

Hajós Bence¹

A STANAG 2021 szerinti katonai járműteherosztályok a polgári hídszabályzatok tükrében

Military Vehicle Classes According to the STANAG 2021 in the Light of Civil Bridge Design Codes

Absztrakt

A katonai járművek és hidak teherbírasi besorolási rendszerét a STANAG 2021 szabvány szerint kell végezni. Ehhez kapcsolódó feladat a meglévő polgári hidak katonai teherbírasi besorolása. A besorolás gyors módszere lehet konverziós eljárások kidolgozása. A munkához szükséges a STANAG 2021 szerinti ideális járművek pontos ismerete, ezek paramétereinek részletes elemzése és a polgári szabályozástól eltérő részletek azonosítása.

Kulcsszavak: STANAG 2021, híd, hídszabályzat, teherbírás, méretezés

Abstract

The load classification of military vehicles and bridges shall be carried out according to the STANAG 2021. A related task is the military load classification of existing civil bridges. A quick method for classification could be the development of conversion procedures. This work requires a precise knowledge of the ideal vehicles according to STANAG 2021, a detailed analysis of their parameters and the identification of details that differ from the civil design codes.

Keywords: STANAG 2021, bridge, bridge code, load capacity, static calculation

¹ Hidász mérnök, 2012-ben Az év hidásza, az Első Lánchíd Bt. ügyvezetője, e-mail: elsolanchid@elsolanchid.hu

Bevezetés

Magyarország 1999. évi NATO²-csatlakozását követően a Honvéd Vezérkar főnök helyettesének 17/2001. (HK 3/2002) intézkedésével vezették be a STANAG 2021-gyel³ az AEP-3.12.1.5 NATO-szabványt,⁴ amely hidak, kompok, tutajok és katonai járművek teherbírási osztályozásáról rendelkezik. Az egyezmény és a szabvány angolul készült, hivatalos magyar fordítása nincsen.

A szabvány eljárásrendet rögzít a katonai járművek terheinek és geometriájának függvényében való osztályba sorolására mind kerekes, mind lánctalpas járművekre vonatkozóan. A szabvány második része pedig hidak, kompok és tutajok teherbírásának osztályba sorolásáról rendelkezik. Az előírás célja, hogy amennyiben egy híd vagy komp, tutaj besorolási száma nagyobb, mint az adott katonai járműé, akkor nincs teherbírási akadálya az átkelésnek.

A korábbi katonai hídszabályzattól lényegesen eltérő, egységes NATO-szabályozás bevezetéséhez kapcsolódóan több részletes tanulmány,⁵ vitaanyag,⁶ vizsgálat készült, és 2003-ban országos konferencia⁷ is foglalkozott a STANAG 2021-gyel kapcsolatos feladatokkal, kihívásokkal.⁸ A téma felvetés érintőlegesen megjelent két PhD-disszertációban is.⁹ A témához kapcsolódó utolsó publikáció 2018-ban jelent meg¹⁰ a STANAG akkor hatályos 7. kiadását elemezve, egyúttal bemutatva azt a szakértői háttér munkát, amelynek egy része beépült a szabvány jelenleg hatályos 8. kiadásába.

A szabványhoz kapcsolódó hazai publikációk pontosan kijelölték a szükséges teendőket, feladatokat, amelyek végrehajtását akadályozta, hogy ezzel egy időben történt a polgári hídszabályzat reformja és az Európai Unióhoz való csatlakozás okán az Eurocode bevezetése. A magyar közúti hídtervezésben használatos Útügyi Műszaki Előírás az Eurocode transzparens átvételét ekkor megkerülte, ami az egységes európai tervezési elvek átültetését bő két évtizeddel elhalasztotta. A napjainkban elkészülő új polgári hídtervezési előírások fogják ténylegesen átvenni az Eurocode előírásait.¹¹

Jelen tanulmány célja a STANAG 2021 szerint megfelelőnek tartott katonai járműterhek bemutatása és elemzése, összehasonlítva ezeket a polgári hídtervezésben alkalmazott ideális hasznos terhekkel. E vizsgálat szükséges a meglévő polgári hidak katonai besorolásának elvégzéséhez, ami a STANAG 2021 mindennapi használatba vételének része kell hogy legyen.

A vizsgált szabványt számos NATO-tagállam évtizedek óta használja. A STANAG 2021 első kiadását az amerikai hadsereg készítette el, amit tükröz a teherosztályok

² North Atlantic Treaty Organisation – Észak-atlanti Szerződés Szervezete.

³ STANAG 2021 (Standardization Agreement – Szabványosítási Egyezmény).

⁴ A továbbiakban az egyezményre és a mögöttes szabványra együttesen STANAG 2021-ként hivatkozom. A szabvány szövege önmagára is STANAG 2021-ként utal.

⁵ DEÁK–HAVASI–NAGY 2001; GULYÁS 2002.

⁶ GULYÁS–HAVASI 2003.

⁷ LUKÁCS 2003.

⁸ GULYÁS 2003.

⁹ HAVASI 2007; GULYÁS 2009.

¹⁰ POLÓNYI 2018.

¹¹ HAJÓS 2024.

eredeti angolszász mértékegységrendszere, amit a jelenleg hatályos 8. kiadás már SI-mértékegységekre átváltva közöl.

A katonai teherbírási besorolási rendszert (Military Load Classification, MLC) sok ország alkalmazásba vette, így joggal merülhet fel a kérdés, miért szükséges ezzel nemzeti szinten foglalkozni egy már bevett eljárás helyett. Mivel az egységes európai méretezési rendszer, az Eurocode átvétele elmaradt, a meglévő magyar polgári hídállomány az elmúlt évtizedekben érvényes magyar hídtervezési előírások szerint épült.

A magyar hídállomány (körülbelül 16 000 hídszerkezet) katonai teherbírási besorolása óriási feladat. A besorolás végezhető hidanként, egyesével, részletes erőtani számítások készítésével, de praktikusán végezhető megfelelő teherbírási konverziós eljárással, a híd ismert polgári teherbírási osztályából és egyéb releváns paramétereiből kiindulva. E második módszerrel kellő pontossággal elvégezhető a katonai besorolás lényegesen kisebb idő- és költségráfordítással, mint egyedi számítások készítésével. Ennek előfeltétele a STANAG 2021 részletes elemzése, vizsgálata és az egyes korok polgári hídtervezési előírásaival való összehasonlítása.

Katonai járműteherbírási osztályok (MLC)

A kitűzött célhoz alaposan ismerni kell a STANAG 2021 ideális járműveit. A szabványban összesen 32-féle járműtípus van, 16 lánctalpas és 16 kerekes. Ezek jelölése MLC4-től MLC150-ig terjed. A 16-féle lánctalpas járműnél a szám azonos az ideális lánctalpas jármű angolszász mértékegységben kifejezett tömegével rövid tonnában (*short ton*). Az ideális kerekes járműveknél az össztömeg nagyobb, mint a besorolási szám.

