

SZAKDOLGOZAT

VARGA DÁNIEL
Gépészmérnök BSc

Gödöllő
2023



Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem
Szent István Campus
Gépészmérnöki szak

TEHER ÉS SZEMÉLYGÉPJÁRMŰ
FÉKMÉRÉSI TECHNOLOGIÁK
VIZSGÁLATA

Belső konzulens: Prof. Dr. Kiss Péter
tanszékvezető

Külső konzulens: Gembiczki Csaba
ügyvezető Centrop-Kalibráló Kft.

Készítette: **Varga Dániel**
BFSYNI
nappali tagozat

Intézet/Tanszék: Műszaki Intézet, Járműtechnika
Tanszék

Gödöllő

2023

MŰSZAKI INTÉZET GÉPÉSZMÉRNÖK ALAPSZAK
Gépjárműtechnika specializáció

SZAKDOLGOZAT
feladatlap

Varga Dániel (BFSYNT)

részére

A szakdolgozat címe:

Teher és személygépjármű fékmérési technológiák vizsgálata

Feladatkiírás:

Foglalja össze és értékelje a témakörhöz tartozó szakirodalmakat.
Végezze el kiválasztott járműtípusokon a fékberendezés vizsgálatát.
Foglalja össze az eredményeket és az új típusú fékberendezésekkel szerzett tapasztalatok alapján tegyen javaslatot a vizsgálati módszer vagy eszköz esetleges módosítására.

Közreműködő tanszék: Járműtechnika Tanszék

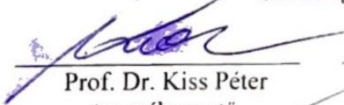
Külső konzulens: Gembiczki Csaba, ügyvezető, Centrop-Kalibráló kft.

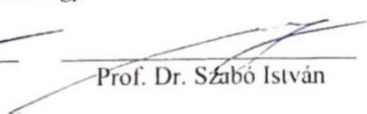
Belső konzulens: Prof. Dr. Kiss Péter, tanszékvezető, MATE, Műszaki Intézet, Járműtechnika Tanszék

Beadási határidő: 2023. május 2. (kedd) 17:00 óráig

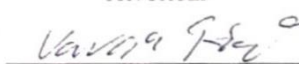
Gödöllő, 2022. június 15.

Jóváhagyom


Prof. Dr. Kiss Péter
tanszékvezető

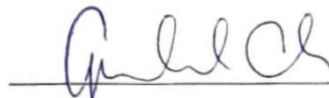

Prof. Dr. Szabó István

Átvettem


Varga Dániel
hallgató

A dolgozat készítőjének külső konzulense nyilatkozom arról, hogy a hallgató az előre egyeztetett konzultációkon megjelent.

Gödöllő, 2023. 05. hó 03. nap


(külső konzulens)

Tartalomjegyzék

Tartalomjegyzék	4
1. Bevezetés, célkitűzés.....	5
2. Fékmérési technológiák.....	6
2.1 A fékvizsgálati módszerek csoportosítása	6
2.1.1 Közúti fékvizsgálat vagy fékpróba	6
2.1.2 Ráfutólapos fékerőmérés	6
2.1.3 Görgős fékhatásmérő	7
2.2 A görgős fékpad felépítése	8
2.3 A görgőspadon kifejthető maximális fékerő	11
2.4 A fékezési folyamat fázisai.....	13
2.5 Gépjárművek fékminősítése görgős fékmérő berendezéssel	16
2.5.1 Üzemi fék esetén	16
2.5.2 Külső erővel működtetett nem szabályozható rögzítő fék (nem biztonsági fék) esetén	17
2.5.3 Külső erővel működtetett szabályozható rögzítő fék esetén	17
2.5.4 Elektromos működtetésű rögzítő fék esetén	17
2.6 A görgőspadi fékvizsgálat végrehajtása.....	17
2.6.1 Tipikus mérések műveletsorai.....	23
3. Teher és személygépjármű fékmérési technológiák vizsgálata	25
3.1 Változások a fékvizsgálati technológiában	25
3.2 Fékmérés a 2018 december 15-ig érvényben lévő eljárás szerint	26
3.2.1 Nissan Leaf 2015.....	26
3.2.2 MAN TGL 12.250 12T.....	32
3.3 Fékmérés az új, ma érvényben lévő eljárás szerint.....	39
3.3.1 Nissan Leaf 2015.....	39
3.3.2 MAN TGL 12.250 12T.....	48
4. Összefoglalás	58
5. Summary.....	60
6. Irodalomjegyzék	62
7. Nyilatkozat.....	63

1. Bevezetés, célkitűzés

A gépjárművek fékrendszereinél az üzembiztonság és a megfelelő működés alapvető szempont, ezért fontos, hogy legyen olyan műszeres, minden körülmény között elvégezhető eljárás, amellyel a fék működésének hatásossága, üzemi állapota hitelesen minősíthető. Ennek okán a járműdiagnosztikának a fékerőmérés az egyik legmeghatározóbb része. Hatósági követelmény is, hogy a fékberendezésnek mindig tökéletes műszaki állapotban kell lennie, különben a jármű nem vehet részt a forgalomban. A fékberendezés diagnosztikai ellenőrzése a kötelező időszakos műszaki vizsgálat mellett történhet még, meghibásodást követő szerviz, javítómunka során, alkatrészcsere után ellenőrzésként, valamint bizonyos futásteljesítmények után előírt átvizsgálások alkalmával.

Az autóiipar és a technológia fejlődésének köszönhetően a 2000-es évek elején megjelentek az elektrohidraulikus és elektromechanikus rögzítőfékek, napjainkban pedig már egyre több korszerű járművet az egyszerűbb használat és nagyobb megbízhatóság miatt elektromos rögzítőfékkel szerelnek. Az innováció eredményeképpen indokoltá vált a hagyományos fékmérési módszerek frissítése, modernizálása, és így az állógörgős kézfékmérés alkalmazása, amely alkalmas az új típusú fékberendezések fékerőmérésére. 2018 december 15-től a hazai műszaki vizsgáztatással kapcsolatos szabályozásban is változások léptek életbe, változott az érvényben lévő fékmérési technológia, továbbá 2023-tól a vizsgasorokon görgős fékerőmérő próbapadokat ki kell egészíteni, át kell alakítani álló helyzetű, elektronikus rögzítő fék mérés lehetővé tételével, továbbá az összkerékajtású, hibrid és elektromos járművek konstrukciós kialakításától függő kiegészítő eszközökkel. A szakdolgozatom témájaként fékmérési technológiák vizsgálatát egyrészt a témakör fontossága, másrészt a magyarországi fékmérésre vonatkozó szabályozás változásának aktualitása miatt választottam.

A dolgozatban áttekintem a fékberendezések diagnosztikai vizsgálatával kapcsolatos szakirodalmat, ismertetem a jelenlegi fékmérési technológiák folyamatát, a mérésekhez szükséges mechanikai és elektronikai egységeket. A hatályba lépő új rendeleteknek megfelelően a méréseket részletezem, és elemzem azokat a módszereket, amik a számítások kiértékeléséhez szükségesek. Számítással igazolom, hogy a mérés során keletkező paraméterek miként befolyásolják a végeredményt. A fékméréssel szerzett tapasztalatok alapján összefoglalom a végeredményeket és javaslatot teszek a vizsgálati módszer, számítás vagy eszköz esetleges módosítására.

2. Fékmérési technológiák

2.1 A fékvizsgálati módszerek csoportosítása

A gépjármű fékmérési módszereket 2 csoportra tudjuk bontani: a valós körülmények között és a műhelyfeltételek között végzett mérésekre.

2.1.1 Közúti fékvizsgálat vagy fékpróba

A jármű fékezési tulajdonságainak meghatározása valóságos körülmények mellett közúti vizsgálat során. Ez a fajta mérés fékút, a lassulás változásának és a fékműködtető erő meghatározására ad lehetőséget.

Ez a fékvizsgálat több okból sem elégíti ki az alapos fékmérés követelményeit:

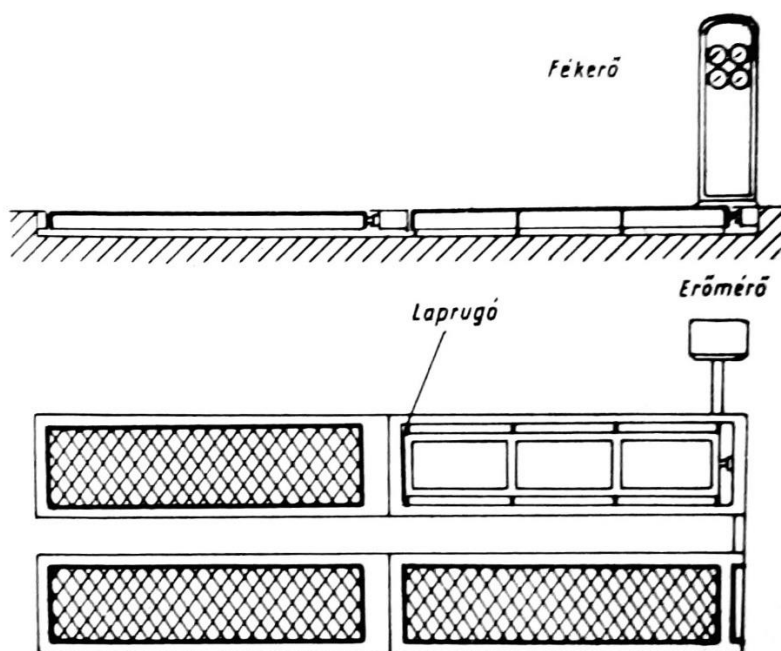
- a mérés eredményét jelentősen befolyásolja a gépjármű vezetője, az útburkolat minősége, az esetleges forgalmi viszonyok és az időjárás,
- csak a jármű lassulásáról és az ebből következő fékútról ad tájékoztatást, a kerekeken ébredő fékerőket és a jobb- és bal oldali fékerők eltéréseit nem lehet értékelni,
- a mérés balesetveszélyes,
- nagy az időigénye és az alkatrészek amortizációjával is számolni kell pl: a blokkoló fékezés miatt a gumikopás,
- egyes időjárási viszonyok miatt egyáltalán nem valósítható meg.

Ezen negatív tényezők miatt a jelenkori gyakorlatban közúti fékpróbát csak alternatív módszerként alkalmazzák. A fékerők értékelését felváltotta két alapvető műhelycsarnokokban elvégezhető, műszeres berendezés: a ráfutólapos (vagy más néven csúszólapos) és görgős fékerőmérő.

2.1.2 Ráfutólapos fékerőmérés

A műszer mérőeleme 4db (kerekenként egy-egy) talajszintben elhelyezett golyós-vagy görgőscsapággal ellátott hosszirányban elmozdulni képes érdes felületű mérőlap. A csúszólapok erőmérő cellákhoz vannak kötve, ezek segítségével mérik a talaj síkjában ébredő, a jármű haladási irányával megegyező fékerőt.

A mérés során a gépjármű 10-15km/h sebességre gyorsul majd, amikor a kerekek a ráfutólapokra érnek a járművet hirtelen lefékezik. Ekkor az erőmérő cellák a maximális fékerőt mérik.



1. Ábra Ráfutólapos fékerőmérő berendezés

Hátrányai:

- a megfelelő sebességre történő felgyorsítás miatt helyigényes,
- balesetveszélyes, mert hibás fék esetén a jármű nem tud megállni,
- többszöri mérés esetén körülményes,
- csak a fékerő maximuma mérhető, a fékerő változása, felfutása, illetve a pedálérő nem értékelhető.

Ezt a berendezést már egyre ritkábban használják, a felsorolt hátrányok miatt joghatással járó, minősítő mérést a hazai gyakorlatban nem végeznek vele. Helyét a görgős fékhatásmérő teljesen átvette.

2.1.3 Görgős fékhatásmérő

A legelterjedtebben használt és az elkövetkező években is jelentős fékdiagnosztikai eljárás a görgőspadi fékerőmérés. A gépjárművel a próbapad görgőire állnak. Villamos motorok segítségével a görgőpárokon keresztül a jármű hajtott kerekeit állandó sebességgel, a mérő berendezés műszaki tulajdonságától függően 2,5-5,5 km/h közötti sebességgel forgatják (személygépjárműveknél általában 5km/h, buszoknál, tehergépjárműveknél leggyakrabban 2,5km/h közelében). A művelet célja a jobb és baloldali járműkerék kerületén ébredő fékerő és az ehhez szükséges működtető erő (pedálérő, kivezérelt nyomás) meghatározása. Ezekből az adatokból megállapíthatjuk, hogy:

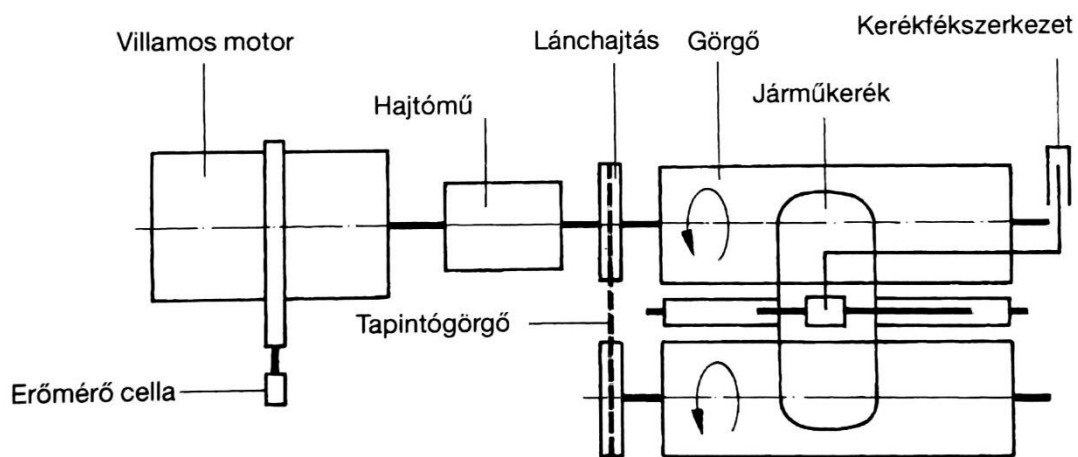
- a gépjármű tudja-e produkálni a kerékfékszerkezetre előírt gyári és hatósági értékeket,

- a fékerő-fékműködtető erő karakterisztika jellege a gyártói ajánlások megfelelő-e,
- mekkora az eltérés az egy tengelyen lévő kerékfékszerkezetek fékezónyomatéka között.

Jelenleg ez legkorszerűbb fékmérési technológia, valamint ezt alkalmazzák a közúti járművek forgalomba helyezés előtti- és időszakos műszaki vizsgálata során, ezért a szakdolgozatomban ennek részleteit ismertetem részletesebben.

2.2 A görgős fékpad felépítése

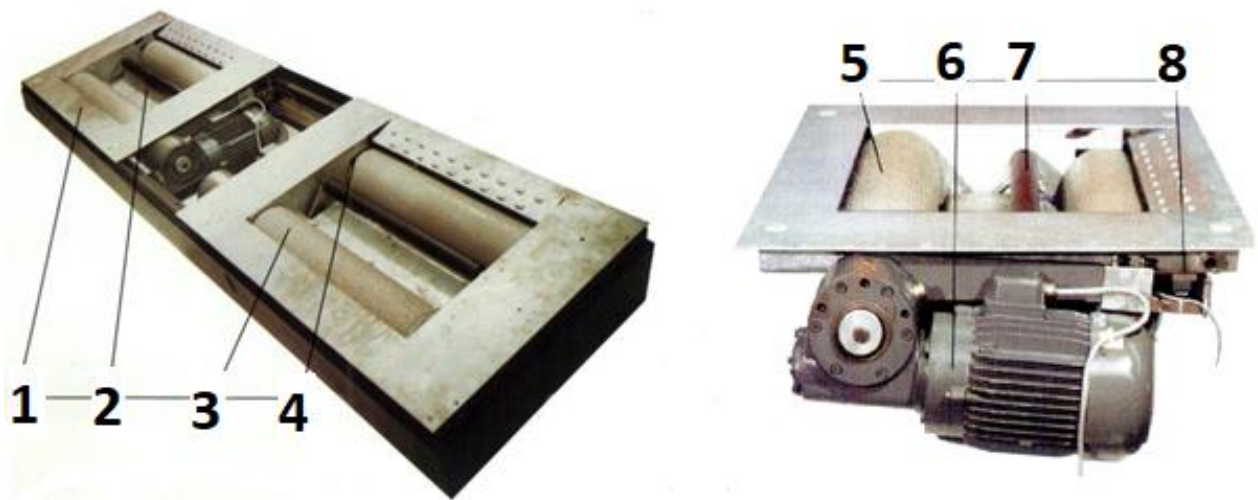
Az alapfelépítés egyszerre a jármű egy tengelyén lévő kerekek, oldalanként önálló fékmérésre ad lehetőséget. Ebből adódóan a próbapadot oldalanként külön mérőegység (2 villamos motor, 2 erőmérő) alkotja.



