



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

**ODBOR ZNALECTVÍ VE STROJÍRENSTVÍ, ANALÝZA
DOPRAVNÍCH NEHOD A OCEŇOVÁNÍ MOTOROVÝCH
VOZIDEL**

DEPARTMENT OF EXPERTISE IN MECHANICAL ENGINEERING, ANALYSIS OF TRAFFIC ACCIDENTS AND
VEHICLE ASSESSMENT

**ANALÝZA VLIVU NESPRÁVNÉHO POUŽITÍ A HUŠTĚNÍ
PNEU NA STABILITU VOZIDLA V MEZNÍ SITUACI**

ANALYSIS OF THE INFLUENCE OF MISUSE AND TIRE INFLATION ON THE STABILITY OF THE VEHICLE IN A LIMIT
SITUATION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Karel Porč

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D.

BRNO 2021

Zadání diplomové práce

| | |
|-------------------|---|
| Student: | Bc. Karel Porč |
| Studijní program: | Expertní inženýrství v dopravě |
| Studijní obor: | bez specializace |
| Vedoucí práce: | doc. Ing. Aleš Vémola, Ph.D. |
| Akademický rok: | 2020/21 |
| Ústav: | Odbor znaleství ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel |

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Analýza vlivu nesprávného použití a huštění pneu na stabilitu vozidla v mezní situaci

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Práce se bude zabývat měřením, jeho vyhodnocením a analyzovat vliv nesprávného použití (kombinace pneu na vozidle v rozporu s předpisy), respektive bude v práci na základě měření posouzen vliv nesprávného huštění pneu na směrovou stabilitu v mezních situacích. Práce se bude rovněž zabývat posouzením používání obnovených pneumatik, protektorů, včetně možností identifikace zhotovitele protektoru.

Cíle diplomové práce:

Cílem práce je provést měření a jeho vyhodnocení s ohledem na jízdní stabilitu vozidla v různých mezních situacích při nesprávném použití a různém huštění pneu. Součástí práce bude rovněž posouzení používání obnovených pneumatik (běhounu), tzv. protektorů, včetně možností identifikace zhotovitele protektoru.

Seznam doporučené literatury:

[1] BRADÁČ, A. a kol.: Soudní inženýrství, Akademické nakladatelství CERM, Brno 1999

- [2] KOLEKTIV AUTORŮ: Automobily 1 až 6. Avid, spol. s r.o. Brno 2007, 2008
[3] VLK, F.: Teorie a konstrukce motocyklů 1, 2. Vlastním nákladem. Brno 2004
[4] VLK, F.: Stavba motorových vozidel. Vlastním nákladem, Brno 2003
[5] VLK, F.: Automobilová technická příručka. Vlastním nákladem, Brno 2003
[6] VÉMOLA, A., TOKAŘ, S.: Teorie vozidel, Brno 2017

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2020/21.

V Brně dne

L. S.

doc. Ing. Bc. Marek Semela, Ph.D.
vedoucí odboru

prof. Ing. Karel Pospíšil, Ph.D., LL.M.
ředitel

Abstrakt

Tato diplomová práce se zaměřuje na nesprávné huštění a nesprávné použití pneumatik v mezních situacích. V první části je zpracována rešerše dříve vytvořených prací. Následuje zpracování základní teorie, kde je popsána jízdní dynamika vozidla, brzdění a konstrukce, značení, opotřebení, protektory pneumatik a huštění pneumatik. V další části je měření a vyhodnocení vlivu nesprávného huštění a používání pneumatik. Jako zkoušky byly provedeny brzdné zpomalení a vyhýbací manévr. V třetí části je zhodnocení a shrnutí situace.

Klíčová slova

Pneumatika, tlak, huštění, zpomalení, vyhýbací manévr

Abstrakt

This diploma thesis focuses on incorrect inflation and incorrect use of tires in extreme situations. In the first part, a search of previously created works is reported. This is followed by the elaboration of the basic theory, which describes the driving dynamics of the vehicle, braking and construction, marking, wear and inflation of tires. The next part is the measurement and evaluation of the effect of incorrect inflation and use of tires. Braking deceleration and evasive maneuvers were performed as tests. The third part is an evaluation and summary of the situation.

Key Words

Tire, air pressure, inflation tire, deceleration, evasive maneuver

Bibliografická citace

PORČ, Karel. *Analýza vlivu nesprávného použití a huštění pneu na stabilitu vozidla v mezní situaci*. Brno, 2021. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/127894>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor znalectví ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel. Vedoucí práce Aleš Vémola.

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Analýza vlivu nesprávného použití a huštění pneu na stabilitu v mezní situaci“ jsem vypracoval samostatně pod vedením vedoucího diplomové práce a s použitím odborné literatury a dalších informačních zdrojů, které jsou všechny citovány v práci a uvedeny v seznamu literatury na konci práce. Jako autor uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom následků porušení ustanovení § 11 a následujících autorského zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, včetně možných trestněprávních důsledků vyplývajících z ustanovení části druhé, hlavy VI. díl 4 trestního zákoníku č. 40/2009 Sb.

.....

podpis studenta

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Aleši Vémolovi, Ph.D., za odborné vedení, cenné rady a připomínky, které mi byly z jeho strany poskytnuty při zpracovávání této práce.

OBSAH

| | |
|---|-----------|
| OBSAH | 8 |
| ÚVOD | 10 |
| 1 REŠERŠE | 11 |
| 2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE | 14 |
| 2.1 DYNAMIKA VOZIDEL..... | 14 |
| 2.1.1 <i>Jízdní odpory</i> | 14 |
| 2.1.1.1 <i>Odpor valivý</i> | 14 |
| 2.1.2 <i>Adheze</i> | 15 |
| 2.1.3 <i>Směrová úchylka</i> | 19 |
| 2.1.3.1 <i>Závislost směrové úchylky kola</i> | 19 |
| 2.1.4 <i>Brzdění</i> | 22 |
| 2.1.4.1 <i>Brzdná dráha</i> | 22 |
| 2.1.4.2 <i>Poměrné zpomalení, brzdné síly</i> | 24 |
| 2.1.4.3 <i>Ideální brzdné síly</i> | 25 |
| 2.1.4.4 <i>Stabilita brzděného vozidla</i> | 26 |
| 2.1.4.5 <i>Protiblokovací systém (ABS)</i> | 27 |
| 2.1.4.6 <i>Elektronický stabilizační program (ESP)</i> | 28 |
| 2.2 PNEUMATIKY..... | 29 |
| 2.2.1 <i>Definice</i> | 30 |
| 2.2.2 <i>Historie</i> | 30 |
| 2.2.3 <i>Hlavní části pneumatiky, konstrukce</i> | 31 |
| 2.2.3.1 <i>Kostra pneumatiky</i> | 32 |
| 2.2.3.2 <i>Nárazník</i> | 34 |
| 2.2.3.3 <i>Běhoun</i> | 34 |
| 2.2.3.4 <i>Patka pneumatiky</i> | 37 |
| 2.2.3.5 <i>Bok pneumatiky</i> | 37 |
| 2.2.4 <i>Značení pneumatik</i> | 37 |
| 2.2.5 <i>Opotřebení pneumatiky a minimální hloubka dezénu</i> | 40 |
| 2.2.6 <i>Obnova použitelných plášťů pneumatiky</i> | 43 |
| 2.2.7 <i>Huštění pneumatik</i> | 44 |
| 2.2.8 <i>Házivost</i> | 45 |
| 2.2.9 <i>Vyvážení</i> | 46 |
| 2.3 VÝTAH Z VYHLÁŠKY Č. 341/2014 Sb..... | 46 |
| 3 EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ | 49 |

| | | |
|---------|--|-----------|
| 3.1 | MÍSTO MĚŘENÍ | 49 |
| 3.2 | MĚŘÍCÍ PŘÍSTROJE A POTŘEBNÉ VYBAVENÍ | 51 |
| 3.2.1 | <i>XL Meter</i> | 51 |
| 3.2.1.1 | Parametry měření | 51 |
| 3.2.2 | <i>Software pro vyhodnocení naměřených hodnot</i> | 52 |
| 3.2.3 | <i>Další vybavení</i> | 53 |
| 3.2.4 | <i>Zkušební vozidlo</i> | 53 |
| 3.2.5 | <i>Zkušební pneumatiky</i> | 54 |
| 3.2.5.1 | Tlaky v pneumatikách | 55 |
| 3.3 | BRZDNÉ ZPOMALENÍ..... | 56 |
| 3.3.1 | <i>Předepsané pneumatiky 195/65/R15</i> | 57 |
| 3.3.2 | <i>Nepředepsané pneumatiky 205/60/R15 a 185/60/R15</i> | 61 |
| 3.3.3 | <i>Vyhodnocení</i> | 65 |
| 3.4 | VYHÝBACÍ MANÉVR (LOSÍ TEST) | 67 |
| 3.4.1 | <i>Předepsané pneumatiky 195/65/R15</i> | 70 |
| 3.4.2 | <i>Nepředepsané pneumatiky 205/60/R15 a 185/60/R15</i> | 75 |
| 3.4.3 | <i>Vyhodnocení</i> | 80 |
| 3.4.3.1 | Subjektivní pohled řidiče | 80 |
| | ZÁVĚR | 82 |
| | SEZNAM ZDROJŮ | 84 |
| | SEZNAM OBRÁZKŮ | 86 |
| | SEZNAM TABULEK | 88 |
| | SEZNAM GRAFŮ | 89 |
| | SEZNAM ZKRATEK | 90 |
| | SEZNAM PŘÍLOH | I |

ÚVOD

Diplomová práce se zabývá nesprávným huštěním pneumatik a nesprávným použitím pneumatik na vozidle. Pneumatiky tvoří významný konstrukční prvek dopravních prostředků. Pneumatiky jsou jediným prvkem, který spojuje vozidlo s vozovkou, a proto její stav, parametry a vlastnosti jsou faktory, jež jsou součástí aktivní bezpečnosti vozidla. Na pneumatiky se s vývojem vozidel zvyšovaly nároky. Výrobci stále zlepšují výrobní postupy, výroba je kontrolována a podléhá normám. Jejich snahou je, aby dosáhli co největší bezpečnosti a životnosti pneumatik a komfortu jízdy. Dalším bezpečnostním aspektem pneumatik je datum výroby. Výrobci doporučují, aby pneumatiky zachovaly své původní technické vlastnosti maximálně po dobu pěti let, a to v případě, že jsou správně skladovány.

Výrobci vozidel a výrobci pneumatik mají mezi sebou v součinnosti stanovenou měrnou hodnotu, jak udržovat správný tlak v pneumatikách. Z toho plyne, že ani kvalitní pneumatika nemůže splnit funkci, když řidičem nebude dodrženo její správné huštění pneumatik, které je stanoveno právě oběma výrobci. Je důležité i během používání pneumatik kontrolovat huštění používané pneumatiky na vozidle.

V teoretické části bude provedena rešerše již dříve vypracovaných diplomových prací, které se zabývaly podobným tématem na Ústavu soudního inženýrství. Dále bude v této části popsána adheze, brzdění a především pneumatiky, jejich složení, značení a další potřebné informace. A základní informace o protektorech pneumatik.

Cílem praktické části je provést měření a následné vyhodnocení na jízdní stabilitu vozidla v mezních situacích. Pro práci byly zvoleny dvě zkoušky s jedním vozidlem. První zkouška je na brzdné zpomalení a jako druhá zkouška byl zvolen vyhýbací manévr. Pro obě zkoušky byly vybrány tři druhy pneumatik, přičemž jedny byly předepsané dle velkého technického průkazu a zbylé dva druhy předepsané nebyly. Pro zkoušky byly zvoleny rozdílné tlaky huštění. Celkem bylo provedeno kolem sto padesáti měření. Následně došlo k vyhodnocení a porovnání naměřených údajů.

1 REŠERŠE

Na téma mojí diplomové práce byly vypracovány dvě podobné diplomové práce v rámci ÚSI VUT. První z nich nesla název „*Vliv parametrů a vlastností pneumatik na jízdní dynamiku vozidel*“. Tato práce byla napsána v roce 2011 a jejím autorem byl Pavel Toufar a vedoucím práce byl pan Ing. Vladimír Panáček, Ph.D. Pointou zadání bylo zjistit, jak se chová vozidlo při různém huštění v pneumatikách při brzděném zpomalení. Druhé téma mělo název „*Vliv huštění pneumatik na jízdní vlastnosti osobního vozidla*“. Autorem práce byl Radim Pelán a vedoucím byl také Ing. Vladimír Panáček, Ph.D. Tato práce byla napsána v roce 2016 a cílem jejího zadání bylo také zjistit, jak se chová vozidlo při různém huštění v pneumatikách. Zde se provádělo více testů, jako jsou brzděné zpomalení, vyhýbací manévr, dojezdová zkouška, měření spotřeby paliva, měření vibrací a měření síly potřebné k otočení volantů.

V první práci byla jako zkušební vozidlo použita Škoda Octavia I. Pro daný test brzděného zpomalení byly použity čtyři různé sady pneumatik (Pneumatiky Goodyear 205/55 R16, pneumatiky Sebring Formula S3 205/55 R16, pneumatiky BF Goodrich 195/55 R15 a pneumatiky Barum Polaris 2 195/65 R15). Jako měřicí přístroj se použil XL Meter, který byl umístěn doprostřed na čelní sklo vozidla.

Testovací dráha byla rovinného povrchu v délce cca 400 metrů. Testování se provádělo na suchém povrchu a následně na povrchu mokřím. Rychlost vozidel při měření byla cca 50 km/h pro každou sadu pneumatik. Tlak ve všech sadách pneumatikách byl 120, 230 a 320 kPa. Pro každý tlak v pneumatikách se testování opakovalo dvakrát. Následně přišlo vyhodnocení naměřených hodnot a zjištění rozdílů, jak se vozidlo chová při brzděném zpomalení, když mělo podhuštěné pneumatiky, nahuštěné podle předpisu výrobce a přehuštěné.

Druhá práce byla rozsáhlejší, protože byla více zaměřená na různé typy zkoušení, jak je napsáno v prvním odstavci. Prvotním úkonem bylo vytvoření dotazníkového šetření na téma znalost řidičů ohledně správného huštění pneumatik. Obsahovalo otázky typu: jak řidič/řidička kontroluje tlak v pneumatikách, jak často řidička/řidič kontroluje tlak v pneumatikách, kde nalezne informace o tom, na kolik má nahustit pneumatiky a jaký je optimální tlak v pneumatikách atd. Následně došlo k vyhodnocení dotazníku, jak si vedli ženy, muži a různé věkové kategorie řidičů.

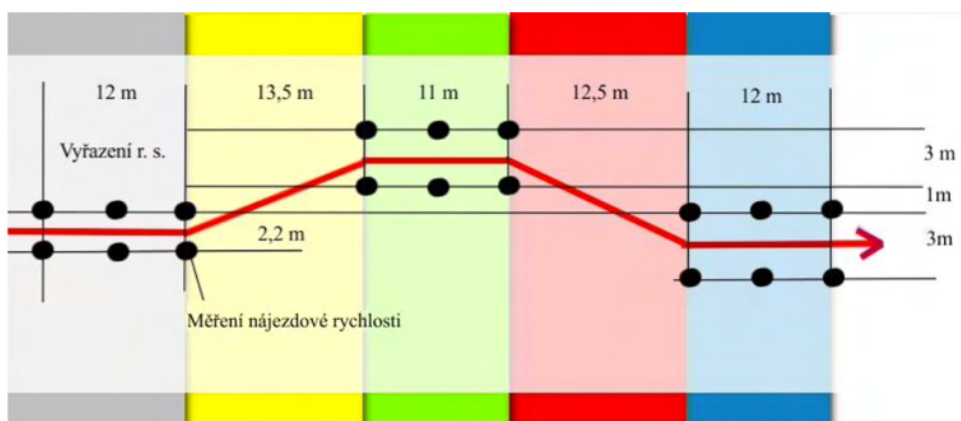
Pro testování byl jako zkušební vozidlo použit Renault Megan II. Pro dané testy byla použita jedna sada pneumatik, a to Continental ContiPreimunContact 2 195/65 R15 91T. Pro tuto práci bylo použito více měřicích přístrojů – Racelogic Performancebox (přístroj byl umístěn na čelní sklo

vozidla a byl použit na všechny testy kromě testu na měření vibrací) a Vibrometr Lutron BVB-8207SD (přístroj byl umístěn na čelní sklo vozidla a byl použit pouze na test měření vibrací). Tlak v pneumatikách byl odlišný pro přední nápravu (PN) a zadní nápravu (ZN). Pro všechny následující testy byl tlak v pneumatikách 3,3 barů PN/3,0 barů ZN; 2,8 barů PN/2,6 barů ZN; 2,4 barů PN/2,2 barů ZN; 2,0 barů PN/1,8 barů ZN; 1,5 barů PN/ 1,4 ZN barů, přičemž 2,4 barů PN/2,2 barů ZN je tlak předepsaný výrobcem pneumatik.

Jako první bylo testováno zpomalení na suchém povrchu. Jednalo se o rovný povrch v délce cca 300 metrů. Rychlosti byly cca 50 km/h a 70 km/h, zde bylo pro každou rychlost na daném tlaku testování opakováno dvakrát. Venkovní teplota byla kolem 12–14 °C.

Dalším testem bylo zpomalení na povrchu se sníženou adhezí. Místo testování byl polygon ve Vysokém Mýtě, kde se dají nasimulovat potřebné podmínky. Dráha byla dlouhá cca 100 metrů a oproti předchozímu testu zde byla pouze jedna rychlost, a to cca 50 km/h. Opakování bylo třikrát pro každý tlak v pneumatikách. Venkovní teplota byla 7–10 °C.

Následným testem byl vyhýbací manévr neboli „losí test“. Pomocí kuželů byl rozestavěn losí test **viz Obrázek č. 1**. Kvůli bezpečnosti, aby nedošlo k vyzutí pneumatiky z ráfku, byla zkouška prováděna za mírného deště a na mokré vozovce. Rozjetí vozidla bylo cca na 50 km/h a zrychlovalo se až do té doby, dokud nezasáhlo ESP nebo nebyl shozen kužel.



Obrázek č. 1 – Rozměry losího testu [21]

Dalším testem byla dojezdová zkouška, která byla prováděna na dlouhém rovném úseku cca 500 metrů. Rychlost byla zase cca 50 km/h, a když vozidlo dosáhlo požadované rychlosti, došlo k sešlápnutí spojkového pedálu a vyřazení. Opakování zde bylo pětkrát pro každý tlak v pneumatikách. Výsledné hodnoty byly rozděleny na úseky po 50 metrech až do zastavení vozidla.

Potom následoval test zaměřený na spotřebu paliva. Pro měření byl vybrán okruh dlouhý cca 37 kilometrů na dálnici D1 mezi exity Velká Bíteš a Velké Meziříčí. Start a cíl měření byly na benzinové pumpě u Velké Bíteše. Nádrž byla při každé jízdě zcela naplněna (pro přesné naplnění byla tři automatická vypnutí pistole s odstupem pěti sekund). Rychlost na dálnici byla 100 km/h a na šestý rychlostní stupeň. Kvůli menšímu provozu bylo pro testování vybrán den o víkendu. Pro každý tlak se jízda opakovala dvakrát. Venkovní teplota byla cca 10–11°C.

Poslední test měřil vibrace a byl zaměřen na jízdní komfort posádky (tlumení rázu od vozovky uvnitř vozidla). Jako místo měření byl vybrán takový povrch, který se vyznačuje velkými nerovnostmi, jako jsou dlážděné kameny. Úsek byl dlouhý cca 100 metrů. Vozidlo se rozjelo na 30 km/h a byl zařazen třetí rychlostní stupeň a test se opakoval třikrát pro každý tlak v pneumatikách.

Po každém měření byly shrnuty naměřené hodnoty, a jak se vozidlo chovalo při pneumatikách, které byly přehuštěné a podhuštěné. Následně byly vypsány rozdíly mezi nimi a porovnány s pneumatikami nahuštěnými podle výrobce. Z obou prací vždy byly nejlépe vyhodnoceny správně nahuštěné pneumatiky.

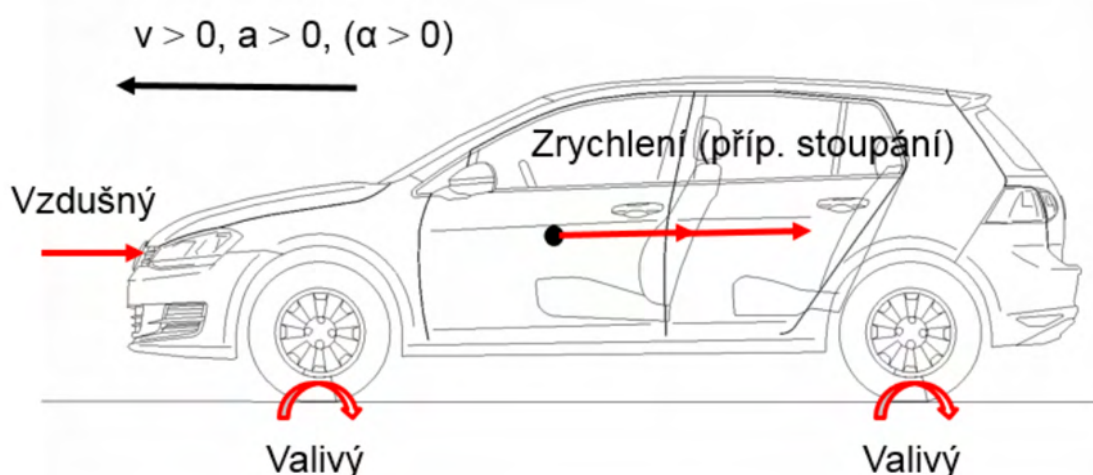
2 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRÁCE

2.1 DYNAMIKA VOZIDEL

2.1.1 Jízdní odpory

Vozidlo, které je poháněno zdroji hnací síly (spalovací motor, elektromotor, hybrid atd.), má za úkol překonat součet jízdních odporů, jako jsou odpor valivý, odpor vzdušný, odpor stoupání a odpor zrychlení. Odpor valivý a vzdušný vždy působí proti směru pohybu vozidla a vždy při jeho pohybu. Odpor stoupání vozidlo překonává při jízdě do svahu a při zrychlování překonává odpor zrychlení a působí na vozidlo jen v příslušných případech. V této diplomové práci nás bude zajímat pouze odpor valivý, protože je jediný, který s tématem diplomové práce souvisí [1, 2, 4, 8].

2.1.1.1 Odpor valivý



Obrázek č. 2 - Obrázek č. 2 - - Působení jednotlivých jízdních odporů [1, 2]

Odpor valivý vzniká především deformací kola a vozovky. Součinitel valivého odporu závisí na vlastnosti vozovky (tuhost a kvalita povrchu vozovky), deformaci pneumatik a rychlosti valení. Deformace pneumatiky závisí především na jejím huštění. Vliv rychlosti valení se projevuje především při vysokých rychlostech jízdy, a to z důvodu, že pružné síly nestačí pořádně vyrovnávat deformaci pneumatiky. U osobních vozidel, která nepřesahují rychlost cca 100 km/h, můžeme s malou chybou považovat valivý odpor za konstantní. Za předpokladu správného nahuštění a známých ustálených deformačních vlastností pneumatiky se součinitel valivého odporu F_f udává jen v závislosti na jakosti povrchu vozovky, viz tabulka č. 1 [1, 2, 4, 8].

Tabulka č. 1 – Součinitel valivého odporu na různých površích [1, 2]

| Povrch | Součinitel valivého odporu |
|-------------------------------------|----------------------------|
| Asfalt | 0,01–0,02 |
| Beton | 0,15–0,025 |
| Dlažba | 0,02 |
| Makadam | 0,03 |
| Polní blátivá cesta, travnatý terén | 0,10–0,20 |
| Čerstvý sníh, bažinatý terén | 0,10–0,30 |

Valivý odpor celého vozidla se počítá ze součiny celkové radiální reakce vozovky a součinitele valivého odporu.

$$F_f = G * f \text{ (na rovině)} \quad (1)$$

$$F_f = G * \sin\beta * f \text{ (na svahu)} \quad (2)$$

Kde: f – součinitel valivého odporu

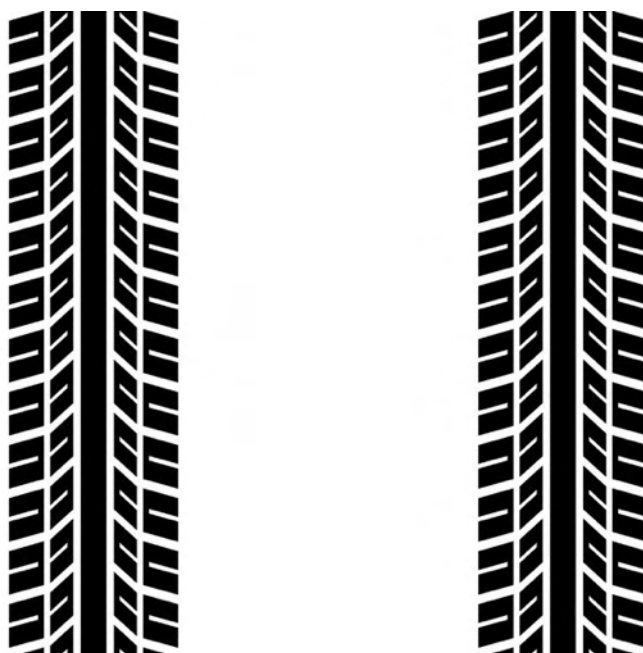
G – celková tíha vozidla

β – úhel stoupání

Valivý odpor má při hodnocení pneumatik vliv na efektivitu spotřeby paliva podle předepsaných hodnot [1, 2].

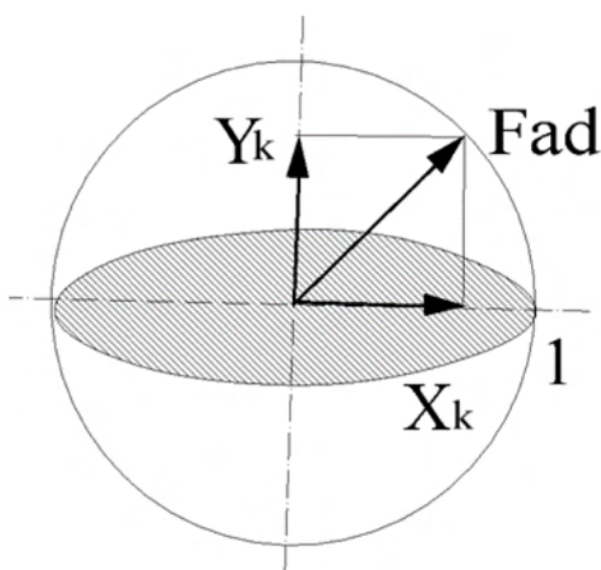
2.1.2 Adheze

Adheze (přilnavost) mezi pneumatikou a vozovkou patří mezi nejdůležitější faktory, které ovlivňují bezpečnost provozu. Styčná plocha pneumatiky s vozovkou se nazývá stopa pneumatiky [1, 2, 7].



Obrázek č. 3 – Stopa pneumatiky [1]

Deformací pneumatiky ve styčné ploše vznikají ve stopě síly různých směrů. Adheze pneumatiky na vozovce je poměrně složitější jev než prosté tření, protože kromě mikro nerovností je podmíněna makro nerovnostmi vozovky a účelně vytvořenými výstupky dezénu pneumatiky, jakož i jeho přisáváním k vozovce. Velikost adhezní síly vyjadřujeme součinem zatížení kola a součinitele adheze. Adhezní síla může působit v libovolném směru v rovině vozovky. Mezi pneumatikou a vozovkou obvykle působí dvě síly současně, a to síla v podélném a příčném směru. Pokud dosáhne kolo v jednom směru maximální možnou adhezi, nemá již schopnost vyvodit jakoukoliv reakci ve směru kolmém [1, 2, 7].



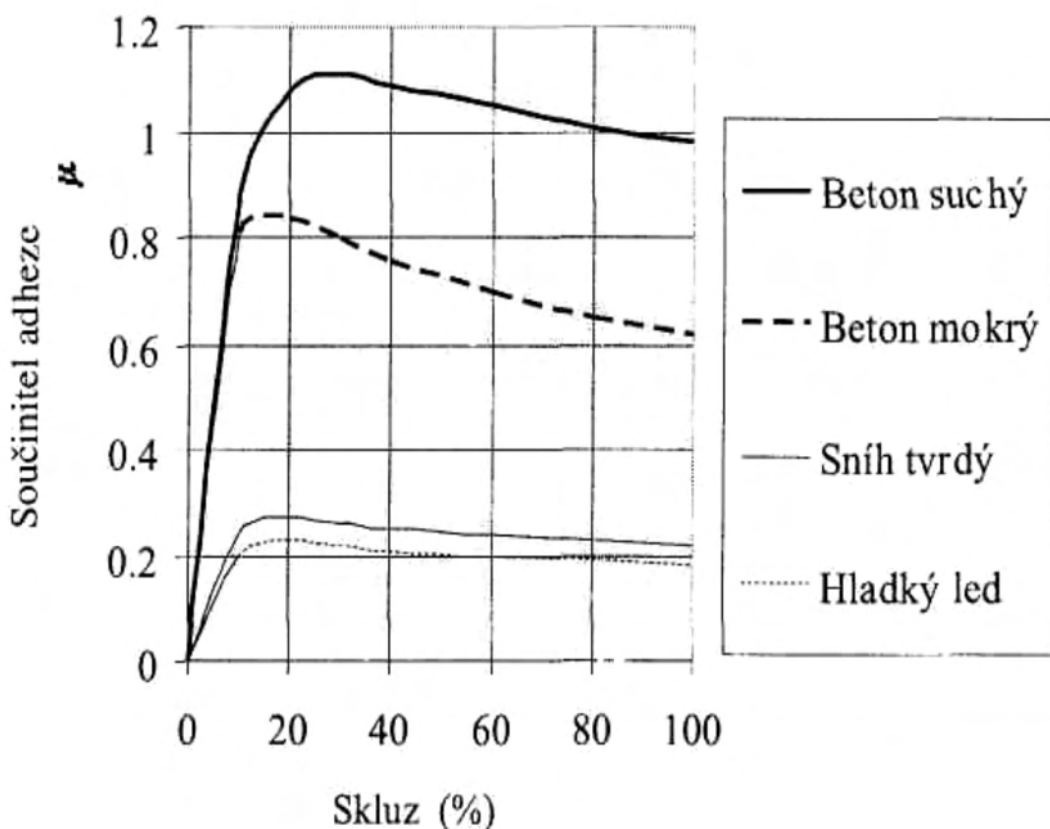
Obrázek č. 4 – Působení adhezní síly ve stopě [1]

Okamžitá velikost součinitele adheze μ závisí na jakosti styčných ploch pneumatiky a vozovky a na poměrech ve stopě, především velikosti skluzu. Skluz se dá vyjádřit pomocí poloměru dynamického a poloměru valení. Když se dosáhne 100 % skluzu, nazývá se to smyk kola [1, 2, 7].

$$\text{Skluz \%} = \frac{r_d - r_v}{r_d} * 100 \text{ u hnaného kola} \quad (3)$$

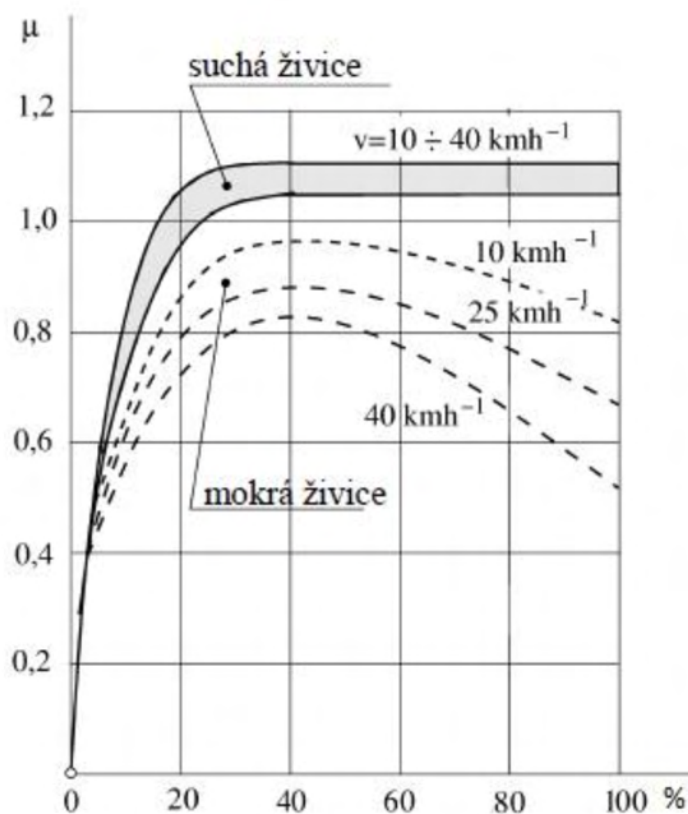
$$\text{Skluz \%} = \frac{r_v - r_d}{r_v} * 100 \text{ u brzděného kola} \quad (4)$$

Kde r_d značí dynamický poloměr kola a r_v značí poloměr valení.



Obrázek č. 5 – Závislost součinitele adheze na skluzu kola [1, 2]

Nejvyššího součinitele adheze dosahuje kolo při optimálním skluzu. Pokud dojde k jeho překročení, adheze klesá až na hodnotu 100 % skluzu, což je smyk kola. Při vzrůstající rychlosti je tento pokles výraznější [1, 2, 7].



Obrázek č. 6 – Vliv rychlosti na velikost součinitele adheze [1, 2]

Hodnota součinitele přilnavosti je ovlivněná zejména povrchem vozovky. Při jízdě po mokré vozovce musí pneumatiky vytlačit vodu ze stopy, aby došlo ke styku s vozovkou. Jestliže je velká vodní vrstva, a i velká rychlost, pak pneumatika nestačí odvádět vodu a může dojít k akvaplaninku. V následující tabulce jsou zobrazeny součinitele přilnavosti pro různé povrchy vozovky, **viz tabulka č. 2** [1, 2, 7].

Tabulka č. 2 – Součinitel přilnavosti pro různé povrchy vozovky [1, 2]

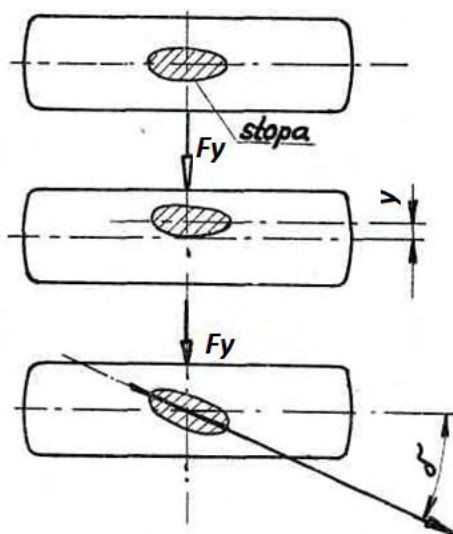
| Vozovka | | Hodnota | Vozovka | | Hodnota |
|---------------------|-------|---------|---------|-------|---------|
| Beton | Suchý | 0,8–1,0 | Asfalt | Suchý | 0,6–0,9 |
| | Mokrý | 0,5–0,8 | | Mokrý | 0,3–0,8 |
| Dlažba | Suchý | 0,6–0,8 | Makadam | Suchý | 0,6–0,8 |
| | Mokrý | 0,3–0,5 | | Mokrý | 0,3–0,5 |
| Polní cesta | Suchý | 0,4–0,6 | Tráva | Suchý | 0,4–0,6 |
| | Mokrý | 0,3–0,4 | | Mokrý | 0,2–0,5 |
| Hluboký písek, sníh | | 0,2–0,4 | Náledí | | 0,1–0,3 |

Aby došlo k největšímu přenosu obvodových sil mezi pneumatikou kola a vozovkou, musí být hnací, popřípadě brzdné momenty přiváděny na kolo takové, aby nevzniklo prokluzování nebo blokování kol [1, 2, 7].

2.1.3 Směrová úchylka

Při odvalování tuhého kola se nemění směr jeho pohybu, tzn. kolo se valí v rovině, pokud boční síla nepřekročí boční adhezi kola. Potom dojde k bočnímu smyku kola a ke změně směru jeho pohybu.

Nepůsobí-li na kolo boční síla, souhlasí rovina kola s osou stopy kola na vozovce. Při působení boční síly se posune rovina kola v důsledku pružné deformace proti ose stopy o hodnotu y . Když se kolo otáčí, přicházejí jednotlivé prvky jeho povrchu do styku s vozovkou bočně vysunuty proti těm prvkům, které jsou již ve styku s vozovkou, a osa styčné plochy se tím vychýlí o úhel δ . Jelikož je směr pohybu kola dán v podstatě směrem stopy kola, je tím dán i úhel směrové úchylky kola, viz obrázek č. 7 [1, 3].



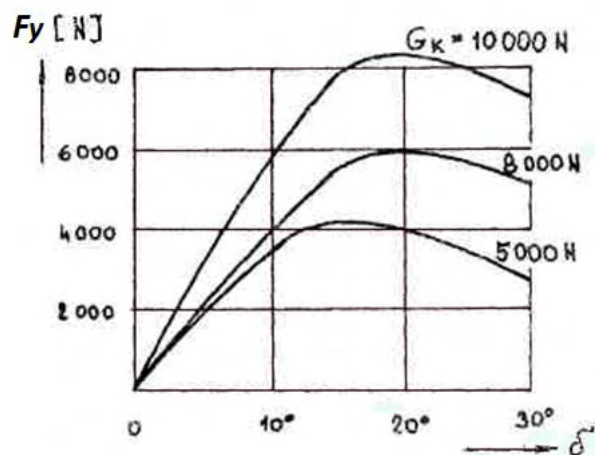
Obrázek č. 7 – Vznik směrové úchylky kola [1]

2.1.3.1 Závislost směrové úchylky kola

Velikost úhlu směrové úchylky kola závisí na mnoha faktorech:

- velikost boční síly,
- velikost a využití adheze,
- konstrukci a huštění pneumatiky a konstrukci ráfku,
- zatížení kola radiální a tangenciální silou.