A rövid tonna (1 short ton = 2000 font) az SI-rendszerben 907,185 kg-nak felel meg. Így az MLC100 besorolású lánctalpas jármű össztömege 100 rövid tonna, ami az SI szerint 90,72 tonnának felel meg, ami súlymértékre átváltva (9,80665 m/s² nehézségi gyorsulással) 889,64 kN. A szabványban található besoroláshoz használatos nyomaték- és nyíróerő-adattáblák e fenti szabatos átváltásokkal készültek. Ez azért megjegyzendő, mert az SI-mértékegységek 1980. évi magyarországi bevezetésétől a polgári hidászatban nemes egyszerűséggel a hasznos teher tömegértékeinek súlyra való átszámítását 10 m/s² nehézségi gyorsulással végzik, ami közel +2% eltérést jelent a biztonság javára. Így lett a hatályos közúti előírásokban a korábbi 80 tonnás közúti járműteherből 800 kN és a 400 kg/m² közúti megoszló terhelésből 4 kN/m². A jelzett átváltási egyszerűsítés napjainkban a konkrét polgári járműszerelvények, jellemzően túlméretes, túlsúlyos különleges esetek ellenőrzésekor használatos.

A STANAG 2021 járműosztályait tekintve az első szembetűnő különbség a 16+16-féle osztály adta bő választék a közúti teherosztályokhoz képest. Ugyanazon MLC-osztályozás használatos a járművekre és a hidakra is. A hidakat tekintve túlságosan részletesnek tűnik a 16 fokozatú osztályozás, míg a katonai járművek esetében, tekintettel a járműbesorolásokból származtatható jármű-kombinációkra is, amit később részletesen is megvizsgálunk, indokolt a besorolás sokfélesége.

Hidak esetében 16-féle osztályt használhatunk (MLC4 – MLC150), a katonai járművek esetében viszont a 16-os skála valójában MLC4-től MLC150-ig terjedő, 147 fokozatú osztályozás iterációs besorolásához használatos. Ugyanis a megadott

ideális MLC-jármű-kategóriák között lineáris interpolációval kell képezni a tényleges jármű besorolását, a kapott eredményt egész értékre felfelé, a biztonság javára kerekítve. Érdekesség, hogy a járművek besorolásánál alkalmazandó módosító tényezőkkel vagy jármű-kombinációval akár MLC150-nél nagyobb besorolási számot is kaphatunk a járműre vagy jármű-kombinációra, amit az MLC150-ig terjedő hídosztályozás nem tud kezelni, így ezen esetek kívül esnek a szabvány alkalmazási körén.

A lánctalpas járművek nehéz és zömök paramétereikkel könnyen lehetnek mértekadók a hidak ellenőrzésekor. A nagyobb lánctalpas járműosztályok vonatkozásában talán kirívónak is tűnhetnek első olvasatban a minden korábbi hidászelőírásnál lényegesen nagyobb teher szintek. Hidászszemmel a lánctalpas katonai járművek esetében első kérdés, hogy mekkora a legnehezebb lánctalpas jármű, amelynek közlekedésére rövid, közép- vagy akár hosszú távon számítani kell.

Az eddigi hídtervezési osztályokat tekintve a II. világháború után hazánkban, igazodva a KGST¹² előírásához, a legnagyobb ideális járműteher 80 tonna¹³ volt. A legnehezebb hadrendbe állított harckocsikat tekintve kijelenthetjük, hogy a 80 tonna össztömeget a tényleges igények ma sem haladják meg.

A legnehezebb katonai járművek közé tartoznak a Honvédelmi és Haderőfejlesztési Program keretében beszerzett Leopard 2A7HU harckocsik, amelyek össztömege 73 tonna¹⁴.

Ismeretes, hogy a hadtörténelemben voltak próbálkozások óriás szupertankok építésére, ezek közül a legnagyobb a Maus névre keresztelt náci német tank volt. A fejlesztés elején 100 tonnásra tervezett jármű végül 188 tonna lett, amelyből csak egy példány készült el 1944-ben, illetve egy második félkészen, fatoronnyal. Az 1942-ben tervezett, szintén német Landkreuzer P. 1000 grandiózus tank 14 m széles, 35 m hosszú és 11 m magas lett volna, 1000 tonna össztömeggel, de a terv a prototípusig sem jutott el.¹⁵ A járművek tömegének emelése a kétségtelen előnyök mellett aránytalanul nehezíti a mozgásképességet, így nem véletlen, hogy a technológiai fejlődés nem ebbe az irányba folytatódott.

A lánctalpas járművek esetében a szabvány MLC90 feletti részének gyakorlati jelentősége elenyésző. MLC90 feletti terhelés a várható járművekkel csak kombinációval lehetséges, például két MLC75 besorolású harckocsi egymást vontatja, így az összegzés szabályai szerint MLC150 együttes járműbesorolást eredményezve.

A járművek MLC-besorolásának eredménye nem azonos a jármű össztömegével, hanem a szabványban szereplő ideális járműterhekhez kell arányosítani a vizsgált eszközt. Az arányosítást kéttámaszú tartón számított legnagyobb mezőközépi nyomatéki és támaszközeli nyíróerő-igénybevételek számításával kell elvégezni. Erre nézzünk egy gyors példát.

A járművek MLC-besorolásának menetét illusztrálva határozzuk meg egy harckocsi MLC-besorolását, össztömegét 800 kN-nak feltételezve, a lánctalpakat pedig 5,4 m hosszúnak, egyenként 55 cm szélesnek és 3,7 m keresztmetszeti szélességgel felvéve.

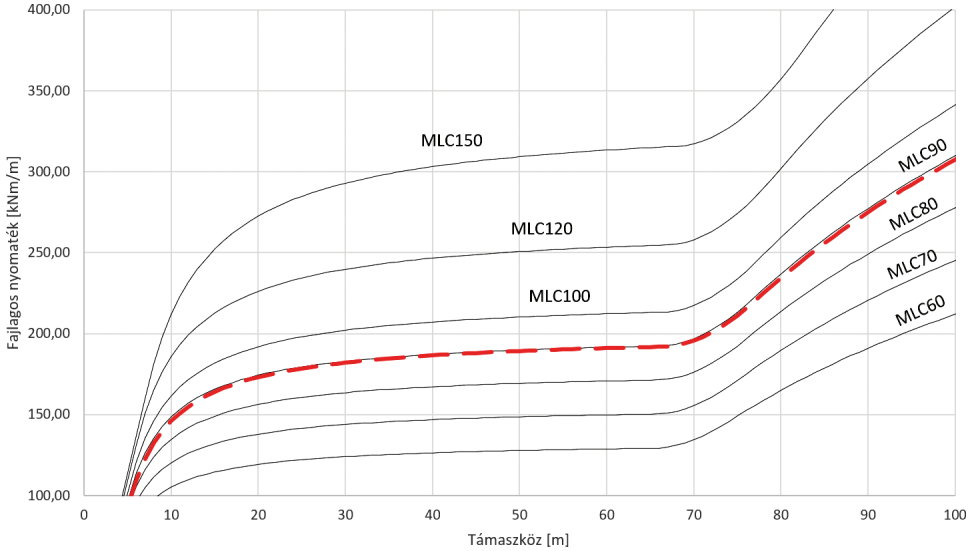
¹² Kölcsönös Gazdasági Segítség Tanácsa.

