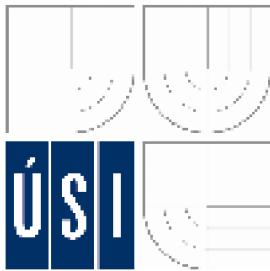


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



ÚSTAV SOUDNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF FORENSIC ENGINEERING

# MĚŘENÍ A POROVNÁNÍ JÍZDNÍCH PARAMETRŮ VOZIDEL V RŮZNÝCH JÍZDNÍCH REŽIMECH

MEASURING AND COMPARING DRIVING PARAMETERS OF VEHICLES IN VARIOUS DRIVING  
REGIMES

## DIPLOMOVÁ PRÁCE

DIPLOMA THESIS

## AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. LUKÁŠ CHOLASTA

## VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Doc. Ing. ALEŠ VÉMOLA, Ph.D.

BRNO 2010





Vysoké učení technické v Brně, Ústav soudního inženýrství

Ústav soudního inženýrství  
Akademický rok: 2009/2010

## **ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE**

student(ka): Bc. Lukáš Cholasta

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Expertní inženýrství v dopravě (3917T002)**

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:

### **Měření a porovnání jízdních parametrů vozidel v různých jízdních režimech**

v anglickém jazyce:

#### **Measuring and Comparing Driving Parameters of Vehicles in Various Driving Regimes**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Diplomová práce bude vycházet z praktických měření jízdních vlastností vozidel a jejich porovnání pro analýzu silničních nehod.

Cíle diplomové práce:

Získání relevantních podkladů pro analýzu silničních nehod.

### ***Abstrakt***

V této práci je zpracován přehled vybraných jízdních parametrů vozidel, způsoby jejich měření a použití v oblasti zejména automobilového průmyslu nebo blízkých oborů. Práce je zaměřena na jízdní zkoušky vozidel a měření jízdních parametrů vozidel. V rámci této práce bylo provedeno měření jízdních parametrů vozidel v různých jízdních režimech a následné vyhodnocení získaných dat. Výsledkem této práce je stanovení metodiky dělení jízdních režimů a vyhodnocení vlivu jízdních režimů na jízdu automobilu ve směrovém oblouku.

### ***Abstract***

In this work is processed a summary of selected driving parameters of vehicles, methods of measuring and use in the automotive industry or related branch especially. This work is focused on driving tests of vehicles and measurement driving parameters of vehicles. As part of this work was done measurements parameters of vehicles driving in various driving regimes and subsequent analyse of obtained data. The result of this work is determination methodology division driving regimes and evaluation the impact of driving regimes on to ride a car in a directional curve.

### ***Klíčová slova***

Jízdní parametry vozidla, měření, jízdní režim vozidla, boční zrychlení vozidla, jízdní zkoušky vozidla, součinitel adheze.

### ***Keywords***

Driving parameter of vehicle, measurement, driving regime of vehicle, lateral acceleration of vehicle, driving test of vehicle, adhesion coefficient.

### ***Bibliografická citace***

CHOLASTA, Lukáš, Bc. *Měření a porovnání jízdních parametrů vozidel v různých jízdních režimech: diplomová práce*. Brno, 2010. 75 s. , 15 s. příl. Vysoké učení technické v Brně. Ústav soudního inženýrství. Vedoucí diplomové práce Doc. Ing. Aleš Vémola, Ph. D.

***Prohlášení***

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci zpracoval/a samostatně a že jsem uvedl všechny použité informační zdroje.

V Brně dne .....

.....

podpis diplomanta

### ***Poděkování***

Na tomto místě bych chtěl poděkovat všem, kteří mně byli nápomocni a vyjádřili podporu při psaní mé diplomové práce. Zvláštní poděkování patří vedoucímu diplomové práce Doc. Ing. Aleši Vémolovi, Ph. D. za metodické a cíleně orientované vedení při zpracování diplomové práce. Dále děkuji společnosti Ecce Homo Racing Team s.r.o. za ochotu a poskytnuté prostředky. V neposlední řadě děkuji i svým rodičům za podporu při studiu na vysoké škole.

# OBSAH

ÚVOD.....	12
1 JÍZDNÍ PARAMETRY VOZIDLA A ZPŮSOBY JEJICH MĚŘENÍ.....	14
1.1 Co je to měření a jakými způsoby určujeme hodnoty jízdních parametrů .....	14
1.1.1 <i>Senzorové signály</i> .....	15
1.1.2 <i>Zpracování elektronických signálů řídicí jednotkou</i> .....	16
1.2 Dráha (ujetá vzdálenost).....	16
1.2.1 <i>Způsob měření dráhy vozidla</i> .....	16
1.3 Rychlost.....	17
1.3.1 <i>Způsob měření rychlosti</i> .....	17
1.4 Zrychlení.....	22
1.4.1 <i>Způsob měření zrychlení vozidla</i> .....	23
1.5 Snímání polohy.....	25
1.5.1 <i>Snímání polohy</i> .....	25
1.5.2 <i>Snímání úhlu natočení</i> .....	25
1.6 Data-logging a telemetrie .....	27
1.6.1 <i>Data-logger</i> .....	28
1.6.2 <i>Praktické využití data-loggingu v oblasti automobilového průmyslu</i> .....	29
1.7 Měřicí systémy pro měření jízdních parametrů vozidel .....	29
1.7.1 <i>Decelerometry a decelerografy</i> .....	29
1.7.2 <i>Vlečné kolo</i> .....	30
1.7.3 <i>XL meter™ Pro</i> .....	31
1.7.4 <i>Optický snímač Correvit</i> .....	32
1.8 Obrazový záznam při měření jízdních parametrů.....	34
1.8.1 <i>Vysokorychlostní kamery</i> .....	35
2 VYUŽITÍ MĚŘENÍ JÍZDNÍCH PARAMETRŮ VOZIDEL.....	36

2.1	Jízdní parametry a jejich využití při vývoji vozidel .....	36
2.1.1	Vývojové jízdní zkoušky .....	36
2.1.2	Simulační model automobilu .....	37
2.1.3	Simulátory.....	38
2.1.4	Využití jízdních parametrů vozidel při optimalizaci jízdních vlastností závodních vozidel.....	39
2.2	Asistenční systémy .....	39
2.2.1	Dělení asistenčních systémů.....	39
2.2.2	Princip asistenčních systémů.....	40
2.3	Analýza dopravních nehod .....	40
2.3.1	Výpočetní programy pro analýzu nehod.....	40
2.3.2	Experimentální měření při nehodových dějích.....	41
2.3.3	Černé skříňky.....	41
3	VLIVY PŮSOBÍCÍ NA JÍZDNÍ ZKOUŠKY VOZIDEL A DRUHY TESTOVACÍCH DRAH .....	44
3.1	Vliv člověka na měření při jízdních zkouškách.....	44
3.2	Vliv technických parametrů vozidla na měření při jízdních zkouškách.....	45
3.3	Další vlivy působící na měření při jízdních zkouškách.....	45
3.4	Testovací dráhy.....	45
3.4.1	Povrch dráhy .....	46
3.4.2	Sklon dráhy.....	46
3.4.3	Přímý úsek .....	47
3.4.4	Směrový oblouk .....	47
3.4.5	Dráha pro jízdu v kruhu .....	48
3.4.6	Testovací polygony .....	48
4	JÍZDNÍ ZKOUŠKY VOZIDEL.....	49
4.1	Zkoušky zrychlení .....	50

4.2	Brzdění v přímém směru .....	50
4.2.1	<i>Průběh měření</i> .....	50
4.2.2	<i>Typy měření</i> .....	50
4.2.3	<i>Vyhodnocení měření</i> .....	50
4.3	Brzdění z kruhového pohybu při ustáleném stavu .....	51
4.3.1	<i>Průběh měření</i> .....	51
4.3.2	<i>Vyhodnocení měření</i> .....	51
4.4	Vyhýbací manévry .....	51
4.4.1	<i>Vyhýbací manévr dle ISO 3888</i> .....	51
4.5	Homologační zkoušky .....	53
4.6	Ostatní jízdní zkoušky .....	53
5	<b>MĚŘENÍ A POROVNÁNÍ JÍZDNÍCH PARAMETRŮ VOZIDEL V RŮZNÝCH JÍZDNÍCH REŽIMECH</b> .....	54
5.1	Jízdní režimy vozidel .....	54
5.1.1	<i>Běžný režim jízdy</i> .....	54
5.1.2	<i>Sportovní režim jízdy</i> .....	54
5.1.3	<i>Limitní (závodní) režim jízdy</i> .....	55
5.2	Praktické jízdní zkoušky .....	55
5.2.1	<i>Cíl zkoušky</i> .....	55
5.2.2	<i>Předmět zkoušky</i> .....	55
5.2.3	<i>Stanovení tvrdosti běhounu pneumatik na měřených vozidlech</i> .....	57
5.2.4	<i>Zkušební úseky</i> .....	58
5.2.5	<i>Zkušební postupy a měřené parametry</i> .....	60
5.3	Zkušební podmínky .....	61
5.3.1	<i>Měřicí zařízení</i> .....	61
5.3.2	<i>Podmínky měření</i> .....	62
5.4	Výsledky měření .....	63



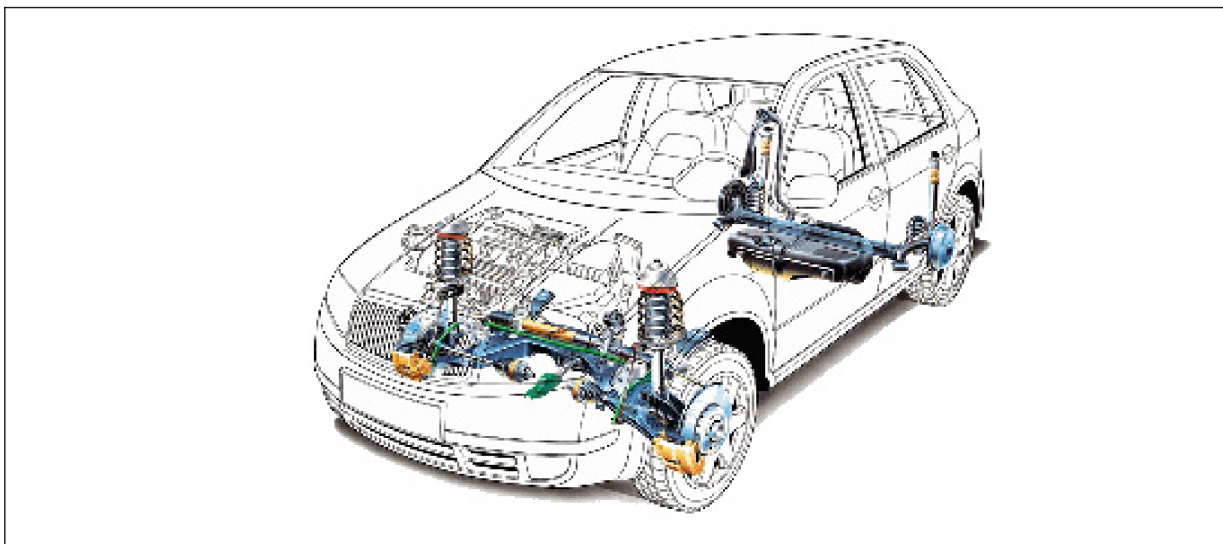
5.5	Vyhodnocení.....	63
5.5.1	<i>Vliv jízdního režimu vozidla na průběh bočního zrychlení vozidla ve směrovém oblouku.....</i>	65
5.5.2	<i>Subjektivní hodnocení jízdních zkoušek zkušebním řidičem.....</i>	66
5.5.3	<i>Vyhodnocení měření při běžném režimu jízdy.....</i>	66
5.5.4	<i>Vyhodnocení měření při sportovním režimu jízdy.....</i>	66
5.5.5	<i>Vyhodnocení měření při limitním (závodním) režimu jízdy.....</i>	67
5.5.6	<i>Shrnutí výsledků.....</i>	68
6	VÝVOJ V OBLASTI MĚŘENÍ JÍZDNÍCH PARAMETRŮ VOZIDEL DO BUDOUCNA....	69
7	ZÁVĚR .....	71
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....	73
9	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ .....	74
10	SEZNAM PŘÍLOH.....	75



## ÚVOD

Automobil představuje nedílnou součást moderního světa již více než 125 let, tedy od chvíle, kdy byla v roce 1885 patentována motorová tříkolka Karla Benze. Za toto období prošel automobil mnoha vývojovými etapami, které ovlivnily jeho konstrukci až do současné podoby. Moderní automobil je složitý celek, který v sobě spojuje úvahy a myšlenky konstruktérů, ekonomů výrobce, designérů a své slovo má i marketing. Konstruktor se tak musí pohybovat ve své tvůrčí činnosti mezi jistými hranicemi a pokusit se o taková řešení, jenž by uspokojila veškeré požadavky na ně kladené. Automobil tedy představuje ve výsledku soubor kompromisů a ústupků z požadavků zúčastněných stran. Na vývoji automobilu pracuje paralelně několik skupin, které mezi sebou vzájemně komunikují, hledají optimální řešení problémů a předávají si výsledky z vývojových zkoušek. Mezi tyto výsledky také patří jízdní parametry vozidel, které charakterizují chování a vlastnosti automobilu z mnoha hledisek.

Vzájemné vztahy mezi karoserií, podvozkem a vozovkou lze charakterizovat pomocí jízdních parametrů vozidla. Podvozek tvoří část vozidla, která zprostředkovává přenos tíhy vozidla, hnací, brzdné a boční síly mezi vozidlem a vozovkou. Jeho hlavní úlohou je zajištění maximální bezpečnosti jízdy, pohodlí posádky a jízdní stability automobilu.



*Obr. č. 1 – Vlastnosti automobilu lze charakterizovat jízdními parametry vozidla*

Záznam a analýza jednotlivých jízdních parametrů je pro automobilový průmysl nebo s ním spojené obory velmi důležitý, ať už při vývoji nových vozidel, při průběžném vyhodnocování dat pro funkci jednotlivých systémů vozidla (ABS, ESP, apod.) nebo pro použití v extrémních podmínkách jako jsou například automobilové závody.

Samostatnou kapitolou je pak význam jízdních parametrů vozidla pro analýzu silničních nehod. Jízdní parametry vozidla představují základní kritéria pro vyšetřování příčin a průběhů nehodových dějů.

Jednotlivé jízdní parametry vozidel, způsoby jejich měření a přehled jejich využití pro současné obory, které se zabývají automobilovou problematikou, jsou předmětem i této diplomové práce.

# **1 JÍZDNÍ PARAMETRY VOZIDLA A ZPŮSOBY JEJICH MĚŘENÍ**

Automobil je stroj, který byl primárně sestaven pro pozemní přepravu nákladu a osob. Na automobil působí při jeho funkci dopravního prostředku různé vnější vlivy, které ovlivňují jeho chování. Hlavním vnějším činitelem bude nepochybně vliv člověka, který automobil ovládá, ale dále musíme uvažovat i vliv okolního prostředí (vozovka, atmosférické vlivy, aj.). Způsob odezvy vozidla na tyto vlivy můžeme charakterizovat tzv. jízdními parametry vozidla. Jízdní parametry vozidla jsou množinou měřitelných veličin, které jsme schopni na vozidle různými způsoby analyzovat. Jejich hodnota vypovídá o schopnostech, jaké automobil díky své konstrukci získal, nebo o mezních hodnotách jakých je schopen dosáhnout při různých jízdních režimech.

V dnešní době digitálních technologií a elektronických přístrojů převládá při měření jízdních parametrů převážně snímání za pomoci elektronických snímačů, které následně umožňují snadný záznamu měřených dat. Dříve používané analogové záznamy jsou v dnešní době využívány jen pro rychlá orientační měření.

Využití jízdních parametrů vozidel se objevuje v celém spektru automobilového průmyslu, měření jízdních parametrů je nedílnou součástí při optimalizaci jízdních a dynamických vlastností vozidel ve vývojových centrech automobilek, při běžném provozu vozidel, při analýze dopravních nehod nebo v prostředí automobilových závodů.

## **1.1 CO JE TO MĚŘENÍ A JAKÝMI ZPŮSOBY URČUJEME HODNOTY JÍZDNÍCH PARAMETRŮ**

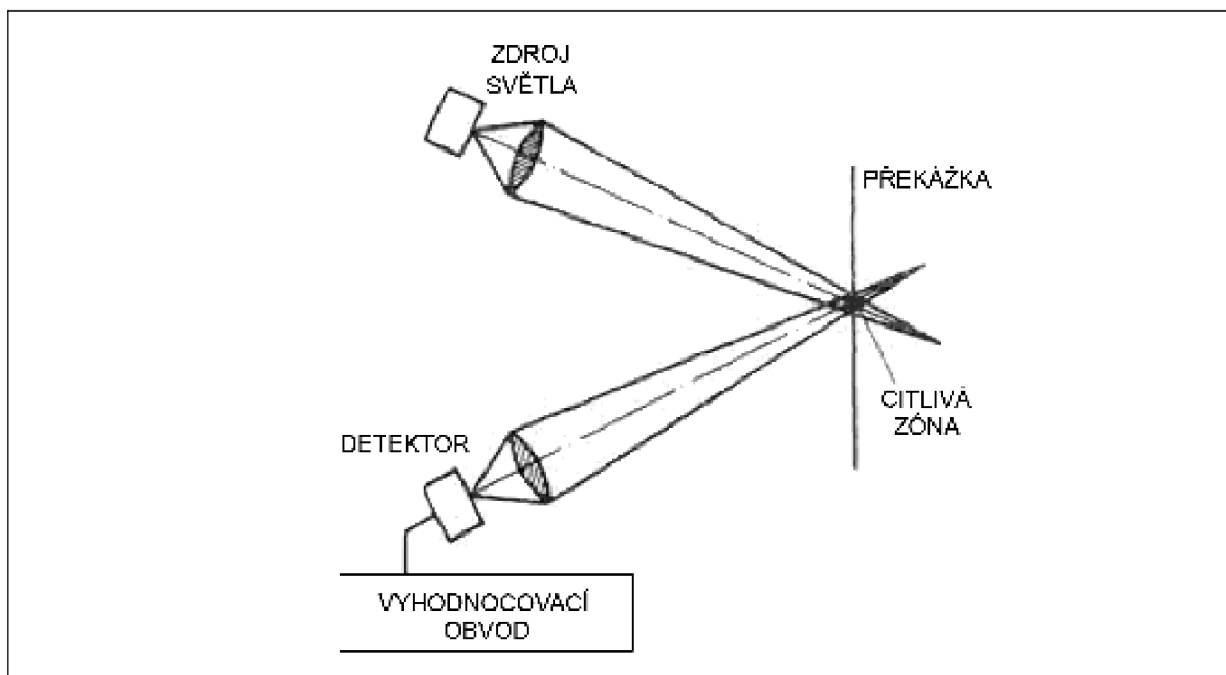
Měření je soubor činností spojených s určením hodnoty dané veličiny. Určením hodnoty dané veličiny se rozumí charakteristika dané veličiny pomocí čísla. Toto přiřazení číselné hodnoty se provádí pomocí měřicího zařízení, jehož konstrukce je založena na zvoleném principu měření.

Při měření velikosti či hodnoty jízdních parametrů můžeme využít několika fyzikálních principů – mechanický, elektrický, elektromagnetický, optický, akustický a časový. Mechanický princip snímání je založen na působení fyzikálních jevů na mechanické těleso např. odstředivá síla působící na zavěšené závaží. Elektrická podstata snímání je založena na elektrických jevech např. elektromagnetická indukce.

Mechanický způsob snímání je ve většině případů již minulostí. I když je princip měření těchto systémů jednoduchý, tak nevýhodou je např. nemožnost miniaturizace, omezená přesnost měření, nestálost měřícího aparátu (mechanické opotřebení apod.). Jako další problém se jeví špatná reprodukovatelnost snímaných dat. V mnoha případech ani není možné naměřená data sdílet s jiným systémem nebo data zaznamenat. Neznamená to, ale že se mechanické systémy nepoužívají. V mnoha případech jsou využívány pro rychlé orientační měření nebo je na jejich principu vytvořen systém elektrický.

Elektrický a elektromagnetický způsob snímání je v automobilovém průmyslu široce využíván. Odstraňuje uvedené nevýhody mechanického způsobu snímání. Výhodou je především možnost číslicového zpracování naměřených dat, které umožňuje sdílení s více systémy a jednoduchý záznam měřených údajů. K měření jsou využívány elektronické senzory, jejichž princip je založen na některém z fyzikálních principů.

Optický způsob snímání využívá ke své funkci světlo. Zdroj světla generuje světelný kužel dopadající do citlivé zóny. Světlo se odráží a pomocí optické soustavy je usměrněno na fotocitlivý prvek. Elektronika následně vyhodnocuje úroveň dopadajícího světla na snímač převodem na elektrickou veličinu.



Obr. č. 1.1 – Princip optického způsobu snímání

### 1.1.1 Senzorové signály

Senzorové signály můžeme rozdělit na analogové a digitální. Analogové senzorové signály jsou spojitou funkcí spojitého času (např. teplota chladící kapaliny). Analogový signál

obsahuje kompletní informaci o průběhu hodnot signálu. Z důvodu zpracování signálu v digitální řídicí jednotce je analogový signál převáděn analogově číslicovým převodníkem (A/D převodník) na signál digitální. Digitální sensorové signály jsou nespojitě signály v čase nebo hodnotě (např. úhel natočení volantu). Digitální signál obsahuje neúplnou informaci o skutečné hodnotě signálu (ovlivňuje míra vzorkování a kvantování). Jejich výhodou je možnost přímého zpracování řídicí jednotkou.

### **1.1.2 Zpracování elektronických signálů řídicí jednotkou**

Řídicí jednotka je tvořena mikroprocesory. Mikroprocesor je centrálním prvkem řídicí jednotky, která slouží ke zpracování instrukcí od programů, kterými je řízena. Některé instrukce zpracovává sama, k provedení některých dalších instrukcí používá různé komponenty (např. operační paměť, paměťové disky, sběrnice). Základní funkcí mikroprocesoru je vytváření dat podle pokynů určitého programu. Tak vznikají výstupní signály řídicí jednotky. Výstupní signály řídí koncové členy (ventily, servomotory, atp.) a ty provádí řízení nebo ovládání systému např. ABS.

## **1.2 DRÁHA (UJETÁ VZDÁLENOST)**

Dráha označuje délku trajektorie, kterou vozidlo urazí za určitou dobu. Dráha je tedy vzdálenost, kterou vozidlo urazí mezi dvěma časovými okamžiky a měří se podél jeho trajektorie. Dráha se měří v metrech nebo kilometrech.

### **1.2.1 Způsob měření dráhy vozidla**

Počítač ujeté vzdálenosti (odometr) je součástí většiny automobilů. Tento přístroj může být mechanický, elektronický nebo kombinovaný.

Mechanický způsob snímání ujeté vzdálenosti je proveden tak, že mechanický náhon, který snímá otáčky vhodné hřídele nebo ozubeného kola v převodové skříně je veden přímo z převodové skříně pomocí bowdenu do odometru (obrázek 1.2). Náhon musí mít zvolen vhodný převod. Na číselníku se poté postupně načítá ujetá vzdálenost.

Elektronické snímače dráhy využívají ke své činnosti některý z mnoha snímačů využívající ke své funkci elektrické signály, které jsou generovány při pohybu vozidla. Měřená data při měření ujeté vzdálenosti jsou využitelná i pro měření rychlosti vozidla. Princip elektronických snímačů pro měření dráhy a rychlosti je popsán v kapitole 1.3.1 Způsob měření rychlosti vozidla.



*Obr. č. 1.2 – Mechanický náhon bowdenu u mechanického snímání ujeté vzdálenosti a rychlosti vozidla*

### **1.3 RYCHLOST**

Rychlost je fyzikální veličina popisující závislost pohybu hmotného tělesa na čase, tzn. udává jakou dráhu urazí hmotný bod za určitý čas. Rychlost rozlišujeme jako okamžitou nebo jako průměrnou. Základní jednotkou je metr za sekundu ( $\text{m}\cdot\text{s}^{-1}$ ). Rozdíl mezi průměrnou rychlostí a okamžitou rychlostí je v časovém úseku, pro který rychlost určujeme. Průměrnou rychlost  $v_p$  definujeme pro časový interval  $\Delta t$  dle vztahu 1.1.

$$v_p = \frac{\Delta s}{\Delta t} \quad [\text{m}\cdot\text{s}^{-1}] \quad (1.1)$$

Okamžitá rychlost  $v$  popisuje, jak rychle se v daném okamžiku mění poloha hmotného bodu s časem – vztah 1.2.

$$v = \frac{ds}{dt} \quad [\text{m}\cdot\text{s}^{-1}] \quad (1.2)$$

#### **1.3.1 Způsob měření rychlosti**

Rychlost je důležitým parametrem pro posouzení chování vozidla v různých situacích. Většina dějů se vztahuje právě k rychlosti, jakou se vozidlo pohybuje. Měření rychlosti lze provádět mnoha způsoby, ať už běžně instalovaným zařízením ve vozidle (rychloměr), externě např. modul GPS, nebo přístroji umístěnými mimo vozidlo (laserový měřič rychlosti).



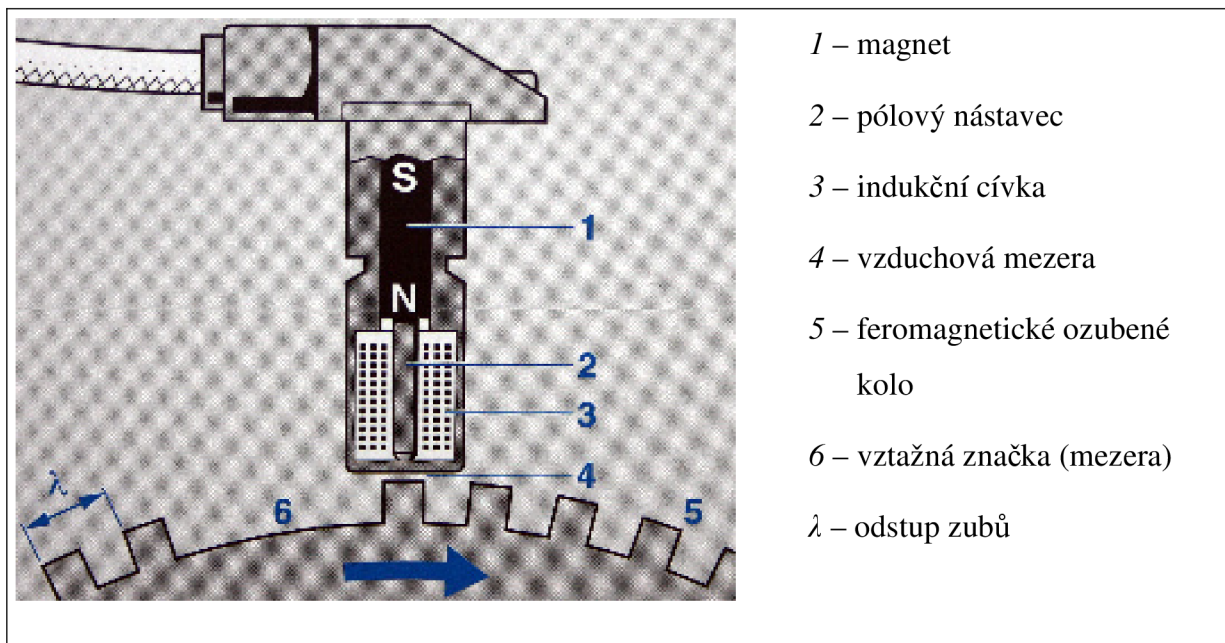
## ***Měření rychlosti ve vozidle***

Měření rychlosti je ve vozidle prováděno za pomoci snímacího aparátu a zobrazovacího zařízení. Zobrazovací zařízení nazýváme rychloměr. Rychloměr může být dvojího provedení – digitální panel nebo ručičkový ukazatel. Přesnost rychloměrů je stanovena předpisy EHK/OSN č. 39 a evropskou směrnicí 75/443/EHS. Existuje několik způsobů jak měřit rychlost vozidla. Jako základní rozdělení můžeme uvažovat dle způsobu snímání – mechanicky nebo elektronicky.

Mechanický způsob snímání rychlosti je popsán v kapitole 1.2.1 Způsob měření dráhy vozidla. Tento způsob měření rychlosti je konstruován na určitou vztažnou rychlost, kde je udaná hodnota měřena s určitou přesností. Při odchýlení od této jmenovité rychlosti chyba měření roste. Dále je značně problematický záznam měřených hodnot. Ten musí být proveden buď přídavným elektronickým zařízením, nebo analogovým zapisovačem. Tyto nedostatky mechanického snímání rychlosti vozidla odstraňuje způsob elektronický.

