

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

POROVNÁNÍ JÍZDNÍ BRZDNÉ ZKOUŠKY A
ZKOUŠKY NA VÁLCOVÉ ZKUŠEBNĚ

Bakalářská práce

2008

Radek Cibere

UNIVERZITA PARDUBICE
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

POROVNÁNÍ JÍZDNÍ BRZDNÉ ZKOUŠKY A ZKOUŠKY NA VÁLCOVÉ
ZKUŠEBNĚ

Radek Cibere

Bakalářská práce

2008

Univerzita Pardubice
Dopravní fakulta Jana Pernera
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky
Akademický rok: 2007/2008

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Radek CIBERE**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Dopravní prostředky-Silniční vozidla**

Název tématu: **Porovnání jízdní brzdné zkoušky a zkoušky na válcové zkušebně**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Úvod
2. Popis a specifikace brzdové soustavy zkoušeného vozidla
3. Charakteristika jízdních zkoušek brzd a při nich používaných diagnostických přístrojů brzd, výběr zkušební metody a popis metodiky zkoušení
4. Přehled diagnostických zkušeben brzd vozidel
5. Charakteristika použité válcové zkušebny brzd a popis metodiky zkoušení brzdného účinku
6. Rozbor naměřených hodnot a jejich vyhodnocení
7. Závěr

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

[1] Vlk F.: Podvozky motorových vozidel. 1. vyd. Nakladatelství a vydavatelství VLK, Brno 2000. 392 s. ISBN 80-238-5274-4.

[2] Vlk F.: Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. 1. vyd. Nakladatelství a vydavatelství VLK, Brno 2001. 576 s. ISBN 80-238-6573-0.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Miroslav Bodlák

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce: **18. února 2008**

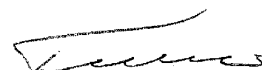
Termín odevzdání bakalářské práce: **26. května 2008**



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.



doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.

vedoucí katedry

dne

SOUHRN

Cílem této práce bylo porovnání jízdní brzdné zkoušky a zkoušky na válcové zkušebně. U levého předního kola zkušebního vozidla Škoda Roomster 1,9 TDI byla vybranou metodou dočasně omezena funkce brzd a poté se na válcové zkušebně zjistilo, na jakou hodnotu vzrostl rozdíl brzdících sil na přední nápravě vozidla (tzv. nesouměrnost brzdění). Další částí experimentu pak bylo provádění jízdních brzdících zkoušek z různých počátečních rychlostí a zkoumalo se, jak ono snížení třecích účinků brzd levého předního kola ovlivní chování vozu, zejména směrovou stabilitu. Data získaná z měření na válcové zkušebně a při jízdních brzdících zkouškách byla posléze vyhodnocena a porovnána.

KLÍČOVÁ SLOVA

silniční doprava, diagnostika brzd, jízdní brzdné zkoušky, válcová zkušebna brzd, nesouměrnost brzdění, měření optickým přístrojem Correvit

TITLE

Comparison of road brake tests and tests on roller type brake tester

ABSTRACT

The main theme of this bachelor work was the comparison of road brake tests and tests on the roller type brake tester. By the brake of a left forward wheel was provisionally downed the function of brake and then the car was tested on the roller type brake tester to find, how the difference of brake forces (asymmetry of brakes) rose. The next part of experiment was a testing car at road brake tests from various inceptive speeds and I tried to search, how a reduction in frictional force by left forward wheel affected a directional stability of the car. The obtained dates from a measurement of the road brake tests and the roller type brake tester were finally analyzed and compared.

KEYWORDS

road transport, diagnostic of brakes, drive brake tests, roller type brake tester, asymmetry of braking, measuring by optical apparatus Correvit

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně Univerzity Pardubice.

V Pardubicích dne 25. listopadu 2008

Radek Cibere

Poděkování

Rád bych touto cestou poděkoval svému vedoucímu práce Ing. Miroslavovi Bodlákovi za rady, konzultace a poskytnuté literární prameny, které mi během vytváření této práce poskytl. Dále nesmím zapomenout ani na Ing. Tomáše Zikmunda Ph.D. a na Ing. Jana Pokorného, kteří organizovali měření optickým přístrojem při jízdách brzdových zkouškách na letišti v Mimoni a kteří mi pomohli se zpracováním dat. Za měření na válcové zkušebně a za informace s tím souvisejícími také děkuji svému bývalému mistrovi ze střední školy Františkovi Kuchařovi. Nakonec bych rád poděkoval své matce, která mi během studia poskytla zázemí a byla mi oporou nejen při přípravě této bakalářské práce, ale také během celého studia.

Obsah

Úvod.....	8
1 Stručný popis zkušební vozidla Škoda Roomster 1,9 TDI.....	9
1.1 Brzdová soustava vozu.....	10
1.2 Elektronické systémy stability jízdy.....	10
2 Charakteristika jízdnic zkušek brzd a při nich používaných diagnostických přístrojů brzd, výběr zkušební metody a popis metodiky zkoušení.....	11
2.1 Charakteristika jízdnic zkušek brzd.....	11
2.2 Přehled používaných metod jízdnic zkušek brzd.....	11
2.2.1 Značkovací zařízení.....	11
2.2.2 Decelerometry a decelerografy.....	12
2.2.3 Vlečené kolo.....	13
2.2.4 Snímač zrychlení a stabilizovaná plošina.....	13
2.2.5 Optické přístroje.....	13
3 Výběr zkušební metody a popis metodiky zkoušení.....	14
3.1 Optické přístroje-metoda optické korelace, popis metody.....	14
3.2 Vybraná metoda snížení třecích účinků brzd levého předního kola.....	15
3.2.1 Simulace snížených třecích účinků brzd jednoho z kol.....	15
3.2.2 Výběr metody snížení třecích sil.....	15
3.2.3 Volba vhodného maziva.....	16
3.2.4 Záběh brzdových destiček se sníženými třecími účinky na levém předním kole	16
3.3 Prvotní přípravy komponentů přístroje Corssys Correvit ke zkoušce.....	17
3.4 Finální přípravy jízdnic brzdnic zkoušky na letišti v Mimoni.....	18
3.4.1 Přípravy přístroje Corssys Correvit na letišti v Mimoni.....	18
3.4.2 Montáž brzdových destiček se sníženými třecími účinky na vozidlo.....	19
3.5 Jízdnic brzdnic zkoušky na letišti v Mimoni.....	19
3.5.1 Záběh brzdových destiček.....	20
3.5.2 Popis průběhu provádění jízdnic brzdnic zkoušek.....	20
3.5.3 Jízdnic zkouška brzdění v přímém směru se zapnutými systémy ABS a ESP při pevném držení volantu.....	21
3.5.4 Jízdnic zkouška brzdění v přímém směru se zapnutými systémy ABS a ESP bez držení volantu.....	22

3.5.5	Jízdní zkouška brzdění v přímém směru s vypnutými systémy ABS a ESP při maximálním brzdění.....	23
4	Přehled diagnostických zkušeben brzd vozidel.....	24
4.1	Plošinové zkušebny brzd.....	24
4.2	Válcové stanice rychloběžné.....	25
5	Charakteristika použité válcové zkušebny brzd a popis metodiky zkoušení brzdného účinku.....	27
5.1	Princip zkoušení brzdného účinku na válcové zkušebně pomaloběžné.....	27
5.2	Konstrukce válcových zkušeben pomaloběžných.....	28
5.3	Přípravy před měřením na válcové zkušebně.....	30
5.4	Průběh měření na válcové zkušebně Garagent BT-2021 Roller type brake tester 2.2.....	30
6	Rozbor naměřených hodnot a jejich vyhodnocení.....	33
6.1	Naměřené hodnoty z válcové zkušebny a jejich vyhodnocení.....	33
6.2	Výsledky jízdních brzdných zkoušek.....	34
6.2.1	Grafické znázornění konečných poloh vozidla po jízdních brzdných zkouškách s použitím systémů ABS+ESP a s držením volantu.....	35
6.2.2	Grafické znázornění konečných poloh vozidla po jízdních brzdných zkouškách s použitím systémů ABS+ESP, ale bez držením volantu.....	37
6.2.3	Grafické znázornění konečných poloh vozidla po jízdních brzdných zkouškách bez použití systémů ABS+ESP.....	38
6.3	Regresní analýza - předpokládané konečné výchylky vozidla při brzdění z vyšších rychlostí s použitím systémů ABS+ESP a s držením volantu.....	39
6.3.1	Regresní analýza – lineární regrese.....	39
6.3.2	Hodnoty konečných výchylek vozidla spočtené lineární regresí.....	39
	Závěr.....	40
	Seznam literatury.....	42
	Seznam obrázků.....	42
	Seznam tabulek.....	43
	Seznam příloh.....	43

Úvod

Zkušebnictví vozidel je velice důležitým vědním odvětvím a stejně jako v ostatních oborech zde sehrávají experimentální práce velice důležitou roli. Toto odvětví je však specifické komplikovaností zkušebního předmětu (vozidla) a složitostí určení provozních podmínek. Mnoho faktorů, které výrazně ovlivňují funkční vlastnosti vozidla a jeho životnost (např. spolehlivost a trvanlivost) je totiž hodně obtížné předem určit (a to jak výpočtově, tak i konstrukčně). Vývoj vozidla v automobilkách proto probíhá ve zkušebním provozu, který napodobuje skutečné provozní podmínky daného typu vozidla. Výsledky těchto zkoušek pak samozřejmě výrazně zasahují do konstrukce vozidla až do stádia celkového projektu. Je běžné, že náklady věnované experimentální fázi vývoje a výzkumu jsou často mnohonásobně vyšší, než náklady na projekční práci.

Na počátku zrodu této práce byla myšlenka porovnat jízdní brzdovou zkoušku a zkoušku na válcové zkušebně a pokusit se najít určité souvislosti mezi nimi. Navíc aby byly výsledky tohoto experimentu zajímavější, rozhodl jsem se simulovat závadu brzd jednoho z předních kol a posléze zjistit, jak by se takovýto vůz choval při brzdění z různých rychlostí, a to jak za normálních situací (zapnuté ABS a ESP), tak v situacích, kdy by byly tyto bezpečnostní systémy vypnuté. Zejména mě zajímalo, jaký vliv by měla takováto závada v běžném provozu na stabilitu a ovladatelnost vozidla.

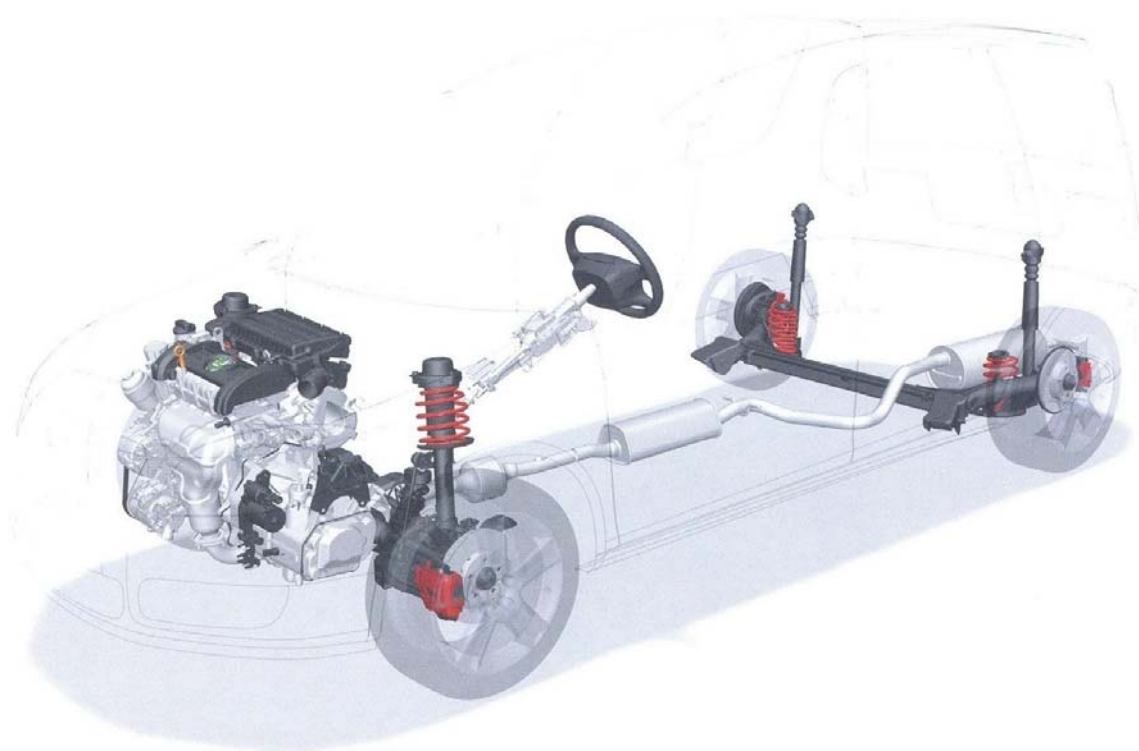
K simulaci efektu nebrzděného předního kola posloužily “znehodnocené“ brzdové destičky, do kterých byly vybroušeny drážky a ty posléze vyplněny grafitovým plastickým mazivem, čímž byla pro experiment omezena jejich funkce. Poté se vozidlo dovezlo na zkušební dráhu letiště Mimoň, kde se konala nejzajímavější část celého experimentu - jízdní brzdové zkoušky.

V dalším kroku bylo pak vozidlo dopraveno na válcovou zkušebnu brzd, kde se zjistilo, jak toto “zamaštění“ ovlivnilo funkci brzd levého předního kola, jak se snížil třecí účinek brzdy a jaký je procentuální rozdíl účinků brzd levého a pravého předního kola.

Předposlední a poslední částí pak bylo zpracování dat získaných z válcové zkušebny a z optického přístroje Corssys Correvit, který byl připevněn na zádi vozu při jízdních brzdových zkouškách, tato data vyhodnotit, porovnat a učinit z nich závěrečná zhodnocení.

1 Stručný popis zkušebního vozidla Škoda Roomster 1,9 TDI

Pro tuto experimentální práci posloužilo jako zkoušený objekt vozidlo Škoda Roomster 1,9 TDI / 77kW. Toto vozidlo je majetkem Škoda auto a.s. a bylo zapůjčené Dopravní fakultě Jana Pernera Univerzity Pardubice jako učební pomůcka a zároveň zkušební vozidlo určené právě k takovýmto testům. Vozidlo nemůže být provozováno na běžných komunikacích, tento vůz totiž nemá státní technickou kontrolu ani registrační značku, proto muselo být dopravováno jak na letiště v Mimoní, tak na válcovou zkušebnu brzd pomocí přívěsu určeném k přepravě aut. Zajímavostí vozidla je umístění jeho řízení, které je na pravé straně automobilu (původně tedy bylo zřejmě toto vozidlo určeno pro anglický trh). Základní technické údaje vozidla budou popsány v *příloze 1 – Základní technické údaje vozidla*.



Obr.1: Pohled na podvozek automobilu Škoda Roomster 1,9 TDI / 77kW

1.1 Brzdová soustava vozu

Brzdová soustava vozu Škoda Roomster 1,9 TDI je hydraulická dvouokruhová s diagonálním uspořádáním a je vybavena podtlakovým posilovačem brzd Dual Rate s tzv. progresivní charakteristikou. Díky této charakteristice se v oblasti kritického brzdění zvyšuje jeho posilový účinek.

Přední kola vozu jsou vybavena kotoučovými brzdami s jednopístovými plovoucími třmeny. Kotouče na předních kolech jsou duté s vnitřním chlazením, mají průměr 288 mm a tloušťku 25 mm. Zadní brzdy tohoto vozu jsou potom tvořeny plnými kotouči o průměru 232 mm a šířce 9 mm.

1.2 Elektronické systémy stability jízdy

Tento typ vozidla Škoda Roomster byl samozřejmě vybaven systémem ABS, který je navíc u tohoto vozu doplněn regulací točivého momentu při brzdění motorem-tzv. MSR. Dalším prvkem aktivní bezpečnosti na tomto voze je protiprokluzové zařízení ASR, jehož služeb využívá další elektronický stabilizující systém – ESP. Ten obsahuje i elektronický uzávěr diferenciálu EDS a hydraulický brzdový asistent HBA.

2 Charakteristika jízdnic zkoušek brzd a při nich používaných diagnostických přístrojů brzd, výběr zkušební metody a popis metodiky zkoušení

2.1 Charakteristika jízdnic zkoušek brzd

Jízdnic zkoušky “brzdění v přímém směru“ mají význam hlavně z hlediska kontroly zákonem stanovených brzdnic drah. Dají se však jimi ověřit také funkce omezovačů brzdnic účinku, posilovačů brzdnic soustavy, protiblokovacího zařízení, atd. V neposlední řadě se také provádí pro zjištění směrové stability vozidla, např. při nesouměrném účinku brzd na levé a pravé straně nápravy, což byla i hlavní úloha v mé práci.

Hlavními měřenými veličinami při těchto zkouškách jsou pak zejména zpomalení vozidla, brzdnic dráha, tlak v ovládací soustavě, ovládací síla na brzdnic pedálu a ohřátí brzd.

