



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

VLIV NASTAVENÍ GEOMETRIE PODVOZKU NÁKLADNÍHO VOZIDLA NA OPOTŘEBENÍ BĚHOUNU PNEUMATIKY A SPOTŘEBU PALIVA

INFLUENCE OF VEHICLE GEOMETRY ON TIRE DURABILITY AND FUEL CONSUMPTION

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Vladimír Sláma

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. et Ing. Bc. Martin Bilík, Ph.D.

BRNO 2022

Zadání diplomové práce

Student:	Bc. Vladimír Sláma
Studijní program:	Expertní inženýrství v dopravě
Studijní obor:	bez specializace
Vedoucí práce:	Ing. et Ing. Bc. Martin Bilík, Ph.D.
Akademický rok:	2021/22
Ústav/odbor:	Odbor znalectví 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:

Vliv nastavení geometrie podvozku nákladního vozidla na opotřebení běhounu pneumatiky a spotřebu paliva

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vlivem nesprávného nastavení geometrie vozidla dochází k nerovnoměrnému opotřebení pneumatik. Úkolem diplomanta bude tento vliv zmapovat a vyhodnotit. Za tímto účelem budou provedeny série jízdních testů, při kterých budou sesbírána potřebná data.

Cíle diplomové práce:

1. Navržení metodiky měření.
2. Provedení série testů + vyhodnocení získaných dat.
3. Zjištění vlivu.
4. Návrh případných úprav metodiky měření pro další využití.

Seznam literatury:

BRADÁČ, Albert. Soudní inženýrství. Dot. 1. vyd. Brno: CERM, 1999. ISBN 80-7204-133-9

JANÍČEK, Přemysl. Systémová metodologie: brána do řešení problémů. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2014. ISBN 978-80-7204-887-8

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

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

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

Abstrakt

Práce se zabývá vlivem nastavení geometrie přední nápravy u nákladních vozidel na spotřebu paliva a opotřebení běhounu pneumatik. Za účelem vyhodnocení vlivů byla provedena série testů v provozu na několika nákladních vozidlech s rozdílně nastavenou geometrií přední nápravy. V průběhu jízdních testů byla sbírána data o opotřebení a o spotřebě paliva. Vyhodnocení dat vedlo k určení vlivů. Vliv nastavení geometrie přední nápravy na opotřebení běhounu pneumatik se podařilo prokázat. Vliv nastavení geometrie na spotřebu je též možný, ale v porovnání s ostatními faktory ovlivňujícími spotřebu je spíše minoritní.

Abstract

Goal of this thesis is to study influence of vehicle geometry on tire durability and fuel consumption. To find out the results, a series of tests in real traffic was performed on different vehicles with different settings of front axle geometry. Data was processed in order to determine the influence. It was proven that geometry influences the tire durability significantly. Influence on fuel consumption is also possible but other factors can affect the consumption more.

Klíčová slova

geometrie nápravy, nákladní vozidla, spotřeba pohonných hmot, opotřebení pneumatik nákladních vozidel, životnost pneumatik

Keywords

vehicle geometry, trucks, fuel consumption, tire wear, tread wear, tire lifecycle

Citace

SLÁMA, Vladimír. *Vliv nastavení geometrie podvozku nákladního vozidla na opotřebení běhounu pneumatiky a spotřebu paliva*. Brno, 2022. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství, Odbor znaleství ve strojírenství, analýza dopravních nehod a oceňování motorových vozidel. Vedoucí práce Ing. et Ing. Bc. Martin Bilík, Ph.D.

Vliv nastavení geometrie podvozku nákladního vozidla na opotřebení běhounu pneumatiky a spotřebu paliva

Prohlášení

Prohlašuji, že svou diplomovou práci na téma „Vliv nastavení geometrie podvozku nákladního vozidla na opotřebení běhounu pneumatiky a spotřebu paliva“ jsem vypracoval/a 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/ka uvedené diplomové práce dále prohlašuji, že v souvislosti s vytvořením této diplomové práce jsem neporušil/a autorská práva třetích osob, zejména jsem nezasáhl/a nedovoleným způsobem do cizích autorských práv osobnostních a/nebo majetkových a jsem si plně vědom/a 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.

.....

Vladimír Sláma

25. května 2022

Poděkování

Děkuji svému vedoucímu práce doktoru Bilíkovi za cenné rady a připomínky a za odbornou pomoc při psaní této práce. Dále bych rád poděkoval panu Aleši Langerovi za cenné konzultace a odborné rady při získávání dat, interpretaci dat a jízdních testech. Poděkování bych též rád vyjádřil panu doktoru Zemanovi za poskytování informací z fleetu a za možnost provedení testů. V neposlední řadě bych rád poděkoval své ženě Daně a celé mé rodině za trpělivost a podporu při mých studiích.

Obsah

1 Úvod	3
2 Současný stav / řešerše	5
2.1 Význam nákladních vozidel	5
2.2 Kategorie nákladních vozidel	6
2.2.1 Rozdělení kategorií	6
2.3 Dělení nákladních vozidel	7
2.3.1 Pick-up	8
2.3.2 Valník	8
2.3.3 Sklápěčkové nákladní vozidlo	9
2.3.4 Skříňové nákladní vozidlo	10
2.3.5 Dodávkové vozidlo	11
2.3.6 Speciální nákladní vozidla	12
2.3.7 Tahače	14
2.3.8 Návěsy a přívěsy	14
2.4 Konstrukce nákladních vozidel	16
2.4.1 Pneumatiky a kola	16
2.4.2 Zavěšení kol	27
2.4.3 Řízení	34
2.4.4 Odpružení a tlumení	38
3 Formulace problémů a stanovení cílů řešení	44
3.1 Problémová situace	44
3.2 Problémy a cíle	44

4	Vlastní řešení / dosažené výsledky	46
4.1	Spolupráce	46
4.2	Základní popis problematiky	46
4.2.1	Vozidla a řidiči	47
4.2.2	Přípravy a průběh první etapy testování	50
4.2.3	Závěry a stav po první etapě testování	51
4.3	Druhá etapa testování, průběh měření	53
4.3.1	Metodika měření opotřebení pneumatik v druhé etapě	53
4.3.2	Získaná data o opotřebení	55
4.3.3	Metodika měření spotřeby paliva	62
4.3.4	Získaná data o spotřebě	64
5	Diskuse / analýza výsledků řešení	68
5.1	Posouzení vlivu nastavení geometrie na opotřebení běhounu pneumatiky . .	68
5.2	Posouzení vlivu nastavení geometrie na spotřebu paliva	71
5.3	Posouzení vlivu nastavení geometrie na jízdní vlastnosti a bezpečnost . . .	71
5.4	Posouzení vlivu nastavení geometrie na ekonomiku provozu	73
5.5	Návrh úprav metodiky	73
6	Závěr	75
	Literatura	77
	A Data o spotřebách	85
	B Data o opotřebení	89

Kapitola 1

Úvod

Pneumatiky jsou klíčovým prvkem, který hraje roli v bezpečnosti provozu silničních vozidel. Je to jediný prvek, který zajišťuje přímý styk vozidla a vozovky. Přenáší příčné i podélné síly a svislé zatížení. Stav pneumatik proto přímo ovlivňuje, jak bezpečný bude pohyb vozidla a je proto třeba dbát na jejich údržbu a rovněž přihlížet a brát do úvahy faktory ovlivňující jejich životnost.

Faktorům, které ovlivňují životnost pneumatik, je věnována část kapitoly v rešerši. V této oblasti existuje problémová situace, která spočívá v nedostatečném zdokumentování vlivu nastavení geometrie přední nápravy na opotřebení běhounu pneumatiky a na spotřebu paliva. Nesprávné nastavení může vést k nerovnoměrnému a zvýšenému opotřebení a rovněž je možná zvýšená spotřeba paliva. Cílem práce je zmapovat a vyhodnotit tento vliv. Testy opotřebení pneumatik jsou uskutečněny v reálném provozu a jde o testy dlouhodobé. Tato diplomová práce proto navazuje na práci absolventky VUT ÚSI Ing. Fuchsové, práci rozšiřuje o novou problematiku (vliv na spotřebu a ekonomické dopady) a dokončuje sérii jízdních testů, které probíhaly u společnosti JAPO - transport s. r. o. ve spolupráci se společnostmi Continental Barum, s. r. o. a AD TECHNIK, s. r. o.

Rešerše se zabývá významem nákladních vozidel, kategoriemi a dělením nákladních vozidel a konstrukcí nákladních vozidel. Část věnovaná konstrukci se zabývá pneumatikami a koly, druhy zavěšení, řízením, odpružením a tlumením.

Vlastní řešení se zabývá popisem plánování a realizace první etapy testování, která proběhla pod dohledem Ing. Fuchsové v rámci její diplomové práce a shrnutí dosavadních zjištění. Druhá etapa testování zahrnuje rozšíření stávající práce, návrh a aplikaci upravené metriky pro zjištění vlivu opotřebení a pokračování testování na stejných vozidlech.

Jízdní testy probíhaly na třech vozidlech s různě nastavenou sbíhavostí. U prvního vozidla testování trvalo 7 měsíců. U druhého vozidla testování zatím trvalo 1 rok a testování dále bude probíhat přibližně do konce roku 2022. U třetího vozidla testování také trvalo 1 rok a testování bude probíhat přibližně do léta 2023. Zjištěná data pomohla zpřesnit původní odhady předpokládané životnosti pneumatik. Etapa dále zahrnuje návrh metriky posouzení vlivu nastavení geometrie na spotřebu paliva. Následuje kapitola obsahující interpretaci dat a shrnutí zjištěných vlivů - vliv na opotřebení pneumatik, vliv na spotřebu paliva, vliv na bezpečnost a jízdní vlastnosti a ekonomické dopady provozování vozidla s nesprávně nastavenou geometrií.

Kapitola 2

Současný stav / řešerše

2.1 Význam nákladních vozidel

Nákladní doprava po silnici se v současnosti prosadila jako jeden z nejdůležitějších a nejpožívanějších druhů dopravy zboží. Svou pozici si získala díky dobré rychlosti, dostupnosti, flexibilitě i ekonomické výhodnosti. V porovnání s vlakovou dopravou, u které je nutné budovat složitou a neflexibilní infrastrukturu, má tak obrovskou výhodu, že zboží lze přepravovat po už existujících silnicích a zákazník pak musí mít k dispozici pouze příjezdovou cestu. Pro možnost přepravovat zboží po železnici je pak nutné vybudovat alespoň vlečku, aby vlak mohl zajet do areálu. Pokud toto není možné splnit, ať už z důvodů legislativních, ekonomických, či jakýchkoliv jiných, bude nutné sáhnout po prostředcích kombinované přepravy, což opět znamená, že nákladní doprava přijde ke slovu.

Limitace pro nákladní vozidla a obsluhu zákazníků jsou pouze rozměry a hmotnost vozidla. Trh však nabízí vozidla, která dovedou vyhovět prakticky všem potřebám zákazníků. Jako příklad lze uvést přepravy prováděné pro Karlovarskou Korunní a.s. ve Stráži nad Ohří. Výrobní závod této společnosti se nachází za železniční tratí, která kříží obslužnou komunikaci, na níž tak je most s výškou pouze 3,0 metrů. Maximální povolená výška nákladních vozidel je 4,0 metrů. Jelikož jde jinak o složitý terén, vlečka od trati nepřipadá v úvahu. Běžně proto přepravu zajišťují speciální snížené návěsové soupravy, které se pod zmíněný most vejdou, jak je vidět na obrázku 2.1.



Obrázek 2.1: Návěsová souprava se sníženou okamžitou výškou, aby podjela most s výškou 3,0 m (převzato z [32]).

Dále lze jako příklad poměrně snadného přizpůsobení nákladních vozidel požadavkům zákazníků uvést segment dodávkových vozidel, která mají bezproblémový přístup i do velmi úzkých uliček historických center měst. Převazy těmito vozidly jsou ovšem za cenu nižší přepravní kapacity.

2.2 Kategorie nákladních vozidel

Tato kapitola pojednává o kategoriích nákladních vozidel a příslušných řídicích oprávněních, která jsou potřebná pro řízení těchto vozidel na pozemních komunikacích.

2.2.1 Rozdělení kategorií

Pro motorové vozidlo dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/858 platí, že je vozidlem, jež se pohybuje vlastními prostředky, má alespoň čtyři kola, je úplné, dokončené nebo neúplné a má nejvyšší konstrukční rychlost vyšší než 25 km/h. [7]

Přípojně vozidlo je dle nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/858 jakékoliv vozidlo bez vlastního pohonu na kolech, které je konstruováno a vyrobeno tak, aby bylo taženo motorovým vozidlem. [7]

Nákladní motorová vozidla a přípojná vozidla, která jsou provozována na pozemních komunikacích v České republice, jsou upřesněna ve vyhlášce č. 341/2014 Sb. Nákladní vozidlo je motorové vozidlo, které je svou konstrukcí určeno zejména pro dopravu nákladů a může rovněž táhnout přívěs. Dle této vyhlášky jsou vozidla kategorie N určena především pro dopravu nákladů a dělí se do následujících podkategorií. [26] [31]

- N1: vozidla kategorie N s maximální hmotností nepřevyšující 3,5 tuny.
- N2: vozidla kategorie N s maximální hmotností převyšující 3,5 tuny, ale nepřevyšující 12 tun.
- N3: vozidla kategorie N s maximální hmotností převyšující 12 tun

Vyhláška č. 341/2014 Sb. dále popisuje vozidla kategorie O, jako přípojná vozidla konstruovaná a vyrobená pro dopravu nákladů nebo osob i pro ubytování osob a upřesňuje následující podkategorie:

- O1: vozidla kategorie O s maximální hmotností nepřevyšující 0,75 tuny
- O2: vozidla kategorie O s maximální hmotností převyšující 0,75 tuny, ale nepřevyšující 3,5 tuny
- O3: vozidla kategorie O s maximální hmotností převyšující 3,5 tuny, ale nepřevyšující 10 tun
- O4: vozidla kategorie O s maximální hmotností převyšující 10 tun

2.3 Dělení nákladních vozidel

Jak vyplývá z kapitoly 2.2.1, nákladní vozidlo je motorové vozidlo, které je svou konstrukcí určeno zejména pro dopravu nákladů. Následující kapitoly pojednávají o různých provedeních nákladních vozidel. Prakticky všechna zmíněná provedení mají zastoupení jak mezi lehkými nákladními vozidly, která mohou vycházet z dodávkových vozidel (MB Sprinter, Renault Master apod.), přes středně těžká nákladní vozidla (MB Atego, Renault Midlum apod.) až po těžká nákladní vozidla (Tatra 815, MB Actros, MAN TGX apod.)

Návěsy a přívěsy pak některá taková provedení přebírají také (valník, sklápěč, skříňová nástavba, speciální nástavby).

2.3.1 Pick-up

Pick-up je nákladní vozidlo s otevřeným nákladním prostorem. Nákladní prostor je možno opatřit krycí nástavbou a to v podobě konstrukce a plachty, nebo laminátovou či kovovou skořepinou. Tento druh vozidla umožňuje poměrně vysokou variabilitu co se týče možností přepravovaného zboží, avšak v případě plachty nebo otevřeného nákladového prostoru je zboží vystavováno vnějším vlivům a je zde rovněž vyšší riziko krádeže zboží. Mezi nejznámější zástupce tohoto druhu patří Volkswagen Amarok, Ford Ranger, Toyota Hilux. Obrázek 2.2 znázorňuje, jak lze využít variabilitu prostoru ve spojení s vysokou povolenou hmotností přípojného vozidla. [24] [26] [28]



Obrázek 2.2: Pick-up Volkswagen Amarok s připojeným nákladním vlekem. Souprava veze 11 mobilních toalet. Převzato z [27].

2.3.2 Valník

Jde o nákladní vozidlo s uzavřenou kabinou, které je opatřeno valníkovou karosérií. Ložný prostor může být kryt plachtou, která je typicky přetažena přes odnímatelnou nosnou konstrukci. Plachta může rovněž být opatřena shrnovacím mechanismem pro snadné nakládání z boku či shora. Valníkové vozidlo může být vybaveno dalšími pomocnými zařízeními, jako je naviják, hydraulická ruka, zvedací čelo. Dispozice vozidla jej předurčují pro přepravu paletového zboží. Konstrukčně mohou valníkové nákladní vozy vycházet z dodávkových vozidel (2.3.5, např Mercedes-Benz Sprinter, Renault Master), nebo může jít o větší a těžší nákladní vozidla. Zástupci velkých nákladních valníkových vozidel: Mercedes-Benz Actros,

Tatra 815, Daf LF. Na obrázku 2.3 je valníkové nákladní vozidlo Volvo FH s hydraulickou rukou. [23] [24]



Obrázek 2.3: Valníkové nákladní vozidlo Volvo FH, vybavené hydraulickou rukou. Převzato z [16].

2.3.3 Sklápěčkové nákladní vozidlo

Nákladní vozidlo, které je svým provedením určeno zejména pro dopravu sypkého nákladu, jako je štěrk, písek, zemina. Je opatřeno sklápěcí karosérií a uzavřenou kabinou. Sklápěčkové vozidlo má tři varianty provedení, podle toho, kterým směrem lze korbu sklápět. Sklápěč S1 umožňuje sklápění dozadu. Sklápěč S2 je dvoustranný sklápěč, který umožňuje sklápění do strany. Třístranný sklápěč S3 umožňuje sklápění dozadu i do obou stran.

Pro sklápěčkové nákladní vozidlo je typické, že je vybaveno menší, výše uloženou kabinou, či ochrannými mřížemi světlometů. Díky tomu mají sklápěčková vozidla lepší nájezdový úhel, lepší prostupnost terénem a jsou odolnější vůči vnějším vlivům. To je užitečné pro podmínky, ve kterých je takové vozidlo provozováno. Typicky jsou to stavby, lomy a další. Mezi zástupce sklápěčkových nákladních vozidel patří Tatra 148, Tatra 815, MAN TGS, Mercedes-Benz Arocs apod. Obrázek 2.4 znázorňuje třístranný sklápěč Mercedes-Benz Arocs.



Obrázek 2.4: Sklápěčkové nákladní vozidlo Mercedes-Benz Arocs. Převzato z [13].

2.3.4 Skříňové nákladní vozidlo

Skříňové nákladní vozidlo je opatřeno skříňovou karosérií. Jde o prostou skříň bez jakéhokoliv účelového zařízení a má tyto varianty:

Samostatná skříň je varianta se samostatnou kabinou a skříní montovanou na univerzálním podvozku. Obrázek 2.5 znázorňuje nákladní vozidlo se samostatnou skříní.



Obrázek 2.5: Skříňové nákladní vozidlo Mercedes-Benz Atego. Převzato z [29].

Furgon kabina řidiče a prostor pro náklad tvoří jeden nedílný konstrukční celek. Mezi kabinou řidiče a ložným prostorem skříně je v přepážce proveden průlez (dveře) v místě za sedačkou spolujezdce nebo mezi sedačkou řidiče a spolujezdce. Průlez musí být opatřen dveřmi. Obrázek 2.6 znázorňuje nákladní vozidlo Avia A21 v provedení furgon. [23] [24]



Obrázek 2.6: Nákladní vozidlo Avia A21 v provedení Furgon. Převzato z [9].

2.3.5 Dodávkové vozidlo

Kabina řidiče a prostor pro náklad tvoří jeden nedílný konstrukční celek. Dodávková vozidla jsou podobná furgonu. Typicky jde o vozidla s maximální povolenou hmotností 3,5 tuny. V některých případech mohou být se zesíleným podvozkem a dvoumontáží na zadní nápravě, pak mohou být do maximální povolené hmotnosti až 5 tun. Prostor pro náklad je oddělen od prostoru pro osádku přepážkou, mříží či jiným vhodným schváleným způsobem. Přístup do nákladového prostoru je z boku nebo zezadu. Mezi zástupce dodávkových vozidel patří Mercedes-Benz Sprinter, Peugeot Boxer, Renault Master. Obrázek 2.7 znázorňuje dodávkové nákladní vozidlo Mercedes-Benz Sprinter v prodloužené verzi. [23] [24]



Obrázek 2.7: Dodávkové vozidlo Mercedes-Benz Sprinter v prodloužené verzi. Převzato z [3].

2.3.6 Speciální nákladní vozidla

Speciální nákladní vozidla jsou svojí konstrukcí a vybavením určena pouze pro dopravu určitých druhů nebo skupin nákladů, pro které jsou nutné zvláštní úpravy. Úpravy se mohou týkat pouze nástavby, která je upevněna na rámu nebo podvozku, nebo mohou být rozsáhlejšího charakteru se zásahem do vlastní konstrukce vozidla, případně přídavných agregátů. Druhů speciálních nákladních vozidel je celá řada a do jisté míry se mohou překrývat s již výše zmíněnými provedeními. Vybrané druhy speciálních vozidel: [23] [24]

- Chladírenské vozidlo: varianta skříňového nákladního vozidla se zesílenými a izolovanými stěnami a s agregátem, umožňujícím udržování navolené teploty uvnitř nákladového prostoru. Existují varianty s nákladovým prostorem rozděleným na sekce, přičemž každá sekce může být nastavena na jinou teplotu.
- Fekální vozidlo: je vybaveno cisternou a čerpadlem umožňujícím napouštění i vypouštění splašků do cisterny a příslušným množstvím hadic.
- Domíchávač: vybaven bubnem na domíchávání a přepravu čerstvého betonu.
- Popelářská vozidla: vozidla se speciální nástavbou, která je opatřena mechanismem na vyklápění popelnic a kontejnerů na odpad. Vnitřní nákladní prostor bývá vybaven ústrojím pro posun či lisování sváženého odpadu.
- Přepravníky vozidel: rozsáhlá nástavba vybavena nájezdy a hydraulicky ovládanými plošinami, které umožňují flexibilní umístění přepravovaných vozidel ve dvou řadách.
- Přepravník dřeva: nástavba vybavená klanicemi, které umožňují stohování kulatin. Vozidlo může být též vybaveno hydraulickou rukou. Takové vozidlo je pak naprosto soběstačné a řidič - operátor může rovnou náklad sám naložit a složit.
- Walking floor (posuvná podlaha): nákladní vozidlo vybavené pevnými stěnami. Pro možnost sypání materiálu vrchem je střecha pouze plachtová, odnímatelná. Nejdůležitějším prvkem je speciální podlaha s hydraulicky ovládanými segmenty. Vzájemným koordinovaným pohybem těchto segmentů umožňuje posun materiálu směrem dozadu nebo dopředu. Umožňuje tak i nakládání paletového zboží, ale typicky se používají pro sypané náklady jako zrní, štěpka, železný šrot, který je vsypán vrchem a na vykládce vysypán zadními dveřmi.

- Cisterna: může být v mnoha vyhotoveních v závislosti na přepravovaném zboží: cisterna na vodu, cisterna na mléko či potraviny, cisterna na mouku, cisterna na cement, cisterna na pohonné hmoty, cisterna na další chemické látky. Každý druh cisterny je typicky určen pouze na jeden druh přepravovaného zboží. Některé cisterny jsou vybaveny hydraulickým pístem, podobným jako u sklápěčů, který umožňuje snadnější vyprazdňování cisterny.
- Další: mezi další speciální nákladní vozidla můžeme řadit autojeřáb, autorypadlo, kropicí, zametací, požární, dílenské, laboratorní, mycí, policejní, hasičské, zdravotnické, vyprošťovací apod.

Na obrázku 2.8 je vyobrazen výběr nákladních speciálních vozidel.



Obrázek 2.8: Výběr speciálních nákladních vozidel. Shora zleva: odtahovkový vyprošťovací speciál, přepravník dřeva Tatra, hasičský vůz Tatra, domíchávač MAN, posuvná podlaha zvenčí a zevnitř nákladového prostoru. [1] [10] [17] [18] [21]

2.3.7 Tahače

Tahač návěsů je nákladní vozidlo konstruované a určené k tažení návěsů, tvoří tak návěsovou soupravu. Hlavním znakem takové soupravy je, že podstatná část hmotnosti návěsu a jeho nákladu spočívá na podvozku tahače. Spojení mezi návěsem a tahačem je prostřednictvím točnice, která se nachází na tahači a čepu návěsu (někdy také nazýván královský nebo korunový) a umožňuje natáčení návěsu vůči tahači při zatáčení. [23] [24]

Tahače návěsů pro silniční přepravu jsou běžně dvounápravové nebo třínápravové s pohonem 4x2, 6x2 nebo 6x4. Obvykle jsou vybaveny vzduchovým pérováním alespoň na hnací nápravě, neboť pro připojování a odpojování návěsu je potřeba mít možnost nastavit výšku točnice. Vzduchové odpružení přední nápravy pak zlepšuje především komfort posádky, zlepšuje kontakt kol s vozovkou a snižuje tak opotřebení pneumatik. [23] [24]

Pokud je tahač uzpůsoben na tahání specializovaných návěsů, může být vybaven speciálními agregáty, zajišťující správný provoz. Například hydraulický systém s čerpadlem pro provoz sklápěcího návěsu nebo posuvné podlahy. [23] [24]



Obrázek 2.9: Tahač návěsů Volvo FH 500 v konfiguraci 4x2. [4]

2.3.8 Návěsy a přívěsy

Nákladní přívěsy a návěsy jsou přípojná vozidla určená k provozu na pozemních komunikacích používaná pro dopravu nákladu. Nemají vlastní zdroj pohonu a zpravidla ani hnací nápravy. Jsou určeny k tomu, aby byly taženy motorovým vozidlem. Výhodou přípojných vozidel je, že soupravy s motorovým tažným vozidlem mají vyšší celkovou hmotnost, tedy i užitečnou hmotnost a kapacitu, než samostatné nákladní vozidlo. Další výhodou zejména návěsových souprav je, že je možné přepřáhnout na jiný návěs a tedy snadno vyměnit celý nákladový prostor. To má výhodu ve formě zefektivnění logistiky, kdy dopravce může celý

návěs s nákladem nechat na nakládací rampě a rovnou zapřáhnout jiný návěs a pokračovat v jiné přepravě. Přívěsy a návěsy bývají odpruženy listovými pružinami nebo vzduchovými měchy. Některá přípojná vozidla bývají vybavena zvedací nápravou, kterou lze zvednout v případě jízdy s prázdnou nebo méně naloženou soupravou. To zvyšuje ekonomiku provozu a v zimě na sněhu a ledu zlepšuje manévrování. Provedení přívěsů a návěsů jsou obdobná, jako u nákladních vozidel (valník, sklápěčka, skříňový, speciální...). Rozdíl mezi návěsem a přívěsem je v rozložení hmotnosti. [23] [24]

Pro přívěs platí, že pouze nepodstatná část jeho celkové hmotnosti je přenášena na tažné vozidlo, neboť jeho konstrukce a umístění náprav je takové, aby většina hmotnosti spočívala na kolech přívěsu. Svislé zatížení na spojovací zařízení je omezeno v technickém průkazu, u těžkých nákladních vozidel může být 1000 kg. Pokud má přívěs dlouhý rozvor, přední náprava bývá řízená točnicovým mechanismem a odpojený přívěs nepotřebuje podpěry. Při jízdě dopředu takový přívěs dobře sleduje stopu tažného vozidla a manévruje se s ním dobře. Couvání je však složitější než v případě přívěsu s neřízenou nápravou nebo návěsu.

Pro návěs platí, že na tažné vozidlo je kladena podstatná část jeho celkové hmotnosti. Ta je přenášena pomocí točnice zejména na jeho zadní nápravu nebo nápravy. Svislé zatížení točnice je opět uvedeno v technickém průkazu a např. pro návěs Kögel S24-1 je to 12 tun. Po odpojení návěsu od tahače spočívá přední část návěsu na vysouvateľných podpěrách.

