

**Střední odborná škola požární ochrany  
a Vyšší odborná škola požární ochrany**

**Vyhodnocení dynamiky jízdy cisternové  
automobilové stříkačky**

**Absolventská práce**

**Student:** Petr Gold

**Vedoucí absolventské práce:** Ing. Marek Cochlar

**Obor vzdělání:** 39-08-N/.. – Požární ochrana a bezpečnost práce

**Vzdělávací program:** Prevence rizik a záchranářství

**Datum odevzdání:** 30. 4. 2024



**Střední odborná škola požární ochrany  
a Vyšší odborná škola požární ochrany**

Pionýrů 2069, 738 01 Frýdek-Místek



## PŘIHLÁŠKA

absolventské práce

Jméno a příjmení studenta	Petr Gold
Obor vzdělání	39-08-N/.. Požární ochrana a bezpečnost práce
Vzdělávací program	39-08-N/02 Prevence rizik a záchranářství
Forma vzdělávání	Kombinovaná
Rok konání absolutoria	2024
Závazně vybrané téma absolventské práce	Vyhodnocení dynamiky jízdy cisternové automobilové stříkačky.
Anotace	Práce bude zaměřena na vyhodnocení základních dynamických charakteristik cisternové automobilové stříkačky na podvozcích TATRA a SCANIA při brždění z vyšších počátečních rychlostí v intervalu od 70 do 95 km.h <sup>-1</sup> . Na úvod budou provedeny teoretické výpočty brzdných drah v závislosti na počáteční rychlosti. Z nich budou stanoveny bezpečnostní limity, zejména potřebná délka dráhy pro rozjezd a následné brždění. Následně bude provedeno reálné měření brzdných drah vybraných vozidel na uzavřené testovací dráze a interpretována výsledná data.
Cíl práce	Cílem práce bude stanovit průměrné velikosti brzdných drah cisternových automobilových stříkaček při brždění z vyšších počátečních rychlostí v intervalu od 70 do 95 km.h <sup>-1</sup> . Výsledná data bude možné použít například v oblasti prevence dopravní nehodovosti.



**Střední odborná škola požární ochrany  
a Vyšší odborná škola požární ochrany**

Pionýrů 2069, 738 01 Frýdek-Místek



Vedoucí práce	Ing. Marek Cochlar
Termín odevzdání absolventské práce v elektronické podobě	15. 04. 2024
Termín odevzdání absolventské práce v tištěné podobě	30. 04. 2024

Ve Frýdku-Místku dne

.....  
podpis studenta

.....  
podpis vedoucího práce



**Střední odborná škola požární ochrany  
a Vyšší odborná škola požární ochrany**

Pionýrů 2069, 738 01 Frýdek-Místek



## ZADÁNÍ ABSOLVENTSKÉ PRÁCE

**Jméno:** Petr Gold

**Obor vzdělávání:** 39-08-N/.. Požární ochrana a bezpečnost práce  
**Vzdělávací program:** 39-08-N/02 Prevence rizik a záchranářství  
**Školní rok:** 2023/2024

Protože jste splnil požadované studijní podmínky pro ukončení studia ve vyšší odborné škole, zadávám Vám ve smyslu zákona 561/2004 Sb., § 102, odst. 1 téma pro absolventskou práci.

**Název tématu:** Vyhodnocení dynamiky jízdy cisternové automobilové stříkačky.

Rozsah práce je stanoven interně vydanými zásadami pro vypracování absolventské práce.

Vedoucí práce: Ing Marek Cochlar

Termín zadání: 22. 09. 2023

Termín odevzdání absolventské práce v elektronické podobě: 15. 04. 2024

Termín odevzdání absolventské práce v tištěné podobě: 30. 04. 2024

Podpis studenta:

Podpis ředitele školy:

Ve Frýdku-Místku dne:

12 -12- 2023

Razítko:

STŘEDNÍ ODBORNÁ ŠKOLA  
POŽÁRNÍ OCHRANY A  
VYŠŠÍ ODBORNÁ ŠKOLA  
POŽÁRNÍ OCHRANY  
pošt. příhr. 56, 738 02 FRÝDEK-MÍSTEK

Beru na vědomí, že absolventská práce je majetkem SOŠ PO a VOŠ PO (ustanovení § 60 odst. 1 zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon), bez jejího souhlasu nesmí být nic z obsahu práce publikováno.

Souhlasím s prezentačním zpřístupněním své absolventské práce ve studijní knihovně SOŠ PO a VOŠ PO.

Ostrava, duben 2024

.....

Petr Gold

## **Prohlášení**

Prohlašuji, že jsem předloženou absolventskou práci vypracoval samostatně. Veškeré prameny, z nichž jsem při zpracování čerpal, v práci řádně cituji a jsou uvedeny v seznamu použité literatury a pramenů.

Ostrava, duben 2024

.....

Petr Gold

*Děkuji kpt. Ing. Marku Cochlarovi za pomoc, která byla neocenitelná a opravdu si vážím jeho podpory, trpělivosti, poskytnutých materiálů a času, který mi věnoval při zpracování mé absolventské práce. Rád bych také poděkoval Ing. Ladislavu Jánošíkovi, Ph.D. za zkušenosti, rady a významnou spolupráci při měření brzdných drah. Dále děkuji své rodině, že mi umožnila studium a po celou dobu mě podporovala.*

# Anotace

GOLD Petr. *Vyhodnocení dynamiky jízdy cisternové automobilové stříkačky*. Absolventská práce. Frýdek – Místek: SOŠ PO a VOŠ PO. 2024. 56 stran.

Absolventská práce se zabývá vyhodnocením základních dynamických charakteristik cisternových automobilových stříkaček na podvozcích TATRA a SCANIA při brzdění z vyšších počátečních rychlostí, a to v intervalu od 70 do 90 km.h<sup>-1</sup>. Z provedených teoretických výpočtů brzdných drah v závislosti na počáteční rychlosti budou stanoveny limity, zejména potřebná délka brzdných drah pro rozjezd a následné brzdění. Dále jsou teoretické výpočty porovnány s reálným měřením brzdných drah na uzavřené dráze a interpretována výsledná data.

Klíčová slova:

Cisternová automobilová stříkačka; rychlost; brzdění; charakteristika; jízda.

# Annotation

GOLD Petr. *Evaluation of the driving dynamics of tank truck fire engines*. Bachelor's thesis. Frýdek-Místek: Secondary Technical School and Higher Vocational School. 2024. 56 pages.

The bachelor's thesis deals with the evaluation of the basic dynamic characteristics of tank truck fire engines on TATRA and SCANIA chassis during braking from higher initial speeds, ranging from 70 to 90 km.h<sup>-1</sup>. Limits will be established from theoretical calculations of braking distances depending on the initial speed, particularly the required length of braking distances for acceleration and subsequent braking. Furthermore, theoretical calculations are compared with real measurements of braking distances on a closed track and the resulting data are interpreted.

Keywords:

Water tender; speed; braking; characteristics; driving.



# Obsah

Úvod .....	1
1. Stručná charakteristika Moravskoslezského kraje.....	2
2. Základní takticko-technická data vybraných CAS .....	3
2.1 CAS 20/3200/200-S1T SCANIA P440.....	3
2.2 CAS 20/4000/240 – S2T TATRA TERRA.....	5
3. Dynamika.....	9
4. Adheze .....	11
4.1 Součinitel adheze .....	11
5. Pneumatiky .....	13
5.1 Valivý odpor.....	14
5.2 Nahuštění, druhy, dezény pneumatik .....	15
5.2.1 Nahuštění.....	15
5.2.2 Dělení podle druhu dezénu.....	17
5.2.3 Dělení podle sezónního období.....	20
5.2.4 Pneumatiky testovaných CAS .....	21
6. Brzdy .....	23
6.1 Typy brzd .....	23
6.1.1 Brzda kotoučová.....	23
6.2 Brzdění a jeho druhy.....	26
6.3 Brzdná dráha .....	27
6.3.1 Průběh brzdění.....	27
6.3.2 Dráha potřebná k zastavení vozidla .....	28
6.3.3 Přípustná brzdná dráha .....	28
6.4 Výpočet teoretické brzdné dráhy .....	29
7. Měřicí technika.....	30
7.1 Performance box .....	30
7.2 VBOX – TEST SUITE.....	31
7.3 Podmínky pro výběr místa měření.....	32
7.4 Popis místa měření – Hlučín .....	33
7.4.1 Podmínky měření – počasí .....	34
8. Výsledky měření.....	35

8.2 Brzdná dráha CAS SCANIA .....	38
8.3 Čas a dráha potřebná pro rozjezd CAS TATRA Terra .....	41
8.4 Brzdná dráha TATRA Terra .....	44
8.5 Doba potřebná pro rozjezd.....	47
8.6 Brzdění.....	48
Závěr.....	50
Seznam použité literatury .....	52
Seznam obrázků.....	55
Seznam tabulek.....	56

## Seznam použitých zkratk

°C	stupeň Celsia
a. s.	akciová společnost
ABS	antiblocking system
AVG	průměrná hodnota
CAN	Controller Area Network
CAS	Cisternová automobilová stříkačka
cit.	citace
CO <sub>2</sub>	oxid uhličitý
D x Š x V	délka, šířka, výška
DPH	daň z přidané hodnoty
EHK	Evropská hospodářská komise
ESP	elektronický stabilizační program
g	tíhové zrychlení
GLONASS	Globální družicový polohový systém – Rusko
GPS	Globální družicový polohový systém – USA
hh.mm.ss	hodin, minus, sekund
HS	hasičská stanice
HZS	Hasičský záchranný sbor
HZS MSK	Hasičský záchranný sbor Moravskoslezského kraje
Kč	koruna česká
kg	kilogram
km	kilometry
km.h <sup>-1</sup>	kilometry za hodinu
km <sup>2</sup>	kilometr čtverečný
kVA	kilo volt ampér
kW	kilowaty
l.min <sup>-1</sup>	litry za minutu
lm	lumeny

m	metry
m n. m.	metrů nad mořem
$m \cdot s^{-1}$	metrů za sekundu
Max	maximální hodnota
M-B	Mercedes Benz
Min	minimální hodnota
MPa	megapascaly
MSK	Moravskoslezský kraj
MSR	zařízení pro regulaci točivého momentu motoru
N	Newton
RCE Brno	robotics, computer vision, and embedded
s	sekundy
SD karta	Secure digital – paměťové médium
Std Dev	standardní odchylka
THT Polička	Továrna hasicí techniky
USB Port	Universal Serial Bus
V	volt

# Úvod

Bezpečnost provozu vozidel na pozemních komunikacích je v dnešní době často skloňovaným tématem. Každoročně dochází k nárůstu hustoty dopravy, přičemž dopravní infrastruktura v České republice je zastaralá a její modernizace probíhá velmi pomalu.

Tyto skutečnosti mají mimo jiné velký vliv na bezpečnost jízdy vozidel s právem přednostní jízdy na místo mimořádné události. Hasič – strojník má za úkol dopravit požární družstvo na místo mimořádné události, a to bezpečně a v co nejkratším čase, přičemž může ostatní účastníky silničního provozu omezit, ale nikoliv ohrozit. A to je vlivem, zejména hustoty provozu a řídicích schopností účastníků silničního provozu, stále větší problém.

Schopnosti řidičů reagovat na jedoucí vozidlo s právem přednostní jízdy klesají, což může být způsobeno několika faktory, jako je například hlasitý poslech hudby, nesledování okolního provozu, nevěnování se řízení, neschopnost řešit nastalé krizové situace. Všechny uvedené skutečnosti mohou vést ke krizovému brzdění, a to i z vyšších rychlostí.

Cílem této práce je stanovit průměrnou velikost brzdných drah cisternových automobilových stříkaček při brzdění z vyšších počátečních rychlostí v intervalu od 70 do 90 km.h<sup>-1</sup>. Výsledná data bude možné použít například v oblasti prevence dopravní nehodovosti.

V této problematice již vyšlo několik prací, které se věnují nižším rychlostem. Proto jsem se v této práci zaměřil na rychlosti od 70 do 90 km.h<sup>-1</sup>. Tato práce mi přijde důležitá z toho důvodu, že vozidla s právem přednostní jízdy při zásahu jezdí ve vyšších rychlostech, a proto poznatky této práce budou důležité pro řidiče těchto vozidel, kterým se tak dostane informace o tom, s jakou brzdnou dráhou mohou při vyšší rychlosti počítat, což se může využít v edukaci nových i stávajících řidičů – strojníků.

Dalším důvodem, proč jsem zvolil toto téma je to, že jsem sám řidič vozidel s právem přednostní jízdy a nové automobily mají vyšší výkony motorů a je snazší se dostat do vyšších rychlostí. Tato práce má pomoci řidičům umět na tyto nové automobily reagovat a poznat alespoň teoreticky jejich možnosti brzdění.

# 1. Stručná charakteristika Moravskoslezského kraje

Moravskoslezský kraj o rozloze 5430, 54 km<sup>2</sup> je jedním ze čtrnácti samosprávných krajů. Nachází se v severovýchodní části České republiky. Na severu sousedí s Polskem a na východě se Slovenskem. Vnitrostátními sousedy jsou kraje Olomoucký a Zlínský.

Kraj se dále člení na tyto bývalé okresy: Ostrava-město, Opava, Bruntál, Nový Jičín, Karviná a Frýdek-Místek (viz Obrázek 1). Žije zde 1,19 milionů obyvatel, což z Moravskoslezského kraje dělá čtvrtý nejzalidněnější kraj v České republice. Co se týče hustoty zalidnění, je po Praze ihned na druhém místě. Ostrava je třetím největším městem v České republice a slouží jako administrativní a průmyslové centrum Moravskoslezského kraje. Kraj má významný průmyslový charakter se zaměřením na těžký průmysl, těžbu uhlí a hutnictví.

Region se vyznačuje rozmanitou krajinou, včetně pohoří Beskyd s nejvyšším vrcholem Lysou horou (1323 m n. m.) a Jeseníků s nejvyšším vrcholem Moravskoslezského kraje, kterým je Praděd (1492 m n. m.). V nížinách najdeme také několik řek. Nejvýznamnější řekou je Odra. Do této řeky se vlévá řeka Opava, odvodňující Jeseníky a řeka Ostravice, která odvádí vodu z Beskyd. Nachází se zde i několik přehradních nádrží, z nichž největší jsou Slezská Harta, Šance, Kružberk, Těrlicko a Žermanice.