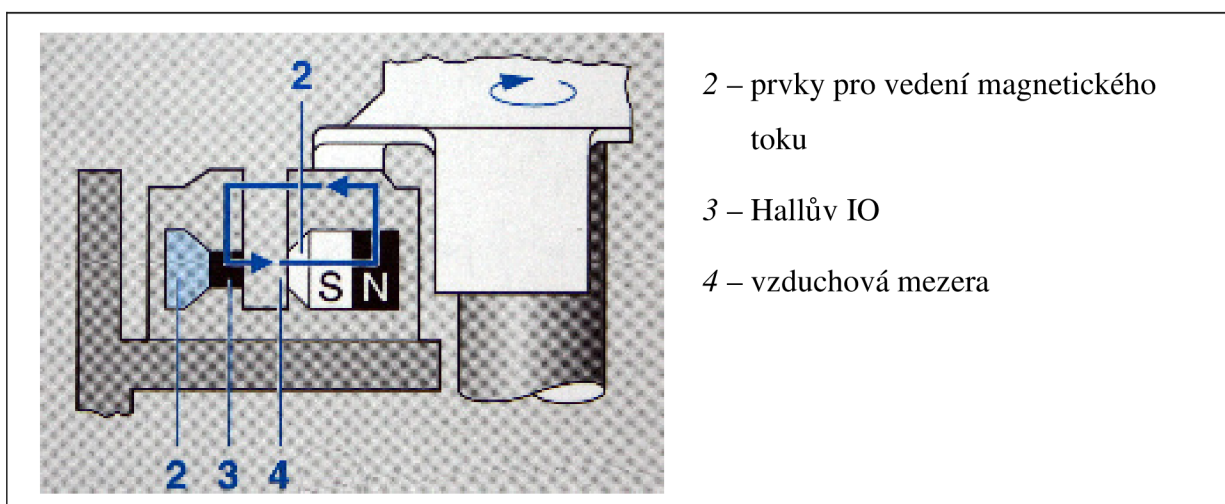
Elektronický způsob snímání je proveden za použití elektronických snímačů, které poskytují přesné údaje o rychlosti a snadný záznam měřených dat. Způsob měření závisí na použitém snímači rychlosti a jeho umístění. Zpravidla se jedná o poměrně měřené veličiny, které se vyskytují mezi dvěma částmi nebo jsou vztaženy vůči jízdní dráze. Lze využít mnoho snímačů na různých principech měření např. optický, kapacitní, induktivní, magnetostatický, aj. Z důvodu menší finanční náročnosti a tvrdých provozních podmínek ve vozidle (znečištění, vysoká teplota) jsou preferovány především induktivní a magnetostatické snímače. Ve speciálních případech může být využit radarový snímač.

Induktivní snímače využívají indukční zákon k měření rychlosti otáčení. Vytváří na svém dvoupólovém výstupu napětí, které je úměrné časové změně magnetického toku. Konstrukce induktivního snímače rychlosti otáčení je znázorněna na obrázku 1.3. Princip měření je založen na měření velikosti indukovaného napětí, které je přímo úměrné rychlosti otáčení feromagnetické části (ozubeného kola). Tento signál je následně zpracován vyhodnocovací jednotkou (zpravidla jsou zprůměrnovány hodnoty ze snímačů rychlosti všech kol vozidla) a přepočítán na okamžitou rychlost vozidla.



Obr. č. 1.3 – Induktivní snímač rychlosti otáčení [9]

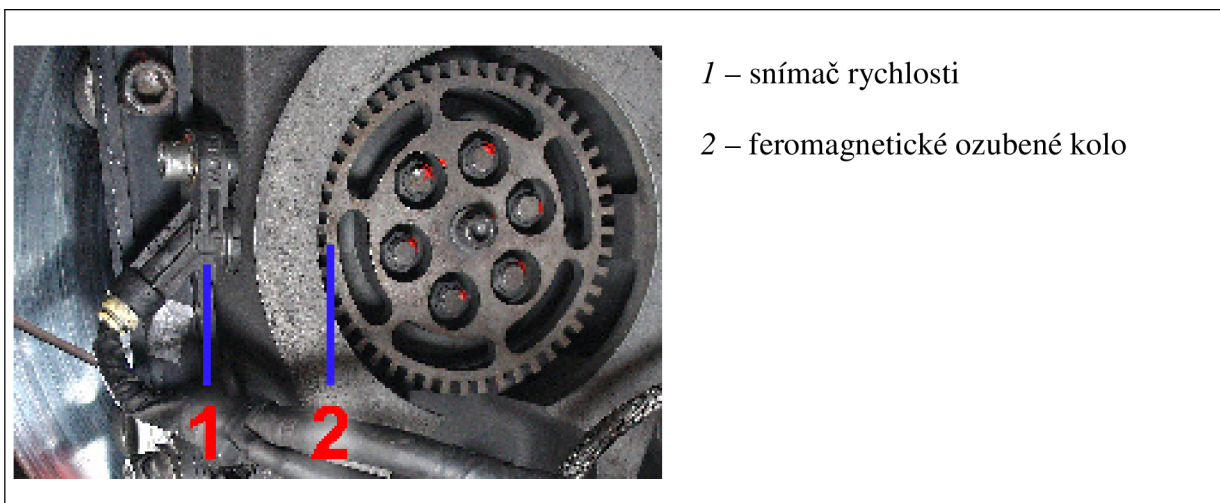
Magnetostatické snímače měří intenzitu magnetického pole. Využívají ke své funkci tzv. Hallova jevu. Magnetické pole působí na elektrony, které jsou nositeli elektrického proudu. Je-li magnetické pole a směr toku elektrického proudu k sobě navzájem kolmý lze naměřit tzv. Hallovo napětí, které je úměrné velikosti magnetického pole. Velikost Hallova napětí je následně zpracována řídicí jednotkou a převedeno na rychlost vozidla. Provedení magnetostatických snímačů může být pomocí tzv. Hallovy závory (obrázek 1.4), diferenciálního Hallova snímače nebo magnetorezistorů.



Obr. č. 1.4 – Magnetostatický snímač rychlosti otáčení-Hallova závora [9]

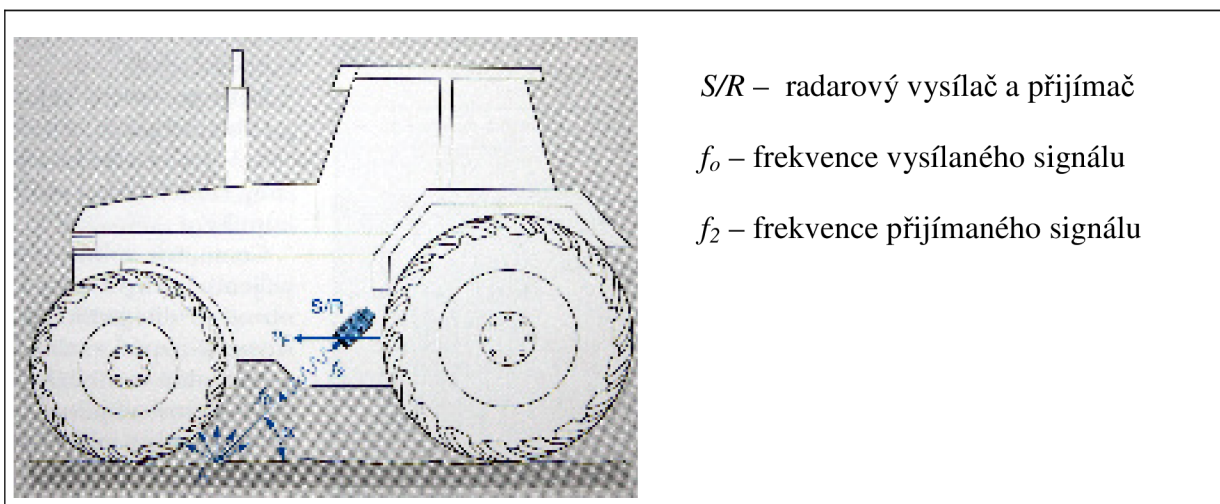
Induktivní a magnetostatické snímače mohou být umístěny například v obalu převodové skříně, kde snímají otáčky vhodného ozubeného kola nebo hřídele. Dalším častým umístěním snímačů je přímo na kole vozidla nebo v ložisku kola, kde je snímán počet otáček

kola, které jsou přepočítány na rychlost vozidla. Tento způsob měření je závislý na správně zvoleném rozměru pneumatik.



Obr. č. 1.5 – Umístění induktivního snímače rychlosti na kole vozidla

Radarový snímač využívá Dopplerova jevu. Snímač je umístěn na podvozku vozidla a je tvořen vysílačem a přijímačem vysokofrekvenčního signálu. Vysílaný signál se odráží od povrchu vozovky a dopadá zpět na přijímač o rozdílné frekvenci než signál vysílaný. Na základě této difference je odvozena rychlost vozidla. Radarový snímač je využíván u speciálních vozidel, kde dochází k velkému prokluzu kol např. zemědělské nebo lesnické stroje.



Obr. č. 1.6 – Měření rychlosti vozidla pomocí radarového snímače [9]

### **Měření rychlosti externím zařízením připevněným na vozidle**

Tento typ měření rychlosti označujeme jako nezávislý, protože měření je prováděno externím systémem nebo přístrojem. Externí zařízení jsou připevněna přímo na vozidle a to uvnitř (GPS přijímač) nebo vně (vlečné kolo, měřící přístroj Correvit).

GPS přijímače (GPS - Global Positioning System) poskytují velmi přesné údaje o okamžité rychlosti vozidla. Jejich princip je založen na družicovém radiovém systému, který slouží primárně k určení polohy a času v reálném čase na libovolném místě na Zemi. K určení rychlosti pohybu vozidla využívá GPS přijímač Dopplerova jevu, kdy se porovnávají difference mezi vyslaným radiovým signálem z družice a zpětně přijatým od GPS přijímače ve vozidle. Následné vyhodnocení dat družicí určí okamžitou rychlost vozidla.

Přesnost měření je závislá na použitém druhu systému GPS (nejpřesnější jsou systémy pro vojenské účely a vědecké aplikace). Digitální GPS přijímače nabízí další funkce pro práci s daty. Běžně poskytují možnost záznamu a dalšího digitální zpracování (využití u tzv. automobilových černých skříněk).

### ***Měření rychlosti zařízením umístěným mimo vozidlo***

Měření rychlosti vozidla lze provádět i zařízením, které je umístěno mimo vozidlo. Zařízení umístěné vně vozidla mohou být např. mikrovlnný radar a laserový měřič rychlosti pro měření okamžité rychlosti vozidla nebo úsekové měření, které slouží k měření průměrné rychlosti vozidla.

Mikrovlnný radar měří rychlost s využitím Dopplerova jevu, viz 1.3.1 Způsob měření rychlosti – radarový snímač. Mikrovlnný paprsek vyslaný zařízením se odráží od karoserie měřeného vozidla zpět k radaru, kde je zpětně detekován a zpracován. Po vyhodnocení je zobrazena a zaznamenána okamžitá rychlost měřeného vozidla.



*Obr. č. 1.7 – Mikrovlnný radar*

Laserový měřič rychlosti využívá k měření laserového paprsku v neviditelném – infračerveném spektru. Paprsek dopadá na cíl, odráží se od něj a je zachycen zpět optikou přístroje. Ze zpoždění paprsku je vypočtena okamžitá rychlost vozidla.

Úsekové měření rychlosti je metoda pro určení průměrné rychlosti vozidla v předem vymezeném úseku. Délka tohoto úseku je přesně dána. Nainstalované zařízení měří dobu průjezdu vozidla tímto úsekem. Výsledkem je požadovaná průměrná rychlost, která se vypočítává podílem délky úseku a doby jeho průjezdu.



Obr. č. 1.8 – Laserový měřič rychlosti

## 1.4 ZRYCHLENÍ

Zrychlení charakterizuje zvýšení rychlosti za určitý čas. Opět můžeme rozlišit dvojí způsob posouzení zrychlení. Stejně jako u rychlosti rozlišujeme zrychlení průměrné  $a_p$  (1.3) a okamžité  $a$  (1.4)

$$a_p = \frac{\Delta v}{\Delta t} \quad [\text{m.s}^{-2}] \quad (1.3)$$

$$a = \frac{dv}{dt} \quad [\text{m.s}^{-2}] \quad (1.4).$$

Hodnotu zrychlení uvádíme zpravidla v  $\text{m.s}^{-2}$ . Používá se, ale také jednotka  $g$ , což je označení pro zrychlení, které je porovnáváno s tíhovým zrychlením. Používá se pro snadnější porovnání s běžnými situacemi na Zemi, pro zdůraznění rozdílu zrychlení ve srovnání s volným pádem. Jednotka  $g$  není jednotkou SI. Některé akcelerometry jsou ale cejchovány právě v jednotkách  $g$ .

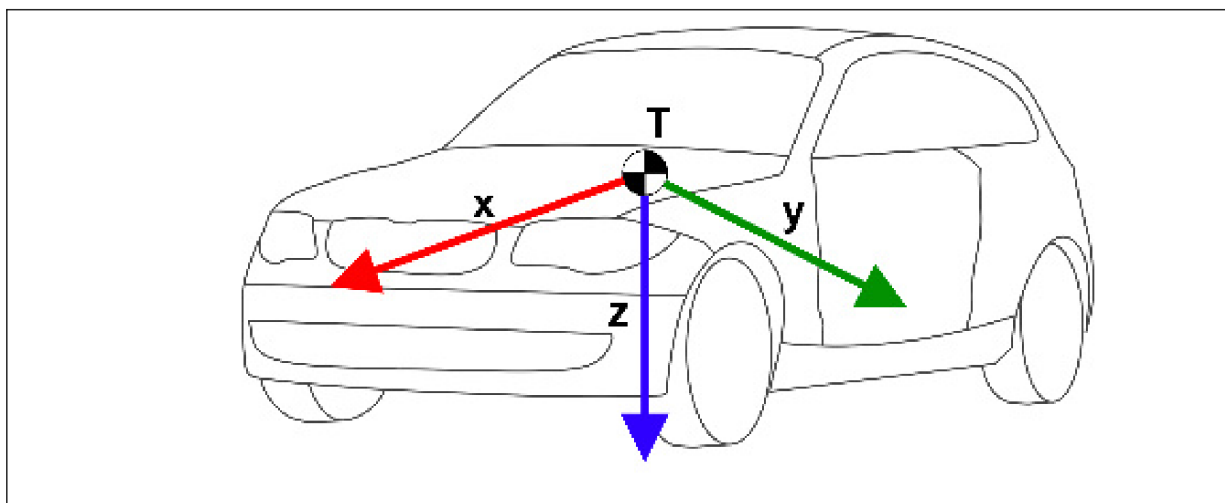
Převodní vztah mezi  $\text{m.s}^{-2}$  a  $g$  je: 
$$\frac{a[\text{m.s}^{-2}]}{G} = a[g] \quad (1.5),$$

kde  $G$  je tíhové zrychlení a v našich zeměpisných šířkách má hodnotu  $G = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ . Jedná se tedy o násobek tíhového zrychlení  $G$  ( $1 g = 9,81 \text{ m.s}^{-2}$ ).



U vozidel uvažujeme se zrychlením v podélné (x), příčné (y) a svislé ose (z) dle souřadného systému pohybu vozidla, jehož počátek leží v těžišti T vozidla, viz obrázek 1.9.

Posuzujeme-li účinky zrychlení vozidla dle souřadného systému, pak v ose x zjišťujeme podélnou dynamiku (zrychlení a zpomalení), v příčné ose y boční dynamiku (boční zrychlení vozidla a příčné zrychlení, směrová stabilita vozidla) a v ose z svislou dynamiku vozidla (kmitání, vertikální zrychlení mezi odpruženou a neodpruženou hmotou).



Obr. č. 1.9 – Souřadný systém automobilu

Zrychlení má pro charakteristiku dynamiky vozidla velký význam. Z naměřených hodnot můžeme zjišťovat mezní hodnoty např. maximálně dosažitelné brzdné zpomalení, nebo je můžeme využít jako „spínače“ pro aktivaci různých systémů ve vozidle po překročení určené meze zrychlení (ABS, předpínače bezpečnostních pásů, aj.).

#### 1.4.1 Způsob měření zrychlení vozidla

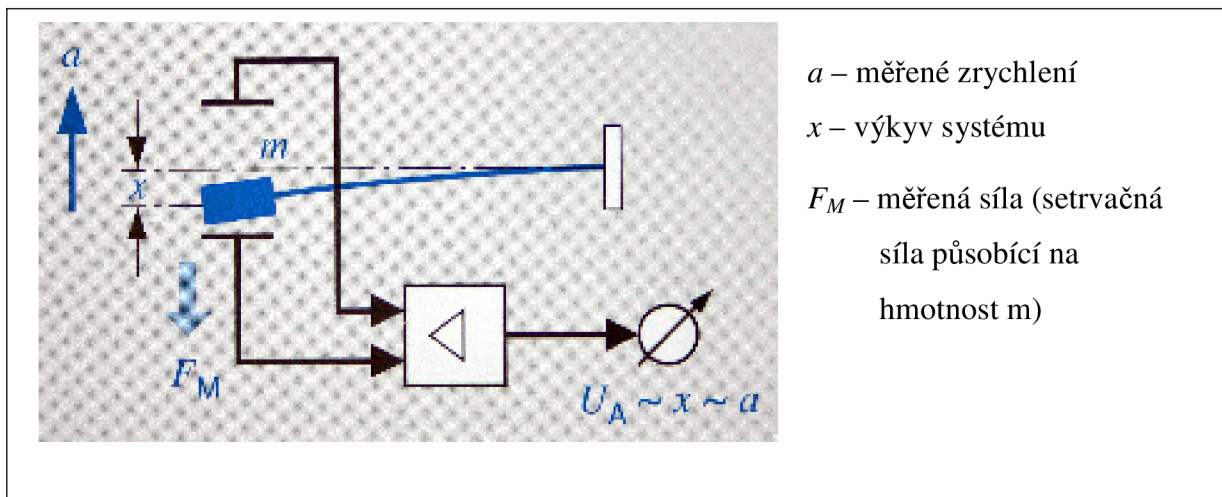
Pro měření se používají především elektronické zařízení a měřenou veličinou je tedy zrychlení. Elektronické snímače zrychlení měří v principu podle základního zákona síly:

$$F = m \cdot a \tag{1.6}$$

tedy výslednice sil je přímo úměrná zrychlením tělesa o určité hmotnosti.

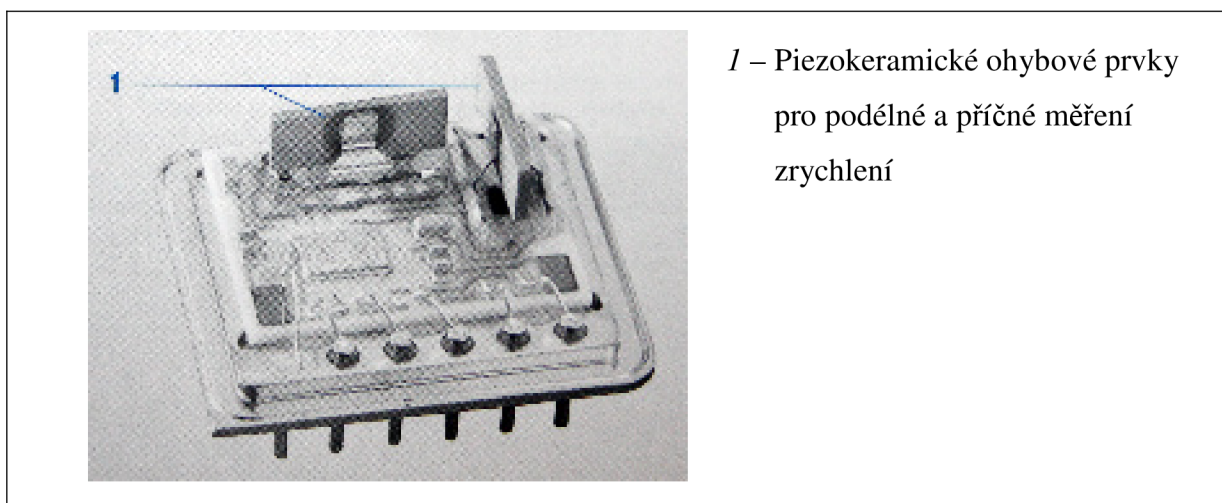
Z tohoto důvodu jsou snímače zrychlení tvořeny výkyvným systémem pružina – hmota, který představuje měřený objekt, na něhož působí setrvačná síla vytvořená zrychlením vozidla (obrázek 1.10).

Jak již bylo uvedeno, jedná se o elektronické snímače. V současné době je na trhu několik typů snímačů zrychlení, které pracují na různých principech.



Obr. č. 1.10 – Princip měření zrychlení vozidla [9]

Konstrukce Hallova snímače zrychlení je provedena elasticky upevněným systémem pružina – hmota. Působí-li na snímač příčně k jeho pružině zrychlení, mění pružné spojení pružina – hmota svou klidovou polohu. Následné vychýlení systému je měřítkem pro zrychlení. Toto vychýlení totiž způsobuje změnu magnetického pole, které ovlivňuje hodnotu Hallova napětí, viz 1.3.1 Způsob měření rychlosti.



Obr. č. 1.11 – Dvojitý piezoelektrický snímač pro měření podélného a příčného zrychlení [9]

U mikromechanických křemíkových snímačů zrychlení je výkyvný systém vyleptán do křemíkové destičky. Systém je při působení zrychlení vychylován z klidové polohy a vyhodnocovací elektronika měří změnu kapacity systému, která je úměrná zrychlení.

Piezoelektrické snímače zrychlení (obrázek 1.11) jsou tvořeny piezoelektrickým ohybovým prvkem. Působící zrychlení způsobuje ohyb prvku a na piezoelektrické vrstvě, ze které je prvek tvořen, vzniká elektrické napětí úměrné zrychlení.

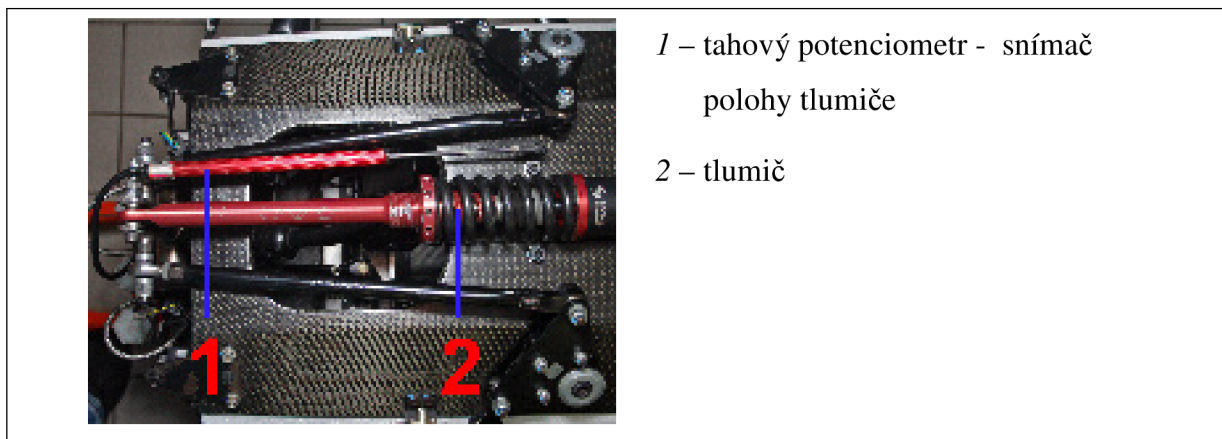
## 1.5 SNÍMÁNÍ POLOHY

Snímání polohy a úhlů jednotlivých částí vozidel nebo vozidla samotného je potřebné pro charakteristiku jeho chování při jízdě. Vzájemné pohyby a posuny částí podvozku (zavěšení kol, tlumičů) vůči karoserii vozidla přímo souvisí s odezvou automobilu na vozovku a její tvar (nerovnosti na vozovce, náklon vozovky) nebo na další podněty, které na ně působí (akcelerace nebo brzdění vozidla, průjezd zatáčkou aj.).

Pozice odpružené a neodpružené hmoty vozidla se vůči sobě prakticky neustále mění a případná analýza těchto jízdních parametrů je důležitá nejen pro experimentální měření při vývoji automobilů, ale i pro běžný provoz (využití u systémů automatické regulace dosvitu světlometů – ALWR, regulace elektronicky ovládaných tlumičů, aj.).

### 1.5.1 Snímání polohy

Lineární snímače polohy měří rovinné posunutí. Obrázek 1.12 zobrazuje využití tahového potenciometru jako lineárního snímače polohy tlumiče. Při stlačení nebo roztažení tlumiče dochází ke sdruženému posuvu potenciometru a tím se mění jeho elektrický odpor. Změna odporu je přímo úměrná velikosti stlačení nebo roztažení tlumiče. Lineární snímač polohy lze dále využít i pro měření světlé výšky vozidla.

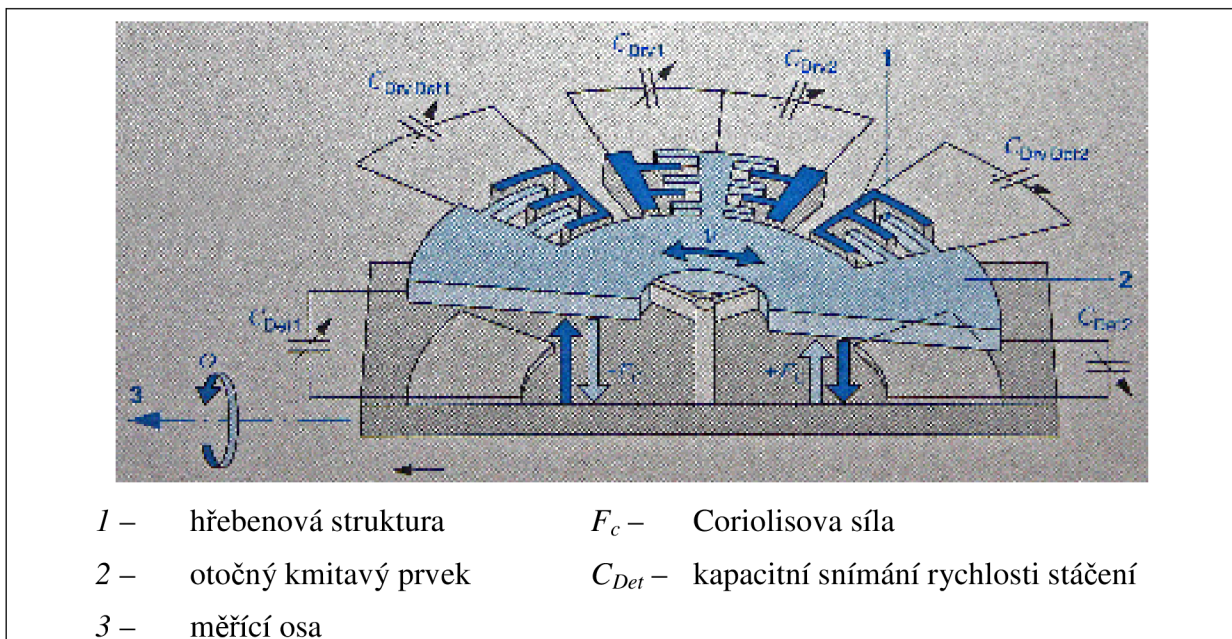


Obr. č. 1.12 – Umístění snímače polohy tlumiče

### 1.5.2 Snímání úhlu natočení

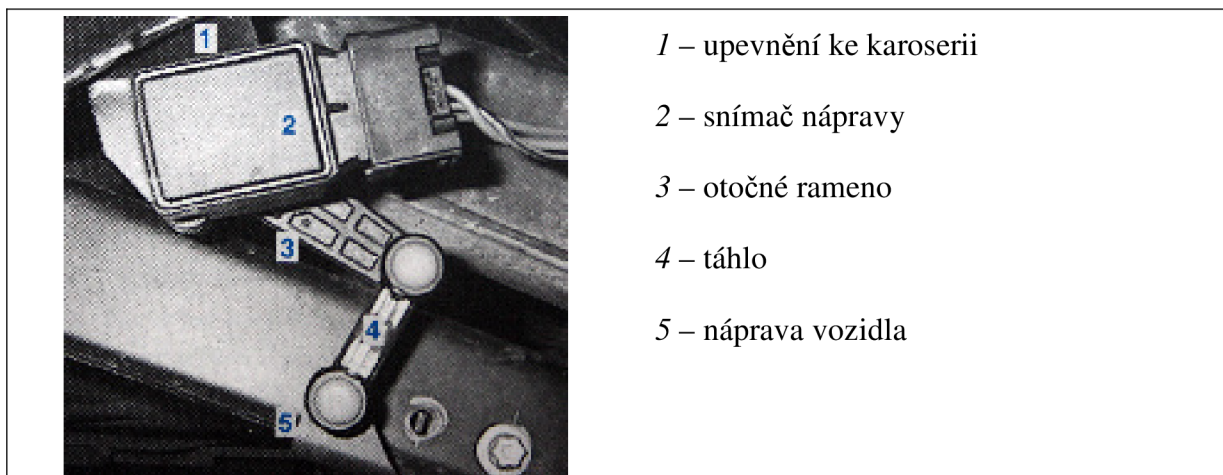
Snímače úhlu natočení (gyrometry) se ve vozidle využívají i pro měření jízdních parametrů jako snímače náprav nebo pro sledování rotace karosérie okolo svislé osy těžiště. Využití těchto snímačů je i při měření velikosti úhlu směrové úchylky (úhel mezi rovinou kola a skutečným směrem odvalu).





