

**Česká zemědělská univerzita v Praze**

**Technická fakulta**

**Katedra vozidel a pozemní dopravy**



**Jízdní zkoušky vozidel**

**Bakalářská práce**

**Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Jan Kovanda, CSc.**

**Vypracoval: Martin Jukl**

**PRAHA 2016**

# ČESKÁ ZEMĚDĚLSKÁ UNIVERZITA V PRAZE

Technická fakulta

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Martin Jukl

Silniční a městská automobilová doprava

Název práce

Jízdní zkoušky vozidel

Název anglicky

Vehicle riding tests

---

### Cíle práce

Analyzovat stav techniky a legislativy v oblasti dynamických zkoušek vozidel, ve zvoleném segmentu provést analýzu bezpečnosti a odvodit vlastní závěry.

### Metodika

Rozbor stavu techniky a legislativy

Zhodnocení technických a statistických zdrojů

Rozbor zvoleného segmentu

Analýza studovaného jevu

Syntéza poznatků

Formulace závěrů a doporučení

**Doporučený rozsah práce**

30-50 stran textu vč. tabulek, obrázků a pod., případně další přílohy

**Klíčová slova**

dynamika vozidel, ovladatelnost, experiment, senzory, HMI

---

**Doporučené zdroje informací**

First J. a kol.: Zkoušení automobilů a motocyklů. SnT Praha 2008.

VÉMOLA, Aleš. Diagnostika automobilů I. Brno: Littera, 2006. ISBN 80-85763-31-1

VLK, František. Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. Brno: Nakladatelství a vydavatelství vlk, 2001. ISBN 80-238-6573-0,

---

**Předběžný termín obhajoby**

2015/16 LS – TF

**Vedoucí práce**

prof. Ing. Jan Kovanda, CSc.

**Garantující pracoviště**

Katedra vozidel a pozemní dopravy

Elektronicky schváleno dne 14. 1. 2014

doc. Ing. Boleslav Kadleček, CSc.

Vedoucí katedry

Elektronicky schváleno dne 3. 2. 2014

prof. Ing. Vladimír Jurča, CSc.

Děkan

V Praze dne 26. 03. 2016

**Prohlášení:**

„Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma Jízdní zkoušky vozidel vypracoval samostatně a použil pramenů, které cituji a uvádím v seznamu použitých zdrojů.

Jsem si vědom, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím s jejím zveřejněním dle zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů, ve znění pozdějších předpisů, a to i bez ohledu na výsledek její obhajoby.

Jsem si vědom, že moje bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitní databázi a bude veřejně přístupná k nahlédnutí.

Jsem si vědom, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů, ve znění pozdějších předpisů, především ustanovení § 35 odst. 3 tohoto zákona, tj. o užití tohoto díla.“

V Praze dne: 30.3.16

.....

Martin Jukl

**Poděkování:**

Rád bych poděkoval všem, kteří mi pomohli při psaní této práce. Zvláště bych chtěl poděkovat svému vedoucímu práce, panu prof. Ing. Janu Kovandovi, CSc., za přínosné odborné konzultace a cenné připomínky k mé bakalářské práci. Neméně rád bych poděkoval technickému řediteli VTP Roztoky, panu Ing. Vojtěchu Klírovi Ph.D., za poskytnutí měřících zařízení, bez kterých by nebylo možné provést jízdní zkoušky.

V Praze dne: 30.3.16

.....

Martin Jukl

**Abstrakt:**

Tato bakalářská práce se zabývá brzdami vozidel, analýzou jízdních zkoušek a diagnostiky brzdových soustav a s nimi spojené legislativy. V teoretické části je uvedeno rozdělení brzd, stručně popsána jejich konstrukce a systém ABS. Dále je uveden rozbor příslušné legislativy v oblasti zkoušení brzd a rozbor samotných jízdních zkoušek a diagnostiky brzdových soustav. V praktické části je popsáno vlastní měření na vybraném vozidle.

**Klíčová slova:**

Dynamika vozidel; ovladatelnost; experiment; senzory; HMI

**Vehicle riding tests****Summary:**

This thesis is concerned with brakes of vehicles, analysis of riding tests and diagnostics of brake systems and associated legislation. In the theoretical part is mentioned classification of brakes, briefly described their construction and system ABS. Below is an analysis of relevant legislation in the area of brake testing and analysis of riding tests and diagnostics of brake systems. The practical part describes own measurement of the selected vehicle.

**Key words:**

Vehicle dynamics; maneuverability; experiment; sensors; HMI

## Obsah

1	Úvod .....	1
2	Brzdy a proces brzdění vozidel .....	2
2.1	Funkce brzd a brzdového systému .....	2
2.1.1	Způsoby zapojení dvouokruhových systémů .....	3
2.2	Rozdělení brzdových soustav .....	4
2.3	Základní konstrukce bubnových a kotoučových brzd .....	5
2.3.1	Bubnová brzda .....	5
2.3.2	Kotoučová brzda .....	6
2.4	Systém ABS .....	8
2.4.1	Historie .....	8
2.4.2	Základní části ABS .....	9
2.4.3	Princip funkce .....	10
2.4.4	Požadavky na systém ABS .....	10
2.5	Kammova kružnice přilnavosti .....	11
3	Legislativa .....	13
3.1	Národní legislativa .....	13
3.2	Mezinárodní legislativa .....	14
3.2.1	Předpisy EHK/OSN .....	14
3.2.2	Směrnice EHS/ES .....	15
3.3	Typy zkoušek .....	15
3.4	Předpisy o účinnosti .....	16
4	Analýza jízdních zkoušek a diagnostiky brzdových soustav silničních vozidel .....	18
4.1	Jízdní zkoušky .....	20
4.1.1	Značkovací zařízení .....	20
4.1.2	Decelerometry a decelerografy .....	21
4.1.3	Vlečené kolo .....	23

4.1.4	Optické přístroje .....	24
4.2	Diagnostika brzdových soustav .....	25
4.2.1	Válcové zkušebny pomaloběžné .....	26
4.2.2	Válcové zkušebny rychloběžné .....	29
4.2.3	Plošinové zkušebny brzd .....	30
4.3	Zkoušky ABS.....	32
5	Praktická jízdní zkouška.....	34
6	Závěr.....	37
	Seznam použitých zdrojů.....	39
	Seznam použitých obrázků.....	41
	Seznam použitých zkratk .....	43



# 1 Úvod

Jako téma své bakalářské práce jsem zvolil jízdní zkoušky brzdových soustav, protože jsou jedním z nejdůležitějších, ne-li nejdůležitějším prvkem aktivní bezpečnosti vozidel, ovlivňujícím životy všech účastníků silničního provozu.

Další motivací byla skutečnost, že odborných informací ke zvolené problematice není mnoho a obtížně se získávají, což je u jednoho z hlavních konstrukčních prvků vozidel podle mého názoru poměrně překvapivé.

Cílem této bakalářské práce je shromáždění a shrnutí známých poznatků ohledně základní konstrukce brzd, jejich jízdních zkoušek a diagnostiky účinnosti/činnosti brzd.

V úvodu se ve své práci věnuji funkci, rozdělení a základní konstrukci brzd, dále pak systému ABS a Kammově kružnici přilnavosti.

Abychom vůbec mohli posuzovat správnou činnost brzd, je nezbytně nutné seznámit se s českou a mezinárodní legislativou v oblasti procesu brzdění silničních vozidel a zkoušení brzd.

Kapitola pojednávající o jízdních zkouškách brzdových soustav se zabývá jednotlivými druhy jízdních zkoušek a procesy při měření. Zde se budu dále věnovat různým měřicím přístrojům a diagnostikám, jako jsou např. decelerometry a válcové zkušebny.

Na závěr práce bude popsána vlastní jízdní zkouška účinnosti brzd a vliv povětrnostních podmínek na její výsledek.

## 2 Brzdy a proces brzdění vozidel

Na brzdy jsou kladeny vysoké nároky kvůli náročnosti provozu, kde jsou hlavním a nejdůležitějším prvkem ovlivňujícím bezpečnost provozu vozidel na pozemních komunikacích. Jako brzdový systém bychom pak mohli označit komplexní zařízení, které zaručuje bezpečnost a ovladatelnost vozidla.

### 2.1 Funkce brzd a brzdového systému

Řízené zastavení vozidla je jedna z nejdůležitějších funkcí. Při brzdění vozidla je mařena jeho kinetická energie a je z největší části přeměněna na tepelnou. Základním požadavkem je zastavení vozidla. Musí k němu dojít za následujících podmínek:

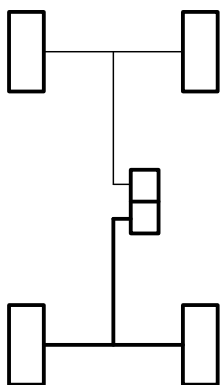
- účinně,
- opakovaně,
- bez ztráty stability (vybočením, smykem, nadměrným náklonem),
- s určitou ovládací silou,
- bez ohrožení ostatních účastníků dopravy.

