan kisebbek lesznek, mint az MSZ EN 1991-2:2006 jelenleg hatályos 2010. évi magyar nemzeti melléklete szerinti terhelési osztályba sorolási tényezők.

5.2. A KUTATÁS ELŐZETES JAVASLATAI

A kutatás résztémáit ismertető, jelen összefoglalóval egyidőben közreadott tanulmányokban bemutatott munka eredményei alapján a következő javaslatokat tesszük:

- a) Javasoljuk az Úttörvény (1988. évi I. törvény) módosítását annak érdekében, hogy a Nemzeti Tengelysúlymérő Rendszer (TSM) mérési adatai szabadon felhasználhatóak legyenek tudományos kutatásokhoz.
- b) Javasoljuk a TSM rendszer mérési eljárását szabályozó 22/2017. (VIII. 17.) NGM rendelet módosítását, annak érdekében, hogy a hidakra telepített B-WIM rendszerek felhasználhatóak legyenek a TSM céljaira.
- c) Javasoljuk az elérhető nagyobb pontosság és megbízhatóság miatt B-WIM rendszerű mérőállomások előnyben részesítését a burkolatba épített szenzorokkal szemben.
- d) Javasoljuk a magyarországi közúti járműmérlegelések eredményeinek rendszeres feldolgozását és nyilvános közzétételét, a vizsgált és ismertett svájci gyakorlathoz hasonlóan.
- e) Javasoljuk a magyarországi járműmérésekből származtatható, az Eurocode szerinti LM1 tehermodell kalibrálásához szükséges terhelési osztályba sorolási tényezők részletes meghatározását a munkabizottság által megkezdett munka folytatásaként.

6. ÖSSZEGZÉS

Az 5. fejezetben megfogalmazott tömör megállapításokban és javaslatokban igyekeztünk összefoglalni a MAÚT-munkabizottságunk legfontosabb eredményeit azzal a céllal, hogy a végleges jelentés, a kutatás lezárása előtt kérjük és várjuk a véleményeket, javasolt kiegészítéseket.

Kérjük és várjuk jelen előzetes jelentésünkkel és az ezt alátámasztó résztanulmányokkal kapcsolatos hozzászólásokat, segítve a végleges jelentésünk kidolgozását.

7. TÁMOGATÁS

Jelen tanulmány a Hidak teljesítmény alapú méretezése 1. című MAÚT-munkabizottság kutatásához kapcsolódóan készült.

8. IRODALOMJEGYZÉK

[1]: Sitku László & Hajós Bence. 2024. Hidász híradó – A Hidász napok 2024 nyitóelőadása. In Hajós Bence szerk. Hidász napok 2024 előadásainak gyűjteménye, Lánchíd füzetek 40. Biri, pp. 14-25. https://hidak.hu/konyvek/Lanchid_40_HN2024.pdf

[2]: Bartus Róbert, Kővári Ákos & Németh Gábor. 2023. Észrevételek és javaslatok a készülő új e-UT 07.01.12 Közúti hidak erőtani számítása – Ütügyi Műszaki előíráshoz, UNITEF'83 Zrt. kézirat, Előadva: 2023. 09. 25, Makadám Klub, Budapest, p. 22.

[3]: Bartus Róbert, Kővári Ákos & Németh Gábor. 2023. Észrevételek és javaslatok a készülő új e-UT 07.01.12 közúti hidak erőtani számítása – Ütügyi Műszaki Előíráshoz. Ütügyi lapok 11(18) <https://doi.org/10.36246/UL.2023.2.01>

[4]: Hajós Bence. 2023. Szempontok és javaslatok a közúti hídtervezés hasznos ideális jármű teherszintjének meghatározásához a készülő új Ütügyi Műszaki Előírásban. Ütügyi lapok 11(18) <https://doi.org/10.36246/UL.2023.2.03>

[5]: Horváth Adrián. 2024. Új e-ÚT 07.01.12:2024T előírásról – Újdonságok az e-ÚT 07.01.12:2011-hez képest. In Hajós Bence szerk. Hidász napok 2024 előadásainak gyűjteménye, Lánchíd füzetek 40. Biri, 83-109. https://hidak.hu/konyvek/Lanchid_40_HN2024.pdf

[6]: Boros Vazul. 2024. Közúti terhek statisztikai alapú meghatározása Németországban az Eurocode szerint – hazai alkalmazás lehetőségei. In Hajós Bence szerk. Hidász napok 2024 előadásainak gyűjteménye, Lánchíd füzetek 40. Biri, 154-170. https://hidak.hu/konyvek/Lanchid_40_HN2024.pdf

- [7]: Horváth Adrián, Kövesdi Balázs, Majer Zsolt, Porubsky Tamás, Rácz Balázs, Szabó Gergely, Berki Zsolt & Csikós Csaba. 2024. A közúti hidak forgalmi terheinek változásáról. Vasbetonépítés, 26(1) pp. 15-24. <https://doi.org/10.32969/VB.2024.1.4>
- [8]: Híd szemle – 12 (2025. szeptember 1.) Hidászokért Egyesület elektronikus körlevele.
- [9]: Kővári Ákos, Németh Gábor & Gondár Péter. 2025. Beszámoló az IABSE 2025 évi kongresszusáról. Acélszerkezetek 22(3) pp. 2-9.
- [10]: Boros Vazul, Kővári Ákos & Hajós Bence. 2025. Potentials of utilizing vehicle weight data for the calibration of national traffic load models for bridges. In Leonetti, D.; Snijder, H.H.; De Pauw, B.; Alphen, S. (szerk.) IABSE Congress Ghent 2025, The Essence of Structural Engineering for Society, Congress Proceedings, Zürich, International Association for Bridge and Structural Engineering (IABSE) pp. 2193-2200.
- [11]: Stefan Martinolli, Andreas Taras, Xhemi Malja, Paola Miglietta, Aurelio Muttoni, Alain Nussbaumer & Qianhui Yu. 2025. Quantification of hidden safety reserves between different highway traffic load models based on probabilistic calibration analysis. Proceedings of IABSE Congress Ghent 2025. August 27-29, 2025 pp. 58-66.
- [12]: Simone Celati, Agnese Natali & Walter Salvatore. 2025. Traffic models for Italian provincial roads. Proceedings of IABSE Congress Ghent 2025. August 27-29, 2025 pp. 366-374.
- [13]: Adri Vervuurt, Benjamin Cerar, Liesette la Gasse, Raphaël Steenberg & Ane de Boer. 2025. Traffic load model for the inner city of Amsterdam. Proceedings of IABSE Congress Ghent 2025. August 27-29, 2025 pp. 2159-2166.
- [14]: Marcel Nowak & Oliver Fischer. 2025. Refined Vehicle Classification for BWIM Traffic Data and the Effects on Traffic Load Modelling. Proceedings of IABSE Congress Ghent 2025. August 27-29, 2025 pp. 2219-2227.
- [15]: Maarten Soudijn, Sebastiaan van Rossum, Frederick van Waarde & Ane de Boer. 2025. A reduced traffic load model for the inner city of Amsterdam. Proceedings of IABSE Congress Ghent 2025. August 27-29, 2025 pp. 2247-2255.
- [16]: Hajós Bence. 2025. WIM-méréstechnika rövid története, különös tekintettel a magyarországi alkalmazási lehetőségekre. Útügyi lapok 13(22) pp. 12-24. <https://doi.org/10.36246/UL.2025.2.02>
- [17]: Kővári Ákos & Németh Gábor. 2025. Az EUROCODE szerinti forgalmi tehermodellek kialakulása, alkalmazása és kalibrációja WIM adatokkal. Útügyi lapok 13(22) pp. 25-42. <https://doi.org/10.36246/UL.2025.2.03>
- [18]: Hajós Bence & Hajós Eszter Sára. 2025. A közúti teherforgalomban közlekedő járművek tényleges össztömeg mérési eredményei Magyarországon. In Útügyi lapok 13(22) pp. 43-59. <https://doi.org/10.36246/UL.2025.2.04>
- [19]: Boros Vazul. 2025. A Magyarországon mért jármű terhek alapján számolt karakterisztikus híd igénybevételek összehasonlítása az Eurocode tehermodelljével kéttámaszú tartók esetén. In Útügyi lapok 13(22) pp. 60-66. <https://doi.org/10.36246/UL.2025.2.05>



WIM-méréstechnika rövid története, különös tekintettel a magyarországi alkalmazási lehetőségekre

Hajós Bence

Első Lánchíd Bt.; Nemzeti Közszerológati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola

E-mail: elsolanchid@elsolanchid.hu

DOI: [10.36246/UL.2025.2.02](https://doi.org/10.36246/UL.2025.2.02)

KIVONAT

A dinamikus tengelysúlymérés lehetővé teszi a közúti közlekedés teher intenzitásának mérését a forgalom megállítása nélkül. A burkolatba vagy hídszerkezetre épített érzékelők és az adatok feldolgozási módszerei az elmúlt évtizedben óriási fejlődésen mentek keresztül. A telepített mérési rendszerek Magyarországon is évente több millió mérési adatot nyújtanak. A méréstechnika bemutatása mellett példát és javaslatot adunk az adatok feldolgozására és értékelésére.

Kulcsszavak: dinamikus tengelysúly mérés, WIM-technológia, hídszabályzat, közúti forgalom, méréstechnika

ABSTRACT

Dynamic axle load measurement allows road traffic volume to be measured without stopping traffic. Sensors built into road surfaces or bridge structures and data processing methods have undergone huge developments over the past decade. The measurement systems installed in Hungary also provide millions of measurement data every year. In addition to presenting the measurement technique, we provided examples and suggestions for data processing and evaluation.

Keywords: dynamic axle load measurement, WIM technology, bridge design code, road traffic, measurement technology

Hajós Bence

Okleveles építőmérnök, okleveles mérnök-tanár. Hídszakértő, hídtervező. Korábban az állami közútkezelő hidász-mérnöke volt. Elsődleges szakterülete a hídvizsgálat, hidak teherbírás vizsgálata. Év hidásza (2012).

1. BEVEZETŐ

Az Útügyi Műszaki Szabályozási Bizottság döntésére, 2025 áprilisában új MAÚT-munkabizottság (Magyar Út- és Vasúti Társaság) alakult a közúti hidak hasznos teherszintjének meghatározásához kapcsolódóan. A készítenő szakmai háttéranyag célja a tényleges közúti forgalmon alapuló statisztikai teherszintből számítható közúti híd hasznos terhek elemzése, vizsgálva a Magyar Közút Nrt. (MK) mérlegelési adatainak használhatóságát az Európában alkalmazott példák tükrében. A bizottsági elemzés tervezett befejezési határideje 2026. április. A munkabizottságot Hajós Bence vezeti, tagok: Sitku László, dr. Kovács Tamás, dr. Boros Vazul, Kővári Ákos és Németh Gábor. Jelen tanulmány a munkabizottság tevékenységéhez kapcsolódóan készült.

A MAÚT-munkabizottság célja a valós közúti forgalom mérésén alapuló statisztikai feldolgozással meghatározható forgalmi tehermodell nagyságának meghatározása, illetve ehhez szükséges előtanulmányok elvégzése. A számítások alapja a mérlegelés ezért szükséges először a mérés technika történeti áttekintése.

Jelen tanulmány célja a dinamikus tengelysúlymérés történetének rövid felvázolása, elsősorban a hídtervezéshez felhasználható valós járműforgalmi adatgyűjtés szempontjából.

Az elmúlt három évtizedben alig jelent meg ez a téma a hazai szakirodalomban. Az Útügyi lapokban megjelent egy részletes beszámoló az ausztráliai mérésekről és tapasztalatokról, [3] a magyar tengelysúlymérő rendszerről pedig angol nyelvű beszámolót közöltek. [1] [2]

2. A WIM-TECHNOLÓGIA KIALAKULÁSA

A WIM-technológia történetét, az egyes WIM-rendszerek csoportosítását az International Society for Weigh-In-Motion (ISWIM), svájci székhelyű nemzetközi tudományos egyesület által használt terminológiát követjük [4].

Klasszikus jármű tengely- és össztömegméréseket statikus mérlegekkel végezhetünk. Ezek hátránya, hogy igen drága megépítésük, és a szabatos méréshez a járműveket a mérés idejére meg kell állítani. A mérés időigénye jelentősen korlátozza a napi elvégezhető mérések számát, miközben akadályozza a folyamatos közlekedést. E hátrányokat kívánják áthidalni mindazok a mérési módszerek, amelyek a közúti járművek tengelyterhelését mozgás közben képesek meghatározni.

A WIM (Weigh-in-Motion), azaz a mozgás közbeni jármű mérlegelés során a mozgó közúti jármű dinamikus kerékterheléseit határozzuk meg, amiből becsülhető a jármű egyes kerekeinek, tengelyeinek, tengelycsoportjainak és össztömegének statikus értéke.

Mozgás közben a jármű dinamikus kerék- és tengelyterhelése időben változik a statikus terheléshez képest. A különbségek a jármű felfüggesztési rendszerétől (rugózásától) és további külső zavaró tényezőktől függenek (pl. egyenetlen burkolat, fékezés, gyorsulás, kormányzás, szél stb.). A tengelyterhelések statikus és dinamikus értékének különbségének nagysága nem állandó, általánosságban minél több a külső zavaró tényező, annál nagyobbak a különbségek, és annál nehezebben alkalmazhatóak a WIM rendszerek a statikus terhelések meghatározására.

A WIM-technológia tudományos célokra való alkalmazása Clyde Lee professzor nevéhez fűződik, aki az 1950-es évek végén Texasban kidolgozta ennek mérés technikai és adatfeldolgozási módszertanát és a technológia fejlesztésével foglalkozott egész munkássága során. Eredetileg elsősorban tengely- és össztömegterhelések adatgyűjtésére használták a módszert, hogy az eredményeket felhasználják az utak pályaszerkezeteinek méretezési előírásaihoz. Kezdetben lehajlólemezeket használtak a mérésekhez, majd az 1970-es években több új mérési módszert is kidolgoztak (huzal-, szalag- és rúdérzékelők, a kapacitív elven működő mérések, piezoelektromos és száloptikás mérések stb.).

Az útburkolatba épített érzékelők mellett az 1970-es évek végén kezdtek el felhasználni a hídszerkezeteket a WIM-technológiában. Erre két legkézenfekvőbb lehetőség a híd felszerkezetéről az alépítményekre átviható reakciók mérése, illetve a híd felszerkezetének alakváltozás-mérése (pl. a pályaszerkezet alá ragasztott nyúlásmérő bélyegekkel).

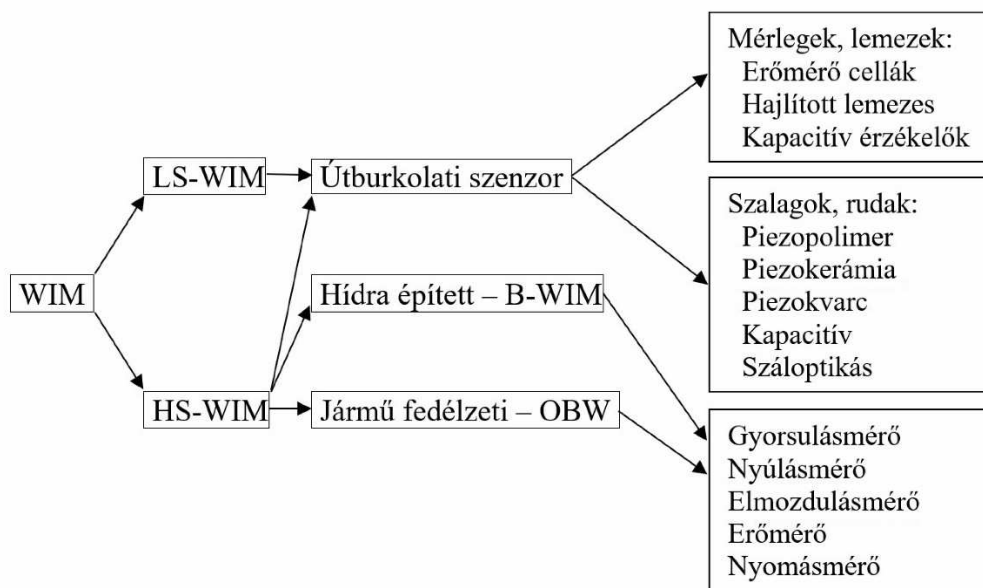
A WIM-adatokat burkolattervezési célú felhasználás mellett a hídtervezési szabványok kalibrálásához (pl. Eurocode) és hídértékeléshez is hasznosították. A WIM-adatok igen hasznosnak bizonyultak mind az útburkolat, mind a hídszerkezet fáradásvizsgálatához, valamint a szélsőséges terhelések és terhelési hatások becsléséhez is.

A 2000-es évek elején a WIM-rendszerek pontossága és megbízhatósága jelentősen javult. Ez lehetővé tette, hogy a tudományos, elsősorban építőipari célú felhasználás mellett a forgalom ellenőrzésére és a szabálytalan közlekedők szankcionálására is használják. A WIM-technológia alkalmas nagy mennyiségű mérésre, automatizált feldolgozással. A mérés technika részévé vált az elektronikus útdíj ellenőrzésnek is. A WIM-mérőrendszernek a tengelysúly érzékelőn kívül részei lehetnek kamerák, szkennerek, rendszám felismerők, hőmérők, szélmérők stb.

Napjainkban sokat kutatott terület a WIM, számos e témával foglalkozó kutatás van. A WIM fejlődése, fejlesztése külföldön a szakmai konferenciák és tudományos lapok rendszeres témája.

3. A WIM-RENDSZEREK OSZTÁLYOZÁSA

WIM-technológiának tekintjük az összes olyan nem statikus mérési eljárást, amelyhez nem szükséges a jármű megállítása, nyugalmi helyzete. (1. ábra) A WIM-hez azonban szükségesek a statikus mérések is a WIM-ek kalibrálásához, hitelesítéséhez. A WIM-rendszerek egyik legfontosabb jelzőszáma, hogy a statikus méréshez képest milyen pontosságot tudnak biztosítani.



1. ábra: A WIM-rendszerek osztályozása.

A mérőhelyen áthaladó jármű sebességét tekintve megkülönböztetünk lassú és gyors mérési módszert. A lassú, vagy alacsony sebességű méréseket Low speed WIM-nek (LS-WIM), a gyors, vagy nagy sebességű méréseket High speed WIM-nek (HS-WIM) nevezzük.

A lassú mérés jellemzően 5-10 km/h sebességű áthaladást jelent. Ilyen mérés technikát alkalmaznak tipikusan az állandó telepítésű, a jármű össztömegének mérésére szolgáló statikus hídmérlegek elé beépített tengelysúlyméréshez, ahol a statikus mérlegre való ráállás miatt eleve adott a kis sebesség. A kétféle mérési mód együttes alkalmazása egyúttal közvetlen ellenőrzési lehetőséget is biztosít a mérési pontosságra vonatkozóan (az LS-WIM rendszerrel mért tengelysúlyok összege mennyire tér el a statikus hídmérlegen regisztrált össztömegtől). Az egyenletes, kis járműsebesség miatt a dinamikus hatást ezeknél a méréseknél elhanyagolhatjuk, az esetleges eltéréseknek a mérési bizonytalanságon belül kell lennie. Leggyakrabban használt mérési módszer a hídmérlegeknél is használatos erőmérő cellás mérlegek. A burkolatba épített mérőfelületnek olyan szélesnek kell lennie, hogy azon egy kerék elférjen (jellemzően 30 cm), de kisebb legyen, mint a lehetséges legkisebb tengelytávolság (80 cm). Kereszt irányban a mérleg szélessége egy kerék mérésére szolgálhat (pl. 1 m) vagy egy teljes tengely mérésére (pl. 3 m).

A nagy sebességű mérésnél jellemzően nincs sebességhatározásra szükség, a járművek az adott útszakaszon engedélyezett legnagyobb sebességgel is áthaladhatnak a mérési ponton. A HS-WIM rendszerű mérések pontossága elérheti akár a $\pm 5\%$ -ot is, ami már igen jónak tekinthető. Mind a lassú, mind a gyors mérés pontosságát rontja a csatlakozó útburkolat egyenetlensége, a jármű kormányzása, a nem egyenletes járműsebesség és a szél.

A WIM érzékelő telepítési helye szerint háromféle módot különböztetünk meg: útburkolatba épített érzékelőket, hídszerkezetre épített érzékelőket és a járműbe épített érzékelőket. A hídra telepített

rendszerek jelölése Bridge WIM (B-WIM), a járműbe épített (fedélzeti) rendszerek jelölése On-Board WIM (OBW).

A hídszerkezetekre épített érzékelők (B-WIM) a híd terhelését mérik, amiből számítható a rajta áthaladó jármű hatása. A B-WIM előnye, hogy a szenzorok védettebb helyre telepíthetők, mint az útburkolatba helyezett WIM esetében, ellenőrzésük, esetleges javításuk is egyszerűbb. Telepítésük és kalibrálásuk viszont minden esetben egyedi tervezést igényel, alkalmazhatósága jelentősen függ a hídszerkezet tulajdonságaitól.

A járművekbe beépített fedélzeti mérőrendszerek a járműüzemeltetés eszközeihez tartozik, ezért ezekkel tanulmányunkban nem foglalkozunk.

A burkolatba épített WIM-érzékelők lehetnek lemezjellegű vagy vonal jellegű szenzorok. A lemez jellegű mérési módok közé tartozik az LS-WIM-nél említett erőmérő cellás mérés technika, a lemez rugalmas behajlásán alapuló nyúlásmérő bélyeges módszer, a kapacitív szőnyegek és hidraulikus elven működő érzékelők. Ezek részben alkalmasak HS-WIM mérésekhez is. A lemez jellegű mérési pontokhoz képest olcsóbbak a vonal jellegű érzékelők, amelyeket az út kopórétegébe készített kereszt irányú horonyba ragasztanak be. A szükséges horony általában 3-4 cm széles, mélysége 2-8 cm. A telepíthető szenzor működési elve lehet kapacitív, piezoelektromos, nyúlásmérésen vagy száloptikán alapuló. Ezeket HS-WIM mérésekhez használják. Az alkalmazott mérés technikák gyorsan változnak, ezek költsége és az elérhető pontossága igen különböző. [5]

A hidakra telepített WIM rendszerek (B-WIM) Fred Moses professzor nevéhez kapcsolódnak, aki 1979-ben fejlesztette ki ezt a mérési módszert. Az első kísérleti mérések adatait még mágnesszalagokra rögzítették. [6]

A B-WIM az 1990-es évektől sokat fejlődött pontosságában, megbízhatóságában. Előnye, hogy a B-WIM telepítése, karbantartása elvégezhető a közúti forgalom korlátozása nélkül. A hídra telepített szenzorok általában hosszabb élettartamúak, mint a burkolatba épített megoldások. További előnye a B-WIM megoldásoknak, hogy a mérőhely a kocsipályán nem látható, így a gépjárművek vezetői nem tudják vezetésdinamikai módszerekkel befolyásolni (érvénytelen vagy eredménytelen mérést okozva).

A B-WIM méréseket kezdetben előregyártott hídgerendás felszerkezeteken próbálták ki, de az eljárás megfelelő algoritmusokkal, lokális hatások kiszűrésével és az adatok statisztikai értékelésével, szükséges kalibrációs folyamat után szinte minden híd típusra alkalmazható. Ortotrop pályalemez hídron való B-WIM rendszerre jó példa a franciaországi millau-i viadukt (2. ábra). [7] 2009-2010-ben sikeresen tesztelték ezt a rendszert. A kalibrációhoz a hídhoz tartozó díjszedési területen statikus kontrolméréseket végeztek a hídon áthaladt tehergépkocsikon. [8]



2. ábra: B-WIM szenzorok a millau-i völgyhíd ortotrop pályalemezének trapézbordáin, 2009 [8].

A B-WIM mérések feldolgozásával adatokat nyerhetünk a híd állapotára vonatkozóan is, így az áthaladó járművek mérlegelése mellett a hídvizsgálat részeként is hasznosítható (Structural Health Monitoring, SHM).

Vannak mobil közúti WIM-rendszerek is, amelyeket jellemzően a mozgó hatósági ellenőrzésekhez használnak (pl. kormányhivatalok, minisztérium).

Kutatásunknak bár nem témája, röviden érdemes megemlékezni a WIM-technológia vasúti alkalmazásáról is. A közúti mérésekhez képest vasúti mérésekkel nagyobb pontosságot lehet elérni. Ennek oka a kerék-pálya acél-acél kapcsolata, a kerekek kötött pályán való mozgása (kormányozottsága) és a villamos mozdonyok, mint ismert és kvázi állandó tömegű járművek sokszori mérésével végezhető automatikus kalibráció.

WIM adatokat számos területen hasznosíthatjuk: forgalomszámlálás, pályaszerkezet méretezéséhez szükséges tengelyterhelések meghatározása, hídtervezési szabványok kidolgozása, nem szabványos (pl. igen nagy fesztávolságú) hidak tervezési hasznos terhelésének meghatározása, hidak fáradási terhelésének meghatározása, meglévő hidak értékelése, hídmonitoring, járművek súlyellenőrzése, statikus mérlegeléshez előszűrés, úthasználat ellenőrzése, különleges szállítmányok (túlsúlyos, túlméretes) ellenőrzése, közlekedésbiztonsági szűrések (pl. defektes kerék), ipari telephely forgalmának naplózása stb. A technológia alkalmas közvetlen szankcionálásra is, szabálytalan járművek kiszűrésére, s akár járműadatbázis kapcsolással cégprofilozásra is, beazonosítva a notórius szabálytalan vállalkozásokat, javítva a hatósági céllenőrzések hatékonyságát.

4. A WIM MAGYARORSZÁGI TÖRTÉNETE

4.1. FORGALOMSZÁMLÁLÓ WIM-ÁLLOMÁSOK

A telepített statikus hídmérlegekhez épített, LS-WIM tengelysúly mérlegeket nem számítva az első magyarországi WIM mérés előtörténete 1992-ben kezdődött, az országos közúthálózat forgalomszámlálásához kapcsolódóan. Ekkor dolgozta ki a Közlekedéstudományi Intézet a dinamikus tengelyterhelés mérésének bevezetését megalapozó tanulmányt. Az ország területét lefedő, 40 mérési keresztmetszet kiépítését határozták el. [9] A magyarországi WIM mérőrendszer 1996. évi kiépítésének szakmai irányításában és a dinamikus tengelysúlymérési adatok tudományos célú feldolgozásában jelentős szerepet töltött be dr. Gulyás András, aki a forgalomszámlálási hálózat részeként kiépített WIM-mérőhelyek adatait több éven keresztül figyelemmel kísérte, feldolgozta és eredményeit publikálta.

A magyar forgalomszámlálási rendszer részeként kiépített dinamikus tengelysúlymérés első eredményeit 1997-ben publikálták. Első ütemben 80 forgalmi sávba épültek piezoelektromos érzékelők. A mérési keresztmetszetekben a szélső, teherforgalom által jellemzően használt sávokba épültek a szenzorok, kivétel az M0 autópályán telepített kísérleti mérőhelyet, ahol mind a négy forgalmi sávba telepítettek érzékelőket, hogy a sávok közötti teherforgalmi megosztást is lehessen vizsgálni. 1997-ig összesen 39 WIM mérőhely épült ki, melyeken 15 mérőkészülékkel lehetett méréseket végezni. Ezek közül 8 mérési hely nagyobb Duna- és Tisza-hidak forgalmának mérésére szolgált. [10]

A dinamikus tengelysúlymérő forgalomszámláláló állomások adatainak többféle feldolgozása készült, a mérési eredményeket felhasználták többek között az úttervezéshez használatos jármű-átszámítási szorzók meghatározásához. [11]

A forgalomszámlálási rendszer részeként kiépített dinamikus tengelysúlymérő állomások szükséges folyamatos karbantartása az elmúlt évtizedben elmaradt, a mérőhálózat így évek óta már nem üzemel, tudomásunk szerint ezek felújítását a közútkezelő nem tervezi. Az utolsó publikált WIM-méréseken alapuló tanulmány 2014. évi adatokat elemez. [12]

4.2. WIM-ELŐSZŰRŐ AZ M5 AUTÓPÁLYÁN

Az AKA Alföld Koncessziós Autópálya Zrt. 2007-ben az M5 autópálya 71+500 km szelvényében a bal pályán tengelysúlymérő állomást épített (jobb pályán, azaz Szerbia irányában nincsen mérlegelés). A hitelesített statikus hídmérleggel végzett járműellenőrzés célja a közlekedési szabályok betartatása. A mérés jogkövetkezménye adott esetben a büntetés és a jármű átrakodása vagy adott esetben útvonalengedélyre kötelezése.

A megállítással járó mérések statikus mérések hatékonysága érdekében a mérőállomásra kiterelt teherforgalomból WIM előszűrő állomás segítségével kiválasztják a túlsúly-gyanús járműveket és csak ezeket irányítják változtatható jelzésképű közúti jelzőtáblák segítségével egyedi statikus mérlegelésre. A jármű-válogatás automatikus, egyedi mérlegelést alkalmaznak azon esetekben is, amikor az előszűrő eredménye bizonytalan (pl. nem tartották be a követési távolságot stb.). A mérőállomáson lehetőség van önkéntes mérlegelésre is. A telepített statikus hídmérleg és az előzetes WIM-előszűrés egyúttal jó lehetőséget ad a WIM mérés kalibrációjára, az adatfeldolgozási és a statikus mérésekre való kiválasztási algoritmus pontosítására.

4.3. WIM-ELŐSZŰRŐ A MAGYAR KÖZÚT MÉRLEGÁLLOMÁSAIN

Úthálózatvédelmi célból az első mérőállomás 1974-ben helyezték üzembe a gyulai határátkelőn, majd folyamatosan kiépült a mérőállomások hálózata az összes teherforgalmi közúti határátkelőhelyen. Ezek az állomásokon statikus hídmérlegek és LS-WIM tengelysúly mérlegeket telepítettek. A határállomásokon szükséges határ- és vámellenőrzések miatt a megállítós mérlegelés nem okozott többlet forgalomlassítást.

A Schengeni-övezethez való csatlakozás jegyében 2007-től a belső határokon a mérlegállomások megszűntek, de helyettük mélységi mérőállomások épültek. Ezen mérőállomásoknál a túlsúlyos járművek kiszűrésének hatékonysága érdekében előszűrő WIM méréseket végeznek.

A Magyar Közút Nonprofit Zrt. mérlegállomásaihoz kapcsolódó első két WIM-előszűrő 2009-ben épült meg Salgótarjánnál és Soltnál. Az újabb mélységi mérőállomásoknál minden esetben építettek ilyen WIM-előszűrőket. Ezek feladata és működése azonos, mint az M5 autópálya mérlegállomásánál.

A WIM-előszűrőkkel egyedi statikus mérlegelésre kiterelt járművek kettős mérése állandó és gyors visszaigazolást ad a WIM-mérések jóságára vonatkozóan. A nagy számú mérésismétlés egyúttal kiváló lehetőséget ad a WIM mérés kiértékelésének pontosításához. Ennek köszönhetően, bár ezek a WIM-mérések nem eredményeznek közvetlen jogkövetkezményt, a mérés pontossága jó, a hiba tipikusan 10% alatti.

4.4. NEMZETI TENGEYSÚLYMÉRŐ RENDSZER - TSM

A magyar közúthálózat teherforgalmának automatikus tengelysúly ellenőrzéséről 2015-ben döntött Magyarország Kormánya. Országos főutakon és gyorsforgalmi utakon összesen 89 helyen építettek mérőpontokat. A létrehozott Nemzeti Tengelysúlymérő Rendszer (TSM) kiépítésének megfogalmazott hármas célja, a közúti közlekedés biztonságának javítása, az úthálózat állapotának védelme és a fuvarozói versenyegyenlőség előmozdítása. Az elsődleges kitűzött cél tehát nem a szabálytalan járművek bírságolása volt.