Moravskoslezský kraj je významným dopravním uzlem s mezinárodním letištěm, železnicí a dálnicemi, které ho spojují s ostatními částmi České republiky a sousedními zeměmi. [5]



Obrázek 1 - Mapa Moravskoslezského kraje [1]

## 2. Základní takticko-technická data vybraných CAS

Cisternové automobilové stříkačky jsou u HZS Moravskoslezského kraje na různých podvozcích, zejména v návaznosti na to, jaký je jejich účel. Do městského provozu to mohou být například podvozky M-B nebo SCANIA. Do smíšeného provozu to mohou být například podvozky TATRA nebo CAS do terénního provozu na podvozcích TATRA nebo Renault. V následujících podkapitolách jsou uvedena základní takticko-technická data zástupců této skupiny u HZS Moravskoslezského kraje.

### 2.1 CAS 20/3200/200-S1T SCANIA P440

SCANIA je zástupce kategorií CAS postavených pro městský provoz, používaných u HZS MSK. Tyto CAS postupně od roku 2020 až do současnosti nahrazují na území města Ostravy staré CAS na podvozcích M-B Eonic, které sloužily v Ostravě přes 10 let. Kvůli jejich stáří, technickému stavu a ukončení výroby některých komponent, bylo nutné najít náhradu. To se podařilo a výrobce požárních vozidel THT Polička ve spolupráci se společností SCANIA, vyrobil v roce 2020 podle požadavků HZS MSK první dva kusy městské CAS na podvozku SCANIA. V dalších letech se s obměnou pokračovalo a v současné době stále obměna pokračuje. Do konce roku 2023 bylo nahrazeno všech 12 kusů CAS na podvozku M-B Eonic a v roce 2024 mají být dodány poslední dva kusy a celkový počet tak bude 14 kusů.

Podvozek:	SCANIA P440B NB 4x2 CP31N
Rozměry vozidla:	8 315 x 2 550 x 3 270 mm (D x Š x V)
Hmotnost:	18 000/14 250 kg (celková / provozní)
Maximální rychlost:	120 km.h <sup>-1</sup>
Kabina:	čtyřdveřová, jednoprostorová, sklopná, osádka 1 + 5
Motor:	naftový, přeplňovaný
Zdvihový objem:	12 742 cm <sup>3</sup>
Výkon motoru:	324 kW
Převodovka:	automatická, šestistupňová Allison
Nástavba:	materiál – plast

Nádrže:	3 200/200 litrů (voda / pěna)
Čerpadlo:	THT PAK 2000
Výkon čerpadla:	2 000 l.min <sup>-1</sup> (250 l.min <sup>-1</sup> – vysokotlaký režim)
Jmen. pracovní tlak:	1,0 MPa (4,0 MPa – vysokotlaký režim)
Jmen. sací výška:	3 m
Elektrocentrála:	Rosenbauer RS 14, výkon 13,6 kVA
Osvětlovací stožár:	výkon 9 500 lm, max. výška 5 m nad zemí
Barva:	RAL 3024 s bílými pruhy a reflexními polepy žluté barvy
Udaná cena:	10 282 580 Kč s DPH

CAS na podvozku SCANIA (viz Obrázek 2) má kromě základních parametrů ještě další specifika oproti CAS, která byla u Hasičského záchranného sboru provozována do doby jejich uvedení do provozu. Jedná se zejména o systém společnosti RCE Brno, který umožňuje řízení nástaveb požárních automobilů pomocí CAN sběrnice. CAN je sériová datová sběrnice využívající pro vzájemnou komunikaci elektrických funkčních jednotek (modulů). Pro lepší představu lze zjednodušeně říct, že se jedná o počítačovou síť. Tento systém umožňuje u automobilů zjistit informace o otevřených roletách, dveřích, sklopených stupačkách, vysunutém osvětlovacím stožáru, zapnutých výstražných světlech, otáčkách motoru a mnoho dalšího.

Vybavení CAS u HZS Moravskoslezského kraje je upraveno dle standardu, kdy veškeré CAS určené pro první výjezd jsou vybaveny totožně a umístění jednotlivých technických prostředků je ve všech CAS stejné. [22]





Obrázek 2 - CAS 20 na podvozku SCANIA [3]

## 2.2 CAS 20/4000/240 – S2T TATRA TERRA

Tatra Terra (viz Obrázek 3) je druhou z testovaných CAS, určenou převážně pro provoz mimo intravilán měst, kde je členitější terén. Terry se na územních odborech objevují již od roku 2018, kde vystřídaly svého předchůdce s označením Terrno. V současné době HZS MSK disponuje 15 kusy Tatra Terra.

Podvozek:	TATRA T 815-2T5RA3.431.4×4.1
Rozměry vozidla:	8 530 x 2 550 x 3 200 mm (délka x šířka x výška)
Hmotnost:	18 000/12 950 kg (celková / provozní)
Maximální rychlost:	110 km.h <sup>-1</sup>
Kabina:	čtyřdveřová, jednoprostorová, sklopná, osádka 1 + 5
Motor:	naftový, přeplňovaný
Zdvihový objem:	12 667 cm <sup>3</sup>
Výkon motoru:	325 kW
Převodovka:	automatická, šestistupňová Allison
Nástavba:	materiál – hliník, plast

Nádrže:	4 000/240 litrů (voda / pěna)
Čerpadlo:	THT PAK 2000
Výkon čerpadla:	2 000 l.min <sup>-1</sup> (250 l.min <sup>-1</sup> – vysokotlaký režim)
Jmen. pracovní tlak:	1,0 MPa (4,0 MPa – vysokotlaký režim)
Jmen. sací výška:	3 m
Elektrocentrála:	Stroje Polák EL 6500, výkon 6,5 kVA
Osvětlovací stožár:	výkon 9 500 lm, max. výška 5 m nad zemí
Barva:	RAL 3024 s bílými pruhy a reflexními polepy žluté barvy
Udaná cena:	11 970 071 Kč s DPH

V CAS TATRA je stejně jako u předešlé CAS SCANIA využíván systém sběru dat pomocí sběrnice CAN a systém společnosti RCE Brno. Ten umožňuje nejen přehlednou kontrolu zapnutých systémů vozidla u obslužného panelu strojníka na zádi CAS, ale také zobrazuje a umožňuje ovládat systém na tabletu z kabiny řidiče. [23] V Tabulce 1 můžeme vidět srovnání základních parametrů měřených CAS.



*Obrázek 3 - CAS 20 na podvozku TATRA [3]*

Tabulka 1 - Přehledová tabulka CAS

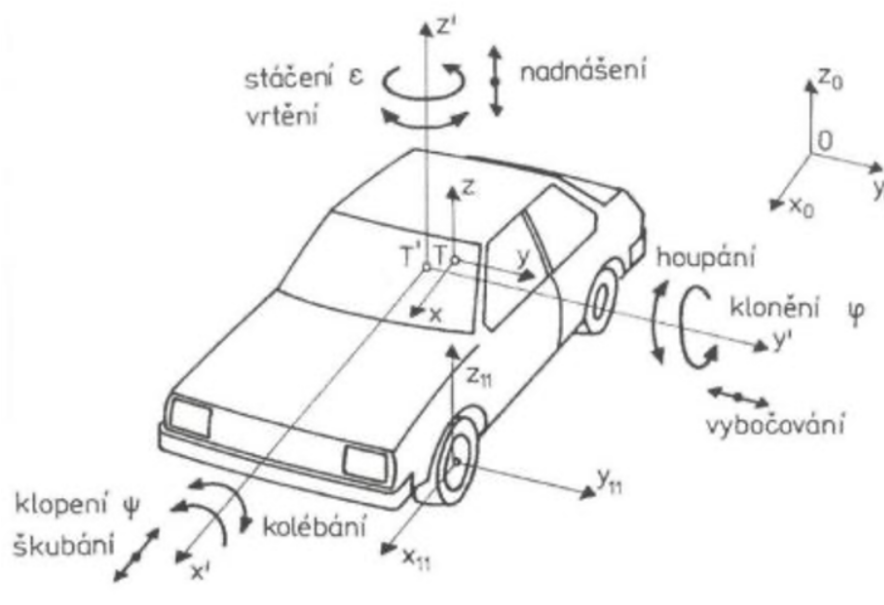
<b>Automobil</b>	<b>SCANIA</b>	<b>TATRA Terra</b>
<b>Podvozek</b>	SCANIA P440B NB 4x2 CP31N	TATRA TERRA 815-2T5RA3.431.4x4.1
<b>Rozměry vozidla</b>	8 315 x 2 550 x 3 270 mm (D x Š x V)	8 530 x 2 550 x 3 200 mm (D x Š x V)
<b>Hmotnost</b>	18 000/14 250 kg (celková / provozní)	18 000/12 950 kg (celková / provozní)
<b>Maximální rychlost</b>	120 km.h <sup>-1</sup>	110 km.h <sup>-1</sup>
<b>Kabina</b>	čtyřdveřová, jednoprostorová, sklopná, osádka 1 + 5	čtyřdveřová, jednoprostorová, sklopná, osádka 1 + 5
<b>Motor</b>	naftový, přeplňovaný	naftový, přeplňovaný
<b>Zdvihový objem</b>	12 742 cm <sup>3</sup>	12 667 cm <sup>3</sup>
<b>Výkon motoru</b>	324 kW	325 kW
<b>Převodovka</b>	automatická, šestistupňová Allison	automatická, šestistupňová Allison
<b>Nástavba</b>	materiál – plast	materiál – hliník, plast
<b>Nádrže</b>	3 200/200 litrů (voda / pěna)	4000/240 litrů (voda / pěna)
<b>Čerpadlo</b>	THT PAK 2000	THT PAK 2000
<b>Výkon čerpadla</b>	2 000 l.min <sup>-1</sup> 250 l.min <sup>-1</sup> – vysokotlaký režim	2 000 l.min <sup>-1</sup> 250 l.min <sup>-1</sup> – vysokotlaký režim
<b>Jmen. pracovní tlak</b>	1,0 MPa 4,0 MPa – vysokotlaký režim	1,0 MPa 4,0 MPa – vysokotlaký režim

<b>Jmen. sací výška</b>	3 m	3 m
<b>Barva</b>	RAL 3024 s bílými pruhy a reflexními polepy žluté barvy	RAL 3024 s bílými pruhy a reflexními polepy žluté barvy
<b>Udaná cena</b>	10 282 580 Kč s DPH	11 970 071 Kč s DPH

### 3. Dynamika

Dynamika vozidla je studie o tom, jak se pohyb vozidla mění v reakci na různé faktory, jako jsou chování řidiče, přenos síly od pohonné jednotky a podmínky prostředí. Zahrnuje aspekty, jako je hnací ústrojí, brzdění, odpružení, řízení, rozložení hmotnosti, aerodynamika a pneumatiky.

Dynamika vozidla zahrnuje pohyby kolem podélné, příčné a vertikální osy, označené jako kolébání, houpání a vrtění, jak je popsáno na Obrázku 4.



Obrázek 4 - Základní souřadný systém [4]

Pochopení pojmů jako je přetáčivost, nedotáčivost a neutrální chování při samořízení je zásadní pro dynamiku vozidla a pro zajištění optimální kontroly a bezpečnosti při jízdě.

Mezi klíčové parametry ovlivňující chování vozidla patří poloha těžiště, koncepce hnacího ústrojí, konstrukce odpružení a vlastnosti pneumatik.

V konečném důsledku hraje dynamika vozidla zásadní roli při dosahování rovnováhy mezi pohodlím řidiče, bezpečností a celkovým pocitem z jízdy.

Odstředivá síla je síla, která ovlivňuje pohyb vozidla při projíždění zatáček a ovlivňuje jeho schopnost udržet směr jízdy.

Tření mezi pneumatikami a povrchem vozovky je zásadní pro zajištění stability a schopnosti vozidla, jak zrychlovat, tak i brzdit. [21]

## 4. Adheze

Adheze je vlastnost, která udává přilnavost mezi pneumatikami a vozovkou. Bývá často také definována jako přenos tečných sil bez zjevného pohybu mezi nimi. Tuto vlastnost ovšem nelze zaměňovat s prostým třením. Jedná se o složitější jev, mimo mikro nerovností, je také podmíněn i makro nerovnostmi vozovky, účelně vytvořenými výstupky dezénu pneumatiky a přisáváním dezénu k vozovce. [6]

Velikost adhezní síly:

$$F_{ad} = Z_k \times \mu [N] \quad (1)$$

kde,  $Z_k$  je zatížení kola a  $\mu$  je součinitel adheze.

### 4.1 Součinitel adheze

Velikost součinitele adheze závisí na typu a stavu vozovky (viz Tabulka 2), ale také pneumatik a do jisté míry i na rychlosti vozidla. Hodnota součinitele adheze se zpravidla pohybuje od  $\mu = 0,1$  pro zledovatělou vozovku. Je zřejmé, že na vozovku je možné přenést sílu maximální hodnoty rovnající se síle adhezní. Celková síla přenášená na vozovku je tedy dána geometrickým součtem všech sil, které jsou v daném okamžiku na vozovku přenášeny. Ty mají libovolný směr a smysl.

Adheze je vlastnost, která je neustále zkoumána a všechny poznatky jsou vkládány do výroby nových pneumatik, které jsou díky pečlivým poznatkům stále lepší a bezpečnější. [6]

Součinitel adheze je ovlivňován několika faktory:

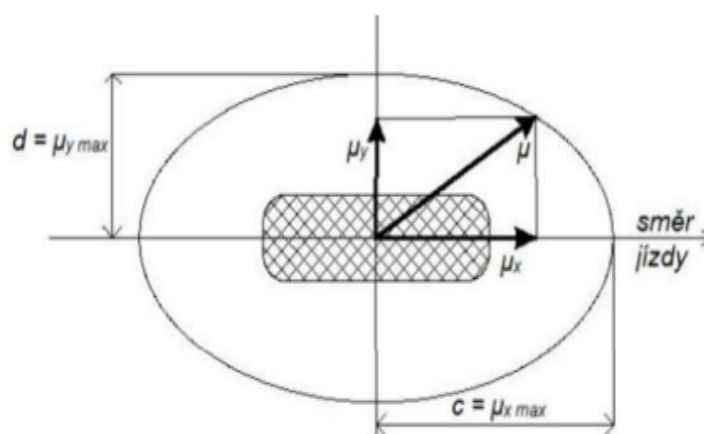
- rychlostí vozidla
- opotřebením, teplotou a druhem pneumatik
- nahuštěním pneumatiky
- teplotou a povrchem vozovky

Tabulka 2 - Hodnota součinitele adheze na různých typech povrchů [7]

povrch vozovky		$\mu$	povrch vozovky		$\mu$
beton	suchý	0,8 – 1,0	polní cesta	suchý	0,4 – 0,6
	mokrý	0,5 – 0,8		mokrý	0,3 – 0,4
asfalt	suchý	0,6 – 0,9	tráva	suchý	0,4 – 0,6
	<b>mokrý</b>	<b>0,3 – 0,8</b>		mokrý	0,2 – 0,5
dlažba	suchý	0,6 – 0,9	sníh, hluboký písek		0,2 – 0,4
	mokrý	0,3 – 0,5	náledí	0 ° C	0,05 – 0,10
makadam	suchý	0,6 – 0,8		- 10 ° C	0,08 – 0,15
	mokrý	0,3 – 0,5		- 20 ° C	0,15 – 0,20

Adhezní síla může být na styku pneumatiky a vozovky využita v podélném  $\mu_x$  a příčném  $\mu_y$  směru. Výsledná síla je tvořena podélnou  $\mu_x$  a příčnou  $\mu_y$  složkou. Dá se vyobrazit jako adhezní elipsa (viz Obrázek 5), která se nazývá jako Kammova kružnice. Tato kružnice nám udává maximální součtovou adhezi, kterou lze využít do požadovaného směru.