2.2 Přehled používaných metod jízdnic zkoušek brzd

2.2.1 Značkovací zařízení

K měření brzdnic drah se ve zkušebnictví vozidel často používá jednoduché značkovací zařízení. Podstatou tohoto měření je vystřelování barevných značek na vozovku, měření času a poté vzdáleností mezi značkami. Nejdůležitějšími částmi zařízení jsou odpalovací mechanismus a stopky. Odpalovací zařízení je při zkoušce připevněno na vnější části vozidla, ostatní prvky jsou pak umístěny uvnitř.

Samotné měření probíhá tak, že jakmile vozidlo dosáhne předepsanou zkušební rychlost, uvede řidič ručním spínačem do činnosti stopky a ve stejném okamžiku je současně elektricky odpálena první značka. Vozidlo se potom ještě několik sekund pohybuje rovnoměrně požadovanou rychlostí. Poté začne řidič brzdít a v okamžiku dotyku s brzdnic pedálem jsou snímačem umístěným na pedálu vyslány současně dva signály. Jednak je to impuls pro odpálení značky a jednak impuls pro zastavení stopky. Po zastavení vozidla se odměří vzdálenost s_1 mezi první a druhou značkou a vzdálenost s_2 mezi druhou značkou a zařízením na zabrzděném vozidle. Odečte se také čas t změřený stopkami. Ze vzdálenosti s_1

mezi oběma značkami a času t se vypočte skutečná výchozí rychlost, vzdálenost s_2 udává brzdnu dráhu vozidla.

Důležité je, aby během zkušebního brzdění řidič zároveň sledoval ukazatel ovládací síly, která působí na brzdový pedál. Tento snímač se nazývá pedometr a montuje se na brzdový pedál. Řidič pak musí kontrolovat ovládací sílu, která nesmí ani na okamžik překročit hodnotu dovolenou předpisy. Zároveň se také nesmí ani na okamžik zablokovat některé z kol vozidla.

2.2.2 Decelerometry a decelerografy

Decelerometry jsou nejjednodušší přístroje pro zkoušení brzdného účinku brzdové soustavy, používají se však jen pro orientační měření. Tyto přístroje přímo ukazují největší hodnotu brzdného zpomalení vozidla při brzdění, ta je v tomto případě kritériem brzdného účinku. Jejich funkce je většinou odvozena z pohybu kyvadla, na nějž při brzdění působí síly, které způsobí jeho vychýlení. To je přímo úměrné zpoždění. Vedle přístrojů s mechanickým kyvadlem se dříve používaly i decelerometry, kde funkci kyvadla vykonávala náplň rtuti působící na zbarvenou kapalinu. Podle intenzity brzdění pak rtuť vlivem setrvačného účinku vytlačovala zbarvenou kapalinu a na stupnici přístroje se odečetla výsledná hodnota zpomalení.

Dokonalejší přístroje pro zjišťování zpomalení se nazývají decelerografy. Jejich výhodou je, že jsou vybaveny registračním zařízením. Závaží o určité hmotnosti pohyblivě uložené v jedné rovině se při brzdění pohybuje proti tlačné pružině. Tento pohyb závaží úměrný zpomalení se pak mechanismem přenáší na zapisovací hrot, který na registrační papír zaznamenává velikost zpomalení. Přístroj je také zpravidla vybaven snímačem ovládací síly na brzdovém pedálu, hodnota této síly je rovněž zaznamenávána. Obě měřené veličiny jsou registrovány v závislosti na čase. Ze záznamu lze vyhodnotit nejen hodnotu největšího zpomalení, ale také střední hodnotu plného brzdného zpomalení a velikost ovládací síly, která při zpomalení působila na brzdový pedál.

Nejmodernější a v současnosti používané decelerometry dokumentují zpoždění vozidla při jízdě zkoušce v závislosti na čase pomocí piezoelektrického snímače. Tyto přístroje mají digitální displej, vestavěnou tiskárnu, grafický a digitální záznam měřených hodnot a umožňují výpočet středního brzdného zpomalení. Je možno k nim také připojit snímač síly na brzdovém pedálu nebo snímač tlaku, jsou vybaveny rozhraním pro připojení

k PC. K výbavě patří vlastní akumulátory, zároveň je ale možno měřič zpomalení připojit na palubní síť vozidla.

2.2.3 Vlečené kolo

Vlečené “páté“ kolo je víceúčelové zařízení používané k dynamickým jízdám zkouškám, tedy i ke zkoušení brzdných vlastností vozidel. Vlečené kolo je tvořeno obvykle lehkým kolem (upravené jízdni kolo), u kterého se jeho dynamický poloměr v závislosti na rychlosti jízdy prakticky nemění. Vlečené kolo je připevněno nejčastěji kardanovým závěsem k zadnímu nárazníku. Snímání rychlosti, brzdných drah, atd. se uskutečňuje díky elektronickému snímači impulsů (světelná dioda, fototranzistor, zesilovač), který je nejčastěji umístěn přímo v ose otáčení kola nebo je umístěn na kardanovém závěsu a rotační část snímače je poháněna ohebným hřídelem.

Tato zařízení jsou většinou vybavena číslicovým ukazatelem počáteční rychlosti a brzdné dráhy. Registrační přístroj vyhodnotí elektrické impulsy automaticky a na ukazateli lze přímo odečíst skutečnou rychlost vozidla před brzděním a výslednou brzdou dráhu, popř. i střední zpoždění během brzdné zkoušky. Ke snímání skluzu se používají snímače skluzu kol, které se připevňují k vozidlovým kolům. V současnosti se k záznamu používají PC.

2.2.4 Snímač zrychlení a stabilizovaná plošina

K měření zpomalení při brzdných zkouškách je možno použít také elektrický snímač zrychlení. Při vyhodnocování záznamu je však nutno uvážit chybu vznikající předkloněním vozidla. Vhodné je proto použít stabilizovanou plošinu, která měří vodorovné zpomalení a navíc i úhel předklánění vozidla. Analogové obvody zároveň vyhodnotí rychlost vozidla a brzdou dráhu.

2.2.5 Optické přístroje

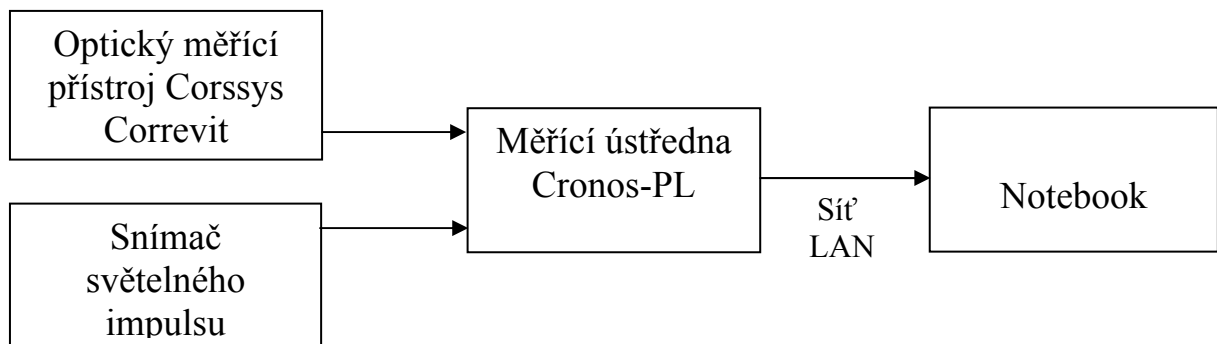
Optické přístroje využívají k měření metodu optické korelace. Tuto metodu jsem si vybral i já k měření při jízdách brzdných zkouškách a bude popsána dále v textu.

3 Výběr zkušební metody a popis metodiky zkoušení

3.1 Optické přístroje-metoda optické korelace, popis metody

K měření brzdného účinku se při jízdách zkoušek používá také optický snímač Correvit a tuto metodu měření jsem použil i já ve své práci. Tyto přístroje využívají k měření tzv. metodu optické korelace.

Obr. 2: Schéma měřicího řetězce optického přístroje Corssys Correvit



Měření rychlosti metodou optické korelace je založeno na principu, kdy obraz pohybujícího se objektu (povrch vozovky) je promítnut do roviny mřížky, světelný tok procházející mřížkou je pak soustředěn sběrnou čočkou na fotoelektrické čidlo. Nízkofrekvenční elektrický signál je modulován kmitou o frekvenci f , která je přímo úměrná rychlosti objektu podle vztahu.

$$f = \left(\frac{m}{k_m} \right) * v \quad [\text{Hz}] \quad (1)$$

kde

m - příčné zvětšení, se kterým je povrch měřeného objektu zobrazen do roviny mřížky;

k_m - konstanta ohybové mřížky;

v - rychlost objektu [m/s]



Obr. 3: Detail optického přístroje

Vlastní snímač correvitu měří okamžitou rychlost jízdy a přídatné zařízení (mikropočítač) počítá brzdnu dráhu, zpoždění vozidla a další veličiny. Hodnoty lze odečítat na displeji, dá se však připojit i tiskárna, která umožňuje odečítání číselných hodnot z papírové pásky. Pro tuto měřicí metodu spočívající v získávání informací z optického obrazu je nutné dostatečné osvětlení, aby bylo měření nezávislé na denním světle. Proto jsou snímače vybaveny doplňkovým osvětlením.

3.2 Vybraná metoda snížení třecích účinků brzd levého předního kola

3.2.1 Simulace snížených třecích účinků brzd jednoho z kol

Jak bylo řečeno v úvodu práce, na počátku byl nápad snížit třecí účinky jednoho z předních kol vozidla, tímto vozem provést jízdní brzdné zkoušky a zjistit, jak se takovéto vozidlo bude při zkouškách chovat, zejména bude-li kladen důraz na testování směrové stability vozidla při brzdění v přímém směru. Bylo také v plánu testovat vozidlo při různých situacích-např. s použitím a bez ABS+ESP, s držením volantu a bez něj.

Dalším krokem bylo na válcové zkušebně zjistit, z kolika procent se snížily brzdné účinky předního kola a jaký je rozdíl působících brzdných sil mezi oběma předními koly (náchyllost ke smyku).

3.2.2 Výběr metody snížení třecích sil

Po dlouhém přemýšlení jak docílit snížení brzdných sil kola bez trvalých následků jsem došel k závěru, že nejlepší bude zamastit destičky jednoho z předních kol. V úvahu připadalo i kompletní vyjmutí destiček či uchycení třmenu spolu s destičkami tak, aby nepůsobily na brzdový kotouč. Nakonec se však tyto návrhy zamítly a to zejména proto, že k takovéto závadě, kdy by došlo k úplnému selhání jedné z brzd předních kol během provozu, by nemělo dojít.

K experimentu tedy byly zakoupeny náhradní brzdové destičky, které byly posléze “znehodnoceny“ tak, že do destiček byly brusným kotoučem vybroušeny drážky, do kterých se posléze nanoslo grafitové mazivo. K takovému “zamaštění“ destiček může i dnes poměrně lehce dojít například vytékající brzdovou kapalinou či únikem maziva např. z náboje kola.



Obr. 4: Pohled na vybroušené příčné drážky v brzdových destičkách

3.2.3 Volba vhodného maziva

Nalézt vhodné mazivo byl další “oříšek“ celé práce. Problémem bylo hlavně to, že během brzdové zkoušky dochází k dost velkému ohřevu brzdových destiček. Proto bylo třeba najít takové mazivo, které by zachovalo svoje mazací vlastnosti během opakované zkoušky a které by díky ohřevu destiček nezteklo pryč z vybroušených drážek a následně třecích ploch mezi kotoučem a brzdovými destičkami. Nakonec jsem sehnal z Parama Pardubice speciální grafitové plastické mazivo, které mělo být odolné vysokým teplotám, což bylo hlavním kritériem výběru. Navíc bylo toto mazivo smícháno s práškovým grafitem, který má vynikající mazací schopnosti a tím bylo mazivo “zahuštěno“. Po nanesení maziva do drážek v destičkách a následném vytvoření tenkého filmu na povrchu byly ještě destičky poprášeny opět práškovým grafitem. Tím byly destičky připraveny k testu. Namátkou jsem se rozhodl, že tyto destičky budou posléze namontovány do brzd levého předního kola.

3.2.4 Záběh brzdových destiček se sníženými třecími účinky na levém předním kole

Dalším důležitým bodem bylo zjistit, jak a zda se vůbec budou měnit třecí účinky “zamaštěných“ brzdových destiček předního kola při průběhu testu, tj. zda se třecí účinky tohoto kola nebudou během jízdních brzdových zkoušek rapidně zvyšovat, což by bylo nežádoucí. V plánu bylo totiž provést 6 brzdových zkoušek a hrozilo tak reálné nebezpečí, že by mohlo dojít díky vzrůstající teplotě a díky tlakovým silám působícím při brzdění mezi

kotoučem a brzdovými destičkami k úbytku maziva a tím tedy zvýšení třecích sil “zamaštěného“ kola.

Pro ověření či vyvrácení tohoto efektu tedy byly na automobil namontovány připravené destičky s mazivem. Poté bylo na zkušební komunikaci provedeno 5 zabrzdění z rychlosti asi 60 km/h. Dalo se očekávat, že zpočátku se budou třecí síly dost rapidně měnit, že je třeba nechat takovéto destičky “zaběhnout“.

Poté se provedl test na válcové zkušebně brzd a zjistilo se, že rozdíl mezi účinky levého a pravého předního kola-tj. náchylnost na smyk je 20 %. Nyní došlo opět na zkušební dráze k 6 zabrzděním z rychlosti asi 60 km/h a opět se jelo na válcovou zkušebnu, aby se zjistilo, jak se hodnota rozdílu brzdných třecích sil mezi oběma koly změnila. Hodnota poklesla ze 20% na 18%, došlo tedy k potvrzení toho, že “zamaštěné“ destičky předního kola budou mít po určitém čase tendenci “více brzdit“. Tento rozdíl (2%) však naštěstí nebyl nijak rapidní, čehož jsem se nejvíc obával. Došlo tedy k potvrzení správnosti volby metody, jak simulovat snížení třecího účinku kola.

3.3 Prvotní přípravy komponentů přístroje Corssys Correvit ke zkoušce

Přípravy na jízdní zkoušku brzd pomocí optického přístroje Corssys Correvit započaly již v garážích univerzity Pardubice asi 3 dny před plánovanou zkouškou. Zhruba na střed zádi zkušebního vozidla Škoda Roomster 1,9 TDI byl nejprve pomocí přísavky uchycen rám, na který se při zkoušce upevňuje samotný měřící přístroj Corssys Correvit. Kdyby během zkoušky působením brzdných sil došlo k uvolnění rámu, pojistil se navíc tento rám lankem, jehož druhý konec se upevnil uvnitř vozu. Tím by v případě uvolnění rámu nedošlo k následné destrukci přístroje Correvit, protože by tento rám zůstal viset spolu s přístrojem nad zemí, čímž by nedošlo ke zničení drahého přístroje.



Obr.5: Měřící ústředna a notebook uvnitř vozu

V další fázi byl do vozu umístěn registrační přístroj Cronos-PL spolu s notebookem, do kterého pak byly během zkoušky zaznamenávány údaje. Na rám byl posléze uchycen samotný měřicí přístroj Corssys Correvit.

Jelikož se měřicí mechanismus přístroje Correvit uvádí při brzděné zkoušce do provozu rozsvícením brzdového světla, v konečné fázi přípravy byl na zadní brzdové světlo přilepen “snímač světelného impulsu“ a propojen spolu s registrační centrálou Cronos. Tento snímač



Obr.6: Upevněný světelný snímač brzdového světla

musel být také dokonale zatemněn lepící páskou, snímač je totiž velice citlivý na světelný impuls např. ze slunečního svitu. Nakonec se pomocí kabelů celý systém propojil a vše bylo připraveno ke zkušebnímu testu. Testování celého systému se odehrálo na univerzitním dvoře. Bylo provedeno několik průjezdů a při nich zkoušeny funkce Correvitu a kontrolován

průběh zápisu záznamu do notebooku. Zkouška dopadla dobře a tím bylo vše připraveno k pozdějšímu převozu na testovací letiště v Mimoni.

3.4 Finální přípravy jízdní brzděné zkoušky na letišti v Mimoni

3.4.1 Přípravy přístroje Corssys Correvit na letišti v Mimoni

Po příjezdu na letiště do Mimoně a následném sjetí vozu z přívěsu došlo k okamžité přípravě na zkušební procesy. Nejprve byla všechna kola dohuštěna na předepsaný tlak a na rám byl namontován měřicí přístroj Correvit, který samozřejmě nebyl během přepravy upevněn na vozidle, aby nedošlo k jeho ztrátě či zničení. Nakonec byl optický přístroj propojen pomocí vodičů spolu s dalšími komponenty měřicího řetězce umístěného uvnitř vozu. Měřicí systém tak byl připraven k jízdním zkouškám.



Obr. 7: Pohled na připravený měřicí aparát na vozidle

3.4.2 Montáž brzdových destiček se sníženými třecími účinky na vozidlo

Na letišti následovala zkouška “Nesouměrnosti brzd“ jako čtvrtá a poslední v pořadí. Testovali zde totiž i moji kolegové, kteří zde také získávali při testech údaje k bakalářským pracem.

Jakmile jsem byl tedy na řadě, došlo okamžitě k přípravným procesům na můj experiment. Nejprve bylo heverem zvednuto levé přední kolo a posléze sundáno. Poté byl povolen spodní šroub na třmenu kotoučové brzdy, třmen odklopen a vyměněny brzdové destičky za ty, které měly uměle snížené třecí účinky. V dalším kroku byl třmen přiklopen zpět, namontován šroub do třmenu, namontováno kolo a vozidlo spuštěno zpět na vozovku. Tím byl automobil připraven k jízdám brzdými zkouškám.