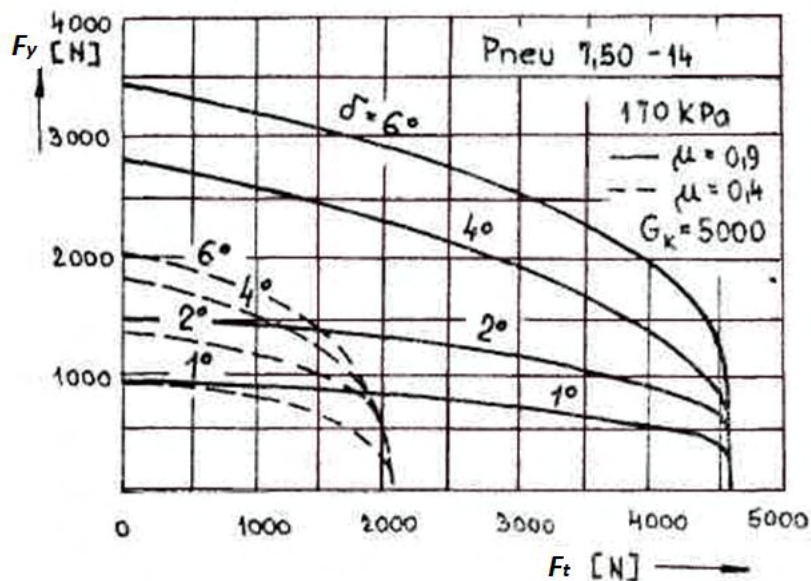
Typická závislost úhlu směrové úchylky na boční síle pro určitou pneumatiku a různá radiální zatížení, viz **obrázek č. 8**. Směrová úchylka roste zpočátku lineárně s boční silou. Maximální boční sílu je kolo schopno přenášet při velikosti směrové úchylky kolem 20°. Když se dále bude zvětšovat úchylka, boční síla opět klesá [1, 3].



Obrázek č. 8 – Závislost úhlu směrové úchylky na boční síle [1]

Boční síla při stálé směrové úchylce neroste úměrně se zatížením kola a při větších zatíženích i klesá. Toto je velmi důležité pro směrovou stabilitu vozidla, protože se boční síla na nápravy vozidla rozděluje úměrně jejich zatížením a kola nápravy více zatížená se proto odvalují s většími směrovými úchylkami, kvůli tomu dochází ke stáčení vozidla. Proto se kola více zatížená nápravy hustí na vyšší tlak, tím se zmenší jejich směrová úchylka na podobnou hodnotu méně zatížené nápravy [1, 3].

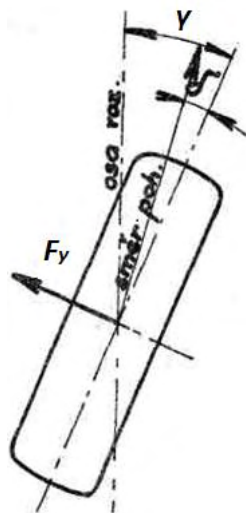
Přehled o vodících vlastnostech pneumatiky je zobrazen na **obrázku č. 9**. Je tam vynesena závislost boční a tangenciální síly kola při určitém radiálním zatížení, při konstantních hodnotách směrových úchylek a při různých součinitelích adheze. Z obrázku je patrný vliv vzájemného působení využívání adheze v obou vzájemně kolmých směrech [1, 3].



Obrázek č. 9 – Přehled o vodících vlastnostech pneumatiky [1]

Kromě boční síly, zatížení kola, velikosti a využití adheze má na směrovou úchylku vliv konstrukce pneumatiky a ráfku. S rostoucí šířkou profilu pláště proti jeho výšce a se zvětšující se šířkou ráfku se zmenšují směrové úchyly při jinak stejných podmínkách [1, 3].

Úhel směrové úchylky se nesmí zaměňovat s úhlem rejdu kola. Při jízdě v zatáčce je kolo natočeno proti ose vozidla o úhel rejdu α , vlivem boční síly F_y se však odvaluje se směrovou úchylkou δ , takže směr pohybu kola je od osy vozidla odchýlen o úhel $\gamma - \delta$, viz obrázek č. 10 [1, 3].



Obrázek č. 10 – Úhel rejdu kola [1]

2.1.4 Brzdění

Brzděním se rozumí záměrné snižování rychlosti daného vozidla nebo zamezení rozjetí stojícího vozidla. Brzdění vozidla se rozlišuje podle účelu, a to na čtyři druhy, a to provozní, nouzová, parkovací a odlehčovací brzda [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Provozní brzdění musí umožnit stálé ovládání vozidla a účinné rychlé zastavení. Zastavení musí být zajištěno při jakémkoliv zatížení, při jakékoliv rychlosti a na všech svazích, které připadají v úvahu při provozu vozidla. Brzdného účinku se nejčastěji dosahuje zpomalováním otáčejících se kol. Je ovládána řidičem vozidla [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Nouzové brzdění musí zajistit zastavení vozila v případě, že dojde k poruše provozního brzdění. Je ovládána řidičem vozidla [1, 2, 3, 4, 5, 6].

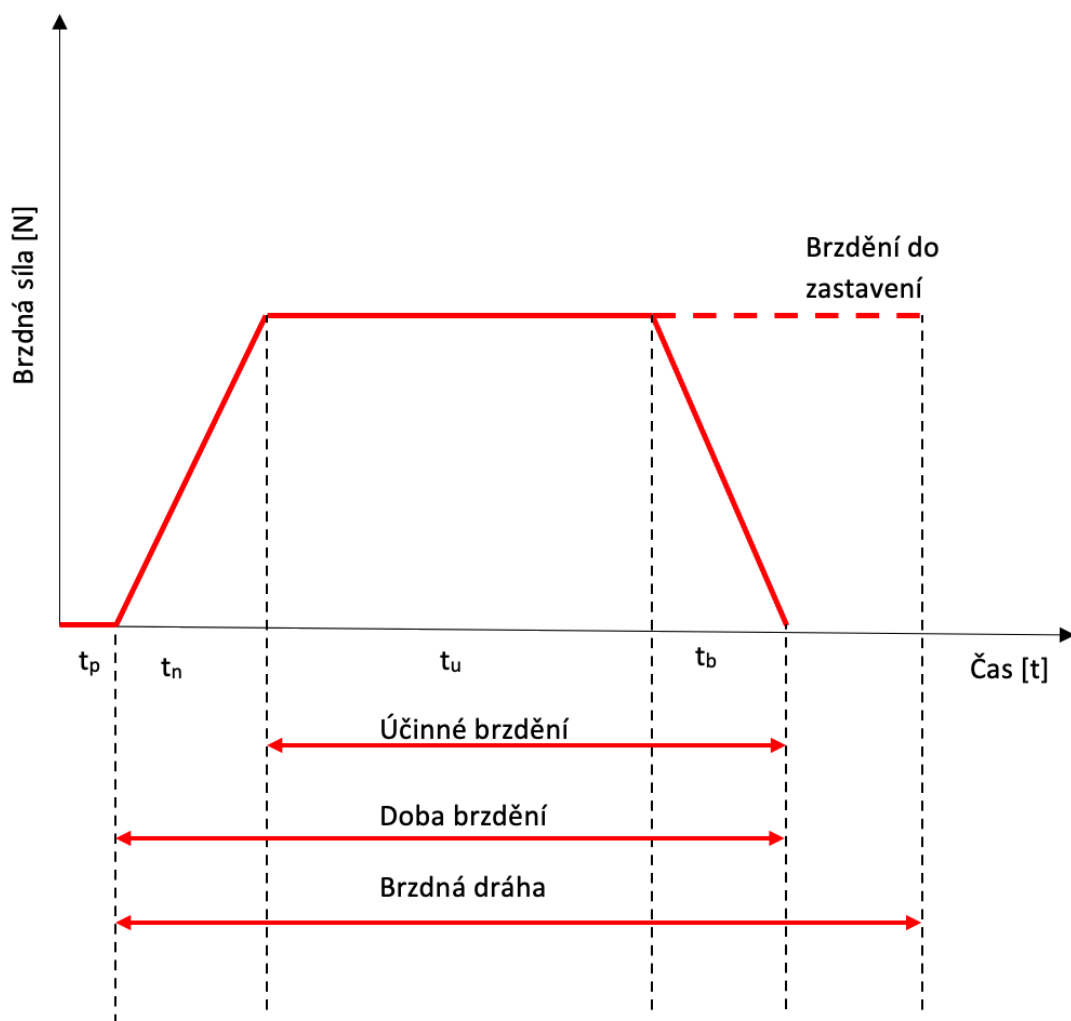
Parkovací brzdění je určeno k tomu, aby zabránilo vozidlu stojícímu zejména na svahu dát se do pohybu, a to zvláště za nepřítomnosti řidiče [1, 2, 3, 4, 5, 6].

Odlehčovací brzdění umožňuje omezení rychlosti nebo její dodržení při jízdě ze svahu. Toto brzdění neslouží k zastavení vozidla [1, 2, 3, 4, 5, 6].

2.1.4.1 *Brzdná dráha*

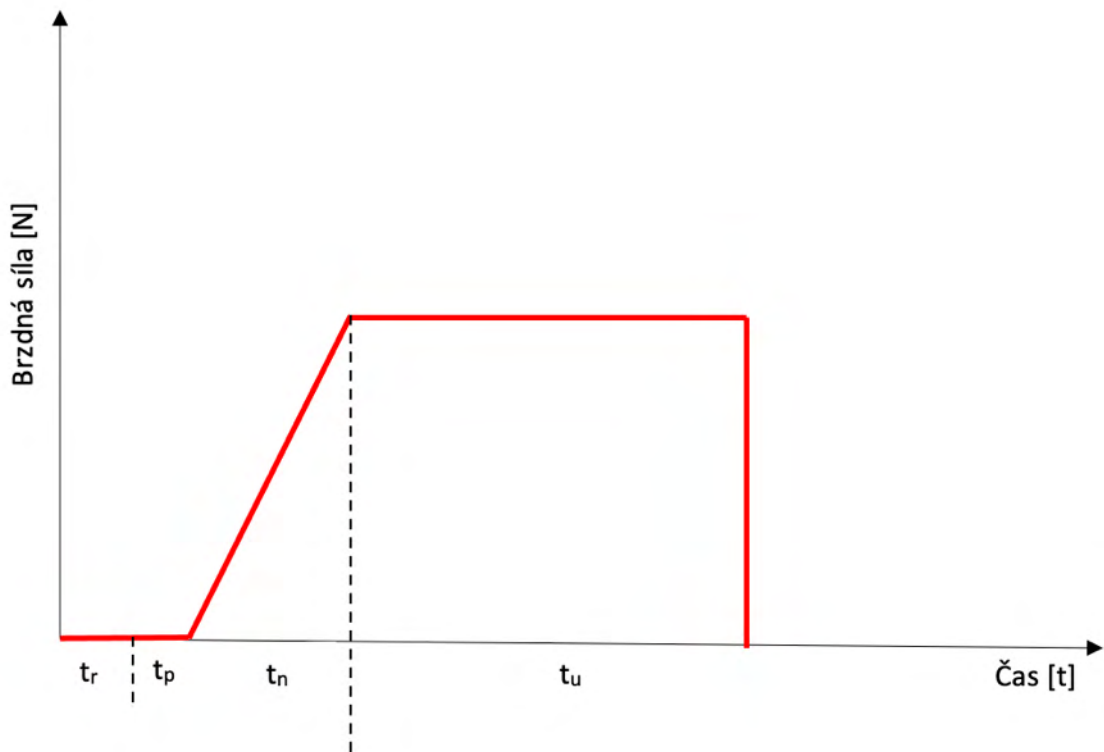
Brzdná dráha je dráha, při které je vozidlo zastaveno. Pokud má být vozidlo rychle zastaveno, pak můžeme kvalitu brzdové soustavy posuzovat podle délky brzdné dráhy. Pro osobní automobily je minimální brzdné zpomalení $5,8 \text{ m/s}^2$ [2, 4, 5, 6].

Průběh brzdění závislý na času můžeme vidět na **obrázku č. 11**. Diagram je rozdělen na několik částí. První část je ta, kdy řidič začne působit na brzdový pedál, a čas, kdy se začne projevovat brzdny účinek. Této části se říká technická prodleva brzdění t_p . Další část se dá označit jako náběh brzd t_n , což je čas od začátku působení brzd až po maximální brzdění. V grafu vidíme, že se brzdná síla zvyšuje. Další částí je brzdění t_u , jež trvá až do úplného zastavení vozidla. Poslední částí je doběh brzd t_b . Do brzdné dráhy se nepočítá reakce řidiče. Tím pádem je brzdná dráha ta dráha, kterou vozidlo ujede od okamžiku působení na brzdový pedál až do zastavení vozidla [2, 4, 5, 6].



Obrázek č. 11 – Brzdná dráha [5, 6]

V následujícím **obrázku č. 12** je zobrazena doba či dráha potřebná k zastavení vozidla neboli dráha na zastavení. Oproti **obrázku č. 11** se do brzdné dráhy započítává reakční doba řidiče. Rozdíl je především v první části grafu, kde nás zajímá to, kdy dojde ke zpozorování překážky a k vynaložení síly na brzdový pedál. Jednoduše se tomu dá říkat jako reakční doba řidiče t_r . Normální reakční doba řidiče je přibližně 0,8 sekundy až 1,0 sekundy. V reakční době a v době technické prodlevy brzd se rychlost vozidla příliš nemění a zůstává stejná jako výchozí rychlost v_0 [2, 4, 5, 6].



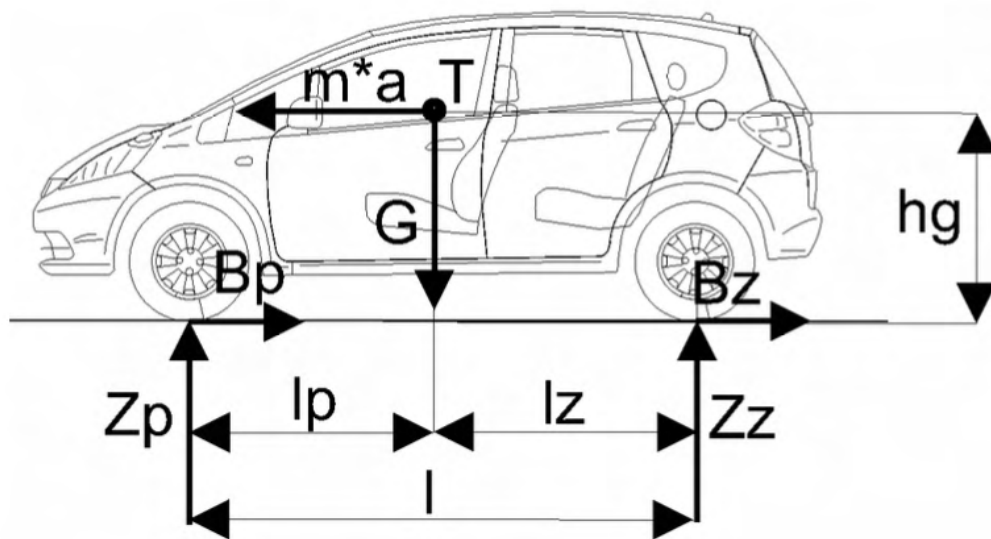
Obrázek č. 12 – Dráha na zastavení [2]

2.1.4.2 Poměrné zpomalení, brzdné síly

Během brzdění vozidla je zrychlení záporné a obvodové síly na kolech jsou také záporné. Aby se nemuselo uvažovat záporné znaménko zrychlení, zavede se označené jako poměrné zpomalení [1, 2, 4].

$$z = -\frac{a}{g} \quad (5)$$

V těžišti vozidla působí setrvačná síla jako $\mathbf{m} \cdot \mathbf{a} = \mathbf{G}z$ a na nápravách působí brzdné síly B_p a B_z . K rozdělení brzdné síly na nápravách se používá jejich regulace. Pokud se zanedbá valivý odpor, vzdušný odpor, vztlak a momenty setrvačnosti rotujících kol, výsledné síly jsou zobrazeny na **obrázku č. 12** [1, 2, 4].



Obrázek č. 13 - Brzdné síly [1]

2.1.4.3 Ideální brzdné síly

Ideálními brzdými silami jsou nazývané maximálně přenositelné brzdné síly na nápravách vozidla [1, 2, 4].

$$B_{Pid} = B_{Pmax} = \mu_v * Z_p \quad (6)$$

$$B_{Zid} = B_{Zmax} = \mu_v * Z_z \quad (7)$$

Skutečné brzdné síly lze vyjádřit podobně

$$B_p = f_p * Z_p \quad (8)$$

$$B_z = f_z * Z_z \quad (9)$$

... f_p a f_z jsou součinitele využívané přilnavosti pro přední a zadní nápravu. Součinitel využívané přilnavosti je dán poměrem obvodové síly kola k svislému zatížení kola. Toto charakterizuje poměry vyskytující se ve stopě. V případě, kdy součinitel přilnavosti je na přední a zadní nápravě stejně velký, jsou rovny součinitele valivé přilnavosti [1, 2, 4].

$$f_p = f_z = \mu_v \quad (10)$$

Zde mluvíme o ideálním rozložení brzdných sil. Celková brzdná síla G_z je dána rovnicí:

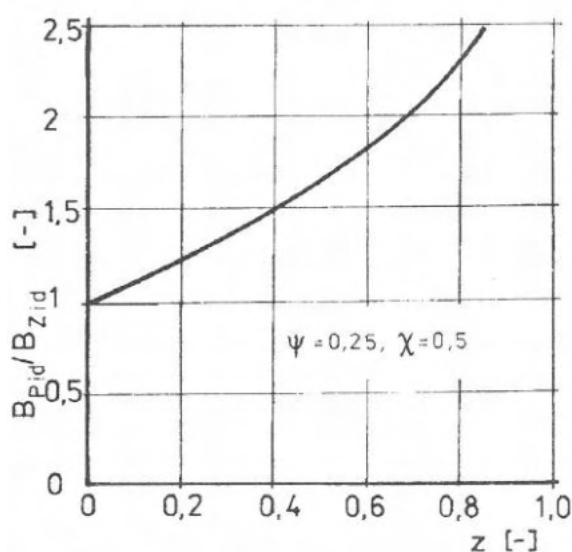
$$G_z = B_{Pid} + B_{Zid} = \mu_v * (Z_p + Z_z) \quad (11)$$

...protože $Z_P + Z_Z = G$ je při ideálním rozdělení brzdných sil poměrné zpomalení stejně velké jako součinitel valivé přilnavosti. Toto poměrné zpomalení nazýváme ideální [1, 2, 4].

Ideální rozdělení brzdných sil ukazuje, že na každé nápravě je poměr sil k dynamickému zatížení nápravy pro jakékoliv zpomalení stejný. Poměr ideálních brzdných sil je dán rovnicí:

$$\frac{B_{Pid}}{B_{Zid}} = \frac{Z_P}{Z_Z} = \frac{1 - \psi + z\chi}{\psi - z\chi} = i_{id} \quad (12)$$

Na **obrázku č. 14** vidíme, že s rostoucím poměrovým zpomalením musí být přední náprava brzděna silněji než zadní [1, 2, 4].



Obrázek č. 14 - Ideální brzdné síly [2]

2.1.4.4 Stabilita brzděného vozidla

Stabilita při brzdění závisí na rozdělení celkové brzdné síly vozidla na přední a zadní nápravu neboli na tom, u které nápravy dojde k blokování kol. Blokují-li se kola přední nápravy, pak boční síla působí pouze na zadní nápravě. Tím se vozidlo natáčí do směru setrvačné síly. Automobil s blokujícími předními koly se pohybuje přibližně ve stejném směru jako před brzděním a chová se stabilně [1, 2].

Pro zachování přímé jízdy je lepší přebrzdění předních kol. Pokud bude přebrzděná přední náprava při jízdě zatáčkou, bude se vozidlo pohybovat smykem ven ze zatáčky. Kvůli tomu je lepší, když se prvně blokují kola zadní nápravy, aby zůstala možnost řízení předních kol. Z hlediska směrové stability při přímé jízdě je nutno volit rozdělování brzdných sil náprav tak, aby bylo zabráněno přebrzdění zadní nápravy, protože blokující kola na zadní nápravě vyvolají rotaci vozidla kolem svislé osy. Jestliže se blokují současně obě nápravy, pak pokud nepůsobí na vozidlo vnější

rušivá síla, pohybuje se vozidlo dále přímým směrem. Pokud vznikají rušivé síly, pak se vozidlo může navíc natáčet [1, 2].

2.1.4.5 Protiblokovací systém (ABS)

Jedná se o protiblokovací systém brzdové soustavy, která řídí skluz ve směru otáčení kola (podélný skluz) na jednom nebo několika kolech vozidla. Při kritických situacích, kdy řidič prudce brzdí hlavně na mokré nebo zmrzlé vozovce, může dojít k zablokování kol. Vozidlo pak ztrácí směrovou stabilitu, tzn. že je neovladatelné a dochází k jeho smyku. ABS včas rozezná blokování jednoho nebo více kol a sníží tlak v brzdové soustavě. Následně je vozidlo opět říditelné, chová se stabilně a je možno plynule dokončit brzdění. Systém ABS není prvotně určen ke zkracování brzdné dráhy, ale k zachování směrové stability [1, 2, 5, 6].

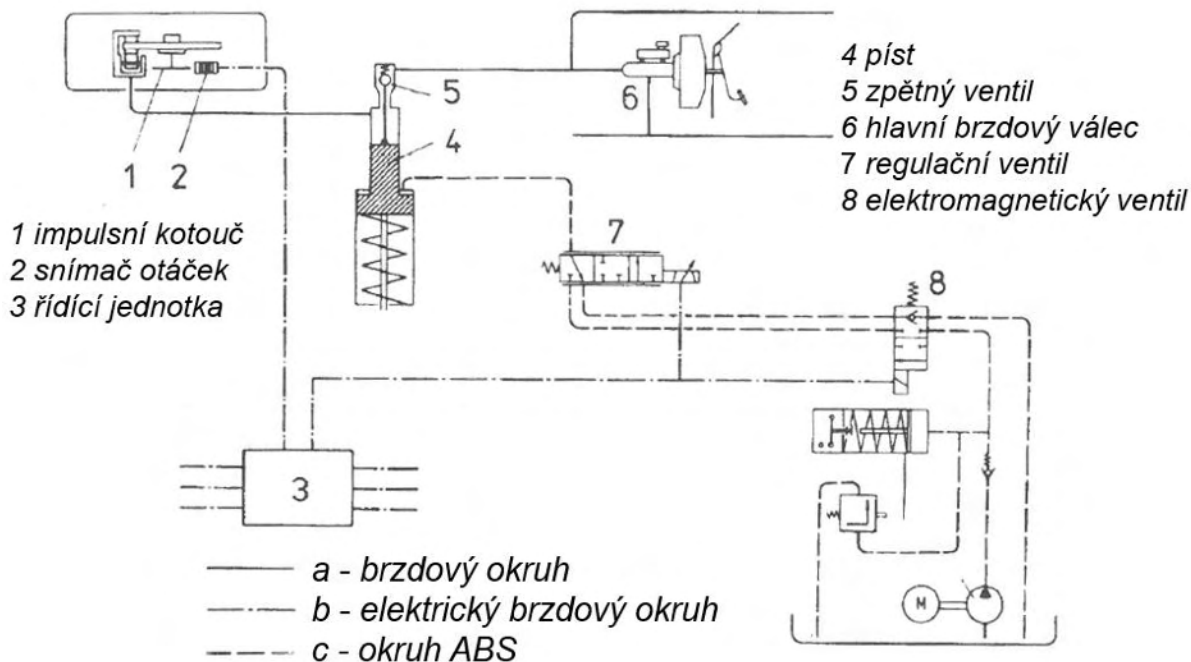
Na systém jsou kladeny tyto požadavky:

- během regulovaného brzdění musí být zachována říditelnost a stabilita vozidla;
- při brzdění na vozovce s různou přilnavostí musí být nutná řídicí korekce (natáčení vozidla) co nejmenší;
- regulace musí pracovat v celém rychlostním rozsahu;
- musí se rychle přizpůsobit změnám přilnavosti vozovky;
- při poruše ABS musí být zachována plná funkčnost základní brzdové soustavy;
- při brzdění na nerovné vozovce musí být vozidlo ovladatelné při libovolně prudkém brzdění;
- Pokud je porucha ABS, musí dojít k vypnutí systému a řidič musí být o závadě informován [1, 2, 5, 6].

Princip činnosti ABS

Regulační obvod ABS je jak pro kapalinové, tak pro vzduchové brzdy a skládá se ze tří základních skupin:

- Snímač otáček, který je upevněn na kole a snímá okamžitou rychlost otáčení kola.
- Elektrická řídicí jednotka.
- Akční člen neboli modulátor brzdného tlaku, který v závislosti na elektrických signálech mění tlak v brzdovém válci a tím mění brzdný moment kola [1, 2, 5, 6].



Obrázek č. 15 – Princip činnosti ABS [1]

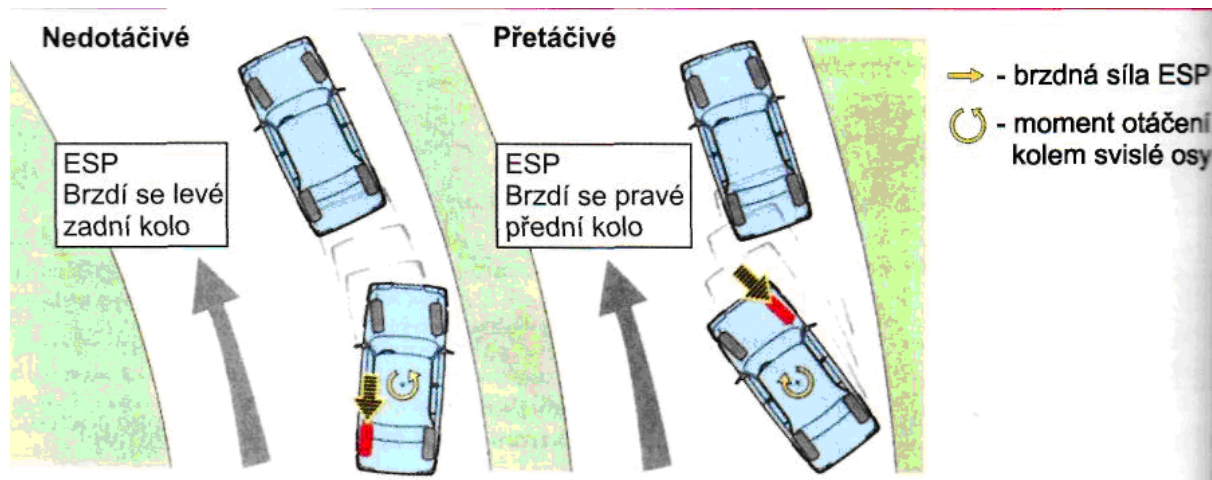
Při normálním brzdění proudí brzdová kapalina od hlavního brzdového válce do brzdového kolového válce. Stupňový píst pro uvolňování tlaku zůstává v horní poloze. Pokud má kolo sklon k blokování, působí na signál přicházející od kola přes řídicí jednotku na regulační a elektromagnetický ventil. Objem brzdové kapaliny nad pístem se zvětšuje, tím klesá brzdový tlak a poklesne i brzdový moment [1, 2, 5].

Ovladatelnost vozidla je omezena velikostí sil, které lze přenést mezi koly a vozovkou (závisí na součiniteli adheze). Součinitel adheze závisí na povrchu vozovky, druhu pneumatiky, velikosti skluzu, povětrnostních podmínkách. Součinitel přilnavosti přitom závisí také na úhlu směrové úchylny pneumatiky. Brzdění probíhá většinou při nízkých skluzech. Při přebrzdění se pneumatika dostává do nestabilní oblasti velkých skluzů, kde zvýšený skluz vede ke snížení brzděné síly a k zablokování kola. Čím větší je brzdový skluz, tím menší je schopnost kola přenášet boční síly nutné ke změně směru. Když dojde k úplnému zablokování kol, vozidlo na pohyb volantu vůbec nereaguje. Hlavní úlohou ABS je optimální využití přilnavosti mezi koly a vozovkou. Brzdový tlak musí být regulován tak, aby brzdový skluz na kolech byl stále udržován v oblasti maxima [1, 2, 5].

2.1.4.6 Elektronický stabilizační program (ESP)

ESP má pomáhat řidiči zvládnout kritické situace na silnici. Jedná se o rozšíření systému ABS a ASR. ESP má snižovat riziko smyku v zatáčce a přispívat ke stabilitě vozidla cíleným brzděním a snížením točivého momentu motoru. Systém ESP v základu obsahuje hydraulický agregát

a snímače snímající a vyhodnocující jízdní situaci. Pokud je třeba, systém rychle zvýší brzdný tlak na jednotlivých kolech a sníží tak riziko smyku. To vše bez činnosti řidiče [5, 6].



Obrázek č. 16 – Nedotáčivé a přetáčivé vozidlo [5, 6]

Na **obrázku č. 16** vidíme funkci systému při nedotáčivém a přetáčivém vozidle. Systém vyhodnotí údaje a podle toho zasáhne do řízení. K dispozici má následující údaje:

- Brzdný tlak;
- Boční zrychlení;
- Úhel natočení volantu;
- Polohu akceleračního pedálu;
- Podélné zrychlení vozidla [5, 6].

2.2 PNEUMATIKY

Kolo s pneumatikou je důležitou částí vozidla, protože je jeho jediným prvkem, který je v kontaktu s vozovkou. Má velký vliv na bezpečnost i na komfort jízdy. Pneumatika má zcela mimořádný význam pro jízdní bezpečnost. Odborníci mluví o tom, že pneumatiky a brzdy jsou nejvýznamnějšími konstrukčními prvky, pokud se jedná o aspekty spojené s jízdní bezpečností [3, 4, 5].

Účelem vozidlového kola je unést celkovou hmotnost vozidla. Dále přenáší za pohybu síly a momenty sil mezi vozidlem a vozovkou. Pokud kolo přenáší hnací moment, který je tvořen hnací silou v ložisku kola a ve styku s podložkou, vzniká tangenciální reakce ve směru pohybu kola. Působí-li na kolo boční síla v ose kola, vzniká boční reakce. Dalším účelem je zlepšení odpérování celého vozidla a zlepšení styku kol s vozovkou [3, 4, 5].

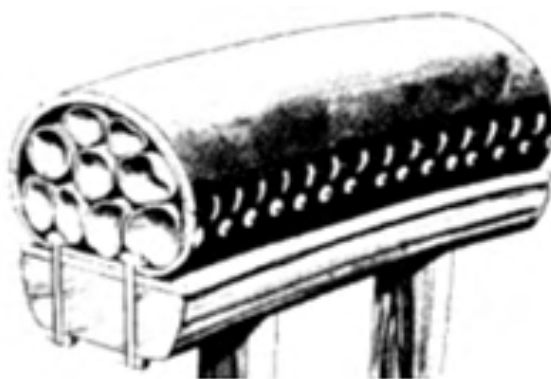
2.2.1 Definice

Pneumatika se dá popsat jako plášť případně s duší, ochrannou vložkou (používá se jen u některých typů ráfků) nebo bezdušovým ventilem, namontovaný na ráfek a naplněný stlačeným vzduchem. Když máme bezdušovou pneumatiku, funkci duše musí přebírat samotná pneumatika a ráfek kola. Plášť je potom pružná vnější část, přes kterou se zajišťuje styk s vozovkou, která přes patku dosedá na ráfek. Pneumatika je vyrobena ze zesíťovaných a nezesíťovaných makromolekulárních materiálů a oceli [3, 4, 5].

Vlastnostem pneumatik se dá rozumět jako schopnost pneumatik, například to může být směrová stabilita, odvod vody, odolnost na akvaplanink, valivý odpor, hystereze, prokluz mezi pneumatikou a vozovkou [3, 4, 5].

2.2.2 Historie

V dnešní době jsou pro nás pneumatiky samozřejmostí, ale jejich vývoj má více než 200letou historii. K prvnímu patentu došlo v roce 1845, kdy si Skot jménem Robert Wiliam Thomson nechal patentovat předchůdce pneumatiky. Jednalo se o použití více nafoukaných trubek. Thomson svým vynálezem předběhl dobu, ale v půlce 19. století nenašel uplatnění.



Obrázek č. 17 – První typ pneumatiky [18]

V roce 1888 začal vynalézat pneumatiku John Boyd Dunlop. Viděl svého syna jezdit na tříkolce na pevných a tuhých gumových pneumatikách. Dunlop kola obalil tenkými gumovými plátky, slepil je dohromady a nafoukl pumpičkou na fotbalový míč. Tímto vynalezl první nafukovací systém v historii a vytvořil základy první nafukovací pneumatiky. Dunlop si okamžitě nechal svůj vynález patentovat, dále ho vyvíjel a tím založil firmu Dunlop Pneumatic Tire. V roce 1890 otevřel první továrnu v Dublinu a do roku 1902 měl fabriky po celém evropském kontinentu. Následně rozšiřoval svoji výrobu do celého světa. Díky tomuto vynálezu se pevná pneumatika stala zastaralou [17, 18].

V roce 1891 přišli francouzští bratři Michelinové s první pneumatikou pro osobní vozidla. Jejich řešení bylo velmi úspěšné. O pár let později přišel vynález bezdušové pneumatiky. V roce 1905 se do pneumatiky běhounu zavedl protiskluzový dezén. Začátkem třicátých let 19. století přichází první zimní pneumatika, určená především pro nákladní vozidla.

Dalším velkým pokrokem bylo představení radiální pneumatiky, kterou vynalezla společnost Michelin. V následující letech docházelo ke zlepšování pneumatik jak pro osobní, tak i pro závodní vozidla. S tím přišla firma Pirelli, která začala nabízet neúzkoprofilové pneumatiky. Psal se rok 1975 [17, 18].

Pneumatiky se vyvíjely i na začátku 21. století. Například vznikly pneumatiky, se kterými se dalo jezdit při úniku tlaku, což zajistila zesílená bočnice pneumatiky. Dále vznikaly pneumatiky, u kterých by nemělo docházet ke vzniku defektu. Ve vnitřní části pneumatiky je lepivá vrstva, která dokáže vyplnit defekt pneumatiky [17, 18].

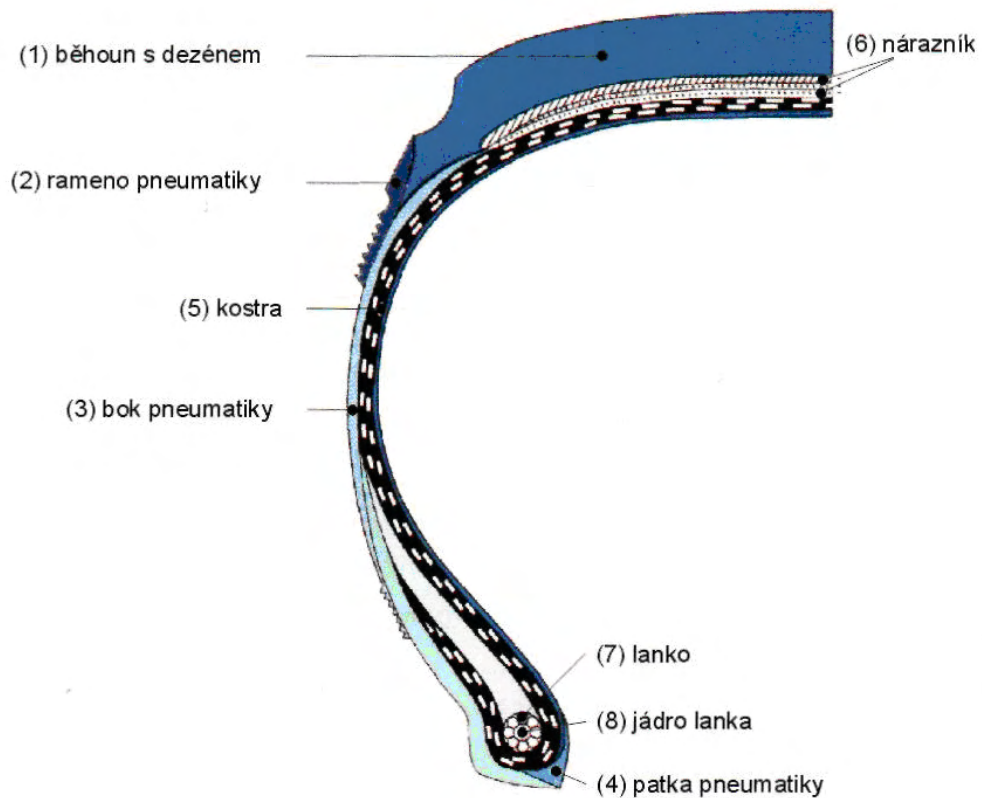
Posledním stupněm vývoje v pneumatikách jsou pneumatiky takzvaně bez vzduchu. Zabývá se jimi společnost Michelin. Nyní jsou pneumatiky ve fázi testování a následně lze předpokládat jejich rozšíření do běžného provozu [17, 18].