¹³ HAJÓS 2024.

¹⁴ TÓTH 2022.

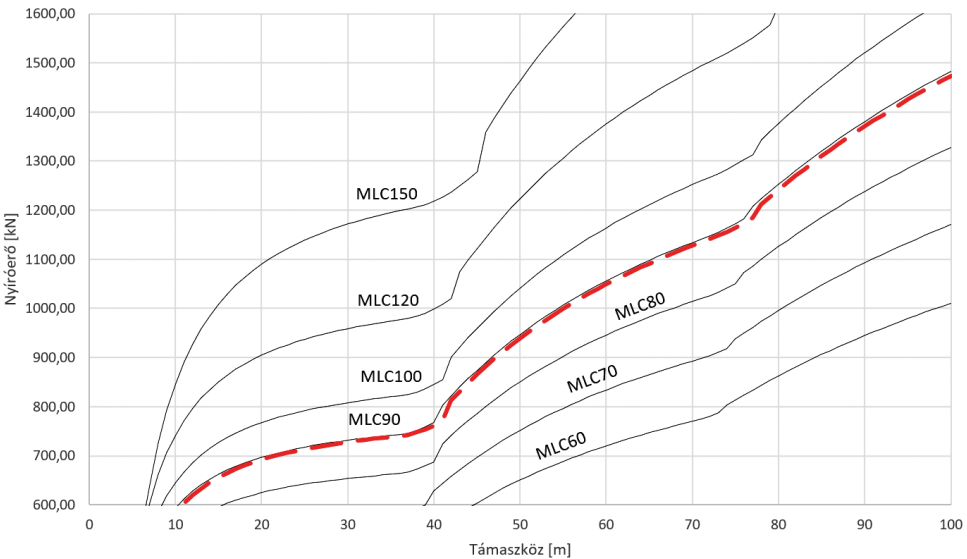
¹⁵ ARNDT [é. n.].

A szabvány szerint kéttámaszú gerendamodellen elvégeztük a vizsgált jármű okozta nyomatótékok és nyíróerők számítását 1–100 m támaszköztartományban, méterenkénti léptékben. A vizsgált jármű és a STANAG 2021 szerinti ideális járművek igénybevételi grafikonját mutatja a támaszköz függvényében az 1. és a 2. ábra.



1. ábra: A 800 kN-os harckocsi nyomatótéki vizsgálata

Forrás: a szerző szerkesztése



2. ábra: A 800 kN-os harckocsi nyíróerő-vizsgálata

Forrás: a szerző szerkesztése

Először a nyomatéki görbeseregeknél megállapíthatjuk, hogy sehol sem haladja meg az MLC90-hez tartozó értékeket. Az MLC90 görbét legjobban 63–66 m támaszköztartományban közelíti meg, így a vizsgált jármű MLC-alapértékének iterálását itt végeztük el. Az MLC80 és MLC90 közötti iterálással kapott nyers MLC-besorolási szám 89,76-ra adódott.

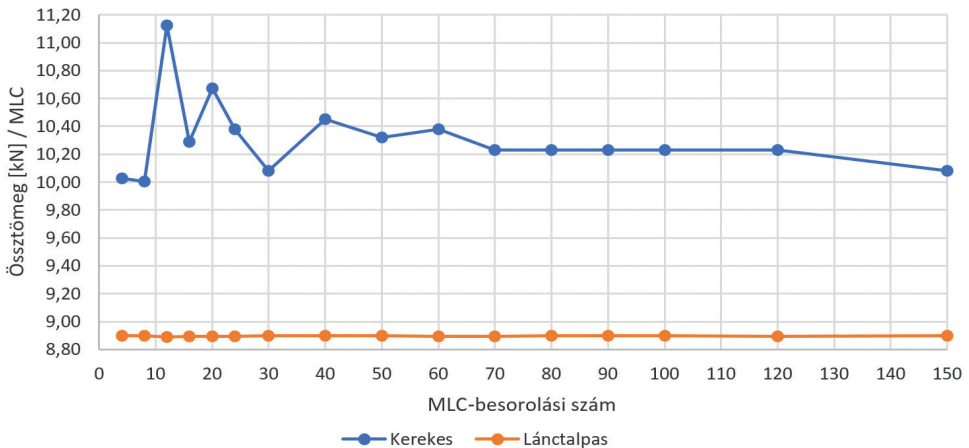
Második lépésben ugyanezt el kell végezni a nyíróerő-görbeseregekkel is. Itt szintén végig az MLC90 alatt marad a vizsgált jármű, az MLC90 görbét legjobban 35–36 m támaszköztartományban közelítve meg. Ezen támaszközön végzett iteráció eredménye 89,60, ez lesz a besorolási szám.

Végül a vizsgált jármű szélességének megfelelő korrekciót kell elvégezni. Az MLC90 ideális szélessége 3,81 m, a vizsgált jármű pedig 3,7 m, azaz 11 cm-rel keskenyebb – kedvezőtlenebb. A szabvány D melléklete szerint ezért az iterált nagyobbik besorolási alapszámot ($6 / 25,4 \times 11 =$) 2,598%-kal növelni kell: $89,76 \times 1,02598 = 92,1$. A korrigált értéket egész számjegyre felfelé kerekítve kaphatjuk meg a vizsgált jármű MLC-besorolását, ami esetünkben tehát MLC93.

Az ideális járművek paraméterei

A szabványban megadott ideális járművek egyes paraméterei nem alkotnak tiszta matematikai sorozatokat, így érdemes megismerni ezeket részleteiben is.

Vizsgáljuk meg a STANAG 2021 ideális járműveinek paramétersorozatát. A lánctalpas járművek besorolási száma azonos az angolszász rövid tonnában kifejezett össztömeggel, így mind a 16 esetben az ideális lánctalpas jármű tömege kN-ban kifejezve egyenlő az MLC-besorolási számnak pontosan a 8,9-szeresével. A kerekes járművek össztömege az angolszász rövid tonnában mindig nagyobb, mint az MLC-besorolási szám, azonban itt a kettő között nincsen egyenes arányosság. Az ideális jármű tömege kN-ban kifejezve egyenlő az MLC-besorolási szám 10,0–11,2-szeresével (3. ábra).



