

NOVÝ PRÍSTUP K VYHODNOCOVANIU ÚČINKU BRZD VOZIDIEL KATEGÓRIÍ M₁ A N₁ PRI TECHNICKEJ KONTROLE

Rudolf Kuchynka¹, Marián Rybianský²
TESTEK, s.r.o., Bratislava

A NEW APPROACH TO THE EVALUATION OF THE BRAKE EFFICIENCY OF THE M₁ AND N₁ CATEGORY VEHICLES FOR THE PURPOSE OF THE PERIODIC VEHICLE INSPECTION

Summary

The subject of this paper are the prepared changes in the evaluation of the brake test of M₁ and N₁ category vehicles on a roller brake tester during the periodic technical inspection. In connection with the new executive regulation to the Act Nr. 725/2004 the rules of the Ministry of Transport that prescribe inspecting methods will be changed, resulting into the introduction of new criteria and a calculation method. In the case of the criteria the actual ones which were derived from the prescribed decelerations during the driving brake test according to the ECE Regulation Nr. 13 will be replaced by new prescribed minimal braking efficiency ratios according to the regulation 96/96/EC. In consequence of this change it will come to a relaxation of requirements since during the technical inspections the values for vehicles in operation will be used instead of the values that concur with the type approval process. The brake efficiency calculation method will lead to a significant simplification of the algorithm what will enable the automation of the whole process from measuring the brake forces till the efficiency evaluation.

1. Úvod

V čase prípravy tohto príspevku sa očakávalo zverejnenie a nadobudnutie účinnosti novej vykonávacej vyhlášky MDPT SR k Zákona č. 725/2004 Z. z. o podmienkach prevádzky vozidiel v premávke na pozemných komunikáciách a o zmene a doplnení niektorých zákonov v priebehu niekoľkých najbližších týždňov. Pripravovaná vyhláška by mala nadväzovať okrem iného na tie časti zákona, ktoré upravujú oblasť technických kontrol vozidiel. V súvislosti s nadobudnutím jej účinnosti sa predpokladá zrušenie všetkých starých metodických pokynov, metodík a smerníc MDPT SR pre vykonávanie technických kontrol vozidiel, ktoré boli vo veľkej miere previazané s dnes už zrušenými vyhláškami MDPT SR č. 116/1997 Z. z. a 327/1997 Z. z. Namiesto nich sú pripravené nové predpisy, reflektujúce zmenenú legislatívnu situáciu a aktuálny stav technického pokroku. Jednou z oblastí, v ktorých by malo prísť k významným zmenám, je posudzovanie účinku brzd vozidiel kategórií M₁ a N₁ (vozidlá na prepravu cestujúcich s najviac 8 sedadlami okrem sedadla pre vodiča a vozidlá na prepravu tovaru s najväčšou prípustnou celkovou hmotnosťou neprevyšujúcou 3500 kg) pri kontrole na valcových skúšobniach brzd (VSB).

2. Nové hodnoty predpísaných minimálnych zbrzdení pre vozidlá v prevádzke

Zákon č. 725/2004 Z. z. okrem iného zrušil vyhlášku MDPT SR č. 116/1997 Z. z. a prevzal smernicu Rady Európskych spoločností 96/96/ES v platnom znení. Spolu so zrušením vyhlášky prišlo ku zrušeniu v jej prílohe č. 4 definovaných predpísaných minimálnych zbrzdení pre vozidlá v prevádzke pri použití prevádzkovej a parkovacej brzdy, ako i hodnôt

¹ Ing. Rudolf Kuchynka, TESTEK, s.r.o., Poverená technická služba technickej kontroly vozidiel

² Ing. Marián Rybianský, TESTEK, s.r.o., Poverená technická služba technickej kontroly vozidiel, znalec v odbore Doprava cestná

maximálnych prípustných ovládacích síl pre niektoré kategórie vozidiel. Časť z týchto hodnôt nahrádzajú nové hodnoty zbrzdení predpísané pre vozidlá v prevádzke podľa uvedenej prevzatej smernice ES. Porovnanie hodnôt z oboch predpisov je v tabuľke č. 1.