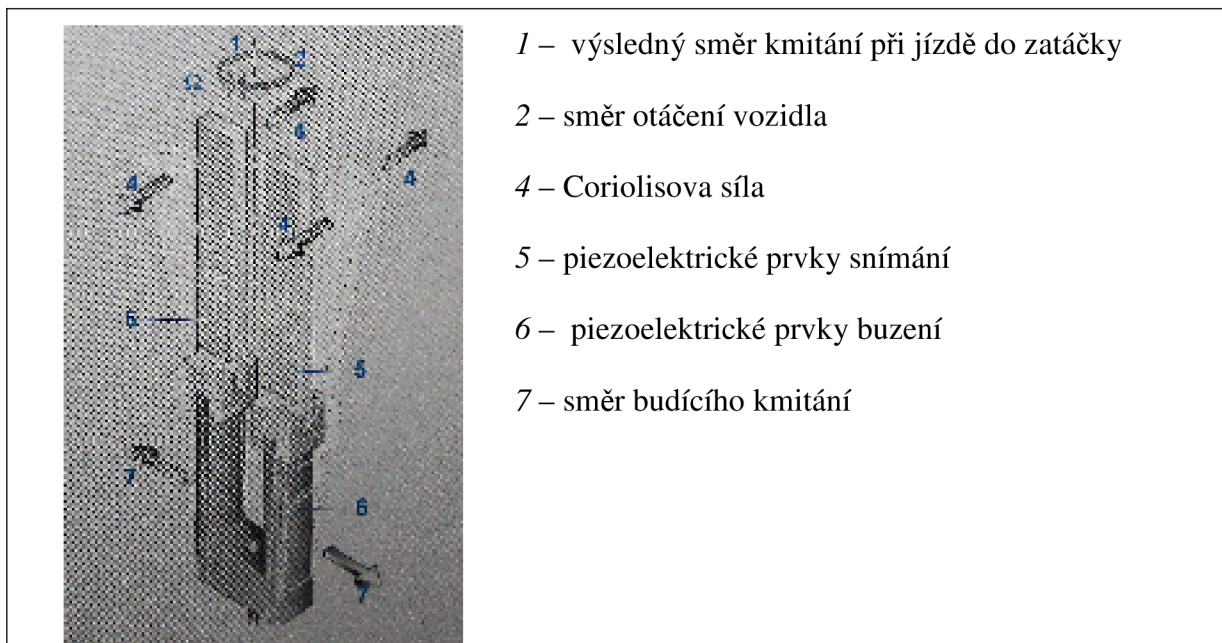
Obr. č. 1.13 – Mikromechanický snímač rychlosti stáčení vozidla kolem svislé osy těžiště [9]

Měření náklonu vozidla, např. vlivem brzdění nebo akcelerace, se provádí pomocí snímačů náprav (obrázek 1.14), které jsou instalovány vpředu i vzadu na karosérii. Jsou spojeny s karosérií pomocí otočného ramena, které je táhlem spojeno s příslušnou nápravou vozidla, příp. se závěsem kola a měří vznikající pro pružení. Náklon vozidla se vypočítá z rozdílu naměřených hodnot mezi snímačem přední a zadní nápravy.



Obr. č. 1.14 – Snímač nápravy [9]

U mikromechanických snímačů dochází vlivem působení Coriolisových sil ke klopnému pohybu dvou navzájem prolnutých hřebenových struktur, které změnou své vzájemné polohy mění elektrickou kapacitu. Tato změna kapacity je úměrná rychlosti stáčení vozidla a zároveň je detekován směr, na který je otáčivý pohyb konán.



Obr. č. 1.15 – Princip piezoelektrického snímače rychlosti stáčení vozidla kolem svislé osy těžiště ve tvaru „ladičky“ [9]

Piezoelektrický snímač rychlosti stáčení vozidla kolem svislé osy těžiště má tvar „ladičky“ (obrázek 1.15) nebo „kalíšku“. Vlivem působení Coriolisových sil dochází k vychýlení měřící struktury načež je měřeno vznikající napětí na piezoelektrických prvcích. Toto napětí je úměrné velikosti rychlosti stáčení vozidla a zároveň je detekován směr, na který je otáčivý pohyb konán díky polaritě napětí.

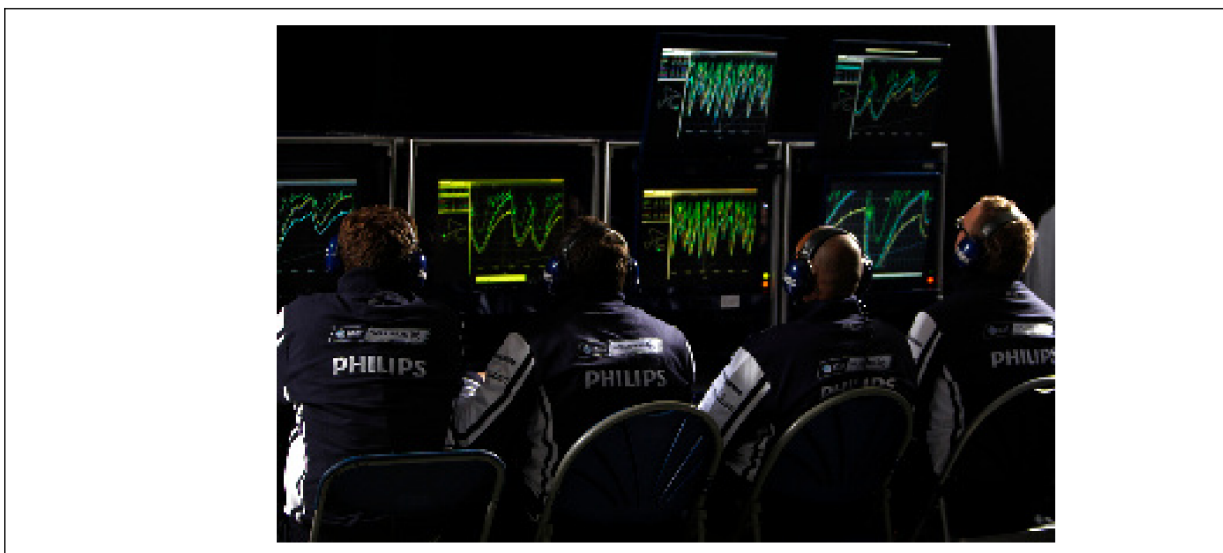
## 1.6 DATA-LOGGING A TELEMETRIE

Data-logging a telemetrie jsou obory, které pracují s elektronickými daty. Data-logging a telemetrie jsou často mezi laickou veřejností chybně zaměňovány. Obě tyto odvětví, ale pracují s daty rozdílně.

Data-logging se zabývá měřením žádaných parametrů (např. jízdní parametry vozidla) a jejich následným ukládáním do elektronické paměti.

Původ slova telemetrie pochází z řeckého „tele“ – vzdálený a „metron“ – měřidlo. Telemetrie je technologie umožňující dálkový přenos již naměřených dat.

Oba tyto obory jsou využívány v mnoha oblastech. Jedním z těchto odvětví je i automobilový průmysl. Především data-logging je často zastoupený v mnoha měřicích systémech. U měření, od kterých je očekávána zpětná vazba v podobě analýzy měřených dat, je v dnešní době prakticky nemožné obejít se bez data-loggingu.



*Obr. č. 1.16 – Inženýři mohou díky telemetrii sledovat jízdní parametry vozidla v reálném čase. Velké využití telemetrie je v oblasti automobilového sportu.*

### **1.6.1 Data-logger**

Data-logger neboli elektronický záznamník dat je zařízením, které zaznamenává data v průběhu času. Data-logger se objevuje jako prostředník pro komunikaci snímačů s dalšími zařízeními (PC) nebo jako samostatný aparát shromažďující naměřená data. Data-logger nahradil dříve používané analogové zapisovače. Výhodou těchto zařízení je prakticky neomezená doba záznamu, bezúdržbové automatické měření (není nutná obsluha), možnost velkého počtu měřících vstupů, následné elektronické zpracování pomocí software v PC.



*Obr. č. 1.17 – Data-logger Bosch*

Data-loggery se na trhu objevují jako univerzální zařízení, které mají podobu „stavebnice“ a je možno je libovolně rozšiřovat dle nabídky, programovat, apod. Existují i specifické zařízení, které jsou určeny jen pro konkrétní aplikaci.

Při použití v automobilovém průmyslu se využívají data-loggery k záznamu provozních hodnot nebo jízdních parametrů vozidla.

### **1.6.2 Praktické využití data-loggingu v oblasti automobilového průmyslu**

Data-logging bývá využíván ve většině elektronických měřících a záznamových zařízení pro měření v oblasti automobilového průmyslu. Taková zařízení mohou sloužit k mnoha účelům – měřící systémy, monitorovací systémy, apod.

Měřící systémy využívají data-logging jako základního prostředku pro svou činnost. Data-logging představuje jednu ze dvou hlavních funkcí (druhou je samotné snímání dat) každého elektronického systému, který zaznamenává provozní nebo jízdní parametry vozidla.

Monitorovací systémy využívají data-loggingu k průběžnému sledování provozních nebo jízdních parametrů vozidla. Použity jsou například u asistenčních systémů, které reagují na právě probíhající procesy nebo u tzv. černých skříněk (z ang. black box), jenž jsou využívány v případě dopravních nehod.

## **1.7 MĚŘÍCÍ SYSTÉMY PRO MĚŘENÍ JÍZDNÍCH PARAMETRŮ VOZIDEL**

### **1.7.1 Decelerometry a decelerografy**

Decelerometry jsou jednoduché přístroje pro zjištění největší hodnoty zpomalení. Jejich funkce je většinou odvozena z pohybu kyvadla. Mimo analogových přístrojů s mechanickým kyvadlem je známý decelerometr, kde funkci kyvadla vykonává náplň rtuť, působící na zbarvenou kapalinu, která má dostředivou přilnavost. Podle intenzity brzdění vytlačuje vlivem setrvačného účinku rtuť zbarvenou kapalinu. Následně je možno na stupnici odečíst hodnotu zpomalení [1].

Decelerograf je propracovanějším přístrojem pro měření zpomalení. Je vybaven registračním zařízením a hydraulickým snímačem ovládací síly na brzdovém pedálu. Závaží o určité hmotnosti, pohyblivě uložené v jedné rovině, se při brzdění pohybuje proti pružině. Pohyb závaží, úměrný zpomalení se mechanismem přenáší na zapisovací hrot. Tento hrot zaznamenává na registrační papír velikost zpomalení. Záznam zpomalení a ovládací síly na brzdový pedál je registrován v závislosti na čase (papír s rastrem je posunován rovnoměrnou rychlostí pomocí mechanického hodinového stroje). V současné době jsou již na trhu i plně

elektronické decelerografy (např. Orbis Controls CT3010), které měří na principu elektronických snímačů, viz 1.4.1 Způsob měření zrychlení vozidla.

Decelerograf Orbis Controls CT3010 patří mezi schválené měřicí přístroje pro brzdné zkoušky vozidel při kontrolách STK (vyhláška MDS č. 302/2001Sb., §11 a §29). Přístroj zaznamenává kompletní průběh brzdné zkoušky s konečným vyhodnocením měření celkového brzdného zpomalení a jeho závislost na ovládací síle působící na pedál. Při měření je přístroj pevně umístěn ve vozidle dle směrových šipek, viz obrázek 1.18. Výstupem je graf brzdného zpomalení v závislosti na čase a vypočtená průměrná hodnota celkového zpomalení. Přístroj je vybaven tiskárnou. Rozsah brzdného zpomalení, který je zařízení CT3010 schopno zaznamenat je 0–10 m/s<sup>2</sup>. Záznam je možné provádět po dobu 50 sekund.



*Obr. č. 1.18 – Decelerograf Orbis Controls CT3010*

### **1.7.2 Vlečné kolo**

Vlečné kolo (obrázek 1.19) se používá při měření rychlosti a zrychlení. Je tvořeno jízdním kolem o rozměru 28“, u kterého se jeho dynamický poloměr v závislosti na rychlosti jízdy prakticky nemění. Kolo je kardanovým závěsem připevněno nejčastěji k zadnímu nárazníku nebo k pomocné konstrukci.

Snímání okamžité rychlosti je provedeno pomocí indukčního snímače, viz 1.3.1 Způsob měření rychlosti. Naměřený signál je dále zpracován digitální jednotkou, která celé měření zaznamenává.





Obr. č. 1.19 – Vlečné kolo

### 1.7.3 XL meter™ Pro

Elektronický přístroj XL Meter™ Pro Inventure, Inc. je mobilní zařízení sloužící k měření zrychlení (zpomalení) v příčném a podélném směru v rozsahu  $-12,7$  až  $+12,7 \text{ m.s}^{-2}$  s citlivostí  $0,1 \text{ m.s}^{-2}$ . XL Meter zaznamenává průběh podélného a bočního zrychlení vozidla. Jeho využití je při brzdných, akceleračních nebo jízdních zkouškách. Výhodou je snadná instalace a rychlé použití.

Přístroj se pomocí vakuového držáku připevní na přední nebo zadní sklo vozidla (případně na jinou plochu) a po kalibraci, dle signalizace na displeji, je připraven k měření. Měřená data se ukládají do paměti přístroje. Přístroj okamžitě vyhodnocuje na displeji střední hodnotu plného brzdného zpomalení (MFDD), brzdou dráhu, výchozí rychlost, ze které se brzdilo a dobu brzdění. Během měření je možno zaznamenat až 8 záznamů.

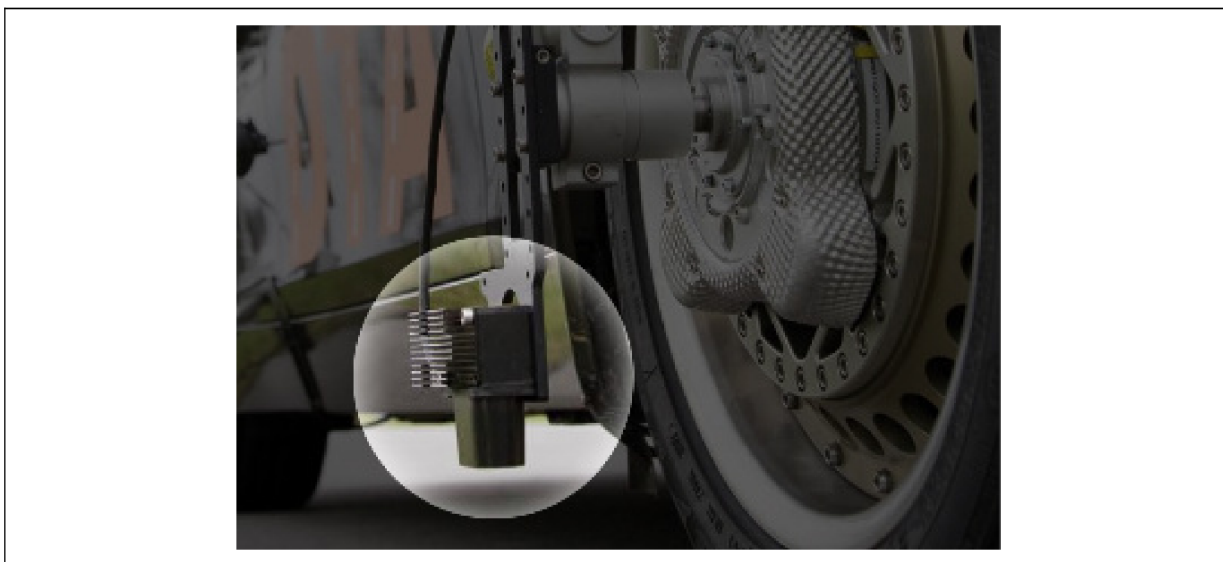


Obr. č. 1.20 – XL Meter™ Pro Inventure, Inc. při zálohování naměřených dat do počítače

Zařízení je možno používat s tzv. brzdovým spouštěčem, který po sešlápnutí brzdového pedálu zaznamená do měřeného průběhu okamžik sešlápnutí brzdy. Kompletní charakteristika měřeného děje může být následně počítačově zpracována v podobě grafů, případně tabulek.

#### 1.7.4 Optický snímač Correvit

Optický senzor Correvit je navržen pro bezkontaktní testování dynamiky vozidel. Používá se pro mobilní i stacionární měření (využití v průmyslu). V případě mobilního měření je senzor namontován na pohybující se objekt a používá se primárně k měření rychlosti a ujeté vzdálenosti. Rychlost (příčná i podélná) a vzdálenost je měřena pomocí optické detekce pohybu relativně k senzoru. Pro měření jízdních parametrů vozidel využíváme mobilního měření.



*Obr. č. 1.21 – Optický snímač Correvit nainstalovaný na vozidle [8]*

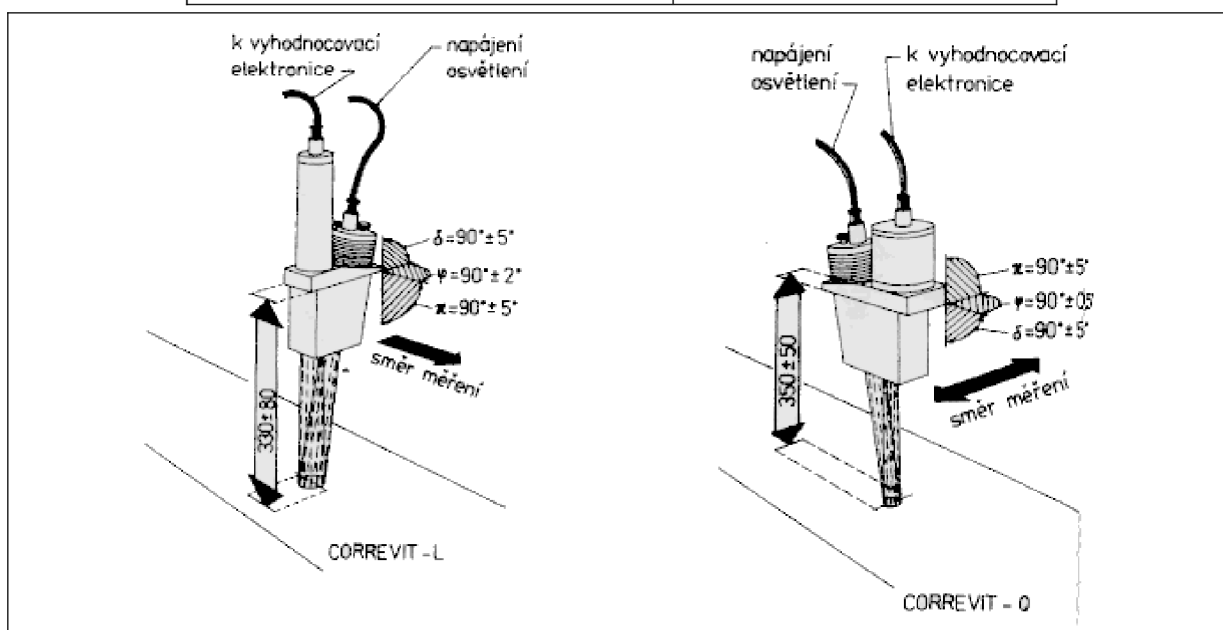
Optický snímač Correvit je považován za jeden z nejpřesnějších přístrojů pro měření dynamiky vozidel vůbec. Oproti jiným měřícím systémům nevyužívá snímače, které mohou být ovlivněny jinými účinky (teplota, elektromagnetické rušení, apod.). Měření probíhá díky vysoké vzorkovací frekvenci v reálném čase, což například není možné u GPS zařízení, která v závislosti na svém principu měření vždy pracují s určitým zpožděním.

Jak bylo uvedeno zařízení Correvit je určeno pro měření dráhy, zrychlení a rychlosti v podélném i příčném směru. Pokud je zařízení Correvit rozšířeno o snímač úhlu natočení, viz 1.5.2 Snímání úhlu natočení, umožňuje měření velikosti směrové úchylny (úhel mezi rovinou kola a skutečným směrem) a velikost stáčivé rychlosti (pohyb snímače kolem svislé

osy). Jelikož je princip měření založen na bezkontaktním měření je možné provádět měření prakticky na libovolném povrchu (sníh, nezpevněná vozovka, kolejnice, aj.).

Tab. č. 1 – Měřicí rozsahy a rozlišení přístroje Correvit

Měřený parametr	Rozlišení / Měřicí rozsah
Dráha	od 1,9 mm
Rychlost	0,5–400 km/h
Velikost směrové úchytky	$\pm 40^\circ$



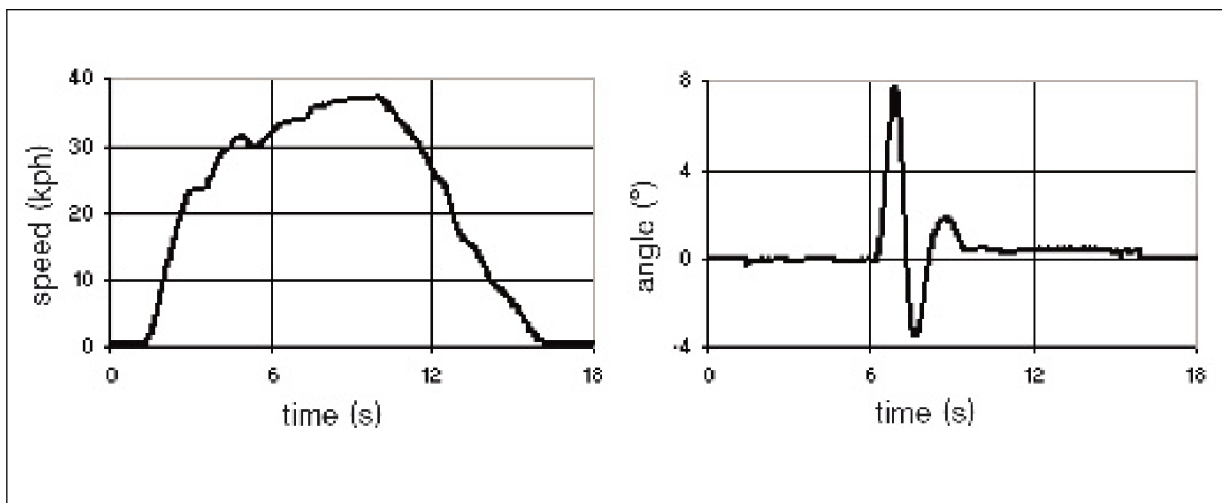
Obr. č. 1.22 – Optický snímač Correvit při měření podélné a příčné rychlosti

Přístroj je tvořen optoelektronickým snímačem a počítačovou jednotkou, která slouží pro komunikaci se snímačem a záznam měřených dat. Optoelektronický snímač pracuje na principu optické korelace, kdy prochází odražený světelný paprsek od povrchu (vozovky) a přes optické čočky je nasměrován na mikrostrukturální optickou mřížku a dopadá na světlo citlivý senzor (fotopřijímač). Pohyb senzoru (stacionární měření) nebo měřeného povrchu (mobilní měření) způsobí pohyb struktury bodů na mřížce.

Zařízení je připevněno za pomoci vakuového držáku na vnějšek automobilu. Přístroj může být připevněn na bocích a přední nebo zadní části automobilu dle směrového značení na přístroji. Po kalibraci je přístroj připraven k měření. Samotný záznam měření začíná dle nastavených parametrů prostřednictvím počítačové jednotky (např. po dosažení rychlosti 5 km/h). Výkonný světelný zdroj vysílá světelný paprsek na povrch vozovky. Optický systém



následně soustředí obraz měřeného povrchu do roviny mřížky, kde je detekován fotopřijímačem a následně zpracován vyhodnocovacím zařízením.



Obr. č. 1.23 – Grafický výstup měření zařízení Correvit: závislost rychlosti na čase (vlevo), závislost velikosti směrové úchylky na čase (vpravo)

## 1.8 OBRAZOVÝ ZÁZNAM PŘI MĚŘENÍ JÍZDNÍCH PARAMETRŮ

Videozáznam nebo fotografie jsou používány k pořízení obrazového záznamu během jízdních zkoušek. Slouží jako doplňující informace k měřeným datům. Kamery mohou být umístěny na libovolné části vozidla nebo mimo něho a sledují např. jízdní dráhu vozidla, některou ze snímaných částí podvozku, řidiče nebo celkovou situaci při jízdních testech.

Mnoho měřících systémů již nabízí součinnost záznamových zařízení spolu s naměřenými daty. Součinnost spočívá v synchronním snímání, tedy záznam obrazu i dat začíná společně a je tedy možné následně oba záznamy překrýt.

Příkladem může být systém „Da Vid“ společnosti AIM. Ten nabízí software určený pro zobrazování naměřených dat z data-loggeru společně s videozáznamem. Výsledkem je komplexní přehled o chování zkoumaného objektu, např. chod tlumiče a zavěšení kola, náklon vozidla, natočení volantu, aj.



Obr. č. 1.24 – Využití obrazového záznamu při analýze jízdních parametrů vozidla [8]  
 obrazový záznam měřeného objektu (nahore), grafické zobrazení naměřených dat (dole)

### 1.8.1 Vysokorychlostní kamery

Vysokorychlostní (rychlostní, rychloběžná) kamera, je přenosné optoelektronické zařízení pro vytváření obrazového záznamu velmi vysokou frekvencí snímání. Výraznou předností digitálního záznamu vysokorychlostní kamerou je, že je použitelný nejen ke kvalitativní analýze zobrazeného děje nebo jevu (jako u běžných standardních kamer), ale umožňuje i analýzu kvantitativní, tj. hodnocení s využitím aktuálních hodnot fyzikálních veličin. Vzhledem k tomu, že k jednotlivým obrázkům záznamu lze přiřadit reálný relativní čas, je možné porovnáním sousedních obrázků stanovit vektory rychlosti a zrychlení pohybujících se prvků, rychlosti změny tvaru těles či vizuálních projevů zkoumaných jevů [13].

Vysokorychlostní kamery se uplatňují v celé řadě technických aplikací. V oblasti automobilové problematiky nalézají využití především při experimentálních zkouškách vozidel (např. crash test, zkoumání vlivu jízdy na běhoun pneumatiky, atd.).

## **2 VYUŽITÍ MĚŘENÍ JÍZDNÍCH PARAMETRŮ VOZIDEL**

Při konstrukci nových vozidel dochází k ověřovacím zkouškám, které porovnávají reálná data s počítačovými simulacemi. Jedná se o vývojové stádium vozidla. Měření jízdních parametrů probíhá i při běžném provozu vozidel, kdy je dat využito pro činnost asistenčních systémů a dalšího příslušenství vozidla.

Další obor, který je v posledních letech ve velkém vývoji a údaje o jízdních parametrech zde mají velké využití, je rozvoj v oblasti simulátorů vozidel. Hydraulické systémy, které modelují chování při jízdě automobilu, využívají reálných jízdních parametrů ke své činnosti.

Zisk informací o jízdních parametrech vozidla je zásadní i při analýze dopravních nehod. Ve většině případů jsou techničtí znalci nuceni zjišťovat tyto údaje až následně ze stop a indicií, které vznikly jako důsledek dopravní nehody. Na trhu se ale v posledních letech začínají objevovat speciální zařízení tzv. černé skříňky, které zaznamenávají jízdní parametry vozidla těsně před dopravní nehodou a napomáhají tak objasnit příčiny nehod.

Měření jízdních parametrů vozidel probíhá také při experimentálních jízdních testech, Ty jsou prováděny se záměrem zkoumat chování vozidla nebo konkrétní součásti vozidla.