2. Ábra Görgős fékpad felépítése, működési elve

Mérés során a jármű kereke a görgősoron helyezkedik el. Ez 3 görgőből áll, a 2 görgőpárból és a közöttük elhelyezkedő segédgörgőből. A **görgők** lánchajtással kapcsolódnak, ezeken keresztül hajtja a villamos motor a jármű kerekeit. A **segédgörgőt**, más néven tapintógörgőt rugó szorítja a kerekhez. Fontos szerepe van a biztonságos és hatékony mérés kivitelezésében. Érzékeli, ha a kerek a görgőágyban vannak, ezáltal az elektronika képes automatikusan indítani vagy leállítani a villamos motorokat. Továbbá a segédgörgő méri a kerékfordulatszámot és érzékeli, ha a kerék forgása lassul, csúszás esetén leállítja a motorokat, ezzel elkerülve a nem tervezett gumikopást. Léteznek olyan fékerőmérő padok is, ahol a tapintógörgő mérés után hidraulikusan képes kiemelni a kerekeket a görgőágyból, elősegítve a jármű kiállítását. Az **erőmérő cella** (lehet: pneumatikus, hidraulikus vagy elektronikus) egy karon kapcsolódik a villamos motorhoz. A kerek fékezésekor a reakciónyomaték miatt a motor „el akar” fordulni. Ennek a forgatónyomatéknak támaszt ellent a kapcsoló kar, melynek a végén az erőmérő cella helyezkedik el. A kar annál jobban nyomja az erőmérőt minél nagyobb a fékezőerő. A hajtómű

a fordulatszámcsökkentést, nyomatéknövelést szolgálja. Kialakítását tekintve bolygóműves, vagy derékszögű hajtásirány-váltásnál csigahajtású, a legtöbbször azonban már egy egységet képeznek a motorral. Az elvi felépítést a 2. ábrán látható:

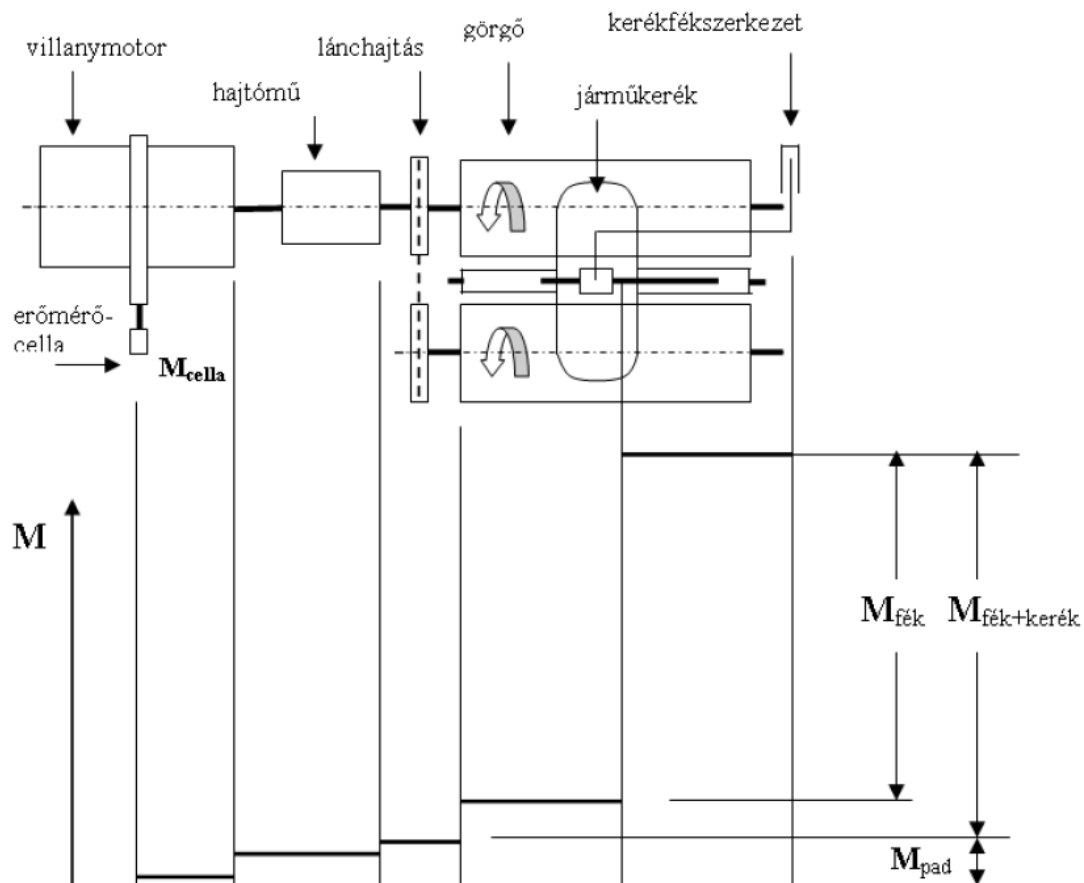


3. Ábra Görgős fékpad görgőágya

1. a pad szerkezete,
- 2,7. segédgörgő vagy tapintógörgő,
- 3,4. a görgőpár,
5. emelt görgő,
6. villamos motor,
8. erőmérő karral kapcsolódó erőmérő cella.

A próbapad hajtásának fordulatszáma állandó, ebből következően a mért járműkerék fordulatszáma is állandó. A fékszerkezet működtetésének következtében a kerék és a görgők forgásirányával ellentétes fékezőnyomaték lép fel a talpponton. A villanymotornak tehát, hogy a pad képes legyen az előírt fordulatszámot tartani és a kereket a fékezőnyomaték ellenében forgatni, növelni kell a nyomatékát. A hajtáshoz szükséges nyomatékigényt a több elemből álló fékezőnyomatékok határozzák meg. Ezek a próbapad mechanikai elemeinek súrlódása, a járműkerék súrlódása és a fékszerkezet működése következtében realizálódnak. A nyomatékviszonyt a 4. ábra szemlélteti. A kerék egyrészt a gumiabroncs-gyúrás, másrészt a csapágyazás és tengelyhajtás súrlódása miatt igényel nyomatékot. A legnagyobb természetesen ezek közül a fékszerkezet által eredményezett nyomaték. Kalibrálásnál kezdőpontnak a próbapad gépjármű nélküli forgását vesszük fel, akkor a fékmérésnél indikált érték már csak a kerékforgás és fékszerkezet nyomatékát adja. A kerékfékerő meghatározása közvetett úton

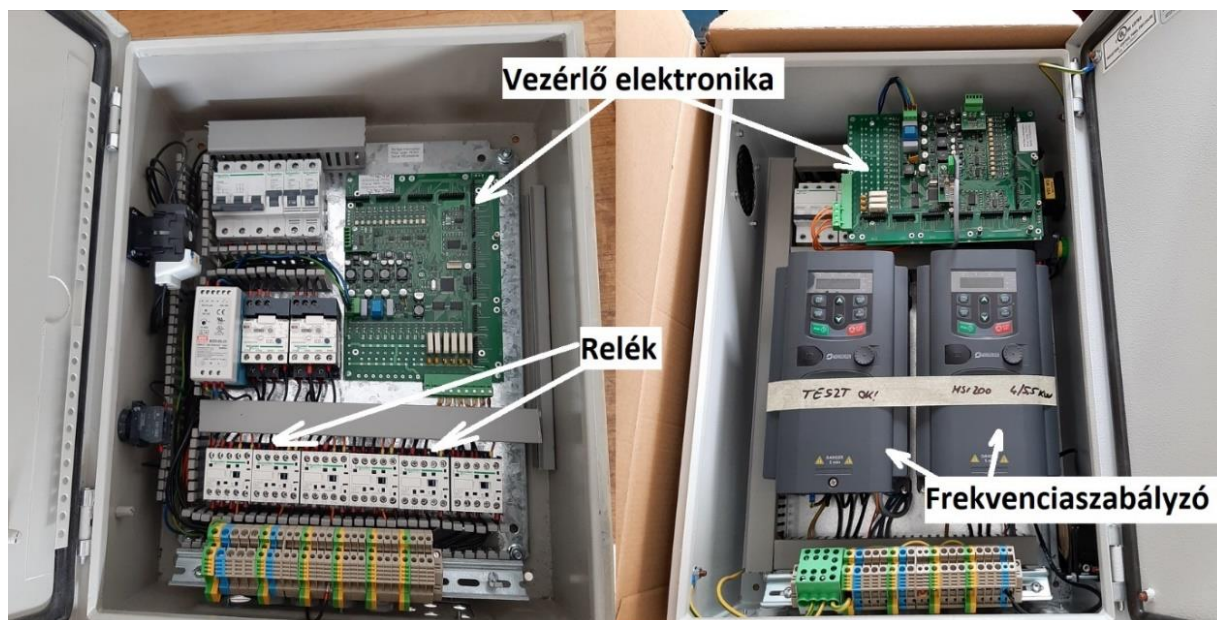
történik. A hajtás nyomatékát a mérőberendezés villamos motor egységén a reakciónyomaték mérésével állapítjuk meg. Ez a fékpad felépítésénél ismertettet kar végén elhelyezett erőmérő cella segítségével történik. Az itt mért erőt átszámítjuk a görgő-járműkerék kapcsolati pontján ébredő hajtó tangenciális irányú erőre, vagyis a görgőkön ébredő erők eredőjére. Fontos megjegyezni, hogy a jó fékmérés csak kalibrált fékpadon lehetséges. A mérés dinamikus, ezzel ellentétben az erőmérők kalibrálása statikus úton történik a mérőcellákra helyett nyomaték által



4. Ábra A próbapadon mért fékezőnyomaték

A görgős fékméréshez a próbapadon kívül szükségesek további mechanikai és elektronikus berendezések, kiegészítő eszközök. A villamos motorok vezérlését az erősáramú szekrénybe szerelt **vezérlőelektronika** végzi. A 2023-tól hatályba lépő magyar jogszabályok tökrében kiemelten fontos modul. Amint a bevezetésben erről írtam a hatósági vizsgasorokon a próbapadokat fel kell szerelni álló rögzítőfék mérésére alkalmas berendezéssel. A legtöbb görgős fékpad erre alkalmas, ez tulajdonképpen az **erősáramú szekrény** cseréjét jelenti. Az új AC szekrényben helyezkedik el a vezérlő panel mellett a frekvenciaszabályzó. Ezáltal a motor képes az egyik oldalon az álló görgőt folyamatosan növekvő erővel terhelni egészen a tapadásvesztésig vagy a kerekek elfordulásáig, a másik oldalon a görgőket pedig fékezni, álló

helyzetben tartani. Az adatok feldolgozásához, a mérés értékeléséhez és számításához természetesen szükség van **számítógépre** és fékhatásmérés **szoftvermodulra**. Elemi egység a fékműködtető erő mérésére szolgáló **pedálerőmérő** vagy légfékes gépjármű esetén **kivezérelt nyomás mérő**. Összkerékajtású és ikertengelyes járművek vizsgálatához szükséges lehet továbbá különálló kiegészítő görgősor.



5. Ábra Görgős fékmérőpad vezérlésére használt erősáramú szekrény

Az 5. ábrán a bal oldalon egy hagyományos görgős próbapad erősáramú szekrénye látható (2x2 relé a villamos motor oldalanként két irányba történő forgatásáért, 2 pedig a lengéscsillapító vizsgálatára alkalmazott rázópad működtetéséért felel). A jobb oldalon az új, állógörgős fékmérés vezérlésére alkalmas AC doboz látható.

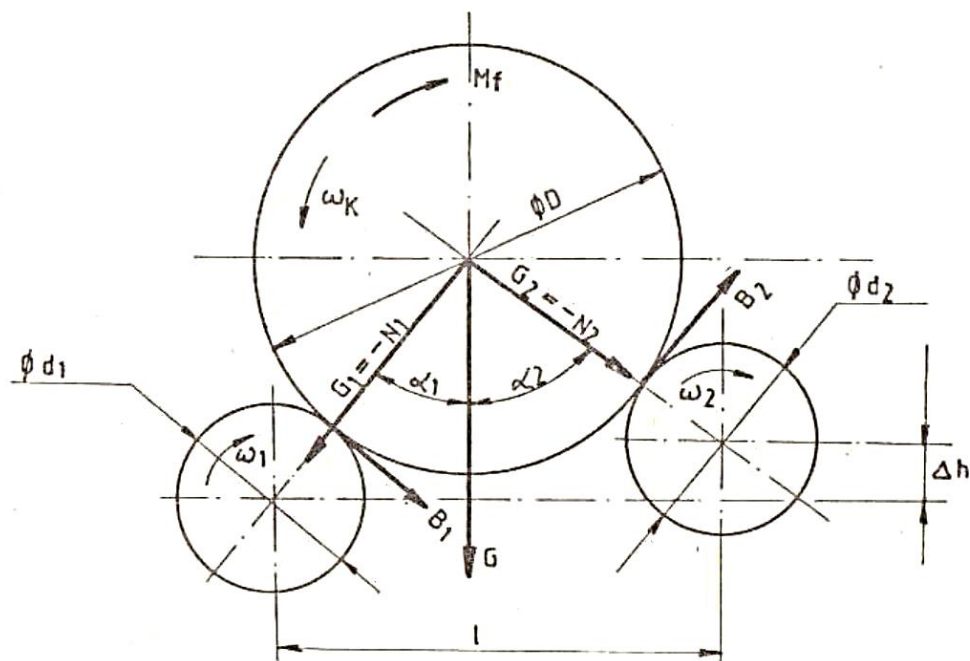
2.3 A görgőspadon kifejthető maximális fékerő

A 6. ábrán egy olyan görgőpár látható, ahol a görgők nem azonos távolságra helyezkednek el a talaj síkjától. A görgős fékpadok kialakítására általában ez jellemző.

Ezzel az elrendezéssel a mentirány meghatározott, a magasabban fekvő görgőnek van hátul. Ez a kialakítás elsősorban a kézfékmérésnél hasznos, a fékerő nagyobb tartománya mérhető így.

Jellemző paraméterek:

- Görgőátmérő ($\varnothing D$),
- Görgőtávolság vízszintes síkban (l),
- Hátsó görgő emelési magassága (Δh),
- Elhelyezkedési szög (α).



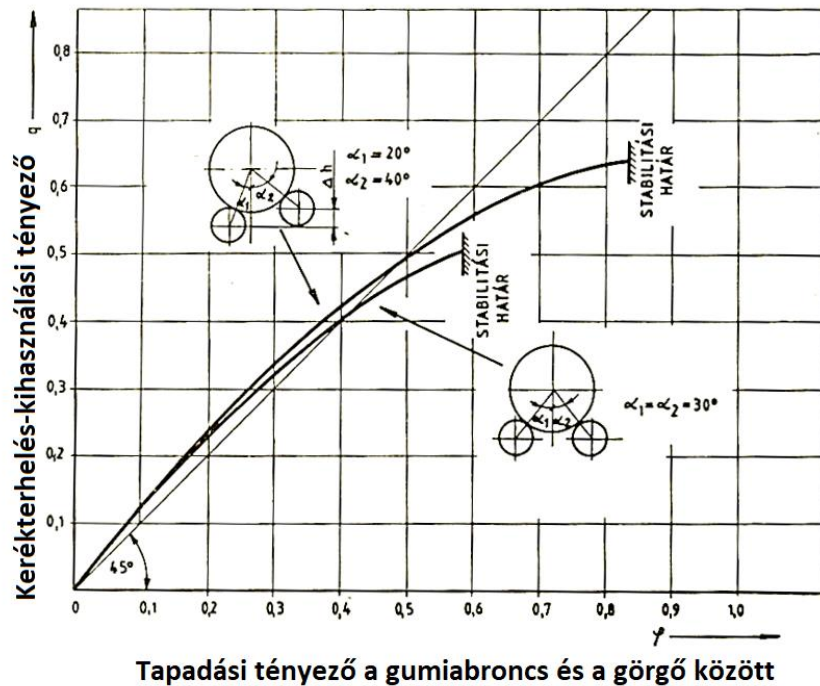
6. Ábra Görgőágy vázlatrajz

A próbapadon átvihető maximális fékerő meghatározásához ismerni kell a fékerő-kerékterhelés viszonzszámát. Ez a kerékterhelés-kihasználási tényező: q – dimenzió nélküli szám

$$q = \frac{B_{max}}{G} \quad (1)$$

A q bevezetése azért szükséges, mert a görgő ágyazat, mint rendszer eltérő tapadási tényezőt eredményez egy különálló görgő és kerék között ($q \neq \varphi$). Az ékhatás által a tapadási tényező nagyobb lesz mindkét görgőn. A q értéke a kerékméret függvénye, nem a mérőpadra jellemző tulajdonság. A 7. ábra a $q = f(\varphi)$ függvény grafikonját mutatja, a görgőágy kialakítása miként befolyásolja a stabilitást. A padon átvihető fékerő növelésére a görgőágy speciális kialakításán kívül a tapadási tényező növelésével lehetséges. Ez a görgők felületkiképzésével befolyásolható pl: nagyobb súrlódást eredményező bordázat vagy bevonat (műgyantába ágyazott műkorundszemcsék).

Fontos megjegyezni, hogy a görgős fékmérés során nem a valós körülmények modellezése, a talaj és gumibroncs között átvihető fékerő érték mérése a szempont, hanem a fékberendezés által kifejtendő maximális fékerő meghatározása.



7. Ábra Stabilitási határ a görgőelrendezés függvényében

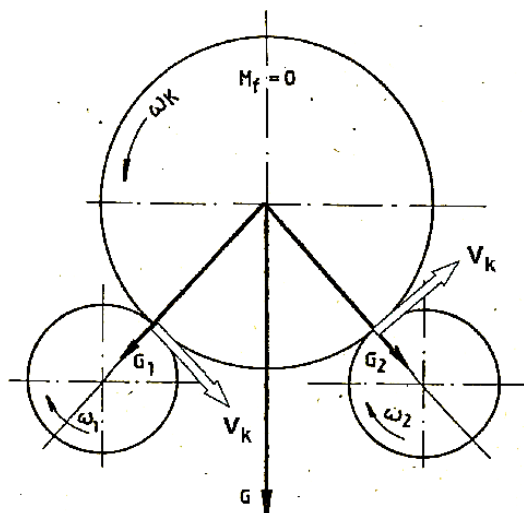
2.4 A fékezési folyamat fázisai

A fékezési folyamatban az erők és ezzel együtt eredőjük nagyságban és irányban folyamatosan változnak. Ez alapján 3 jellegzetes fázist különböztetünk meg.

- Forgatás fékezés nélkül: (8. ábra)

A kerékterhelés a görgőnormálisok irányában két komponensre (G_1 , G_2) bontható, melyek emelt görgős kialakításnál eltérő nagyságúak.