Využití adheze, která je mezi kolem a vozovkou udává vektorový součet adheze. Ten je využit v podélném  $\mu_x$  a příčném  $\mu_y$  směru. Výsledný součet nemusí dosáhnout mezní hodnoty součinitele adheze, nesmí ji však překročit. [7]



Obrázek 5 - Adhezní elipsa [7]



## 5. Pneumatiky

Pneumatika je vzduchem plněná pružná část kol dopravních prostředků. Pneumatiky jsou velmi významným prvkem brzdové soustavy. Je to jediný bod na automobilu, který je přímo spojen s vozovkou, a proto je tak důležitý. Zajišťuje přenos sil mezi vozovkou a koly vozidla. Plocha o několika centimetrech čtverečních tak přenáší výkon a brzdný účinek, čímž se stává nejdůležitější součástí automobilu. Působí také jako primární odpružení.

Termín pneumatika je souhrnný název pro plášť, případně duši, ochrannou vložku nebo bezdušový ventil namontovaný na ráfek a naplněný tlakovým médiem.

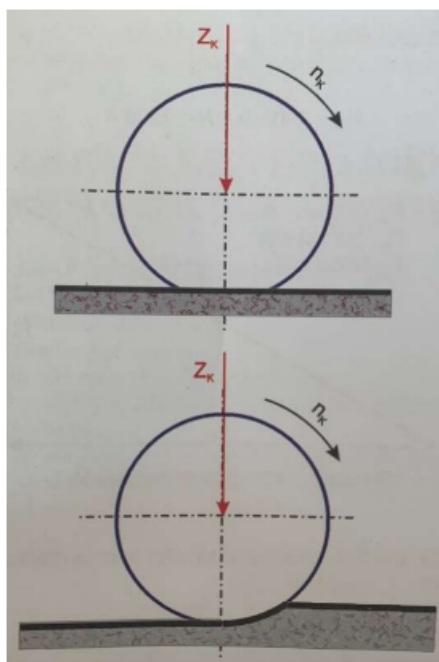
Plášť je vnější pružná část pneumatiky, která zajišťuje styk s vozovkou. Pneumatika je z geometrického hlediska tvořena uzavřeným prstencem – toroidem. Z mechanického hlediska je pneumatika tlaková nádoba, jejíž stěny jsou tvořeny pružnou membránou.

Protože pneumatiky zajišťují styk auta s vozovkou, musí plnit několik funkcí:

- Vedení směru: pneumatiky musí držet vybranou stopu bez ohledu na stav povrchu nebo při změně povětrnostních podmínek. Dodržením správného tlaku v pneumatikách zajistíme ideální stabilitu vozidla a vedení směru.
- Nesení zátěže: při akceleraci, brzdění, ale i při stání vozidla musí pneumatiky odolávat značné zátěži.
- Tlumení: pneumatiky pohlcují nárazy a chrání vozidlo před případnými nerovnostmi na silnici. Správné tlumení pneumatik zajišťuje pohodlí posádce a přispívá k prodloužení životnosti podvozku.
- Valivý pohyb: pokud se pneumatiky odvalují rovnoměrněji a s nižším valivým odporem, snižuje se spotřeba paliva.
- Přenos výkonu: přenáší hnací sílu motoru a brzdnou sílu vozidla
- Životnost: opotřebení pneumatik závisí na zátěži vozidla, pravidelné rychlosti vozidla, stavu vozovky, ale také způsobu jízdy. Je důležité, aby pneumatika měla dlouhou životnost. [9]

## 5.1 Valivý odpor

Velikost odporu valení má vliv na spoustu věcí, jako jsou deformace pneumatiky, deformace vozovky a dále například třecí odpory v ložisku. Velikost odporu (viz Obrázek 6) závisí také na tření v pneumatice, smýkání dezénu po vozovce, jeho přisávání k vozovce a rychlosti vozidla. Pro zjednodušení se rychlost většinou nebere v potaz a valivý odpor je tak považován na rychlosti nezávislý. [6]



Obrázek 6 - Odpor valení [6]

Velikost odporu valení:

$$F_f = Z_k \cdot \Psi \text{ [N]} \quad (2)$$

kde  $\Psi$  je součinitel odporu valení. Jeho hodnota se pohybuje okolo 0,01 pro dobrou suchou asfaltovou vozovku. Pro hluboký písek může být až 0,3.

Přesněji lze součinitel valivého odporu stanovit výpočtem z následujícího vztahu:

$$\Psi = \frac{f + f_{\dot{\epsilon}} \cdot r}{R} \quad (3)$$

kde  $r$  je poloměr čepu [mm],  $R$  je poloměr kola vozidla [mm],  $f_c$  je součinitel čepového tření a  $f$  je součinitel valivého odporu [mm]. [6]

## 5.2 Nahuštění, druhy, dezény pneumatik

### 5.2.1 Nahuštění

Správné nahuštění pneumatik je základním faktorem při jízdě motorovým vozidlem. Správné nahuštění má vliv na:

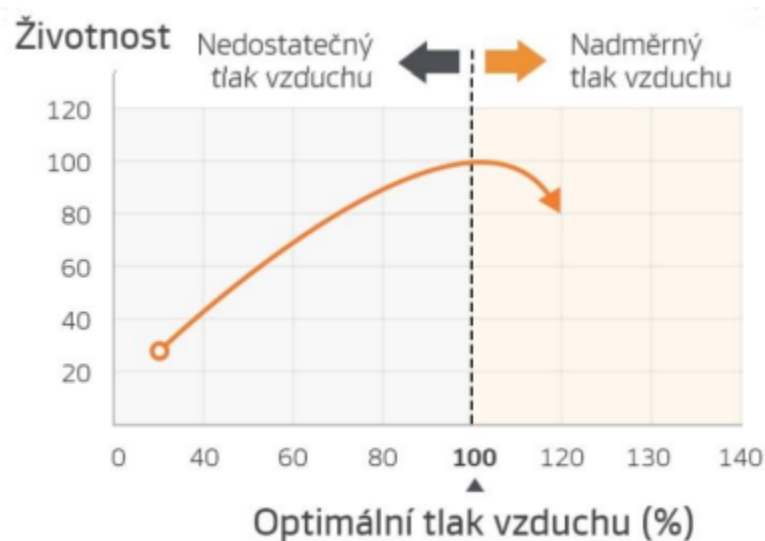
- adhezi a lepší přenos sil (ovladatelnost a bezpečnost vozu),
- delší životnost pneumatiky,
- velikost valivého odporu (nižší spotřeba paliva a méně emisí CO<sub>2</sub>).

#### **Ovladatelnost a bezpečnost vozu**

Tlak huštění má vliv na ovladatelnost vozidla a jeho bezpečnost. V případě, že na vozidle máme podhuštěné nebo přehuštěné pneumatiky, vozidlo má zhoršenou odezvu na akceleraci, i deceleraci. V krajních případech se může vozidlo chovat nepředvídatelně a stát se neovladatelným. Pokud dojde k extrémní situaci např. prudké brzdění, vyhýbací manévr, špatné počasí atd. a je špatně nahuštěná pneumatika, prodlužuje se brzdná dráha a snižuje se stabilita vozidla i odolnost vůči aquaplaningu.

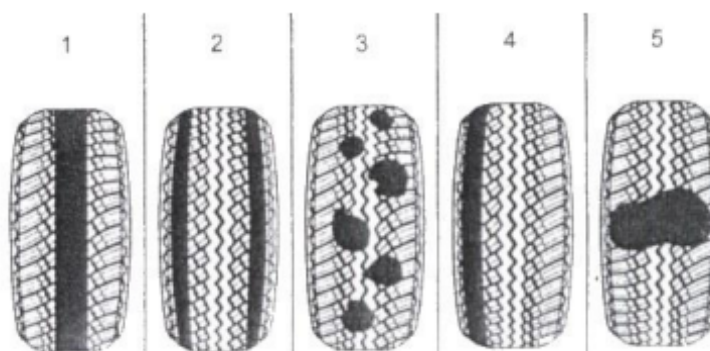
#### **Delší životnost pneumatiky**

Tlak huštění pneumatiky má samozřejmě také vliv na životnost pneumatiky. Na Obrázku 7 je zobrazena závislost tlaku na životnosti pneumatiky. Podhuštěné pneumatiky mají vyšší tendenci k poškození a opotřebovávají se rychleji. Pokud se vydáme na cestu s takovou pneumatikou, dochází k jejímu přehřívání, čímž se samozřejmě zvyšuje i riziko tepelného poškození. Podhuštěním se také zmenšuje prostor mezi ráfkem a kontaktní plochou pneumatiky a může tak dojít k proražení samotné pneumatiky o ráfek. [11]



Obrázek 7 - Životnost pneumatik v závislosti na tlaku [12]

Opotřebení pneumatik je zobrazeno na Obrázku 8. Při velkém tlaku se výrazněji opotřebovává střední pás běhounu. Při nízkém tlaku v pneumatikách dochází k výraznějšímu opotřebení krajních pásů běhounu. Nerovnost opotřebení pneumatiky je způsobena vadným tlumičem. Jednostranné sjíždění je způsobeno nesprávně seřízenou geometrií nápravy. Poslední zobrazená pneumatika znázorňuje vysoké opotřebení – „přebždění“ v důsledku krizového brzdění u vozidla bez ABS.



Obrázek 8 - Příčiny opotřebení pneumatik [12]

Výrobce doporučená hodnota hustícího tlaku by měla být uvedena v návodu k obsluze. U nákladních vozidel by tato hodnota měla být uvedena na lemu blatníku nad kolem dané nápravy.

Na Obrázku 9 a 10 jsou pro ilustraci zobrazeny pneumatiky přední nápravy měřených CAS.



Obrázek 9 - Pneumatika CAS SCANIA [3]



Obrázek 10 – Pneumatika CAS TATRA [3]

### 5.2.2 Dělení podle druhu dezénu

Dezén je odborný název pro vzorek pneumatiky, podle rozmístění drážek rozlišujeme tři základní typy dezénu: symetrický dezén, asymetrický dezén a směrový dezén.

#### **Symetrický dezén**

Pneumatika s tímto dezénem je souměrná v podélné ose (viz Obrázek 11). Drážky a lamely jsou umístěny stejně vlevo i vpravo od podélné osy pneumatiky. Funkce dezénu pneumatiky, jako jsou záběr na sněhu, odvod vody nebo příční tuhost bočnice jsou také rozloženy symetricky po obou stranách pneumatiky.

Tyto pneumatiky používají automobily nižší a střední třídy. Mají nižší výrobní náklady a vykazují výborný poměr cena / výkon. Tento typ je také vhodnější na kratší vzdálenosti. [13]

Výhody:

- nízké pořizovací náklady
- snadná montáž
- dobré jízdní vlastnosti na suché vozovce

Nevýhody:

- nevhodné na dlouhé vzdálenosti
- nižší stabilita v zatáčkách
- nevhodné pro vozidla vyšších tříd
- horší jízdní vlastnosti na mokré vozovce



Obrázek 11 - Symetrický dezén [13]

### **Asymetrický dezén**

Tento typ dezénu pneumatik (viz Obrázek 12) je vhodný pro všechny třídy vozidel. Tento typ má po obvodu funkční segmenty uspořádané nesymetricky. Segmenty vnitřní strany jsou více prořezané a obsahují vodící drážky. Úkolem těchto segmentů je záběr při brzdění, odvod vody a sněhu. Tento typ pneumatiky by měl také zabraňovat aquaplaningu. Funkcí vnější části je lepší odvalování, zvýšená stabilita při jízdě v zatáčkách a pohodlí při jízdě v přímém směru. Levá a pravá strana se při montáži nerozlišuje, ovšem je důležité dodržet pozici pneumatiky (vnější a vnitřní stranu). [14]

Výhody:

- vhodné pro všechny typy vozidel
- nízká hlučnost
- výborné jízdní vlastnosti
- vysoká stabilita v zatáčkách

- kratší brzdná dráha

Nevýhody:

- vyšší pořizovací náklady



*Obrázek 12 - Asymetrický dezén [13]*

### **Směrový dezén**

Tento typ dezénu je charakteristický svým šípovým designem (viz Obrázek 13). Jeho funkce je především ve výborném odvodu vody a sněhu. Nejčastěji bývá tedy použit na zimním typu pneumatik pro automobily středních tříd a sportovní vozidla. Jeho design vypadá jako písmeno V, který určuje směr rotace pneumatiky. U těchto pneumatik musíme dodržet levou a pravou stranu, nicméně můžeme změnit přední a zadní pneumatiku. [15]

Výhody:

- výborné směrové vedení
- stabilní i při rychlé jízdě na mokré vozovce
- vhodné pro zimní provoz a sportovní vozy

Nevýhody:

- hlučnost

- nižší životnost
- není vhodný pro vozidla vyšší třídy



*Obrázek 13 - Směrový dezén [13]*

### 5.2.3 Dělení podle sezónního období

Podle sezónního období dělíme pneumatiky na tři druhy: letní, zimní a celoroční.

#### **Letní pneumatiky**

Letní pneumatiky se používají, pokud přestane teplota pravidelně klesat pod 7 stupňů Celsia. Hloubka dezénu nesmí být menší než 1,6 mm. Konstrukce dezénu je navrhnutá tak, aby dobře odváděla vodu a zamezila aquaplaningu. Pokud teplota klesne pod 7 stupňů Celsia, začínají tyto pneumatiky tvrdnout a ztrácí své důležité vlastnosti například adhezi. [16]

#### **Zimní pneumatiky**

Zimní pneumatiky jsou vyráběny tak, aby odolaly teplotnímu rozmezí od 7 stupňů Celsia až do – 40 stupňů Celsia. Hloubka dezénu musí být nejméně 4 mm u nákladních automobilů je to 6 mm. Čím bude dezén větší, tím bude kratší brzdná dráha na mokré nebo sněhem pokryté vozovce. V tomto počasí mají pneumatiky optimální vlastnosti a na rozdíl od letních pneumatik netvrdnou. V mínusových teplotách je tento typ pneumatik schopen dobré adheze. Oproti letním pneumatikám mají vyšší obsah přírodního kaučuku, který zajišťuje jejich odolnost



v nízkých teplotách. V poslední době se začíná používat směs na bázi siliky, která nahrazuje v kaučukové směsi část sazí. [16]

### **Celoroční pneumatiky**

Tyto pneumatiky jsou přijatelným kompromisem mezi zimními a letními pneumatikami. Obsahují vlastnosti obou druhů pneumatik, ale nedosahují takových kvalit. Vyrábějí se ze směsí, které jsou podobné zimním pneumatikám, aby byly přizpůsobivé v zimním období. Jízdní kvalita však není ideální ani v jednom období. [18]

Na Obrázku 14 máme srovnání dezénu všech typů pneumatik.