Obrázek 2.10 znázorňuje dvě kamionové soupravy Volvo FH. Levá souprava je přívěsová. Její maximální délka je 18,75 m, má objem 120 m³ a vejde se do ní 38 europalet. Pravá souprava je návěsová. Maximální délka této soupravy je 16,5 m, má objem 101 m³ a vejde se do ní 34 europalet. Nosnost je u obou souprav 25 tun.



Obrázek 2.10: Kamionové soupravy přívěsová a návěsová. [5]

2.4 Konstrukce nákladních vozidel

Tato kapitola se zabývá vybranými částmi z konstrukce nákladních vozidel, které jsou relevantní pro tuto práci. Vybrané části jsou pneumatiky a kola, zavěšení a řízení, neboť všechny přímo souvisí s tématem této práce. U pneumatik se budeme zabývat také jejich opotřebením a značením.

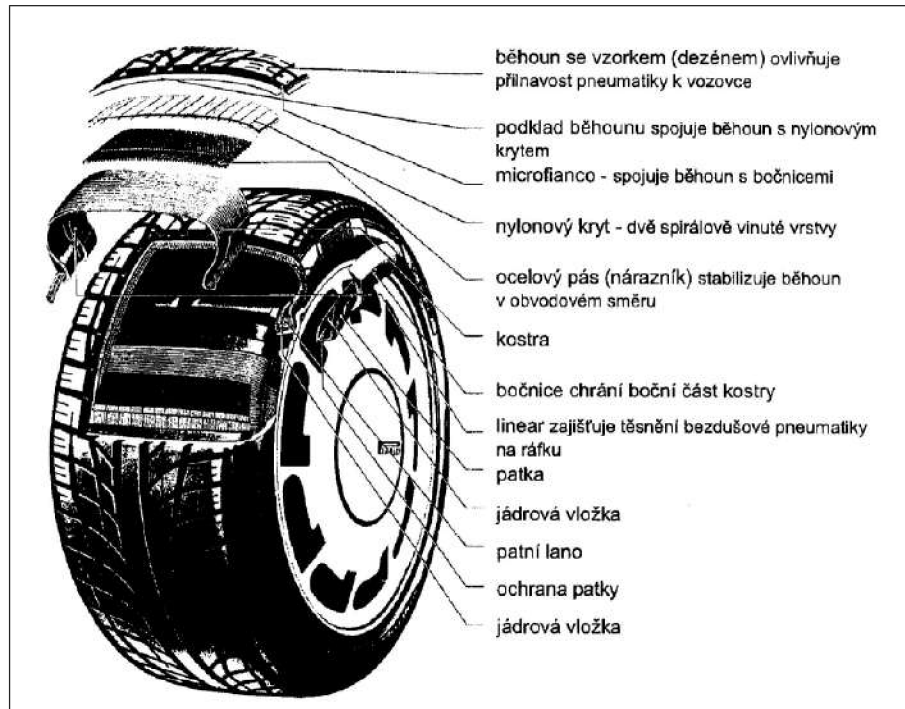
2.4.1 Pneumatiky a kola

Kolo s pneumatikou je spojovacím článkem mezi vozidlem a vozovkou. Vozidlová kola nesou hmotnost vozidla a nákladu, přenášejí hnací a brzdící momenty a boční síly. Dále jsou důležitým činitelem v pružící soustavě vozidla z hlediska zvětšení jízdního pohodlí a bezpečnosti jízdy. Vozidlová kola sestávají ze dvou částí - z pneumatik a kola. [12] [25] [30]

Pneumatikou chápeme plášť a případně duši a ochrannou vložku. V praxi bývají oba pojmy navzájem zaměňovány. U bezdušové pneumatiky přímo plášť, u dušové pneumatiky duše jsou naplněny tlakovým médiem. Plášť je pružná vnější část pneumatiky, která zajišťuje styk s vozovkou a která dosedá svou patkovou částí na ráfek. Pneumatika se skládá z tří hlavních komponentů. 80 - 85 % tvoří pryž, 12 - 16 % tvoří různá vlákna a 2 - 3 % ocelový drát. [12] [25] [30]

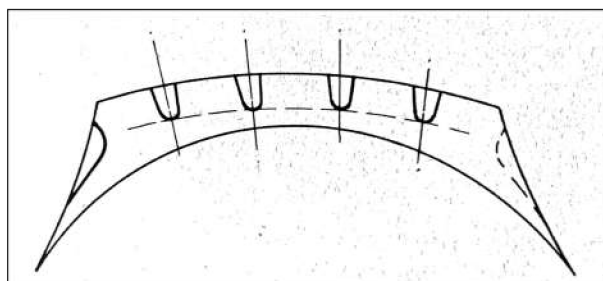
2.4.1.1 Plášť

Plášť sestává z několika částí, mezi nejdůležitější se řadí běhoun se vzorkem, nárazník, kostra, patka a bočnice. Obrázek 2.11 znázorňuje řez pneumatikou a popisuje její části.



Obrázek 2.11: Průřez pneumatikou a detailní popis jednotlivých částí. [25]

Běhoun je vrstva pryže na vnějším obvodu pláště opatřená zpravidla dezénem, která přichází do styku s vozovkou. Hlavní funkcí běhounu je přenášet hnací sílu vozidla na vozovku a zlepšovat záběrový moment pneumatiky. Další funkce jsou zlepšování adheze k vozovce, odvádění vody a jiných nečistot, tepla, které vzniká vlivem hysterezních pochodů a zvyšování účinnosti brzdového systému. Tloušťka běhounu má vliv na tepelný stav pneumatiky. Z tohoto hlediska by byl nejvhodnější co nejtenčí běhoun, ovšem tloušťka je dána především hloubkou dezénové drážky, která ovlivňuje životnost pneumatiky. Obvykle se tloušťka běhounu volí tak, že drážka tvoří přibližně 60 % a hmota pod běhounem asi 40 %, jak je znázorněno na obrázku 2.12.



Obrázek 2.12: Poměr hloubky dezénu a tloušťky běhounu. [12]

Na všech aspektech, včetně životnosti pneumatiky, se podílí směs, ze které je vyroben běhoun i jeho dezén. Moderní pneumatiky používají jako základ běhounové směsi kaučuk. Pro pneumatiky osobních vozidel se používá kaučuků syntetických. Pneumatiky nákladních vozidel a autobusů mohou mít v běhounové směsi i kaučuk přírodní, který příznivě ovlivňuje hysterezní pochody ve vysoké vrstvě běhounu. [12] [25] [30]

Nárazník je část pláště tvořící přechod mezi běhounem a kostrou pláště. Nárazník zlepšuje dynamické spojení mezi kostrou a běhounem a současně zvyšuje odolnost kostry pneumatiky proti průrazu. U diagonálních pneumatik býval vyroben z obdenných kordů jako kostra. Úkolem nárazníku u radiálních pneumatik je především stabilizace běhounu v obvodovém směru omezováním nežádoucího pohybu jednotlivých partií běhounu. Nejlépe se pro tento účel hodí kordy ocelové, viskóznové a skleněné. Pro nákladní vozidla jsou vhodnější kordy ocelové. [12] [25] [30]

Kostra pláště je část tvořená kordovými vložkami zakotvenými kolem lan. Určuje řadu nejdůležitějších vlastností pneumatik, mezi něž patří tvar a jízdní vlastnosti. Vlastnosti kostry závisí na druhu použitých kordů a konstrukci, která byla pro plášť zvolena. U radiálních pneumatik jsou pevnostní vlastnosti závislé na kvalitě kordů, na počtu vložek v kostře a na konstrukci nárazníku. Kordové nitě jednotlivých vložek v kostře jsou kladeny ve směru kolmém na obvodovou kružnici, tedy nejkratším směrem od patky k patce. Nitě nárazníku svírají s nitěmi kostry téměř pravý úhel. [12] [25] [30]

Patka pláště je zesílená část pláště dosedající na ráfek. Vytváří se ohnutím kordových vložek kolem patních lan. Ve zvlukanizovaném plášti pneumatiky tvoří potom pogumované kordy s ocelovým lanem tuhý systém a umožňují pevné ukotvení pláště na ráfek. Počet lan v patce není vždy stejný. Pláště pneumatik pro osobní vozidla mají v patce jedno lano. Pneumatiky nákladních vozidel mívají v patce dvě lana, čímž se kostra a patka zpevňuje. Z vnější strany je patka chráněna vysoce pevnostní pogumovanou tkaninou. U radiálních plášťů se většinou vyztužuje pogumovaným ocelovým kordem, aby při značných deformacích za provozu nedocházelo k prolamování pláště pod patkou. Patka pláště pneumatiky umožňuje její montáž na ráfek kola a v případě bezdušového pláště i správné zatěsnění. [12] [25] [30]

Bočnice vytváří ochranu bočních částí kostry před povětrnostními vlivy a před mechanickým poškozením. Bočnice musí dobře vzdorovat provoznímu namáhání, slunečním

paprskům, ale i stárnutí. Vyrábí se z písků ze speciální kaučukové směsi, která se skládá z elastomerů a obvyklých přísad do kaučukové směsi. [12] [25] [30]

2.4.1.2 Značení pneumatik

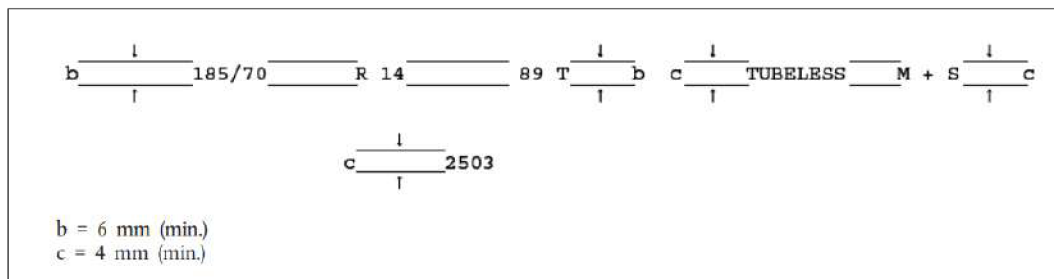
Značení pneumatik se řídí předpisem EHK/OSN číslo 30 - Jednotná ustanovení pro schvalování pneumatik pro motorová vozidla a jejich přípojná vozidla. Označení se skládá z těchto údajů: [6]

- Jmenovitá šířka pneumatiky v milimetrech,
- profilové číslo pneumatiky (poměr výšky k šířce v %),
- označení konstrukce (R = radiální, - = diagonální),
- jmenovitý průměr ráfku v palcích nebo v milimetrech,
- index nosnosti a kategorie rychlosti,
- kód DOT značící týden a rok výroby dané pneumatiky.

Označení pneumatiky se nachází na její bočnici. Příklad označení pneumatiky dle předpisu EHK je na obrázku 2.13. Význam značení v tomto konkrétním případě:

- Pneumatika šíře 185 milimetrů,
- se jmenovitým profilovým číslem 70 (profil pneumatiky je 70 % z její šířky),
- R = radiální konstrukce,
- průměr ráfku 14 palců,
- nosnost 580 kg, odpovídající indexu únosnosti 89 podle přílohy IV předpisu EHK/OSN č. 30,
- kategorie rychlosti T (maximální rychlost 190 km/h),
- pro montáž bez použití duše (TUBELESS),
- typ pro jízdu na sněhu (M + S = Mud + Snow = Bláto a Sníh), v ČR běžně označované jako zimní pneumatiky,

- vyrobená v 25. týdnu roku 2003.



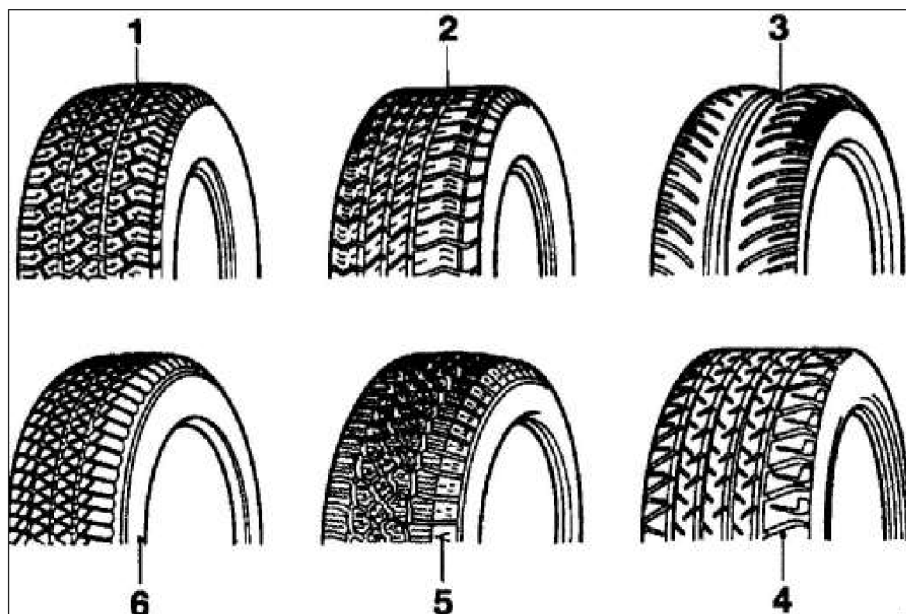
Obrázek 2.13: Příklad označení pneumatiky dle předpisu EHK/OSN č. 30. [6]

2.4.1.3 Konstrukce dezénu

Běžná plocha běhounu pláště je opatřena vzorkem dezénu. Je to soustava různě uspořádaných žlábků, které rozčleňují povrch plochy na geometrické obrazce, tzv. figury. Hlavní úlohou dezénu je zabezpečit dostatečnou přilnavost pneumatiky k vozovce. Podmínkou dobré přilnavosti k vozovce je, aby figury dezénu byly schopny rozrušit nosný vodní film vznikající mezi pneumatikou a vozovkou a dostat se tak do přímého styku s povrchem vozovky. K tomu se hodí dezén s menší plností, jehož drážky jsou schopné odvést velké množství vody v krátkém časovém intervalu. Dezén s malou plností je však nevýhodný z hlediska většího opotřebení a větší hlučnosti. Povrchová plocha figur bývá někdy u pláštů pro osobní vozidla opatřena jemnými zářezy, tzv. lamelami. Lamely částečně zlepšují poddajnost povrchové plochy figur a tím její přizpůsobivost nerovnému povrchu vozovky. Dále se díky nim snižuje tloušťka vodního filmu pod stykovou plochou pneumatiky, což příznivě ovlivňuje přilnavost k mokré vozovce.

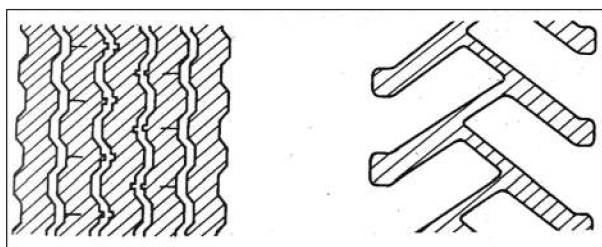
Letní dezény pro osobní vozidla mají poměrně jemné žlábkování a mohou být tzv. pásové nebo blokové. Pásový dezén zajišťuje dobré boční vedení vozidla a blokový dobře odvádí vodu. Soudobé pneumatiky pro osobní vozidla jsou obvykle kombinací obou. [25] [30]

Zimní dezény mají rozměrné žlábkování v podélném i příčném směru tak, že vytváří poměrně rozsáhlé bloky. Obrázek 2.14 znázorňuje několik druhů dezénu běhounu pneumatik.



Obrázek 2.14: Druhy profilů pneumatik: 1 - standardní letní pneumatika; 2 - pneumatika s optimalizovaným chováním při aquaplaningu; 3 - speciální pneumatika se širokým středním kanálem pro odvádění vody v podélném směru; 4 - vysokovýkonová široká pneumatika; 5 - zimní pneumatika v provedení s lamelovou technikou; 6 - celoroční pneumatika. [25]

Dezény pláštů pro nákladní vozidla se dělí na dráhové a terénní. Dráhové dezény mají drážkování převážně v podélném směru a jsou vhodné pro provoz na vozovkách s pevným povrchem. Terénní dezény jsou charakteristické velmi rozměrnými žlábkami, převážně v příčném směru a velkými blokovými figurami. Nejběžnější je tzv. šípový dezén. Jeho šikmo uspořádané žlábkové mají samočistící účinek a při prokluzu vytlačují materiál podkladu na stranu. Existují i kombinované dezény. Obrázek 2.15 znázorňuje dráhový a terénní dezén pro nákladní vozidla. [25] [30]



Obrázek 2.15: Dezény pneumatik nákladních vozidel. Vlevo dráhový dezén, vpravo terénní šípový dezén. [25]

2.4.1.4 Opotřebení a životnost pneumatik

Životností rozumíme obvykle kilometrový průběh, který pneumatika za daných podmínek absolvuje do stavu opotřebení dezénových drážek na zákonem stanovenou mez. Tato mez je 1,6 milimetrů pro letní pneumatiky a 4 milimetry pro zimní pneumatiky u osobních vozidel. U nákladních vozidel je minimální hloubka dezénu 6 milimetrů na hnané nápravě, pro ostatní nápravy platí mez 1,6 milimetrů. Podle normy ČSN 63 1001 je životnost pneumatik definována jako ujetá dráha pneumatiky v daných podmínkách provozu do poruchy pláště, která nedovolí jeho další užívání. [12] [25] [30]

Životnost a opotřebení pneumatik záleží na vlastnostech dané pneumatiky a na podmínkách, ve kterých je provozovaná. Mezi provozní podmínky ovlivňující životnost patří rychlost jízdy, jízdní styl, teplota okolí, kvalita vozovky, síly působící ve stopě pneumatik, tlak, zatížení a další. Prudká akcelerace a brzdění, stejně jako prudké zatáčení výrazně snižuje životnost pneumatiky. Podrobněji si jednotlivé faktory popíšeme v následujících odstavcích. [12] [20] [25] [30]

Směs běhounu má důležitý význam při opotřebení pneumatiky. Běhoun je jednou z nejdůležitějších částí pláště, protože je vystaven velkému zatížení a při odvalování pneumatiky dochází k jeho oděru. Pryžová směs musí mít velkou strukturní pevnost, aby nedocházelo k vytrhávání figur dezénu, dále musí být otěruvzdorná, zároveň pružná, musí mít nízké hysterezní ztráty, dobrou adhezi na různých površích za mokrého i suchého stavu a nízký valivý odpor. Všechny tyto požadavky jsou vzájemně rozporné, proto je vývoj směsi běhounu složitý proces a výsledků se dosahuje mícháním speciálních kaučuků a plniv pro běhounové směsi současně s různými změnami technologie míchání směsi. U osobních vozidel se používají jako plniva silany, které umožňují vyrobit pláště s nízkým valivým odporem a zároveň plnit ostatní požadavky z hlediska adheze a životnosti. Nákladní pláště jsou tvořeny přírodním kaučukem a butylkaučukem, což zajišťuje skvělou odolnost za cenu snížení adhezních vlastností. [12] [25] [30]

Huštění pneumatik je jedním z nejdůležitějších faktorů, který ovlivňuje životnost pneumatik spolu se stylem jízdy. Vysoké životnosti pneumatiky lze dosáhnout pouze optimálním huštěním, což znamená hlídání tlaku předepsaného výrobcem pneumatiky a výrobcem vozidla. Při zvýšeném huštění se plocha běhounu více vyduje a opotřebovává se pouze střední část běžné plochy. Podhuštěná pneumatika mívá za následek opačný jev, tedy nadměrnější opotřebení krajních figur. Má se za to, že podhuštěné pneumatiky jsou

jednou z nejčastějších provozních závad. Podhuštění nepříznivě ovlivňuje nejen opotřebení pneumatiky, ale také spotřebu vozidla nebo bezpečnost, protože pneumatiky mají změněné funkční vlastnosti. [12] [20] [25] [30]

Teplota a zatížení jsou blízké faktory. S rostoucím zatížením dochází k větší deformaci a tím i k většímu ohřátí právě kvůli hysterezi, což vede ke zvětšenému oděru běhounu. S rostoucí teplotou klesá silová vazba mezi jednotlivými částmi běhounu a snadněji dochází ke zvýšení intenzity oděru běhounu a také snáze vznikají trhliny. [12] [20] [25] [30]

Rychlost je dalším faktorem, který má na životnost pneumatiky negativní vliv, bavíme-li se o rychlosti průměrné, jejíž zvyšování nutně vede ke zvýšení razance jízdy. Okamžitá vysoká rychlost pak má vliv opět na zahřívání pneumatiky. Razantním stylem jízdy se životnost pneumatik může snížit až na 30 %. [12] [20] [25] [30]

Technický stav vozidla je dalším z faktorů, který ovlivňuje životnost a opotřebení pneumatik. Do této skupiny faktorů patří například seřízení brzdné soustavy, geometrie nápravy, stav tlumičů a nevyváženost kol. Při nevhodném seřízení brzd může docházet k nerovnoměrnému opotřebení pneumatiky, zejména při zablokování kola, kdy dojde k místnímu oděru běhounu. Tento problém je v dnešní době takřka eliminován díky systému ABS, který zajišťuje odvalování kola i při maximálním brzdění. Správná sbíhavost kol zaručuje správné odvalování pneumatik. **Nesprávná sbíhavost může mít za následek současné smýkání pneumatiky při odvalování, což urychluje oděr běhounu a životnost pneumatiky. Toto je faktor, který má tato práce za cíl rozebrat podrobněji.** Dobrý stav tlumičů nejen zvyšuje pohodlnost jízdy, ale zvyšuje také bezpečnost a snižuje opotřebení pneumatiky. Při zhoršené funkci tlumičů dochází k rychlému a nepravidelnému opotřebení pneumatiky, a tím ke snížení životnosti. Nevyváženost kol, stejně jako radiální i boční házení způsobuje místní nerovnoměrné opotřebení běhounu pláště a vede ke snížení životnosti pneumatiky. Tyto závady vznikají při ztrátě vyvažovacího závaží nebo při deformaci kola. [12] [20] [25] [30]

Vnější vlivy mohou také zásadním způsobem ovlivnit životnost pneumatiky. Jedná se především o nahodilé překážky na cestě - kameny a výtluky, které mohou způsobit proražení běhounu. Dále jde například o nesprávné parkování s kolem částečně na obrubníku, které vede k nerovnoměrnému namáhání kostry. Další nepříznivý jev je pneumatika skřípnutá mezi ráfkem a obrubníkem. Při skřípnutí může dojít k proděravění. [12] [20] [25] [30]

TWI - Tyre Wear Indicator pomáhá s rychlým zjištěním, zda je běhoun pneumatiky již příliš opotřeben. Z boku pneumatiky lze najít trojúhelníkové značky s nápisem TWI, označující místo, kde se indikátor nachází. Indikátor se nachází na dně hlavních dezénových drážek a má výšku 1,6 milimetrů. Pokud je vzorek zarovnan s indikátorem, znamená to stav, kdy je pneumatika již opotřebena na zákonem stanovenou mez. Obrázek 2.16 znázorňuje podobu TWI na běhounu pneumatiky.



Obrázek 2.16: TWI - indikátor který napomáhá rychlému zjištění, zda běhoun není příliš opotřeben. [22]

Obrázek 2.17 znázorňuje podhuštěnou pneumatiku osobního vozidla. Při dlouhodobějším provozu v takovém stavu dochází k nenávratným poškozením na běhounu pneumatiky.



Obrázek 2.17: Příklad podhuštěné pneumatiky. [vlastní]

Obrázek 2.18 znázorňuje různé poškození pneumatiky. Vlevo je kolo poškozené jízdou s nulovým tlakem. Vpravo je poškození vlivem najetí na překážku a proražení pneumatiky.

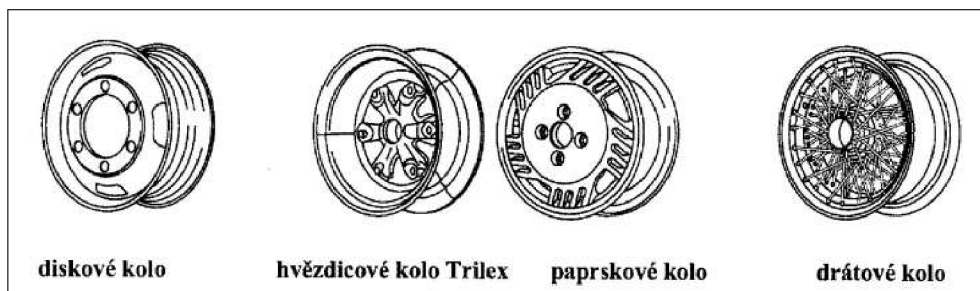


Obrázek 2.18: Příklady poškozených pneumatik. [vlastní]

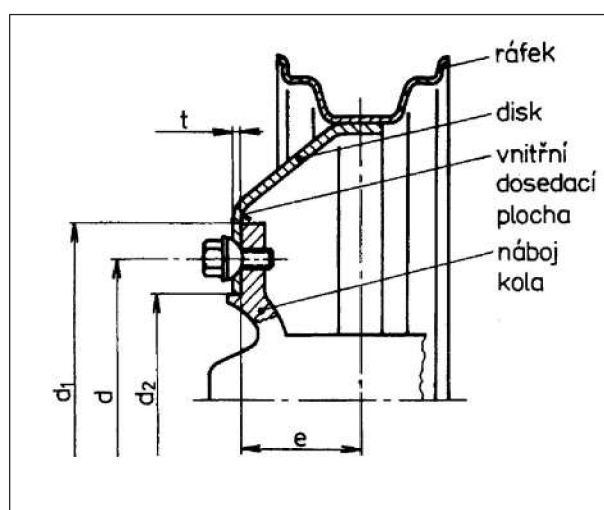
Další příklady s popisem poškození nákladních pneumatik jsou k dispozici v tomto článku: FleetMaintenance: Guide to commercial truck tire wear by type. [8]

2.4.1.5 Vozidlová kola a ráfky

Kola jsou přišroubována k hlavám kol na nápravách. Vozidlové kolo se skládá ze střední nosné části a ráfku, na který dosedá patka pneumatiky. Podle provedení střední nosné části lze kola rozdělit na disková kola nebo hvězdicová kola s ráfkem trillex, který je tvořen třemi segmenty a je montovaný. Hvězdicová kola se používala spíše historicky a bylo je možné vidět například na tahačích a autobusech Škoda řady 706. U levnějších osobních a u dodávkových vozidel se používají ocelová disková kola, kde je disk k ráfku přivařen bodovým svařováním. U osobních vozidel se objevují též kola paprsková odlévaná z lehkých slitin jako monoblok. Obrázek 2.19 znázorňuje druhy zmíněných kol. Obrázek 2.20 znázorňuje hlavní rozměry kola. [2] [14] [25] [30]



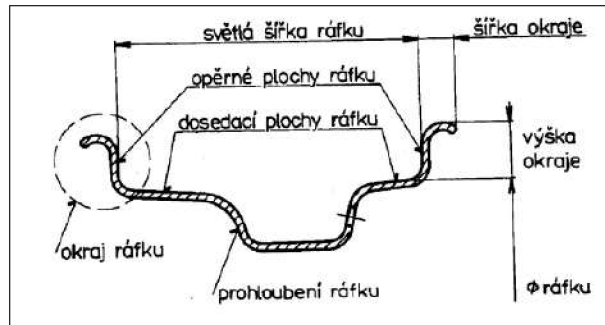
Obrázek 2.19: Druhy vozidlových kol. [25]



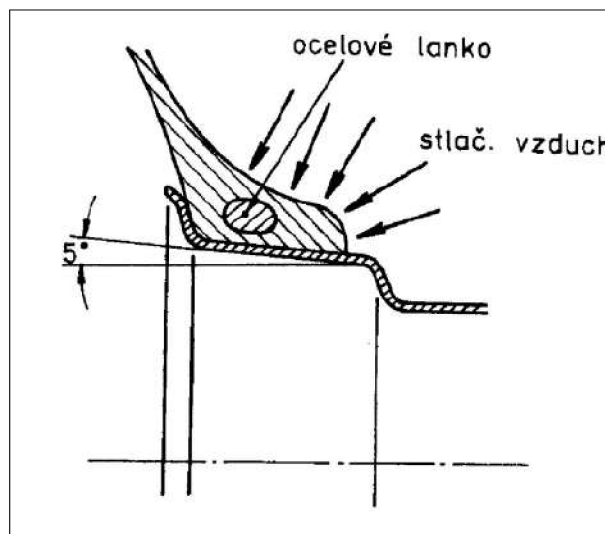
Obrázek 2.20: Parametry vozidlových kol. Zális e , průměr roztečné kružnice pro připevňovací šrouby d , průměr dosedací plochy pro brzdový buben nebo šroubu náboje $d1$, průměr středního otvoru kola $d2$, tloušťka střední nosné části t . [25]

Ráfek kola slouží k uložení pneumatiky, která s ním musí být spojena tak, aby mohly být přenášeny svislé, boční a obvodové síly bez pohybu mezi pneumatikou a ráfkem. Ráfek se skládá z následujících částí, které jsou vyobrazeny na obrázku 2.21. Obrázek 2.22 znázorňuje, jak je patka pneumatiky spojena s ráfkem. [2] [14] [25] [30]

- Opěrné plochy ráfku jsou bočními dorazy pro patky pneumatik, vzdálenost mezi oběma opěrnými plochami je světlá šířka ráfku.
- Dosedací plocha ráfku je plocha, ke které jsou pomocí přítlaču patek pneumatiky umožněny přenosy obvodových sil.
- Prohloubení ráfku umožňuje montáž pneumatiky na nedělený ráfek.