Az első mérőállomások 2017 első félévében kezdték meg a tesztüzemet, 2017. szeptember 19-én elindult a TSM-rendszer objektív felelősségen alapuló működése a járművek megállítása nélkül. Első hónapokban csak figyelmeztetést kaptak az üzembentartók, majd elkezdődött a bírságolás is. [13]

A TSM-rendszer teljes tervezett kiépítésével ez lett a legnagyobb méretű WIM-hálózat Magyarországon. A TSM mérési pontjaival szemben elvárt megbízhatóság lényegesen magasabb, mint a korábbi, csak tudományos, vagy csak előszűrésre alkalmazott WIM-mérések esetében. A TSM dinamikus tengelysúlymérésnek olyan pontosnak és megbízhatónak kell lennie, ami elegendő a közvetlen joghatás igazolásához.

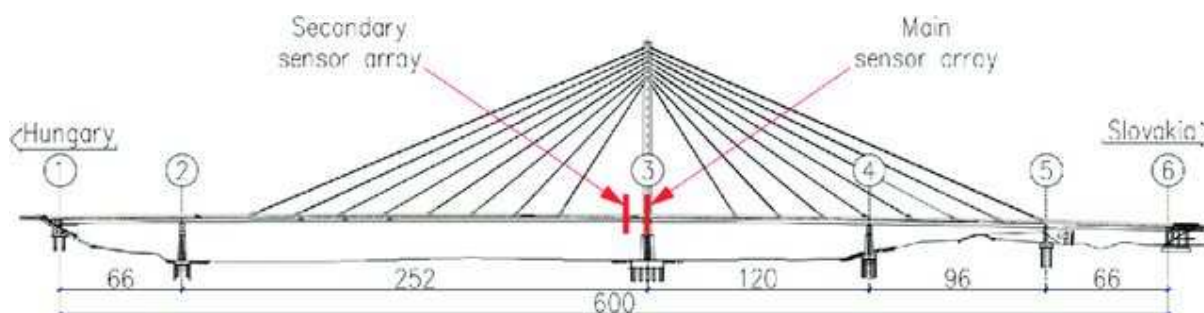
A TSM kiépítéséhez kapcsolódóan megjelent jogszabály [14] a WIM-rendszerhez kapcsolódó fogalmakat a TSM-rendszer céljainak megfelelően határozza meg, szűkebben, mint a nemzetközi szakirodalom. Így a magyar jogi értelmezés szerint „WIM érzékelő: az útburkolatba süllyesztett érzékelő, amely a 15 km/h sebességnél gyorsabban közlekedő jármű kerék- vagy tengelyterheléséről információt szolgáltat” – azaz csak a HS-WIM-et tekinti a jogalkotó WIM-nek. A jogszabályhoz kapcsolódóan, azzal azonos terminológiát használva megjelent a WIM-mérőhelyek hitelesítési előírása is. [15]

Említést érdemel, hogy hiányzik a WIM-méréstechnikát szabályozó magyar műszaki norma (ágazati szabvány, műszaki előírás stb.), a járművek mérésével foglalkozó Útügyi Műszaki Előírás [16] nem foglalkozik a nagy sebességű mérésekre alkalmas WIM-technológiával, öröndetes azonban, hogy a HS-WIM már része az egyetemi oktatásnak. [17]

A TSM-rendszer működéséről kevés publikáció jelent meg. [1] [2] Hiányzik a mérési adatok statisztikai kiértékelésének nyilvános közzététele, ami hozzájárulna az adatokkal szembeni bizalom növeléséhez és a mérések tudományos értelmezéséhez. A TSM-rendszer indulásához kapcsolódó észrevételekről a Magyar Közúti Fuvarozók Egyesületének megbízásából egy tanulmány is megjelent. [18]

4.5. KÍSÉRLETI B-WIM-RENDSZER A MONOSTORI DUNA-HÍDON

Magyarországon az első és mai napig egyetlen B-WIM-rendszert a Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem szakértői telepítették kísérleti jelleggel a komáromi Monostori Duna-hídra. A hídszerkezeten két forgalmi sávon halad a közúti gépjármű forgalom. A ferdekábeles híd ortotrop pályalemez merevítőtartója kiváló helyszín a B-WIM nyúlásmérő szenzorainak telepítéséhez (3. ábra). [19]



3. ábra: B-WIM szenzorok a komáromi Monostori Duna-hídon [20].

A komáromi kísérleti célú B-WIM mérések első eredményei is igen jók voltak, a mérési hibát sikerült 5% alatt tartani. [21] A mérési adatok mélytanuláson alapuló pontosított értékelésével a mérés megbízhatósága tovább javítható. A mérési hibát módosított kiértékelési eljárással sikerült össztömeg vonatkozásában 2,74%-ra, tengelysúly vonatkozásában pedig 3,47%-ra csökkenteni. [20] Ezt a pontosságot kiválónak nevezhetjük, s ez jelzi a B-WIM technológiában rejlő óriási fejlesztési lehetőséget.

A hatályos magyar jogszabály szerint a B-WIM nem alkalmazható TSM méréshez, mert a szenzor nem „az útburkolatba süllyesztett érzékelő”. [14] Javasolt a jogszabály módosítása, hogy a lényegesen megbízhatóbb B-WIM mérések is felhasználhatóak legyenek a TSM céljaira is.

5. AJÁNLÁS A MAGYAR WIM ADATOK KEZELÉSÉRE A SVÁJCI PÉLDÁN KERESZTÜL

A magyarországi eddigi gyakorlatból teljesen hiányzik a WIM adatok átlátható és nyilvános kezelése. A mérési adatok rendszeres feldolgozása és közzététele több előnnyel járna. Erősítené az adatok hitelességét, a WIM-rendszerekkel szembeni bizalmat. Ez különösen fontos lenne a közlekedőket szankcionáló rendszerek esetében, így elsősorban a TSM-nél.

Az adatok rendszeres közzététele a tudományos célú felhasználást is elősegítené, reprezentálva a lehetséges felhasználási területeket.

Az adatok feldolgozása és közzététele megkönnyítené a további tetszőleges célú felhasználást az egyedi mérési adatok óriási adatbázisának ismételt feldolgozása és kezelése nélkül (több milliós adatbázisok helyett a kiértékelt statisztikai jellemzők felhasználásával). A feldolgozáshoz és közzétételhez kidolgozott metodika szükséges, amire kiváló és követhető példákat találunk külföldön. A svájci közúthálózaton üzemelő WIM-adatok feldolgozása és közzététele példaként állhat előttünk, javasoljuk a svájci metodika átvételét.

A svájci Szövetségi Útügyi Hivatal (Bundesamt für Strassen ASTRA) jelenleg tizenöt WIM állomást üzemeltet az országos úthálózaton. Ezek a rendszerek a következő adatokat rögzítik minden járműről: tengelyterhelések, össztömeg, tengelytávolság, jármű hossza, sebesség, jármű kategóriájának besorolás és a követési távolsága.

Az összegyűjtött adatokat éves statisztikai jelentések formájában évente elkészítik az összes mérőpontra és ezek két évtizednyi mérési időszakkal szabadon hozzáférhetőek az interneten keresztül bárkinek. [22]

A mérési adatokat felhasználják a nehéz tehergépjárművek tervezési tehertényezőinek kiszámítására, továbbá a WIM-adatokat felhasználják különféle kutatási és mélyépítési munkákhoz (méretezés, karbantartási munkák tervezésére, természetvédelmi monitoring, gazdasági és forgalmi statisztikák).

Egy mérési keresztmetszet éves jelentése a svájci rendszerben kb. 25 oldal terjedelmű, ha a mérőállomás megfelelően működött és a mérési adatok feldolgozhatóak. Az alábbiakban, mint követendő mintát, bemutatjuk az éves mérési jelentés tartalmát, a bözbergi WIM-állomás 2022. évi jelentése alapján.

A mérési keresztmetszet helyazonosítása és a mért sávok leírása után tételesen közlik (perc pontossággal) mindazon időszakokat, amikor a mérés bármilyen ok miatt nem működött.

Egy év alatt ez az állomás 1 414 130 járművet regisztrált. A jelentés tételesen, lépésenként megadja a nyers mérési adatok szűrését. Törlik mindazon járműveket, amelyek össztömege 3,5 tonna alatti volt (275 292 db), továbbá amelyeknél érvénytelen volt a teljes hosszúság mérése (136), amelyik hosszúsága meghaladta a 26 m-t (6 175 db), amelyiknek egyik tengelysúlya érvénytelen (4 db), amelyeknél a tengelytávolságot 60 cm alattinak mérték (7722 db), amelyik össztömege meghaladta a 65 tonnát (662 db és a mobildaruk), amelyiknek tengelysúlya meghaladta a 18 tonnát (47 db), amelyik jármű hossza nem érte el a 4 m-t (648). A levonások után érvényesnek tekintett mérések száma 1 122 834 volt. A könnyű járművek leválasztása után kiszűrt érvénytelen mérések aránya 1,41% volt. A jelentés numerikus és grafikus kiértékelését az érvényes adatokkal végezték el. Külön elemzik a 65 tonna össztömeg feletti járműveket és az autódarukat. Az autódaruk jelentősen torzítanak a tehergépjárművek statisztikai értékelését a markánsan eltérő jellemzőik miatt (zömökek és jellemzően 12 tonna körüli tengelyterhelésűek).

A jelentés irányonként megadja a forgalom napon belüli megoszlását összesítve és naptári naponként is. A járműveket járműosztályokba sorolják, megadva ezek pontos számát. Közlik a tengelyek száma, tengelysúlyok és össztömegek szerinti megoszlásokat is, valamint a 2x2 forgalmi sávok mérési keresztmetszet sávonkénti forgalmi megoszlását is.

A jelentés járműkategóriákra bontva tartalmazza a mért értékekből számított egységtengely szorzókat. Négy leggyakoribb járműosztályra közlik a sebesség, járműhossz és össztömeg megoszlás függvényeket, és további részletes eloszlásfüggvényeket a tengelycsoportokra vonatkozóan is.

Kutatásunk szempontjából kiemelten fontos a mérési adatok híd hasznos tehermodellre való átszámításának publikálása. A nyilvános jelentés megadja a mérési adatokból visszaszámolható, Eurocode szerinti hasznos tehermodell koncentrált és megoszló terhelésének átlagértékeit, megoszlási adatokkal együtt.

Svájcban a Norm SIA 261 jelzetű szabványt alkalmazzák a közúti hidak hasznos terheinek felvételére. Ennek tehermodellje megegyezik az Eurocode szerinti tehermodellel, de valamennyi osztályba sorolási tényező (α) értéke 0,9 – mind a koncentrált, mind a megoszló teherre vonatkozóan.

Az 1. táblázat tartalmazza a részletesen bemutatott bözbergi WIM-állomás 2022. évi adataira és még további kilenc további mérési helyre az Eurocode tengelymodellre vonatkoztatott, mért tengelyterhelés átlagértékeket, az 5%-os túllépési valószínűségeket (fraktilis – $f_{0,95}$), az 1%-os fraktilisokat ($f_{0,99}$) és a 0,01%-os fraktilisokat ($f_{0,9999}$).

1. táblázat: A svájci WIM-jelentésekben közölt, Eurocode tehermodell szerinti koncentrált terhelések [22].

Mérési pont	tengely	átlag [kN]	tengelyátlag [kN]	$f_{0,95}$ [kN] (tengelyenként)	$f_{0,99}$ [kN] (tengelyenként)	$f_{0,9999}$ [kN] (tengelyenként)
Bözberg - 2022	szóló	51	51	98	116	149
	iker	87	43,5	174 (87)	203 (102)	278 (139)
	hármás	134	44,7	248 (83)	279 (93)	354 (118)
Denges - 2021	szóló	48	48	98	119	159
	iker	87	43,5	182 (91)	217 (109)	289 (145)
	hármás	148	49,3	266 (89)	309 (103)	369 (123)
Denges - 2022	szóló	48	48	96	117	156
	iker	87	43,5	175 (88)	208 (104)	281 (141)
	hármás	148	49,3	273 (91)	310 (103)	373 (124)
Effretikon - 2021	szóló	49	49	101	124	167
	iker	92	46,0	186 (93)	223 (112)	307 (154)
	hármás	148	49,3	271 (90)	309 (103)	385 (128)
Effretikon - 2022	szóló	47	47	102	127	173
	iker	91	45,5	189 (95)	227 (114)	314 (157)
	hármás	148	49,3	279 (93)	318 (106)	412 (137)
Gotthard - 2021	szóló	59	59	101	112	142
	iker	92	46,0	164 (82)	186 (93)	242 (121)
	hármás	150	50,0	236 (79)	251 (84)	305 (102)
Gotthard - 2022	szóló	59	59	101	114	144
	iker	93	46,5	168 (84)	191 (96)	246 (123)
	hármás	151	50,3	239 (80)	255 (85)	315 (105)
Monte Ceneri - 2021	szóló	56	56	103	118	158
	iker	97	48,5	179 (90)	219 (110)	309 (155)
	hármás	148	49,3	242 (81)	268 (89)	347 (116)
Monte Ceneri - 2022	szóló	54	54	102	116	153
	iker	95	47,5	173 (87)	206 (103)	307 (154)
	hármás	146	48,7	237 (79)	264 (88)	337 (112)
Oberbüren - 2021	szóló	49	49	94	113	151
	iker	91	45,5	184 (92)	214 (107)	285 (143)
	hármás	136	45,3	268 (89)	307 (102)	365 (122)

A hasznos teher visszatérési idejét a tervezési élettartamból és a hatás meghaladási valószínűségéből számíthatjuk:

$$t = \frac{1}{1 - \sqrt[T]{1 - P}}$$

ahol t a teher visszatérési ideje, T a tervezési élettartam, P a teher túllépési valószínűsége.

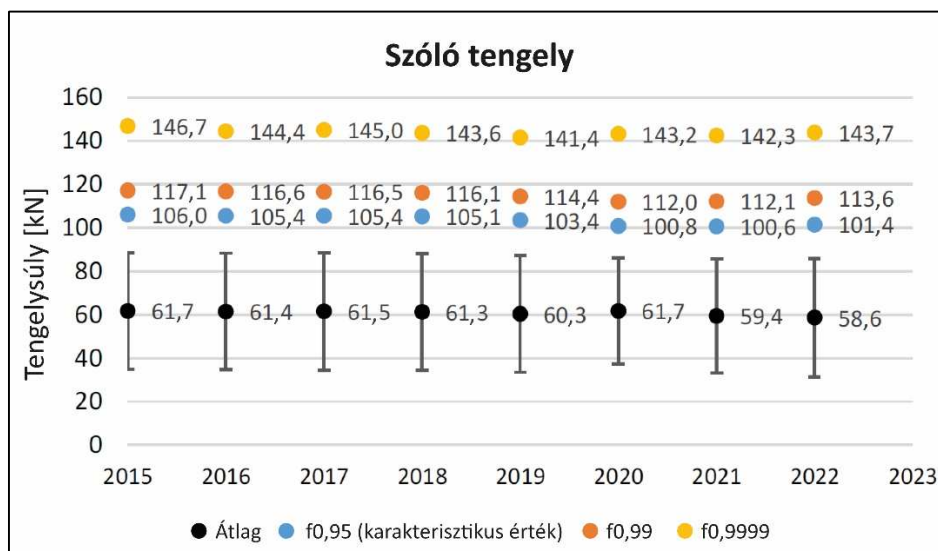
A közúti járműterhek karakterisztikus értékének számításánál használatos 50 éves tervezési élettartammal számolva $f_{0,95}$ -höz (5%-os túllépési valószínűség) $975 \approx 1000$ év visszatérési idő tartozik, a táblázatban szintén megadott $f_{0,99}$ értékekhez 4975 év visszatérési idő, a legszigorúbb $f_{0,9999}$ -hez pedig a 500 000 esztendő.

A táblázatban bemutatott, svájci éves mérési eredmények közül az 1000 éves visszatérési időhöz tartozó legnagyobb tengelyterhelés 103 kN volt (Monte Ceneri, 2021). Ebből számított Eurocode tehermodell α terhelési osztályba sorolási tényező csupán 0,34.

Nyilván a mérésből számított, a táblázatból illusztrációs céllal kiragadott 0,34-es szorzótényező közvetlenül nem használható fel tervezési alapértéknek, de ezen mérésekkel ellenőrizhető és igazolható folyamatosan évről évre, hogy az Eurocode alapú svájci Norm SIA 261 hídtervezési szabványban alkalmazott $\alpha_{Qi} = 0,9$ és $\alpha_{qi} = 0,9$ bizonyosan elégséges.

A közzétett svájci jelentéseket a mérési adatok és a feldolgozás megbízhatóságára vonatkozó szabványos minőségi mutatószámokkal zárják.

A svájci adatfeldolgozás és publikálás illusztrálására még bemutatjuk a Gotthárd-alagútnál lévő WIM-mérőállomás 2022. évi jelentésében található egyik idősor kimutatást (4. ábra), ami a szólótengely terhelésének trendjét mutatja.



4. ábra: A Gotthard mérőállomás szólótengely mérési idősora [22].

A svájci jelentések tartalmazzák az Eurocode szerinti egyenletesen megoszló forgalmi sáv terhelésének elemzéséhez a tehergépjárművek fajlagos terhelését is. Az adatokat igen konzervatív módon számítják, elhanyagolva a járművek közötti követési távolságot, azaz minden egyes jármű össztömegét a jármű hosszúságával osztanak és az így kapott vonal menti fajlagos terhelés eloszlását adják meg. Ennek svájci tervezési alapértéke az osztályba sorolási tényezővel szorozva $0,9 \cdot 9,0 = 8,1$ kN/m² az első forgalmi sávban és $0,9 \cdot 2,5 = 2,25$ kN/m² minden további sáv esetén.

A 2. táblázat tartalmazza hat kiválasztott mérőállomásra a tehergépjárművek fajlagos terhelésének publikált karakterisztikus értékét (f0,95).

A 2. táblázatban közölt értékek 114,6 millió mérlegelési adatból vannak számítva, az évenkénti és állomásonkénti érvényes tehergépjármű mérlegelések számát a 3. táblázat tartalmazza. A fajlagos teherautó tömegmérések trendét az 5. ábra szemlélteti.

A bemutatott, hatalmas mérésszámon alapuló svájci statisztika határozottan teherforgalmi terhelés (intenzitás) csökkenést mutat. A változás nem trend jellegű, hanem a közúti ellenőrzés, szankcionálás szigorítását tükröző hirtelen változást tükrözi. Megállapítható, hogy a 2013 utáni időszakban a fokozottabb ellenőrzés hatására a járművek össztömege azonnal mintegy tíz százalékkal csökkent.

Javasoljuk a svájci adatfeldolgozási metodika átvételét, hazai bevezetését mind a közútkezelői, mind a TSM mérések esetében és a feldolgozott adatok közzétételét évente és mérési helyenként.

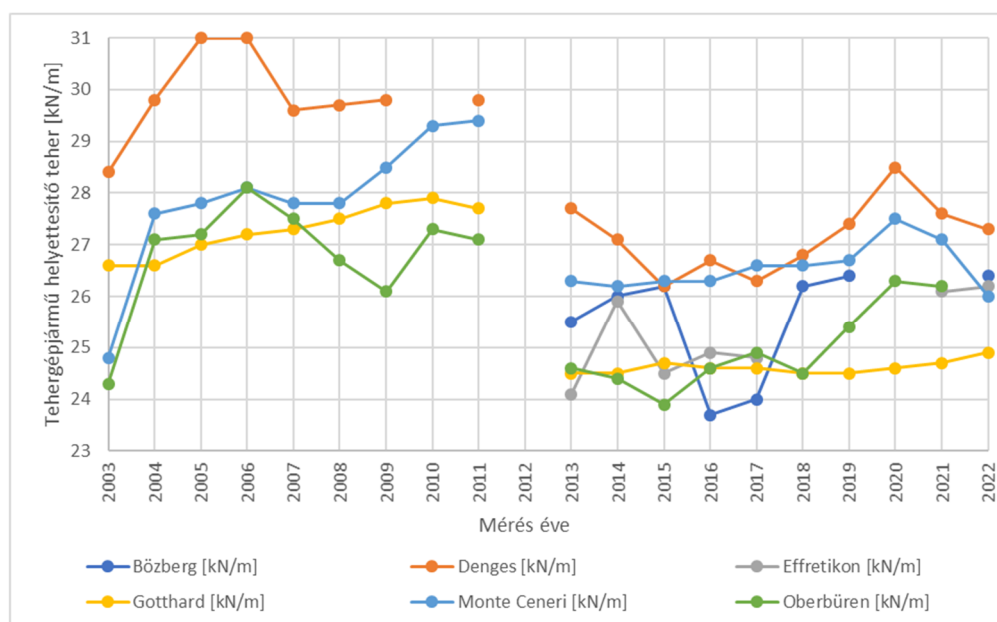
A TSM-rendszer esetében ezt jelenleg akadályozza a törvényi szabályozás, ami kimondja, a mért adatok egy része átadható a közlekedés ellenőrzésére jogosult szervezeteknek, a „kezelt adatok teljes körét jogosult átvenni [...] a bíróság [...] a nemzetbiztonsági szolgálatok [...] a szervezett bűnözés elleni fellépés koordinációjáért felelős szer [...] a terrorizmust elhárító szerv”. Továbbá főszabályként, a WIM-adatokat folyamatban lévő eljárás kivételével 30 napon belül törölni kell. [23] Ezért szükséges a jogszabály módosítása, lehetővé téve az adatok tudományos célú kutatását.

2. táblázat: Tehergépjárművek fajlagos terhelésének karakterisztikus értéke [22].

Mérés éve	Bözberg [kN/m]	Denges [kN/m]	Effretikon [kN/m]	Gotthard [kN/m]	Monte Ceneri [kN/m]	Oberbüren [kN/m]
2003		28,4		26,6	24,8	24,3
2004		29,8		26,6	27,6	27,1
2005		31,0		27,0	27,8	27,2
2006		31,0		27,2	28,1	28,1
2007		29,6		27,3	27,8	27,5
2008		29,7		27,5	27,8	26,7
2009		29,8		27,8	28,5	26,1
2010				27,9	29,3	27,3
2011		29,8		27,7	29,4	27,1
2012						
2013	25,5	27,7	24,1	24,5	26,3	24,6
2014	26	27,1	25,9	24,5	26,2	24,4
2015	26,2	26,2	24,5	24,7	26,3	23,9
2016	23,7	26,7	24,9	24,6	26,3	24,6
2017	24	26,3	24,8	24,6	26,6	24,9
2018	26,2	26,8		24,5	26,6	24,5
2019	26,4	27,4		24,5	26,7	25,4
2020		28,5		24,6	27,5	26,3
2021		27,6	26,1	24,7	27,1	26,2
2022	26,4	27,3	26,2	24,9	26	

3. táblázat: Érvényes tehergépjármű mérlegelések száma [22].

Mérés éve	Bözberg	Denges	Effretikon	Gotthard	Monte Ceneri	Oberbüren
2003		1 124 625		1 151 506	1 613 928	1 313 611
2004		1 138 498		1 126 394	1 570 064	1 325 159
2005		1 142 828		1 074 668	1 503 100	1 386 873
2006		1 140 632		993 919	1 471 289	1 223 079
2007		1 219 680		1 117 007	1 577 807	1 445 906
2008		1 232 740		1 108 305	1 582 305	1 410 400
2009		365 593		1 037 141	1 506 653	1 340 686
2010				1 084 178	1 600 511	1 489 251
2011		879 984		1 060 138	1 600 984	1 244 167
2012						
2013	1 117 894	761 186	73 373	900 148	1 392 750	1 427 760
2014	1 196 588	695 394	2 220 631	964 225	1 627 320	1 448 058
2015	1 067 240	1 047 790	2 325 005	852 685	1 513 134	1 335 104
2016	1 793 810	1 176 630	2 373 025	930 368	1 434 591	1 520 685
2017	1 676 601	1 124 085	1 423 318	932 155	1 626 610	1 393 840
2018	1 182 127	1 129 390		880 797	1 368 594	1 374 753
2019	711 434	1 052 727		806 139	1 373 648	1 235 475
2020		569 844		697 277	1 267 364	1 324 657
2021		758 872	3 062 377	874 499	1 498 901	1 490 802
2022	1 122 834	1 256 141	3 516 384	933 441	1 539 347	



5. ábra: A 2. táblázat szerinti fajlagos tehergépjármű terhelések (karakterisztikus érték) grafikus időszora [22].

6. ÖSSZEGZÉS

Javasoljuk a TSM működtetésére vonatkozó jogszabály, a 1988. évi I. törvény [23] módosítását annak érdekében, hogy legyen jogi lehetőség a TSM mérési adatok tudományos célú felhasználásának, a személyes adatok védelmét megőrizve (mérési adatokat anonimizálva). Szintén módosítandó a törvény, hogy a statisztikai, tudományos felhasználás esetén meg lehessen őrizni a mérési adatokat 30 napon túl is (jelenleg alapesetben az adatokat 30 napon belül törölni kell).

Javasoljuk a TSM méréstechnikájára vonatkozó rendelet [14] módosítását, hogy a B-WIM alkalmazható legyen TSM céljaira.

Javasoljuk a magyarországi anonimizált (pl. rendszám azonosítás nélküli) WIM-adatok rendszeres feldolgozását, statisztikai kiértékelését és publikálását, mintául véve a bemutatott svájci gyakorlatot. Javasoljuk ehhez a követendő metodika rögzítését és mind a kiértékelés módjának, mind annak eredményeinek korlátozás nélküli közzétételét.

A WIM-mérések feldolgozására és nyilvános közzétételére bemutatott svájci gyakorlat egyúttal azt is bizonyítja 20 év idősorából, hogy Svájcban a tehergépjárművek teherszintje a közlekedési szabályok ellenőrzésének hatására tíz százalékkal csökkentek.

7. TÁMOGATÁS

Jelen tanulmány a Hidak teljesítmény alapú méretezése 1. című MAÚT-munkabizottság kutatásához kapcsolódóan készült.

8. IRODALOMJEGYZÉK

[1]: Rónay-Tobel, Beatrix, Mikulás, R., Katkics, A. & Toldi, M. 2019. Weight Enforcement Network of Hungary. In 8th International Conference on Weigh-in-Motion – ICWIM8, Prague, Czech Republic, pp. 136–146.

[2]: Rónay-Tobel Beatrix. 2022. Effect of Weight in Motion Detection System on Road Enforcement Network of Hungary. In Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 50(3), pp. 299-303. <https://doi.org/10.3311/PPtr.14858>

- [3]: Pethő László & Szentpéteri Ibolya. 2016. Hajlékony és félmerev pályaszerkezetek méretezése Ausztráliában. *Útügyi lapok* 4(7) pp. 19-29.
- [4] 2025. A brief history of WIM. <https://www.is-wim.net/what-is-wim/introduction/a-brief-history-of-wim/> letöltés: 2025. 09. 29.
- [5]: Fahad, Mohamed, Nagy Richárd & Gosztola Dániel. 2022. Pavement sensing systems: Literature review. *Civil and Environmental Engineering*, 18(2) pp. 603-630. <https://doi.org/10.2478/cee-2022-0057>
- [6]: Fred Moses. 1979. Weigh-in-Motion System Using Instrumented Bridges. *Transportation Engineering Journal of ASCE*, 105(3) pp. 233-249. <https://doi.org/10.1061/TPEJAN.0000783>
- [7]: Ieng, S.-S., Zermane, A., Schmidt, F. & Jacob, B. 2012. Analysis of B-WIM signals acquired in Millau orthotropic viaduct using statistical classification. In *Proceedings of the international conference on weigh-in-motion (ICWIM 6)*
- [8]: Schmidt, F. & Jacob, B. 2012. Experimentation of a bridge WIM system in France and applications to bridge monitoring and overload screening. pp. 50-57.
- [9]: Gulyás András. 1993. Automatikus forgalomszámláló és tengelysúlymérő eszközök az országos közúti forgalomszámlálásban. *Közlekedésépítés- és Mélyépítéstudományi Szemle*, 1993/11 pp. 407-413.
- [10]: Csenki László & Gulyás András. 1997. A dinamikus tengelyterhelés mérés első eredményei. *Közlekedésépítés- és Mélyépítéstudományi Szemle*, 1997/6
- [11]: Gulyás András. 2009. Az elmúlt évek dinamikus tengelyterhelés-mérési eredményeinek vizsgálata. *Közlekedésépítési Szemle* 59(5) pp. 23-26.
- [12]: Soós Zoltán. 2016. A nehézgépjármű-forgalom jellemzőinek elemzése az aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezéséhez történő felhasználásra. *Útügyi lapok* 4(8) pp. 77-93.
- [13]: TSM. A közlekedés biztonságaért és útjaink védelméért. <http://tengelysulymeres.hu/>
- [14]: 22/2017. (VIII. 17.) NGM rendelet a mozgásban lévő közúti járművek tengelyterhelésének mérésére szolgáló mérőeszközök méréstechnikai követelményeiről. <https://njt.hu/jogszabaly/2017-22-20-2X>
- [15]: HE 11/2-2017 Hitelesítési Előírás – Mozdásban lévő közúti járművek tengelyterhelésének mérésére szolgáló mérőeszközök. <https://mkeh.gov.hu/meresugy/HE-list>
- [16]: e-UT 08.01.51:2018 Közúti járművek kerék-, tengelyterhelésének és össztömegének ellenőrzése *Útügyi Műszaki Előírás*. <https://ume.kozut.hu/dokumentum/1354>
- [17]: Tettamanti Tamás & Varga István. 2015. Közúti forgalomtechnikai paraméterek mérése és becslése. jegyzet, BME, Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar, https://jem.sze.hu/images/Dok/Kozuti_forgalomtechnikai_parameterek_merese_es_becslese.pdf
- [18]: Bencze Zsolt & Gáspár László. 2018. A magyarországi TSM-rendszer műszaki jellemzői, működése és mérési pontossága. kézirat, https://www.mkfe.hu/images/cikkek/dok/Hirek/MKFE_TSM_szakertoi_anyag.pdf
- [19]: Joó Attila László & Mátyássy László. 2025. A Monostori Duna-híd tervezése és digitálisikerfejlesztése. *Magyar Tudomány*, 186(4) <https://doi.org/10.1556/2065.186.2025.4.15>
- [20]: Szinyéri Bence, Kővári Bence, Völgyi István, Kollár Dénes & Joó Attila. 2024. A deep learning-based BWIM system of a cable-stayed bridge. In Jensen, Frangopol & Schmidt (szerk.): *Bridge Maintenance, Safety, Management, Digitalization and Sustainability*, <https://doi.org/10.1201/9781003483755-170>
- [21]: Szinyéri Bence, Kővári Bence, Völgyi István, Kollár Dénes & Joó Attila. 2022. Mélytanulás alapú tengelysúlybecslés nyúlásmérő bélyegek adatai alapján. *MAGÉSZ Acélszerkezetek*, 2022 Különszám, pp. 58-65.
- [22]: Bundesamt für Strassen ASTRA, WIM adatok jelentései <https://www.astra.admin.ch/astra/de/home/dokumentation/daten-informationsprodukte/verkehrsdaten/daten-publikationen/gewichtserfassung.html>
- [23]: 1988. évi I. törvény a közúti közlekedésről. <https://njt.hu/jogszabaly/1988-1-00-00>



Az EUROCODE szerinti forgalmi tehermodellek kialakulása, alkalmazása és kalibrációja WIM adatokkal

Kővári Ákos, Németh Gábor

UNITEF'83 Műszaki Tervező és Fejlesztő Zrt.