#### Brzdový systém zajišťuje tyto funkce

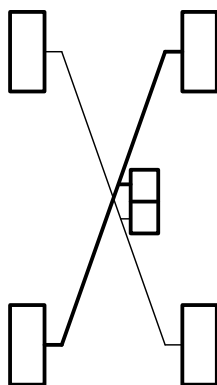
- **Provozní brzdění** – umožňuje dobrou ovladatelnost vozidla, tj. účinně, spolehlivě a rychle zastavit vozidlo při všech reálných podmínkách bez ohledu na výši rychlosti vozidla, jeho zatížení, velikosti stoupání nebo klesání vozovky.
- **Nouzové brzdění** – umožňuje zastavení vozidla v případě selhání provozního brzdění.
- **Parkovací brzdění** – umožňuje zajištění stojícího vozidla proti samovolnému rozjezdu na klesající či stoupající vozovce a to především za nepřítomnosti řidiče.
- **Odlehčovací brzdění** – umožňuje snížení rychlosti nebo její udržení při jízdě ze svahu.

Současné předpisy pro brzdové systémy vyžadují vysokou spolehlivost provozního brzdění a zajištění nouzového při jeho případné poruše. Z tohoto důvodu musí být každý automobil vybaven dvěma nezávislými brzdovými okruhy. To znamená, že v případě selhání jednoho brzdového okruhu bude stále možné zastavit vozidlo pomocí druhého. [6]

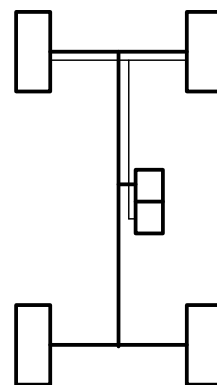
### 2.1.1 Způsoby zapojení dvouokruhových systémů



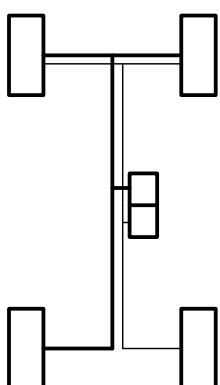
Obr. 1 – zapojení TT [6]



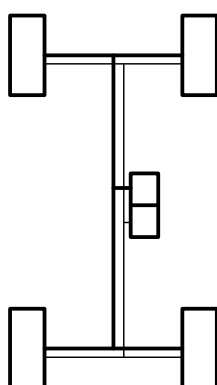
Obr. 2 – zapojení X [6]



Obr. 3 – zapojení HT [6]



Obr. 4 – zapojení LL [6]



Obr. 5 – zapojení HH [6]

Legenda k Obr. 1 - standardní zapojení TT – v každém okruhu je brzděna jedna náprava

Legenda k Obr. 2 - diagonální zapojení X – v každém okruhu je brzděno jedno přední a diagonálně proti ležící zadní kolo

Legenda k Obr. 3 - zapojení HT – jeden okruh ovládá přední nápravu a zadní nápravu, druhý okruh ovládá jen přední nápravu

Legenda k Obr. 4 - zapojení LL – každý okruh ovládá přední nápravu a jedno zadní kolo

Legenda k Obr. 5- zapojení HH – každý okruh ovládá přední nápravu a zadní nápravu [6]

## 2.2 Rozdělení brzdových soustav

### Dle umístění brzděných částí

- kolové
- převodové
- motorové

### Dle třecích částí brzdy

- brzdy bubnové
- brzdy kotoučové

### Dle způsobu ovládání

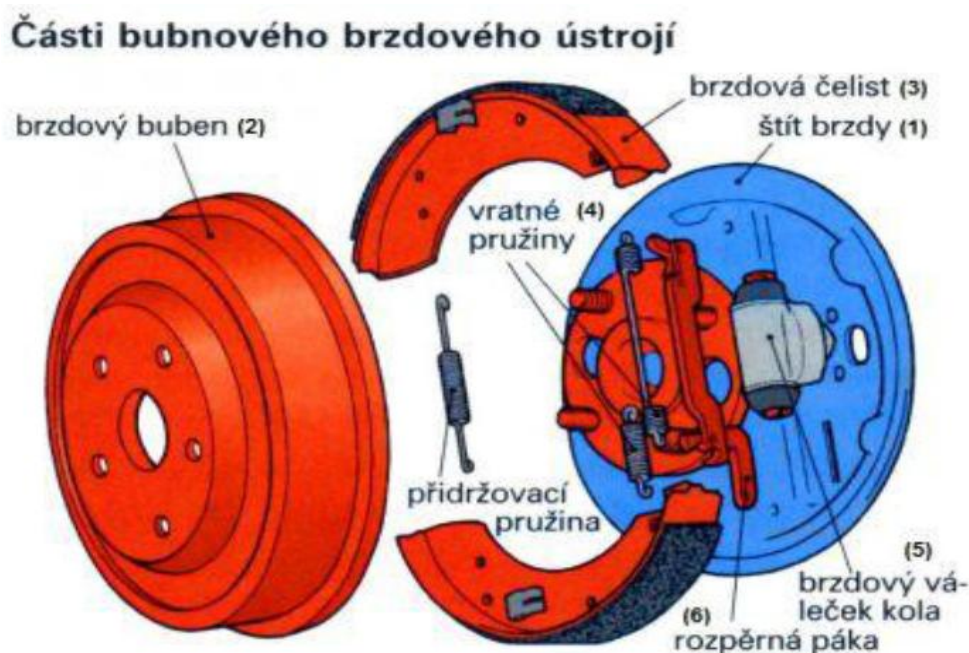
- **Ruční** – je ovládána tlakem vyvolaným rukou na brzdící páku, která musí být umístěna v dosahu řidiče.
- **Nožní** – je ovládána tlakem vyvolaným nohou na brzdový pedál.
- **Samočinné** – k zabrzdění dochází automaticky. Příkladem je přípojné vozidlo se vzduchovými brzdami, kdy při jeho odpojení či odtržení během jízdy dojde k automatickému zabrzdění.

### Dle zdroje energie

- **Přímočinné** – jsou brzdové soustavy, kde je brzdění vyvoláno jen silou řidiče. Brzdná síla je přenášena k brzdám z brzdového pedálu nebo páky za pomoci táhla, lanka nebo prostřednictvím kapalinového převodu, který ovšem není podporován posilovačem.
- **Polostrojní** – jsou takové soustavy, v nichž kromě svalové síly řidiče působí ještě jiný zdroj energie (posilovače brzdného účinku).
- **Strojní** – k brzdění je využita jiná energie, než je svalová síla řidiče. Velikost brzdící síly tedy závisí na určitém strojním zařízení, které řidič pouze zapíná a ovládá. Toto zařízení může být např. vzduchové, kapalinové či kombinované.
- **Odlehčovací** – jsou soustavy, jejichž úkolem je snížit rychlost vozidla a tím odlehčit provozním brzdám. Příkladem odlehčovacích brzd jsou brzdy motorové (výfukové), elektromagnetické, aerodynamické a hydraulické. [6]

## 2.3 Základní konstrukce bubnových a kotoučových brzd

### 2.3.1 Bubnová brzda



Obr. 6 – části bubnové brzdy [7]

Brzdový buben (2) je za pomoci šroubů připevněn ke kolu vozidla, s nímž se společně otáčí. Brzdové čelisti jsou i s ostatními součástkami, které vytváří přitlačnou sílu, přichyceny ke štítu brzdy (1), jenž je připevněn k nápravě vozidla a neotáčí se. Brzdové čelisti (3) jsou za pomoci rozpěrného ústrojí přitlačovány na vnitřní plochu brzdového bubnu. Vznikající tření je příčinou vzniku potřebné brzdě síly. Potřebnou rozpěrnou sílu můžeme získat za pomoci hydraulického brzdového válečku (5) a to sice pro provozní brzdu nebo pomocí mechanicky rozpěrné páky (6) parkovací brzdy. Aby nedocházelo k příliš velkému neúčinnému zdvihu pedálu, je nutné vymezení vůle mezi čelistmi a bubnem. U starších provedení k tomu sloužil excentrický šroub, avšak toto řešení bylo dosti nepohodlné a bylo tak postupně nahrazeno tzv. samostavem. Jedná se o zařízení, které má schopnost automaticky vymežit vůli mezi čelistmi a bubnem a funguje na základě omezené vratnosti čelistí. Materiálem pro výrobu brzdových bubnů je nejčastěji šedá či temperovaná litina, případně se pak užívá ocelolitiny nebo slitiny lehkých kovů. Třecí plochy jsou obvykle upravovány jemným soustružením, lze použít i broušení. Z principu funkce musí být brzdový buben vysoce odolný proti otěru. Dalšími požadavky jsou: stálost tvaru a rozměrů, dobrá tepelná vodivost materiálu z důvodu chlazení.