*Obrázek 14 - letní, zimní a celoroční dezén pneumatik [18]*

### **5.2.4 Pneumatiky testovaných CAS**

Všechny CAS měly zimní pneumatiky s označením „M+S“, které udává, že pneumatika je určena pro jízdu v terénu a sněhu. Označení „Radial“ nám říká, že pneumatika je směrová, tudíž je potřeba dodržet směr otáčení pneumatiky ve směru jízdy. „Regroovable“ znamená, že pneumatiky je možno prořezat pro opětovné zvětšení dezénu. „Tubeless“ je označení pro pneumatiku bez duše. Pneumatiky měřených vozidel CAS jsou srovnány v Tabulce 3.

Tabulka 3 - Pneumatiky použité na testovaných CAS

Typ pneumatik			
SCANIA – pneu Michelin		TATRA – pneu Continental	
přední náprava	zadní náprava	přední náprava	zadní náprava
315/80 R 22,5	315/80 R 22,5	385/65 R 22,5	315/80 R 22,5
X Multi	X Multi HD	Conti CrossTrac HS3	Conti CrossTrac HD3

### **Pneumatiky Michelin X Multi**

Tyto pneumatiky nabízejí kompromis mezi výkonem a odolností, který přesně reaguje na potřeby řidiče. Pneumatiky je díky tomu, že se na běhounu nachází o 18 % pryže navíc, možno používat až do konce jejich životnosti, tedy až do dosažení indikátoru opotřebení, aniž by se musel řidič obávat ztráty záběru nebo ohrožení přepravovaných osob nebo nákladu. Vzhledem k tomu, že je kilometrový výkon vyšší až o 15 %, snižuje se cena na kilometr, a proto je výhodné tyto pneumatiky používat na delší vzdálenosti. Robustnost pneumatik umožňuje jejich snadnější prořezání a protektorování. Míra protektorovatelnosti je tak o 10 % vyšší. Pneumatika má dobrou úroveň záběru a přilnavosti po celý rok, proto je vhodné je používat za každého počasí. [2]

### **Pneumatiky Continental Conti CrossTrac**

Díky robustní kostře jde o model, který vydrží výrazně déle, než je běžná životnost pneumatiky. Jedním z důvodů, proč jsou tyto pneumatiky hospodárné je kostra s dlouhou životností a výjimečnou strukturální stabilitou. Větší množství pryže v oblasti koruny, kde dochází ke kontaktu, znamená další vrstvu ochrany a také snížení rizika defektu. Pneumatika je vyrobena z mimořádně stabilních směsí, pozice patky je zárukou optimálního rozložení zátěže za všech jízdních podmínek. [17]

## 6. Brzdy

Brzda je zařízení, které slouží k zastavení nebo zpomalení pohybujícího se předmětu nebo udržení v klidu stojícího předmětu. Vždy mají velký význam především u dopravních prostředků, kde jsou základním bezpečnostním prvkem. Oblast použití brzdových zařízení je ovšem mnohem širší, protože se s tímto typem technického zařízení setkáváme u nejrůznějších strojních zařízení, z čehož nám vychází spousta typů brzd. [8]

### 6.1 Typy brzd

Brzdy dělíme na mechanické, pneumatické, hydraulické a elektrodynamické.

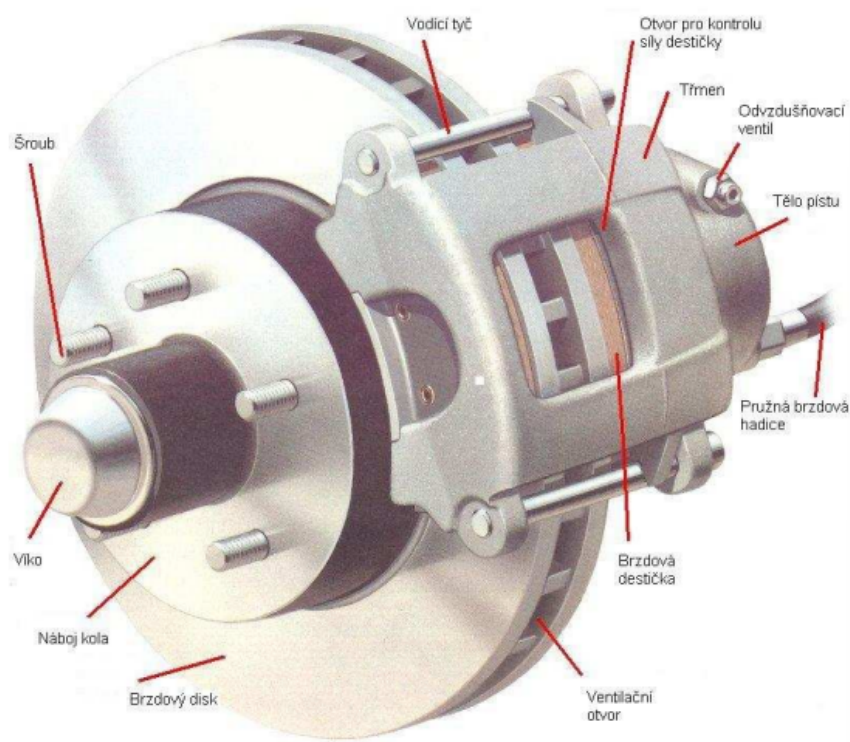
1. Mechanické
  - špalíková
  - bubnová
  - kotoučová
  - pásová
2. Pneumatické a hydraulické
  - motorová brzda
  - výfuková brzda
  - hydrodynamická brzda
3. Elektrodynamická brzda

Zaměření práce se týká brzdění motorového vozidla, proto se budeme věnovat pouze brzdě kotoučové, která je nejpoužívanější u dopravních prostředků.

#### 6.1.1 Brzda kotoučová

Kotouč neboli rotor je pracovní část brzdy, který je brzděný přitlakem destiček. V dnešní době se používá především u automobilů, vlaků, jízdních kol, ale také u dětských kočárků. U tohoto typu brzd spočívá práce především v hydraulice. Sešlápnutím pedálu vzniká tlak v brzdovém systému. Při sešlápnutí pedálu začne působit brzdová kapalina, která přenese sílu na brzdový píst, který dále tlačí na brzdové destičky kolmo na rotor. Následně vzniká třecí síla mezi rotorem a destičkami, které působí proti otáčení rotoru a tím dochází k zastavování.

Člověk může do jisté míry ovlivnit rychlost zastavení podle toho, jak silně sešlápne brzdový pedál.



Obrázek 15 - Sestava diskové brzdy [8]

Tento typ brzdy je sestaven z brzdového disku (viz Obrázek 15), brzdového třmenu, brzdového pístu a brzdové destičky.

Brzdový disk je připevněn k náboji kola a spolu s ním rotuje. Bývá nejčastěji vyroben z šedé litiny, ocelolitiny, ale občas se vyrábí také s příměsí keramických částic. Výhodou keramických kotoučů je nižší hmotnost a nižší opotřebovanost. Nevýhodou je vysoká cena. U brzdového disku je nutné kontrolovat minimální tloušťku brzdné stěny, protože vlivem přítlaku destiček se často opotřebovává.

Brzdový třmen je namontován na brzdový píst a brzdové pístové destičky. Je to součástka, která je pevně spojena s vozidlem. Tento díl slouží ke správnému uchycení brzdových destiček a přenosu tlaku na již zmíněné destičky.

Brzdový píst je zamontován do brzdového třmenu. Zde je připojena hadička s brzdovou kapalinou, která při sešlápnutí brzdového pedálu způsobí tlak, který působí na píst a na brzdové destičky, které jsou s pístem spojeny.

Brzdové destičky jsou tlačeny brzdovým pístem a bývají vyrobeny tak, aby způsobovaly při tlaku velké tření, které umožňuje rychlé zastavení. Z důvodu vysokého tření bývají destičky velmi často rychle opotřebený. Kvůli této skutečnosti je nutné destičky často kontrolovat a případně vyměnit. V dnešní době má již většina v sobě zabudovaný senzor, který řidiče upozorní na jejich opotřebení a nutnou výměnu. [8]

V dnešní době bývá součástí aut také systém aktivní bezpečnosti vozidla, který zvyšuje bezpečnost u brzdění. Nejčastěji bývá zajištěn systémy – ABS, EDS, ASR, MSR, ESP.

### **Brzdy s ABS**

Systém brzd ABS je systém aktivní bezpečnosti vozidla, který zabraňuje zablokování kola při brzdění a tím ztráty adheze mezi kolem a vozovkou, čímž umožní zachování stability, ovladatelnosti a říditelnosti vozidla v mezních situacích.

ABS je jeden ze základních bezpečnostních prvků, na který navazují ostatní elektronické systémy. Neustále snímá pohyb každého kola, informaci o rychlosti otáčení přenáší do řídicí jednotky ABS a dále pak na elektrohydraulické či elektropneumatické řídicí ventily, které zabraňují smyku postupným uvolňováním kola, tak aby nedošlo k jeho zablokování. Odvalující se kolo zajišťuje vyšší stabilitu a řidič je schopen s vozidlem manévrovat v potřebném směru i během intenzivního brzdění.

Skládá se z ozubeného věnce (součást kola nebo hnací hřídele kola, otáčí se), indukčního snímače (cívka s vlasovým vodičem na permanentním magnetu), řídicí jednotky (elektronický mikroprocesor pro přijímání signálu a odesílání do dalších částí elektroniky vozidla) a výkonného prvku, který se dále dělí na kapalinové brzdy (vytváří protitlak k příslušnému kolu) a vzduchotlakové brzdy, které vypouští tlak vzduchu tak, že ventil uzavře přívod vzduchu a vyfukovacím ventilem se kola odbrzdí.

**EDS** – elektronická uzávěrka diferenciálu je protiskluzový systém, který je založen na funkci ABS. Funguje tak, že pokud se protáčí jedno kolo, tento systém přenesení část točivého momentu na druhé kolo téže nápravy.

**ASR** – protiskluzová soustava, která zasahuje při prokluzu obou kol téže nápravy a současně řídí chod motoru.

**MSR** – regulace brzdného momentu motoru, která zvýšením otáček motoru zabrání v prokluzu kol při razantním brzdění motorem.

**ESP** – elektronický stabilizační program reguluje otáčky jednotlivých kol a usnadňuje plynulý a bezpečný průjezd zatáčkou. [8]

## 6.2 Brzdění a jeho druhy

Brzdění je záměrné snižování rychlosti vozidla nebo zamezení rozjetí se stojícího vozidla. Máme několik druhů brzdění: provozní, nouzové, parkovací a odlehčovací.

Provozní brzdění je součástí všech motorových vozidel. Jeho úkolem je umožnit ovládnutí pohybu automobilu nebo účinně a rychle zastavit v jakékoliv situaci, která může v provozu nastat. Brzdícího účinku je nejčastěji dosahováno zpomalováním otáčejících se kol vozu, tzn. že na kola vozidla je přiváděn brzdny účinek.

Nouzové brzdění je funkce automobilu, která umožňuje zastavení vozidla v případě poruchy provozní brzdy.

Parkovací brzdou zajistíme vozidlo po uvedení vozidla do klidu provozní brzdou. Tato brzda musí umožnit udržení vozidla v klidovém stavu i ve svahu. Lze ji ve většině případů použít i jako nouzovou brzdou.

Odlehčovací brzda umožňuje omezení rychlosti nebo její udržení při jízdě ze svahu. Tyto brzdy bývají také označovány termínem retardér a rozlišujeme je na čtyři základní druhy podle principu: [4]

- výfukové brzdy
- motorové brzdy

- elektrodynamické brzdy
- hydrodynamické brzdy

## 6.3 Brzdná dráha

Brzdná dráha je vzdálenost, kterou vozidlo ujede od okamžiku kdy řidič rozpozná kritickou situaci, až do úplného zastavení vozidla. Z délky brzdné dráhy můžeme mimo jiné poznat kvalitu brzd. Délka brzdné dráhy závisí na několika faktorech.

### 6.3.1 Průběh brzdění

Na Obrázku 16 máme znázorněný průběh brzdění na třech diagramech, které jsou znázorněny v závislosti na čase. Jednotlivé časové úseky mají následující význam:

Než řidič zpozoruje překážku a zareaguje sešlápnutím brzdového pedálu, tak uplyne doba, kterou nazýváme reakční dobou =  $t_r$  – viz Tabulka 4.

Tabulka 4 - Reakční doba řidiče

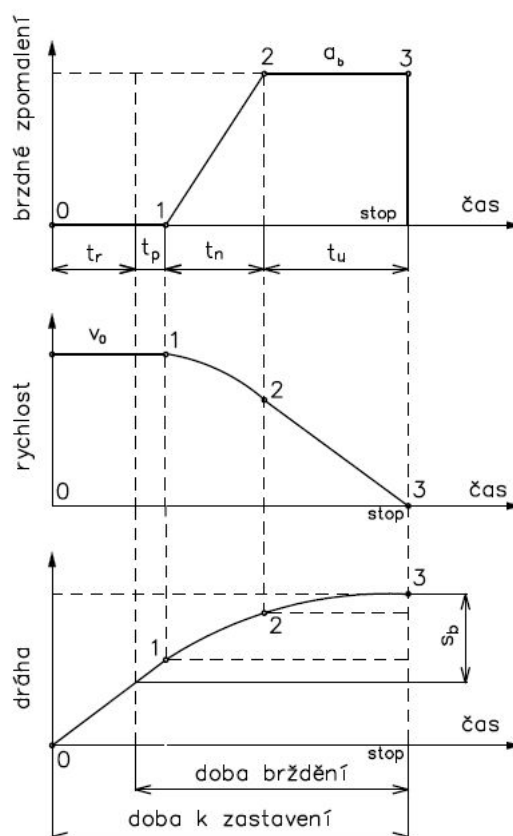
Reakční doba řidiče	Čas reakce (s)
Nadprůměrná reakční doba	0,2 – 0,5
Normální reakce	0,8
Reakce pod vlivem alkoholu	1,7

V momentě, kdy řidič začne působit na brzdový pedál, tak nastává prodlení, než se začne projevovat účinek brzdění. Během této doby dochází k vymezení veškerých vůlí v kloubech, ložiscích a brzdové destičky dosednou na třecí plochu kotouče. Tato doba prodlení je označována  $t_p$ . Nejčastěji tato doba prodlení je:  $t_p = 0,05 – 0,15$  s.