### **2.1 JÍZDNÍ PARAMETRY A JEJICH VYUŽITÍ PŘI VÝVOJI VOZIDEL**

Velmi důležitou roli při konstruování a vývoji vozidel (případně dalších vozidlových součástí) zaujímá měření jízdních parametrů. Naměřená data představují pro vývojové týmy automobilek informaci o výsledku jejich práce. Jízdní parametry jsou dále podkladem pro realizaci matematických modelů, které představují levnější způsob testování jednotlivých komponent vozidel. Za vývoj v oblasti automobilové problematiky lze považovat i práci na závodních automobilech, které jsou přizpůsobovány aktuálním podmínkám na základě informací od jezdce a elektronických dat z data-loggeru.

#### **2.1.1 Vývojové jízdní zkoušky**

Před uvedením nového vozidla na trh dochází jako u každého jiného výrobku k testování a ověřování jeho vlastností. Vývojové jízdní zkoušky představují právě tuto proceduru. Předmětem těchto zkoušek jsou vývojové prototypy, jejichž jízdní zkoušky jsou

prováděny na testovacích polygonech (obrázek 2.1) nebo při dlouhodobých zkouškách v běžném provozu.



*Obr. č. 2.1 – Vývojové jízdní zkoušky, vozidlo je osazeno měřicími systémy pro snímání jízdních parametrů vozidla*

Pomocí měřících systémů, viz kapitola 1.7 Měřicí systémy pro měření jízdních parametrů vozidel, se zjišťují požadované parametry a vyhodnocují se. Vývojové jízdní zkoušky můžeme rozlišovat podle několika hledisek – délky trvání testů (dlouhodobý, krátkodobý), testovacího prostředí (silnice, terén) nebo například dle charakteru testu (běžný provoz, zátěžový test).

### **2.1.2 Simulační model automobilu**

Vysoké náklady na reálné testy vozidel lze obejít využitím počítačů a matematických modelů vozidel. Počítač pracuje s programem, který vychází z reálných dat naměřených během jízdních testů – simuluje vlastnosti a chování automobilu. Příkladem může být testování funkčnosti asistenčních systémů.

Jednotlivé zařízení (ABS, ESP, apod.) nemusí být nainstalovány přímo na vozidle v provozu, ale jsou napojeny na řídicí počítač, který představuje matematický model vozidla a simuluje jeho chování. Funkce systému je porovnávána s vzorovými daty (jízdní parametry, provozní hodnoty) z reálného měření a toto je následně vyhodnocováno.

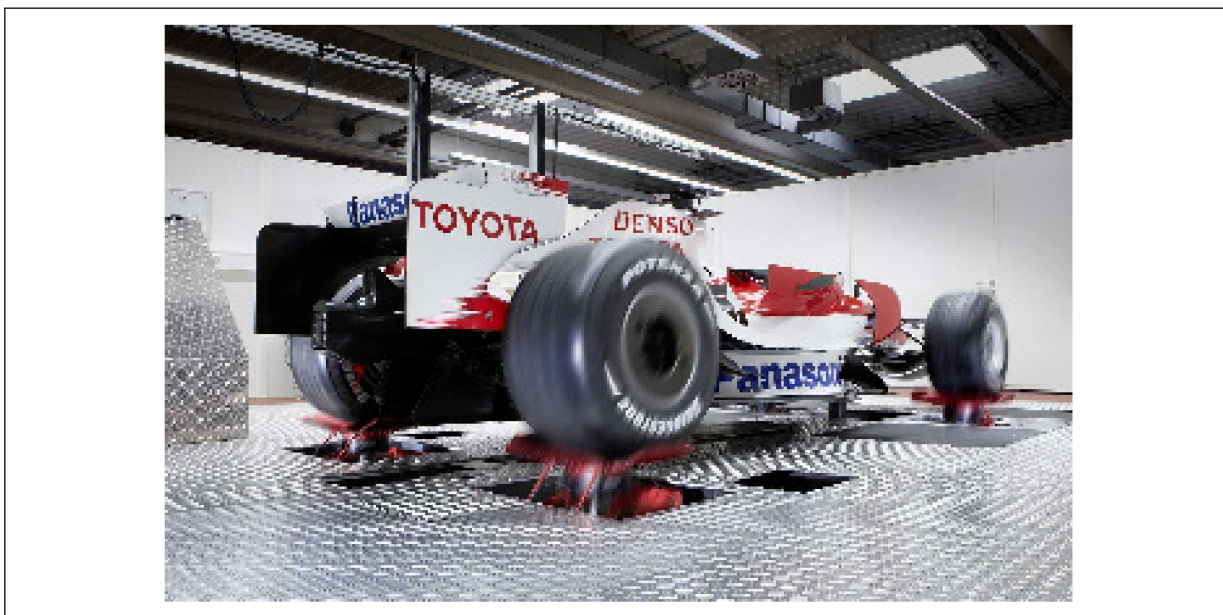
### 2.1.3 Simulátory

Využití jízdních parametrů vozidla se nabízí i při realizaci simulátorů vozidel. Simulátory mohou sloužit pro zábavu, přípravu řidičů v autoškole nebo pro simulaci provozních podmínek v laboratoři. Oblast použití je široká. Jízdní parametry zde nacházejí využití jako zdrojové informace pro simulační program.



*Obr. č. 2.2 – Simulátor závodního vozu Cruden Hexanech tvořený hydraulickým triodem*

Pro simulaci dynamických podmínek běžného provozu v laboratořích, se využívají hydraulické stolice. Na čtveřici hydraulických noh je umístěno vozidlo a jejich pohyb věrně kopíruje reálné jízdní podmínky (zatížení jednotlivých kol, zrychlení, brzdění, změnu světlé výšky vozidla vlivem aerodynamického přítlaku, nerovnosti vozovky, aj.).



*Obr. č. 2.3 – Vibrační test vozidla formule 1*

Takovéto testy se využívají pro zkoumání chování, životnosti a analýzu výkonnosti jednotlivých mechanismů a komponent vozidla.

#### **2.1.4 Využití jízdních parametrů vozidel při optimalizaci jízdních vlastností závodních vozidel**

Prostředí automobilových závodů lze považovat s jistým nadhledem jako neustálou snahu o zdokonalování závodního automobilu. Závodní stroje jsou v dnešní době většinou vybaveny systémy pro sledování provozních a jízdních parametrů – data-logging, viz 1.6. Na základě získaných dat mohou být provedeny příslušné úpravy na vozidle, tak aby bylo dosaženo základní myšlenky automobilových závodů – být nejrychlejší.

Závodní vozidla se liší od sériových tím, že se snaží být co nejvíce přizpůsobeny na konkrétní trať a aktuální podmínky, oproti univerzálnosti běžného automobilu. Toho lze dosáhnout na základě úsudku jezdce nebo dle naměřených dat z měřících systémů. Doba, kdy byly informace od jezdce hlavním zdrojem při optimalizaci vlastností závodního stroje, je minulostí. V dnešním motoristickém sportu rozhodují mnohdy nepatrné záležitosti a v časovém měřítku to představuje mnohdy i tisíce vteřiny. Role měřících systémů, které zaznamenávají jízdní a provozní parametry, je tedy momentálně rozhodující.

Motoristický sport je i důležitou půdou pro vývoj nových komponent, které mohou být následně použity u sériových vozidel. I zde velkou mírou přispívají měřící systémy jízdních parametrů vozidla k získání informací o funkčnosti a chování těchto prvků.

## **2.2 ASISTENČNÍ SYSTÉMY**

Z hlediska zvyšování bezpečnosti, hospodárnosti a komfortu jsou vypracovávány systémy k podpoře řidiče při ovládní vozidla – asistenční systémy. Asistenční systémy mohou ovlivňovat nebo podporovat řidiče při akceleraci, brzdění i zatáčení. Principem těchto systémů je zpracování podnětů, např. v podobě naměřených údajů o jízdních parametrech, které tuto činnost ovlivňují a dle stanovených algoritmů rozhodnout o optimálním řešení situace. Proto jsou v současnosti usilovně vyvíjeny regulační algoritmy a spolu s nimi vhodné snímače a akční členy.

### **2.2.1 Dělení asistenčních systémů**

Asistenční systémy dělíme:

- aktivní asistenční systémy = automaticky zasahují do ovládání vozidla (aktivní brzdňý systém ABA)
- pasivní asistenční systémy = pouze řidiče informují (parkovací systém, varování při vyjetí z jízdního pruhu)
- systémy zajišťující bezpečnost a pohodlí (protiblokovací systém ABS, elektronická stabilizace jízdy ESP, protiprokluzová regulace ASR, aj.)

### **2.2.2 Princip asistenčních systémů**

Ve všech popsaných případech asistenčních systémů je nutné snímat a zpracovávat aktuální jízdní parametry vozidel. To se děje za pomoci senzorů, jenž snímají okolí vozidla, činnost nebo stav jednotlivých součástí vozidla a jednání řidiče. Na základě zjištěných údajů jsou následně generovány řídicí jednotkou pokyny pro úkony asistenčním systémům. Vozidla využívají v současné době několik řídicích jednotek (jejich počet se stále zvyšuje), u kterých je snaha o sdílení sensorových signálů z jednotlivých snímačů, protože využívají stejné vstupní veličiny. Tím se dosahuje lepšího využití jednotlivých snímačů a snižuje se jejich počet.

## **2.3 ANALÝZA DOPRAVNÍCH NEHOD**

Dopravní nehody patří ke každodenním událostem, které se dějí na silnicích. Příčiny a průběhy nehod jsou zkoumány. Na základě zjišťování vybraných jízdních parametrů např. rychlost, brzdňé zpomalení, boční zrychlení, apod. jsou následně určovány další údaje, jenž objasňují nehodové děje. Ve [4] jsou tyto postupy popsány.

### **2.3.1 Výpočetní programy pro analýzu nehod**

Jízdní parametry slouží jako vstupní údaje pro výpočetní programy pro analýzu nehod. Modelování průběhu střetu vozidel a pohybu po něm je jedním z problémů, k jehož vyřešení mohou účinně přispět počítače, zejména jsou-li spojeny s grafickým výstupem. Umožňují posuzovat značné množství variant vstupních hodnot (např. jízdní parametry vozidla), a tím je dána možnost posuzovat technickou přijatelnost výpovědí jednotlivých účastníků nehody a porovnávat je se skutečnostmi, zajištěnými po nehodě [4]. V současné době je na trhu několik programů pro analýzu dopravních nehod – např. Virtual CRASH, PC-Crash.



### 2.3.2 Experimentální měření při nehodových dějích

K objasňování dopravních nehod přispívají experimentální zkoušky, které simulují dopravní nehody nebo chování vozidel těsně před nehodou. Při zkouškách se sledují a zaznamenávají jízdní parametry a další parametry během celého cyklu nehodového děje. Vozidla bývají osazena měřicími systémy a průběh nehody bývá zaznamenán vysokorychlostními kamerami. Naměřená data přispívají k rozvoji poznatků o průběhu dopravních nehod nebo jako podklady pro výpočetní programy.



*Obr. č. 2.4 – Simulace dopravní nehody. Vozidla jsou opatřena měřicími systémy a nehodový děj je snímán vysokorychlostními kamerami pro následnou detailní analýzu střetu.*

### 2.3.3 Černé skříňky

System černé skříňky (z anglického „black box“) vyvinutý původně pro leteckou dopravu se začíná díky novým technologiím prosazovat i na poli automobilové dopravy. Myšlenka černé skříňky se poprvé objevila koncem 70. let v USA. Prozatím, ale nebyla převedena do běžné praxe. V současné době jsou na trhu zařízení, která nejsou standardně instalována do vozidel. Zařízení jsou umístěna ve vozidle a sledují jízdní parametry vozidla a jeho polohu. Vlastnosti zařízení jsou odvislé od typu a výrobce.

Základními měřeními jízdními parametry jsou rychlost a zrychlení ve třech osách v závislosti na čase. Právě tyto údaje nejvíce charakterizují chování řidiče a vozidla během zkoumaného časového úseku. Běžně jsou dále černé skříňky vybaveny záznamovým



zařízením, které může snímat prostor před / za vozidlem nebo posádku v automobilu. Zařízení umí vyhodnotit, zda došlo k nehodě a následně upozornit pomocí technologie GSM, že vozidlo havarovalo. Černé skříňky s GPS moduly zaznamenávají přesnou dráhu a polohu vozidla.

Princip systému černé skříňky je založen na data-loggingu. Měřené parametry ze snímačů a záznamových zařízení jsou zpracovány a uloženy v paměťové jednotce. Pomocí software v PC si může uživatel následně prohlédnout záznam v prostředí, které zobrazuje synchronizovaně všechny zaznamenané údaje (obrázek 2.5).

Černá skříňka se v současné době výrazně dostává do povědomí odborné i laické veřejnosti. Přínos tohoto zařízení je totiž v oblasti řešení dopravních nehod bezpochyby velký. Zaznamenaná data jednoznačně usnadňují práci při zjišťování viníka nehody, podávají informaci o technickém stavu vozidla, ověřují výpovědi svědků apod. Další využití černých skříňek se nabízí pro statistické využití. Naměřená data přímo z reálného provozu mají větší vypovídající schopnost než data z experimentálních měření.



Obr. č. 2.5 – Záznam z černé skříňky – uživatelské zobrazení: 1-obrazový záznam prostoru před vozidlem, 2-obrazový záznam posádky, 3-poloha vozidla, 4-jízdní parametry a údaje z GPS, 5-průběhy zrychlení ve třech osách

Legislativa České republiky prozatím nepřipouští využití údajů z tohoto systému, který je umístěn v automobilu, jako důkazních prostředků. Problémem je, že prozatím není systém černé skříňky nikterak standardizován a není běžně instalován do vozidel. Výjimkou

jsou prostředky městské hromadné dopravy a železniční dopravy. Některé autobusy a tramvaje ve větších městech jsou těmito zařízeními osazeny pro případ následné analýzy dopravní nehody. Na železnici plní obdobnou funkci, když jsou instalovány v lokomotivách.

### **3 VLIVY PŮSOBÍCÍ NA JÍZDNÍ ZKOUŠKY VOZIDEL A DRUHY TESTOVACÍCH DRAH**

Při jízdách zkouškách musíme uvažovat s vlivy, které mají přímý důsledek na měřené hodnoty a parametry. Jedná se především o vliv člověka, který vystupuje při jízdách zkouškách v mnoha případech jako nestabilní systém s proměnlivým vlivem na výsledky měření. Nesmíme ale zapomínat, že existují i další vnější vlivy, které mohou negativně ovlivnit měřené hodnoty.

Z výše uvedených důvodů je proto nutné při experimentálních jízdách zkouškách zaznamenávat do měřících protokolů podmínky měření a jiné vnější vlivy, které mohou mít vliv na konečný výsledek měření.

#### **3.1 VLIV ČLOVĚKA NA MĚŘENÍ PŘI JÍZDNÍCH ZKOUŠKÁCH**

Měření můžeme rozdělit na tři základní druhy, v nichž posuzujeme vliv lidského faktoru na měření:

##### a) Subjektivní hodnocení

- hodnotícím měřítkem jsou pocity a dojmy testovacího řidiče,
- zjištěné poznatky jsou závislé na zkušenostech a schopnostech řidiče,
- přesnost a opakovatelnost měření je z výše popsaných důvodů omezená.

##### b) Subjektivní měření

- měření měřicími systémy je prováděno při jízdách zkouškách, kdy je vozidlo řízeno člověkem,
- naměřené hodnoty jsou ovlivněny řidičem.

##### b) Objektivní měření (plně automatické)

- měření je prováděno bez subjektivních členů. V praxi to znamená, že je subjektivní člen (řidič) nahrazen řídicím mechanismem,
- dosahuje se vysoké přesnosti a opakovatelnosti měření.

Měření je tedy možno provádět i plně automaticky, ovšem toto je využitelné jen v experimentálních rozměrech měření, kdy je automobil řízen roboticky. V praxi se častěji objevuje v pozici řidiče člověk.

### 3.2 VLIV TECHNICKÝCH PARAMETRŮ VOZIDLA NA MĚŘENÍ PŘI JÍZDNÍCH ZKOUŠKÁCH

Tak, jako se jednotlivé typy vozidel od sebe liší svými vlastnostmi a parametry, tak se od sebe mohou lišit také na první pohled stejná vozidla, u kterých jsou provedeny dodatečné úpravy, nebo je jen například použitý jiný druh pneumatik. Z tohoto důvodu je nutné uvést při jízdách zkoušek důsledně jednotlivé technické parametry zkoumaných vozidel s důrazem na pneumatiky.

Okolnosti, které by mohli mít vliv na technické parametry vozidla:

- celkový technický stav vozidla (platnost průkazu STK, platnost údajů v technickém průkazu vozidla),
- technický stav jednotlivých komponent vozidla (geometrie řízení a kol),
- výbava zkušebního vozidla (vybavenost asistenčními systémy),
- použité pneumatiky a kola,
- dodatečné úpravy vozidla (úpravy podvozku, brzd, apod.),
- obsazenost vozidla při jízdách zkoušek.

### 3.3 DALŠÍ VLIVY PŮSOBÍCÍ NA MĚŘENÍ PŘI JÍZDNÍCH ZKOUŠKÁCH

Atmosférické vlivy (boční vítr, srážky), teplota ovzduší, nadmořská výška apod. mohou také ovlivňovat výsledky jízd zkoušek vozidel. Je proto nutné uvažovat při jízdách zkoušek, zda nemohou být naměřené parametry ovlivněny i dalšími vnějšími vlivy, které mohou být na první pohled skryté.

### 3.4 TESTOVACÍ DRÁHY

Tvarů a typů drah, na kterých je možno provádět jízd zkoušky je prakticky neomezeně. Různé jsou i povrchy těchto drah.

*Tab. č. 2 – Normované předpisy pro vybrané jízd zkoušky*

<b>Norma</b>	<b>Specifikace</b>
ISO 3888	Testovací dráha pro vyhýbací manévry – dvojitá změna jízdniho pruhu
ISO 4138	Ustálená jízda po kruhové dráze
ISO 21944	Brzdění v přímém směru se systémem ABS

Z důvodu reprodukovatelnosti testovacích jízd jsou určité parametry a tvary některých zkušebních drah standardizovány, viz tabulka č. 2.

### 3.4.1 Povrch dráhy

Jízdní zkoušky mohou probíhat na různých typech povrchu. Vozovka nebo volný terén může být tvořen různými složkami, které mají specifické vlastnosti a proto se i odlišně projevují na výsledcích měření. Je proto nutné charakterizovat tyto vlastnosti povrchu v měřicích záznamech. Povrch dráhy může být dále ovlivněn povětrnostními (děšť, sněžení) nebo okolními podmínkami (teplota). Některé podmínky mohou být vyvolané uměle např. simulace mokré vozovky. Tyto schopnosti charakterizuje součinitel adheze.

Tab. č. 3 – Součinitel adheze na různém povrchu [4]

Povrch vozovky		$\mu$	Povrch vozovky		$\mu$
beton	suchý	0,8–1,0	polní cesta	suchá	0,4–0,6
	mokrý	0,5–0,8		mokrá	0,3–0,4
asfalt	suchý	0,6–0,9	tráva	suchá	0,4–0,6
	mokrý	0,3–0,8		mokrá	0,2–0,5
dlažba	suchá	0,6–0,9	hluboký písek, sníh		0,2–0,4
	mokrá	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

### 3.4.2 Sklon dráhy

Sklon vozovky neboli výškové řešení trasy silniční komunikace můžeme uvažovat ve dvou rovinách – příčné a podélné. Příčný a podélný sklon ovlivňuje výsledné hodnoty měření při jízdách zkouškách vozidel, proto je důležité uvést tyto parametry do záznamu o měření.

Hodnotu podélného sklonu dráhy udáváme v úhlových stupních či procentech. Ve směru měnicího se sklonu trasy rozeznáváme:

- stoupání, které označujeme znaménkem + před číselnou hodnotou sklonu,
- klesání, které označujeme znaménkem – před číselnou hodnotou sklonu,
- vodorovnou, kterou označujeme symbolem  $\pm 0^\circ$ .

Příčný sklon je odklon povrchové přímky dráhy od vodorovné roviny. Hodnotu příčného sklonu udáváme rovněž v úhlových stupních či procentech.

Podle uspořádání rozeznáváme:

- střežovitý příčný sklon, při němž povrchové přímky dráhy klesají v příčném řezu od výškové kóty nivelety na obě strany dráhy,
- jednostranný příčný sklon, při němž povrchové přímky dráhy mají v příčném řezu shodný směr.

### 3.4.3 Příčný úsek

Příčný úsek je rovná dráha bez směrových oblouků a zakřivení. Příčný úsek lze charakterizovat délkou, šířkou, příčným nebo podélným sklonem a charakterem povrchu. Na příčném úseku lze provádět brzdné a akcelerační zkoušky.



*Obr. č. 3.1 – Příčný úsek*

### 3.4.4 Směrový oblouk

Směrový oblouk neboli zatáčka je dráha, na níž dochází k směrové změně osy silniční komunikace. Zatáčku lze charakterizovat délkou, šířkou, poloměrem horizontálního oblouku, příčným nebo podélným sklonem a charakterem povrchu.



*Obr. č. 3.2 – Směrový oblouk*

### 3.4.5 Dráha pro jízdu v kruhu

Dráha pro jízdu v kruhu je plocha, na které je možno vyznačit kruhovou trajektorii o daném poloměru. Parametry dráhy určuje její poloměr, příčný nebo podélný sklon a charakter povrchu. Využívá se pro hodnocení stability vozidla v zatáčce, měření směrové úchytky pneumatik, maximálně dosažitelné dostředivé zrychlení aj.

### 3.4.6 Testovací polygony

Pro jízdní zkoušky vozidel byly vybudovány speciální prostory tzv. testovací polygony. Přední výrobci vozidel, pneumatik nebo různých komponent na vozidla takové testovací polygony provozují. Jedná se o uzavřený prostor bez běžného provozu. Jsou zde k dispozici různé typy tratí a povrchů, jenž jsou uzpůsobené pro měření např. jízdních parametrů vozidel. V prostorech polygonů se vyskytují dráhy pro jízdu v kruhu, přímé úseky, terénní vlny, úseky se simulací mokrého povrchu nebo náledí. V České republice se nachází několik takových objektů např. Polygon Tatra Kopřivnice a.s., Polygon Škoda Auto a.s. nebo polygon při Autodromu Most.



*Obr. č. 3.3 – Letecký snímek testovacího Polygonu Tatra Kopřivnice*



## 4 JÍZDNÍ ZKOUŠKY VOZIDEL

Každý vůz musí splňovat kritéria bezpečných jízdních vlastností. Vozidla by tak měla být dostatečně stabilní při všech běžných jízdních režimech a dokonce při některých krizových situacích. Měla by být vybavena účinnými brzdami a mít dostatečné dynamické vlastnosti, to je zrychlení a maximální rychlost. Tyto vlastnosti ovlivňuje ve velké míře konstrukce a nastavení podvozku. Na jízdní vlastnosti má dále vliv technický stav vozidla, pneumatik a samozřejmě jeho hmotnost společně s polohou těžiště vozu. Ke zlepšení stability moderních vozidel napomáhá správné nastavení podvozku, jeho vhodná konstrukce a použité elektronické systémy.

Při vývoji je podvozek vozu optimalizován pro dosažení bezpečných jízdních vlastností. K tomu slouží série náročných zkoušek stability. Během těchto zkoušek se ověřuje chování vozidla při běžné jízdě (průjezd zatáček různých poloměrů a různou rychlostí, přejezd nerovností) a během vyhybacího manévru. Právě v případě posledně jmenovaného testu se zpravidla pozná skutečná kvalita vozu. Vždyť tzv. "losí test" se stal pro řadu jinak velmi dobrých vozů značně problematický a teprve zásahy do konstrukce podvozku tuto situaci zlepšily.

Velmi důležité jsou i zkoušky brzd a dynamických vlastností. Právě kvalitní a dobře fungující brzdy mohou odvrátit řadu nehod. Cílem výrobce je, aby vozidlo dosáhlo pokud možno co nejkratší brzdné dráhy a to na všech druzích povrchu a aby bylo při brzdění alespoň částečně říditelné. K tomu je i zde nutná optimalizace funkce brzd, použití vhodných pneumatik a u některých vozidel moderní elektroniky.

Z dynamických vlastností má pro bezpečnost význam zrychlení vozu, dostatečné zrychlení umožňuje bezpečné předjetí a bezpečný průjezd křižovatkou. Vedle zrychlení z klidu a určitou hodnotu rychlosti (nejčastěji se udává zrychlení z 0 na 100 km/h) se uskutečňují i zkoušky akcelerace z pomalé jízdy na určitou rychlost se zařazeným konkrétním rychlostním stupněm.

Jízdní zkoušky vozidel mohou být prováděny mnoha způsoby. Při zkouškách jsou vyhodnocovány vybrané parametry a zkoušky mohou být prováděny dle normou standardizovaných předpisů nebo jako experimentální zkoušky, viz [2] kapitola 6.1 Silniční zkoušky motorových vozidel. Dále jsou uvedeny vybrané jízdní zkoušky.



## 4.1 ZKOUŠKY ZRYCHLENÍ

Zrychlení je porovnávací hodnotou, která u vozidel téhož typu, provedení a stejné hmotnosti dovoluje usuzovat na celkový mechanický stav vozidla, na správnost seřízení motoru atd. Zrychlení se udává jako čas potřebný ke zvýšení rychlosti vozidla na určitou hodnotu [2].

Způsoby měření zrychlení jsou uvedeny v [2] kapitola 6.4 Zkoušky zrychlení a největší rychlosti.

## 4.2 BRZDĚNÍ V PŘÍMÉM SMĚRU

Při tomto testu se zjišťuje hodnota brzdného zpomalení vozidla, brzdná dráha, ovládací tlak v soustavě, ovládací síla na brzdovém pedálu a ohřátí brzd. Současně ale můžeme hodnotit směrovou stabilitu vozidla.

### 4.2.1 Průběh měření

Test probíhá na přímém vodorovném úseku. Vozidlo se rozjede a ustálí svoji rychlost na předem určenou hodnotu (obvykle v desítkách km/h). Z této rychlosti se následně začne brzdit s využitím maximálního brzdného účinku brzd až do úplného zastavení vozidla.

### 4.2.2 Typy měření

Test může být proveden několika způsoby s ohledem na zásah řidiče do řízení vozidla:

- řidič koriguje směr při brzdném manévru,
- řidič drží volant pevně v přímém směru,
- řidič uvolní volant.

### 4.2.3 Vyhodnocení měření

Brzdná dráha je vyhodnocována od místa, kde bylo započato brzdění až po místo zastavení vozidla. Dráha může být vyznačena pomocí značkovacího zařízení, viz [1] kapitola 3.6.2 Druhy zkoušek brzd, dále změřena pásmem dle vytýčení od počátečního místa brzdění nebo přímo změřena měřícím zařízením.

Brzdné zpomalení určujeme v závislosti na brzdné dráze a době brzdění. Následně určíme dle vzorce 4.1 střední hodnotu brzdného zpomalení vozidla ( $v_0$  – počáteční rychlost vozidla,  $t_b$  – doba brzdění). Při použití měřících zařízení je tato hodnota automaticky vyhodnocena.

$$a = \frac{v_o}{t_b} \quad [\text{m.s}^{-2}] \quad (4.1)$$

Vyhodnocení stability vozidla a směrové stability lze provést na základě směrové odchylky od původního směru brzdění a rychlosti stáčení vozidla v průběhu brzdného manévru.

### **4.3 BRZDĚNÍ Z KRUHOVÉHO POHYBU PŘI USTÁLENÉM STAVU**

Cílem měření je zjištění vlivu brzdění na směrovou stabilitu vozidla, při ustálené jízdě v kruhu.

#### **4.3.1 Průběh měření**

Vozidlo se pohybuje po kružnici o zvoleném poloměru (dle normy ISO 7975 je tento poloměr 100 m). Rychlost vozidla (zařazen 3. rychlostní stupeň) je ustálená – boční zrychlení je konstantní, pohyb vozidla je proti směru hodinových ručiček (řízení zatáčí doleva). V tuto chvíli je použita brzda a vozidlo brzdí s využitím maximálního brzdného účinku brzd až do úplného zastavení vozidla.

#### **4.3.2 Vyhodnocení měření**

Při ustáleném kruhovém pohybu dochází následkem brzdění k vybočení vozidla z původního směru. To nastává v důsledku přesunu zatížení jednotlivých kol, což vede k menšímu poloměru zatáčení (vozidlo směřuje ke středu referenční kružnice). Vyhodnocení zkoušky tedy spočívá na odchylce od původního směru. Toto je měřítkem pro určení stability vozidla při brzdění v zatáčce.