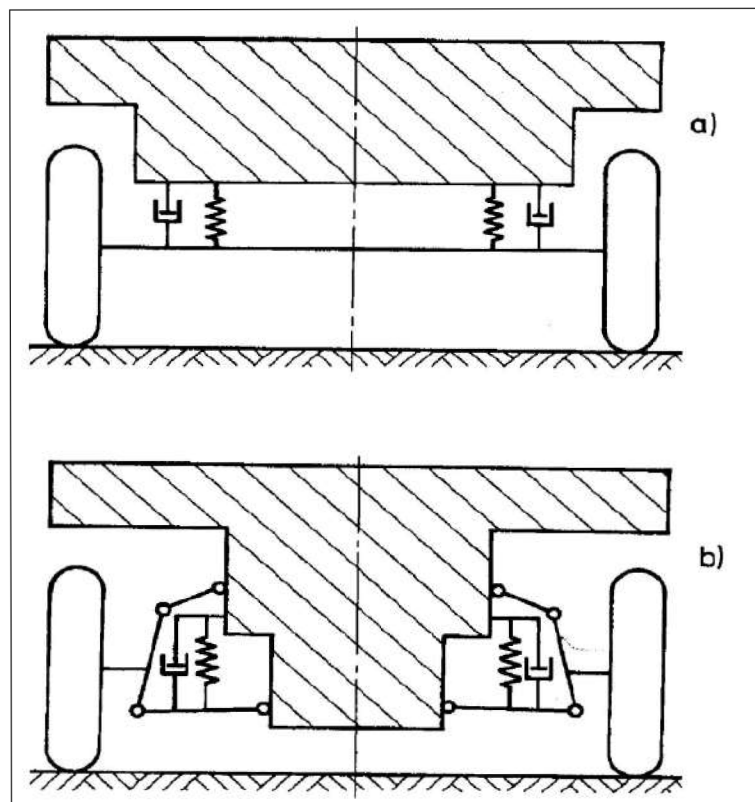
Obrázek 2.21: Parametry ráfků. [25]



Obrázek 2.22: Průřez dosedací plochou a patkou pneumatiky a jejich spojení. [25]

2.4.2 Zavěšení kol

Pod pojmem zavěšení kol rozumíme způsob spojení kol s rámem nebo karoserií vozidla. Často se používá pojem náprava, který však není přesný, neboť náprava je tvořena několika funkčními celky: zavěšení, uložení, odpružení, brzda a řídicí nebo hnací ústrojí. Funkce zavěšení jsou tyto: umožňuje svislý relativní pohyb kola vzhledem ke karoserii nebo rámu potřebný k propružení, které zajišťuje kontakt s vozovkou. Naopak eliminuje nežádoucí pohyby kola. Přenáší síly a momenty mezi kolem a karoserií. Jde o svislé, podélné a příčné síly a hnací a brzdné momenty podélných sil. Zavěšení můžeme základním způsobem dělit na závislé a nezávislé. Schématicky toto dělení znázorňuje obrázek 2.23. [2] [14] [25] [30]



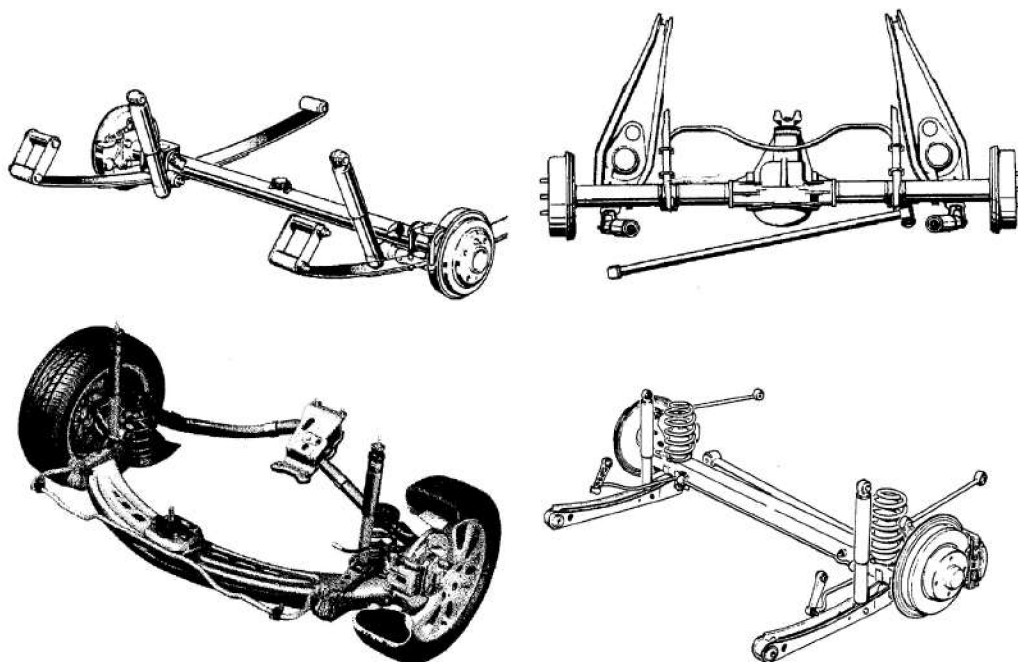
Obrázek 2.23: a) Závislé zavěšení - tuhá náprava; b) nezávislé zavěšení [25]

U závislého zavěšení jsou kola uložena na společném příčném nosníku, který z kinematického hlediska tvoří jedno těleso, a tak při propružení jednoho kola dojde ovlivnění a propružení i kola druhého. U nezávislého zavěšení nejsou pohyby pravého a levého kola vázány a při jednostranném propružení jednoho kola nevznikne pohyb kola druhého. [2] [14] [25] [30]

2.4.2.1 Tuhá náprava

Tuhá náprava je nejstarší a stále užívaný druh zavěšení. Jak už bylo zmíněno, její vlastnost je, že při propružení kola na jedné straně se pohyb přenáší na stranu druhou. Používá se zejména pro zadní nápravy osobních a užitkových vozidel. Při všech pohybech nápravy zůstává vzájemná poloha kol nezměněna. Nejstarší způsob zavěšení tuhé nápravy je pomocí dvojice podélných listových pružin, přičemž tyto zastávají současně tři úlohy: vedení tuhé nápravy, odpružení, tlumení. Tento nejstarší princip se dnes používá zejména u náprav těžkých nákladních vozidel. Postupně začlo docházet k zdokonalování a rozdělování úloh mezi další konstrukční díly. Po boku listových pružin se začaly objevovat přídavné hydraulické

tlumiče a případně příčné stabilizátory, aby se eliminovalo naklápění při zatáčení. K odpružení tuhých náprav u osobních a lehkých nákladních vozidel se listové pružiny používají méně a nahrazují je šroubové pružiny a k vedení nápravy v bočním a podélném směru se používá některé z dalších řešení, jako jsou čtyři podélná a jedno příčné rameno (tzv. Panhardská tyč), nebo další modifikace používající například Wattův přímovod. Obrázek 2.24 znázorňuje několik provedení tuhé nápravy. [2] [14] [25] [30]



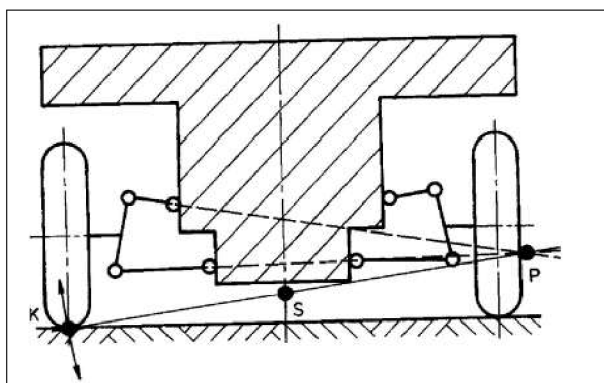
Obrázek 2.24: Tuhé nápravy. [25]

První je tuhá zadní nepoháněná náprava osobního vozidla Fiat Panda. Můžeme zde vidět tlumiče a listové pružiny, které jsou na jedné straně s vozidlem spojeny výkyvnými raménky. Při propružení je příčná trubka namáhána na krut. Druhá náprava je zadní, hnaná, z vozidla Opel Record E. V podélném směru jsou čtyři ramena a v příčném směru je Panhardská tyč. Tlumiče jsou uloženy za nápravou a vinuté pružiny jsou uloženy na spodních ramenech. Třetí náprava je z vozu Mercedes-Benz B. Jde o tuhou parabolickou nápravu s příčným stabilizátorem, vedená Wattovým přímovodem. Na posledním obrázku je tuhá zadní náprava z osobního vozidla Volvo 440 vedená Panhardskou tyčí a dvojicí Wattových přímovodů. [2] [14] [25] [30]

2.4.2.2 Nezávislé zavěšení kol

U nezávislého zavěšení nejsou pohyby pravých a levých kol vázány přímo přes nápravu, ale pouze nepřímo přes karoserii. Hnaná náprava s nezávislým zavěšením je pak také lehčí, protože diferenciál s rozvodovkou je upevněn na karoserii, což znamená nižší hmotnost neodpružených částí. V současnosti se používají zejména tyto druhy nezávislého zavěšení pro přední nápravy: lichoběžníková náprava, náprava McPherson, a pro zadní nápravy: kyvadlová úhlová náprava, kliková náprava, spřažená náprava. [2] [14] [25] [30]

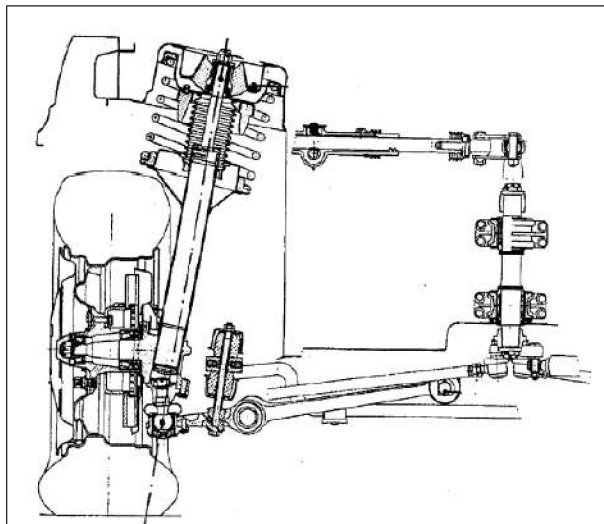
Lichoběžníková náprava - kola jsou zavěšena na nápravnici, rámu, případně skříni rozvodovky pomocí čtyř nestejně dlouhých příčných ramen. Horní ramena jsou kratší než dolní. Vhodnou volbou vzájemného poměru délky obou ramen lze dosáhnout příznivé kinematiky. Pružiny jsou většinou uloženy na spodním ramenu, protože při propružení toto koná pouze malé pohyby, horní rameno by muselo být uloženo kloubově. Lichoběžníková náprava je nízká a zabírá méně místa než tuhá náprava. Používá se pro lehká nákladní vozidla i pro těžká vozidla. Obrázek 2.25 znázorňuje lichoběžníkovou nápravu v podélném pohledu na vozidlo. [2] [14] [25] [30]



Obrázek 2.25: Lichoběžníková náprava. Na obrázku jsou vidět krátká horní příčná ramena a delší spodní ramena. [25]

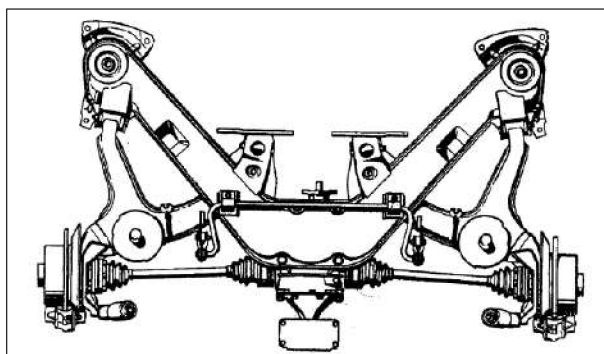
Náprava McPherson je odvozena z lichoběžníkové nápravy, u které je horní rameno nahrazeno posuvným vedením. Tím se získá přidavný vnitřní prostor pro motor nebo zavazadlový prostor. Vozidlová pružina je obvykle navinuta na vodící trubku tlumiče. Tím může být svislé zatížení vozidla přímo přes kolo, rejdový čep, vodící trubku a pružinu přenášeno do karoserie. Horní uložení vzpěry McPherson musí umožňovat řídicí pohyby kola. Přitom je nutné brát v úvahu, že šroubová pružina je při řízení natahována, jestliže je pevně

vetknuta ke karoserii a nápravě. Proto mezi pružinou a jedním uložením musí být zajištěno relativní otáčení (ložisko, kloub). Obrázek 2.26 znázorňuje nápravu typu McPherson. [2] [14] [25] [30]



Obrázek 2.26: Náprava typu McPherson. Podélný pohled na přední řízenou nápravu. [25]

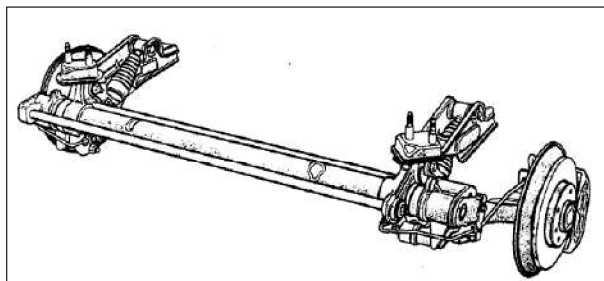
Kyvadlová úhlová náprava je používána jako náprava zadní. Kola jsou uchycena na dvou rozvidlených, dozadu směřujících ramenech. Osa kývání ramene je šikmá. Tento druh zavěšení je vhodný zejména pro zadní nápravu vozidel s pohonem zadních kol. Např. Škoda 130L, BMW řady 3, Opel Omega. Obrázek 2.27 znázorňuje zadní nápravu vozidla Opel Omega. [2] [14] [25] [30]



Obrázek 2.27: Kyvadlová úhlová náprava, vozidla Opel Omega, pohon zadních kol, pohled shora. [25]

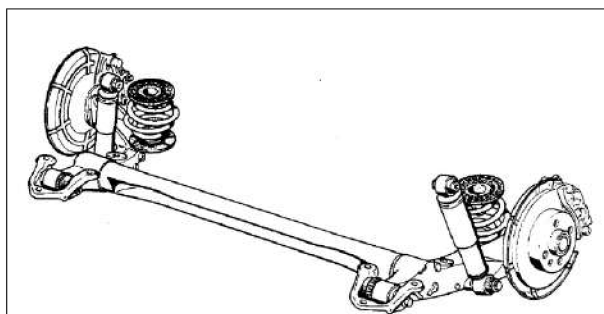
Kliková náprava má podélná ramena s příčnou, tzn. k podélné rovině vozu kolmou, osou kývání. Používá se pro nepoháněné zadní nápravy. Zabírá málo místa a hodí se pro

vozidla typu combi a pro osobní vozidla s velkými pátými dveřmi. Části nápravy nezužují podlahu vozu, která může být velmi nízko. Náprava může být odpružena zkrutnými tyčemi. Na obrázku 2.28 je znázorněna zadní náprava z vozidla Citroen ZX. [2] [14] [25] [30]



Obrázek 2.28: Kliková náprava z vozidla Citroen ZX. [25]

Kliková náprava s propojenými rameny je modifikací výše uvedené nápravy. Konstrukce je prostorově úsporná. Obě podélná ramena jsou navzájem spojena ohybově tuhou příčkou, která je však torzně měkká a slouží jako příčný stabilizátor. Lze ji chápat jako mezikrok mezi tuhou nápravou a klikovou nápravou. Výhodou je snadná montáž a demontáž celé nápravy, jednoduché upevnění tlumičů a pružin. Na obrázku 2.29 je znázorněna zadní náprava vozidla Opel Astra s torzním prvkem. [2] [14] [25] [30]

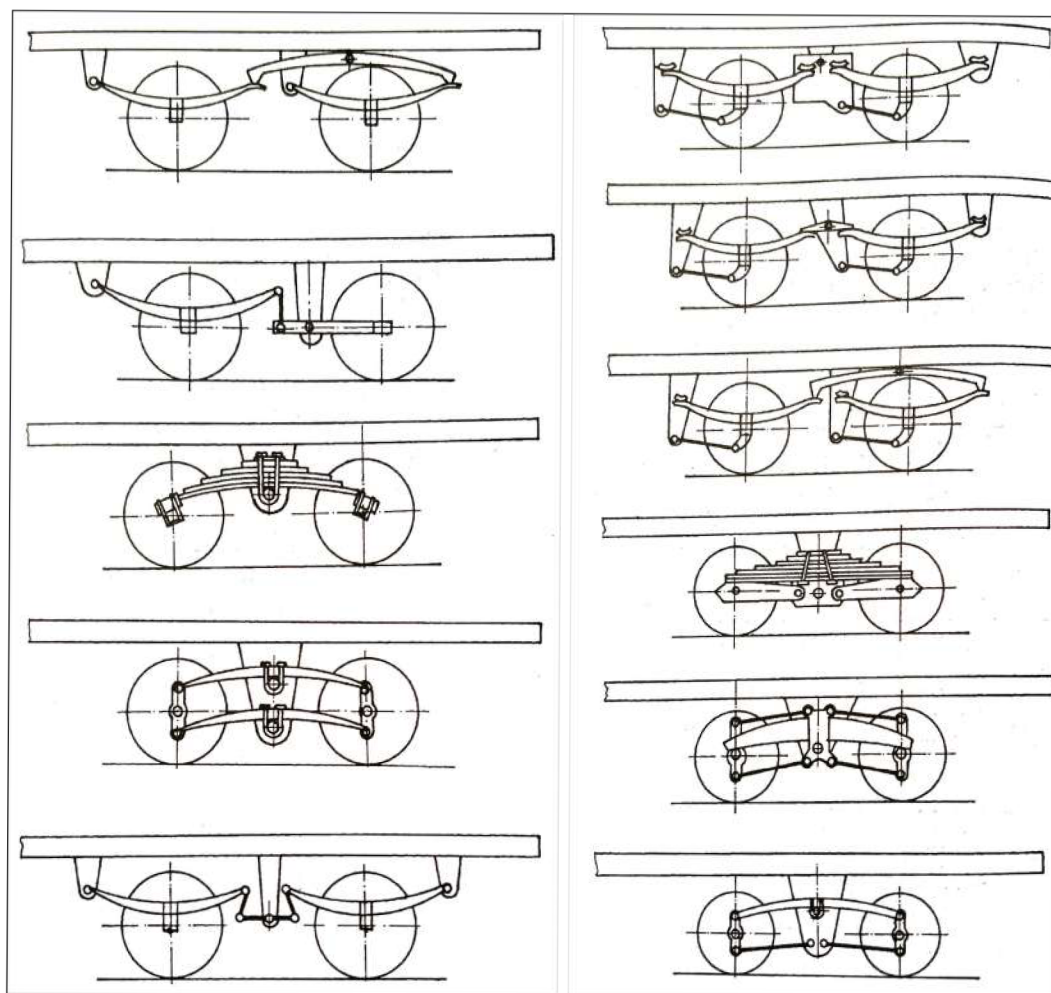


Obrázek 2.29: Kliková náprava torzní z vozidla Opel Astra. [25]

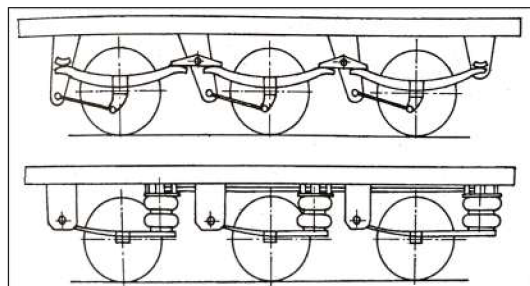
2.4.2.3 Vícenápravové systémy

Nákladní vozidla, přívěsy a návěsy mají z důvodu většího užitečného zatížení dvounápravu nebo třínápravu. Tyto vícenápravové systémy mají u nákladních vozidel statické vyrovnávání nápravových tlaků, které zaručuje pro různé zatížení konstantní poměr zatížení náprav mezi jednotlivými nápravami. [25]

Na levé části obrázku 2.30 jsou znázorněny dvounápravy, u kterých listové pružiny přenášejí také podélné zatížení. Na pravé části obrázku jsou zdvojené nápravy, které pro přenos podélných sil používají surné tyče. Většina dvounápravových systémů má pouze statické vyrovnávání tlaků. Při jízdě po nerovné vozovce kmitají vícenápravové systémy kolem svých otočných bodů, což mohou zlepšit tlumiče. Vlivem hnacích a brzdných sil vznikají u většiny dvounáprav rozdílné radiální reakce. Vlivem brzdných sil se jedna náprava přitíží a se stejnou hodnotou se druhá náprava odlehčí. [25]



Obrázek 2.30: Dvounápravy. [25]



Obrázek 2.31: Třínápravy. [25]

2.4.3 Řízení

Řízení slouží k udržování nebo změně směru jízdy vozidla. Podle konstrukce se dělí na řízení jednotlivými koly a řízení celou nápravou, které se používá zejména u nákladních přívěsů. Motorová vozidla jsou řízena natáčením předních kol kolem rejdového čepu. U nákladních vozidel se třemi a více nápravami se mohou natáčet kola dvou prvních náprav. Řízení zadních kol se používá u pracovních strojů, dlouhých nákladních vozidel nebo autobusů, dlouhých návěsů a v minulosti se používalo u kloubových autobusů. Podle způsobu ovládní řízení dělíme na řízení přímé a řízení s posilovacím zařízením. Řízení musí splňovat následující požadavky: [2] [14] [25] [30]

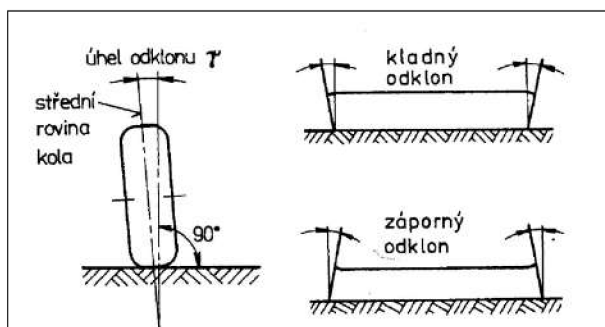
- Snadná, rychlá a bezpečná ovladatelnost. Mechanismus říditelné nápravy a geometrie řízení musí být konstruovány a provedeny tak, aby nevznikly kmity a rázy v řízení.
- Řízená kola se po projetí oblouku musí samovolně vracet do přímého směru, nebo aby k vrácení kol do přímého směru byla potřebná podstatně menší síla než pro pohyb do oblouku.
- Řídící ústrojí nesmí mít větší vůle. U vozidel s nejvyšší rychlostí přes 100 km/h je přípustná vůle na volantu 18°, u vozidel s maximální rychlostí 25 až 100 km/h do 27° a u vozidel s konstrukční rychlostí nepřesahující 25 km/h může vůle činit 36°.
- Pokud není řízení vybaveno posilovacím zařízením, pak počet otáček volantu nesmí být větší než 5 z polohy odpovídající vychýlení vnitřního kola o 35° zprava do stejné polohy vlevo, nebo z jedné krajní polohy do druhé, pokud není docíleno úhlu vychýlení řízeného kola 35°.

- Motorová vozidla, u nichž hmotnost připadající na řízenou nápravu činí nejméně 3,5 tuny, musí mít řízení vybaveno posilovacím zařízením. Při selhání tohoto zařízení musí být možno řídit vozidlo svalovou silou řidiče a tato síla nesmí přesáhnout 600 N.
- Při zatačení z přímé jízdy do oblouku o poloměru 12 metrů rychlostí 10 km/h nesmí ruční síla na volantu překročit 250 N.