E-mail: kovaria@unitef.hu

DOI: [10.36246/UL.2025.2.03](https://doi.org/10.36246/UL.2025.2.03)

KIVONAT

Jelen cikkben áttekintést nyújtunk az Eurocode (EC) szerinti forgalmi terhek kialakulásáról, valamint alkalmazásukról és kalibrációjukról az európai országokban. Az EC-ben alkalmazott forgalmi terheket az 1980-as években definiálták tengelysúly-mérések statisztikai kiértékelését követően. A tehermodell alkalmas a helyi viszonyokhoz történő kalibrálásra az $\alpha_{q1..i}$ és $\alpha_{Q1..i}$ tényezők megfelelő megválasztásával, melyek értékét Nemzeti Mellékletben lehet rögzíteni. A tengelysúlymérés az elmúlt 20 évben jelentős fejlődésen ment keresztül a WIM (Weight-In-Motion) technológia széleskörű elterjedésével. A technológiai fejlődés eredményeképpen lényegesen több adat áll rendelkezésre a forgalmi tehermodell valós terhelési viszonyokhoz történő kalibrálására. Cikkünkben európai példákat számba véve elemezzük a mérési adatokon alapuló kalibrációk eredményeit külön kitérve a városi környezetre és a tranzitút-hálózatra (autópályák) meghatározott különböző tehermodellekre. A 2. generációs Eurocode-ban a tehermodellek változatlan meghatározással jelennek meg, így a korábbi években elért eredmények, megállapítások, tehermodellek a jövőben is alkalmazhatóak lesznek az EC-t használó országokban.

Kulcsszavak: híd, teherforgalom, Weight-In-Motion, Eurocode

ABSTRACT

Current paper provides an overview of the development of traffic loads according to Eurocode (EC) and their application and calibration in European countries. The traffic loads used in the EC were defined in the 1980s following a statistical evaluation of axle load measurements. The load model can be calibrated to local conditions by appropriately selecting the factors $\alpha_{q1..i}$ and $\alpha_{Q1..i}$, the values of which can be specified in the National Annex. Axle load measurement has undergone significant development over the past 20 years with the widespread adoption of WIM (Weight-In-Motion) technology. As a result of technological advances, significantly more data are available for calibrating the traffic load model to actual load conditions. In the current study, the results of calibrations based on measurement data are presented, taking into account European examples, with a special focus on different load models defined for urban environments and transit road networks (motorways). In the 2nd generation Eurocode, the load models appear with unchanged definitions, so the results, findings, and load models achieved in previous years will continue to be applicable in countries using the EC in the future.

Keywords: bridges, heavy goods traffic, Weight-In-Motion (WIM), Eurocode

Kővári Ákos

Kővári Ákos (1987) MSc okl. szerkezet-építőmérnök (BME Építőmérnöki kar, 2011) hídépítési irányító tervező (UNITEF'83 Műszaki Tervező és Fejlesztő Zrt.) vezető tervező. Érdeklődési területei: hidak és szerkezetek tervezése, környezettudatos híd- és szerkezetépítés, vasbeton- és acélszerkezetek, szabványosítási kérdések. Az év fiatal mérnöke (2017), Construsoft BIM Awards (2019), Közlekedési Innovációs Díj (2023), Feketeházy János díj (2025).

Németh Gábor

Németh Gábor (1993) MSc okl. szerkezet-építőmérnök (BME Építőmérnöki kar, 2018), okl. szerkezettervező (UNITEF'83 Műszaki Tervező és Fejlesztő Zrt.) tervező és fejlesztő mérnök. Elsődleges kutatási területe acél-vasbeton öszvér hídszerkezetek nyírt kapcsolóelemei. Közlekedési Innovációs Díj (2023), Az év fiatal mérnöke (2024).

1. BEVEZETŐ

A harmonizált Eurocode-ok immár három évtizede a tartószerkezet méretezés alapvető dokumentumai Európában. A tartószerkezeti Eurocode-ok a magasépítésben már több, mint egy évtizede alkalmazott szabványok hazánkban is, azonban a hídépítés területén még nem kerültek teljes körűen bevezetésre. Az Útügyi Műszaki Előírások (UME) rendszere az Eurocode-tól eltérő méretezési előírásokat tartalmaznak, melyek a hidak tervezésének kötelezően alkalmazott de facto előírásai. Az UME-k felülvizsgálata folyamatban van, hogy az európai harmonizáció a hídépítés területén is végbe menjen. A jelenleg alkalmazott magyar hídterhelési osztályok is merőben különbözőek, mint az Eurocode tehermodelljei.

A Eurocode szerinti tehermodellek kalibrációja lehetséges a valós forgalmi adatokon alapuló eljárással. A kalibrációt a MSZ EN 1991-2 szabvány Nemzeti Mellékletében lehet meghatározni. A kalibrációhoz jó lehetőséget ad a mozgás közbeni tengelysúlymérés technológiája (Weight-In-Motion, rövidítve WIM). A technológia Magyarországon is ismert: az úthálózat védelmében bevezetett TSM hálózat is WIM szenzoros adatgyűjtés adatait alkalmazza.

Jelen cikkben az Eurocode tehermodelljeinek kialakulását, alkalmazását és kalibrációját tekintjük át nemzetközi összevetésben kitérve azokra a részletekre, melyeket a magyarországi bevezetés előtt szem előtt szükséges tartani.

2. AZ EUROCODE SZERINTI FORGALMI TERHEK KIALAKULÁSA

2.1. A TEHERMODELL MEGALKOTÁSÁT MEGELŐZŐ MÉRÉSEK

Az EN 1991-2 szabvány megalkotásánál a cél egy olyan tehermodell meghatározása volt, amely (i) könnyen használható, (ii) statikai váztól függetlenül alkalmazható, (iii) az összes forgalmi szituációt leírja (haladó forgalom, forgalmi dugó, araszolás), (iv) tartalmazza a dinamikus hatást, (v) lokális és globális hatásokat is könnyen modellezhetővé tesz, (vi) egyértelmű [1]. Egy ilyen tehermodell kidolgozásához szükséges volt a valós forgalmi szituációkat leíró mérések elvégzése, melyekből levezethetők azok a tehermodellek, amik reprezentálják a kontinens közúthálózatának és ezzel együtt a hídszerkezetek terhelését. Az alapvető problémát az jelentette, hogy pár napos/hetes adatok feldolgozásából kellett 100 éves élettartam alatt várható terheléseket extrapolálni.

A tehermodell megalkotásához kettő mérési kampányt hajtottak végre (i) 1977-1982 között Franciaországban, Németországban, Nagy-Britanniában, Olaszországban és Hollandiában, illetve (ii) 1984-1988 között számos európai úton. A programban 1000-8000 nehézgépjármű mérését hajtották végre az autópályákon és 600-1500 nehézgépjármű mérését a főutakon. A méréseket az 1950-es évektől ismert WIM (weight-in-motion) technológiával végezték el. A gyors sávokban és a másodrendű utakon mindössze 100-200 nehézgépjármű mérését tudták elvégezni. A mérési pontok közül az angliai adatok nem tükröztek megfelelő reprezentativitást, míg a spanyol és a holland adatok a különleges járművek túlzott hatása miatt vetettek el [1]. Összegezve: az analízisbe vett mérési pontok Auxerre (F) Garonor (F) Brohltal (D) Fiano Romano (I) Sasso Marconi (I) és Piacenza (I) voltak.

Az 1. táblázat a mért napi forgalmi adatokat mutatja be:

1. táblázat: Napi forgalmak sávonként (db) – Eurocode megelőző mérési program [1].

	személy gépjármű	nehézgépjármű	követés távolság <100 m aránya
Brohltal (D)	11126	4793	26,7
Garonor (F) 1982	-	2570	32,6
Garonor (F) 1984	-	3686	32,3
Auxerre (F) lassú sáv	8158	2630	18
Auxerre (F) gyors sáv	1664	153	8,5
Fiano Romano (I)	8500	4000	26,1
Piacenza (I)	8500	5000	30,9
Sasso Marconi (I)	7500	3500	24,3

A 2. táblázatban a nehézgépjárművek mérési adatokban felmért összetételének %-os megoszlását adtuk meg az [1] szerint.

2. táblázat: Releváns nehézgépjárművek %-os megoszlása a mérési adatokban [1].

	2 tengelyes nehézgépjármű (%)	2-nél több tengelyes nehézgépjármű (%)	csuklós tehergépjárművek (%)	pótkocsis teherautók (%)
Brohltal (D)	16,6	1,6	40,2	41,6
Garonor (F) 1982	38,6	2,6	47,6	11,2
Garonor (F) 1984	47,5	2,2	44,3	6,0
Auxerre (F) lassú sáv	22,7	1,3	65,2	10,8
Auxerre (F) gyors sáv	27,6	3,5	58,4	10,5
Fiano Romano (I)	41,4	7,0	29,0	22,6
Piacenza (I)	35,3	7,5	35,8	21,4
Sasso Marconi (I)	40,1	10,0	30,2	19,7

Általánosságban elmondható, hogy az európai forgalmi adatok elemzése azt mutatja, hogy a nehéz járművek tengelyterhelésének és össztömegének átlagértékei erősen függenek a forgalom típusától, azaz az utak osztályozásától, és általában nagyon széttartóak (3. táblázat):

- A tengelyterhelés statisztikai eloszlása általában egyváltozós, a módusz körülbelül 60 kN, míg a teljes tömeg statisztikai eloszlása kétváltozós, az első módusz körülbelül 150 kN, a második módusz körülbelül 400 kN.
- A napi maximális értékek sokkal kevésbé érzékenyek a forgalom típusára. 130 kN és 210 kN között változnak szóló tengelyek esetében, 240 kN és 340 kN között kéttengelyes járművek esetében, 220 és 390 kN között háromtengelyes járművek esetében, valamint 400 és 650 kN között a teljes tömeg tekintetében.
- Tapasztalat volt, hogy a tengelyterhelés napi maximuma, valamint a jármű teljes tömegének napi maximuma jelentősen meghaladja a jogilag megengedett értékeket.
- A teherautógyártók 1980 óta nagyon hasonló tengelyelrendezésű gépjárműveket és vontatmányokat gyártanak: három jól elkülöníthető tengelycsoport különböztethető meg: (i) a két- és háromtengelyes csoport tengelytávja 1,30 m (a pótkocsik és vontatmányok tengelycsoportja), (ii) a vontatók tengelytávja jellemzően 3,20 m távolsággal jellemezhető, míg (iii) a kéttengelyes nehézgépjárművek 5,40 m-es tengelytávval jellemezhetőek, bár ez az érték sokkal jobban szór.
- Az európai távolsági forgalom adatai kellően homogén értékeket eredményeztek.

- A nehéz járművek összetétele az 1980-as években átalakult: a nyerges vontatók aránya nőtt, amellett, hogy a kevésbé jövedelmező pótkocsival rendelkező teherautók száma jelentősen csökkent, és egyidejűleg csökkent az egytengelyes teherautók száma is, amelyek használata egyre inkább a helyi útvonalakra korlátozódott.
- A tehergépjármű-flották jobb és ésszerűbb logisztikája következtében csökkent vagy korlátozódott az üres tehergépjárművek közlekedtetésének száma, így növelve az átlagos járműterhelést.
- A távolsági forgalom sokkal nagyobb terhelési intenzitást jelent, mint a helyi forgalom.
- Általában a tehergépjármű-forgalom növekedő tendenciát mutat (megjegyzés: a tanulmányokban az abszolút maximumot (napi 8600 tehergépjármű autópályán a lassú sávban) 1980-ban Németországban, a Limburger Bahn-on rögzítették).

A fenti megfontolások alapján a modell kalibrálása céljából úgy döntöttek, hogy homogén referenciaforgalomként a Franciaországban, az A6-os autópályán Auxerre közelében rögzített adatokat választják. Az auxerre-i forgalom nagyon intenzív, és hatékonyan bemutatja a hosszú távú európai forgalom főbb jellemzőit, különösen összetételét tekintve. A többi forgalmi adatot csak az Auxerre-ben kapott eredmények megbízhatóságának ellenőrzésére használták [1].

A tehermodell megalkotása tehát a ma rendelkezésre álló adatok töredékéből lett meghatározva, hiszen csupán egyetlen helyszín mérési adataiból kalibrálták.

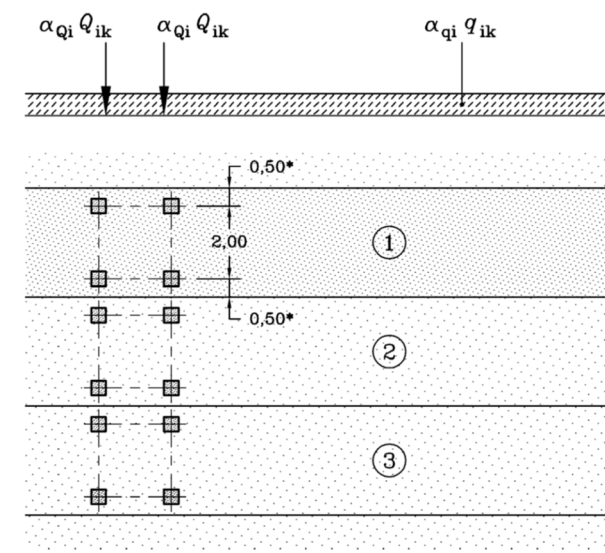
3. táblázat: A 10 kN-nál nehezebb tengelyek és teherautók napi forgalma és statisztikai paraméterei [1].

	összes tengely				ikertengely				hármastengely			
	db	P _{mean} (kN)	σ (kN)	P _{max} (kN)	db	P _{mean} (kN)	σ (kN)	P _{max} (kN)	db	P _{mean} (kN)	σ (kN)	P _{max} (kN)
Brohltal (D)	19970	59,0	28,4	165,0	1977	116,5	54,6	260,0	1035	60,0	230,0	355,0
Garonor (F) 1982	8470	57,6	27,6	180,0	712	126,3	49,3	340,0	303	90,0	200,0	295,0
Garonor (F) 1984	11593	59,3	30,0	195,0	1016	132,1	58,1	290,0	489	90,0	200,0	320,0
Auxerre (F) lassú sáv	10442	82,5	35,2	195,0	844	165,6	54,0	305,0	961	130,0	250,0	390,0
Auxerre (F) gyors sáv	581	73,1	41,2	200,0	47	141,2	63,9	275,0	51	12,0	250,0	390,0
Fiano Romano (I)	15000	56,8	32,9	142,0	2000	115,2	45,5	245,0	900	80,0	260,0	360,0
Piacenza (I)	20000	61,8	31,0	135,0	2500	127,0	44,1	260,0	1500	100,0	220,0	365,0
Sasso Marconi (I)	13000	61,9	30,8	135,0	1600	136,4	49,5	260,0	800	110,0	250,0	375,0

2.2. AZ EUROCODE SZERINTI TEHERMODELLEK

Az 1. tehermodell - LM1

Az LM1 (1. ábra) egy folyamatos, forgalmi akadályok vagy torlódások közepette haladó forgalmat ír le, amelyben nagyrészt nehézgépjárművek vesznek részt. Az 1. tehermodell két elemből tevődik össze. A koncentrált teher, amelyet ikertengelyek reprezentálnak, valamint felületen megoszló terhelés.



1. ábra: LM1 tehermodell [2].

Az 1. tehermodell (LM1) alkalmazása**Jelmagyarázat:**(1) 1. sáv: $Q_{1k} = 300 \text{ kN}$; $q_{1k} = 9,0 \text{ kN/m}^2$ (2) 2. sáv: $Q_{2k} = 200 \text{ kN}$; $q_{2k} = 2,5 \text{ kN/m}^2$ (3) 3. sáv: $Q_{3k} = 100 \text{ kN}$; $q_{3k} = 2,5 \text{ kN/m}^2$ * $w_l = 3,00 \text{ m}$ esetén

A tengelyterheket (TS) a következő képlettel lehet meghatározni:

$$\alpha_{Qi} Q_{ik}$$

ahol:

α_{Qi} : a terhelési osztályba sorolási tényező az i-edik sávban

Q_{ik} : a koncentrált ikertengely tengelyterhelésének karakterisztikus értéke az i-edik sávban

A megoszló terheket (UDL) a következő képlettel lehet meghatározni:

$$\alpha_{qi} q_{ik}$$

ahol:

α_{qi} : a terhelési osztályba sorolási tényező az i-edik sávban

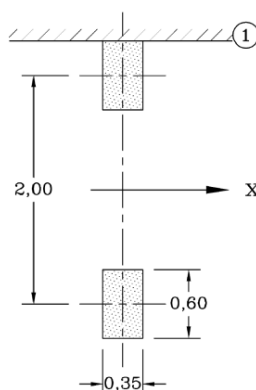
q_{ik} : az egyidejű megoszló terhelés karakterisztikus értéke az i-edik sávban

Az α_Q és α_q tényezőket 0,8-nál nagyobb értékre lehet felvenni. A pontos értéket az Eurocode Nemzeti Melléklete szabályozza. Az $\alpha_Q=1,0$ és $\alpha_q=1,0$ értékek a nagyterhelésű, nemzetközi tranzitforgalmat leíró, nagyrészt totális leterheléssel üzemelő hidak terhelését reprezentálják. A dinamikus hatást a tehermodell tartalmazza, külön tényezővel való szorzás nem szükséges.

A 2. generációs Eurocode az előírásokon nem változtatott, az LM1 tehermodell leírása megegyezik az 1. generációs tehermodellel.

A 2. tehermodell - LM2

Az LM2 (2. ábra) egyetlen tengelyen működő $\beta_Q Q_{ak}$ nagyságú teher. A Q_{ak} értéke: 400 kN. Ez a terhelés szintén tartalmazza a dinamikus terhelést és az útpályán bárhol elhelyezkedhet. Az LM2 tehermodell általában lokális vizsgálatoknál és kis fesztávú hidaknál lehet mértékadó. A β_Q értéke megegyezik α_{q1} értékével.



2. ábra: LM2 tehermodell [2].

A 3. tehermodell - LM3

Különleges járműveket leíró tehermodellek. Ezek a tehermodellek a kezelői, beruházói, valamint a katonai mobilitási igények esetén kerülnek vizsgálatra. Általános esetben nem szükséges a vizsgálatuk, azonban amennyiben vizsgálni szükséges, akkor egyes esetekben mértékadó terheléseket jelenthetnek.

A 4. tehermodell - LM4

Az embertömegeből származó teher, mely jelen vizsgálatoknak nem tárgya.

2.3. AZ ELSŐ MAGYAR NEMZETI MELLÉKLET TERHELÉSI OSZTÁLYBA SOROLÁSI TÉNYEZŐI

Az Eurocode-ok hazai bevezetése előtti időszakban világossá vált, hogy a korábbi magyar szabványok több esetben alacsonyabb biztonsági szintet eredményeztek, ezért szükségessé vált a teljes tehermeghatározási és parciális tényezős rendszer részletes újraértékelése. A történeti összehasonlítások rámutattak, hogy a magyar előírások mind magasépítésben, mind hídépítésben kisebb teher- és anyagoldali parciális tényezőket alkalmaztak, ami a tényleges megbízhatósági szint elmaradását okozta az Eurocode-okhoz képest [3].

A hidakra javasolt α -tényezők kalibrálása során figyelembe vették a hazai forgalmi viszonyokat, a járműállomány jellegét, a magyarországi terhelési spektrumot, valamint azt, hogy a nagyobb terhelési osztályba sorolási tényezők összességében csak minimális beruházási többletet, ugyanakkor jelentős fenntartási és tartóssági előnyt jelentenek. A módosított α_{Qi} és α_{qi} értékeket úgy választották meg, hogy a magyar Nemzeti Melléklet a tényleges hazai terhelési környezetre legyen kalibrálva – akként, hogy a gyakorlatban mai napig alkalmazott ÚME A osztályú járműterhével [4] hasonló igénybevételszintet eredményezzen –, miközben teljesíti az Eurocode által előírt megbízhatósági szintet és összhangban áll az európai felelősségi- és biztosítási elvárásokkal: két terhelési osztályt határoztak meg, az eredeti értékeket a 4. táblázat mutatja be [5].

4. táblázat: Az első magyar Nemzeti Melléklet α -tényezői [5].

	α_{Q1}	α_{Q2}	α_{Q3}	α_{q1}	α_{q2}	$\alpha_{q3} = \alpha_{qr}$
Eredeti EC1-2 „nehéz forgalom”	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0	1,0
NA I. terhelési osztály	1,0	0,8	0,0	0,8	1,0	1,0
NA II. terhelési osztály	0,8	0,8	0,0	0,6	1,0	1,0

A legtöbb európai ország az Eurocode ajánlásának megfelelően $\alpha_{Qi}=1,0$ és $\alpha_{qi}=1,0$ értékben választotta meg a nagyterhelésű úthálózatának terhelési osztályba sorolási tényezőit, alsóbbrendű utakra pedig csökkentette azok értékeit [6].

3. KORAI KALIBRÁCIÓS ELJÁRÁSOK

3.1. NÉMETORSZÁGI TEHERMODELL KALIBRÁCIÓ

Az Eurocode forgalmi tehermodelljeinek alkalmazása során már a kezdetektől felmerült az igény a nemzeti viszonyokhoz igazított kalibrációra. Németországban a Bundesanstalt für Straßenwesen (BASt) végezte el az első átfogó vizsgálatokat annak érdekében, hogy a közúti forgalmi hatások alapján meghatározhatók legyenek az LM1 tehermodellhez tartozó α -terhelési szorzók. A cél az volt, hogy a tehermodellek valós forgalmi hatásokat tükrözzenek, figyelembe véve a 2000-es évekre jellemző, gyorsan növekvő nehézgépjármű-forgalmat. A kalibráció alapját az 1980-as évektől működő forgalommérő állomások, illetve a később telepített WIM rendszerek adatai képezték [7].

A német vizsgálatok módszertana az aktuális és jövőbeli forgalom szimulációjára épült. A WIM-adatokból származó, tengelyterhelésre, járműtípusra és járműkövetési távolságra vonatkozó eloszlásokat Monte Carlo szimulációkkal generálták újra, így modellezték a különböző forgalmi helyzeteket. A szimulációk során többféle nehézjármű-változatot vettek figyelembe, amelyek a jelenlegi, illetve prognosztizált jövőbeli forgalmat különböző intenzitásokkal és tengelykonfigurációkkal reprezentálták – például 60 tonnás moduláris járműveket vagy 65 tonnás, hat tengelyes szerelvényeket is [7].

A forgalmi hatások meghatározása különböző hídsszerkezet típusokon (vasbeton és acél gerendahidak különböző keresztmetszetekkel, mint lemezhidak, szekrénykeresztmetszetek, valamint előregyártott elemes hidak) történt. Az egyes szerkezetekre jellemző igénybevételeket a járműforgalomból származó terhelési időfüggvények alapján határozták meg, majd statisztikai módszerekkel vizsgálták azok eloszlását. A jellemző értékeket 1000 éves visszatérési periódusra definiálták, ami a szabványban is alkalmazott biztonsági szinttel volt összhangban [7].

A mérések helyszíneit a német autópálya-hálózat különböző pontjain választották ki oly módon, hogy reprezentálják a nehézjármű-forgalom területi sajátosságait – az ipari központok, határátkelők és nagy tranzitforgalmat bonyolító szakaszok terhelési viszonyait egyaránt. A WIM-mérések eredményeiből országos forgalmi szinteket és trendeket határoztak meg, amelyekből különböző jövőbeli forgalmi eseteket extrapoláltak. A jövőbeli növekedést gazdasági prognózisokra, a szállítási volumen várható emelkedésére és a 40 tonnás járművek elterjedésére alapozták.

A szimulációk eredményeit az EN 1991-2 szerinti LM1 tehermodellel vetették össze. Az összehasonlítás kimutatta, hogy a korabeli LM1 jól reprezentálta a németországi aktuális forgalmi hatásokat, azonban a jövőbeni terhelési szintek várhatóan meghaladják annak szintjét. Ezért egy módosított LM1 (LMM1) modellt javasoltak, amely az LM1 felső burkológörbéjeként szolgált, és megfelelő biztonsággal lefedte a 2020-2030-as időszakra becsült forgalmi terheléseket. A BASt vizsgálat ezen eredmények alapján javasolta az α_{Qi} és α_{qi} korrekciós tényezők új, nemzeti értékeinek meghatározását a német Nemzeti Mellékletben [7].

A német kutatási programot később az osztrák és svájci hatóságok is alapul vették. Svájcban az ASTRA 82001 jelentés (első kiadása 2006, legutóbbi frissítése 2025) a BASt-módszertanra építve fejlesztette tovább a kalibrációt, immár kiterjedt WIM-adatbázisra és korszerű statisztikai eszközökre támaszkodva [8]. A svájci eljárás célja az LM1-hez kapcsolódó α_{act} („aktualizált”) tényezők meghatározása volt a SIA 261 és SIA 269/1 szabványokhoz. Az országos WIM-hálózat több pontján (pl. Denges, Mattstetten, St-Maurice) gyűjtött adatok alapján szimulálták a forgalmi sávonkénti járműeloszlást, tengelykonfigurációkat és járműkövetési távolságokat. Ausztria bevezette a németországgal azonos, az alapértékeknél magasabb α_{Qi} és α_{qi} korrekciós tényezőket a vonatkozó Eurocode Nemzeti Mellékletében.

A svájci módszertan újdonsága a probabilisztikus extrapoláció volt, amely a forgalmi hatásokat 2050-ig terjedő időhorizonton értékelte, a megbízhatósági index (β) célértékeihez illesztve. A WIM-adatokból származó jellemző maximumokat Gumbel-eloszlások illesztésével határozták meg, majd a Block-

Maxima módszerrel számították az $\alpha_{Q1,act}$ és $\alpha_{q,act}$ tényezőket. Az így kapott α -tényezők a német eredményekhez hasonlóan szakasz- és szerkezettypus-függőek, de a svájci forgalmi mintázatokhoz igazítottak [8]. Ezt az alkalmazást részletesen az 5.1. fejezetben külön is tárgyaljuk.

Összességében a német és svájci kalibrációs kutatások alapozták meg az Eurocode forgalmi tehermodelljeinek regionális adaptációját. Az eljárások közös jellemzője a WIM-adatokra épülő sztochasztikus forgalommodellezés, a több forgalmi sáv és szerkezettypus párhuzamos vizsgálata, valamint az α -tényezők kalibrálása 1000 éves visszatérési periódusú igénybevételi szintekhez. Ezek az elemzések biztosították, hogy a DACH-országokban alkalmazott Eurocode tehermodellek egységes megbízhatósági szinten tükrözzék a valós forgalmi hatásokat.

3.2. FORGALMI TERHELÉSEK MÉRÉSE STATIKUS MÓDSZEREKKEL

A forgalmi terhelések közvetlen mérésének egyik legkorábbi, rendszerezett módszertani alapját az Egyesült Királyság Nemzetközi Fejlesztési Minisztériuma (DFID) által megrendelt Overseas Road Note 40 (ORN 40) dokumentum jelentette, amelyet a Transport Research Laboratory (TRL) készített el. Az első változat még 1978-ban jelent meg *Road Note 40: A guide to the measurement of axle loads in developing countries using a portable weighbridge* címmel, kimondottan a fejlődő országok számára, ahol az útpályaszerkezetek és hidak terhelési adatainak gyűjtése korlátozott volt. A 2004-ben kiadott frissített verzió már *A guide to axle load surveys and traffic counts for determining traffic loading on pavements* címmel jelent meg [9]. Ez az útmutató a fejlődő országok közötti infrastruktúrájának fejlesztését támogatta, részletes eljárásokat adva a forgalmi terhelések mérésére és kiértékelésére. Az ORN 40 nem szabvány, hanem ajánlás jellegű technikai kézikönyv, amely lényegében a nyers terhelési adatok megbízható előállítását szolgálja a pályaszerkezet- és hídszámításokhoz, különösen olyan országokban, ahol a korszerű automatikus rendszerek (pl. WIM) még nem álltak rendelkezésre.

Az egyik legkorábban alkalmazott eljárás az állandó mérőhidak (3. ábra) telepítése volt, beépített mérőállomásként funkcionálnak. Ezek a berendezések jellemzően forgalmas főutak mentén, fix beton alapra telepített acél hídmérlegekből állnak, melyek a jármű teljes tömegét és tengelyenkénti terhelését is képesek mérni. A módszer nagy pontosságú, mivel a járművet a méréshez teljesen meg kell állítani, és a terhelés egyensúlyi állapotban rögzíthető. A rendszer előnye a magas mérési pontosság és az állandó kalibráltság, hátránya viszont a korlátozott adatgyűjtési kapacitás és a magas beruházási költség. Ezen okokból ezek az állomások elsősorban hosszú távú forgalmi megfigyelésekhez, jogi ellenőrzésekhez és szabályozási célú súlyellenőrzéshez javasoltak, nem pedig nagy mennyiségű statisztikai adatgyűjtéshez [9].



3. ábra: Állandó mérőhíd [9].

A hordozható mérőpadok (4. ábra) rugalmasabb mérési lehetőséget biztosítanak, mivel ezek szállítható, statikus tengelyterhelés-mérő eszközök. Ezek könnyen telepíthetők bármely megfelelően sík útszakaszon, és a járművek egyes tengelyei egymás után gördülnek rájuk, rövid megállásokkal. A mérést rendszerint kézi adatfelvétel kíséri (járműazonosítás, tengelytípus, abroncselrendezés). A rendszer fő előnye a mobilitás és a gyors telepíthetőség, így alkalmasak rövid távú forgalmi felmérésekre, ahol a cél a reprezentatív mintavétel, nem pedig folyamatos ellenőrzés. Ugyanakkor a mérési pontosságot befolyásolja a járművezető viselkedése, a pad helyes elhelyezése és a terepi körülmények (pl. útburkolat egyenetlensége, hőmérséklet), ezért a kapott adatokat statisztikai korrekciós eljárásokkal javasolt kiértékelni [9].



4. ábra: Hordozható mérőpad [9].

A manapság leginkább elterjedt WIM rendszer, a korábbi statikus eljárások továbbfejlesztett, automatizált változata. A WIM érzékelők a burkolatba vannak beépítve, és a járművek mozgás közbeni tengelyterhelését mérik, így az adatgyűjtés folyamatos, a forgalom akadályozása nélkül történik. Míg a statikus mérések a pontosság és kalibrálás szempontjából nélkülözhetetlenek, a WIM előnye a nagy mintaszám és időbeli reprezentativitás, így ezen rendszerek egymást is kiegészíthetik. A WIM a leginkább alkalmas a hídterhelések valószínűségi eloszlásának és a forgalomdinamika hatásainak vizsgálatára, míg a statikus eljárások az alapkalibrációhoz és referencia-adatokhoz nyújtanak megbízható kiindulást [9].

4. A WEIGHT-IN-MOTION (WIM) TECHNOLÓGIA ALKALMAZÁSA HIDAK FORGALMI TERHELÉSEINEK MEGHATÁROZÁSÁRA

A Weigh-In-Motion (WIM) technológia a közúti és vasúti járművek dinamikus tömegének és tengelyterhelésének meghatározására szolgáló mérési módszer, amely lehetővé teszi a járművek súlyának meghatározását a forgalom akadályozása nélkül. A WIM-rendszerek a mozgó járművek által kifejtett dinamikus kerékterheléseket mérik, és ezek alapján becsülik meg a statikus értékeket, így biztosítva a valós forgalmi terhelések kvantitatív leírását. A technológia a közúti infrastruktúra fenntartásának, a teherforgalom-szabályozásnak és a hídmenedzsment-rendszereknek (BMS) egyaránt nélkülözhetetlen adatforrásává vált [10], [11].