Obrázek č. 18 – Pneumatiky bez vzduchu [17]

2.2.3 Hlavní části pneumatiky, konstrukce

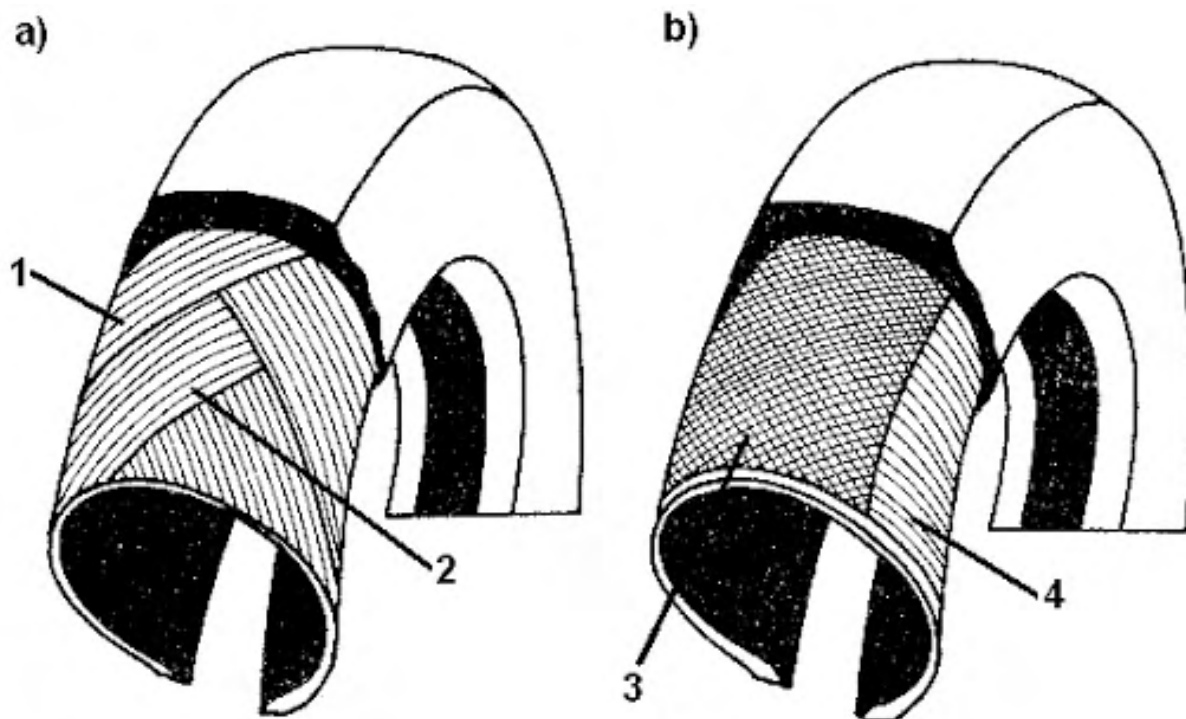
Pneumatiky se skládají z pěti hlavních částí – běhoun s desénem, bok pneumatiky, kostra, nárazník a patka pneumatiky [3, 4, 5, 6].



Obrázek č. 19 – Kostra pneumatiky [5,6]

2.2.3.1 Kostra pneumatiky

Kostra je uváděna jako nejdůležitější vlastnost pneumatiky kvůli jízdním vlastnostem. Hlavním úkolem je zabezpečit přenos tažného momentu a nedovolit změnu tvaru pneumatiky, následně by měla zabránit roztržení pneumatiky při pracovním tlaku. Kostra je složena především z vložek tvořených vlákny bavlněnými, plastovými, polyesterovými nebo ocelovými, která jsou spojena pryží. Tenká vlákna jsou vedena rovnoměrně a co nejvíce v těsné blízkosti. Jednotlivá vlákna jsou upevněna kolem patních lan podle toho, jak jsou pásy vložek vedeny, tak se pneumatiky dělí na dva druhy. U kostry tedy rozeznáváme diagonální a radiální pneumatiky [3, 4, 5, 6].



Obrázek č. 20 – Diagonální (a) a radiální (b) pneumatika [5]

Diagonální pneumatika

Diagonální kostra je tvořena pásy, které jsou vedeny od patky k patce a vzájemně se kříží pod úhlem až 40 stupňů. Stejně tak jsou ukotveny pásy na bočnicích i koruně pneumatiky. Sousedící vlákna, která se kříží, jsou zakotvena pod patkou. Tento typ pneumatiky většinou nemá nárazník, protože zachycení obvodových sil zachycují diagonální pásy. Tato vlákna přenáší obvodové a příčné síly přímo do patky. Při zatížení dochází k přitlačování krajní části běhounu k vozovce a tím se oddaluje střed běhounu od vozovky (nejvíce se to projevuje na jízdě po nerovném povrchu). U těchto typů pneumatik se vlákna neprodlužují, ale pouze posouvají a namáhají pryž. Tím dochází ke vzniku tepla. Víme, že diagonální pneumatiky se zahřívají více než radiální [3, 4, 5, 6].

Diagonální pneumatiky začínají mít problém při vyšších rychlostech cca nad 180 km/h, protože zde musí být úhel vláken snížen na 30 stupňů. Délka vláken se zde zvýšila, a to vedlo ke ztrátě jízdní bezpečnosti pneumatik. Tento jev vedl k výrobě radiálních pneumatik [3, 4, 5, 6].

Radiální pneumatika

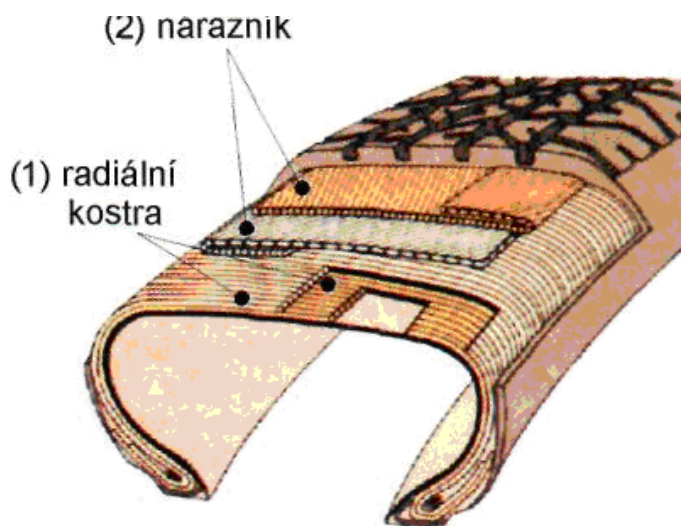
Radiální kostra je tvořena pásy, jež jsou vedeny od patky k patce kolmo na rovinu rotace kola. Možnost přenášet obvodové síly je velmi mizivá, proto zde musí být nárazník. Ten dokáže přenášet obvodové síly na potřebný celý obvod ráfku. Díky tomu má tento typ pneumatik lepší přilnavost s vozovkou neboli pneumatika má stálý kontakt s vozovkou bez ohledu na zatížení vozu.

Mezi hlavní přednosti patří větší bezpečnost jízdy, kvůli již zmíněnému lepšímu kontaktu s vozovkou [3, 4, 5, 6].

Ve srovnání s diagonálními pneumatikami nevytváří radiální tak velké teplo, zachycují lépe boční sílu, mají menší opotřebení, lepší brzdící schopnost, představují úsporu paliva, lepší adhezi, jsou odolnější proti průrazu, mají menší valivý odpor, ale jsou dražší, choulostivější na správné nahuštění a jsou hlučnější při jízdě na nerovném povrchu vozovky [3, 4, 5, 6].

2.2.3.2 Nárazník

Nárazník je umístěn mezi horní částí kostry radiální pneumatiky a běhoun. Jeho úkolem je přijímat větší část nárazů od vozovky. Jednotlivé vrstvy nárazníku jsou vedeny tak, že se jednotlivé pásy vzájemně kříží. Pomáhá chránit kostru proti poškození, stabilizuje běhoun v obvodovém směru, neztvrdívá se pneumatiky při zatáčení. Většinou se používá více vrstev nárazníku [3, 4, 5, 6].



Obrázek č. 21 – Nárazník pneumatiky [5, 6]

2.2.3.3 Běhoun

Běhoun představuje hlavní stykovou plochu mezi pneumatikou a vozovkou. Zprostředkovává přenos sil a momentů mezi pneumatikou a vozovkou. Pro správnou činnost pneumatiky má dezén. Další funkcí běhounu je chránit kostru před počasím a poškozením, odvádět vzniklé teplo. Důležitá je také směs běhounu. Dnes se u pneumatik nejvíce používá jako základní směs kaučuk. Dezén je soustava různě uspořádaných drážek, které musí zajistit dobrou přilnavost pneumatiky k vozovce. Dezén je tvořen soustavou podélných a příčných drážek, které mají předepsanou hloubku a jsou uspořádané na povrchu pneumatiky. Všechny drážky na pneumatice mají plnit dané úkoly. Příčné drážky zajišťují přenos brzdících, hnacích a tažných sil. Podélné drážky zajišťují přenos bočních sil a ovlivňují směrovou stabilitu vozidla. Když máme

mokrou vozovku, úkolem dezénu je co nejlépe odvést vodu z jízdní stopy pomocí drážek. Důležitým hlediskem pro adhezi je směs pryže pneumatiky, protože ovlivňuje životnost běhounu [3, 4, 5, 6].

Dezén běhounu

V dnešní době se používají tři druhy typu dezénu pneumatik, a to symetrický, asymetrický a směrový typ [3, 4, 5, 6].

Symetrický pneumatiky mají symetrický tvar dezénu v podélné ose. Když se tedy na pneumatiku podíváme, vidíme, že veškeré drážky jsou umístěny stejně na pravé i levé straně. To stejné platí i pro jejich funkce. Symetrický dezén se stal již standardním typem a v dnešní době se používá především u nižší a střední třídy pneumatik. Velké uplatnění najdou u vozidel, která jezdí kratší vzdálenosti. Výhody představují dobré jízdní vlastnosti na suchu a vyvážené jízdní vlastnosti. Nevýhodami jsou horší jízdní vlastnosti na mokré vozovce a menší stabilita v zatáčkách [3, 4, 5, 6].

Asymetrické pneumatiky mají po obvodu běhounu funkční segmenty uspořádané nesymetricky. Vnější strana pneumatiky slouží k lepšímu odvalování pneumatiky a zvýšení stability při jízdě v zatáčce. Vnitřní strana pneumatiky slouží pro odvádění vody a sněhu. Kvůli zlepšení pneumatiky se i směsi jednotlivých částí liší, aby jejich funkce byly ještě lepší. Výroba asymetrických pneumatik je složitější, proto i pořizovací cena je vyšší než u symetrických. Výhody jsou delší životnost, lepší jízdní vlastnosti v zatáčkách a menší hlučnost. Nevýhodou jsou horší jízdní vlastnosti na sněhu. Při montáži kol na vozidlo je potřeba dbát na vnější strany, kde je uvedeno, která stran směřuje ven z blatníku a která směřuje do blatníku [10].

Směrové pneumatiky jsou charakteristické svým šípovým designem. Díky tomu má velký záběr po celé své ploše a nejlépe dokáže odvádět vodu a sníh. Směrový dezén má tak velkou odolnost proti vzniku akvaplaninku. Tento typ je nejvíce používán u zimních pneumatik. Výhodami jsou dobrý záběr v měkkém podkladu, dobrý odvod vody a výborné směrové vedení řízené nápravy. Nevýhodné jsou horší stabilita, slabší boční vedení a vyšší hlučnost. Při montáži kol na vozidlo je potřeba dodržet směr otáčení pneumatiky [10].



Obrázek č. 22 – Typy dezénu [10]

Dále se rozlišují dezény pro letní a zimní pneumatiky. Letní pneumatiky mají sloužit pro co nejlepší odvod vody a zabraňovat akvaplaninku. V dnešní době se používají symetrické, asymetrické i směrové dezény pro letní pneumatiky. Zimní pneumatiky mají jemnější a jinak uspořádané drážky dezénu, protože pneumatika musí zajistit přenos momentů mezi zasněženou vozovkou a pneumatikou. Zimní pneumatika má oproti pneumatice letní lepší záběrové a samočisticí vlastnosti. Samočisticí dezény jsou schopny odstraňovat kamínky, hlínu, sníh z hlavní dezénové drážky. V dnešní době se nejvíce používají směrové typy dezénu a nejméně se používají symetrické typy dezénu [3, 10].



Obrázek č. 23 – Letní a zimní pneumatiky, čtyři nebo tři hlavní dezénové drážky [11]

2.2.3.4 Patka pneumatiky

Patka pneumatiky je spodní zesílená část pláště, která dosedá na ráfek. Patka je na ráfek přitlačována tlakem vzduchu v pneumatice. Jejím úkolem je spolehlivě přenášet všechny boční síly, které vznikají mezi ráfkem a pláštěm. U bezdušových pneumatik musí zajistit utěsnění vzduchu.

Patka je vyztužena ocelovým lankem, které vytváří tuhý systém a zajišťuje pevné ukotvení. Lanko je vyrobeno z pogumovaného svazku vysokopevnostních ocelových drátků. Jádro patky má za úkol zajišťovat potřebný přechod z oblasti patky do elastického boku pneumatiky. Jádro patky je vyrobeno z kaučuku [3, 4, 5, 6].

2.2.3.5 Bok pneumatiky

Bok pláště spojuje běhoun s patkami a tvoří boční ochranu pneumatiky. Ochrání ji před mechanickým poškozením a před vnějšími vlivy. Bok by měl odolávat provoznímu namáhání a stárnutí. Na boku pneumatiky najdeme vyznačeny veškeré důležité identifikace pneumatiky [3, 4, 5, 6].

2.2.4 Značení pneumatik

Velikost nezátížené pneumatiky udávají základní rozměry. Na vozidle mohou být použity pouze takové pneumatiky, které jsou předepsané výrobcem. Pneumatika, která spadá do aktivní bezpečnosti, musí splňovat veškeré homologační předpisy, předepsané Evropskou hospodářskou komisí (EHK). Z toho vyplývá, že se v České republice mohou prodávat pouze pneumatiky, nesoucí mezinárodní homologační značku E. Mimo jiné i značení pneumatik spadá do předpisů EHK a výrobcem musí být splněny dané předpisy, **viz obrázek č. 24** [3, 4, 5, 6, 11].



Obrázek č. 24 – Značení pneumatiky [11]

Na **obrázku č. 24** vidíme dané označení pneumatiky, které nám říká:

- 205 – šířka pneumatiky v milimetrech
- 55 – profilové číslo – poměr výška/šířka pneumatiky v procentech
- R – konstrukce pneumatiky (R – radiální, D – diagonální)
- 16 – průměr ráfku v palcích
- 91 – hmotnostní index pneumatiky
- H – rychlostní index pneumatiky

Index hmotnosti udává maximální nosnost pneumatiky. Hmotnost musí být uvedená na každé pneumatice a zároveň v každém technickém průkazu vozidla. Maximální nosnost podle technického průkazu musí být stejná nebo nižší než na pneumatice [3, 4, 5, 6, 11].

Tabulka č. 3 – Index hmotnosti [6]

| Index | Nosnost (kg) | Index | Nosnost (kg) | Index | Nosnost (kg) | Index | Nosnost (kg) | Index | Nosnost (kg) |
|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|
| 70 | 335 | 80 | 450 | 90 | 600 | 100 | 800 | 110 | 1060 |
| 71 | 345 | 81 | 462 | 91 | 615 | 101 | 825 | 111 | 1090 |
| 72 | 355 | 82 | 475 | 92 | 630 | 102 | 850 | 112 | 1120 |

| | | | | | | | | | |
|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|-------|--------------|
| Index | Nosnost (kg) | Index | Nosnost (kg) | Index | Nosnost (kg) | Index | Nosnost (kg) | Index | Nosnost (kg) |
| 73 | 365 | 83 | 487 | 93 | 650 | 103 | 875 | 113 | 1150 |
| 74 | 375 | 84 | 500 | 94 | 670 | 104 | 900 | 114 | 1180 |
| 75 | 387 | 85 | 515 | 95 | 690 | 105 | 925 | 115 | 1215 |
| 76 | 400 | 86 | 530 | 96 | 710 | 106 | 950 | 116 | 1250 |
| 77 | 412 | 87 | 545 | 97 | 730 | 107 | 975 | 117 | 1285 |
| 78 | 425 | 88 | 560 | 98 | 750 | 108 | 1000 | 118 | 1320 |
| 79 | 437 | 89 | 580 | 99 | 775 | 109 | 1030 | 119 | 1360 |

Index rychlosti udává maximální rychlost, pro niž je pneumatika vyrobena. Index musí být uveden jak na pneumatice, tak v technickém průkazu vozidla. Maximální hodnota indexu podle technického průkazu musí být stejná nebo nižší než na pneumatice [3, 4, 5, 6].

Tabulka č. 4 - Index rychlosti [6]

| | | | | | | | | | | | | | | |
|-----------------|----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|-----|
| Index | G | J | K | L | M | N | P | Q | S | T | H | V | W | Y |
| Rychlost (km/h) | 90 | 100 | 110 | 120 | 130 | 140 | 150 | 160 | 180 | 190 | 210 | 240 | 270 | 300 |

Další značení na pneumatice

Na pneumatikách můžeme narazit na další značení, které nám dokáže více upřesnit danou pneumatiku, např.:

- TL – bezdušová pneumatika (tubeless);
- TT – dušový typ pneumatiky, použití u moto pneumatik (tubetype);
- RF – zesílená kostra pneumatiky (reinforced);
- M+S – pneumatika určená pro zimní provoz – toto označení je povinné pro všechny zimní pneumatiky (mud + snow = bláto + sníh);
- FR, MFS – ochrana ráfku před poškozením;

- C – pneumatika pro užitkové vozy;
- A/S – označení pro celoroční pneumatiky;
- A/T – pro všechny povrchy;
- DOT – čtyřčíselné označení určující stáří pneumatiky, první dvě čísla označují týden výroby a poslední dvě čísla označují rok výroby;
- M/T – do těžkého blátivého terénu;
- HP – označení pro výkonné pneumatiky;
- UHP – označení pro vysoce výkonné pneumatiky
- symetrický – při montáži nezáleží na umístění pneumatiky;
- směrový – při montáži je potřeba dodržet směr otáčení (šipka na bočnici);
- asymetrický – při montáži je potřeba označení vnější a vnitřní strany pneumatiky.

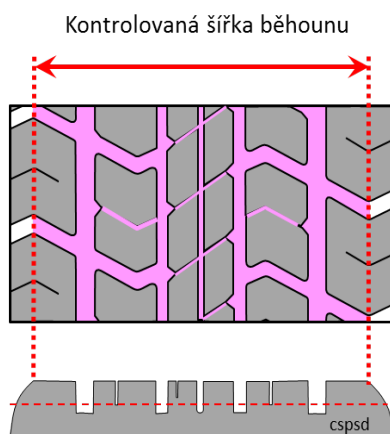
2.2.5 Opotřebení pneumatiky a minimální hloubka dezénu

Dalším parametrem pneumatiky, který dokáže ovlivnit její bezpečnost provozu, je její opotřebení. Hloubka dezénových drážek se používáním pneumatiky snižuje, což může vést na mokré vozovce k delší brzdné dráze vozidla nebo může hrozit akvaplanink. Aby k těmto problémům nedocházelo, je potřeba pneumatiky kontrolovat. Musí se kontrolovat hloubka hlavních dezénových drážek, stáří pneumatik, respektive poškození boku pneumatiky.

Na nutnost kontrolovat stáří pneumatik se stále zapomíná a stářím pneumatik se mění jejich vlastnosti, zejména běhoun pláště ztrácí své původní vlastnosti (hlavně u zimních pneumatik). Pneumatiky na vozidle by neměly být starší než od uvedeného roku výroby (někteří udávají 3, 5, 6 max. 10 let). Závazná právní úprava ke stáří pneumatik neexistuje [14, 16].

Vozidlo je technicky způsobilé k provozu na pozemních komunikacích, pokud hloubka dezénových drážek nebo zářezů splňuje v celé šířce běhounu a po celém obvodu pneumatiky požadovanou minimální hodnotu 1,6 mm, a to v hlavních dezénových drážkách. Pro kontrolu se používají indikátory opotřebení běhounu, tzv. TWI. Tento indikátor plní informační funkci o stupni opotřebení hloubky dezénu běhounu pneumatiky. Jedná se o výstupek na dně hlavních drážek, který je vysoký 1,6 mm. Pro rychlé nalezení indikátoru opotřebení umísťují výrobci na bok běhounu pomocné značky. Prohlubování drážek dezénu plášťů pneumatik osobních automobilů je zakázáno [14, 16].

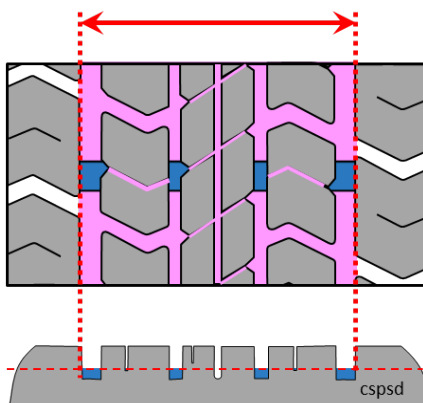
Pneumatika bez indikátorů opotřebení



Obrázek č. 25 – Kontrola hloubky dezénu bez TWI [14, 16]

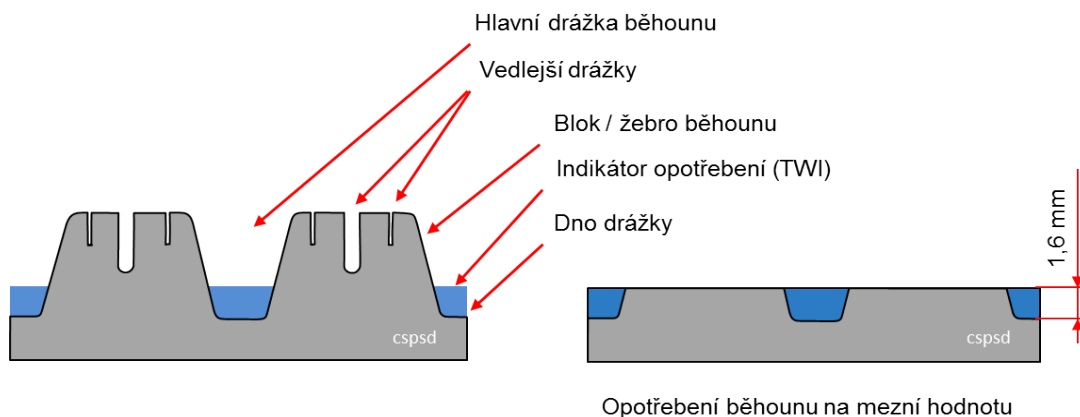
Pneumatika s indikátory opotřebení

Kontrolovaná střední část šířky běhounu



Obrázek č. 26 – Kontrola hloubky dezénu s TWI [14, 16]

Běhoun se skládá z hlavních a vedlejších drážek. Hlavní drážky jsou široké drážky, do kterých se umísťuje TWI. Jsou umístěny na středovém pásmu běhounu. Hlavní drážky zůstávají viditelné celou dobu svojí možné životnosti. Vedlejší drážky jsou přídatné drážky vzorku běhounu. Většinou se jedná o tenké drážky na jeho povrchu, které mají za úkol zajišťovat přilnavost na mokřém nebo zledovatěném povrchu, protože pomáhají odvádět vodu a čistit vzorek. Vedlejší drážky mohou v průběhu životnosti pneumatiky zmizet [14, 16].



Obrázek č. 27 – Hlavní a vedlejší drážky [14, 16]

V období od 1. listopadu do 31. března, pokud se na pozemních komunikacích nachází souvislá vrstva sněhu, led nebo námraza, nebo pokud lze vzhledem k povětrnostním podmínkám předpokládat, že se na pozemní komunikaci během jízdy může vyskytovat souvislá vrstva sněhu, led nebo námraza. Motorové vozidlo lze na pozemních komunikacích užít pouze za podmínky použití zimních pneumatik. Podle věty první musí mít hloubku dezénu hlavních dezénových drážek nebo zářezů nejméně 4 mm [14, 16].

Rovnoměrné opotřebení běhounu pneumatik na vozidle prodlužuje jejich životnost a zvyšuje bezpečnost provozu. Kromě opotřebení nesmějí mít pláště poškození na vnějším obvodu [14, 16].

| HLOUBKA DEZÉNU RYCHLOST AUTOMOBILU | 1,6 mm | 4 mm | 8 mm |
|---------------------------------------|-------------|-------------|-------------|
| 5 km/hod | plocha 100% | plocha 100% | plocha 100% |
| 75 km/hod | plocha 16% | plocha 58% | plocha 74% |
| 125 km/hod | plocha 6% | plocha 11% | plocha 47% |

Obrázek č. 28 – Stav dezénu pneumatik ku přilnavosti vozovky [13]

2.2.6 Obnova použitelných plášťů pneumatiky

Obnova použitých plášťů neboli tzv. protektorů je hlavním důvodem pro předcházení vzniku odpadů. Protektor je tedy obnovená pneumatika, která se vyrábí z ojetých pneumatik a díky speciálnímu procesu získá nový dezén. Po profesionální obnově mají protektory podstatně stejné vlastnosti jako nově vyrobené pneumatiky. Obnova použitých plášťů není jen metodou pro předcházení vzniku odpadů, ale díky obnovení se snižuje negativní vliv na životní prostředí. Výroba nové pneumatiky produkuje 87,2 kg emisí CO₂, přičemž výroba protektoru produkuje 60,6 kg emisí CO₂, což je podstatný rozdíl [22, 23].

Ne všechny pneumatiky se dají použít pro obnovu. Použít se dají pouze kvalitní kostry pneumatik. Kontrola pneumatiky, zda je vhodná k protektorování, je vizuální kontrola, jež probíhá při výběru či koupi ojeté pneumatiky. Kontroluje se stáří pneumatiky, vady způsobené nesprávným používáním, zda pneumatika není na bočnici nějak poškozena nebo nemá mechanické poškození, jako jsou průrazy, mechanické poškození patky atd. Bohužel vizuální zkouška nezjistí skryté vady v konstrukci pneumatiky. Proto jsou používána speciální zařízení, která jsou schopna odhalit skryté vady. Dochází k separaci jednotlivých vrstev. Kontroly provádí inspektoři s dlouholetými zkušenostmi [22, 23].

Každý protektor je identifikován číslem na boční straně pneumatiky. Povinné značení odpovídá nařízení EHK108 (108R) nebo EHK 109 (109R): na pneumatice je uvedeno písmeno E a číslice v kruhu (E1 například označuje, že schválení bylo uděleno v Německu) neboli schválení homologace, týden a rok obnovy (2319 je 23. týden v roce 2019) a nápis „obnovování“ nebo „protektorování“. Značka 108R-000008 zaručuje, že protektorované pneumatiky splňují bezpečnostní a kvalitativní požadavky nové pneumatiky. Samozřejmě musí být na ní uveden rozměr a indexy rychlosti a nosnosti. U protektorů, kde je původní značení odstraněno, je tento plášť následně označen pouze údaji od výrobce protektorů, které jednoznačně označuje výrobce [22, 23], **viz žlutá šipka na obr. 29.**

Označení podle předpisů EHK č. 108 a š. 109 a směrnice č. 2006/443/ES musí minimálně splňovat:

- Symetrické pneumatiky musí mít na obou bočnicích obchodní název nebo obchodní značku a mezinárodní značku schválení.
- Nesymetrické pneumatiky musí mít označení nejméně na vnější bočnici, a to obchodní název nebo obchodní značku a mezinárodní značku schválení.

- Původní značky schválení a příslušné číslo schválení a další značky nebo čísla výrobního závodu nadále neplatí, musí být odstraněny [22].



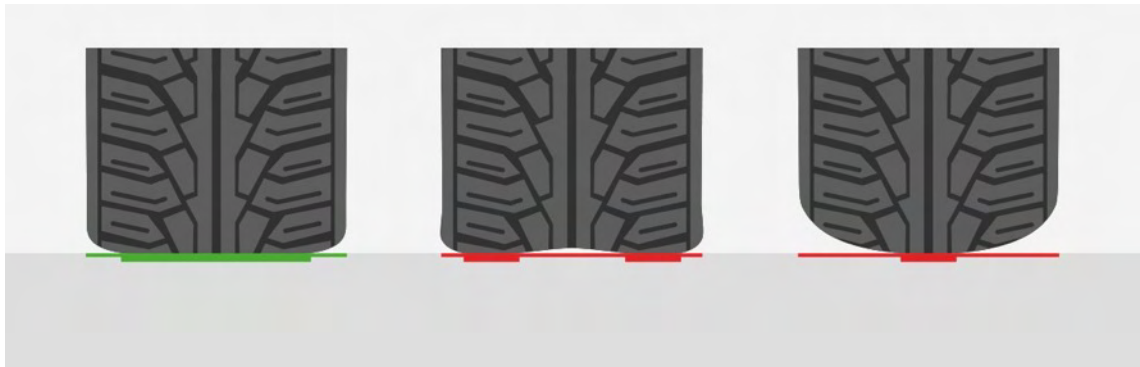
Obrázek č. 29 – Značení protektorových pneumatik [22]

První část značky, která je 109R je homologační značka a druhá část, která je 000011, je číslo nového zhotovitele pneumatiky. Dále platí, že na jedné nápravě musí být použit protektor stejného výrobce, byť kostra pneumatiky může být rozdílná. [22]

2.2.7 Huštění pneumatik

Správné huštění pneumatik má velký vliv na jejich životnost a na bezpečnost provozu. Kontrola správného nahuštění pneumatik je velmi často vnímána jako nepodstatná a spousta řidičů kontroluje správný tlak pouze vizuálně. Je tedy důležité kontrolovat tlak v pneumatikách alespoň jednou měsíčně. Pokles tlaku bývá většinou mírný kvůli různým malým netěsnostem. Huštění pneumatik by mělo probíhat za studena, nikoliv po jízdě [9, 14, 16].

Vysoké životnosti pneumatik je dosaženo jenom při optimálním nahuštění. Při přehuštění pneumatiky se běžná plocha zvýší a dochází k ojždění pouze střední části běžné plochy, **viz obrázek č. 29 (vpravo)**. Tento případ je v praxi méně častý. Oproti tomu podhuštění je častějším jevem a zde dochází k dosednutí pneumatiky v okrajových částech běžné plochy a tam dochází k většímu opotřebení než u střední části, **viz obrázek č. 29 (uprostřed)**. V místě nadměrného opotřebení roste měrný tlak ve styku s vozovkou, a to může mít za následek, že na okrajích běhounu vznikají separace a plášť je nadále nepoužitelný. Přehuštění a podhuštění má špatný vliv na jízdní stabilitu vozidla [9, 14, 16].



Obrázek č. 30 – Vlevo správně nahuštěná pneumatika, uprostřed podhuštěná pneumatika, vpravo přehuštěná pneumatika [15]

Správné huštění pneumatik má tedy vliv na jejich opotřebení. Když dojde k menšímu přehuštění pneumatik (do 10 %), není to tak závažné. Někdy je to doporučováno při větším zatížení vozidla nebo při větších rychlostech [9, 14, 16].

2.2.8 Házivost

Házivost může být příčinou pro kmitání kol. To se vyznačuje rozkmitáním kola na vozovce. Zhorší se tím ovladatelnost vozidla [9].

Tabulka č. 5 – Radiální a axiální házivost [9]

| Radiální a axiální házivost | | |
|-----------------------------|--------------------|--|
| Průměr ráfku [palec] | Max. házivost [mm] | Limitní hodnoty při hodnocení v STK [mm] |
| Diskového kola | | |
| Do 15 | 1,5 | 3,0 |
| 16 až 20 | 2,5 | 4,0 |
| Nad 20 | 3,0 | 5,0 |
| Kola s pneumatikou | | |
| Do 15 | 3,0 | |
| 16 až 20 | 4,0 | |
| Nad 20 | 5,0 | |

2.2.9 Vyvážení

Špatně vyvážené kolo má špatný vliv na bezpečnost vozidla a na ekonomiku jeho provozu. Za provozu se může vyvážení kola z různých příčin porušit [9]:

- Nerovnoměrným opotřebením běhounu;
- Deformací ráfku;
- Opravou pláště nebo duše pneumatiky;
- Ztrátou některého původního závaží.

Nevyvážené hmoty vyvolávají kmitání kol, i když je jejich uložení a zavěšení v naprostém pořádku. Někdy se kmitání projevuje jen při určité rychlosti jízdy, kdežto při rychlosti menší, nebo větší opět mizí. Kmity vyvolávají nepříjemné vibrace řízení, zhoršují ovladatelnost vozidla, zvětšují namáhání ložisek, závěsů kol a opotřebením pneumatik. Při pravidelném vyvažování kol se zvětšuje bezpečnost, snižuje opotřebením pneumatik [9].

2.3 VÝTAH Z VYHLÁŠKY Č. 341/2014 SB.

Jedná se o část vyhlášky, která se vztahuje k pneumatikám. Část sedmá se týká výbavy, ze které jsou vybrány důležité informace, vztahující se k této diplomové práci.

§ 31 Požadavky na konstrukci a stav výbavy (k § 76 odst. 1 zákona) [12, 13]

F) Technické požadavky na výbavu vozidel koly, pneumatikami a protiskluzovými řetězy

- (1) *„Vozidlo musí být vybaveno tak, aby konstrukce, provedení, rozměry a huštění pneumatik odpovídalo podmínkám provozu, zejména největší povolené hmotnosti vozidla, povoleným zatížením připadajícím na nápravy a jeho nejvyšší konstrukční rychlosti. Rychlostní kategorie pneumatik musí být shodná nebo vyšší, než je nejvyšší konstrukční rychlost vozidla.“*
- (2) *„V případě vybavení vozidla zimními pneumatikami, dle odstavce 13 s nižší kategorií rychlosti, než je nejvyšší konstrukční rychlost vozidla, musí být uvnitř vozidla a na vždy viditelném místě z pohledu řidiče upevněn výstražný štítek, který udává nejnižší hodnotu maximální rychlostní kategorie pneumatik pro jízdu na sněhu. Údaj na nálepce stanovuje nejvyšší přípustnou rychlost vozidla s namontovanými zimními pneumatikami, která nesmí být při provozu vozidla překročena. Upozornění formou nálepky může být nahrazeno zařízením trvale nainstalovaným ve vozidle, například palubním počítačem.“*

- (3) „Vozidlo, pokud při schválení technické způsobilosti typu není stanoveno jinak, smí být vybaveno pouze pneumatikami určenými pro daný typ vozidla výrobcem vozidla. Nosnost pneumatik nesmí být nižší než povolené zatížení připadající na kolo nebo nápravu vozidla. Jako náhradního kola s pneumatikou může být použito pro nouzové dojetí kola s pneumatikou jiné nebo zvláštní konstrukce nebo jiného rozměru, určeného pro tento účel výrobcem vozidla a výrobcem pneumatik. Tato kola musí být schválena podle předpisu EHK č. 64 nebo před 1. 1. 2014 též dle směrnice 92/23/EHS.“
- (4) „Pneumatiky musí být vždy řádně nahuštěny na tlak předepsaný výrobcem vozidla. U dvojité montáže kol musí být ventily pro huštění vnitřní pneumatiky a kola uspořádány tak, aby bylo možné tlak vzduchu v pneumatice měřit nebo upravovat ze strany vnějšího kola bez demontáže kol nebo jiné obtížné manipulace. U dvojité montáže kol musí být ventily uspořádány pro huštění vnitřní pneumatiky a kola provedena tak, aby bylo možné tlak vzduchu v pneumatice měřit nebo upravovat ze strany vnějšího kola, bez demontáže kol nebo jiné obtížné manipulace. Náhradní pneumatiky musí být nahuštěny nejméně na tlak odpovídající nejvyššímu předepsanému huštění pneumatik na vozidle.“
- (5) „Pláště pneumatik nesmí mít na svém vnějším obvodu trhliny nebo poškození, které obnažují kostru nebo ji narušují. Činná plocha pláště pneumatiky v provozu musí mít po celém obvodu a celé šíři vrchního běhounu jasně viditelný dezén s hloubkou hlavních dezénových drážek nebo zářezů u mopedů nejméně 1,0 mm a u vozidel ostatních kategorií nejméně 1,6 mm. Hlavními dezénovými drážkami se rozumějí drážky opatřené indikátory opotřebení, označené zkratkou TWI.“
- (6) „Vzájemný rozdíl vnějších průměrů jednotlivých nezatížených pneumatik na téže nápravě nebo ve dvojité montáži nesmí být větší než 1,5 % vnějšího průměru.“
- (7) „Obnovená pneumatika je taková pneumatika, která vznikla obnovou pneumatiky náhradou opotřebeného běhounu novým materiálem. Může rovněž zahrnovat obnovu vnějšího povrchu bočnic. Obnovené pláště pneumatik vozidel kategorií M a N a jejich přípojných vozidel musí splňovat požadavky předpisu EHK č. 108 nebo předpisu EHK č. 109 a musí být podle něj schváleny.“
- (8) „Autobusy třídy II a třídy III (vozidla kategorií M₂ a M₃) a zásahové požární automobily nesmí být na přední nápravě vybaveny obnovenými pneumatikami.“
- (9) „Pneumatiky pro vozidla kategorií M a N a jejich přípojná vozidla mohou být opravovány pouze odborně, přičemž se vychází z doporučené normy, např. ČSN 63 1910, ČSN 63 1912, NSPP-01-93. Pro nouzové dojetí mohou být provedeny opravy pomocí schválených přípravků aplikovaných vstříknutím roztoku do pneumatiky nebo před vulkanizovanými opravnými

materiály bez demontáže pláště. Je nepřípustné použití duše do neopraveného bezdušového pláště. Opravené pláště mohou být použity ve stejné nebo nižší kategorii rychlosti a nosnosti. Při změně kategorie rychlosti nebo nosnosti musí být původní označení odstraněno a nahrazeno novým trvalým označením. Není-li možno po opravě použít plášť jako bezdušový, musí být označení TUBELESS na obou bočnicích odstraněno. Připouští se použití duší v případě drobných prŕpichů či drobných poškození patek s následnou ztrátou těsnosti bezdušového pláště.“

(10) „Drážky dezénu pláštů označených výrobcem pneumatik určených pro vozidla kategorií M₂, M₃, N a jejich přípojná vozidla smějí být dodatečně prohloubeny jen způsobem předepsaným výrobcem pneumatik. Na obou stranách bočnice pneumatiky musí být vyznačen symbol Théta – průměr kroužku je nejméně 20 mm nebo nápis „REGROOVABLE“. Prohlubování drážek dezénu pláštů pneumatik osobních automobilů není dovoleno.“

(11) „Vozidlo nesmí být vybaveno pneumatikami s protiskluzovými hroty, s výjimkou vozidel záchranné služby. Tento zákaz platí i pro vozidla v mezinárodním provozu.“

(12) „Vozidla mohou být vybavena protiskluzovými řetězy nebo obdobnými zařízeními jen schváleného typu, která jsou dodávána při prodeji s návodem k montáži a s uvedením rozměrů pneumatik, na které mohou být namontovány.“

(13) „Vozidlo nesmí být, s výjimkou nouzového dojetí, současně vybaveno pneumatikami různých rozměrů a konstrukcí, pokud při schválení technické způsobilosti není stanoveno jinak. Na těže nápravě musí být používány pouze shodné pneumatiky. Konstrukcí pneumatiky se rozumí konstrukce diagonální, radiální, smíšená – BIAS BELTED. Shodnou pneumatikou se rozumí pneumatika stejného rozměru, konstrukce, druhu dezénu a obchodní značky. Druhým dezénu pneumatiky se rozumí dezén letní a dezén zimní, u něhož je na bočnici pneumatiky vyznačeno označení M+S, M.S, M/S nebo MS; za zimní dezén se považuje též speciální dezén, u něhož je na bočnici pneumatiky vyznačeno označení ET, ML, MPT nebo POR.“

(14) „Pneumatiky označené nápisem „FRT“ se nesmí používat na řízených nápravách přípojných a motorových vozidel a hnacích nápravách“ [12, 13].