Další časový úsek se nazývá náběh brzdění. Tento pojem udává reakční dobu mezi začátkem účinku brzdění až do naběhnutí jeho maximální výše. Bývá označován jako  $t_n$  a nejčastěji trvá:  $t_n = 0,03 – 0,15$  s.

V našem měření nepočítáme s reakční dobou řidiče ze dvou důvodů. Prvním je ten, že řidič ví, že bude brzdít, a proto je na tuto situaci připraven. Druhým důvodem je to, že použitý software při měření oddělí úsek tak, že křivka měření je pouze z konkrétní rychlosti – např. 90 km.h<sup>-1</sup> do 0 km.h<sup>-1</sup>. To znamená, že pokud vozidlo jede 93 km.h<sup>-1</sup>, nepočítá se s reakční dobou

řidiče, ale ani s dobrou náběhu brzd, které již v momentě, kdy vozidlo zpomalí na  $90 \text{ km.h}^{-1}$  brzdí maximálním účinkem. To je důvod, proč jsou pro toto měření reakční doba řidiče a maximální náběh brzd zanedbatelné hodnoty. [4]



Obrázek 16 - Průběh brždění [4]

### 6.3.2 Dráha potřebná k zastavení vozidla

Dráha potřebná k zastavení vozidla se skládá z několika úseků. Nejdůležitějším faktorem bude rychlost jízdy, kterou se vozidlo pohybuje. Dalšími faktory, které hrají roli u dráhy potřebné k zastavení vozidla jsou dráha během náběhu brždění a dráha ujetá během reakční doby [4]

### 6.3.3 Přípustná brzdná dráha

Mezinárodní předpis EHK č. 13 stanovuje přípustnou dráhu pro provozní a nouzové brždění v různých kategoriích vozidel. Při provozním brždění automobilu je formulován touto rovnicí:



$$s = 0,1v_0 + \frac{v_0^2}{150} \quad (4)$$

kde  $s$  [m] je brzdňá dráha a  $v_0$  [km.h<sup>-1</sup>] je počáteční rychlost, kterou se automobil pohybuje při začátku brzdění.

## 6.4 Výpočet teoretické brzdňé dráhy

Pro potřeby této práce byl použitý následující vzorec: [4]

$$s = \frac{v^2}{2a} \quad (5)$$

$$a = g \times \mu \quad (6)$$

Tabulka 5 - Teoretická brzdňá dráha

Rychlost	$v$	25 m.s <sup>-1</sup>
Tíhové zrychlení	$g$	9,81
Součinitel adheze – mokrý asfalt	$\mu$	0,3 - 0,8 použito 0,5
<b>Brzdňá dráha</b>	<b><math>s</math></b>	<b>63,7 m</b>

Po dosazení hodnot do vzorečků vyšlo, že brzdňá dráha by měla činit 63,7 m z rychlosti 90 km.h<sup>-1</sup>. Součinitel adheze byl vybrán z Tabulky č. 5. Pro potřeby této práce jsme z hodnot mokrého asfaltu počítali s průměrnou hodnotou rozsahu.

Výpočet byl proveden pouze pro nejvyšší rychlost, ze které bylo brzděno. Pro nižší rychlosti nebyly provedeny výpočty, protože z logiky věci vyplývá, že teoretická brzdňá dráha bude nižší.

## 7. Měřicí technika

Pro měření akcelerace, a hlavně decelerace u obou vozidel, na kterých bylo prováděno měření, byla použita telemetrie Performance Box (viz Obrázek 17). Jedná se o přístroj anglické firmy Racelogic Ltd, Buckingham, Anglie. Zařízení je vybaveno technologií GPS pro přesné sledování polohy, rychlosti a zrychlení vozidla. Je schopno sledovat jak příčné nebo podélné akcelerace, tak i časy jednotlivých kol. Na přístroji je obrazovka, která poskytuje řidiči informace v reálném čase, což mu umožňuje sledovat metriky výkonu i během jízdy [19].



Obrázek 17 - Telemetrie Performance Box [19]

### 7.1 Performance box

Modul má možnost protokolování dat, uchovává informace o rychlosti, zrychlení a dalších metrikách v průběhu času. Pracuje s kmitočtem 10 Hz, což odpovídá časovému rozmezí 0,1 sekundy, ve kterém jsou všechna data uložena na paměťové médium. Přesnost měření je dána využitím dvou satelitních signálů-GPS a GLONASS. Ze získaných údajů o poloze dokáže přístroj dopočítat v reálném čase například rychlost nebo ujetou vzdálenost. U těchto veličin uvádí výrobce odchylky 0,005 % pro vzdálenost, tedy přesnost 50 cm na vzdálenosti 1 km s rozlišením 1 cm. Přesnost měření rychlosti udává výrobce 0,2 km.h<sup>-1</sup> při rozlišení 0,1 km.h<sup>-1</sup>. Schopnost měřit přetížení je s rozlišením 0,01 g až do hodnoty 4 g.

Telemetrie je vybavena 2“ displejem, po jehož stranách je 6 tlačítek k nastavení a ovládání přístroje. Je schopna pracovat v teplotním rozmezí od – 20 až do + 50 °C. Modul zaznamenává měřená data na vloženou SD kartu o maximální velikosti 8 GB, jejíž slot je umístěn z čela přístroje. Napájení přístroje je zajištěno kabelem do zásuvky vozidla s využitím obou druhů

napětí 12/24 V nebo kabelem do USB portu. Pro přesné měření je do přístroje připojena externí GPS anténa, která se pomocí magnetu umísťuje na střechu měřeného vozidla. Anténa zabudovaná v přístroji není natolik přesná jako externí anténa. Samotný PerformanceBox byl během měření umístěn na čelním skle vozidel pomocí přísavek, viz Obrázek 18. [19]

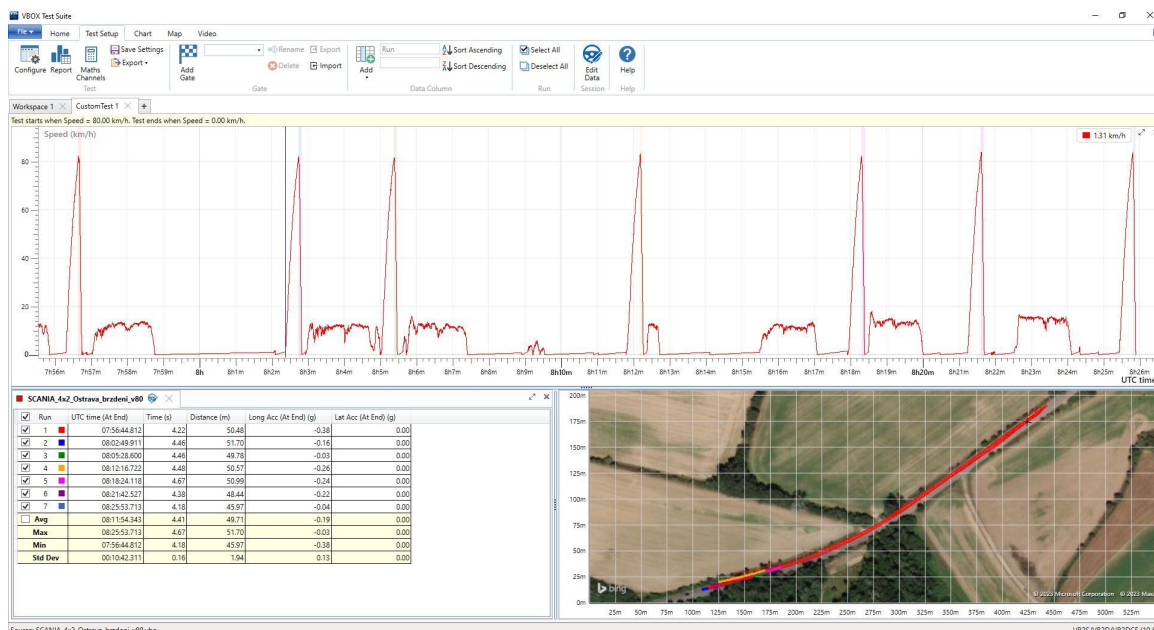


Obrázek 18 - PerformanceBox v průběhu měření [3]

## 7.2 VBOX – TEST SUITE

Zpracování dat zapsaných na SD kartu vloženou do telemetrie probíhá dále v počítači, v software VBOX Test Suite anglické firmy Racelogic Ltd. V tomto prostředí jde s daty ve formátu \*.dbn přehledně pracovat a filtrovat konkrétní hodnoty podle potřeby zobrazení. Na Obrázku 19 vidíme pracovní plochu. V horní polovině pracovní plochy je zobrazení grafu rychlosti jednotlivých jízd v reálném čase UTC.

Pravá spodní část plochy zobrazuje ortofoto mapu silnice, na níž bylo měření prováděno a lze ji přepnout také do dopravní mapy. Barevně jsou zaznačeny jednotlivé jízdy. Data jízd jsou zobrazena v levé spodní části plochy včetně barev jednotlivých měření a jejich hodnot. [20]



Obrázek 19 - Pracovní plocha Test Suite [21]

### 7.3 Podmínky pro výběr místa měření

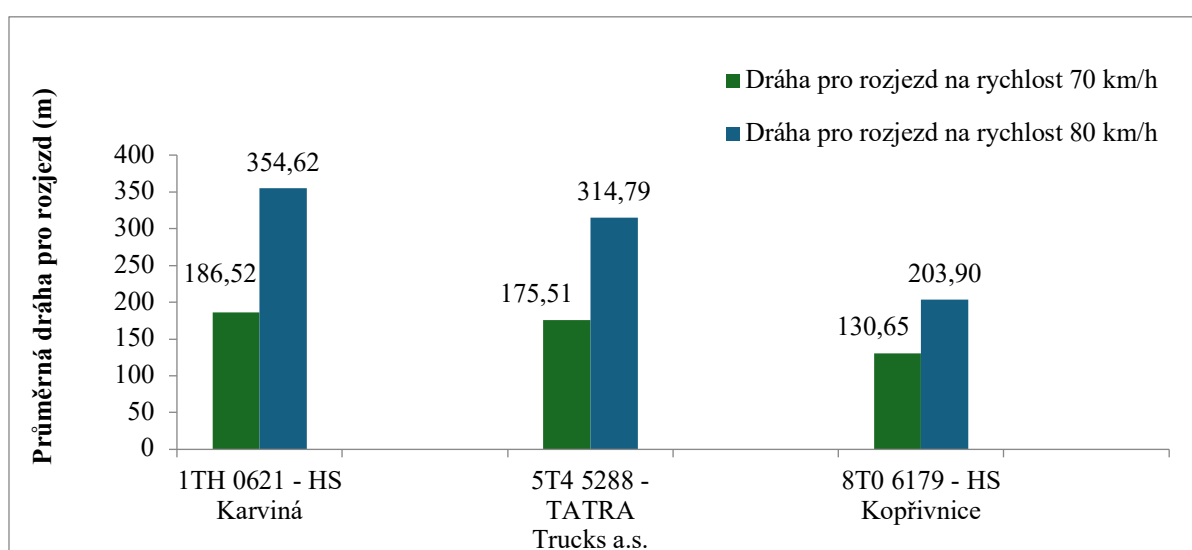
Pro potřeby tohoto měření byla využita diplomová práce Ing. Daniela Chromečka [25]. V jedné z částí se zabývá akcelerací vozidel TATRA s různými typy převodovek. Byly převzaty hodnoty potřebné pro rozjezd CAS TATRA a na jejich základě sestavena tabulka se vzdálenostmi potřebnými pro zrychlení na 70 a 80 km.h<sup>-1</sup> (viz Tabulka 6 a 7 a Obrázek 20). Na rychlost 70 km.h<sup>-1</sup> se byla vozidla schopna rozjet v průměru za 164 m. Na rychlost 80 km.h<sup>-1</sup> se byla schopna vozidla rozjet v průměru za 291 m. Z těchto hodnot byla stanovena bezpečná vzdálenost pro rozjetí CAS na 90 km.h<sup>-1</sup> bude minimálně 500 m. Dále je nutno počítat s dostatečnou dráhou pro brzdění.

Tabulka 6 - Vzdálenost potřebná pro rozjezd na 70 km.h<sup>-1</sup>

CAS (RZ, dislokace)	vzdálenost (m)	průměrná vzdálenost (m)
1TH 0621 - HS Karviná	177,17	186,515
	195,86	
5T4 5288 - TATRA Trucks a.s.	170,57	175,505
	180,44	
8T0 6179 - HS Kopřivnice	132,2	130,65
	129,1	
<b>průměrná vzdálenost (m)</b>		<b>164,22</b>

Tabulka 7 - Vzdálenost potřebná pro rozjezd na 80 km.h<sup>-1</sup>

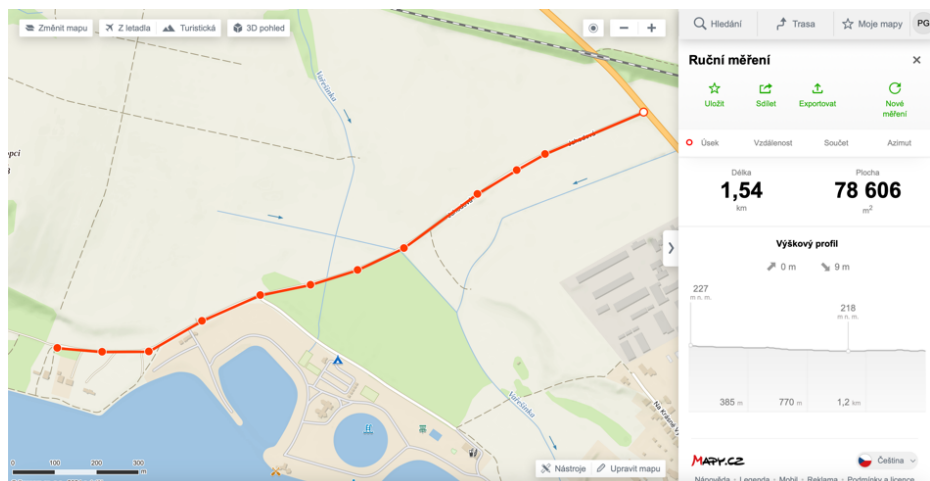
CAS (RZ, dislokace)	vzdálenost (m)	průměrná vzdálenost (m)
1TH 0621 - HS Karviná	390,39	354,62
	318,85	
5T4 5288 - TATRA Trucks a.s.	313,79	314,79
	315,79	
8T0 6179 - HS Kopřivnice	219,47	203,9
	188,33	
	<b>průměrná vzdálenost (m)</b>	<b>291,10</b>



Obrázek 20 - Graf srovnání délky rozjezdů [25]

## 7.4 Popis místa měření – Hlučín

Z výše uvedených důvodů byla vybrána asfaltová cesta s celkovou délkou přesahující 1 km, aby byl zajištěn dostatečný manévrovací prostor. Pro měření brzdné dráhy byla vybrána ulice Jahodová na severozápadním okraji města Hlučína (viz Obrázek 21). Tato ulice je málo frekventovaná a její dostatečná délka odpovídá bezpečnému provedení testování dynamických vlastností vybraných CAS. Celá ulice je dlouhá cca 1,5 km a její výškový profil je 9 m, což odpovídá v průměru 0,6% stoupání nebo klesání, které můžeme pro potřeby našeho měření považovat za zanedbatelné. O připravovaném měření byla předem informována Městská policie a zástupce městského úřadu Hlučín.