Tab. č. 1: Porovnanie predpísaných hodnôt pre brzdy vozidiel v prevádzke

kategórie vozidiel	minimálne zbrzdenie z_{\min} a maximálna ovládacía sila F_{\max}				
	vyhláška MDPT SR č. 116/1997 Z. z. (vybrané hodnoty týkajúce sa len vozidiel schválených počnúc 1.7.1972)			smernica 96/96/ES	
	minimálne zbrzdenie prevádzkovej brzdy (%)	minimálne zbrzdenie parkovacej brzdy (%)	maximálna ovládacía sila (N)	minimálne zbrzdenie prevádzkovej brzdy (%)	minimálne zbrzdenie parkovacej brzdy (%)
M ₁	59	18	490	50	16
M ₂ , M ₃	51	18	685	50 / 48 ⁴⁾	16
N ₁	51 ¹⁾ / 45	18 ²⁾ / 12 ³⁾	685	50 / 45 ⁵⁾	16
N ₂ , N ₃	51 ¹⁾ / 45	18 ²⁾ / 12 ³⁾	685	45 / 43 ⁵⁾	16 ²⁾ / 12 ³⁾ (väčšia z oboch hodnôt)
O prívesy	50 ¹⁾ / 45	18 ²⁾ / 12 ³⁾	-	43 / 40 ⁵⁾	16
O návesy	45	18 ²⁾ / 12 ³⁾	-		

¹⁾ vozidlá schválené počnúc 1.1.1985

²⁾ samostatné vozidlá

³⁾ ťažné vozidlá v súprave s prípojnými

⁴⁾ vozidlá bez ABS alebo schválené pred 1.10.1991

⁵⁾ vozidlá prijaté do evidencie pred rokom 1988

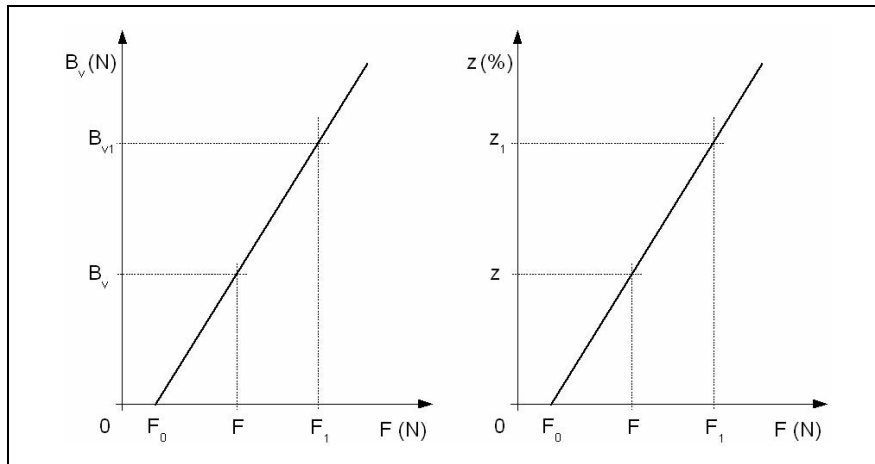
Z tabuľky je zrejmé, že vo väčšine prípadov pôjde v porovnaní s doterajším stavom o *zmiernenie kritérií* kladených na vozidlá v prevádzke. Najväčší relatívny rozdiel, až približne 15 %, je pri hodnote predpísanej pre vozidlá kategórie M₁. Príčinou nesúladu medzi požiadavkami vyhlášky MDPT SR č. 116/1997 Z. z. a smernice 96/96/ES bol pôvod hodnôt zbrzdení požadovaných našou vyhláškou. Predpísané hodnoty pre vozidlá v prevádzke v nej boli odvodené z minimálnych spomalení pri jazdnej homologizačnej skúške podľa predpisu EHK č. 13. V prípade hodnôt požadovaných smernicou bol správne aplikovaný všeobecný princíp istého zmiernenia požiadaviek na vozidlo v prevádzke v porovnaní s požiadavkami pre nové vozidlo (pri homologizačnej skúške), ktorý zohľadňuje prirodzený úbytok technického stavu v dôsledku opotrebenia vozidla jeho používaním.