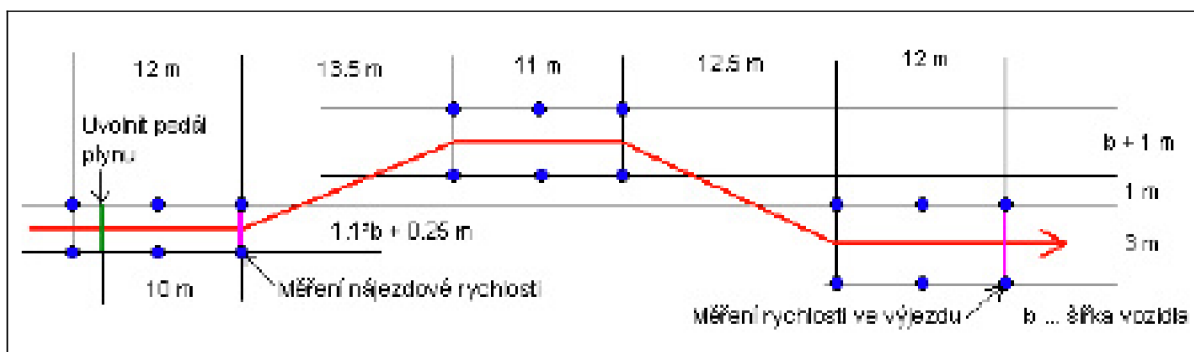
### **4.4 VYHÝBACÍ MANÉVRY**

V běžném provozu dochází velmi často k situaci, kdy je řidič nucen využít rychlého vyhýbacího manévru. Z tohoto důvodu jsou prováděny dynamické jízdni zkoušky, při nichž se zkoumá chování vozidla při této kritické situaci.

#### **4.4.1 Vyhýbací manévry dle ISO 3888**

Pro hodnocení stability a ovladatelnosti silničního vozidla se používá celá řada dílčích zkoušek a to jak objektivních, tak subjektivních. Subjektivně-objektivní zkouška popisující celkové chování vozidla v mezním stavu je zkouška dle ISO 3888 – vyhýbací manévry (VDA

test) a dochází při ní k simulaci typické kritické situace – vyhnutí se překážce. Tato jízdní zkouška byla standardizována německým institutem VDA (Sdružení automobilového průmyslu) na základě tzv. „losí testu (elk test nebo moose test)“.



Obr. č. 4.1 – Testovací dráha pro vyhýbací manévru dle ISO 3888

Vozidlo se rozjede na stanovenou rychlost, krátce před vjezdem do dráhy uvolní řidič akcelerační pedál a následně musí projet vytyčenou trať, dle normou určených rozměrů obrázek 4.1.

Trať je vytyčena tak, že při zkoušce dochází k dvojité změně jízdního pruhu. Při manévru nesmí dojít k porušení vytyčovací kuželů. Tento manévru je díky svému charakteru využitelný pouze pro osobní vozidla.



Obr. č. 4.2 – Vozidlo při vyhýbacím manévru tzv. losím testu.

Vozidlo se hodnotí jednak podle maximální dosažené rychlosti v nájezdu, při které projel správným způsobem vytyčenou dráhu a dále se hodnotí podle stylu, jakým je manévru proveden.

## 4.5 HOMOLOGAČNÍ ZKOUŠKY

Každá země má své vlastní limity, které vozidla musí plnit a to ve všech sledovaných parametrech. Splnění těchto předpisů se ověřuje homologačními zkouškami.

Vozidla musí splňovat z hlediska konstrukce a provedení podmínky, jenž jsou určeny příslušnými předpisy v daném státě. Pro Českou republiku jsou tyto podmínky uvedeny mj. v přílohách k vyhlášce č. 341/2002 Sb., o schvalování technické způsobilosti a technických podmínkách provozu silničních vozidel na pozemních komunikacích, ve znění vyhlášky č. 100/2003 Sb., a č. 197/2006 Sb., ve které jsou mj. tyto přílohy právě změněny. Podmínky mj. vychází z příslušných mezinárodních homologačních předpisů Evropské hospodářské komise (EHK) Organizace spojených národů (OSN). Tyto předpisy musí vozidla splnit, aby mohla být v rámci smluvních stran Ženevské „Dohody o přijetí jednotných podmínek pro homologaci, tj. ověřování shodnosti, a o vzájemném uznávání homologace výstroje a součástí motorových vozidel“ ze dne 20. 03. 1958 ve znění Dohody z 16. 10. 1995, připuštěna do silničního provozu. Tyto tzv. homologační předpisy předepisují podmínky provádění zkoušek vozidel a jejich částí a stanovují předepsané účinky a vlastnosti. Úplný přehled homologačních předpisů EHK OSN a technických požadavků, uplatňovaných při schvalování technické způsobilosti typů vozidel je uveden v přílohách vyhlášky č. 341/2002 Sb., ve znění pozdějších předpisů [1].

V rámci homologačních zkoušek se uskutečňují zkoušky bezpečnosti (nárazové zkoušky, zkoušky brzd), funkčnosti (zjišťuje se, zda automobil plní funkce, které má daná kategorie vozidel), jízdních vlastností (prověřuje se chování vozidla v provozu a zjišťují dynamické vlastnosti) a měření emisí ve výfukových plynech.

## 4.6 OSTATNÍ JÍZDNÍ ZKOUŠKY

Existuje prakticky neomezená škála jízdních zkoušek. Jejich charakter a prostředí, ve kterých se jízdní zkoušky konají, většinou korespondují se zkoumanými vlastnostmi nebo parametry vozidla. Zkoušky je možno provádět na různých typech povrchu, rozličných tvarech a profilech zkušebních drah, za odlišných atmosférických podmínek, apod.

## **5 MĚŘENÍ A POROVNÁNÍ JÍZDNÍCH PARAMETRŮ VOZIDEL V RŮZNÝCH JÍZDNÍCH REŽIMECH**

Provoz vozidla v různých jízdních režimech znamená, že řidič volí odlišné způsoby, jak je vozidlo ovládáno při jízdě. Na různé jízdní režimy má vozidlo odlišné odezvy vůči svému okolí nebo posádce, které je možné charakterizovat například jízdními parametry vozidla.

Porovnání jízdních parametrů vozidel při jízdě v různých jízdních režimech bylo předmětem praktického měření této práce.

### **5.1 JÍZDNÍ REŽIMY VOZIDEL**

Jízdní režim vozidla můžeme chápat jako způsob, jakým je vozidlo ovládáno. Jízdní režim vozidla je odvislý od zvoleného způsobu jízdy řidiče, který ho volí dle vlastního uvážení nebo jako reakci na vnější vlivy, které plynou z dopravní situace nebo jiných okolností. Charakter těchto vnějších vlivů může být posuzován dle provozu, pro který je vozidlo určeno (závodní automobil, automobil pro běžný provoz, apod.), dle schopností a zkušeností řidiče nebo dle situace v provozu (prudké brzdění, předjížděcí manévry, běžná jízda).

Jízdní režimy vozidel lze rozdělit do základních třech režimů, podle volby řidiče, jakým způsobem bude vůz ovládat. Při dělení byl brán v potaz vliv jízdního režimu na posádku a okolí vozidla, samotný způsob jízdy a dodržování dopravních předpisů.

#### **5.1.1 Běžný režim jízdy**

Běžným režimem jízdy rozumíme obvyklý způsob vedení vozidla po pozemní komunikaci. Vozidlo je řízeno v mezích dopravních předpisů, jízda je plynulá s ohledem na pohodlí posádky.

#### **5.1.2 Sportovní režim jízdy**

Sportovní režim jízdy lze charakterizovat jako dynamičtější, než běžný režim. Řidič při jízdě využívá větší akcelerace a decelerace, změnu směru provádí ve větší rychlosti než při běžném režimu jízdy. Na posádku vozidla a vozidlo samotné působí větší boční a podélné zrychlení, jízda není tak komfortní jako při běžném režimu jízdy. Při sportovním režimu jízdy

nedochází k řízenému smyku, ale vůz může být na hranici tohoto stavu. Vozidlo je řízeno v mezích dopravních předpisů.

### **5.1.3 Limitní (závodní) režim jízdy**

Limitním režimem jízdy označujeme způsob, kdy je vozidlo vedeno na technickém a konstrukčním limitu vozidla – mezní stav jízdy vozidla. Řidič volí techniku jízdy tak, že danou část dráhy se snaží projet v co nejkratším časovém úseku s využitím veškerých technických prostředků vozidla (např. aerodynamický přítlak) i dráhy (využití celé šířky vozovky) bez ohledu na pohodlí posádky. Na vozidlo působí limitní boční a podélné zrychlení dle technických parametrů vozidla a dráhy. Tento režim je volen například při automobilových závodech. Vozidlo je řízeno bez ohledu na dopravní předpisy a může docházet k řízenému smyku.

## **5.2 PRAKTICKÉ JÍZDNÍ ZKOUŠKY**

Pro ověření vlivu jízdního režimu na jízdní parametry vozidla byly provedeny praktické jízdní zkoušky dvojice vozidel. Průběh, výsledky a vyhodnocení měření jsou uvedeny v kapitole 5.3 až 5.5 .

### **5.2.1 Cíl zkoušky**

Cílem zkoušky bylo měření bočního zrychlení vozidla při průjezdu směrovými oblouky při jízdě v různých jízdních režimech.

### **5.2.2 Předmět zkoušky**

Vozidlo č.1 - Škoda Fabia MK I.

rok výroby: 2005,

pneu: 230/64 R18 Michelin Radial X, litá hliníková kola 8Jx13 H1 ET38,

bez asistenčních systémů.

Vozidlo č.2 - Škoda Fabia Classic 1.4 MPI 44kW

rok výroby: 2005,

stav tachometru: 38548 km,

pneu: 165/70 R14 Barum Brillantis 2 81T TL, plechový disk 6Jx14 ET43,  
bez asistenčních systémů.



*Obr. č. 5.1 a 5.2 – Vozidlo č. 1 Škoda Fabia MK I. (nahore); vozidlo č. 2 Škoda Fabia (dole)*

Pro praktické jízdní zkoušky byla využita dvojice vozidel Škoda Fabia v provedení karoserie hatchback. Vozidlo č. 1 byl závodní speciál, který vychází ze Škody Fabia Classic. Vozidlo č. 2 bylo sériově vyráběná verze Škoda Fabia Classic. Vozidla byla při zkouškách obsazena na místě řidiče.

Závodní speciál Škoda Fabia MK I. byl specificky upravený vůz pro rychlostní závody do vrchu a na okruzích. Karoserie vozidla je vyztužena ochranným rámem, prvky karoserie

jsou tvořeny z kompozitních materiálů. Při jeho konstrukci bylo dbáno na optimalizaci polohy těžiště vozidla, na co nejnižší hmotnost vozidla a optimalizaci obtoku proudícího vzduchu při jízdě pod a okolo vozidla úpravou aerodynamiky. Vozidlo má speciální konstrukcí přední nápravy McPherson, ramena nápravy jsou uchycena v kulovém uložení. Tlumení je provedeno závodními tlumiči a pružinami KW.

Vozidlo bylo osazeno 18“ litými hliníkovými koly se závodními pneumatikami Michelin. Tyto pneumatiky se vyznačují speciální konstrukcí pro závodní účely. Jejich běhoun je hladký bez dezénu, tak aby byla na suchém povrchu zaručena maximální adheze.

Vozidlo č. 2 bylo běžným typem sériově vyráběné Škody Fabia bez dalších úprav. Celkový technický stav vozidla byl vyhovující. Vozidlo č. 2 bylo osazeno plechovými disky a pneumatikami Barum.

*Tab. č. 4 – Rozměry a parametry měřených vozidel*

Rozměry a parametry	Vozidlo	
	1.	2.
Hmotnost [kg]	788	1065
Rozvor [mm]	2700	2410
Rozchod [mm]	1930	1440
Výška těžiště [mm]	380	540

### 5.2.3 Stanovení tvrdosti běhounu pneumatik na měřených vozidlech

Předpokládalo se, že vlastnosti pneumatik na měřených vozidlech budou zcela odlišné z důvodu jejich zcela rozdílné konstrukce a určení jejich použití. Vozidlo č. 1 mělo závodní pneumatiky Michelin zkonstruované speciálně pro limitní (závodní) jízdu. Vozidlo č. 2 mělo pneumatiky Barum pro běžný provoz. Proto bylo využito měřidla tvrdosti pneumatik – durometru - pro stanovení tvrdosti běhounu.

Tvrdot materiálu je definována jako odpor, který klade materiál proti vnikání cizího tělesa. Hodnoty tvrdosti se uvádějí bezrozměrně, nebo jednotkou  $N.mm^{-2}$ .

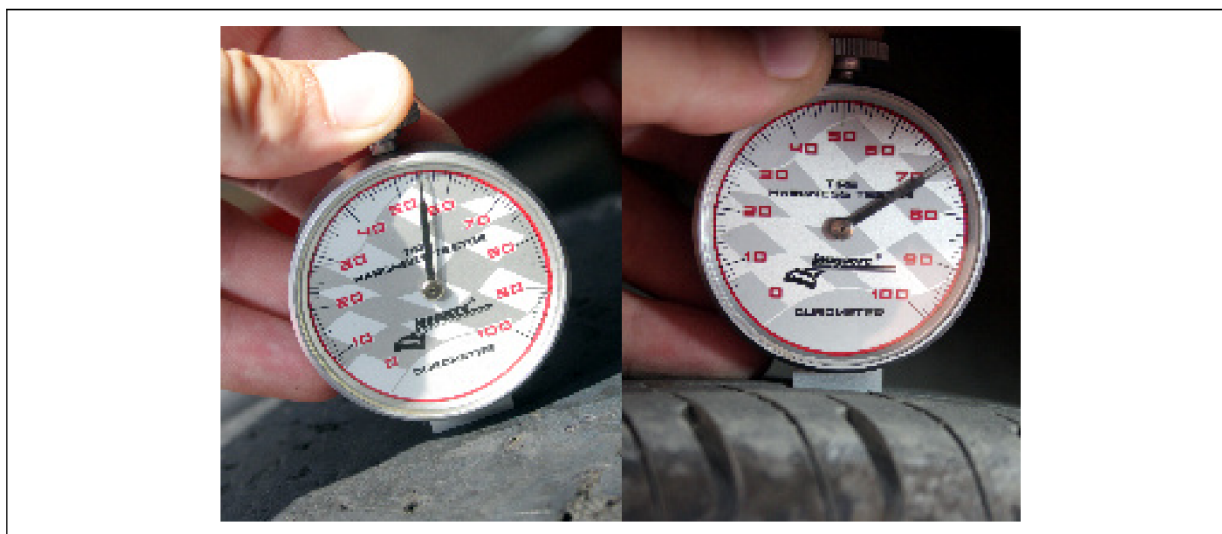
K dispozici byl analogový durometr Longacre, který je určen pro rychlé relativní měření tvrdosti pneumatik. Jeho stupnice je ocejchována v rozsahu 0–100 stupňů bez



stanovení jednotky měření. Z naměřených hodnot (tabulka č. 5) je patrné, že pneumatiky na vozidle č. 2 byly tvrdší.

*Tab. č. 5 – Tvrdost běhounů pneumatik na měřených vozidlech*

<b>Pneumatiky</b>	<b>Tvrdost</b>
Vozidlo č. 1 – 230/64 R18 Michelin Radial X S7A	54 stupňů
Vozidlo č. 2 – 165/70 R14 Barum Brillantis 2 81T TL	72 stupňů



*Obr. č. 5.3 – Měření tvrdosti běhounu pneumatik durometrem Longacre; tvrdost běhounu pneumatiky Michaelin (vlevo); tvrdost běhounu pneumatiky Barum (vpravo)*

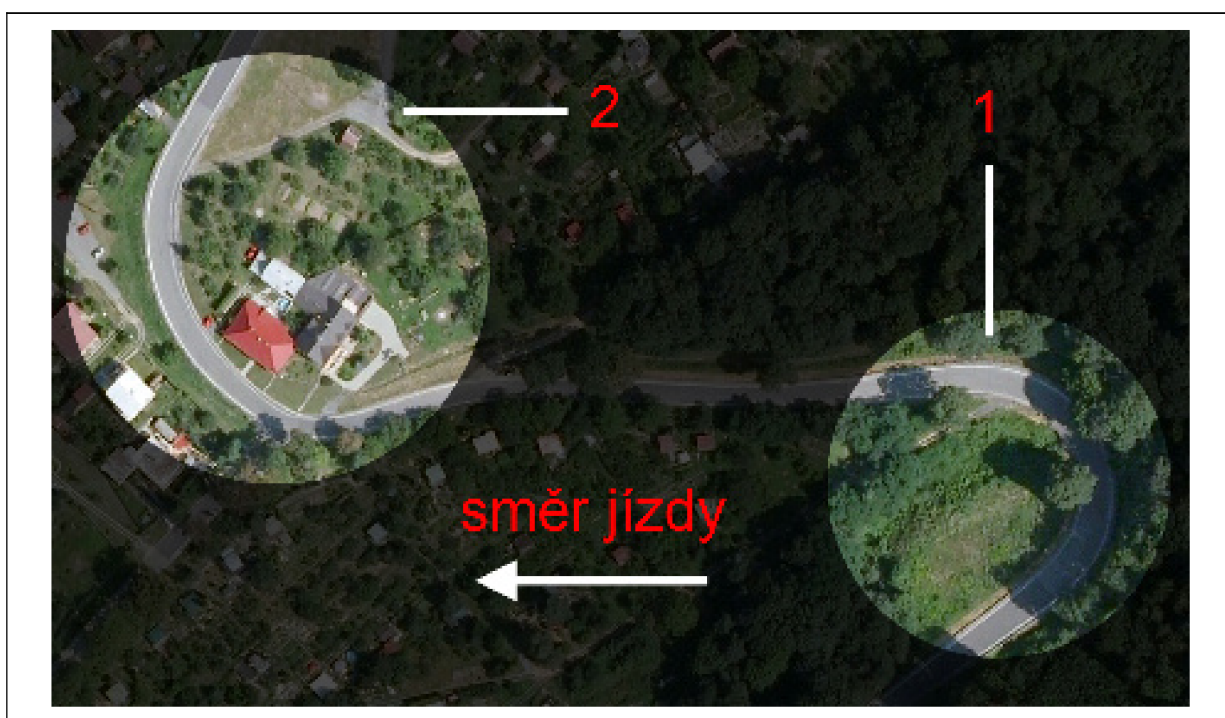
#### **5.2.4 Zkušební úseky**

Jízdní zkoušky byly provedeny na běžné komunikaci, na které se koná závod Ecce Homo Šternberk (obrázek 5.4).

Na vybrané dvojici úseků bylo provedeno měření ve směru Šternberk – Lipina. Úsek č. 1 je levá zatáčka (GPS souřadnice: 49°44'16.157"N, 17°18'38.168"E) a úsek č. 2 je pravá zatáčka složená z více směrových oblouků (GPS souřadnice: 49°44'16.482"N, 17°18'25.942"E).

Oba úseky jsou rovinnou zatáčkou ve svahu, klopenou. Na základě brzdných zkoušek provedených v místě měření byl stanoven součinitel adheze uvedený v tabulce č. 6. Další rozměry měřených úseků byly určeny pomocí mapy, měřicího pásma a digitálního sklonoměru.

Na základě provedených brzdných zkoušek, viz příloha č. 2, list 1, při nichž bylo zjištěno dosažitelné brzdné zpomalení vozidla v podélném směru na daném povrchu zkušební dráhy přístrojem XL Meter, byly stanoveny adhezní vlastnosti povrchu zkušební dráhy. Z naměřených hodnot střední hodnoty plného brzdného zpomalení *MFDD* byl stanoven součinitel adheze  $\mu$  dle [4] kapitola 23.6.2.4. Podélné zpomalení a příčné zrychlení. Výpočet byl proveden pomocí tabulkového procesoru MS Excel, viz příloha č. 2, list 1. Dosažené hodnotě brzdného zpomalení, respektive jeho střední hodnotě, odpovídá součinitel adheze  $\mu = 0,799$ .



Obr. č. 5.4 – Měřící úseky z leteckého pohledu

Ze zjištěných údajů byly stanoveny výpočtem teoretické mezní rychlosti pro průjezd měřenými úseky dle [4] kapitola 23.6.8 Rovinná zatáčka ve svahu, klopená. Výpočet byl proveden pomocí tabulkového procesoru MS Excel, viz příloha č. 2, list 2.

Tab. č. 6 – Rozměry a parametry zkušebních úseků

Zkušební úsek	značení	1.	2.
Povrch	-	asfalt	asfalt
Zjištěný součinitel adheze	$\mu$	0,799	0,799
Délka úseku	-	112 m	124 m
Minimální šířka vozovky / jízdního pruhu	-	7 m / 3,5 m	7 m / 3,5m

Zkušební úsek	značení	1.	2.
Horizontální poloměr	R	32 m	26 m
Příčný sklon	$\beta$	4,6°	5°
Podélný sklon	$\alpha$	+2,7°	+1,4°
Mezní rychlost průjezdu	$v_m$	72,4 km/h	66 km/h

### 5.2.5 Zkušební postupy a měřené parametry

Při měření byla zjišťována hodnota bočního zrychlení vozidel při průjezdu dvojicí měřených úseků. Vozidlo č. 1 bylo měřeno během limitního (závodního) jízdního režimu a vozidlo č. 2 bylo měřeno při běžném a sportovním režimu jízdy, dle kapitoly 5.1 Jízdní režimy vozidel.

Pro jízdní zkoušky vozidla č. 2 bylo stanoveno rozdělení jízdních režimů dle teoretické mezní rychlosti pro průjezd měřenými úseky, která byla stanovena analyticky a dle zkušebních jízd, viz tabulka č. 7.

Při zkušebních jízdách byla posuzována rychlost, při které je možno vozidlo řídit v pravém jízdním pruhu za daných podmínek, tak aby při jízdě nezasahovalo do protisměru a průjezd byl bezpečný. V úseku č. 1 bylo dosaženo maximální průjezdní rychlosti cca 65 km/h a v úseku č. 2 rychlosti cca 60 km/h. Z bezpečnostních důvodů byla maximální rychlost při jízdních zkouškách stanovena na 60 km/h v úseku č. 1 a na 55 km/h v úseku č. 2, protože při dosažených maximálních průjezdních rychlostech již byl vůz na hranici řízeného smyku. Tyto rychlosti byly stanoveny jako horní mez pro jízdní zkoušky ve sportovním režimu jízdy a představují cca 80 % mezní rychlosti průjezdu v obou měřených úsecích.

Pro běžný jízdní režim byla stanovena horní mez rychlosti pro průjezd měřeným úsekem na cca 60 % mezní rychlosti průjezdu v obou měřených úsecích. Tyto rychlosti byly shledány jako odpovídající pro tento režim dle 5.1, v závislosti na řidičských zkušenostech testovacího řidiče a dalších čtyř náhodných řidičů.

Při jízdních zkouškách vozidla č. 1 byly měřené úseky projížďeny v rámci rychlostního závodu. Dráha vozidla byla vedena s využitím celé šířky vozovky. Rychlost vozidla neměla konstantní velikost, ale byla volena tak, aby byl průjezd měřenými úseky co nejrychlejší dle charakteristiky v kapitole 5.1.3 pro limitní jízdní režim.

Při jízdách zkoušek vozidla č. 2 byly měřené úseky projížďeny konstantní rychlostí stanovenou charakterem jízdního režimu, viz tabulka č. 7. Dráha vozidla byla vedena výhradně pravým jízdním pruhem, tak aby byla splněna podmínka jízdy v běžném provozu.

Tab. č. 7 – Rozdělení jízdních režimů v měřených úsecích

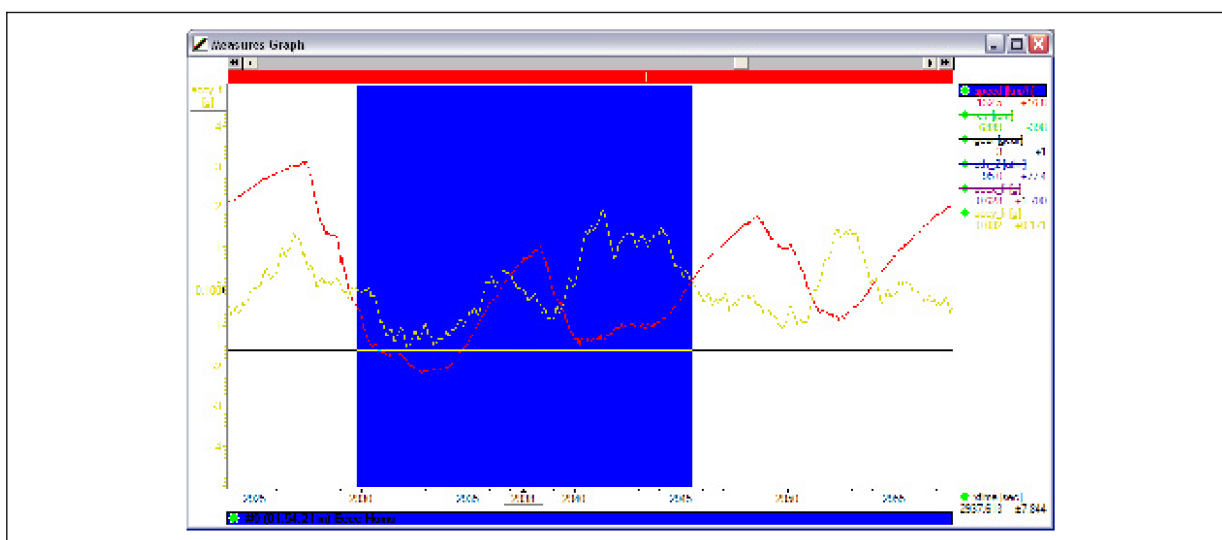
Zkušební úsek	1	2
Běžný režim jízdy	40–45 km/h	35–40 km/h
Sportovní režim jízdy	50–60 km/h	45–55 km/h
Limitní režim jízdy	bez omezení	bez omezení

## 5.3 ZKUŠEBNÍ PODMÍNKY

### 5.3.1 Měřicí zařízení

Z důvodu nedostupnosti vozidla č. 1 v čase provádění jízdních zkoušek nebylo možno provést stejný způsob měření jízdních parametrů jako s vozidlem č. 2. K získání dat byly využity dva rozdílné měřicí systémy.

U vozidla č. 1 bylo využito instalovaného systému AIM MXL Pista (data-logger), který slouží k záznamu provozních a jízdních parametrů vozidla. Data-logger zaznamenal data během závodních jízd vozidla č. 1 v místě měřených úseků. Naměřené údaje byly následně vyhodnoceny softwarem Race Studio 2 Analysis a vyexportovány do souboru MS Excel pro další zpracování. Dále byl využit videozáznam jednotlivých jízd vozidla č. 1.



Obr. č. 5.5 – Zobrazení naměřených dat vozidla č. 1 programem Race Studio 2 Analysis (modře je vyznačena oblast měřených úseků)

Do vozidla č. 2 bylo instalováno měřicí zařízení XL Meter™ Pro, viz 2.1.2 XL Meter. Pro stanovení rychlosti vozidla byla využita satelitní navigace OVI Nokia X6. Zaznamenaná data z jízdních zkoušek byla vyhodnocena softwarem XL Vision a vyexportována do souboru MS Excel pro další zpracování.

Výstupní data ze všech využitých měření a soubory MS Excel jsou přiloženy na CD (Příloha 1).



*Obr. č. 5.6 – Umístění měřicího přístroje XL Meter na předním skle vozidla č. 2 při jízdních zkouškách*

### **5.3.2 Podmínky měření**

Jelikož nebylo možno současně provést jízdní testy obou vozů, byla zkouška vozidla č. 2 provedena při obdobných podmínkách jako při jízdách vozidla č. 1. Ty byly zjištěny z údajů zaznamenaných data-loggerem AIM MXL Pista.