A WIM rendszerek többféle kialakításban alkalmazhatók: a low-speed WIM (LS-WIM) rendszerek ellenőrzött körülmények között, alacsony sebességnél működnek, míg a high-speed WIM (HS-WIM) rendszerek a nyílt forgalomban, normál sebességen végzik a mérést. Különleges változat a bridge-WIM (B-WIM), amelynél a szenzorokat a híd alsó szerkezeti elemeire rögzítik, és a járművek által okozott feszültségváltozásokból következtetnek a terhelésre. Ezenkívül az on-board WIM (OBW) rendszerek a járművekre szerelt szenzorok segítségével végzik a folyamatos súlymérést, míg a stress-in-motion (SIM) technológia a gumibroncs-út kapcsolat többdimenziós feszültségállapotát is képes rögzíteni. A mérések pontossága a rendszer típusától függően $\pm 1-10\%$ között változhat [10].

A WIM technológia alkalmazási területei rendkívül szélesek. Az egyik legfontosabb felhasználási irány a pályaszerkezetek és hidak tervezése, illetve fenntartása, ahol a WIM adatok pontos képet adnak a valós forgalmi terhelésekről, így javítva a méretezési eljárások és élettartam-modellek megbízhatóságát. Továbbá a súlyellenőrzési és túlsúly-ellenőrzési célú alkalmazások révén a WIM rendszerek hozzájárulnak az úthálózat élettartamának meghosszabbításához, a szabályszegések visszaszorításához és a közlekedésbiztonság növeléséhez. A súlyalapú útdíjrendszerek esetében a WIM technológia a „szennyező fizet” elv érvényesítését teszi lehetővé, míg az ipari logisztikai központokban és kikötőkben a járművek túlterhelésének megelőzésére és árumérlegelésre használják.

A Bridge Management in Europe (BRIME) projekt eredményei kiemelik, hogy a WIM adatok integrálása a hídmenedzsment-rendszerekbe (BMS) jelentősen javítja a szerkezetek állapotfelmérését és a karbantartási döntéshozatalt. A hidak teherbírásának, romlási ütemének és szerkezeti viselkedésének modellezése során a WIM technológia valós, helyspecifikus terhelési adatokat biztosít, amelyek révén pontosabban meghatározható a szerkezet maradó élettartama és biztonsági szintje. A BRIME kutatás szerint a hídkezelésben alkalmazott adatvezérelt megközelítések – például a dinamikus terhelések figyelembevétele a megbízhatósági alapú értékelésekben – kulcsszerepet játszanak a karbantartási stratégiák optimalizálásában és a hosszú távú költséghatékonyabb biztosításában [11]. A WIM technológia részletes bemutatása és alkalmazásának lehetőségeit részletesen elemzi a munkabizottság bevezető résztanulmánya [12].

Összességében a WIM technológia nemcsak a közúti hálózatok műszaki és gazdasági fenntartásához nyújt megbízható adatokat, hanem lehetőséget teremt a hidak valós idejű szerkezeti diagnosztikájára és terhelésfüggő monitoringjára is. Az automatizált adatgyűjtés és -feldolgozás révén a WIM rendszerek elősegítik a fenntartható infrastruktúra-gazdálkodást, támogatják az európai közlekedési hálózat egységesítését, és hozzájárulnak a biztonságosabb, költséghatékonyabb közlekedési rendszer megvalósításához [10], [11], [13], [14], [15], [16], [17].

5. MÉRÉSI ADATOK ALAPJÁN MEGHATÁROZOTT TEHERMODELLEK EURÓPÁBAN A TRANZITÚTHÁLÓZATON – AKTUÁLIS KUTATÁSOK ESETTANULMÁNYAI I.

5.1. SVÁJCI KUTATÁSI EREDMÉNYEK

Svájcban a közúti hidak teherbírásának és a forgalmi tehermodelleknek a kalibrációja az ASTRA (Bundesamt für Strassen) koordinálásában zajlik, a SIA 261 és SIA 269 szabványokhoz illeszkedve. Az ország a 2000-es évektől kezdődően építette ki WIM mérőállomás-hálózatát, amely jelenleg több mint tizenöt autópálya szakaszon gyűjt adatokat, többek között Gotthard, Denges, Oberbüren, Ceneri, Bozberg, St. Prex, Grauholz, Effretikon és Bad Ragaz állomásokon [8]. A WIM-adatgyűjtés 1999-ben indult, és azóta folyamatosan zajlik, így az ország Európában az egyik leghosszabb, több évtizedre visszanyúló adatbázissal rendelkezik. A mérések célja az volt, hogy a korábbi német kalibrációs módszereket (BASt B77) továbbfejlesztve, a svájci forgalmi viszonyokra jellemző α -tényezőket határozzák meg, az LM1 modell újrahangolásával, a probabilisztikus tehermodell alkalmazásával [18].

A mérési program több fázisban zajlott: az első 2005-ös vizsgálat [15] a svájci autópálya-hálózat reprezentatív szakaszait lefedve 15 éves időhorizontú előrejelzést készített, majd a 2014-es és 2025-ös felülvizsgálatok során a méréseket és az α -tényezőket aktualizálták. A svájci WIM-rendszer minden 3,5

tonnánál nagyobb járművet regisztrál, a Kistler M660 érzékelőkkel, 5-10%-os mérési pontossággal. Az éves kalibráció során kb. 45 tehergépkocsi statikus súlyát hasonlítják össze a WIM-adatokkal, újabban pedig „egyszerűsített kalibrációs eljárást” is alkalmaznak, mindössze három járművel, a forgalom megállítása nélkül [8]. Az adatok statisztikai eloszlását normalizált hibaintervallumok (± 2 -10%) és megbízhatósági szintek (90-95%) alapján osztályozzák, és minden állomásra külön pontossági osztályt rendelnek. A mintavételi helyszíneket forgalmi jelleg szerint választották ki: Gotthard és Ceneri az alpi tranzitforgalmat, míg Denges és Oberbüren az országos, főként belföldi forgalmat reprezentálta.

A forgalmi szimulációkat az AGB 2002/005 módszerével végezték, amely a „stationary traffic” állapotot (torlódott forgalom, 2%-os időarány) tekinti döntő teherállapotnak. A 2025-ös ASTRA 82001 jelentésben már több forgalmi scenáriót – folyó, lassuló és torlódott forgalmat – is modelleztek, és a járműeloszlásokat a 2003-as és 2019-es mérések összevetésével validálták. Az adatok azt mutatták, hogy a svájci alagútforgalomban (pl. Gotthard, Ceneri) a nehéztehergépkocsik aránya 10-12%, míg az országos átlag 5-8% között alakult, ami tükrözi az alpesi vasúti teherforgalom erősödését és a közúti terhelések stabilizálódását [15].

A kalibrációs eredmények szerint a svájci SIA 261:2020 szabványban az α_{Qi} , α_{qi} és α_{qr} tényezők 0,90 értéken maradtak, ami 10%-kal kisebb teherintenzitást jelent az Eurocode LM1-hez képest. Az értékek mögött az a megfontolás áll, hogy a svájci teherforgalom intenzitása és a járművek súlyeloszlása tartósan alacsonyabb a nyugat-európai (német, francia) mintáknál, miközben a 40 tonnás járműtömeg-limit és a szigorú ellenőrzési rendszer stabilizálta a terhelési statisztikákat. A vizsgálatok nem különítették el útkategóriákat vagy szerkezet típusokat, az α -értékek országos szinten egységesek, de jövőbeli frissítések során az alagutak és nagyfeszítávú hidak esetében külön kategóriák bevezetése indokolt lehet [18]. A módszertan alapvetően nem extrapolál időben, hanem a legutóbbi 5-10 év WIM-adatain alapuló időstabil statisztikai kiértékelést alkalmaz, amely a jövőbeli forgalomművekedést nem beépített feltételezésekkel, hanem újramérésekkel követi nyomon.

5.2. OLASZORSZÁGI KUTATÁSI EREDMÉNYEK

Olaszországban számos, a második világháború után épült híd mára elérte vagy meghaladta tervezett élettartamát, azonban az újjáépítéshez és felülvizsgálathoz rendelkezésre álló források korlátozottak. A pontos, helyi viszonyokra szabott forgalmi modellek ezért alapvető fontosságúak a szerkezetek megbízható értékeléséhez és a karbantartási feladatok meghatározásához.

Az Eurocode LM1 terhelési modellje elsősorban autópályákra készült, és túl konzervatív eredményeket ad, ha kisebb forgalmú tartományi utakra alkalmazzák [19]. Ez a modell nem veszi figyelembe a járműtömegek, a forgalmi összetétel és az áramlási jellemzők regionális eltéréseit. A kutatás célja ezért egy valószínűségi alapú forgalmi modell létrehozása volt, amelyet WIM adatok felhasználásával kalibráltak három pisai tartományi úton: a La Botte-hídon (SP1), az Arno-hídon (SP66) és a Canale Imperiale-hídon (SRT206).

A kutatás egy ötlépéses módszertant követett:

1. Adatgyűjtés WIM rendszerekkel, melyek tengelyterheléseket, tengelytávolságokat, sebességeket és járműközőket rögzítettek, 12 járműkategóriába sorolva a méréseket.
2. Adattisztítás és statisztikai illesztés, amely során eltávolították a kiugró értékeket és valószínűségi sűrűségfüggvényeket illesztettek a fő forgalmi paraméterekhez.
3. Forgalmi áramlás modellezése, ahol Monte Carlo szimulációval generáltak egyéves forgalmi sorozatokat, megkülönböztetve a folyó és torlódott forgalmi állapotokat a Greenshield-modell alapján.
4. Éves maximális hatások becslése, amikor a szimulált forgalmat egyszerű kéttámaszú hídszerkezetek hajlítónyomaték- és nyíróerő-igénybevételeinek hatásábráira vetítették.
5. Korrekciós tényezők kalibrálása, az Eurocode modell eredményeivel összevetve, legkisebb négyzetes illesztéssel.

A WIM mérések jelentős eltéréseket mutattak a tengelyterhelések és tengelytávolságok között, valamint kimutatták a túlterhelt járművek (akár 80 tonna) előfordulását is. A járműközők eloszlását

külön vizsgálták szabad és torlódott forgalomban: előbbire lognormális, utóbbira negatív exponenciális keverék eloszlást alkalmaztak [19].

A Monte Carlo szimulációk 500 évnnyi szintetikus forgalmi adatot generáltak, hogy meghatározzák az éves maximális terhelési hatásokat 10-50 méteres hídfelszerkezetekre. Az eredmények azt mutatták, hogy a javasolt modell szerinti hajlító- és nyíróerők jellemző értékei rendre alacsonyabbak, mint az Eurocode által előírtak, különösen hosszabb támaszközhöz esetén. Ennek oka, hogy a több nehézjármű egyidejű jelenlétének valószínűsége a kisebb forgalmú tartományi utakon lényegesen kisebb, mint autópályákon [19].

Az LM1 modellhez csökkentő α -tényezőket határoztak meg, hogy a terhelés a valós elővárosi forgalmi viszonyokat hűbben tükrözze. A fő forgalmi sávra az ikertengely terhelési tényező értéke 1,0 maradt, mivel a legnehezebb jármű továbbra is meghatározó rövid fesztávú hidaknál. Ugyanakkor az egyenletesen megoszló terhelési tényezője ($\alpha_{qi=1}$) 0,68-0,72 közé csökkent, amely a kisebb forgalmi sűrűséget és a ritkább többjárműves terhelést tükrözi. A másodlagos sávokra a koncentrált és megoszló terhelési tényezők rendre ($\alpha_{qi=2..i}$) 0,2-0,33, illetve ($\alpha_{qi=2..i}$) 0,36-0,50 közé estek [19].

A kalibrált terhelési modell lehetővé teszi a hídállomány hatékonyabb kezelését és realisztikusabb teherbírási értékelését, elkerülve a túlzott konzervativizmust. A jövőbeni olaszországi kutatások célul tűzték ki az országos úthálózati adatokra történő kiterjesztést [20].

5.3. NÉMETORSZÁGI ÚJABB KUTATÁSI EREDMÉNYEK

A tehermodellek nemzeti szintű kalibrációja elsőként Németországban indult meg, ahol a szabványos Eurocode tehermodelleket a helyi forgalmi viszonyokhoz – a járműcsoportok összetételéhez és a forgalom intenzitásához – igazították [7]. Azóta is folyamatosan zajlik ezek finomítása, valamint új mérési és adatgyűjtési programok indítása.

Németországban kutatások folynak a Bridge-Weigh-in-Motion (BWIM) rendszerekben alkalmazott járműosztályozás pontosítása a forgalmi terhelések modellezésének javítása érdekében. A hagyományos BWIM-alkalmazások általában az egyszerű tengelykonfiguráció-alapú besorolást használják, amely azonban különböző tehergépkocsi típusokat egyetlen kategóriába sorol, így elmosva az eltérő szerkezeti és statisztikai jellemzőket. Ennek következtében a numerikus forgalmi szimulációkban alkalmazott paramétermodellek nem mindig tükrözik a valós tehereloszlást, különösen a hídszerkezet szempontjából kritikus járművek esetében.

Ennek figyelembevételére kidolgozásra került egy részletesebb osztályozási rendszer [21], [13], amely a járművek tengelytávolságát és teljes tengelysorhosszát is figyelembe veszi, lehetővé téve a különböző alaptípusok (például önjáró teherautó, félpótkocsi, vontatott pótkocsi jármű) megkülönböztetését azonos tengelyelrendezés mellett is. A vizsgálat alapját a németországi A92 autópályán gyűjtött, 2020. április-júniusi BWIM-adatok képezték. A kutatás két német osztályozású járműtípusra (112 jelű két szülő tengely és egy ikertengely, illetve 113 jelű két szülő tengely és egy hármastengely) fókuszált, amelyek a nagyobb tengelyszám és jellemzően nagyobb járműtömeg miatt a hídterhelés szempontjából a legjelentősebbek.

Az elemzés rávilágított, hogy még az azonos tengelykonfigurációba tartozó járművek között is jól elkülöníthető alosztályok figyelhetők meg a tengelysor hossza és az első tengelytávolság alapján. Ezek a különbségek a járművek tömegeloszlásában és tengelytávolsági statisztikáiban is megjelennek, ami a közúti terhek modellezésére is hatással van. Így egy részletesebb osztályozási táblázat került kidolgozásra, amely ezen alosztályokat külön kezeli, illetve meghatározták a hozzájuk tartozó valószínűségi eloszlásokat is (GVW, RAW, AS paraméterek).

A finomított osztályozás hatásait a terhelési hatások (nyomaték, nyíróerő) modellezésén keresztül vizsgálták különböző támaszközhöz egy- és kétnyílású tartók esetén. Az eredmények szerint az új besorolási rendszer jelentősen csökkenti a modellbizonytalanságot, különösen a rövid fesztávú hidaknál, ahol a járművek tengelyelrendezése és tehereloszlása nagyobb hatással van az igénybevételekre [13].

5.4. FINNORSZÁGI KUTATÁSI EREDMÉNYEK

Finnországban a forgalmi tehermodellek kalibrációja az Eurocode bevezetését követően indult el, a Nemzeti Melléklet elkészítésével párhuzamosan. A cél az volt, hogy az LM1 tehermodellt a korábban használt finn nemzeti előírásokhoz igazítsák, majd a valós forgalmi adatok alapján újrakalibrálják [22]. A kezdeti α -tényezőket így először a korábbi szabványhoz illesztve határozták meg, nem pedig mért adatok alapján. 2013-2017 között indították el az első országos mérési programot, amely egy kiválasztott útszakaszon gyűjtött adatokat, és a járművek hosszát, tengelyszámát, tengelyelrendezését, tengelyterhelését és össztömegét regisztrálta [23]. A mérés ugyan nem volt országosan reprezentatív, de fontos lépést jelentett a jövőbeni WIM-alapú kalibráció irányába.

A mérési program 2013-ban egy 2007-es bázisállomás kalibrációjával indult, majd négy éven keresztül zajlott. Az adatokból jól látható volt, hogy a járművek össztömege folyamatosan növekszik, azonban ez nem járt együtt a tengelyterhelések arányos növekedésével – a nagyobb tömegek többtengelyes járművek megjelenésével oszlottak el a pályaszerkezeten. A vizsgálat alapján új járműkategóriákat vezettek be, amelyek jobban tükrözték a finnországi forgalmi összetételt, különösen a nagy terhelésű, többtengelyes kombinált járművek arányát [23].

2014 és 2018 között újabb, BWIM-méréseken alapuló terhelési program indult. A vizsgálat során 17 automatikus forgalomfigyelő pont és több BWIM-állomás adatait használták fel, köztük az Äänekoski, Kaarina, Olhava, Pirttikylä és Ring III helyszínekről. Az adatgyűjtés kombinálta a tengelytömeg-felméréseket és az automatizált forgalmi regisztrációkat, majd a forgalom statisztikai jellemzőit Monte Carlo szimulációval értékelték ki. A kalibrációs eljárás három lépésben zajlott: (i) szimuláció a 2013-as törvénymódosítás előtti adatokra, (ii) előrejelző modell kidolgozása a megnövekedett engedélyezett tengelyterhelésekre, (iii) a modell validálása a 2015-2018 közötti BWIM-mérések alapján. A járműforgalom sztochasztikus modellezése során a valószínűségi eloszlásokat empirikus módon határozták meg, a teherhatásokra pedig 45 különböző hatásábrán (nyíróerő, nyomaték) végeztek elemzéseket különböző fesztávokra (10-200 m) [22].

A szimuláció eredményei szerint az engedélyezett össztömeg-növekedések (akár 15%) és a nagyobb járműkombinációk elterjedése miatt a forgalmi igénybevételek érezhetően növekedtek, különösen a folytatólagos többtámaszú tartók és a hosszabb támaszközü hidak esetében. A finn α -tényezők újrakalibrálása megtörtént, értékeik nőttek, amely a nehezebb teherforgalmat tükrözi. A finn eljárás extrapolációt csak korlátozott mértékben alkalmazott, a jövőbeni forgalomműködést inkább folyamatos monitorozással kívánja követni.

6. MÉRÉSI ADATOK ALAPJÁN MEGHATÁROZOTT TEHERMODELLEK EURÓPÁBAN VÁROSI KÖRNYEZETBEN – AKTUÁLIS KUTATÁSOK ESETTANULMÁNYAI II.

6.1. AMSZTERDAM – HOLLANDIA VÁROSI TEHERMODELL

Az Eurocode forgalmi tehermodelljei autópályaméréseken alapulnak, ezért városi hidak esetén gyakran túlbecslik a valós terheket, ezzel túltervezést eredményezve. A holland városi úthálózatra vonatkozó mérési adatok hiányában egy autópályás adatbázist szűrtek a városi forgalom jellemzőire, majd valószínűségi modelleken alapuló módszerrel módosították az EN 1991-2 LM1 és LM2 tehermodelleket. Az eredmények alapján a szülő és ikertengely terhek csökkentek, míg az első sáv megoszló terhelése rövid fesztávú hidaknál növekedtek. Az új modell jelentősen mérsékli a meglévő városi hidakra számított terheket, realisabban tükrözve a tényleges forgalmat [24].

Amszterdam területén 850 híd van, amik között nem ritka a 100-200 éves szerkezet sem. A városvezetés meg akart bizonyosodni arról, hogy a kezelésében és tulajdonában lévő hídállományon a közlekedés fenntartható, illetve, ha ez nem lehetséges, akkor milyen intézkedéseket kell bevezetni a belváros biztonságos működtetése szempontjából. Amszterdamban WIM szenzorokkal mérték mértékadó pontokban az úthálózat terhelését – kifejezetten városi környezetre kalibrált mérési

módszerrel [25] –, majd valószínűség-elméleti eljárással a mérést kiterjesztették a teljes belvárosra. Ez egy igen komplex vizsgálat volt, ami figyelembe vette a hídállomány életkorát, nyílástartományát, jellemző meghibásodásokat is. A kutatás eredményeképpen a koncentrált forgalmi teherfaktor értékét lecsökkentették $\alpha_Q = 0,65$ értékre, míg a megoszló teherfaktor értékét az országosan alkalmazott $\alpha_Q = 1,0$ értéken választották meg [26], [27].

6.2. ROTTERDAM – HOLLANDIA VÁROSI TEHERMODELL

Hollandiában, Rotterdamban is elvégezték a rövid fesztávú városi hidakra vonatkozó forgalmi tehermodellek kalibrációját WIM-mérések alapján [28]. A mérési program célja a nagyvárosi forgalom sajátosságait figyelembe vevő valószínűségi tehermodell kidolgozása volt. A méréseket több, rövid fesztávú (15-25 m) hídon végezték, ahol a WIM-érzékelők segítségével járműtömeget, tengelyrendezést és tengelyterheléseket rögzítettek, majd ezeket a forgalmi mintákat Monte Carlo-szimulációval hosszú távra extrapolálták.

A kiértékelés kimutatta, hogy a városi forgalomban a nehéz tehergépjárművek aránya alacsonyabb, viszont a járművek követési távolsága és sebessége is kisebb, ami a dinamikus hatások növekedését eredményezi. A mért terhelés hatására kapott igénybevételek (nyomaték és nyíróerő) eloszlását az LM1 modellből kapott értékekkel vetették össze. Az eredmények alapján az LM1 modell 5-10%-kal konzervatívabb a rotterdami mérésekhez képest, így egy helyspecifikus, probabilisztikus tehermodellt javasoltak rövid fesztávú városi hidakhoz. A kalibrált modell kisebb α -tényezőket eredményezett, mint az országos értékek.

6.3. STUTTGART – NÉMETORSZÁG VÁROSI TEHERMODELL

A stuttgarti önkormányzat megbízásából 2015-ben a német Nemzeti Melléklettel kiegészített Eurocode 1-2 forgalmi terhelési modelljének alkalmazhatóságát vizsgálták kisfeszítávú, városi hidak esetében [29]. (Megjegyzendő, hogy már korábban is készültek tanulmányok a városi környezetben elhelyezkedő hidak forgalmi terheinek csökkentésére, hiszen már korábban is megfigyelték, hogy a Nemzeti Melléklet nagymértékben túlbecsüli a terheket városi környezetben [30].) A kutatást a stuttgarti városvezetés annak érdekében kezdeményezte, hogy felmérjék a nagy forgalmú autópályahidakra kalibrált LM1 modell mekkora mértékű túlméretezéshez vezet a tipikusan 5-35 m közötti fesztávú, legfeljebb két sávú városi hidaknál. A szerzők a németországi országos forgalmi mérések járműtípusonkénti tengelyterhelési, eloszlási és gyakorisági adatait használták fel, amelyek alapján sztochasztikus forgalmi modellezést, hatására elemzést és 1000 éves visszatérési idejű karakterisztikus hatások számítását végezték. A torlódási helyzeteket külön sztochasztikus modellel, Turkstra-féle eljárással kezelték.

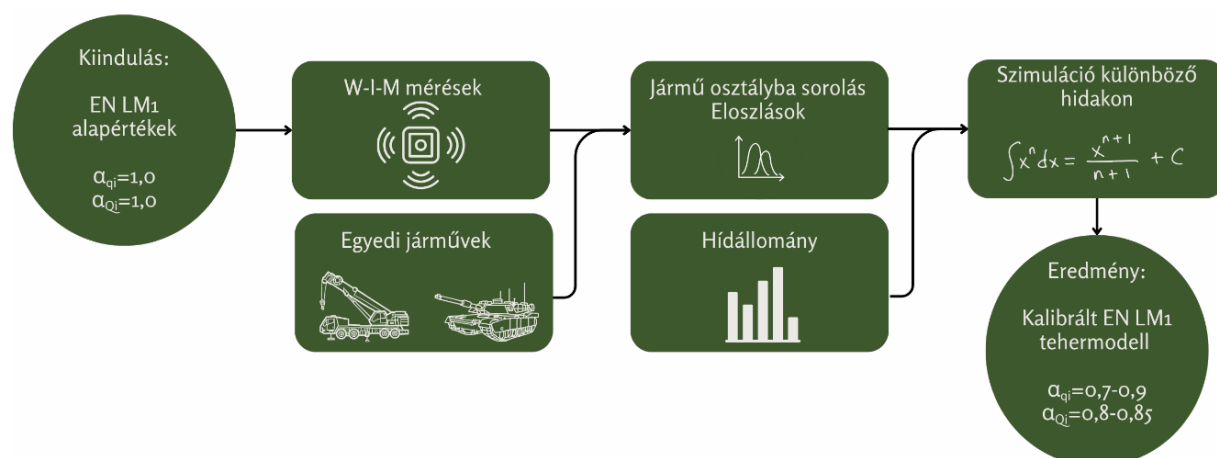
Eredményeik alapján az LM1 modell – különösen a német Nemzeti Melléklet α -tényezőit figyelembe véve – a vizsgált hidak esetében számottevően meghaladja a tényleges igénybevételi szinteket, ami indokolatlan biztonsági többletet és gazdaságtalan méretezést eredményez. A kalibráció azt mutatta, hogy a koncentrált járművet leíró α_Q tényező egységes 0,7 értékre csökkentése mellett a szerkezetek továbbra is teljesítik az Eurocode által előírt megbízhatósági követelményeket [29]. A tanulmány így egy olyan, kifejezetten városi hidakra optimalizált módosított terhelési szint alkalmazását javasolja, amely helyi szinten csökkentheti az új hidak túlzott méretezéséből adódó költségeket, miközben a szerkezeti biztonság azonos mértékű marad.

7. MÓDSZERTAN

A bemutatott külföldi példák alapján megállapítható, hogy Európa számos országában folyik kutatás-fejlesztés a hidakat érő hasznos teherintézet adat alapú meghatározására. Az is megállapítható, hogy egészen más megfontolásokat kell alkalmazni városi és országos (tranzit) hálózati elemeken. Jó egyezé-

mutatkozik a szabványos (alkalmazott) forgalmi terhelés meghatározására a különböző országokban, városokban. Az alábbiakban ezt a módszertant összegezzük és mutatjuk be az 5. ábrán:

- Az Eurocode bevezetésével a Nemzeti Mellékletek az alapértékeket rögzítették, így a méretezés a 2000-es években ezekkel az értékekkel történt. Ez a gyakorlatban azt jelentette, hogy a legtöbb ország az 1980-as években, Auxerre-ben (Franciaország) végzett mérésekből származó adatsor alapján határozta meg a forgalmi terhelést. Ezzel párhuzamosan azonban számos kutatási és adatgyűjtési program indult el, amelyek keretében megkezdődött a WIM-szenzoros adatgyűjtés.
- Mindenekelőtt a feladat körülhatárolása, a célkitűzés történik meg. A feladat tárgyi vagy térbeli? Mely úthálózatra, milyen híd típusokra, milyen forgalmi feltételezések mellett történjen a vizsgálat?
- WIM szenzoros mérés a közúthálózat (város vagy ország) reprezentatív pontjain adatfelvétel történik. A technológiai lehetőségek már meghaladták a 80-as éveket, így robosztusabb adatbázis hozható létre, mint az Eurocode kalibrációs Auxerre-i mérése.
- Az adatbázis ismeretében következő lépésként a mérési adatok szelektálása, csoportosítása történik meg a típusjárművek szerint. A legtöbb vizsgált és bemutatott szituációban a mérés kiegészül olyan járműterhelésekkel, amelyek adott esetben kimaradtak a mérési programból (pl. autódaru, katonai járművek), de gyakorlati megfontolások alapján előfordulhatnak. A tisztított és kiegészített adathalmazból végezhető el a statisztikai kiértékelés és az eloszlásfüggvény illesztése. A WIM adatokból sztochasztikus forgalmi modell készíthető a tengelyosztályok, sávváltások, követési távolságok valószínűségi modelljeinek definiálásával. Az 1000 éves visszatérési idő figyelembevételével meghatározható a teherintenzitás.
- A tehermodell megalkotásához statisztikai alapú feldolgozással történik az adott terület – országos vagy városi léptékű – közúti hídállományára vonatkozóan. A dominánsan kisnyílású hídszerkezeteket lefedő tehermodellnél a megoszló terhelés alapértéken tartása mellett célszerű a koncentrált teher módosítását előtérbe helyezni. Olyan területeken, ahol a nagynyílású hídszerkezetek dominálnak, a megoszló terhelés módosítása lehet célszerű. Az Eurocode tehermodelljei 200 m-es hídnyílásig alkalmazhatóak, e feletti hídnyílások esetén egyedi tehermodell megalkotása szükséges.
- A tehermodell kalibrációjához ($\alpha_{qi=1,...,n}$ és $\alpha_{Qi=1,...,n}$) különböző fesztávolságú hídmodelleken szimulációk végzendőek. Cél, hogy a mérési adatok alapján keltett igénybevételek minél jobb egyezést mutassanak a javasolt tehermodellel kapott igénybevétel-szintekkel.
- A forgalom sztochasztikus modellje és annak hatásai validálható in-situ mérésekkel, szükség esetén a teherszorozók finomíthatók. A szimulációkkal megfelelően kalibrált tehermodell alkalmas adott terület (ország, város vagy régió) méretezési hasznos terhének definiálásához.



5. ábra: Hidak forgalmi terheinek adat alapú meghatározása – módszertan folyamatábra.

A módszertanban két olyan jelentős stratégiai döntést kell meghozni, amely nagyban befolyásolja a végeredményt. Egyrészt, hogy milyen additív járműveket teszünk hozzá a mérési adatokhoz, másrészt pedig, hogy a vizsgált hídállományt hogyan határoljuk le.

8. ÖSSZEGZÉS

Jelen cikkben összefoglaltuk az Eurocode szerinti forgalmi tehermodellek kialakulását. A WIM technológia elterjedt alkalmazásával olyan adatgyűjtést lehet végezni, ami a valós forgalmi terhelésekről ad megbízható információt. Ezen adatok feldolgozásával lehetőség van az LM1 tehermodell α_{qi} és α_{Qi} osztályba sorolási tényezőinek kalibrálására. Számos városban, régióban és teljes országokra is elvégezték ezt a kalibrációt. A tanulmányban bemutattuk, hogy milyen módszerrel dolgoztak a különböző projekteken.

Az Eurocode és az azzal összhangban kidolgozott Ütügyi Műszaki Előírásban lehetőség lenne a cikkünkben ismertetett módszertan segítségével kalibrált közúti forgalmi tehermodell megalkotására. Mindemellett szükséges lenne az osztályba sorolás szempontrendszerét is megújítani, ugyanis az LM1 tehermodell és a valós közúti terhelés közötti összefüggés sokkal inkább függ a hídnyílás tartományától, mintsem az úthálózatban betöltött szerepétől.

Az Eurocode bevezetése előtt végzett mérések az akkori kor technológiai színvonalának megfelelően készültek. A jelenlegi, burkolatba épített súlymérési technológia lényegesen robosztusabb adatfelvételeket tesz lehetővé, így a tehermodell kalibráció is pontosabb lehet. Azokban az országokban, ahol az α -tényezőket mérési adatokon alapuló kalibrációval határozták meg és a Nemzeti Mellékletben rögzítették, a hidak méretezése az adott úthálózati kategóriába sorolás után lényegesen gazdaságosabban történhet. A forgalom alakulását és a közlekedési környezet változásait többféleképpen lehet követni. A finn megközelítés szerint a tehermodellek időszakos újrakalibrációja zajlik folyamatos WIM-mérések alapján, így nemcsak a fokozatos forgalomnövekedésből eredő terhelésváltozás követhető nyomon, hanem az olyan hirtelen, rendszerszintű változások is, mint például egy politikai döntéssel bevezetett, szigorúbb tengelyterhelési korlátozás, amely hirtelen átrendezi a járműflotta összetételét. A német megközelítés ezzel szemben a forgalmi trendek és járműkarakterisztikák extrapolációjára építette a jövőbeni terhelések becslését, amely bizonyos esetekben túlbecsléshez vezetett – ezt mutatja, hogy helyi kalibrációval (pl. Stuttgart) a ténylegesen fellépő terhelések jelentős mértékben csökkenthetők voltak.