2.4.3.1 Geometrie řízených kol

Aby se kola motorového vozidla při zatačení i při přímé jízdě odvalovala, řízení bylo lehké, přesné a stabilní, mají řízená kola a rejdové osy geometrické odchylky od svislé roviny. Tyto odchylky jsou označovány jako geometrie zavěšení kol. [25] [30]

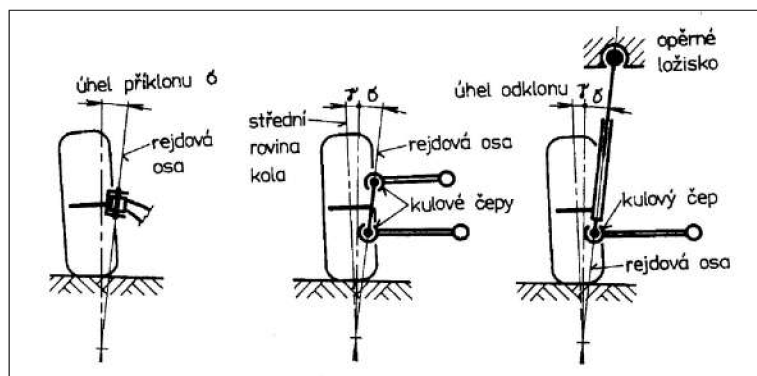
Úhel odklonu kola je sklon střední roviny kola vůči svislé ose vozidla. Je uvažován kladně, jestliže se kolo naklání vrchem od vozidla a záporně, jestliže se naklání dovnitř (příklon). Odklon případně příklon vytváří sílu, která zatěžuje ložiska kola. Tím se brání kmitání kol. U předních kol osobních vozidel je vhodný nepatrně malý kladný odklon, aby se pneumatiky odvalovaly po mírně klenuté vozovce kolmo a vznikalo stejné opotřebení. Často se volí odklon nulový. Odklon je schématicky znázorněn na obrázku 2.32. [2] [14] [25] [30]



Obrázek 2.32: Odklon a příklon kola. Pohled v podélné rovině vozidla [25]

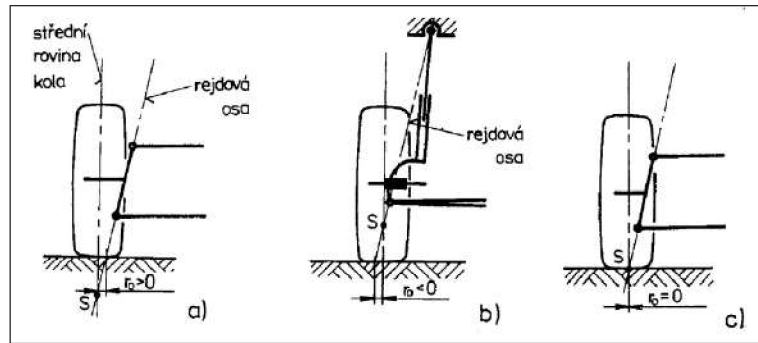
Příklon rejdové osy je průmět úhlu sevřeného rejdovou osou a svislicí do roviny rovnoběžné s příčnou rovinou vozidla. U tuhé nápravy je rejdová osa totožná s osou rejdového čepu. Odklon kola a příklon rejdové osy spolu tvoří sdružený úhel, jehož velikost při seřizování zůstává neměnná. Odklon a příklon společně určují velikost poloměru rejdu. Vlivem zatížení přední nápravy se vytváří vratný moment pro zpětné natočení kol do přímého směru. Lichoběžníková náprava rejdový čep nemá a rejdová osa je dána spojnicí středů hor-

ního a spodního kulového čepu. U nápravy McPherson je rejdová osa dána spojnící středů horního závěsného ložiska a středů spodního kulového čepu uloženého v příčném rameni. Podle polohy tohoto čepu může být rejdová osa shodná s osou teleskopické vzpěry. Častěji je spodní kulový čep posunut dovnitř kola a rejdová osa je excentrická. Obrázek 2.33 znázorňuje příklon a odklon rejdové osy. [2] [14] [25] [30]



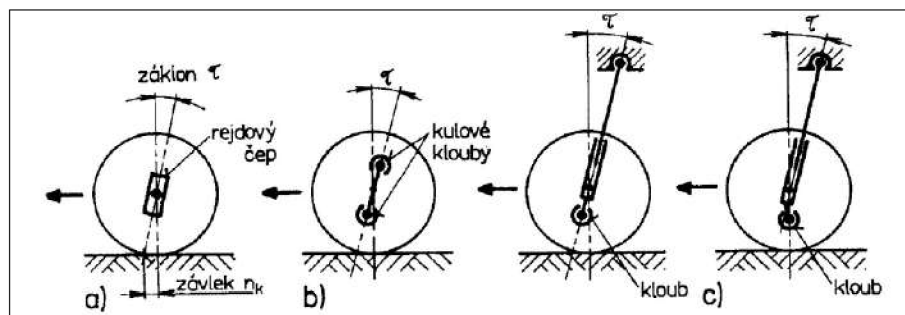
Obrázek 2.33: Příklon rejdové osy. Pohled v podélné rovině vozidla. [25]

Poloměr rejdu je rameno, na kterém působí třecí síla mezi kolem a vozovkou. Je to vzdálenost středu stopy kola od průsečíku prodloužené rejdové osy s vozovkou. Rozlišujeme pozitivní, negativní a nulový poloměr rejdu. Na velikosti poloměru rejdu záleží velikost vratného momentu - větší kladné hodnoty zvyšují tento moment. Čím je však poloměr rejdu větší, tím více je přední náprava citlivější na podélné síly. Při brzdění brzdná síla natáčí kolo kolem rejdové osy. Podobný účinek mají při přímé jízdě valivé odpory. Kladný poloměr rejdu by neměl být příliš velký, neboť při rozdílných jízdních odporech nebo při rozdílných brzdných silách na levém a pravém kole jsou kola vychylována a řidič musí směr jízdy vyrovnávat. Poloměr rejdu je také ovlivněn zálisem kola a jeho šířkou (viz. kapitola 2.4.1.5), proto může vést k nežádoucímu chování, pokud na vozidlo namontujeme kola jiného rozměru, než schválená výrobcem. Obrázek 2.34 znázorňuje poloměr rejdu. [2] [14] [25] [30]



Obrázek 2.34: Poloměr rejdů: kladný, záporný, nulový. Pohled v podélné rovině vozidla. [25]

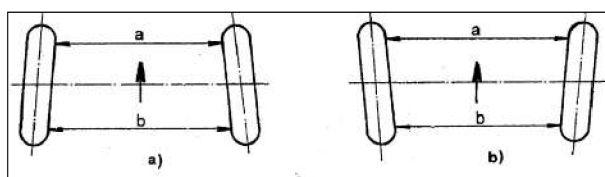
Záklon rejdové osy je průmět úhlu sevřeného rejdovou osou a svislicí do roviny rovnoběžné s podélnou rovinou vozidla. Je uvažován kladně, je-li rejdová osa skloněna vzad a záporně, je-li skloněna vpřed (předklon). Závlek je vzdálenost mezi průsečíkem rejdové osy s rovinou vozovky a středem styku pneumatiky, promítnutá do roviny rovnoběžné s podélnou rovinou vozidla. Je uvažován kladně, je-li průsečík před středem styku pneumatiky a záporně, je-li za ním (předvlek). Závlek má vliv na vracení kola do přímého směru. Aby u vozidel byla poloha předních kol stabilní, může se posunout rejdová osa směrem dopředu, tím se bod styku kola s vozovkou dostane za rejdovou osu a kolo je vlečeno. Častěji se používá záklonu, kterým lze dosáhnout stejného účinku. Stabilizační účinek záklonu vzniká díky momentům od vodorovných sil, které vlivem záklonu vznikají. Obrázek 2.35 znázorňuje záklon rejdové osy na různých typech zavěšení. [2] [14] [25] [30]



Obrázek 2.35: Záklon rejdové osy. a) tuhá náprava s rejdovým čepem; b) lichoběžníková náprava s kulovými klouby; c) náprava McPherson. Pohled v příčné rovině vozidla. [25]

Úhel sbíhavosti je průmět úhlu mezi podélnou osou vozidla a střední rovinou kola do roviny vozovky. Kolo je sbíhavé, jestliže přední část je přikloněna k podélné ose vozidla a rozbíhavé, je-li odkloněna. Účelem sbíhavosti předních kol je, aby se kola při přímé jízdě

odvalovala paralelně. Úhel sbíhavosti má podobný účinek jako úhel směrové úchylky pneumatiky. Vlivem tohoto úhlu vzniknou na předních kolech malé boční síly, které se snaží natáčet kola do přímého směru. Boční síly vyvolávají momenty vzhledem k rejdovým osám, čímž vzniká v mechanismu řízení předpětí. Vlivem valivého odporu a poddajnosti řízení a zavěšení je kolo natáčeno do rozbíhavosti. Pro dosažení přímého směru odvalování kol slouží sbíhavost. Sbíhavost bývá 0 až 3 milimetrů u osobních vozidel a 3 až 8 milimetrů u nákladních vozidel. Velká sbíhavost vede k opotřebení pneumatik na vnější straně, protože kolo se částečně po vozovce smýká. Obrázek 2.36 znázorňuje sbíhavost a rozbíhavost. [2] [14] [25] [30]



Obrázek 2.36: Sbíhavost a rozbíhavost kol přední nápravy. Pohled svisele dolů. [25]

2.4.4 Odpružení a tlumení

Odpružení slouží k zmenšení přenosu kmitavých pohybů náprav vozidla na podvozkové části a karoserii, čímž se mají celkově zmírnit rázy a otřesy od nerovností vozovky. Důležitou úlohou je udržování stálého styku pneumatiky s vozovkou, což zajišťuje lepší ovladatelnost vozidla a kratší brzdnou dráhu. Tlumiče pak mají za úkol tlumit kmitavý pohyb náprav a podvozku. Bez tlumičů by na nerovnostech kola i karosérie kmitaly, což by snižovalo bezpečnost a pohodlnost jízdy. Důležitým prvkem pružení jsou i samotné pneumatiky vozidla, které pohlcují kmity od drobných nerovností a tím zmenšují výkmit náprav. Stav odpružení a tlumičů vozidla má vliv na opotřebení pneumatik. Parametry pružení a pružících systémů a volba jejich užití na vozidle závisí na následujících vlastnostech. [2] [14] [25] [30]

- Konstrukční nebo výrobní složitost, cena a nároky na údržbu.
- Vztah mezi účinností a rozměry a hmotností.
- Schopnost pružiny vést nápravu (přenos tažných, brzdných a suvných sil).
- Progresivita (proměnná tuhost).

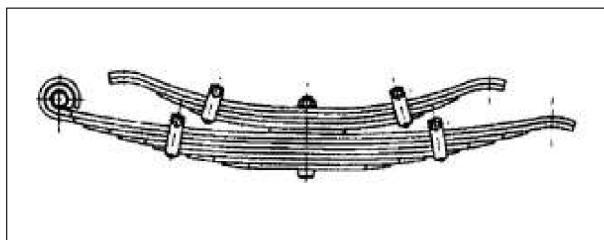
- Samotlumičící účinky, tzn. schopnost utlumit své vlastní kmity. Čím lepší jsou samotlumičící účinky, tím menší nároky jsou pak na účinnost tlumičů.

2.4.4.1 Listové pružiny

Listové pružiny se používají převážně u nákladních vozidel. U osobních vozidel se v současnosti nachází spíše ojediněle a pokud ano, tak na zadní nápravě a typicky jde o vozidlo odvozené od lehké nákladní verze (např. VW Caddy). Výhodou je vysoká užitečná hmotnost, nevýhodou je horší komfort zejména při malém zatížení, poměrně velká prostorová náročnost a rovněž poměrně vysoká hmotnost.

Listové pružiny jsou obvykle umístěny v rovině rovnoběžné s podélnou osou vozidla, ale existuje i příčné umístění, kdy jedna pružina slouží pro obě strany vozidla. Pro častější podélnou zástavbu platí, že jeden konec bývá uchycen otočně a druhý tak, aby mohl vymezit délkové rozdíly při propérování. Na obou koncích bývají závěsná oka, která jsou tvořena svinutím jednoho nebo dvou nejdelších listů. Do ok se umísťují čepy a pouzdra a pomocí nich je provedeno uchycení k nástavbě. Při průhybu listů vzniká vzájemný posuv mezi listy a tedy i tření. Důsledkem je zvýšený odpor pružiny proti deformaci, který napomáhá tlumení. Pro lepší funkčnost se mezi listy umísťují plastové vložky, které napomáhají stálému odporu bez výrazných změn v průběhu času (vlivem např. nečistot).

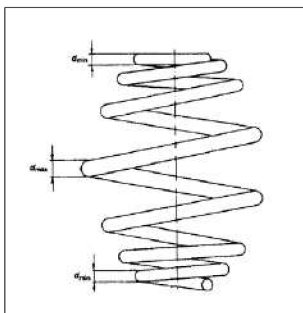
Listové pružiny mají přibližně lineární závislost průhybu pružiny na zatížení. U nákladních vozidel je žádoucí, aby při jízdě bez zatížení nebylo odpružení příliš tvrdé a při jízdě se zatížením příliš měkké. Pro splnění těchto požadavků je potřeba větší progresivita, které lze dosáhnout užitím stupňovité pružiny, která je znázorněna na obrázku 2.37. [2] [14] [25] [30]



Obrázek 2.37: Listová pružina s přidavnou pružinou pro větší progresivitu. [25]

2.4.4.2 Vinuté pružiny

Vinuté pružiny se používají především u osobních vozidel a ojediněle u lehkých nákladních vozidel. Mezi výhody patří nízká hmotnost, bezúdržbovost a jednoduché uložení bez kloubů. Nevýhodou je, že samotná vinutá pružina nemůže vést nápravu a mají jen velmi špatné samotlumicí schopnosti, proto musí být vždy doplněna tlumičem. K dosažení progresivity se používá proměnlivé stoupání závitů, proměnlivý průměr drátů, nebo proměnlivý průměr drátu a zároveň proměnlivý průměr pružiny. Obrázek 2.38 znázorňuje progresivní pružinu s proměnlivým průměrem drátu i pružiny. [2] [14] [25] [30]



Obrázek 2.38: Vinutá pružina s progresivní charakteristikou. [25]

2.4.4.3 Zkrutné pružiny

Zkrutná nebo také torzní tyč je tyč s příomou osou kruhového průřezu. Hlavice na koncích jsou s drážkováním nebo čtvercového či obdélníkového tvaru, aby nedošlo k protočení. Existují varianty s dvojicí, nebo čtveřicí tyčí. Jeden konec torzní tyče je zasunut do lůžka v karoserii nebo rámu a druhý konec je spojen s ramenem, které je spojeno s kolem. Zdvih a propružení zkrutnou tyč natáčí v mezích její pružné deformace. Nejdůležitějším parametrem je průměr a předpětí. Výhodou užití torzní tyče je snadné umístění a nízká hmotnost. Torzní tyč se používá například u sklápěčkových vozidel Tatra 815 s jednou řízenou nápravou. Obrázek 2.39 znázorňuje umístění a funkci torzních tyčí (zkrutných pružin) na podvozku Tatra 815. [2] [14] [25] [30]



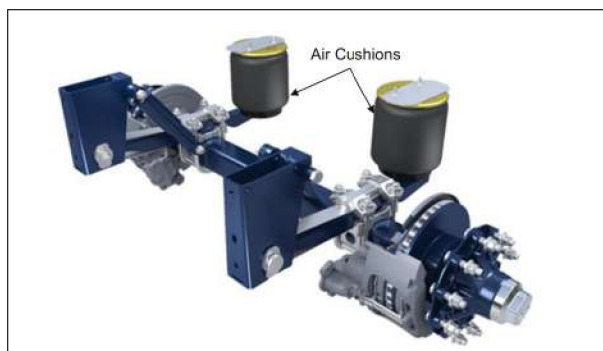
Obrázek 2.39: Tatrovácový podvozek s torzními tyčemi (červená barva) pro odpružení přední nápravy. [19]

2.4.4.4 Pryžové a polyuretanové pružiny

Pryžové pružiny se používají typicky jako přídatný pružicí prvek a jako dorazový blok. Dále jako pružicí prvek silentbloků k uložení motoru, karoserie a dalších dílů. Výhodou je nízká cena a hmotnost, vysoká životnost, nulová údržba. Nevýhodami jsou citlivost na teplotě, citlivost na chemikálie a na olej. Charakteristika pěnových a polyuretanových pružin je silně progresivní. [2] [14] [25] [30]

2.4.4.5 Vzduchové odpružení

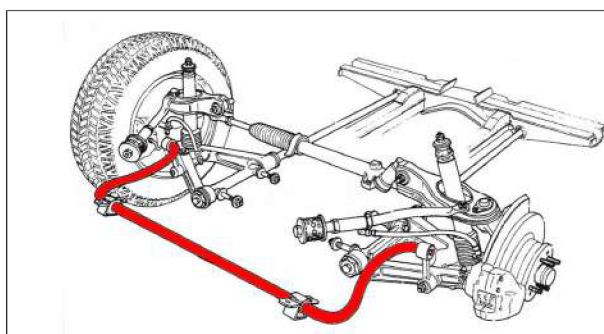
Vzduchové odpružení se používá u vozidel vyšší třídy (např. VW Touareg) nebo u nákladních vozidel. Pro odpružení se používají vzduchové vaky nebo vlnovce. Výhodou je možnost regulovatelné výšky, vysoká životnost, proměnná a říditelná charakteristika. Nevýhodou je nutnost složitějšího systému s kompresorem, regulátorem tlaku, zásobníky. Tento systém neustále musí sledovat zatížení a tlak poté upravovat, aby byla výška stále stejná v závislosti na různém zatížení a při propružení. Vzduchové měchy jsou dnes běžnou výbavou tahačů, prakticky povinně na zadní nápravě (aby bylo možné připojit návěs) a volitelně i na přední nápravě pro větší komfort posádky. Na nákladních návěsích a přívěsích se pak vzduchové měchy používají pro úpravu nakládací výšky, díky které lze vozidlo naložit z nakládacích ramp s různou výškou. Vzduchové měchy se používají též pro mechanismus zdvihací nápravy. Obrázek 2.40 znázorňuje nápravu nákladního vozidla osazenou dvěma měchy vzduchového pérování. [2] [14] [25] [30]



Obrázek 2.40: Náprava těžkého nákladního vozidla se dvěma vzduchovými měchy. [2]

2.4.4.6 Příčné stabilizátory

Účel stabilizátorů je zmenšit naklápění karoserie zejména při průjezdu vozidla obloukem. Pokud dojde k propružení obou stran o stejné síle, funkce stabilizátoru je potlačena, protože zkrutná tyč stabilizátoru se pouze pootočí. Pokud najede na překážku pouze jedno kolo, nebo vozidlo projíždí obloukem, zkrutná tyč stabilizátoru přenesení sílu i na druhé rameno, které se bude pohybovat stejným směrem a tím se zmenší naklápění karoserie. Příčný stabilizátor může mít různé tvary. Typický tvar je písmeno U. Obrázek 2.41 znázorňuje uložení příčného stabilizátoru na nápravě. [2] [14] [25] [30]

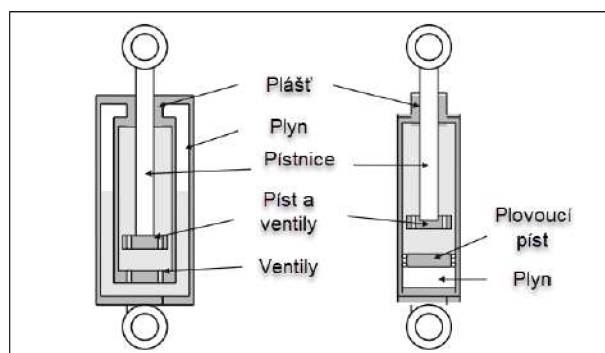


Obrázek 2.41: Příčný stabilizátor na nápravě odpružené zkrutnými tyčemi. [2]

2.4.4.7 Tlumiče

Tlumiče doplňují pružení a jejich účel je tlumení vlastních kmitů pružiny, které vznikají při přejezdu kola vozidla přes nerovnosti a tím zabránění rozkmitání karoserie a kola. Kromě zhoršené bezpečnosti by vedlo nadměrné rozkmitávání též k zvýšenému opotřebení pneumatik a dalších podvozkových částí. Tlumiče jsou umístěny mezi nápravou a rámem či

karoserií. Každé kolo obvykle má svůj tlumič. Základní princip funkce tlumiče je přeměňování mechanické práce na teplo, proto musí být zajištěn také odvod tepla. Práce je mařena hydraulickým odporem při průtoku ventily a kanálky. Tlumič je s vozidlem spojen obvykle kovopryžovými pouzdry. Při pohybu nápravy ke karoserii je jedním nebo více ventily protlačován olej z prostoru pod pístem do prostoru nad pístem. Hydraulické tlumiče je možné dělit na jednoplášťové a dvouplášťové. Následně pak na kapalinové a plynokapalinové. Kapalinový tlumič má jako pracovní látku olej a prostor nad kapalinou je tvořen vzduchem a je spojen s atmosférou. Plynokapalinový tlumič používá jako pracovní látku rovněž olej, ale prostor nad olejem je vyplněn dusíkem a není spojen s atmosférou. Jednoplášťový a dvouplášťový tlumič je znázorněn na obrázku 2.42.



Obrázek 2.42: Dvouplášťový a jednoplášťový tlumič. [2]

Kapitola 3

Formulace problémů a stanovení cílů řešení

3.1 Problémová situace

V oblasti automobilové nákladní přepravy se můžeme setkat s různými faktory, které mají vliv na bezpečnost nebo provozní náklady vozidla. V této oblasti existuje nestandardní situace spočívající v možném vlivu nastavení geometrie přední nápravy na opotřebení běhounu pneumatiky a spotřebu paliva, přičemž tento vliv je třeba zdokumentovat, určit a vyhodnotit. Zjištění vlivů bude mít pozitivní dopady na řešení problémové situace. Díky zjištěným výsledkům bude možné lépe predikovat předpokládanou životnost pneumatik na přední nápravě. Výsledky rovněž mohou napomoci vyšší bezpečnosti při provozu na pozemních komunikacích, neboť mohou sloužit k šíření osvěty o dané problematice. V neposlední řadě mohou zjištěné výsledky pomoci při řešení dalších problémových situací, jako jsou analýzy nehod, při kterých mohla být příčinou nehody nesprávná geometrie přední nápravy nebo přílišné opotřebení pneumatiky.

3.2 Problémy a cíle

1. Průzkum problematiky nákladních vozidel, kategorií a druhů nákladních vozidel. Cílem je mít ucelený přehled dělení nákladních vozidel.

2. Průzkum problematiky konstrukce, výroby a opotřebení pneumatik a běhounů pneumatik. Cílem je porozumět konstrukci pneumatik, výrobě a poznat faktory, které ovlivňují míru a rychlost opotřebení pneumatik.
3. Průzkum problematiky konstrukce podvozků nákladních vozidel, tlumičů a pérování. Cílem je porozumět a popsat funkci podvozkového ústrojí, neboť toto může mít též přímý vliv na opotřebení pneumatik.
4. Návrh metodiky měření opotřebení pneumatik. Cílem je navrženou metodiku aplikovat na nákladní vozidla provozovaná na pozemních komunikacích. Zásadním kritériem je, aby za přijatelný čas vozidla najela takový počet kilometrů, aby se opotřebení, která vlivem nesprávně nastavené geometrie mohou vzniknout, mohla projevit.
5. Návrh metodiky měření spotřeby paliva. Cílem je navrženou metodiku aplikovat na provozovaná vozidla a zjistit tak, zda nesprávně nastavená geometrie má, nebo může mít vliv na spotřebu paliva.
6. Provedení série testů. Cílem je aplikace navržených metodik na vozidla v provozu, aby bylo možné vybrané vlivy vyhodnotit.
7. Vyhodnocení a zpracování dat. Cílem je nasbíraná data vhodným způsobem zpracovat tak, aby z nich bylo možné vyvodit závěry, které zlepšují problémovou situaci.
8. Zjištění vlivu.
9. Návrh úprav metodiky. Je očekávatelné, že sesbíraná data nebo zjištěné výsledky mohou vykazovat jisté rezervy, posledním problémem je proto návrh úprav metodiky, která by následně mohla být využita k novým testům, které povedou ke zpřesnění výsledků.

Kapitola 4

Vlastní řešení / dosažené výsledky

Tato kapitola se zabývá vlastním řešením problémové situace, popisem jízdnicích testů a získaných dat. Na začátku se seznámíme s testovanými vozidly, parametry a jejich nastavením. Dále si popíšeme první etapu testování v podobě jízdnicích zkoušek a jejich výsledků z diplomové práce Ing. Fuchsové [11], na kterou tato diplomová práce navazuje a rozšiřuje ji. Následuje popis druhé etapy testování, metodika měření v druhé etapě a prezentace získaných dat a vyhodnocení vlivu na opotřebení, na spotřebu, na bezpečnost a ekonomické dopady provozování vozidla s nesprávně nastavenou geometrií.

4.1 Spolupráce

Jízdnicí testy, získávání dat z nich a jejich vyhodnocení je možné pouze díky spolupráci více subjektů. Vozidla, která budou popsána v kapitole 4.2.1 jsou součástí fleetu společnosti JAPO - transport s. r. o. a potřebná data byla dodávána panem doktorem Petrem Zemanem. Testovací pneumatiky byly dodány společností Continental Barum, s. r. o. Plánování, nastavení, pomoc s měřením a konzultace probíhaly s panem Alešem Langerem z této společnosti. S nastavením a měřením geometrie pomohla společnost AD TECHNIK, s. r. o. Všem zúčastněným stranám patří ještě jednou poděkování.

4.2 Základní popis problematiky

Podstatou práce je zkoumání vlivů nastavení geometrie na opotřebení pneumatik, spotřebu paliva, případně na jízdnicí vlastnosti a na bezpečnost. Za tímto účelem je nutné provádět

dlouhodobější jízdní testy. V závislosti na kilometrovém nájezdu vozidel a na charakteru trasy, po které se pohybují, může jít i o více než rok dlouhá měření. Rovněž je potřeba mít vozidel více, a aby šlo o vozidla pokud možno stejná. Z tohoto důvodu průběh a výsledky práce stojí na spolupráci více subjektů, která bude popsána dále. Dalším specifickým je, že jízdní testy probíhaly ještě před započítáním této práce a probíhaly i v průběhu této práce. Začátek jízdních testů a zjištěné dosavadní výsledky byly předmětem diplomové práce Ing. Fuchsové a tuto část jízdních testů dále budeme označovat jako první etapu testování. Pokračování jízdních zkoušek, měření a získávání dat v průběhu této práce budeme označovat jako druhou etapu testování.