Obr. 8: Výměna upravených brzdových destiček před jízdami brzdými zkouškami

3.5 Jízdní brzděné zkoušky na letišti v Mimoni



Obr.9: Pohled na zkušební dráhu letiště v Mimoni

Samotné měření se odehrálo na přistávací ploše bývalého vojenského letiště v Mimoni. Jelikož se zkouška brzdění prováděla i při dost vysokých rychlostech, a nebylo možné předem odhadnout, jak se bude vozidlo při zkoušce chovat, byla tato přistávací plocha ideálním místem pro provádění takového testu. Hlavní výhodou byla

rovná plocha bez hrbolů (nehrozilo tedy překlopení vozidla), další velkou výhodou byla pak její šířka, kdy v případě jakéhokoliv problému byla možná velká manévrovatelnost vozidla bez rizika zranění osádky či jiných osob. V Mimoni během zkoušek panovalo takřka ideální počasí na provádění jízdních zkoušek, nefoukal totiž silný vítr a bylo sucho.

3.5.1 Záběh brzdových destiček

Po namontování “mastných“ brzdových destiček na levé přední kolo vozidla bylo pro ustálení třecích sil a pro “záběh“ mastných brzdových destiček opět provedeno 6 zkušebních zabrzdění z rychlosti asi 60 km/h, aby bylo dosaženo stejných startovních podmínek popsanych výše (*viz. odstavec 3.2.4 - Záběh brzd se sníženými třecími účinky brzd levého předního kola*). Těmito 6 cvičnými zabrzděními se také letmo ověřilo chování automobilu, což bylo důležité pro budoucí “ostré“ brzdné zkoušky.

3.5.2 Popis průběhu provádění jízdních brzdných zkoušek

Princip samotné zkoušky spočíval v tom, že se řidič bude při nájezdu před brzdou zkouškou držet pravým kolem na ose (pravým proto, že vozidlo mělo volant vpravo), od které se pak bude moci po skončení testu odečíst konečná poloha středů pravého předního a pravého zadního kola. Dalo se očekávat, že díky sníženým třecím účinkům brzd levého předního kola dojde k směrovému vychýlení vozu od osy. Při brzdění osobních automobilů totiž dochází k přitížení přední nápravy a odlehčení zadní nápravy, při maximálním brzdění pak připadá na přední nápravu kolem 80 % hmotnosti vozidla. Proto se předpokládalo, že se tato nesouměrnost účinnosti brzd přední nápravy projeví a vozidlo bude mít tendenci stáčet se kolem “normálně brzděného“ pravého předního kola směrem vpravo. Hodnoty měřených veličin (dráha, směrová úchylka) z přístroje Correvit byly posléze početně a graficky zpracovány a z nich vytvořen grafický přehled konečných poloh vozidla po jízdních brzdných zkouškách. Jako “nájezdová osa“ posloužila asfaltová spára mezi panely na přistávací ploše.

V průběhu testu tvořili osádku dva lidé, jeden byl řidič a druhý prostřednictvím notebooku uváděl do provozu měřicí aparát a ukládal měření do paměti. Test probíhal tak, že se vozidlo postupně rozjelo na předem zvolené rychlosti (od cca 50 do cca 90 km/h) s ohledem na již zmíněné požadavky. Těsně před příjezdem ke kuželům (startovací místo experimentu), tedy tak 10 až 15 metrů před kužely zvolal řidič domluvený signál a spolujezdec vzadu stisknutím tlačítka notebooku uvedl celý měřicí aparát do provozu. Tímto

okamžikem došlo k počátku zápisu dat. Jakmile řidič míjel předními koly kužely, sešlápl brzdový pedál a začal brzdít. Impuls zadních brzdových světel je dalším důležitým bodem měření, zejména pro identifikaci počátku brzdění v zapisovaném souboru. Po zastavení vozidla se měřicí aparát vypnul stisknutím příslušné klávesy a daný soubor se uložil do paměti notebooku.

Nejdůležitější částí zkoušek byla měření se zapnutými systémy ABS a ESP při pevném držení volantu. Této části zkoušek bylo také věnováno nejvíce a to 4 měření z různých rychlostí. Na další 2 zkoušky, které probíhaly při jiných provozních situacích (bez ABS a ESP, bez držení volantu) popsaných níže v textu, nebyl kladen takový důraz. Proběhlo pokaždé jen jednou měření a tyto zkoušky měly pouze orientační charakter pro představu o chování vozu za takovýchto situací.

3.5.3 Jízdní zkouška brzdění v přímém směru se zapnutými systémy ABS a ESP při pevném držení volantu

Hlavní částí jízdních zkoušek brzd byly zkoušky brzdění v přímém směru z různých rychlostí se zapnutými systémy ABS a ESP. Tato část zkoušky obsahovala nejvíce a to 4 měření z různých rychlostí.

ABS je zkratka pro Anti-lock Brake System, což znamená protiblokovací systém. Je to systém aktivní bezpečnosti vozidla, který má zabránit zablokování kola při brzdění a tím ztráty adheze mezi kolem a vozovkou, čímž umožňuje zachování stability, ovladatelnosti a říditelnosti vozidla v mezních situacích (například při prudkém brzdění). Systém ABS mimo jiné umožňuje zkrátit brzdovou dráhu, zejména na



Obr.10: Zadní pohled na vozidlo po jedné z brzdových zkoušek

mokrém, zledovatělém nebo zasněženém vozovce. Na suché vozovce může však brzdovou dráhu lehce prodloužit. ESP je potom zkratka z anglického Electronic stability program a česky znamená elektronický stabilizační systém. Tento program je rozšíření programů ABS a ASR a

pomáhá stabilizovat automobil pomocí přibrzdění některého z kol a omezením výkonu motoru, např. při rychlém průjezdu zatáčkou.

Dalším důležitým faktorem této zkoušky byl předpoklad, že by řidič s takovou závadou brzd jednoho z předních kol (v mém případě levého) během brzdění pevně držel volant. K navození této situace mě vedla domněnka, že by se tak zřejmě chovala naprostá většina nezkušených a začínajících řidičů. Představíme-li si situaci, kdy před takovýmto řidičem nečekaně prudce zabrzdí auto, je tato situace na snadě.

Byla tedy provedena 4 měření z rychlostí cca 47, 63, 71 a 84 km/h. Při brzdění řidič sešlápl brzdový pedál “na doraz“ a v průběhu brzdění pevně držel volant. Během těchto zkoušek brzdilo vozidlo s maximálním brzdným zpomalením, nedošlo však k blokování kol, což samozřejmě pohlídal systém ABS.

Už od nejnižší rychlosti docházelo k jasné tendenci vozu stáčet se do pravé strany. Při vzrůstající rychlosti tato tendence vozu stáčet se doprava logicky vzrůstala, výsledky stočení a odchýlení od osy však nebyly při rozdílu brzdných účinků kol, které činily na přední nápravě z válcové zkušebny zjištěných 20%, nijak dramatické.

3.5.4 Jízdní zkouška brzdění v přímém směru se zapnutými systémy ABS a ESP bez držení volantu



Obr.11: Přední pohled na vozidlo po jedné z brzdných zkoušek

Dalším experimentem prováděným na letišti v Mimoni byla zkouška brzdných vlastností, kdy řidič opět sešlápl brzdový pedál “na doraz“ a došlo k maximálnímu brzdění vozidla, při brzděné zkoušce však řidič nedržel volant. Jak již bylo řečeno v textu výše, tato zkouška měla jen orientační charakter a proběhla pouze jednou. Počáteční rychlost, z které se brzdilo, byla asi 60km/h a zde bylo dosaženo asi nejpřekvapivějšího výsledku všech brzdných zkoušek.

Při brzdění došlo totiž k zajímavému efektu, kdy se vozidlo mělo tendenci pohupovat zleva doprava, což připomínalo jakési “plavání“ vozu. Hlavní zajímavostí však bylo nelogické mírné stočení vozu směrem vlevo a konečná poloha obou pravých kol vlevo od osy.

Tato poloha však byla prakticky zanedbatelná a tento výsledek pouze potvrzuje fakt, na jak vysoké úrovni jsou dnes bezpečnostní systémy jako ABS a ESP. Tato zkouška totiž ukázala, že kdyby řidič v době brzdění pustil volant, udělal by lépe, než kdyby ho “křečovitě“ držel, jak bylo popsáno v minulém odstavci. Výchylka kol od osy byla totiž zhruba třetinová než v obdobné rychlosti při pevném držení volantu.

3.5.5 Jízdní zkouška brzdění v přímém směru s vypnutými systémy ABS a ESP při maximálním brzdění

Poslední a určitě nejvíce adrenalinovou částí jízdních brzdných zkoušek byla zkouška maximálního brzdění, při níž ale na rozdíl od předešlých případů došlo k vypnutí systémů ABS a ESP. Modelovou představou byla situace, ke které by došlo, pokud by řidič se simulovanou závadou jednoho z kol v nebezpečí prudce šlápl na brzdu a vozidlo by nemělo elektronické stabilizační systémy. I dnes se totiž stále na silnicích pohybují vozy, které tyto moderní elektronické systémy nemají.

Zkouška proběhla z rychlosti 56km/h, držení volantu nehrálo v této části důležitou roli, protože došlo k okamžitému blokování všech čtyřech kol a následnému smyku vozu, čímž se stal automobil neovladatelný. Konečná poloha i při této ne příliš vysoké rychlosti byla alarmující.

4 Přehled diagnostických zkušeben brzd vozidel

Vedle jízdnic zkušeb se pro ověření technického stavu vozidel v provozu provádějí zkoušky, které zařazujeme do oblasti diagnostiky motorových vozidel. Laboratorní zkoušky vozidel, jeho ústrojí a dílů se provádí na zkušebních stavech. Výhodou je dobrá reprodukovatelnost a u životních zkušeb také možnost výrazného zkrácení zkoušky. Jízdní zkoušky jsou a budou stále velmi důležité, neboť zkoušení se děje za skutečných podmínek. Zkoušky na zkušebních stavech ale mohou být v některých případech mnohem výhodnější než zkoušky silniční, konečné ověření vozidla je však nutno provést při skutečné jízdě po silnici.

Základem zkušebnictví brzd je dodržení podmínek daných vyhláškou č.102/95 Sb., která stanovuje podmínky provozu vozidla a funkčnost brzdových systémů vozidel, přívěsů a návěsů. Dokonalé brzdy musí být schopny zastavit vozidlo při každé provozní situaci na stanovené brzdě dráze, která je závislá na rychlosti jízdy vozidla, součiniteli přilnavosti pneumatik a reakční době řidiče.

4.1 Plošinové zkušebny brzd

Plošinové zkušebny brzd jsou většinou tvořeny dvěma nebo čtyřmi plošinami, které slouží k měření brzdících sil na kolech. Jde-li o čtyřplošinové zařízení, mají všechna 4 kola vozidla k dispozici vlastní dráhu. Pokud je k dispozici dvouplošinová zkušebna brzd, je třeba najet na plošiny nejprve jednou a potom druhou nápravou. Pro porovnatelnost výsledků je nezbytné, aby se obě brzdění na dvouplošinové zkušebně realizovala při stejném ovládacím tlaku, proto je nutné měřit pedometrem sílu na brzdovém pedálu.

Rozjezdová dráha u plošinových zkušeben je dlouhá 8 až 10 metrů, samotná čtyřplošinová zkušebna brzd má délku asi 5 metrů. Navíc je vhodné nechat před zkušebními plošinami z bezpečnostních důvodů asi 1 až 2 metry volného prostoru. Samotné brzdové plošiny pak mírají délku 1500 mm a více, mohou být instalovány v úrovni podlahy nebo se namontují přímo na podlahu. Vzhledem k tomu, že výška plošin nepřesahuje 50 mm, je pro zapuštění desek do podlahy provést jen nepatrnou stavební úpravu.

Samotný princip měření spočívá v tom, že vozidlo najede na zkušebnu rychlostí 5 až 15 km/h a jakmile se kola dostanou na plošiny, testující mechanik vozidlo zabrzdí. Při tom se měří reakční síly na vlastní brzdění a z toho se vyhodnotí účinnosti brzd. Čtyři zkušební plošiny musí být proto pohyblivé v horizontální rovině. Když je poté automobil během takové

zkušební dráhy zabrzděn, zkušební plošiny se pohybují ve směru jízdy, tenzometrický silový snímač snímá tento pohyb po desetínách milimetrů a mění ho na proporcionální elektrické signály. Takto je zachycena každá fáze brzdného děje. K dosažení vysoké přesnosti měření musí být vysoká frekvence měření. Nejlepší je, když se k brzdění využije celá délka plošiny, neboť tím se získají přesnější výsledky celého brzdění.

Hlavní předností plošinových zkušeben brzd oproti válcovým je fakt, že metoda měření je tzv. dynamická. To znamená, že při brzdění se vozidlo předklání a dochází k přetížení přední nápravy a odlehčení zadní nápravy, při maximálním brzdění připadá na přední nápravu kolem 80 % hmotnosti vozidla. Z toho lze dobře posoudit funkci omezovače brzdných sil zadní nápravy. Dalšími přednostmi je snadná montáž zkušebny, malá energetická náročnost, krátká doba zkoušky a grafické znázornění naměřených hodnot. Naproti tomu jsou však výsledky měření plošinových brzd hůře reprodukovatelné. Aby opakované měření bylo s předchozím porovnatelné, vyžaduje to přibližně stejný ovládací tlak na brzdový pedál.

Při zabrzdění na plošinách lze změřit brzdné síly na kolech a určit rozdíl brzdných sil na levé a pravé straně nápravy. Navíc se někdy mezi přední a zadní pár plošin zařazuje ještě další plošina, která při přejezdu vozidla měří sbíhavost resp. rozbíhavost (tj. vybočení kola v závislosti na ujeté dráze). Před plošinovou zkušebnou také může být umístěna elektronická váha, která umožňuje změřit podíl hmotnosti vozu na jednotlivé nápravy. Hmotnostní údaje, které jsou zapotřebí k výpočtu brzdění, se pak tedy nemusejí manuálně zadávat. Některé plošinové zkušebny využívají svislého rozkmitání vozu při brzdění pro hodnocení tlumení podvozku, tj. stavu tlumičů na vozidle. Toto měření je však pouze orientační.

Indikace naměřených veličin je u plošinových zkušeben brzd nejčastěji pomocí digitálního ukazatele nebo barevného monitoru, který umožňuje zpracovat různé grafické záznamy. Naměřené hodnoty lze samozřejmě vytisknout, např. závislost brzdné síly kola na čase. Analogové stupnice se na rozdíl od válcových zkušeben nepoužívají.

4.2 Válcové stanice rychloběžné

Hlavní výhodou rychloběžných válcových stanic je fakt, že přibližují zkušební podmínky na válcích skutečným podmínkám na silnici. Zkušební rychlost rychloběžných brzdových stanic bývá kolem 100 km/h. Podle principu měření rozeznáváme tři druhy těchto zařízení:

- a) Válce jsou trvale poháněny elektromotory o velkém příkonu, způsob měření je obdobný jako u pomaloběžných stanic – viz *následující odstavec*.
- b) Válce, jejichž výkon se po dosažení příslušné zkušební rychlosti odpojí (setrvačnickové stanice). Při zkušebním brzdění se potom zpomalují setrvačné hmotnosti až do úplného zastavení válců. Přitom se měří dráhy odvalování kol (brzdné dráhy) nebo čas, případně obě veličiny současně. Může se také měřit brzdné zpomalení.
- c) Stanice, které jsou zařízené na oba dva předcházející způsoby měření

Konstrukce setrvačnickových válcových stanic je v principu odlišná od válcových stanic pomaloběžných pro měření brzdných sil. Výkon hnacích elektromotorů totiž není mařen brzdami vozidla, nýbrž brzdy maří energii akumulovanou v setrvačnostech válců. Princip měření spočívá v tom, že dva páry hnacích válců mají stanovený hmotnostní moment setrvačnosti. Aby zkoušený automobil mohl z válců vyjíždět vlastní hnací silou, je vždy jeden z dvojice válců opatřen volnoběžným zařízením, které umožňuje otáčení válce pouze v jednom směru, tj. ve smyslu dopředného pohybu automobilu.

Při zkoušení jednoduše najede automobil zkoušenou nápravou na válce a kolo vozidla se roztočí na zvolenou rychlost párem válců, které pohání elektromotor. Jakmile je dosažena zkušební rychlost, zašlápně obsluhující technik brzdový pedál na předem stanovenou a vyzkoušenou hodnotu ovládací síly, našlápnutím na pedometr se také automaticky vypne spojka mezi elektromotorem a válcem. Příslušné kolo vozidla se tedy začíná volně otáčet spolu s příslušným párem válců, kinetická energie otáčejících se válců je průběžně mařena brzděním vozidla.. Současně s počátkem brzdění se také zapnou snímače, které registrují otáčky válců od okamžiku počátku brzdění až do zastavení pro zjištění brzdné dráhy. Údaje počítadel otáček a velikost ovládací síly jsou pro provedení zkoušky pro obě nápravy výchozími údaji pro vyhodnocení brzdného účinku daného vozidla. K zajištění objektivnosti zkoušky působí na ovládací orgán brzdy pneumatický mechanismus (brzdící stroj). Kola, která jsou mimo válce, je nutno po dobu zkoušky zajistit klíny, neboť se zkouší při poměrně vysoké rychlosti a hrozí reálné nebezpečí vyjetí automobilu z válců působením brzdných sil.