V tejto súvislosti je potrebné pripomenúť, že stav, kedy v Slovenskej republike platili prísnejšie hodnoty minimálnych zbrzdení podľa zrušenej vyhlášky, nebol v priamom rozpore so spomínanou smernicou. Jej znenie umožňuje každej členskej krajine určiť si vo svojich národných predpisoch prísnejšie kritériá, než sú všeobecné minimálne požiadavky uvedené v smernici. Ak však nebudú špecifické národné požiadavky na brzdy vozidiel v prevádzke stanovené žiadnym predpisom, čo ako sa zdá bude zodpovedať situácii v Slovenskej republike, potom budú platiť uvedené hodnoty zbrzdení podľa smernice, ktorá už bola zákonom č. 725/2004 Z. z. prevzatá do nášho národného právneho systému.

3. Doterajšia metóda vyhodnocovania brzdného účinku prevádzkovej brzdy vozidiel kategórií M₁ a N₁

Pri technických kontrolách dosiaľ používaná metodika pre kontrolu brzdových sústav vozidiel kategórií M₁ a N₁ na VSB [3] je založená na princípe tzv. *lineárnej extrapolácie* (obrázok č. 1). Predpokladá sa pri nej, že závislosť na kolesách nameraných brzdných síl od ovládacej sily pôsobiacej na brzdový pedál pri skúške na VSB je v skúmanom intervale lineárna. V situácii znázornenej na obrázku č. 1 bude pri ovládacej sile F na VSB na kolesách dosiahnutá celková brzdná sila (suma síl nameraných pri tej istej ovládacej sile na kolesách prednej a zadnej nápravy) B_v , ktorej zodpovedá zbrzdenie vozidla z . Pri

väčšej ovládacej sile F_1 , napr. za podmienok, ktoré už na VSB reálne preveriť nemožno (kvôli zablokovaniu kolies nedostatočne zaťaženého vozidla, alebo kvôli nízkemu súčiniteľu trenia medzi kolesami a valcami), by sa podľa vyššie uvedeného predpokladu dosiahla úmerne väčšia brzdná sila B_{v1} so zodpovedajúcim zbrzdením z_1 . Sila F_0 je ovládacia sila, pri ktorej vozidlo začína brzdiť (silové oneskorenie).



Obr. č. 1: Základný princíp lineárnej extrapolácie.

Pre pomer medzi extrapolovaným zbrzdením a zbrzdením zodpovedajúcim nameraným brzdným silám platí podľa obrázku č. 1 vzťah:

$$\frac{z_1}{z} = \frac{F_1 - F_0}{F - F_0} \quad (-). \quad (1)$$

Pre výpočet extrapolovaného zbrzdenia z_1 možno postupom uvedeným v [3] odvodiť vzťah:

$$z_1 = \frac{\sum B_v}{k \cdot m \cdot g} \cdot \frac{F_1 - F_0}{F - F_0} \cdot 100 \quad (\%), \quad (2)$$

kde okrem symbolov popísaných vyššie je k korekčný súčiniteľ na prepočet medzi brzdnými silami dosahovanými na vozovke a brzdnými silami odmeranými na VSB, m hmotnosť vozidla a g gravitačné zrýchlenie. Metodika [3] neumožňuje priame použitie vzorca (2) na výpočet extrapolovaného zbrzdenia, ale predpisuje nepriamy postup, pri ktorom sa vypočíta ovládacia sila, ktorú by bolo potrebné vynaložiť na dosiahnutie minimálneho predpísaného spomalenia (uvedené v tabuľke č. 1) pri zaťažení vozidla na najväčšiu prípustnú celkovú hmotnosť m_c , a následne sa porovná s najväčšou prípustnou ovládacou silou:

$$F_1 = \frac{k \cdot g \cdot z_{\min}}{100} \cdot \frac{m_c}{\sum B_v} \cdot (F - F_0) + F_0 \quad (\text{N}), \quad (3)$$

$$F_1 \leq F_{\max} \quad (\text{N}). \quad (4)$$

Ak by sa výpočtom preukázalo, že na dosiahnutie predpísaného zbrzdenia by bolo potrebné vynaložiť ovládaciu silu presahujúcu najväčšiu prípustnú silu, hodnotil by sa účinok prevádzkovej brzdy ako nedostatočný. Metodika [3] okrem

popísaného prípadu obsahuje i ďalšie rozpracovanie základného princípu pre rôzne špecifické prípady, ktoré nie sú vzhľadom na obmedzený priestor v tomto príspevku ďalej popisované.