4.2.1 Vozidla a řidiči

Aby bylo možné dosáhnout porovnatelných výsledků, pro jízdní zkoušky byla zvolena tři nákladní vozidla z Fleetu společnosti JAPO - transport s. r. o. Na vozidla byl požadavek, aby nebyla úplně nová, aby byla konstrukčně shodná (jde o stejná vozidla) a aby jezdila srovnatelné trasy. Společnost JAPO - transport s. r. o. se specializuje na přepravy mezi ČR a Itálií a v průměru lze říci, že vozidla jezdí po srovnatelných trasách. Všechna vozidla byla značky DAF, model XF 460 FT. Jde o tahače návěsů a provozovány jsou s návěsy značky Schmitz. Registrační značky vozidel jsou 1BA XXXX, 1BF XXXX a 1BX XXXX a dále je budeme označovat jako Vozidlo 1, Vozidlo 2 a Vozidlo 3. Na obrázku 4.2 je vyobrazena zadní strana velkého technického průkazu (ORV Část II.). Technické parametry jsou shodné pro všechna vozidla. Obrázky 4.1 znázorňují všechna testovaná vozidla [11]



Obrázek 4.1: Zkušební tahače DAF XF 460 společnosti JAPO - transport s. r. o. [vlastní]

Na opotřebení pneumatik, jak jsme si ukázali v kapitole 2.4.1.4, má nemalý vliv i jízdní styl daného řidiče, proto byli vybráni řidiči s dlouholetou praxí. Řidič Vozidla 1 (1BA XXXX), L.T., měl 48 let a 26 let pracoval jako řidič nákladních vozidel. Řidič vozidla 2 (1BF XXXX), R. C., měl 51 let a 16 let pracoval jako řidič nákladních vozidel. Řidič vozidla 3 (1BX XXXX), Z. A. měl 50 let, 16 let pracuje jako řidič nákladních vozidel přímo pro společnost JAPO - transport s. r. o. a dříve byl zaměstnán jako řidič u Armády České republiky. [11]

TECHNICKÝ POPIS VOZIDLA		ZMĚNA
ZTP č.:	7427-200-UJ ES č.:	es*200720*0001*
1. Druh vozu:	NAKLADNÍ AUTOMOBIL	
2. Kategorie vozu (skupina):	BC TAHACÍ NÁVĚŠ	
3. Kategorie vozu (skupina):	N3	
D.1. Označení vozu:	DAF	
D.2. Jp:	HAEN3	Verze: TEL95CD622 Verze: EDF190GMLR
D.3. Označení motoru:	XF 460 FT	
E. Identifikační číslo vozu (VIN):	XLRTEH4300G085974	
3. Výrobce vozu:	DAF N.V., EINDHOVEN, HOLANDSKO	
4. Výrobce:	DAF N.V., EINDHOVEN, HOLANDSKO	
5. Jp:	MX-13 340 H1	Pa. číslo: NM
P2. MSA (kW) / P4.0 (km/h):	340/1 700	P3. Zábr. výkon (km/h): 12 902
V9. Právní šik. číslo:		osvědčení EHS/EE: 627/2014A
U6. Korigovaný základní sklonový [m ³]:	V3.02 (p.04.1)	
6. Výrobce:		
7. Druh vozu:		
8. Výrobce díla (název vozu):	BILA M8870	
9. Barva:		
10. Počet osí - osáček:	2 5.1 - k osáček 2 8.2 - k osáček 0 9 - osáček 2	
11. Měrná zatížitelnost (kg):	11.000 (osáček) [kg]	
12. Celková (km) síla:	6 040	13. Síla 2 550 14. Výška 4 000
M. Rozsah (km):	3 800	
16. Rozměry tělní plochy (mm) - délka:	16. šířka	
G. Plošná hmotnost (kg):	8 362	
F.1. Hmotnost technicky připravená / F.2. Plošná hmotnost (kg):	19 000/18 000	
N. Hmotnost technicky připravená/plošná hmotnost (kg) (přepočteno na N1, N2, N3, K):	7 500/7 500; 11 500/11 500	
17. Hmotnost surové statiky (základní) (přepočteno na N1):		
D.1. Hmotnost technicky připravená/plošná hmotnost (kg) - hrubá:		
D.2. Hmotnost technicky připravená/plošná hmotnost (kg) - čistá:	44 000/44 000	
18. Hmotnost technicky připravená / F.3. Plošná hmotnost (kg) (přepočteno):		
19. Spojovací zařízení - druh a typ:	TRIDA G50-X	
L. Počet náprav - z toho poháněných:	2-1-2ADN1	
20. 1. Rozměry pneumatik na nápravě (1.2.3.4. - J - rozměry pneumatik (oboznačení - [U])	22.5 X 9.00; 315/60 R 22.5 154/150 L	
21. 2. Rozměry pneumatik na nápravě (1.2.3.4. - J - rozměry pneumatik (oboznačení - [U])	22.5 X 9.00; 295/60 R 22.5 150/147 K [2]	
22. 3. Rozměry pneumatik na nápravě (1.2.3.4. - J - rozměry pneumatik (oboznačení - [U])		
23. 4. Rozměry pneumatik na nápravě (1.2.3.4. - J - rozměry pneumatik (oboznačení - [U])		
F. Nezávislé řízení (př. h.):	90 S CMEZOVACEM	
24. Brzdy (ANTONIC) - provozní:	ANO	ABB ANO odšvihováč ANO
U. Vnější náva vozu (AB) (A) - U1 - šířka / U2 - o [mm]:	89/1 275 U3 - za jízdy 80	
25. Společná poh. - masivní:	26 - př. (př. h. h.):	
27. (110 km/h):	28. Hladina: NE	
D. Poměr výkon/hmotnost (kW/kg):	AUT 29. Hladina:	
29. Řízení převodovky (MANUAT):	30. Hladina:	
Další údaje viz část DALŠÍ ZAZNAMY.		
ZAZNAM O SCHVÁLENÍ TECHNICKÉ ZPUSOBILOSTI VOZIDLA		
<p>Něže podepsány potvrzuje, že vozidlo (instancí) byla schválena technická způsobilost k provozu na pozemních komunikacích. Je připraveno, aby je technicky příslušný úřad schválil technické způsobilosti jednotlivých vozidel, pokud jsou požadovány údaje a údaje č. j. Rozhodnutí. Pokud se jedná o typově schválené vozidlo č. j. se označením. U některých se v případě [7].</p>		
Vozidlo: č. j.	29.10.2015	DAF Trucks CZ, s.r.o. Generální zastoupení pro ČR Záběhova 11, 201 01 Jindřichův Hradec IČO: 64916224; DIČ: CZ0946324
Název: č. j.		
DALŠÍ ZAZNAMY		
Variabilní provedení vozidla: *20,*21: (pneumatiky odpovídající únosnosti viz bod 44 a 45) a *D,2: - dle provedení ve formátu: *D,2: úplné znění varianty/verze TEL95CD622/EDF190GMLRSNNK3340H1 *44: 22.5 X 9.00; 315/60 R 22.5 154/150 K 22.5 X 9.00; 315/70 R 22.5 154/150 L 22.5 X 11.75; 355/50 R 22.5 154 K (- do max. zat. 7 500) 22.5 X 9.00; 315/80 R 22.5 156/150 K 22.5 X 9.00; 13 R 22.5 156/150 K (- do max. zat. 8 000) *45: 22.5 X 9.00; 295/60 R 22.5 150/147 K [2] (- do max. zat. 12 300) 22.5 X 8.25; 305/70 R 22.5 152/148 J [2] 22.5 X 8.25; 295/80 R 22.5 152/148 J [2] 22.5 X 8.25; 12 R 22.5 152/148 K [2] (- do max. zat. 12 600) 22.5 X 9.00; 315/60 R 22.5 154/150 K [2] 22.5 X 9.00; 315/70 R 22.5 154/150 L [2] Vozidlo plní ustanovení zákona č.56/2001 Sb.		

Obrázek 4.2: Zadní strana technického průkazu vozidla RZ 1BF XXXX, odpovídající všem třem vozidlům DAF XF 460. [Osvědčení o registraci vozidla, část II. číslo UG XXXXXXXX]

4.2.2 Přípravy a průběh první etapy testování

Úskalím celého měření už ve fázi příprav bylo právě nastavení geometrie. Při použití tří vozidel se došlo k závěru, že vhodné bude mít jedno referenční vozidlo s geometrií nastavenou správně dle výrobce. Životnost pneumatik v takovém případě, pokud nedojde k fyzickému poškození pneumatik by měla být 100 %. U dalších dvou vozidel si technici dali za cíl snížení životnosti o 50 % a 70 %. U všech vozidel se budeme zabývat pouze vlivem sbíhavosti, ne dalších parametrů geometrie přední nápravy. [11]

Na všechna tři vozidla byly nasazeny přední pneumatiky Barum BF 200 R o rozměru 315/60 R22.5, hmotnostní index 125/148, rychlostní index L. Jde o pneumatiky silniční, hodící se pro dálkový dálniční provoz i regionální cesty. Životnost těchto pneumatik je za ideálních podmínek více než 250 000 kilometrů. Statistiky JAPO - transport s. r. o. ukazují, že pneumatiky, které používají, v průměru vydrží 160 000 - 180 000 kilometrů. Důvodem nižší životnosti jsou zhoršené podmínky při provozu na regionálních cestách v Itálii. Často jde o dlouhá stoupání a klesání, klikaté cesty a cesty s nekvalitním povrchem. S ohledem na zmíněné zhoršené podmínky provozu předpokládáme životnost pneumatik Barum BF 200 R 200 000 kilometrů. Obrázek 4.3 znázorňuje kolo s pneumatikou Barum BF 200 R ze zkušebního tahače. [11]



Obrázek 4.3: Kolo s pneumatikou Barum BF 200 R ze zkušebního tahače společnosti JAPO - transport s. r. o. [vlastní]

Nastavování a měření geometrie proběhlo v servisním středisku společnosti JAPO - transport s. r. o. pomocí přístroje KOCH-ACHSMESSANLAGEN HD-30 EasyTouch. [11]

Vozidlu 1 byly přední pneumatiky nasazeny 30. 4. 2021 a sbíhavost na 7 – 7,5 mm / 1 m (36'–39') byla nastavena 6. 5. 2021 při nájezdu 766 041 km. Vozidlu 2 byly přední pneumatiky nasazeny 10. 4. 2021 a sbíhavost 13 mm / 1 m (1°5') byla nastavena 3. 7. 2021 při nájezdu 660 272 km. Vozidlu 3 byly přední pneumatiky nasazeny 9. 4. 2021 a sbíhavost 1 - 2 mm / 1 m (5' - 11') byla nastavena 11. 06. 2021 při nájezdu 664 253 km. Mezi nasazením pneumatik a nastavením geometrie byla prodleva 1 až 2 měsíce. Nové pneumatiky měly hloubku hlavních dezénových drážek 13 mm. [11]

Měření probíhala tak, aby byla v souladu s režimem jízd řidičů. To znamená, že k měření došlo, pokud to bylo možné a vozidlo dojezo do areálu společnosti JAPO - transport s. r. o., kde autorka prováděla měření. U prvního vozidla došlo k sesbírání dat ze čtyřech měření. U druhého a třetího vozidla šlo o pět měření. Časový odstup byl vždy přibližně jeden měsíc a kilometrový nájezd mezi měřeními zpravidla přesahoval 10 000 kilometrů s výjimkou měření u Vozidla 1, kdy řidič ke konci čerpal dovolenou v délce třech týdnů a vozidlo tak stálo. Zvolená metodika sbírání dat spočívala v měření hloubky všech čtyřech hlavních dezénových drážek na čtyřech různých místech na běhounu pneumatiky. Data pak byla pro každou drážku průměrována a sledován byl rozdíl mezi jednotlivými měřeními. Jako měřidlo byl použit hloubkoměr značky Fieldmann.

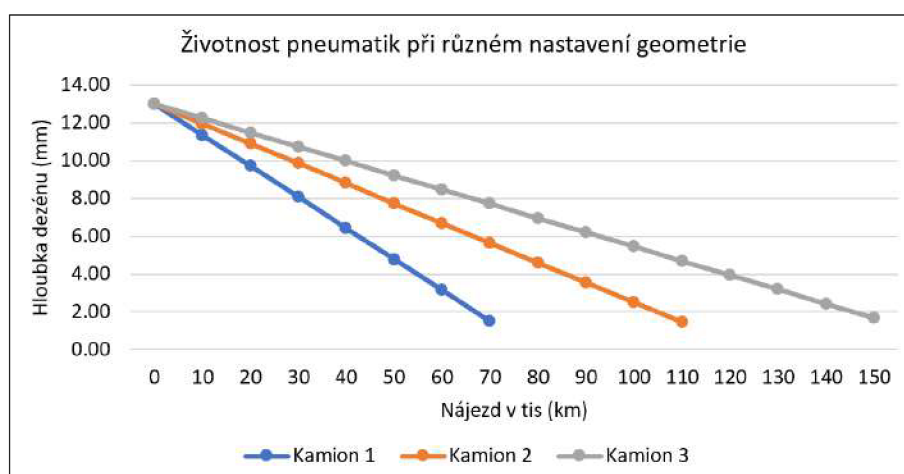
4.2.3 Závěry a stav po první etapě testování

První etapa testování skončila s dokončením diplomové práce Ing. Fuchsové, jejíž práci tato práce rozšiřuje. Zásadních zjištění je několik. Vozidlo 1, i když podle prvotního plánu a nastavení geometrie mělo mít střední sbíhavost (7 - 7,5 mm / 1 m), vykazovalo nejvyšší maximální rychlost opotřebení vzorku (1,64 mm za 10 000 km). Vozidlo 2, které mělo mít sbíhavost 13 mm / 1 m, vykazovalo maximální opotřebení 1,05 mm za 10 000 km. Vozidlo 3 se správně nastavenou geometrií pak vykazovalo maximální opotřebení 0,76 mm za 10 000 km. [11]

Nejpravděpodobnější příčinou takových výsledků je, že reálné nastavení geometrie Vozidla 2, se neshoduje s původním plánem. Počáteční záměr bylo nastavení geometrie na prvním vozidle 7 mm / 1 m a po zkušenostech z provozu se pan Langer rozhodl nechat nastavit na druhém vozidle sbíhavost ještě vyšší (13 mm / 1 m). U tohoto nastavení však

nebyl přítomen nikdo z AD technik, Continentalu, ani Ing. Fuchsová. Podle výsledků lze soudit, že sbíhavost u druhého vozidla pravděpodobně nebyla nastavena na požadovaných 13 mm / 1 m, ale méně, spíše blíže k běžné sbíhavosti dle požadavků výrobce. V závěru práce tuto variantu připouští i Ing. Fuchsová a chybu přisuzuje technickým, nebo lidským důvodům. Lze říci, že požadavek na větší než standardní sbíhavost mohlo být náročnější naplnit. Konzultace s panem Langerem pak tuto teorii potvrdila, a tedy skutečná geometrie Vozidla 2 se se největší pravděpodobností rozchází s předpokládanými výchozími parametry a největší sbíhavost tedy mělo vozidlo 1 s hodnotou 7 mm / 1 m. U vozidla 1 lze rovněž konstatovat, že navržená sbíhavost 7 mm / 1 m odpovídá předpokládané rychlosti opotřebení. U Vozidla 3 lze s ohledem na naměřené hodnoty a rychlost opotřebení potvrdit, že jeho geometrie odpovídá požadavkům výrobce (1 - 2 mm / 1 m).

Předpokládaná životnost předních pneumatik v první etapě byla určena pomocí lineárního výpočtového modelu ze získaných dat. Předpokládaná životnost pneumatik pro Vozidlo 1 je při získaných datech přibližně 70 000 kilometrů. Pro vozidlo 2 přibližně 110 000 kilometrů a pro vozidlo 3 přibližně 150 000 kilometrů. Obrázek 4.4 znázorňuje předpokládanou životnost pneumatik na základě získaných dat a na základě lineárního modelu opotřebení.



Obrázek 4.4: Graf předpokládaného opotřebení na základě získaných dat a při lineárním modelu opotřebení. [11]

Dalším závěrem první etapy testování je, že se během neopotřebovává rovnoměrně ve všech místech. Obě ramena (vnější i vnitřní) se opotřebovávají rychleji než středová část. Při porovnání vnitřního a vnějšího ramene lze konstatovat, že vnější rameno se opotřebovává více než vnitřní a to tím více, čím je nastavena větší sbíhavost (pokud připustíme nastavení

geometrie rozdílné od zamýšleného výchozího). To je způsobeno především třecí silou, která nejvíce působí právě na vnější rameno. Opotřebením vnitřního ramene pak lze přisuzovat jízdě ve směrových obloucích po regionálních cestách, kde dochází k většímu zatěžování krajů. Možný vliv na větší opotřebením krajů může mít i nedodržování předepsaných tlaků, které si v druhé etapě blíže ukážeme.

4.3 Druhá etapa testování, průběh měření

Tato kapitola a následující podkapitoly pojednávají o dalším vývoji v rámci druhé etapy testování. Druhá etapa testování se pokusí validovat nebo zpřesnit závěry první etapy testování.

4.3.1 Metodika měření opotřebením pneumatik v druhé etapě

Data získaná v první etapě testování ukázala trend opotřebením pro různě nastavenou geometrii. Dohoda s panem Langerem vedla k závěru, že pro druhou etapu testování budeme spoléhat na metodiky, měřicí zařízení a software, který používá společnost Continental. Jde o interní software Fleet Check Tool, který umožňuje posílání získaných dat z měřidla pomocí aplikace v telefonu rovnou do systému. Systém pak umožňuje kontrolu současného stavu, predikci zbývajícím nájezdu a další funkce. Jako měřicí zařízení bylo použito zařízení Translogik TL-G1. Parametry měřicího zařízení obsahuje tabulka 4.1. Hlavní rozdíl mezi posuvným měřidlem vzorku a Translogik TL-G1 je v tom, že posuvné měřidlo neklade žádný odpor vůči pneumatice, je citlivé na správný úhel měření a výsledky se nechají snadno zkreslit. Oproti tomu Translogik TL-G1 má v sobě pružinu, která na místo měření mírně tlačí silou přibližně 6 N, jak je uvedeno v tabulce. Pneumatika se tedy v místě měření lehce poddá, což umožňuje měřit s konzistentnějšími výsledky v průběhu různých měření. Při měření posuvným měřidlem se poddajnost pneumatiky v úvahu nebere a o kolik se hrot posuvného měřidla při měření posune, tolik ukáže na displeji. Na druhou stranu, metrika Ing. Fuchsové počítala s měřením hloubky vzorku na více místech v rámci jedné drážky a hodnoty dále průměrovala. Metrika pomocí systému Fleet Check Tool přijímá pro každou drážku pouze jeden výstup z měřidla. Obrázek 4.5 znázorňuje podobu přístroje na měření hloubky dezénu a tlaku pneumatik, který používá společnost Continental na kontrolu fleetových vozidel.



Obrázek 4.5: Měřicí přístroj Translogik TL-G1. [15]

Translogik TL-G1	
Baterie	3,6 V NimH
Provozní teplota	0 - 40 °C
Komunikace	Bluetooth
Rozsah měření hloubky dezénu	0 - 30 mm
Přesnost měření hloubky dezénu	+/- 0,1 mm
Počet cyklů měření hloubky dezénu	200 000+
Síla při měření hloubky dezénu	6 N (600 g)
Rozsah měření tlaku	10 - 150 PSI (0,7 - 10,4 bar)
Přesnost	+/- 3 %
Počet cyklů měření tlaku	1 000 000+

Tabulka 4.1: Technické parametry měřicího zařízení Translogik TL-G1. [15]

Do systému Fleet Check Tool lze data zadávat i manuálně, proto dílčí měření od Ing. Fuchsové byla do systému zanesena též. Systém Fleet Check Tool provádí odhad a výpočet předpokládané životnosti na základě dosavadního průběhu opotřebení. Trend opotřebení podle pana Langera není v průběhu životnosti pneumatiky zcela lineární. Ze začátku má pneumatika tendenci se opotřebovávat rychleji. Později se rychlost opotřebení zpomaluje a na konci své životnosti je pneumatika nejodolnější vůči opotřebení. Predikce životnosti

lze ve zjednodušené formě určit lineárně. Podobný model použila Ing. Fuchsová ve své diplomové práci, kterou tato práce rozšiřuje. Dle zjištění a zkušeností pana Langerera je pro přesnější odhad je lépe počítat s parabolickým průběhem a zpomalujícím se opotřebením tak, jak to dělá systém Fleet Check Tool. Systém Fleet Check Tool do opotřebenění 50 % vzorku pouze hrubě odhaduje, jaká bude životnost pneumatiky. Se zvyšujícím se opotřebením, blížícím se k 70 %, a s přesnějšími daty se predikce životnosti zpřesňuje. Díky dalším získaným datům a díky výpočtovému modelu systému Fleet Check Tool můžeme zpřesnit predikci životnosti pneumatiky a rovněž validovat předpokládané životnosti z první etapy testování.

4.3.2 Získaná data o opotřebenění

Následující kapitoly pojednávají o datech a informacích ohledně opotřebenění předních pneumatik zjištěných při průběhu experimentů.

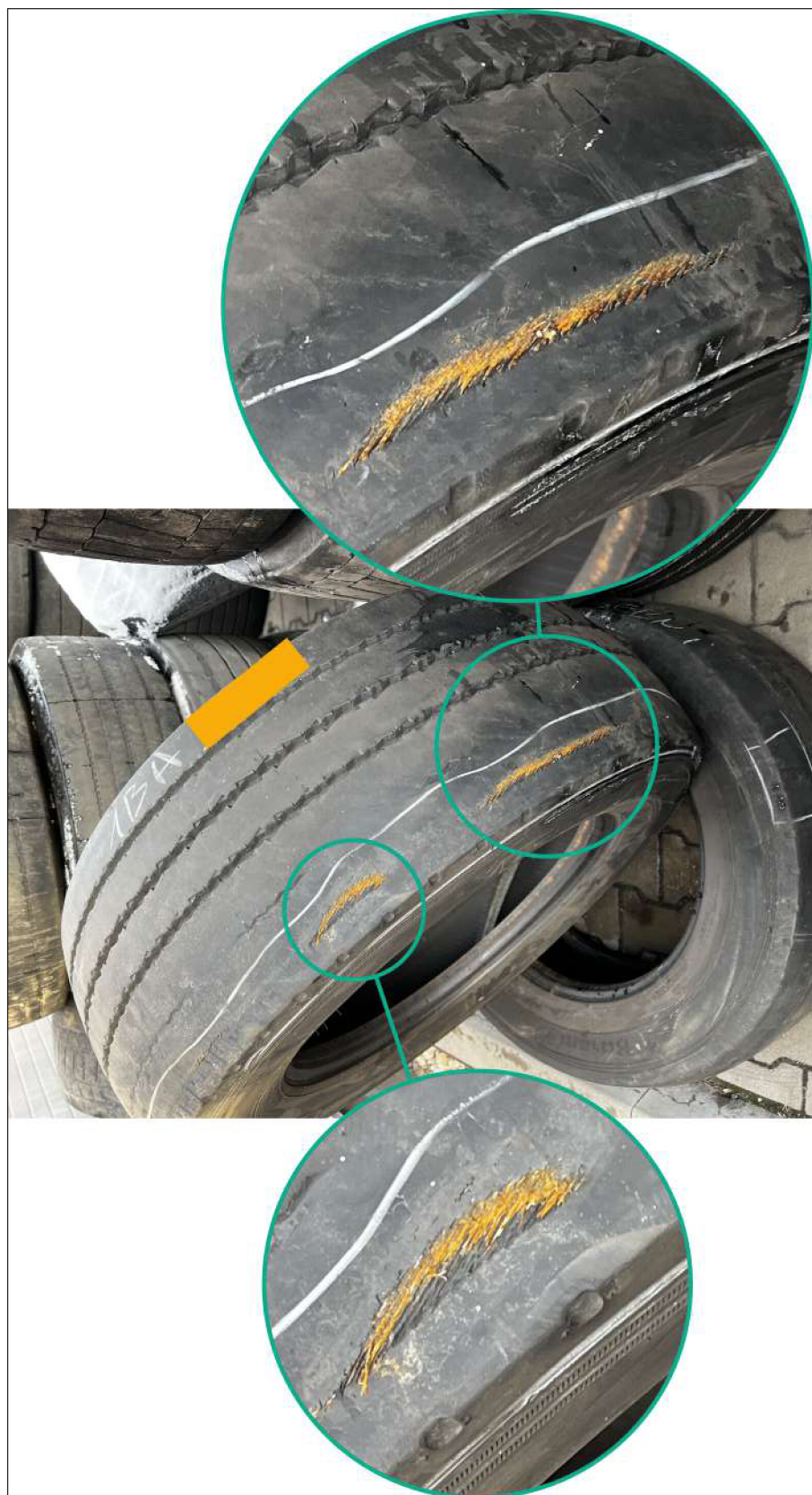
4.3.2.1 Vozidlo 1

Vozidlo 1 na konci etapy 1 vykazovalo nejvyšší rychlost opotřebenění běhounu. Velmi brzo po začátku druhé etapy byl poměrně rychlý trend opotřebenění potvrzen konečným výsledkem měření ze dne 12. 12. 2022, kdy při stavu tachometru 830 180 km, tedy po 66 139 najetých kilometrech, došlo k přílišnému opotřebenění ramen běhounu pneumatiky. Stav byl zjištěn při namátkové kontrole pneumatik řidičem při nakládce v Itálii. Situaci vyhodnotil tak, že se rozhodl i přes stav pneumatik dojet do České republiky. Do Prahy pak byl objednan výjezd ze společnosti JAPO - transport s. r. o., který řidičovi obě přední kola vyměnil. Obrázky 4.6 znázorňují stav předních pneumatik po seřízení geometrie a po ujetí přibližně 30 000 km. S výměnou pneumatik za nové byla Vozidlu 1 současně navrácena sbíhavost na předepsané hodnoty.



Obrázek 4.6: Fotografie kol po seřízení geometrie a po ujetí přibližně 30 000 km. [11]

Obrázek 4.7 znázorňuje stav pravé přední pneumatiky po ujetí 66 139 kilometrů. Je zde viditelné silné nerovnoměrné opotřebení v oblasti vnějšího ramene, které vedlo až k vystoupaní a odhalení vnitřních vrstev nárazníku.



Obrázek 4.7: Opotřebení pravé přední pneumatiky po 66 139 km. Je viditelný odhalený první nárazník. [vlastní]

Obrázek 4.8 znázorňuje silnou asymetrii opotřebení na pravé přední pneumatice. Je zřejmé že takto opotřebovaná pneumatika již nemůže plnohodnotně plnit svoji funkci



Obrázek 4.8: Opotřebení pravé přední pneumatiky po 66 139 km. Je viditelné silně asymetrické opotřebení v oblasti vnějšího ramene. [vlastní]

Na obrázku 4.9 je vidět rovněž asymetrické opotřebení v oblasti vnějšího ramene u levé pneumatiky. Důvod k mírně rychlejšímu opotřebení pravé pneumatiky může být zejména fakt, že pravá krajnice komunikací bývá v horším stavu což na životnost pneumatik má negativní důsledky. Další důvod mohl být rozdílný tlak v pneumatikách, nicméně z dat, která jsou k dispozici, nelze tuto domněnku potvrdit ani vyvrátit. Lze jen konstatovat, že dle rozhovoru s řidičem jízda s vozidlem nevykazovala zhoršené jízdní vlastnosti, a ani

vozidlo netáhlo do strany. Podrobněji se výpovědí řidiče o jízdě s takto nastavenou geometrií a o stavu pneumatik budeme zabývat v kapitole 5.3.



Obrázek 4.9: Opotřebení levé přední pneumatiky po 66 139 km. Rovněž je viditelná značná asymetrie opotřebení, avšak celkově byla tato pneumatika poškozena méně. [vlastní]

Při ohlédnutí na data naměřená v první etapě lze konstatovat, že odhad životnosti Ing. Fuchsovou byl poměrně přesný. Odhadovaná životnost byla přibližně 70 000 km. V některých místech má vnější hlavní dezénová drážka stále nenulovou hloubku. Do systému Fleet Check Tool byla zanesena informace o hloubce vnější dezénové drážky na pravé přední pneumatice na úrovni přibližně 2 mm. Systém Fleet Check Tool toto vyhodnocuje tak, že momentálně je pneumatika na úrovni životnosti 94 % (6 % životnosti podle metriky ještě zbývá). Je ovšem nutné podotknout, že systém Fleet Check Tool nedokáže posoudit stav

ramen nebo jakéhokoliv jiného místa na běhounu, kromě hlavních dezénových drážek, neboť jedinou metrikou je měření právě hlavních dezénových drážek.

Pokud uvažujeme předpokládanou životnost pneumatik pro dané provozní podmínky přibližně 200 000 km a Vozidlo 1 se sbíhavostí 7 mm / 1 m pneumatiky opotřebovalo s nájezdem 64 000, pak životnost s takto nastavenou geometrií klesla na 32 % životnosti plánované. Na základě zjištění, získaných z měření tohoto vozidla, lze konstatovat, že takto nastavená vysoká sbíhavost na životnost testovaných pneumatik měla zásadní vliv.

4.3.2.2 Vozidlo 2

Vozidlo 2 na konci první etapy vykazovalo střední rychlost opotřebení v porovnání s Vozidlem 1 a 3. Dělo se tak navzdory tomu, že zamýšlené nastavení geometrie mělo být 13 mm / 1 m. Jak už jsme si vysvětlili, takto sbíhavost na tomto vozidle s největší pravděpodobností nastavena nebyla, neboť rychlost opotřebení by musela být ještě větší než u Vozidla 1. Uvažovat tedy budeme sbíhavost na úrovni mezi 2 až 7 mm / 1 m s tím, že s největší pravděpodobností i na základě získaných dat je na úrovni přibližně 3 - 4 mm / 1 m.

Poslední relevantní záznam je měření vzorku ze dne 3. 4. 2022 s nájezdem 143 367 km od nasazení. Měření z tohoto dne potvrdilo, že v obou pneumatikách je příliš nízký tlak. Vozidlu 2 byla kola tedy sundána ve stavu ještě neopotřebovaném a to z důvodu ucházejícího ventilu. Po zbytek druhé etapy Vozidlo 2 pokračuje s pneumatikami značky Hankook a v rámci této práce se už nepodařilo dosáhnout stavu, kdy by původní přední pneumatiky Barum byly nasazeny zpátky a pokračovalo testování s nimi.

