

AZ ELMÚLT ÉVEK DINAMIKUS TENGELYTERHELÉS-MÉRÉSI EREDMÉNYEINEK VIZSGÁLATA

DR. GULYÁS ANDRÁS¹

1. A JÁRMŰÁTSZÁMÍTÁSI SZORZÓK MEGHATÁROZÁSA

A közúti forgalom egyik lényeges jellemzője a nehéz tehergépkocsi tengelyterhelése, amely az útpályaszerkezetek forgalomból eredő károsodását okozza, és jelentősen hozzájárul az utak és hidak szerkezetének kifáradásához. Az útpályaszerkezet feladata a forgalom által okozott terhelések felvétele, ezért a méretezés szempontjából a nehéz forgalom ismerete különös jelentőséggel bír.

A pályaszerkezet-méretezésben használatos járműátszámítási szorzókat (egységtengety egyenérték-tényezőket) az ÚT 2-1.202:2005 Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezése és megerősítése című útügyi műszaki előírás M1. melléklete tartalmazza. Az említett mellékletben található járműátszámítási szorzó értékek az 1996-tól kezdődően folyamatosan végzett dinamikus tengelyterhelés-mérések eredményeiből (Weigh-in-Motion, WIM) származnak, és azokat rendszeresen felülvizsgáljuk.

Korábbi vizsgálatok és az elmúlt években elvégzett mérések szerint a nehéz teherforgalom tengelyterhelései folyamatosan növekednek, ezért a járműátszámítási szorzókat az összevont és részletes járműkategóriákra évente kiszámítjuk az aktuális dinamikus tengelyterhelés-mérési eredmények alapján.

A 2007. évi dinamikus tengelyterhelés-mérési eredmények feldolgozása során a számításba bevonható mérőhelyeket az ISO 5725-2 elemző tesztjével (Grubbs' outlier test) válogattuk ki [1]. Az eljárás lényege, hogy egy erre alkalmas statisztikai mérőszámot egy előre megadott határértékhez viszonyítva kizárhatók a „sorból kilógó” adatokat adó mérőhelyek. Az ilyen mérőhelyeket ezután mielőbb újra kalibráltjuk.

Az iteratív módon megismételt teszt a figyelembe vett mérőhelyek számát ugyan csökkenti, de a megmaradó adatok megbízhatóságát növeli. A feldolgozáskor főként a kevés mért járművel és ebből következően nagy szórással rendelkező mérőhelyek, illetve jellemzően az újrakalibrálást igénylő mérőhelyek estek ki.

A statisztikai kézikönyvekben a Grubb's tesztekhez megtalálhatók azok a 95%-os megbízhatósági szintre megadott táblázatos értékek, amelyekkel a számított értékeket összehasonlítva az adatok kivülállósága megállapítható. Az iterációs feldolgozás során az eredeti 17 mérőhelyből megmaradt tíz mérőhely adatait vettük figyelembe a járműátszámítási szorzók meghatározásánál. Az összesített relatív szórás 15%, ami lényegesen kedvezőbb, mint a korábbi feldolgozások hasonló jellemzője.

A 2007. évi feldolgozásban megjelennek az új telepítésű WIM-mérőhelyek, melyek a 7. és 8. főút Székesfehérvárt nyugatról elkerülő szakaszán, valamint az M3 keleti részén, az M5, az M6 és az M7 autópályákon találhatók. Ezek a mérőhelyek is jelentős mennyiségű jármű adatait mérték meg, így összesen mintegy 3,24 millió mérést lehetett feldolgozni.