4. Navrhovaná nová metóda vyhodnocovania brzdného účinku prevádzkovej brzdy vozidiel kategórií M₁ a N₁

Základom navrhutej novej metódy je priamy výpočet zbrzdzenia z zodpovedajúceho brzdným silám nameraným na VSB B_v , a skutočnej skúšobnej hmotnosti vozidla m_s , rovnako zistenej odmeraním na VSB:

$$z = \frac{\sum B_v}{m_s \cdot g} \cdot 100 \quad (\%). \quad (5)$$

Namiesto okamžitej skúšobnej hmotnosti, ak ju nie je možné pri skúške zistiť (VSB nie je vybavená príslušnou opciovou na meranie zaťaženia valcov), sa dá použiť prevádzková hmotnosť vozidla (uvádzaná v súčasných osvedčeniach o evidencii vozidiel, definovaná smernicou 70/156/EHS v znení zmenenom smernicou 97/27/ES) alebo pohotovostná hmotnosť zväčšená o hmotnosť zodpovedajúcu záťaži na mieste vodiča (75 kg). Na rozdiel od staršej metodiky prichádza priamo k porovnaniu vypočítaného zbrzdzenia so smernicou predpísaným minimálnym:

$$z \geq z_{\min} \quad (\%). \quad (6)$$

Počas vývoja metodiky bola zistená použiteľnosť vzťahu (5) iba za predpokladu dostatočne kvalitného povrchu valcov VSB (súčiniteľ trenia za sucha i za mokra najmenšej 0,8).

Ak sa pri skúške preukáže splnenie kritéria (6) zbrzdením vypočítaným podľa vzorca (5), nie sú už potrebné ďalšie výpočty. Ak však vypočítané zbrzdzenie nie je dostatočné, napr. pre príliš skoré zablokovanie valcov pred dosiahnutím potrebných veľkostí brzdnych síl, použije sa opäť *lineárna extrapolácia*. V tomto prípade sa extrapoluje na hypotetický stav vozidla s najväčšou prípustnou celkovou hmotnosťou m_c pri použití maximálnej prípustnej ovládacej sily na brzdovom pedáli F_{\max} :

$$z = \frac{\sum B_v}{m_c \cdot g} \cdot \frac{F_{\max}}{F} \cdot 100 \quad (\%). \quad (7)$$

Okrem vyššie popísaných označení zodpovedá F vo vzťahu (7) ovládacej sile, pri ktorej boli odmerané brzdne sily B_v .

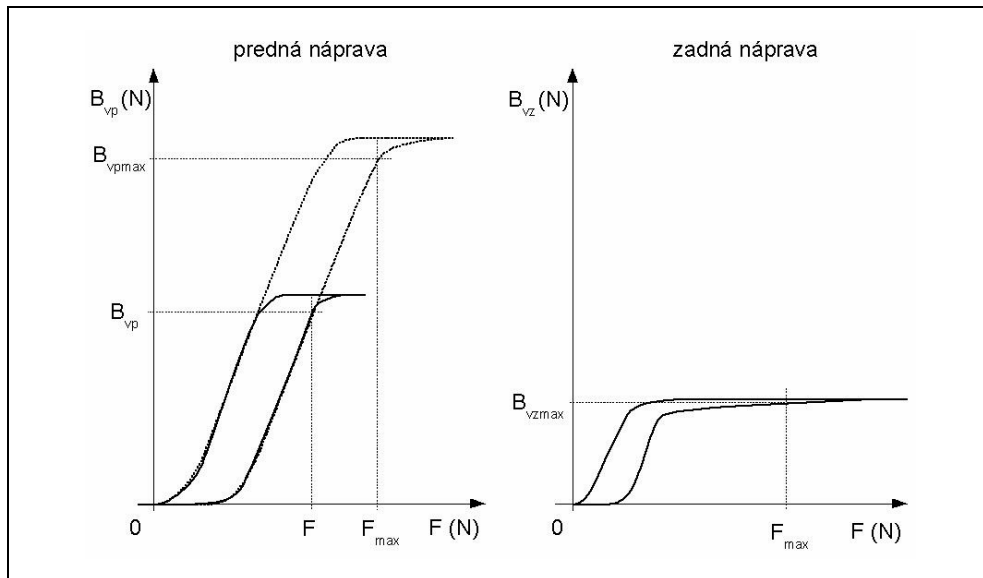
Lineárnu extrapoláciu nemožno s dostatočnou presnosťou aplikovať na prípad skúšky vozidla vybaveného obmedzovačom brzdného účinku (obr. č. 2) na zadnej náprave, pretože závislosť brzdnej sily od ovládacej sily na zadnej náprave vtedy nie je lineárna.