Obrázek 21 - ulice Jahodová [24]

### 7.4.1 Podmínky měření – počasí

V místě testování bylo 21. 11. 2023 polojasno až oblačno s teplotou vzduchu během dopoledne okolo 8°C. Vozovka byla mokrá po nočním dešti, nebyla však pokryta souvislou vrstvou vody. Před začátkem měření byla teplota asfaltového svršku 5 °C (měřeno termokamerou).

## 8. Výsledky měření

Měření bylo prováděno 21. 11. 2023 na ulici Jahodové v Hlučíně a účastnil jsem se ho aktivně jako řidič CAS SCANIA. Na místě jsem se sešel s příslušníkem – strojníkem HZS MSK z Opavy s vozidlem TATRA Terra, zástupkyní města Hlučína a panem Ing. Ladislavem Jánošíkem, Ph.D. z Vysoké školy báňské. Přestože je ulice málo frekventovaná bezpečnost v průběhu měření byla zajištěna kolegy z HZS MSK Ostrava-Zábřeh. Ti byli rozmístěni na kritických místech silnice tak, aby během jednotlivých jízd nedošlo k žádné kolizi osob, zvířat ani projíždějících vozidel s testovanými CAS. Po krátké poradě jsme provedli fotodokumentaci, měření teploty a montáž měřících zařízení do obou CAS. Telemetrie byla umístěna na čelním skle uvnitř kabiny vozidla na místě spolujezdce a napájena byla kabelem ze zásuvky CAS. Na střechu CAS byla instalována anténa, která zajišťovala kvalitnější příjem signálu ze satelitů potřebných pro přesné měření. Ta byla připojena rovněž kabelem do měřícího přístroje.

Brzdná dráha byla měřena ze třech rychlostí a to 70, 80 a 90 km.h<sup>-1</sup>. První jízdy začínaly v rychlosti 70 km.h<sup>-1</sup> a každá jízda s brzděním se opakovala nejméně sedmkrát, abych získal dostatek dat z telemetrie a alespoň pět bylo správných. Stejný počet jízd byl aplikován i pro rychlosti 80 a 90 km.h<sup>-1</sup>, přičemž bylo nutné zohlednit delší rozjezdovou i brzdnou dráhu. Každá z CAS SCANIA i TATRA tedy absolvovala minimálně dvacet jedna jízd.

V průběhu jízd byl v kabině CAS přítomen spolujezdec, který informoval řidiče o dosažení konkrétní rychlosti na měřícím zařízení. Jakmile CAS dosáhla požadované rychlosti, tak začal řidič intenzivně brzdit pomocí provozní brdy a CAS začala zpomalovat až do úplného zastavení. Během měření nebyla použita žádná odlehčovací brzda.

## 8.1 Čas a dráha potřebná pro rozjezd CAS SCANIA

V této kapitole jsou popsány časy a vzdálenosti potřebné k rozjezdu měřené CAS SCANIA na požadovanou rychlost, ze které bylo následně brzděno. V Tabulce 8 až 10 jsou uvedeny hodnoty času a vzdálenosti potřebné k rozjezdu měřené CAS SCANIA.

Tabulka 8 – Čas a dráha potřebná pro rozjezd na rychlost 70 km.h<sup>-1</sup>

<b>Vozidlo</b>	<b>SCANIA P440 4x2 (1TH 0610)</b>		
<b>Pokus č.</b>	<b>UTC (hh:mm:ss)</b>	<b>Doba rozjezdu (s)</b>	<b>Dráha pro rozjezd (m)</b>
1	7:35:11,4	16,67	182,75
2	7:37:38,5	17,02	186,52
3	7:41:01,6	16,74	184,26
4	7:43:55,0	16,02	173,99
5	7:47:26,3	16,61	178,67
6	7:51:03,3	17,15	181,60
7	7:53:47,9	16,74	181,65
<b>AVG</b>		<b>16,71</b>	<b>181,35</b>
<b>Max</b>		17,15	186,52
<b>Min</b>		16,02	173,99
<b>Std Dev</b>		0,36	4,06



Tabulka 9 - Čas a dráha potřebná pro rozjezd na rychlost 80 km.h<sup>-1</sup>

<b>Vozidlo</b>	<b>SCANIA P440 4x2 (1TH 0610)</b>		
Pokus č.	UTC (hh:mm:ss)	Doba rozjezdu (s)	Dráha pro rozjezd (m)
1	7:56:38,5	20,32	253,31
2	8:02:43,7	21,00	270,42
3	8:05:22,3	20,09	259,75
4	8:12:10,6	22,58	266,30
5	8:18:17,8	20,80	261,96
6	8:21:35,3	20,73	257,90
7	8:25:47,0	21,20	262,50
<b>AVG</b>		<b>20,96</b>	<b>261,74</b>
<b>Max</b>		22,58	270,42
<b>Min</b>		20,09	253,31
<b>Std Dev</b>		0,81	5,58

Tabulka 10 - Čas a dráha potřebná pro rozjezd na rychlost 90 km.h<sup>-1</sup>

<b>Vozidlo</b>	<b>SCANIA P440 4x2 (1TH 0610)</b>		
Pokus č.	UTC (hh:mm:ss)	Doba rozjezdu (s)	Dráha pro rozjezd (m)
1	8:29:35,7	26,66	397,14
2	8:38:54,8	29,54	455,53
3	8:52:20,1	26,36	375,42
4	8:56:10,4	26,14	372,18
5	9:04:46,8	26,00	371,01
6	9:11:07,8	26,23	383,42
7	9:14:15,7	26,35	386,88
<b>AVG</b>		<b>26,75</b>	<b>391,65</b>
<b>Max</b>		29,54	455,53
<b>Min</b>		26,00	371,01
<b>Std Dev</b>		1,25	29,64

## 8.2 Brzdná dráha CAS SCANIA

V následující kapitole jsou popsány výsledky konkrétního měření CAS SCANIA. V Tabulce 11 až 13 jsou uvedeny hodnoty času a vzdáleností potřebné k zastavení vozidla z konkrétních rychlostí, včetně hodnot podélného zrychlení. Protože jsou hodnoty záporné, jedná se o zpomalování, tedy deceleraci.

Tabulka 11 - Výhodnocení brzdné dráhy z počáteční rychlosti 70 km.h<sup>-1</sup>

<b>Vozidlo</b>	<b>SCANIA P440 4x2 (1TH 0610)</b>		
<b>Pokus č.</b>	<b>Doba brzdění (s)</b>	<b>Brzdná dráha (m)</b>	<b>Podélná akcelerace (g)</b>
1	4,43	37,24	-0,09
2	3,93	37,85	-0,20
3	4,83	37,46	-0,12
4	3,80	36,51	-0,27
5	4,17	36,03	-0,28
6	4,11	37,45	-0,23
7	3,94	38,81	-0,27
8	4,15	40,57	-0,08
<b>AVG</b>	<b>4,17</b>	<b>37,74</b>	<b>-0,19</b>
<b>Max</b>	4,83	40,57	-0,08
<b>Min</b>	3,80	36,03	-0,28
<b>Std Dev</b>	0,33	1,41	0,08

Tabulka 12 - Vyhodnocení brzdné dráhy z počáteční rychlosti 80 km.h<sup>-1</sup>

<b>Vozidlo</b>	<b>SCANIA P440 4x2 (1TH 0610)</b>		
<b>Pokus č.</b>	<b>Doba brzdění (s)</b>	<b>Brzdná dráha (m)</b>	<b>Podélná akcelerace (g)</b>
1	4,22	50,48	-0,38
2	4,46	51,70	-0,16
3	4,46	49,78	-0,03
4	4,48	50,57	-0,26
5	4,67	50,99	-0,24
6	4,38	48,44	-0,22
7	4,18	45,97	-0,04
<b>AVG</b>	4,41	<b>49,70</b>	<b>-0,19</b>
<b>Max</b>	4,67	51,70	-0,03
<b>Min</b>	4,18	45,97	-0,38
<b>Std Dev</b>	0,17	1,94	0,12

Tabulka 13 - Vyhodnocení brzdné dráhy z počáteční rychlosti 90 km.h<sup>-1</sup>

<b>Vozidlo</b>	<b>SCANIA P440 4x2 (1TH 0610)</b>		
<b>Pokus č.</b>	<b>Doba brzdění (s)</b>	<b>Brzdná dráha (m)</b>	<b>Podélná akcelerace (g)</b>
1	*	*	*
2	5,18	62,56	-0,01
3	5,00	63,53	-0,48
4	4,84	62,63	-0,57
5	4,98	62,10	-0,45
6	4,94	63,67	-0,18
7	4,99	60,93	-0,06
<b>AVG</b>	4,99	<b>62,57</b>	<b>-0,29</b>
<b>Max</b>	5,18	63,67	-0,01
<b>Min</b>	4,84	60,93	-0,57
<b>Std Dev</b>	0,11	1,00	0,24

\* Záznam vyřazen z důvodů nesplnění stanovených kritérií.

### 8.3 Čas a dráha potřebná pro rozjezd CAS TATRA Terra

V následující kapitole jsou popsány časy a vzdálenosti potřebné k rozjezdu měřené CAS TATRA Terra na požadovanou rychlost, ze které bylo následně brzděno. V Tabulce 14 až 16 jsou uvedeny hodnoty času a vzdálenosti potřebné k rozjezdu měřené CAS TATRA Terra.

Tabulka 14 - Čas a dráha potřebná pro rozjezd na rychlost 70 km.h<sup>-1</sup>

<b>Vozidlo</b>	<b>TATRA Terra 4x4 (1TI 0905)</b>		
<b>Pokus č.</b>	<b>UTC (hh:mm:ss)</b>	<b>Doba rozjezdu (s)</b>	<b>Dráha pro rozjezd (m)</b>
1	7:37:36,4	35,60	245,07
2	7:40:09,5	36,69	231,38
3	7:41:34,1	20,07	234,44
4	7:43:07,4	20,79	215,60
5	7:45:49,9	19,56	233,01
6	7:47:41,8	21,35	218,58
7	7:49:39,8	18,54	219,78
8	7:51:14,7	21,83	219,71
9	7:53:32,6	18,23	219,07
10	7:55:08,0	23,22	228,85
<b>AVG</b>		<b>23,59</b>	<b>226,55</b>
<b>Max</b>		36,69	245,07
<b>Min</b>		18,23	215,60
<b>Std Dev</b>		6,79	9,47

Tabulka 15 - Čas a dráha potřebná pro rozjezd na rychlost 80 km.h<sup>-1</sup>

<b>Vozidlo</b>	<b>TATRA Terra 4x4 (1TI 0905)</b>		
<b>Pokus č.</b>	<b>UTC (hh:mm:ss)</b>	<b>Doba rozjezdu (s)</b>	<b>Dráha pro rozjezd (m)</b>
1	8:09:19,7	27,95	359,84
2	8:13:19,3	24,05	342,22
3	8:14:55,0	29,30	326,09
4	8:17:20,0	24,85	349,45
5	8:18:54,4	28,07	327,84
6	8:21:12,0	23,98	340,17
7	8:22:47,8	27,01	325,99
8	8:25:22,8	23,60	332,87
9	8:26:55,5	27,68	328,70
10	8:34:26,9	22,40	306,02
<b>AVG</b>		<b>25,89</b>	<b>333,92</b>
<b>Max</b>		29,30	359,84
<b>Min</b>		22,40	306,02
<b>Std Dev</b>		2,37	14,86

Tabulka 16 - Čas a dráha potřebná pro rozjezd na rychlost 90 km.h<sup>-1</sup>

<b>Vozidlo</b>	<b>TATRA Terra 4x4 (1TI 0905)</b>		
Pokus č.	UTC (hh:mm:ss)	Doba rozjezdu (s)	Dráha pro rozjezd (m)
1	8:36:13,4	37,64	526,90
2	8:40:32,1	31,85	519,47
3	8:45:28,4	32,62	527,58
4	8:50:25,2	32,78	530,24
5	8:54:13,1	33,65	538,46
6	8:58:03,2	32,66	529,79
7	9:02:43,9	33,42	540,26
<b>AVG</b>		<b>33,52</b>	<b>530,38</b>
<b>Max</b>		37,64	540,26
<b>Min</b>		31,85	519,47
<b>Std Dev</b>		1,91	7,10

## 8.4 Brzdná dráha TATRA Terra

V této kapitole jsou popsány výsledky konkrétního měření CAS TATRA Terra. V Tabulce 17 až 19 jsou uvedeny hodnoty času a vzdálenosti potřebné k zastavení vozidla z konkrétních rychlostí, včetně hodnot podélného zrychlení. Protože jsou hodnoty záporné, jedná se o zpomalování, tedy deceleraci.

Tabulka 17 – Vyhodnocení brzdné dráhy z počáteční rychlosti 70 km.h<sup>-1</sup>

<b>Vozidlo</b>	<b>TATRA Terra 4x4 (1TI 0905)</b>		
<b>Pokus č.</b>	<b>Doba brzdění (s)</b>	<b>Brzdná dráha (m)</b>	<b>Podélná akcelerace (g)</b>
1	*	*	*
2	3,41	33,27	-0,45
3	3,48	33,83	-0,53
4	3,53	33,79	-0,50
5	3,63	35,06	-0,46
6	3,61	35,11	-0,59
7	3,71	35,95	-0,46
8	3,63	35,49	-0,56
9	4,03	36,16	-0,30
10	3,92	35,43	-0,33
<b>AVG</b>	3,66	<b>34,90</b>	<b>-0,46</b>
<b>Max</b>	4,03	36,16	-0,30
<b>Min</b>	3,41	33,27	-0,59
<b>Std Dev</b>	0,20	1,03	0,10

\* Záznam vyřazen z důvodů nesplnění stanovených kritérií.