Az 1. táblázatban mind az ÚT 2-1.202 M1.1 táblázatában szereplő összevont járműkategóriák, mind az ÚT 2-1.202 M1.1 ábráján szereplő részletes járműkategóriák 2007. évi adatokból számított járműátszámítási szorzóit megadtuk. A 2. táblázat és az 1. ábra bemutatja a jelenleg alkalmazott és a 2007. évi mérési eredményekből meghatározott járműátszámítási szorzók alakulását. Az ÚT 2-1.202 szerinti értékek és a 2007. évi eredmények matematikai-statisztikai vizsgálata (kétmintás t-próba) alapján megállapítható, hogy az eredmények statisztikailag nem térnek el egymástól. A domináns E2 járműkategória (öttengetyes nyerges szerelvénnyel 1+1+3 tengelyelrendezéssel) szorzója nem változott. *Összességében tehát az útügyi műszaki előírás járműátszámítási szorzóinak módosítása nem indokolt.*

A vizsgálatokat elvégeztük a 2006. és 2007. évi WIM-mérési eredmények összevontásával is. 2006-ban kevesebb feldolgozható mérést végeztek, ezért mintegy 425 ezer nehéz jármű adatait lehetett vizsgálni, melyek feldolgozott eredményeit az egyes járműkategóriákban mért járműszámok szerint súlyozva összevontuk a 2007. évi mérési eredményekkel. A 3. táblázat és a 2. ábra mutatja be ezeket az összevont 2006–2007. évi eredményeket, melyek alapján az előbbiekhöz hasonló következtetések vonhatók le, vagyis az útügyi műszaki előírásban szereplő járműátszámítási szorzók értéke több éves távlatban is megfelelő.

2. A 11,5 TONNA MEGENGEDETT TENGELYTERHELÉS FIGYELEMBE VÉTELE

Az ÚT 2-1.202:2005 Aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezése és megerősítése című útügyi műszaki előírásban az egyes 115 kN-as tengely (és a megfelelő kettős tengelyek) többlet fűrésztő hatásának figyelembevételére egy külön általános $z = 1,5$ tényező szolgál. Az útügyi műszaki előírás átdolgozásakor felmerült az igény a többlet fűrésztő hatás differenciáltabb figyelembevételére. A vizsgálatok a részletes WIM-mérési eredmények felhasználásával történtek.

Minden járműosztály mindegyik tengelyére elvégeztük a tengelyterhelés eloszlásfüggvényéből a terhelés ötödik hatványával számított rongáló (fűrésztő) hatás elemzését, és megállapítottuk a többlet fűrésztő hatás mértékét. Erre példát a 3. és 4. ábrák mutatnak, melyek a leggyakoribb előfordulású E2 járműosztály

¹ Okl. építőmérnök, szakmérnök, PhD., közúti információs igazgató Magyar Közút Nonprofit Zrt., e-mail: gulyas@kozut.hu

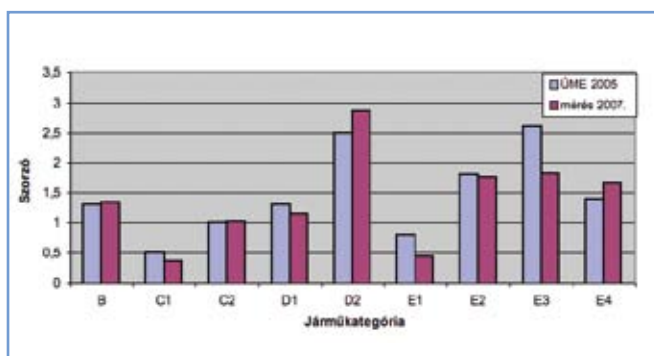
1. táblázat: Egységtengely-átszámítási szorzók meghatározása, 2007.