Obrázek 4.10 znázorňuje stav přední pneumatiky z Vozidla 2 po sundání. Jako v případě Vozidla 1 je viditelné asymetrické opotřebení. V tomto případě ovšem vykazuje jiný charakter, neboť se zde sešly dva různé faktory, tedy nízký tlak a zvýšená sbíhavost. Na levé fotografii je vidět začínající zvýšené opotřebení vnějšího ramene. Na pravé fotografii je detail opotřebení typu river wear, které se objevilo na vnitřním rameni. Rovněž je zde vidět nižší opotřebení středových figur na běhounu, které potvrzuje dlouhodobější jízdu s nižším než předepsaným tlakem.



Obrázek 4.10: Opotřebení předních pneumatik po sundání po 143 367 km provozu s mírně zvýšenou sbíhavostí. [vlastní]

Po analýze současného stavu předních pneumatik z Vozidla 2 s mírně zvýšenou sbíhavostí lze konstatovat, že dosavadní opotřebení nepředstavuje problém pro pokračování experimentu. Až to bude možné, kola s těmito pneumatikami budou na Vozidlo 2 opět nasazeny a testy na tomto vozidle budou pokračovat přibližně do konce roku 2022.

Dle metriky Fleet Check Tool se pneumatiky ke dni 3. 4. 2022 nachází v přibližně 65 % životnosti (35 % ještě zbývá) a předpokládaný nájezd činí celkově 221 000 km. Předpokládaný nájezd podle lineárního modelu Ing. Fuchsové byl původně 100 000 - 110 000 km. Jelikož přední pneumatiky na tahači najezdily už více než předpokládaných 110 000 km, lze konstatovat, že rychlost opotřebení skutečně zpomaluje s vyšším kilometrovým nájezdem a připustit, že výpočtový model Fleet Check Toolu je přesnější.

4.3.2.3 Vozidlo 3

Vozidlo 3 vykazovalo v první etapě nejmenší rychlost opotřebení běhounu, jelikož sbíhavost by zde měla být nastavena dle předpisu výrobce. Poslední měření Vozidla 3 je ze dne 28. 4. 2022 při nájezdu pneumatik 132 194 km. Dle Fleet Check Tool byly přední pneumatiky

opotřebeny z 51 % (49 % životnosti ještě zbývalo) a celkový předpokládaný nájezd má být dle metriky Fleet Check Tool 257 945 km. To překonává odhad životnosti dle metriky Ing. Fuchsové (odhad byl dle lineárního modelu přibližně 150 000 - 160 000 km) a i hrubý odhad pana Langerera. Předpokládaly se zhoršené podmínky provozu. Původní předpokládaná životnost předních pneumatik je 250 000 a více, a ta byla za předpokládaných podmínek uvažována snižená na 200 000 km. Data ovšem ukazují, že testované pneumatiky Barum jsou skutečně schopné dokonce původní udávané životnosti.

Výsledek odhadované životnosti 257 945 km je poměrně blízko odhadu životnosti i pro pneumatiky z Vozidla 2 s mírně zvýšenou sbíhavostí. Je nutné dodat, jak už bylo zmíněno v kapitole 4.3.1, že do 50 % opotřebení jde pouze o hrubý odhad a předpoklad se začíná zpřesňovat, až když se opotřebení blíží k 70 %. Je tedy možné očekávat, že se předpokládaná životnost bude s najetými kilometry zpřesňovat. K dispozici nejsou žádné fotografie zachycující opotřebení Vozidla 3, ale z poslední kontroly víme, že běhoun pneumatiky nevykazoval žádné nepřiměřené ani příliš asymetrické opotřebení běhounu. Vozidlo i pneumatiky jsou způsobilé k tomu, aby jízdni testy dokončily, avšak to už není předmětem této práce, neboť plánovaná životnost časově sahá až do přibližně června roku 2023 (s uvažováním průměrného měsíčního nájezdu kolem 10 000 km a zbývající předpokládanou životností ještě 125 751 km).

4.3.3 Metodika měření spotřeby paliva

Spotřeba paliva byla v průběhu celého testování měřena a vyhodnocována telematikou ve vozidlech DAF. Data jsou dále procesována systémem EchoTrack společnosti Auris CZ s. r. o. na měsíční bázi. V měsíčních reportech se nachází následující údaje:

- Řidiči, kteří vozidlo řídili (vyhodnocováno dle dat z tachografu).
- Průměrná spotřeba
- Celkový čas jízdy.
- Podíl nízké, střední a vysoké zátěže a průměrná spotřeba v těchto pásmech.
- Celkový čas stání.
- Podíl jízdy na tempomat.
- Počet zastávek / 100 km.
- Průměrná rychlost.
- Čas volnoběhu.
- Podíl překročení rychlosti.
- Ujetá vzdálenost.
- Podíl překročení otáček.

- Zatížení motoru.
- Podíl jízdy na nejvyšší převod.
- Podíl volných dojezdů.
- Podíl jízdy s plynovým pedálem na maximum.
- Počet brzdění na 100 km.
- Počet kritických brzdění.
- Vypočítané skóre eko jízdy.

Posouzení vlivu nastavení geometrie na spotřebu paliva je komplexní problém. Faktorů, které ovlivňují spotřebu paliva je celá řada a zároveň celá řada z těchto faktorů se na spotřebě podílí mnohem větší měrou. Například zatížení celé soupravy může vést k rozdílu ve spotřebě téměř 10 litrů na 100 km. Zdrojem této informace jsou naměřená data v rámci jednoho měsíce a jednoho vozidla, kdy při nízkém zatížení (celková hmotnost soupravy do 21 t) byla průměrná spotřeba 27,9 litrů paliva na 100 kilometrů a při vysokém zatížení. Velmi zásadní faktor na spotřebu je rovněž charakter dané trasy. I přes prvotní požadavek, aby vozidla měla v rámci testovacího cyklu co možná nejpodobnější trasu toto nelze zaručit, neboť přidělená práce je pro řidiče společnosti JAPO - transport s. r. o. velmi rozmanitá.

Při cestách do Itálie se lze setkat jak s rovnými dálničními úseky, tak s regionálními cestami s velkými sklony a častým podílem brzdění. Dalším úskalím u získaných dat je fakt, že při posuzování výstupních dat není k dispozici trasa, kterou vozidla urazila, ani číselné vyjádření podílu kopcovitého a rovinatého profilu.

U Vozidla 2 je dalším problémem, že u něj není vyhodnocován podíl zatížení. Podle pana doktora Zemana jde o problém s kalibrací, který se u nízkého počtu vozidel flotily společnosti JAPO - transport s. r. o. objevil a proto u tohoto vozidla vůbec nelze uvažovat faktor hmotnosti.

Faktor jízdního stylu pro potřeby této práce můžeme pro posouzení vlivu geometrie zanedbat. Předpokládáme, že jde o zkušené řidiče, kteří co se týče ekonomičnosti jízdy vykazují konzistentní výsledky, což potvrzuje i eko skóre v rámci výstupu ze systému EchoTrack. Toto skóre je vyhodnocováno pro každé vozidlo a měsíc.

Vhodnou metrikou pro porovnání spotřeby před změnou geometrie a po změně geometrie a možné vyhodnocení vlivu nastavení geometrie s uvážením dostupných dat je následující. Vycházíme z faktů, že máme k dispozici průměrnou spotřebu za celý měsíc a v rámci měsíce podíl cest s nízkou, střední a vysokou hmotností (do 21 t, 21 - 31 t a 31+ t celkové hmotnosti soupravy) a naopak nemáme informaci o terénu, sklonu, ani jiné interpretaci profilu trasy.

V získaných datech před změnou geometrie a po změně geometrie může být možné nalézt měsíce takové, kde se podíl lehkých, středních a těžkých jízd bude co nejvíce podobat. Takové měsíce by mohly být mezi sebou navzájem porovnatelné a u těchto měsíců by mohlo být možné vyhodnotit, zda změna geometrie nějakým způsobem ovlivnila spotřebu paliva.

4.3.4 Získaná data o spotřebě

Od pana doktora Zemana bylo možné získat reporty ze systému EchoTrack. Reporty obsahují data o jízdě našich testovaných vozidel na měsíční bázi. K dispozici jsou v rámci každého měsíce a pro každé vozidlo jízdní statistiky uvedené výše. Získaná data jsou od března roku 2020 do dubna 2022. Interval proto pokrývá celé dosavadní testované období našich zkušebních vozidel a zahrnuje i uspokojivě dlouhý vývoj spotřeby a jízdních dat ještě před zahájením testů (přibližně 1 rok).

Pro posouzení vlivu sbíhavosti na spotřebu paliva se zaměříme zejména na Vozidlo 1. Důvod je především ten, že na něm byla sbíhavost nastavena největší, proto pokud se vliv někde projeví, mělo by to být právě na datech z tohoto vozidla. Na získaná data z Vozidla 2 nebude možné využít navrženou metriku, neboť jak již bylo zmíněno, pro toto vozidlo nejsou dostupné statistiky o skutečném zatížení vozidla a tedy nelze hledat měsíce s podobnou charakteristikou před změnou geometrie a po změně. Pro všechna získaná data platí, že nemáme k dispozici informaci o jízdním profilu a charakteru trasy. Obrázek 4.11 obsahuje tabulku s reporty, které bylo možné od pana Zemana získat k Vozidlu 1.

Roč. měsíc	SPZ	Čas jízdy	Čas stání	Zesřtky /100km	Volnoběh	Vzdálenost	Průměrná spotřeba	Průměr otáček zažítí	Průměr otáček zažítí	Průměr otáček zažítí	Průměr otáček zažítí	Průměr otáček zažítí	Průměr otáček zažítí	Průměrná rychlost	Překročení rychlosti (%)	Překročení otáček (%)	Zařízení motoru (%)	Nejvyšší převod (%)	Volný dojezd (%)	Max. plyn. Pedal (%)	Přeset brzdění na 100 km	Přeset kritických brzdění	Ekologický jízdní (%) - km	Skupiny spotřeby	
2020 únor	1BA XXXX	180:43:44	561:135:57	1,3	13:08:01	12 475	31,2	51	21	28	27,9	29,9	37	31	69	7	3	27	66	9	9	31	0	89	
2020 úlepen	1BA XXXX	10:01:45	709:38:14	2,5	2:31:38	647	28,7	34	11	34	25,9	32,2	32,4	14	65	6	4	23	72	11	8	30	0	88	
2020 květen	1BA XXXX	158:39:32	582:59:21	1,6	28:36:49	10 977	32,6	14	21	65	28,5	31,6	32,6	28	69	11	5	26	72	8	10	24	0	88	
2020 červen	1BA XXXX	156:42:20	560:31:35	1,9	20:18:55	10 020	31,4	22	27	50	26,3	28,6	34,4	31	64	6	6	24	58	12	11	40	0	85	
2020 červen	1BA XXXX	146:48:37	591:07:54	1,9	35:53:53	9 969	30,3	8	33	56	25,7	27,4	31,6	37	68	10	6	22	63	10	9	24	0	86	
2020 srpen	1BA XXXX	85:31:43	657:09:32	2,0	11:51:21	5 821	28,5	14	44	42	25	27,1	30	43	68	9	5	23	71	8	7	22	0	86	1
2020 září	1BA XXXX	174:53:06	545:06:53	1,7	14:37:07	11 299	29,0	10	42	48	25	27,3	30,6	28	65	8	6	23	62	12	9	31	0	85	2
2020 říjen	1BA XXXX	191:36:59	532:23:00	1,7	11:42:23	12 681	27,1	18	49	34	26,4	26,2	28	45	66	9	4	23	69	9	6	31	0	87	3
2020 listopad	1BA XXXX	183:34:16	530:40:18	1,6	21:05:41	13 088	25,6	19	37	43	25,1	28	31,8	46	69	8	4	25	73	9	8	29	0	88	
2020 prosinec	1BA XXXX	135:53:37	605:26:42	1,3	24:21:01	9 337	28,0	15	57	29	25,3	26,6	29,9	42	69	7	3	22	71	9	6	35	0	88	
2021 únor	1BA XXXX	131:09:42	586:36:49	1,5	28:43:31	10 372	28,2	17	60	23	24,9	26,8	31,5	33	69	6	3	22	66	10	6	31	0	87	
2021 úlepen	1BA XXXX	164:57:06	505:27:26	1,6	14:43:38	10 983	30,1	8	21	71	25,3	26,7	31,3	36	67	8	6	24	63	10	9	35	0	85	
2021 červen	1BA XXXX	129:11:37	560:57:30	1,6	21:13:00	12 468	29,3	18	32	49	23,2	26,8	32,6	46	70	7	5	24	69	9	8	30	0	87	
2021 úlepen	1BA XXXX	162:58:31	554:16:28	1,4	12:23:31	11 674	29,4	27	12	61	24,2	31,9	30,7	42	72	10	5	25	72	9	8	24	0	87	
2021 květen	1BA XXXX	180:02:30	562:27:04	1,6	13:53:46	11 960	29,3	14	44	43	24,8	28,6	30,8	43	66	9	5	24	67	8	8	36	0	86	1
2021 srpen	1BA XXXX	135:40:04	584:19:45	1,7	28:18:40	10 355	28,2	25	29	46	24,5	25,9	30,1	48	67	14	6	22	68	9	7	29	0	83	
2021 červen	1BA XXXX	164:31:08	576:10:16	1,4	35:24:26	11 370	28,9	29	18	53	25,2	26	30,6	53	69	15	7	23	68	8	8	28	0	84	
2021 srpen	1BA XXXX	58:09:32	685:30:07	1,9	10:16:05	3 888	29,2	17	28	54	27	25,6	30,5	52	67	12	6	20	70	9	8	32	0	84	
2021 září	1BA XXXX	183:41:23	535:39:15	1,8	30:03:29	12 074	29,3	10	45	45	25,2	28,1	30,3	44	66	9	6	23	68	9	8	31	0	84	2
2021 říjen	1BA XXXX	154:23:41	589:36:18	1,8	14:18:09	10 322	28,3	22	48	30	25	26,4	32,5	47	67	9	6	23	68	8	7	26	0	85	3
2021 listopad	1BA XXXX	133:36:35	565:30:15	1,7	23:04:21	10 130	28,3	32	24	43	25,1	25,0	30,7	52	66	10	4	22	69	8	6	36	0	86	
2021 prosinec	1BA XXXX	165:50:44	574:21:05	1,4	19:48:43	11 636	29,0	15	30	55	26,7	25,9	30,5	41	70	24	3	25	76	10	8	44	0	89	
2022 úlepen	1BA XXXX	178:02:38	561:18:05	1,5	22:21:25	12 764	31,4	17	27	55	26,1	28,1	33,9	50	72	11	5	27	72	7	8	32	0	86	
2022 úlepen	1BA XXXX	159:41:21	511:25:23	2,0	21:50:54	10 283	31,5	22	54	25	26,8	31	34,6	44	64	7	5	24	66	8	8	29	0	86	
2022 květen	1BA XXXX	172:40:15	567:39:44	1,7	27:18:58	11 606	30,8	14	23	63	25,3	29,9	31,4	45	67	8	6	26	62	8	8	39	2	85	
2022 úlepen	1BA XXXX	147:52:51	567:36:39	1,5	24:11:58	10 391	30,0	8	23	69	25,7	27,4	30,7	51	70	10	6	25	70	7	8	24	0	85	

Obrázek 4.11: Tabulka obsahující reporty za všechny měsíce, které bylo možné od pana doktora Zemana získat.

Pro ilustraci, že pouhé srovnání aritmetických průměrů spotřeby nelze brát jako relevantní výsledek bez uvážení zatížení nebo jízdního profilu, si ukážeme srovnání některých sad měsíců a aritmetické průměry spotřeby, kdy geometrie byla ještě nezměněna. Například od března roku 2020 do srpna roku 2020 byla celková průměrná spotřeba 30,4 litrů / 100 km a od září 2020 do března 2021 byla průměrná spotřeba 28,8 l / 100 km. Je viditelné, že průměrná spotřeba mezi obdobími klesla, avšak mírně se změnil podíl zatížení. V prvním časovém úseku bylo průměrný podíl zatížení následující (lehké; střední; těžké): 25 %; 28 %; 47 % a v druhém časovém úseku: 18 %; 38 %; 44 %. Na uvedených příkladech je viditelné, že i při velmi podobném poměru zatížení se spotřeba významně liší. Důvodem je pravděpodobně právě různý charakter trasy, převýšení či stoupání, o kterém však nemáme ze získaných dat žádné informace.

Dalším nápadem na metriku, která se ukázala rovněž jako nedostatečně vypovídající, je srovnání stejného časového úseku ve dvou různých letech. Díky tomu by mohlo být možné předpokládat podobné podmínky stran teploty a další faktory, které rovněž spotřebu paliva ovlivňují, a tím je tak vzájemně eliminovat. Srovnání časového období od prosince 2020 do března 2021 s časovým obdobím od prosince 2021 do března 2022 přináší průměrné spotřeby 28,9 l / 100 km a 30,9 l / 100 km. v obou časových úsecích bylo Vozidlo 1 provozováno se správnou geometrií. V prvním časovém úseku bylo průměrný podíl zatížení následující (lehké; střední; těžké): 17 %; 36 %; 47 % a v druhém časovém úseku: 15 %; 31 %; 54 %. Rovněž zde vidíme rozdíly, ovšem v tomto případě je možné alespoň částečně rozdíl přisuzovat zvýšenému průměrnému zatížení v druhém období.

Ze 7 měsíců, kdy Vozidlo 1 jezdilo s vysokou sbíhavostí, se podařilo nalézt 3 měsíce, které mají z hlediska rozdělení zatížení podobné měsíce, nalezené ještě v období před změnou geometrie. Jejich shrnutí uvádí tabulka na obrázku 4.12. Světlejší řádky znamenají vždy srovnatelný měsíc při správné sbíhavosti a tmavší řádky znamenají příslušný srovnatelný měsíc provozu s vysokou sbíhavostí.

SPZ	Vzdálenost	Průměrná spotřeba	Poměr nízkého zatížení	Poměr středního zatížení	Poměr vysokého zatížení	Spotřeba při nízkém zatížení	Spotřeba při středním zatížení	Spotřeba při vysokém zatížení	Skupiny spotřeby
1BA XXXX	5 821	28,5	14	44	42	25	27,1	30	1
1BA XXXX	11 960	29,3	14	44	43	24,8	28,6	30,8	1
1BA XXXX	11 299	29,0	10	42	48	25	27,3	30,6	2
1BA XXXX	12 074	29,3	10	45	45	25,2	28,1	30,3	2
1BA XXXX	12 681	27,1	18	49	34	26,4	26,2	28	3
1BA XXXX	10 322	28,3	22	48	30	25	26,4	32,5	3

Obrázek 4.12: Tabulka obsahující měsíce, které by mohlo jít srovnat mezi sebou na základě podobného rozdělení zatížení.

Na základě těchto získaných dat s ohledem na zmíněnou metriku je možné připustit, že zvýšená sbíhavost skutečně mohla spotřebu zvýšit. V prvním případě o 0,8 l / 100 km, ve druhém případě o 0,3 l / 100 km a ve třetím případě o 1,2 l / 100 km. Na jistější prokázání by bylo potřeba mít nasbíráno více dat a ideálně výzkum na toto téma provádět na nákladních vozidlech, která jezdí periodicky stejnou trasu se stejným zatížením. Na takovém režimu jízdy by mohlo být možné lépe porovnat a určit, zda zvýšená sbíhavost má skutečný a měřitelný dopad na spotřebu či nikoliv. Za zmínku stojí také informace o průměrném eko skóre, které se vypočítává na základě všech dostupných parametrů. Před nasazením nových pneumatik a nastavením vysoké sbíhavosti bylo průměrné eko skóre řidiče Vozidla 1 87 %. Po dobu testování pneumatik až do chvíle, kdy byly pneumatiky sjety, pak bylo průměrné eko skóre 85 % a po nasazení nových dalších pneumatik a po vrácení geometrie do mezí stanovených výrobcem je průměrné eko skóre 86 %. Je otázkou, jakou váhu tomuto údaji přiřkládat.

Je patrné, že geometrie na spotřebu malý vliv mít může, nicméně mezi ostatními faktory se tento vliv snadno smaže. Abychom mohli přesněji určit vliv, bylo by potřeba více vozidel, která by jezdila po pokud možno co nejkonzistentnější trase a se stejným zatížením.

Kapitola 5

Diskuse / analýza výsledků řešení

V rámci první a druhé etapy testování se testovaly 3 tahače DAF XF s různě nastavenou sbíhavostí přední nápravy. Dílčí závěry ze získaných dat si shrneme v této kapitole.

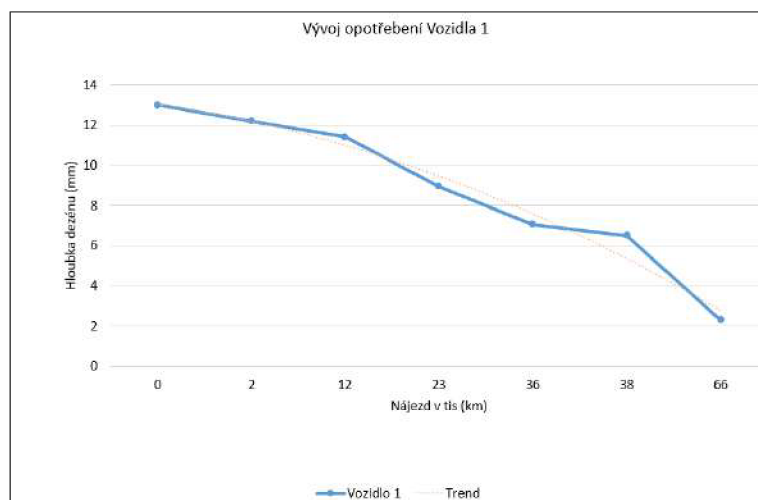
5.1 Posouzení vlivu nastavení geometrie na opotřebení běhounu pneumatiky

Na 3 vozidlech s různě nastavenou sbíhavostí jsme sesbírali data v celkem 19 měřeních. Část byla sesbírána pomocí posuvného hloubkoměru Fieldmann, část byla nasbírána pomocí měřicího zařízení Translogik TL-G1 společnosti Continental. Vozidlo 3 nám ukázalo, že se správně nastavenou geometrií a s pneumatikami Barum BF 200 R bude možné najet až 250 000 km, což výrazně převyšuje původní odhad 150 000 i 200 000 km. Na druhém konci je Vozidlo 1, jehož měření ukázalo, že se sbíhavostí 7 mm / 1 m se pneumatiky opotřebovávají výrazně rychleji. Jízdní testy nám také ukázaly, že s takto nastavenou geometrií se dostaneme na přibližně 32 % původně plánované životnosti 200 000 km. Pokud vezmeme v úvahu dosažitelnou životnost 250 000 km, kterou potvrdily jízdní testy Vozidla 3, pak najetých 67 000 km je pouze 26,8 % z dosažitelné životnosti.

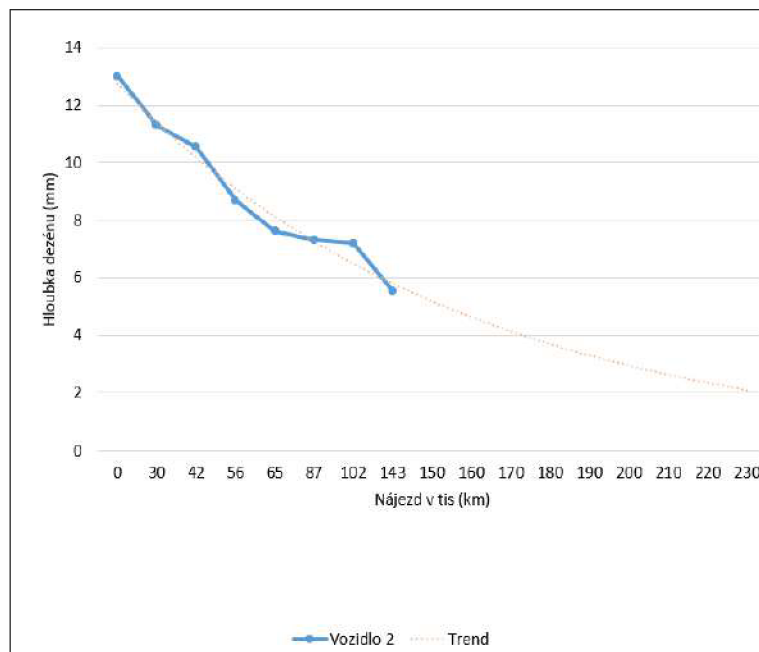
Vozidlo 2 se střední sbíhavostí podle dosavadního průběhu bude schopné najet celkem přibližně 221 000 km a po 143 000 km jsou přední pneumatiky opotřebovány ze 65 %. Životnost 221 000 km v porovnání s dosažitelnou životností 250 000 km znamená pokles na 84 %, ovšem proti původnímu předpokladu nájezdu 150 000 km dle metriky lineárního odhadu jde o výrazné zlepšení. Ze získaných dat Vozidla 2 se dále zjistilo, že bylo delší dobu provozováno s podhuštěnými předními pneumatikami, což mohlo opotřebení rovněž ovlivnit.

Vozidlo 3 s geometrií dle požadavků výrobce vykazuje opotřebení 51 % po 143 000 km. Odhadovaná celková životnost 252 000 km potvrzuje, že vozidlo bylo provozováno v souladu s předpisem výrobce a mělo geometrii nastavenou správně.

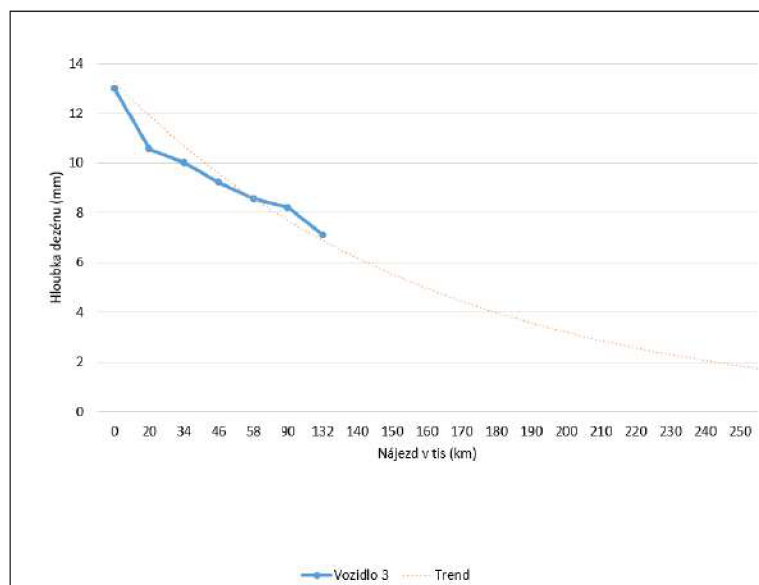
Jízdní testy Vozidla 1 a 2 ukázaly, že mezi nastavenou sbíhavostí a rychlostí opotřebení je úměra. Čím více se sbíhavost liší od sbíhavosti předepsané, tím více se zvyšuje rychlost opotřebení, a zároveň s tím se snižuje životnost přední pneumatiky. Výstupem kapitol, zabývajících se opotřebením jsou grafy na obrázcích 5.1, 5.2 a 5.3. Grafy znázorňují u Vozidla 1 celý průběh životnosti a u Vozidel 2 a 3 znázorňují dosavadní průběh životnosti a předpokládaný budoucí vývoj. Budoucí vývoj se předpokládá na základě vývoje dosavadního, a zároveň se přihlíží k dosavadním poznatkům. Poznatek je, že se zvyšujícím se opotřebením se jeho rychlost zpomaluje, což je viditelné i na grafech. Opotřebení pneumatiky zpomaluje z důvodu nižších a stabilnějších bloků a figur na běhounu. Čím jsou nižší, tím jsou tvrdší a méně poddajné, což následně způsobuje právě vyšší odolnost vůči opotřebením. Charakter opotřebení je ze začátku lineární, ale postupně zpomaluje a má parabolický tvar. O pneumatikách lze tak říct, že ke konci životnosti jsou vůči opotřebením nejodolnější. Pro ilustraci, první 3 milimetry vzorku byly opotřebený za přibližně 30 000 km a poslední 3 milimetry do konečného opotřebením 1,6 mm vydrží přibližně 80 000 km.