U brzdového bubnu také nesmí docházet k radiálnímu ani axiálnímu kmitání a nesmí v něm docházet ke vzniku vibrací. [7]

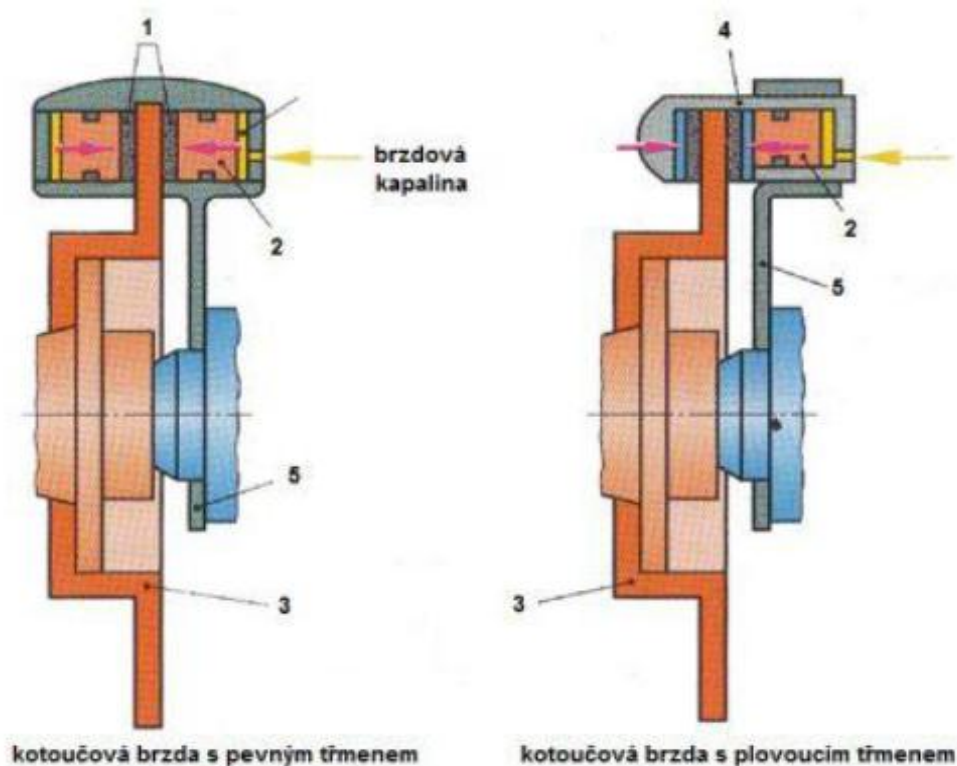
### **Výhody bubnových brzd:**

- V podstatě všechny součástky jsou umístěny uvnitř bubnu, proto je tato brzda chráněna proti nečistotám.
- Oproti kotoučové brzdě je mnohem jednodušší přizpůsobení pro funkci parkovací brzdy.
- Brzdové obložení má relativně velkou životnost.

### **Nevýhody bubnových brzd:**

- Oproti kotoučovým brzdám mají s ohledem na velikost menší výkonnost.
- Pakliže jsou dlouhodobě zahřívány, např. vlivem dlouhodobého brzdění z kopce, dochází k poklesu brzdného účinku (tzv. fading).
- Dokonce přesáhne-li zahřátí určitou mez, může se brzdový buben i zdeformovat. [7]

## **2.3.2 Kotoučová brzda**



Obr. 7 – schéma kotoučové brzdy [7]

Starší provedení kotoučových brzd označujeme jako provedení s tzv. pevným třmenem, později došlo k zjednodušení, místo dvojice válečků se začal používat pouze jeden. Toto provedení označujeme jako provedení s tzv. plovoucím třmenem.

V případě pevného třmenu (4) jsou na obou stranách umístěny válečky s písty (2). V momentě brzdění dochází k přitlačení brzdových destiček (1) z obou stran na brzdový kotouč (3). Těleso třmenu je nepohyblivé, proto tento typ nazýváme kotoučovou brzdou s pevným třmenem. V případě kotoučové brzdy s plovoucím třmenem je váleček s pístem (2) pouze na jedné straně, kdy tento píst přitlačuje brzdovou destičku (1) ke kotouči a reakční síla na druhé straně posouvá třmen (4), který tiskne druhou brzdovou destičku z opačné strany. Aby to bylo možné, musí být třmen uložen posuvně v pevném držáku (5).

Brzdový kotouč je nejběžněji vyráběn z temperované litiny. Případně se užívá ocelolitina legovaná dalšími prvky a to kvůli zvýšení odolnosti proti vysokým tepelným a mechanickým namáháním. Kotouč může být vyhotoven ve dvou základních provedeních a to jednoduché nebo duté konstrukce. Kotouče s dutou konstrukcí jsou takto vyrobeny kvůli možnosti vnitřního chlazení proudícím vzduchem. Díky radiálně uspořádaným kanálkům v brzdovém kotouči vzniká u tohoto typu tzv. ventilační efekt. V případě sportovních vozů se můžeme setkat s kotouči, do kterých jsou vyvrtané otvory pro dosažení nižšího ohřevu během brzdění a rychlejšího ochlazení po brzdění. Dalším nepříliš využívaným typem jsou kotouče, které mají na třecí ploše vyfrézované drážky přesně dané hloubky. Opodstatnění mají tyto drážky především v lepším odvodu otěrových částic z povrchu kotouče a umožnění vizuální kontroly opotřebení. [7]

### **Výhody kotoučových brzd:**

- Z hlediska konstrukce jsou jednodušší, přesnější, výkonnější a spolehlivější.
- Při dlouhodobém brzdění nedochází k velkým změnám součinitele tření.
- Díky odstředivým silám vzniká samočisticí efekt.
- Výměna třecích segmentů je jednodušší než u bubnových brzd.

### **Nevýhody kotoučových brzd:**

- Je zde riziko vytvoření parních bublin v brzdové soustavě z důvodu přímého působení pístů na třecí segmenty a tedy nadměrného prostupu tepla.
- Dochází k rychlejšímu opotřebení třecích částí.
- U kotoučové brzdy se složitěji zavádí konstrukce pro současnou funkci parkovací brzdy. [7]

## **2.4 Systém ABS**

Protiblokovací systém ABS (z anglického **A**nti-**l**ock **B**raking **S**ystem) patří mezi základní prvky aktivní bezpečnosti vozidla. ABS svou funkcí zabraňuje blokování kol během brzdění. Kolo, které je vybaveno systémem ABS, se stále odvaluje a tím je zabráněno ztrátě adheze mezi kolem a vozovkou, což pomáhá zachovat ovladatelnost, stabilitu a říditelnost vozidla při prudkém brzdění či brzdění za zhoršených adhezních podmínek. Zablockované kolo totiž neumožňuje přenos boční síly a znemožňuje tak zatočení vozidla. [14]