A tengelyhajtás és a gördülési ellenállás ellenében ható kerületi erőt nem vesszük figyelembe



8. Ábra forgatás fékezés nélkül vázlat

- A fékezés kezdete – 1. fázis: (9. ábra)

A 2 görgőn a kerületi erők nagysága megegyezik

A fékerők nagysága megegyezik és a fékező nyomaték növelésével azonosan növekednek.

$$B_1 = B_2$$

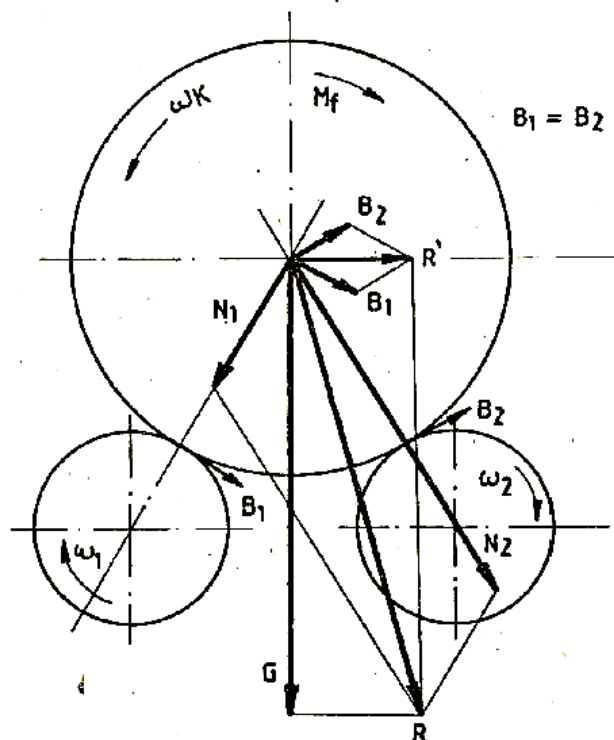
A fékerőket a kerékközéppontba helyezve berajzolható az R' eredő, R eredőt az R' és a G kerékterhelés eredőjét jelöli

Az R eredőt a görgőnormálisok irányába felbontva kapjuk az N_1 és N_2 erőket. Az N_1 normál irányú erő a fékerő növekedésével folyamatosan csökken, N_2 pedig növekszik.

Az első szakaszban a B_1 fékerő kisebb, mint $N_{1\phi}$ (tapadási tényező) határérték. $B_1 > N_{1\phi}$ érték ezt jelenti, hogy a kerék az első görgőn megcsúszik.

A görgők kényszerhajtása miatt csak $B_1 > N_{1\phi}$ lehetséges, mert a második görgőn a kerék még nem érte el a megcsúszási határt.

A görgős fékpadi mérés értékelése szempontjából nagyon fontos, hogy a $B_1 = B_2$ sáv a fékezési tartomány minél nagyobb hányadát fedje le. Az egyenletes szakasz hosszának növelése mind a gumiabroncs, mind a görgőegység hajtóelemeinek igénybevétele szempontjából előnyös. Ahogy ezt a görgőspadon kifejthető maximális fékerő részletezésénél már említettem, az egyenletes terhelési tartomány hosszát (a fékerők növekedését) a tapadási tényező és az elhelyezkedési szög változtatása befolyásolja.



9. ábra 1. fékezési fázis vázlat

- A 2. fékezési fázis: (10. ábra)

A fékező nyomaték további növelésével az elsőgörgőn az N_1 csökkenése miatt csökken a kifejthető fékerő, így $B_2 > B_1 > 0$.

Ebben a fékezési szakaszban az első görgő $N_1=0$ értékig a megcsúszási határon marad.

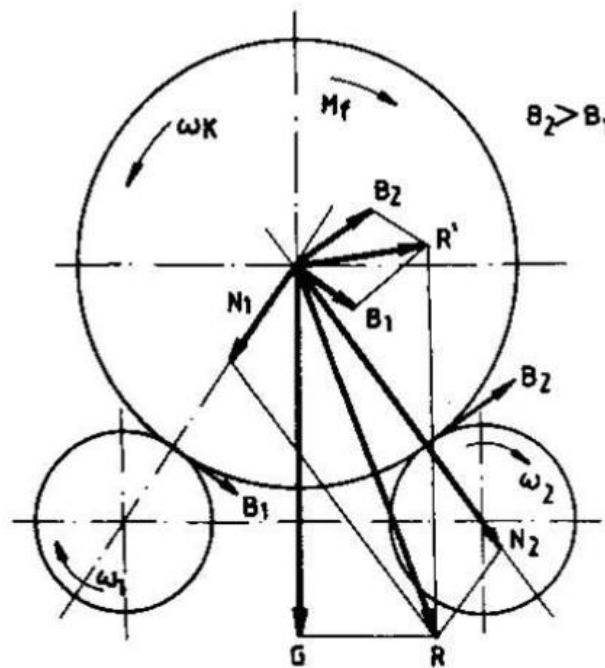
A R eredő erő az N_1 , N_2 görgőnormálisok közötti szögtartományban marad, szélsőértékében iránya megegyezik a második görgőnormálissal.

Itt a R' hajtóerők eredője már elmozdul a vízszintes síkból

A fékezés határesetek ebben a fázisban következnek be, a tapadási tényező annyira kicsi, hogy a fékezett kerék mind 2 görgőn megcsúszik.

Ebben az esetben a B_1 és B_2 között az alábbi egyenlet írható föl:

$$B_1 = \frac{G \cdot \sin \alpha - B_2}{\varphi \cdot \cos 2\alpha + \sin 2\alpha} \quad (2)$$



10. Ábra 2. fékezési fázis vázlat

- A 3. fékezési fázis: (11. ábra)

Ha a tapadási tényező elegendően nagy, akkor a fékezés határesetek a stabilitási határra esik.

A harmadik fékezési fázist a $N_1=0$ és $B_1=0$ jelenti, ekkor elérjük a stabilitási határhelyzetet. Az R eredő erő szélső értéket vesz fel irányában egyenlő az N_2 normálerővel.

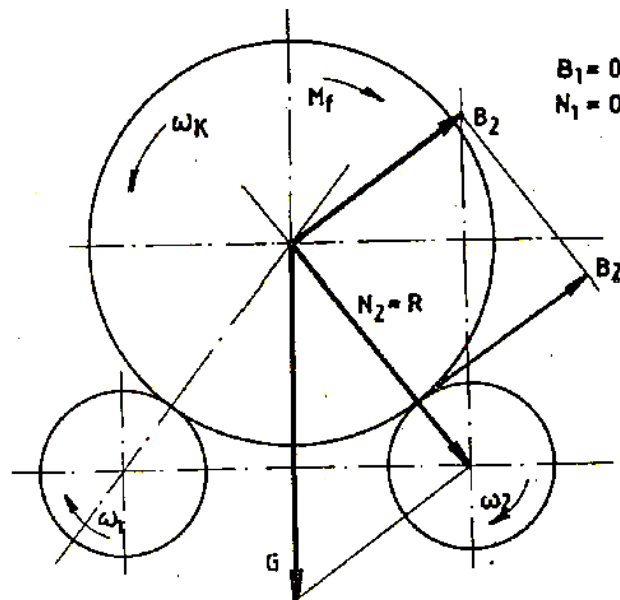
Az ábra alapján maximális fékerő:

$$B_{max} = B_2 = G \cdot \sin \alpha_2 \quad (3)$$

Ez ez eset akkor következik be, ha a talajon álló másik tengely kerekei nincsenek lefékezve.

A gyakorlatban ez a fázis kézifék (rögzítőfék) vizsgálatánál következik be. A kézifék működtetésénél általában a fékezési stabilitási határt átlépjük, és a kerék (az autó) hátrafelé kilép a görgőágyból.

Üzemi fék vizsgálatánál általában nem megy végbe a hátrafelé történő kilépési fázis, mert a talajon álló másik fékezett tengelyen a kerekek talppontjain ébredő erő ellentétes irányú az R' erő vízszintes komponensével, és ezáltal meggátolja a jármű elmozdulását a görgőágyból.



11. Ábra 3. fékezési fázis vázlat

2.5 Gépjárművek fékminősítése görgős fékmérő berendezéssel

A közúti járművek hatósági fékvizsgálatánál az eredmények kiértékelésekor fék típusokként a következőket kell értékelni (Magyarországon a fékmérési technológiákra vonatkozó szabályozásokat az 5/1990. (IV. 12.) KöHÉM rendelet tartalmazza):

2.5.1 Üzemi fék esetén

Tengelyenként állandó pedálerő, vagy állandó kivezérelt nyomás (légfék) mellett végzett mérés eredményei alapján:

- a jobb és baloldali fékerők százalékos eltérését,

- a jobb és baloldali kerékfékerő ingadozást.

A regressziós módszerrel meghatározott maximális fékerők szerint:

- a tengelyenkénti,
- és a teljes jármű lefékezetttségét.

2.5.2 Külső erővel működtetett nem szabályozható rögzítő fék (nem biztonsági fék) esetén

- a legnagyobb fékerők alapján a jármű teljes lefékezetttségét (tengelyblokkolás esetén a csúszás előtt mért legnagyobb fékerő alapján határozható meg),
- a legnagyobb fékerők alapján tengelyenkénti lefékezetttséget (vagy a megcsúszás előtt mért legnagyobb fékerők alapján).

2.5.3 Külső erővel működtetett szabályozható rögzítő fék esetén

Tengelyenként állandó kivezérelt nyomás mellett végzett mérés eredményei alapján:

- a jobb és baloldali fékerők százalékos eltérését,
- regressziós módszerrel alapján a legnagyobb fékerőkből meghatározott lefékezetttséget.

2.5.4 Elektromos működtetésű rögzítő fék esetén

Az álló görgős mérésnél a megcsúszás előtt mért legnagyobb fékerők alapján:

- ha nem történt tengelyblokkolás, akkor a teljes járműre vonatkozó lefékezetttséget,
- tengelyenkénti lefékezetttséget.

2.6 A görgőspadi fékvizsgálat végrehajtása

Mielőtt a járművel a próbapadra állnak érdemes a gumibroncson nyomásellenőrzést végezni, és ha indokolt beállítani az előírt névleges nyomást. Hidraulikus fékek esetén, ha szükséges légtelenítést kell végezni. A vizsgálat előkészítéséhez tartozik még a fékfolyadék forráspontjának megállapítása.

A gépjárművel a megfelelő irányban a próbapadra állunk, a sebességváltót üres állapotba tesszük és a mérést a fékszerző működése miatt járó motorral végezzük. A pedálerő mérő jeladóját felrakjuk a fékpedálra, a légfékes járműveknél pedig, a nyomásmérőt csatlakoztatjuk a jármű vizsgálócsatlakozójához.

Összkerékajtású járművek vizsgálata különös figyelmet igényel. Fontos a gépjármű pontos beazonosítása és ez után a vizsgálati technológia meghatározása. A nem megfelelő mérési módszer komoly károkat okozhat a gépjármű hajtásában. Az állandó összkerékajtású

járműveknél két mérési mód lehetséges: a megbontás nélküli és a megbontásos mérés. Megbontás nélküli eljárás során a fékpad görgőit ellentétes irányban kell forgatni és a mérést oldalanként kell elvégezni. A megbontásos mérés a hajtás szétszerelését jelenti.

Ikertengelyes járművek vizsgálatához kiegészítő görgősorra lehet szükség, amin az éppen nem mért B vagy C tengely kerekei el tudnak forogni. Olyan járműveknél, ahol a hajtás szétkapcsolható, nincs szükség további szabadonfutó görgősorra.

Légfék esetén a **kifékezés**.

Álló fékpadon megállapítjuk a maximális kivezérelt nyomást. Kifékezés előtt fel kell termelni a levegőt, majd elindítani a mérést. Egy határozott fékezést kell végrehajtani a pedál teljes lenyomásáig, közben a mérőpanelen nyomon követhető a működtető erő. A mérőszoftver általában lehetőséget ad a művelet ismétlésére, ha esetleg az előző nem sikerült az elvárt mértékben.

Rugóerő-tárolós rögzítőfék esetén az a **maximális nyomás meghatározása**.

Álló fékpadon megállapítjuk a max. kivezérelt nyomást. A max.nyomás mérése előtt fel kell termelni a levegőt, majd elindítani a mérést.

Minden járműtípusnál az első lépés a **keréksúrlódás meghatározása**.

A fékpad indulása után egy adott ideig kell fékezés nélkül mérni a fékerőket A próbapad elindul a csúszásjelek (C_j , és C_b) érzékelésével, 1 kerékfordulat ideje alatt (T_0) megállapítjuk oldalanként a kerekek alapsúrlódását (FS_j [N]; FS_b [N]). A mérésnek ebben a fázisában rögzítjük a maximális keréksúrlódás (FS_{jmax} [N] és FS_{bmax} [N]) és a névleges csúszásjel (CN_j és CN_b) értékeit is.

Névleges csúszásjel: A próbapad szerkezeti tulajdonsága. A csúszás meghatározásához CN_j és CN_b értékeit minden gépjármű fékvizsgálata előtt méréssel kell megállapítani. Forgó próbapadon T_0 [s] idő alatt P [N]=0 működtető erő hatására mért C_j , illetve C_b minimuma.

T_0 [s] idő: 1 kerékfordulat, amely alatt a próbapadon vizsgálható legnagyobb gumibroncs egyszer körülfordul.

$$T_0 = \frac{3,6 \cdot KG_{max}}{V} \quad (4)$$

ahol:

KG_{max} [m] – a próbapadon mérhető legnagyobb gumibroncs gördülő kerülete

V [km/h] – a próbapad sebessége

A fékműködtetés nélkül, üresen forgó állapotban érdemes a kialakult fékerőt figyelni. Tipikus, normális értéknek a 100-300 N erőt tekintjük (ez jelentősen függ, a járműtípustól és hogy hajtott vagy nem hajtott keréken mérünk). Ha pedálerő nélkül vagy nulla kivezérelt nyomásnál feltűnően nagy erőt mérünk, ami meghaladja a gördülési ellenállásból és csapágy súrlódásból származó erőértékeket, akkor a fék feltehetőleg állandóan fog.

A fékerő növelés (vagy állandóan növekvő működtető erő mellett végzett vezérelt mérés):

Forgó fékpadon megállapítjuk a csúszási pontot (C_j, C_b), ennek hiányában a maximális fékerőket (F_j, F_B) és meghatározzuk a munkapontot. A művelet során folyamatosan kell oldott fék állapotról kifékezni csúszásig (vagy a maximális fékerőig) az előírt ütemben. Az itt kapott maximális fékerők alapján kapjuk meg az állandó értéken tartott működtető erővel végzett méréshez a névleges működtető erőt (PN). A névleges működtető erő a tengelyenként mért maximális fékerő (a jobb és bal oldali fékerők közül a nagyobb érték) 70%-ához társuló működtető erő.

A gyakorlatban a folyamat úgy zajlik, hogy a mérőszoftver grafikusan jelez egy működtető erő túrésmezőt (PT). A féket kissé megnyomva a működtető erő (P) kilép a túrésmezőből, melynek következtében a gép elkezd folyamatosan emelni az előírt működtető (PN) erőt. Ettől kezdve a túrésmező-kijelzőt figyelve folyamatosan kell egyre erősebben fékezni úgy, hogy a tényleges működtető erő az előírt működtető erő közelében maradván, azzal együtt növekedjen ($P > PN + PT$, és $P < PN - PT$). Ha mérés közben a tényleges működtető erő elhagyja a túrésmezőt, akkor azt lehetőleg minél rövidebb időn korrigálni kell. Ha túl sok ideig van a működtető erő a túrésmezőn kívül, akkor a mérést meg kell ismételni. Ha elértük a csúszást, vagy a legnagyobb működtető erőt, vagy a fékpad terhelhetőségi határát, akkor a művelet véget ér.

Csúszásnak nevezzük, ha a mért tengelyen az egyik kerék kerületi sebessége a görgő kerületi sebességének (V) 70%-ára csökken (a korábbi előírások szerint ez az érték 80% volt). A próbapadon a csúszást a segédgörgők jeladója által érzékelhetjük.

Fékerőnövelés nyomáscsökkentéssel

Rugóerő-tárolós rögzítőfék (a működtető erő mértékegysége itt P [bar] értelmezhető) esetében is a csúszási pont vagy a maximális fékerők megállapítása és ez alapján a munkapont meghatározása a cél. A mérés elején a maximális üzemi nyomásról indulunk, ami a túrésmező közepén áll. Ilyenkor a rögzítőféket kissé meghúzva a nyomás csökken és kilép a túrésmezőből, melynek következtében a gép elkezd folyamatosan csökkenteni az előírt nyomást. Ettől kezdve a túrésmező-kijelzőt figyelve folyamatosan kell egyre erősebben fékezni úgy, hogy a tényleges nyomás az előírt nyomás közelében maradván, azzal együtt csökkenjen ($P > PN + PT$, és $P < PN -$

PT). Ha a tényleges nyomás jelentősen kilép az előírt nyomás tűrésmezőből vagy túl sok ideig van azon kívül, akkor a mérést meg kell ismételni. Az egyik oldali kerék csúszásánál, vagy ha a nyomás 0,25 bar alá csökken, akkor a művelet véget ér és automatikusan indul a fékoldás. $P < P_N - PT$ esetén a rögzítőfék szelep nem képes fokozatos fékezés teljesítésére. Ilyenkor a rögzítőféket a nem szabályozható rögzítőfékek mérési módszerével kell mérni.

Fékoldás, majd kitartás (vezérelt mérés állandó működtető erővel).

Forgó fékpadon oldjuk a féket. A fékerő növelés után szükséges oldani a féket, mivel a munkapont fékereje (melyen műveletben meg kell tartani a féket) alacsonyabb a fékerő növeléskor elért fékerőnél. Ez a művelet szinte észrevétlenül lezajlik, mivel a fékerő növelés végén a csúszás pillanatában az ember önkénytelenül oldja a féket, így a fent leírt feltétel azonnal teljesül. Miután a fékerő lecsökken automatikusan indul a kitartás.

Forgó fékpadon megállapítjuk jobb-bal oldali a fékerő eltérést (E), az átlagos fékerőket ($F_{j\hat{a}tl}$, $F_{b\hat{a}tl}$), fékerő ingadozást (O_j , O_b), lefékezettséget (lsz) és értékeljük ezeket. Az előzőleg megállapított munkaponton (vagyis a hozzá tartozó tűrésmezőben PT) kell a működtető erőt (P) megtartani adott ideig. A mérés kezdetén a fék oldott. A tűrésmező-kijelzőt figyelve kell fékezni, a működtető erőt lehetőleg a tűrésmező közepén tartani. Amikor a kijelzőn a visszaszámláló lejár, akkor a fékpad leáll és véget és az adott fékszerkezet vizsgálata. A művelet időtartama 1,5 kerékfordulat.