Járműkategória	Jármű db	Kategória arány	ET szorzó	Relatív szórás	ÚME 2005	Mérés 2007	Eltérés
B1 Szóló busz	280 502	9%	1,348	27%			
B2 Csuklós busz	20 458	1%	1,128	84%			
C1 Kéttengelyes tehergépkocsi	136 885	4%	0,366	82%	0,5	0,4	-0,1
C2 Többtengelyes tehergépkocsi	23 126	1%	1,026	21%	1,0	1,0	0,0
D1 Kéttengelyes tehergépkocsi pótkocsival	334 808	10%	1,146	37%	1,3	1,1	-0,2
D2 Többtengelyes tehergépkocsi pótkocsival	103 662	3%	2,853	23%	2,5	2,9	0,4
E1 Nyerges szerelvény 1+1+2	407 400	13%	0,444	39%	0,8	0,4	-0,4
E2 Nyerges szerelvény 1+1+3	1 870 342	58%	1,752	11%	1,8	1,8	0,0
E3 Nyerges szerelvény 1+2+2	54 512	2%	1,818	35%	2,6	1,8	-0,8
E4 Nyerges szerelvény 1+2+3	10 883	0%	1,658	32%	1,4	1,7	0,3
B Egyes és csuklós autóbusz	300 960	9,3%	1,333	27%	1,3	1,3	0,0
C Egyes nehéz tehergépkocsi (7,5 t felett)	160 011	4,9%	0,461	77%	0,6	0,5	-0,1
D Pótkocsis tehergépkocsi	438 470	13,5%	1,550	33%	1,6	1,5	-0,1
E Nyerges szerelvény	2 343 137	72,3%	1,526	10%	1,7	1,5	-0,2
D+E szerelvények	2 781 607	86%	1,530	13%			
Összes nehéz jármű	3 242 578	100%	1,459	15%			

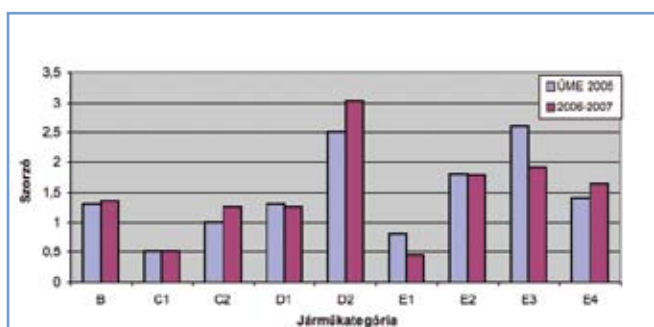
10 mérőhely adataiból

2. táblázat: Járműátszámítási szorzók összehasonlítása a 2007. évi mérésből

Járműkategória	ÚME 2005	Mérés 2007	Eltérés
C1 Kéttengelyes tehergépkocsi	0,5	0,4	-0,1
C2 Többtengelyes tehergépkocsi	1,0	1,0	0,0
D1 Kéttengelyes tehergépkocsi pótkocsival	1,3	1,1	-0,2
D2 Többtengelyes tehergépkocsi pótkocsival	2,5	2,9	0,4
E1 Nyerges szerelvény 1+1+2	0,8	0,4	-0,4
E2 Nyerges szerelvény 1+1+3	1,8	1,8	0,0
E3 Nyerges szerelvény 1+2+2	2,6	1,8	-0,8
E4 Nyerges szerelvény 1+2+3	1,4	1,7	0,3
B Egyes és csuklós autóbusz	1,3	1,3	0,0
C Egyes nehéz tehergépkocsi (7,5 t felett)	0,6	0,5	-0,1
D Pótkocsis tehergépkocsi	1,6	1,5	-0,1
E Nyerges szerelvény	1,7	1,5	-0,2



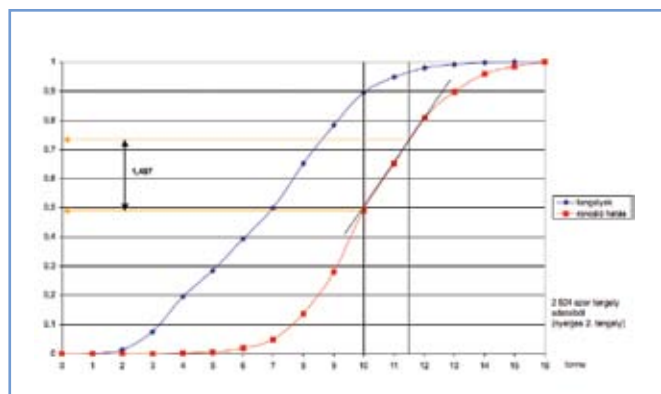
1. ábra: Egységtengely-átszámítási szorzók alakulása, 2007.