Obrázek 5.1: Graf vývoje opotřebením v závislosti na kilometrech nájezdu předních pneumatik u Vozidla 1.



Obrázek 5.2: Graf vývoje opotřebení v závislosti na kilometrech nájezdu předních pneumatik u Vozidla 2.



Obrázek 5.3: Graf vývoje opotřebení v závislosti na kilometrech nájezdu předních pneumatik u Vozidla 3.

Ze zjištěných dat lze říci, že zvýšená sbíhavost má na opotřebení běhounu předních pneumatik vliv, a to v závislosti na tom, jak vysoká sbíhavost je nastavena. Pokud je

sbíhavost blíže té předepsané, je vliv opotřebení ještě poměrně malý, pokles životnosti může být kolem 20 %. Při vysoké sbíhavosti je prakticky zaručeno velmi rychlé opotřebení, a tak může dojít ke snížení životnosti předních pneumatik o 70 % a více.

5.2 Posouzení vlivu nastavení geometrie na spotřebu paliva

Data o spotřebě byla analyzována na měsíční bázi. Vysvětlili jsme si důvody, proč je posouzení vlivu geometrie na opotřebení netriviální problém s velkým množstvím proměnných parametrů. Pro získaná data byla zavržena metrika na základě porovnání aritmetických průměrů, neboť se jeví jako nedostatečná. Zvolen byl proto výběr konkrétních měsíců z období při běžné geometrii a z období provozu s vysokou sbíhavostí. Mezi těmito měsíci bylo možné nalézt navzájem takové, kde bylo vozidlo provozováno s podobným poměrem zatížení. V rámci získaných dat se podařilo nalézt z celkových 7 měsíců provozu s vysokou sbíhavostí 3 takové, které měly podobné rozdělení zatížení a alespoň řádově srovnatelný měsíční nájezd. U těchto nalezených měsíců se podařilo prokázat, že v období s vysokou sbíhavostí se spotřeba zvýšila v prvním případě o 0,8 l / 100 km, ve druhém případě o 0,3 l / 100 km a ve třetím případě o 1,2 l / 100 km. To je v průměru zvýšení o 0,76 l / 100 km paliva. Průměrná spotřeba paliva Vozidla 1 dle všech dostupných dat činí 29,6 l / 100 km. Zvýšení o 0,76 l / 100 km znamená zvýšení o 2,56 %.

Pro zpřesnění výsledků by bylo potřeba provést více jízdních testů a to na pravidelné trase. Ze získaných dat lze ovšem s vysokou mírou jistoty konstatovat, že nesprávně nastavená geometrie vliv na spotřebu paliva má a zvyšuje ji v průměru o 2,56 %. Je zřejmé, že jízdni styl, celkové zatížení, profil trasy a povětrnostní podmínky se na celkové spotřebě budou podílet výrazně znatelněji.

5.3 Posouzení vlivu nastavení geometrie na jízdni vlastnosti a bezpečnost

Vliv nastavení geometrie na jízdni vlastnosti budeme posuzovat na základě výpovědí řidičů, kteří svá vozidla každodenně řídí a znají. Nejzajímavější zjištění jsou ta z rozhovoru s řidičem Vozidla 1. Řidič má toto vozidlo přiděleno od začátku jeho provozu, má s ním tedy najeto již

více než 800 000 km. Zjišťovány byly okolnosti konstatování, že pneumatiky je třeba vyměnit pro jejich vysoké opotřebení a subjektivní hodnocení toho, jak se s vozidlem jezdilo.

Dle tvrzení řidiče Vozidla 1 bylo toto vozidlo říditelné stejně před změnou sbíhavosti, po nastavení vysoké sbíhavosti i po návratu geometrie zpět do normálu. Nebyl poznat žádný rozdíl. Vozidlo netáhlo na žádnou stranu, ani nebyly znatelné vyšší jízdní odpory a ani se nijak nesnížil komfort. Pneumatiky na konci životnosti řidič zpozoroval namátkou při nakládce v Itálii, kdy kola byla vytočena a tak bylo dobře vidět na běhoun.

Vliv na bezpečnost lze dovodit z toho, jak rychle se mohou pneumatiky opotřebit. Pokud se stav pneumatik sleduje alespoň na týdenní bázi, lze opotřebení, kdy se na běhounu odhalí nárazník, včas odhalit dříve, než bude pneumatika natolik poškozena, že by mohlo dojít k defektu. Ani při vysoké sbíhavosti se přední pneumatiky neopotřebí na mez konce životnosti například za jeden turnus do Itálie. Zároveň je velmi pravděpodobné, že pokud by sbíhavost byla velmi vysoká a to takovým způsobem, že by se pneumatiky opotřebovaly ještě vyšším tempem nebo vyloženě náhle, tak by to již na jízdních vlastnostech vozidla muselo být s největší pravděpodobností poznat. Při velmi vysoké sbíhavosti vzniká nadměrné tření a je pravděpodobná i vyšší hlučnost při provozu a zvýšené jízdní odpory. Taková velmi vysoká sbíhavost by mohla být viditelná i pouhým okem. Pokud uvažujeme řidiče, který při náznaku opotřebené pneumatiky vozidlo odstaví a nebude ho dále provozovat, pak lze říct, že velká sbíhavost nemá přímý akutní dopad na bezpečnost silničního provozu. Pokud se ovšem zanedbají pravidelné kontroly, může už opotřebená pneumatika představovat riziko, a to zejména při dálničním provozu. Tolik k posouzení vlivu sbíhavosti na bezpečnost. Pokud se podíváme na další parametry geometrie, vážný dopad na bezpečnost může mít asymetrická geometrie, kdy vozidlo má tendenci táhnout na stranu. Zejména pokud vozidlo táhne ke středu vozovky, jde o velmi nebezpečnou situaci.

Celkově lze z uvedených informací konstatovat, že geometrie přední nápravy do jisté míry nemusí mít přímo vliv na jízdní vlastnosti, pokud se bavíme o sbíhavosti. Další parametry geometrie mohou mít dopad na jízdní vlastnosti vyšší, ale vždy záleží na míře špatného nastavení daného parametru. Bezpečnost provozu je geometrií ovlivněna asi stejně, a k tomu se přidává ještě lidský faktor, který může bezpečnost zvýšit pravidelnými kontrolami, a také věnováním přiměřeného úsilí na sledování chování vozidla.

5.4 Posouzení vlivu nastavení geometrie na ekonomiku provozu

Uvažujme modelovou situaci, kdy porovnáváme náklady na provoz u vozidla se špatně nastavenou (větší) sbíhavostí přední nápravy a u vozidla s běžně nastavenou sbíhavostí. v modelové situaci uvažujeme nájezd 250 000 km, což je prokázaná životnost předních pneumatik při provozu se správně nastavenou geometrií. Hranice 250 000 km je také často u těžkých nákladních vozidel uvažována jako čtvrtina předpokládané životnosti (společnosti se často vozidel zbavují při nájezdu kolem 1 000 000 km). Pokud se spotřeba průměrně zvýší o 0,76 l / 100 km, pak to na 250 000 km znamená, že nákladní vozidlo spotřebuje o 1 900 litrů paliva více. Při současné ceně pohonných hmot 46,17 Kč / l (ke dni 15. 5. 2022) je znamená 1 900 litrů paliva navíc náklady ve výši 87 723 Kč. Dále je potřeba započítat cenu pneumatik, která dle portálu e-agropneu.cz činí 14 974 Kč s DPH za 1 kus Barum BF 200 R. Při správném nastavení geometrie nám na 250 000 km bude stačit jedna sada pneumatik. Pokud počítáme náklady navíc, tak při životnosti 66 000 km u vozidla s vysokou sbíhavostí budeme potřebovat 4 sady předních pneumatik. Z toho 3 sady pneumatik jsou navíc, což činí vícenáklad ve výši 89 844 Kč s DPH. Náklady na výměnu pneumatik mohou být ve výši 600 Kč s DPH za 1 kolo. Tři výměny dvou předních pneumatik budou stát 3600 Kč s DPH navíc. Dohromady vysoká sbíhavost na přední nápravě může stát až 181 167 Kč s DPH.

Vícenáklady ve výši 181 167 Kč s DPH na 250 000 km provozu lze vyjádřit též v nákladech na 1 km, kdy zvýšená sbíhavost může zvýšit cenu na 1 km až o 0,72 Kč.

5.5 Návrh úprav metodiky

Zjištěné výsledky pomohly zlepšit problémovou situaci, nicméně pro možnou další budoucí práci na podobné téma by se mohla hodit některá doporučení.

Geometrie byla nastavena pouze na začátku experimentů a pravděpodobně byla v jednom případě nastavena jinak, než v souladu s původním plánem. V průběhu ani jedné z testovacích etap se již nepodařilo žádné z vozidel dostat na opětovné měření geometrie. Pro další práci by tedy bylo jednoznačně prospěšné, kdyby geometrie byla změřena vícekrát.

Dále pro přesnější zjištění vlivu nastavení geometrie by bylo vhodné mít více testovacích vozidel a zároveň se hodí doporučit, aby to bylo s menší firmou s menším vozovým parkem, se kterou by bylo možné snadněji organizovat některé dílčí kroky.

Pro metodiku měření jako takovou by se dalo doporučit, aby měřicí přístroj byl po celou dobu stejný a aby fungoval spíše na principu měřidla TG-L1 (s pružinou) než posuvné měřidlo. Pro lepší představu o vývoji opotřebení by bylo prospěšné, kdyby řidiči pravidelně sledovali tlak v testovaných pneumatikách a dofukovali si je na předepsaný tlak.

Pro přesnější určení vlivu geometrie na spotřebu paliva by bylo potřeba mít především vozidla, která jezdí pravidelně stejnou trasu a nejlépe se stejným zatížením (typicky se taková práce objevuje v automotive odvětví). Díky tomu bude možné eliminovat vliv profilu cesty a bude možné zaměřit se pouze na spotřebu paliva jako takovou.

Kapitola 6

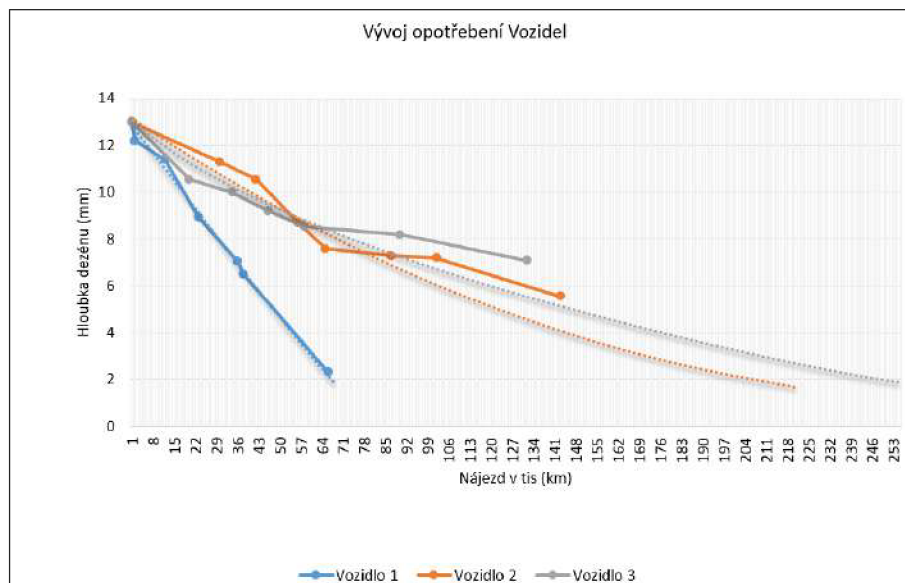
Závěr

Hlavním cílem práce bylo určit vliv nastavení geometrie přední nápravy na opotřebení předních pneumatik a spotřebu paliva. Zadání obsahuje 4 body. Prvním je navržení metodiky měření. Druhým je provedení série testů a vyhodnocení získaných dat. Dále zjištění samotného vlivu a návrh případných úprav metodiky pro další využití.

Pro seznámení se s danou problematikou byla provedena důkladná rešerše v oblasti nákladních vozidel, konstrukce relevantních částí podvozku a konstrukce a výroby pneumatik.

První etapa testování proběhla v rámci diplomové práce Ing. Fuchsové. Druhá etapa, která proběhla v rámci této práce obsahuje shrnutí dosavadního postupu, výsledky zjištěné v předchozí etapě, návrh na úpravu již realizovaných metodik, pokračování jízdních testů, sesbírání dat, vyhodnocení dat, zpřesnění vlivů na opotřebení a určení nových vlivů - na spotřebu, bezpečnost a ekonomické dopady. v poslední řadě obsahuje druhá etapa návrh na úpravu metodik do budoucna.

Všechny body zadání se v rámci diplomové práce podařilo naplnit a vlivy byly určeny. Bylo prokázáno, že sbíhavost má zásadní vliv na opotřebení běhounu předních pneumatik. Životnost se u jedné sady pneumatik snížila na přibližně 26 % dosažitelné životnosti dané pneumatiky. U druhé sady pneumatik došlo ke snížení na 84 % dosažitelné životnosti. Třetí sada pneumatik, umístěná na vozidle se správnou geometrií se opotřebovávala dle předpokladů a dosažitelnou životnost by tato sada byla schopna naplnit. Obrázek 6.1 znázorňuje vývoj opotřebení předních pneumatik u všech vozidel a přibližný trend budoucího vývoje.



Obrázek 6.1: Graf vývoje opotřebení u všech vozidel.

Dále bylo prokázáno, že nadměrná sbíhavost má vliv i na spotřebu paliva, zvyšuje ji. Podle získaných dat a navržené metriky bylo prokázáno zvýšení spotřeby v průměru o 0,76 l paliva na 100 km. Což je při průměrné spotřebě 29,6 litrů zvýšení o 2,56 %. Vliv je poměrně malý ve srovnání s ostatními vlivy, jako je zatížení vozidla, jízdní styl a profil trasy, ale při dlouhodobějším provozu se i takové zvýšení projeví negativně.

Na modelové situaci jsme při nájezdu 250 000 km analyzovali vícenáklady pro vozidlo s vysokou sbíhavostí, které činí 181 167 Kč navíc oproti vozidlu se sbíhavostí dle požadavků výrobce. To činí zvýšené náklady ve výši 0,72 Kč / km.

Z hlediska ekonomického i bezpečnostního nelze než doporučit geometrii přední nápravy pravidelně kontrolovat, a to i preventivně. Technická závada nebo vady na komunikacích mohou způsobit změnu geometrie o které, jak jsme si ukázali, řidič ani nemusí vědět. Než se geometrie projeví tak, že bude viditelné nadměrné a asymetrické opotřebení, pneumatika ztratí mnoho procent ze své životnosti. Co se týče vlivu na spotřebu, tak i přesto, že zjištěný vliv je zdánlivě malý, ukázali jsme si, že rozhodně není zanedbatelný. Z dlouhodobého hlediska i zvýšení v řádu desetin litru na 100 km může při statisícových nájezdech činit velké sumy. I přes špatně nastavenou geometrii nápravy lze bezpečnost zvýšit pravidelnými kontrolami a včas odstavit vozidlo s nevyhovujícími pneumatikami.

Literatura

- [1] Českomoravský beton a.s.: *DOPRAVA JAKO SOUČÁST OBJEDNÁVKY BETONU*. [Online; navštíveno 29.12.2021].
URL <https://www.transportbeton.cz/3-dil-doprava-jako-soucast-objednavky-betonu.html>
- [2] Barton, D.: *Automotive chassis engineering*. Cham: Springer International Publishing AG, 2018, ISBN 978-3-319-72436-2.
- [3] bazos.cz: *Mercedes-Benz Sprinter*. [Online; navštíveno 7.12.2021].
URL <https://bazos.cz>
- [4] bazos.cz: *VOLVO FH 500 - tahač návěsů + hydraulika*. [Online; navštíveno 29.12.2021].
URL <https://bazos.cz>
- [5] BERAN JIŘÍ s.r.o.: *Vozový park Jiří Beran s.r.o.* [Online; navštíveno 29.12.2021].
URL <https://www.abberan.cz/vozovy-park.htm>
- [6] EHK/OSN: *Předpis č. 30 Evropské hospodářské komise Organizace spojených národů (EHK/OSN)*. [Online; navštíveno 29.12.2021].
URL [https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX:42008X0730\(01\)](https://eur-lex.europa.eu/legal-content/CS/ALL/?uri=CELEX:42008X0730(01))
- [7] Evropský parlament a Rada EU: *Nařízení Evropského parlamentu a Rady (EU) 2018/858*. [Online; navštíveno 27.11.2021].
URL <https://esipa.cz/sbirka/sbsrv.dll/sb?DR=SB&CP=32018R0858>
- [8] FleetMaintenance: *Guide to commercial truck tire wear by type*. [Online; navštíveno 1.5.2022].

URL

<https://www.fleetmaintenance.com/equipment/brakes-tire-and-wheel/media-gallery/21026018/image-examples-of-commercial-truck-tire-wear-by-type>

[9] ivo.cz: *Spací auto Avia Furgon*. [Online; navštíveno 7.12.2021].

URL <http://www.ivo.cz/avia-furgon.html>

[10] JEREX a.s.: *Odtah D1 a D2 - asistence a služby na dálnicích*. [Online; navštíveno 29.12.2021].

URL <https://www.jerex.cz/odtah-d1-a-d2/>

[11] Kateřina Fuchsová: *Vliv nastavení geometrie vozidla na opotřebení běhounu pneumatiky*. 2021, [Online; Diplomová práce; navštíveno 11.2.2022].

URL https://www.vut.cz/studenti/zav-prace?zp_id=127916#

[12] Marcín, J.: *Pneumatiky : výroba, použití, údržba*. Knižnice motoristy, Praha: SNTL, první vydání, 1976.

[13] Mercedes-Benz Trucks: *Eso ve stavební dopravě: Sklápěč Arocs a zametací Atego*. [Online; navštíveno 6.12.2021].

URL

https://roadstars.mercedes-benz-trucks.com/cs_CZ/magazine/transport/03-2015/trump-in-construction-arocs-tippers-and-atego-sweeper.html

[14] Reimpell, J.; Stoll, H.; Betzler, J.: *The Automotive Chassis: Engineering Principles*. Elsevier Butterworth Heinemann, 2001, ISBN 978-0-750-65054-0.

[15] RMS Omega Technologies: *TL-G1 Product specification*. [Online; navštíveno 1.5.2022].

URL

http://rmsomega.com/wp-content/uploads/2018/02/TLG1_Probe_ENG_v01.pdf

[16] Spro s.r.o.: *Valníky*. [Online; navštíveno 6.12.2021].

URL <https://www.spro-doprava.cz/>

[17] TATRA TRUCKS a.s.: *6x6 FIRE-FIGHTING SUPERSTRUCTURE CARRIER*. [Online; navštíveno 29.12.2021].

- URL <https://www.tatratrucks.com/trucks/customer-segment-catalog/firefighting/more-trucks/6x6-nosic-hasicskych-nastaveb-1/>
- [18] TATRA TRUCKS a.s.: *6x6 UNIVERSAL LOG TRUCK*. [Online; navštíveno 29.12.2021].
URL <https://www.tatratrucks.com/trucks/customer-segment-catalog/forestry/more-trucks/6x6-universal-log-truck-2/>
- [19] TATRA TRUCKS a.s.: *Tatrovácká koncepce*. [Online; navštíveno 15.4.2022].
URL <https://www.tatra.cz/proc-tatru/technicka-koncepce-tatra/tatrovacka-koncepce/>
- [20] The Maintenance Council (TMC): *Radial Tire Conditions Analysis Guide*.
- [21] trucksnl.com: *DAF XF 105.460 .460 6X2 EURO5 Walking floor*. [Online; navštíveno 29.12.2021].
URL <https://www.trucksnl.com/daf-xf-105460-460-6x2-euro5-walking-floor-6998962-vd>
- [22] Tyres, V.: *How Do I Know If I Need New Tyres?* [Online; navštíveno 11.2.2022].
URL <https://valleytyres.com/how-do-i-know-if-i-need-new-tyres/>
- [23] Vlk, F.: *Karosérie motorových vozidel : Ergonomika, biomechanika, struktura, pasivní bezpečnost, kolize, materiály*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, první vydání, 2000, ISBN 80-238-5277-9.
- [24] Vlk, F.: *Koncepce motorových vozidel : koncepce vozidel, alternativní pohony, komfortní systémy, řízení dynamiky, informační systémy*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, první vydání, 2000, ISBN 80-238-5276-0.
- [25] Vlk, F.: *Podvozky motorových vozidel*. Brno: Nakladatelství a vydavatelství Vlk, první vydání, 2000, ISBN 80-238-5274-4.
- [26] Vlk, F.: *Stavba motorových vozidel*. Brno: František Vlk, první vydání, 2003, ISBN 80-238-8757-2.
- [27] VMS Sped: *VMS Sped Facebook*. [Online; navštíveno 6.12.2021].
URL <https://www.facebook.com/vmssped>

- [28] Wikipedia: *Pick-up*. [Online; navštíveno 6.12.2021].
URL <https://cs.wikipedia.org/wiki/Pick-up>
- [29] Wikipedia: *Skříňový automobil*. [Online; navštíveno 7.12.2021].
URL https://cs.wikipedia.org/wiki/Skříňový_automobil
- [30] Zdenek, J.; Vémola, A.; Žďánský, B.: *Automobily. I. díl, Podvozek a převodná ústrojí*.
Brno: CERM, 2003, ISBN 80-7204-262-9.
- [31] Česká republika: *Vyhláška č. 341/2014 Sb.* [Online; navštíveno 27.11.2021].
URL <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2014-341>
- [32] ČTK: *Krúpa koupil Karlovarskou Korunní, s Ondrášovkou bude dvojkou na trhu minerálek*. [Online; navštíveno 27.11.2021].
URL <https://www.e15.cz/galerie/byznys/prumysl-a-energetika/129449/krupa-koupil-karlovarskou-korunni-s-ondrasovkou-bude-dvojkou-na-trhu-mineralek?foto=0>

Seznam obrázků

2.1	Návěsová souprava se sníženou okamžitou výškou, aby podjela most s výškou 3,0 m (převzato z [32]).	6
2.2	Pick-up Volkswagen Amarok s připojeným nákladním vlekem. Souprava veze 11 mobilních toalet. Převzato z [27].	8
2.3	Valníkové nákladní vozidlo Volvo FH, vybavené hydraulickou rukou. Převzato z [16].	9
2.4	Sklápěčkové nákladní vozidlo Mercedes-Benz Arocs. Převzato z [13].	10
2.5	Skříňové nákladní vozidlo Mercedes-Benz Atego. Převzato z [29].	10
2.6	Nákladní vozidlo Avia A21 v provedení Furgon. Převzato z [9].	11
2.7	Dodávkové vozidlo Mercedes-Benz Sprinter v prodloužené verzi. Převzato z [3].	11
2.8	Výběr speciálních nákladních vozidel. Shora zleva: odtahovkový vyprošťovací speciál, přepravník dřeva Tatra, hasičský vůz Tatra, domíchávač MAN, posuvná podlaha zvenčí a zevnitř nákladového prostoru. [1] [10] [17] [18] [21]	13
2.9	Tahač návěsů Volvo FH 500 v konfiguraci 4x2. [4]	14
2.10	Kamionové soupravy přívěsová a návěsová. [5]	15
2.11	Průřez pneumatikou a detailní popis jednotlivých částí. [25]	17
2.12	Poměr hloubky dezénu a tloušťky běhounu. [12]	17
2.13	Příklad označení pneumatiky dle předpisu EHK/OSN č. 30. [6]	20

2.14	Druhy profilů pneumatik: 1 - standardní letní pneumatika; 2 - pneumatika s optimalizovaným chováním při aquaplaningu; 3 - speciální pneumatika se širokým středním kanálem pro odvádění vody v podélném směru; 4 - vysokovýkonová široká pneumatika; 5 - zimní pneumatika v provedení s lamelovou technikou; 6 - celoroční pneumatika. [25]	21
2.15	Dezény pneumatik nákladních vozidel. Vlevo dráhový dezén, vpravo terénní šípový dezén. [25]	21
2.16	TWI - indikátor který napomáhá rychlému zjištění, zda běhoun není příliš opotřeben. [22]	24
2.17	Příklad podhuštěné pneumatiky. [vlastní]	24
2.18	Příklady poškozených pneumatik. [vlastní]	25
2.19	Druhy vozidlových kol. [25]	26
2.20	Parametry vozidlových kol. Zális e , průměr roztečné kružnice pro připevňovací šrouby d , průměr dosedací plochy pro brzdový buben nebo šroubu náboje $d1$, průměr středního otvoru kola $d2$, tloušťka střední nosné části t . [25]	26
2.21	Parametry ráfků. [25]	27
2.22	Průřez dosedací plochou a patkou pneumatiky a jejich spojení. [25]	27
2.23	a) Závislé zavěšení - tuhá náprava; b) nezávislé zavěšení [25]	28
2.24	Tuhé nápravy. [25]	29
2.25	Lichoběžníková náprava. Na obrázku jsou vidět krátká horní příčná ramena a delší spodní ramena. [25]	30
2.26	Náprava typu McPherson. Podélný pohled na přední řízenou nápravu. [25]	31
2.27	Kyvadlová úhlová náprava, vozidla Opel Omega, pohon zadních kol, pohled shora. [25]	31
2.28	Kliková náprava z vozidla Citroen ZX. [25]	32
2.29	Kliková náprava torzní z vozidla Opel Astra. [25]	32
2.30	Dvounápravy. [25]	33
2.31	Třínápravy. [25]	34
2.32	Odklon a příklon kola. Pohled v podélné rovině vozidla [25]	35
2.33	Příklon rejdové osy. Pohled v podélné rovině vozidla. [25]	36
2.34	Poloměr rejdu: kladný, záporný, nulový. Pohled v podélné rovině vozidla. [25]	37