3 EXPERIMENTÁLNÍ MĚŘENÍ

V mojí praktické části diplomové práce budou provedena měření pro analýzu vlivu nesprávného huštění na vozidle a nesprávného použití pneumatik. V měření budou zachyceny vlivy huštění na jízdní dynamiku a stabilitu osobního automobilu. Pro měření byl vybrán zkušební vůz střední třídy, který byl využit na celé měření. Vozidlo nebylo měněno kvůli dosažení porovnatelných výsledků. Byly použity pneumatiky předepsané ve velkém technickém průkazu vozidla. Následně byly vybrány čtyři pneumatiky (vždy dvě budou stejného typu), které nejsou předepsané v technickém průkazu pro splnění zadání diplomové práce.

3.1 MÍSTO MĚŘENÍ

Pro zkoušky je nutné zajistit prostor s vhodným povrchem a s možností bezpečného rozjezdu i s prostorem pro různé potřebné manévry. Důležité je, aby při zkouškách nedošlo k ohrožení nebo omezení jiných osob. Díky Ústavu soudního inženýrství byla domluvena plocha v areálu D1 společnosti JEREX a.s. v Ostrovačicích, který se nachází v blízkosti dálnice D1, cca deset kilometrů od Brna směrem na Prahu. Měření bylo rozděleno do dvou dnů kvůli časové náročnosti měření. První měření bylo provedeno 15. 9. 2021 a druhé 22. 9. 2021. Povrch vozovky tvoří asfalt a vozovka byla suchá a bez nerovností. Dne 15. 9. 2021 panovalo slunečné počasí a na začátku měřicího dne bylo 20 °C, maximální teplota dne byla 25 °C. Dne 22. 9. 2021 byla zatažená obloha a na začátku měření bylo 12 °C, maximální teplota dne byla 17 °C. **Na obrázku č. 30 a 31** je zobrazeno místo a povrch vozovky, kde se prováděla jednotlivá měření.



Obrázek č. 31 – Místo měření v areálu Jerex [20]



Obrázek č. 32 – Povrch vozovky (měřítko 1:10 cm)

3.2 MĚŘICÍ PŘÍSTROJE A POTŘEBNÉ VYBAVENÍ

K provedení a změření zkoušek je potřeba použít měřicí přístroje pro zjištění daných hodnot, ze kterých se budou vyhodnocovat naměřené hodnoty.

3.2.1 XL Meter

XL Meter™ je bateriově napájený univerzální přístroj s alfanumerickým LCD displejem, měřící zrychlení/zpomalení, obsahující software pro vyhodnocení velikosti zpomalení provozní brzdy nebo velikosti akcelerace a rozhraní RS-232 kompatibilní s PC. Z technického hlediska se XL Meter™ skládá ze tří částí. Hlavní jednotky obsahují elektronickou část, vakuové přísavky a kloubová ramena, umožňující přizpůsobitelné upevnění. Přístroj se přiloží na požadované místo na ploše předního skla automobilu nebo na jakýkoliv jiný hladký povrch a otočením kolíku vakuové přísavky se přístroj zafixuje. Pro vyhodnocení dat z XL Meteru byl použit software XL Vision [19].

Přístroj byl zapůjčen z ÚSI VUT. Číslo přístroje je uvedeno v **příloze č. 1**



Obrázek č. 33 – Přístroj XL Meter [19]

3.2.1.1 Parametry měření

Frekvence měření stanovuje čas mezi dvěma měřenými vzorky. Se zvyšováním se zvyšuje vzorkovací čas, ale snižuje se jeho možná délka. Čím vyšší je tato frekvence, tím je měření přesnější. V současnosti jsou k dispozici následující frekvence:

- 200 Hz (5 ms vzorkovací čas),
- 100 Hz (10 ms vzorkovací čas),
- 50 Hz (20 ms vzorkovací čas),

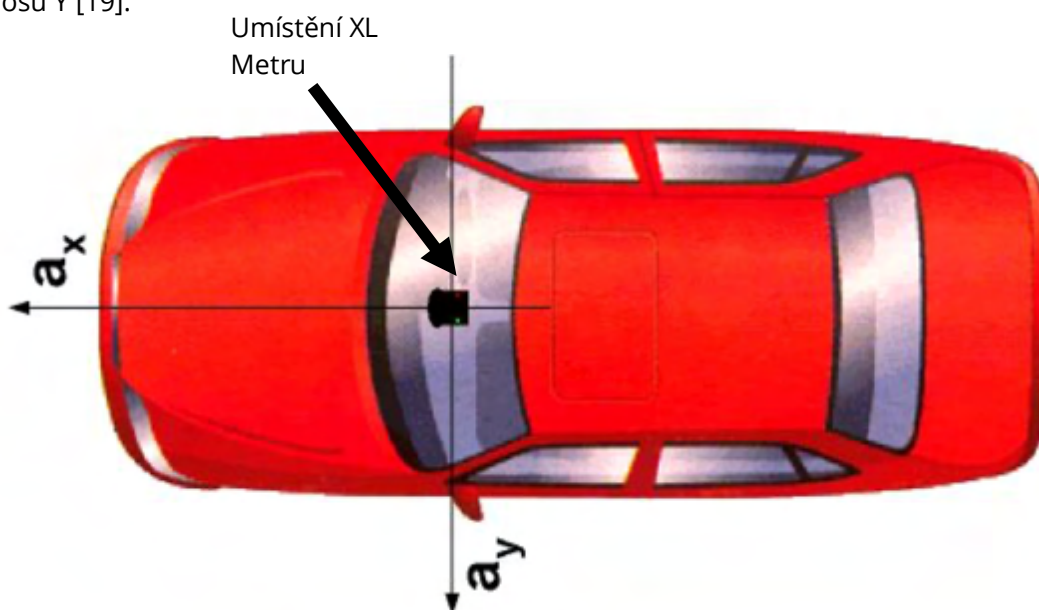
- 25 Hz (50 ms vzorkovací čas) [19].

Osy měření jsou, tak že podélné zrychlení je ve směru osy X a příčné zrychlení ve směru osy Y. Je zde možnost tyto osy zaměnit. To je důležité při vyhodnocování výsledků, protože příčná zrychlení i zpomalení mohou být vyhodnocena stejně [19].

Měřicí rozsah určuje minimální a maximální měřenou úroveň zrychlení. Jeho změnou se může uživatel rozhodnout mezi vysokým rozlišením měření nebo velkým měřeným rozsahem spektra zrychlení. Rozsah lze nastavit odděleně pro osu X a osu Y. V současnosti jsou k dispozici následující měřicí rozsahy:

- Základní rozsah: mezi -14.0 m/s^2 a $+14.0 \text{ m/s}^2$
- Úzký rozsah: mezi -5.0 m/s^2 a $+5.0 \text{ m/s}^2$
- Široký rozsah: mezi -20.0 m/s^2 a $+20.0 \text{ m/s}^2$ [19]

Směry měření lze nastavit v nastavení. Směr měření může být normální, nebo převrácený, což znamená, že naměřené hodnoty jsou negovány. Směr měření lze nastavit odděleně pro osu X a pro osu Y [19].



Obrázek č. 34 – Směry měření a umístění XL Meter [19]

3.2.2 Software pro vyhodnocení naměřených hodnot

XL Vision je pod systémem Microsoft Windows pracující program, který je určený k přenosu a vyhodnocení naměřených dat. Program stále zvětšuje množství funkcí a cílem je nabídnout odborníkům plnohodnotné počítačové vyhodnocování naměřených hodnot. Umožňuje měření mnoha typů vozidel, jako jsou osobní vozidla, užitková vozidla, autobusy, zemědělské stroje, nákladní automobily atd. XL Vision není jen rozšíření přístroje XL Meter o vizualizaci naměřených

dat, ale také umožňuje přesně určit čas, vzdálenost, okamžitou rychlost, zrychlení a také výpočet průměrného zrychlení. Také dokumentace naměřených dat je pomocí programu jednodušší. Následné výsledky je možné vytisknout ve formě protokolu, na němž jsou zobrazeny všechny důležité informace [19].

Jako další software pro práci byl použit Microsoft Excel, který je vhodný pro výpočetní a grafické úpravy naměřených hodnot.

3.2.3 Další vybavení

Pro měření bylo použito další potřebné vybavení, aby zkoušky byly co nejpřesnější.

- Kužele
- Pásmo
- Mobilní kompresor Aircom (**viz příloha č. 3 a č. 4**)
- Fotoaparát
- Přenosný počítač (notebook)

3.2.4 Zkušební vozidlo

Jako zkušební vozidlo byla použita Škoda Octavia druhé generace 1,6 TDI 77kW, rok výroby 2009, osobní automobil, sedan typu M1. Toto vozidlo bylo zvoleno, protože svým podvozkem odpovídá nejpoužívanějším vozidlům střední třídy v České republice. Vozidlo je vybaveno systémy ABS a ESP. Systémy byly při měření aktivní. Dalším prvkem, který byl při měření využíván, je tempomat pro udržení nájezdových rychlostí. **V tabulce č. 6** vidíme základní parametry a **v příloze č. 5 a č. 6** je vložen velký technický průkaz vozidla.

Tabulka č. 6 – Technické parametry zkušebního vozu

| Vybavení | Typ |
|---|----------------|
| Motor | Vznětový motor |
| Zdvihový objem [cm ³] | 1 598 |
| Válce | 4 |
| Maximální výkon [kW/min ⁻¹] | 77/4 400 |
| Maximální rychlost | 190 |

| Vybavení | Typ |
|-----------------------|---------------------|
| Převodovka | 5 stupňů – manuální |
| Předepsané pneumatiky | 195/65 R15 91 H |
| Poháněná náprava | Přední |



Obrázek č. 35 – Zkušební vozidlo Škoda Octavia

3.2.5 Zkušební pneumatiky

Pro měření byly vybrány tři druhy letních pneumatik. Jeden typ je nejčastěji se vyskytující typ pneumatik se značením 195/65/R15 od výrobce Barum. Tyto pneumatiky jsou předepsané v technickém průkazu zkušebního vozidla. Dále byly vybrány pneumatiky se značením 205/60/R15 od výrobce Dunlop a pneumatiky se značením 185/60/R15 od výrobce Nokian. Pneumatiky značky Dunlop a Nokian mají takové rozměry, které nejsou povolené v technickém průkazu. Mají tedy rozdílnou šířku pneumatik a jiné profilové číslo, pouze průměr ráfku zůstal stejný kvůli uchycení pneumatik na vozidlo. **V tabulce č. 7** jsou pneumatiky popsány podrobněji. Na **obrázku č. 33** jsou zobrazeny zvolené tři typy pneumatik.

Tabulka č. 7 – Zkušební pneumatiky

| Značka | Typ | Značení | Hloubka dezénu [mm] | Počet pneumatik | Směs | DOT |
|--------|--------------|------------|---------------------|-----------------|-------|-------|
| Barum | Bravuris 5HM | 195/65/R15 | 7; 7; 6,5; 6,5 | 4× | Letní | 05/21 |
| Dunlop | SP Sport | 205/60/R15 | 4; 4 | 2× | Letní | 31/10 |
| Nokian | Line | 185/60/R15 | 4; 5 | 2× | Letní | 08/16 |



Obrázek č. 36 – Vlevo pneumatiky Nokian, ve středu pneumatiky Barum, vpravo pneumatika Dunlop

3.2.5.1 Tlaky v pneumatikách

V měření byly použity jiné tlaky pro brzděné zkoušky a jiné pro vyhýbací manévry. V této práci nás budou zajímat pouze podhuštěné pneumatiky, tím pádem nebudou zkoušet přehuštěné pneumatiky. Pro měření brzděného zpomalení byly zvoleny rovnoměrné tlaky pro přední a zadní nápravu kol. Maximální hodnotu tlaku jsem zvolil 2,1 baru na přední nápravě a 2,1 baru na zadní nápravě, to je i doporučená hodnota vozidla, **viz příloha č. 7**. Následně docházelo ke snížení tlaku. V **tabulce č. 8** jsou zobrazeny tlaky jednotlivých kol.

Tabulka č. 8 – Tlaky v pneumatikách pro brzdné zkoušky

| | PN | ZN |
|------------------------|-----------|-----------|
| Tlak č. 1 – předepsaný | 2,1 | 2,1 |
| Tlak č. 2 | 2,1 | 1,0 |
| Tlak č. 3 | 1,0 | 2,1 |
| Tlak č. 4 | 1,0 | 0,5 |
| Tlak č. 5 | 1,0 | 1,0 |

Pro měření vyhýbacího manévru byly zvoleny tlaky rovnoměrně i nerovnoměrně pro přední i zadní nápravu kol. Stejně jako u brzdného zpomalení byla maximální hodnota tlaku 2,1 baru na přední nápravě a 2,1 baru na zadní nápravě. Následně byly tlaky sníženy na každé nápravě. Potom byla extrémně podhuštěná pouze některá kola náprav pro přiblížení se reálnému provozu. V **tabulce č. 9** jsou zobrazeny tlaky kol.

Tabulka č. 9 – Tlaky v pneumatikách pro vyhýbací manévr

| | PN | | ZN | |
|-----------|-----------|-----------|-----------|-----------|
| | LK | PK | LK | PK |
| Tlak č. 1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 |
| Tlak č. 2 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 0,5 |
| Tlak č. 3 | 2,1 | 0,5 | 2,1 | 0,5 |
| Tlak č. 4 | 2,1 | 2,1 | 0,5 | 0,5 |
| Tlak č. 5 | 2,1 | 0,5 | 2,1 | 2,1 |
| Tlak č. 6 | 0,5 | 0,5 | 2,1 | 2,1 |

3.3 BRZDNÉ ZPOMALENÍ

Cílem měření je zjistit zpomalení vozidla při různých hodnotách tlaku v pneumatikách a při použití nesprávných pneumatik na vozidle. Před začátkem měření byly pneumatiky zahřáty na

provozní teplotu. Potom se v nich zkontroloval tlak, jestli odpovídá předepsaným hodnotám. Huštění probíhalo tak, jak je uvedeno **v tabulce č. 8**. Na čelní sklo vozidla byl umístěn měřicí přístroj XL Meter, proběhla jeho základní kalibrace. Kvůli kratší rozjezdové ploše byla rychlost zvolena na 55 km/h \pm 2 km/h. Vozidlo bylo rozjeto na požadovanou rychlost a na určeném místě došlo k sešlápnutí brzdového a spojkového pedálu až do úplného zastavení vozidla.

Prvních několik měření bylo provedeno cvičně pro zjištění, zda vše funguje správně, a pro zahřátí brzd. Potom probíhala měření, která se ukládala a dále vyhodnocovala. Pro každou rychlost a pro každý tlak a pneumatiky bylo měření opakováno dvakrát až třikrát. Následně byl změněn tlak v pneumatikách a měření se opakovalo. Po změření naplánovaných tlaků v předepsaných pneumatikách došlo k výměně pneumatik vždy na zadní nebo na přední nápravě za nepředepsané typy. U těch se již nesnižoval tlak, ale zkouška se prováděla pouze na doporučeném tlaku. Po zaplnění měřicího přístroje byla data stažena do počítače, aby nedošlo k přepsání naměřených hodnot.

Naměřená data se zobrazila v programu XL Vision, **v příloze č. 2** je zobrazena práce v programu, kde se následně data stáhla do výpočetního programu Microsoft Excel. V Excelu probíhalo vyhodnocování naměřených výsledků. Nejdříve se udělala menší korekce dat a vypočítalo se průměrné zpomalení. Z dat se vytvořil graf, který byl pro lepší přehlednost upraven na jednotlivé fáze zkoušky.

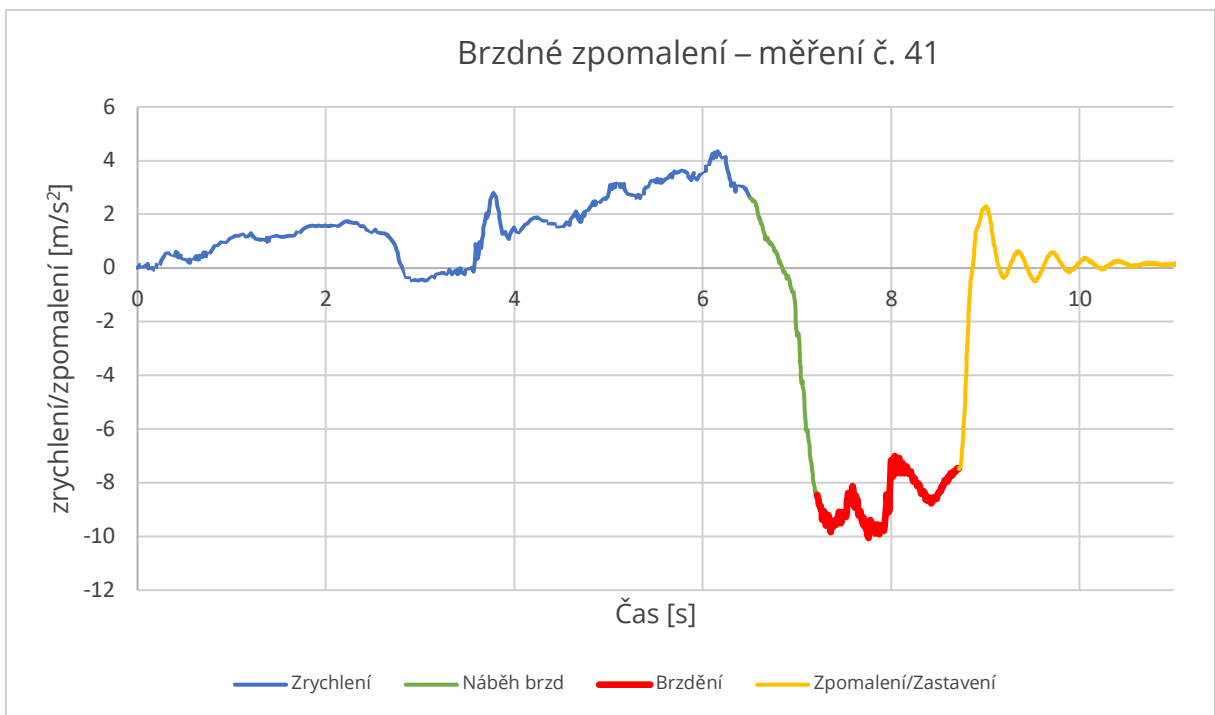
3.3.1 Předepsané pneumatiky 195/65/R15

První zkouška proběhla na předepsaných pneumatikách Barum Bravuris 5HM 195/65/R15 na suchém povrchu. Zvolená rychlost byla 55 km/h při různých huštěních. **V tabulce č. 10** můžete vidět vyhodnocená data z brzdné zkoušky. Při správném nahuštění pneumatik je průměrné brzdné zpomalení 8,9 m/s² a průměrná brzdná dráha je 12,93 m. Při všech možnostech podhuštěných pneumatik jsme vždy dosáhli delší brzdné dráhy a menšího průměrného zpomalení. **V grafech č. 1, č. 2, č. 3 a č. 4** jsou zobrazena jednotlivé měření. Vždy byl vybrán jeden graf pro dané huštění. Zbytek je přiložen v příloze této práce.

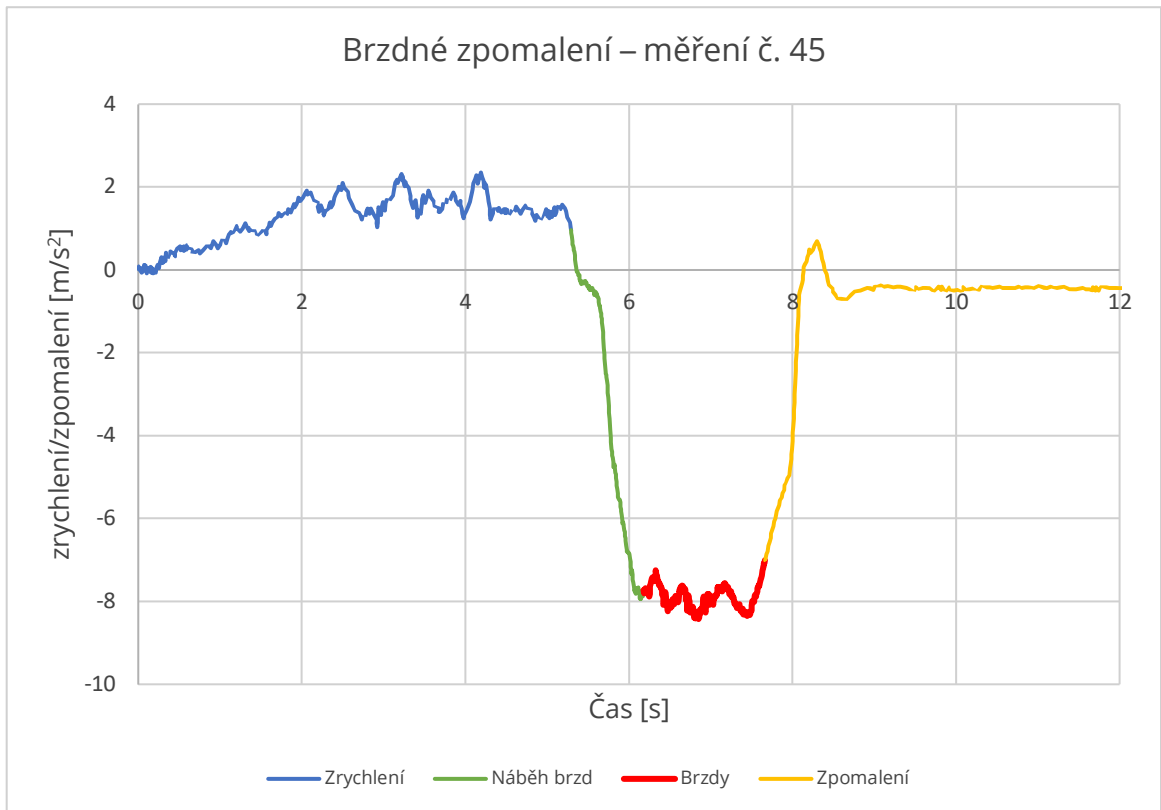
Tabulka č. 10 – Vyhodnocená data z brzdné zkoušky (předepsané pneumatiky)

| Č. měření | Tlak PN [bar] | Tlak ZN [bar] | Rychlost [km/h] | Průměrné zpomalení [m/s ²] | Brzdná dráha [m] |
|--|---------------------|---------------------|--------------------|--|------------------------|
| 41 | 2,1 | 2,1 | 55 | 8,6 | 13,05 |
| 42 | 2,1 | 2,1 | 55 | 9,1 | 12,83 |
| 43 | 2,1 | 2,1 | 55 | 9 | 12,92 |
| Průměr zpomalení a brzdné dráhy | - | - | - | 8,9 | 12,93 |
| 44 | 2,1 | 1 | 55 | 8,9 | 13 |
| 45 | 2,1 | 1 | 55 | 7,75 | 15,2 |
| 46 | 2,1 | 1 | 55 | 8,2 | 14,7 |
| Průměr zpomalení a brzdné dráhy | - | - | - | 8,28 | 14,3 |
| 47 | 1 | 2,1 | 55 | 6,8 | 16,9 |
| 48 | 1 | 2,1 | 55 | 6,7 | 17,2 |
| 49 | 1 | 2,1 | 55 | 7,3 | 16,4 |
| Průměr zpomalení a brzdné dráhy | - | - | - | 6,93 | 16,83 |
| 50 | 1 | 0,5 | 55 | 8,8 | 14,2 |
| 51 | 1 | 0,5 | 55 | 8,1 | 14,7 |
| 52 | 1 | 0,5 | 55 | 8,2 | 14,5 |

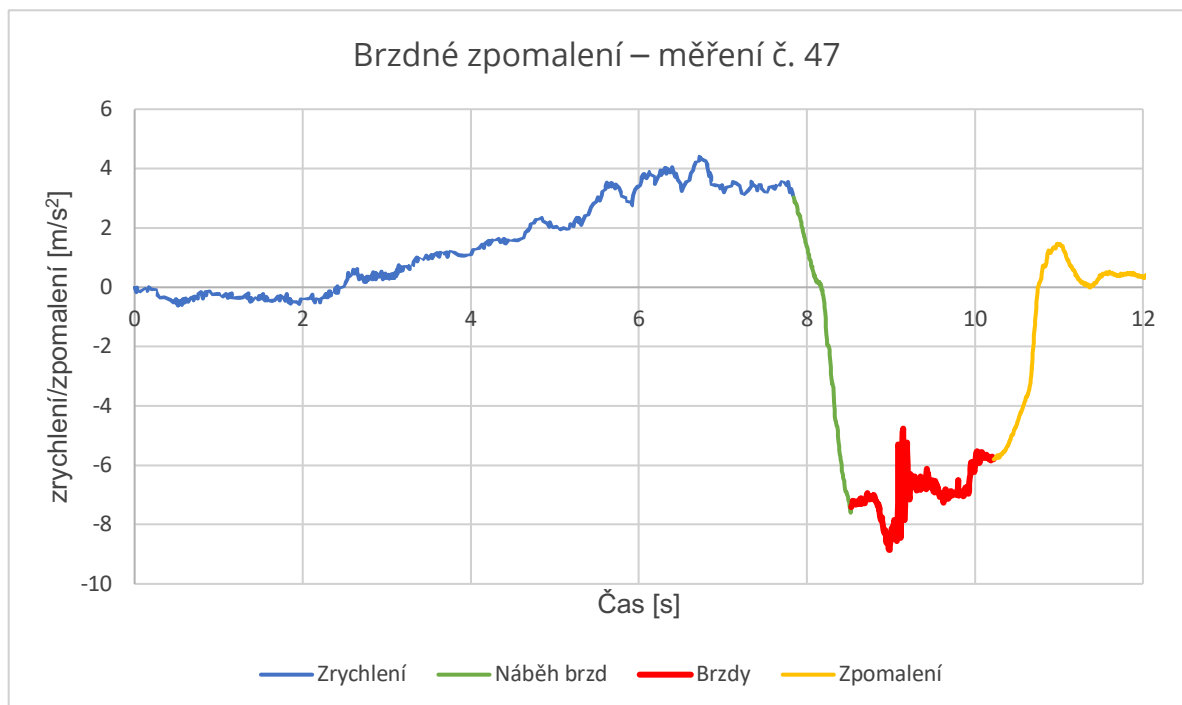
| Č. měření | Tlak PN [bar] | Tlak ZN [bar] | Rychlost [km/h] | Průměrné zpomalení [m/s ²] | Brzdná dráha [m] |
|--|---------------|---------------|-----------------|--|------------------|
| Průměr zpomalení a brzdné dráhy | - | - | - | 8,37 | 14,47 |
| 53 | 1 | 1 | 55 | 8,8 | 14 |
| 54 | 1 | 1 | 55 | 8,3 | 14,5 |
| 55 | 1 | 1 | 55 | 7,8 | 15,1 |
| Průměr zpomalení a brzdné dráhy | - | - | - | 8,3 | 14,53 |



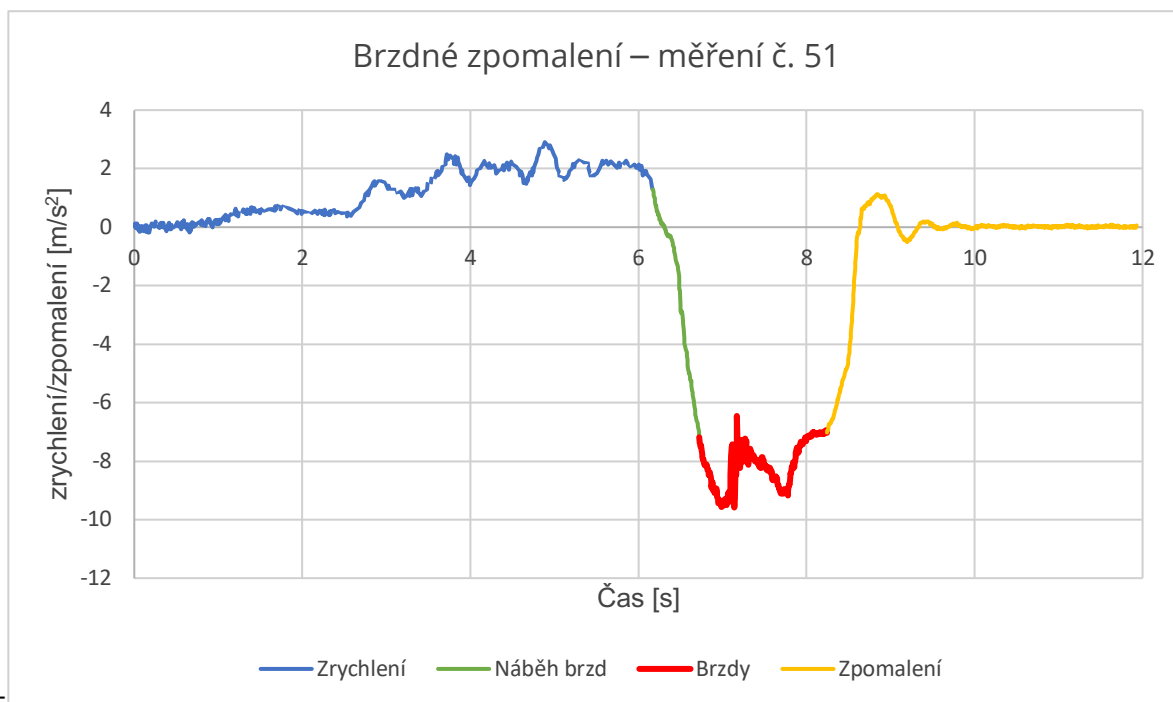
Graf č. 1 – měření č. 41



Graf č. 2 – měření č. 45



Graf č. 3 – měření č. 47



Graf č. 4 – měření č. 51

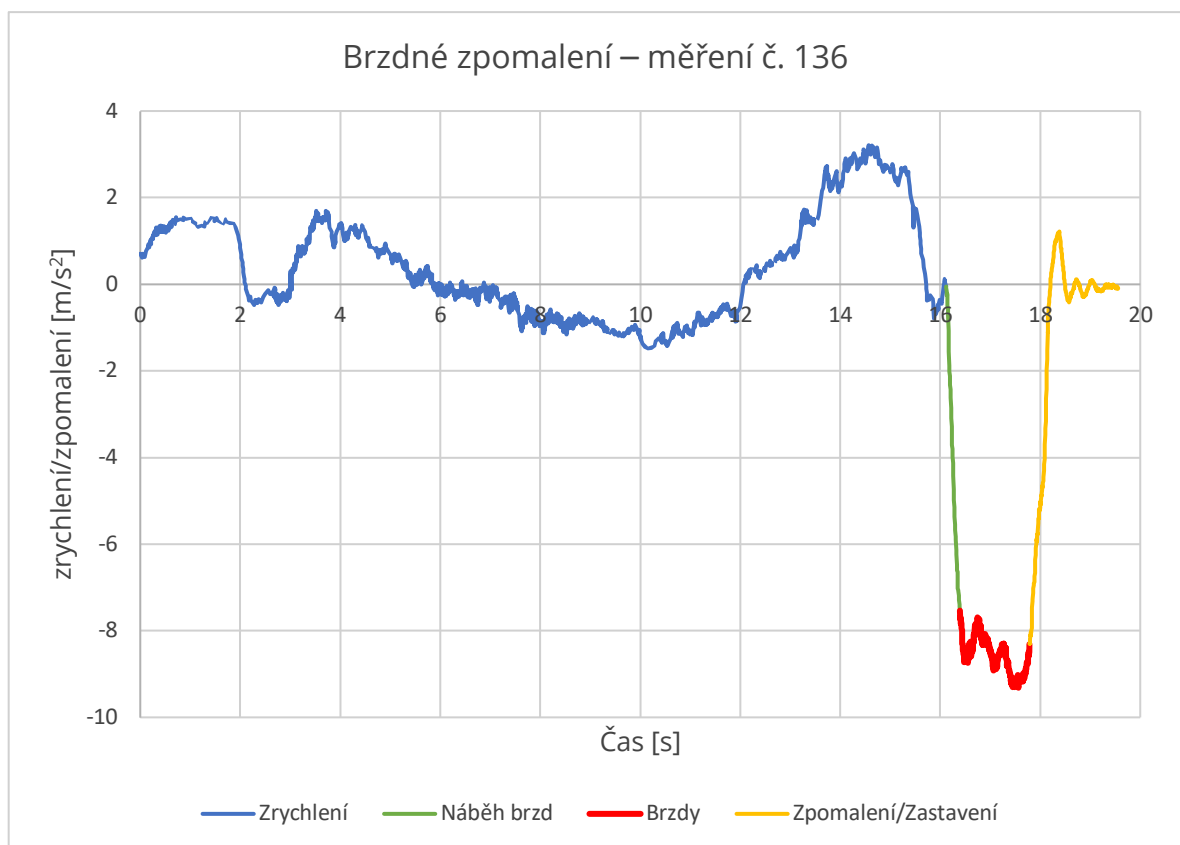
3.3.2 Nepředepsané pneumatiky 205/60/R15 a 185/60/R15

Druhá zkouška proběhla na předepsaných pneumatikách Barum Bravuris 5HM 195/65/R15 na suchém povrchu s kombinací nepředepsaných pneumatik Dunlop SP Sport 205/60/R15 a Nokian Line 185/60/R15. Na přední nápravě byly předepsané pneumatiky a na zadní nápravě byly umístěny nepředepsané pneumatiky. Potom se pneumatiky otočily (PN – nepředepsané pneumatiky a ZN – předepsané pneumatiky). Zvolená rychlost byla stejná jako u předchozí brzdné zkoušky čili 55 km/h. Huštění u této zkoušky bylo vždy 2,1 baru na přední i zadní nápravě. **V tabulce č. 11** můžete vidět vyhodnocená data z brzdné zkoušky. Z dat z tabulky je patrné, že při změně pneumatik není vidět žádný zásadní rozdíl v brzdné dráze. U všech pokusů jsou průměrné zpomalení a brzdná dráha velmi podobné. Hodnoty jsou vždy kolem 8,8 m/s² u zpomalení a 13,5 m u brzdné dráhy. **V grafech č. 6, č. 7, č. 8 a č. 9** jsou zobrazena jednotlivá měření. Vždy bylo vybráno jedno ze skupiny měření pro dané huštění. Zbytek je přiložen v příloze této práce.