- Datum měření vozidla č. 2; 9. 9. 2010
- Teplota vzduchu 25 °C
- Vozovka suchá, povrch asfalt, bezvětří





*Obr. č. 5.7 – Vozidlo č. 2 při jízdě zkoušce úsekem č. 1*

## **5.4 VÝSLEDKY MĚŘENÍ**

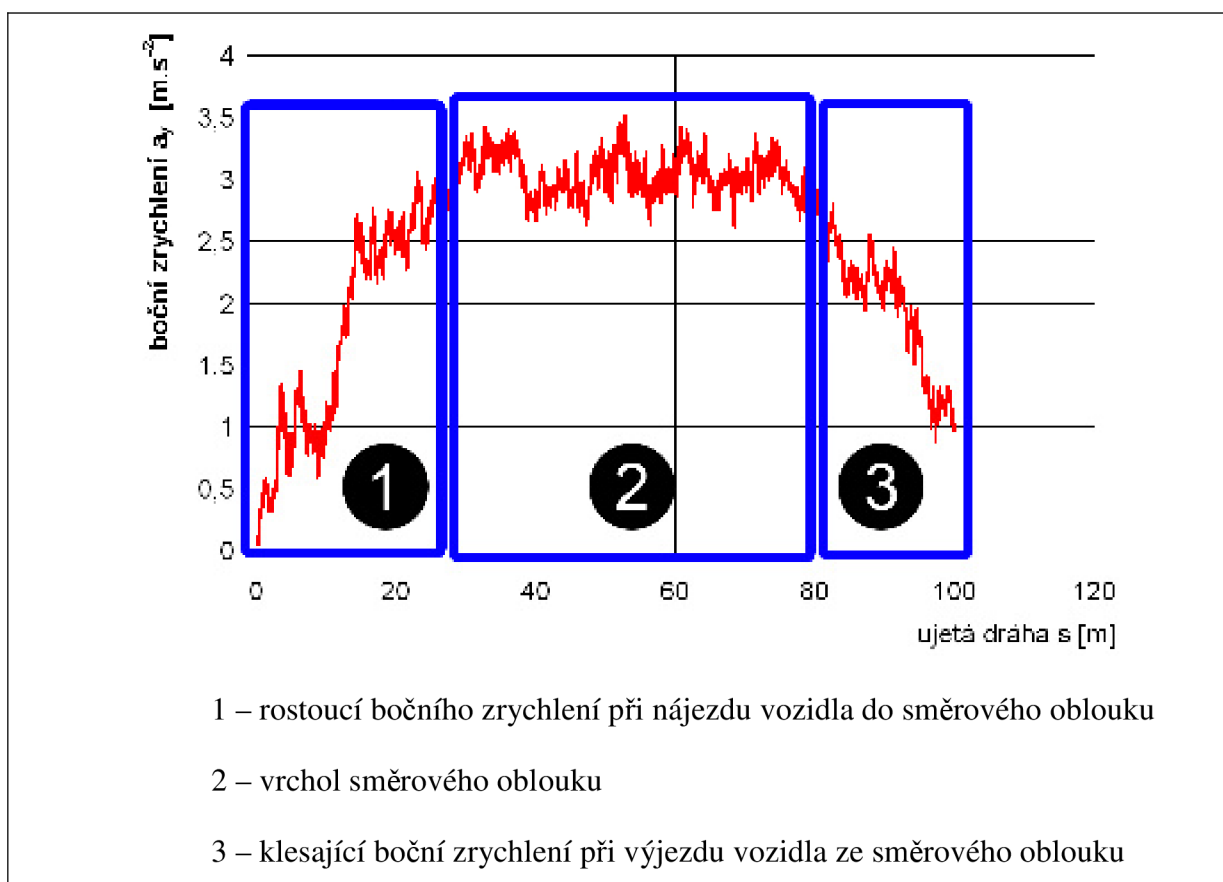
Záznamy o průběhu bočního zrychlení vozidla při průjezdech měřenými úseky vozidla č. 1 byly vyhodnoceny pomocí software Race Studio 2 Analysis. Kompletní souhrn a vyhodnocení záznamů o průběhu bočního zrychlení vozidla č. 1 je potom uveden v příloze č. 3, listy 1 a 2.

Při jízdách zkoušek vozidla č. 2 byly zaznamenány průběhy bočního zrychlení vozidla při průjezdech měřenými úseky. Pro stanovené průjezdní rychlosti 40; 45; 50; 55 a 60 km/h byly vždy provedeny čtyři měřené jízdy. Kompletní souhrn a vyhodnocení provedených měření bočního zrychlení vozidla č. 2 je potom uveden v příloze č. 3, listy 3 až 11.

## **5.5 VYHODNOCENÍ**

Vyhodnocení bylo provedeno subjektivním hodnocením jízdních zkoušek zkušebním řidičem a z naměřených údajů bylo provedeno formou grafů průběhu bočního zrychlení vozidel v závislosti na ujeté dráze a grafických histogramů. K tomu byl využit tabulkový procesor MS Excel a nástroj Analýza dat – Histogram. K vyhodnocení bylo zvoleno procentuální rozložení jednotlivých tříd brzdného zpomalení. Histogram zobrazuje rozložení bočního zrychlení při jednotlivých průjezdních rychlostech měřenými úseky, což je výhodné pro naše řešení. Histogram vypovídá o bočním zrychlení vozidla v okolí vrcholu směrového

oblouku (v literatuře [7] zvaný také jako apex, pozn. autora). Boční zrychlení vozidla dosahuje v místě vrcholu zatáčky největších hodnot. Pro vyhodnocení provedených jízdních zkoušek byla tedy zkoumána především tato oblast, viz obrázek č. 5.8.

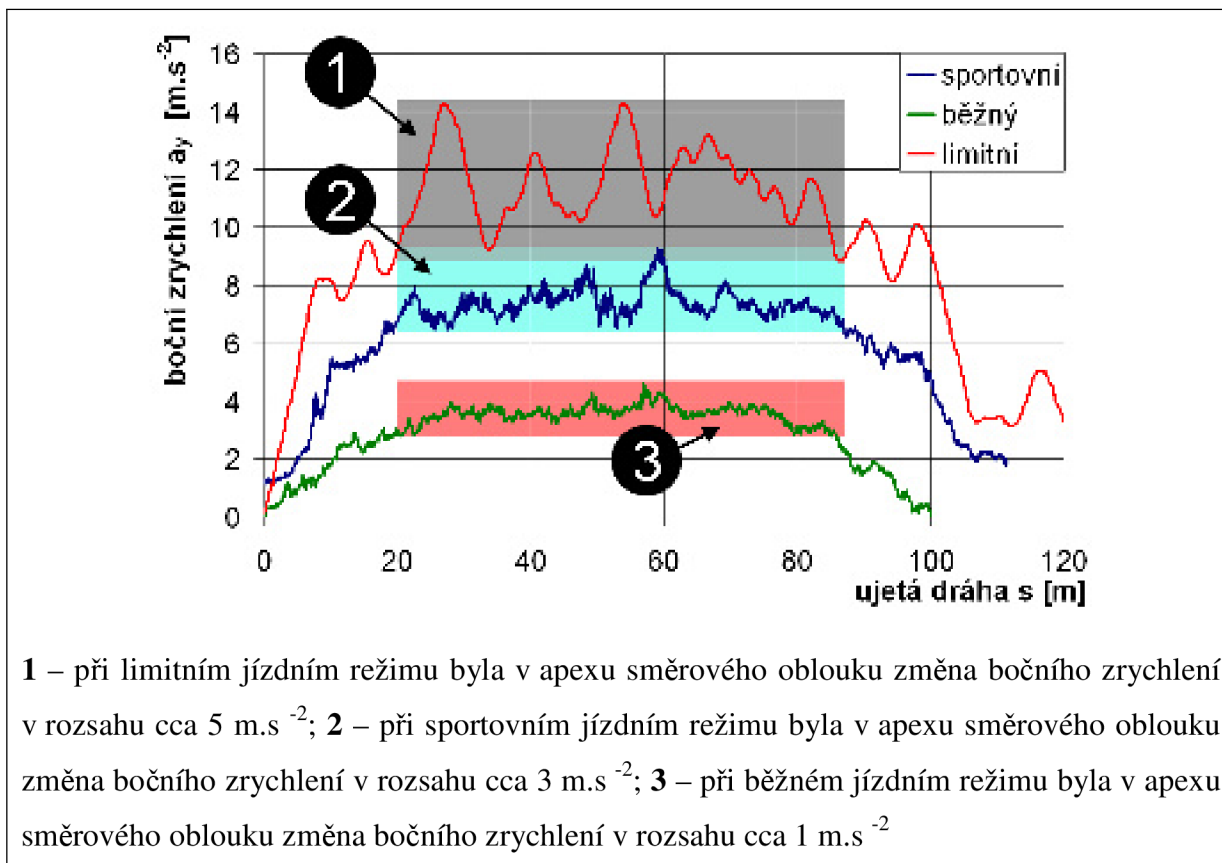


Obr. č. 5.8 – Průběh bočního zrychlení vozidla v úseku č. 1 a rozdělení jednotlivých částí směrového oblouku

Při vyhodnocování měření jednotlivých režimů jízdy v úseku č. 1 byly posuzovány hodnoty naměřené v celém jízdním úkonu, protože směrový oblouk měl stejný horizontální poloměr v celé délce. Tento charakter ale neměl úsek č. 2, který byl složen z více směrových oblouků. Pro vyhodnocení byla využita část zatáčky, kde byl nejmenší horizontální poloměr a dosahovalo se zde nejvyšších hodnot bočního zrychlení. V případě úseku č. 2 nebyla naměřená data vyhodnocena formou histogramů, protože zvolený způsob vyhodnocení byl shledán jako nevhodný pro vyšetření průběhu bočního zrychlení vozidla pro zatáčku, jenž je složena z více směrových oblouků o různých horizontálních poloměrech, které na sebe navazují. Při vyhodnocení totiž není možné z histogramu určit, kde se nachází oblast jednotlivých směrových oblouků. Z uvedených důvodů bylo tedy provedeno vyhodnocení úseku č. 2 dle grafů průběhů bočního zrychlení vozidla.

### 5.5.1 Vliv jízdního režimu vozidla na průběh bočního zrychlení vozidla ve směrovém oblouku

Jízdní režimy vozidla byly pro účel této diplomové práce rozděleny dle průjezdní rychlosti měřenými úseky, viz kapitola 5.2.5.



Obr. č. 5.9 – Vliv průjezdní rychlosti na změnu bočního zrychlení vozidla v apexu směrového oblouku v úseku č. 1

Při průjezdu směrovým obloukem konstantní rychlostí s jednotným poloměrem zatáčení by měla být teoreticky hodnota bočního zrychlení v oblasti vrcholu zatáčky konstantní. V praxi, ale dochází vlivem nerovností povrchu zkušební dráhy a především díky korekturám řízení vozidla řidičem ke změně bočního zrychlení v určitém rozmezí. Toto rozmezí se u jednotlivých jízdních režimů měnilo s rostoucí průjezdní rychlostí, viz obrázek č. 5.9. U jednotlivých jízdních režimů tedy můžeme sledovat rozdílný způsob ovládání vozidla při průjezdu zatáčkou, kdy v běžném jízdním režimu dochází jen k nepatrným korekturám řízení, kdežto u limitního jízdního režimu jsou již zásahy do řízení značné. Lze tedy konstatovat, že jednotlivé jízdní režimy kladou rozdílné nároky na řidiče.



### **5.5.2 Subjektivní hodnocení jízdních zkoušek zkušebním řidičem**

Zkušebním řidičem byl zkušený závodní jezdec se šestiletou závodní praxí. Své subjektivní poznatky z průběhu jízdních zkoušek vyhodnotil následovně.

Způsob jízdy v běžném jízdním režimu kladl na řidiče běžné požadavky spojené s řízením vozidla bez dalších nutných korektur. Řidič byl schopen projet směrový oblouk při jednotném úhlu zatačení bez využití celého jízdního pruhu.

V případě sportovního režimu jízdy se řidič blížil k hranici adhezních podmínek a při jízdě musel využívat korektur řízení, ale vůz nebyl v řízeném smyku. Na jízdu v tomto jízdním režimu bylo třeba vynaložit větší úsilí při řízení vozidla než u běžného režimu jízdy. Řidič využíval celou šířku pravého jízdního pruhu, řízení vozidla ve směrovém oblouku při jednotném úhlu zatačení nebylo dosaženo.

Limitní jízdní režim představoval jízdu na hranici možností vozidla. Řidič využil svých jezdeckých schopností maximálním způsobem tak, aby projel úseky v co nejkratším čase. Vozidlo bylo řízeno v celé šířce vozovky s možným využitím řízeného smyku.

### **5.5.3 Vyhodnocení měření při běžném režimu jízdy**

Měření bočního zrychlení vozidla při běžném režimu jízdy bylo prováděno vozidlem č. 2. Měření bylo provedeno zařízením XL Meter.

V úseku č. 1 bylo provedeno měření při rychlostech 40 a 45 km/h, viz tabulka č. 7. Vyhodnocení je zobrazeno v příloze č. 4, list 1. Hodnota bočního zrychlení vozidla byla při průjezdu vrcholem směrového oblouku v úseku č. 1 běžným režimem jízdy v rozmezí  $3\text{--}5 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . V úseku č. 2 bylo provedeno měření při rychlosti 40 km/h, dle tabulky č. 7. Z grafů (příloha č. 3, list 8) lze vyčíst, že hodnota bočního zrychlení vozidla se pohybovala v rozmezí  $3\text{--}4 \text{ m}\cdot\text{s}^{-2}$ . V běžném režimu jízdy odpovídá dosažené boční zrychlení vozidla využívanému součiniteli adheze  $\mu=0,3\text{--}0,5$  v obou měřených úsecích.

### **5.5.4 Vyhodnocení měření při sportovním režimu jízdy**

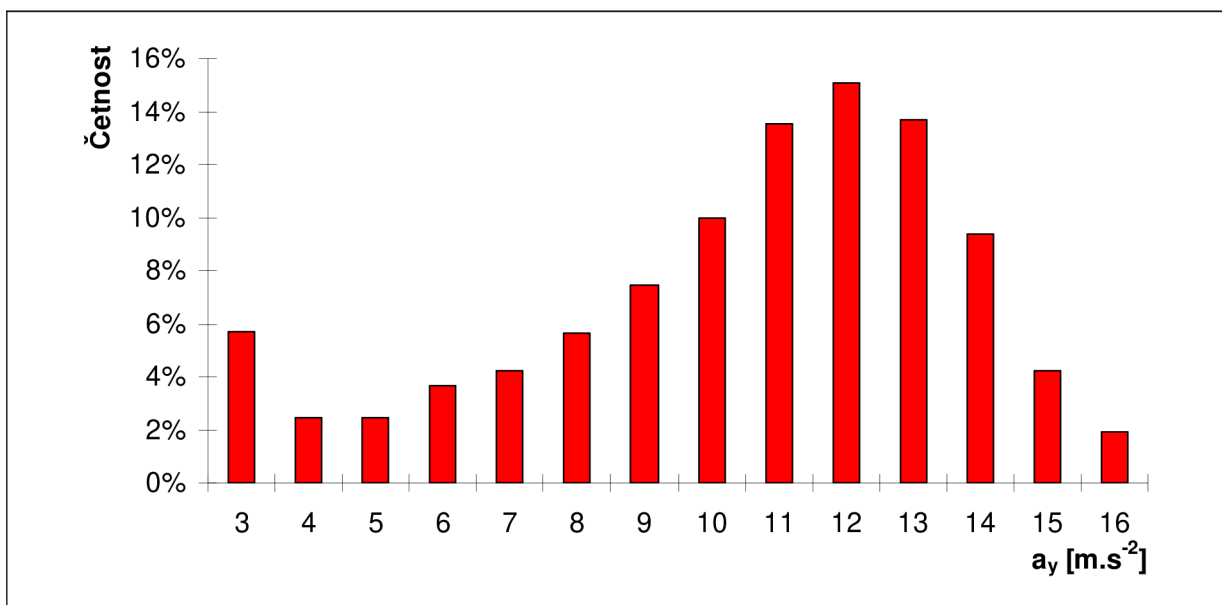
Měření bočního zrychlení vozidla při sportovním režimu jízdy bylo prováděno vozidlem č. 2. Měření bylo provedeno zařízením XL Meter.

V úseku č. 1 se provedlo měření při rychlostech 50; 55 a 60 km/h, viz tabulka č. 7. Vyhodnocení je zobrazeno v příloze č. 4, list 2. Hodnota bočního zrychlení vozidla se při průjezdu vrcholem směrového oblouku v úseku č. 1 sportovním režimem jízdy pohybuje

v rozmezí  $5\text{--}9\text{ m.s}^{-2}$ . V úseku č. 2 bylo provedeno měření při rychlostech 45; 50 a 55 km/h, dle tabulky č. 7. Z grafů (příloha č. 3, list 9 až 11) lze vyčíst, že hodnota bočního zrychlení vozidla se pohybovala v rozmezí  $4\text{--}7\text{ m.s}^{-2}$ . Ve sportovním režimu jízdy odpovídá dosažené boční zrychlení vozidla využívané adhezi  $\mu=0,4\text{--}0,9$ . Tato hodnota koresponduje se zjištěným součinitelem adheze  $\mu=0,8$  v obou měřených úsecích, viz 5.2.4 Zkušební úseky.

### 5.5.5 Vyhodnocení měření při limitním (závodním) režimu jízdy

Pro vyhodnocení limitního režimu jízdy byla využita data zaznamenaná systémem AIM XML Pista, jenž byl instalovaný ve vozidle č. 1 při závodních jízdách. Úsek č. 1 byl projet nekonztantní rychlostí bez omezení, viz tabulka č. 7. Vyhodnocení je zobrazeno na obrázku č. 5.10.



Obr. č. 5.10 – Rozložení bočního zrychlení vozidla při limitním jízdním režimu v úseku č.1

Hodnota bočního zrychlení vozidla se při průjezdu vrcholem směrového oblouku v úseku č. 1 limitním režimem jízdy pohybuje v rozmezí  $9\text{--}16\text{ m.s}^{-2}$ . V úseku č. 2 se boční zrychlení vozidla pohybuje v rozsahu  $8\text{--}19\text{ m.s}^{-2}$ , viz příloha č. 3, list 2.

Změřené hodnoty bočního zrychlení vozidla v limitním jízdním režimu přesahují dvojnásobně hodnoty naměřené ve sportovním jízdním režimu. Důvodem tohoto rozdílu jsou následující příčiny:

- vozidlo č. 1 projíždělo měřenými úsecy vyšší rychlostí než vozidlo č. 2, protože bylo při jízdě využito konstrukčních výhod vozidla, které toto umožňují (konstrukce pneumatik, konstrukce podvozku, poloha těžiště, aj.),

- dále byla vyšší průjezdní rychlost dosažena využitím celé šířky vozovky, čímž se zvětšil horizontální poloměr směrového oblouku, oproti jízdě pouze v pravém jízdním pruhu, což se projevilo hlavně v úseku č. 2.

V limitním režimu jízdy odpovídá dosažené boční zrychlení vozidla využívané adhezi  $\mu=0,9-1,9$ . Toto rozmezí přesahuje zjištěný součinitel adheze  $\mu=0,8$  v měřeném úseku při brzdných zkouškách, viz 5.2.4 Zkušební úseky. Příčina tohoto rozdílu je, že speciální úpravy vozidla č. 1 umožňují zvýšení aerodynamického přítlaku vozidla (přední spoiler, difuzor, zadní křídlo, aj.) k vozovce při vyšších rychlostech a tím navyšují využitelnost součinitele adheze vozidla.

### 5.5.6 Shrnutí výsledků

Tab. č. 8 – Shrnutí výsledků jízdních zkoušek

	Jízdní režimy		
	Běžný	Sportovní	Limitní (závodní)
<b>Rozsah bočního zrychlení v apexu směrového oblouku</b>	3–5 m.s <sup>-2</sup>	4–9 m.s <sup>-2</sup>	8–19 m.s <sup>-2</sup>
<b>Využívaná adheze</b>	0,3–0,5	0,4–0,9	0,9–1,9
<b>Subjektivní hodnocení řidiče</b>	Klidná jízda s drobnými korekcemi řízení, jednotný úhel řízení	Řidič využíval korekce řízení, řidič byl nucen využít větší úsilí při řízení, průjezd nebyl možný při jednotném úhlu řízení	Řidič využíval maximální způsobem svých jezdeckých schopností, vozidlo bylo v mezním stavu jízdy a mohlo být v řízeném smyku

## 6 VÝVOJ V OBLASTI MĚŘENÍ JÍZDNÍCH PARAMETRŮ VOZIDEL DO BUDOUČNA

Měření jízdních parametrů je v současné době důležitým prostředkem pro získání informací v oblasti automobilového průmyslu. Snad ve všech jeho odvětvích je měření jízdních parametrů nepostradatelným zdrojem údajů pro výzkum, průběžné vyhodnocení informací či statistiku.

Vývoj v oblasti principů či způsobů měření jízdních parametrů byl příchodem elektronických snímačů téměř vyčerpán, v současnosti dochází pouze ke konstrukčním či technologickým úpravám, které již nemají na principy nebo způsoby měření podstatný vliv. Velký vývoj ale nastal v aplikaci získaných údajů. V horizontu posledních 30 let došlo k velkému posunu v oblasti využití jízdních parametrů vozidel. Analýza jízdních parametrů přinesla rozvoj ve všech odvětvích spojených s automobilem. Jízdní parametry vozidel jsou „stavebním kamenem“ pro vývojová střediska automobilek.

V současné době jsou celosvětově kladeny požadavky ve všech oblastech lidské činnosti na bezpečnost, ekologii, finanční úspory a nejinak tomu bude i v budoucnu. Tyto požadavky se samozřejmě projevují i v automobilovém průmyslu. I zde bude zastávat hlavní roli měření jízdních parametrů vozidel, jakožto zdroj informací o dosažení či nedosažení výše uvedených požadavků. Současný trend je směřován k využívání automatických systémů a umělé inteligence, jejichž princip je založen právě na existenci měření jízdních parametrů. Asistenční systémy budou v budoucnu stále více využívány.

Nasvědčuje tomu i například fakt, že Evropská Unie (EU) od roku 2006 zavedla povinné vybavení všech vozidel protiblokovacím systémem (ABS) vyrobených pro EU. Dále se EU shodla na použití elektronického systému jízdní stability (ESP) jako povinného vybavení od listopadu 2011 u všech nových modelů osobních i užitkových vozidel a od listopadu 2014 všech nových vozidel, viz [15]. Rozvoj v oblasti asistenčních systémů je jednou z nejvýznamnějších činností, kde je využito měření jízdních parametrů vozidel.

Oblast, která se nabízí jako další potencionálně zajímavou pro vývoj s využitím měření jízdních parametrů je analýza dopravních nehod. Problematika dopravních nehod přispívá nejen k objasnění příčin nehod, ale i k jejich předcházení. Forenzní věda je v současnosti dynamicky se rozvíjející vědní disciplínou. Vyhodnocení experimentálních

zkoušek, které simulují reálné nehody, probíhá právě i formou měření jízdních parametrů vozidel. Následně získaná data přispívají k objasnění nehodových dějů a jejich podstat.

Velkým přínosem v oblasti měření jízdních parametrů by byla standardizace měřených jízdních parametrů z běžného silničního provozu. Tyto data jsou nejobjektivnějším zdrojem informací, které vypovídají přesně o reálných situacích v silničním provozu. Ty jsou v současnosti uchovány v jednotlivých systémech vozidla a vyžadují zpravidla pro jejich získání individuální přístup. Řešením by mohlo být využití černých skříněk, jako standardní výbavy vozidla.

## 7 ZÁVĚR

Záměrem této diplomové práce bylo získání relevantních podkladů pro analýzu silničních nehod, což je uvedeno v kapitole 5 Měření a porovnání jízdních parametrů vozidel v různých jízdních režimech. Byla stanovena metodika rozdělení jednotlivých jízdních režimů podle mezní rychlosti průjezdu směrovým obloukem a na základě tohoto rozdělení byly provedeny jízdní zkoušky, při nichž byly změřeny vybrané jízdní parametry. Následným vyhodnocením naměřených dat byly posouzeny vlivy jednotlivých jízdních režimů na jízdu automobilu ve směrovém oblouku.

V úvodní části práce je uvedena teoretická rozprava s přehledem vybraných jízdních parametrů a způsoby jejich měření. Dále jsou uvedeny současné trendy a systémy pro měření a záznam jízdních parametrů vozidel. Rozsáhlá kapitola je věnována využití jízdních parametrů vozidel v oblasti automobilového průmyslu a s ním spojených odvětví (forenzní věda, apod.). Rešerše vybraných jízdních zkoušek a přehled vlivů, které působí v průběhu jejich konání, posloužily jako základ pro praktické jízdní zkoušky, které byly v rámci diplomové práce uskutečněny.

Měření jízdních parametrů vozidel v různých jízdních režimech bylo provedeno na základě rozdělení jízdních režimů na běžný, sportovní a limitní (závodní). Toto rozdělení bylo stanoveno podle mezní rychlosti průjezdu směrovým obloukem. Pro běžný jízdní režim byla stanovena hranice rychlosti vozidla na 60 % mezní rychlosti průjezdu směrovým obloukem, pro sportovní jízdní režim 80 % mezní rychlosti průjezdu směrovým obloukem a limitní jízdní režim byl bez omezení rychlosti, což vyplývá z charakteristik těchto jízdních režimů, uvedených v kapitole 5.1.

Při jízdních zkouškách bylo posuzováno boční zrychlení vozidla jako veličina, která měla největší vypovídací charakter o vlivu jízdních režimů na jízdu automobilu ve směrovém oblouku. Jízdní zkoušky byly provedeny na dvojici úseků, jednotného asfaltového povrchu. Oba úseky byly směrovými oblouky opačné směrové orientace. Výsledkem série jízdních testů byla závislost bočního zrychlení vozidla na ujeté dráze. Vyhodnocení bylo provedeno subjektivním hodnocením jízdních zkoušek zkušebním řidičem a z naměřených dat formou grafů a histogramů, z nichž vyplynuly následující závěry. Pro jednotlivé jízdní režimy platí, že s rostoucí průjezdní rychlostí roste boční zrychlení vozidla. Jednotlivé jízdní režimy vyžadují odlišný přístup řidiče k ovládní vozidla, viz kapitola 5.5.2 Subjektivní hodnocení

jízdních zkoušek zkušebním řidičem. Toto subjektivní hodnocení bylo ověřeno vyhodnocením získaných dat z měření.

V současném silničním provozu se setkáváme s odlišným způsobem přístupu jednotlivých řidičů ke způsobu řízení jejich vozidel. Tyto způsoby přístupu lze charakterizovat například stanovením jízdních režimů vozidel. Z výše uvedených poznatků z praktických jízdních zkoušek, lze konstatovat, že jednotlivé jízdní režimy vyžadují odlišný přístup řidiče k ovládní vozidla. Tento přístup je závislý na zkušenostech řidiče, bezpochyby bude jinak reagovat řidič začátečník a jinak profesionál. Je otázkou, jak by řidič reagoval při jízdě v jednotlivých jízdních režimech například na nahodilou překážku ve směru jízdy. Tento problém by už ale mohl být inspirací např. pro témata dalších diplomových prací, apod.



## 8 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] VÉMOLA, A. *Diagnostika automobilů I.* 1. vyd. Brno: NAKLADATELSTVÍ LITTERA, Brno, 2006. 128 str. ISBN 80-85763-31-1.
- [2] VÉMOLA, A. *Diagnostika automobilů II.* 1. vyd. Brno: NAKLADATELSTVÍ LITTERA, Brno, 2006. 84 str. ISBN 80-85763-32-X.
- [3] VLK, F. *Diagnostika motorových vozidel.* 1. vyd. Brno: Prof. Ing. FRANTIŠEK VLK, DrSc., NAKLADATELSTVÍ A VYDAVATELSTVÍ, Brno, 2006. 444 str. ISBN 80-239-7064-X.
- [4] BRADÁČ, A. a kol. *Soudní inženýrství.* 1. vyd. Brno: Akademické nakladatelství CERM, s.r.o. Brno, Brno, 1997. 725 str. ISBN 80-7204-057-X.
- [5] VLK, F. *Podvozky motorových vozidel.* 1. vyd. Brno: Prof. Ing. FRANTIŠEK VLK, DrSc., NAKLADATELSTVÍ A VYDAVATELSTVÍ, Brno, 2006. 464 str. ISBN 80-239-6464-X.
- [6] VLK, F. *Elektronické systémy motorových vozidel 2.* 1. vyd. Brno: Prof. Ing. FRANTIŠEK VLK, DrSc., NAKLADATELSTVÍ A VYDAVATELSTVÍ, Brno, 2002. 297 str. ISBN 80-238-7282-6.
- [7] GILLESPIE, T. d. *Fundamentals of vehicle dynamics.* 1. vyd. SOCIETY OF AUTOMOTIVE ENGINEERS, 1992. 495 str. ISBN 1-56091-199-9.
- [8] BOSCH, R. *Snímače v motorových vozidlech.* 1. vyd. Robert Bosch GmbH, 2003. 148 str. ISBN 80-903132-5-6.
- [9] JANALÍK, J. *Vybrané kapitoly z mechaniky tekutin.* 1. vyd. Ostrava: VŠB – TECHNICKÁ UNIVERZITA OSTRAVA, Ediční středisko VŠB – TU Ostrava, Ostrava, 2008. 178 str. ISBN 978-80-248-1910-5.
- [10] <http://www.genesys-adma.de> [cit. 26-08-2010].
- [11] <http://www.czrso.cz> [cit. 04-09-2010].
- [12] <http://www.google.cz> [cit. 11-07-2010].
- [13] <http://cs.wikipedia.org> [cit. 11-07-2010].
- [14] <http://www.rucevzhuru.cz> [cit. 22-09-2010].
- [15] <http://www.uamk.cz> [cit. 22-09-2010].