Fékerő eltérés (E): A jobb- és baloldali átlagos fékerők százalékos eltérésének számítása:

$$E = \frac{F_{j\hat{a}tl} - F_{b\hat{a}tl}}{F_{j\hat{a}tl}} \cdot 100 [\%], \text{ amennyiben } F_{j\hat{a}tl} > F_{b\hat{a}tl} \quad (5)$$

$$E = \frac{F_{b\hat{a}tl} - F_{j\hat{a}tl}}{F_{b\hat{a}tl}} \cdot 100 [\%], \text{ amennyiben } F_{b\hat{a}tl} > F_{j\hat{a}tl} \quad (6)$$

A fékhatásnak üzemi fékrendszereknél az egy tengelyen lévő kerekek mind két oldalán közel azonosnak kell lennie. A jelenlegi magyar szabályozás szerint egy tengelyen a jobb és bal oldal közti eltérés a kerekeken mért legnagyobb átlagos fékerő 20% át nem haladhatja meg. M1 és N1 kategóriájába tartozó gépkocsik esetén a hátsó tengelyen engedélyezett maximális eltérés 30%.

Átlagos fékerők: Az 1 kerékfordulat (T_0) alatt mért és korrigált fékerők számtani átlaga.

$$F_{j\hat{a}tl} = \frac{\sum_{i=1}^n F_{ji}}{n} \quad (7)$$

$$F_{b\hat{a}tl} = \frac{\sum_{i=1}^n F_{bi}}{n} \quad (8)$$

Fékerő ingadozás: Az 1 kerékfordulat (T_0) alatt mért és számított korrigált fékerők segítségével lehet kiszámítani.

$$O_j = \frac{F_{jmax} - F_{jmin}}{F_{j\hat{a}tl}} \cdot 100 [\%] \quad (9)$$

$$O_b = \frac{F_{bmax} - F_{bmin}}{F_{b\hat{a}tl}} \cdot 100 [\%] \quad (10)$$

A fékerő ingadozásra vonatkozó előírás szerint az üzemi fék állandó nagyságú működtetőerő melletti fékerőingadozása nem haladhatja meg a keréken mért legnagyobb átlagos fékerő 30%-át.

A fékezési folyamat rendellenességeit a folyamat végén a kijelzőn megjelenő fékerő-működtető erő diagramról is leolvashatjuk (pl a féktárcsa ovalításából adódó nagymértékű fékerő ingadozást).

A fékerők értékelése kétféle módon történhet:

1. a hatósági felületen keresztül elérhető gyártó által biztosított határgörbe alapján: így módon a fékerő minősítése akkor megfelelő, ha a kitartásnál mért átlagos fékerő ($F_{j\hat{a}tl}$, $F_{b\hat{a}tl}$) nagyobb vagy egyenlő a gyártó által biztosított határgörbe F_e értékénél
2. ha nincs gyártó által definiált határgörbe:
 - üzemi féknél és a külső erővel működtetett szabályozható vagy biztonsági fékként is működő rögzítő féknél: a regressziós módszerrel meghatározott maximális fékerők alapján a tengelyre vonatkoztatott lefékezettséget kell használni a minősítésre

$$F_i = regr_j(P_{emax}) + regr(P_{emax}) \quad (11)$$

- a többi esetben pedig a mért tengelyfékerőket a tengelyre számított lefékezettség alapján kell értékelni

$$F = F_{Jmax} + F_{Bmax} \quad (12)$$

A fékerők értékeléséhez szükséges lefékezetségi képletek:

Teljes járműre vonatkozó lefékezetségi százalék:

$$lsz = \frac{\sum_{i=1}^n (F_i \cdot kt)}{m_\delta \cdot g} \quad (13)$$

ahol:

n – tengelyek száma,

Fi – az regressziós módszerrel számolt maximális tengelyfékerő a P_{emax} vezérlés értéknél,

g – nehézségi gyorsulás,

i – tengely sorszáma.

Lefékezetségi százalék tengelyenként:

$$lsz_i = \frac{F_i \cdot kt}{m_\delta \cdot \left(\frac{a_i}{100}\right) \cdot g} \quad (14)$$

ahol:

ai – fékerő felosztás,

kt – korrekciós tényező (tárcsafék – 0,92, dobfelek – 0,87).

A fékmérési technológiáknál alkalmazott további számításokkal és a mérések részletes kiértékelésével a szakdolgozat következő fejezetében foglalkozom.

Kézifék vizsgálat

Izomerővel működtetett rögzítőfék esetén, forgó fékpadon megállapítjuk a csúszási pontot (ennek hiányában a maximális fékerőket), a fékerő eltérést, és értékeljük ezeket.

A mérés során adott idő alatt kell a kéziféket lehetőleg csúszásig behúzni. Mivel itt nem lehet nyomon követni a működtető erőt, ezért ügyelni arra, hogy a rendelkezésre álló idő alatt elvégezzük a mérést, viszont nem szabad hirtelen "megtépni" a kézifék-kart. Ha az idő lejárt, vagy a kerekek megcsúsztak, a művelet véget ér.

Elektromos rögzítőfék vizsgálat

Elektromos, vagy elektro-hidraulikus rögzítőfék esetén, amennyiben a fékpad alkalmas rá, álló fékpadon megállapítjuk a csúszási pontot (ennek hiányában a maximális fékerőket), a fékerő eltérést, és értékeljük ezeket.

A mérés előtt a rögzítőféket rögzített állapotba kell hozni, majd gombnyomással el kell indítani a mérést. A rendszer először a bal oldalon végzi el a mérést oly módon, hogy a bal oldali fékpadgörgőt folyamatosan növekvő erővel próbálja meg elforgatni, miközben a jobb oldali görgőt álló helyzetben befékezi. Amint a bal oldali görgő a tapadásvesztés, vagy a fék gyengesége miatt forogni kezd, a művelet véget ér. Ezután a mérés megismétlődik a jobb oldalon, miközben a bal oldal van megfékezve. A két oldal mérése külön-külön megismételhető.

A mérés befejezése

A mérés utolsó fázisa a befejezés. A műveletet végén az eredmények mentésre kerülnek, a járművel kiállhatunk a görgősorból.

Olyan fékpadoknál, ahol lehetséges a forgó- vagy állógörgős befékezés, a fékpadból történő kiállítás a következő szerint szerint biztosítható: Forgógörgős befékezésre képes fékpad esetén a művelet során elindul a fékpad, majd beállított ideig forog, ez idő alatt kell a fékpadból kiállni. Állógörgős befékezésre képes fékpad esetén a művelet során a fékpad álló befékezett állapotba kapcsol, és beállított ideig ebben az állapotban marad, ez idő alatt kell a fékpadból kiállni. A fékpad befékezés minden esetben csak kézzel indítható.

2.6.1 Tipikus mérések műveletsorai

Kéttengelyes, első kerék hajtású személygépkocsi, hidraulikus szervófékkal, a B tengelyen izomerővel működtetett rögzítőfékkel (kézifék):

- (A) Megszakítás,
- (A) Keréksúrlódás mérés (előtte a fékpad indul),
- (A) Fékerő növelés,
- (A) Fékoldás,
- (A) Kitartás (a végén a fékpad leáll),
- (A) Befékezés (forgógörgős befékezésnél a fékpad elindul, majd a végén leáll),
- (B) Keréksúrlódás mérés (előtte a fékpad indul),
- (B) Fékerő növelés,
- (B) Fékoldás,

- (B) Kitartás (utána a fékpad leáll),
- (B) Kézfék mérés (előtte a fékpad elindul, majd a végén leáll),
- (B) Befejezés.

Kéttengelyes, hátsókerék hajtású tehergépkocsi, légfékkel, a B tengelyen rugóerőtárolós rögzítőfékkel:

- (A) Megszakítás,
- (A) Kifékezés (max. nyomás mérése álló padnál),
- (A) Keréksúrlódás mérés (előtte a fékpad indul),
- (A) Fékerő növelés,
- (A) Fékoldás,
- (A) Kitartás (utána a fékpad leáll),
- (B) Kifékezés (max. nyomás mérése álló padnál),
- (B) Keréksúrlódás mérés (előtte a fékpad indul),
- (B) Fékerő növelés,
- (B) Fékoldás,
- (B) Kitartás (utána a fékpad leáll),
- (B rögzítő) Max. nyomás mérése álló padnál,
- (B rögzítő) Keréksúrlódás mérés (előtte a fékpad indul),
- (B rögzítő) Fékerő növelés (nyomáscsökkentéssel),
- (B rögzítő) Fékoldás
- (B rögzítő) Kitartás (utána a fékpad leáll),
- (B) Befékezés (forgógörgős befékezésnél a fékpad elindul, majd a végén leáll),
- (B) Befejezés.

3. Teher és személygépjármű fékmérési technológiák vizsgálata

3.1 Változások a fékvizsgálati technológiában

A fékmérésre vonatkozó hazai előírások 2018 december 15-től jelentősen megváltoztak. Az 5/1990. (IV. 12.) KöHÉM és 6/1990. (IV. 12.) KöHÉM rendeletekben foglalt műszaki változások egy része - a vizsgasorok nagytömegű átállításának időigénye miatt - 2023-as határidővel érvényes.

A legnagyobb változás az FT-t, illetve annak egységes algoritmusában történt. Az EFT (2018. december 15-ig) a fékerőket tengelyenként képzett alsó határgörbéhez hasonlította. Személygépjárműnél a határgörbe az origó és a maximális pedálerőnél (500 N) az 59,1%-os lefékezettségi százalék érték eléréséhez szükséges kiszámított fékerőpontot köti össze. A jó minősítés követelménye az volt, hogy a mért érték a görbe felett legyen.

Ezzel szemben, az új, ma érvényben lévő eljárás lineáris regressziót alkalmaz. A lineáris regresszió modellje feltételezi, hogy a működtető erő és a fékerő között lineáris a kapcsolat. A mérés feldolgozása során a mért értékekből lineáris fékerő-karakterisztikát képezünk és meghatározzuk a maximális működtető erőnél elméletben kialakuló fékerőt. Ezek után pedig a minősítéshez tengelyenkénti lefékezettséget számolunk.

A műszaki változások között szerepel, hogy a görgős fékerőmérő próbapadokat ki kell egészíteni álló helyzeti, elektronikus rögzítő fék mérés lehetővé tételével. Továbbá a 3,5 tonna feletti járművek vizsgálatánál meg felelni az 21069-1 ISO szabvány A. mellékletének vagy ezzel egyenértékű szabvány szerinti, a fékerő, a légfékrendszerekben lévő légnyomás, és a pótkocsi fékvezérlő levegőnyomásának ellenőrző mérésére, kijelzésére és tárolására.

Az N1, N2, N3, O2, O3, O4 járműkategóriában a mérési technológia kötelezővé teszi azt, hogy a fékvizsgálata folyamán minden tengely terhelésének el kell érnie az adott tengelyre a gyártó által megengedett tengelyterhelés 50%-át. Amennyiben a jármű tengelyterhelése a bemutatott állapotban nem éri el az elégséges mértéket a tengelyterhelés növelése műterheléssel, vagy erre szolgáló eszközzel biztosítható. A tengelyterhelés növelésére szolgáló eszközt vagy a jármű terhelését úgy kell alkalmazni, hogy a kivezérelt nyomásnak a tervezési nyomás legalább 40%-át, vagy a fékerőnek az adott tengelyre előírt lefékezettségi 50%-át el kell érnie mérés közben.

A következőkben egy személy (M1) és egy teher (N2) járművön elvégzett fékmérés alapján összehasonlítom a régi és az új fékmérési technológia szerinti számolást. Az eredmények

alapján értékelem, hogy az új EFT-vel miben változott meg a fékminősítés, mi lehetett a cél az új eljárással.

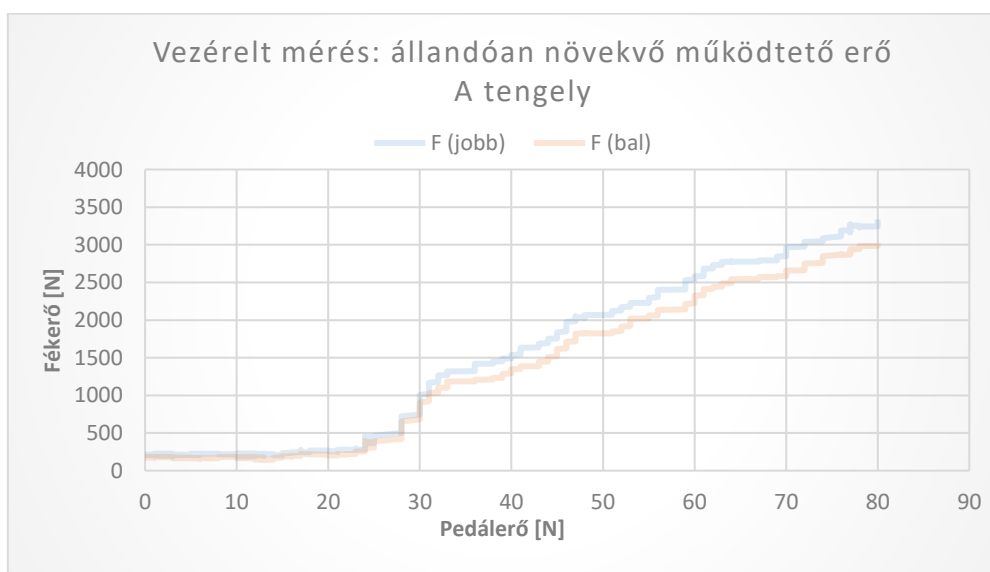
A keréksúrlódás és a névleges működtető erő meghatározása az előző pontban ismertetett módon, a mérőszoftverrel történt, ebben nincs változás, részletesen a további mérési fázisok számolását elemzem. Az állandóan növekvő működtető erő mellett végzett vezérelt méréseknél a próbapadon beállított slip határérték az új (EU-s irányelv szerinti) 30% volt, mindkét számolásnál az így kapott adatokból dolgoztam.

3.2 Fékmérés a 2018 december 15-ig érvényben lévő eljárás szerint

3.2.1 Nissan Leaf 2015

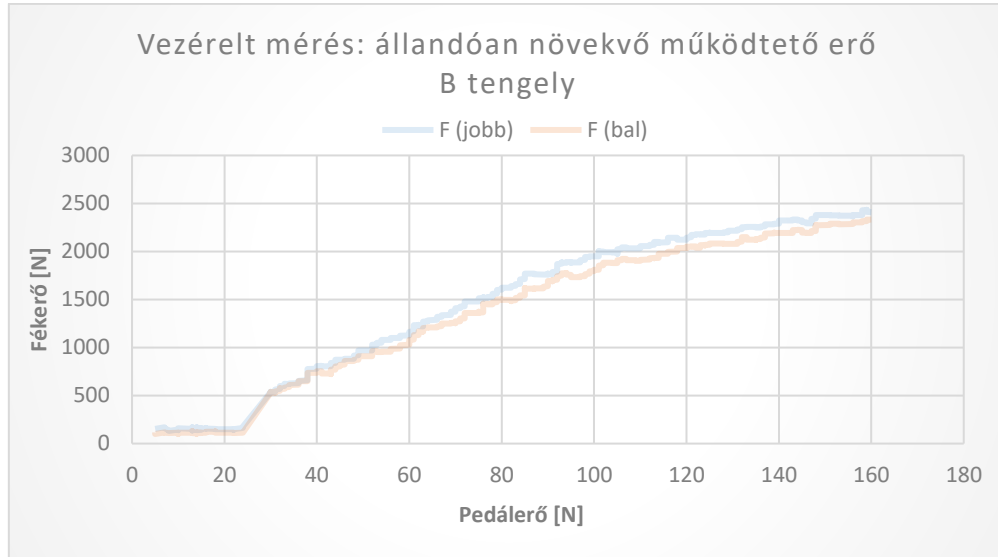
A járműre jellemző adatok a rendelet szerint:

- M1 gépjármű kategória,
- $m_0 = 1945\text{kg}$ (össztömeg – a típusra jellemző adat),
- $k_{tt} = 0,95$ (tárcsafék korrekciós tényezője M1 kategóriára),
- $lsz_e = 59,1\%$ (minimális lefékezettségi százalék),
- $lsz_{erög.} = 16\%$ (minimális lefékezettségi százalék rögzítőfékre),
- $a_A = 63\%$ (a szükséges fékerő elosztása A tengely),
- $a_B = 37\%$ (a szükséges fékerő elosztása B tengely),
- $a_{Brög.} = 100\%$ (a szükséges fékerő elosztása rögzítőfék),
- $P_{max} = 500\text{N}$ (legnagyobb működtető erő).



12. ábra Vezérelt mérés: állandó növekvő működtető erő (A tengely)

Az első tengelyen az állandóan növekvő működtető erővel végzett vezérelt mérés vége, a sliphatár $F_{j\max}=3336\text{N}$ és $F_{b\max}=3020\text{N}$ fékerőnél alakult, $P=80\text{N}$ pedálerő mellett. A kitartott mérésnél a számolt névleges működtető erő $P_N=59\text{N}$ volt.



13. ábra Vezérelt mérés: állandó növekvő működtető erő (B tengely)

A hátsó tengelyen növekvő működtető erőnél a megcsúszás előtti fékerőket $F_{j\max}=2434\text{N}$, $F_{\max}=2332\text{N}$ $P=160\text{N}$ pedálerőnél kaptuk. Kitartásos mérésnél a névleges működtető erő $P_N=90\text{N}$ volt.