Návrh metodiky ráta pre takýto prípad s výpočtom zbrzdzenia z po jednotlivých nápravách (v prípade vozidiel posudzovaných kategórií ide spravidla o dve nápravy):

$$z = z_p + z_z \quad (\%), \quad (8)$$

kde z_p je zbrzdzenie pripadajúce na prednú nápravu a z_z zbrzdzenie pripadajúce na zadnú nápravu. Pri výpočte zbrzdzenia z_p sa aplikuje lineárna extrapolácia obdobným spôsobom, ako vo vzťahu (7), kým pri výpočte z_z sa zohľadnia len skutočne odmerané brzdne sily:

$$z = \left(\frac{\sum B_{vp}}{m_c \cdot g} \cdot \frac{F_{max}}{F} + \frac{\sum B_{vzmax}}{m_c \cdot g} \right) \cdot 100 \quad (\%). \quad (9)$$



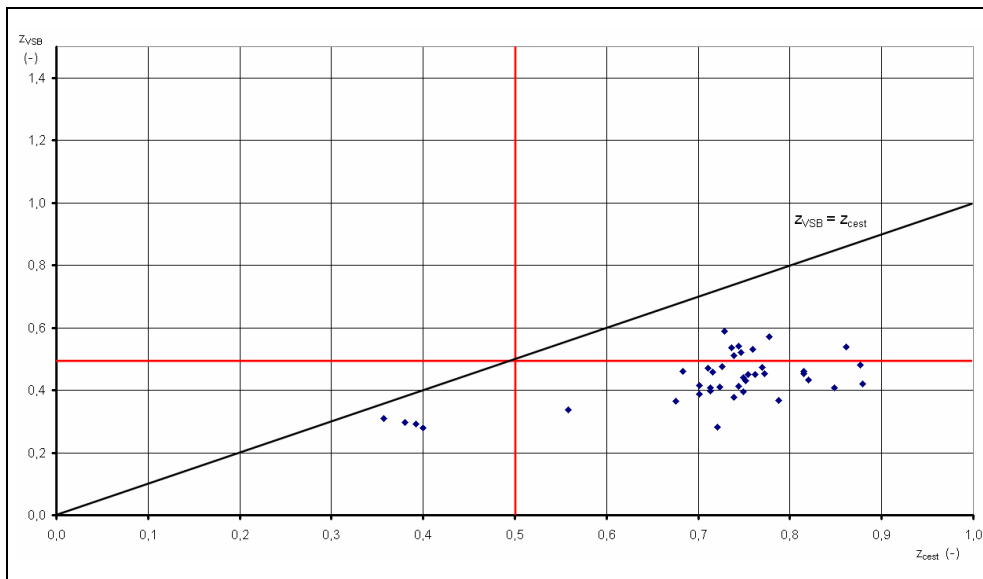
Obr. č. 2: Priebeh brzdných síl (B_{\cdot}) v závislosti od ovládacej sily (F) na vozidle s obmedzovačom brzdného účinku na zadnej náprave.

5. Prvé praktické overenie použiteľnosti metódy

Pred praktickým celoplošným nasadením popísanej metodiky, ktoré skutočne preverí jej vhodnosť, prišlo zatiaľ k jednotlivým meraniam, v rámci ktorých bola odskúšaná. Prvoradým kritériom bolo, aby všetky vozidlá, ktorých brzdná sústava je v dobrom technickom stave, boli metodikou vyhodnotené ako vyhovujúce. V druhom rade by mali tie vozidlá, ktoré nedosahujú dostatočný účinok brzd, byť metodikou vyhodnotené ako nevyhovujúce. Uvedené poradie kritérií je zámerné, pretože zásadou, ktorá by mala byť pri technickej kontrole aplikovaná, je nepoškodiť v spornom prípade prevádzkovateľa vozidla.