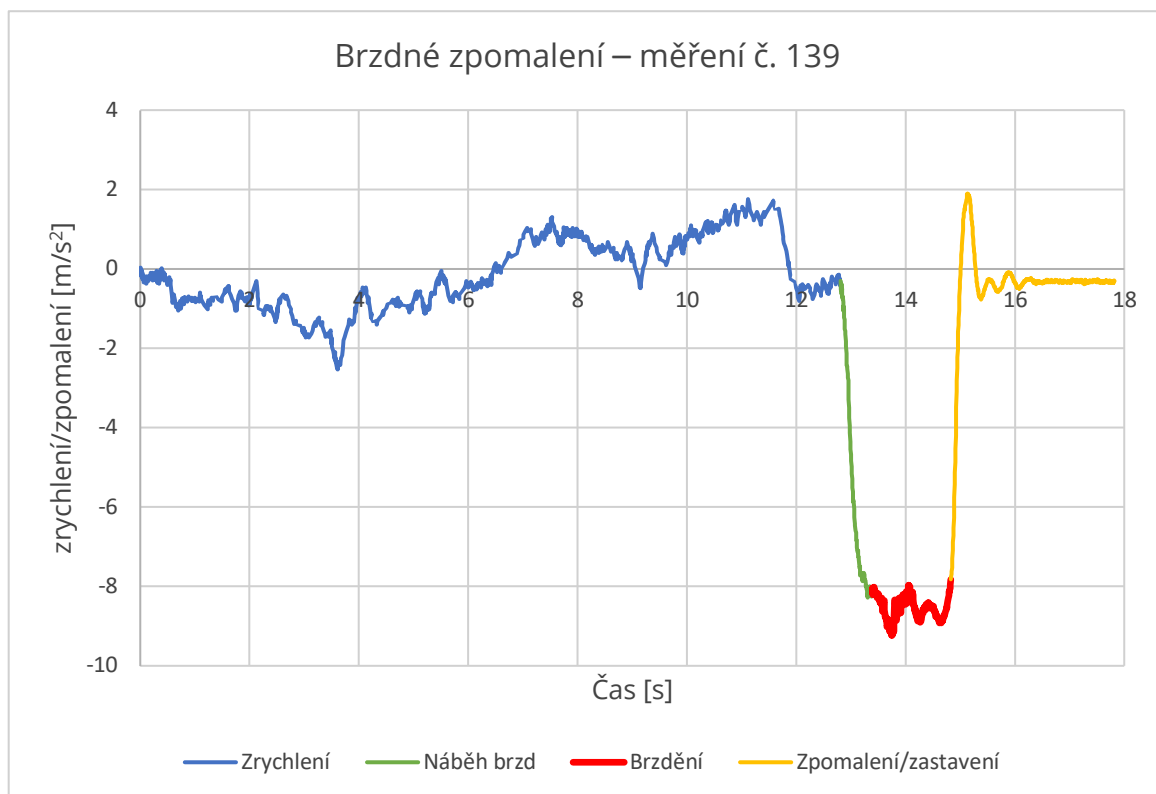
Tabulka č. 11 – Vyhodnocená data z brzdné zkoušky (nepředepsané pneumatiky)

| Č. měření | Tlak PN [bar] | Tlak ZN [bar] | Typ a umístění pneumatik | Rychlost [km/h] | Průměrné zpomalení [m/s ²] | Brzdná dráha [m] |
|--|---------------------|---------------------|-----------------------------|--------------------|--|------------------------|
| 136 | 2,1 | 2,1 | 205/60/R15 – ZN | 55 | 8,6 | 13,6 |
| 137 | 2,1 | 2,1 | 205/60/R15 – ZN | 55 | 8,9 | 13,1 |
| Průměr zpomalení a brzdné dráhy | - | - | - | - | 8,75 | 13,35 |
| 138 | 2,1 | 2,1 | 205/60/R15 – PN | 55 | 8,8 | 13,5 |
| 139 | 2,1 | 2,1 | 205/60/R15 – PN | 55 | 8,6 | 13,6 |
| Průměr zpomalení a brzdné dráhy | - | - | - | - | 8,7 | 13,55 |
| 140 | 2,1 | 2,1 | 185/60/R15 – ZN | 55 | 8,7 | 14,1 |
| 141 | 2,1 | 2,1 | 185/60/R15 – ZN | 55 | 8,9 | 13,6 |
| Průměr zpomalení | - | - | - | - | 8,8 | 13,85 |

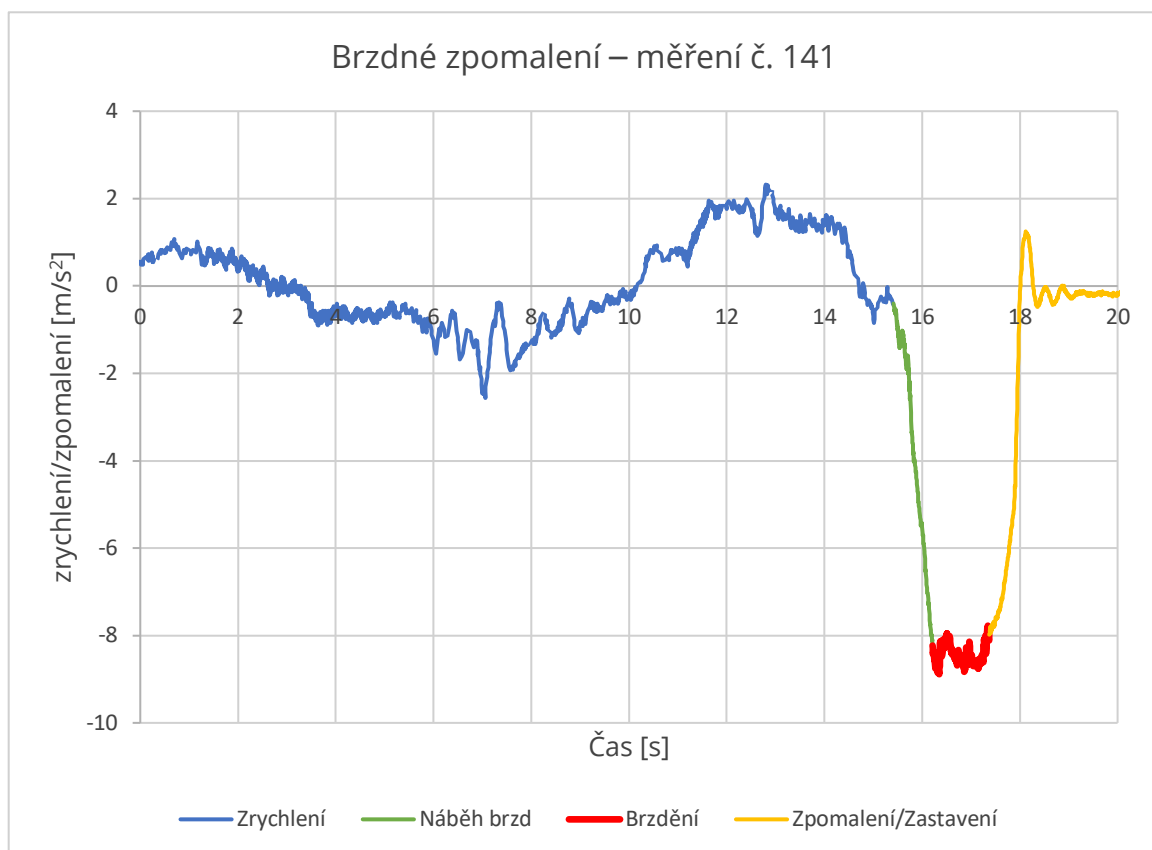
| Č. měření | Tlak PN [bar] | Tlak ZN [bar] | Typ a umístění pneumatik | Rychlost [km/h] | Průměrné zpomalení [m/s ²] | Brzdná dráha [m] |
|--|---------------|---------------|--------------------------|-----------------|--|------------------|
| a brzdné dráhy | | | | | | |
| 142 | 2,1 | 2,1 | 185/60/R15 - PN | 55 | 8,8 | 13,3 |
| 143 | 2,1 | 2,1 | 185/60/R15 - PN | 55 | 9 | 12,9 |
| Průměr zpomalení a brzdné dráhy | - | - | - | - | 8,9 | 13,1 |



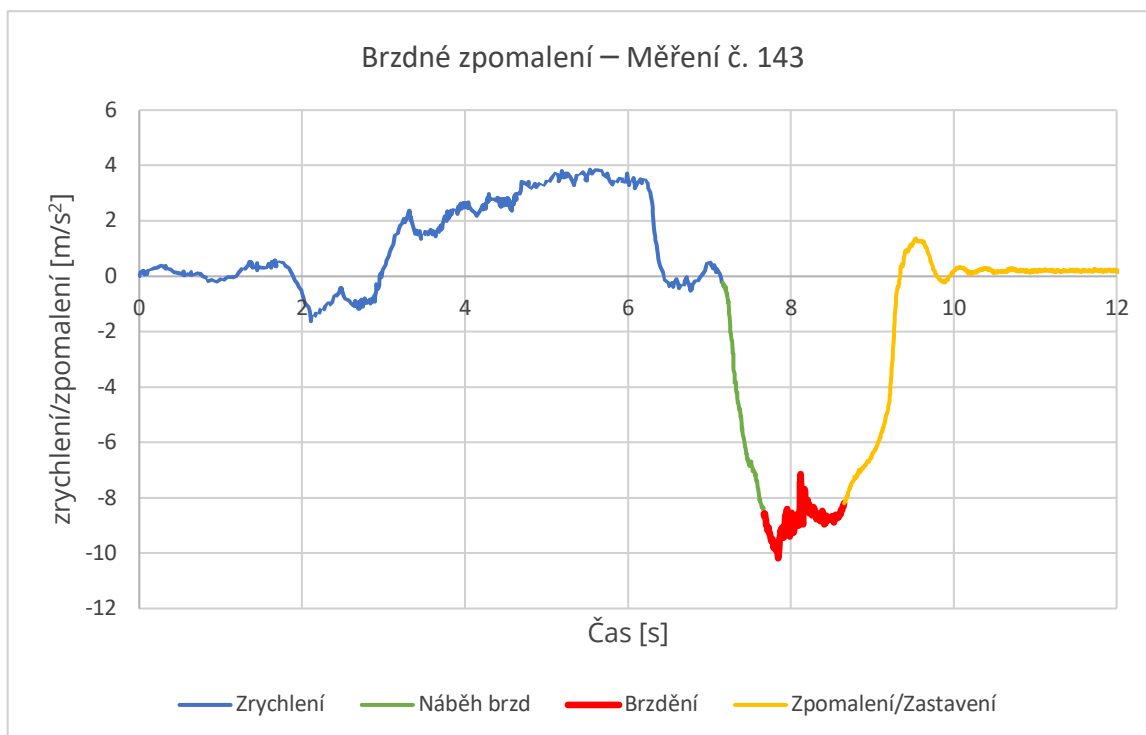
Graf č. 5 – Měření č. 136



Graf č. 6 – Měření č. 139



Graf č. 7 – měření č. 141



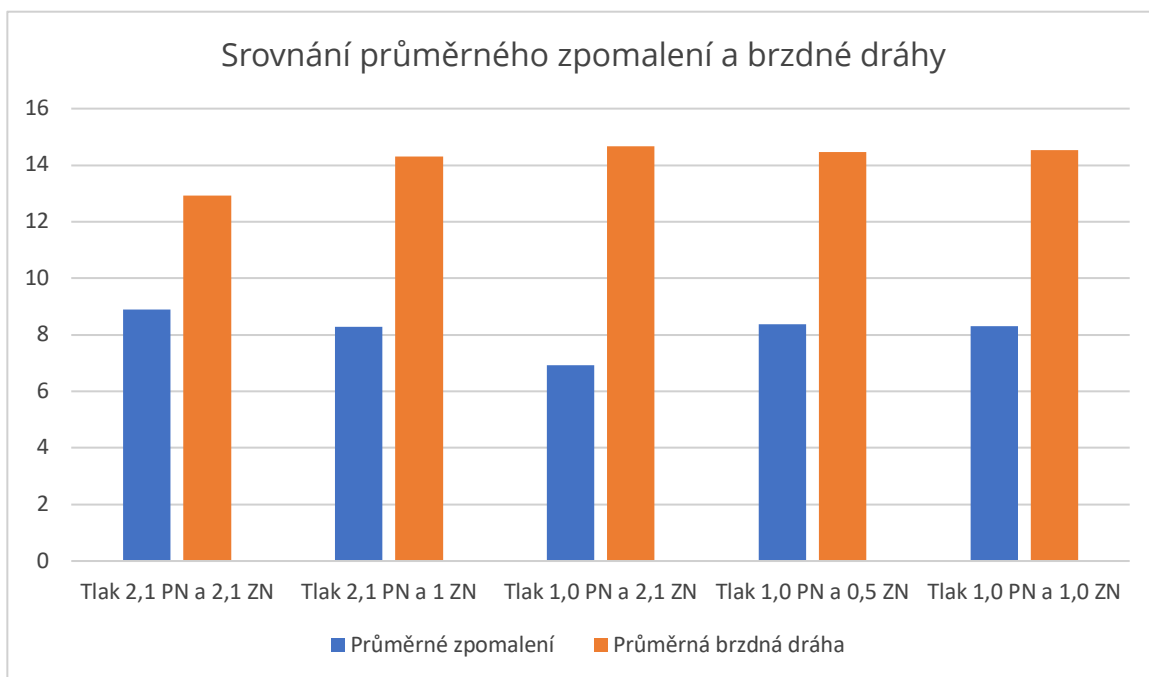
Graf č. 8 – Měření č. 143

3.3.3 Vyhodnocení

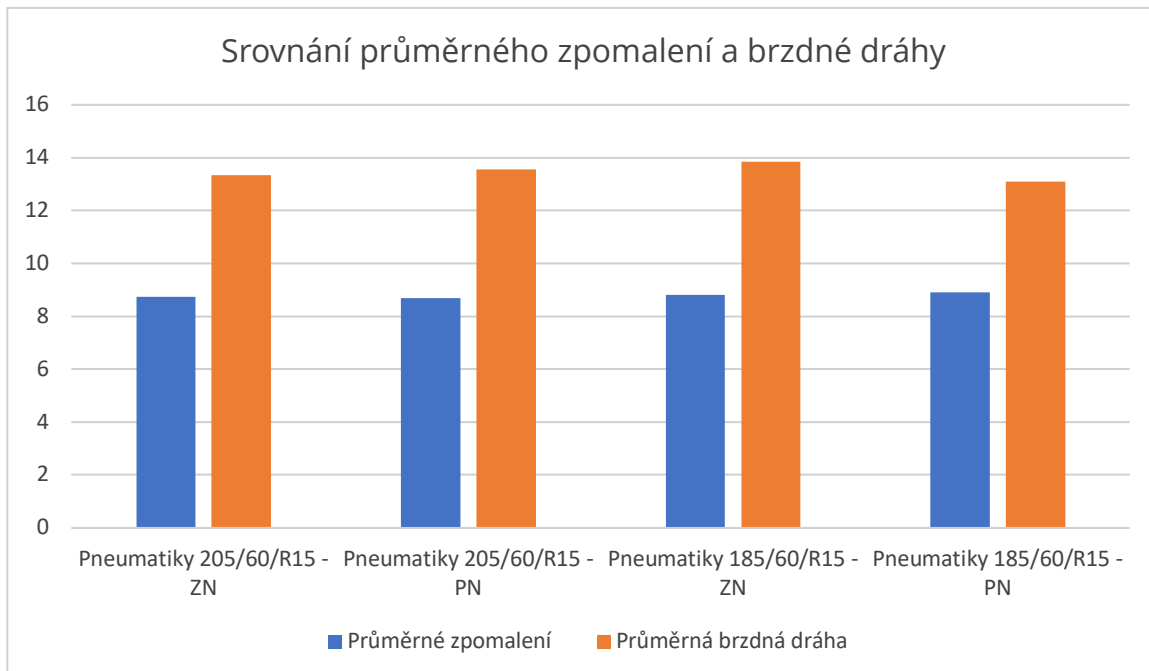
Po naměření a následném srovnání lze vidět, že pneumatiky, které jsou správně nahuštěné a jsou předepsané, mají nejvyšší průměrné zpomalení $8,9 \text{ m/s}^2$ a také průměrná brzdná dráha je nejkratší a činí $12,93 \text{ m}$. Jakmile se změnilo huštění u pneumatik, lze vidět, že se vždy zmenšilo průměrné zpomalení a prodloužila se brzdná dráha. Větší rozdíl nastal u huštění $1,0 \text{ baru}$ na přední nápravě a $2,1 \text{ baru}$ na zadní nápravě při předepsaných pneumatikách. Zde bylo průměrné zpomalení $6,93 \text{ m/s}^2$ a průměrná brzdná dráha byla $16,83 \text{ m}$. Důvodem může být nízký počet opakování a výsledek nelze brát absolutně. Dalším aspektem může být neúplné sešlápnutí brzdového pedálu, který tím pádem prodloužil brzdou dráhu. Podle řidiče vozidlo při této zkoušce zachovávalo během brzdění směrovou stabilitu a do řízení nemusel zasahovat. **V grafu č. 9** můžete vidět srovnání v délce průměrné brzdné dráhy a průměrného brzdného zpomalení.

Při použití nepředepsaných pneumatik na vozidle při jejich správném huštění nedošlo k žádným velkým rozdílům oproti předepsaným pneumatikám. Brzdná dráha i průměrné zpomalení se vždy podobaly hodnotám u předepsaných pneumatik. Když byly na vozidle umístěny pneumatiky typu $205/60/R15$ nebo pneumatiky typu $185/60/R15$, z pohledu řidiče zachovávalo vozidlo při této zkoušce během brzdění směrovou stabilitu a nebyl rozeznán žádný rozdíl. **V grafu č. 10** lze vidět srovnání průměrných hodnot u nepředepsaných pneumatik. **V grafu č. 11** je zobrazen průměrný rozdíl mezi předepsanými a nepředepsanými pneumatikami, kdy u

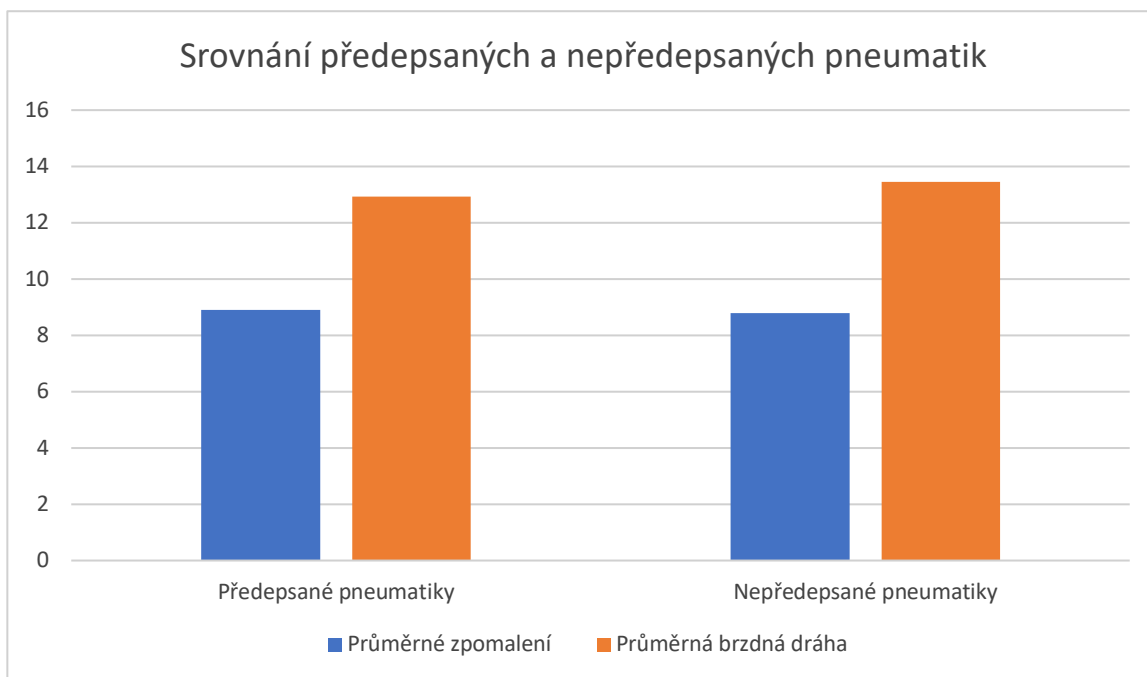
předepsaných byly vzaty průměrné hodnoty z měření č. 41 až 43 a u nepředepsaných pneumatik byly vzaty průměrné hodnoty z celého měření. Jak lze vidět z grafu a bylo zmíněno výše, rozdíly jsou minimální.



Graf č. 9 – Srovnání naměřených hodnot (předepsané pneumatiky)



Graf č. 10 – Srovnání naměřených hodnot (nepředepsané pneumatiky)



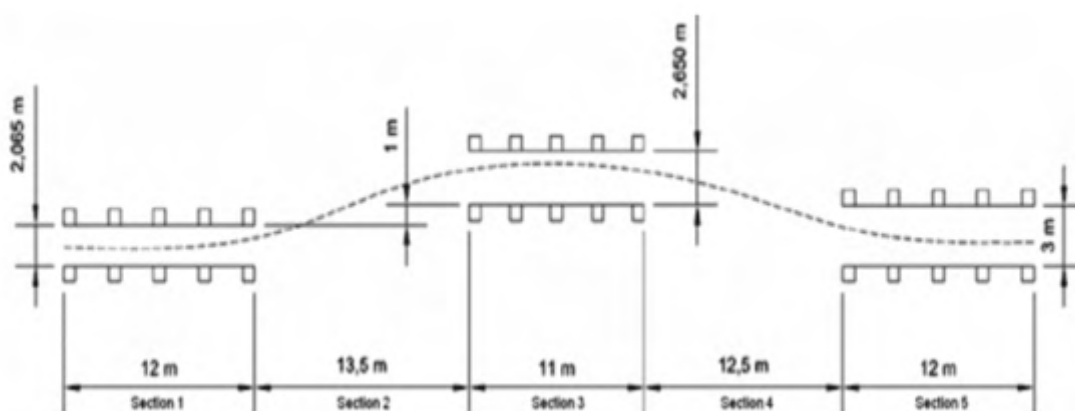
Graf č. 11 – Srovnání předepsaných a nepředepsaných pneumatik

3.4 VYHÝBACÍ MANÉVR (LOSÍ TEST)

Vyhýbací manévr je test jízdní dynamiky vozidla, která je ovlivňována boční stabilitou. Standardně se zkouška provádí na suché vozovce, kde jsou podle plánku rozestavěny kužele. Ty mají připomínat překážku, jíž se má vozidlo vyhnout. Vozidlo se rozjede na danou rychlost proti kuželům, projede tzv. losí test a vrátí se do původního pruhu. Zkouška se opakuje s vyšší rychlostí, dokud se některý z krajních kuželů neshodí. To se pak považuje za neprojití testem. Výsledkem testu je nejvyšší dosažená rychlost vozidla, při které nedošlo ke shoení žádného z kuželů.

Původ testu je ze severské země Švédska, kde se používá spoustu let. Prvně se ho zúčastnily především švédské automobilové značky (Volvo). V praxi docházelo především v severských zemích často ke srážkám s divokou zvěří (losem evropským), které měly tragický konec pro posádku. Ale při prudkém vyhýbacím manévru mělo spoustu vozidel problémy a velmi často docházelo k převrácení vozidla. Testu se začalo účastnit stále více automobilových značek, aby simulovaly vyhýbací manévr proti střetu s losem. Samozřejmě se testy nesimulují pouze pro střet s losem, ale pro jakoukoliv náhlou překážku na silnici. Do povědomí se tzv. losí test dostal až v roce 1997, kdy se jednomu novináři podařilo nový Mercedes-Benz převrátit na střechnu při vcelku malé rychlosti 60 km/h. Jakmile se tento článek dostal na veřejnost, firma Mercedes hned musela reagovat a napravit problém u všech vozidel tohoto typu. Muselo se snížit těžiště a instalovat stabilizační systém ESP (Od roku 2014 je ESP povinnou výbavou všech osobních vozidel).

Cílem měření je vyhodnotit vliv huštění pneumatik na stabilitu vozidla. Vyhodnocování zde bude trochu složitější a bude se zde klást důraz na nájezdovou rychlost a na subjektivní vyhodnocení řidiče. Před začátkem měření se pneumatiky zahřály na provozní teplotu. Huštění probíhalo, jak je uvedeno v tabulce č. 9. Losí test byl rozestavěn dle normy ISO 3888 v celkové délce 61 m. Na obrázku č. 36 je zobrazen plán, podle kterého byl rozestavěn vyhýbací manévr. Rozdíl mezi obrázkem č. 1 je pouze v šířce nájezdového a průjezdného pruhu, kde je šířka 2,1 metru (nájezd) a 2,65 metru (průjezd). V prvním případě byly šířky pruhů 2,2 metru a 3 metry. Důvodem byl výběr zkušebního vozidla. Na obrázku č. 37 je ukázáno reálné postavení vyhýbacího manévru v místě měření.



Obrázek č. 37 – Vyhýbací manévr



Obrázek č. 38 – Reálné postavení vyhýbacího manévru

Před měřením byl na čelní sklo vozidla umístěn měřicí přístroj XL Meter a proběhla jeho základní kalibrace. Při provedení vyhýbacího manévru hrozí nebezpečné situace – může být převráceno vozidlo nebo v našem případě se může vyzout pneumatika z ráfku při velmi podhuštěném kole. Kvůli tomu nebyly zvoleny velmi vysoké nájezdové rychlosti. První pokus byl 35 km/h a rychlost se lehce zvedala na vyšší až do zásahu ESP nebo přejetí kuželů či smyku.

Prvních pár měření bylo provedeno cvičně pro zjištění, zda vše funguje správně a pro zahřátí brzd. Potom probíhala měření, která se ukládala a dále vyhodnocovala. Při bezproblémovém průjezdu testu se zvyšovala rychlost a průjezd se neopakoval. Jakmile došlo k zásahu ESP nebo přejetí kuželů, pokus se opakoval, aby se vyloučila chyba řidiče. Pokud se ani při dalších pokusech nepodařilo test projet, předchozí rychlost, kterou byl vyhýbací manévr projet, byla určena za mezní rychlost.

Následně byl změněn tlak v pneumatikách a měření se opakovalo. Po změření naplánovaných tlaků v předepsaných pneumatikách došlo k výměně pneumatik na zadní nápravě za nepředepsané pneumatiky. U nepředepsaných pneumatik se postupovalo stejně jako u předepsaných (docházelo ke snižování tlaku). Po zaplnění měřicího přístroje byla data stažena do počítače, aby nedošlo k přepsání naměřených hodnot.

Naměřená data se zobrazila v programu XL Vision, **v příloze č. 2** je zobrazena práce v programu, kde se následně data stáhla do výpočetního programu Microsoft Excel. V Excelu

probíhalo vyhodnocování naměřených výsledků. Nejdříve se udělala menší korekce dat a následně se s informacemi pracovalo dále. Z dat byly vytvořeny grafy, které byly pro lepší přehlednost upraveny na jednotlivé fáze zkoušky.

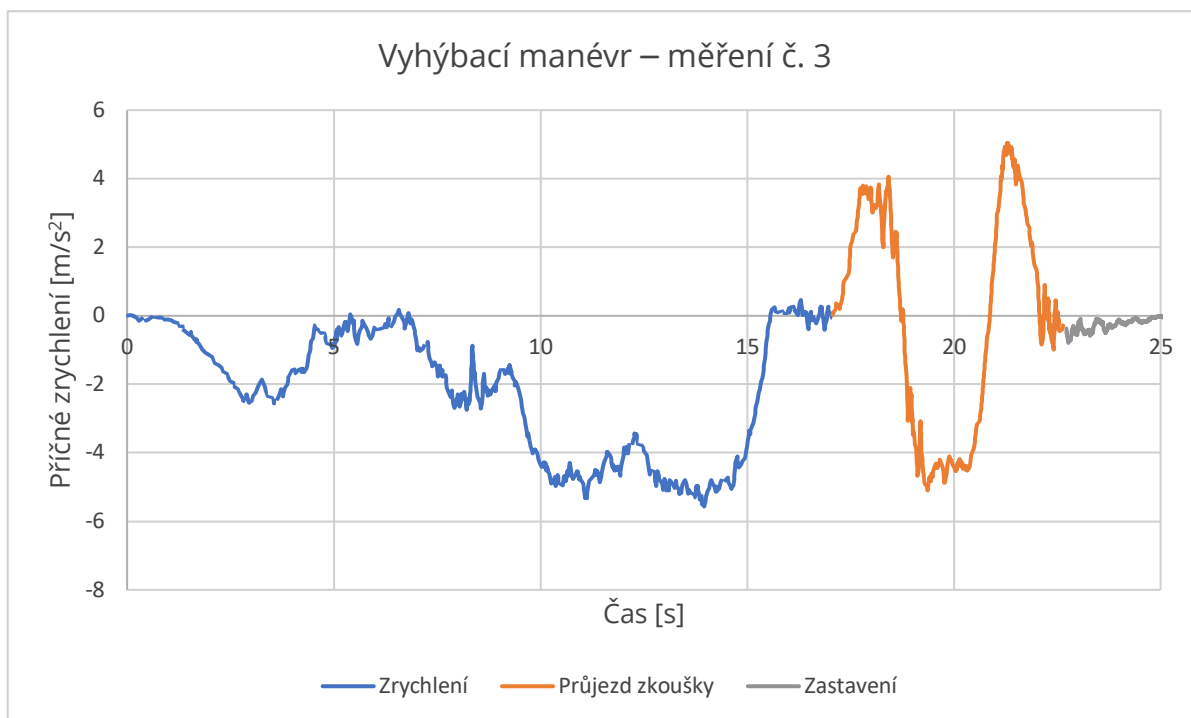
3.4.1 Předepsané pneumatiky 195/65/R15

První zkouška proběhla na předepsaných pneumatikách Barum Bravuris 5HM 195/65/R15 na suchém povrchu. Počáteční rychlost byla 35 km/h při různých huštěních. Rychlost se lehce zvedala až do neprojetí testu. **V tabulce č. 12** můžete vidět vyhodnocená data z vyhýbacího manévru. Při správném nahuštění pneumatik je nejvyšší dosažená mezní rychlost, což znamená nejvyšší rychlost projetí testu. Při všech možnostech podhuštěných pneumatik jsme vždy dosáhli menší mezní rychlosti. Červeně označené písmo v grafu označuje neprojetí losího testu v dané rychlosti. **V grafech č. 10 až č. 15** jsou zobrazena jednotlivá měření. Vždy byl vybrán jeden ze skupiny měření pro dané huštění. Zbytek je přiložen v příloze této práce.

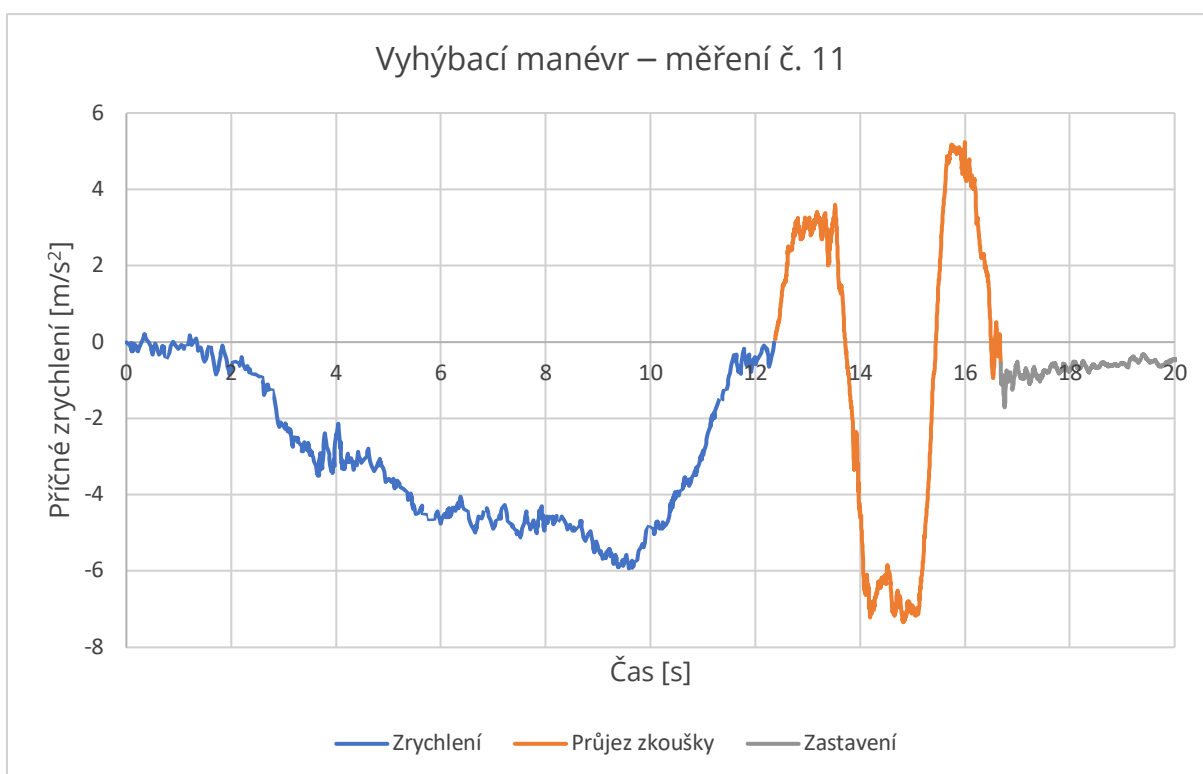
Tabulka č. 12 – Tabulka č. 12 – Vyhodnocená data (Vyhýbací manévr)

| Č. měření | Tlak PN [bar] | | Tlak ZN [bar] | | Rychlost [km/h] | Projetí |
|------------|------------------|-----|------------------|-----|--------------------|---------------------------------------|
| | PK | LK | PK | LK | | |
| 1. | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 36 | OK |
| 2. | | | | | 45 | OK |
| 3. | | | | | 57 | OK – mezní rychlost |
| 4. | | | | | 60 | Opakované shození kuželů |
| 9. | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 0,5 | 30 | OK |
| 10. | | | | | 35 | OK |
| 11. | | | | | 45 | OK – mezní rychlost |
| 12. | | | | | 48 | Opakované shození kuželů, smyk |
| 15. | 2,1 | 0,5 | 2,1 | 0,5 | 35 | OK |

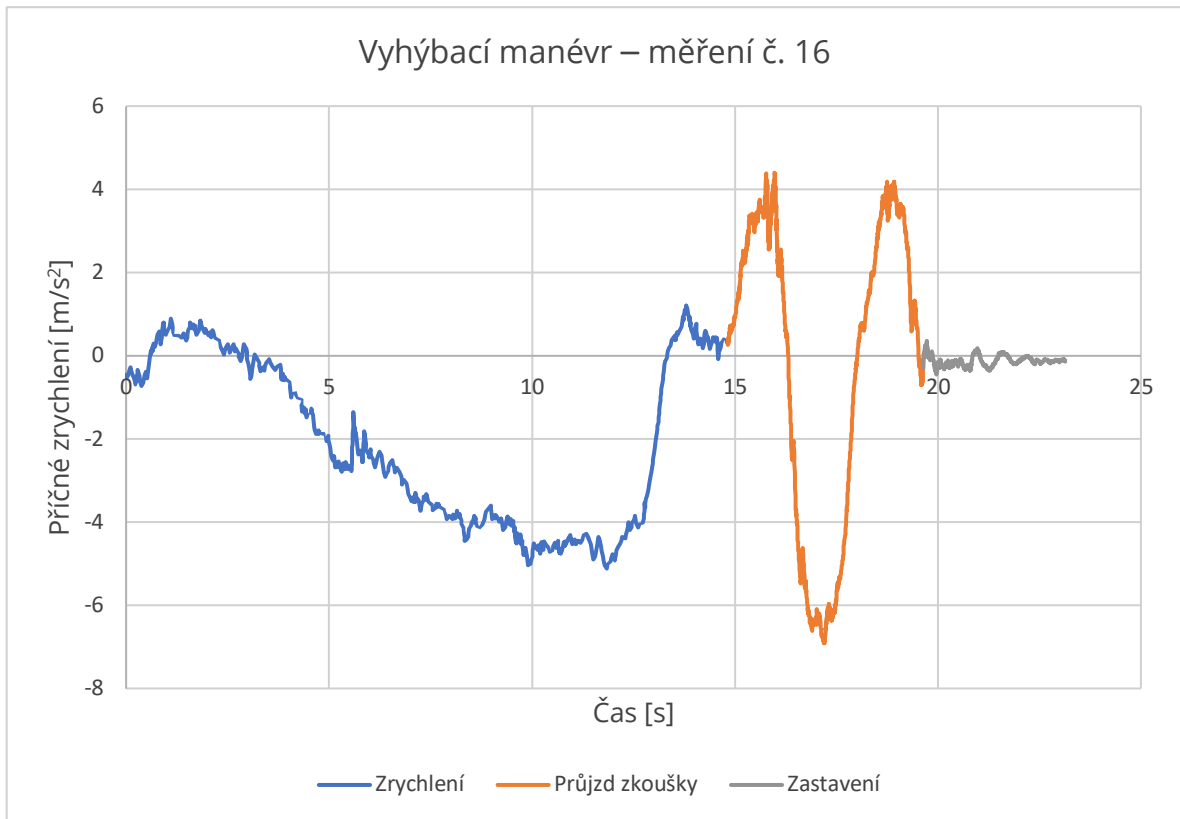
| Č. měření | Tlak PN [bar] | | Tlak ZN [bar] | | Rychlost [km/h] | Projetí |
|------------|------------------|-----|------------------|-----|--------------------|---------------------------------------|
| | PK | LK | PK | LK | | |
| 16. | | | | | 42 | OK – mezní rychlost |
| 17. | | | | | 47 | Smyk vozidla |
| 22. | | | | | 36 | OK |
| 23. | 2,1 | 2,1 | 0,5 | 0,5 | 42 | OK – mezní rychlost |
| 24. | | | | | 46 | Smyk, opakované přejetí kuželů |
| 28. | | | | | 38 | OK |
| 29. | 2,1 | 0,5 | 2,1 | 2,1 | 43 | OK – mezní rychlost |
| 30. | | | | | 46 | Smyk vozidla |
| 34. | | | | | 35 | OK |
| 35. | 0,5 | 0,5 | 2,1 | 2,1 | 40 | OK – mezní rychlost |
| 36. | | | | | 44 | Smyk, opakované přejetí kuželů |