## 9 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

ESP		elektronický systém jízdní stability
ABS		protiblokovací systém
GPS		vojenský globální družicový polohový systém
GSM		globální systém pro mobilní komunikaci
STK		stanice technické kontroly
IO		integrovaný obvod
ALWR		automatická regulace dosvitu světlometů
MFDD		střední hodnota plného brzdného zpomalení
$v$	$[\text{m}\cdot\text{s}^{-1}]$	okamžitá rychlost
$v_p$	$[\text{m}\cdot\text{s}^{-1}]$	průměrná rychlost
$v_m$	$[\text{m}\cdot\text{s}^{-1}]$	mezní rychlost průjezdu
$s$	$[\text{m}]$	dráha
$t$	$[\text{s}]$	čas
$f$	$[\text{Hz}]$	frekvence
$\mu$	$[-]$	součinitel adheze
$a_p$	$[\text{m}\cdot\text{s}^{-2}]$	průměrné zrychlení
$a$	$[\text{m}\cdot\text{s}^{-2}]$	okamžité zrychlení
$G$	$[\text{m}\cdot\text{s}^{-2}]; [\text{g}]$	tíhové zrychlení
$F$	$[\text{N}]$	síla
$m$	$[\text{kg}]$	hmotnost
$R$	$[\text{m}]$	horizontální poloměr
$\alpha$	$[\text{°}]$	podélný sklon
$\beta$	$[\text{°}]$	příčný sklon

## **10 SEZNAM PŘÍLOH**

1. CD se soubory
2. Stanovení parametrů zkušební dráhy
3. Průběhy bočního zrychlení vozidla při jízdách zkouškách
4. Vyhodnocení

## Stanovení parametrů zkušební dráhy

### Výpočet součinitele adheze z výsledků brzdných zkoušek

Oba měřené úseky měly stejné adhezní vlastnosti, protože byly tvořeny jednotnou vrstvou asfaltu.

### Vstupní parametry

MFDD – střední hodnota plného brzdného zpomalení [m.s<sup>-2</sup>]

g – tíhové zrychlení [m.s<sup>-2</sup>]

### Výsledky brzdných zkoušek vozidla č.2

brzdny test č.1 - MFDD	7,21 [m.s <sup>-2</sup> ]
brzdny test č.2 - MFDD	9,11 [m.s <sup>-2</sup> ]
brzdny test č.3 - MFDD	8,45 [m.s <sup>-2</sup> ]
brzdny test č.4 - MFDD	7,52 [m.s <sup>-2</sup> ]
brzdny test č.5 - MFDD	6,89 [m.s <sup>-2</sup> ]
<hr/>	
Průměrná hodnota brzdnych testů - MFDD <sub>x</sub>	7,836 [m.s <sup>-2</sup> ]

### Vztah pro výpočet adheze:

$$\mu_y = \frac{MFDD_x}{g}$$

### Výsledky:

adheze [-]:

$\mu_y = 0,799$

**Výpočet mezní rychlosti - rovinná zatáčka ve svahu, klopená****Vstupní podmínky:**

úhel alfa - nenulový  
 úhel beta - nenulový  
 horizontální poloměr R - nenulový

<b>Vstupní parametry</b>	úsek č. 1	úsek č. 2
g - tíhové zrychlení [m.s <sup>-2</sup> ]:	9,81	9,81
R - poloměr horizontálního oblouku [m]:	32	26
μ <sub>y</sub> - adheze [-]:	0,799	0,799
α - podélný sklon vozovky:	2,7	1,4
β - příčný sklon vozovky [stupeň]:	4,6	5

**Vztah pro výpočet mezní rychlosti vozidla v tomto typu zatáčky:**

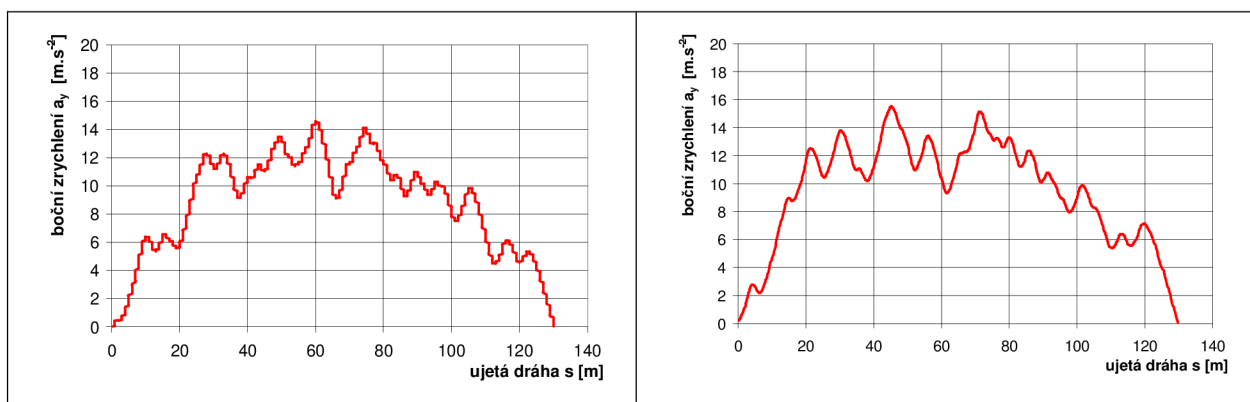
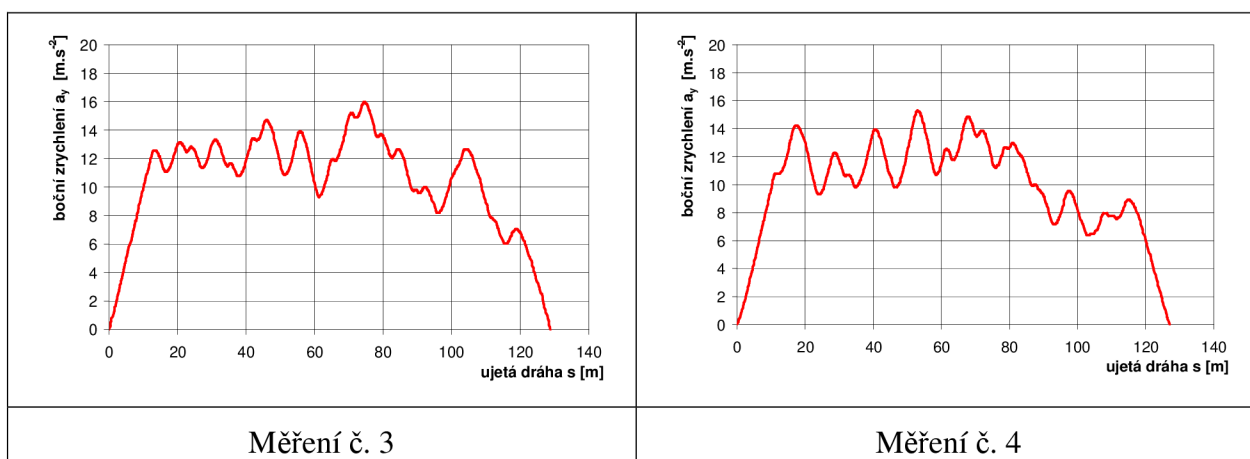
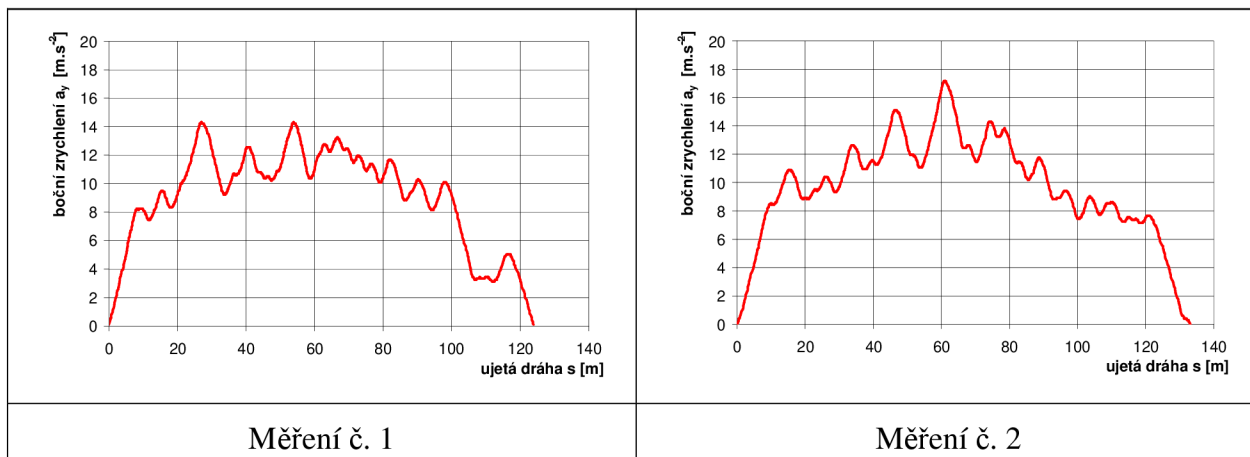
$$v_{ml} = \sqrt{\frac{g \cdot R \cdot (\operatorname{tg}\beta + \mu_y) \cdot \cos\alpha}{1 - d \cdot \operatorname{tg}\beta}}$$

**Výsledky:**

mezní rychlost vozidla v oblouku úsek č.1 [m.s <sup>-1</sup> ]:	v <sub>m1</sub> = 20,119
mezní rychlost vozidla v oblouku úsek č.1 [km.h <sup>-1</sup> ]:	v <sub>m1</sub> = 72,430
mezní rychlost vozidla v oblouku úsek č.2 [m.s <sup>-1</sup> ]:	v <sub>m2</sub> = 18,327
mezní rychlost vozidla v oblouku úsek č.2 [km.h <sup>-1</sup> ]:	v <sub>m2</sub> = 65,978

## Průběhy bočního zrychlení vozidla při jízdách zkouškách

### Průběh bočního zrychlení vozidla č. 1 v měřeném úseku č. 1 – AIM MXL Pista

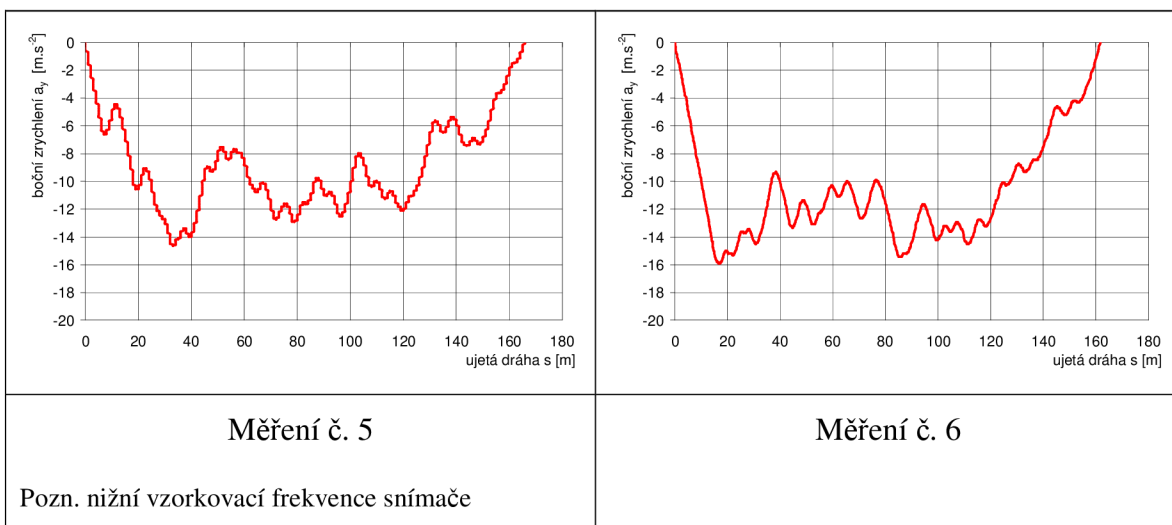
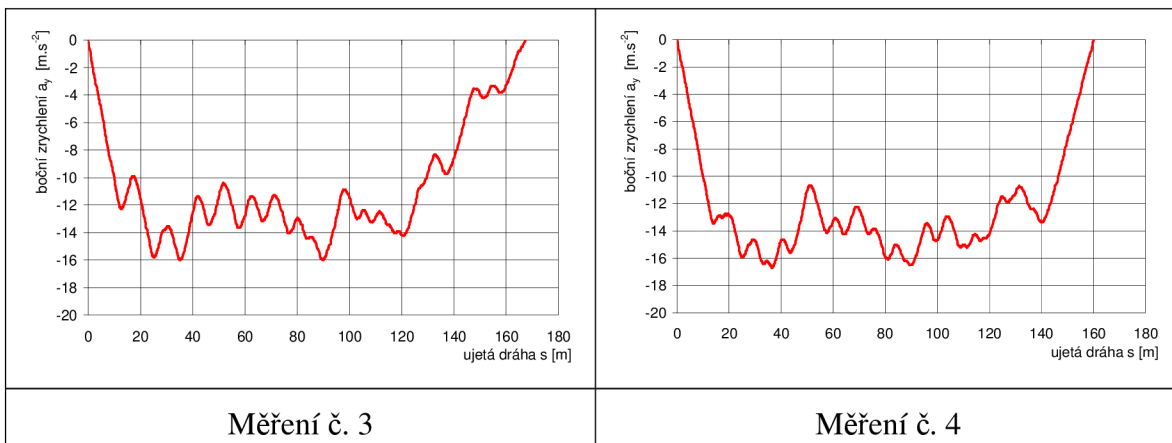
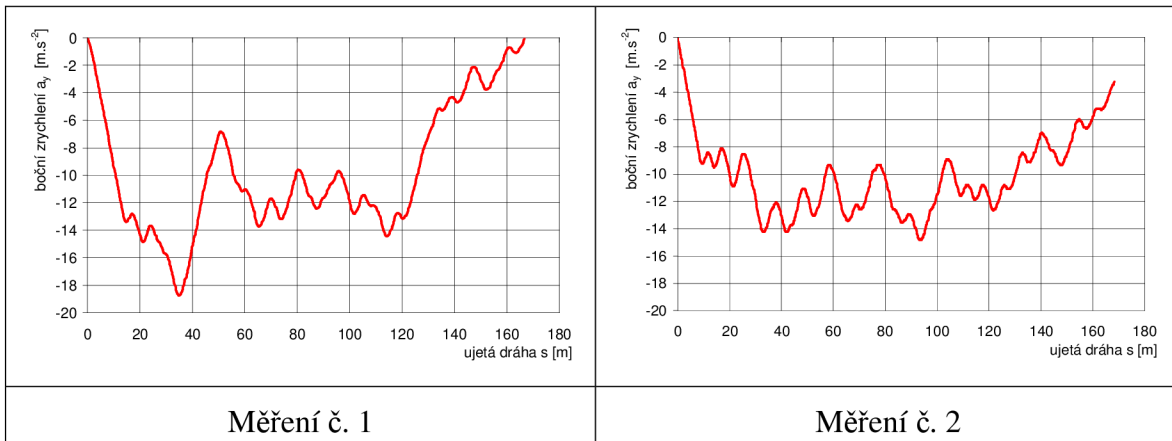


Měření č. 5

Měření č. 6

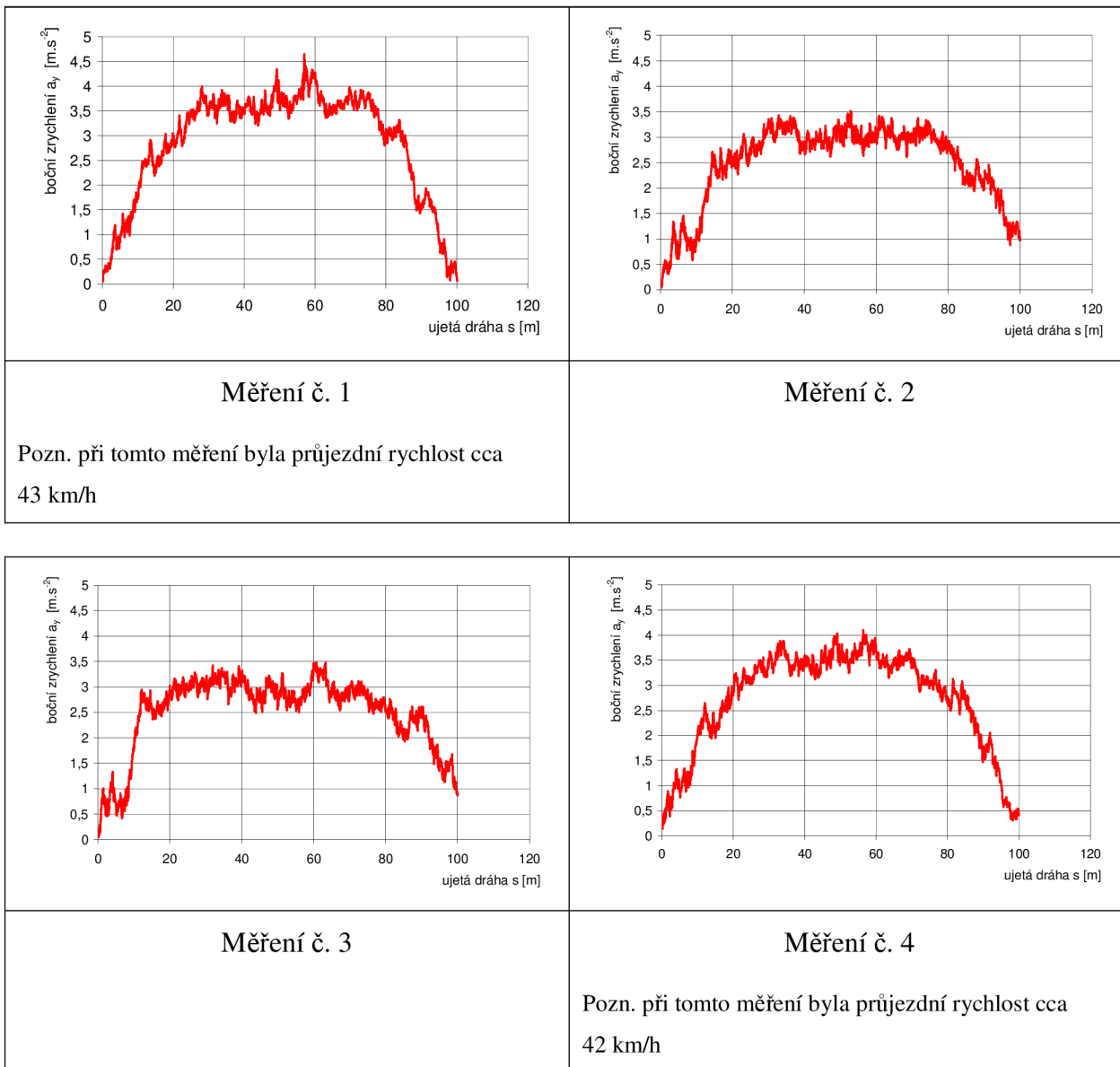
Pozn. nižší vzorkovací frekvence snímače

**Jízdní zkoušky vozidla č. 1 v měřeném úseku č. 2 – AIM MXL Pista**



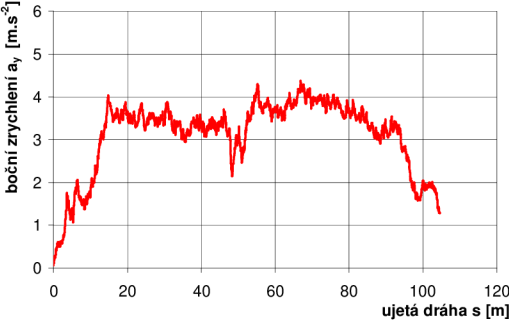
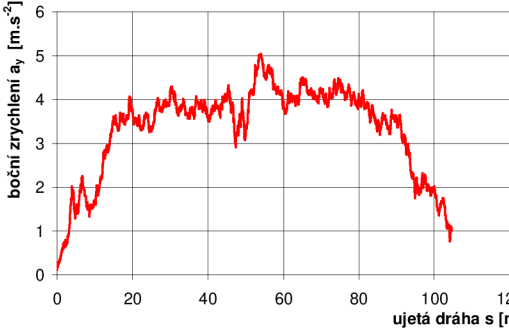
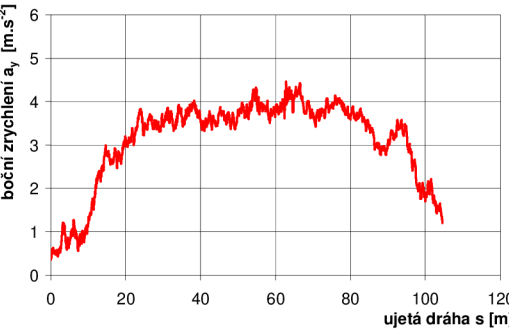
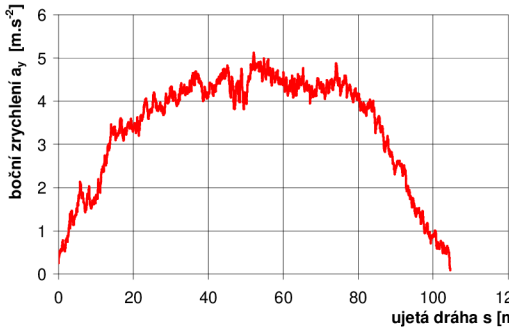
Pozn. nižší vzorkovací frekvence snímače



**Průběh bočního zrychlení vozidla č. 2 v měřeném úseku č. 1 při rychlosti 40km/h –****XL Meter**

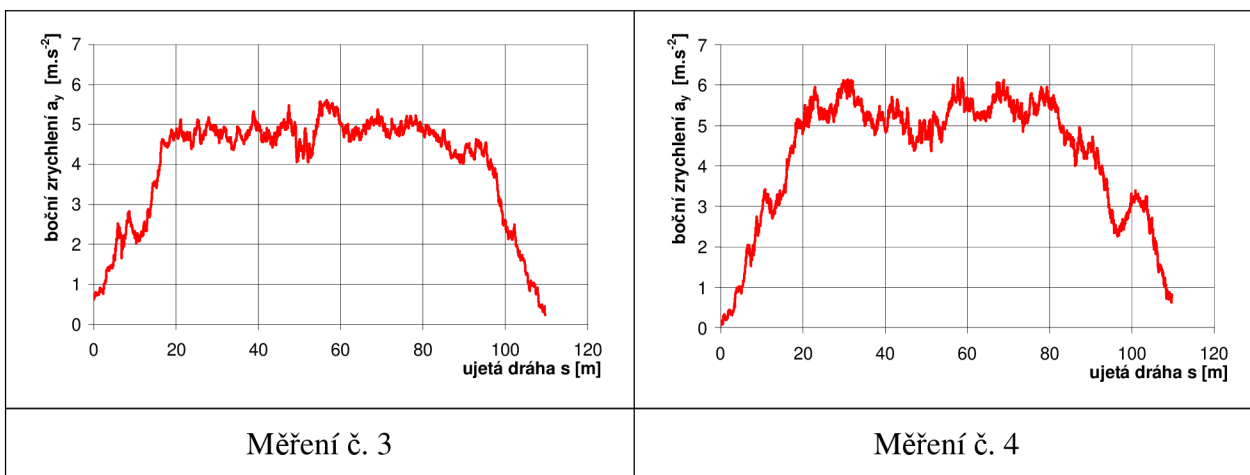
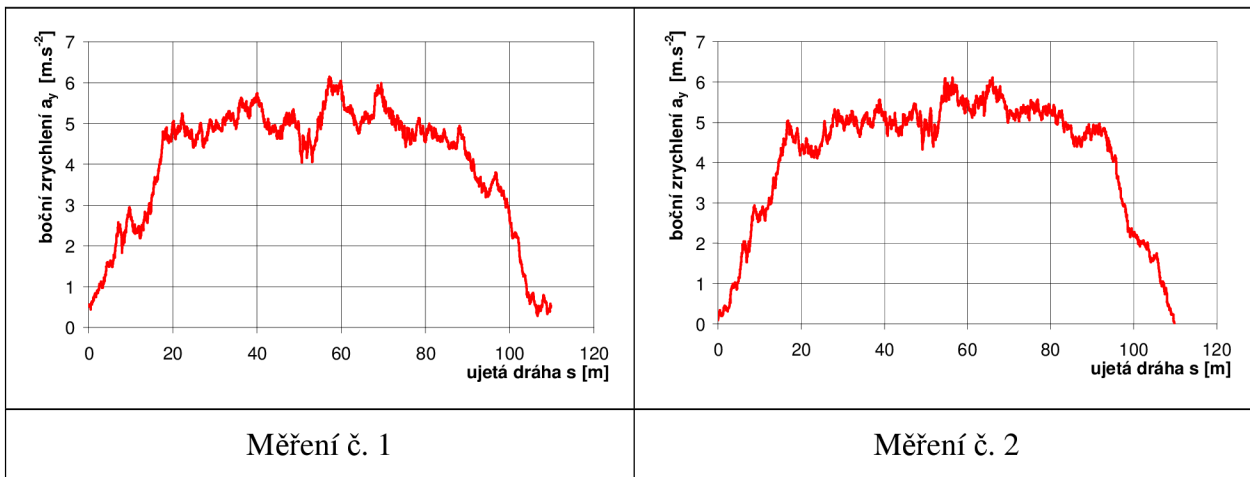
Průběh bočního zrychlení vozidla č. 2 v měřeném úseku č. 1 při rychlosti 45km/h –

XL Meter

	
<p>Měření č. 1</p>	<p>Měření č. 2</p>
	
<p>Měření č. 3</p>	<p>Měření č. 4</p> <p>Pozn. při tomto měření byla průjezdní rychlost cca 48 km/h</p>

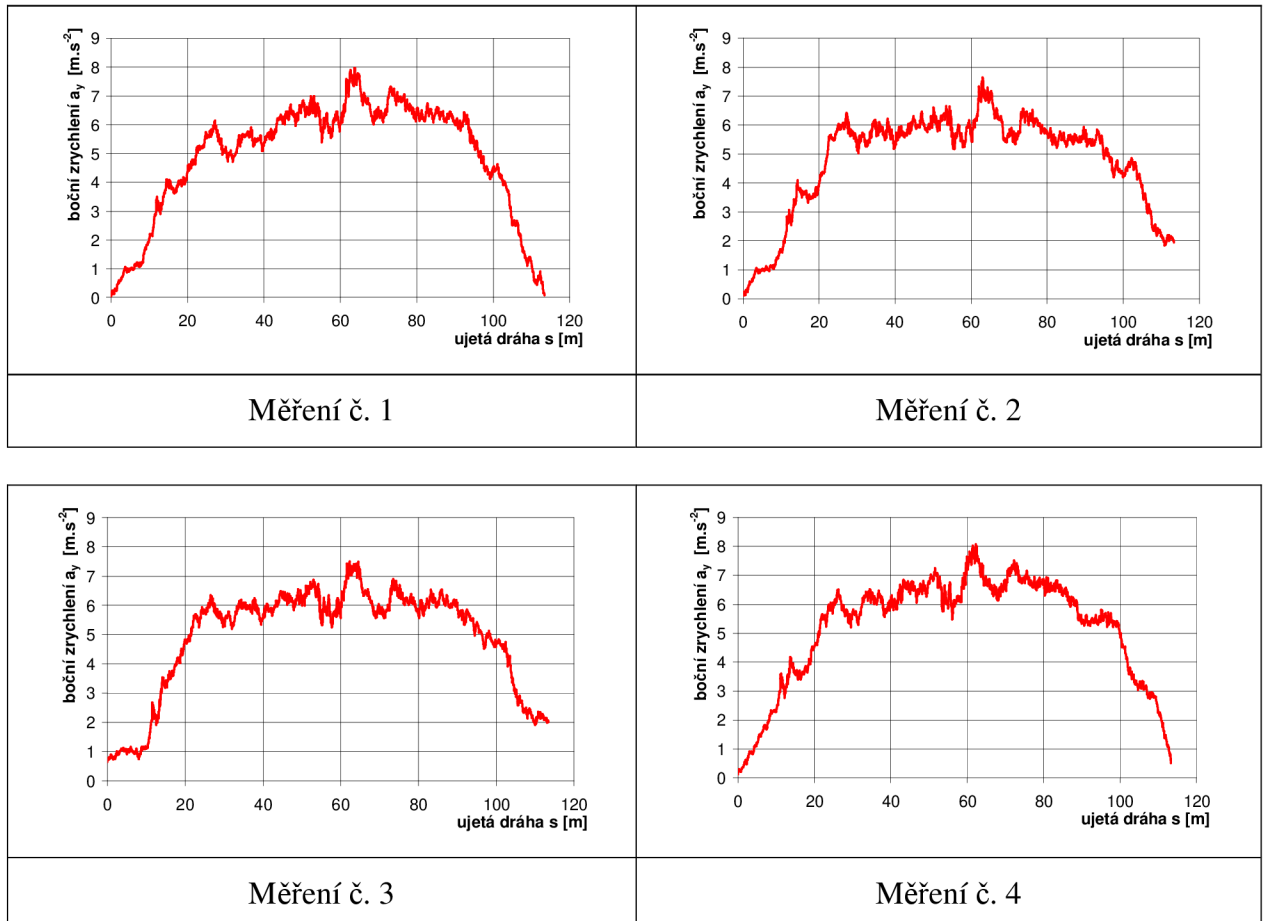
Průběh bočního zrychlení vozidla č. 2 v měřeném úseku č. 1 při rychlosti 50km/h –