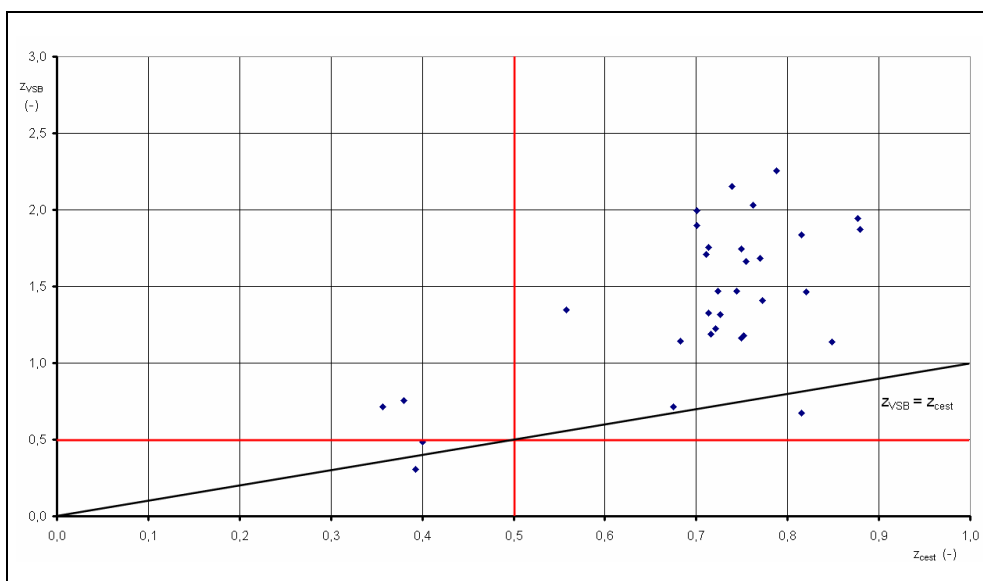
Okrem iného bola metodika odskúšaná i s použitím štatistických dát získaných v rámci práce [4], ktoré na tento účel poskytli jej autori. Pri nej boli v roku 2003 na 40 vozidlách kategórií M_1 a N_1 v prevádzke vykonané merania na VSB a súčasne jazdná skúška s použitím decelerografu. Na spracovanie výsledkov skúšky na VSB a výpočet zodpovedajúceho zbrzdzenia vozidla bolo použitých viacero extrapoláčnych metód, okrem iného i metóda využívajúca vzťah (7), ktorá bola už v tom období rozpracovaná v štádiu návrhu. Dáta boli neskôr použité i na preverenie použiteľnosti samotného základného vzťahu (5) a vzťahu pre vozidlá s regulačným prvkom (obmedzovačom brzdného účinku) na zadnej náprave (9). Pre zjednodušenie bola vo všetkých výpočtoch ako maximálna ovládacia sila F_{max} použitá hodnota 490 N predpísaná zrušenou vyhláškou MDPT SR č. 116/1997 Z. z. pre vozidlá kategórie M_1 v prevádzke.

Na obrázku č. 3 je porovnanie výsledkov získaných jazdnou skúškou a vyrátaných zo síl nameraných na VSB bez extrapolácie – podľa vzťahu (5). Vyplýva z neho, že z 36 vozidiel s brzdami v dobrom stave je vyhodnotených 8 ako vyhovujúcich už na základe prvého výpočtu. Ani jedno vozidlo z tých, ktoré majú evidentne brzdy v zlom technickom stave, sa do tejto skupiny nedostalo. Je zjavné, že istá časť vyhovujúcich vozidiel (približne 22 % zo skúmanej vzorky) je schopná splniť stanovené kritérium pre účinok prevádzkovej brzdy bez potreby vykonania extrapoláčneho výpočtu.