3. ábra: A STANAG 2021 szerinti ideális járművek össztömegének [kN] aránya az MLC-besorolási számhoz
 Forrás: a szerző szerkesztése

A 16-féle lánctalpas jármű további paramétereinek összehasonlítását tartalmazza az 1. táblázat és a 4. ábra. Az össztömeg kivételével az egyes paraméterek nem alkotnak lineáris sorozatot.

A jármű lánctalpainak keresztmetszeti szélessége közel egyenletesen növekszik a terhelési osztályokkal. A lánctalp felfekvési hossza ugyan monoton növekszik a besorolási számmal, de az MLC12, MLC16, MLC20 és MLC24 ideális járművek lánctalphossza egységesen 2,74 m. Hasonló helyzet látható a lánctalp szélességi értékében is, az MLC4, MLC8, MLC12 és MLC16 osztályok lánctalpszélessége egyformán 30 cm, de egyforma az MLC24 és MLC30 lánctalpszélessége is (46 cm).

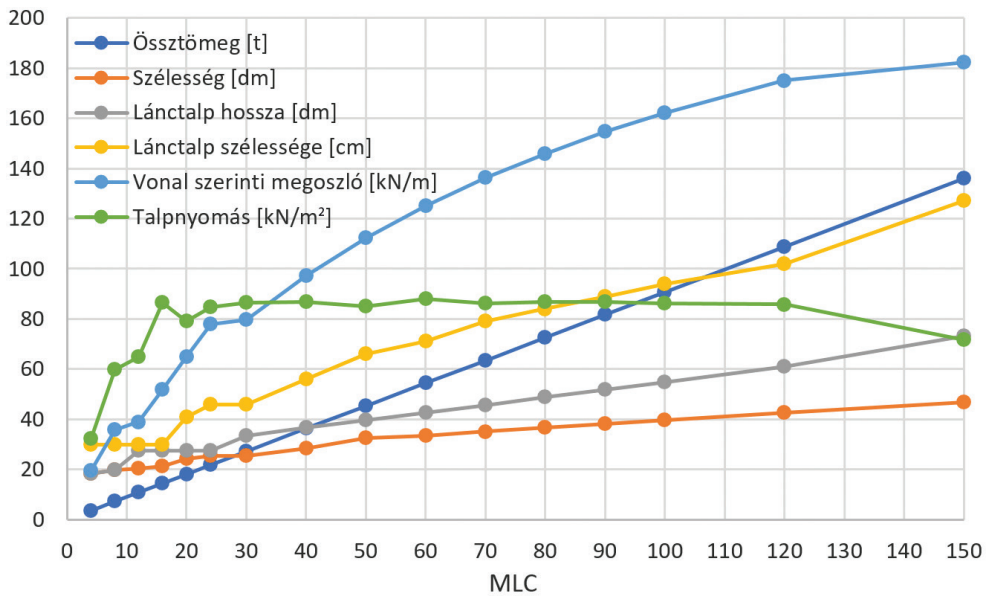
A lánctalpas járművek terhelésénél a lánctalp felfekvési hosszában egyenletesen megoszló vonal menti terhelést elemezve láthatjuk, hogy az egyes terhelési osztályok közötti változás szigorúan monoton nő. Ez kifejezetten fontos tulajdonság ahhoz, hogy egyszerűsített rúdmodellen lehessen számításokat végezni, és e tekintetben ne sérüljön az a kívánalom, hogy a nagyobb besorolási osztály okozta hatás ne legyen semmilyen esetben sem kisebb, mint a kisebb besorolású hatás.

A lánctalp alatti pecsétterhelést vizsgálva leginkább szembeötlő az egymást követő teherosztályok különbsége. A lokális fajlagos terhelés $32,42 \text{ kN/m}^2$ és $86,82 \text{ kN/m}^2$ között változik, a két legnagyobb teherosztályban pedig az értékek csökkennek. Ez a lokális vizsgálatok esetén akár problémát is eredményezne, de a szabvány előírja, hogy a lánctalpas járművek esetében a pecsétterhelésre figyelembe kell venni az azonos teherosztályú kerekes jármű mértékadó kerékterhelését fél értékkel, ami nagyobb terhet jelent (lásd 5. ábra), így a lánctalp alatti pecsétterhelés nem lehet egy esetben sem mértékadó. A legkisebb kerekes jármű pecsétnyomása $395,4 \text{ kN/m}^2$, ami fél értékkel számítva is több mint kétszerese a legnagyobb lánctalp alatti pecséttehernek.

1. táblázat: A STANAG 2021 szerinti ideális lánctalpas járművek paraméterei

MLC	Össztömeg		Szélesség [dm]	Lánctalp		Fajlagos teher	
	[t]	[kN]		hossz [dm]	szélesség [cm]	[kN/m]	[kN/m ²]
4	3,63	35,60	18,3	18,3	30	19,45	32,42
8	7,26	71,20	19,8	19,8	30	35,96	59,93
12	10,88	106,70	20,3	27,4	30	38,94	64,90
16	14,51	142,29	21,3	27,4	30	51,93	86,55
20	18,14	177,89	24,4	27,4	41	64,92	79,18
24	21,77	213,49	25,4	27,4	46	77,92	84,69
30	27,22	266,94	25,4	33,5	46	79,68	86,61
40	36,29	355,88	28,4	36,6	56	97,24	86,82
50	45,36	444,83	32,5	39,6	66	112,33	85,10
60	54,43	533,78	33,5	42,7	71	125,01	88,03
70	63,5	622,72	35,1	45,7	79	136,26	86,24
80	72,58	711,77	36,6	48,8	84	145,85	86,82
90	81,65	800,71	38,1	51,8	89	154,58	86,84
100	90,72	889,66	39,6	54,9	94	162,05	86,20
120	108,86	1067,55	42,7	61,0	102	175,01	85,79
150	136,08	1334,49	46,7	73,2	127	182,31	71,77

Forrás: a szerző szerkesztése



4. ábra: A STANAG 2021 szerinti ideális lánctalpas járművek paraméterei az MLC-besorálási szám függvényében

Forrás: a szerző szerkesztése

A kerekes ideális járművek paramétereinek sorozata nagyobb belső egyenetlenséget mutat. Az adatokat a 2. táblázat és az 5. ábra tartalmazza. Ezek közül a teherbírás-ellenőrzés szempontjából fontosabb a mértékadó tengelyterhelés és az ebből származtatott gumiabroncs alatti pecsétnyomás. (A grafikonon a pecsétterhelést 0,1 kN/m² egységben ábrázoltuk, hogy a többi paraméterrel jól összehasonlítható görbesereget kapjunk.)

A kisebb teherosztályokban „ingadozó” intenzitású pecsétterhelés nem szerencsés egy szabványos ideális tehersorozatnál, de kétségtelen, hogy gyakorlati hatása elhanyagolható. A nagyobb járművek esetében viszont látható a pecsétterhelés szignifikáns visszaesése MLC50-től. Ennek oka, hogy innentől a mértékadó tengelyterheléshez négy abroncs tartozik, a kisebb teherosztályokban lévő két abroncs helyett.