Üzemi féknél, ha nincs hatósági, az adott jármű típusra vonatkozó fékerő határgörbe megadva, akkor a minősítéshez típusfüggetlen számított tengelyfékerő határértékeket kellett használni. A lefékezetségi százalék meghatározása:

$$lsz_e = \frac{\sum F}{m_0 \cdot g} \cdot 100 [\%] \quad (15)$$

A korábbi rendeletben erre a járműre (jelenlegi M1 kategória) az előírt minimális lefékezetségi százalék $lsz_e=59,1\%$ volt. Ezt behelyettesítve a képletbe megkapjuk a fékerő határértékeket.

$$\sum F = \frac{lsz_e \cdot m_0 \cdot g}{100} = \frac{59,1 \cdot 1945 \cdot 9,81}{100} = 11276,6 \text{ N} \quad (16)$$

$$F_A = \frac{aA \cdot \sum F}{100} = \frac{63 \cdot 11276,6}{100} = 7104,2 \text{ N} \quad (17)$$

$$F_B = \frac{\sum F \cdot a_B}{100} = \frac{37 \cdot 11276}{100} = 4172,3 \text{ N} \quad (18)$$

A próbapadon szükséges minimum fékerők

Figyelembe véve a tárcsafék korrekciós tényezőjét a fékerő határértékek a következők:

$$F_{eA} = \frac{F_A}{kt} = \frac{7104,2}{0,95} = 7478,1 \text{ N} \quad (19)$$

$$F_{eB} = \frac{F_B}{kt} = \frac{4172,3}{0,95} = 4391,9 \text{ N} \quad (20)$$

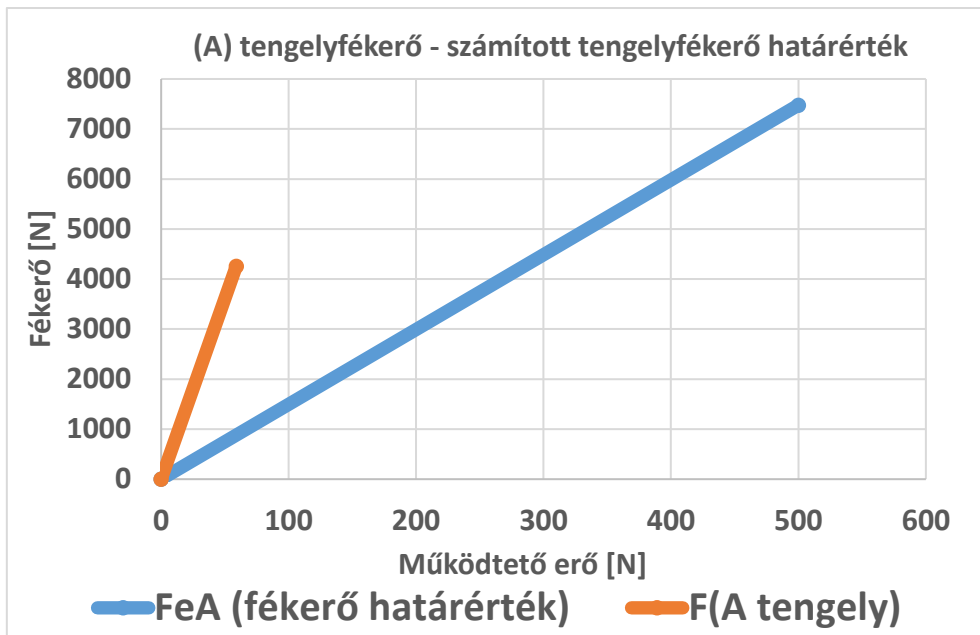
A tengelyfékerőket a számított állandó (PN) működtető erőnél végzett kitartásos mérés során az oldalanként kapott fékerők átlaga ($F_{j\text{átl}}$ és $F_{b\text{átl}}$) alapján meghatároztam.

$$F_{Atengely} = F_{j\text{átl}} + F_{b\text{átl}} = 2265,5 + 1994,5 = 4259,8 \text{ N} \quad (21)$$

$$F_{Btengely} = F_{j\text{átl}} + F_{b\text{átl}} = 1395,8 + 1348,1 = 2743,9 \text{ N} \quad (22)$$

Fékerő értékelése

A régi fékmérési eljárás alapján tengelyfékerő határérték egyeneseket képeztem, amelyek a $P_1 = 0$, $F_1 = 0$; $P_2 = P_{\text{emax}}$, $F_2 = F_{eA}$, koordinátájú pontokat összekötő egyenesek. A gépjármű tengelyenkénti fékhatásosságának a minősítése a régi módszer szerint tehát a névleges (PN) működtetőerőnél nyert fékerő ($F_{\text{átl}}$) és a határgörbe PN értékénél adódó határértékének egybevetése alapján történik.



14. ábra (A) tengelyfékerő - számított tengelyfékerő határérték diagram

A százalékos értékeléshez meghatároztam a számított tengelyfékerő határérték egyenesen a mérési ponthoz ($P_N=59N$) tartozó fékerő alsó határértéket.

$$F_{me} = \frac{F_{eA} \cdot P_{me}}{P_{emax}} = \frac{7478,1 \cdot 59}{500} = 882,4 \text{ N} \quad (23)$$

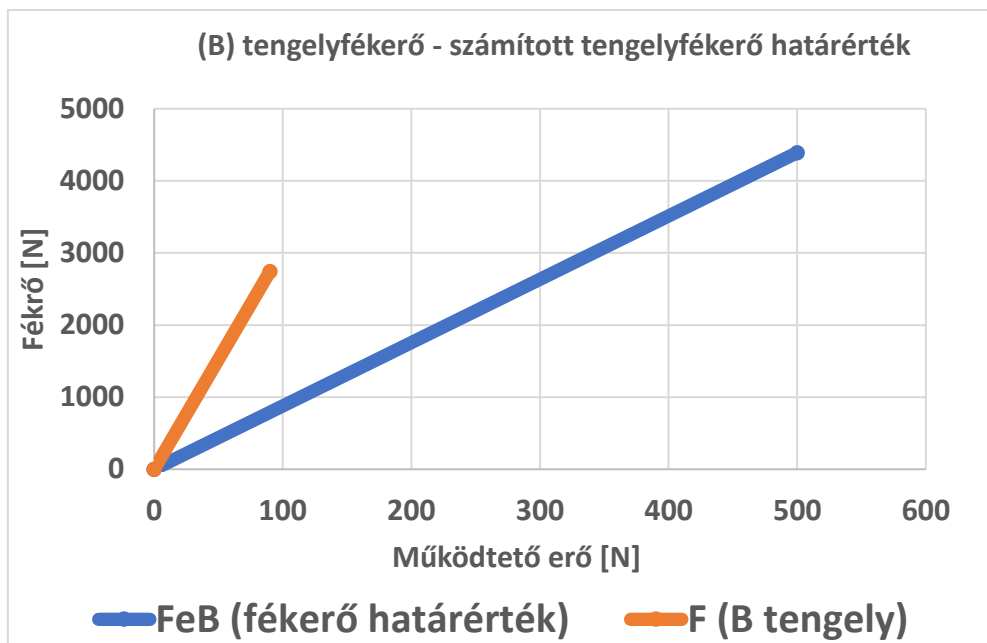
A mérési ponton (59N pedálerő)

A tengely tengelyfékerő 4259,8N

A határérték 882,4N

%-os értékelés **483%**

A többszáz százalékos érték abból következik, hogy a határgörbe fékerőértékei szervonélküli fékre vonatkoznak. Érthető, hogy a szervoval mért értékek magasan túlteljesítik a követelményeket.



15. ábra (B) tengelyfékerő - számított tengelyfékerő határérték diagram

A B tengely értékelése az első tengelynél ismertett módszer szerint., itt a kitartásos mérésen alkalmazott állandó működtető erő $P_N=90\text{N}$ volt.

$$F_{me} = \frac{F_{eA} \cdot P_{me}}{P_{emax}} = \frac{4391,9 \cdot 90}{500} = 790,5 \text{ N} \quad (24)$$

A mérési ponton (90N pedálerő)

A tengely tengelyfékerő 2743,9N

A határérték 790,5N

%-os értékelés **347,9%**

A hátsó tengelyen is a fékerő jelentősen a határérték fölött van. Valószínűleg ez miatt is szükséges volt a fékmérési technológia változtatása.

Kerékfékerő eltérés és ingadozás

A tengely

Az állandó pedálerőnél végzett vezérelt mérés eredményei alapján:

$$F_{játl} = 2265,5\text{N}$$

$$F_{bátl} = 1994,3\text{N}$$

$$F_{Jmax} = 2324\text{N}$$

$$F_{Bmax} = 2064\text{N}$$

$$F_{Jmin} = 1968N$$

$$F_{Bmin} = 1742N$$

$$F_{játl} > F_{bátl}$$

A kerékfékerő eltérés:

$$E = \frac{F_{játl} - F_{bátl}}{F_{játl}} \cdot 100 = \frac{2265,5 - 1994,3}{2265,5} = 12,0\% \quad (25)$$

A rendeletben rögzített megengedett maximális határérték 20%, tehát megfelelt.

$$O_J = \frac{F_{Jmax} - F_{Jmin}}{F_{játl}} \cdot 100 = \frac{2324 - 1968}{2265,5} \cdot 100 = 15,7\% \quad (26)$$

$$O_B = \frac{F_{Bmax} - F_{Bmin}}{F_{bátl}} \cdot 100 = \frac{2064 - 1742}{1994,2} \cdot 100 = 16,1\% \quad (27)$$

A jobb és baloldali kerékfékerő ingadozás is megfelelő, itt a rendelet 30% maximumot ír elő.

B tengely

Az állandó pedálerőnél végzett vezérelt mérés eredményei alapján:

$$F_{játl} = 1395,8N$$

$$F_{bátl} = 1348,1N$$

$$F_{Jmax} = 1458N$$

$$F_{Bmax} = 1420N$$

$$F_{Jmin} = 1150N$$

$$F_{Bmin} = 1100N$$

$$F_{játl} > F_{bátl}$$

A kerékfékerő eltérés:

$$E = \frac{F_{játl} - F_{bátl}}{F_{játl}} \cdot 100 = \frac{1395,8 - 1348,1}{1395,8} = 3,4\% \quad (28)$$

M1 és N1 kategóriában a hátsó tengelyen üzemi fékre 30% volt a határérték, ezért a fékerő eltérés itt is megfelelő.

Fékerő ingadozás:

$$O_J = \frac{F_{Jmax} - F_{Jmin}}{F_{játl}} \cdot 100 = \frac{1458 - 1150}{1395,8} \cdot 100 = 22,0\% \quad (29)$$

$$O_B = \frac{F_{Bmax} - F_{Bmin}}{F_{bátl}} \cdot 100 = \frac{1420 - 1100}{1348,1} \cdot 100 = 23,7\% \quad (30)$$

A kapott értékek jobb és bal oldalon is a megengedett 30% alatt vannak.

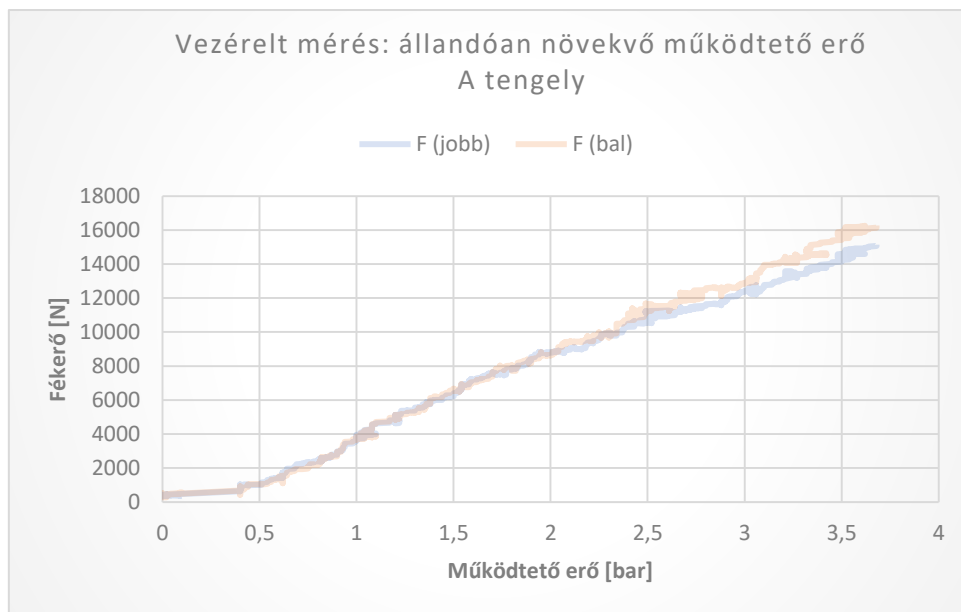
Rögzítőfék

2018 december 15-ig érvényben lévő eljárás szerint még nem volt kötelező a vizsgasorokon az elektromos rögzítőfék mérésére alkalmas állógörgős fékmérés alkalmazása, a fékmérési technológia nem tartalmazott erre vonatkozó szabályozást.

3.2.2 MAN TGL 12.250 12T

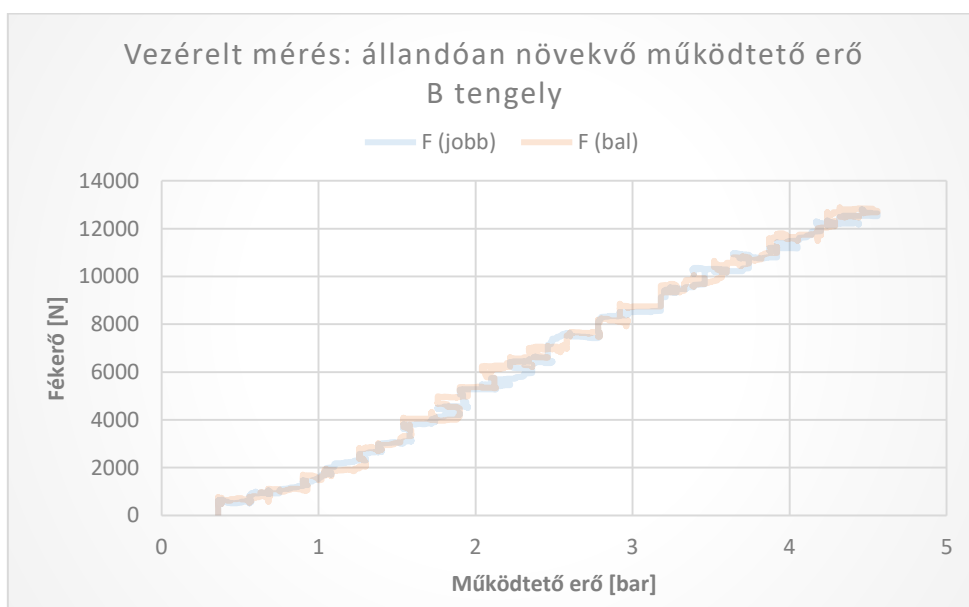
A járműre jellemző adatok a rendelet szerint:

- N2 gépjármű kategória,
- $m_0 = 12t$ (össztömeg – a típusra jellemző adat),
- $k_{tt} = 0,92$ (tárcsafék korrekciós tényező),
- $ls_{ze} = 50\%$ (minimális lefékezettségi százalék),
- $ls_{zerögz.} = 16\%$ (minimális lefékezettségi százalék - rögzítőfék),
- $a_A = 44\%$ (a szükséges fékerő elosztása A tengely),
- $a_B = 56\%$ (a szükséges fékerő elosztása B tengely),
- $a_{Brögz.} = 100\%$ (a szükséges fékerő elosztása rögzítő fék),
- $P_{emax} = 6 \text{ bar}$ (tervezési nyomás).



16. ábra Vezérelt mérés: állandóan növekvő működtető erő (A tengely)

Az első tengelyen a vezérelt mérésnél megcsúszás előtt mért legnagyobb fékerők $F_{jmax}=15140$ N és $F_{bmax}=16260$ N, $P=3,68$ bar kivezérelt nyomásnál ébredtek. A kitartott mérésnél a számolt névleges működtető erő $P_N=2,51$ bar volt.



17. ábra Vezérelt mérés: állandóan növekvő működtető erő (B tengely)

A hátsó tengelyen a növekvő működtető erővel végzett mérésen a legnagyobb $F_{jmax}=12810$ N és $F_{bmax}=12880$ N fékerők eléréséhez $P=4,46$ bar kivezérelt nyomás kellett. Ezután a kitartásos mérésen a névleges működtető erő $P_N=3,12$ bar volt.

A típusfüggetlen számított tengelyfékerő határértékek meghatározását Nissan Leaf-nél ismertetett módon a teljes lefékezettségi képletéből kiindulva végeztem el.

$$lsz_e = \frac{\sum F}{m_{\ddot{o}} \cdot g} \cdot 100 [\%] \quad (31)$$

$$\sum F = \frac{lsz_e \cdot m_{\ddot{o}} \cdot g}{100} = \frac{50 \cdot 12000 \cdot 9,81}{100} = 58860,0 \text{ N} \quad (32)$$

$$F_A = \frac{a_A \cdot \sum F}{100} = \frac{44 \cdot 58860}{100} = 25898,4 \text{ N} \quad (33)$$

$$F_B = \frac{\sum F \cdot a_B}{100} = \frac{56 \cdot 58860}{100} = 32961,6 \text{ N} \quad (34)$$

A próbapadon szükséges minimum fékerők

A tárcsafék korrekciós tényezője is járműkategóriánként eltér.

$$F_{eA} = \frac{F_A}{kt} = \frac{25898,4}{0,92} = 28150,4 \text{ N} \quad (35)$$

$$F_{eB} = \frac{F_B}{kt} = \frac{32961,6}{0,92} = 35827,8 \text{ N} \quad (36)$$

A tengelyfékerőket a számított állandó (PN) működtető erőnél végzett kitartásos mérés során az oldalanként kapott fékerők átlaga ($F_{j\text{átl}}$ és $F_{b\text{átl}}$) alapján meghatároztam.