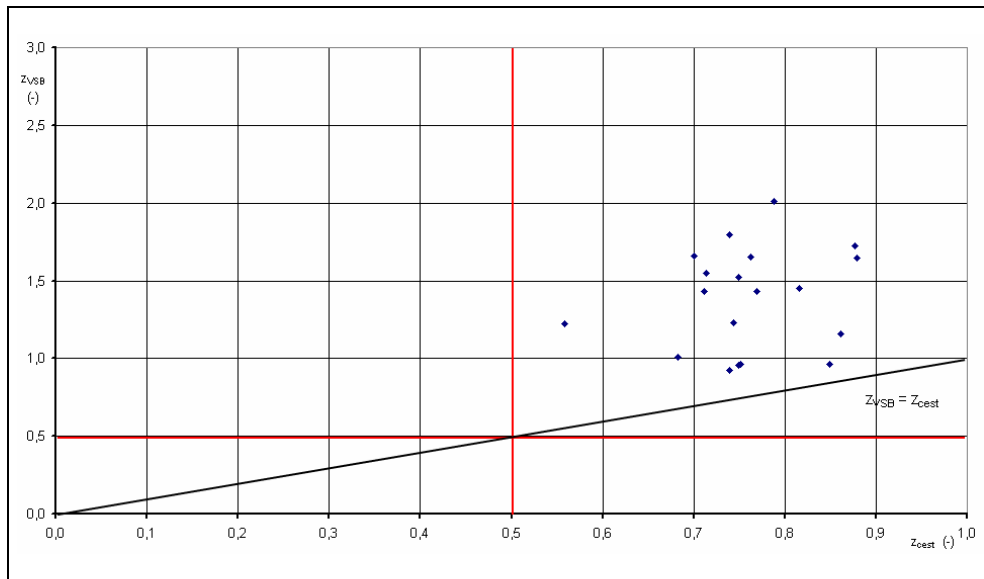
Obr. č. 3: Porovnanie zbrzdenia vyrátaného z brzdných síl na VSB bez extrapolácie (z_{VSB}) a vyrátaného zo spomalenia dosiahnutého na ceste (z_{cest}).

Vo zvyšných prípadoch by pre posúdenie splnenia stanoveného kritéria bolo potrebné extrapoláciu vykonať. Výsledok výpočtu podľa vzťahu (7) zahŕňajúci len vozidlá, ktoré pri prvom výpočte neuspeli, je na obrázku č. 4. Všetky vozidlá s dostatočným brzdným účinkom sú už vyhodnotené ako vyhovujúce. Ako vyhovujúce sú však hodnotené i dve až tri vozidlá so zjavnými chybami na brzdovej sústave. Ide však o špecifické prípady, ktoré by pri technickej kontrole boli hodnotené ako nevyhovujúce pri inom kontrolnom úkone na brzdovej sústave (v dvoch prípadoch ide o vozidlá Škoda 105 s nulovým brzdným účinkom na prednej náprave a v jednom prípade o Renault 19 s výraznou a navzájom opačnou nesúmernosťou brzdného účinku na prednej a zadnej náprave). Typický prípad nedostatočného brzdného účinku vozidla (nízke brzdné sily na prednej i zadnej náprave pri vysokej ovládacej sile) je spoľahlivo vyhodnotený ako nevyhovujúce vozidlo.



Obr. č. 4: Porovnanie zbrzdenia vyrátaného z brzdných síl na VSB s extrapoláciou na najväčšiu celkovú prípustnú hmotnosť a maximálnu ovládaciu silu (z_{VSB}) a vyrátaného zo spomalenia dosiahnutého na ceste (z_{cest}).

Pre doplnenie je na obr. č. 5 obdobný diagram extrapolácie podľa vzťahu (9) výhradne tých vozidiel zo skúmanej vzorky, ktoré boli na zadnej náprave vybavené obmedzovačom brzdného účinku.



Obr. č. 5: Porovnanie zbrzdzenia vyrátaného z brzdných síl na VSB s extrapoláciou so zohľadnením regulačného prvku na zadnej náprave (z_{VSB}) a vyrátaného zo spomalenia dosiahnutého na ceste (z_{cest}).