5 Charakteristika použité válcové zkušebny brzd a popis metodiky zkoušení brzdného účinku

5.1 Princip zkoušení brzdného účinku na válcové zkušebně pomaloběžné

Při zkouškách brzdové soustavy na válcových pomaloběžných stanicích se narozdíl od válcových zkušeben rychloběžných měří brzdné síly na obvodech jednotlivých kol vozidla. Účinek brzdění se hodnotí podle poměrného zpomalení (tzv. zbrždění), které je definováno vztahem:

$$z = \frac{\sum B_i}{G} * 100 \quad [\%] \quad (2)$$

kde

$\sum B_i$ - součet brzdných sil B_i na obvodech jednotlivých kol [N];

G - celková tíha vozidla [N]

Podle velikosti změřených brzdných sil B_i lze zjistit rozdělení celkové brzdné síly na nápravy a posoudit souměrnost brzdění (rozdíly mezi brzdnými silami na levé a pravé straně nápravy).

Pro celkovou brzdnou sílu zjištěnou při jízdě zkoušce platí:

$$B = \sum B_i = m * a_x = G * \frac{a_x}{g} \quad [\text{N}] \quad (3)$$

kde

$\sum B_i$ - součet brzdných sil B_i na obvodech jednotlivých kol [N];

m – hmotnost vozidla [kg];

a_x – brzdné zpomalení vozidla [m/s^2];

G – celková tíha vozidla [N];

g – tíhové zrychlení [m/s^2]

Z předchozích rovnic potom plyne vztah pro zbrzdění:

$$z = \frac{a_x}{g} * 100 [\%] \approx 10 * a_x [\%] \quad (4)$$

kde

a_x –brzdné zpomalení vozidla [m/s²];

g – tíhové zrychlení [m/s²]

5.2 Konstrukce válcových zkušeben pomaloběžných

Válcovou stanicí pro měření brzdných sil tvoří dva páry hnacích válců uložených v základové konstrukci, která je zabudována zpravidla pod úroveň podlahy. Válce jsou otočně uloženy v rámu, každý z obou páru válců je poháněn samostatným elektromotorem, přičemž elektromotor pohání jeden válec a na druhý válec se otáčivý pohyb přenáší obvykle válečkovým řetězem. Mezi elektromotorem a poháněným válcem je vložena převodová skříň se stálým redukčním převodem. Převodovka spolu s elektromotorem není pevně připojena k rámu, ale může se natáčet kolem své podélné osy, která je totožná s osou poháněného válce. Na převodové skříni je připevněno momentové rameno, jehož konec se opírá o snímač tlakové síly.

K měření brzdné síly se může použít také elektrický způsob. Princip tohoto způsobu je založen na skutečnosti, že se zvětšujícími se brzdnými silami se zvětšuje také příkon hnacích elektromotorů potřebný pro udržení konstantní rychlosti otáčení měřicích válců. Měřicím přístrojem je v tomto případě wattmetr, který měří příkon elektromotorů. Stupnice ukazovacího přístroje je cejchována v jednotkách síly. Válcová jednotka těchto stanic je výrobně jednodušší než u mechanických stanic a nemá díly podléhající opotřebení.



Obr. 12: Pohled na pomaloběžnou válcovou zkušebnu brzd

Oba dva druhy válcových zkušeben pro měření brzdných sil vyžadují hnací elektromotory s poměrně velkým příkonem úměrným maximálním

měřeným brzdícím silám. Proto se u těchto stanic používá poměrně malá obvodová zkušební rychlost kol (menší než 10km/h), tyto stanice se tedy označují jako pomaloběžné. Stejně jako při jízdách zkouškách nesmí ani při zkouškách na válcích dojít k blokování některého z kol vozidla, došlo by totiž ke zkreslení konečných výsledků a k trvalému opotřebení dezénu pneumatiky. Proto mají válcové zkušební zařízení pro signalizaci skluzu pneumatiky na válci, případně jsou vybaveny automatickým zařízením, které vypne pohon hnacích válců, přesáhne-li skluz pneumatiky dovolenou hodnotu.

K signalizaci skluzu je mezi párem měřících válců umístěn třetí válec s malým průměrem, který je uložen na výkyvných ramenech a který je pružinami přitlačován k obvodu vozidlového kola. Při zkoušce se třetí válec, na jehož konci je snímač skluzu, rovněž otáčí, ale je poháněn kolem zkoušeného vozidla. Při zvětšujícím se skluzu se zmenšuje obvodová rychlost vozidlového kola, zatímco obvodová rychlost měřících válců je konstantní.



Obr. 13: Vozidlo před najetím na měřící válce zkušebny brzd

Současně však klesá obvodová rychlost třetího válce poháněného kolem. Signály vysílané snímačem uloženým v třecím válci jsou zpracovány elektronickým spínacím zařízením, které je zabudované v rámu válcové stanice. Dosáhne-li skluz určité hodnoty (např. 20%), zapojí spínací zařízení výstražnou signalizaci, popř. vyšle impuls, který vypne hnací elektromotor.

Protože velikost dosažitelných brzdících sil závisí na kvalitě a struktuře povrchu válců, jsou válce upravovány tak, aby součinitel přilnavosti mezi válci a pneumatikami kol byl co největší. Hladké ocelové válce nejsou vhodné, a proto je jejich povrch různě upravován (rýhy, žebra). Někdy se povrch válců obkládá vrstvou betonu, umělou pryskyřicí, korundem, žulou, křemíkem, apod.

Průměry hnacích válců se pohybují v rozmezí 150 až 300 mm. Osy hnacích válců mohou probíhat ve stejné vodorovné rovině nebo zadní válec bývá uložen poněkud výše, aby se zabránilo vyjetí kol směrem dozadu, ke kterému dochází při prudkém zabrzdění. U takovéto konstrukce má přední poháněný válec větší průměr a zadní menší není zpravidla poháněn. Při tomto uspořádání dochází k blokování kol nejčastěji až při velkých brzdících

silách, což je výhodné zejména při zkoušení brzd nezátížených přípojných vozidel, které mají mimořádně velký rozdíl mezi hmotností prázdného a naloženého vozidla.

Pomaloběžné válcové brzdové stanice se zkušební rychlostí 0,5 až 5 km/h neumožňují plně zjistit nesprávnost funkce brzdové soustavy. Teprve při zkušebních rychlostech nad 5 km/h lze získat dokonalejší přehled o brzdných vlastnostech vozidla. Proto z hlediska zkušebnictví vozidel mají větší význam rychloběžné válcové stanice (setrvačnickové), zatímco pro rychlou kontrolu technického stavu brzd jsou výhodné a postačující pomaloběžné stanice.



Obr. 14: Přední kola vozidla na měřících válcích zkušebny

5.3 Přípravy před měřením na válcové zkušebně

Těsně před měřením na válcové zkušebně došlo k namontování čerstvě “zamaštěných“ brzdových destiček na vozidlo a posléze byla kola vozidla dohuštěna na předepsaný tlak. Pro “záběh“ brzdových destiček došlo na komunikaci před válcovou zkušebnou k 5 zabrzděním z rychlosti asi 60 km/h. Poté se provedlo první měření na válcové zkušebně a opět došlo na zkušební dráze k 6 zabrzděním z rychlosti asi 60 km/h. Poté proběhlo druhé měření na válcové zkušebně. Důvod tohoto postupu byl již podrobně uveden v odstavci 3.2.4 *Záběh brzdových destiček se sníženými třecími účinky na levém předním kole* a výsledky obou měření jsou uvedeny v odstavci 6.1 *Naměřené hodnoty z válcové zkušebny a jejich vyhodnocení*.

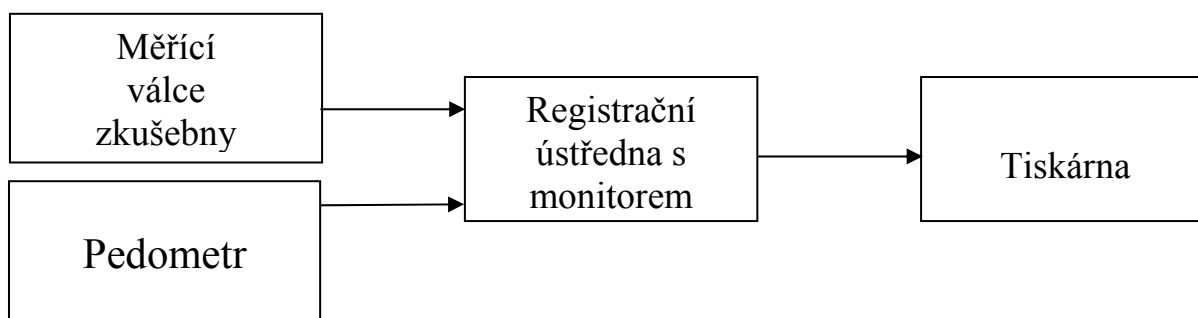
5.4 Průběh měření na válcové zkušebně Garagent BT-2021 Roller type brake tester 2.2

Zkoušky brzdění na válcových stanicích probíhají v odlišných podmínkách než při jízdnicích zkouškách. Vozidlo totiž stojí, zatímco “vozovka” (v podobě válců) se pohybuje.

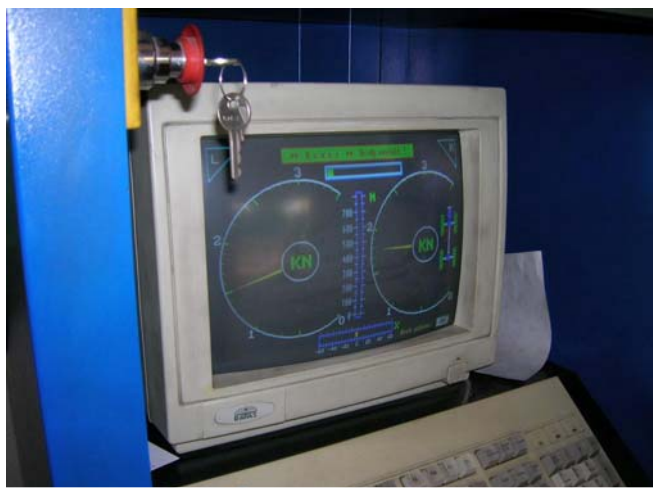
Neprojevují se tedy účinky dynamických sil, t.j. nedochází k efektu předklonění vozidla. Proto jsou odchylky měření na válcových zkušebnách nevýhodné při vývojových zkouškách, na druhé straně lze na válcových stanicích rychle a snadno zjistit brzdný účinek vozidla, tj. ověřit funkci brzd. Proto se tato zařízení používají zejména v opravárnách vozidel a ve stanicích technické kontroly.

Před zkoušením brzdného účinku vozidla Škoda Roomster 1,9 TDI byly nejprve dohuštěny pneumatiky na předepsaný tlak. Poté vozidlo najelo koly přední nápravy na měřicí válce, na každém páru válců stálo vždy jedno kolo přední nápravy. Jelikož je při měření brzdných sil na válcích nutné měřit současně také ovládací sílu na pedálu brzdy, v dalším kroku došlo k upevnění pedometru na brzdový pedál.

Obr. 15: Schéma měřicího řetězce válcové zkušebny brzd Roller type brake tester 2.2 Garagent BT-2021



Během samotného měření je motor vozidla zastaven a kola přední nápravy se roztočí na určitou stálou počáteční rychlost měřicími válci poháněnými elektromotory. Tato počáteční, zkušební rychlost se nemění ani během brzdění. Jakmile tedy dojde k “vystředění“ vozu na válcích a k ustálení rychlosti kol přední nápravy, monitor registračního přístroje dá povel obsluhujícímu mechanikovi sedícímu za volantem, aby začal brzdit. Mechanik postupně zvětšuje sílu působící na brzdový pedál, čímž dochází k nárůstu brzdných sil působících na obvodu kol.



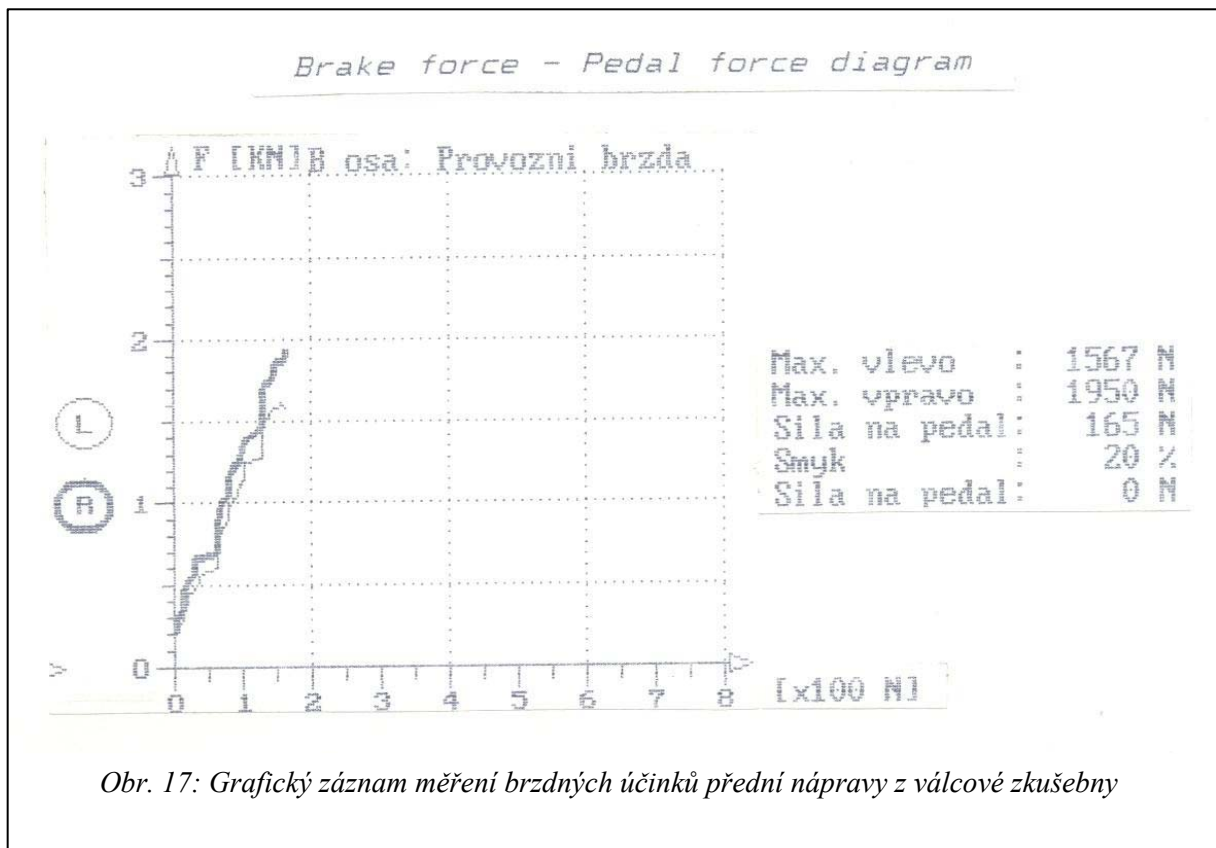
Obr. 16: Výsledky měření zobrazené na monitoru registračního přístroje válcové zkušebny

Tyto síly vyvolají reakční momenty, které jsou úměrné velikostem brzdných sil kol a které působí proti směru otáčení. Momenty potom způsobí natočení hnacích jednotek, ramena přitom tlačí na snímače, které jsou spojeny s registračním přístrojem (ukazovacím nebo zapisovacím). Průběh brzdných sil levého a pravého kola lze tedy odečítat na monitoru už během brzdění, po skončení zkoušky lze navíc vytisknout protokol znázorňující průběh brzdných sil během zkoušky, rozdíl mezi brzdnými účinky kol stejné nápravy, maximální působící brzdné síly na kolech a další důležité veličiny. Pro nás bylo také důležité vědět, že aby vozidlo úspěšně prošlo brzdnými zkouškami na stanicích Státní technické kontroly, maximální povolená hodnota nesouměrného účinku brzd kol jedné nápravy je **30%**.

6 Rozbor naměřených hodnot a jejich vyhodnocení

6.1 Naměřené hodnoty z válcové zkušebny a jejich vyhodnocení

Po provedení “záběhu“ brzdových destiček (*podrobně odstavec 3.2.4 Záběh brzdových destiček se sníženými třecími účinky na levém předním kole*) pěti zabrzděními z rychlosti 60km/h na komunikaci před válcovou zkušebnou proběhlo první měření brzdných sil přední nápravy na válcové zkušebně. Po zkoušce došlo k vytištění grafického průběhu tohoto měření a bylo zjištěno, že rozdíl brzdných sil levého a pravého kola je 20%.



Obr. 17: Grafický záznam měření brzdných účinků přední nápravy z válcové zkušebny

Po prvním měření následovalo opět 6 zabrzdění z rychlosti 60km/h a opět se jelo měřit na válcovou zkušebnu. Hodnota rozdílu brzdných sil poklesla z 20% (první měření) na 18% (druhé měření). Tyto dvě hodnoty byly zprůměrovány a pro jízdní brzdné zkoušky tedy bylo uvažováno, že **rozdíl brzdných sil kol přední nápravy je 19%** ve prospěch pravého kola.