XL Meter



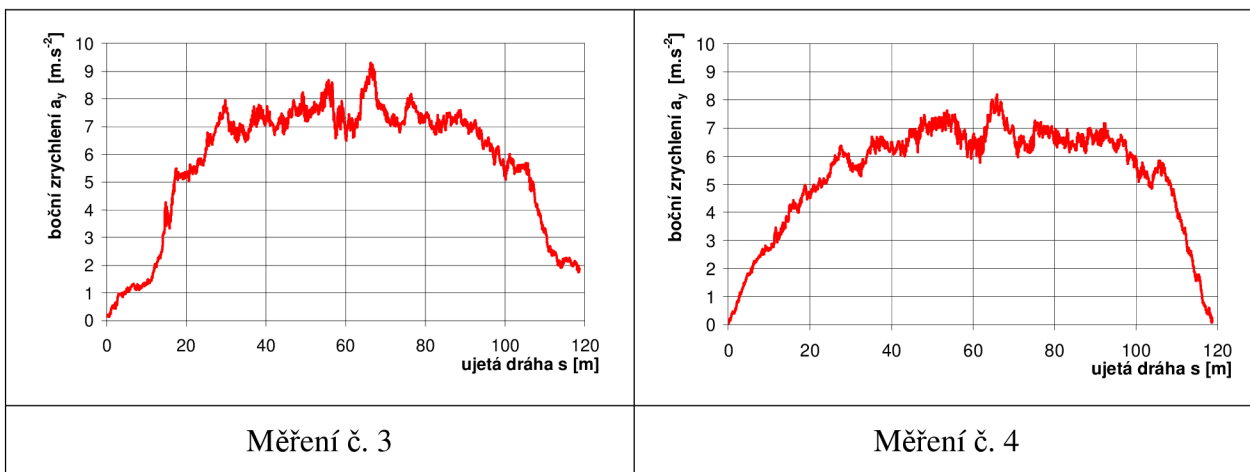
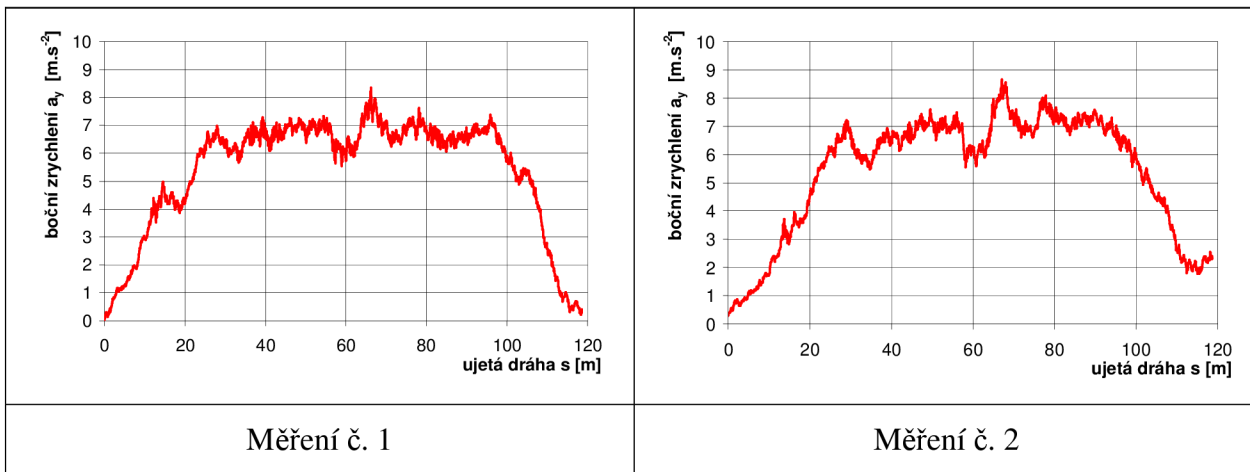
**Průběh bočního zrychlení vozidla č. 2 v měřeném úseku č. 1 při rychlosti 55km/h –**

**XL Meter**



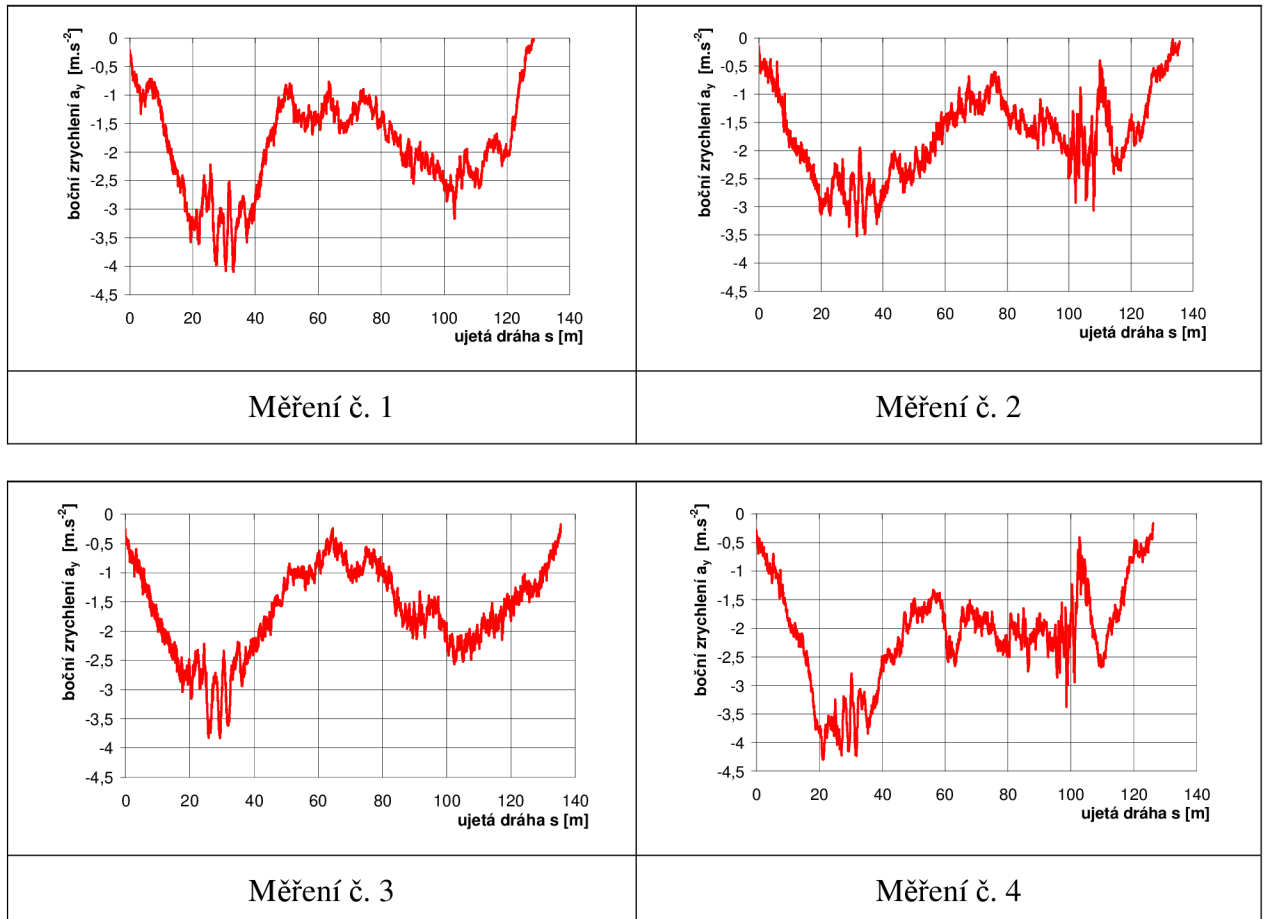
Průběh bočního zrychlení vozidla č. 2 v měřeném úseku č. 1 při rychlosti 60km/h –

XL Meter



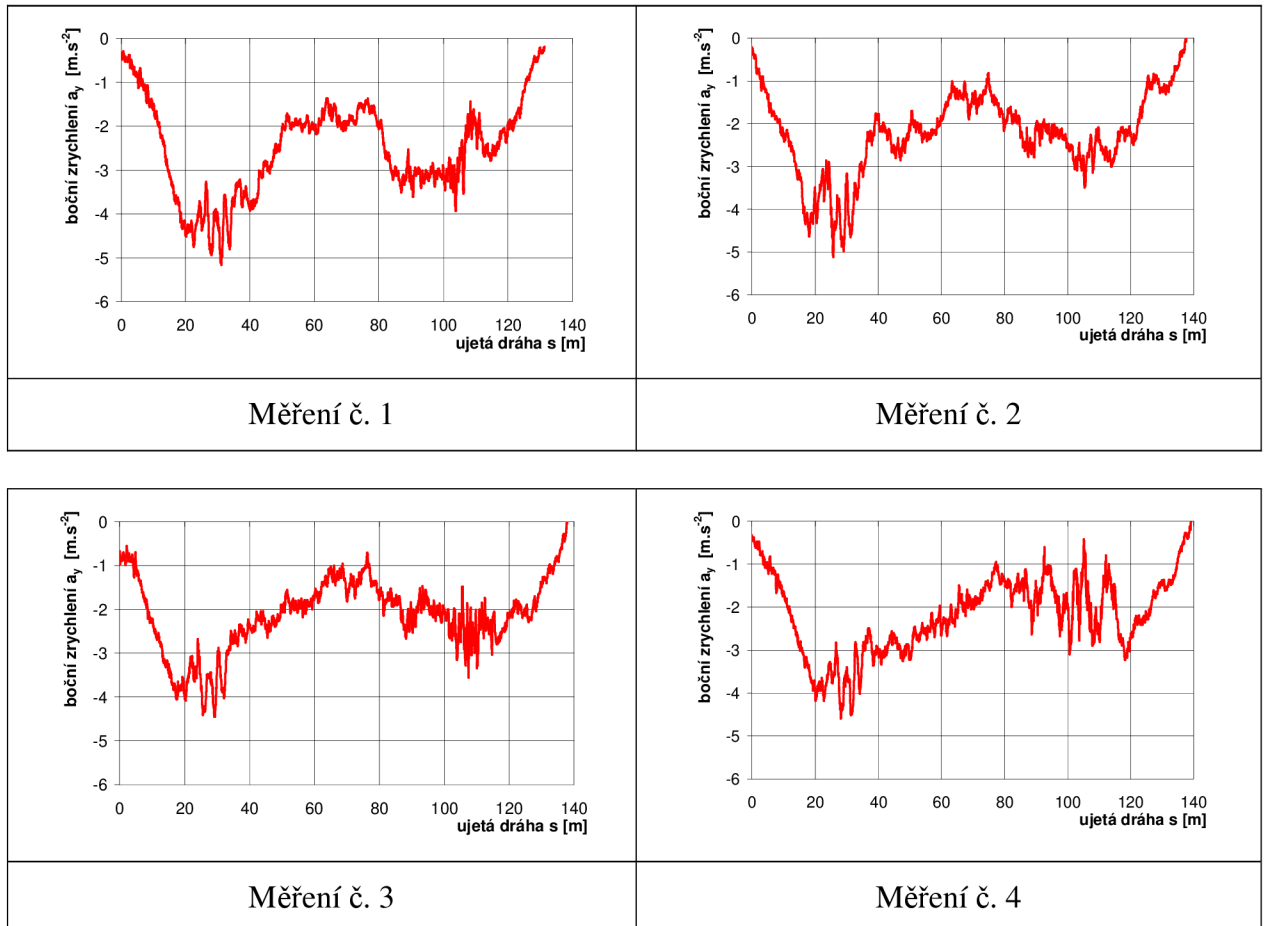
**Průběh bočního zrychlení vozidla č. 2 v měřeném úseku č. 2 při rychlosti 40 km/h –**

**XL Meter**



Průběh bočního zrychlení vozidla č. 2 v měřeném úseku č. 2 při rychlosti 45 km/h –

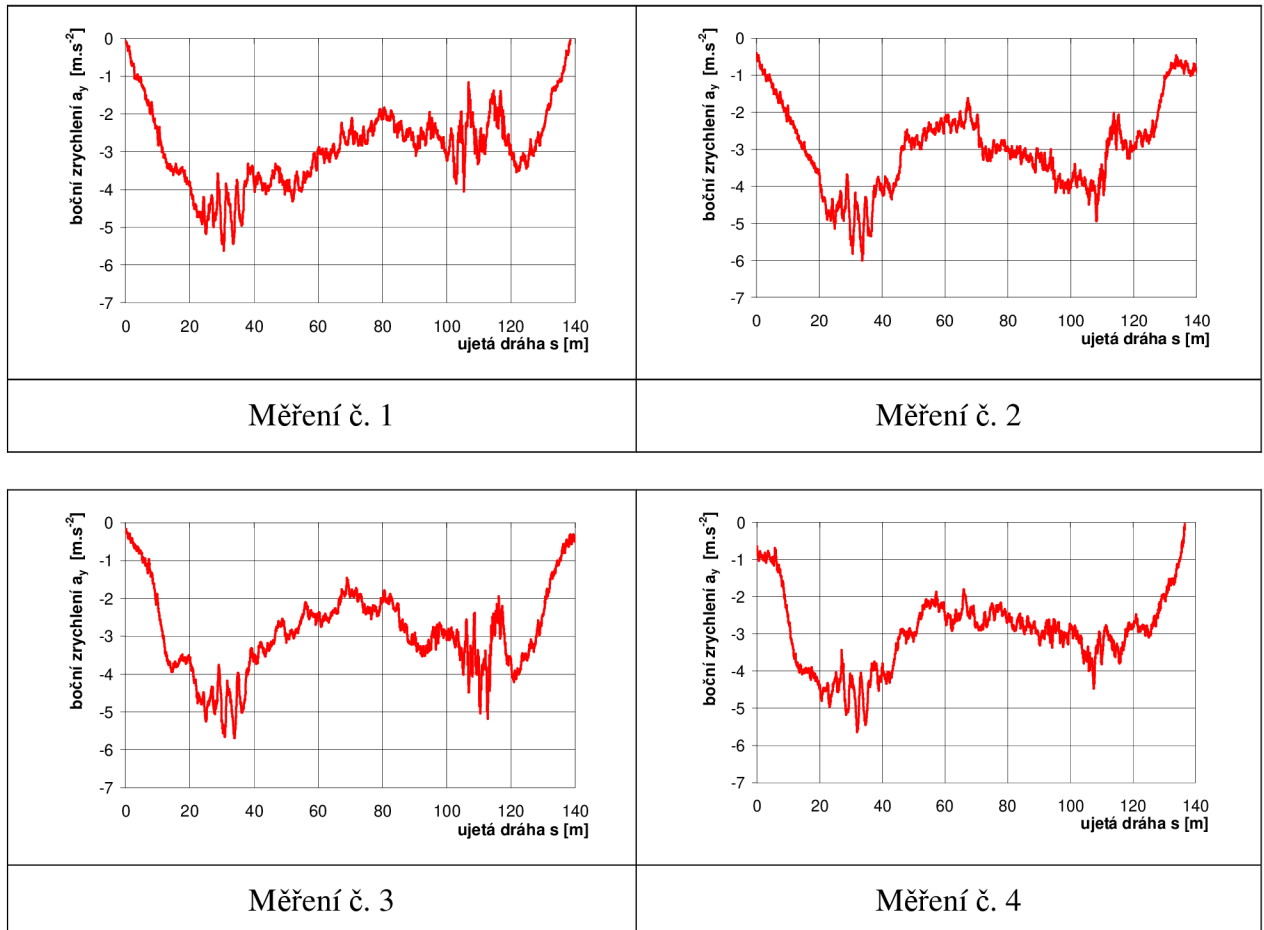
XL Meter





**Průběh bočního zrychlení vozidla č. 2 v měřeném úseku č. 2 při rychlosti 50 km/h –**

**XL Meter**



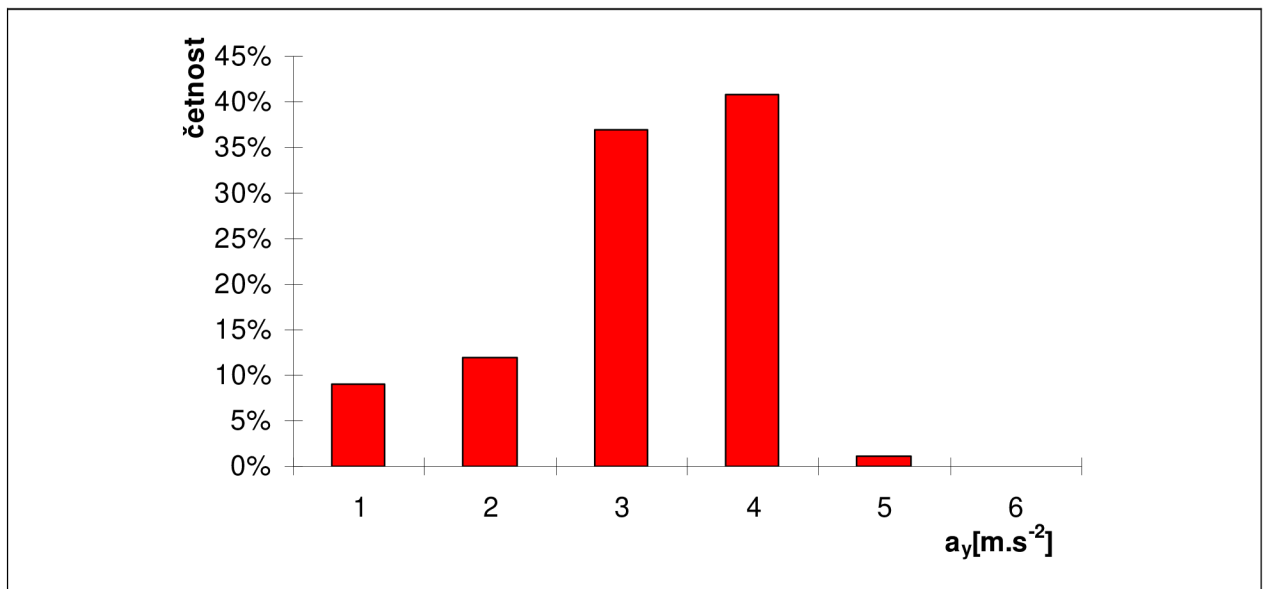
**Průběh bočního zrychlení vozidla č. 2 v měřeném úseku č. 2 při rychlosti 55 km/h –**

**XL Meter**

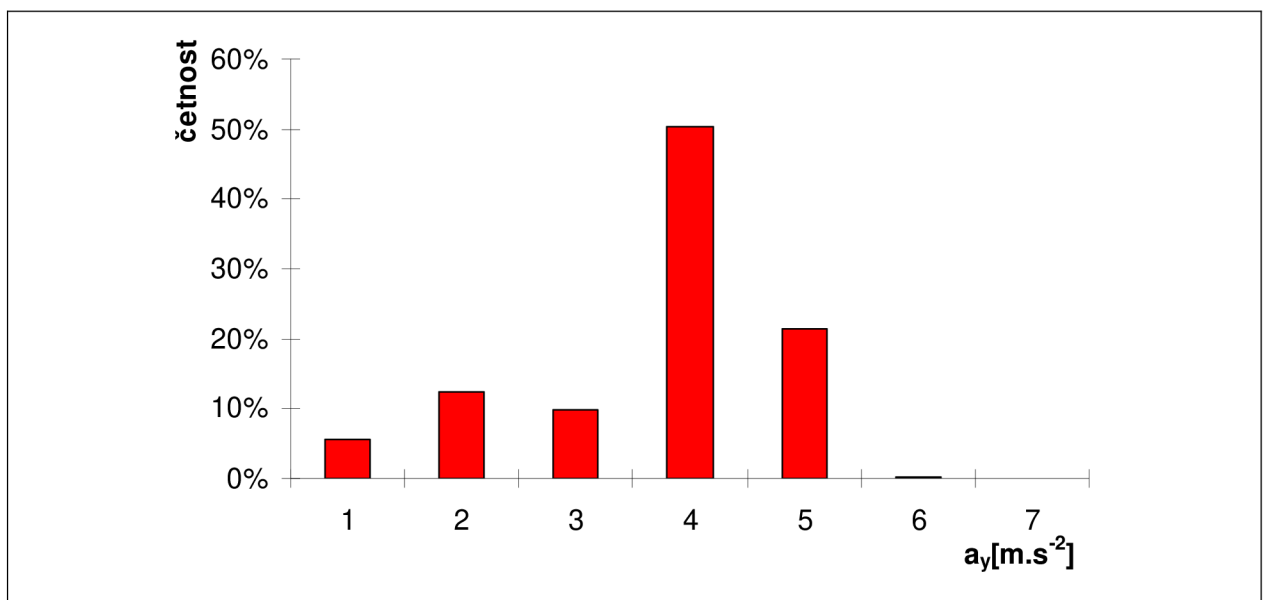
<p style="text-align: center;">Měření č. 1</p> <p>Pozn. při tomto měření bylo vyjeto do levého jízdního pruhu z důvodu překážky v jízdni dráze vozidla</p>	<p style="text-align: center;">Měření č. 2</p>
<p style="text-align: center;">Měření č. 3</p>	<p style="text-align: center;">Měření č. 4</p>

## Vyhodnocení

### Vyhodnocení – běžný jízdní režim

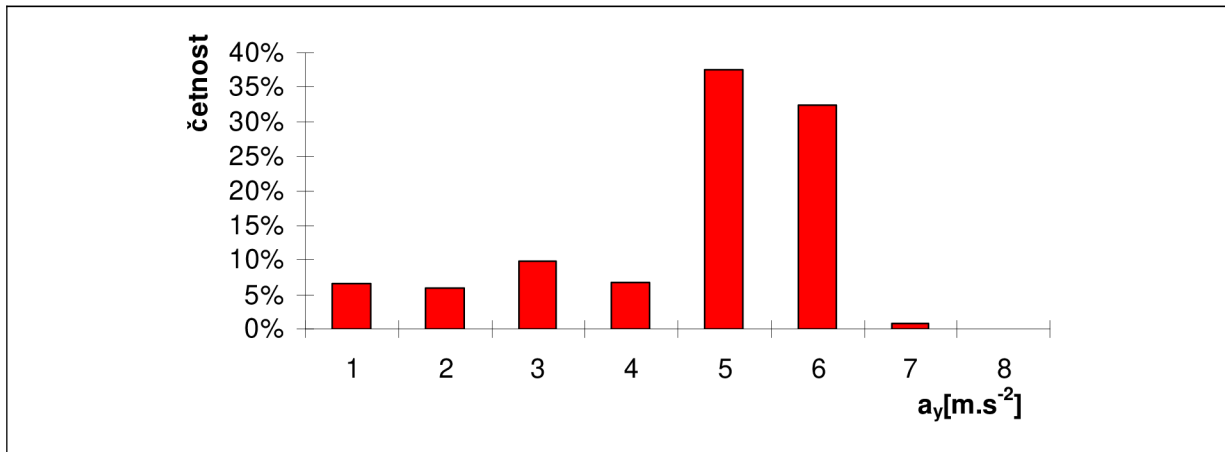


Histogram - rozložení bočního zrychlení vozidla při  $v = 40$  km/h v úseku č.1

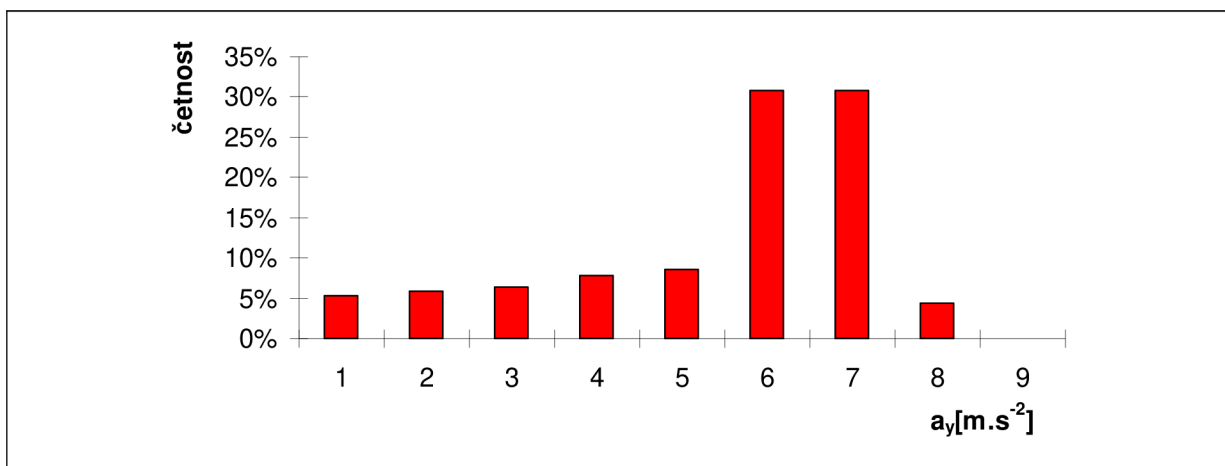


Histogram - rozložení bočního zrychlení vozidla při  $v = 45$  km/h v úseku č.1

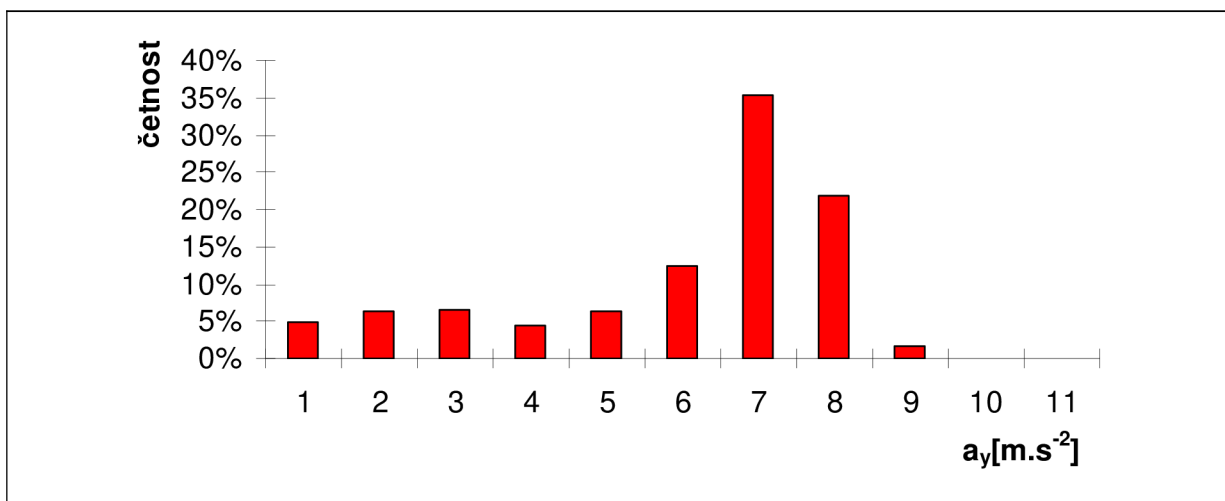
**Vyhodnocení – sportovní jízdní režim**



Histogram - rozložení bočního zrychlení vozidla při  $v = 50$  km/h v úseku č.1



Histogram - rozložení bočního zrychlení vozidla při  $v = 55$  km/h v úseku č.1



Histogram - rozložení bočního zrychlení vozidla při  $v = 60$  km/h v úseku č.1