6. Vzťah medzi zbrzdením stanoveným na základe merania na VSB a reálnym zbrzdením dosiahnutelným na ceste

Pri analýze dopravných nehôd je často potrebné zistiť spomalenie, ktoré vozidlo vzhľadom na jeho technický stav mohlo dosiahnuť. V niektorých prípadoch býva k dispozícii protokol z technickej kontroly vozidla s uvedenými brzdnými silami odmeranými na VSB a s ovládacou silou, pri ktorej boli merané. Vyššie popísaný výpočet zbrzdzenia môže zvädzať k jednoduchému prerátaniu tejto hodnoty na spomalenie v $(m.s^{-2})$ a jeho priamemu použitiu pri simulácii pohybu vozidiel pri nehode.

Práca [4] bola priamo zameraná na analýzu tohto problému. S cieľom overiť vzájomnú koreláciu boli zbrzdzenia vyrátané z hodnôt odmeraných na VSB následne porovnávané so zbrzdeniami zodpovedajúcimi skutočným spomaleniam, odmeraným pri jazdnej skúške decelerografom. Korelácia oboch hodnôt v prípade použitia vzťahu (7) sa ukázala ako pomerne nízka, charakterizovaná súčiniteľom korelácie 0,55. V praxi preto nie je možné použiť zbrzdzenie vyrátané popísanou metódou ako zbrzdzenie dosahované vozidlom na ceste. Obdobné súčinitele korelácie (v rozmedzí približne 0,5 až 0,7) boli v citovanej práci vyrátané i pre ostatné posudzované extrapoláčnne metódy.

Vo všeobecnosti boli extrapolované hodnoty zbrzdění príliš vysoké v porovnaní so skutočne odmeranými, v niektorých prípadoch dosiahli až hodnotu presahujúcu teoretické maximum 100 %. Nízku koreláciu vyrátaných zbrzdění so skutočne dosiahnutelným spomalením nemožno považovať za dôsledok chyby metodiky. Je potrebné si uvedomiť, že ide o metodiku určenú nie na presný výpočet reálne dosiahnutelného spomalenia na ceste, ale o metodiku, prostredníctvom ktorej možno indikovať, či je brzdný účinok vozidla dostatočný. Vyrátané zbrzdzenie teda nie je vhodné na priame stanovenia reálneho zbrzdzenia dosiahnutelného na ceste, ale má význam skôr v porovnaní s predpísanou hodnotou pre takýto druh skúšky.

7. Záver

Popísaná metóda je určená na posúdenie toho, či je účinok bŕzd vozidla dostatočný, na základe porovnania zbrzdzenia vypočítaného z brzdných síl nameraných na VSB so stanoveným kritériom. V porovnaní s dosiaľ používanou metódou prichádza k istému zjednodušeniu algoritmu, ktoré umožní ľahšie zahrnutie výpočtového postupu do softvéru používaného v automatizovanom informačnom systéme technických kontrol vozidiel. Prvé skúsenosti s praktickou aplikáciou naznačujú

na jednej strane jej použiteľnosť, na druhej strane však i možnosť istých modifikácií, najmä extrapolačného parametru, s cieľom zvýšiť koreláciu s reálne dosahovaným spomalením na ceste. Nevyhnutné bude spracovanie ďalších výsledkov meraní, predovšetkým vozidiel so zlým technickým stavom bŕzd. I potom však, podobne ako u iných metód založených na extrapolácii, nebude možné očakávať takú dostatočnú presnosť predikcie skutočne dosiahnuteľného brzdného spomalenia na ceste pre konkrétne vozidlo, ktorá by umožnila jej priame použitie pri analýze dopravných nehôd.

8. Literatúra

- [1] Vyhláška MDPT SR č. 116 / 1997 Z. z. o podmienkach premávky vozidiel na pozemných komunikáciách
- [2] Council Directive 96/96/EC on the approximation of the laws of the Member States relating to roadworthiness tests for motor vehicles and their trailers, In: Official Journal of the European Communities L 46, 17.2.1997
- [3] Metodika kontroly brzdových sústav osobných automobilov na valcových skúšobniach, Ústav cestného hospodárstva a dopravy, Bratislava 1990
- [4] Rybianský, M – Hulman P.: Porovnanie závislosti zbrzdzenia vozidla a reálneho brzdového spomalenia pri aplikácii najnovších poznatkov skúšobníctva, Záverečná práca ďalšieho vzdelávania v študijnom odbore Súdne inžinierstvo – doprava cestná, ÚSI ŽU Žilina, 2003