Po změření sil přední nápravy došlo na kontrolu brzdných sil nápravy zadní. Kdyby totiž brzdy zadní nápravy měly výrazně nesouměrný účinek, mohlo by to negativně ovlivnit

experiment a zakreslit naměřené výsledky. Měřením se však zjistilo, že rozdíl činil pouze 3% (pravé kolo brzdilo víc) a vezme-li v úvahu fakt, že při brzdění dochází k přetížení přední nápravy a odlehčení nápravy zadní, byl tento rozdíl prakticky zanedbatelný.

6.2 Výsledky jízdních brzdných zkoušek

Pro jízdní brzdné zkoušky bylo tedy s ohledem na měření na válcové zkušebně uvažováno, že rozdíl brzdných sil na kolech přední nápravy je 19% ve prospěch pravého předního kola. Dalo se tedy očekávat, že při jízdních brzdných zkouškách dojde ke stáčení vozidla směrem vpravo právě podle tohoto “normálně“ brzděného pravého předního kola, nicméně ne vždycky k tomuto efektu došlo, jak bude ukázáno níže.

Naměřené hodnoty z přístroje Correvit umístěného na zádi vozidla byly nejprve převedeny do programu Excel a zde graficky zpracovány do podoby grafů. Přístroj Correvit během zkoušky zaznamenává celou řadu veličin jako je čas, podélná rychlost vozidla, stáčivá rychlost vozidla ve stupních za sekundu, směrová úchylka ve stupních, impuls brzdového světla a zrychlení v ose podélné a kolmé na směr pohybu vozidla. S ohledem na experiment směrové stability vozu byly ale pro potřebu vykreslení trajektorie pohybu vozidla při brzdění nejdůležitější 3 veličiny – souřadnice dráhy v ose směru pohybu vozidla v závislosti na čase, souřadnice dráhy v ose kolmé na směr pohybu v závislosti na čase a pro zakreslení stočení vozidla bylo důležité stočení vozidla od osy pohybu vozidla v závislosti na čase. Z těchto veličin byly tedy vytvořeny grafy trajektorií při jízdních brzdných zkouškách a grafy stočení vozidla od podélné osy. Tyto grafy jsou v práci umístěny v *příloze 2 - Grafické znázornění průběhů vybraných veličin při jízdních brzdných zkouškách*.

Z grafů byly nakonec odečteny hodnoty konečných poloh měřicího přístroje Correvit a hodnoty konečného stočení vozidla ve stupních, tyto hodnoty byly zapsány do tabulky (*viz. Tab. 1: Přehled konečných hodnot vybraných veličin po jízdních brzdných zkouškách*) a pro přehlednost zakresleny do obrázků konečných poloh vozidla Škoda Roomster po jízdních brzdných zkouškách.

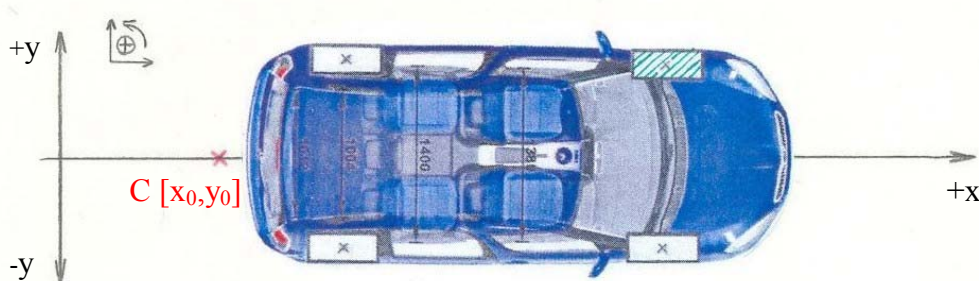
Tab. 1: Přehled konečných hodnot vybraných veličin po jízdních brzdných zkouškách

Typ zkoušky	Počáteční rychlost [km/h]	Souřadnice x Correvitu [m] (brzdná dráha)	Souřadnice y Correvitu [cm] (vychýlení od osy x)	Stočení od osy pohybu [°]
S použitím elektronických stabilizačních systémů ABS+ESP a s držením volantu	47	$x_1 = 15,1$	$y_1 = -21,7$	$\alpha_1 = -4$
	63	$x_2 = 23,3$	$y_2 = -88,5$	$\alpha_2 = -7$
	71	$x_3 = 30,3$	$y_3 = -127,5$	$\alpha_3 = -9$
	84	$x_4 = 41,4$	$y_4 = -208,3$	$\alpha_4 = -11$
S použitím elektronických stabilizačních systémů ABS+ESP a bez držení volantu	59	$x_5 = 19,8$	$y_5 = 26,6$	$\alpha_5 = 1$
Bez použití elektronických stabilizačních systémů ABS+ESP	56	$x_6 = 21,8$	$y_6 = 128,2$	$\alpha_6 = -38$

6.2.1 Grafické znázornění konečných poloh vozidla po jízdních brzdných zkouškách s použitím systémů ABS+ESP a s držením volantu

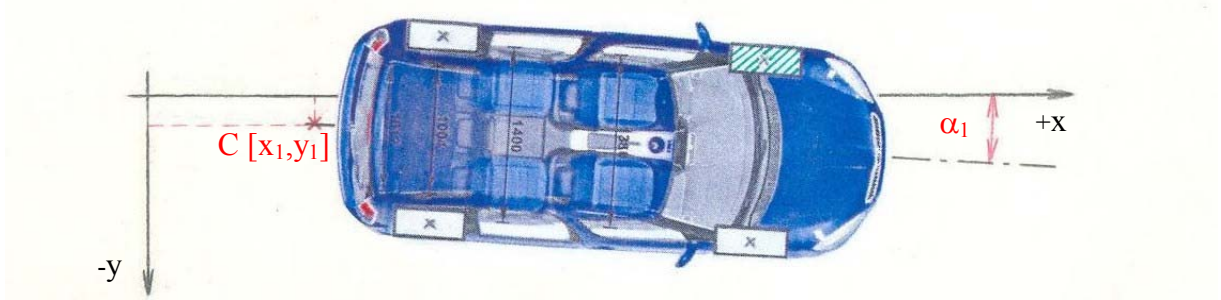
Pozn.: Průběh zkoušky a chování vozu jsou popsány v části 3.5.3 *Jízdní zkouška brzdění v přímém směru se zapnutými systémy ABS a ESP při pevném držení volantu*

Obr. 18: Základní poloha vozu Škoda Roomster před jízdními brzdnými zkouškami

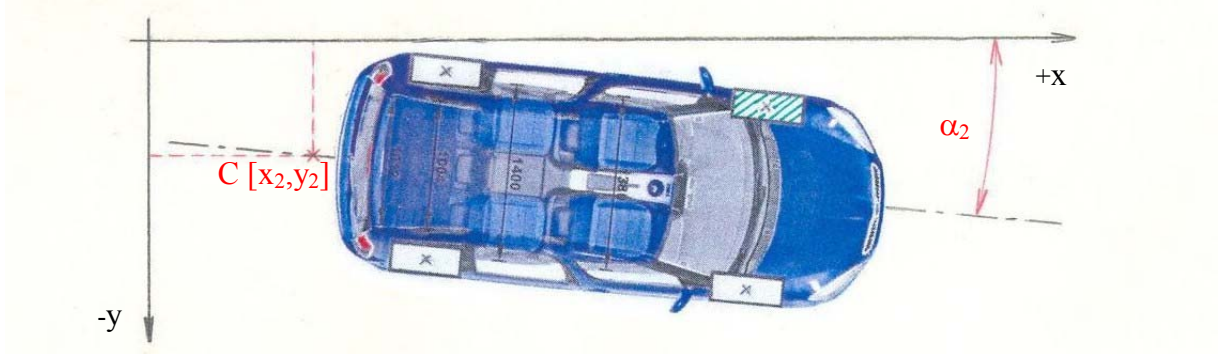


$$x_0 = 0 \text{ m}, y_0 = 0 \text{ cm}, \alpha_0 = 0^\circ$$

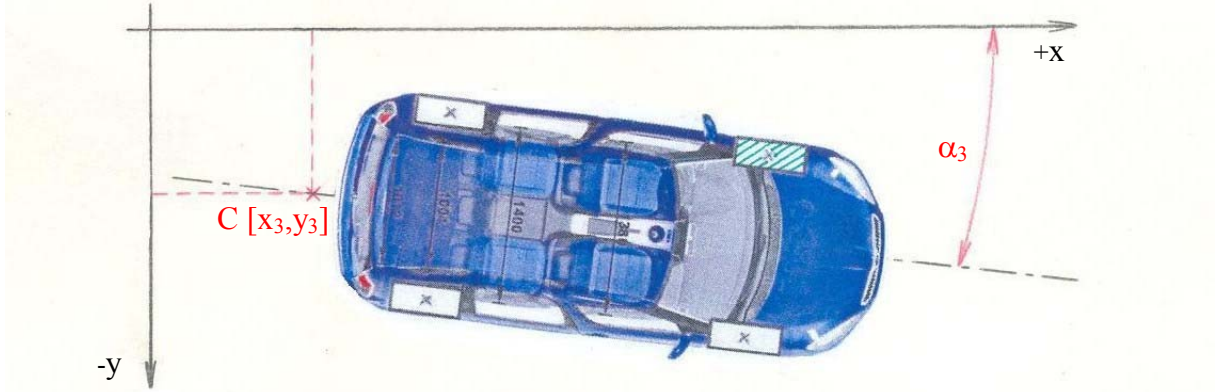
Obr. 19: Konečná poloha vozidla po brzdění z 47 km/h



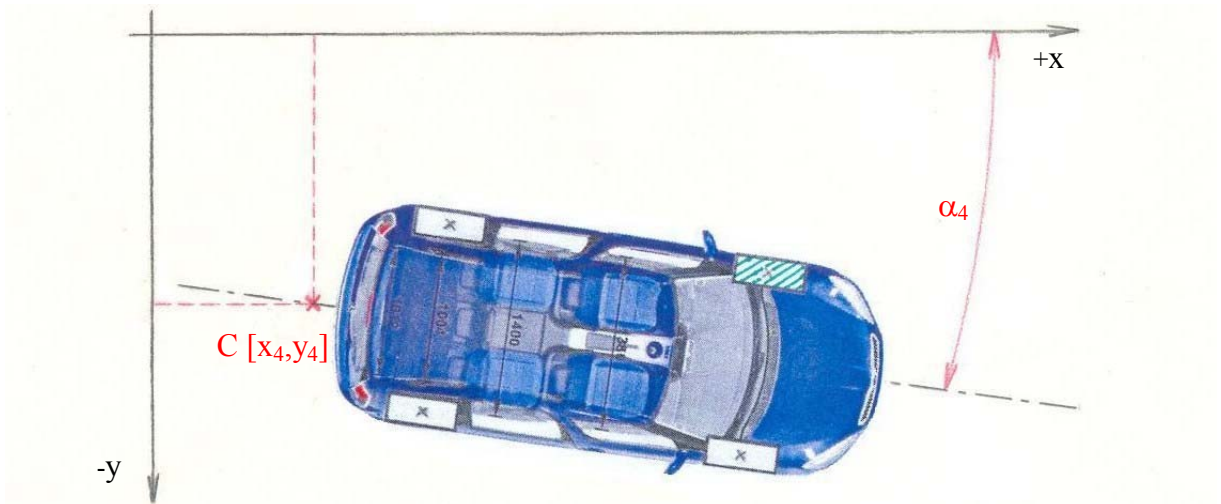
Obr. 20: Konečná poloha vozidla po brzdění z 63 km/h



Obr. 21: Konečná poloha vozidla po brzdění z 71 km/h



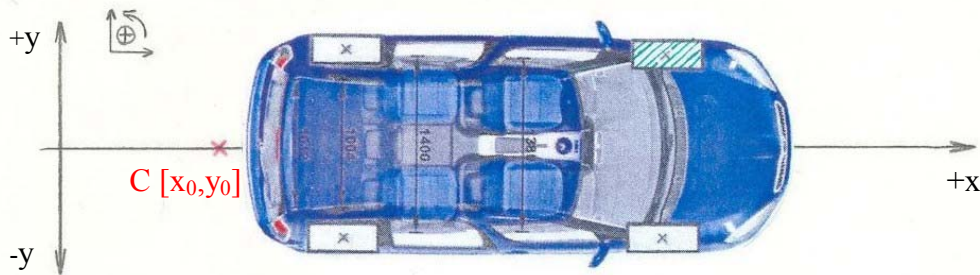
Obr. 22: Konečná poloha vozidla po brzdění z 84 km/h



6.2.2 Grafické znázornění konečných poloh vozidla po jízdních brzdných zkouškách s použitím systémů ABS+ESP, ale bez držení volantu

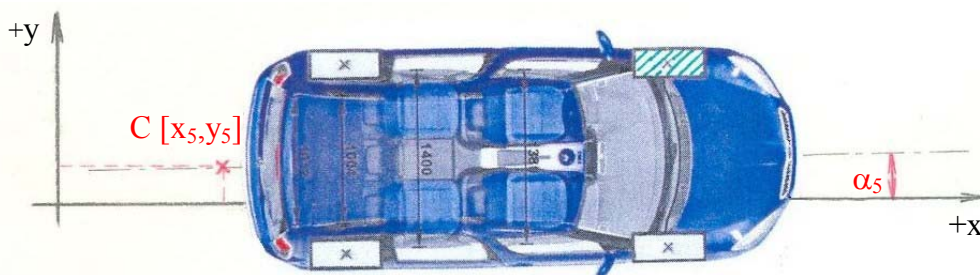
Pozn.: Průběh zkoušky a chování vozu jsou popsány v části 3.5.4 *Jízdni zkouška brzdění v přímém směru se zapnutými systémy ABS a ESP bez držení volantu*

Obr. 23: Základní poloha vozu Škoda Roomster před jízdními brzdnými zkouškami



$$x_0 = 0 \text{ m}, y_0 = 0 \text{ cm}, \alpha_0 = 0^\circ$$

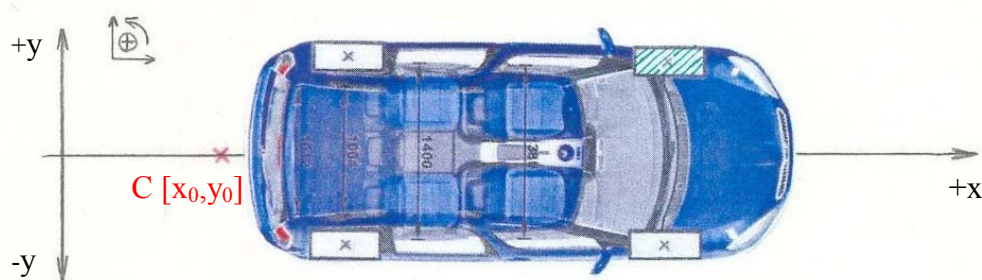
Obr. 24: Konečná poloha vozidla po brzdění z 59 km/h



6.2.3 Grafické znázornění konečných poloh vozidla po jízděních brzděních zkouškách bez použití systémů ABS+ESP

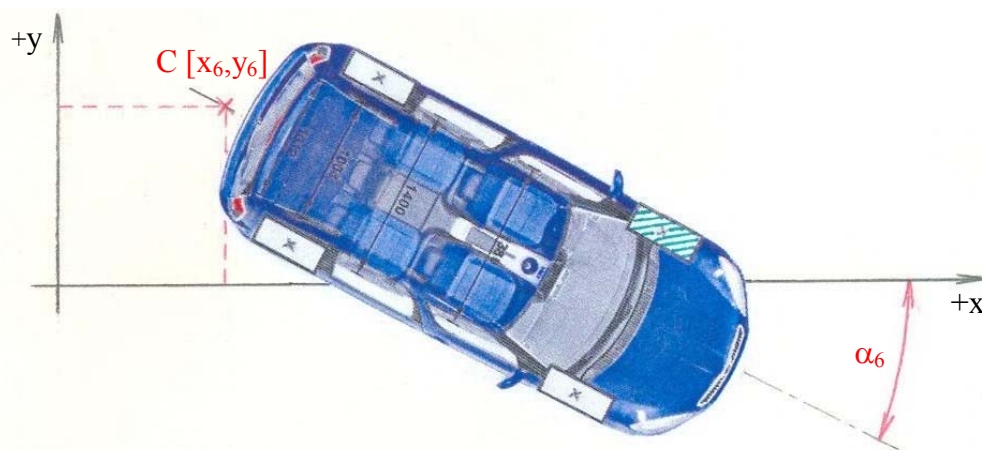
Pozn.: Průběh zkoušky a chování vozu jsou popsány v části 3.5.5 *Jízdní zkouška brzdění v přímém směru s vypnutými systémy ABS a ESP při maximálním brzdění*

Obr. 25: Základní poloha vozu Škoda Roomster před jízděními brzděními zkouškami



$$x_0 = 0 \text{ m}, y_0 = 0 \text{ cm}, \alpha_0 = 0^\circ$$

Obr. 26: Konečná poloha vozidla po brzděních z 56 km/h



6.3 Regresní analýza - předpokládané konečné výchylky vozidla při brzdění z vyšších rychlostí s použitím systémů ABS+ESP a s držením volantu

V posledním odstavci kapitoly *Rozbor naměřených hodnot a jejich vyhodnocení* jsem za pomoci regresní analýzy odhadl chování vozu při brzdění z vyšších rychlostí, z kterých už nebylo z důvodu bezpečnosti vozidlo testováno. Regresní analýzou byly spočteny budoucí předpokládané výchylky vozidla při brzdění z rychlostí 100, 130 a z maximální rychlosti vozidla 180km/h.