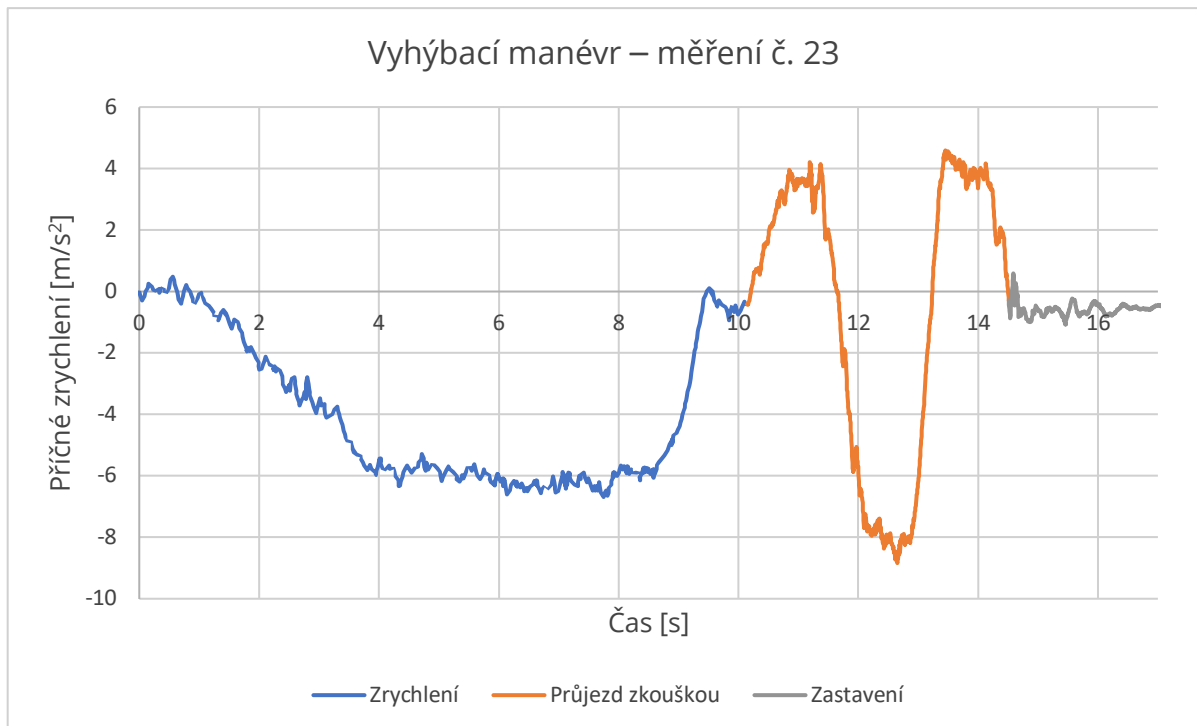
Graf č. 12 – Měření č. 3



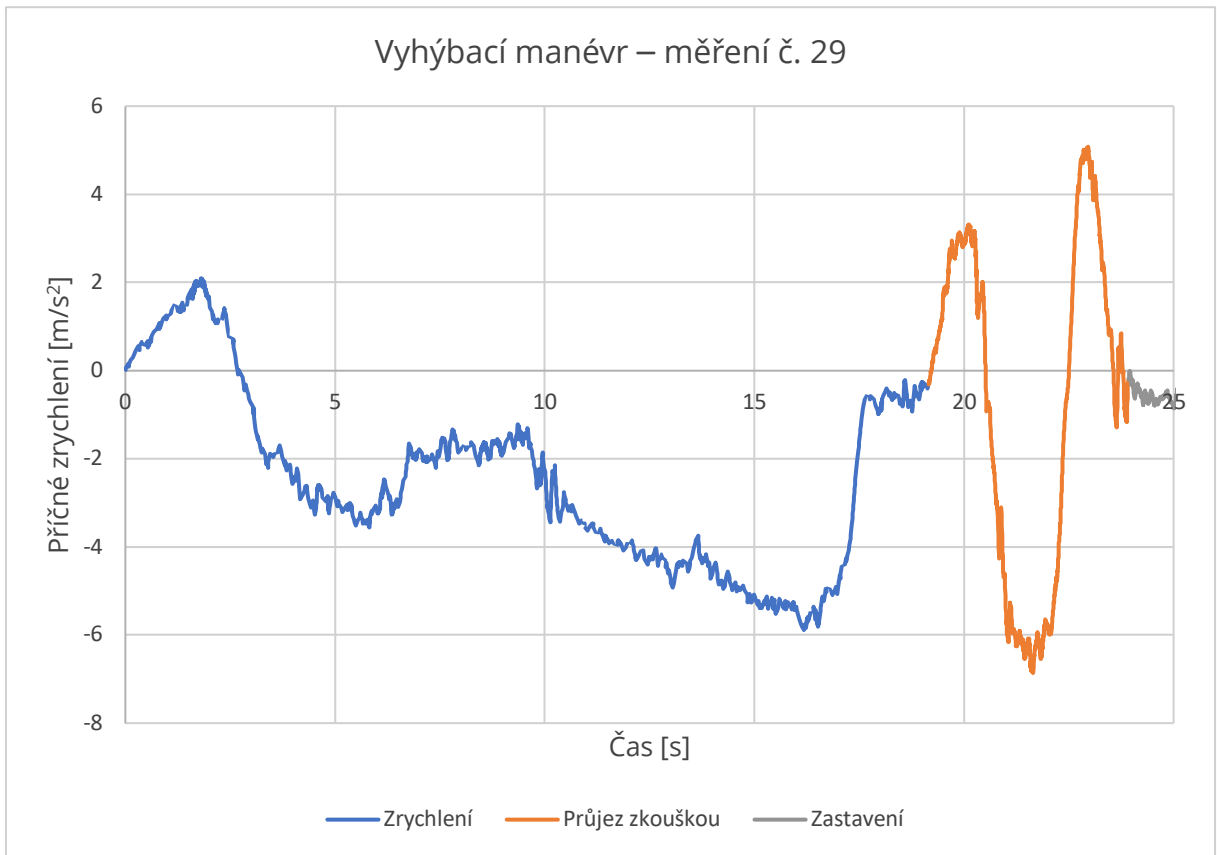
Graf č. 13 – Měření č. 11



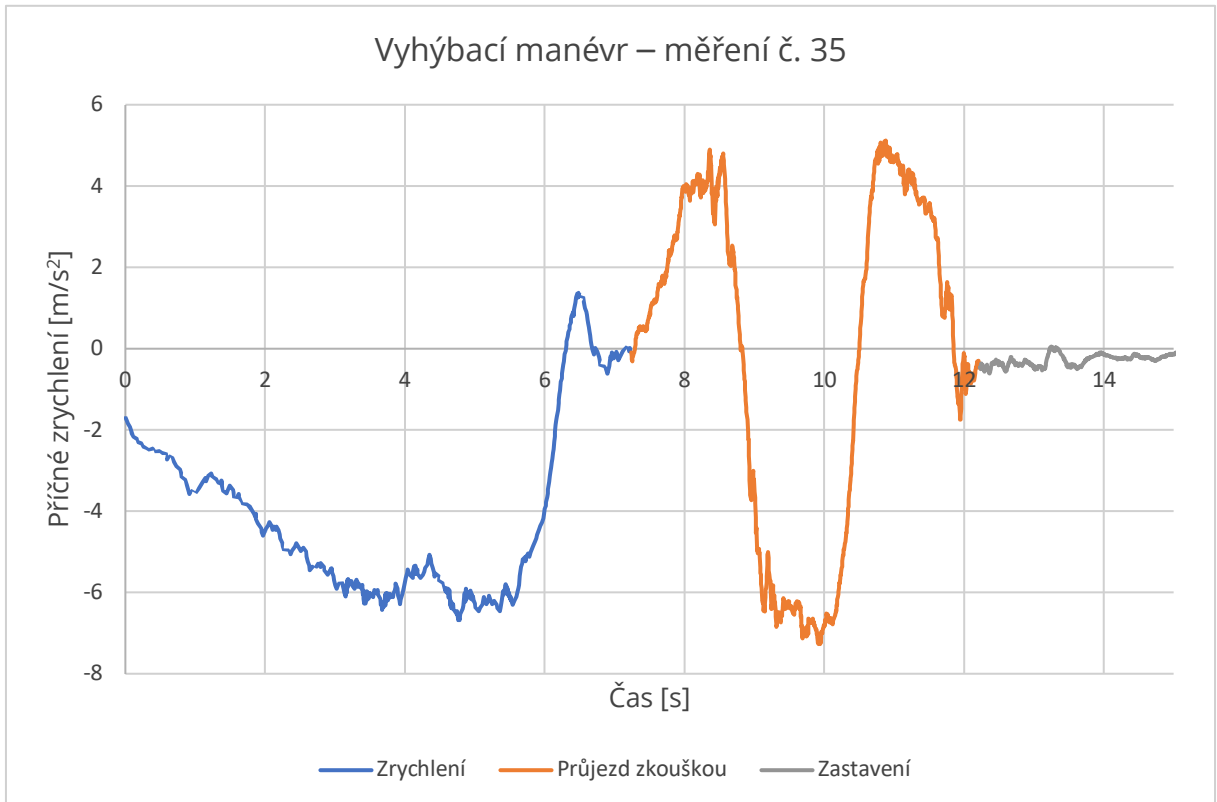
Graf č. 14 – Měření č. 16



Graf č. 15 – Měření č. 23



Graf č. 16 – Měření č. 29



Graf č. 17 – Měření č. 35

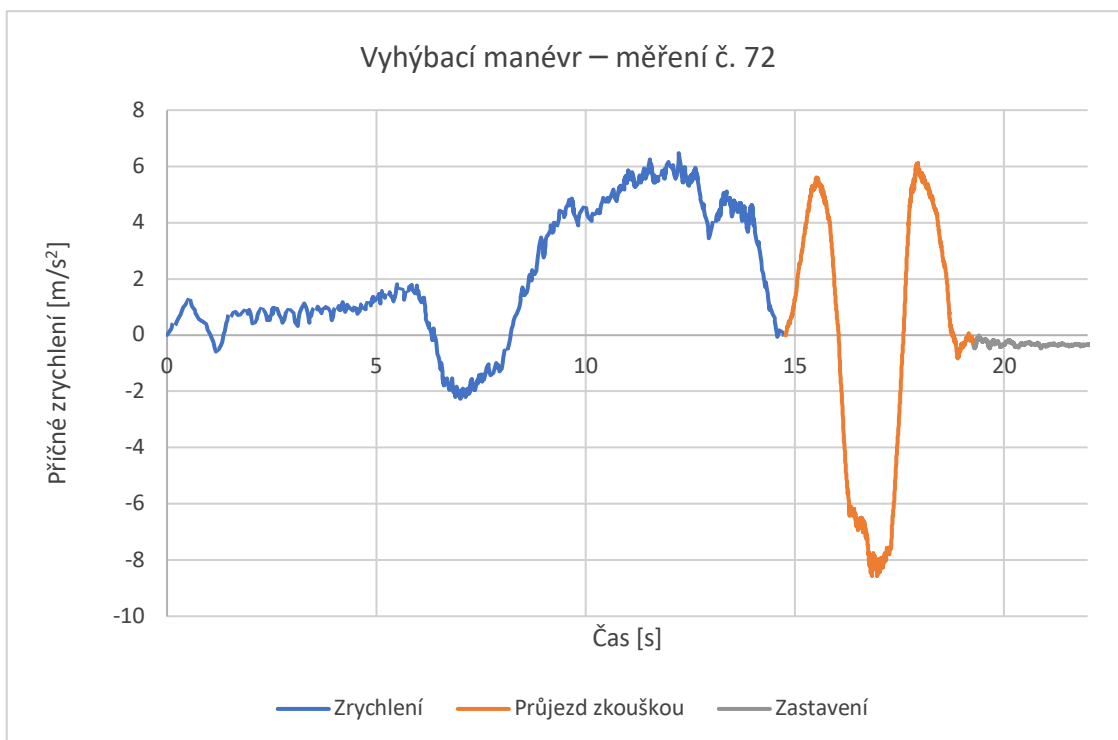
3.4.2 Nepředepsané pneumatiky 205/60/R15 a 185/60/R15

Poslední zkouška proběhla opět na předepsaných pneumatikách Barum Bravuris 5HM 195/65/R15 na suchém povrchu v kombinaci s nepředepsanými pneumatikami Dunlop SP Sport 205/60/R15 a Nokian Line 185/60/R15. Při této zkoušce byly na přední nápravě pouze předepsané pneumatiky. Změna byla pouze na zadní nápravě, kde se měnily nepředepsané pneumatiky. Zvolená počáteční rychlost byla stejná jako u předchozí zkoušky čili 35 km/h. Huštění u této zkoušky bylo trochu odlišné než u předchozí. Kvůli tomu, že se měnily pouze pneumatiky na zadní nápravě, tak se i tlak měnil pouze na zadní nápravě podle **tabulky č. 9. V tabulce č. 13** můžete vidět vyhodnocená data z losího testu v kombinaci předepsaných a nepředepsaných pneumatik.

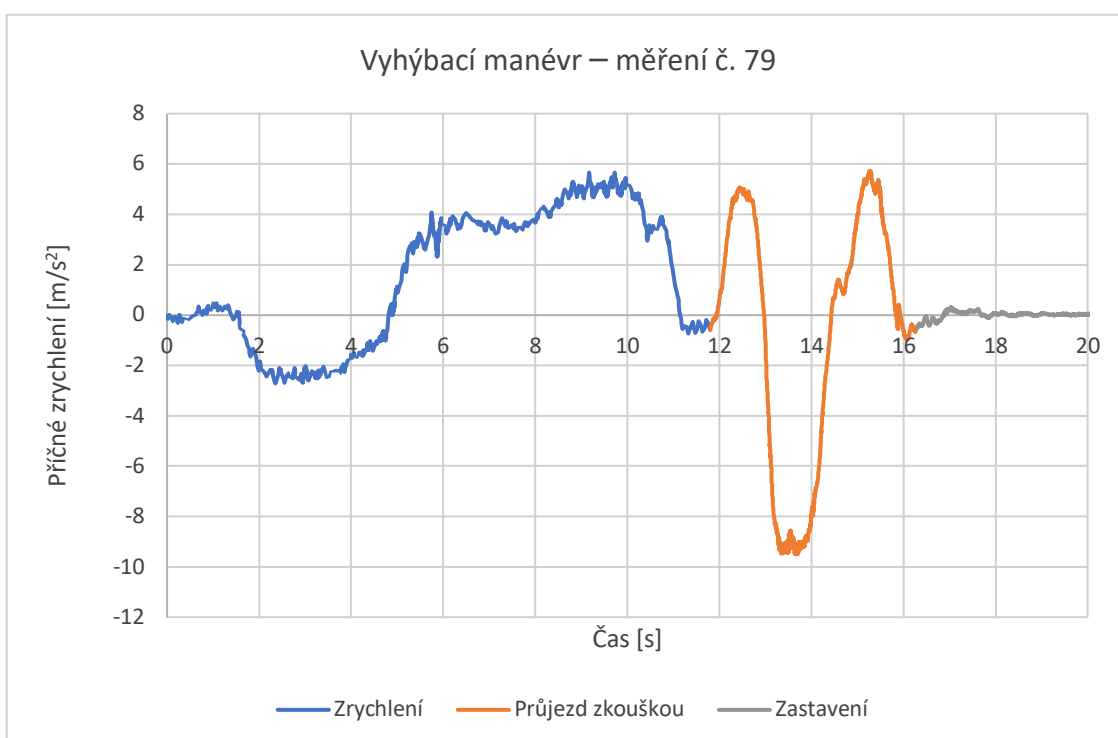
Tabulka č. 13 – Vyhodnocení naměřených hodnot

| Č. měření | Tlak PN [bar] | | Tlak ZN [bar] | | Typ pneumatiky | Rychlost [km/h] | Projetí |
|------------|------------------|-----|------------------|-----|----------------|--------------------|---------------------------------|
| | PK | LK | PK | LK | | | |
| 71. | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 205/60/R15 | 35 | OK |
| 72. | | | | | | 45 | OK - mezní rychlost |
| 73. | | | | | | 48 | Opakované přejetí kuželu |
| 78. | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 0,5 | 205/60/R15 | 35 | OK |
| 79. | | | | | | 42 | OK - mezní rychlost |
| 80. | | | | | | 46 | Smyk vozidla |
| 86. | 2,1 | 2,1 | 0,5 | 0,5 | 205/60/R15 | 35 | OK |
| 87. | | | | | | 39 | OK |

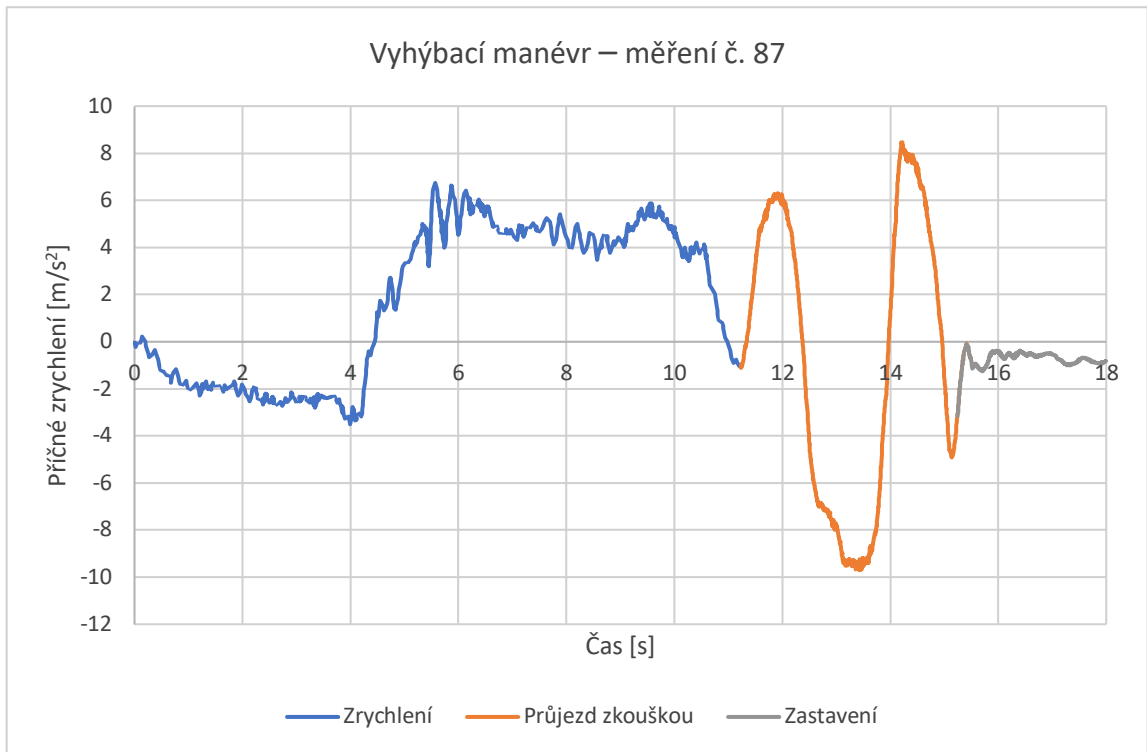
| Č. měření | Tlak PN [bar] | | Tlak ZN [bar] | | Typ pneumatiky | Rychlost [km/h] | Projetí |
|-------------|------------------|------------|------------------|------------|-------------------|--------------------|---|
| | PK | LK | PK | LK | | | |
| 88. | 2,1 | 2,1 | 0,5 | 0,5 | 205/60/R15 | 43 | Opakované smyky vozidla |
| 94. | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 185/60/R15 | 35 | OK |
| 95. | | | | | | 43 | OK |
| 96. | | | | | | 53 | OK - mezní rychlost |
| 97. | | | | | | 58 | Opakované shození kuželů |
| 103. | 2,1 | 2,1 | 2,1 | 0,5 | 185/60/R15 | 35 | OK |
| 104. | | | | | | 45 | OK - mezní rychlost |
| 105. | | | | | | 47 | Opakovaný smyk |
| 111. | 2,1 | 2,1 | 0,5 | 0,5 | 185/60/R15 | 35 | OK |
| 112. | | | | | | 42 | OK - mezní rychlost |
| 113. | | | | | | 44 | Smyk aopakované shození kuželů |



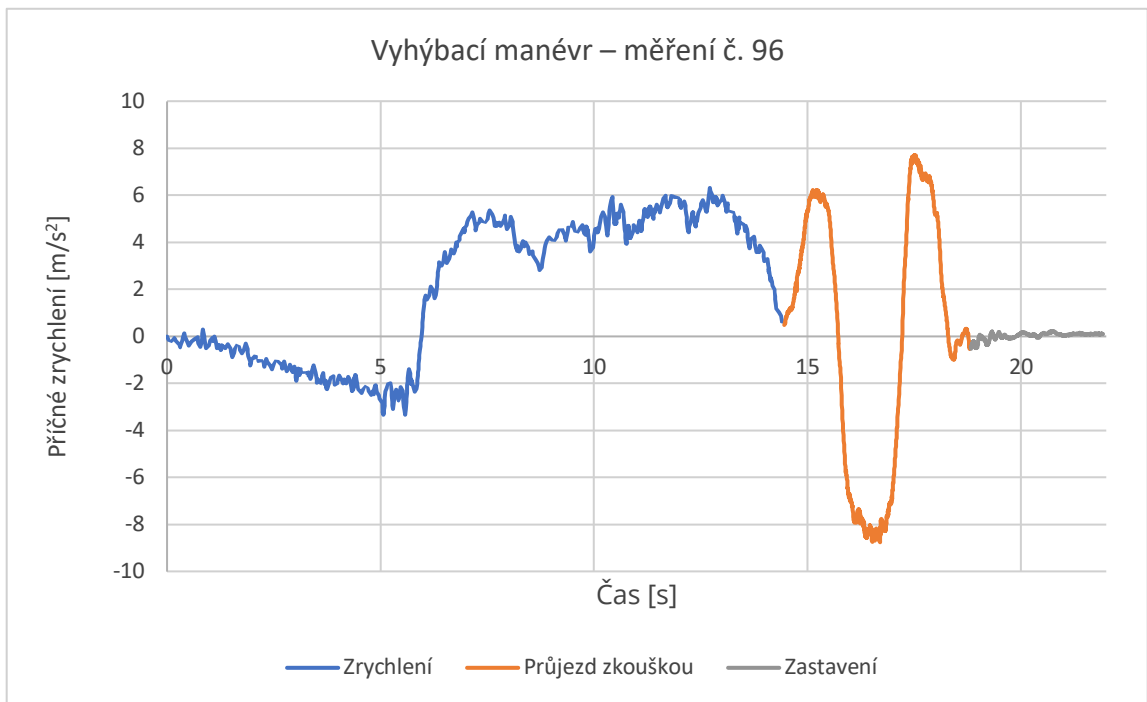
Graf č. 18 – Měření č. 72



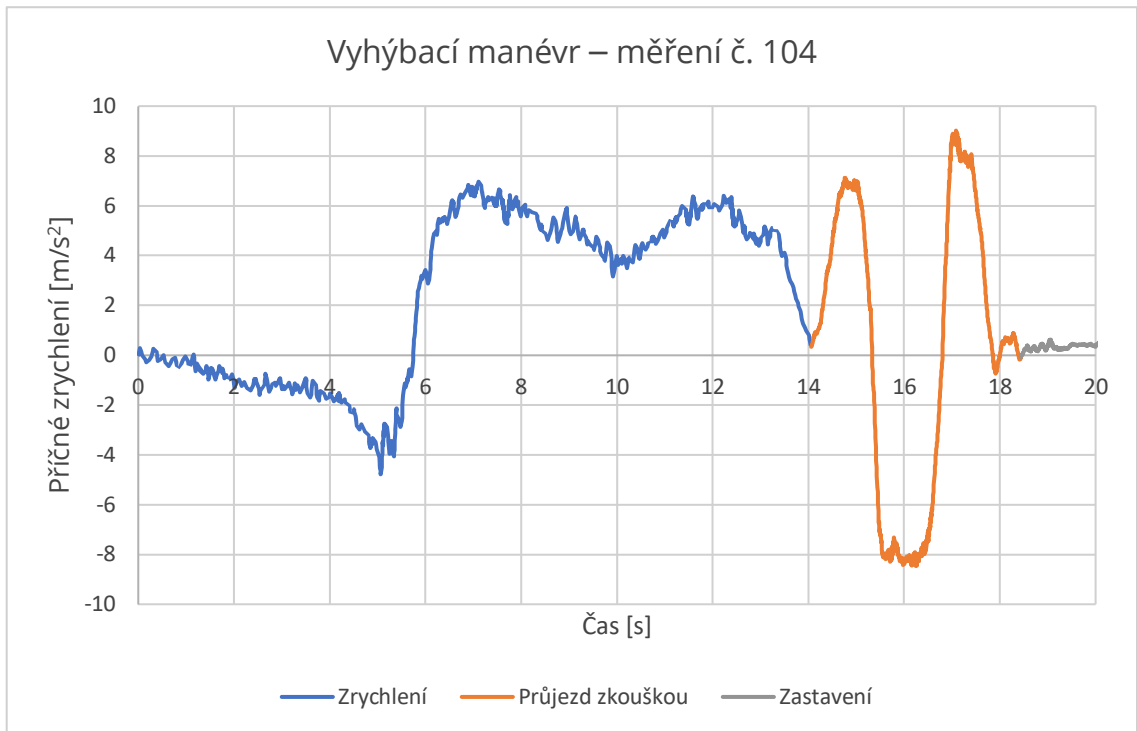
Graf č. 19 – Měření č. 79



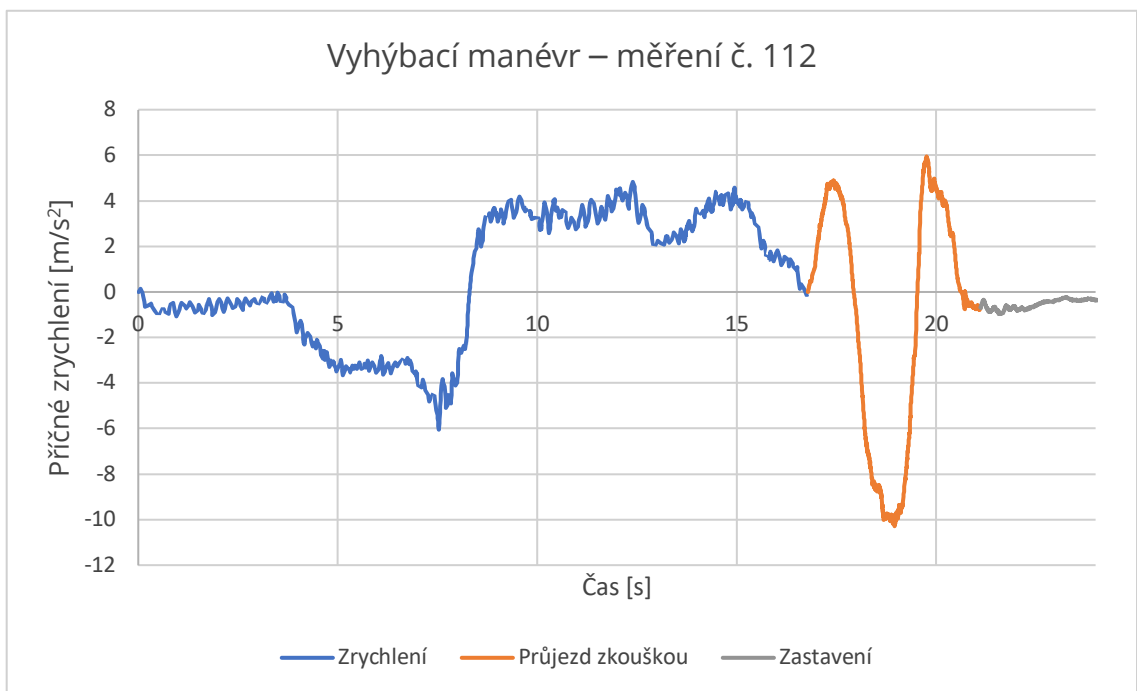
Graf č. 20 – Měření č. 87



Graf č. 21 – Měření č. 96



Graf č. 22 – Měření č. 104



Graf č. 23 – Měření č. 112

3.4.3 Vyhodnocení

Při vyhýbacím manévru je důležitý jeden prvek, a to lidský faktor, který může ovlivnit naměřené výsledky. Je tedy obtížné přesně určit mezní rychlosti vozidla při průjezdu losího testu. Aby se tato chyba co nejméně projevila v určení mezní rychlosti, byly průjezdy vyhýbacího manévru několikrát opakovány. Když řidič při průjezdu přešel kužel, měření bylo opakováno. Když se tato chyba opakovala stále dokola, předchozí rychlost byla zaznamenána jako mezní.

U předepsaných pneumatik se správně nahuštěnými pneumatikami byla dosažena nejvyšší mezní rychlost 57 km/h. **Z grafu č. 12** lze vidět, že při průjezdu vyhýbacího manévru vozidlo dosáhlo jednoho z nejmenších příčných zrychlení, a to minimální hodnoty $-5,63 \text{ m/s}^2$ a maximální hodnoty $5,07 \text{ m/s}^2$. U všech ostatních pokusů, kdy nebylo doporučeno předepsané huštění, byly tyto hodnoty vždy překonány. Největší rozdíl je u měření, když byly pneumatiky na zadní nápravě nahuštěny na 0,5 baru. **Z grafu č. 15** je patrný velký rozdíl u příčného zrychlení v minimální hodnotě, kde je hodnota $-8,84 \text{ m/s}^2$. Mezní rychlost zde byla 42 km/h. Takový rozdíl je kvůli tomu, že bylo velmi nízké huštění zadních pneumatik a vozidlo při průjezdu vyhýbacím manévrem mělo velký problém test projet bez přejetí kuželů. Nejmenší dosažitelné mezní rychlosti bylo dosaženo, když přední pneumatiky byly nahuštěny na 0,5 baru. V tomto okamžiku byla mezní rychlost 40 km/h.

U nepředepsaných pneumatik je vidět rozdíl už i u správně nahuštěných pneumatik, kde v obou případech bylo dosaženo menší mezní rychlosti. U pneumatik 205/60/R15 byla mezní rychlost 45 km/h, což je o 12 km/h méně než u předepsaných pneumatik. U pneumatik 185/60/R15 byla mezní rychlost 53 km/h, což je o 4 km/h méně než u předepsaných pneumatik. Příčné zrychlení bylo vždy větší než u předepsaných pneumatik. Při snižování tlaků v pneumatikách se mezní rychlosti vždy zmenšovaly. Nejmenší mezní rychlost nastala, když na vozidle byly pneumatiky 205/60/R15 s huštěním 0,5 na zadní nápravě a mezní rychlost byla 39 km/h. **Z grafu č. 20** lze vidět vysoké hodnoty příčného zrychlení. Maximální hodnota příčného zrychlení je $8,46 \text{ m/s}^2$ a minimální hodnota je $-9,7 \text{ m/s}^2$. Oproti pokusu s předepsanými pneumatikami je zde minimální hodnota skoro o jeden m/s^2 větší. Důvodem je větší šířka pneumatik.

3.4.3.1 Subjektivní pohled řidiče

Při použití předepsaných pneumatik se správným nahuštěním se vozidlo chovalo velmi vyrovnaně a při průjezdu testu nebyl žádný výrazný problém s optimální cestou. Vozidlo se bez problému vracelo do jízdnic pruhů. Při nasazení nesprávných pneumatik při nízkých rychlostech nepoznal řidič výrazný rozdíl mezi pneumatikami. Rozdíl poznal až při vyšších rychlostech, kdy se

vozidlo při prvním vyhýbání začalo hůře ovládat a vozidlo se s menšími problémy vracelo do jízdního pruhu.

U podhuštěných předepsaných pneumatik řidič poznal rozdíl hned při prvním průjezdu testu. Vozidlo se chovalo velmi nestabilně, řízení bylo velmi těžké, při průjezdech se naklánělo a mělo velký problém se udržet ve vyhrazeném prostoru testu. Řidič musel změnit čas natáčení volantu při průjezdu, aby nepřejížděl krajní kužele. Při podhuštěných pneumatikách docházelo k velmi častému přjetí kuželů a testy se často opakovaly. Při výměně pneumatik za nepředepsané bylo řízení vozidla ještě horší, a to především u pneumatik 205/60/R15, kdy vozidlo šlo velmi často do smyku a řidič si musel se smykem poradit. Při testu stále hrozilo vyzutí pneumatiky z ráfku.

ZÁVĚR

Podhuštěné pneumatiky se negativně promítají do jízdních vlastností, a to téměř do všech jízdních režimů. Když vozidlo nemá předepsaný tlak v pneumatikách, obtížně drží stopu v zatáčce. Dále se zhoršuje zatáčení vozidla neboli reakce kol na pohyb volantu. I když podhuštěné kolo má větší plochu, kterou se dotýká vozovky a tím má i větší valivý odpor, při brzdění a celkové jízdě se zhoršují jízdní vlastnosti. Vozidlo se následně obtížně ovládá a udržet směr jízdy není snadné. Jakmile dojde k podhuštění pouze jedné pneumatiky na vozidle, začnou se veškerá negativa projevovat na jednom místě. Vozidlo tím pádem začne samo měnit směr na danou stranu, kde je podhuštěná pneumatika. Tahle situace se v realitě vyskytuje častěji než podhuštěná jedna náprava vozidla. Jakmile je některé kolo podhuštěné, je více náchylné k defektu.

V rámci diplomové práce byly teoreticky popsány základy jízdní dynamiky, následně brzdění a konstrukce pneumatiky. Dále byla popsána právní úprava týkající se pneumatik, kterou by měl každý řidič znát a dodržovat. Zkoušení pneumatik provádějí sami jejich výrobci podle homologačních předpisů. Dále byly popsány vlivy huštění na pneumatiky, které byly následně ověřovány v experimentálním měření. Měření bylo zaměřeno na brzdnu zkoušku, kde bylo pět různých hodnot huštění, rozdělených mezi nápravy. Druhou zkouškou byl vyhybací manévr, kde bylo šest hodnot huštění, jež byly rozděleny jak mezi nápravami, tak i pouze na jedno kolo. Následně byly pneumatiky vyměněny za pneumatiky rozměrů, které výrobce na dané vozidlo nepředepisuje, a měření se opakovalo.

Z výsledků praktické části je zřejmé, že správně nahuštěné pneumatiky a předepsané pneumatiky mají co do rozměrů velký vliv na jízdní dynamiku. Podhuštěné pneumatiky v obou měřeních měly negativní vliv na jízdní stabilitu. Kromě zhoršení směrové stability při vyhybacím manévru se zvětšila i brzdná dráha při brzděné zkoušce. Nepředepsané pneumatiky v brzděné zkoušce dopadly obdobně jako předepsané, ale u vyhybacího manévru byl rozdíl již patrný. Při celkovém pohledu zjistíme, že podhuštěné a nepředepsané pneumatiky zhoršily celkovou jízdní stabilitu vozidla, a tedy i bezpečnost.

Došlo k potvrzení, že správně nahuštěné pneumatiky jsou bezpečnější a zajišťují vozidlu vyvážené jízdní vlastnosti. Úkolem řidiče by mělo být pravidelné kontrolování tlaku v pneumatikách, které udává výrobce vozidla. Sebemenší pokles tlaků v jakémkoliv kole vede ke zhoršení ovladatelnosti vozidla.

Jednotlivá zvolená měření byla provedena komplexně, ale určitě nepokryla celou problematiku huštění pneumatik. Určitě by bylo vhodné při měření vybrat více zkušebních vozidel

a zvolit vyšší rychlosti, při kterých by se ještě více projevily rozdíly mezi podhuštěnými a správně nahuštěnými pneumatikami. Dále by bylo vhodné vybrat více příkladů různých testů, například kruhovou zkoušku na rovném asfaltu nebo kruhovou zkoušku po nerovnostech atd. Dále by mohlo být zajímavé použít pro testy více vzorků nepředepsaných pneumatik pro dané vozidlo.