Magyarországon jelenleg is kiterjedt mérőállomás-hálózat van, melyek adatai felhasználhatóak lennének a tehermodell pontos meghatározására. A MAÚT által létrehozott Hidak teljesítmény alapú méretezése 1. munkabizottságban ezt a projektet készítjük elő, hogy a fent ismertetett módszertan végigvitelével a magyarországi tehermodell is a valós forgalmi terhelésnek megfelelő lehessen.

Mindez nem csupán a tudományos megalapozottság miatt fontos, hanem a hídépítések gazdaságos megvalósítása és az anyagfelhasználás csökkentésére tett erőfeszítések érdekében is. A közeljövőben minél nagyobb hangsúlyt kell fektetnie az építésgazdaságnak a csökkentett CO₂ kibocsátással megvalósítható szerkezetépítésre. Ennek legkönnyebb formája az anyagmennyiségek korlátozása, melynek feltétele a valós igényeknek megfelelő tehermodellek kidolgozása.

Célszerű ennek a munkának az eredményeit az Eurocode 2. generációs szabványkiadás során a Nemzeti Melléklet kidolgozása során a Magyar Szabványügyi Testületnek is figyelembe vennie.

9. TÁMOGATÁS

Az Ütügyi Műszaki Szabályozási Bizottság döntésére, 2025 áprilisában új MAÚT-munkabizottság (Magyar Út- és Vasúti Társaság) alakult a közúti hidak hasznos teherszintjének meghatározásához kapcsolódóan. A készítendő szakmai háttéranyag célja a tényleges közúti forgalmon alapuló statisztikai teherszintből számítható közúti híd hasznos terhek elemzése, vizsgálva a Magyar Közút NZrt. (MK) mérlegelési adatsorainak használhatóságát az Európában alkalmazott példák tükrében. A bizottsági elemzés tervezett befejezési határideje 2026. április. A munkabizottságot Hajós Bence vezeti, tagok: Sitku László, dr. Kovács Tamás, dr. Boros Vazul, Kővári Ákos és Németh Gábor.

Jelen tanulmány a Hidak teljesítmény alapú méretezése 1. című MAÚT-munkabizottság kutatásához kapcsolódóan készült.

10. IRODALOMJEGYZÉK

- [1]: L. Sanpaolesi & P. Croce. 2005. Handbook 4 – Design of Bridges: Guide to Basis of Bridge Design Related to Eurocodes Supplemented by Practical Examples. In Leonardo da Vinci Pilot Project, no. CZ/02/B/F/PP-134007. Pisa, Italy, <https://eurocodes.jrc.ec.europa.eu/sites/default/files/2021-12/handbook4.pdf>
- [2]: CEN, EN 1991-2: Eurocode 1: Actions on structures - Part 2: Traffic loads on bridges. Brussels, Belgium, 2003.
- [3]: Farkas G., Kovács T., & Szalai K. 2010. Tartószerkezeti Eurocode-ok – Javaslat a hazai alkalmazás legfontosabb nemzeti paramétereire – 1. rész. Beton, 18(5) pp. 3–7.
- [4]: MAÚT, e-ÚT 07.01.12: Erőtani számítás. Közúti hidak tervezése (KHT) 2. Budapest, Hungary, 2011.
- [5]: Farkas G., Kovács T., & Szalai K. 2010. Tartószerkezeti Eurocode-ok – Javaslat a hazai alkalmazás legfontosabb nemzeti paramétereire – 2. rész. Beton, 18(6) pp. 10–14.
- [6]: R. Bartus, Á. Kővári, és G. Németh. 2023. Észrevételek és javaslatok a készülő új eUT 07.01.12 közúti hidak erőteni számítása Útügyi Műszaki Előíráshoz. Útügyi Lapok, 11(18) pp. 1–19. <https://doi.org/10.36246/UL.2023.2.01>
- [7]: U. Freundt, Szerk. 2011. Anpassung von DIN-Fachberichten „Brücken” an Eurocodes. In Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen B, Brücken- und Ingenieurbau, no. 77. Bremerhaven, Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft.
- [8]: D. Papastergiou & mtsai. 2025. Überprüfung bestehender Strassenbrücken mit einem aktualisierten Verkehrslastmodell. Bundesamt für Strassen ASTRA, Bern, Switzerland, ASTRA 82001, https://www.astra.admin.ch/dam/astra/de/dokumente/standards_fuer_nationalstrassen/astra_82001_ueberpruefungbestehenderstrassenbruecken2006.pdf.download.pdf/astra_82001d.pdf
- [9]: TRL Limited, A guide to axle load surveys and traffic counts for determining traffic loading on pavements. Transport Research Laboratory, Crowthorne, United Kingdom, 40.
- [10]: H. van Loo & A. Znidaric. 2021. Guide for Users of Weigh-In-Motion, 3rd Edition. International Society for Weigh-In-Motion (ISWIM).
- [11]: R. J. Woodward. 2001. Bridge Management in Europe – Deliverable D14 Final Report, D14, március 2001.
- [12]: Hajós B. 2025. WIM-méréstechnika rövid története, különös tekintettel a magyarországi alkalmazási lehetőségekre. Útügyi Lapok, 13(22) 12–24., 2025. <https://doi.org/10.36246/UL.2025.2.02>
- [13]: M. Nowak & O. Fischer. 2025. Refined Vehicle Classification for BWIM Traffic Data and the Effects on Traffic Load Modelling. IABSE Congress, Ghent 2025, The Essence of Structural Engineering for Society, Ghent, Belgium, pp. 2219–2227. <https://doi.org/10.2749/ghent.2025.2219>
- [14]: M. Soudijn, S. Van Rossum, & A. De Boer. 2021. Measuring heavy traffic with WIM-ROAD and WIM-BRIDGE systems in an urban environment. IABSE Congress, Ghent 2021, Structural Engineering for Future Societal Needs, Ghent, Belgium, pp. 331–340. <https://doi.org/10.2749/ghent.2021.0331>
- [15]: M. Sjaarda, T. Meystre, A. Nussbaumer, és M. A. Hirt, „A systematic approach to estimating traffic load effects on bridges using weigh-in-motion data”, Stahlbau, köt. 89, sz. 7, o. 585–598, júl. 2020, <https://doi.org/10.1002/stab.202000048>
- [16]: D. Skokandić, A. Žnidarič, A. Mandić Ivanković, & M. Kreslin. 2017. Application of Bridge Weigh-in-Motion measurements in assessment of existing road bridges. In Proceedings of the Joint COST TU1402 - COST TU1406 – IABSE WC1 Workshop, The Value of Structural Health Monitoring for the reliable Bridge Management, University of Zagreb Faculty of Civil Engineering, máj. 2017, pp. 4.6-1-4.6-8. <https://doi.org/10.5592/CO/BSHM2017.4.6>

- [17]: A. S. Nowak & P. Rakoczy. 2013. WIM-based live load for bridges. *KSCE Journal of Civil Engineering*, 17(3) pp. 568–574, ápr. 2013, <https://doi.org/10.1007/s12205-013-0602-8>
- [18]: S. Martinolli & mtsai. 2025. Quantification of hidden safety reserves between different highway traffic load models based on probabilistic calibration analysis. IABSE Congress, Ghent 2025, The Essence of Structural Engineering for Society, Ghent, Belgium, pp. 58–66. <https://doi.org/10.2749/ghent.2025.0058>
- [19]: A. Natali, A. Cosentino, F. Morelli, & W. Salvatore. 2023. Multilevel Approach for Management of Existing Bridges: Critical Analysis and Application of the Italian Guidelines with the New Operating Instructions. *Infrastructures*, 8(4) pp. 70, március 2023, <https://doi.org/10.3390/infrastructures8040070>
- [20]: S. Celati, A. Natali, & W. Salvatore. 2025. Traffic models for Italian provincial roads. IABSE Congress, Ghent 2025, The Essence of Structural Engineering for Society, Ghent, Belgium, pp. 366–374. <https://doi.org/10.2749/ghent.2025.0366>
- [21]: M. Nowak, O. Fischer, T. Tephö, & U. Willberg. 2023. Verkehrsmonitoring an einer Autobahnbrücke – Datenerfassung zur lokalen Verkehrscharakteristik als Grundlage für objektspezifische Verkehrslastmodelle. *Beton und Stahlbetonbau*, 118(9) pp. 636–648, szept. 2023, <https://doi.org/10.1002/best.202300043>
- [22]: O. Asp & A. Laaksonen. 2023. Traffic Load Model Calibration and Comparison to Evolving Traffic Loads In 2014–2018. *BJRBE*, 18(3) pp. 139–168. <https://doi.org/10.7250/bjrbe.2023-18.612>
- [23]: Finnish Transport Agency. 2018. Bridge WIM Overview Report – Year 2013–2017. Finnish Transport Agency, Engineering and Environment, Helsinki, Finland, Research report 29/2018.
- [24]: L. C. La Gasse, R. D. J. M. Steenbergen, & D. L. Allaix. 2019. Traffic load model for road bridges in the urban road network. *Heron*, 64(3) pp. 297–318.
- [25]: M. L. Soudijn, S. Van Rossum, & A. De Boer. 2023. Measuring heavy traffic using alternative systems in an urban environment. In *Life-Cycle of Structures and Infrastructure Systems*, 1. kiad., London, CRC Press, pp. 2873–2880. <https://doi.org/10.1201/9781003323020-349>
- [26]: A. Vervuurt, B. Cerar, L. La Gasse, R. Steenbergen, & A. De Boer. 2025. Traffic load model for the inner city of Amsterdam. IABSE Congress, Ghent 2025, The Essence of Structural Engineering for Society, Ghent, Belgium, pp. 2159–2166. <https://doi.org/10.2749/ghent.2025.2159>
- [27]: M. Soudijn, S. Van Rossum, F. Van Waarde, & A. De Boer. 2025. A reduced traffic load model for the inner city of Amsterdam. IABSE Congress, Ghent 2025, The Essence of Structural Engineering for Society, Ghent, Belgium, pp. 2247–2255. <https://doi.org/10.2749/ghent.2025.2247>
- [28]: L. Hellebrandt, C. B. M. Blom, & R. D. J. M. Steenbergen. 2014. Probabilistic traffic load model for short-span city bridges. *Heron*, 59(2/3) pp. 33–56.
- [29]: V. Boros, B. Novák, & U. Decker. 2015. Modifiziertes Verkehrslastmodell für kommunale Brückenbauwerke. *Beton und Stahlbetonbau*, 110(9) pp. 620–627. szept. 2015, <https://doi.org/10.1002/best.201500024>
- [30]: B. Novák, S. Brosge, K. Barthel, & W. Pfisterer. 2007. Anpassung des Verkehrslastmodells des DIN FB 101 für kommunale Brücken. *Beton und Stahlbetonbau*, 102(5) pp. 271–279. máj. 2007, <https://doi.org/10.1002/best.200700546>



A közúti teherforgalomban közlekedő járművek tényleges össztömeg mérési eredményei Magyarországon

Hajós Bence^{1,2}, Hajós Eszter Sára¹

¹: Első Lánchíd Bt.

²: Nemzeti Közzolgálati Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola

E-mail: elsolanchid@elsolanchid.hu

DOI: [10.36246/UL.2025.2.04](https://doi.org/10.36246/UL.2025.2.04)

KIVONAT

A tanulmány bemutatja a lehetséges közúti teherforgalmi súlyellenőrzés technológiáit. Részletes forrásadatokat közöl a hazai mérlegállomások mérési eredményeiről és azokat statisztikai szempontból elemzi. A közölt eredmények 5,5 millió tehergépkocsi mérési adatainak felhasználásával készültek. A rendelkezésre álló nagy adatbázis részletes elemzése és feldolgozása a tényleges forgalom jobb megismerésének alapjául szolgálhat, ideértve a közúti hidak hasznos teherszintjének pontosabb meghatározását is. A tanulmány javaslatot ad a szükséges jogszabályi módosításokra. A magyar mérési adatokat összevetettük más országok mérési adataival. Igazoltuk, hogy az itthon megmért járművek össztömege kisebb, amivel kisebb közúti terhelés adható meg a hidak tervezéséhez.

Kulcsszavak: híd, teherforgalom, tömeg mérés, adatfeldolgozás

ABSTRACT

This study presents possible technologies for road cargo weight control. It provides detailed source data on the measurement results of domestic weigh stations and analyses them from a statistical point of view. The results presented were compiled using measurement data from 4.5 million trucks. Detailed analysis and processing of the large database available can serve as a basis for a better understanding of actual traffic, including a more accurate determination of the useful load level of road bridges. The study proposes the necessary modifications to legislation. We compared the Hungarian measurement data with that of other countries. We confirmed that the total weight of vehicles measured in Hungary is lower, which means that lower file loads can be specified for bridge design.

Keywords: bridge, heavy goods traffic, weight measurement, data analysis

Hajós Bence

Okleveles építőmérnök, okleveles mérnöktanár. Hídszakértő, hídtervező. Korábban az állami közútkezelő hidász-mérnöke volt. Elsődleges szakterülete a hídvizsgálat, hidak teherbírás vizsgálata. Év hidásza (2012).

Hajós Eszter Sára

Fizikus BSc, Debreceni Egyetem, fizikus MSc hallgató.

1. BEVEZETŐ

Az Útügyi Műszaki Szabályozási Bizottság döntésére, 2025 áprilisában új MAÚT-munkabizottság (Magyar Út- és Vasútügyi Társaság) alakult a közúti hidak hasznos teherszintjének meghatározásához kapcsolódóan. A készítendő szakmai háttéranyag célja a tényleges közúti forgalmon alapuló statisztikai teherszintből számítható, közúti híd hasznos terhek elemzése, vizsgálva a Magyar Közút Nzt. (MK) mérlegelési adatsorainak használhatóságát az Európában alkalmazott példák tükrében. A bizottsági elemzés tervezett befejezési határideje 2026. április. A munkabizottságot Hajós Bence vezeti, tagok: Sitku László, dr. Kovács Tamás, dr. Boros Vazul, Kővári Ákos és Németh Gábor. Jelen tanulmány a munkabizottság tevékenységéhez kapcsolódóan készült.

Az Eurocode közúti híd hasznos teherszintjeit 1977 és 1988 között végzett teherforgalmi mérések alapján határozták meg [1]. Napjainkban folyamatban van a közúti hidak tervezésére vonatkozó Útügyi Műszaki Előírások (ÚME) megújítása, amiben sarkalatos kérdés a hasznos teher intenzitása. Az előírástervezet szerzői a teherforgalmi terhelés növekedésére tekintettel a korábbi teherszint emelésére tettek javaslatot [2]. A még nem hatályos e-UT 07.01.12 jelzetű, Közúti hidak tervezése (KHT 2.) Erőtani számítás című előírástervezethez a Németországi szabályozást vették mintául.

A tervezet készítésének időszakában publikált tanulmányban [3] javaslatot tettünk a rendelkezésre álló magyar teherforgalmi adatok, ténylegesen előforduló forgalmi terhelések elemzésére, ellenőrzésére és ezen adatok felhasználására a hasznos teherszint meghatározása során. Ebben figyelemfelhívásul és egyúttal példaként közöltük a 42 sz. főút Ártánd határállomáson üzemelő, az országhatáron ki- és belépő irányú teherforgalmi mérlegállomás 2018-2022. évi jármű mérlegelések összesített adatait, elemelve az egymást követő járművek esetleges torlódásakor adódó együttes terhelést is.

A 2023-ban megjelent tanulmány a tényleges közúti forgalmon alapuló statisztikai teherszint meghatározással foglalkozó MAÚT-munkabizottság felállításának katalizátora volt. Jelen cikk tartalmazza a magyarországi teherforgalmi terhelésmérések áttekintését és az adatok részletesebb forrásközlését és elemzését, kiegészítve 2024. évi adatokkal.

A hidak forgalmi terhelésének két legfontosabb értéke a forgalomnagyság (járművek száma) és a mértékadó intenzitás (egy jármű teherszintje). A járművek számának növekedése (forgalomfejlődés) korunkban jelentős [2] a terhelés ismétlésszáma hidak esetében a fáradás szempontjából mértékadó, utak esetében pedig alapvetően meghatározó. A forgalomnagyság (több jármű) azonban a közlekedő járművek össztömegének karakterisztikus értékét érdemben nem befolyásolja.

2. A KÖZÚTI TEHERFORGALOM SÚLYMÉRÉSE MAGYARORSZÁGON

2.1. LEHETSÉGES MÉRÉSTECHNIKÁK

A közúti forgalom súlymérésére két lehetséges módszer használatos: a jármű megállítását és mérőhelyre terelését igénylő egyedi jármű mérlegelés és az útburkolatba épített, megállítás nélküli mérést biztosító érzékelőkkel és adott esetben kamerákkal végzett dinamikus (gyors) mérés.

Az egyedi mérés technológiája évtizedek óta bevett gyakorlat Magyarországon. Az egyedi mérlegelés lehet egyetlen tengelyre korlátozott (tengelysúly mérés) és egész járműre vonatkozó (hídmérleg). Ez utóbbi méréshez állandó jellegűre megépített mérlegállomás szükséges, aminek jellemzően része a szintén telepített, de egyetlen tengelyt mérő mérlegrész is. Csak tengelysúly mérés lehetséges állandó jellegű mérőállomás nélkül is, mobil mérőkocsiba telepített eszközökkel és megfelelő (szabványos) burkolatra kihelyezett mérőszőnyegekkel, amelyek egy-egy tengely mérésére alkalmasak. Az egyedi mérések legfőbb hátránya a költséges mérőállomás létesítése és üzemeltetése, az ebből fakadó, esetleges elkerülhetőség, viszont legnagyobb előnye a szabatos, technológiailag optimálisan elérhető legpontosabb mérési eredmény.

A mozgás közben végzett súlymérést a nemzetközi szakirodalomban a WIM (Weigh-in-Motion) rövidítéssel jelölik. A gyors, nagy mennyiségű mérést biztosító technológia pár évtizedes múltra tekint

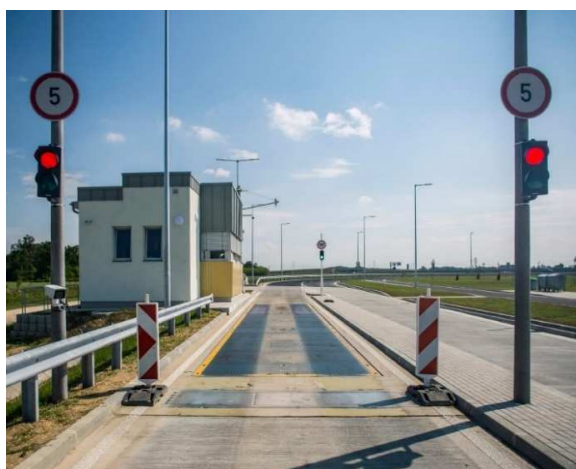
vissza és napjainkban is rohamosan fejlődik az ehhez alkalmazott méréstechnika. A burkolatba épített szenzor méri a felette áthaladó tengely terhelését (adott esetben sebességét) és a mérőhely részét képező kamerák határozzák meg a jármű egyéb paramétereit (sebesség, geometria, járműosztály stb.). A mért adatok együttes feldolgozásával nyerhető ki az áthaladt jármű tengelyképlete, tengelytávolsága, tengelyterhelése és össztömege.

Mindkét méréstechnika sarkalatos pontja a kalibrálás. A telepített mérlegek ellenőrzése azonos a hagyományos mérlegek hitelesítési folyamatához. A WIM mérőhelyek hitelesítését telepített mérlegeken ellenőrzött, különböző terhelésű és tengely-elrendezésű ismert járművekkel végzett mérési sorozatokkal végzik. A mérés elérhető pontossága jelentősen függ a beépített szenzorok minőségétől és az alkalmazott kiértékelő program pontosságától. Ezért igen különböző pontosságú (megbízhatóságú) WIM-rendszerű mérőhelyeket találunk akár Magyarországon, akár más országokban.

Gyakran a kétféle mérési módszert ötvözik egymással: A telepített mérőállomás előtt a teherforgalmat WIM méréstechnikával előszűrik, hogy kiválogassák azokat a járműveket, amelyeket mérésre kiterelnek. Így a bizonyosan kis terhelésű, súlyellenőrzés szempontjából nem érdekes járműveket nem kell megállítani, s a nagyobb időigényű egyedi mérésre csak a nehéz, vagy egyéb okból kérdéses járműveket gyűjtik ki. Ilyen esetben természetesen elegendő, ha a WIM mérés pontossága kisebb, mert a következményekkel, adott esetben szankciókkal járó mérési adatokat a fix telepítésű egyedi mérésből nyerik.

2.2. MÉRÉST VÉGZŐ TÁRSASÁGOK MAGYARORSZÁGON

Magyarországon jelenleg három társaság végez jelentős számú súlymérést a közúti teherforgalomban. Időrendben legrégebben üzemelő mérőállomás-hálózat a Magyar Közút Nonprofit Zrt. kezelésében üzemel (1974 óta). Jelenleg 23 mérlegállomás üzemel az országhatáron és annak közelében (1-2. ábra).



1. ábra (balra): Tengelysúly- és össztömegmérleg (Vámoscsalád pihenő) [1].

2. ábra (jobbra): Mérőállomás látképe (Vámoscsalád pihenő) [2].

Az M5 autópályán a szelvényezés szerinti bal oldalon, a Budapest felé haladó teherforgalom mérésére 2007-ben építettek mérőállomást, amelyet az AKA Alföld Koncessziós Autópálya Zrt. üzemeltet.

2018-ban kezdte meg a működését a harmadik mérési rendszer, a Nemzeti Tengelysúlymérő Rendszer (TSM), közvetlenül a szakági minisztérium felügyelete alatt. Az országos lefedettségű hálózatban 89 mérési helyet építettek.

A Magyar Közút Nonprofit Zrt. és az AKA Alföld Koncessziós Autópálya Zrt. mérésének alapja egyedi mérlegelés telepített mérőállomáson, a WIM technológiát csak előszűrésre használják. A TSM rendszerben kizárólag WIM technológián alapuló mérés van.

Az alábbi fejezetekben részletesen bemutatjuk a három társaság mérési eredményeit.

3. MAGYAR KÖZÚT NONPROFIT ZRT. MÉRÉSEI

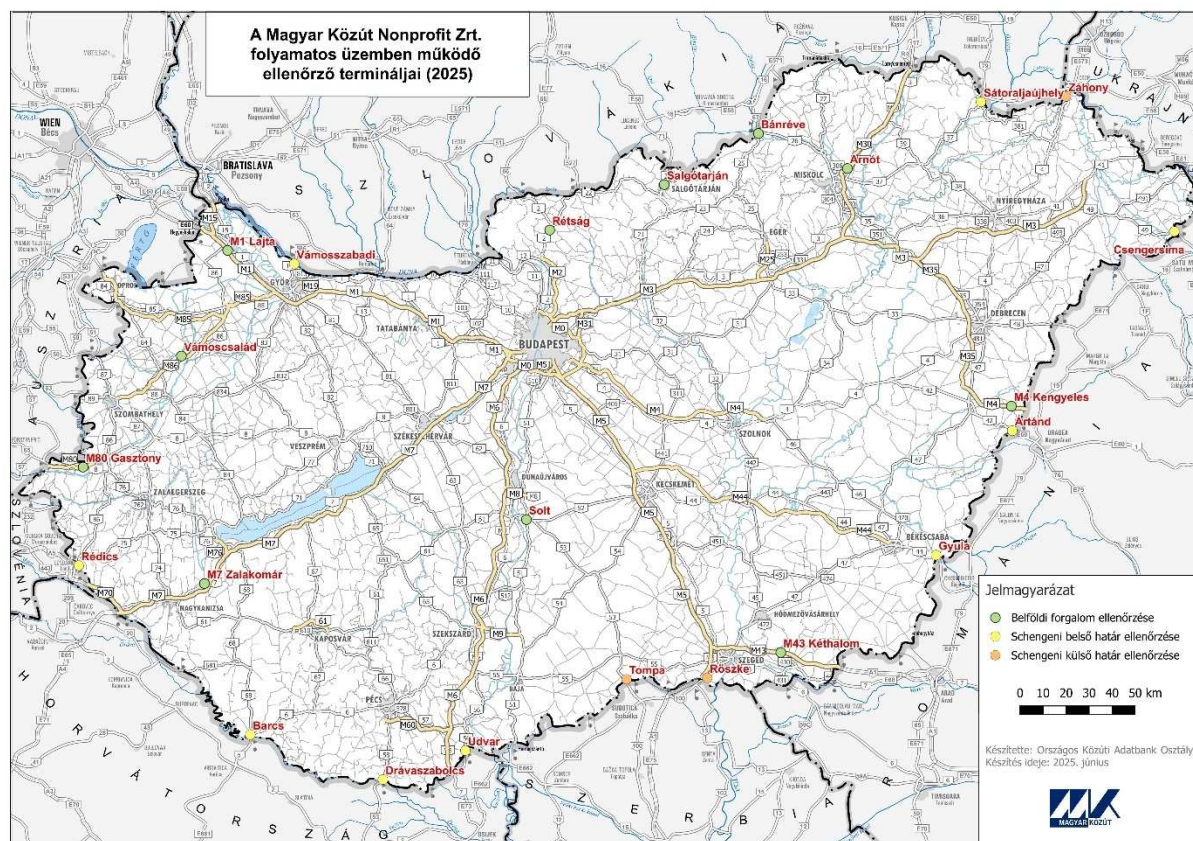
3.1. MÉRŐHÁLÓZAT ISMERTETÉSE

Magyarországon a határátkelőkön áthaladó tehergépjármű forgalom hiteles mérésének igen nagy múltja van. Az első hivatalos ellenőrzést 1974-ben (!) végezték a gyulai határátkelőn. Évtizedek során a rendszer folyamatosan bővült és a határállomásokra telepített mérlegállomások az egyik leghatásosabb úthálózatvédelmi eszköznek bizonyultak. Az 1990-es években tapasztalt ugrásszerű forgalomnövekedés ellenőrzésére előbb az összes belépő forgalmi irányban, majd 2002-re kilépő irányokban is teljessé vált a határállomásokon a mérlegelés, azaz tranzitforgalom vonatkozásában zárt rendszer alakult ki, hatékonyan kiszűrve a szabálytalan járműveket. [4]

A Schengeni-övezethez való csatlakozás jegyében 2007-től a belső határokon a mérlegállomások megszűntek, helyettük mélységi mérőállomások épültek. A Schengeni külső határokon mind a belépő, mind a kilépő teherforgalom mérlegelése folyamatos és minden teherforgalomra megnyitott határátkelőhelyre kiterjed. A határállomások mérlegállomásainak hitelesített mérési adatai évtizedekre visszamenően tartalmazzák az áthaladt járművek tengelysúly, tengelytáv és egyéb adatait, sokmillió mérésszámban (kb. 4 millió mérés évente). A telepített mérlegállomások előnye, hogy nemcsak pontszerű mintavételt adnak, hanem hálózatot alkotnak. A mérlegállomások adatai rendszeresen hitelesített mérlegekkel végzett szabatos mérésekből származnak. [4]

A közútkezelő mérőállomás-hálózatának hátránya, hogy az ország középső részén csak egy mérési hely van, ugyanakkor előnye a legnagyobb mérési múlt, emiatt a leggazdagabb adattörténet.

Jelenleg 23 mérőállomás üzemel (3. ábra). Ezek között találunk kötelező mérlegelést végző állomásokat (pl. Záhony). Ebben az esetben az adott mérlegállomáson minden tehergépjárművet szabatos mérlegelésnek vetnek alá, függetlenül annak rakottságától, így az üres járműveket és kistehergépkocsikat is. (Egyedüli kivétel az olyan egyedi engedéllyel közlekedő túlsúlyos-túlméretes szállítmányok, amelyek fizikai méretük miatt nem mérlegelhetők a telepített állomáson.) A



3. ábra: A Magyar Közút Nonprofit Zrt. mérlegállomásai (Magyar Közút Nonprofit Zrt.).

mérőállomások között van WIM előszűrővel kombinált mérőhely is. Ezeknél önkéntes alapon is van lehetőség hiteles súlyellenőrzésre. A mérőhelyeket térképvázlaton szemlélteti az 3. ábra.

Egy korábbi tanulmányban egyetlen mérési hely, az ártándi határállomáson üzemelő ki- és belépő irányú adatokat dolgoztuk fel 2018-2022 közötti öt esztendőre vonatkozóan [3].

Jelen bővített elemzéshez az ártándi mérőhely mellé a Közútkezelővel folytatott konzultáció alapján három további, nagyobb forgalmú mérési helyet választottunk ki, mindegyik mérési pontban a 2024. teljes esztendő adatsorát vizsgálva.

Az ártándi mérőhely, magyar-román tranzit állomás mellé választottuk a szintén romániai irányú forgalmat mérő, M43 autópályán létesített Kéthalom állomást, valamint az M4 autópálya határmetszéspontja előtt található Kengyeles mérőállomást. A nyugati irányú tranzitot reprezentáló, M1 autópályára telepített, belső forgalmi méréseket végző Lajta mérőállomás lett a kiválasztott negyedik mérőpont. Mind a négy mérőállomásnál irányonként elkülönített mérést végeznek, így az adatokat ennek megfelelően adtuk meg.

3.2. MÉRÉSI ADATOK (MK)

A Közútkezelő elemzésünkhöz rendelkezésünkre bocsátotta a mérési adatsorokat, amelyek tartalmazták a mérések időbélyegét, a mért össztömeget és a tengelysúlyokat is. A korábbi tanulmánnyal [3] azonos metodika alapján először előszűrést végeztünk a mérési adatokban, leválasztva a 10 tonna össztömeg alatti járműveket és a 60 tonna feletti járműveket.

A kis tömegű járművek szűrésével a biztonság javára torzítottuk a statisztikát. A 10 tonnás lehatárolással lényegében leválasztottuk a kistehergépjárműveket és a teherforgalom egy részét is (üres járművek). A 60 tonna feletti járművek darabszáma nem jelentős, továbbá ezek bizonyosan egyedi mérlegelés alapján külön engedéllyel közlekednek, a nemzetközi tapasztalat alapján a normál tehergépkocsik ilyen mértékű túlterhelése nem reális. Ezek leválasztásával elkerülhetjük a statisztikai feldolgozás torzulását.