6.3.1 Regresní analýza – lineární regrese

Základním úkolem regresní analýzy je modelování podmíněné střední hodnoty. V jednoduché regresní analýze uvažujeme obvykle dvě proměnné: vysvětlovaná proměnná (Y, dependent variable) a vysvětlující proměnná (X, independent variable). Model jednoduché lineární regrese lze potom zapsat jako $E(Y|X) = a + bX$, kde a , b jsou regresní parametry. Regresní parametry se obvykle odhadují pomocí metody nejmenších čtverců (least square error) nebo maximální věrohodnosti (maximum likelihood method). Lze jednoduše dokázat, že pokud uvažujeme normalitu rozdělení, pak odhady parametrů metodou nejmenších čtverců a maximální věrohodností jsou stejné. V této práci bude uvažována pouze jednoduchá lineární regrese a regresní parametry jsou odhadnuty pomocí metody nejmenších čtverců.

6.3.2 Hodnoty konečných výchylek vozidla spočtené lineární regresí

Tab. 2: Hodnoty výchylek vozidla spočtené lineární regresí

	Počáteční rychlost [km/h]	Souřadnice x Correvitu [m] (brzdná dráha)	Souřadnice y Correvitu [cm] (vychýlení od osy x)	Stočení vozidla od osy pohybu [°]
Naměřené hodnoty	47	15,1	-21,7	-4
	63	23,3	-88,5	-7
	71	30,3	-127,5	-9
	84	41,4	-208,3	-11
Hodnoty spočtené lineární regresí	100	51,6	-280,4	-14
	130	72,9	-430,6	-19
	180	108,6	-680,9	-28

Závěr

Jak již bylo řečeno v úvodu této bakalářské práce, na počátku byl nápad uměle simulovat závadu jedné z brzd předních kol zkušebního vozidla Škoda Roomster 1,9 TDI. Posléze se na válcové zkušebně zjistilo, do jaké míry tato závada ovlivnila funkci “poškozené“ brzdy (z kolika procent se snížil brzdný účinek kola) a nakonec se s vozidlem provedly jízdní brzděné zkoušky, aby se analyzovalo, jak by se chovalo vozidlo s takovou závadou při brzdění z různých rychlostí a za různých provozních situací v běžném provozu. Zejména byl kladen důraz na to, jak by tato závada ovlivnila směrové vychýlení vozidla od podélné osy pohybu (délkový údaj) a jak by se vozidlo během brzdění od této osy stácelo (úhel stočení).

Došlo tedy k umělému snížení třecích účinků brzdy levého předního kola vybroušením drážek do brzdových destiček a následným nanesením plastického maziva do nich. Tím byla úspěšně simulována závada brzdy a na válcové zkušebně se posléze zjistilo, že rozdíl brzdných sil kol přední nápravy vzrostl díky “zamaštění“ na 19%. To byl také výchozí údaj pro další měření při jízdních brzděných zkouškách.

Nejdůležitější částí jízdních brzděných zkoušek byla 4 měření z rychlostí 47, 63, 71 a 84 km/h při zapnutých systémech ABS+ESP a s pevným držením volantu při brzdění (bez tendence řidiče vyrovnávat směrové vychylky). K navození této situace mě vedla domněnka, že by se tak zřejmě chovala naprostá většina nezkušených a začínajících řidičů a proto byla tato část zkoušek vybrána za hlavní. Byla tedy provedena 4 měření, výsledky byly graficky zpracovány a pomocí lineární regrese byla vytvořena předpokládaná závislost směrových vychylek na brzděních z vyšších rychlostí (100, 130 a 180 km/h). Z těchto rychlostí totiž již zkoušky brzdění z důvodu bezpečnosti neprobíhaly. Při těchto měřeních docházelo k logickému stáčení vozidla směrem vpravo od osy, pokud by ale řidič během brzdění “nestrnul“ a manévroval, bylo by auto díky elektronickým bezpečnostním systémům (ABS+ESP) snadno ovladatelné. Pokud by ale k manévrování z nějakého důvodu nedošlo, při maximální rychlosti vozu 180 km/h by směrové vychýlení od osy bylo asi 6,8 m!!!, což by znamenalo sjetí z vozovky a následnou nehodu vozidla.

Další částí zkoušek byla dvě měření, která však již měla pouze orientační charakter a která byla provedena hlavně z důvodu představy o chování vozu za jiných provozních situací. Prvním měřením byla jízdní zkouška brzdění v přímém směru se zapnutými systémy ABS a ESP, ale volant tentokrát nebyl držen. Počáteční rychlost, z které se brzdilo, byla asi 59 km/h

a zde bylo dosaženo asi nejpřekvapivějšího výsledku. Při brzdění došlo totiž k zajímavému efektu, kdy se vozidlo mělo tendenci pohupovat zleva doprava a nakonec došlo k nelogickému mírnému stočení vozu směrem vlevo od osy. Tato poloha však byla prakticky zanedbatelná a tento výsledek pouze potvrdil fakt, na jak vysoké úrovni jsou dnes bezpečnostní systémy jako ABS a ESP. Tato zkouška totiž ukázala, že kdyby řidič v době brzdění pustil volant, udělal by lépe, než kdyby ho “křečovitě” držel, jak bylo popsáno výše. Výchylka kol od osy byla totiž zhruba třetinová než v obdobné rychlosti při pevném držení volantu.

Poslední a nejvíce adrenalinovou částí jízdních brzdných zkoušek byla zkouška maximálního brzdění, při níž ale na rozdíl od předešlých případů došlo k vypnutí systémů ABS a ESP. Modelovou představou byla situace, kdy by řidič se simulovanou závadou jednoho z kol v nebezpečí prudce šlápl na brzdu a vozidlo by nemělo elektronické stabilizační systémy. Zkouška proběhla z rychlosti 56km/h, držení volantu nehrálo v této části důležitou roli, protože došlo k okamžitému blokování všech čtyřech kol a následnému smyku vozu, čímž se stal automobil neovladatelný. Na hodnotách konečné polohy vozidla byl nejvíce dominující úhel stočení vozidla od osy, který byl asi 38°. K tomuto stáčení docházelo evidentně podle “normálně” brzděného pravého předního kola a výsledný pohyb se dal jednoznačně označit jako divergentně nestabilní.

V této práci došlo k evidentnímu potvrzení faktu, jak jde v současné době vývoj silničních automobilů nezadržitelně dopředu. Porovnáme-li konečné polohy vozidel po jízdních brzdných zkouškách s a bez použití elektronických stabilizačních systémů, je nám jasné, jak za několik let vývoj s ohledem na bezpečnost posádky pokročil.

Seznam literatury

- [1] Vlk F.: *Podvozky motorových vozidel. 1. vyd. Nakladatelství a vydavatelství VLK, Brno 2000. 392 s. ISBN 80-238-5274-4.*
- [2] Vlk F.: *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. 1. vyd. Nakladatelství a vydavatelství VLK, Brno 2001. 576 s. ISBN 80-238-6573-0.*
- [3] *Škoda Roomster training guide*

Seznam obrázků

Obr. 1: Pohled na podvozek automobilu Škoda Roomster 1,9 TDI / 77kW.....	9
Obr. 2: Schéma měřicího řetězce optického přístroje Corssys Correvit.....	14
Obr. 3: Detail optického přístroje.....	14
Obr. 4: Pohled na vybroušené příčné drážky v brzdových destičkách.....	16
Obr. 5: Pohled na vybroušené příčné drážky v brzdových destičkách.....	16
Obr. 6: Upevněný světelný snímač brzdového světla.....	18
Obr. 7: Pohled na připravený měřicí aparát na vozidle.....	18
Obr. 8: Výměna upravených brzdových destiček před jízdami brzdými zkouškami.....	19
Obr. 9: Pohled na zkušební dráhu letiště v Mimoni.....	19
Obr. 10: Zadní pohled na vozidlo po jedné z brzdých zkoušek.....	21
Obr. 11: Přední pohled na vozidlo po jedné z brzdých zkoušek.....	22
Obr. 12: Pohled na pomaloběžnou válcovou zkušebnu brzd.....	28
Obr. 13: Vozidlo před najetím na měřicí válce zkušebny brzd.....	29
Obr. 14: Přední kola vozidla na měřících válkách zkušebny.....	30
Obr. 15: Schéma měřicího řetězce válcové zkušebny brzd Roller type brake	31
Obr. 16: Výsledky měření zobrazené na monitoru registračního přístroje válcové zkušebny.....	31
Obr. 17: Grafický záznam měření brzdých účinků přední nápravy z válcové zkušebny.....	33
Obr. 18: Základní poloha vozu Škoda Roomster před jízdami brzdými zkouškami.....	35
Obr. 19: Konečná poloha vozidla po brzdění z 47 km/h.....	36
Obr. 20: Konečná poloha vozidla po brzdění z 63 km/h.....	36
Obr. 21: Konečná poloha vozidla po brzdění z 71 km/h.....	36
Obr. 22: Konečná poloha vozidla po brzdění z 84 km/h.....	36
Obr. 23: Základní poloha vozu Škoda Roomster před jízdami brzdými zkouškami.....	37
Obr. 24: Konečná poloha vozidla po brzdění z 59 km/h.....	37
Obr. 25: Základní poloha vozu Škoda Roomster před jízdami brzdými zkouškami.....	38
Obr. 26: Konečná poloha vozidla po brzdění z 56 km/h.....	38

Seznam tabulek

Tab. 1: Přehled konečných hodnot vybraných veličin po jízdách brzdných zkouškách..... 35

Tab. 2: Hodnoty konečných výchylek vozidla spočtené lineární regresí..... 39

Seznam příloh

Příloha 1: Základní technické údaje vozidla

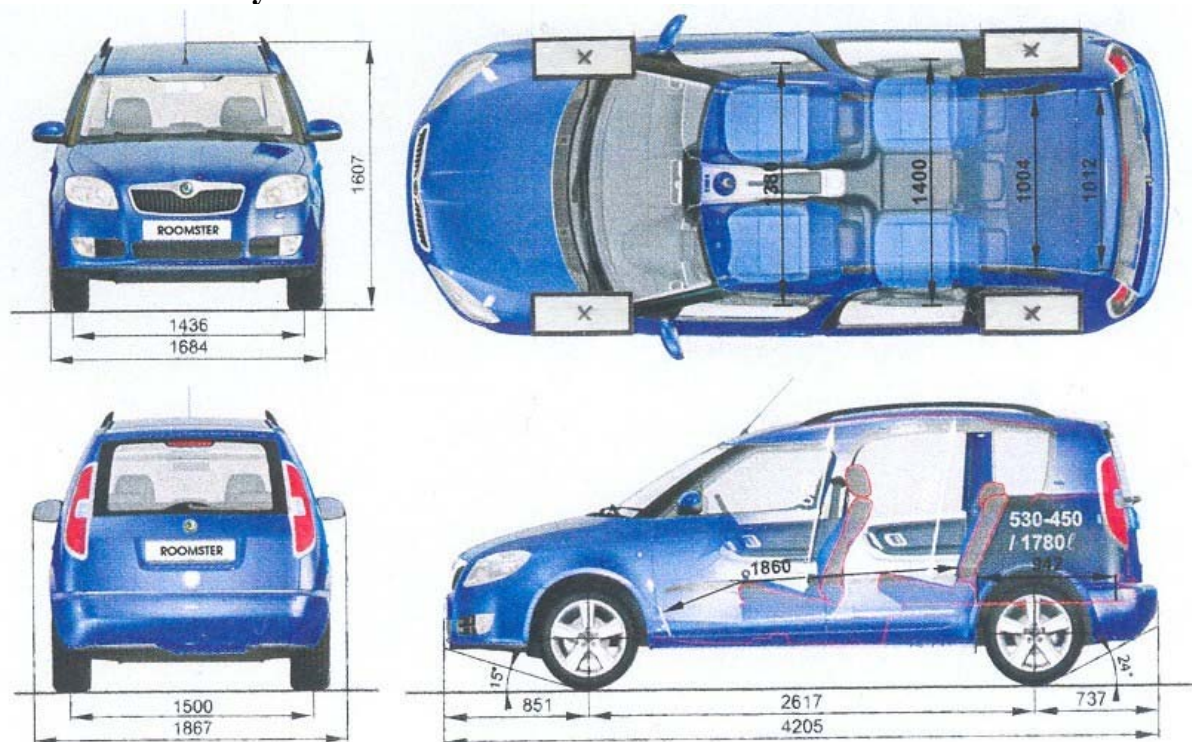
Příloha 2: Grafické znázornění průběhů vybraných veličin při jízdách brzdných zkouškách

Přílohy

Příloha 1 – Základní technické údaje vozidla

Škoda Roomster 1,9 TDI PD / 77 kw

Délkové rozměry:



Motor: vznětový přeplňovaný, s nastavitelnou geometrií lopatek turbodmychadla, řadový, chlazený kapalinou, přímé vysokotlaké vstřikování paliva OHC, uložený vpředu napříč

Počet válců / Zdvihový objem (cm³): 4 / 1896

Maximální výkon / otáčky (kW/min⁻¹): 77 / 4000

Maximální točivý moment / otáčky (Nm/ min⁻¹): 240 / 1900

Exhalační norma: EU4+DPF

Palivo: motorová nafta, cetanové číslo 51

Pohon:

Druh: pohon předních kol

Spojka: třecí suchá, hydraulicky ovládaná jednokotoučová, s talířovou pružinou a bezazbestovým obložením

Převodovka: mechanická pětistupňová, plně synchronizovaná

Hmotnosti (kg)

Pohotovostní hmotnost:	1260
Užitečná hmotnost:	515
Celková hmotnost:	11775
Maximální zatížení střechy:	75
Nebrzděný přívěs (max.):	450
Brzděný přívěs (max.):	1200
Svislé zatížení tažného zařízení:	50

Provozní vlastnosti:

Maximální rychlost (km/h):	182
Zrychlení 0-100 km/h (s):	11,5
Spotřeba dle normy 99/100 (l / 100 km)	
-městský provoz:	6,8
-mimoměstský provoz:	4,7
-kombinovaný provoz:	5,5
Emise CO ₂ (g/km):	145

Karoserie

Pětidveřová, pětimístná, dvouprostorová

Součinitel vzduchu c_x : 0,33

Podvozek

Přední náprava: McPherson se spodními trojúhelníkovými rameny a zkrutným stabilizátorem

Zadní náprava: kliková s vlečnými rameny

Brzdy: kapalinové, dvouokruhové, diagonálně propojené s podtlakovým posilovačem

-vpředu: kotoučové, s kotouči s vnitřním chlazením a jednopístovými plovoucími třmeny