SEZNAM ZDROJŮ

- [1] VÉMOLA, Aleš a Stanislav TOKAŘ. *Teorie vozidel*. Brno, 2020.
- [2] VLK, František. *Dynamika motorových vozidel: jízdní odpory, hnací charakteristika, brzdění, odpružení, řiditelnost, ovladatelnost, stabilita*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2000, 434 s.: il.; 23 cm. ISBN 80-238-5273-6
- [3] VLK, František. *Podvozky motorových vozidel: pneumatiky a kola*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, 2000, 392 stran: ilustrace. ISBN 80-238-5274-4.
- [4] VLK, František. *Automobilová technická příručka*. Brno: František Vlk, 2003, 791; 24 cm. ISBN 80-238-9681-4.
- [5] JAN, Zdeněk, Bronislav ŽDÁNSKÝ a Jiří ČUPERA. *Automobily. (1), Podvozky*. 6. vydání. Brno: Avid, spol. s r.o, 2018, 245 stran: ilustrace (převážně barevné). ISBN 978-80-87143-40-7.
- [6] VÉMOLA, A. *Konstrukce motorových vozidel [přednáška]*. Brno: VUT, 25.11.2019.
- [7] VÉMOLA, A. *Zkoušení vozidel [přednáška]*. Brno: VUT, 21.09.2020.
- [8] VÉMOLA, A. *Zkoušení vozidel [přednáška]*. Brno: VUT, 05.10.2020.
- [9] VÉMOLA, A. *Zkoušení vozidel [přednáška]*. Brno: VUT, 02.11.2020.
- [10][online]. Copyright © Pneumatiky.cz 2007 [cit. 28.01.2021]. Dostupné z: <https://www.pneumatiky.cz/jaky-je-v-nich-rozdil-asymetricke-symetricke-nebo-smerove-pneumatiky-t4>
- [11][online]. Copyright © Pneumatiky.cz 2007 [cit. 28.01.2021]. Dostupné z: <https://www.pneumatiky.cz/znaceni-pneumatik-t4>
- [12]361/2000 Sb., zákon o provozu na pozemních komunikacích. *Zákony pro lidi – Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění* [online]. Copyright © AION CS, s.r.o. 2010 [cit. 28.01.2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-361>
- [13]341/2014 Sb., vyhláška o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních....*Zákony pro lidi – Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění* [online]. Copyright © AION CS, s.r.o. 2010 [cit. 28.01.2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2014-341>
- [14]*Ministerstvo dopravy ČR – Domovská stránka* [online]. Copyright © 2021 Ministerstvo dopravy ČR [cit. 28.01.2021]. Dostupné z: <https://www.mdcr.cz/Dokumenty/Silnicni-doprava/STK/Methodiky-pro-provedeni-technickyh-prohlidek-vozid>

- [15] Jak měřit tlak v pneumatikách. [online]. Copyright © Continental Barum s.r.o. [cit. 01.09.2021]. Dostupné z: <https://www.uniroyal-online.cz/osobni/poradenstvi/pece-o-pneumatiky/jak-merit-tlak-v-pneumatikach>
- [16] BRADÁČ, Roman. *METODIKA Kontrola a hodnocení opotřebení dezénových drážek běhounu pneumatik vozidel č. 3/2012/STK/5.2* [online]. Praha, 2012, 45 s. [cit. 2021-7-26].
- [17] Historie pneumatik – Autocentrum RK. *Autocentrum RK* [online]. [cit. 2021-8-11]. Dostupné z: <https://www.autocentrumrk.cz/content/4-historie-pneumatik>
- [18] Historie pneumatiky, dějiny a vývoj pneu | Praha 5, Radlice, AUTO JENDA. *Autoservis, pneuservis | Praha 5, Radlice, AUTO JENDA* [online]. Copyright © Auto [cit. 01.09.2021]. Dostupné z: <https://www.pneu-jenda.cz/historie-pneumatiky>
- [19] Gábor, M. *Inventure automotive electronics*, 1999th ed. [online]; © Inventure Automotive Electronics R&D: Budapešť, http://www.nehodar.cz/docs/XLMPUSRCZ.pdf?fbclid=IwAR0kR60hdaq8zyfUg0_PizU5jySF_Ry00sUeeTyeF5JZdAwTXB582MO7rFE
- [20] Geoprohlížeč. Document Moved [online]. Dostupné z: <https://ags.cuzk.cz/geoprohlizec/>
- [21] PELÁN, R. Vliv huštění pneumatik na jízdní vlastnosti osobního vozidla. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, 2016.
- [22] *Ministerstvo dopravy ČR – Domovská stránka* [online]. Copyright © [cit. 01.10.2021]. Dostupné z: https://www.mdcr.cz/getattachment/Dokumenty/Silnicni-doprava/STK/Instrukce-pro-STK/Instrukce-3_2014.pdf.aspx?lang=cs-CZ
- [23] Ojeté pneumatiky vhodné k protektorování nejsou odpad!! | Sdružení výrobců protektorů České republiky. *Úvod | Sdružení výrobců protektorů České republiky* [online]. Dostupné z: <http://www.svpocr.cz/node/84370>

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--|----|
| Obrázek č. 1 – Rozměry losího testu [21]..... | 12 |
| Obrázek č. 2 -Obrázek č. 2 - – Působení jednotlivých jízdních odporů [1, 2]..... | 14 |
| Obrázek č. 3 – Stopa pneumatiky [1]..... | 16 |
| Obrázek č. 4 – Působení adhezní síly ve stopě [1] | 16 |
| Obrázek č. 5 – Závislost součinitele adheze na skluzu kola [1, 2]..... | 17 |
| Obrázek č. 6 – Vliv rychlosti na velikost součinitele adheze [1, 2]..... | 18 |
| Obrázek č. 7 – Vznik směrové úchyly kola [1]..... | 19 |
| Obrázek č. 8 – Závislost úhlu směrové úchyly na boční síle [1] | 20 |
| Obrázek č. 9 – Přehled o vodících vlastnostech pneumatiky [1]..... | 21 |
| Obrázek č. 10 – Úhel rejdu kola [1]..... | 21 |
| Obrázek č. 11 – Brzdná dráha [5, 6]..... | 23 |
| Obrázek č. 12 – Dráha na zastavení [2]..... | 24 |
| Obrázek č. 13 – Brzdné síly [1] | 25 |
| Obrázek č. 14 – Ideální brzdné síly [2]..... | 26 |
| Obrázek č. 15 – Princip činnosti ABS [1]..... | 28 |
| Obrázek č. 16 – Nedotáčivé a přetáčivé vozidlo [5, 6] | 29 |
| Obrázek č. 17 – První typ pneumatiky [18] | 30 |
| Obrázek č. 18 – Pneumatiky bez vzduchu [17]..... | 31 |
| Obrázek č. 19 – Kostra pneumatiky [5,6] | 32 |
| Obrázek č. 20 – Diagonální (a) a radiální (b) pneumatika [5]..... | 33 |
| Obrázek č. 21 – Nárazník pneumatiky [5, 6] | 34 |
| Obrázek č. 22 – Typy dezénu [10] | 36 |
| Obrázek č. 23 – Letní a zimní pneumatiky, čtyři nebo tři hlavní dezénové drážky [11] | 36 |
| Obrázek č. 24 – Značení pneumatiky [11]..... | 38 |
| Obrázek č. 25 – Kontrola hloubky dezénu bez TWI [14, 16] | 41 |

| | |
|---|----|
| Obrázek č. 26 – Kontrola hloubky dezénu s TWI [14, 16]..... | 41 |
| Obrázek č. 27 – Hlavní a vedlejší drážky [14, 16] | 42 |
| Obrázek č. 28 – Stav dezénu pneumatik ku přilnavosti vozovky [13]..... | 42 |
| Obrázek č. 29 – Značení protektorových pneumatik [22]..... | 44 |
| Obrázek č. 30 – Vlevo správně nahuštěná pneumatika, uprostřed podhuštěná pneumatika, vpravo přehuštěná pneumatika [15]..... | 45 |
| Obrázek č. 31 – Místo měření v areálu Jerex [20] | 50 |
| Obrázek č. 32 – Povrch vozovky (měřítko 1:10 cm) | 50 |
| Obrázek č. 33 – Příklad XL Meter [19] | 51 |
| Obrázek č. 34 – Směry měření a umístění XL Meter [19]..... | 52 |
| Obrázek č. 35 – Zkušební vozidlo Škoda Octavia | 54 |
| Obrázek č. 36 – Vlevo pneumatiky Nokian, ve středu pneumatiky Barum, vpravo pneumatika Dunlop..... | 55 |
| Obrázek č. 37 – Vyhýbací manévr | 68 |
| Obrázek č. 38 – Reálné postavení vyhýbacího manévru..... | 69 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|--|----|
| Tabulka č. 1 – Součinitel valivého odporu na různém povrchů [1, 2]..... | 15 |
| Tabulka č. 2 – Součinitel přilnavosti pro různé povrchy vozovky [1, 2] | 18 |
| Tabulka č. 3 – Index hmotnosti [6]..... | 38 |
| Tabulka č. 4 – Index rychlosti [6]..... | 39 |
| Tabulka č. 5 – Radiální a axiální házivost [9]..... | 45 |
| Tabulka č. 6 – Technické parametry zkušebního vozu | 53 |
| Tabulka č. 7 – Zkušební pneumatiky | 55 |
| Tabulka č. 8 – Tlaky v pneumatikách pro brzdné zkoušky..... | 56 |
| Tabulka č. 9 – Tlaky v pneumatikách pro vyhýbací manévr..... | 56 |
| Tabulka č. 10 – Vyhodnocená data z brzdné zkoušky (předepsané pneumatiky) | 58 |
| Tabulka č. 11 – Vyhodnocená data z brzdné zkoušky (nepředepsané pneumatiky)..... | 62 |
| Tabulka č. 12 – Tabulka č. 12 – Vyhodnocená data (Vyhýbací manévr) | 70 |
| Tabulka č. 13 – Vyhodnocení naměřených hodnot | 75 |

SEZNAM GRAFŮ

| | |
|--|----|
| Graf č. 1 – měření č. 41..... | 59 |
| Graf č. 2 – měření č. 45..... | 60 |
| Graf č. 3 – měření č. 47..... | 60 |
| Graf č. 4 – měření č. 51..... | 61 |
| Graf č. 5 – Měření č. 136..... | 63 |
| Graf č. 6 – Měření č. 139..... | 64 |
| Graf č. 7 – měření č. 141 | 64 |
| Graf č. 8 – Měření č. 143..... | 65 |
| Graf č. 9 – Srovnání naměřených hodnot (předepsané pneumatiky) | 66 |
| Graf č. 10 – Srovnání naměřených hodnot (nepředepsané pneumatiky)..... | 66 |
| Graf č. 11 – Srovnání předepsaných a nepředepsaných pneumatik..... | 67 |
| Graf č. 12 – Měření č. 3..... | 72 |
| Graf č. 13 – Měření č. 11..... | 72 |
| Graf č. 14 – Měření č. 16..... | 73 |
| Graf č. 15 – Měření č. 23..... | 73 |
| Graf č. 16 – Měření č. 29..... | 74 |
| Graf č. 17 – Měření č. 35..... | 74 |
| Graf č. 18 – Měření č. 72..... | 77 |
| Graf č. 19 – Měření č. 79..... | 77 |
| Graf č. 20 – Měření č. 87..... | 78 |
| Graf č. 21 – Měření č. 96..... | 78 |
| Graf č. 22 – Měření č. 104 | 79 |
| Graf č. 23 – Měření č. 112 | 79 |

SEZNAM ZKRATEK

ABS.....Protiblokovací systém kol

ESP.....Elektronický stabilizační program

PN.....Přední náprava

ZN.....Zadní náprava

LK.....Levé kolo

PK.....Pravé kolo

s.....sekunda

m.....metr

km/hkilometr za hodinu

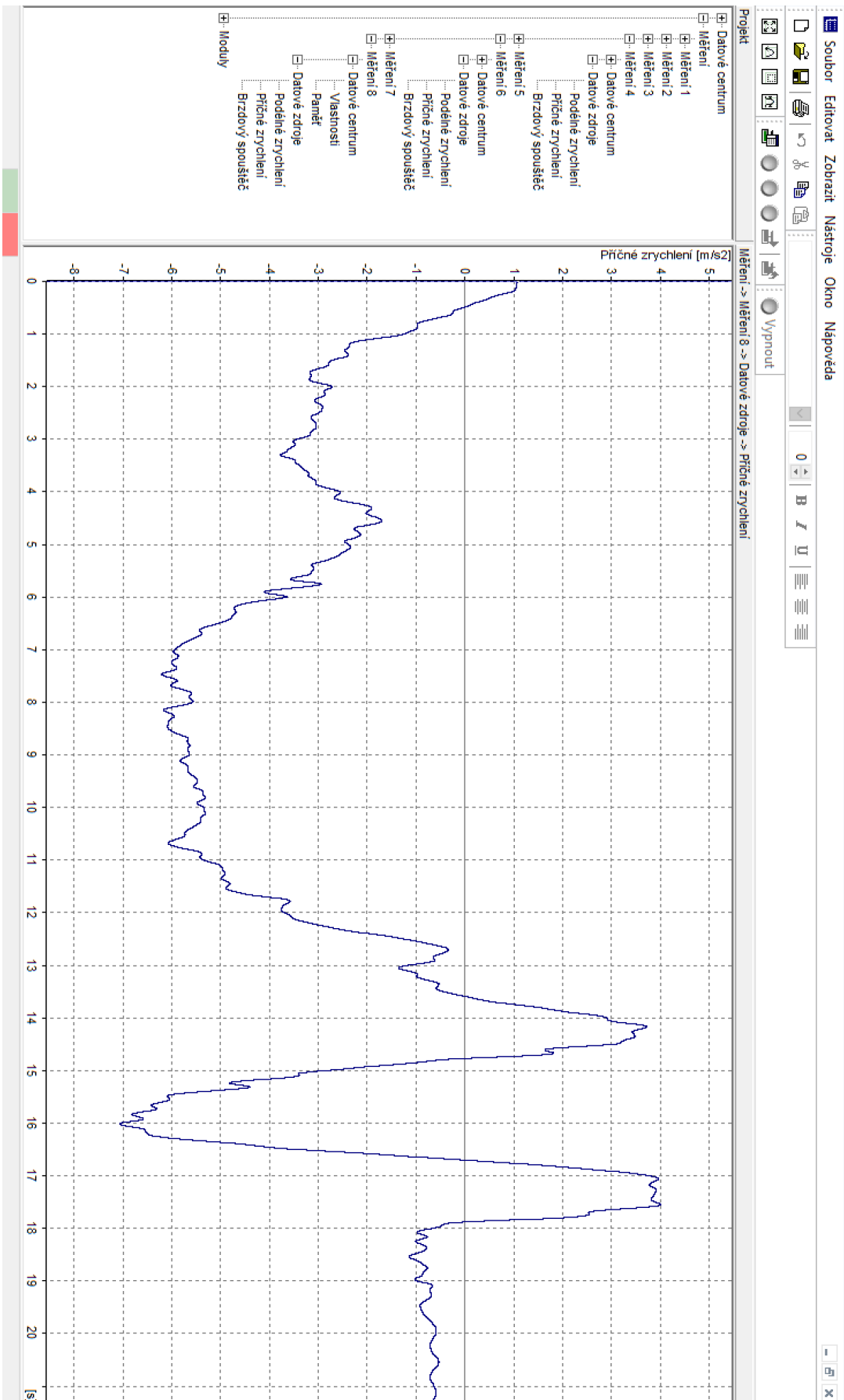
SEZNAM PŘÍLOH

| | |
|---|------|
| Příloha č. 1 – Identifikační číslo XL Metru..... | II |
| Příloha č. 2 – XL Vision..... | III |
| Příloha č. 3 – Mobilní kompresor (přední strana) | IV |
| Příloha č. 4 – Mobilní kompresor (zadní strana) | V |
| Příloha č. 5 – Velký technický průkaz (přední strana) | VI |
| Příloha č. 6 – Velký technický průkaz (zadní strana) | VII |
| Příloha č. 7 – Doporučené tlaky huštění | VIII |
| Příloha č. 8 - Grafy z brzdné zkoušky..... | IX |
| Příloha č. 9 - Grafy z vyhýbacího testu | XIII |

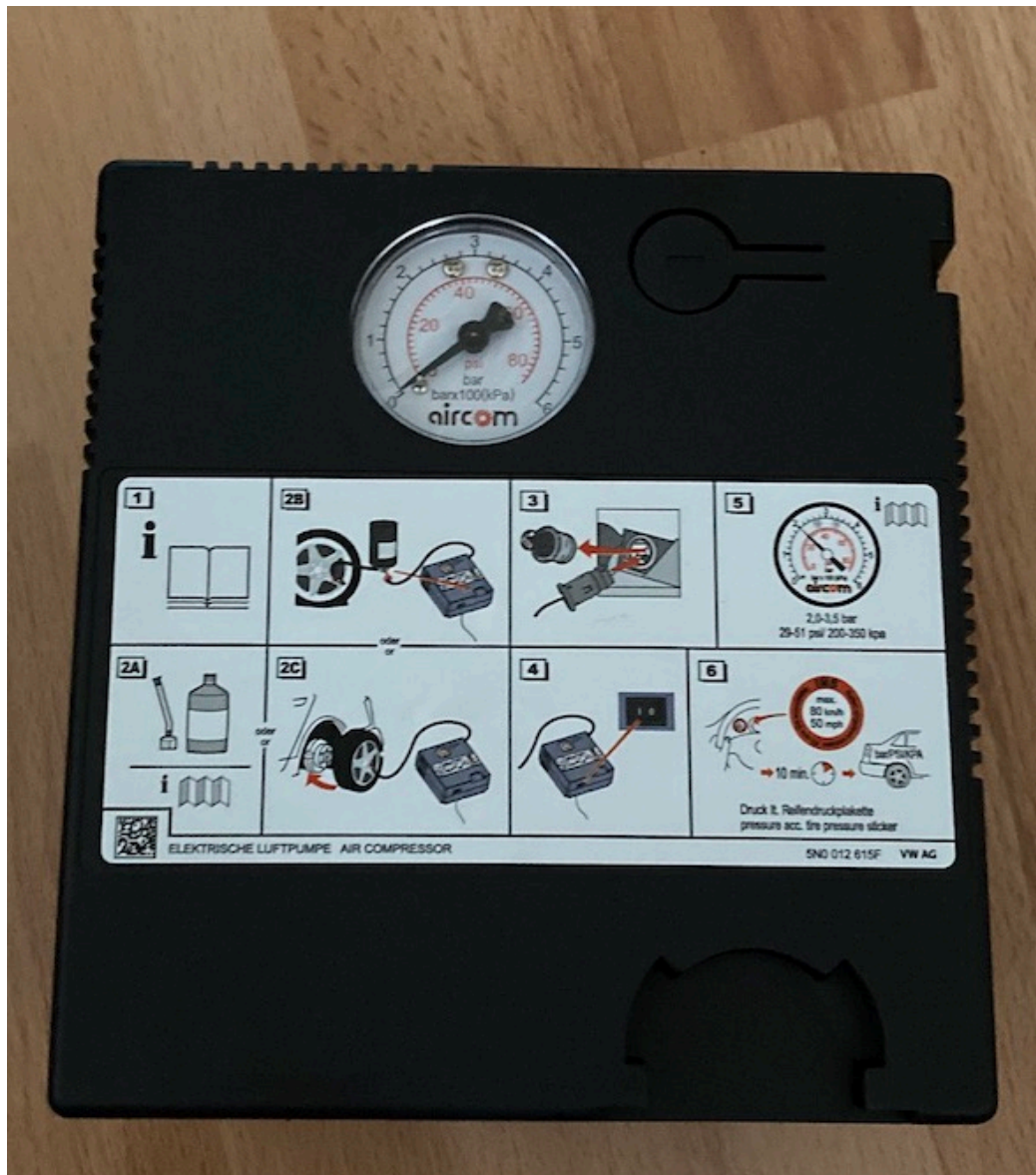
Příloha č. 1 - Identifikační číslo XL Metru



Příloha č. 2 - XL Vision



Příloha č. 3 – Mobilní kompresor (přední strana)



Příloha č. 4 – Mobilní kompresor (zadní strana)



Příloha č. 5 – Velký technický průkaz (přední strana)



EVROPSKÉ SPOLEČENSTVÍ
OSVĚDČENÍ O REGISTRACI VOZIDLA. ČÁST II.
(TECHNICKÝ PRŮKAZ)

ČESKÁ REPUBLIKA



Permiso de circulación. Parte II.
Registringsattest. Del II.
Zulassungsbuchung. Teil II.
Registrationsattest. Csa II.
Άδεια κυκλοφορίας.
Προσμητικό Έγκρισης. Μέρος II.
Registration certificate. Part II.

Certificat d'immatriculation. Parte II.
Carta di circolazione. Parte II.
Registricijas apliecība. II. daļa.
Registrijas liudzums. II. daļa.
Fogalmi engedély. II. Rész.
Certificat la Registrasyonu. L-II. Parte
Kartokennerijs. Dapil II.



Dowód Rejestracyjny. Część II.
Certificado de matricula. Parte II.
Osvedčenie o evidencii. Časť II.
Prometno dovoljenje. Del II.
Registracijas atļauzība. Csa II.
Registreringsbrevet. Del II.

UD 402540



| ZÁKLADNÍ ÚDAJE O REGISTRACI | |
|---|--|
| B. Datum první registrace vozidla: 09.12.2009 | Datum první registrace vozidla v ČR: 20.08.2010 |
| A. Registrační značka vozidla 7B26009 | A. Registrační značka vozidla 7B26009 |
| C.2.1. a C.2.2. Vlastník (příjmení a jméno nebo obchodní jméno) ODEHNAL JAROELAV rčič 710626/3769 | C.2.1. a C.2.2. Vlastník (příjmení a jméno nebo obchodní jméno) KAREL PORC rčič 64472752 |
| C.2.3. Místo trvalého nebo povoleného pobytu/sídlo BOŘITOV, NÁMĚSTÍ U VÁCLAVA 113 | C.2.3. Místo trvalého nebo povoleného pobytu/sídlo BADALKY 340, LYSICE, 679 71 |
| C.1.1. a C.1.2. Provozovatel (příjmení a jméno nebo obchodní jméno) rčič | C.1.1. a C.1.2. Provozovatel (příjmení a jméno nebo obchodní jméno) rčič |
| C.1.3. Místo trvalého nebo povoleného pobytu/sídlo v BLANSKO dne 20.08.2010 Podpis | C.1.3. Místo trvalého nebo povoleného pobytu/sídlo v BOSKOVICE dne 14.02.2018 Podpis |
| Vozidlo převedeno – odhlášeno (na koho, kam) otisk razítka | Vozidlo převedeno – odhlášeno (na koho, kam) otisk razítka |
| v dne Podpis | v dne Podpis |
| A. Registrační značka vozidla | A. Registrační značka vozidla |
| C.2.1. a C.2.2. Vlastník (příjmení a jméno nebo obchodní jméno) rčič | C.2.1. a C.2.2. Vlastník (příjmení a jméno nebo obchodní jméno) rčič |
| C.2.3. Místo trvalého nebo povoleného pobytu/sídlo | C.2.3. Místo trvalého nebo povoleného pobytu/sídlo |
| C.1.1. a C.1.2. Provozovatel (příjmení a jméno nebo obchodní jméno) rčič | C.1.1. a C.1.2. Provozovatel (příjmení a jméno nebo obchodní jméno) rčič |
| C.1.3. Místo trvalého nebo povoleného pobytu/sídlo otisk razítka | C.1.3. Místo trvalého nebo povoleného pobytu/sídlo otisk razítka |
| v dne Podpis | v dne Podpis |
| Vozidlo převedeno – odhlášeno (na koho, kam) otisk razítka | Vozidlo převedeno – odhlášeno (na koho, kam) otisk razítka |
| v dne Podpis | v dne Podpis |
| ÚŘEDNÍ ZÁZNAMY | |
| 1. Dne 20.08.2010 bylo vydáno ORV č. UAH429577 | |
| 2. Dne 16.03.2011 bylo vydáno ORV č. UA1153921, navidováno tažné zařízení | |
| DNE 16.07.2012 VOZIDLO DOČ. VYRAZENO CJ.: MBK 82012/DSA/233 NEJDELE DO 16.7.2013 | |
| DNE 16.07.2012 UKONČENO DOČASNÉ VYRAZENÍ. | |
| DNE 14.02.2018 BYLO VYDÁNO ORV Č. UAT007381. | |
| 5. | |
| 7. | |
| 8. | |
| 9. | |
| 10. | |
| 11. | |

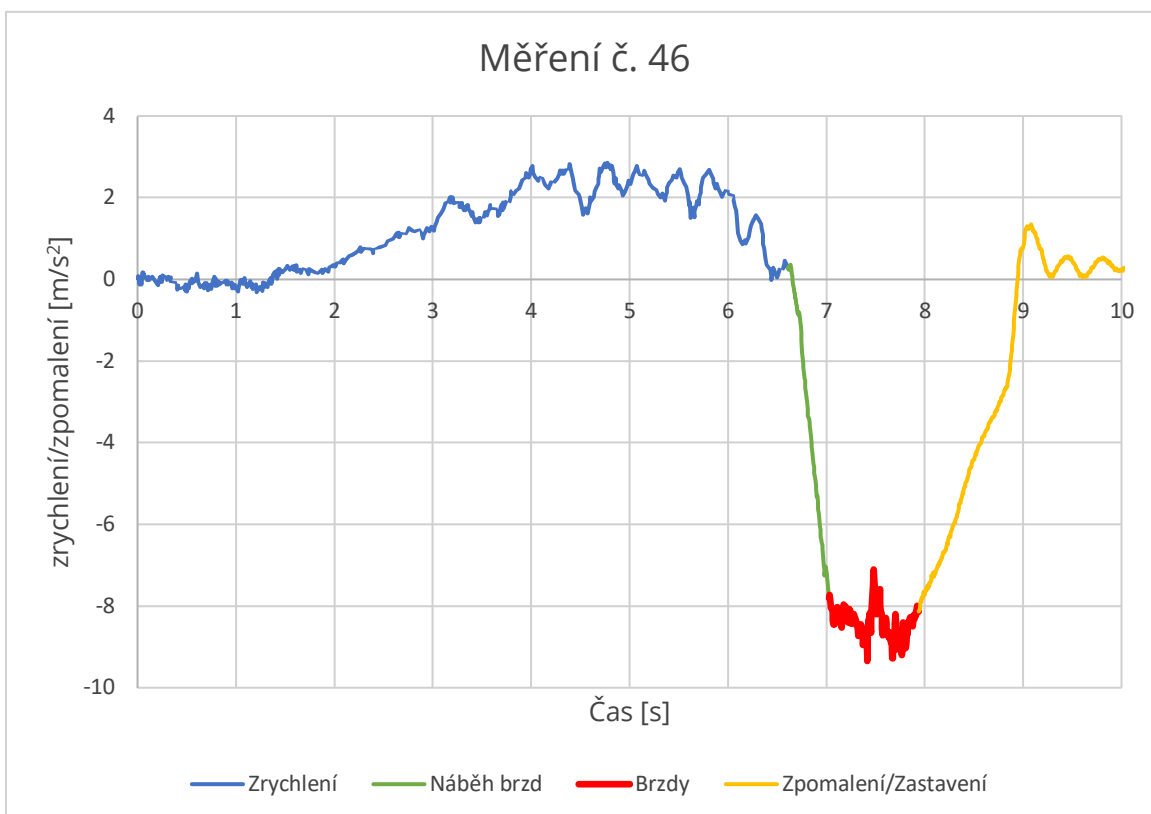
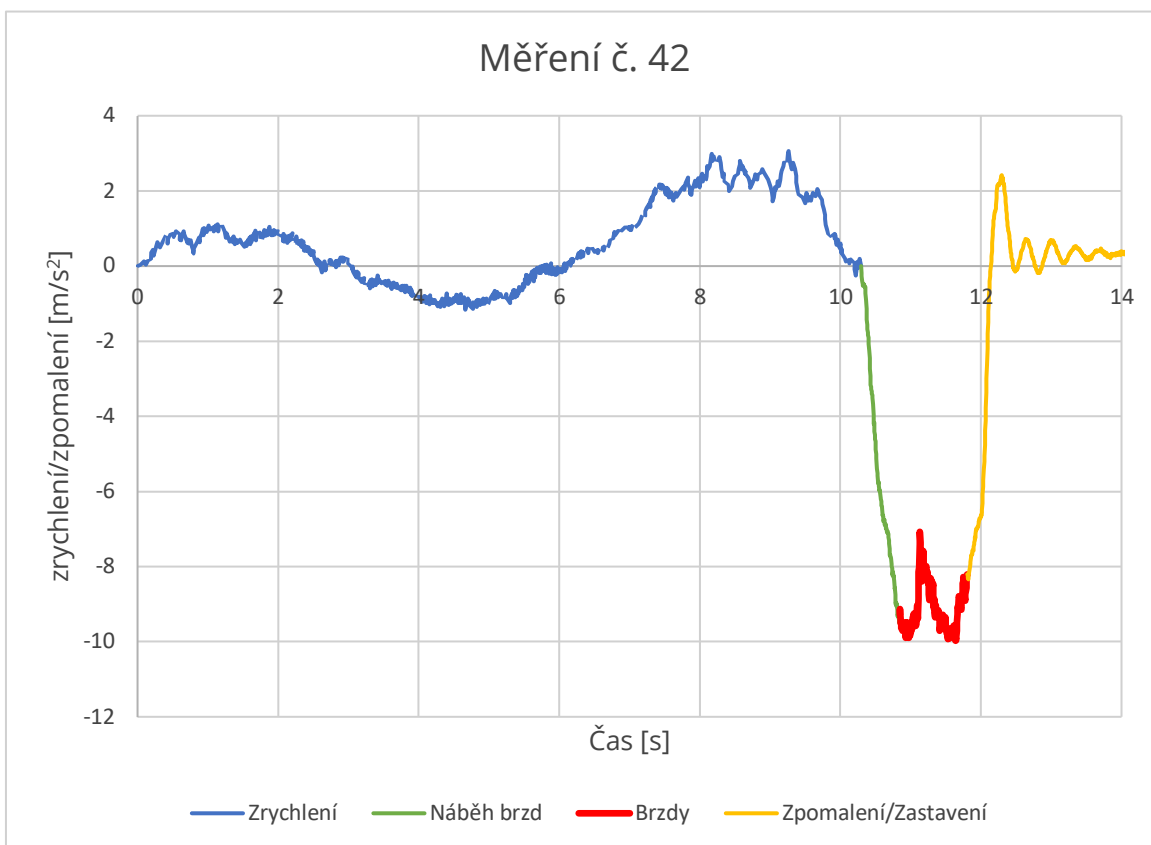
Příloha č. 6 – Velký technický průkaz (zadní strana)

| TECHNICKÝ POPIS VOZIDLA | | ZMĚNA |
|--|---|---|
| ZTP č.: 5580-239 ES č.: e11*2001/116*0230*33 | | (ZTP) |
| 1. Druh vozidla: | OSOBNÍ AUTOMOBIL | |
| 2. | SEDAN | |
| 3. Kategorie vozidla (zkouška): | M1 | |
| D.1. Tovární značka: | ŠKODA | |
| D.2. Typ: | 1Z | Varianty: AACAYCX01 Verze: NFM5 |
| D.3. Obchodní označení: | OCTAVIA | |
| E. Identifikační číslo vozidla (VIN): | TMBC761Z1AC004126 | |
| 3. Vyrobeno vozidlo: | ŠKODA AUTO, MLADÁ BOLESLAV, ČESKÁ REPUBLIKA | |
| 4. Vyrobeno: | VOLKSWAGEN, WOLFSBURG, SRN | |
| 5. Typ: | CAYC | F3 Palivo: NH |
| P.2. Max. výkon [kW] / P.4 st. [min]: | 77.0/4 400 | P.1 Zdvih. objem [cm ³]: 1 598 |
| V.9. Předpis EHK OGN č.: | | Směrnice EHK/ES č.: 692/2008A |
| V.6. Kategorie osobního absorpce (m ³): | 0.60 | V.7 CO ₂ [g/km]: |
| 6. Vyrobeno: | | |
| 7. Druh typu: | | |
| 8. Vnitřní čísla (nástavby, kabiny): | | |
| R. Barva: | SEDÁ-METAL | |
| S. Počet míst - celkem: | 5 | S.1 - k sezení: 5 S.2 - k stání: 0 S.3 - křeslo: 0 |
| 10. Maximální zatížení střechy [kg]: | 75 | 11. Objem oleje [l]: |
| 12. Celková [mm] - délka: | 4 569 | 13. délka: 1 769 |
| M. Rozvor [mm]: | 2 575 | 14. výška: 1 485 |
| 15. Rozměry ložné plochy [mm] - délka: | | 16 - šířka: |
| O. Provozní hmotnost [kg]: | 1 365 | |
| F.1. Největší technicky přípustná / F.2 povolená hmotnost [kg]: | 1 965/1 965 | |
| M. Největší technicky přípustná/povolená hmotnost na nápravu [kg] N.1; N.2; N.3; N.4: | 1 050/1 050; 1 100/1 100 | |
| 17. Největší zvislé statické zatížení spojovacího zařízení (závěsnost) [kg]: | Z 75 | |
| O.1. Největší technicky přípustná/povolená hmotnost přípojného vozidla [kg] - brzděná: | 1 400/1 400 | |
| O.2. - nebrzděná: | 650/650 | |
| 18. Největší technicky přípustná / F.3 povolená hmotnost jízdní soupravy [kg]: | 3 365/3 365 | |
| 19. Sociální zařízení - druh a typ: | | TRÍDA A50-I |
| L. Počet náprav - z toho poháněných: | 2 - 1 PŘEDNÍ | |
| Kola a pneumatiky na nápravě (1-2-3-4...): rozměry/název (zkrácení = „P“): | | |
| 20. 1. | 6J X 15 ET 47; 195/65 R15 91 H | |
| 21. 2. | 6J X 15 ET 47; 195/65 R15 91 H | |
| 22. 3. | | |
| 23. 4. | | |
| T. Nejvyšší rychlost [km/h]: | 190 | |
| 24. Brzdy (ANO/NE): - provozní: ANO - ABS: ANO - parkovací: ANO - odlehčovací: NE | | |
| U. Vnější hluk vozidla [dB (A)] U.1 - stojícího / U.2 st. [min]: | 69.0/2 500 | U.3 - za jízdy: 69.0 |
| 25. Spotřeba paliva - metoda: | 692/2008A | 26. při rychlosti [km/h]: |
| 27. [l/100 km]: | 5.7/3.9/4.5 | |
| C. Poměr výkon/hmotnost [kW/kg]: | | 28. Retardér: NE |
| 29. Rozsah převodovky (MANAUT): | HAN | 30. Hydroochr.: |
| | | NE |
| Další údaje viz část DALŠÍ ZÁZNAMY. | | |
| ZÁZNAM O SCHVÁLENÍ TECHNICKÉ ZPŮSOBILOSTI VOZIDLA | | |
| <p>Niže podepsaný potvrzuje, že vozidlo (nástavbě) byla schválena technická způsobilost k provozu na pozemních komunikacích. (v případě, kdy je technický průkaz vydan na základě schválení technické způsobilosti jednotlivého vozidla, potvrzí toto příslušný orgán státní správy a zapíše č. j. rozhodnutí. Pokud se jedná o typové schválení vozidla č. j. se nepoučuje. U nástavby se v případě typového schválení vyplně do kolony č. j. čísla ZTP.)</p> | | <p>Doklad o nabytí vozidlem a zřízňím o celním projednání</p> |
| Vozidlo: č. j. | MEK 9/2010/DBA/312 |  |
| datum vystavení | 20.08.2010 | |
| Nástavba: č. j. | |  |
| datum doplnění | | |
| DALŠÍ ZÁZNAMY | | |
| 1. [Alternativní provedení vozidla: | | |
| 1. #19: TRÍDA A50-X] | | |
| 3. * Číslo homologace typu ES e11*2001/116*0230*33 uvedena v původním TP. | | |
| 4. CO ₂ : 149/103/119 g/km | | |
| 5. Variabilní provedení vozidla: | | |