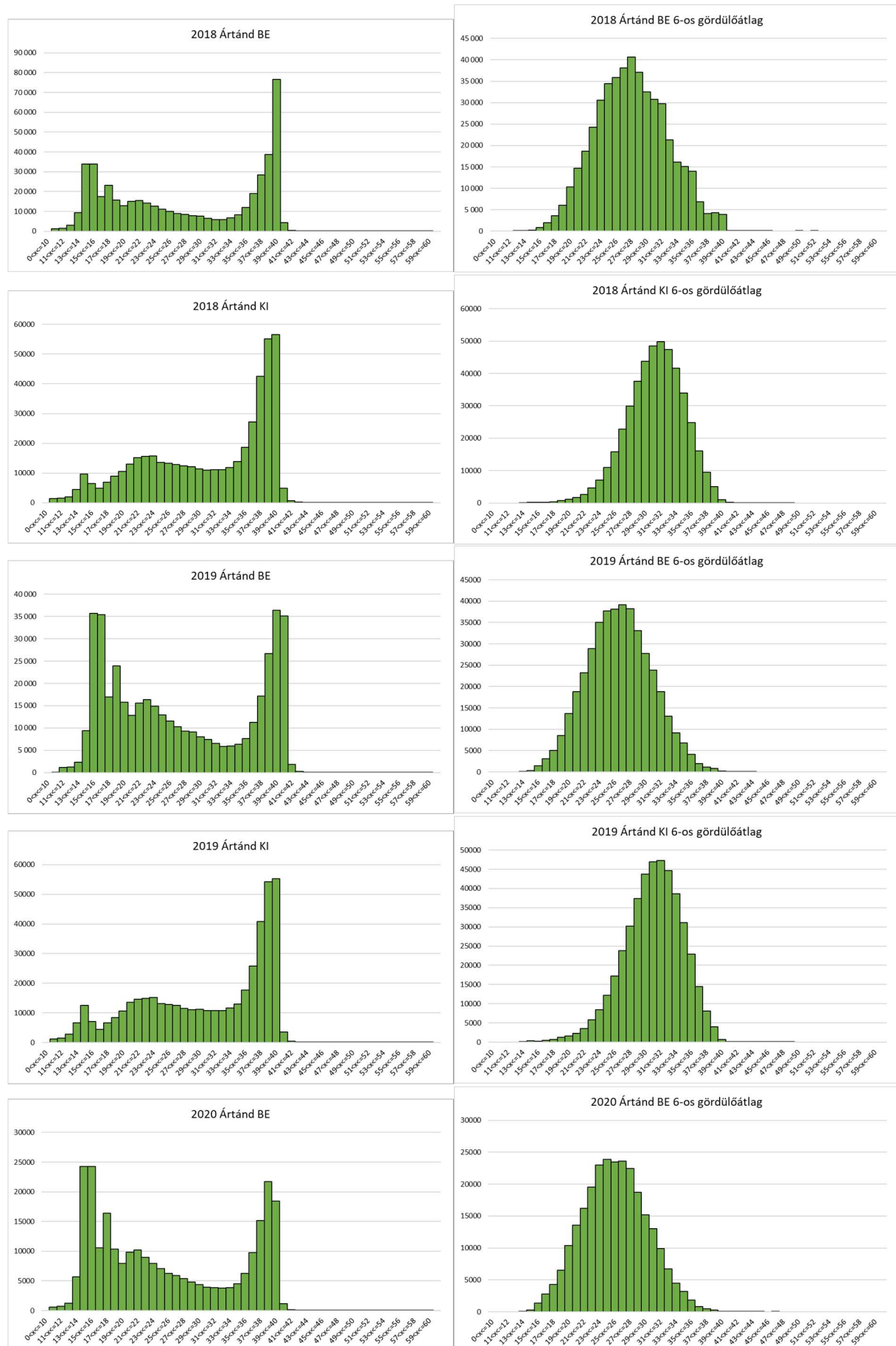
A mérési adatokból diszkrét eloszlásfüggvényeket, hisztogramokat készítettünk. A hisztogram egyes osztályait 1 tonna össztömegenként vettük fel (lásd 5-8. ábrák bal oldali grafikonjait). A további tudományos feldolgozás lehetősége érdekében az össztömeg hisztogramok értékeit megadtuk numerikusan is (1-2. táblázat).

Összesen 4 539 616 db tehergépjármű mérési adatát dolgoztuk fel a Magyar Közút Nonprofit Zrt. adatbázisából. Ebből 4 235 669 db mérés származik Ártándról (93%), ami igazolja, hogy – helyesen – ezt a nagy forgalmú mérőállomást elemeztük az első [3] tanulmányban. A többi mérőállomáson az előszűrő WIM mérés miatt az adott úton elhaladó járművek csak egy részének végzik el a mérlegelést.

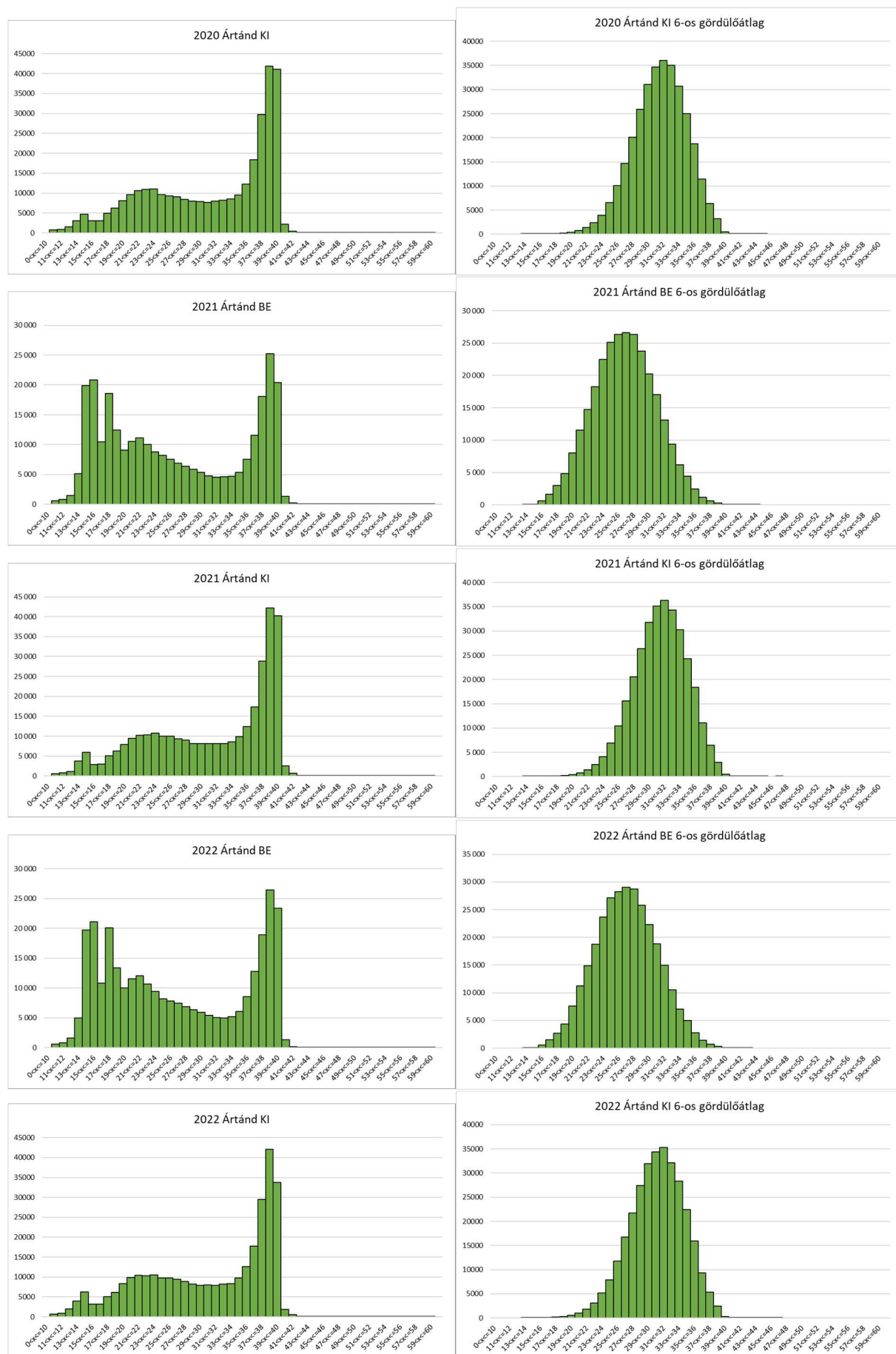
A kétféle módszerrel működő mérőállomás emiatt eltérő hisztogramokat eredményez. Míg az ártándi állomás hisztogramjának bal oldala (könnyű járművek) széles és található itt egy kisebb csúcs is (könnyű és kvázi üres járművek), addig a többi állomásnál (Kéthalom, Kengyeles, Lajta) a grafikon bal oldala lényegében hiányzik, vagy rendkívül lapos. Ennek az az oka, hogy az ide tartozó (könnyű) járműveket a mérési rendszer csak akkor tereli ki megállításhoz egyedi mérlegelésre, ha az előszűrés nem lehetett szabatos (pl. nem tartották be a követési távolságot). (Továbbá az előszűrés mellett önkéntes mérés is lehetséges.)

A járművek egyedi terheléséből képzett össztömeg hisztogramok mellett elkészítettük a tényleges mérési időrendi sornak megfelelően mozgóátlaggal képzett egymást követő 6 db jármű átlagtömegének hisztogramját is. Ennek célja az volt, hogy egy hosszabb hídon, hosszú hatására tartományhoz becsülni lehessen, mekkora átlagos terhelést okoz a véletlenszerű járműsor a tényleges mérések tükrében.

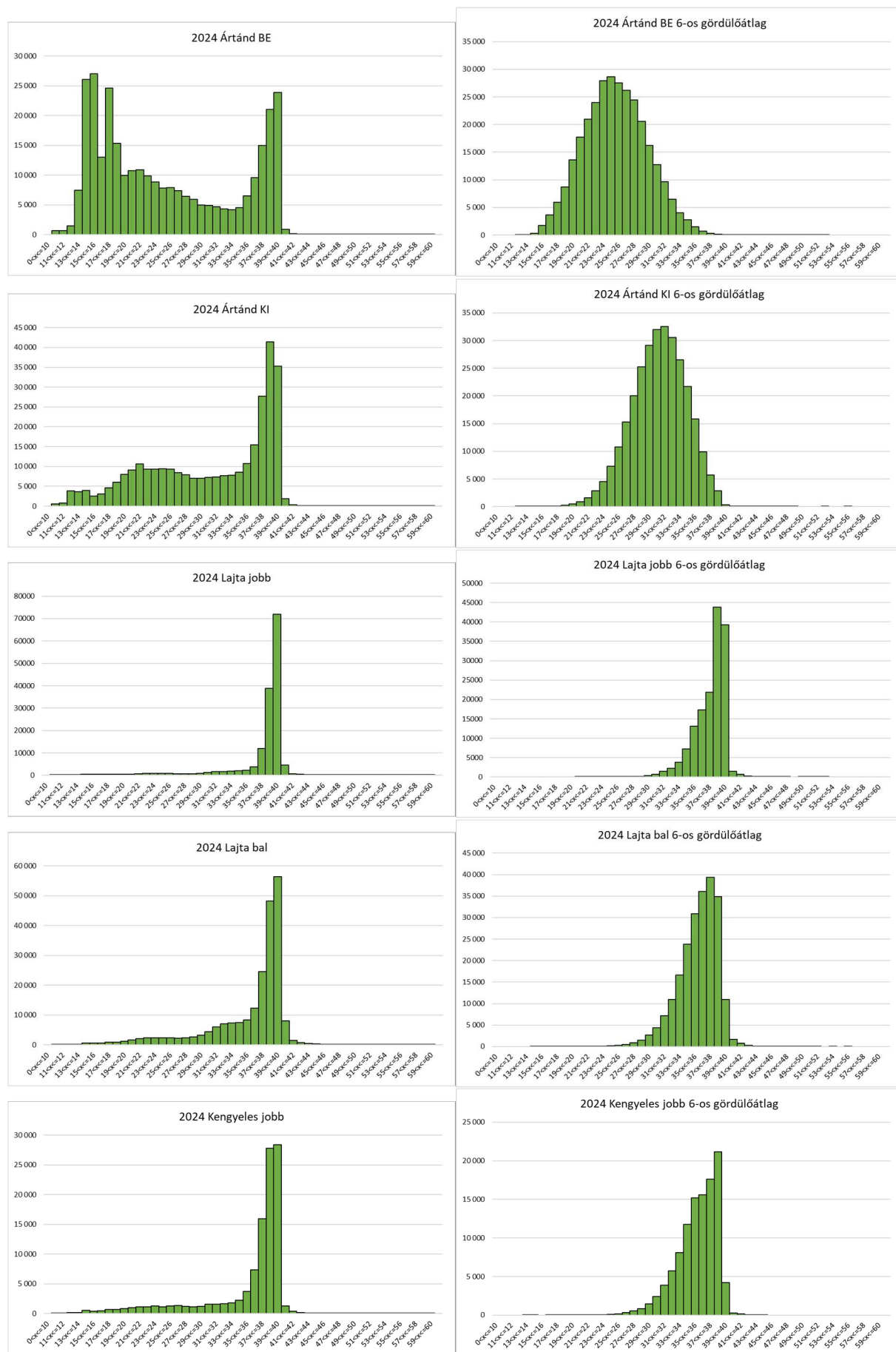
Előszűrés nélküli teherforgalom esetén a járműsor átlagtömegének hisztogramját szimmetrikus normális eloszlással közelíthetjük (lásd 4-6. ábra: Ártánd mérőállomás jobb oldali grafikonok). Előszűrés melletti állomásoknál (Kéthalom, Kengyeles, Lajta) ezek a járműsorok átlagtömegének hisztogramjai pedig lognormális eloszlással közelíthetjük (7. ábra jobb oldali grafikonok).



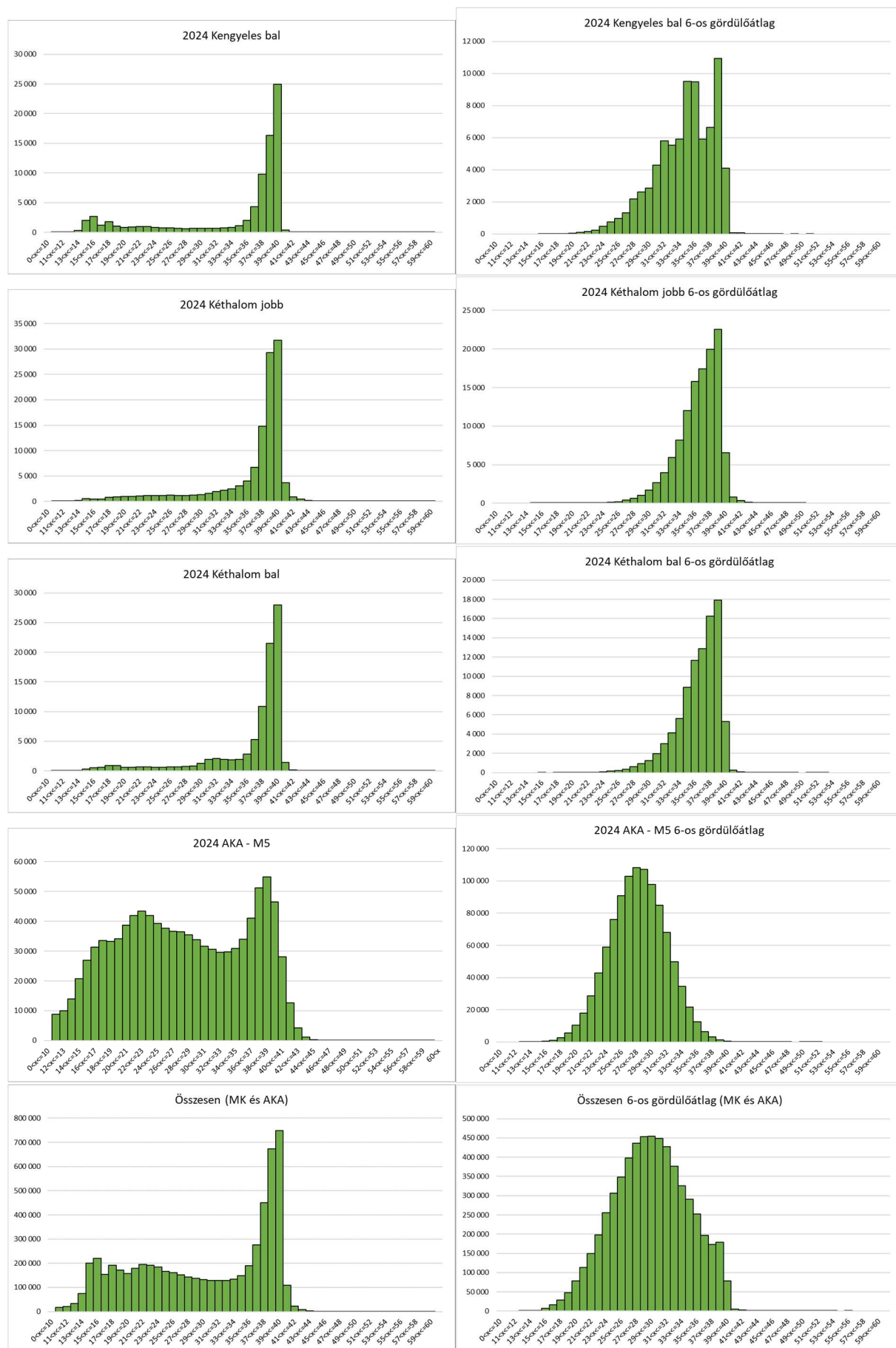
4. ábra: A Magyar Közút Nonprofit Zrt. méréseinek összteség hisztogramjai (2018-2020).



5. ábra: A Magyar Közút Nonprofit Zrt. méréseinek összteség hisztogramjai (2020-2022).



6. ábra: A Magyar Közút Nonprofit Zrt. méréseinek össztlömeg hisztogramjai (2024).



7. ábra: A Magyar Közút Nonprofit Zrt. és AKA Zrt. méréseinek össztömeg hisztogramjai (2024).

1. táblázat: Mért tehergépjármű darabszámok összteszeg függvényében mérési helyenként 2018-2022.

	2018 Ártánd BE		2018 Ártánd KI		2019 Ártánd BE		2019 Ártánd KI		2020 Ártánd BE		2020 Ártánd KI		2021 Ártánd BE		2021 Ártánd KI		2022 Ártánd BE		2022 Ártánd KI	
	egyedi járművek	6-os gördülőáttag	egyedi járművek	6-os gördülőáttag	egyedi járművek	6-os gördülőáttag	egyedi járművek	6-os gördülőáttag	egyedi járművek	6-os gördülőáttag	egyedi járművek	6-os gördülőáttag	egyedi járművek	6-os gördülőáttag	egyedi járművek	6-os gördülőáttag	egyedi járművek	6-os gördülőáttag	egyedi járművek	6-os gördülőáttag
0<x<=10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10<x<=11	1245	0	1390	0	18	0	1243	0	555	0	766	0	593	0	627	0	583	0	651	0
11<x<=12	1412	0	1529	0	1156	0	1559	0	732	0	850	0	805	0	850	0	847	0	850	0
12<x<=13	2946	3	2034	0	1223	0	2748	0	1205	0	1480	0	1503	0	1170	0	1592	0	1991	0
13<x<=14	9411	26	4442	39	2365	28	6572	52	5665	8	3022	5	5130	6	3716	3	4955	3	3992	3
14<x<=15	33894	214	9625	226	9380	320	12570	302	24243	296	4667	23	19914	125	5995	22	19733	99	6285	20
15<x<=16	33930	884	6526	176	35704	1430	7106	277	24248	1343	3093	36	20847	650	2856	30	21124	524	3206	46
16<x<=17	17555	1951	4852	238	35415	3065	4487	398	10566	2756	3046	67	10475	1678	2945	55	10836	1538	3192	69
17<x<=18	23138	3546	6913	387	16932	5059	6698	645	16410	4244	4938	117	18569	3012	5039	136	20101	2677	5032	150
18<x<=19	15766	6078	8972	811	23951	8501	8430	1261	10325	6515	6232	254	12460	4853	6319	228	13374	4334	6156	318
19<x<=20	12764	10352	10600	1088	15813	13634	10569	1579	7964	10346	8145	394	9056	8002	7876	388	9975	7628	8298	564
20<x<=21	15020	14686	12923	1643	12808	18793	13614	2289	9815	13559	9614	761	10525	11538	9410	742	11533	11256	9893	1035
21<x<=22	15561	18704	15140	2683	15608	23236	14667	3574	10187	16180	10629	1397	11104	14727	10227	1376	12066	14879	10371	1781
22<x<=23	14199	24226	15596	4595	16366	28869	14856	5758	8997	19498	10939	2421	10011	18291	10370	2462	10663	18731	10260	3077
23<x<=24	12666	30621	15698	7063	14871	35054	15207	8411	7941	22992	11035	3945	8763	22498	10773	4150	9415	23635	10535	5207
24<x<=25	11165	34428	13590	10962	12950	37758	13142	12178	7047	23879	9662	6507	8213	25124	10035	6870	8218	27110	9809	7868
25<x<=26	10062	35878	13328	15857	11519	38088	12789	17231	6279	23443	9293	10035	7548	26369	9975	10482	7800	28214	9794	11803
26<x<=27	8985	38136	12922	22798	10277	39118	12518	23784	5916	23570	9041	14698	6903	26587	9404	15609	7454	29025	9407	16762
27<x<=28	8364	40636	12472	29880	9299	38199	11474	30231	5404	22436	8378	20105	6358	26364	9016	20540	6866	28700	8863	21673
28<x<=29	7733	37138	12144	37630	9074	33055	11088	37354	4837	18704	8002	25877	5843	23786	8152	26384	6331	25815	8239	27419
29<x<=30	7508	32543	11432	43755	7971	27728	11190	43769	4376	15186	7848	31013	5373	20212	8093	31792	5932	22316	7917	31958
30<x<=31	6528	30749	10899	48469	7450	23818	10794	46949	3951	13035	7649	34639	4768	17057	8154	35151	5396	18803	7993	34345
31<x<=32	5935	29778	11171	49817	6589	18826	10795	47264	3879	9917	8011	35996	4583	13131	8196	36310	5057	14940	7895	35291
32<x<=33	5919	21332	11064	47364	5860	13050	10727	44688	3807	6723	8162	35019	4644	9407	8172	34305	4980	10492	8269	32109
33<x<=34	6711	16092	11861	41631	5973	9152	11647	38672	3873	4506	8530	30670	4666	6219	8547	30246	5170	7043	8308	28284
34<x<=35	8229	15073	13841	33911	6393	6748	12990	31085	4554	3209	9530	25013	5387	4467	9951	24243	6092	4986	9755	22455
35<x<=36	11949	13998	18588	24768	7668	4140	17669	22848	6290	1819	12274	18744	7519	2499	12395	18383	8576	2781	12640	15894
36<x<=37	18975	6812	27188	16085	11262	1980	25771	14485	9755	796	18375	11465	11574	1198	17302	11031	12782	1392	17790	9369
37<x<=38	28409	4139	42517	9418	17164	1112	40776	8097	15191	468	29786	6370	18029	607	28865	6456	18949	715	29420	5319
38<x<=39	38643	4356	55079	4997	26630	779	54161	4030	21706	266	41930	3161	25252	317	42217	2946	26417	313	42041	2436
39<x<=40	76523	3860	56530	1022	36396	183	55202	701	18469	75	41154	461	20371	39	40199	505	23389	58	33698	327
40<x<=41	4248	48	4852	154	35081	11	3488	82	1199	48	2154	53	1337	4	2565	44	1294	3	1890	78
41<x<=42	279	15	647	68	1850	11	527	16	177	33	437	31	235	4	735	13	176	3	520	20
42<x<=43	120	4	246	30	244	1	200	7	87	31	140	9	91	1	200	10	62	1	117	6
43<x<=44	76	5	150	15	103	1	117	10	52	18	84	3	46	1	88	5	45	0	93	4
44<x<=45	64	3	92	6	45	0	81	4	25	8	49	4	15	0	68	1	36	0	56	2
45<x<=46	54	2	86	8	42	0	69	3	16	0	41	0	21	0	54	0	30	0	48	1
46<x<=47	43	0	69	5	43	0	71	2	20	1	42	0	36	0	48	2	9	0	50	1
47<x<=48	42	0	84	6	31	0	53	1	22	0	22	0	26	0	45	0	17	0	53	0
48<x<=49	29	0	52	1	28	0	40	3	16	0	23	0	40	0	22	0	24	0	42	0
49<x<=50	24	1	55	0	22	0	41	0	14	0	25	0	14	0	37	0	12	0	37	0
50<x<=51	27	0	40	0	22	0	41	0	15	0	20	0	18	0	34	0	21	0	44	0
51<x<=52	19	1	51	0	19	0	33	0	7	0	24	0	13	0	16	0	9	0	31	0
52<x<=53	35	0	46	0	14	0	29	0	9	0	25	0	22	0	21	0	11	0	34	0
53<x<=54	18	0	38	0	33	0	22	0	10	0	15	0	14	0	16	0	9	0	24	0
54<x<=55	12	0	35	0	16	0	28	0	4	0	21	0	9	0	29	0	6	0	21	0
55<x<=56	19	0	54	0	8	0	27	0	10	0	17	0	8	0	23	0	6	0	30	0
56<x<=57	10	0	42	0	15	0	25	0	11	0	15	0	11	0	12	0	3	0	15	0
57<x<=58	9	0	32	0	21	0	26	0	14	0	20	0	13	0	19	0	5	0	7	0
58<x<=59	13	0	23	0	11	0	25	0	4	0	11	0	5	0	20	0	9	0	13	0
59<x<=60	18	0	27	0	7	0	20	0	2	0	22	0	9	0	13	0	9	0	14	0
60<x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

2. táblázat: Mért tehergépjármű darabszámok össztömeg függvényében mérési helyenként 2024.

	2024 Ártánd BE		2024 Ártánd KI		2024 Lajta jobb		2024 Lajta bal		2024 Kengyeles jobb		2024 Kengyeles bal		2024 Kéthalom jobb		2024 Kéthalom bal		2024 AKA – M5		Összesen	
	egyedi járművek	6-os gördülőátlag	egyedi járművek	6-os gördülőátlag	egyedi járművek	6-os gördülőátlag	egyedi járművek	6-os gördülőátlag	egyedi járművek	6-os gördülőátlag	egyedi járművek	6-os gördülőátlag	egyedi járművek	6-os gördülőátlag	egyedi járművek	6-os gördülőátlag	egyedi járművek	6-os gördülőátlag	egyedi járművek	6-os gördülőátlag
0<x<=10	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0
10<x<=11	664	0	557	0	46	0	107	0	33	0	30	0	98	0	24	0	8 849	0	18 079	0
11<x<=12	668	0	739	0	40	0	134	0	45	0	35	0	106	0	16	0	8 548	0	20 921	0
12<x<=13	1 475	1	3 853	1	57	0	138	0	169	0	81	0	117	0	32	0	10 058	1	33 872	6
13<x<=14	7 426	15	3 618	3	80	0	249	0	146	1	272	0	256	0	92	0	13 905	13	75 314	205
14<x<=15	26 094	333	3 931	15	373	0	607	1	537	1	1 998	0	563	2	331	0	20 670	95	201 410	2 094
15<x<=16	27 032	1 784	2 540	28	497	0	629	1	346	0	2 670	1	449	1	534	1	26 980	384	220 317	7 596
16<x<=17	12 980	3 664	3 040	51	490	0	592	1	481	4	1 223	7	483	3	623	0	31 401	1 152	154 682	16 697
17<x<=18	24 619	5 971	4 645	95	547	0	918	1	645	8	1 791	17	798	2	931	1	33 492	2 685	192 156	28 753
18<x<=19	15 315	8 727	6 059	263	429	0	951	9	676	6	1 080	24	899	6	891	1	33 322	5 556	171 607	47 745
19<x<=20	9 929	13 605	8 013	467	452	0	1 183	19	824	6	837	47	962	4	635	9	34 159	10 436	158 054	78 568
20<x<=21	10 751	17 745	9 081	875	552	3	1 593	5	956	18	923	87	1 036	14	625	10	38 762	18 028	179 434	113 087
21<x<=22	10 887	20 953	10 672	1 598	684	2	2 055	25	1 090	11	984	151	1 114	14	688	16	42 008	28 704	195 742	150 011
22<x<=23	9 888	23 989	9 350	2 876	786	2	2 394	45	1 128	31	969	240	1 204	48	696	49	43 382	42 840	192 054	198 048
23<x<=24	8 813	27 897	9 281	4 534	789	11	2 411	80	1 273	62	843	475	1 178	75	601	88	41 893	58 994	183 986	255 792
24<x<=25	7 849	28 668	9 414	7 284	788	11	2 323	135	1 114	104	775	733	1 203	128	578	172	39 343	75 960	167 218	305 879
25<x<=26	7 863	27 525	9 297	10 774	812	18	2 311	280	1 236	142	734	952	1 298	172	663	224	37 740	90 847	160 341	348 334
26<x<=27	7 369	26 205	8 473	15 271	667	59	2 290	466	1 362	320	647	1 317	1 179	398	671	364	36 680	102 921	152 165	397 408
27<x<=28	6 402	24 423	7 868	20 054	620	119	2 314	889	1 181	557	584	2 177	1 144	632	752	635	36 511	108 154	143 870	436 404
28<x<=29	5 907	20 562	7 056	25 251	671	182	2 636	1 484	1 124	855	650	2 597	1 234	1 052	815	933	35 479	107 218	137 015	453 296
29<x<=30	4 959	16 229	7 063	29 128	885	348	3 214	2 672	1 188	1 433	648	2 850	1 379	1 739	1 249	1 252	33 911	97 810	132 136	453 733
30<x<=31	4 904	12 749	7 272	31 973	1224	653	4 424	4 325	1 586	2 429	697	4 291	1 581	2 652	1 960	1 946	31 658	84 780	128 888	448 813
31<x<=32	4 650	9 680	7 295	32 524	1572	1433	5 982	7 138	1 533	3 904	700	5 808	1 915	3 987	2 069	2 998	30 542	67 965	128 369	426 707
32<x<=33	4 334	6 510	7 647	30 563	1637	2275	6 981	10 921	1 640	5 756	764	5 522	2 232	5 938	1 975	4 134	29 532	49 756	128 346	375 864
33<x<=34	4 173	4 048	7 792	26 552	1857	3783	7 374	16 616	1 813	8 111	854	5 914	2 482	8 189	1 855	5 626	29 722	34 458	133 208	325 812
34<x<=35	4 499	2 744	8 602	21 681	2091	7288	7 434	23 833	2 228	11 747	1 114	9 495	3 083	12 013	1 935	8 847	30 838	21 648	148 546	290 486
35<x<=36	6 504	1 495	10 696	15 832	2257	13164	8 294	30 842	3 700	15 187	2 021	9 473	4 051	15 787	2 818	11 648	34 054	12 430	189 963	251 732
36<x<=37	9 586	704	15 455	9 929	3812	17371	12 373	36 024	7 375	15 563	4 324	5 905	6 730	17 395	5 321	12 867	41 116	6 451	276 866	196 822
37<x<=38	14 943	326	27 688	5 675	12014	21856	24 635	39 401	15 961	17 621	9 825	6 632	14 821	19 946	10 878	16 243	51 284	3 113	451 155	173 514
38<x<=39	21 024	182	41 454	2 842	38894	43759	48 202	34 921	27 815	21 177	16 329	10 927	29 244	22 519	21 521	17 921	54 945	1 276	673 504	179 125
39<x<=40	23 887	61	35 223	346	72006	39266	56 466	10 965	28 434	4 200	24 961	4 108	31 741	6 553	27 988	5 307	46 501	437	749 138	78 474
40<x<=41	883	11	1 837	57	4597	1519	8 046	1 651	1 251	279	346	67	3 648	828	1 405	236	28 121	100	108 242	5 273
41<x<=42	169	6	388	30	711	673	1 463	808	337	133	42	73	877	352	166	87	12 577	31	22 313	2 407
42<x<=43	62	11	156	9	373	287	719	301	115	18	22	29	437	107	63	48	4 173	12	7 627	922
43<x<=44	61	3	102	7	195	64	456	70	75	5	17	4	249	38	44	8	1 106	6	3 159	267
44<x<=45	48	1	56	4	81	29	273	70	30	5	20	7	138	11	26	2	318	9	1 521	166
45<x<=46	21	3	49	4	61	12	234	29	36	0	11	2	100	6	31	2	148	3	1 152	75
46<x<=47	30	2	52	2	98	8	204	21	30	0	14	1	52	5	31	5	87	1	1 029	56
47<x<=48	26	3	45	2	56	5	196	5	29	0	19	0	60	1	25	4	61	3	912	30
48<x<=49	14	1	28	1	45	0	150	4	20	0	8	1	57	1	15	1	60	0	713	13
49<x<=50	19	4	26	0	35	2	129	5	17	0	6	0	57	2	22	0	63	2	655	16
50<x<=51	18	2	25	0	62	2	116	2	11	0	11	2	52	0	29	4	39	1	645	13
51<x<=52	13	2	25	0	38	2	114	5	6	0	4	0	45	0	24	2	42	1	533	13
52<x<=53	20	2	21	1	34	1	102	0	17	0	3	0	40	0	7	1	42	0	532	5
53<x<=54	9	0	19	0	48	0	108	1	13	0	2	0	49	0	6	0	31	0	484	1
54<x<=55	18	0	29	0	30	0	98	0	12	0	6	0	34	0	8	0	31	0	447	0
55<x<=56	10	0	19	1	29	0	98	1	17	0	13	0	33	0	4	0	24	0	449	2
56<x<=57	8	0	13	0	22	0	90	0	18	0	12	0	45	0	6	0	23	0	396	0
57<x<=58	6	0	17	0	21	0	105	0	10	0	10	0	28	0	2	0	20	0	385	0
58<x<=59	11	0	13	0	22	0	82	0	6	0	5	0	25	0	5	0	26	0	329	0
59<x<=60	11	0	14	0	25	0	80	0	10	0	7	0	19	0	11	0	9	0	327	0
60<x	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0

4. M5 – ALFÖLDI KONCESSZIÓS AUTÓPÁLYA MÉRÉSI ADATAI

A MAÚT-munkabizottságunk munkaindító megbeszélését követően adatkérő levéllel fordultunk az AKA Alföld Koncessziós Autópálya Zrt. vezetéséhez, hogy a kezelésükben lévő mérőállomás adatait is bevonjuk a vizsgálatba.