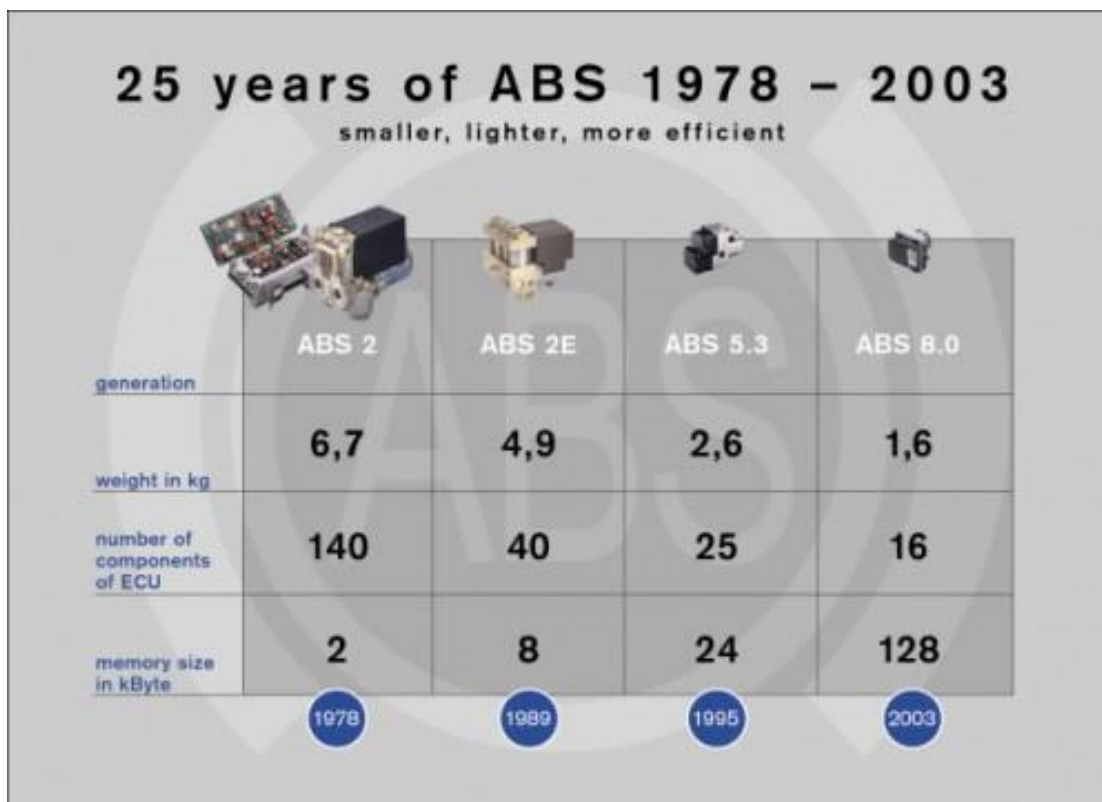
### **2.4.1 Historie**

Systém ABS vyvinula firma BOSCH v roce 1978. Nicméně již na počátku 20. století se objevovaly úvahy o tom, jak by se mohlo při silném brzdění zabránit blokování kol. Roku 1936 přišla firma Bosch s patentem na „*Zařízení k zabránění silného brzdění kol motorového vozidla*“. Nicméně až příchod elektronického řízení umožnil inženýrům vyvinout takový protiblokovací brzdový systém, který byl použitelný v motorových vozidlech, tzn. dostatečně rychlý a robustní. Poprvé se systém ABS komerčně uplatnil ve zvláštní výbavě vozů Mercedes-Benz třídy S a BMW řady 7.

Firma Bosch se však zabývala rozvojem systému ABS dále. Výsledkem dalšího vývoje vznikly systémy ASR (systém regulace prokluzu kol, který zabraňuje protáčení kol při rozjíždění) a elektronický stabilizační program ESP.

Během několikaletého vývoje dostal systém ABS řady změn. Došlo k výraznému snížení počtu součástí, hmotnosti a tedy i velikosti jednotky a přitom se naopak výrazně zvýšila kapacita paměti řídicí jednotky. [13]





Obr. 8 – vývoj a miniaturizace systému ABS

Legenda k obrázku 8 – 1. řádek je generace, 2. řádek je hmotnost jednotky ABS v kg, 3. řádek zobrazuje počet součástí systému, 4. zobrazuje informaci o kapacitě paměti řídicí jednotky [13]

## 2.4.2 Základní části ABS

Každý systém ABS se skládá z několika základních částí:

- **Snímače otáček jednotlivých kol** – registrují otáčky a získaný signál je pak vyhodnocen elektronickou řídicí jednotkou, která na základě získaných dat ovlivňuje velikost brzdné síly příslušného kola.
- **Elektronická řídicí jednotka** – provádí výpočet, regulaci, kontrolu a varování o chybách nebo závadách systému.
- **Hydraulická jednotka** – převádí příkazy, které udělí řídicí jednotka a na jejichž základě pak, nezávisle na řidiči, reguluje tlak ve válcích kol.

### 2.4.3 Princip funkce

Systém automaticky reguluje brzdou sílu v třmenech a tím aktivně brání blokování kol během brzdění. Při zablokování kola totiž dochází ke ztrátě adheze mezi pneumatikou a vozovkou, vozidlo pak nereaguje na pohyby volantem a stává se neřiditelným.

Každé kolo je vybaveno vlastním snímačem otáček, který podává informace o rychlosti otáčení kol řídicí jednotce. Pakliže vyhodnotí řídicí jednotka signál ze snímače otáček tak, že dochází k blokování kola, pak krátkodobě sníží tlak v brzdovém systému a díky tomu umožní kolu znovu se otáčet. Systém ABS je schopen uvolnit kolo 12–16x za sekundu, čímž dokáže zajistit relativně stálé otáčení kol a říditelnost vozu. V principu tedy systém ABS zajišťuje, aby byla brzdná síla neustále na mezi adheze a to opakovaným snižováním a zvyšováním tlaku v brzdovém systému až do úplného zastavení vozidla. [13]

### 2.4.4 Požadavky na systém ABS

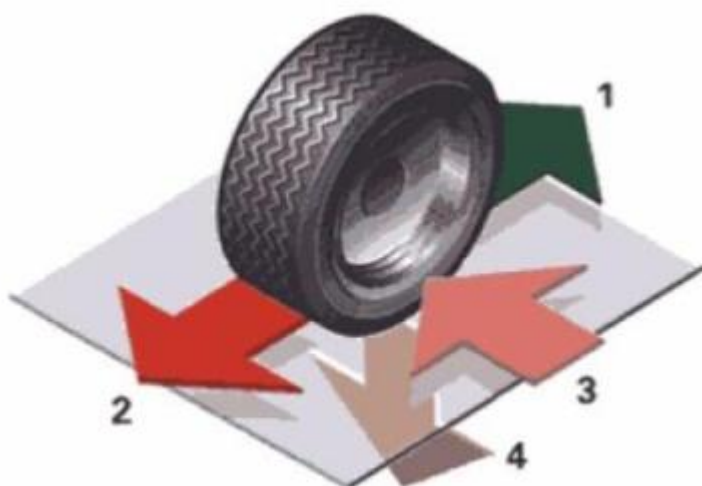
- Regulace brzdění musí zajistit říditelnost a jízdní stabilitu vozidla za všech možných stavů vozovky (tzn. sucho, mokro i náledí).
- ABS musí v průběhu brzdění využívat součinitele tření mezi vozovkou a koly vozidla maximálním možným způsobem, jelikož stabilita a říditelnost vozidla má vždy přednost před zkrácením brzdné dráhy.
- Regulace musí být v činnosti v celém rychlostním spektru vozidla až do minimální rychlosti, která se většinou pohybuje mezi 6 – 8 km/h.
- Regulace se musí okamžitě přizpůsobovat změnám adheze vozovky.
- Regulace musí umět rychle a vhodně reagovat na aquaplaning.
- Vozidlo nesmí ztratit stabilitu a musí se pohybovat v požadovaném směru.
- Systém ABS musí zabránit rozkmitání vozidla.
- Bezpečnostní obvody neustále kontrolují bezchybnou funkci systému ABS. Pakliže kontrolní systém nalezne závadu, která má negativní vliv na průběh brzdění, systém ABS vypne. Řidič je informován rozsvícením kontrolky (ABS) o přítomnosti závady na systému. Nicméně brzdová soustava musí zůstat v činnosti.

## 2.5 Kammova kružnice přilnavosti

Kontakt pneumatiky s vozovkou je jedním ze základních předpokladů dobré jízdní stability a ovladatelnosti vozidla, tedy i přenesení brzdných sil na vozovku. Základní podmínkou je přilnavost kol k vozovce, tuto vlastnost nazýváme adheze. Adhezní podmínky pak lze znázornit za pomoci tzv. Kammovy adhezní kružnice.

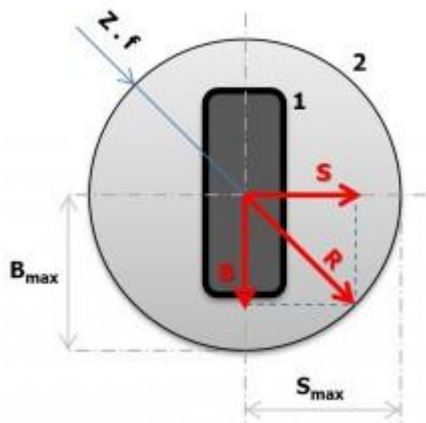
Směrovou stabilitu kola ovlivňuje velikost obvodových sil, které jsou omezeny adhezí pneumatiky k vozovce. Maximální velikost těchto sil závisí na součinu normálové síly  $Z$  a součinitele přilnavosti  $f$ . V případě, že působí obvodové síly (tzn. síla hnací nebo brzdná) se silou boční zároveň, jejich velikosti se geometricky sčítají. [15]

$$R_k = B_{\max} = S_{\max} = \sqrt{B^2 + S^2} \leq Z \cdot f$$



Obr. 9 – síly působící ve stopě pneumatiky (1 – hnací síla; 2 – brzdná síla; 3 – vodící (boční) síla; 4 – tíha [15])

Kammova kružnice nám slouží ke znázornění okamžitých adhezních vlastností. Průměr kružnice je totiž úměrný mezi adheze pneumatiky k vozovce. Čím je adheze lepší, tím je průměr kružnice větší. Ke ztrátě adheze mezi pneumatikou a vozovkou dochází, pokud výslednice sil  $R$  překročí poloměr kružnice. V reálu je přilnavost pneumatik větší v podélném směru, takže v konečném důsledku je tvar kružnice spíše podobný elipse.