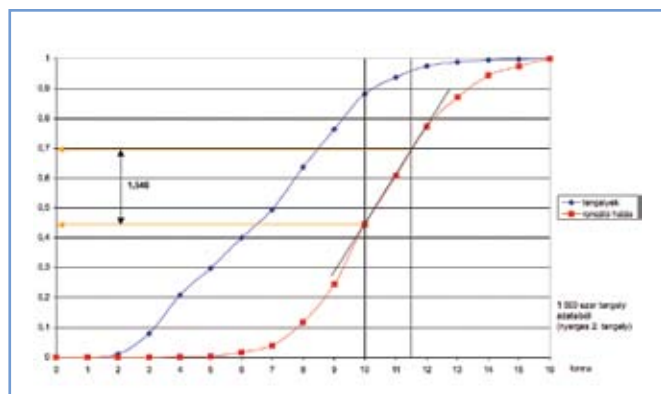
2. ábra: Egységtengely-átszámítási szorzók alakulása, 2006-2007.

3. táblázat: Járműátszámítási szorzók összehasonlítása a 2006–2007. évi mérésekből

Járműkategória	ÚME 2005	Mérés 2006-2007	Eltérés
C1 Kéttengelyes tehergépkocsi	0,5	0,5	0,0
C2 Többtengelyes tehergépkocsi	1,0	1,3	0,3
D1 Kéttengelyes tehergépkocsi pótkocsival	1,3	1,3	0,0
D2 Többtengelyes tehergépkocsi pótkocsival	2,5	3,0	0,5
E1 Nyerges szerelvény 1+1+2	0,8	0,4	-0,4
E2 Nyerges szerelvény 1+1+3	1,8	1,8	0,0
E3 Nyerges szerelvény 1+2+2	2,6	1,9	-0,7
E4 Nyerges szerelvény 1+2+3	1,4	1,6	0,2
B Egyes és csuklós autóbusz	1,3	1,4	0,1
C Egyes nehéz tehergépkocsi (7,5 t felett)	0,6	0,6	0,0
D Pótkocsis tehergépkocsi	1,6	1,7	0,1
E Nyerges szerelvény	1,7	1,6	-0,1



3. ábra: Többlet fásztóhatás mértéke, 2000–2003.



4. ábra: Többlet fásztóhatás mértéke, 2002–2004.

4. táblázat: Többlet fásztóhatás arányai (11,5 tonna / 10 tonna)

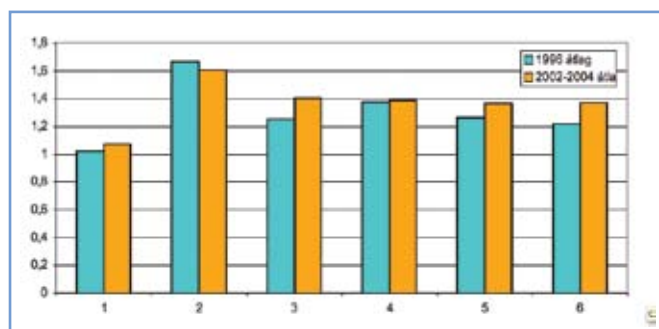
Jármű-kategória	Tengely					
	1	2	3	4	5	6
B1	1,045	1,888				
B2	1,014	1,479	1,684			
C1	1,150	1,541				
C2	1,122	1,610	1,398			
D1	1,085	1,599	1,370	1,492	1,299	
D2	1,095	1,721	1,289	1,447	1,418	1,355
E1	1,029	1,319	1,241	1,324		
E2	1,034	1,546	1,307	1,208	1,203	
E3	1,074	1,966	1,545	1,453	1,504	
E4	1,063	1,360	1,360	1,385	1,381	1,387
Átlag	1,071	1,603	1,399	1,385	1,361	1,371
Szórás	0,043	0,208	0,147	0,105	0,115	0,023
Relatív szórás	4%	13%	10%	8%	8%	2%

(1+1+3 tengelyes nyerges szerelvények) leginkább terhelt második tengelyének adatait veszik figyelembe. Az ábrából látható, hogy a nagyszámú mérésből egyrészt statisztikailag azonos eredményt kaptunk (az eltérés csak 4%), másrészt a tengelyterhelések abszolút értéke az időben növekszik.