Az AKA kezelésében egyetlen mérőállomás van, az M5 autópálya 71+500 km szelvényében a bal pályán. Ellenkező irányban nincs mérés. A Budapest és M0 felé tartó teherforgalmat WIM előszűrés alapján terelik ki egyedi mérlegelésre.

A tudományos célú feldolgozáshoz az AKA Zrt. átadta a 2024. esztendő WIM mérési adatait, összesen 1 098 958 jármű mérési eredményével.

A 3. fejezetben ismertetett módon elvégeztük az adatok előszűrését, így töröltük a 64 566 db 10 tonna alatti össztömegű és a 106 db 60 tonna feletti járművet. A statisztikai elemzésben figyelembe vett járművek száma 1 034 286 volt (egyetlen év!).

(A mérési adatsor a mérőállomás karbantartása, javítása és egyéb okok miatt nem tartalmazza az autópályán áthaladt valamennyi tehergépkocsi mérési eredményeit, így 2024. május csak töredék adatokkal szerepel ezen okból a statisztikai elemzésben. Ugyanakkor a mérési adatok tökéletesen alkalmasak a tényleges forgalom reprezentálására.)

Az előzőekkel azonosan elkészítettük az egyedi járművek össztömegeinek hisztogramjait és az egymást követő hat jármű átlagtömegének gyakoriság-eloszlását is.

Az M5 autópálya mérési eredményei jól egyeznek az ártándi eredményekkel, a levonható tapasztalatok is azonosak. Mind az egyedi járművek, mind a 6 db-os járműsorozatok tömegének 5%-os meg-nem-haladási valószínűséghez rendelt karakterisztikus értéke 40 tonna (egyetlen járművek 95,46%-a van 40 tonna alatt, 6 db-os járműsorozatoknak pedig 97,49%-a van 40 tonna átlagtömeg alatt.).

5. A TSM – NEMZETI TENGELYSÚLYMÉRÉSI RENDSZERRŐL

A MAÚT-munkabizottság eredeti célkitűzése a Magyar Közút Nonprofit Zrt. adatainak elemzése volt. A munkaprogramunkat kiegészítettük azzal a céllal, hogy a teljes magyarországi mérési lehetőségeket és a meglévő adatok felhasználhatóságát elemezzük. Ezért terjesztettük ki az adatgyűjtési szándékot a koncessziós M5 autópályára is (lásd a 4. fejezetet) és a Nemzeti Tengelysúlymérő rendszerre (TSM) is.

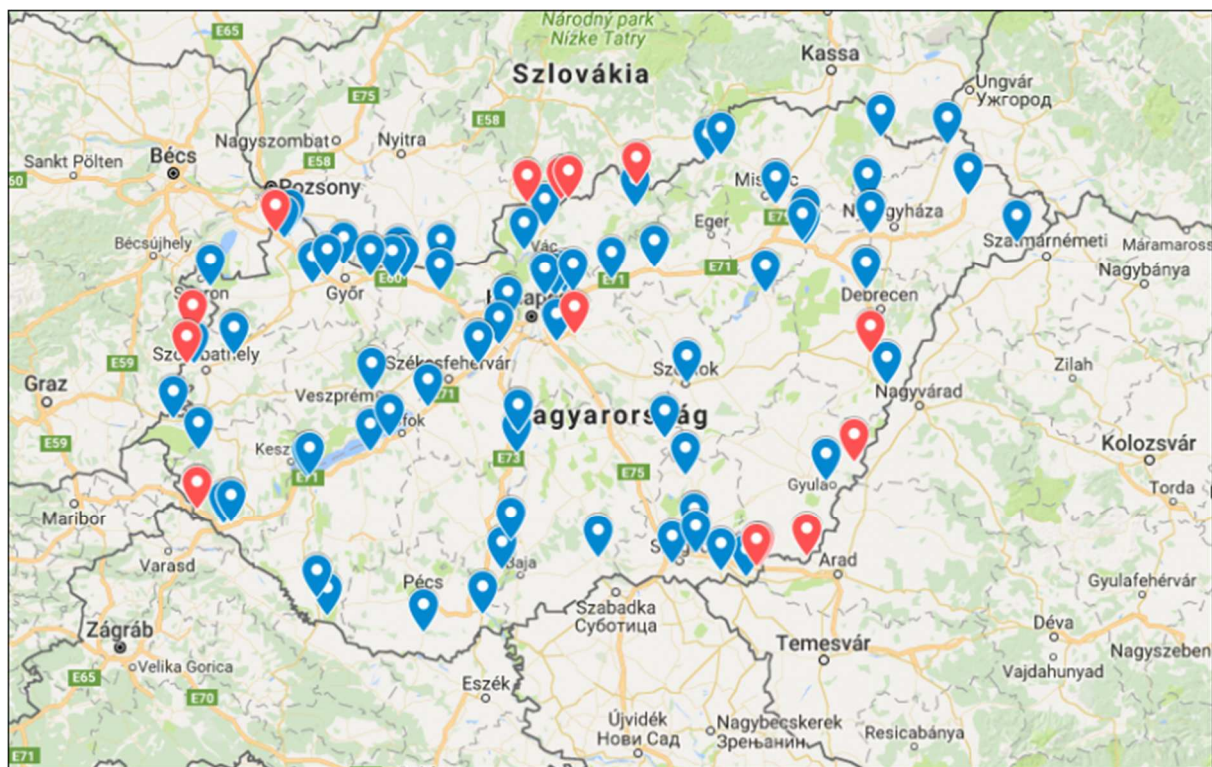
A TSM mérőhálózat 89 mérőhelyből áll (lásd 8. ábrát).

A TSM rendszert felügyelő Építési és Közlekedési Minisztérium Közúti Közlekedési Ellenőrzési Főosztállyal részletesen és több alkalommal egyeztetünk a vizsgálathoz szükséges adatokkal kapcsolatosan, de felhasználható adatokat nem tudtak átadni elsősorban a fennálló jogszabályi akadályok miatt.

A TSM rendszer működésével kapcsolatos alapvető szabályokat a közúti közlekedésről szóló 1988. évi I. törvény 21/K. § szabályozza, melynek (8) bekezdése alapján a TSM rendszerben kezelt adatok átvételére csak az ott felsorolt szervek jogosultak, egyéb személynek még tudományos célra, nyilvánvaló közérdek ellenére sem adható át. Ez kétség kívül ellentétes az adatok tudományos célú feldolgozására való szándékunkkal, ezért javasoljuk a jogszabály módosítását, ami lehetővé teszi a személyiségi jogok tiszteletben tartása mellett az adatok tudományos értékelését. Ez óriási segítséget adhat amúgy a TSM rendszer tökéletesítéséhez is. A mérési adatok egyszerűen anonimizálhatók, így az adatvédelmi követelmények is bizonyosan teljesíthetőek a kívánt tudományos cél mellett.

A tudományos célú adatfeldolgozást akadályozza az a törvényi rendelkezés is, miszerint a mérési adatokat 30 napon belül törölni kell. Javasoljuk ennek felülvizsgálását és lehetőséget teremteni az anonimizált adatok hosszabb távú megőrzésére.

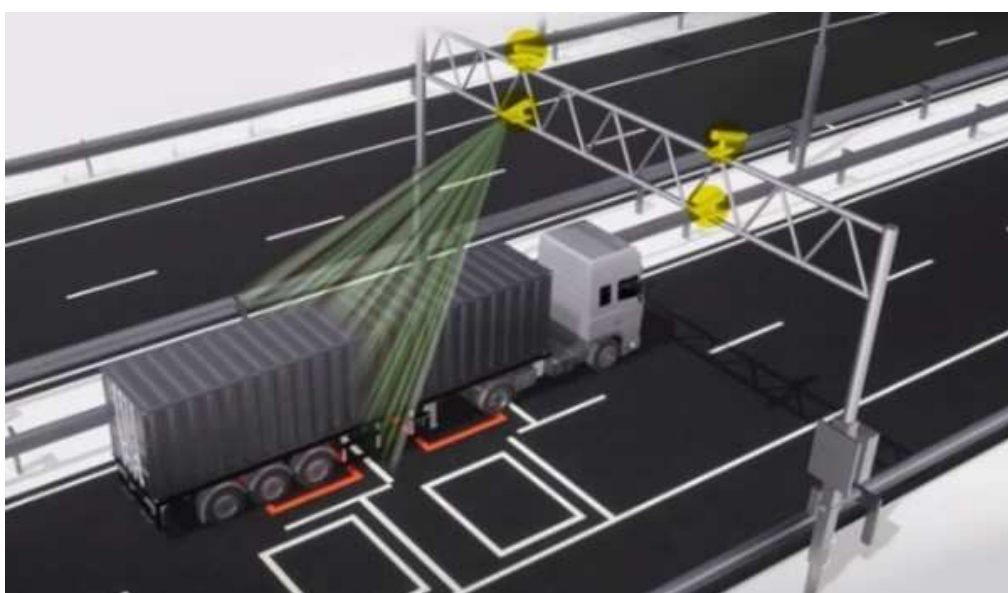
A törvényi akadályok miatt MAÚT-munkabizottságunk nem kapott mérési adatokat a TSM rendszerből.



8. ábra: A TSM rendszer mérőhelyeinek térképvázlata [4].

A TSM rendszer felhasználási célja kizárólag a szabálytalan járművek szankcionálása, miközben a mért adatok ennél szélesebb körű hasznosítás lehetőségét hordozzák. A mérési adatok egyéb célú felhasználásához, ide értve vizsgált kutatási témánkat is, a jogszabályi akadály elhárítása után bizonyosan további, adatfeldolgozási (szoftveres) módosítások is szükségesek lesznek.

A TSM rendszerből kinyerhető adatok tudományos célú felhasználási lehetőségeiről betekintést ad a WIM méréstechnikát bemutató két megjelent tanulmány [6, 7]. Említést érdemel, hogy tudományos célú felhasználás esetén a mért adatok szélesebb köre hasznosítható, mint bírságolási célú felhasználás esetén, ugyanis a jogkövetkezményt igazoló mérési pontosságot el nem érő adatok is felhasználhatóak tudományos célú statisztikai kiértékelésekhez.



9. ábra: A WIM rendszer tipikus szenzor rendszere: burkolatba épített szenzorok és portálra szerelt kamerák (www.tatweermea.com).

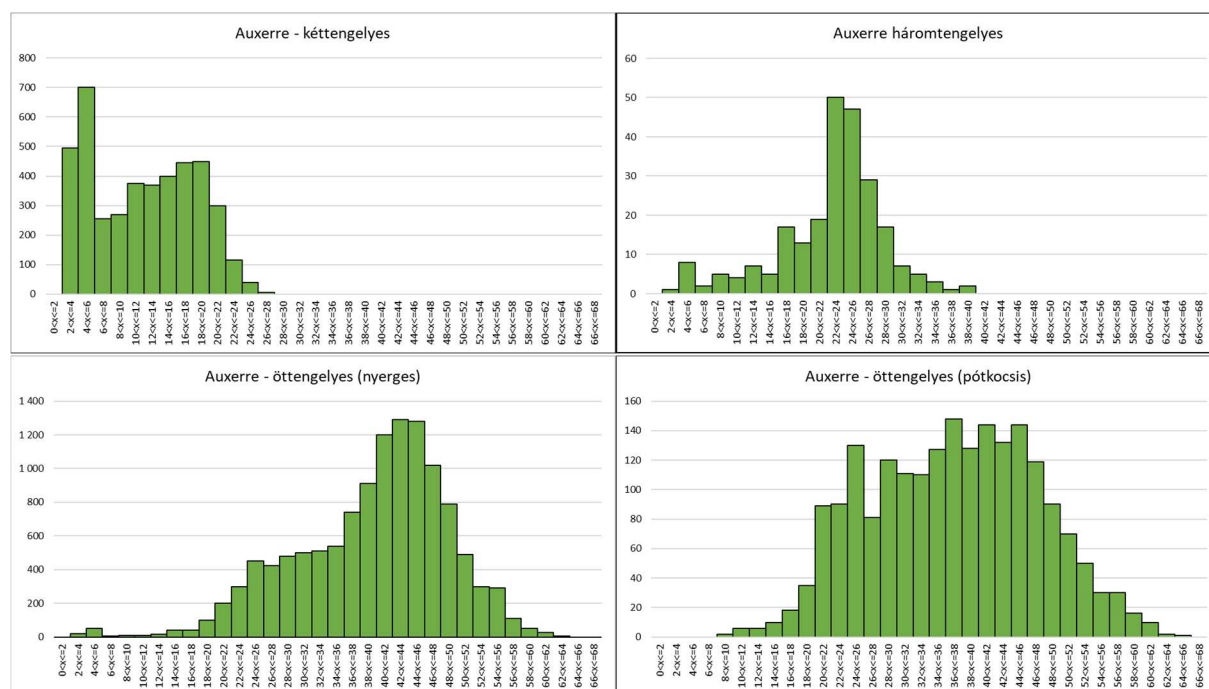
6. EUROCODE MEGALAPOZÓ FORGALMI MÉRÉSEK

6.1. FRANCIAORSZÁG – AUXERRE 1986

A bemutatott magyarországi mérési adatok után röviden emlékezzünk meg az Eurocode szerinti közúti híd forgalmi terhek meghatározásához végzett mérésekről. Az 1970-es, 1980-as években az Eurocode szabvány előkészítéséhez kapcsolódóan nyolc európai országban végeztek a teherforgalmi súlyméréseket: Belgiumban (Antwerpen), Dániában (Akselved), Németországban (Limburger Bahn, Neuweid, Brohltel, Haseltal), Spanyolországban (Guitiriz, Villardefrades, La Graja de Iniesta), Nagy-Britanniában (Forth, Doxey), Olaszországban (Rio Verde, Calambrone, Fiano Romano, Piacenza, Sasso Marconi), Hollandiában (Haafsche Schouw, Rheden, Leidersdorp) és nem utolsó sorban Franciaországban (Chamonix, Garonor, Bd. Perihérique, Angers, Epone, Lyon és Auxerre). [8]

A sok helyszínen végzett mérések mindegyikére jellemző, hogy kevés járművet érintettek. Az egységes európai szabványhoz mértékadónak kiválasztott, Bernard Jacob professzor (2025) vezetésével készített auxerre-i mérésben mindösszesen 86 ezer jármű halad át a vizsgált időszakban (401 óra), s ebből csupán 18 700 jármű volt tehergépkocsi. Ez kevesebb, mint napjaikban a Budapest körüli M0 körgyűrű Duna-hídjának egyetlen napi teherforgalma! Ezek a francia mérések az alapjai a konzervatív statisztikai módszerekkel előállított Eurocode szerinti teher alapértékeknek, de mint referenciaérték ezt figyelembe vették még a 2004. évi németországi forgalmi felülvizsgálatkor is. Az új magyar előírástervezet szerzői ez utóbbi eredményét tekintették követendőnek [2].

Az auxerre-i mérés össz tömeg hisztogramjait jármű-fajtánként tartalmazza a 10. ábra és összesítve a teljes teherforgalomra a 11. ábra (a gyakoriság-eloszlás osztályait 2 tonnánként vették fel).



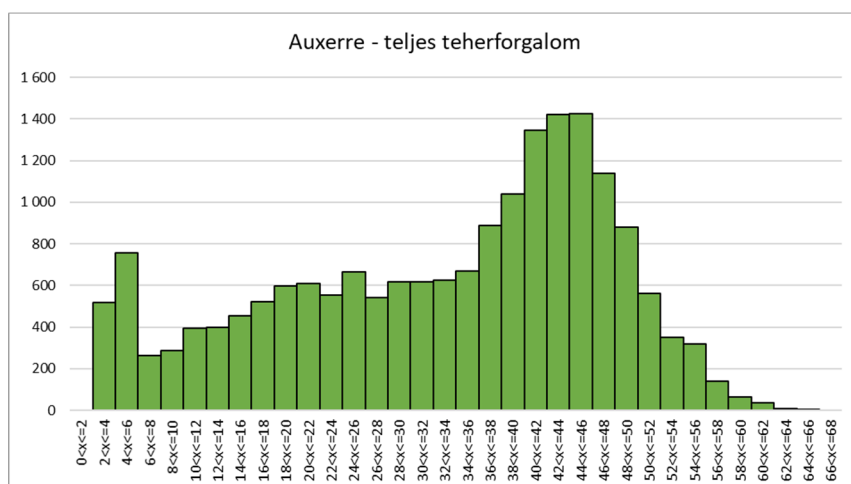
10. ábra: Auxerre (Franciaország) 1986. évi mérési eredményei jármű típusok szerint [8].

Szembetűnő első ránézésre a különbség a magyarországi mérésekhez viszonyítva. Az össz tömeg hisztogram nagy össz tömegekhez tartozó része normál eloszlással közelíthető, a 40 tonna össz tömeg feletti – a közlekedés szabályai szerint szabálytalan – járművek össz tömeg osztályainak gyakoriságában nincsen hirtelen változás, a hisztogram jobb oldala elnyújtott. Megállapítható, hogy a mérések szerint igen sok jármű közlekedett szabálytalanul.

A híres, referenciának kiválasztott francia mérésben az 5%-os meg-nem-haladási valószínűséghez rendelt karakterisztikus érték kéttengelyes járművekre 22 tonna, háromtengelyesnél 32 tonna, a

reprezentatív (65,2%) öttengelyes nyerges szerelvényeknél 54 tonna (!) és az öttengelyes pótkocsis szerelvényeknél pedig 52 tonna. A szabványalkotásban mértékadónak tekintett 54 tonna messze magasabb, mint a magyarországi, M5 autópálya mérésénél tapasztalt 40 tonna.

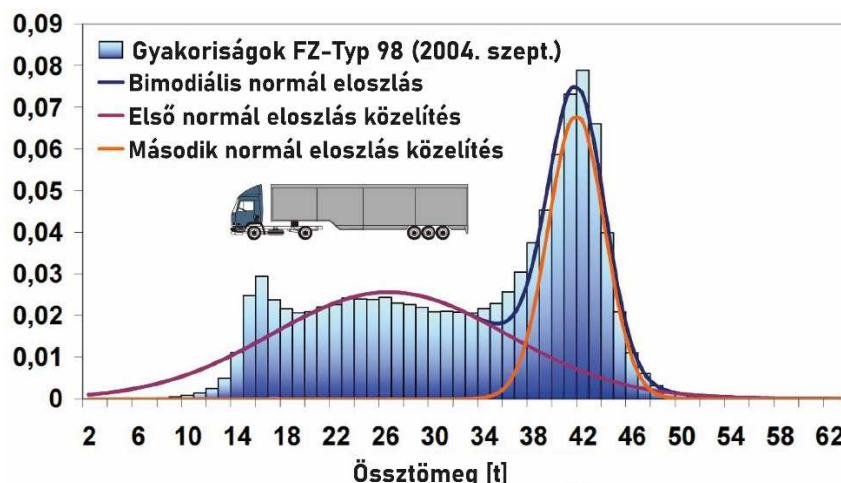
A vizsgálatba bevont súlymérések darabszáma is óriási különbséget mutat. A francia referencia értéket 18 700 darab mérésből számították, az M5 egy évi mérési eredményét 1 034 286 jármű adatából képeztük, s tanulmányunkban összesen 5,5 millió magyarországi tehergépkocsi mérést dolgoztuk fel, ami a francia vizsgálat közel 300-szorosa. Itt jegyezzük meg, hogy a Magyar Közút Nonprofit Zrt-nél és az AKA Zrt-nél további feldolgozható adatok találhatóak, így a vizsgálat e tekintetben még tovább is bővíthető.



11. ábra: Auxerre (Franciaország) 1986. évi teherforgalmi mérések összesített osztómeg hisztogramja [8].

6.2. NÉMETORSZÁG – BLIESHEIM 2004

A németországi 2004. évi forgalmi vizsgálatokat reprezentáló Bliesheim (A61) mérőállomás szerinti osztómeg gyakoriság-eloszlás hasonló a bemutatott magyar és francia példákhoz, de a grafikon csúcserőke eltérő. A 2004. szeptember hónapi németországi mérések hisztogramját és annak bimodális normális eloszlásfüggvénnyel való közelítését mutatja a 12. ábra (a gyakoriság-eloszlás osztályait 1 tonnánként vették fel). Itt is megfigyelhető a szabálytalan járművek jelentős aránya, szemben a magyarországi mérési eredményekkel. Az osztómeg gyakoriság-eloszlás csúcserőke 42 tonnánál van, a karakterisztikus értéke ennél is magasabb (45 tonna). A szabálykövetőbb magyarországi gyakorlatnak bizonyosan oka, a kiépített úthálózatvédelmi rendszer, ami Németországban minimális.



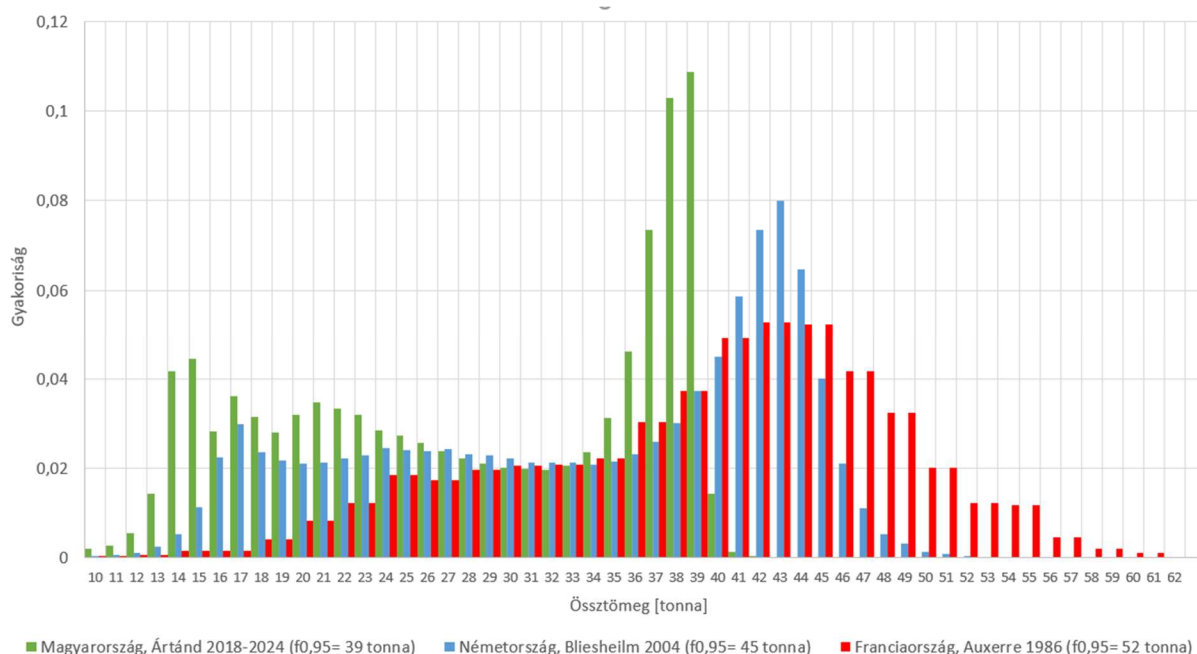
12. ábra: Bliesheim (Németország) 2004. szeptemberi mérések osztómeg hisztogramja [10: 27].

7. MAGYARORSZÁGI MÉRÉSEK ÖSSZEHASONLÍTÁSA ÉS ÉRTÉKELÉSE

A magyarországi mérések össztemeg hisztogramjai (4-7. ábrák) megerősítették azt a korábbi tapasztalatot, hogy a grafikon jobb oldala „levágott”, a szabálytalan, 40 tonna feletti járművek aránya kicsi. Ez jelentősen különbözik a franciaországi [8] és a németországi mérési eredményektől [5], ahol a járművek jelentős része szabálytalan, 40 tonna össztemeg feletti.

Elemzésünkben három ország méréseit ismertettük röviden. A magyarországi mérések eredményeit igyekeztünk összehasonlítani az Eurocode alapértékének felvételéhez használt 1986. évi franciaországi és a németországi hídtervezési hasznos terhek felülvizsgálatához használt 2004. évi német mérésekkel. A háromféle mérés szerinti össztemeg gyakoriságokat közös hisztogramban ábrázoltuk (13. ábra). A grafikon jól szemlélteti az egyes országokban tapasztalt teherforgalom mértékadó össztemegének különbségeit. Az 1986. évi francia mérés szerinti karakterisztikus értéke (5%-os meg-nem-haladási valószínűség) 52 tonna, a 2004. évi német mérés esetén 45 tonna, míg a magyar mérések az ábrázolt ártándi adatok szerint 39 tonna (az M5 mérőállomás esetében ez 40 tonna).

Megállapítható, hogy az egyedi járművek össztemege Magyarországon szignifikánsan kisebb, az Eurocode teherszintjénél figyelembe vett német és francia méréseknél.



13. ábra: A magyarországi, franciaországi és németországi mérések össztemeg gyakoriságának hisztogramjai és ezek karakterisztikus értékei.

8. ÖSSZEGZÉS

A közúti hidak szempontjából a teherforgalom két legfontosabb jellemző paramétere a közlekedő járművek össztemege és a járművek száma. Míg az össztemeg nagysága a jogi szabályozás és az ellenőrzés függvénye, a járművek számát a gazdasági élet és azt szabályzó előírások befolyásolják.

Az egyedi járművek össztemege Magyarországon a bemutatott mérési adatok alapján szignifikánsan kisebb, mint akár az 1986. évi franciaországi (Auxerre), akár a 2004. évi németországi (Bliesheim) mérések. Mivel a törvényi szabályozás azonos, a különbség oka egyedül a szabályok érvényesítésének hiányában keresendő.

A járművek száma (forgalomfejlődés) több tanulmányban is vizsgált paraméter, ez azonban a hidak forgalmi terhelésére kisebb kihatással bír. A nagyobb forgalom (több jármű) a közlekedő járművek össztemegének karakterisztikus értékét érdemben nem befolyásolja, szemben a fáradás szempontjából mértékadó üzemi teherszintre, amelyet mi most nem vizsgáltunk.

Tanulmányunkkal felhívtuk a figyelmet, hogy a közútkezelők által üzemeltetett, kiváló, magyarországi úthálózatvédelmi mérőállomás-hálózat mérési adatai milyen értékes, felhasználható adatbázist jelentenek, ami könnyen hasznosítható a forgalomszabályozáson (szankciók) kívül egyéb célokra, így a közúti hidak hasznos teher szintjének elemzéséhez is.

A bemutatott hazai mérlegelési adatokra csak egyszerűsített statisztikai feldolgozást készítettünk, célunk nem ezek teljes körű feldolgozása volt, hanem a figyelemfelkeltés ezen adatokban rejlő vizsgálati potenciálra.

9. KÖSZÖNETNYILVÁNÍTÁS

Ezúttal köszönjük a tanulmányhoz rendelkezésre bocsátott adatokat a Magyar Közút Nonprofit Zrt-nek és az AKA Alföld Koncessziós Autópálya Zrt-nek. Továbbá köszönjük a szakmai segítséget a TSM rendszert felügyelő Építési és Közlekedési Minisztérium Közúti Közlekedési Ellenőrzési Főosztálynak.

Jelen tanulmány a Hidak teljesítmény alapú méretezése 1. című MAÚT-munkabizottság kutatásához kapcsolódóan készült.

10. IRODALOMJEGYZÉK

[1]: Spanolesi, L., Croce, P. editors 2005. Design of Bridges. Handbook 4. Development of skills facilitating implementation of Eurocodes, Leonardo da Vinci Pilot Project CZ/02/B/F/PP134007, Pisa, 10.

[2]: Horváth Adrián, Kövesdi Balázs, Majer Zsolt, Porubsky Tamás, Rácz Balázs, Szabó Gergely, Berki Zsolt & Csikós Csaba. 2024. A közúti hidak forgalmi terheinek változásáról. Vasbetonépítés, 26(1) pp. 15-24. <https://doi.org/10.32969/VB.2024.1.4>

[3]: Hajós Bence. 2023. Szempontok és javaslatok a közúti hídtervezés hasznos ideális jármű teher szintjének meghatározásához a készülő új Útügyi Műszaki Előírásban. Útügyi lapok 11(18) <https://doi.org/10.36246/UL.2023.2.03>

[4]: Bartus Róbert, Kővári Ákos & Németh Gábor. 2023. Észrevételek és javaslatok a készülő új eUT 07.01.12 közúti hidak erőtanai számítása – Útügyi Műszaki Előíráshoz. Útügyi lapok 11(18) <https://doi.org/10.36246/UL.2023.2.01>

[5]: Boros Vazul, Kővári Ákos & Hajós Bence. 2025. Potentials of utilizing vehicle weight data for the calibration of national traffic load models for bridges In Leonetti D.; Snijder H.H.; De Pauw B.; Alphen S. (szerk.) IABSE Congress Ghent 2025, The Essence of Structural Engineering for Society, Congress Proceedings, Ghent, IABSE, pp. 2193-2200.

[6]: Rónay-Tobel, Beatrix, Mikulás, R., Katkics, A. & Toldi, M. 2019. Weight Enforcement Network of Hungary. In 8th International Conference on Weigh-in-Motion – ICWIM8, Prague, Czech Republic, pp. 136–146.

[7]: Rónay-Tobel Beatrix. 2022. Effect of Weight in Motion Detection System on Road Enforcement Network of Hungary. In Periodica Polytechnica Transportation Engineering, 50(3), pp. 299-303. <https://doi.org/10.3311/PPtr.14858>

[8]: Frenzel, B., Freundt, U., König, G., Mangerig, I., Merzenich, G., Novák, B., Sedlacek, G. & Sukhov, D. 1996. Bestimmung von Kombinationsbeiwerten und – Regeln für Einwirkungen auf Brücken. Forschung Straßenbau und Straßenverkehrstechnik Heft 715. Hrsg.: Bundesministerium für Verkehr.