Obr. 10 – Rozklad sil působících na pneumatiku (1 – pneumatika; 2 – Kammova kružnice;  $B$  – brzdná síla;  $S$  – boční vodící síla;  $R$  – výslednice sil) [15]

Pokud dojde k rovnosti brzdné síly  $B$  s maximální přenesenou silou  $R$ , pak je boční síla  $S$  rovna nule a v takovém případě je i boční vedení kola nulové. K zablokování kola dochází v situaci, kdy je brzdná síla  $B$  větší než je maximální možná brzdná síla  $B_{MAX}$  a pneumatika se v tu chvíli dostává do smyku. Dostanou-li se kola řídící nápravy do smyku a nemají boční vedení, vozidlo se v ten moment stává neovladatelným!

### **Princip fungování adhezni kružnice:**

Její poloměr je dán silou, která vyjadřuje adhezi mezi pneumatikou a povrchem vozovky. Je-li tato adheze menší, pak je menší i poloměr kruhu, to samé platí i v opačném případě. Pro zjednodušení uvažujeme jen silové poměry na jednom kole.

### **Pro představu si uvedeme následující dva případy:**

- Výslednice sil  $B$  a  $S$  leží uvnitř nebo na kraji kružnice, v tomto případě je vozidlo ve stabilizovaném stavu.
- Brzdná síla je rovna maximu, které odpovídá součinu  $Z$  a  $f$ . V takovém případě (jak vyplývá ze silového rozkladu) se síla  $S$  rovná nule. Jak bylo již poznamenáno výše, vozidlo se v takovém případě stává neovladatelným. [15]

## 3 Legislativa

### 3.1 Národní legislativa

Předpisy týkající se technické způsobilosti vozidel (a tedy zahrnující i problematiku brzd a procesu brzdění) vydává pro Českou republiku Ministerstvo dopravy a spojů.

**Zákon č. 56/2001 Sb.**, o podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích a o změně zákona č. 168/1999 Sb. Zákon obsahuje i část týkající se pojištění odpovědnosti z provozu vozidla

- **Vyhláška č. 342/2014 Sb.**, o technických prohlídkách a měření emisí vozidel, ve znění pozdějších předpisů
- **Vyhláška č. 341/2014 Sb.**, o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích [11]

Příloha zákona č. 56/2001 Sb. vymezuje 7 základních kategorií vozidel:

- L – motorová vozidla zpravidla s méně než čtyřmi koly
- M – motorová vozidla, která mají nejméně čtyři kola a používají se pro dopravu osob
- N – motorová vozidla, která mají nejméně čtyři kola a používají se pro dopravu nákladů
- O – přípojná vozidla
- T – traktory zemědělské nebo lesnické
- S – pracovní stroje
- R – ostatní vozidla, která nelze zařadit do výše uvedených kategorií

Kategorie M, N, O a jejich podkategorie a kategorie terénních vozidel MG a NG jsou shodně definovány v evropské směrnici 2007/46/ES. Kategorie L, T, S, R a OT jsou přidány českými předpisy nad rámec evropského značení. [12]

Problematikou brzd se zabývá i soubor norem ČSN – soubor českých technických norem třídy 30 – silniční vozidla.

Je nutné podotknout, že česká legislativa vychází z mezinárodních předpisů Evropské hospodářské komise (EHK) OSN.

## 3.2 Mezinárodní legislativa

### 3.2.1 Předpisy EHK/OSN

Tyto předpisy vznikají v rámci jednotlivých pracovních skupin složených ze zástupců zainteresovaných zemí. Vydání předpisů zajišťuje OSN, nicméně k platnosti je třeba přijetí alespoň dvěma smluvními stranami. [8]

Každý předpis, věnující se určité oblasti, má přiřazené pořadové číslo, které se při novelizaci nemění. Při novelizaci se mění pouze příslušná série a ta je vyjádřena stoupající číselnou řadou (např. 00,01,02...) za tečkou nebo lomítkem.

Je důležité vědět, že předpisy EHK/OSN nejsou povinné, jejich přijetí je dobrovolné. V případě, že se smluvní strany dohodnou na přijetí těchto předpisů a v případě, že výrobek daná kritéria splňuje, je označen homologační značkou. [9]



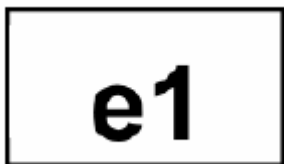
Obr. 11 – Homologační značka EHK/OSN [3]

#### **Předpisy EHK/OSN týkající se procesu brzdění:**

- 13 – Brzdění vozidel kategorií M, N a O,
- 13H – Brzdění vozidel kategorie M<sub>1</sub>,
- 78 – Brzdění motocyklů – kategorie L,
- 90 – Náhradní brzdová obložení. [3]

### 3.2.2 Směrnice EHS/ES

Každý členský stát Evropské Unie je povinen přijmout a zároveň aplikovat předpisy EHS/ES ve svých homologačních postupech. Každý výrobek, jenž splňuje kritéria daná odpovídající směrnicí, je označen homologační značkou. [10]



Obr. 12 – Homologační značka EHS/ES [3]

#### Směrnice EHS/ES týkající se procesu brzdění:

- 71/320; 74/132; 75/524; 79/489; 85/647; 88/194; 94/422; 98/12 – Brzdění vozidel kategorie M, N, O,
- 93/14 – Brzdění vozidel kategorie L. [3]

### 3.3 Typy zkoušek

U vozidel jsou definovány tři druhy brzd a brzdění (provozní, nouzová a parkovací), u nichž se provádějí následující zkoušky:

- **zkouška typu 0**, základní zkouška účinku brzd za studena. Teplota na disku nebo bubnu nepřesahuje 100°C. Tento typ zkoušek se dále provádí v odlišnostech:
  - s odpojeným motorem,
  - se zapojeným motorem,
  - u přípojných vozidel (kategorie O) se vzduchovými brzdami.
- **zkouška typu 0 s mokřými brzdami** je zkouška účinku brzd, prováděná u vozidel kategorie L, která nemají uzavřené brzdové systémy. Při zkoušce jsou komponenty brzd průběžně máčeny zvláštním zařízením.
- **zkouška typu I** je zkouška ztráty brzdného účinku. Metoda spočívá v ohřátí brzdových komponentů opakovaným brzděním a následným zjištěním brzdného účinku s ohřátými brzdami. Ohřevu může být dosaženo:

- opakovaným brzděním (10x až 20x podle kategorií vozidel L, M, N) za stanovených podmínek
- trvalým brzděním u přípojných vozidel.
- **zkouška typu II** je zkouška chování vozidel při brzdění na dlouhých klesáních. Metoda spočívá v ohřátí brzdových komponent a následným zjištěním brzdného účinku s ohřátými brzdami. Ohřevu může být dosaženo tak, že je systémy pohlcována stejná energie, jaká vzniká za stejnou dobu u naloženého vozidla jedoucího průměrnou rychlostí 30 km/h na 6% klesání po dráze 6 km. Pohlcování energie se děje jak brzděním provozním, tak pomocným (rychlostní stupeň, motorová brzda, apod.).
- **zkouška typu IIA** je zkouška účinku odlehčovacího brzdového systému. Podmínky zkoušky se od typu II liší v tom, že nouzový a parkovací brzdový systém nelze použít. Metoda je uplatněna u meziměstských a dálkových autobusů a vozidel kategorie N<sub>3</sub>.
- **zkouška typu III** je zkouška ztráty brzdového účinku, provádí se u vozidel kategorie O<sub>4</sub>. Ohřevu je dosaženo opakovaným brzděním.
- **alternativní zkoušky typu I a III** pro brzdy přípojných vozidel jsou zkoušky, které je možné provádět jak na vozovce, tak na setrvačnickovém stavu nebo na válcovém dynamometru. [3]

### 3.4 Předpisy o účinnosti

Brzdný účinek (maximální povolená brzdná dráha a minimální brzdné zpomalení), kterého musí vozidlo dosáhnout u jednotlivých zkoušek brzd, je dán již zmíněným předpisem EHK č. 13.