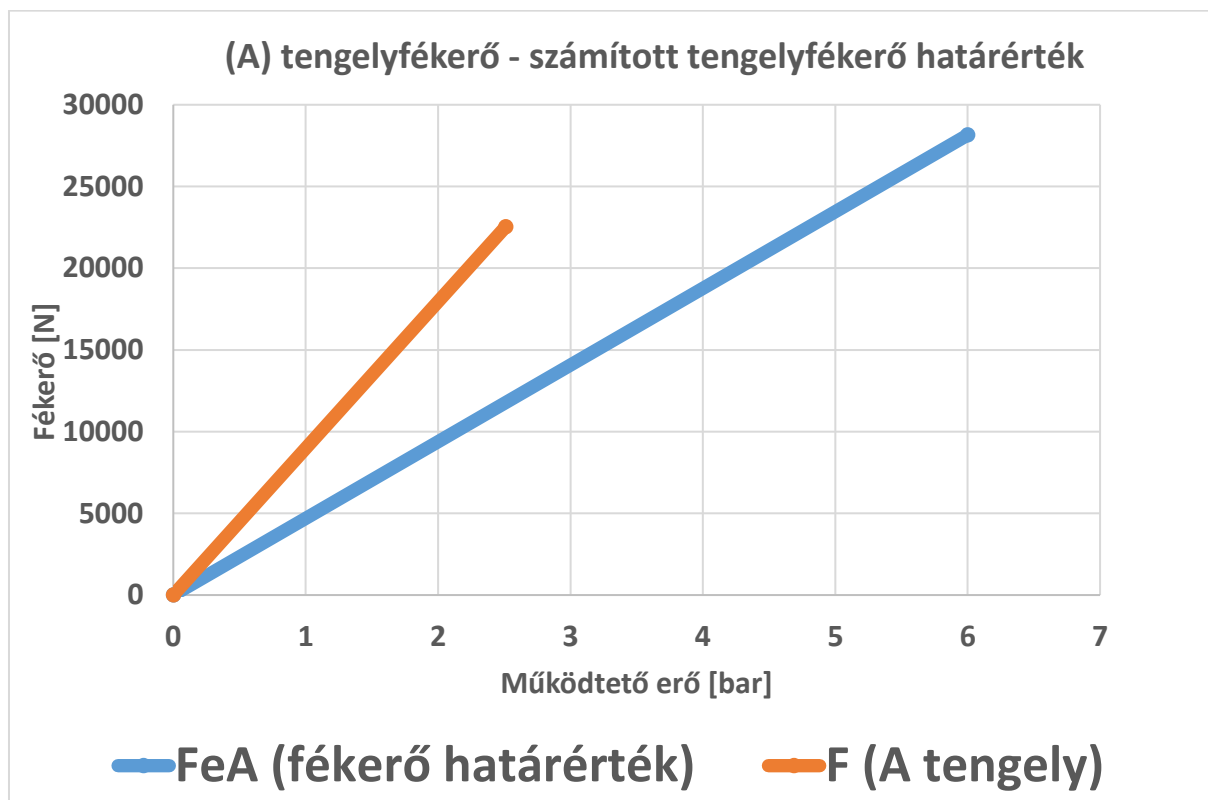
$$F_A = F_{j\text{átl}} + F_{b\text{átl}} = 10878,6 + 11651,7 = 22530,4 \text{ N} \quad (37)$$

$$F_B = F_{j\text{átl}} + F_{b\text{átl}} = 9277,2 + 9532,9 = 18810,2 \text{ N} \quad (38)$$

Fékerő értékelése

A régi fékmérési eljárás alapján tengelyfékerő határérték egyeneseket képeztem, amelyek a $P_1 = 0$, $F_1 = 0$; $P_2 = P_{\text{emax}}$, $F_2 = F_{eA}$, koordinátájú pontokat összekötő egyenesek. A gépjármű tengelyenkénti fékhatásosságának a minősítését ennél a járműnél is a régi módszer szerint

végeztem a névleges (PN) működtetőerőnél nyert fékerő ($F_{\text{átl}}$) és a határgörbe PN értékénél adódó határértékének egybevetésével.



18. ábra (A) tengelyfékerő - számított tengelyfékerő határérték diagram

A százalékos értékeléshez meghatároztam a számított tengelyfékerő határérték egyenesen a mérési ponthoz ($P_N=2,51$ bar) tartozó fékerő alsó határértéket.

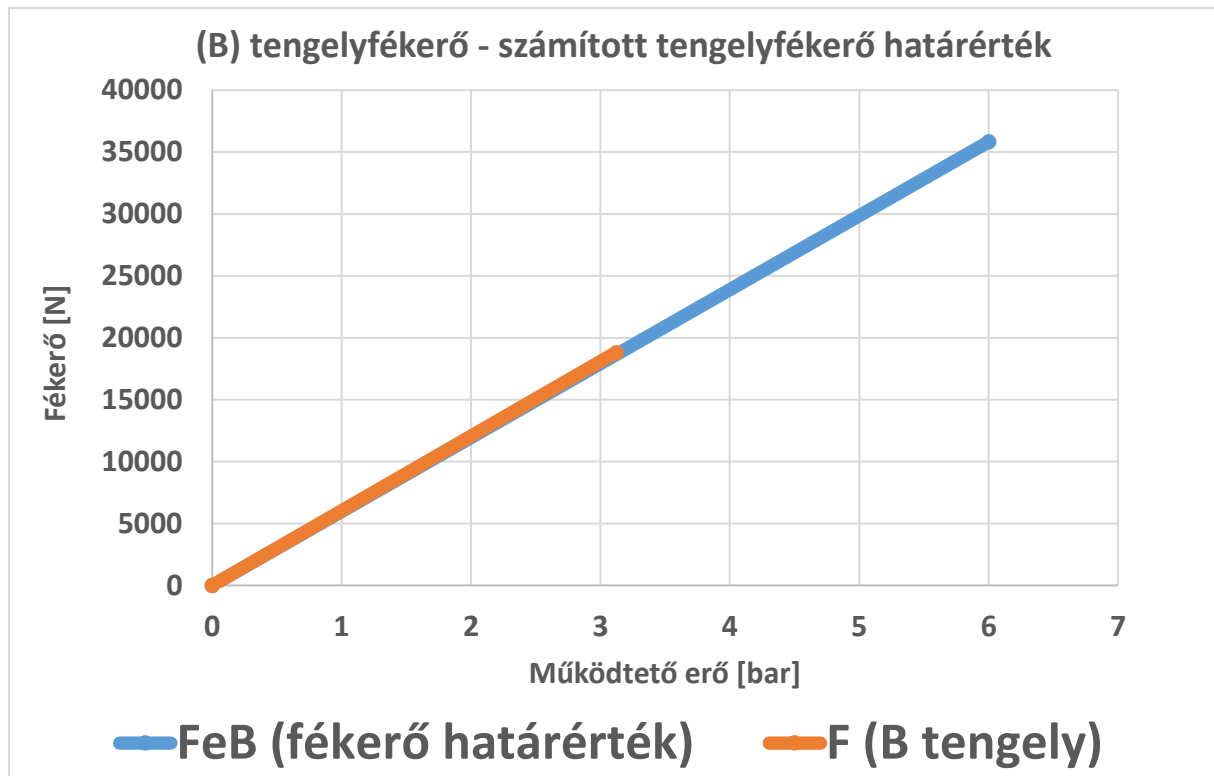
$$F_{me} = \frac{F_{eA} \cdot P_{me}}{P_{emax}} = \frac{28150,4 \cdot 2,51}{6} = 11776,3 \text{ N} \quad (39)$$

A mérési ponton (2,51 bar kivezérelt nyomás)

A tengely tengelyfékerő 22530,4N

A határérték 11776,3N

%-os értékelés **191,3%**



19. ábra (B) tengelyfékerő - számított tengelyfékerő határérték diagram

A B tengelynél szintén meghatároztam a számított tengelyfékerő határérték egyenesen a mérési ponthoz ($P_N=3,12$ bar) tartozó fékerő alsó határértéket és ez alapján végeztem el a minősítést.

$$F_{me} = \frac{F_{eB} \cdot P_{me}}{P_{emax}} = \frac{35827,8 \cdot 3,12}{6} = 18630,5 \text{ N} \quad (40)$$

A mérési ponton (3,12 bar kivezérelt nyomás)

A tengely tengelyfékerő 18810,2N

A határérték 18630,5N

%-os értékelés **101%**

A teher jármű hátsó tengely fékerő értékelésénél azt látni, hogy az első tengelyhez képest sokkal kisebb mértékben, éppen csak túlteljesíti a számított fékerő határértéket. Ez egyrészt a nagyobb szükséges fékerő elosztás következménye, másrészt a mért tengelyfékerő is kisebb. Az állandóan növekvő működtető erőnél végzett mérésnél a megcsúszás is, vagyis a mérés vége jóval nagyobb kivezérelt nyomásnál (4,46 bar) következett be és ezzel együtt a kitartásos fázis mérési pontja is magasabb volt. Ez a kevésbé terhelt hátsó tengely miatt lehetséges.

A 2018. december 15-ig hatályban lévő szabályozásban N1, N2, N3, O2, O3, O4 kategóriájú járműveknél nem volt előírás a minimális tengelyterhelés, de a tehergépkocsi mérése a vizsgasoron a megengedett tengelyterhelés 50%-val történt.

A tengely

Az állandó pedálerőnél végzett vezérelt mérés eredményei alapján:

$$F_{játl} < F_{bátl}$$

$$F_{játl} = 10878,6\text{N}$$

$$F_{bátl} = 11651,7\text{N}$$

$$F_{Jmax} = 11550\text{N}$$

$$F_{Bmax} = 12460\text{N}$$

$$F_{Jmin} = 10410\text{N}$$

$$F_{Bmin} = 11180\text{N}$$

Kerékfékerő eltérés és ingadozás

$$E = \frac{F_{bátl} - F_{játl}}{F_{bátl}} \cdot 100 = \frac{11651,7 - 10878,6}{11651,7} = 6,6\% \quad (41)$$

A rendeletben rögzített megengedett maximális határérték 20%, tehát megfelelt.

$$O_J = \frac{F_{Jmax} - F_{Jmin}}{F_{játl}} \cdot 100 = \frac{11550 - 10410}{10878,6} \cdot 100 = 10,5\% \quad (42)$$

$$O_B = \frac{F_{Bmax} - F_{Bmin}}{F_{bátl}} \cdot 100 = \frac{12460 - 11180}{11651,7} \cdot 100 = 11\% \quad (43)$$

A jobb és baloldali kerékfékerő ingadozás is megfelelő, itt a rendelet 30% maximumot ír elő.

B tengely

Az állandó pedálerőnél végzett vezérelt mérés eredményei alapján:

$$F_{játl} = 9277,2\text{N}$$

$$F_{bátl} = 9532,9\text{N}$$

$$F_{Jmax} = 9490\text{N}$$

$$F_{Bmax} = 9970N$$

$$F_{Jmin} = 9020N$$

$$F_{Bmin} = 8780N$$

$$F_{játl} < F_{bátl}$$

Kerékfékerő eltérés és ingadozás

$$E = \frac{F_{bátl} - F_{játl}}{F_{bátl}} \cdot 100 = \frac{9532,9 - 9277,2}{9532,9} \cdot 100 = 2,7\% \quad (44)$$

$$O_J = \frac{F_{Jmax} - F_{Jmin}}{F_{játl}} \cdot 100 = \frac{9490 - 9020}{9277,2} \cdot 100 = 5,1\% \quad (45)$$

$$O_B = \frac{F_{Bmax} - F_{Bmin}}{F_{bátl}} \cdot 100 = \frac{9970 - 8780}{9532,9} \cdot 100 = 12,5\% \quad (46)$$

A számolt eredmények a megengedett határértéken belül vannak.

Rögzítőfék

A régi rendelet szerint a rögzítőfék minősítéséhez a megcsúszás előtt mért maximális fékerők alapján:

- a jobb és baloldali fékerők százalékos eltérését,
- és a mért fékerőt az előírt minimális fékerő százalékában kell meghatározni.

$$lsz_e = \frac{\sum F}{m_{\ddot{o}} \cdot g} \cdot 100 [\%] \quad (47)$$

$$\sum F = \frac{lsz_e \cdot m_{\ddot{o}} \cdot g}{100} = \frac{16 \cdot 12000 \cdot 9,81}{100} = 18835,2 \text{ N} \quad (48)$$

$$F_{Brögz} = \frac{\sum F \cdot a_{Brögz}}{100} = \frac{18835,2 \cdot 100}{100} = 18835,2 \text{ N} \quad (49)$$

Próbapadon szükséges minimum fékerő

$$F_{eBrögz.} = \frac{F_{Brögz}}{kt} = \frac{18835,2}{0,92} = 20473 \text{ N} \quad (50)$$

A megcsúszás előtt mért jobb és bal oldali fékerők

$$F_{Jmax} = 12560 \text{ N}$$

$$F_{Bmax} = 12280 \text{ N}$$

$$F = F_{Jmax} + F_{Bmax} = 12560 + 12280 = 24840 \text{ N} \quad (51)$$

A 24840 N a számított minimum fékerő 121%-a, tehát a minősítés szerint megfelelt.

Kerékfékerő eltérés

$$F_{Jmax} > F_{Bmax}$$

$$E = \frac{F_{Jmax} - F_{Bmax}}{F_{Jmax}} \cdot 100 = \frac{12560 - 12280}{12560} \cdot 100 = 2,2\% \quad (52)$$

3.3 Fékmérés az új, ma érvényben lévő eljárás szerint

3.3.1 Nissan Leaf 2015

A járműre jellemző adatok:

- M1 gépjármű kategória,
- ktt = 0,95 (tárcsafék korrekciós tényező),
- $lsz_e = 58\%$ (minimális lefékezettségi százalék),
- $lsz_{erögz.} = 16\%$ (minimális lefékezettségi százalék - rögzítőfék),
- $a_A = 63\%$ (a szükséges fékerő elosztása A tengely),
- $a_B = 37\%$ (a szükséges fékerő elosztása B tengely),
- $a_{Brögz.} = 100\%$ (a szükséges fékerő elosztása-rögzítőfék),
- $P_{emax} = 500\text{N}$ (maximális működtető erő),
- $P_{emaxrögz.} = 400\text{N}$ (maximális működtető erő - rögzítőfék),
- $m_{\ddot{o}} = 1945\text{kg}$ (össztömeg – a típusra jellemző adat),
- $m_s = 1430\text{kg}$ (saját tömeg).

A jelenleg érvényben lévő 6/1990. (IV. 12.) KöHÉM rendelet az M1 kategóriára 58%-os minimális lefékezettségi határértéket ír elő, ez minimálisan változott a korábbi 59,1%-hoz képest. A járműtömeg mérése ebben a kategóriában általában a lengpadba épített műszerrel történik. A méréshez előírt járműterhelés M1 kategóriában nincs, a plusz kb. 400kg tömeg terhelés nem befolyásolja érdemben a mérés végkimenetelét.

A tengely üzemi fék

A fokozatosan növekvő működtető erővel végzett vezérelt mérés során kapott mérési eredmények alapján a tengelyenkénti lefékezetség meghatározásához az 5/1990. (IV_12) KöHÉM rendeletben meghatározott regressziós számítást végeztem.

A működtető erő és a fékerők számtani átlaga:

A mérés során $n = 1168$ db működtető erő – fékerő értékpár keletkezett.

$$P_{\text{átl}} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n P_i \quad (53)$$

$$P_{\text{átl}} = \frac{1}{1168} \cdot 40841 = 36,9 \text{ N}$$

$$F_{\text{átlj}} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n F_{ij} \quad (54)$$

$$F_{\text{átlj}} = \frac{1}{1168} \cdot 1485784 = 1272,1 \text{ N}$$

$$F_{\text{átlb}} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n F_{ib} \quad (55)$$

$$F_{\text{átlb}} = \frac{1}{1168} \cdot 1315930 = 1126,7 \text{ N}$$

Az átlagok meghatározása után 1-től n -ig minden i -edik értékpárra a következő különbség négyzet és különbség szorzat értékeket: $P_{\text{ki}}^2 = (P_i - P_{\text{átl}})^2$ és $F_{\text{ki}}^2 = (F_i - F_{\text{átl}})^2$ és $PF_{\text{si}} = (P_i - P_{\text{átl}}) \cdot (F_i - F_{\text{átl}})$ összegeztem 1-től n -ig:

$$P_{ksum}^2 = \sum_{i=1}^n P_{ki}^2 = 672803,7 \quad (56)$$

$$F_{ksumj}^2 = \sum_{i=1}^n F_{kij}^2 = 1504729929,4 \quad (57)$$

$$F_{ksumb}^2 = \sum_{i=1}^n F_{kib}^2 = 1240695170,9 \quad (58)$$

$$PF_{ssumj} = \sum_{i=1}^n PF_{sij} = 31233420,9 \quad (59)$$

$$PF_{ssumb} = \sum_{i=1}^n PF_{sib} = 28363783,4 \quad (60)$$

Korrigált szórások meghatározása:

$$S_2 = \sqrt{\frac{P_{ksum}^2}{n-1}} = 24,0 \quad (61)$$

$$S_{1j} = \sqrt{\frac{F_{ksumj}^2}{n-1}} = 1135,5 \quad (62)$$

$$S_{1b} = \sqrt{\frac{F_{ksumb}^2}{n-1}} = 1031,1 \quad (63)$$

A regressziós tényező:

$$r_j = \frac{PF_{ssumj}}{\sqrt{P_{ksum}^2 \cdot F_{ksumj}^2}} = 0,9816 \quad (64)$$

$$r_b = \frac{PF_{ssumb}}{\sqrt{P_{ksum}^2 \cdot F_{ksum}^2}} = 0,9817 \quad (65)$$

Az iránytangens:

$$m_j = r_j \cdot \frac{S_{1j}}{S_2} = 46,4 \quad (66)$$

$$m_b = r_b \cdot \frac{S_{1b}}{S_2} = 42,1 \quad (67)$$

A P=0-hoz tartozó F érték:

$$b_j = F_{\hat{a}tlj} - m_j \cdot P_{\hat{a}tl} \quad (68)$$

$$b_j = 1272,1 - 46,4 \cdot 36,9 = -444,2 \text{ N}$$

$$b_b = F_{\hat{a}tlb} - m_b \cdot P_{\hat{a}tl} \quad (69)$$

$$b_b = 1126,7 - 42,4 \cdot 36,9 = -431,9 \text{ N}$$

A tervezési nyomáshoz (P_{emax})tartozó F fékerő:

$$F_j = m_j \cdot P + b_j \quad (70)$$

$$F_j = 46,4227843 \cdot 500 + (-444,17) = 22767,2 \text{ N}$$

$$F_b = m_b \cdot P + b_b \quad (71)$$

$$F_b = 42,15759148 \cdot 500 + (-431,92) = 20646,9 \text{ N}$$

A tengelyfékerő:

A regressziós számítás elvégzésével meghatározható a tervezési nyomáshoz tartozó tengelyfékerő.

$$F_i = \text{regr}_j(P_{\text{emax}}) + \text{regr}_b(P_{\text{emax}}) \quad (72)$$

$$F_A = 22767,2 + 20646,9 = 43414,1 \text{ N}$$

Ezek után kiszámoltam tengelyenkénti lefékezettségi százalékot

$$lsz_i = \frac{F_i \cdot kt}{m_0 \cdot (a_i) \cdot g} \cdot 100 [\%] \quad (73)$$

$$lsz_A = \frac{43414,1 \cdot 0,95}{1945 \cdot (63/100) \cdot 9,81} \cdot 100 = 343,1\%$$

A ma érvényben lévő lineáris regressziót alkalmazó méréstechnológiával meghatározott tengelyenkénti lefékezettségi százalék itt is jelentősen nagyobb a minimálisnál. A korábbi méréstechnológiához képest a kapott százaléérték csökkent, de az eredményt továbbra is erősen befolyásolja, a fékszervo működése.