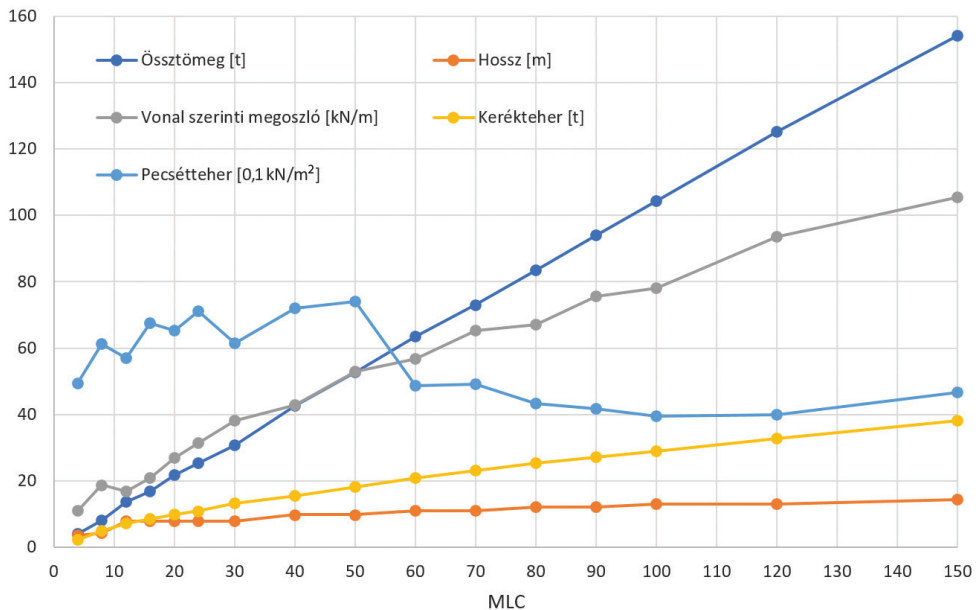
Ez azt eredményezi, hogy lokális vizsgálatra (például híd kocspályaátszűrődés-vizsgálata) a legnagyobb szélsőséget mutatva, az MLC100 osztályra ellenőrzött pecsétterhelés 187%-át okozza a kisebb osztályú MLC50 szerinti ideális jármű!

A kerekes ideális járművek mértékadó kerék-pecsétterhelésének bemutatott anomáliáját a hidak MLC-besorolásakor a lokális vizsgálatokban figyelembe kell venni. Ez történhet egyszerűen a legnagyobb pecsétterhelés (MLC50 szerinti 741,2 kN/m²) egység alkalmazásával valamennyi nagyobb teherosztályban.

2. táblázat: A STANAG 2021 szerinti ideális kerekes járművek paramétereit

MLC	Össztömeg		Hossz [m]	Fajlagos teher [kN/m]	Mértékadó kerék					Pecsétteher [0,1 kN/m ²]
	[t]	[kN]			hossz [cm]	kereszt [cm]	darab	kerék- teher [t]	tengely- teher [kN]	
4	4,09	40,11	3,66	10,96	15	15	2	2,27	22,26	49,47
8	8,16	80,02	4,27	18,74	20	20	2	4,99	48,94	61,17
12	13,61	133,47	7,93	16,83	25	25	2	7,26	71,20	56,96
16	16,79	164,65	7,93	20,76	25	25	2	8,62	84,53	67,63
20	21,77	213,49	7,93	26,92	25	30	2	9,98	97,87	65,25
24	25,4	249,09	7,93	31,41	25	30	2	10,89	106,79	71,20
30	30,84	302,44	7,93	38,14	30	35	2	13,15	128,96	61,41
40	42,63	418,06	9,76	42,83	30	35	2	15,42	151,22	72,01
50	52,62	516,03	9,76	52,87	30	40	2	18,14	177,89	74,12
60	63,5	622,72	10,97	56,77	35	30	4	20,86	204,57	48,71
70	73,02	716,08	10,97	65,28	35	33	4	23,13	226,83	49,10
80	83,45	818,36	12,19	67,13	40	36	4	25,40	249,09	43,24
90	93,89	920,75	12,19	75,53	40	40	4	27,21	266,84	41,69
100	104,33	1023,13	13,11	78,04	40	45	4	29,03	284,69	39,54
120	125,19	1227,69	13,11	93,65	40	50	4	32,66	320,29	40,04
150	154,22	1512,38	14,33	105,54	40	50	4	38,10	373,63	46,70

Forrás: a szerző szerkesztése



5. ábra: A STANAG 2021 szerinti ideális kerekes járművek paramétereit az MLC-besorlási szám függvényében

Forrás: a szerző szerkesztése

Itt érdemes megemlíteni, hogy a STANAG 2021 szerinti legnagyobb tengelyterhelések lényegesen magasabbak, mint a járatos polgári közlekedésben engedélyezettek. A legnagyobb egységes európai polgári tengelyterhelés 11,5 t. Egyedi különleges szállítmányok esetében előfordulnak ennél nagyobb tengelyterhelések is, de 13 t feletti tengelyterhelés már egészen ritka speciális esetnek minősül, ennek közlekedéséhez a közútkezelő jellemzően részletes elemzéseket, vizsgálatokat is előír.

Az MLC150 osztályhoz tartozó legnagyobb tengelyterhelés 38,1 tonna, tehát a polgári közúti közlekedés tükrében rendkívülinek számít. A gyakorlatban ilyen tengelyterheléssel nem kell számolnunk, amire jó példák a Magyar Honvédség új beszerzésű nehézgépszállító eszközei.¹⁶ Míg az ideális MLC150-es járműnek öt tengelye van, a ténylegesen várható 150 tonna körüli járműveknek várhatóan lesz legalább 9-10 tengelye. A polgári célú túlméretes szállítások esetén a 150 tonna össztömegű szerelvények tipikusan 13-15 tengelyesek.

Polgári hídszabályzatok szerinti pecsétterhelések

A STANAG 2021 ideális kerekes járműveinek pecsétterhelési kérdésköréhez kapcsolódóan vizsgáljuk meg a legfontosabb polgári hídszabályzatokban szereplő releváns értékeket.

A jelenleg hatályos Útügyi Műszaki Előírás¹⁷ kétféle terhelési osztályt tartalmaz. Az A jelű teherhez 800 kN-os négytengelyes jármű tartozik, s ezt kell alkalmazni néhány marginális eset kivételével. A B jelű teherhez 400 kN-os háromtengelyű ideális jármű tartozik, ennek jelentősége napjainkra visszaszorult, de a meglévő hídállományban nagy számban előfordul, elsősorban mellékutakon.

Az A jelű jármű mértékadó pecsétterhelése 625,0 kN/m², a B jelű járműé 666,7 kN/m². Indokolatlan, hogy a fordított arány itt is előfordul, még ha kisebb arányban is, nevezetesen a nagyobb A jelűre méretezett pecsétteher 107%-át okozza a kisebb B jelű jármű.