Kategorie vozidla		$M_1$	$M_2$	$M_3$	$N_1$	$N_2$	$N_3$
Typ zkoušky		0, I	0, I	0, I, II	0, I	0, I	0, I, II
Zkouška typu 0 s odpojeným motorem	$v_1$	80	60	60	80	60	60
	$s \leq$	$0,1v + v^2/150$	$0,15v + v^2/130$				
	$s_B$	50,7	36,7	36,7	61,2	36,7	36,7
	$a_m \geq$	5,8	5,0				
Zkouška typu 0 se zapojeným motorem	$v = 0,8v_{max} \leq$	160	100	90	120	100	90
	$s \leq$	$0,1v + v^2/130$	$0,15v + v^2/103,5$				
	$v_b$	212,9	111,6	91,8	157,1	111,6	91,8
	$a_m$	5,0	4,0				
	$F \leq$	50	70				

Tab. 1 – Limity stanovené pro zkoušky provozního brzdění [1]



Legenda k Tab. 1:

$v$  – reálná změřená počáteční rychlost při zkoušce, která musí být co nejbližší jmenovité počáteční rychlosti [km/h],

$v_1$  – jmenovitá počáteční rychlost při zkoušce [km/h],

$s$  – brzdná dráha [m] (při zkoušce se změří přesně skutečná počáteční rychlost a jejím dosazením do vzorců uvedených v tabulce se vypočítá mezní hodnota brzdné dráhy pro konkrétní případ),

$s_b$  – jmenovitá brzdná dráha [m] (odpovídá hodnotám jmenovité počáteční rychlosti; u zkoušek se zapojeným motorem je hodnotou brzdné dráhy jen pro uvedené nejvyšší přípustné počáteční rychlosti a pro daný případ se vždy musí vypočítat u příslušného vzorce),

$a_m$  – střední hodnota plného brzdného zpomalení [m/s],

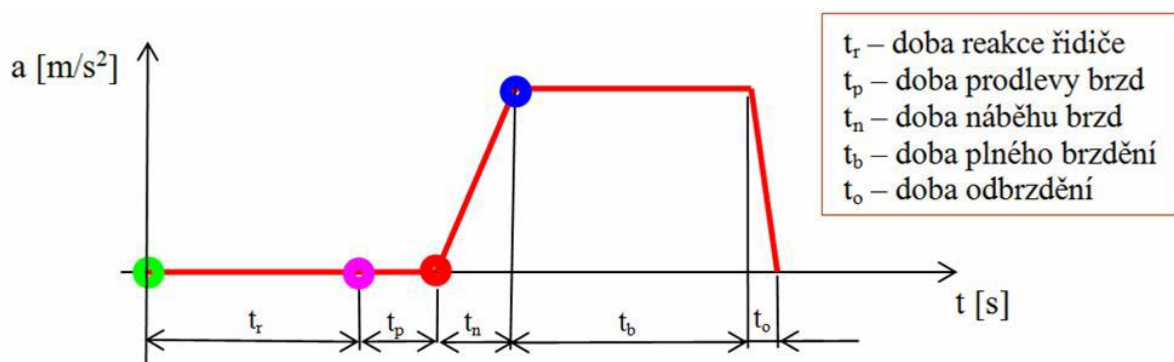
$F$  – síla působící na ovládací ústrojí [N],

$v_{max}$  – maximální (nejvyšší) konstrukční rychlost vozidla [km/h]. [1]

## 4 Analýza jízdních zkoušek a diagnostiky brzdových soustav silničních vozidel

Předmětem zkoušek brzdové soustavy je především její účinnost, což znamená schopnost snížit rychlost vozidla (případně ho až zastavit), udržet určitou rychlost vozidla sjíždějícího ze svahu, případně vozidlo udržet na svahu. Měřitkem účinku brzdové soustavy za jízdy pak jsou: brzdná dráha a brzdné zpomalení za určité ovládací síly na brzdovém pedálu. Za stání pak hovoříme o tzv. brzdném sklonu (tj. sklon svahu, na kterém lze vozidlo zajistit pouze parkovacím brzděním). [1]

**Brzdná dráha  $s_b$**  je taková dráha, kterou vozidlo ujede od okamžiku, kdy řidič začne působit na brzdový pedál, až do zastavení vozidla. Tento časový úsek se nazývá **doba brzdění  $t_b$**  a je znázorněn na následujícím obrázku.

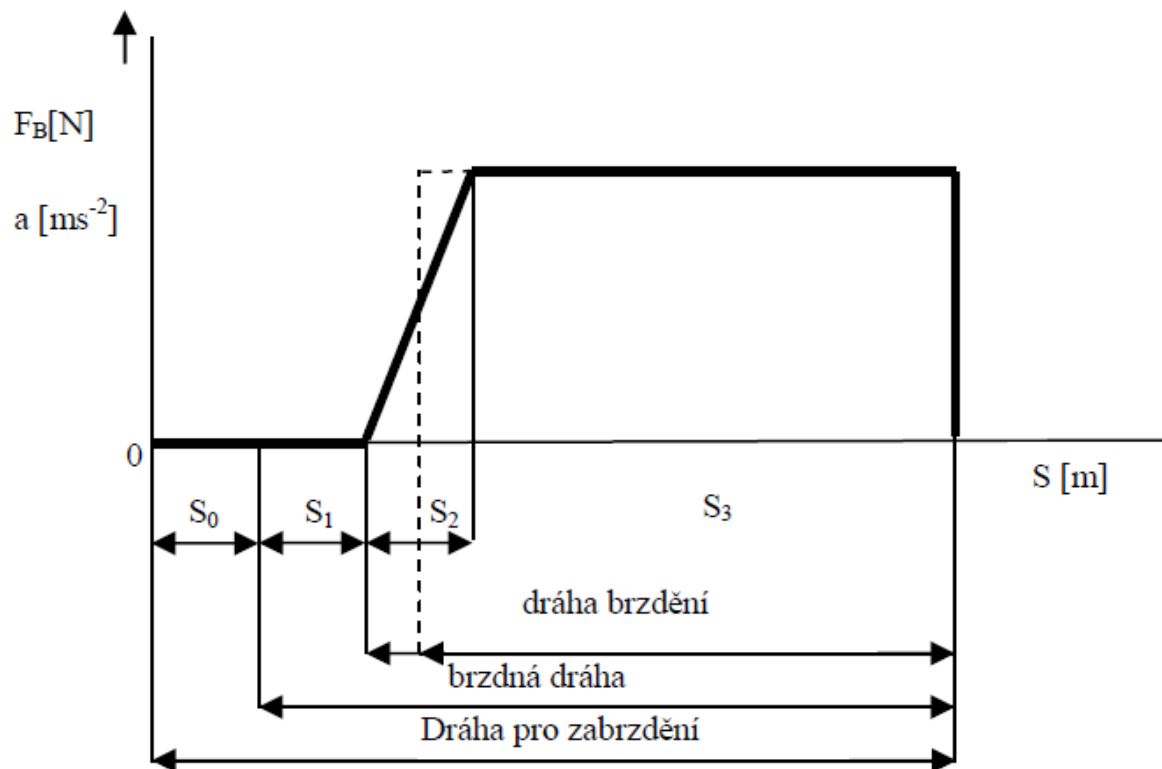


- Počátek reakce řidiče
- Počátek prodlevy brzd
- Okamžik nárůstu brzdného účinku (počátek náběhu brzd)
- Okamžik, kdy vozidlo začíná brzdit plným brzdným zpomalením (počátek plného brzdění)

Obr. 13 – Závislost zpomalení na čase [5]

Pozn.: Pokud s vozidlem brzdíme až do zastavení, pak je doba odbrzdění nulová.

## Dráha potřebná pro brzdění



Obr. 14 - Ideální průběh brzdné síly a zpomalení jako funkce dráhy v procesu brzdění [17]

Rovnice dráhy pro zabrzdění:

$$S_B = S_0 + S_1 + S_2 + S_3 \text{ [m]}$$

kde:  $S_0$  – dráha ujetá během reakční doby řidiče,

$S_1$  – dráha ujetá během prodlevy brzd,

$S_2$  – dráha ujetá během náběhu brzdění,

$S_3$  – dráha ujetá během doby plného brzdění,

$v$  – počáteční rychlost [m/s],

$a$  - maximální dosažitelné zpomalení [ $m/s^2$ ]. [17]

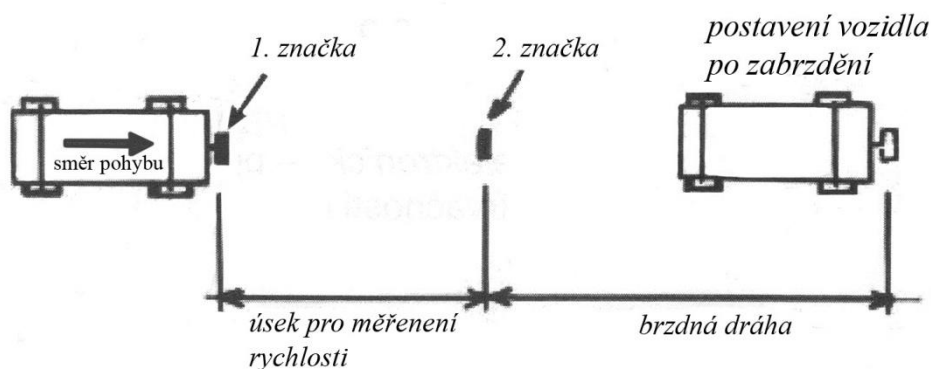
## 4.1 Jízdní zkoušky

Jízdní zkoušky se provádí jednak kvůli kontrole zákonem stanovených brzdných drah, pak také k ověření funkce omezovačů brzdného účinku, posilovačů brzdové soustavy, protiblokovacího zařízení atd. Zvláštní zkoušky se provádí také pro zjištění směrové stability vozidla. [1]

### 4.1.1 Značkovací zařízení

Pro přímé měření brzdných drah se ve zkušebnictví často používá značkovací zařízení. Princip tohoto měření spočívá ve vystřelování barevných značek na vozovku, měření času a také vzdálenosti mezi značkami. Zařízení je složeno z odpalovacího mechanismu, který je upevněn na vhodné vnější části vozidla, a dalších prvků, jako je např. pedálový snímač, které jsou upevněny uvnitř vozidla.