2.35	Záklon rejdové osy. a) tuhá náprava s rejdovým čepem; b) lichoběžníková náprava s kulovými klouby; c) náprava McPherson. Pohled v příčné rovině vozidla. [25]	37
2.36	Sbíhavost a rozbíhavost kol přední nápravy. Pohled svisle dolů. [25]	38
2.37	Listová pružina s přídatnou pružinou pro větší progresivitu. [25]	39
2.38	Vinutá pružina s progresivní charakteristikou. [25]	40
2.39	Tatrovácový podvozek s torzními tyčemi (červená barva) pro odpružení přední nápravy. [19]	41
2.40	Náprava těžkého nákladního vozidla se dvěma vzduchovými měchy. [2]	42
2.41	Příčný stabilizátor na nápravě odpružené zkrutnými tyčemi. [2]	42
2.42	Dvouplášťový a jednoplášťový tlumič. [2]	43
4.1	Zkušební tahače DAF XF 460 společnosti JAPO - transport s. r. o. [vlastní]	48
4.2	Zadní strana technického průkazu vozidla RZ 1BF XXXX, odpovídající všem třem vozidlům DAF XF 460. [Osvědčení o registraci vozidla, část II. číslo UG XXXXXXXX]	49
4.3	Kolo s pneumatikou Barum BF 200 R ze zkušebního tahače společnosti JAPO - transport s. r. o. [vlastní]	50
4.4	Graf předpokládaného opotřebení na základě získaných dat a při lineárním modelu opotřebení. [11]	52
4.5	Měřicí přístroj Translogik TL-G1. [15]	54
4.6	Fotografie kol po seřízení geometrie a po ujetí přibližně 30 000 km. [11]	56
4.7	Opotřebení pravé přední pneumatiky po 66 139 km. Je viditelný odhalený první nárazník. [vlastní]	57
4.8	Opotřebení pravé přední pneumatiky po 66 139 km. Je viditelné silně asymetrické opotřebení v oblasti vnějšího ramene. [vlastní]	58
4.9	Opotřebení levé přední pneumatiky po 66 139 km. Rovněž je viditelná značná asymetrie opotřebení, avšak celkově byla tato pneumatika poškozena méně. [vlastní]	59
4.10	Opotřebení předních pneumatik po sundání po 143 367 km provozu s mírně zvýšenou sbíhavostí. [vlastní]	61
4.11	Tabulka obsahující reporty za všechny měsíce, které bylo možné od pana doktora Zemana získat.	65

4.12	Tabulka obsahující měsíce, které by mohlo jít srovnat mezi sebou na základě podobného rozdělení zatížení.	67
5.1	Graf vývoje opotřebení v závislosti na kilometrech nájezdu předních pneumatik u Vozidla 1.	69
5.2	Graf vývoje opotřebení v závislosti na kilometrech nájezdu předních pneumatik u Vozidla 2.	70
5.3	Graf vývoje opotřebení v závislosti na kilometrech nájezdu předních pneumatik u Vozidla 3.	70
6.1	Graf vývoje opotřebení u všech vozidel.	76

Příloha A

Data o spotřebách

SPZ	Čas jízdy	Čas stání	Zastávky /100km	Vzdálenost Vzdálenost	Průměrná spotřeba	Hmot.náklad (%kapot)	Hmot.náklad (%kapot)	Hmot. (kg)	Tempomet (%)	Průměrná rychlost	Překročeni rychlosti (%)	Zatížení motoru (%)	Nejvyšší převod (%)	Volný dojezd (%)	Max. plyn. Pedál (%)	Počet kmitů /100 km	Počet kmitů /100 km	Ekolízna (% - km)	
18F XXXX	110:07:39	636:04:03	2,7	1030033	7 272	31,8	0/-	100/314,4	22	66	23	3	28	19	17	3	0	90	
18F XXXX	6:55:50	713:04:09	6,2	1:47:38	955	31,2	0/-	100/283,3	15	51	9	1	21	56	25	13	11	0	76
18F XXXX	130:52:59	612:28:13	1,8	10:11:56	9 996	29,6	0/-	100/329,2	25	66	24	2	25	74	20	14	3	0	89
18F XXXX	192:15:07	562:22:58	1,7	13:01:16	12 807	32,9	0/-	100/326,6	23	67	24	3	29	71	19	15	3	0	91
18F XXXX	644:27:31	578:05:49	1,6	16:08:35	10 887	31,4	0/-	100/369,9	28	67	28	3	28	79	17	15	2	0	89
18F XXXX	179:25:04	562:00:03	1,5	16:08:10	12 869	28,9	0/-	100/286,5	25	68	27	2	26	77	18	13	10	0	90
18F XXXX	179:22:59	538:53:26	1,7	16:08:31	12 836	30,5	0/-	100/310,1	19	67	32	3	27	72	22	18	15	0	88
18F XXXX	177:19:00	561:43:02	1,7	22:31:58	11 890	31,7	0/-	100/312,2	23	67	32	3	28	73	18	16	17	0	89
18F XXXX	166:22:17	551:26:34	1,4	17:23:00	11 377	36,7	0/-	100/316,3	23	68	36	3	27	75	18	15	14	0	90
18F XXXX	148:46:30	505:13:09	1,9	9:09:44	9 886	29,2	0/-	100/289,9	23	66	37	2	26	78	17	13	14	0	89
18F XXXX	194:33:31	506:10:31	1,6	56:53:48	10 375	32,9	0/-	100/315,5	24	67	35	2	25	72	19	16	14	0	89
18F XXXX	166:56:50	516:01:09	1,7	15:51:37	10 316	31,3	0/-	100/318,8	21	66	31	2	27	72	21	16	14	0	89
18F XXXX	179:48:54	563:02:20	2,1	31:20:53	11 517	34,0	0/-	100/323,3	19	64	31	2	27	68	20	19	13	0	89
18F XXXX	171:52:44	547:58:21	1,7	9:39:54	11 318	32,8	0/-	100/326,6	28	66	35	2	28	74	17	16	13	0	90
18F XXXX	177:42:24	566:17:08	1,4	9:35:17	11 629	32,7	0/-	100/322,2	24	65	32	3	28	73	19	18	13	0	90
18F XXXX	184:22:44	534:52:48	1,5	19:53:47	12 341	31,5	0/-	100/311,1	21	67	39	2	27	76	19	19	14	0	91
18F XXXX	136:56:51	587:05:08	1,8	15:49:38	10 074	32,4	0/-	100/320,0	23	64	36	3	27	71	19	20	17	0	88
18F XXXX	105:43:54	574:37:42	1,4	20:57:58	11 372	29,8	0/-	100/284,3	33	69	36	2	25	78	18	12	13	0	89
18F XXXX	184:26:14	552:46:52	1,6	4:10:02	12 070	30,2	0/-	100/285,5	25	65	36	2	25	79	19	14	15	0	89
18F XXXX	193:54:46	548:52:27	1,4	16:08:53	13 882	29,3	0/-	100/293,1	28	69	41	2	26	76	19	16	14	2	88
18F XXXX	181:17:07	538:42:52	1,8	13:07:56	12 101	30,4	0/-	100/319,2	29	67	51	2	27	77	17	16	14	0	89
18F XXXX	144:36:30	627:54:58	1,6	14:46:14	7 991	32,4	0/-	100/319,3	32	70	44	3	26	79	15	16	13	0	90
18F XXXX	180:11:19	562:28:38	1,4	12:12:56	12 576	29,1	0/-	100/289,9	36	70	44	2	26	78	16	13	14	0	88
18F XXXX	168:48:26	500:36:19	1,5	10:48:43	12 018	30,7	0/-	100/316,4	26	71	44	2	28	81	18	13	13	0	91
18F XXXX	193:48:06	550:11:53	1,7	14:03:37	13 167	30,1	0/-	100/289,9	28	68	39	1	27	79	18	15	15	0	90
18F XXXX	158:19:33	559:51:06	1,6	8:57:19	10 862	31,5	0/-	100/313,3	27	69	46	2	28	79	17	17	13	0	91

SPZ	Číslo župy	Číslo stáje	Značkový	Vozňovník	Průměrná spotřeba	Rmot. náklad (kg/ha)	Rmot. úrodnost (kg/ha)	Rmot. výnos (kg/ha)	Poměr úrodnosti	Poměr výnosnosti	Společná průměrná úrodnost	Společná výnosnost	Temporálnost (%)	Průměrná rychlost	Převročení vřetenní otáček	Převročení otáček	Zažiti motoru	Nevyšší převos	Vahy ložisek	Max. g. n. Počet	Počet úrodnosti	Počet kmitů	Skupný	
			/100kg		kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha	kg/ha
BA0000	8064544	5613557	1,3	130501	12475	31,2	517279	217293	287370	51	21	28	31	69	7	3	27	66	9	9	31	0	89	
BA0000	000145	7095814	2,5	231138	647	29,7	557259	117322	347324	55	11	34	14	65	6	4	23	72	11	8	30	0	88	
BA0000	1583822	2823921	1,6	283649	10977	32,6	147255	217316	657326	14	21	65	28	64	11	5	25	72	8	10	24	0	88	
BA0000	1564670	5603135	1,9	201856	10020	31,4	227263	277286	507344	22	27	50	31	64	6	6	24	58	12	11	40	0	85	
BA0000	1464637	59140754	1,9	365353	9869	30,3	87257	357274	567316	8	35	56	37	68	10	6	22	63	10	9	24	0	86	
BA0000	853143	65740932	2,0	1153121	5821	28,5	147250	447274	427300	14	44	42	27	68	9	5	23	71	8	7	22	0	86	
BA0000	1743206	5450642	1,7	143707	11299	28,0	107250	427272	467306	10	46	48	28	65	8	6	23	62	12	9	31	0	85	
BA0000	1913659	5522330	1,7	114223	12681	27,1	187264	497262	347280	38	49	34	28	66	9	4	23	69	9	6	31	0	87	
BA0000	188346	5304018	1,6	210641	13008	29,6	197251	377280	437318	39	37	43	28	66	9	4	25	73	9	8	29	0	88	
BA0000	1385337	6052642	1,3	242101	9337	28,0	157253	377286	297293	15	57	29	26	69	7	3	22	71	9	6	35	0	88	
BA0000	1510942	5852649	1,5	284231	10372	28,2	177243	607268	237315	17	60	23	33	69	6	3	22	66	10	6	31	0	87	
BA0000	1645706	5052726	1,6	144638	10983	30,1	87253	217267	717313	8	21	71	26	67	8	6	24	63	10	9	35	0	85	
BA0000	1791137	5605750	1,6	211300	12468	29,3	187232	327268	497326	38	32	49	23	70	7	5	24	69	9	8	24	0	87	
BA0000	1623931	5510628	1,4	122331	11674	29,4	277242	127319	617307	27	12	61	42	72	10	5	25	72	9	8	24	0	87	
BA0000	1802030	5622704	1,6	133346	11960	29,3	147248	447266	487308	14	44	48	28	66	9	5	24	67	8	8	36	0	86	
BA0000	1584014	5441845	1,7	281540	10355	28,2	257245	297258	467301	25	29	46	28	67	14	6	22	68	9	7	29	0	83	
BA0000	1643108	5761016	1,4	353426	11370	28,9	297252	187260	537306	28	18	53	28	66	15	7	23	68	8	8	28	0	84	
BA0000	5909352	5855927	1,9	107605	3888	29,2	177270	287256	547305	37	28	54	27	67	12	6	20	70	9	8	32	0	84	
BA0000	1834135	5382915	1,6	200229	12074	29,3	107252	457281	467303	30	46	46	28	66	9	6	23	68	9	8	31	0	84	
BA0000	1572541	5923618	1,5	144869	10322	28,2	227255	487264	207265	22	20	22	28	66	10	4	23	68	8	7	28	0	85	
BA0000	1923633	6522615	1,7	230421	10130	28,3	247251	247258	477307	32	24	43	25	66	10	4	22	69	8	6	36	0	86	
BA0000	1655044	5742105	1,4	194643	11636	28,0	157267	207258	557305	15	30	55	41	70	24	3	25	76	10	8	44	0	89	
BA0000	1760338	5811505	1,5	223125	12764	31,4	177261	277261	557319	17	27	55	26	67	11	5	27	72	7	8	32	0	86	
BA0000	1594121	5112825	2,0	215054	10463	31,8	227268	547310	257346	22	54	25	26	68	11	5	24	66	8	8	29	0	86	
BA0000	1724015	5875944	1,7	271818	11606	30,8	147253	237259	637314	14	23	63	39	67	8	6	25	62	8	8	29	2	85	
BA0000	1475351	5675629	1,5	241158	10391	30,0	87257	237274	697307	8	23	69	51	70	10	6	25	70	7	8	24	0	85	
Σ Společně																								
Průměrná spotřeba																								
Průměrná úrodnost																								
Průměrná výnosnost																								
Průměrná rychlost																								
Průměrná otáčka																								
Průměrná zažitost																								
Průměrná váha ložisek																								
Průměrný počet úrodnosti																								
Průměrný počet kmitů																								
Průměrná skupná																								

SPZ	Čas jízdy	Čas štáti	Zastávky /100km	Veľkosti Vozidlomst	Průměrná spotřeba	Hmot. náklad (kg/spotř.)	Hmot. vozidla (kg/spotř.)	Tempomet (%)	Průměrná rychlost	Překročení rychlosti (%)	Překročení oteček (%)	Zařízení motoru (%)	Nevýšší převod (%)	Volný dojezd (%)	Max. plym. Pedál (%)	Počet brzdění na 100 km	Počet brzdění na 100 km	Ek. jazda (% . km)
18X XXXX	149:41:29	501:28:22	1.8	12:53:26	10 276	19 / 26,6	39 / 27,0	42 / 32,3	58	66	15	2	27	77	8	10	4	83
18X XXXX	5:44:10	714:15:49	6,5	0:59:52	294	29,3	76 / 27,4	14 / -	24	51	9	0	18	62	17	6	9	78
18X XXXX	1:58:09:11	500:50:48	1,7	8:46:33	10 200	30,3	25 / 24,6	9 / 29,5	66 / 32,2	50	67	14	3	28	74	11	12	85
18X XXXX	1:52:06:20	562:08:05	1,8	5:07:50	10 501	30,5	25 / 25,7	11 / 28,1	46	69	17	3	27	73	13	16	5	84
18X XXXX	1:58:34:34	583:39:30	1,8	12:56:34	10 404	30,5	15 / 24,9	27 / 29,1	58 / 32,2	46	65	13	3	26	71	12	14	82
18X XXXX	8:31:1:56	658:50:46	1,8	9:13:30	5 628	30,2	9 / 25,5	31 / 25,7	60 / 32,5	47	67	24	4	25	73	12	14	83
18X XXXX	1:75:03:56	544:56:03	1,9	13:22:56	11 302	28,6	25 / 26,1	29 / 26,5	46 / 30,7	48	65	14	3	25	75	11	13	81
18X XXXX	1:02:16:33	549:07:03	1,9	13:00:12	12 548	29,3	8 / 27,4	40 / 27,6	53 / 30,4	54	65	12	3	26	74	10	11	82
18X XXXX	1:67:50:29	552:49:30	1,8	10:27:35	11 161	29,2	12 / 26,7	47 / 27,4	42 / 31,3	50	66	13	2	26	77	11	12	83
18X XXXX	1:29:29:03	614:30:56	2,1	16:18:51	7 825	31,7	12 / 29,5	35 / 29,7	53 / 32,4	38	60	9	2	25	70	14	12	82
18X XXXX	1:44:42:27	597:44:20	1,8	14:45:16	9 791	31,8	20 / 25,6	17 / 30,8	63 / 33,4	42	68	15	2	28	74	14	5	85
18X XXXX	1:65:11:52	504:45:13	1,7	12:29:30	11 211	32,5	11 / 26,4	12 / 30,8	77 / 33,2	43	68	17	3	29	72	12	15	84
18X XXXX	2:03:50:38	540:09:21	1,5	6:22:47	13 752	29,2	35 / 25,8	29 / 27,9	35 / 30,6	47	67	15	2	24	79	12	11	83
18X XXXX	1:35:15:05	584:06:53	1,6	13:20:51	9 067	30,2	42 / 24,3	4 / 31,7	54 / 33,9	48	67	16	3	26	77	12	14	83
18X XXXX	1:66:09:58	577:54:01	1,9	11:34:43	10 574	29,9	19 / 26,1	16 / 27,4	65 / 31,1	45	64	19	2	26	75	13	12	81
18X XXXX	1:77:17:25	542:42:34	1,7	14:42:25	11 688	28,3	17 / 24,5	24 / 25,6	59 / 29,9	51	66	24	3	25	76	11	6	82
18X XXXX	1:84:18:41	594:14:57	1,6	29:22:53	11 990	27,5	30 / 25,1	42 / 28,0	28 / 27,5	44	65	22	2	23	70	14	7	77
18X XXXX	5:71:71:8	686:42:41	2,0	5:23:10	3 608	27,2	32 / 23,6	27 / 22,5	41 / 32,0	45	63	19	3	21	71	14	10	76
18X XXXX	1:70:57:56	540:37:22	1,4	29:13:24	11 967	29,2	12 / 26,1	24 / 28,9	65 / 29,2	48	70	29	4	25	74	13	12	81
18X XXXX	1:59:34:57	582:45:04	1,7	13:08:04	10 112	28,1	24 / 24,7	55 / 27,4	22 / 31,9	43	63	25	3	23	71	14	12	76
18X XXXX	1:85:10:43	594:49:16	1,7	13:19:51	12 222	30,2	14 / 26,0	30 / 25,6	56 / 33,1	41	66	38	4	27	73	14	5	81
18X XXXX	1:37:07:19	606:52:40	1,7	12:57:30	9 057	30,5	18 / 25,5	40 / 28,8	42 / 33,4	41	66	42	2	25	78	11	14	84
18X XXXX	1:66:13:49	574:19:35	1,6	19:23:41	11 425	30,5	17 / 29,2	36 / 28,4	47 / 31,6	46	69	27	2	27	78	11	13	83
18X XXXX	1:58:24:58	509:28:14	1,7	11:59:27	10 063	30,7	27 / 26,4	20 / 27,0	33 / 33,7	38	67	24	3	27	73	14	15	83
18X XXXX	1:53:23:29	580:36:30	1,7	11:23:15	10 825	29,2	20 / 26,7	44 / 27,6	36 / 31,8	39	66	32	3	26	76	14	15	81
18X XXXX	1:44:53:03	575:06:56	1,5	9:19:01	9 887	28,9	29 / 26,7	38 / 29,3	33 / 29,8	44	66	41	2	26	78	14	13	81

Příloha B

Data o opotřebení

Vozidlo 1 SPZ: 1BA XXXX		L.T.	7 - 7,5 mm/ 1m	Nasazení pneu	764041	
Měření č. 1	06.05.2021	Nájezd: 766041				
		Nájezd pneu 2000				
Data Continental (přepočtená data z první etapy)						
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější		
PP	12.3	12.7	12.4	12.2		
LP	12.2	12.6	12.5	12.2		
Průměr	12.25	12.65	12.45	12.2		
					nájezd v tis. km	
					Vozidlo 1	
					0	13
					2	12.2
					12	11.4
					23	8.95
					36	7.05
					38	6.5
					66	2.3
Měření č. 2	26.05.2021	Nájezd: 776173				
		Nájezd pneu 12132				
Data Continental (přepočtená data z první etapy)						
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější		
PP	11.2	12.3	12.4	11.3		
LP	11.4	12.2	12.2	11.5		
Průměr	11.3	12.25	12.3	11.4		
Rozdíl oproti předešlému měření:						
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Průměr	
PP	1.1	0.4	0	0.9	0.6	
LP	0.8	0.4	0.3	0.7	0.55	
Měření č. 3	25.06.2021	Nájezd: 786827				
		Nájezd pneu 22786				
Data Continental (přepočtená data z první etapy)						
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější		
PP	9.9	9.7	9.7	9.2		
LP	10.2	10.8	10.5	8.7		
Průměr	10.05	10.25	10.1	8.95		
Rozdíl oproti předešlému měření:						
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Průměr	
PP	1.3	2.6	2.7	2.1	2.175	
LP	1.2	1.4	1.7	2.8	1.775	
Měření č. 4	30.07.2021	Nájezd: 799720				
		Nájezd pneu 35679				
Data Continental (přepočtená data z první etapy)						
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější		
PP	8.9	8.8	8.6	7.3		
LP	9.8	10.2	10	6.8		
Průměr	9.35	9.5	9.3	7.05		
Rozdíl oproti předešlému měření:						
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Průměr	
PP	1	0.9	1.1	1.9	1.225	
LP	0.4	0.6	0.5	1.9	0.85	
Měření č. 5	27.08.2021	Nájezd: 802303		(Kamion tři týdny mimo provoz z důvodu dovolené řidiče)		
		Nájezd pneu 38262				
Data Continental (přepočtená data z první etapy)						
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější		
PP	8.2	8.2	8.1	6.4		
LP	9.5	10	9.8	6.6		
Průměr	8.85	9.1	8.95	6.5		
Rozdíl oproti předešlému měření:						
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Průměr	
PP	0.7	0.6	0.5	0.9	0.675	
LP	0.3	0.2	0.2	0.2	0.225	
Měření č. 6	12.12.2021	Nájezd: 830 180		Pneumatiky ojeté a sundané		
		Nájezd pneu 66139				
Data Continental (přepočtená data z první etapy)						
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější		
PP	5.6	5.6	4.5	2.7		
LP	6.5	8.1	7.1	1.9		
Průměr	6.05	6.85	5.8	2.3		
Rozdíl oproti předešlému měření:						
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Průměr	
PP	2.6	2.6	3.6	3.7	3.125	
LP	3	1.9	2.7	4.7	3.075	

Vozidlo 2 SPZ: 1BF XXXX	R.C. 660272	7 - 7,5 mm/ 1m	Nasazení pneu 630272		
Měření č. 1 03.07.2021	Nájezd: 660272	Nájezd pneu 30000			
Data Continental (přepočtená data z první etapy)					
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Tlak
PP	11.8	12.6	12.7	11.4	9
LP	11.4	12.4	12.3	11.2	9
Průměr	11.6	12.5	12.5	11.3	
Měření č. 2 25.07.2021	Nájezd: 672 361	Nájezd pneu 42089			
Data Continental (přepočtená data z první etapy)					
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Tlak
PP	10.8	11.9	11.9	10.6	-
LP	10.9	12.2	12.1	10.5	-
Průměr	10.85	12.05	12	10.55	
Rozdíl oproti předešlému měření:					
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Průměr
PP	1	0.7	0.8	0.8	0.825
LP	0.5	0.2	0.2	0.7	0.4
Měření č. 3 27.08.2021	Nájezd: 685 915	Nájezd pneu 55643			
Data Continental (přepočtená data z první etapy)					
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Tlak
PP	8.7	9.5	9.8	9.2	-
LP	9.6	10.1	10	8.2	-
Průměr	9.15	9.8	9.9	8.7	
Rozdíl oproti předešlému měření:					
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Průměr
PP	2.1	2.4	2.1	1.3	1.975
LP	1.3	2.1	2.1	2.35	1.9625
Měření č. 4 24.09.2021	Nájezd: 694 827	Nájezd pneu 64555			
Data Continental (přepočtená data z první etapy)					
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Tlak
PP	8	8.4	8.7	7.7	-
LP	9	9.6	9.5	7.6	-
Průměr	8.5	9	9.1	7.65	
Rozdíl oproti předešlému měření:					
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Průměr
PP	0.7	1.1	1.1	1.5	1.1
LP	0.6	0.5	0.5	0.6	0.55
Měření č. 5 13.11.2021	Nájezd: 717373	Nájezd pneu 87101	(Kamion tři týdny mimo provoz z důvodu dovolené řidiče)		
Data Continental (přepočtená data z první etapy)					
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Tlak
PP	8	8.5	8.7	7.4	7.67
LP	8.8	9.4	9.4	7.2	7.63
Průměr	8.4	8.95	9.05	7.3	
Rozdíl oproti předešlému měření:					
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Průměr
PP	0	-0.1	0	0.3	0.05
LP	0.2	0.2	0.1	0.4	0.225
Měření č. 6 27.12.2021	Nájezd: 732 531	Nájezd pneu 102259	Pneumatiky ojeté a sundané		
Data Continental (přepočtená data z první etapy)					
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Tlak
PP	8.5	8.6	8.8	7.4	7.28
LP	8.6	9.2	9.2	7	6.9
Průměr	8.55	8.9	9	7.2	
Rozdíl oproti předešlému měření:					
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Průměr
PP	-0.5	-0.1	-0.1	0	-0.175
LP	0.2	0.2	0.2	0.2	0.2
Měření č. 7 03.04.2022	Nájezd: 773 639	Nájezd pneu 143367	Pneumatiky ojeté a sundané		
Data Continental (přepočtená data z první etapy)					
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Tlak
PP	7.3	8.6	9.2	5.4	7.73
LP	7.6	8.9	8	5.7	7.83
Průměr	7.45	8.75	8.6	5.55	
Rozdíl oproti předešlému měření:					
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Průměr
PP	1.2	0	-0.4	2	0.7
LP	1	0.3	1.2	1.3	0.95

nájezd v tis. km	Vozidlo 2
0	13
30	11.3
42	10.55
56	8.7
65	7.6
87	7.3
102	7.2
143	5.55
150	
160	
170	
180	
190	
200	
210	
220	
230	

Vozidlo 3 SPZ: 1BX XXXX	řidič Z.A.	1-2 mm / 1 m	Nasazení pneu	644253	
Měření č. 1 11.06.2021	Nájezd: 664253	Nájezd pneu 20000			
Data Continental (přepočtená data z první etapy)					
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Tlak
PP	11	11.7	11.7	11	8.53
LP	10.2	11.1	11.6	10.1	8.53
Průměr	10.6	11.4	11.65	10.55	
Měření č. 2 02.07.2021	Nájezd: 678896	Nájezd pneu 34643			
Data Continental (přepočtená data z první etapy)					
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Tlak
PP	10.3	11	11	10.2	-
LP	9.8	10.9	11.4	9.8	-
Průměr	10.05	10.95	11.2	10	
Rozdíl oproti předešlému měření:					
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Průměr
PP	0.7	0.7	0.7	0.8	0.725
LP	0.4	0.2	0.2	0.3	0.275
Měření č. 3 06.08.2021	Nájezd: 689961	Nájezd pneu 45708			
Data Continental (přepočtená data z první etapy)					
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Tlak
PP	9.4	10.8	10.8	8.9	-
LP	9.4	10.5	10.9	9.5	-
Průměr	9.4	10.65	10.85	9.2	
Rozdíl oproti předešlému měření:					
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Průměr
PP	0.9	0.2	0.2	0.9	0.55
LP	0.4	0.4	0.5	0.5	0.45
Měření č. 4 17.09.2021	Nájezd: 702289	Nájezd pneu 58036			
Data Continental (přepočtená data z první etapy)					
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Tlak
PP	9.3	10.6	10.6	8.7	-
LP	8.7	9.9	9.8	8.4	-
Průměr	9	10.25	10.2	8.55	
Rozdíl oproti předešlému měření:					
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Průměr
PP	0.1	0.2	0.2	0.2	0.175
LP	0.7	0.6	1.1	1.1	0.875
Měření č. 5 27.12.2021	Nájezd: 734284	Nájezd pneu 90031	(Kamion tři týdny mimo provoz z důvodu dovolené řidiče)		
Data Continental (přepočtená data z první etapy)					
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Tlak
PP	9.1	10.4	10.4	8.7	7.61
LP	8.1	9.5	9.6	7.7	7.59
Průměr	8.6	9.95	10	8.2	
Rozdíl oproti předešlému měření:					
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Průměr
PP	0.2	0.2	0.2	0	0.15
LP	0.6	0.4	0.2	0.7	0.475
Měření č. 6 28.04.2022	Nájezd: 776 447	Nájezd pneu 132194	Pneumatiky ojeté a sundané		
Data Continental (přepočtená data z první etapy)					
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Tlak
PP	8.1	9.6	9.5	7.5	7.92
LP	7.4	9	9	6.7	8
Průměr	7.75	9.3	9.25	7.1	
Rozdíl oproti předešlému měření:					
Pneu	Vnitřní	Střed blíž	Střed dál	Vnější	Průměr
PP	1	0.8	0.9	1.2	0.975
LP	0.7	0.5	0.6	1	0.7

nájezd v tis. km	Vozidlo 3
0	13
20	10.55
34	10
46	9.2
58	8.55
90	8.2
132	7.1
140	
150	
160	
170	
180	
190	
200	
210	
220	
230	
240	
250	
260	