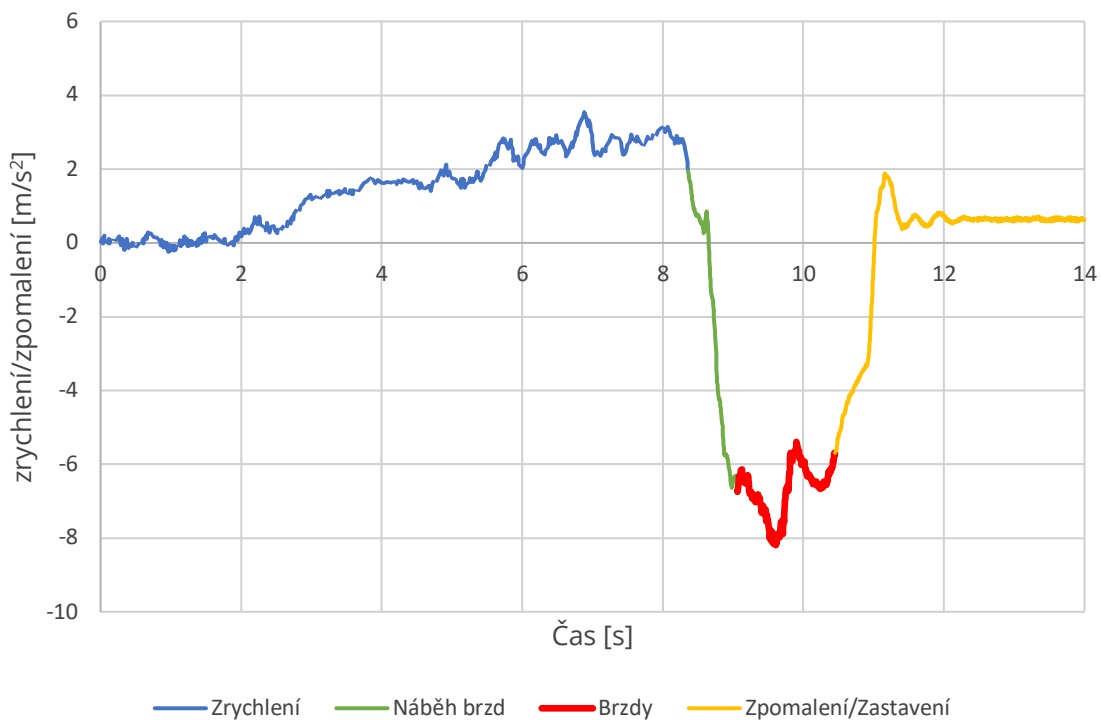
Příloha č. 7 - Doporučené tlaky huštění



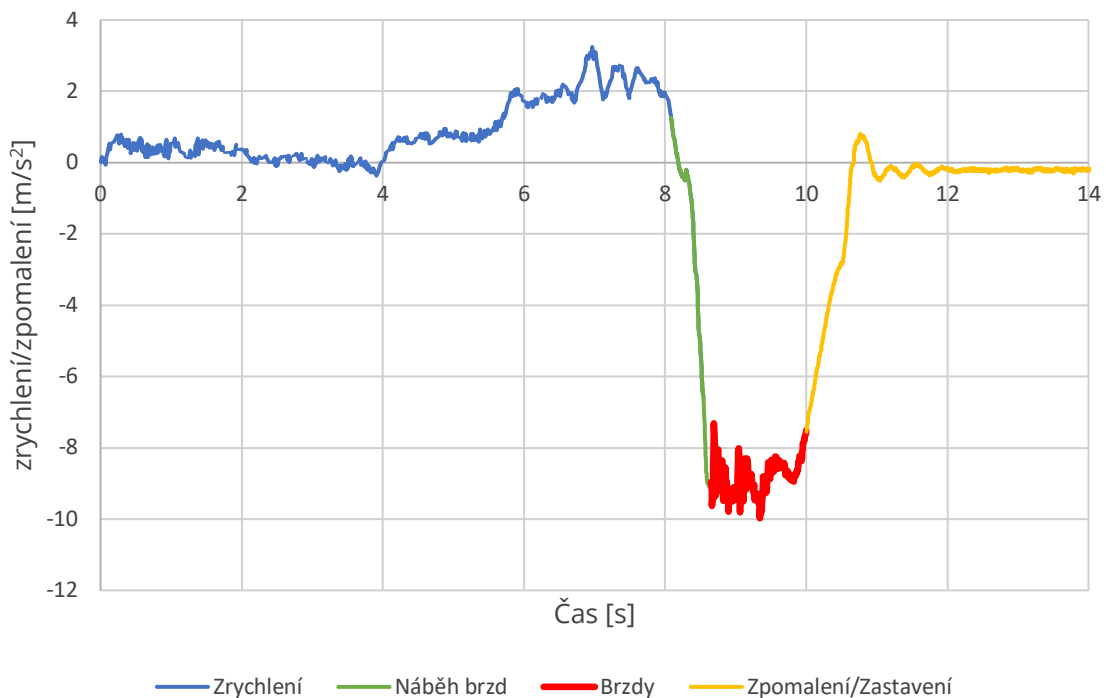
Příloha č. 8 - Grafy z brzdné zkoušky



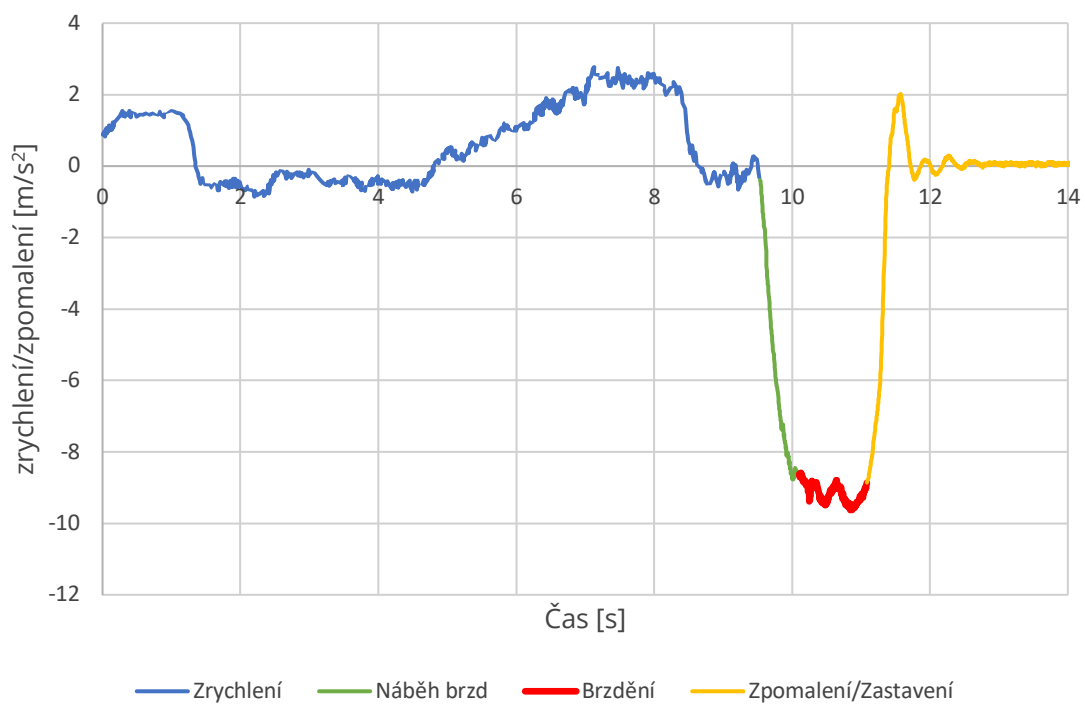
Měření č. 48



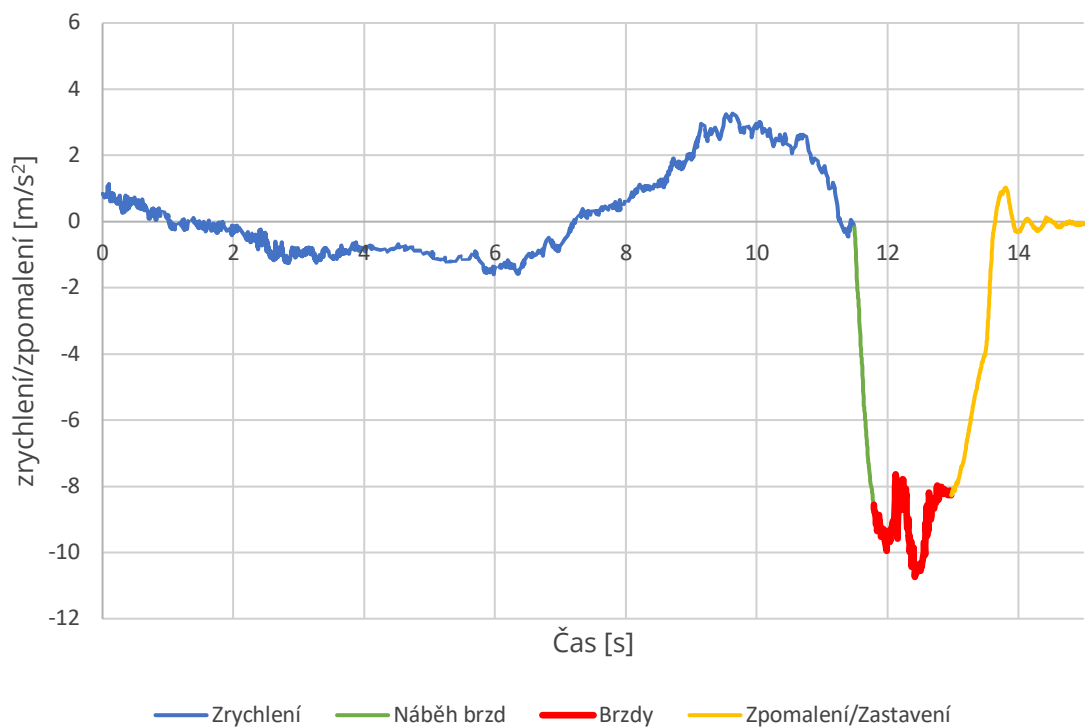
Měření č. 50



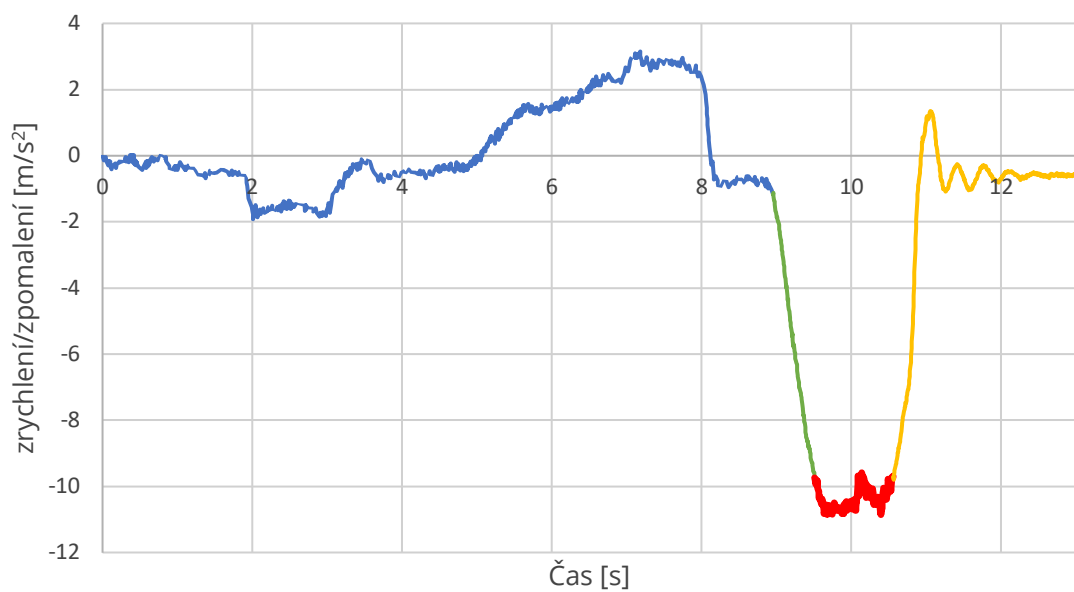
Měření č. 137



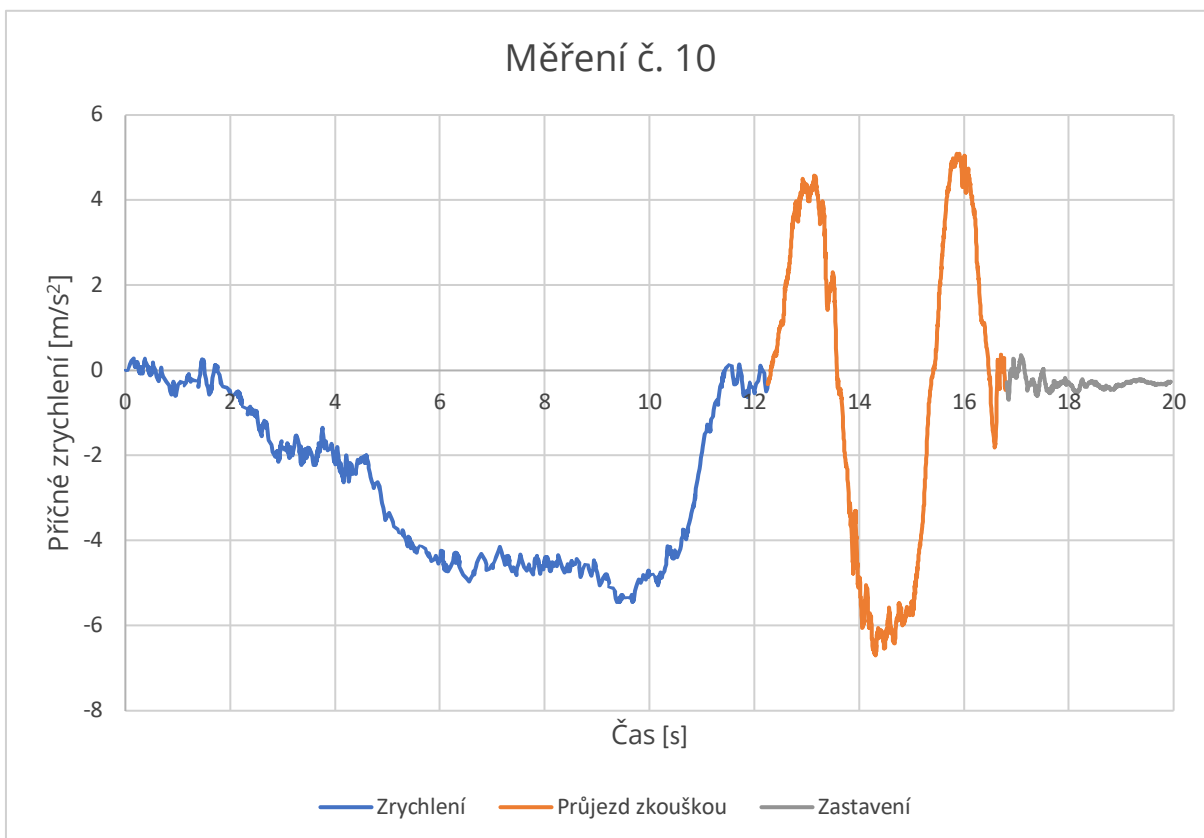
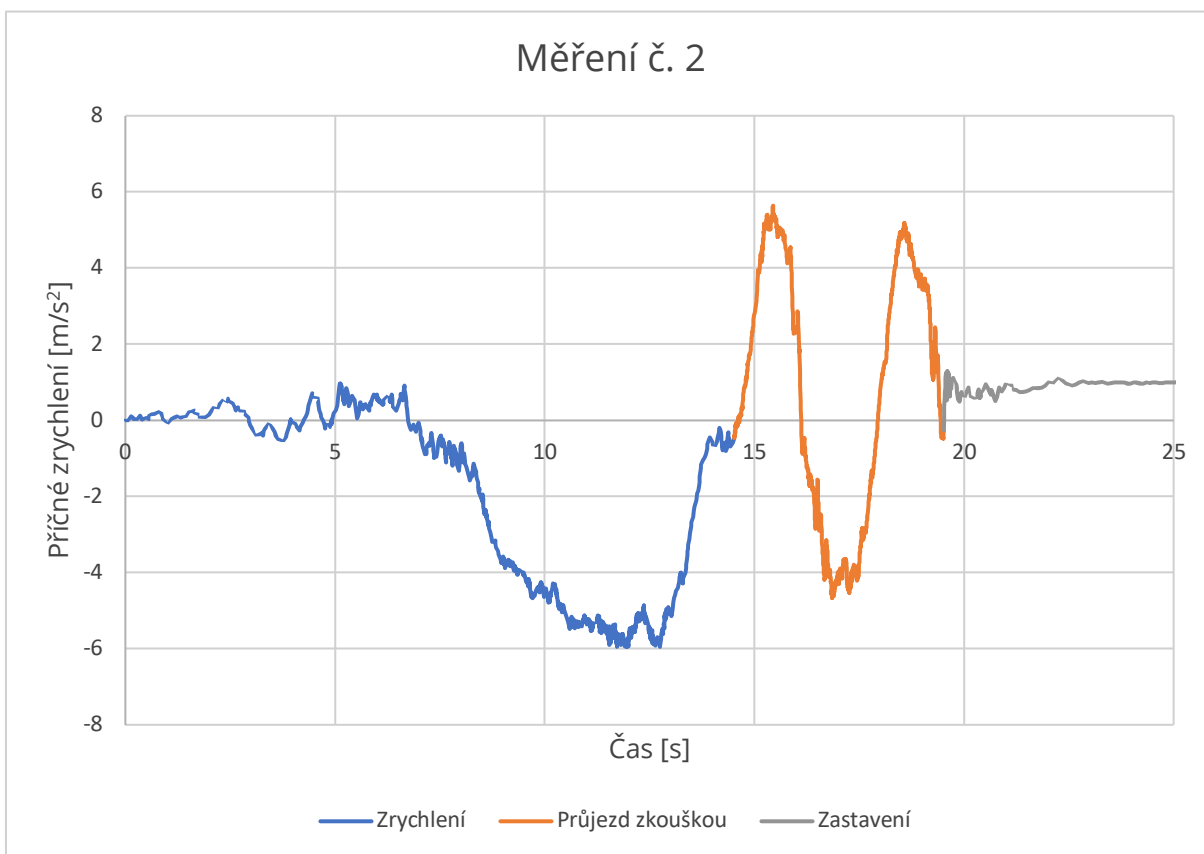
Měření č. 140

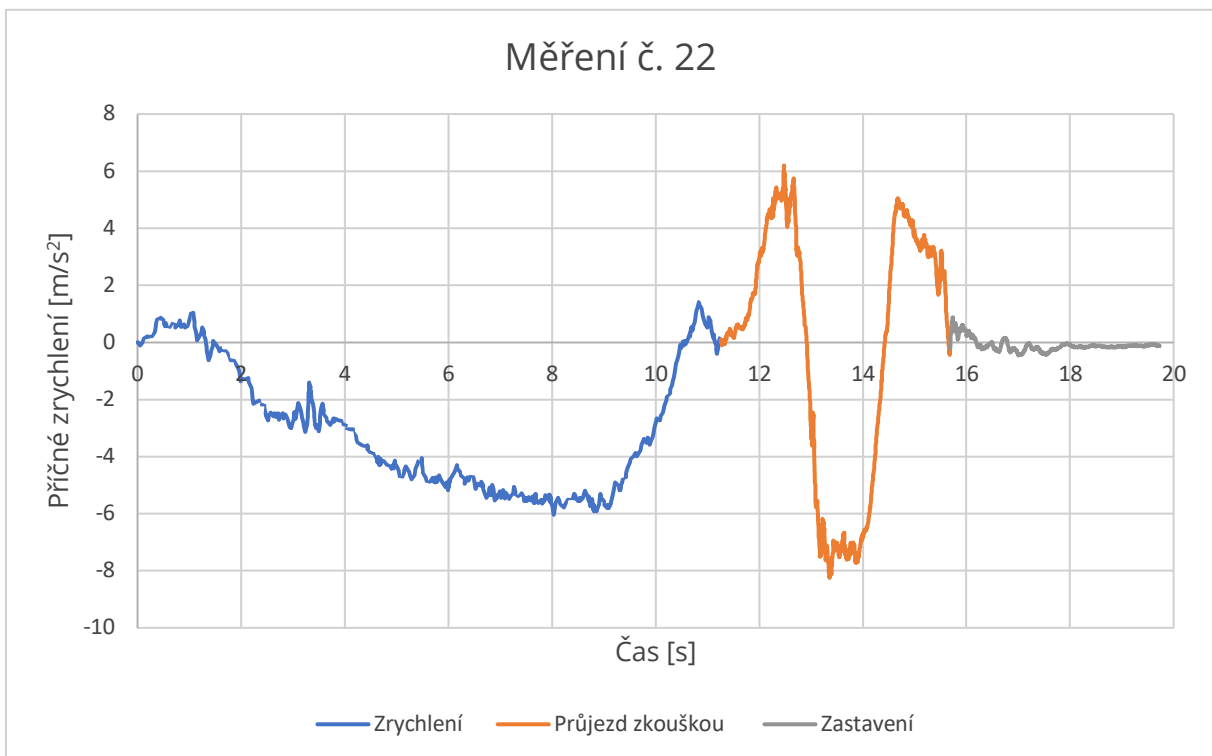
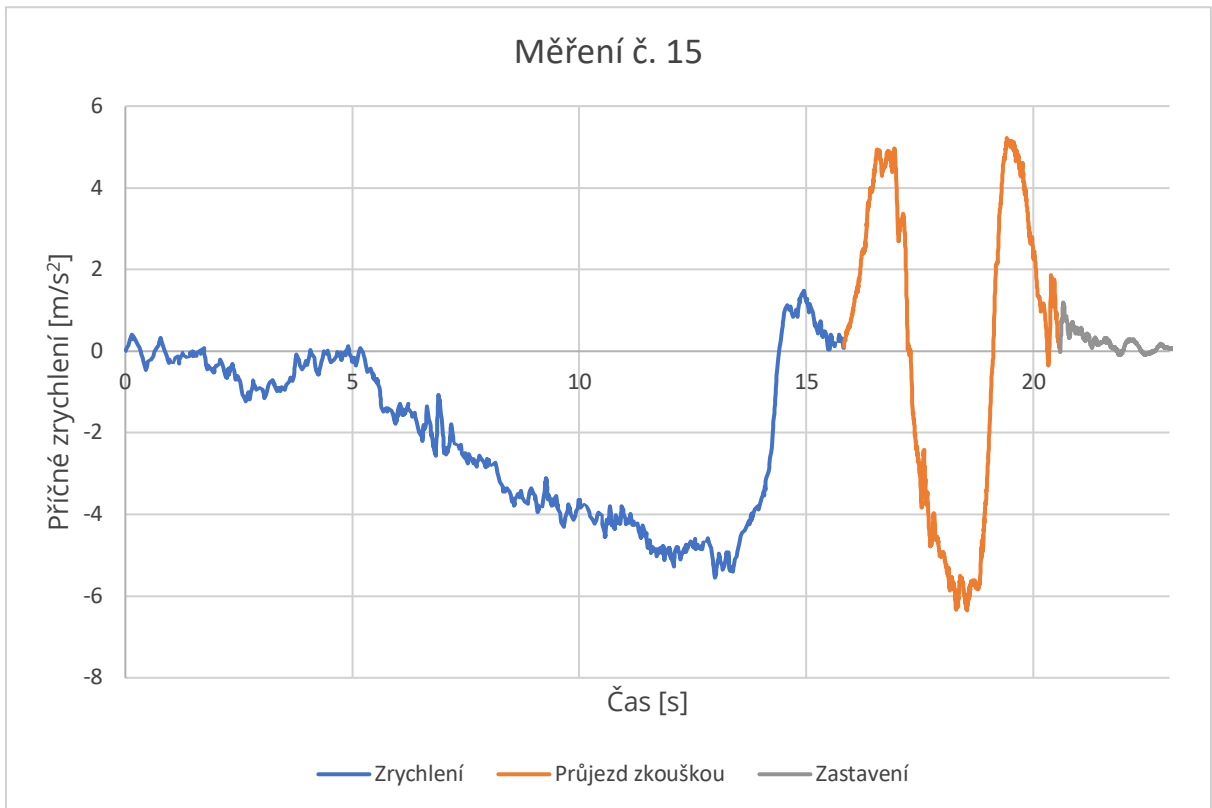


Měření č. 143

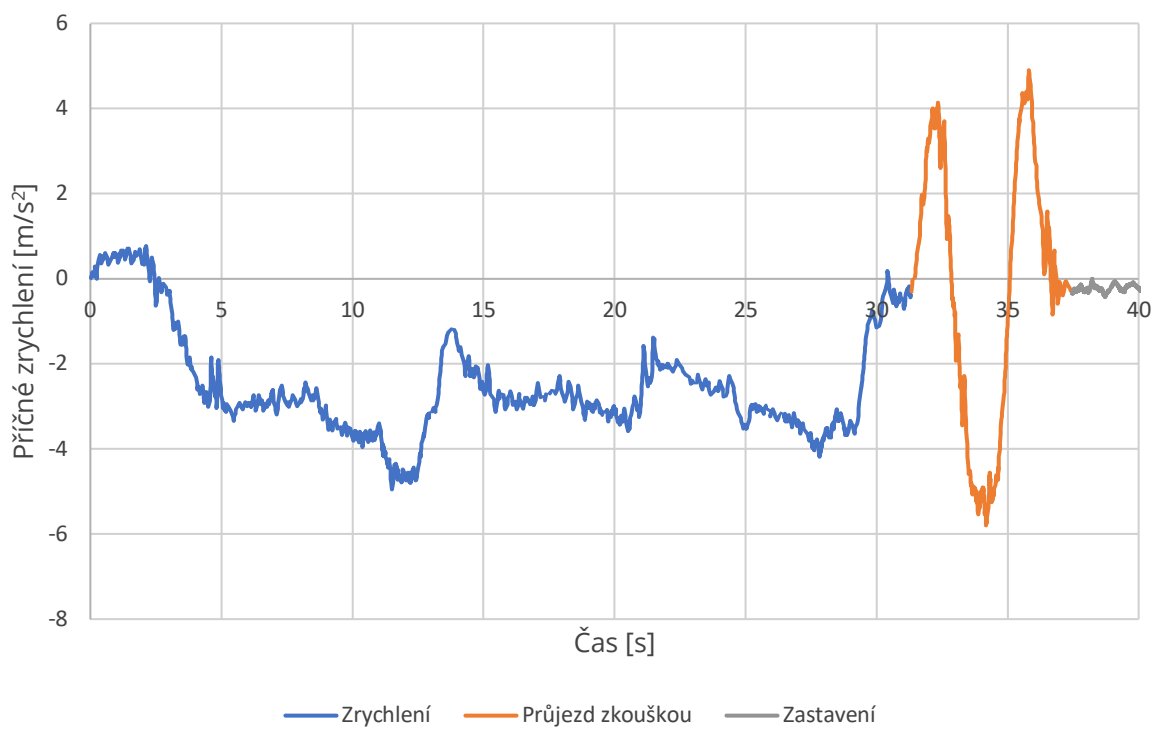


Příloha č. 9 - Grafy z vyhýbacího testu

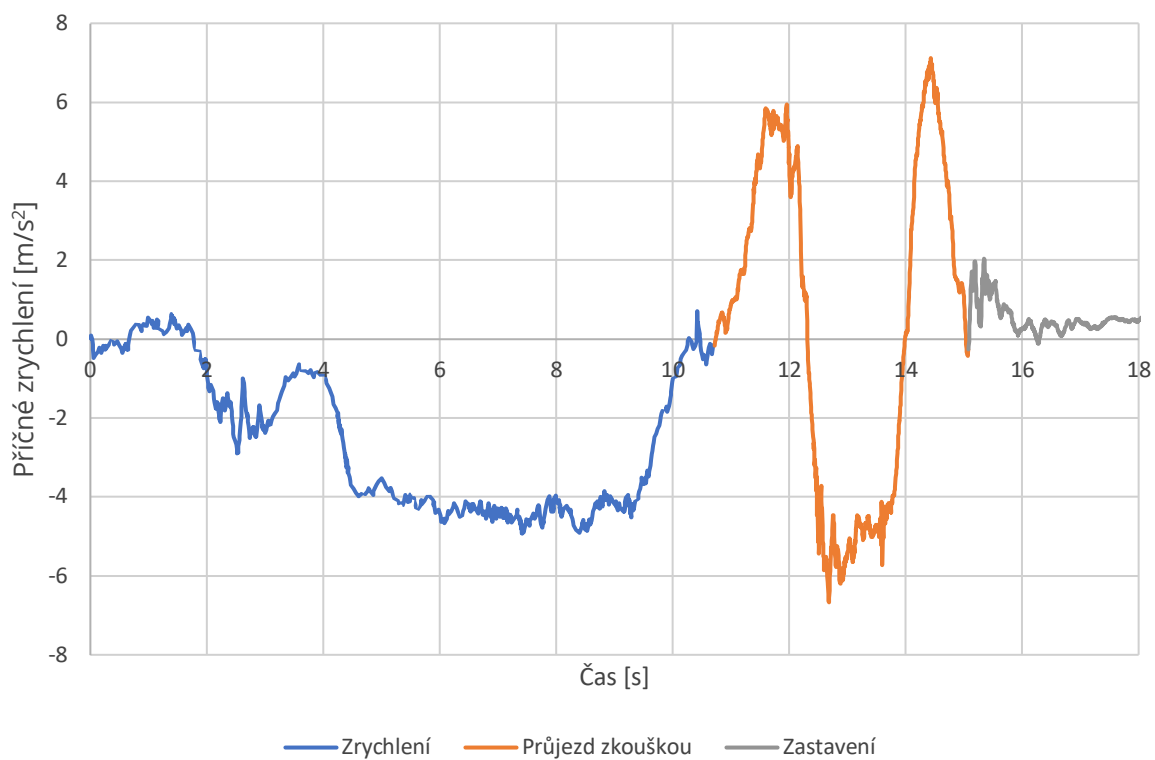




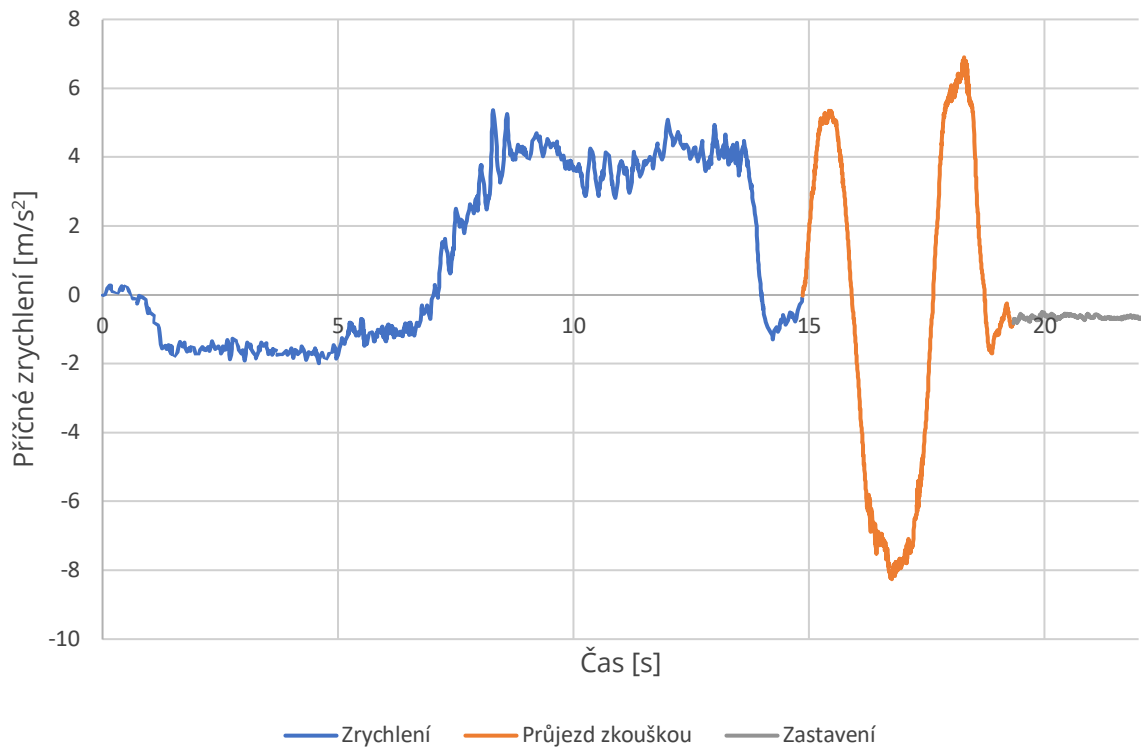
Měření č. 28



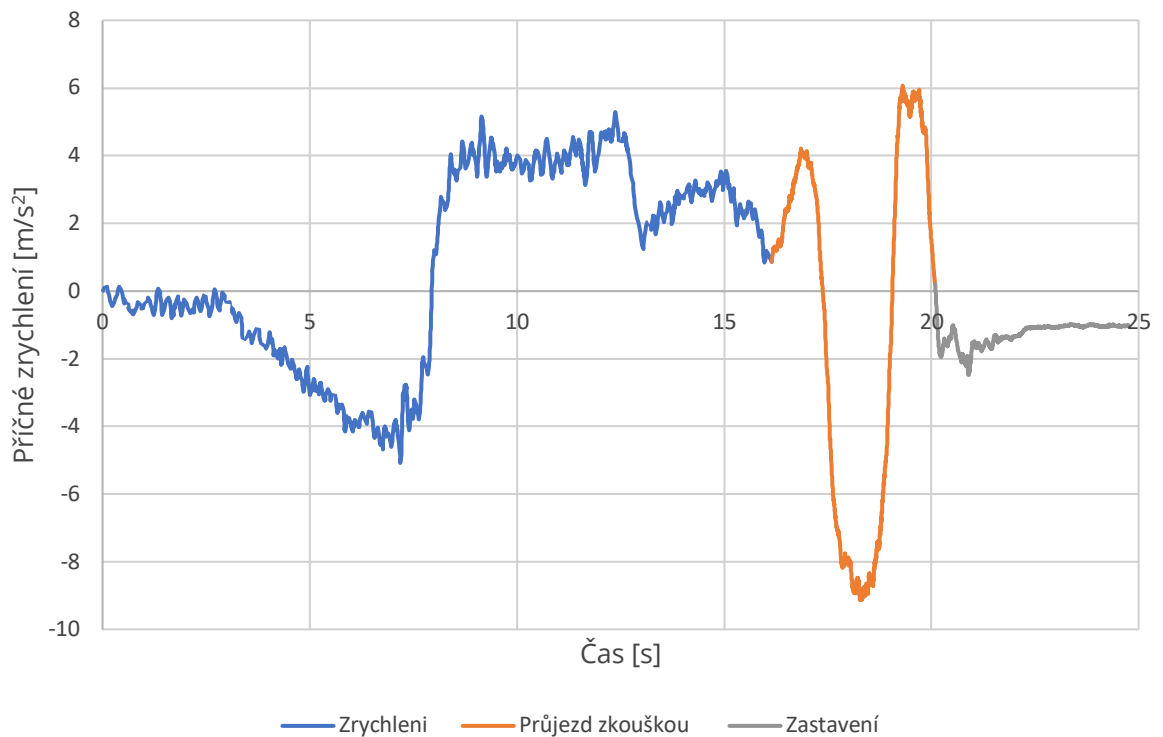
Měření č. 34



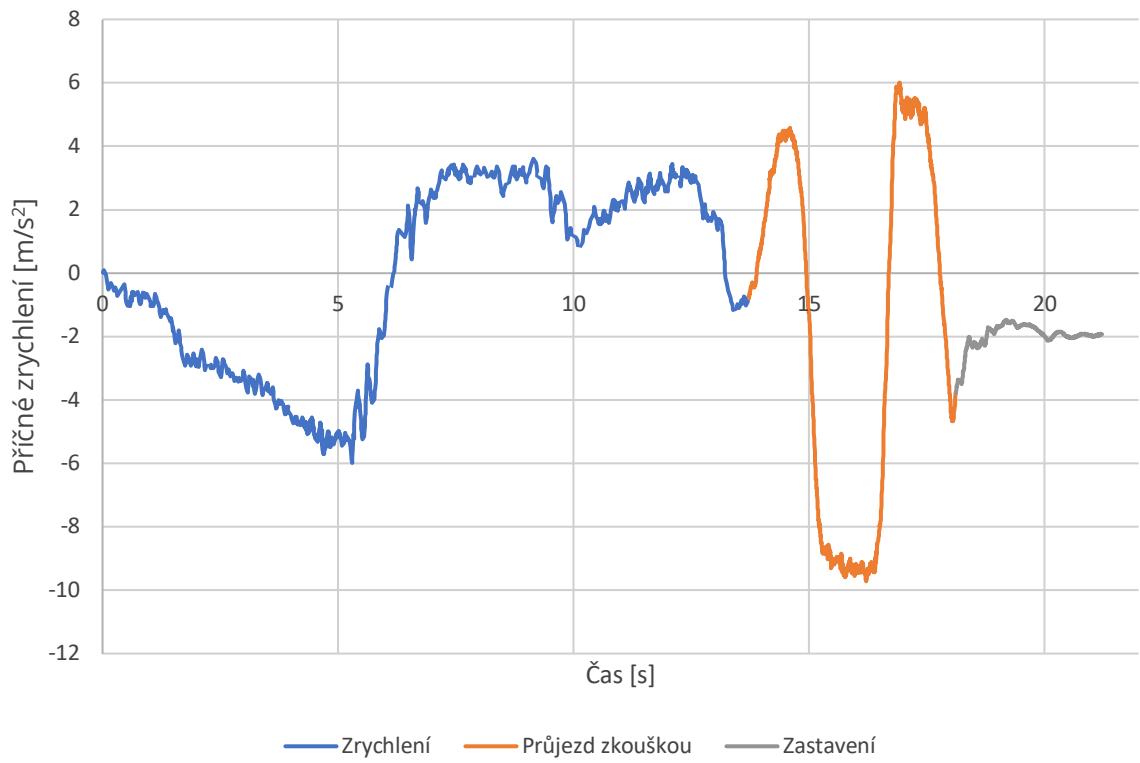
Měření č. 71



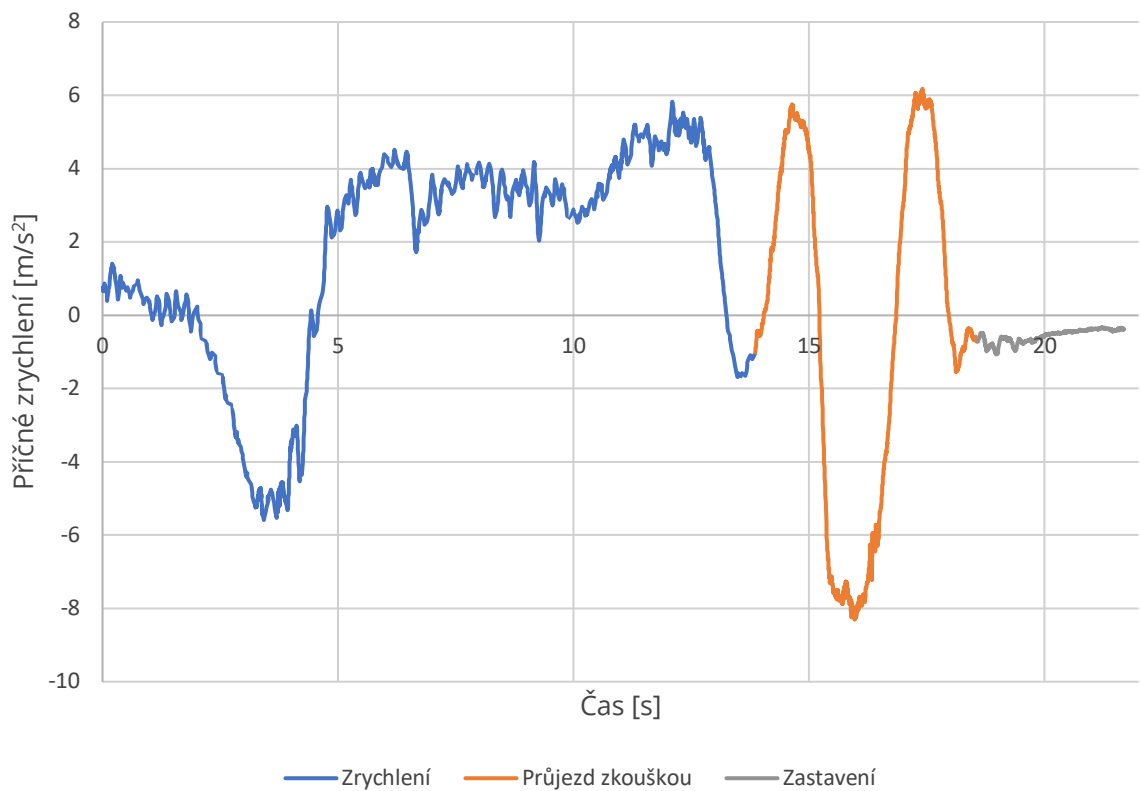
Měření č. 78



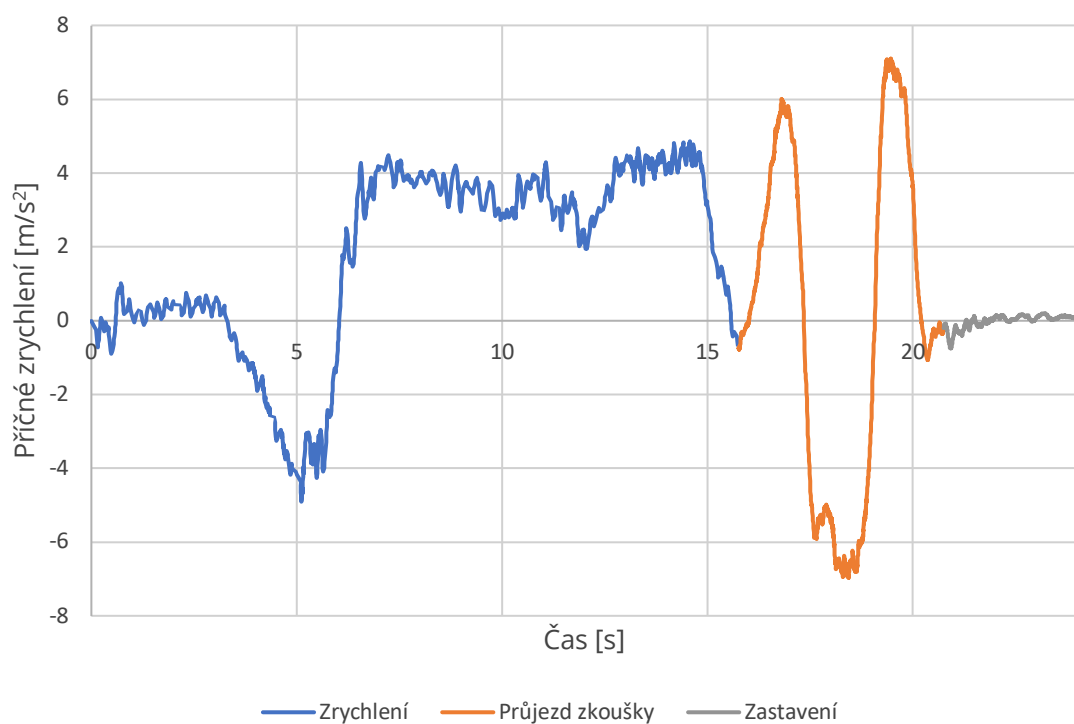
Měření č. 86



Měření č. 95



Měření č. 103



Měření č. 111