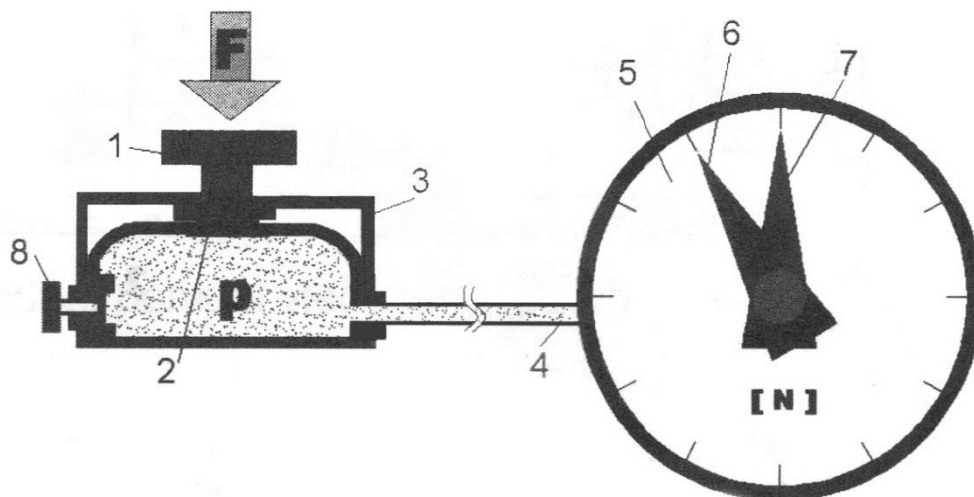
Jakmile vozidlo dosáhne předepsané zkušební rychlosti, uvede řidič ručním spínačem v činnost stopky a ve stejném okamžiku se elektronicky odpálí první značka. Vozidlo se pak ještě několik sekund pohybuje rovnoměrně požadovanou rychlostí. Následně šlápně řidič na brzdový pedál. V okamžiku dotyku jsou na něm umístěným snímačem vyslány současně dva signály. První impuls pro odpálení značky a druhý impuls pro zastavení stopek. Po zastavení vozidla se změří vzdálenosti  $s_1$  a  $s_2$ .  $s_1$  je vzdálenost mezi první a druhou značkou,  $s_2$  pak mezi druhou značkou a odpalovacím zařízením na zabrzděném vozidle. Odečte se čas  $t$  změřený stopkami. Ze vzdálenosti  $s_1$  a času  $t$  se vypočte skutečná výchozí rychlost vozidla, vzdálenost  $s_2$  pak udává brzdnou dráhu vozidla. [1,3]



Zjištění rychlosti a brzdné dráhy pomocí značkovacího zařízení

Obr. 15 – schéma měření pomocí značkovacího zařízení [3]

Během brzdění se zároveň musí sledovat ukazatel ovládací síly, který působí na brzdový pedál. Snímači této síly říkáme pedometr a jeho funkce je znázorněna na následujícím obrázku. Během zkoušky nesmí ovládací síla překročit hodnotu dovolenou již zmíněnými předpisy (*Tab. 1*). Zároveň se nesmí během brzdění zablokovat ani jedno kolo. [1]



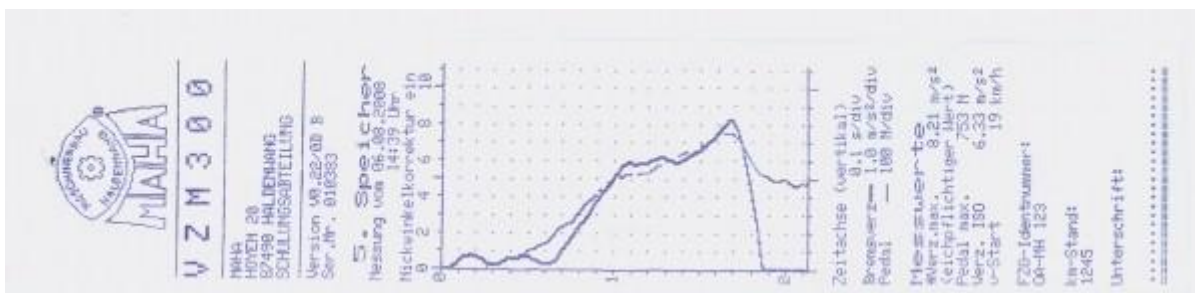
Obr. 16 – *Hydraulický snímač ovládací síly: 1 – tlačný píst spojený s pedálem; 2 – membrána; 3 – skříň; 4 – hadice; 5 – ukazatel síly; 6 – ukazatel okamžité hodnoty; 7 – vlečený ukazatel (udává maximální hodnotu); 8 – regulátor kalibrace ukazatele síly [3]*

#### 4.1.2 Decelerometry a decelerografy

Decelerometry jsou nejjednodušší přístroje používané na zkoušení účinku brzdové soustavy, proto se také používají pouze na hrubé orientační měření. Tyto přístroje pak ukazují nejvyšší hodnotu decelerace vozidla při brzdění, která je v tomto případě kritériem brzdného účinku.

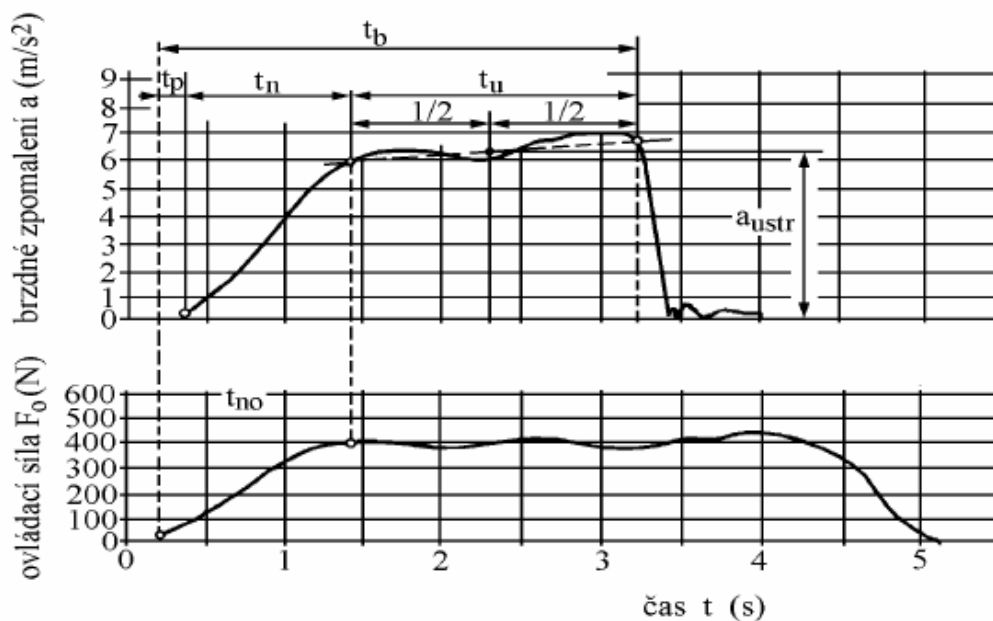
- **decelerometr kapalinový** – je zařízení, které pracuje na principu setrvačnosti kapalin vysoké hustoty
- **decelerometr elektronický** – pracuje na principu setrvačnosti hmoty a změně napětí
- **decelerometr gyroskopický** – pracuje na principu vychýlení rotujícího setrvačnicku. Setrvačnick je umístěn na plošině uvnitř vozidla. Síla potřebná k vychýlení jeho osy je úměrná zpomalení, které při brzdění vzniká. Plošina může být vybavena více

setrvačníky a umožní tak měření nejen ve směru jízdy, ale též vychýlení vozidla ze směru a jeho sklonění. [3]



Obr. 17 – Ukázka grafického výstupu z měření přístrojem MAHA VZM 300 [16]