Tabulka 18 - Vyhodnocení brzdné dráhy z počáteční rychlosti 80 km.h<sup>-1</sup>

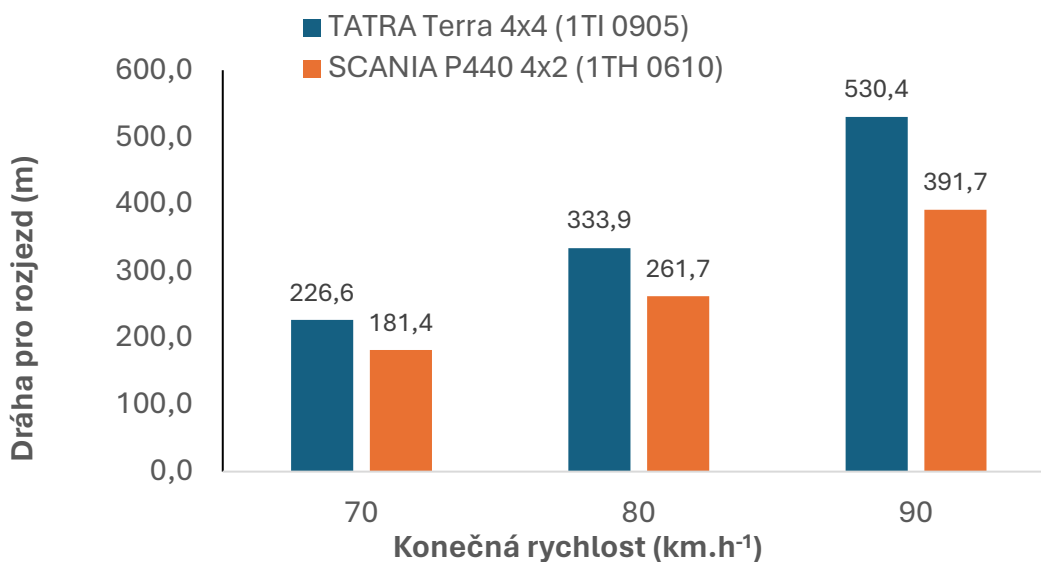
<b>Vozidlo</b>	<b>TATRA Terra 4x4 (1TI 0905)</b>		
<b>Pokus č.</b>	<b>Doba brzdění (s)</b>	<b>Brzdná dráha (m)</b>	<b>Podélná akcelerace (g)</b>
1	3,98	45,3	-0,63
2	3,77	43,26	-0,75
3	3,78	42,46	-0,62
4	3,77	42,68	-0,56
5	3,87	43,85	-0,55
6	3,94	45,08	-0,55
7	4,3	44,39	-0,25
8	4,27	43,88	-0,34
9	4,29	44,09	-0,25
10	4,03	46,81	-0,1
<b>AVG</b>	<b>4,00</b>	<b>44,18</b>	<b>-0,46</b>
<b>Max</b>	<b>4,30</b>	<b>46,81</b>	<b>-0,10</b>
<b>Min</b>	<b>3,77</b>	<b>42,46</b>	<b>-0,75</b>
<b>Std Dev</b>	<b>0,22</b>	<b>1,30</b>	<b>0,21</b>

Tabulka 19 - Vyhodnocení brzdné dráhy z počáteční rychlosti 90 km.h<sup>-1</sup>

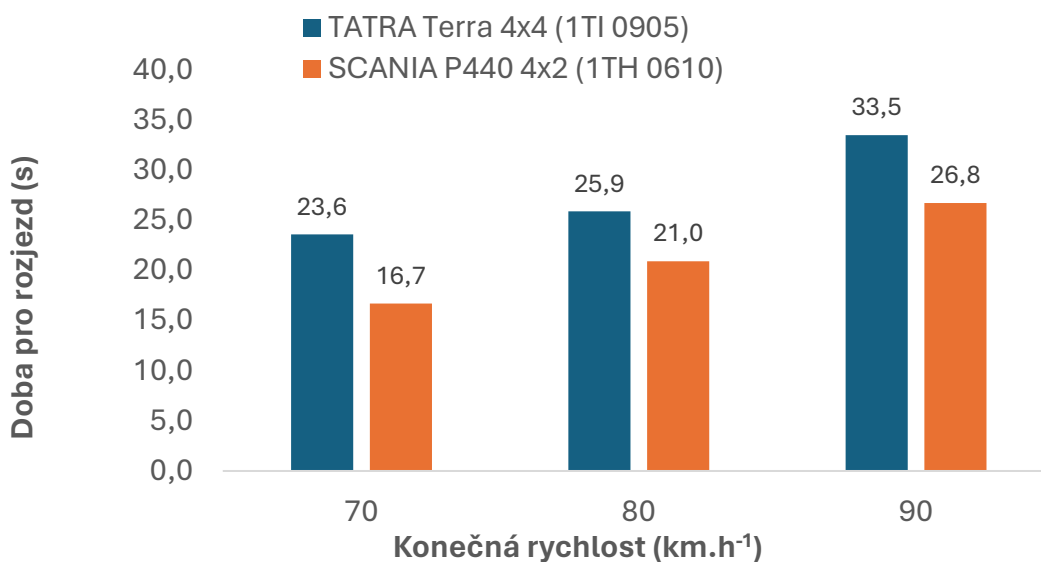
<b>Vozidlo</b>	<b>TATRA Terra 4x4 (1TI 0905)</b>		
<b>Pokus č.</b>	<b>Doba brzdění (s)</b>	<b>Brzdná dráha (m)</b>	<b>Podélná akcelerace (g)</b>
1	4,37	56,51	-0,73
2	4,72	56,49	-0,32
3	4,45	57,69	-0,61
4	4,78	58,47	-0,26
5	4,45	57,80	-0,64
6	4,84	58,11	-0,17
7	4,79	58,13	-0,34
8	4,63	57,6	-0,44
<b>AVG</b>	4,63	<b>57,60</b>	<b>-0,44</b>
<b>Max</b>	4,84	58,47	-0,17
<b>Min</b>	4,37	56,49	-0,73
<b>Std Dev</b>	0,18	0,73	0,20

## 8.5 Doba potřebná pro rozjezd

Na Obrázku 22 jsou graficky znázorněny velikosti dráhy potřebné pro rozjezd na konečnou rychlost a na Obrázku 23 dobu potřebnou pro rozjezd na konečnou rychlost.



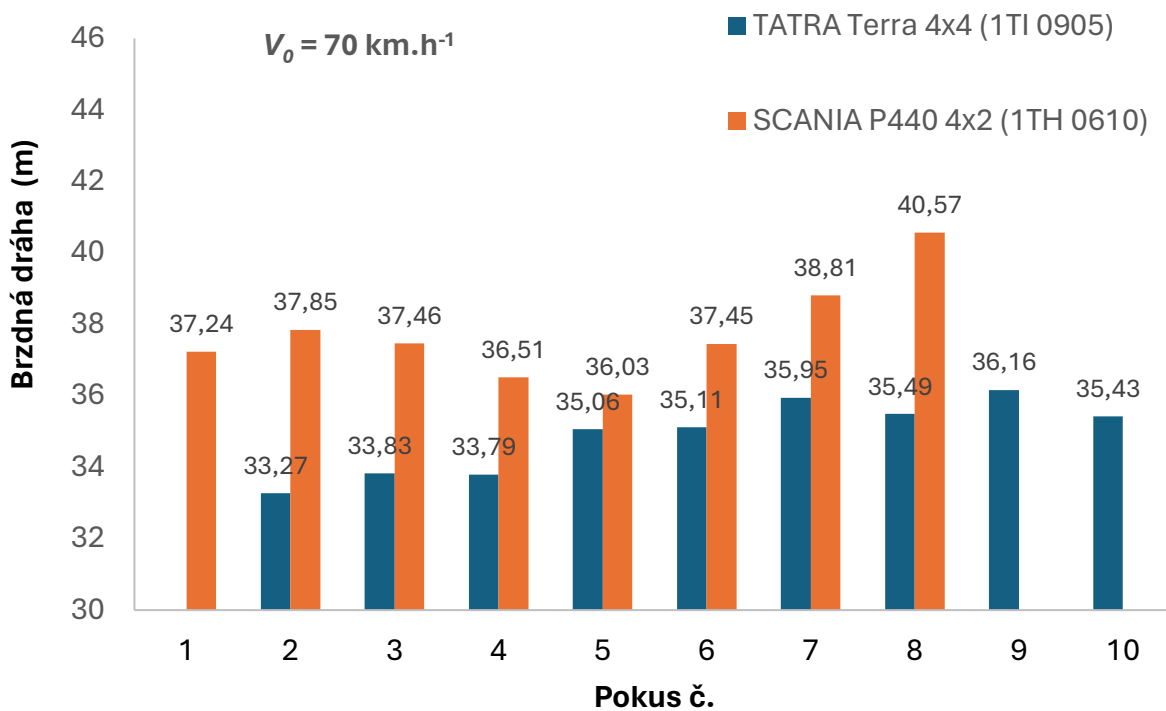
Obrázek 22 - Dráha potřebná pro rozjezd na konečné rychlosti



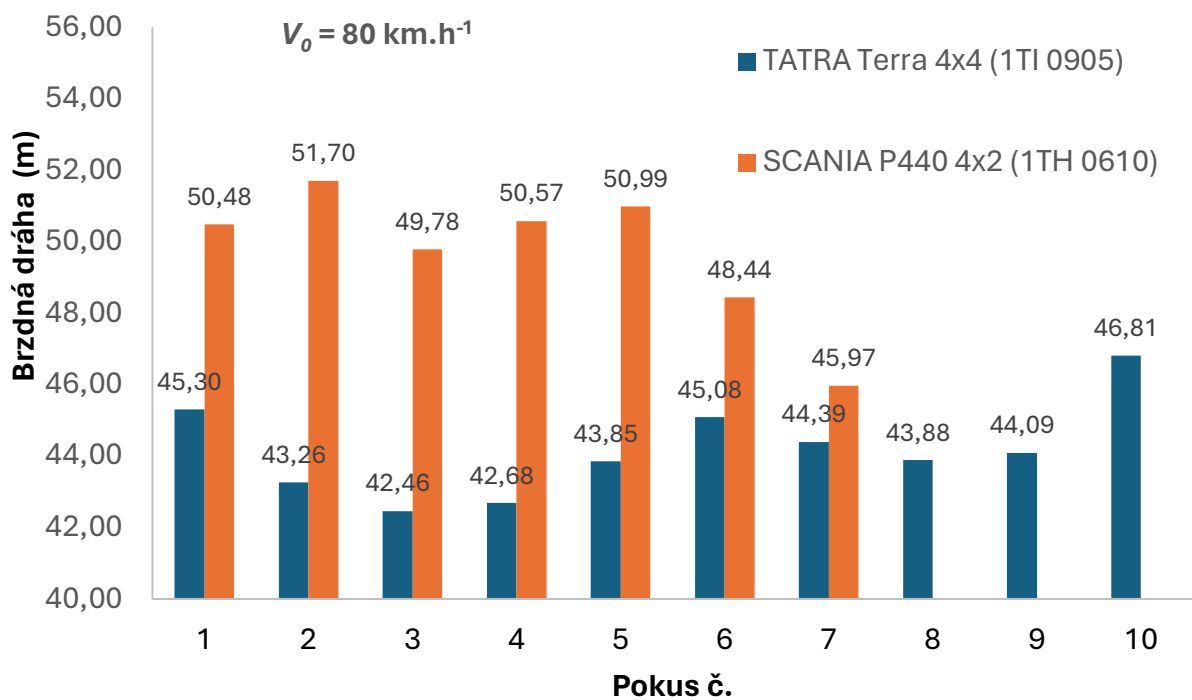
Obrázek 23 - Doba potřebná pro rozjezd na konečné rychlosti

## 8.6 Brzdění

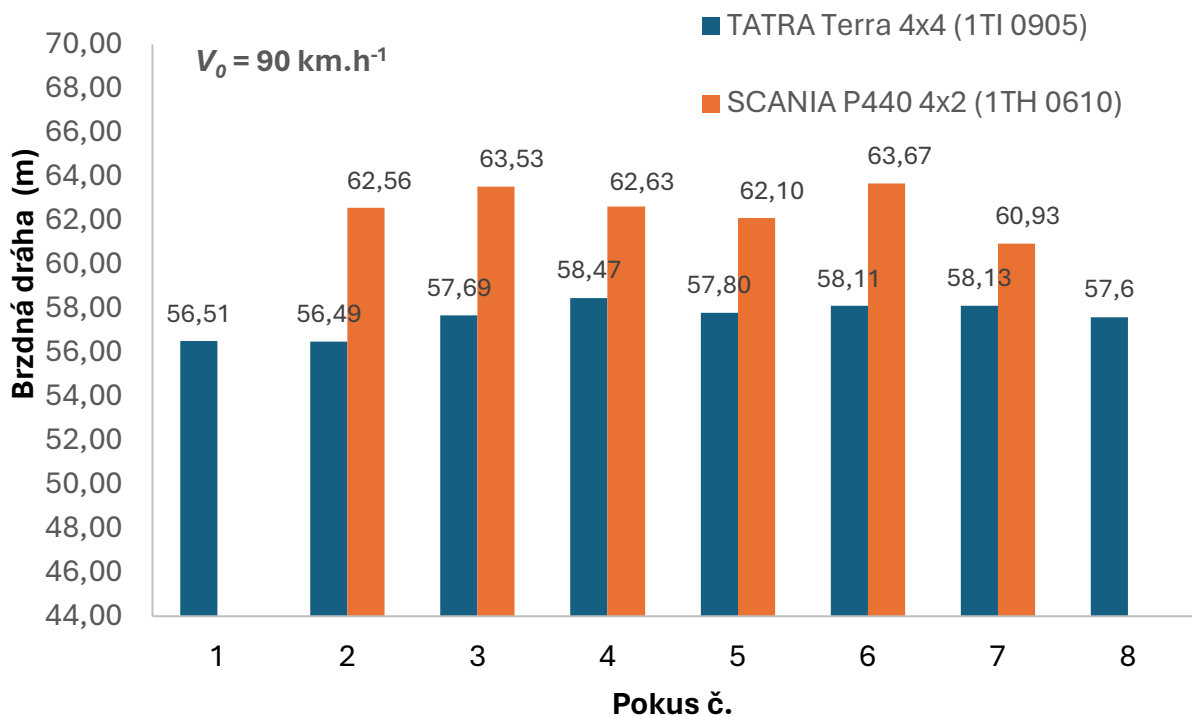
Na obrázcích 24, 25 a 26 je uvedeno grafické znázornění porovnání délky brzdné dráhy mezi oběma CAS, a to postupně v rychlostech 70 km.h<sup>-1</sup>, 80 km.h<sup>-1</sup> a 90 km.h<sup>-1</sup>.