A részletes elemzéshez a 2002–2003–2004. év WIM-mérési eredményeit használtuk fel. A 4. táblázat tartalmazza a számítások eredményeként kapott többlet fásztóhatást járműkategóriák és tengelyek szerinti bontásban. Az 5. táblázat és az 5. ábra tengelyenként összehasonlítja az eredményeket egy korábbi (1996) vizsgálat eredményeivel. A 6. táblázatban láthatók azok a járműátszámítási szorzók, melyek akkor lennének alkalmazhatók, ha a méretezés új alapja a 11,5 tonna egységtengely lenne. Ezeknek a fiktív járműátszámítási szorzóknak a vizsgált járműszámokkal súlyozott átlaga (1,46) a jelenleg alkalmazott 1,5 értékű általános tényezővel igen jó egyezést mutat. Az ismertetett elemzés

5. táblázat: Tengelyek fásztó hatása, összehasonlítás az 1996. évi adatok vizsgálatával

Megnevezés	Tengely					
	1	2	3	4	5	6
1996 átlag	1,023	1,668	1,253	1,375	1,264	1,216
2002–2004 átlag	1,071	1,603	1,399	1,385	1,361	1,371
Eltérés	5%	-4%	12%	1%	8%	13%



5. ábra: Tengelyek fásztó hatása, összehasonlítás az 1996. évi adatok vizsgálatával

azonban kizárólag tudományos jellegű, mert a gyakorlatban a pályaszerkezet-méretezés alapja továbbra is a 10 tonna egység-tengelyre marad.

IRODALOM

- [1] Gulyás A.: Az aszfaltburkolatú útpályaszerkezetek méretezésénél használatos járműátszámítási szorzók felülvizsgálata. Közúti és Mélyépítési Szemle, 2002. 4.

SUMMARY

ANALYSIS OF WEIGH-IN-MOTION MEASUREMENT RESULTS OF RECENT YEARS

Axle loads of heavy vehicles are the main cause of deterioration of road pavement structures. Weigh-in-motion (WIM) measurements have been performed in Hungary since 1996. Technical specification for flexible pavement structural design contains equivalent standard axle load (ESAL) factors based on WIM measurement results. These factors are revised regularly. Current revision includes results from recently implemented WIM stations on newly constructed sections. Altogether more than 3 million heavy vehicles data have been used in the analysis. Results show that there is no statistical difference between existing and presently calculated ESAL factors therefore there is no need for modification of the technical specification. The second part of the analysis deals with the potential effect of 11.5 ton standard axle load instead of the existing 10 ton standard axle load. Calculations of deterioration effect demonstrated that the 1.5 factor generally used in pavement structural design for concerning the effect of 11.5 ton maximum permitted axle load was correct.

6. táblázat: Járműátszámítási szorzók 11,5 tonna feltételezett egység-tengelyre

Járműkategória	ET 11,5 t	ÚME 2005	Arány
C1 Kéttengelyes tehergépkocsi	0,74	0,5	1,48
C2 Többtengelyes tehergépkocsi	1,57	1,0	1,57
D1 Kéttengelyes tehergépkocsi pótkocsival	1,87	1,3	1,44
D2 Többtengelyes tehergépkocsi pótkocsival	3,66	2,5	1,46
E1 Nyerges szerelvény 1+1+2	0,48	0,8	0,60
E2 Nyerges szerelvény 1+1+3	2,29	1,8	1,27
E3 Nyerges szerelvény 1+2+2	4,95	2,6	1,90
E4 Nyerges szerelvény 1+2+3	2,47	1,4	1,76
B Egyes és csuklós autóbusz	2,44	1,3	1,88
C Egyes nehéz tehergépkocsi (7,5 t felett)	0,92	0,6	1,53
D Pótkocsis tehergépkocsi	2,37	1,6	1,48
E Nyerges szerelvény	2,09	1,7	1,23
D+E szerelvények	2,16	1,4	1,56
Összes nehéz jármű	1,90	1,3	1,46