-vzadu: kotoučové

Řízení: hřebenové přímočinné s elektrohydraulickým posilovačem

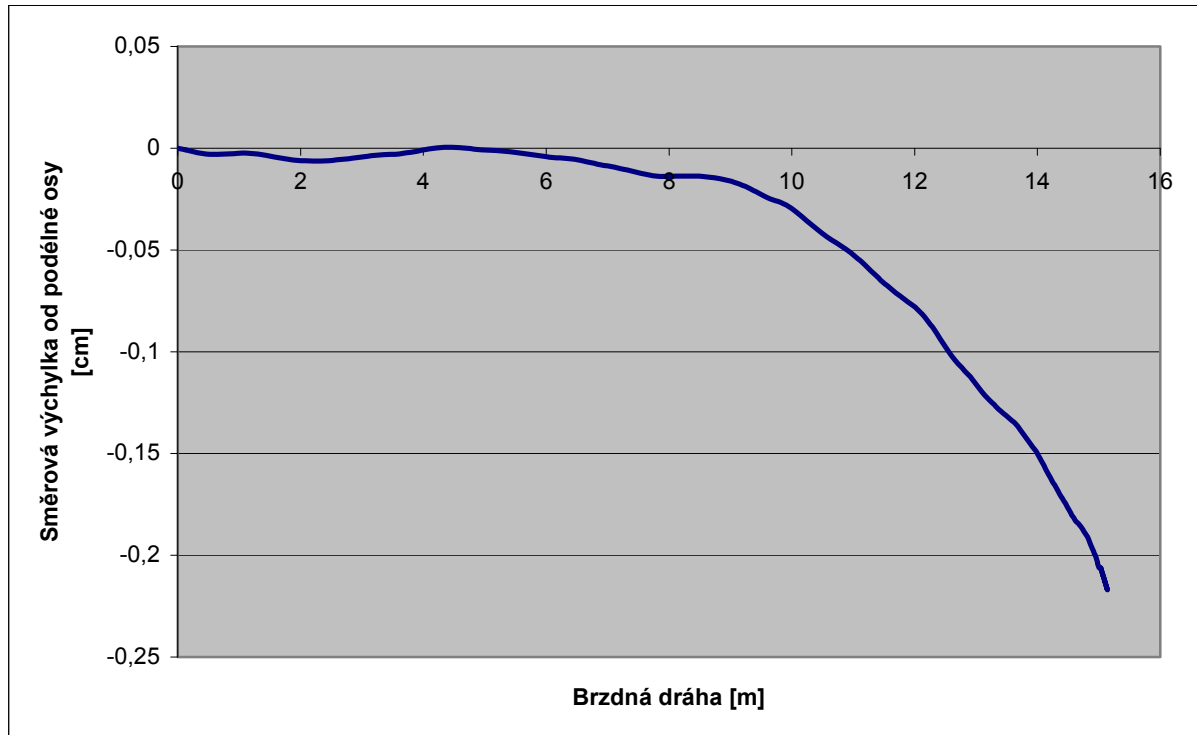
Náplně

Objem palivové nádrže: 55 l

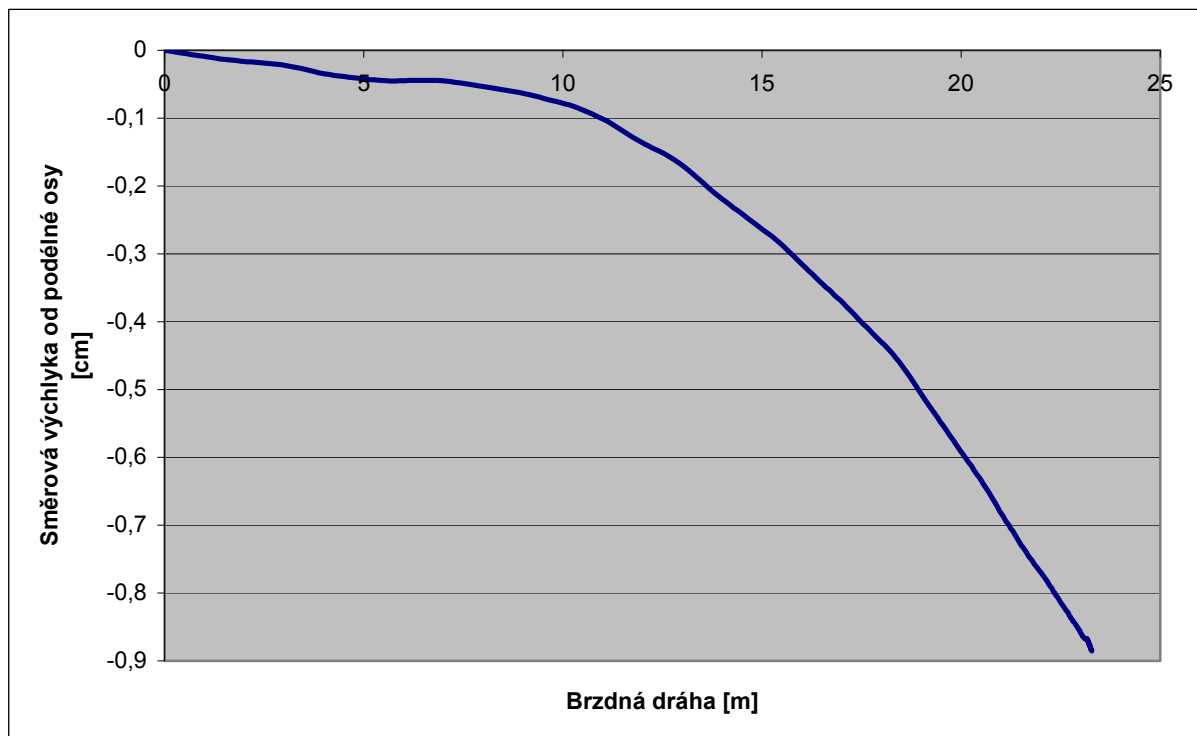
Příloha 2 - Grafické znázornění průběhů vybraných veličin při jízdách brzděných zkouškách

2.1 Jízdní brzděné zkoušky s použitím ABS+ESP a s držením volantu

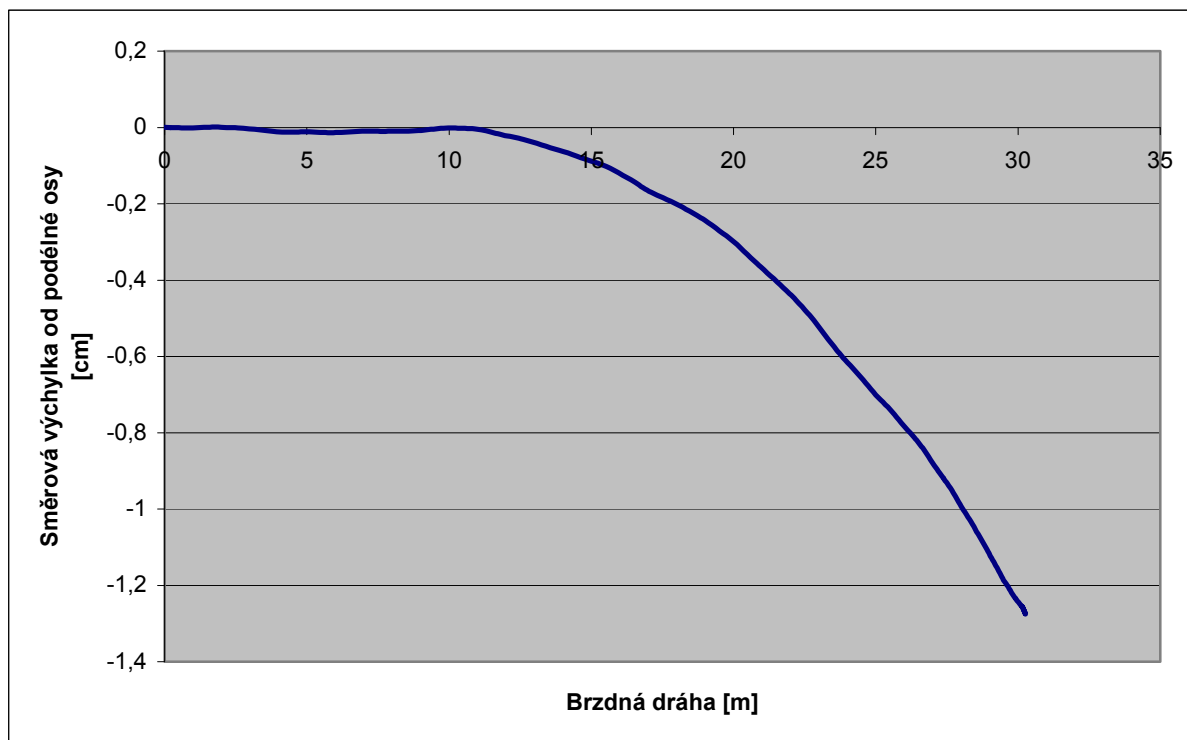
2.1.1 Vykreslení trajektorie pohybu vozidla při jízdě brzděné zkoušce z 47 km/h



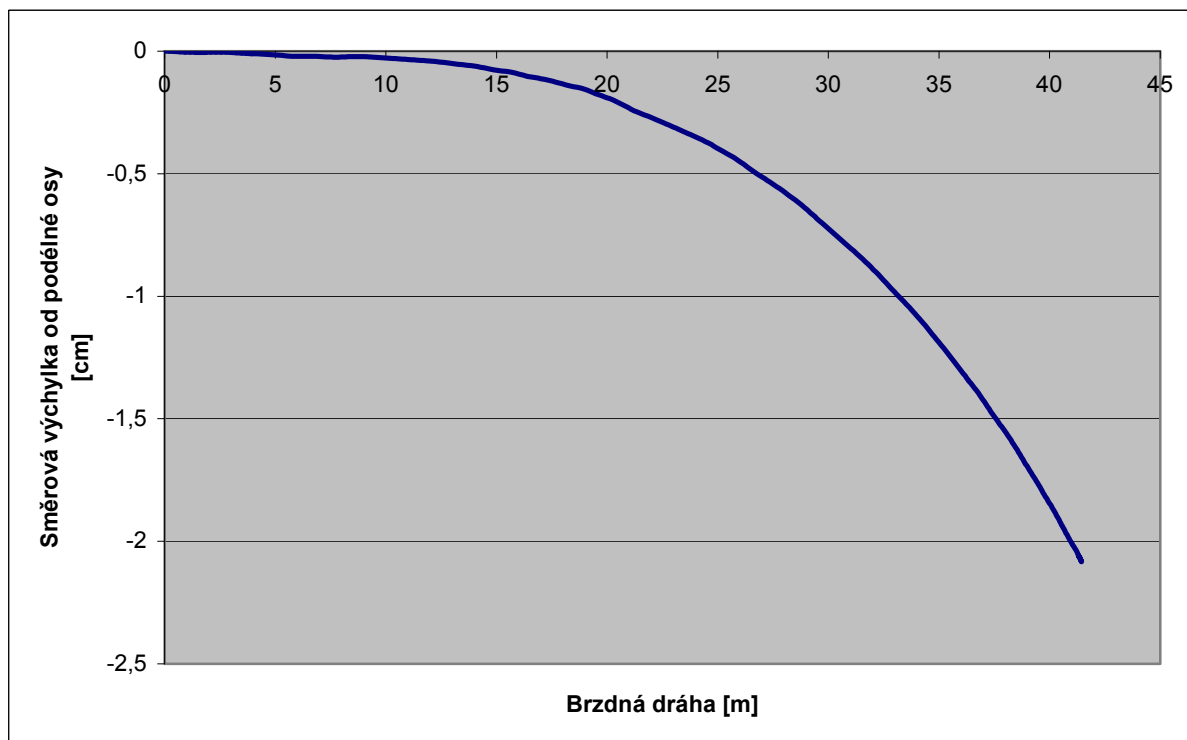
2.1.2 Vykreslení trajektorie pohybu vozidla při jízdě brzděné zkoušce z 63 km/h



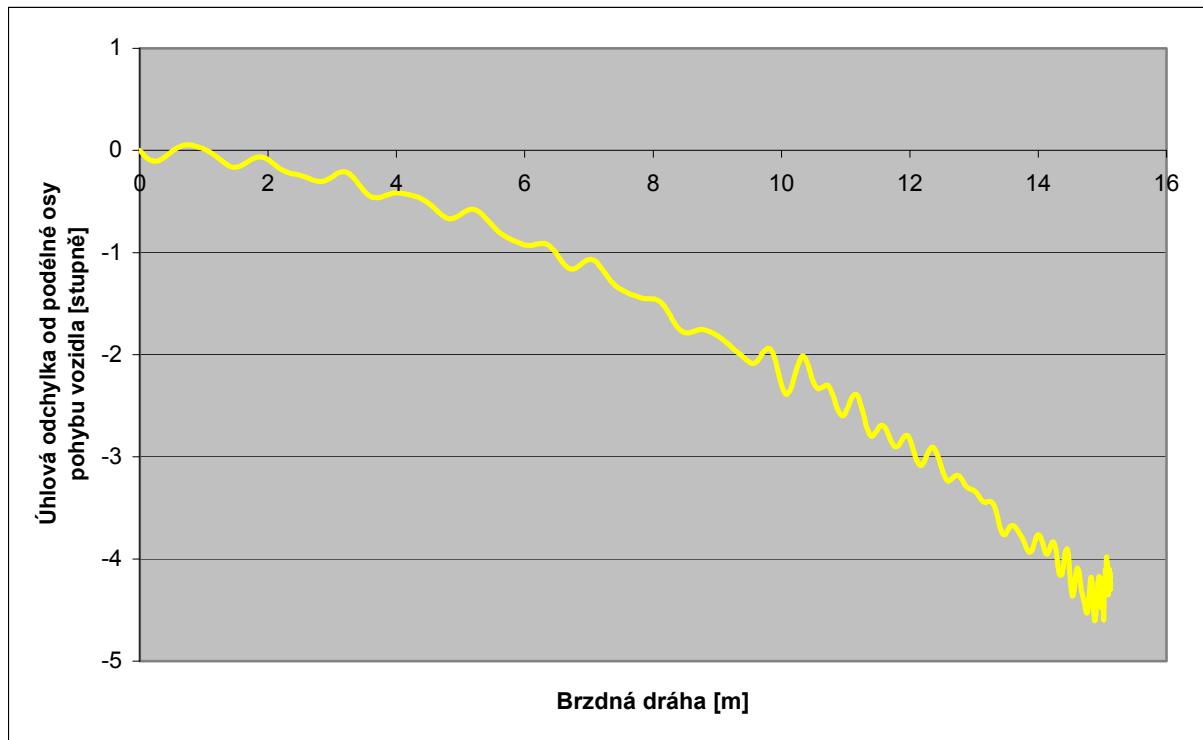
2.1.3 Vykreslení trajektorie pohybu vozidla při jízdě brzdě z 71 km/h



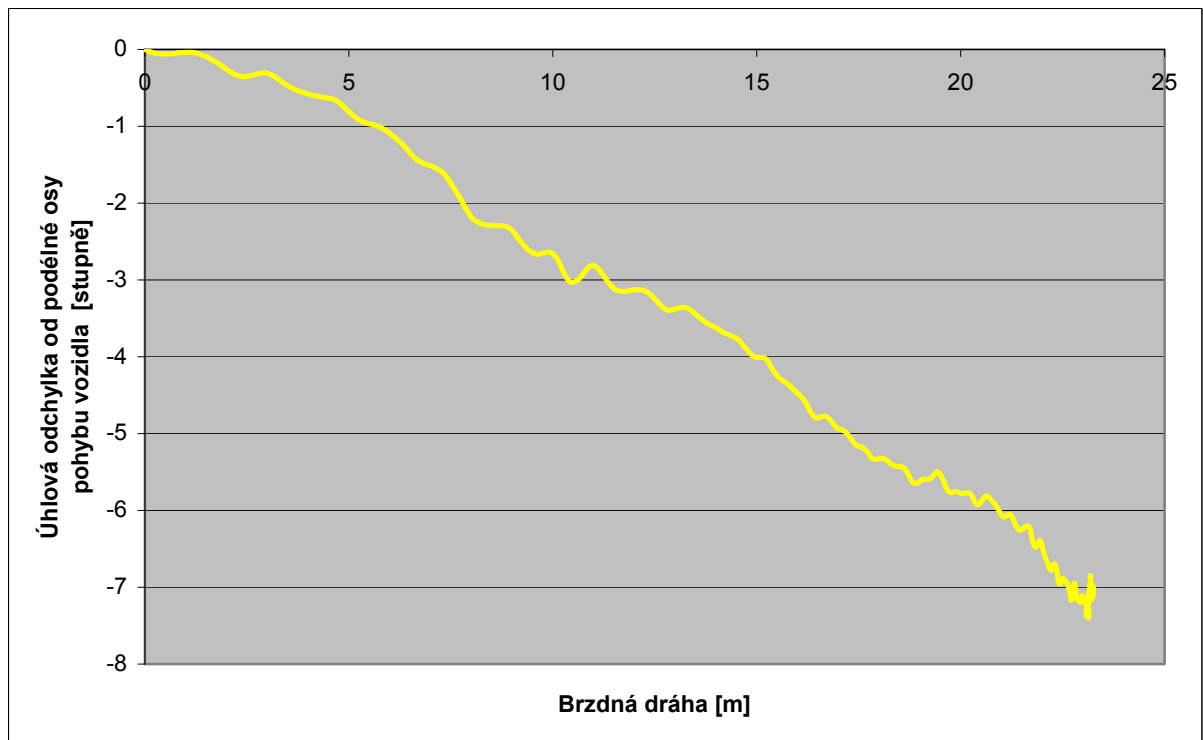
2.1.4 Vykreslení trajektorie pohybu vozidla při jízdě brzdě z 84 km/h



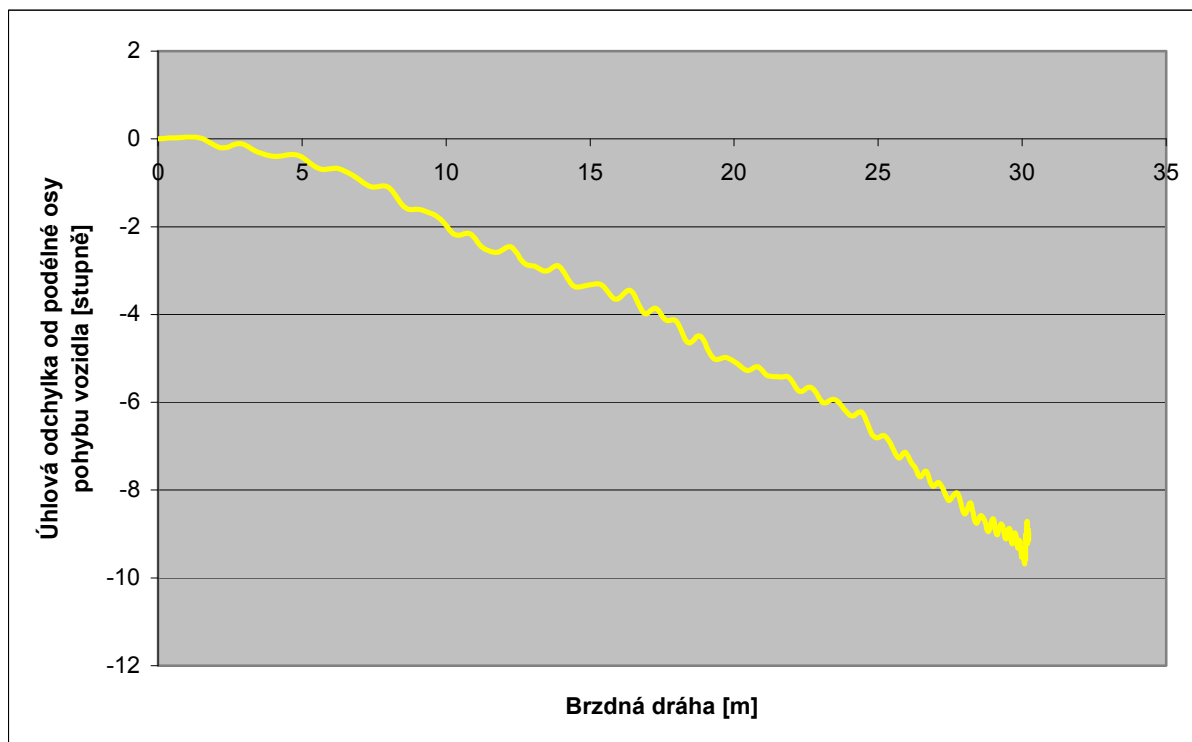
2.1.5 Průběh stáčení vozidla od podélné osy pohybu při jízdě brzdě z 47 km/h