[9]: Boros Vazul. 2024. Közúti terhek statisztikai alapú meghatározása Németországban az Eurocode szerint – hazai alkalmazás lehetőségei. In Hajós Bence szerk.: Hidász napok 2024 előadásainak gyűjteménye, Lánchíd füzetek 40. Biri: Első Lánchíd Bt. 154-170.

[10]: Auswirkungen des Schwerlastverkehrs auf die Brücken der Bundesfernstraßen. 2009. Berichte der Bundesanstalt für Straßenwesen Brücken- und Ingenieurbau, Heft B 68.



A Magyarországon mért járműterhek alapján számolt karakterisztikus híd igénybevételek összehasonlítása az Eurocode tehermodelljével kéttámaszú tartók esetén

Dr. Boros Vazul

Austrian Institute of Technology, Center for Transport Technologies

E-mail: vazul.boros@ait.ac.at

DOI: [10.36246/UL.2025.2.05](https://doi.org/10.36246/UL.2025.2.05)

KIVONAT

A tanulmány összehasonlítja a Magyarországon mért járműterhekből számított karakterisztikus igénybevételeket az Eurocode tehermodelljével. Egy mértékadó mérőállomás adatai és az öt leggyakoribb jellemző járműtípus alapján német mintára elvégzett számítások szerint minden vizsgált esetben a tehermodell konzervatív. Ám arra is rávilágítanak a számítások, hogy magyarországi járműtömeg-eloszlás eltér a némettől, így a normális eloszlás helyett célszerűbb lenne más eloszlást alkalmazni a közelítésnél.

Kulcsszavak: híd, forgalmi teher, Eurocode

ABSTRACT

The study compares characteristic load effects calculated from vehicle loads measured in Hungary with the traffic load model of the Eurocodes. Based on data from a representative weigh station and the five most common vehicle types, calculations performed following the German approach show that the load model is conservative in all examined cases. However, the results also reveal that the Hungarian vehicle weight distribution differs from the German one, suggesting that using an alternative distribution instead of the normal distribution would be more appropriate for approximation.

Keywords: bridge, traffic load, Eurocode

Dr. Boros Vazul

Boros Vazul (1983) okl. építőmérnök (BME Építőmérnöki kar, 2008), PhD (Universität Stuttgart, 2012), Master of Business Administration (FOM, 2019). Korábban Németországban, elsősorban híd- és magasépítés területén, volt vezetőtervező. 2022-től Austrian Institute of Technology kutató mérnöke. Szakterülete a hidak tervezése, megerősítése, monitoringja és azok terhei. 2017-től az IABSE és különböző munkacsoportjainak, 2019-től a DIN hídterhekért felelős bizottságának tagja.

1. BEVEZETŐ

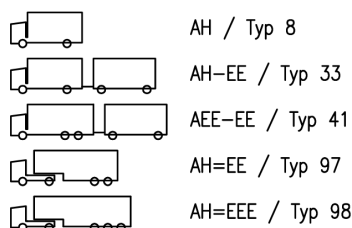
Ebben a cikkben egy egyszerű példán szemléltetjük, hogy a Magyarországon mért valós járműterhek alapján számolt karakterisztikus igénybevételek miként viszonyulnak az Eurocode által javasolt

tehermodellhez. Ehhez lényegében ugyanazt az eljárást követjük, amelyet már Németországban is alkalmaztak a városi forgalom összehasonlítására a különböző tehermodellekben megfogalmazott értékekkel [1, 2]. Először röviden ismertetjük mely méréseket vesszük alapul és miként közelítjük azokat. Leírjuk miként számítjuk a tehergépforgalomból adódó karakterisztikus igénybevételeket egy egysávos, kéttámaszú tartó esetén, majd összehasonlítjuk az eredményeket az Eurocode által javasolt, illetve a Magyarországon jelenleg hatályos és a most javasolt értékekkel.

2. MAGYARORSZÁGON MÉRT JÁRMŰTERHEK

A cél az volt, hogy – a Németországban is alkalmazott eljáráshoz hasonlóan – a valós forgalmat néhány jellemző járműtípus felhasználásával modellezzük [3, 4]. Ehhez először is kiválasztottunk egy mérvadónak tekinthető mérőállomást, miután kielemeztük négy magyarországi mérőállomás (Ártánd, Lajta, Kengyeles és Kéthalom) mindkét irányának mérési adatait a 2024-es évből. Ezzel kapcsolatos további részleteket az [5] tartalmaz. A választás az ártándi határállomás kilepő forgalmára esett. Egyrészt itt minden tehergépkocsi súlya feljegyzésre kerül, ellentétben azokkal a mérőállomásokkal, ahol csak a járművek egy részét tereli ki a mérési rendszer a megállítási, egyedi mérlegelésre, amelyeket az előszűrés kiválogat. Így nem csak jóval több adat áll rendelkezésre, mint más mérőállomások esetén, de az adatok sokkal inkább reprezentatívnak tekinthetők. Azért választottuk a kifelé irányuló forgalmat, mert itt valamivel kedvezőtlenebbnek mutatkozott a nehéz járművek részesedése.

A következő lépésben kiválasztottuk azt az öt járműtípust (1. ábra), amelyek a leggyakrabban előfordultak a mérési eredmények között.



1. ábra: Kiválasztott öt járműtípus a magyar tengelyképlet jelöléssel és a német típusjelöléssel

Ezek tökéletesen megegyeztek a Németországban is használt öt járműtípussal, [1] és ezek összesen, több mint a járművek 95%-át tették ki. A fennmaradó járműveket, amelyeknek kisebb a részaránya, arányosan felosztottuk a kiválasztott öt járműtípusra, majd a korrigált arányokat kerekítettük. Mindezeket az 1. táblázat foglalja össze. (A magyar tengelyképlet jelölésben minden betű egy-egy tengelyt jelent, a kötőjel pótkocsit jelöl, az egyenlőség jel pedig a nyerges szerelvény félpótkocsiját.)

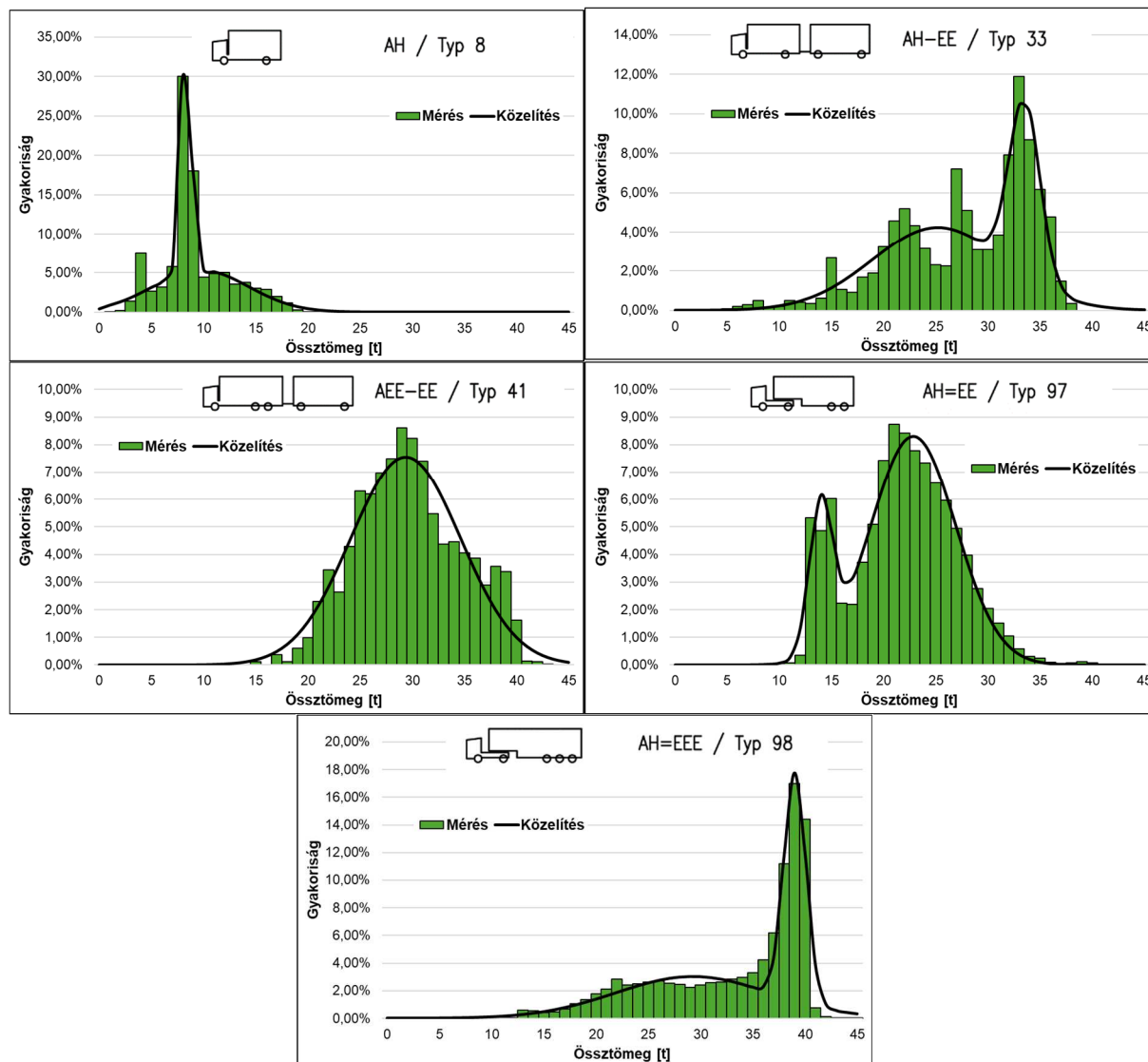
1. táblázat: Tehergépjármű arányok a 2024-es ártándi kilepő forgalom alapján.

Tengelyképlet	AH	AH-EE	AEE-EE	AH=EE	AH=DDD	egyéb
Német típusnév	Typ 8	Typ 3	Typ 41	Typ 97	Typ 98	
Darabszám	8 838	1 429	3 524	36 614	239 940	13 395
Mért arány	2,91%	0,47%	1,16%	12,05%	79,00%	4,41%
Korrigált arány	3,04%	0,49%	1,21%	12,61%	82,64%	
Kerekített arány	3,00%	0,50%	1,50%	12,50%	82,50%	

Ami a tehergépkocsi éves darabszámát illeti, itt az ártándi belépő forgalmat vettük alapul, mivel ez a 314 598 jármű pár százalékkal több mint a kilepő forgalom (303 740 jármű). A következő lépésben a kiválasztott öt jármű tehereloszlását két normál eloszlás lineáris kombinációjával közelítettük, a német számítások mintájára. Ehhez az eloszlások paramétereit (középérték, szórás és a két eloszlás aránya) a legkisebb négyzetek módszerét alkalmazva optimalizáltuk. Az így kapott paramétereket, már kN-ra váltva a 2. táblázat tartalmazza. Ennél talán szemléletesebben mutatja a közelítések pontosságát az 2. ábra, melyben a mért és számított gyakoriságfüggvényeket ábrázoltuk, a koherencia megőrzése érdekében itt viszont tonnában kifejezve.

2. táblázat: Az öt kiválasztott járműtípus közelítő normál eloszlásának paraméterei.

Járműtípus	μ_1 [kN]	σ_1 [kN]	ξ_1	μ_2 [kN]	σ_2 [kN]	ξ_2
AH / Typ 8	78,1	4,3	0,390	92,3	45,7	0,610
AH-EE / Typ 33	246,8	62,9	0,666	329,9	14,5	0,334
AEE-EE / Typ 41	54,9	5,6	0,000	288,8	52,7	1,000
AH=EE / Typ 97	134,7	10,7	0,149	223,2	40,8	0,851
AH=DDD / Typ 98	287,7	74,0	0,561	385,4	10,2	0,439



2. ábra: Az öt kiválasztott, jellemző járműtípus tehereloszlása, illetve az azt közelítő normál eloszlások összehasonlítása.

3. KARAKTERISZTIKUS IGÉNYBEVÉTELEK KISZÁMÍTÁSA

A valós forgalomból adódó karakterisztikus igénybevételek kiszámításához a tehereloszlásokon felül szükség van még a járművek geometriájának, illetve az össztömeg tengelyekre való felosztásának az ismeretére. Tekintve, hogy korábbi vizsgálatok alapján a Németországban és a Magyarországon megfigyelt járművek ezen paraméterei jó egyezést mutattak [5, 7], a Németországban is alkalmazott, 3. és 4. táblázat szerinti értékeket vettük alapul.

3. táblázat: Az öt kiválasztott járműtípus tengelytávja [m].

Járműtípus	Tengelytáv 1 → 2	Tengelytáv 2 → 3	Tengelytáv 3 → 4	Tengelytáv 4 → 5
AH / Typ 8	4,46	-	-	-
AH-EE / Typ 33	4,93	6,47	5,00	-
AEE-EE / Typ 41	4,65	1,34	5,17	4,64
AH=EE / Typ 97	3,72	6,59	1,32	-
AH=DDD / Typ 98	3,73	5,61	1,30	1,30

4. táblázat: Az öt kiválasztott járműtípus tehereloszlása a tengelyekre [%].

Járműtípus	1. tengely	2. tengely	3. tengely	4. tengely	5. tengely
AH / Typ 8	44,9	55,1	-	-	-
AH-EE / Typ 33	25,8	37,2	18,9	18,1	-
AEE-EE / Typ 41	20,9	25,8	16,1	19,5	17,7
AH=EE / Typ 97	30,6	30,9	19,1	19,4	-
AH=DDD / Typ 98	20,8	28,1	17,0	17,0	17,1

A számításnál egy három méter széles forgalmi sávot vettünk alapul. Az útfelületi egyenletlenségekből eredő kölcsönhatások a jármű és a tartószerkezet között dinamikus hatásokat válthatnak ki. Ezek figyelembevétele érdekében a [8] alapján a forgalomban haladó tehergépjárművek esetében a DIN 1072 [9] szerinti dinamikus együtthatót alkalmaztuk.

Ugyanakkor elvégeztünk egy olyan számítást is, amelynél feltételeztük, hogy a hídon átkelő járművek 10%-a torlódásban halad át a hídon. Mivel az AH=DDD tengelyképletű nyergesvontatók adják az összeforgalom túlnyomó részét, egyszerűsítésként azt feltételeztük, hogy torlódás esetén az egész sávot ilyen típusú teherautók foglalják el. A járművek között az első és hátsó tengelytől számított 1,0 m-es túlnyúláson felül további 1,0 m-es távolságot feltételeztünk. Továbbá egyszerűsítésképpen abból indultunk ki, hogy az összes, egyszerre torlódásban álló jármű össztömege azonos, vagyis a terhelésük tökéletesen korrelál. Ezek a feltételezések kissé kedvezőtlenek és nagy támaszközök esetén konzervatív eredményeket adnak, de a vizsgált támaszköz-tartományban elfogadhatóak.

Az első lépésként meghatároztuk a maximális nyíróerő és a maximális mezőnyomaték értékét minden vizsgált támaszközre és járműtípusra vonatkozóan. Ehhez a különböző járműtípusokhoz tartozó tengelyek távolságával és terhelési arányával meghatározott erő-csoportot egységes össztömeggel lépésről lépésre léptettünk keresztül a vizsgált hídon és megkaptuk a mértékadó pozícióból adódó maximális pozitív nyomaték, illetve nyíróerő értékét. Így meghatároztunk egy az adott járműtípus teljes tömegéhez viszonyított η_i hatástényezőt, amely megadja a maximális nyomaték, illetve nyíróerő értékét a jármű össztömegének függvényében.

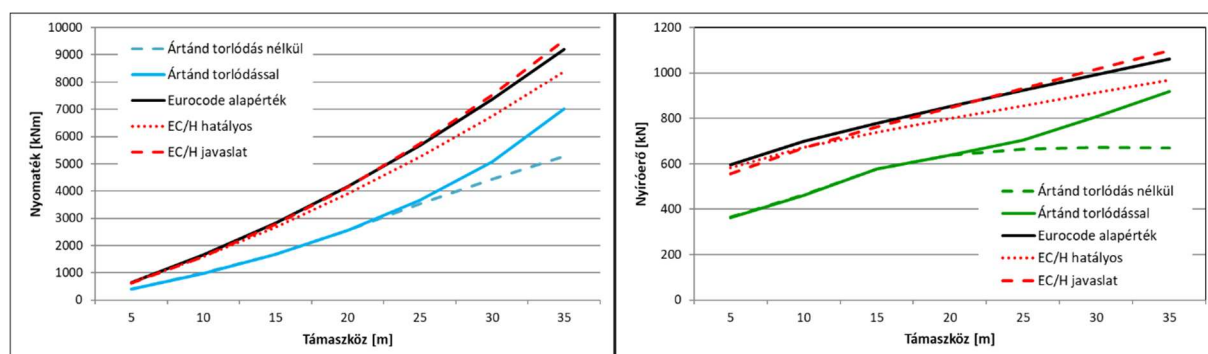
Mivel az egyes járműtípusok össztömegét bimodális normális eloszlással közelítettük, a maximális igénybevételek eloszlásfüggvényét úgy kaptuk meg, hogy ezeket az eloszlásokat megszorozzuk a megfelelő járműarányokkal és hatástényezőkkel, majd összeadjuk. Tehát az egyes járművek áthaladásából adódó maximális igénybevétel eloszlásfüggvénye normális eloszlások lineáris kombinációjaként előállítható. Mivel a különböző járművek össztömege független valószínűségi változónak tekinthető, évente 315 000 tehergépkocsit feltételezve az 1000 évente fellépő karakterisztikus teher átlagos visszatérési periódusa $m_{T_R} = 315\,000 \cdot 1000$. Így az r karakterisztikus igénybevételre a következő összefüggésnek kell teljesülnie [10]:

$$F(r) = \sum_i \Phi\left(\frac{r - \mu_i}{\sigma_i}\right) \cdot \xi_i \cdot \eta_i = 1 - \frac{1}{m_{T_R}}$$

Ebből az egyenletből numerikusan meghatározható az egyetlen ismeretlen, a keresett igénybevétel r karakterisztikus értéke.

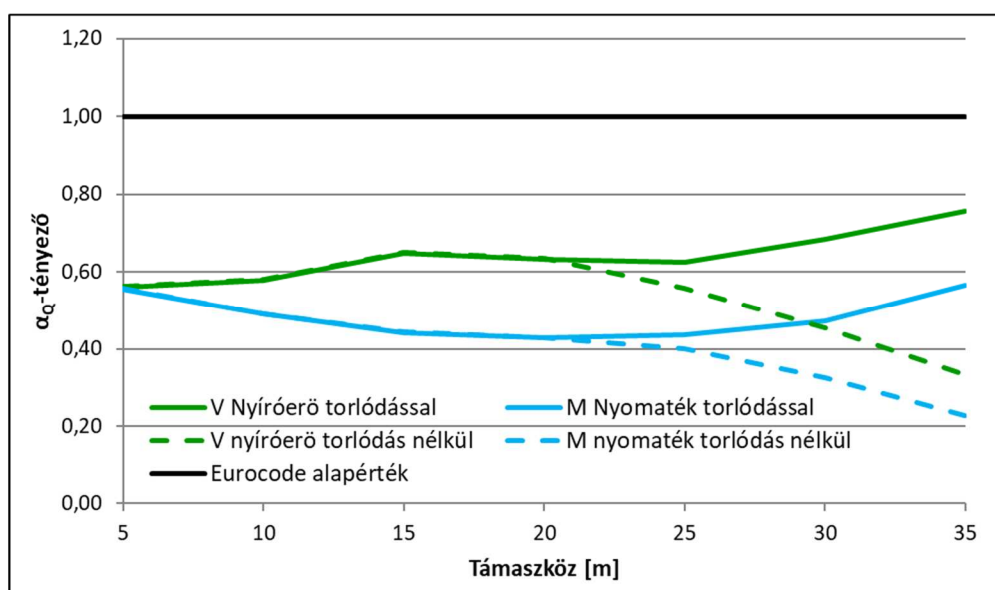
4. SZÁMÍTÁSI EREDMÉNYEK

A felvázolt számítást elvégeztük egy egysávos, 3 m széles, kéttámaszú tartó esetén hétféle támaszköze 5 és 35 m között. Megkülönböztettünk egy olyan esetet, amelyik nem vesz figyelembe torlódásokat és egy olyat is, amelyik 10% torlódással számol. A számításokat mind a maximális nyomaték, mind pedig a maximális nyíróerő karakterisztikus értékének meghatározására elvégeztük. Az így kapott értékeket az Eurocode-ban meghatározott LM1 tehermodellel vetettük össze. Itt három változatot különböztettünk meg. Egyrészt az Eurocode által javasolt alapértékeket, ahol minden terhelési osztályba sorolási tényező értéke 1,0. Továbbá a jelenleg Magyarországon hatályos értékeket az I. terhelési osztály esetén ($\alpha_{Q1}=1,0$; $\alpha_{q1}=0,8$). Végezetül pedig a [11] által javasolt értékeket, szintén az I. terhelési osztályra vonatkozóan ($\alpha_{Q1}=0,9$; $\alpha_{q1}=1,0$). Az eredményeket a 3. ábra szemlélteti a maximális nyomatéki, illetve nyírási igénybevételek esetén.



3. ábra: Kéttámaszú tartó Magyarországon mért valós forgalomból adódó és szabvány szerinti karakterisztikus nyomatékának (balra) és nyíróerejének (jobbra) összehasonlítása.

Ezen felül érdemes azt is megvizsgálni, hogy az egyes α -tényezők milyen értéke mellett felelne meg az Eurocode által definiált teherből adódó igénybevétel a valós forgalmi adatokon alapuló karakterisztikus értéknek. A vizsgált rövid támaszközök esetén itt érdemes a koncentrált teher α -tényezőjét alapul venni, mivel ennek van a jelentősebb hatása. A megoszló teher α -tényezője a számítás során változatlanul 1,0 volt. Az így számított szükséges α -tényezőket a támaszköz függvényében a 4. ábra tartalmazza.



4. ábra: A koncentrált teher azon α -tényezői, mely alkalmazásánál a teher modellből adódó és a Magyarországon mért valós forgalomból adódó karakterisztikus igénybevételek megegyeznének.

5. ÉSZREVÉTELEK ÉS MEGJEGYZÉSEK

Az egyszerűsített példa eredményei arra utalnak, hogy a vizsgált esetekben mindhárom tehermodell konzervatív a valós forgalomhoz viszonyítva, azaz jóval nagyobb igénybevételeket eredményez, mint a közelítés alapján számított 1000 évente fellépő karakterisztikus érték.

A vizsgálat kizárólag a 35 m támaszközt nem meghaladó, egysávos, kéttámaszú hidakra korlátozódott. Mivel Magyarországon a 30 m legnagyobb támaszközt meghaladó hidak részaránya mindössze a teljes állomány hozzávetőleg 3%-át teszi ki [12], a vizsgált támaszköz-tartomány a magyar hidak túlnyomó részét magába foglalja. Természetesen ezek között keretszerkezetek és folytatólagos többtámaszú tartók is szerepelnek, melyeknél a nyomatéki igénybevételek értéke jelentősen eltér. Ugyanakkor, mint az eredményeken is látszik, a rövid támaszközök esetén jellemzően a nyíróerők a mértékadóak és itt a statikailag határozatlan szerkezetek kisebb eltérést mutatnak a vizsgált esetektől. Bizonyára az is egy jelentős egyszerűsítés, hogy csupán egy forgalmi sávot vettünk figyelembe, azonban lényegében minden közúti híd több sávos. Ebben az esetben, a vizsgátnál jóval összetettebb teheresetek is felléphetnek, amennyiben tehergépkocsik egymást előzik. Ugyanakkor ezzel párhuzamosan a tehermodellből adódó igénybevételek is megnőnek. Jelen tanulmányban nem vettük figyelembe a forgalom esetleges növekedését, illetve azon járműveket, melyek megengedett összömege túllépi a 40 tonnát, így útvonalengedély-kötelesek. Az alkalmazott közelítés azonban figyelembe veszi mindazokat a járműveket, melyek a kiválasztott leggyakoribb öt járműtípusba tartoznak és túllépik a megengedett 40 t összömeget. Megjegyzendő, hogy elsősorban a legmeghatározóbb nyergesvontató esetében, a közelítés kifejezetten konzervatívnak tekinthető, amint az a 2. ábrából is kitűnik. A grafikon jobb oldalán, a legnagyobb tehertartományban a közelítő görbe jóval nagyobb arányú tehergépkocsit feltételez, mint ami a valóságban megfigyelhető. Számszerűsítve mindössze 3 olyan tehergépkocsi volt a 2024-es évben, mely túllépte a 45 tonnát míg a közelítő görbe alapján szinte 2500 ilyen jármű kellett volna legyen.

Jelen tanulmányban tudatosan ugyanazokat a módszereket alkalmaztuk, mint az Eurocode Németországban érvényes nemzeti mellékletének kalibrálása esetén tették. A közelítő függvény példája azonban jól szemlélteti, hogy hazánkban részben eltérőek a peremfeltételek, mint Németországban. Vélhetően a szigorúbb szabálykövetés az összömeg terén arra vezethető vissza, hogy az ellenőrzések miatt jelentősen kevesebb túlsúlyos jármű közlekedik Magyarországon, mint Németországban. Így felmerül az a kérdés is, hogy a normál eloszlás alkalmas-e itt is a tehereloszlás valósághű modellezésére? Valószínűsíthető, hogy felső határral bíró eloszlástípusokkal, mint például a lognormális eloszlás, jóval jobb közelítés várható. Ezt mindenképpen érdemes alaposabban megvizsgálni, és a kutatást ez irányban folytatni, amennyiben egy olyan tehermodell megalkotása a cél, amely a magyarországi tehergépkocsi forgalmat reprezentatívan kívánja leképezni.

6. ÖSSZEGZÉS

Az egysávos, kéttámaszú tartók példáján szemléltettük, hogy a Magyarországon mért valós járműterhek közelítése alapján számított karakterisztikus igénybevételek miként viszonyulnak az Eurocode által javasolt tehermodellhez. Mind az Eurocode alapértékei, mind a Magyarországon jelenleg hatályos tehermodell konzervatívnak bizonyult a vizsgált esetekben.

Rámutattunk arra is, hogy hazánkban a járművek terhelésének sűrűségfüggvénye kevésbé illeszkedik a normális eloszláshoz, mint Németországban. Ellenben felső határral bíró eloszlástípusokkal, mint például a lognormális eloszlás, jobb közelítés várható.

Fontos megjegyezni, hogy jelen számítás számos egyszerűsítést és közelítést tartalmaz, és a valós hidaknak csak egy kiválasztott szegmensét foglalja magába. Egy valósághű tehermodell megalkotásához további, átfogó számítások elvégzésére van szükség. A vizsgálat célja elsősorban az volt, hogy rámutasson miként használhatóak fel a rendelkezésre álló mérési adatok egy valósághű tehermodell megalkotásához, illetve adjon egy első indikációt, hogy a jelenlegi tehermodell lefed-e a valós forgalmi terhet.

7. TÁMOGATÁS

Az Útügyi Műszaki Szabályozási Bizottság döntésére, 2025 áprilisában új MAÚT-munkabizottság (Magyar Út- és Vasútügyi Társaság) alakult a közúti hidak forgalmi teherszintjének meghatározásához kapcsolódóan. A készítendő szakmai háttéranyag célja a tényleges közúti forgalmon alapuló teherszintből statisztikai alapon számítható közúti híd forgalmi terhek elemzése, vizsgálva a Magyar Közút NZrt. (MK) mérlegelési adatsorainak használhatóságát az Európában alkalmazott példák tükrében. A bizottsági elemzés tervezett befejezési határideje 2026. április. A munkabizottságot Hajós Bence vezeti, tagok: Sitku László, Dr. Kovács Tamás, Dr. Boros Vazul, Kövári Ákos és Németh Gábor.

Jelen tanulmány a Hidak teljesítmény alapú méretezése 1. című MAÚT-munkabizottság kutatásához kapcsolódóan készült.

8. IRODALOMJEGYZÉK

- [1]: V. Boros, B. Novák, & U. Decker. 2015. Modifiziertes Verkehrslastmodell für kommunale Brückenbauwerke. Beton und Stahlbetonbau, 110(9) pp. 620–627. <https://doi.org/10.1002/best.201500024>
- [2]: Kövári Ákos & Németh Gábor. 2025. Az EUROCODE szerinti forgalmi tehermodellek kialakulása, alkalmazása és kalibrációja WIM adatokkal. In Útügyi lapok 13(22) pp. 25-42. <https://doi.org/10.36246/UL.2025.2.03>
- [3]: R. Kaschner, szerk. 2009. Auswirkungen des Schwerlastverkehrs auf die Brücken der Bundesfernstraßen. In Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen B, Brücken- und Ingenieurbau, no. 68. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft.
- [4]: U. Freundt, szerk. 2011. Anpassung von DIN-Fachberichten „Brücken“ an Eurocodes. In Berichte der Bundesanstalt für Strassenwesen B, Brücken- und Ingenieurbau, no. 77. Bremerhaven: Wirtschaftsverlag NW, Verlag für neue Wissenschaft.
- [5]: Hajós Bence & Hajós Eszter Sára. 2025. A közúti teherforgalomban közlekedő járművek tényleges össztömeg mérési eredményei Magyarországon. Útügyi lapok 13(22) pp. 43-59. <https://doi.org/10.36246/UL.2025.2.04>
- [6]: Boros Vazul. 2024. Közúti terhek statisztikai alapú meghatározása Németországban az Eurocode szerint – hazai alkalmazás lehetőségei. In Hajós Bence szerk. Hidász napok 2024 előadásainak gyűjteménye, Lánchíd füzetek 40. Biri, 154-170. https://hidak.hu/konyvek/Lanchid_40_HN2024.pdf
- [7]: Boros Vazul, Kövári Ákos & Hajós Bence. 2025. Potentials of utilizing vehicle weight data for the calibration of national traffic load models for bridges. In Leonetti, D.; Snijder, H.H.; De Pauw, B.; Alphen, S. szerk. IABSE Congress Ghent 2025, The Essence of Structural Engineering for Society, Congress Proceedings, Zürich, International Association for Bridge and Structural Engineering IABSE pp. 2193-2200.
- [8]: U. Freundt, S. Böning, & R. Kaschner. 2011. Straßenbrücken zwischen aktuellem und zukünftigem Verkehr – Straßenverkehrslasten nach DIN EN 1991-2/NA, Beton und Stahlbetonbau, 106(11) pp. 736–746, <https://doi.org/10.1002/best.201100050>
- [9]: DIN 1072 Straßen- und Wegbrücken Lastannahmen. Dezember 1985.
- [10]: G. Spaethe. 1992. Die Sicherheit Tragender Baukonstruktionen. Springer-Verlag, Berlin.
- [11]: Horváth Adrián. 2024. Új e-ÚT 07.01.12:2024T előírásról – Újdonságok az e-ÚT 07.01.12:2011-hez képest. In Hajós Bence szerk. Hidász napok 2024 előadásainak gyűjteménye, Lánchíd füzetek 40. Biri, pp. 83-109. Online: https://hidak.hu/konyvek/Lanchid_40_HN2024.pdf
- [12]: Hajós Bence. 2010. Összefoglaló a magyar közúti hídgazdálkodásról 2004-2010. In Hajós Bence szerk. Lánchíd füzetek 16. Biri, 1-28. https://hidak.hu/konyvek/Lanchid_16_hidgazdalkodas.pdf