Az állandó működtető erő mellett végzett vezérelt mérés során mérési pontonként elvégeztem a korrekciót. A regressziós számítással kapott m irántangens segítségével, így kiszámítható a PN névleges működtető erőhöz tartozó F_{kor} fékerő. A korrekció után a korrigált fékerőket tekintem a mérés eredményének, így a további számításoknál ezt külön nem jelölöm.

Az állandó működtető erő mellett végzett vezérelt mérés 1,5 kerék körül fordulásig tart, azaz $1,5 \cdot T_0$ ideig. A korrekciót 1 kerék körül fordulás (T_0) alatt kell elvégezni, 0,5 kerékfordulattól a mérés végéig.

$$F_{kor} = F - m \cdot (P - PN) \quad (74)$$

Fékerő eltérés:

$$F_{játl}=2313,4N$$

$$F_{bátl}=2032,3N$$

$$F_{Jmax}=2435,3N$$

$$F_{Bmax}=2166,5N$$

$$F_{Jmin}=2229,6N$$

$$F_{Bmin}=1949,8N$$

$$F_{játl} > F_{bátl}$$

$$E = \frac{F_{játl} - F_{bátl}}{F_{játl}} \cdot 100 = \frac{2313,4 - 2032,3}{2313,4} \cdot 100 = 12,1\% \quad (75)$$

Az „új” méréstechnológiában alkalmazott korrekció nem befolyásolja a fékerő eltérés értékét.

Fékerő ingadozás:

$$O_J = \frac{F_{Jmax} - F_{Jmin}}{F_{játl}} \cdot 100 = \frac{2435,3 - 2229,6}{2313,4} \cdot 100 = 8,9\% \quad (76)$$

$$O_B = \frac{F_{Bmax} - F_{Bmin}}{F_{bátl}} \cdot 100 = \frac{2166,5 - 1949,8}{2032,3} \cdot 100 = 10,6\% \quad (77)$$

A fékerő ingadozás értéke viszont jelentősen változik a korrekció hatására. A jobb oldalon ~7%-ot, a bal oldalon ~6%-ot csökkent a kiszámított érték. Ez egy pozitív változás, mert a korrekció alkalmazásával kiküszöbölhető, az emberi tényező, vagyis a kitartásos mérés során még a túrés határértéken belüli működtető erő (pedálerő) ingadozás.

B tengely üzemi fék

A működtető erő és a fékerők számtani átlaga:

A mérés során $n = 1949$ db működtető erő – fékerő értékpár keletkezett.

$$P_{átl} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n P_i \quad (78)$$

$$P_{átl} = \frac{1}{1949} \cdot 150518 = 77,2 \text{ N}$$

$$F_{átlj} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n F_{ij} \quad (79)$$

$$F_{átlj} = \frac{1}{1949} \cdot 2707546 = 1389,2 \text{ N}$$

$$F_{átlb} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n F_{ib} \quad (80)$$

$$F_{átlb} = \frac{1}{1949} \cdot 2532776 = 1299,5 \text{ N}$$

Az átlagok meghatározása után 1-től n-ig minden i-edik értékpárra a következő különbség négyzet és különbség szorzat értékeket: $P_{ki}^2 = (P_i - P_{\text{átl}})^2$ és $F_{ki}^2 = (F_i - F_{\text{átl}})^2$ és $PF_{si} = (P_i - P_{\text{átl}}) \cdot (F_i - F_{\text{átl}})$ összegeztem 1-től n-ig:

$$P_{ksum}^2 = \sum_{i=1}^n P_{ki}^2 = 3872915,4 \quad (81)$$

$$F_{ksumj}^2 = \sum_{i=1}^n F_{kij}^2 = 1150849896,9 \quad (82)$$

$$F_{ksumb}^2 = \sum_{i=1}^n F_{kib}^2 = 1053857201,9 \quad (83)$$

$$PF_{ssumj} = \sum_{i=1}^n PF_{sij} = 65517649,1 \quad (84)$$

$$PF_{ssumb} = \sum_{i=1}^n PF_{sib} = 62867810,9 \quad (85)$$

Korrigált szórások meghatározása:

$$S_2 = \sqrt{\frac{P_{ksum}^2}{n-1}} = 44,6 \quad (86)$$

$$S_{1j} = \sqrt{\frac{F_{ksumj}^2}{n-1}} = 768,6 \quad (87)$$

$$S_{1b} = \sqrt{\frac{F_{ksumb}^2}{n-1}} = 735,5 \quad (88)$$

A regressziós tényező:

$$r_j = \frac{PF_{ssumj}}{\sqrt{P_{ksum}^2 \cdot F_{ksumj}^2}} = 0,9813 \quad (89)$$

$$r_b = \frac{PF_{ssumb}}{\sqrt{P_{ksum}^2 \cdot F_{ksumb}^2}} = 0,9840 \quad (90)$$

Az iránytangens:

$$m_j = r_j \cdot \frac{S_{1j}}{S_2} = 16,9 \quad (91)$$

$$m_b = r_b \cdot \frac{S_{1b}}{S_2} = 16,2 \quad (92)$$

A P=0-hoz tartozó F érték:

$$b_j = F_{\hat{a}lj} - m_j \cdot P_{\hat{a}l} \quad (93)$$

$$b_j = 1389,2 - 16,9 \cdot 77,2 = 83,2 \text{ N}$$

$$b_b = F_{\hat{a}lb} - m_b \cdot P_{\hat{a}l} \quad (94)$$

$$b_b = 1299,5 - 16,2 \cdot 77,2 = 46,3 \text{ N}$$

A legnagyobb pedálerőhöz ($P_{\max}$)tartozó F fékerő:

$$F_j = m_j \cdot P + b_j \quad (95)$$

$$F_j = 16,9 \cdot 500 + 83,2 = 8541,6 \text{ N}$$

$$F_b = m_b \cdot P + b_b \quad (96)$$

$$F_b = 16,2 \cdot 500 + 46,3 = 8162,6 \text{ N}$$

B tengelyfékerő:

$$F_i = \text{regr}_j(P_{\max}) + \text{regr}_b(P_{\max}) \quad (97)$$

$$F_B = 8541,6 + 8162,6 = 16704,2 \text{ N}$$

$$lsz_i = \frac{F_i \cdot kt}{m_o \cdot (a_i) \cdot g} \cdot 100 [\%] \quad (98)$$

$$lsz_B = \frac{16704,2 \cdot 0,95}{1945 \cdot (37/100) \cdot 9,81} \cdot 100 = 224,8\%$$

A hátsó tengelynél is megállapítható, hogy a tengelyenkénti lefékezetség százalékos értéke csökkent a régi méréshez képest.

Az állandó működtető erő mellett végzett vezérelt mérés során mérési pontonként az A tengely számolásánál ismertetett módon, az 5/1990. (IV. 12.) KöHÉM rendelet 11. számú melléklet alapján elvégeztem a korrekciót.

$$F_{korr} = F - m \cdot (P - PN) \quad (99)$$

Fékerő eltérés:

$$F_{játl} = 1307,2 \text{ N}$$

$$F_{bátl} = 1257,9 \text{ N}$$

$$F_{Jmax} = 1347,4 \text{ N}$$

$$F_{Bmax} = 1322,8 \text{ N}$$

$$F_{Jmin} = 1264,7 \text{ N}$$

$$F_{Bmin} = 1190,1 \text{ N}$$

$$F_{játl} > F_{bátl}$$

$$E = \frac{F_{játl} - F_{bátl}}{F_{játl}} \cdot 100 = \frac{1307,2 - 1257,9}{1307,2} \cdot 100 = 3,8\% \quad (100)$$

Fékerő ingadozás:

$$O_J = \frac{F_{Jmax} - F_{Jmin}}{F_{játl}} \cdot 100 = \frac{1347,4 - 1264,7}{1307,2} \cdot 100 = 6,3\% \quad (101)$$

$$O_B = \frac{F_{Bmax} - F_{Bmin}}{F_{bátl}} \cdot 100 = \frac{1322,8 - 1190,1}{1257,9} \cdot 100 = 10,5\% \quad (102)$$

Hasonlóan az első tengelyhez a korrekció itt is jelentősen befolyásolta a fékerő ingadozás értékét, jobb oldalon 16%-ot, a bal oldalon 13%-ot csökkent az érték.

Az üzemi fék mérésénél egy realisabb eljárásra lenne szükség. A szervó miatt már viszonylag kis működtető erő mellett nagy kerékfékerőt kapunk. Ezen az EFT átdolgozása nem változtatott. Megoldás lehet a tengelyenkénti lefékezetség számítása a szervó figyelembevételével, a kapott eredmény csak akkor lenne érvényes, ha a szervos működtető erő nem halad meg egy bizonyos pedálerőhatárértéket.

Rögzítőfék mérés

Az 5/1990. (IV. 12.) KöHÉM rendelet 11. számú melléklet alapján a külső erővel működtetett (pl. elektromos működtetésű) rögzítő fék minősítéséhez a következő műveletek végrehajtása szükséges:

- ha nem volt minden rögzítő fékkel ellátott tengelyen tengelyblokkolás, a teljes járműre vonatkozó lefékezetség számolása,
- tengelyenkénti lefékezetség számolása.

Ez megegyezik a korábban izomerővel működtetett rögzítő fékre vonatkozó szabályozással, ezért a számolást itt nem részletezem. A változás lényegében, hogy az állógörgős mérésre alkalmas fékpadok használata kötelező, így minden elektromos rögzítőfékkel ellátott jármű minősíthető.

3.3.2 MAN TGL 12.250 12T

- N2 gépjármű kategória,
- ktt = 0,92 (tárcsafék korrekciós tényező),
- $lsz_e = 50\%$ (minimális lefékezetségi százalék),
- $lsz_{erögz.} = 16\%$ (minimális lefékezetségi százalék - rögzítőfék),
- $a_A = 44\%$ (a szükséges fékerő elosztása A tengely),
- $a_B = 56\%$ (a szükséges fékerő elosztása B tengely),
- $a_{Brögz.} = 100\%$ (a szükséges fékerő elosztása - rögzítőfék),
- $m_0 = 12\,000\text{kg}$ (össztömeg),

- $m_s = 6440\text{kg}$ (saját tömeg),
- $P_{\text{emax}} = 6\text{ bar}$ (tervezési nyomás).

Az új számítás szerint a lefékezettségi százalék változik. Az 5/1990. (IV_12) KöHÉM rendelet 11. számú melléklet 2.3.1. és 2.3.2 pontja értelmében, jármű fékvizsgálata folyamán minden tengely terhelésének el kell érnie az adott tengelyre a gyártó által megengedett tengelyterhelés 50%-át .

A fékmérésre vonatkozó jelenlegi szabályozás szerint

A tengely üzemi fék

A fokozatosan növekvő működtető erővel végzett vezérelt mérés során kapott mérési eredmények alapján a tengelyenkénti lefékezettség meghatározásához az 5/1990. (IV_12) KöHÉM rendeletben meghatározott regressziós számítást végeztem.

A működtető erő és a fékerők számtani átlaga:

A mérés során $n = 6466$ db működtető erő – fékerő értékpár keletkezett.

$$P_{\text{átl}} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n P_i \quad (103)$$

$$P_{\text{átl}} = \frac{1}{6466} \cdot 11951,17 = 1,8\text{ bar}$$

$$F_{\text{átlj}} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n F_{ij} \quad (104)$$

$$F_{\text{átlj}} = \frac{1}{6466} \cdot 48986820 = 7576,1\text{ N}$$

$$F_{\text{átlb}} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n F_{ib} \quad (105)$$

$$F_{\text{átlb}} = \frac{1}{6466} \cdot 50635410 = 7831,0\text{ N}$$

Az átlagok meghatározása után 1-től n-ig minden i-edik értékpárra a következő különbség négyzet és különbség szorzat értékeket: $P_{ki}^2 = (P_i - P_{\text{átl}})^2$ és $F_{ki}^2 = (F_i - F_{\text{átl}})^2$ és $PF_{si} = (P_i - P_{\text{átl}}) \cdot (F_i - F_{\text{átl}})$ összegeztem 1-től n-ig:

$$P_{ksum}^2 = \sum_{i=1}^n P_{ki}^2 = 6178,2 \quad (106)$$

$$F_{ksumj}^2 = \sum_{i=1}^n F_{kij}^2 = 121432896550,7 \quad (107)$$

$$F_{ksumb}^2 = \sum_{i=1}^n F_{kib}^2 = 143151829101,8 \quad (108)$$

$$PF_{ssumj} = \sum_{i=1}^n PF_{sij} = 27251875 \quad (109)$$

$$PF_{ssumb} = \sum_{i=1}^n PF_{sib} = 29647248,8 \quad (110)$$

Korrigált szórások meghatározása:

$$S_2 = \sqrt{\frac{P_{ksum}^2}{n-1}} = 0,9 \quad (111)$$

$$S_{1j} = \sqrt{\frac{F_{ksumj}^2}{n-1}} = 4333,9 \quad (112)$$

$$S_{1b} = \sqrt{\frac{F_{ksumb}^2}{n-1}} = 4705,6 \quad (113)$$

A regressziós tényező:

$$r_j = \frac{PF_{ssumj}}{\sqrt{P_{ksum}^2 \cdot F_{ksumj}^2}} = 0,9949 \quad (114)$$

$$r_b = \frac{PF_{ssumb}}{\sqrt{P_{ksum}^2 \cdot F_{ksumb}^2}} = 0,9969 \quad (115)$$

Az iránytangens:

$$m_j = r_j \cdot \frac{S_{1j}}{S_2} = 4411,0 \quad (116)$$

$$m_b = r_b \cdot \frac{S_{1b}}{S_2} = 4798,7 \quad (117)$$

A P=0-hoz tartozó F érték:

$$b_j = F_{\hat{a}tlj} - m_j \cdot P_{\hat{a}tl} \quad (118)$$

$$b_j = 75161 - 4411,0 \cdot 1,8 = -636,8 \text{ N}$$

$$b_b = F_{\hat{a}tlb} - m_b \cdot P_{\hat{a}tl} \quad (119)$$

$$b_b = 7831,0 - 4798,7 \cdot 1,8 = -1038,5 \text{ N}$$

A tervezési nyomáshoz (P_{emax}) tartozó F fékerő:

$$F_j = m_j \cdot P + b_j \quad (120)$$

$$F_j = 4411,0 \cdot 6 + (-636,8) = 25829,2 \text{ N}$$

$$F_b = m_b \cdot P + b_b \quad (121)$$

$$F_b = 4798,7 \cdot 6 + (-1038,5) = 27753,8 \text{ N}$$

A tengelyfékerő:

$$F_i = regr_j(P_{emax}) + regr_b(P_{emax}) \quad (122)$$

$$F_A = 25829,2 + 27753,8 = 53583,0 \text{ N}$$

$$lsz_i = \frac{F_i \cdot kt}{m_{\ddot{o}} \cdot (a_i) \cdot g} \cdot 100 [\%] \quad (123)$$

$$lsz_A = \frac{53583,0 \cdot 0,92}{12000 \cdot (44/100) \cdot 9,81} \cdot 100 = 95\%$$

A regressziós módszerrel meghatározott tervezési nyomásnál keletkező tengelyfékerő értékelésével a minősítéshez használt százalékos érték csökkent.

Az állandó működtető erő mellett végzett vezérelt mérés során mérési pontonként a Nissan Leaf-nél ismertetett módon, az 5/1990. (IV. 12.) KöHÉM rendelet 11. számú melléklet alapján elvégeztem a korrekciót.

$$F_{korrr} = F - m \cdot (P - PN) \quad (124)$$

Fékerő eltérés:

$$F_{játl} = 10728,4N$$

$$F_{bátl} = 11510,4N$$

$$F_{Jmax} = 11097,7N$$

$$F_{Bmax} = 11878,1N$$

$$F_{Jmin} = 10365,9N$$

$$F_{Bmin} = 11162,0N$$

$$F_{játl} < F_{bátl}$$

$$E = \frac{F_{bátl} - F_{játl}}{F_{bátl}} \cdot 100 = \frac{11510,4 - 10728,4}{11510,4} \cdot 100 = 6,8\% \quad (125)$$

Értéke szinte megegyezik a „rég” számolással kapott értékkel.

Fékerő ingadozás:

$$O_J = \frac{F_{Jmax} - F_{Jmin}}{F_{játl}} \cdot 100 = \frac{11097,7 - 10365,9}{10728,4} \cdot 100 = 6,8\% \quad (126)$$

$$O_B = \frac{F_{Bmax} - F_{Bmin}}{F_{b\hat{a}tl}} \cdot 100 = \frac{11878,1 - 11162,0}{11510,4} \cdot 100 = 6,2\% \quad (127)$$

Ahogy a Nissan Leaf mérésénél, itt is megállapítható, hogy a korrekció a korábban alkalmazott számításhoz képest a fékerő ingadozás értékét szignifikánsan befolyásolta.