A mindenkor magyar polgári hídszabályzatok közül az 1910. évi legelső előírás¹⁸ tartalmazza a legnagyobb pecsétterhelést. Az ideális járműnek kijelölt acélkerékű gőzeke mértékadó tengelyterhelése 15 tonna, de az acélkerék miatt a felfekvási területe kicsi, így a fajlagos pecsétnyomása 1225,8 kN/m²-re adódik.

Érdemes összehasonlításunkat kiegészíteni az Eurocode szerinti mértékadó tengelyterheléssel is. Napjainkban folyamatban van a közúti polgári hidak tervezésére vonatkozó Útügyi Műszaki Előírások megújítása, amelyben meg fog jelenni az Eurocode tehermodellje, habár a teherszintet módosító osztályba sorolási tényezők még véglegesen nem ismeretesek.¹⁹ Tekintsük át az Eurocode alapértékét, amely hatályos az európai országok döntő többségében.²⁰

¹⁶ FARKAS 2020.

¹⁷ e-UT 07.01.12:2011.

¹⁸ 33.034/1910 K.M. rendelet.

¹⁹ HAJÓS 2023.

²⁰ BARTUS-KÖVÁRI-NÉMETH 2023.

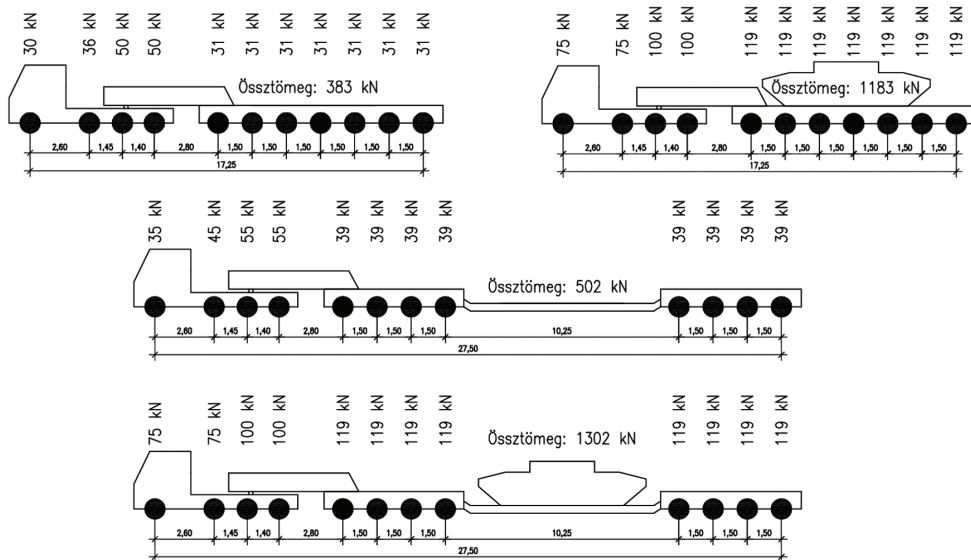
Az Eurocode 300 kN-os tengelyterheléséhez tartozó pecsénnyomás $937,5 \text{ kN/m}^2$, ami lényegesen nagyobb, mint a hatályos magyar A vagy B jelű jármű. Jelentős szabályozási különbség viszont, hogy az Eurocode szerinti járműterhek máshogyan kezelik a dinamikus hatást, alapesetben a tengelyterhek már tartalmazzák a dinamikus többletet, így részletes összehasonlító vizsgálat során erre is tekintettel kell lenni.

Jármű-kombinációk MLC-besorolása

Ha több jármű egymást vontatja vagy szállítja, akkor az egyes járművek besorolási számát összegezni kell. Ha az összeg MLC60-nál kisebb, akkor a kombináció besorolási értéke az összeg 90%-a, egyéb esetben az összeggel egyenlő (például MLC52 és MLC91 kombinációja MLC143-at eredményez).

Vizsgáljuk meg két egyszerű példán keresztül a legtipikusabb nehézgépszállítási konfigurációt az MLC-besorolások összegzésével és részletes elemzéssel is. A példában a mintául használt 800 kN-os harckocsit helyezük nehézgépszállító trélerre. Megvizsgáljuk külön az „asztalon” szállítás és a mélybölcsőben szállítás esetét is. Ez utóbbi előnye, hogy alacsonyabb lesz a rakomány szállítási magassága. A tréler szélessége legyen 3 m.

A vizsgálathoz a 6. ábra szerint vettük fel a járművek tengelyelrendezését és terhelését. A két tréler üresen 383 kN-os (11 tengelyes), illetve 502 kN-os (12 tengelyes, mélybölcsős).



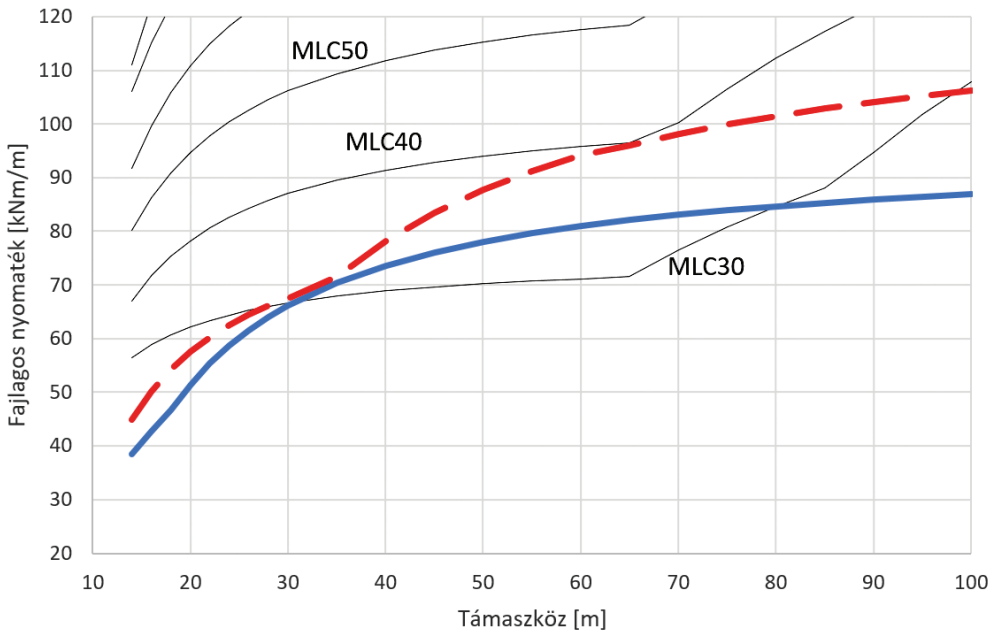
6. ábra: A mintaszámításhoz használt 11 tengelyes nehézgépszállító tréler üresen és rakottan, valamint a mélybölcsős, 12 tengelyes tréler üresen és rakottan

Forrás: a szerző szerkesztése

A példaszámításban a tréler tengelyei között tökéletesen egyenletes teherelosztást feltételeztünk, ami a hidraulikus felfüggesztésű járművekre jellemző, de konkrét esetben a tényleges terhelési értékeket mindenképpen javasolt mérlegeléssel ellenőrizni.