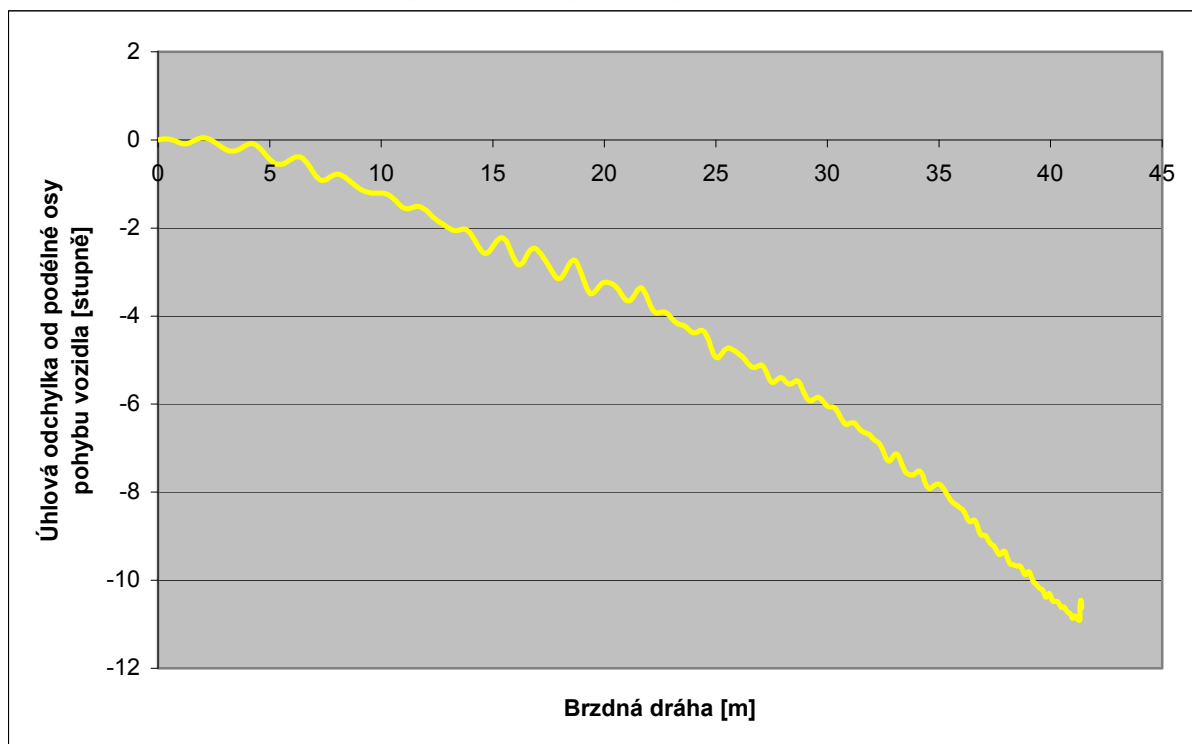
2.1.6 Průběh stáčení vozidla od podélné osy pohybu při jízdě brzdě z 63 km/h



2.1.7 Průběh stáčení vozidla od podélné osy pohybu při jízdě brzdě z 71 km/h

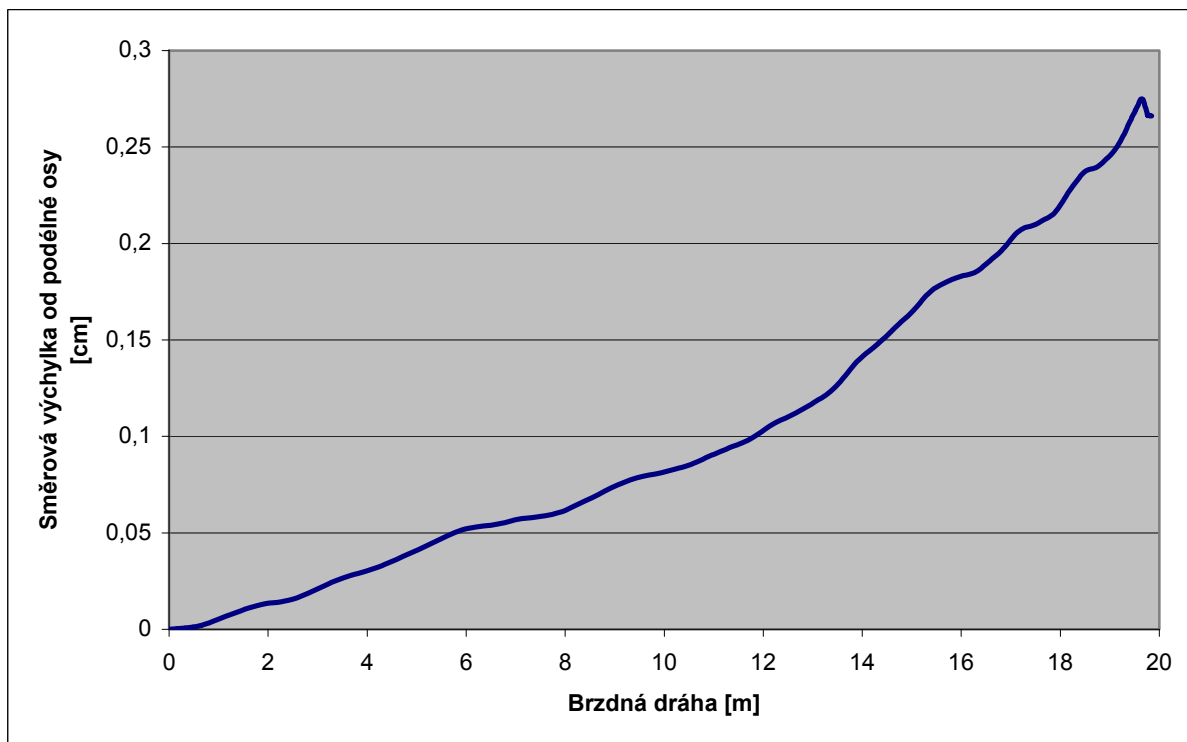


2.1.8 Průběh stáčení vozidla od podélné osy pohybu při jízdě brzdě z 84 km/h

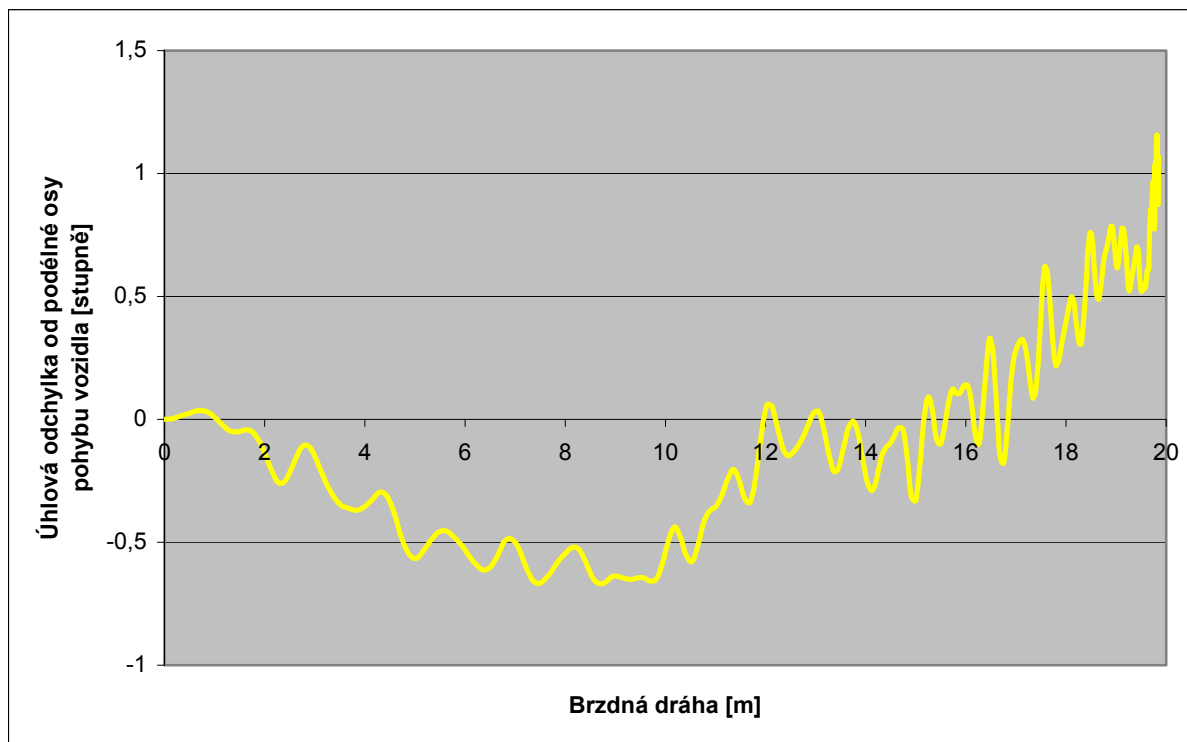


2.2 Jízdní brzdná zkouška s použitím ABS+ESP a bez držení volantu

2.2.1 Vykreslení trajektorie pohybu vozidla při jízdě brzdě zkoušce z 59 km/h

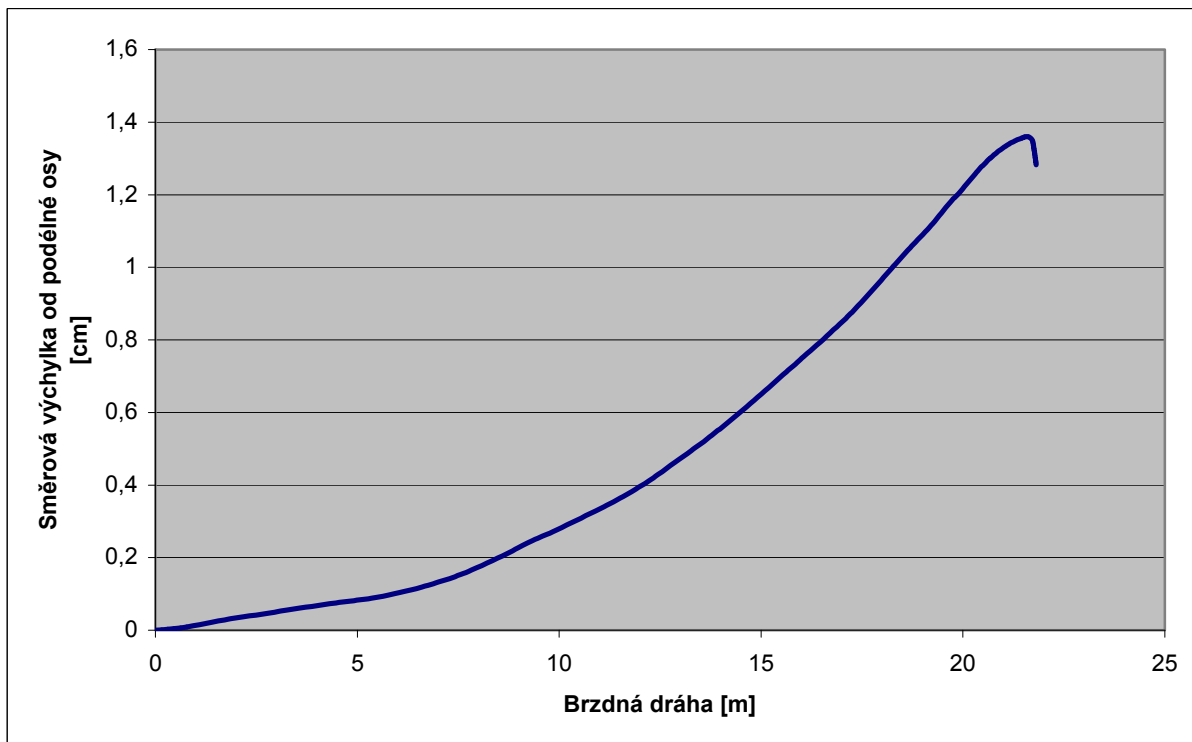


2.2.2 Průběh stáčení vozidla od podélné osy pohybu při jízdě brzdě zkoušce z 59 km/h

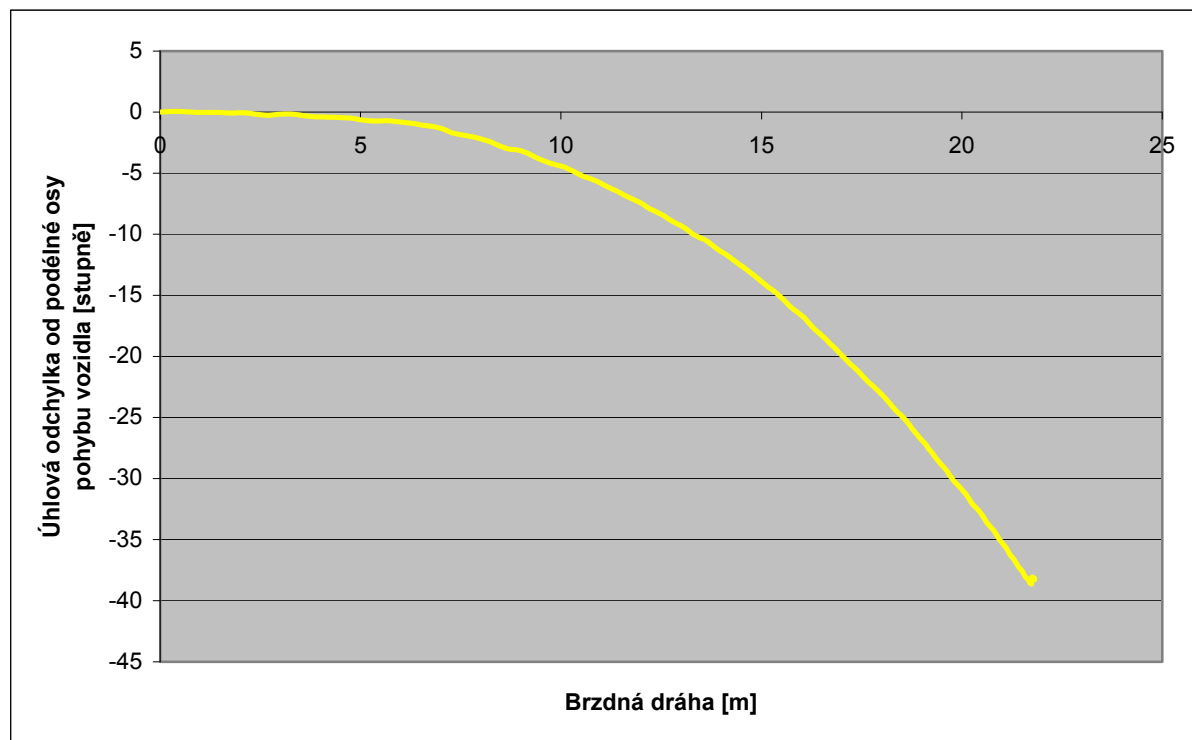


2.3 Jízdní brzdná zkouška bez použití ABS a ESP

2.3.1 Vykreslení trajektorie pohybu vozidla při jízdě brzdě z 56 km/h



2.3.2 Průběh stáčení vozidla od podélné osy pohybu při jízdě brzdě z 56 km/h



Údaje pro knihovnickou databázi

Název práce	Porovnání jízdní brzdné zkoušky a zkoušky na válcové zkušebně
Autor práce	Radek Cibere
Obor	Dopravní prostředky - silniční vozidla
Rok obhajoby	2008
Vedoucí práce	Ing. Miroslav Bodlák
Anotace	<p>Cílem této práce bylo porovnání jízdní brzdné zkoušky a zkoušky na válcové zkušebně. U levého předního kola zkušebního vozidla Škoda Roomster 1,9 TDI byla vybranou metodou dočasně omezena funkce brzd a poté se na válcové zkušebně zjistilo, na jakou hodnotu vzrostl rozdíl brzdících sil na přední nápravě vozidla (tzv. nesouměrnost brzdění). Další částí experimentu pak bylo provádění jízdních brzdících zkoušek z různých počátečních rychlostí a zkoumalo se, jak ono snížení třecích účinků brzd levého předního kola ovlivní chování vozu, zejména směrovou stabilitu. Data získaná z měření na válcové zkušebně a při jízdních brzdících zkouškách byla posléze vyhodnocena a porovnána.</p>
Klíčová slova	silniční doprava, diagnostika brzd, jízdní brzdné zkoušky, válcová zkušebna brzd, nesouměrnost brzdění, měření optickým přístrojem Correvit