B tengely üzemi fék

A működtető erő és a fékerők számtani átlaga:

A mérés során $n = 7506$ db működtető erő – fékerő értékpár keletkezett.

$$P_{\hat{a}tl} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n P_i \quad (128)$$

$$P_{\hat{a}tl} = \frac{1}{7506} \cdot 16390,74 = 2,16 \text{ bar}$$

$$F_{\hat{a}tlj} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n F_{ij} \quad (129)$$

$$F_{\hat{a}tlj} = \frac{1}{7506} \cdot 43406940 = 5782,9 \text{ N}$$

$$F_{\hat{a}tlb} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n F_{ib} \quad (130)$$

$$F_{\hat{a}tlj} = \frac{1}{7506} \cdot 44087670 = 5873,6 \text{ N}$$

Az átlagok meghatározása után 1-től n -ig minden i -edik értékpárra a következő különbség négyzet és különbség szorzat értékeket: $P_{ki}^2 = (P_i - P_{\hat{a}tl})^2$ és $F_{ki}^2 = (F_i - F_{\hat{a}tl})^2$ és $PF_{si} = (P_i - P_{\hat{a}tl}) \cdot (F_i - F_{\hat{a}tl})$ összegeztem 1-től n -ig:

$$P_{ksum}^2 = \sum_{i=1}^n P_{ki}^2 = 11306,6 \quad (131)$$

$$F_{ksumj}^2 = \sum_{i=1}^n F_{kij}^2 = 117156134585,1 \quad (132)$$

$$F_{ksumb}^2 = \sum_{i=1}^n F_{kib}^2 = 116712162113,3 \quad (133)$$

$$PF_{ssumj} = \sum_{i=1}^n PF_{sij} = 36247126,3 \quad (134)$$

$$PF_{ssumb} = \sum_{i=1}^n PF_{sib} = 36165926,8 \quad (135)$$

Korrigált szórások meghatározása:

$$S_2 = \sqrt{\frac{P_{ksum}^2}{n-1}} = 1,2 \quad (136)$$

$$S_{1j} = \sqrt{\frac{F_{ksumj}^2}{n-1}} = 3951,0 \quad (137)$$

$$S_{1b} = \sqrt{\frac{F_{ksumb}^2}{n-1}} = 3943,5 \quad (138)$$

A regressziós tényező:

$$r_j = \frac{PF_{ssumj}}{\sqrt{P_{ksum}^2 \cdot F_{ksumj}^2}} = 0,9959 \quad (139)$$

$$r_b = \frac{PF_{ssumb}}{\sqrt{P_{ksum}^2 \cdot F_{ksumb}^2}} = 0,9955 \quad (140)$$

Az iránytangens:

$$m_j = r_j \cdot \frac{S_{1j}}{S_2} = 3205,8 \quad (141)$$

$$m_b = r_b \cdot \frac{S_{1b}}{S_2} = 3198,6 \quad (142)$$

A $P=0$ -hoz tartozó F érték:

$$\begin{aligned} b_j &= F_{\hat{a}tlj} - m_j \cdot P_{\hat{a}tl} \\ b_j &= 5782,9 - 3205,8 \cdot 2,2 = -1217,5 \text{ N} \end{aligned} \quad (143)$$

$$\begin{aligned} b_b &= F_{\hat{a}tlb} - m_b \cdot P_{\hat{a}tl} \\ b_b &= 5873,6 - 3198,6 \cdot 2,2 = -1111,2 \text{ N} \end{aligned} \quad (144)$$

A tervezési nyomáshoz ($P_{\max}$) tartozó F fékerő:

$$\begin{aligned} F_j &= m_j \cdot P + b_j \\ F_j &= 3205,8 \cdot 6 + (-1217,5) = 18017,4 \text{ N} \end{aligned} \quad (145)$$

$$\begin{aligned} F_b &= m_b \cdot P + b_b \\ F_b &= 3198,6 \cdot 6 + (-1111,2) = 18080,7 \text{ N} \end{aligned} \quad (146)$$

B tengelyfékerő:

$$\begin{aligned} F_i &= \text{regr}_j(P_{\max}) + \text{regr}_b(P_{\max}) \\ F_B &= 18017,4 + 18080,7 = 36098,1 \text{ N} \end{aligned} \quad (147)$$

$$\begin{aligned} lsz_i &= \frac{F_i \cdot kt}{m_{\hat{o}} \cdot (a_i) \cdot g} \cdot 100 [\%] \\ lsz_B &= \frac{36098,1 \cdot 0,92}{12000 \cdot (56/100) \cdot 9,81} \cdot 100 = 50\% \end{aligned} \quad (148)$$

A régi eljáráshoz hasonlóan a tengely lefékezetség éppen a határérték körül alakult.

A hátsó tengelyen a megengedettnél kisebb terhelés (50%) miatt a mérésénél jól látni, hogy növekvő működtető erőnél az első tengelyhez képest kisebb fékerőket kaptunk és ezt nagyobb kivezérelt nyomás mellett.

Azt látom, hogy realisabb képet kapnánk a kerékfékszerkezet hatásosságáról, ha egy jól definiált járműterhelési megoldás segítségével a megengedett tengelyterheléssel végeznénk görgős fékpadi vizsgálatot és így direkt lefékezettséget számolnánk. A gyakorlatban létezik már ilyen súlyszimulátor, például a Maha BA042501. A fékpadba épített hidraulikus lehúzó segítségével állítja elő a beállított tengelyterhelést. Negatívum lehet, hogy a vizsgasorok egységes súlyszimulátorral való felszerelése az átállás miatt időigényes és jelentős költséggel terhelné a vizsgaállomásokat. A jelenlegi 50%-os előírt tengelyterhelésre vonatkozó leírás a mostani formában, tengelyterhelés növelésére szolgáló eszköz pontos meghatározása nélkül szerintem nem megfelelő, 5/1990. (IV. 12.) KöHÉM rendelet 11. számú melléklet 2.3.2 és 3.1.2.2 pontja akár kiskapuként is szolgálhat.

Az állandó működtető erő mellett végzett vezérelt mérés során mérési pontonként elvégeztem a korrekciót.

$$F_{korrr} = F - m \cdot (P - PN) \quad (149)$$

A korrekciós számítás után a fékerő eltérés és fékerő ingadozásra a következő értékeket kaptam:

$$F_{játl} = 9099,7N$$

$$F_{bátl} = 9450,5N$$

$$F_{Jmax} = 9287,7N$$

$$F_{Bmax} = 9778,1N$$

$$F_{Jmin} = 8973,5N$$

$$F_{Bmin} = 9104,1N$$

$$F_{játl} < F_{bátl}$$

$$E = \frac{F_{bátl} - F_{játl}}{F_{bátl}} \cdot 100 = \frac{9450,5 - 9099,7}{9450,5} \cdot 100 = 3,7\% \quad (150)$$

$$O_J = \frac{F_{Jmax} - F_{Jmin}}{F_{játl}} \cdot 100 = \frac{9287,7 - 8973,5}{9099,7} \cdot 100 = 3,4\% \quad (151)$$

$$O_B = \frac{F_{Bmax} - F_{Bmin}}{F_{bátl}} \cdot 100 = \frac{9778,1 - 9104,1}{9450,5} \cdot 100 = 7,1\% \quad (152)$$

Rögzítőfék mérés

Az 5/1990. (IV. 12.) KöHÉM 11. számú mellékletben az új fékmérési technológia szerint a külső erővel működtetett nem szabályozható, vagy biztonsági fékként nem funkcionáló rögzítő fék esetén, ha nem volt tengelyblokkolás minden rögzítőfékes tengelyen, akkor a legnagyobb, csúszás esetén a megcsúszás előtt mért legnagyobb fékerők értékei alapján a teljes járműre vonatkozó lefékezettséget és az adott tengelyre vonatkozó lefékezettséget kell minősíteni.

Teljes lefékezettség és tengelyenkénti lefékezettség

Az új szabályozás szerint, tehát az F_{Jmax} és F_{Bmax} értékek nem változnak, a kerékfékerő számítása is megegyezik a régi számolásban használttal.

$$F = F_{Jmax} + F_{Bmax} = 12560 + 12280 = 24840 \text{ N} \quad (153)$$

$$l_{sz} = \frac{F_i \cdot kt}{m\ddot{o} \cdot g} = \frac{24840 \cdot 0,92}{12000 \cdot 9,81} = 19\% \quad (154)$$

$$l_{szi} = \frac{F_i \cdot kt}{m\ddot{o} \cdot \left(\frac{a_i}{100}\right) \cdot g} = \frac{24840 \cdot 0,92}{12000 \cdot 0,16 \cdot 9,81} = 121\% \quad (155)$$

Kerékfékerő eltérés

A számolás megegyezik a régi fékmérési technológiában alkalmazottal, így nem meglepően az eredmény is ugyanaz lesz.

$$E = \frac{F_{Jmax} - F_{Bmax}}{F_{Jmax}} \cdot 100 = \frac{12560 - 12280}{12560} \cdot 100 = 2,2\% \quad (155)$$

4. Összefoglalás

A gépjárművek üzembiztonságának ellenőrzésekor az egyik legfontosabb elvárás a megfelelő fékműködés, ennek vizsgálata országonként eltérő rendeleti előírásoknak megfelelően történik. A szakdolgozatomban összefoglaltam a gépjárművek fékvizsgálatával kapcsolatos szakirodalmat és a hazai fékmérésre vonatkozó új szabályozás aktualitása miatt egy Nissan Leaf személygépjármű és egy Man TGL tehergépjármű fékmérésével megvizsgáltam, hogy az új fékmérési technológia bevezetése mivel indokolható, az új számítási módszernek és értékelési eljárásnak milyen hatása van a fékminősítésre.

A személygépjárművön a 2018. december 15-ig érvényben lévő módszer szerint végzett számolásnál megállapítható, hogy a kerékfékerők, illetve a járműfék hatásossága több száz százalékkal túlteljesítette a követelményszintet. Ennek az lehet az oka, hogy a határgörbe fékerő értékei szervó nélküli fékre értendők. Ezzel az eljárással valószínűleg nagyon kevés személygépjármű bukott meg, érthető, hogy ezen változtatni kellett. Az új EFT-ben a fék hatásosságának értékelésére alkalmazott regressziós fékerőkkel számolt tengelylefékezettségi százalékos értéke a korábbi módszerhez hasonlóan többszöröse lett az elvár minimumnak. Nyilvánvaló, hogy a mért fékerő értékek itt is a fékszervo miatt magasak, viszonylag kicsi pedálerőnél. A görgős fékvizsgálat során az állandó működtető erőnél meghatározott, a tengely kerekein kialakuló fékerők középértékek összevetésében nem, de a fékerő ingadozás eredményében történt változás. A kitartásos mérés tárolt értékein végzett korrekció nyomán kapott fékerő ingadozás értékek pár százalékkal csökkentek, valójában pontosabb értéket kaptunk, a működtető erő kitartása közben elkerülhetetlen minimális ingadozás nélkül. Továbbá a változások között fontos megemlíteni, hogy előírásba bekerült állógörgős fékméréssel immáron az elektromos rögzítőfékkel szerelt járművel is minősíthetők.

A Man TGL légfékes tehergépjármű fékhatásosságának értékelésénél hasonló következtetéseket vonhatunk le. A minősítés százalékos értéke nem sokszorosa a határértéknek, egyik módszer szerint sem. A végeredményeket tekintve jelentős változás itt sem történt. A jármű a jelenlegi szabályozás szerint, az előírt minimális tengelyterhelés miatt, ha nem történik tengelyblokkolás talán egy kicsivel „könnyebben” bukik meg. A számítások során itt is bebizonyosodott, hogy a regressziós számítás bevezetésével, a korrekció hatására a fékerőingadozás értéke csökkent.

Összegezve a tapasztaltakat kijelenthető, hogy a személygépjárművek fékvizsgálatánál további változtatásra lenne szükség. A realisabb értékelésre egy olyan eljárás kidolgozását látom jónak, ami figyelembe veszi a fékszervo működését. Például a tengelyenkénti lefékezettesség x %-os

értéke csak akkor fogadható el, ha a szervos működtető erő nem halad meg egy bizonyos pedálerőhatárértéket.

3,5 tonna feletti járműveknél a bevezetett súlymérés véleményem szerint szükséges, de a tengelyre előírt 50%-os kötelező tengelyterhelés nem kellően átgondolt, ennek biztosítására szolgáló műterhelésre vonatkozó pont nem pontosan definiált, a tengelyterhelés, egyéb arra szolgáló technikai berendezéssel is biztosítható”. A továbbiakban szerintem szükség lenne a járműterhelés módjára egységes műszaki ajánlás kidolgozása. Például hidraulikus súlyszimulátor alkalmazásával a megengedett teljes terhelés mellett végzett fékvizsgálat során direkt lefékezetség számításával a valósághoz közelebbi, realisabb eredményt kapnánk.

5. Summary

One of the most important requirements when checking the safety of vehicles is proper brake operation, which is tested in accordance with different national regulations.

In my thesis I summarised the literature on vehicle brake testing and, due to the new regulations on brake testing in Hungary, I examined the justification for the introduction of the new brake testing technology and the impact of the new calculation method and assessment procedure on brake performance by measuring the brakes of a Nissan Leaf passenger car and a Man TGL truck.

The calculation on the passenger vehicle, using the method in force until 15 December 2018, showed that the braking forces and the effectiveness of the vehicle brake exceeded the standard by several hundred percent. This may be due to the fact that the limit curve braking force values are for power-assisted brakes. This procedure has probably failed very few passenger cars, so it is understandable that this had to be changed. In the new EFT, the axle braking percentage calculated using regression braking forces to assess brake efficiency has been made several times higher than the minimum expected, as in the previous method. Obviously, the measured brake force values are high here too due to the brake servo at relatively low pedal forces. In the roller brake test, there was no change in the comparison of the mean values of the braking forces on the axle wheels determined at constant actuating force, but there was a change in the result of the variation of the braking force. The brake force fluctuation values obtained after correction on the stored values of the endurance measurement were reduced by a few percent, in fact a more accurate value was obtained, without the unavoidable minimum fluctuation during the endurance of the actuating force. Furthermore, among the changes, it is important to mention that, with the introduction of the standardised measuring of the stationary roller brake, it is now possible to qualify vehicles with electric parking brake.

Similar conclusions can be drawn when assessing the braking performance of the Man TGL air-braked truck. The percentage of the rating is not a multiple of the limit value, according to either method. There is no significant change in the final results. The vehicle may fail a little more "easily" under the current regulations, due to the minimum axle load required, if no axle locking is applied. Again, the calculations have shown that the introduction of the regression calculation has reduced the value of the brake force variation as a result of the correction.

In conclusion, it can be said that further changes are needed in the way passenger cars are tested for braking. For a more realistic assessment, I think it would be a good idea to develop a

procedure that takes into account the functioning of the brake servo. For example, a value of x % of braking per axle can only be accepted if the servo actuating force does not exceed a certain pedal force limit.

For vehicles over 3.5 tonnes, the weight measurement introduced is, in my opinion, necessary, but the 50% mandatory axle load requirement is not sufficiently thought through, the point on the artificial load to ensure this is not clearly defined, and the axle load can be ensured by other technical devices'. In my opinion, a uniform technical recommendation should be drawn up for the method of vehicle loading. For example, using a hydraulic weight simulator to calculate direct braking during a brake test at full load would give a more realistic result that is closer to reality.

6. Irodalomjegyzék

- 1) *A közúti járművek forgalomba helyezésének és forgalomban tartásának műszaki feltételeiről szóló 6/1990. (IV. 12.) KöHÉM*
- 2) *A közúti járművek környezetvédelmi felülvizsgálatának szabályairól szóló 77/2009. (XII. 15.) KHEM–IRM–KvVM együttes rendelet*
- 3) *A közúti járművek műszaki megvizsgálásáról szóló 5/1990. (IV. 12.) KöHÉM rendelet*
- 4) *Autótechnika szakfolyóirat 2003. április*
- 5) *Dezamics Zoltán: Hidraulikus fékrendszerek felépítése, Nemzeti Szakképzési és Felnőttképzési Intézet 2008.*
- 6) *Dr. Dömötör Ferenc - Dr. Sólyomvári Károly - Weltsch Zoltán - Vehovszky Balázs: Járműdiagnosztika, Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem, 2012 : <http://dtk.tankonyvtar.hu/xmlui/handle/123456789/12600>*
- 7) *Dr. Flamisch Ottó: Gépjármű Diagnosztika, Műszaki Könyvkiadó 1980, ISBN 963 10 3047 4*
- 8) *Dr. Lakatos István – Nagyszokolyai Iván: Gépjárműdiagnosztika – Egyetemi tananyag: Budapesti Műszaki és Gazdaságtudományi Egyetem Közlekedésmérnöki és Járműmérnöki Kar Gépjárművek Tanszék 2011.*
- 9) *Dr. Lakatos István – Nagyszokolyai Iván: Gépjárműdiagnosztika – Műszaki Könyvkiadó 2018.*
- 10) *Hartmann Jenő, Dr. Sólyomvári Károly: Járműfenntartás – kézirat*
- 11) *Horst Gräter: Gépkocsi-diagnosztika, Simüfo Műszaki Fordítóiroda, Budapest, 1996, ISBN: 9638558563*
- 12) *Petitan vizsgasori mérés és kezelési útmutató – <http://www.petitan.hu>*
- 13) *Wilfried Staudt: Gépjárműtechnika, "OMÁR" Könyvkiadó 1988.r Schwoch*

7. Nyilatkozat

NYILATKOZAT

a szakdolgozat¹ nyilvános hozzáféréséről és eredetiségéről

A hallgató neve: Varga Dániel
A Hallgató Neptun kódja: BFSYNI
A dolgozat címe: Teher és személygépjármű fékmérési technológiák vizsgálata
A megjelenés éve: 2023
A konzulens tanszék neve: Műszaki Intézet, Járműtechnika Tanszék

Kijelentem, hogy az általam benyújtott szakdolgozat² egyéni, eredeti jellegű, saját szellemi alkotásom. Azon részeket, melyeket más szerzők munkájából vettem át, egyértelműen megjelöltem, s az irodalomjegyzékben szerepeltettem.

Ha a fenti nyilatkozattal valótlan állítottam, tudomásul veszem, hogy a Záróvizsga-bizottság a záróvizsgából kizár és a záróvizsgát csak új dolgozat készítése után tehetek.

A leadott dolgozat, mely PDF dokumentum, szerkesztését nem, megtekintését és nyomtatását engedélyezem.

Tudomásul veszem, hogy az általam készített dolgozatra, mint szellemi alkotás felhasználására, hasznosítására a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem mindenkori szellemi tulajdonkezelési szabályzatában megfogalmazottak érvényesek.

Tudomásul veszem, hogy dolgozatom elektronikus változata feltöltésre kerül a Magyar Agrár- és Élettudományi Egyetem könyvtári repozitori rendszerébe.

Kelt: 2023 év 05. hó 03. nap


Hallgató aláírása

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

KONZULTÁCIÓS NYILATKOZAT

A Varga Dániel (név) (hallgató Neptun azonosítója: BFSYNI) konzulenseként nyilatkozom arról, hogy a szakdolgozatot¹ áttekintettem, a hallgatót az irodalmi források korrekt kezelésének követelményeiről, jogi és etikai szabályairól tájékoztattam.

A záródolgozatot/szakdolgozatot/diplomadolgozatot/portfóliót a záróvizsgán történő védeésre javaslom / nem javaslom².

A dolgozat állam- vagy szolgálati titkot tartalmaz: igen nem*³

Kelt: 2023. év 05. hó 03. nap



Belső konzulens

¹ A megfelelő dolgozattípus meghagyása mellett a többi típus törlendő.

² A megfelelő aláhúzendő.

³ A megfelelő aláhúzendő.