A STANAG 2021 kerekes járművekre vonatkozó szabályai szerint elvégeztük az üres tréler MLC-besorolását. A könnyebbik tréler (11 tengelyes) iterációs besorolási alapértéke 34,2 – ami 65 m támaszközhez tartozó nyomatéki számításnál volt mértékadó. Szélességkülönbségből fakadó korrekció nincsen (2 cm többlet), egészen kerekítve tehát a besorolás eredménye MLC35.

A mélybölcsős tréler esetében az iterációs besorolási érték 39,8, szélességi korrekció nincsen, egészen kerekítve MLC40. A mértékadó fajlagos nyomatéki görbét az ideális járművek görbeseregével a 7. ábra szemlélteti.



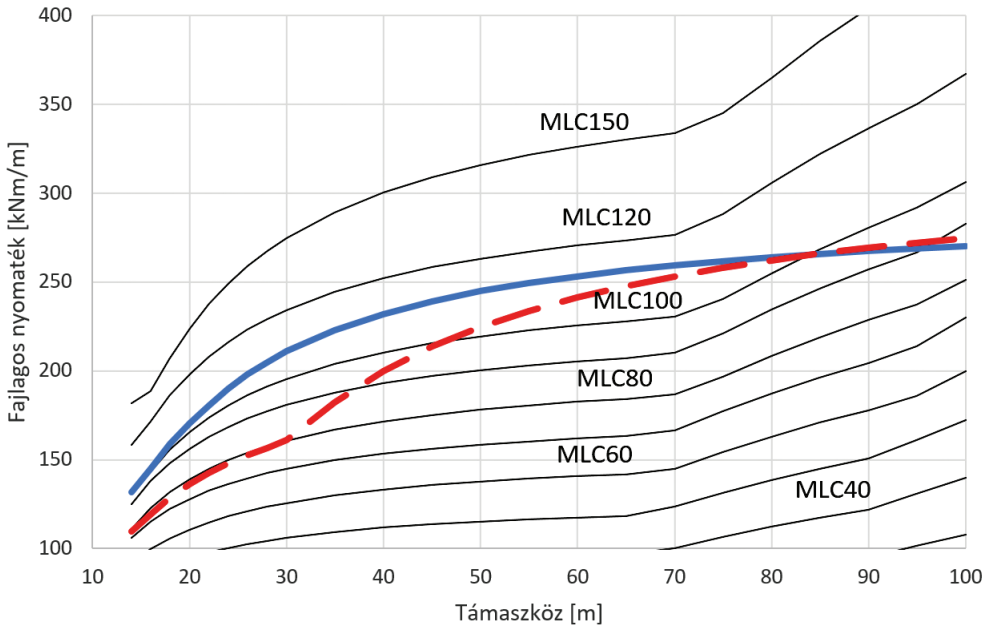
7. ábra: Az üres 11 tengelyes nehézgépszállító tréler (kék) és a mélybölcsős, 12 tengelyes tréler (szaggatott piros) fajlagos nyomatéki görbéje

Forrás: a szerző szerkesztése

A harckocsit az üres trélerre helyezve, az összegzési szabályból származó besorolási szám a 11 tengelyes tréler esetében (35 + 93) MLC128, a mélybölcsős tréler esetében pedig (40 + 93) MLC133.

Elvégeztük a rakott tréler MLC-besorolását a 6. ábra szerinti rakott terhelési értékekkel is. A 11 tengelyes rakott tréler iterációs besorolási alapértéke 106,3 – ami 65 m támaszközhez tartozó nyomatéki számításnál volt mértékadó. A szélességkülönbségből fakadó korrekció után (48 cm hiány, azaz +11,3%) a korrigált érték 118,4, egészen kerekítve tehát MLC119.

A mélybölcsős tréler esetében az iterációs besorolási érték 104,9, ugyanazon szélességi korrekcióval 116,8, egészekre kerekítve MLC117. A mértékadó rakott fajlagos nyomatéki görbéket az ideális járművek görbeseregével a 8. ábra szemlélteti.



8. ábra: A rakott 11 tengelyes nehézgépszállító tréler (kék) és a mélybölcsős, 12 tengelyes tréler (szaggatott piros) fajlagos nyomatéki görbéje

Forrás: a szerző szerkesztése

Megállapíthatjuk, hogy a rakott tréler MLC-besorolása összegzéses módszerrel 8 és 14%-kal nagyobb eredményre vezetett, mint a részletes besorolás elvégzése. A STANAG által engedett összegzés tehát a biztonságot növelte, miközben teljesen egyszerű és villámgyors megoldást adott az eseti jármű-kombináció együttes besorolására (3. táblázat). A példa rávilágít arra, hogy rendszeresített jármű-kombinációkra mindenképpen érdemes elvégezni a részletes iteráción alapuló besorolást is, mivel így kedvezőbb MLC-értéket kaphatunk, mint egyszerű összegzéssel. A rendszeresített jármű-kombinációkat tengelysúly-mérlegeléssel indokolt ellenőrizni besorolás előtt.

A STANAG 2021 az ideális járművek MLC-besorolásához járműoszlop vizsgálatát írja elő. Előírás, hogy az egymást követő járművek közötti távolság az elől haladó jármű utolsó tengelyétől a követő jármű első tengelyéig 30,5 m legyen. Lánctalpas járművek esetében ez a távolság a lánctalpak felfekvési pontjai között értendő. Az előírás egyszerűsíti a számítást abból a szempontból, hogy nem kell figyelembe venni a jármű tényleges felépítményét, ami ezeken a pontokon adott esetben lényegesen túlnyúlik. Ugyanakkor a konvoj követési távolságának gyakorlatban való megtartásában ez jelentős nehézséget okoz.

3. táblázat: A példának vett tréler MLC-besorolásának főbb adatai

	11 tengelyes tréler	12 tengelyes mélybölcsős tréler
üres tömeg	39,1 t	51,2 t
üres súly	383 kN	502 kN
üres MLC-besorolás	MLC35	MLC40
rakott tömeg	120,6 t	132,8 t
rakott súly	1183 kN	1302 kN
rakomány MLC	MLC93	MLC93
rakott MLC-összegzéssel	MLC128	MLC133
rakott MLC-számítással	MLC119	MLC117
összegzett/számított	108%	114%

Forrás: a szerző szerkesztése

Mivel a járművek MLC-besorolásához csak egyszerű kéttámaszú tartómodellt kell használni, a kéttámaszú erőjáték vonatkozásában e követési távolságot mint átlagértéket kezeljük. (Az egyes hídszerkezet besorolásakor viszont a követési távolság bizonytalanságával részletesen foglalkozni kell.)