Obrázek 24 - Porovnání délky brzdné dráhy z rychlosti 70 km.h<sup>-1</sup>



Obrázek 25 - Porovnání délky brzdě dráhy z rychlosti  $80 \text{ km.h}^{-1}$



Obrázek 26 - Porovnání délky brzdě dráhy z rychlosti  $90 \text{ km.h}^{-1}$

## Závěr

V předložené absolventské práci byly hodnoceny dynamické jízdní vlastnosti. Jednalo se o brzdovou dráhu a rozjezd na zvolenou rychlost dvou CAS. První CAS byla SCANIA a druhou CAS byla TATRA Terra. CAS SCANIA se zvládla rozjet do rychlosti  $70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  za 181,35 m a zabrzdit z této rychlosti zvládla za 37,74 m. Do rychlosti  $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  se zvládla CAS rozjet za 261,74 m a zabrzdit z této rychlosti zvládla za 49,70 m. Na rychlost  $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  potřebovala CAS 391,65 m a zabrzdit z této rychlosti zvládla za 62,57 m.

Druhou CAS byla TATRA Terra, která na rychlost  $70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  potřebovala 226,55 m a zabrzdit z této rychlosti zvládla za 34,90 m. Do rychlosti  $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  se zvládla CAS rozjet za 333,92 m a zabrzdit zvládla za 44,18 m. Na rychlost  $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  potřebovala CAS 530,38 m a zabrzdit z této rychlosti zvládla za 57,60 m.

Při srovnání tedy dojdeme k závěru, že CAS SCANIA je schopná dosáhnout vyšší akcelerace, protože se dokázala dostat na požadované rychlosti na kratší dráze (u rychlosti  $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  potřeboval dráhu o 139 m kratší než automobil TATRA Terra). Pokud se zaměříme na brzdění, tak CAS TATRA Terra zvládla z požadovaných rychlostí zabrzdit vždy o  $\pm 3\text{--}6 \text{ m}$  rychleji, než CAS SCANIA (na rychlosti  $70 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  o 3 m, na rychlosti  $80 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  o 5 m a na rychlosti  $90 \text{ km}\cdot\text{h}^{-1}$  o 5 m). CAS SCANIA se tedy rychleji rozjížděla, ale zase CAS TATRA Terra účinněji brzdila.

Absolventská práce nám tedy ukazuje tyto poznatky, které mohou být využity při edukaci nových či stávajících řidičů – strojníků. V těchto činnostech tedy můžeme považovat CAS SCANIA za nebezpečnější, protože rychleji dosahuje vyšších rychlostí, ale naopak hůře brzdí. CAS TATRA Terra může být v této činnosti považována za bezpečnější, protože dosáhne pomaleji požadované rychlosti, ale naopak účinněji brzdí.

Jednou z limitací tohoto měření může být fakt, že brzdění bylo měřeno na ulici Jahodová v Hlučíně. Původní záměr byl provést měření na nevyužívané části odstavných ploch letiště Mošnov, které ovšem nemohlo být provedeno z důvodu neumožnění vstupu do areálu letiště. Za další limitaci můžeme považovat řidiče CAS, který nebyl u obou CAS stejný, ale každou CAS řídil jiný řidič. Poslední zmíněnou limitací může být mokrá silnice v den měření, která ovlivnila součinitele adheze, což znamená, že na suchém asfaltu by dráhy brzdění byly kratší.

Tato práce byla zaměřena pouze na dynamické parametry rozjezdu a brzdění a nelze pouze na základě této práce určit, která CAS je celkově bezpečnější, protože tuto skutečnost ovlivňuje mnoho dalších faktorů, jako například tuhost kabiny pro osádky, stav mechanických částí podvozku, stav pneumatik, a další.

## Seznam použité literatury

- [1] Český statistický úřad. *Statistická data* [online]. Dostupné z: <https://www.czso.cz/csu/xt/okresy>. [cit. 2024-03-26].
- [2] Michelin. *Data k pneumatikám Michelin* [online]. Dostupné z: <https://pro.michelin.cz/pneumatika/michelin-x-multi-hd-d-z> [cit. 2024-03-26].
- [3] GOLD, Petr. *Fotodokumentace*. Ostrava, 2023.
- [4] VLK, František. *Dynamika motorových vozidel: jízdní odpory, hnací charakteristika, brždění, odpruženost, říditelnost, ovladatelnost, stabilita*. Brno: 2000. ISBN 80-238-5273-6.
- [5] Charakteristika Moravskoslezského kraje, 2001. *BussinesInfo* [online]. [cit. 2024-03-15]. Dostupné z: <https://www.businessinfo.cz/navody/charakteristika-moravskoslezskeho-kraje/>
- [6] JAN, Z., ŽDÁNSKÝ, B. a ČUPERA, J. *Automobily 1 - Podvozky*. 1. vyd. Brno: AVID spol. s.r.o., 2007, 228 s. ISBN 978-80-87143-03-2
- [7] BRADÁČ, Albert a kol. *Soudní inženýrství*. Brno: CERM, 1999, 725 s. ISBN 80-720- 4133-9.
- [8] Střední odborné učiliště, Chvaletice, 2018. *Brzdy motorových vozidel*. 1. Dostupné z: <https://www.souzchvaletice.cz/wp-content/uploads/2020/11/2-brzdy-1.pdf>
- [9] VLK F., 2006: *Podvozky motorových vozidel*. 3. vyd. Brno: František Vlk, 464 s. ISBN 80-239-6464-X.
- [10] Fordclubs. *Podvozek, pneumatiky, huštění*. *Fordclubs* [online]. ©2021 [cit. 2021- 02-17]. Dostupné z: [http://www.mondeo.fordclubs.org/podvozek/ppneu\\_hust345.htm](http://www.mondeo.fordclubs.org/podvozek/ppneu_hust345.htm)
- [11] NokianTyres. *Tři důvody proč pravidelně kontrolovat tlak vzduchu ve vašich pneumatikách*. *NokianTyres* [online]. ©2021 [cit. 2020-10-30]. Dostupné z: <https://www.nokiantyres.cz/firma/tiskove-zpravy/tri-duvody-proc-pravidelne-kontrolovat-tlak-vzduchu-ve-vasich-pneumatikach/>
- [12] Hankook Tire. *Tlak v pneumatice*. Hankook Tire: Driving emotion [online]. ©2021 [cit. 2021-02-17]. Dostupné z: <https://www.hankooktire.com/cz/services-tips/careguide/pressure.html>



- [13] Pneumatiky. *Jaký je v nich rozdíl? Asymetrické, symetrické nebo směrové pneumatiky. Pneumatiky*. [online]. ©2007 - 2020 [cit. 2020-10-17]. Dostupné z: <https://www.pneumatiky.cz/jaky-je-v-nich-rozdil-asymetricke-symetricke-nebosmerove-pneumatiky-t4>
- [14] Pneumatiky. *Typy dezénu pneumatik. Pneumatiky*. [online]. ©2007 - 2020 [cit. 2020-10-17]. Dostupné z: <https://www.pneumatiky.cz/typy-dezenu-pneumatik-t4>
- [15] Az-pneu. *Řešit či neřešit typ dezénu pneumatiky? Az-pneu: Pneumatiky od A do Z* [online]. ©2003 - 2020 [cit. 2020-10-17]. Dostupné z: <https://www.azpneu.cz/clanky/resit-ci-neresit-ty-p-dezenu-pneumatiky>
- [16] CONTI-ONLINE. *Technické údaje o pneumatikách* [online]. [2005] [cit. 2009-01-17]. Dostupný z WWW: <http://www.conti-online.com>.
- [17] Continental, 2024. *Continental* [online]. [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.continental-tires.com/cz/cs/b2b/truck/tires/conti-crosstrac-hd3>
- [18] Pneumatiky, 2007. *Pneumatiky* [online]. [cit. 2024-03-17]. Dostupné z: [https://www.pneumatiky.cz/pneumatiky-t8?gad\\_source=1&gclid=Cj0KCQjwqdqvBhCPARIsANrmZhOqUb6cqHqQ1q3aOPEkNOUfnUEJxfw3cF2CgK\\_yYs53SrxZGBo0Lu8aAnieEALw\\_wcB](https://www.pneumatiky.cz/pneumatiky-t8?gad_source=1&gclid=Cj0KCQjwqdqvBhCPARIsANrmZhOqUb6cqHqQ1q3aOPEkNOUfnUEJxfw3cF2CgK_yYs53SrxZGBo0Lu8aAnieEALw_wcB)
- [19] Performance Box. *VBOXMotorsport* [on-line], 2023 [cit 2023-12-18]. Dostupné z: <https://vboxmotorsport.co.uk/index.php/en/performancebox>
- [20] Software VBOX Test Suite [on-line]. Racelogic Support Centre, 2023 [cit 2023-12-18] Dostupné z: [https://en.racelogic.support/01VBOX\\_Automotive/03Software\\_applications/VBOX\\_Test\\_Suite](https://en.racelogic.support/01VBOX_Automotive/03Software_applications/VBOX_Test_Suite)
- [21] PORTEŠ, Petr, 2001. *Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Ústav automobilního a dopravního inženýrství* [online]. [cit. 2024-03-17]. Dostupné z: <http://www.uadi.fme.vutbr.cz/vyzkum-dynamika-vozidel-sadt>
- [22] Požáry, 2020. *Požáry* [online]. [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/224948-ostravsti-hasici-nahrazuji-dosluhujici-econicy-ve-meste-budou-nove-jezdit-scanie-se-zvysenou-kabinou-pro-muzstvo>

- [23] Požáry, 2020. *Požáry* [online]. [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://www.pozary.cz/clanek/236852-nove-tatry-terra-pro-hzs-moravskoslezskeho-kraje-jsou-osazeny-nizkofrekvencni-sirenou-rumbler-nahrazuji-dosluhujici-terra/>
- [24] Mapy.cz, 2024. *Mapy.cz* [online]. [cit. 2024-03-26]. Dostupné z: <https://mapy.cz/zakladni?mereni-vzdalenosti&rm=9pkZ8xW9sOfUnfiD20Fy0nD2fc1fdyfl02CfknGefj14sfh8CFfi80kfk9Msflg6x&x=18.1694879&y=49.8993085&z=16>
- [25] CHROMEČKA, Daniel, 2022. *Srovnání jízdních parametrů prvovýjezdových CAS u HZS Moravskoslezského kraje na podvozku TATRA s různými typy převodovek*. Ostrava. Diplomová práce. Vysoká škola báňská.

## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Mapa Moravskoslezského kraje [1].....	2
Obrázek 2 - CAS 20 na podvozku SCANIA [3].....	5
Obrázek 3 - CAS 20 na podvozku TATRA [3].....	6
Obrázek 4 - Základní souřadný systém [4].....	9
Obrázek 5 - Adhezní elipsa [7].....	12
Obrázek 6 - Odpor valení [6].....	14
Obrázek 7 - Životnost pneumatik v závislosti na tlaku [12].....	16
Obrázek 8 - Příčiny opotřebení pneumatik [12].....	16
Obrázek 9 - Pneumatika CAS SCANIA [3].....	17
Obrázek 10 – Pneumatika CAS TATRA [3].....	17
Obrázek 11 - Symetrický dezén [13].....	18
Obrázek 12 - Asymetrický dezén [13].....	19
Obrázek 13 - Směrový dezén [13].....	20
Obrázek 14 - letní, zimní a celoroční dezén pneumatik [18].....	21
Obrázek 15 - Sestava diskové brzdy [8].....	24
Obrázek 16 - Průběh brzdění [4].....	28
Obrázek 17 - Telemetrie Performance Box [19].....	30
Obrázek 18 - PerformanceBox v průběhu měření [3].....	31
Obrázek 19 - Pracovní plocha Test Suite [21].....	32
Obrázek 20 - Graf srovnání délky rozjezdů [25].....	33
Obrázek 21 - ulice Jahodová [24].....	34
Obrázek 22 - Dráha potřebná pro rozjezd na konečné rychlosti.....	47
Obrázek 23 - Doba potřebná pro rozjezd na konečné rychlosti.....	47
Obrázek 24 - Porovnání délky brzdné dráhy z rychlosti 70 km.h <sup>-1</sup> .....	48
Obrázek 25 - Porovnání délky brzdné dráhy z rychlosti 80 km.h <sup>-1</sup> .....	49
Obrázek 26 - Porovnání délky brzdné dráhy z rychlosti 90 km.h <sup>-1</sup> .....	49

## Seznam tabulek

Tabulka 1 - Přehledová tabulka CAS .....	7
Tabulka 2 - Hodnota součinitele adheze na různých typech povrchů [7].....	12
Tabulka 3 - Pneumatiky použité na testovaných CAS .....	22
Tabulka 4 - Reakční doba řidiče .....	27
Tabulka 5 - Teoretická brzdná dráha.....	29
Tabulka 6 - Vzdálenost potřebná pro rozjezd na 70 km.h <sup>-1</sup> .....	32
Tabulka 7 - Vzdálenost potřebná pro rozjezd na 80 km.h <sup>-1</sup> .....	33
Tabulka 8 – Čas a dráha potřebná pro rozjezd na rychlost 70 km.h <sup>-1</sup> .....	36
Tabulka 9 - Čas a dráha potřebná pro rozjezd na rychlost 80 km.h <sup>-1</sup> .....	37
Tabulka 10 - Čas a dráha potřebná pro rozjezd na rychlost 90 km.h <sup>-1</sup> .....	37
Tabulka 11 - Vyhodnocení brzdné dráhy z počáteční rychlosti 70 km.h <sup>-1</sup> .....	38
Tabulka 12 - Vyhodnocení brzdné dráhy z počáteční rychlosti 80 km.h <sup>-1</sup> .....	39
Tabulka 13 - Vyhodnocení brzdné dráhy z počáteční rychlosti 90 km.h <sup>-1</sup> .....	40
Tabulka 14 - Čas a dráha potřebná pro rozjezd na rychlost 70 km.h <sup>-1</sup> .....	41
Tabulka 15 - Čas a dráha potřebná pro rozjezd na rychlost 80 km.h <sup>-1</sup> .....	42
Tabulka 16 - Čas a dráha potřebná pro rozjezd na rychlost 90 km.h <sup>-1</sup> .....	43
Tabulka 17 – Vyhodnocení brzdné dráhy z počáteční rychlosti 70 km.h <sup>-1</sup> .....	44
Tabulka 18 - Vyhodnocení brzdné dráhy z počáteční rychlosti 80 km.h <sup>-1</sup> .....	45
Tabulka 19 - Vyhodnocení brzdné dráhy z počáteční rychlosti 90 km.h <sup>-1</sup> .....	46