Az előző példa arra is rávilágít, hogy amennyiben a vizsgált jármű lényegesen hosszabb (esetünkben 17,25 m és 27,5 m), mint a besorolási iterációnál használt ideális jármű (MLC100 és MLC120 esetében is 13,11 m), akkor a vizsgált jármű konvojban való haladása bizonyosan nem lesz mértékadó sem nyomatéki, sem nyíróerő vonatkozásában. Éppen ezért a fenti számításban (7. és 8. ábra) egyszerűsítésül csak egyetlen trélerrel számoltunk. A hasonlító fajlagos nyomatéki görbeseregnél jól látható, hogy 65–70 m támaszkoztartományban van egy iránytörés, ami az ideális jármű konvojhatásából származik. A vizsgált trélereink esetében ugyanezen töréspont 80–85 m-nél adódna.

Összegzés

A STANAG 2021 szerint egységes NATO-szabványt kell alkalmazni katonai járművek és hidak, kompok, tutajok teherbírási besorolásához. Cél a meglévő közúti hídjaink MLC-besorolása, különös tekintettel a NATO-szállítások szempontjából releváns útvonalak hídjai esetében.

Elemeztük a járművek osztályba sorolására vonatkozó szabályokat, amelyeknek pontos ismerete elengedhetetlen a kitűzött cél, a hidak teherbírási besorolásához. Bemutattuk, hogy az ideális járművek paramétersorozatai nem alkotnak letisztult sorozatokat, ellenben kedvezőtlen adatingadozások láthatók, elsősorban a kerekes járművek esetében.

Feltártuk, hogy az ideális járművek paramétereinek sorozatában a hidak teherbírási megítélésében külön vizsgálendő a pecsétterhelés esete. Ennek elemzése célszerűen az egyes polgári hídszabályzatok szerinti pecsétterhelések függvényében kezelendő.

Ugyanezen szabályozási belső aránytalanságot a polgári A és B jelű járműveknél is kimutattuk.

Vizsgáltuk két tipikus nehézgépszállítási elrendezésben a jármű-kombinációk MLC-besorolását szabvány szerinti összegzéssel és részletes besorolási iterációval. Megállapítottuk, hogy az egyszerű és gyors összegzés a biztonság javára 8–14%-kal nagyobb besorolást eredményez. Így javasolt a rendszeresített jármű-kombinációk részletes besorolását minden esetben elvégezni a kedvezőbb MLC-érték érdekében. A besorolás megbízhatóságához pedig javasolt előzetes tengelysúly-mérlegelést végezni.

Felhasznált irodalom

- 33.034/1910 K.M. rendelet: Szabályrendelet a közúti hidak tervezéséről, forgalomba helyezéséről, próbaterheléséről és időszakos megvizsgálásáról (Közúti hídszabályzat). Online: <https://hidak.hu/konyvek/KHSZ1910.pdf>
- AEP-3.12.1.5 NATO Standard Military Load Classification of Bridges, Ferries, Rafts and Vehicles. Edition A Version 1, September 2017.
- e-UT 07.01.12:2011 Erőtani számítás, Közúti hidak tervezése (KHT) 2. Ütügyi Műszaki Előírás. Online: <https://ume.kozut.hu/dokumentum/205>
- STANAG 2021 Standardization Agreement, Military Load Classification of Bridges, Ferries, Rafts and Vehicles. Edition 8, 14 September 2018 NSO/1074(2017) MILENG/2021.
- ARNDT, Rob [é. n.]: *Panzerkampfwagen VIII Maus (1943–1945)*. Online: <https://web.archive.org/web/20130629194425/http://strangevehicles.greyfalcon.us/PANZERKAMPFWAGEN%20VIII%20MAUS.htm>
- BARTUS Róbert – KÖVÁRI Ákos Róbert – 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), 1–19. Online: <https://doi.org/10.36246/UL.2023.2.01>
- DEÁK Ferenc – HAVASI Zoltán – NAGY Zsolt (2001): A magyar katonai hídszabályzat kidolgozásának története és a vonatkozó NATO STANAG rövid bemutatása. *Közúti és Mélyépítési Szemle*, 51(5), 180–186.
- FARKAS Zoltán (2020): Új típusú nehézgépszállító szerelvények. *Haditechnika*, 54(5), 62–69. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.54.5.13>
- GULYÁS András (2002): Az érvényben lévő hidtervezési előírások és a hidak terhelési osztályba sorolása a STANAG 2021 szerint. *Műszaki Katonai Közlöny*, 12(1–2), 53–68. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/3181/2428>
- GULYÁS András (2003): STANAG 2021 bevezetésének feladatai az országos konferencia tapasztalatai alapján. *Műszaki Katonai Közlöny*, 13(1–4), 125–133. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/3086/2337>
- GULYÁS András (2009): *Új építési technológiák alkalmazása a Magyar Honvédség béketámogató műveletei katonai építési gyakorlatában*. PhD-disszertáció. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Katonai Műszaki Doktori Iskola. Online: <https://tudasportal.uni-nke.hu/xmlui/handle/20.500.12944/12155>

- GULYÁS András – HAVASI Zoltán (2003): Hidak terhelési osztályba sorolása. *Műszaki Katonai Közlöny*, 13(1–4), 105–124. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/3085/2336>
- 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), 30–43. Online: <https://doi.org/10.36246/UL.2023.2.03>
- HAJÓS Bence (2024): Paradigmaváltás a közúti hídtervezésben a hasznos járműterhek vonatkozásában. Katonai alapterhek helyett polgári járműterhek bevezetéséről. *Műszaki Katonai Közlöny*, megjelenés alatt.
- HAVASI Zoltán (2007): *A Magyar Honvédség ideiglenes hídhelyreállítási képességeinek, lehetőségeinek vizsgálata*. PhD-disszertáció. Zrínyi Miklós Nemzetvédelmi Egyetem, Hadtudományi Doktori Iskola. Online: <http://hdl.handle.net/20.500.12944/12072>
- LUKÁCS László (2003): Hidak terhelési osztályba sorolása – országos konferencia. *Műszaki Katonai Közlöny*, 13(1–4), 103–104. Online: <https://folyoirat.ludovika.hu/index.php/mkk/article/view/3084/2335>
- POLÓNYI Tibor (2018): A közúti és vasúti hidak teherbírásának számítása és osztályozása katonai módszerekkel, és az ilyen irányú fejlesztések jelenlegi helyzete. *Seregszemle*, 16(3–4), 46–56. Online: https://honvedelem.hu/files/files/116326/seregszemle_2018_34.pdf
- TÓTH András (2022): A Leopard harckocsi magyar típusváltozata: a Leopard 2A7HU. *Haditechnika*, 56(6), 27–32. Online: <https://doi.org/10.23713/HT.56.6.05>