Sofistikovanější přístroje pro zjišťování zpomalení vozidla se nazývají decelerografy. Ty jsou již vybaveny registračním zařízením. Principem je pohyb závaží o určité hmotnosti uloženého v jedné rovině proti pružině. Pohyb závaží při brzdění je pak úměrný zpomalení a přenáší se mechanismem na zapisovací hrot. Tento hrot zaznamenává na registrační papír velikost zpomalení. Přístroj bývá zpravidla vybaven také snímačem ovládací síly na brzdovém pedálu (pedometrem) a hodnota této síly se také zaznamenává (viz obrázek níže). Obě měřené veličiny se registrují v závislosti na čase. Papír s rastroem se posouvá rovnoměrnou rychlostí pomocí mechanického hodinového stroje. [1]



Obr. 18 – Záznam z měření decelerografem a pedometrem [3]

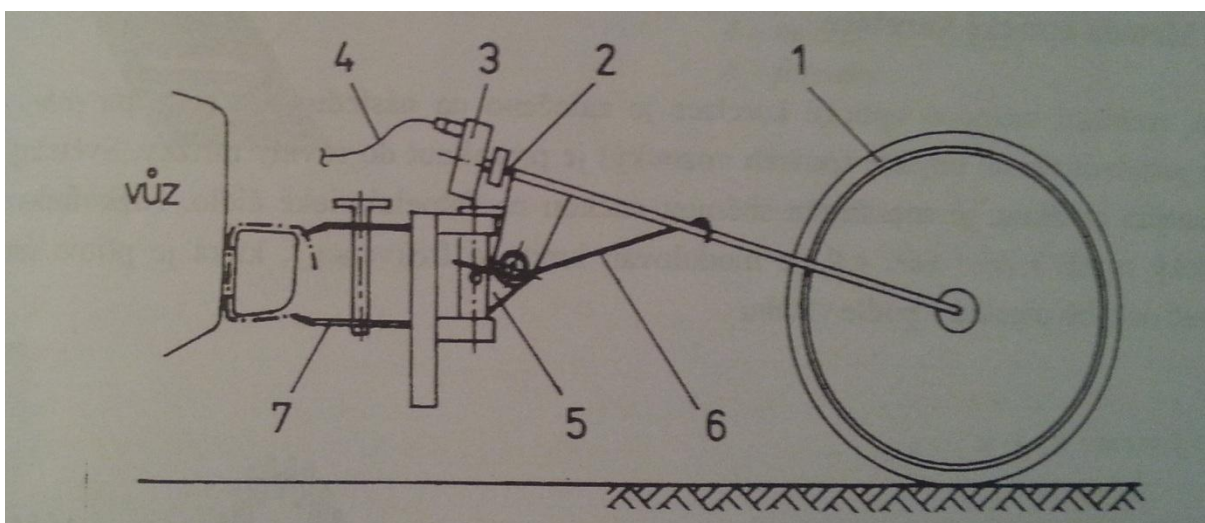
Hodnoty, které je možné ze záznamu určit, nejsou jen největší brzdné zpomalení, ale také (jak je patrné z obrázku):

- doba prodlevy brzd
- doba náběhu brzd
- doba plného brzdění
- střední hodnota plného brzdného zpomalení
- velikost ovládací síly

### 4.1.3 Vlečené kolo

Vlečené kolo je víceúčelové zařízení, které slouží k dynamickým jízdním zkouškám, tedy i ke zkoušení brzdných vlastností vozidel.

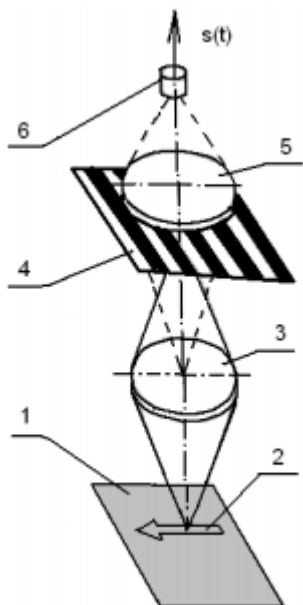
Obvykle je tvořeno lehkým kolem (upravené jízdní kolo), u kterého se jeho dynamický poloměr v závislosti na rychlosti téměř nemění. Vlečené kolo je pomocí kardanového závěsu připevněno k vozidlu (nejčastěji k zadnímu nárazníku nebo pomocné konstrukci). Při pohybu vozidla se otáčí i vlečené kolo a přes hřídel jsou pak přenášeny otáčky kola do snímače impulzů. Z něj je následovně pomocí elektrického kabelu přenášena frekvence otáčení kola do vyhodnocovacího zařízení, které je umístěno ve vozidle. Jedné otáčky měřicího hřídele pak odpovídá jeden metr ujeté dráhy. [1]



Obr. 19 – Vlečené kolo připevněné k vozidlu: 1 – kolo; 2 – ohebný hřídel; 3 – snímač impulzů; 4 – elektrický kabel; 5 – kloubový závěs; 6 – přitlačná pružina; 7 – upevnění k vozu [1]

#### 4.1.4 Optické přístroje

Metoda optické korelace je založena na následujícím principu. Obraz objektu, jenž se pohybuje (povrchu vozovky) je promítnut do roviny mřížky. Světelný tok, který prochází mřížkou, je soustředěn za pomoci sběrné čočky na fotoelektrické čidlo. Nízkofrekvenční elektrický signál je pak modulován o určité frekvenci, která je přímo úměrná rychlosti pohybu objektu. [1]



Obr. 20 – Optický snímač rychlosti: 1 – vozovka; 2 – směr pohybu; 3,5 – čočka; 4 – mřížka; 6 – fotonka;  $s(t)$  – nízkofrekvenční signál [3]

Mřížka se při měření pohybuje konstantní rychlostí jedním směrem, čímž se vytvoří nosná frekvence přístroje. Přičtením či odečtením nosné frekvence k frekvenci z vozovky lze zároveň určit pohyb objektu (respektive jeho směr). Frekvence z vozovky je řádově nižší než nízkofrekvenční signál mřížky, proto se běžně používá hranolová mřížka, která lomí paprsek do dvou svazků. Dvě fotonky pak snímají tyto paprsky se vzájemným fázovým posunem o  $180^\circ$ . Souhlasné impulzy se potlačí a protiimpulzy jsou naopak zesíleny. Měřené místo je osvětleno, aby byl odraz paprsku od vozovky dostatečně silný. [3]

Tento systém se vyznačuje tím, že je bezdotykový a bezprokluzový. Používá se optický snímač CORREVIT – L a zpravidla se umísťuje přibližně ve vzdálenosti 35 cm od vozovky.



## 4.2 Diagnostika brzdových soustav

Na kontrolu brzdových soustav se používají převážně následující diagnostická zařízení:

- válcové zkušebny brzd,
- plošinové zkušebny,
- setrvačnickové zkušebny.

Elementární je dodržení vyhlášky MD ČR, která stanovuje podmínky pro provoz a funkčnost brzdových systémů vozidel (zároveň ale i přívěsů a návěsů).

Správně fungující brzdy musí zastavit vozidlo za každé provozní situace na stanovené brzdné dráze, která je závislá na parametrech, jako jsou: rychlost jízdy vozidla, součinitel přílnavosti pneumatik a reakční doba řidiče.

### **Skutečná brzdná dráha je ovlivněna:**

- technickým stavem brzd a celého systému,
- reakční dobou řidiče,
- technickým stavem pneumatik,
- stavem tlumičů,
- povrchem vozovky.

### **Nejčastější závady brzd jsou způsobeny:**

- opotřebením brzdového obložení,
- unikáním brzdové kapaliny,
- vniknutím oleje nebo jiných mastných hmot mezi třecí plochy,
- poškozením potrubí a vysokotlakých hadic,
- poškozením manžet, těsnění a prachovek,
- nadměrným opotřebením činných ploch bubnů a kotoučů,
- nerovnoměrným opotřebením bubnů a kotoučů.

Jestliže má být brzdná dráha co nejkratší a má-li vozidlo i při prudkém brzdění zastavit bez evidentního vybočení z přímého směru, pak musí být brzdné síly každého kola mezi sebou i v celkovém součtu ve stanoveném tolerančním rozmezí. [1]

### 4.2.1 Válcové zkušebny pomaloběžné

Při zkoušení brzdové soustavy na pomaloběžných válcových stanicích se měří brzdné síly vznikající na obvodech kol. Účinek hodnotíme dle tzv. zbrzdění, které definujeme následujícím vztahem.

$$z = \frac{\sum B_i}{G} * 100[\%]$$

- $\sum B_i$  je součet brzdných sil na obvodech jednotlivých kol,
- $G$  je celková tíha vozidla

Na základě velikosti brzdných sil lze následovně zjistit poměr celkové brzdné síly na nápravy a určit tak souměrnost brzdění.

Celková brzdná síla je dána následujícím vztahem.

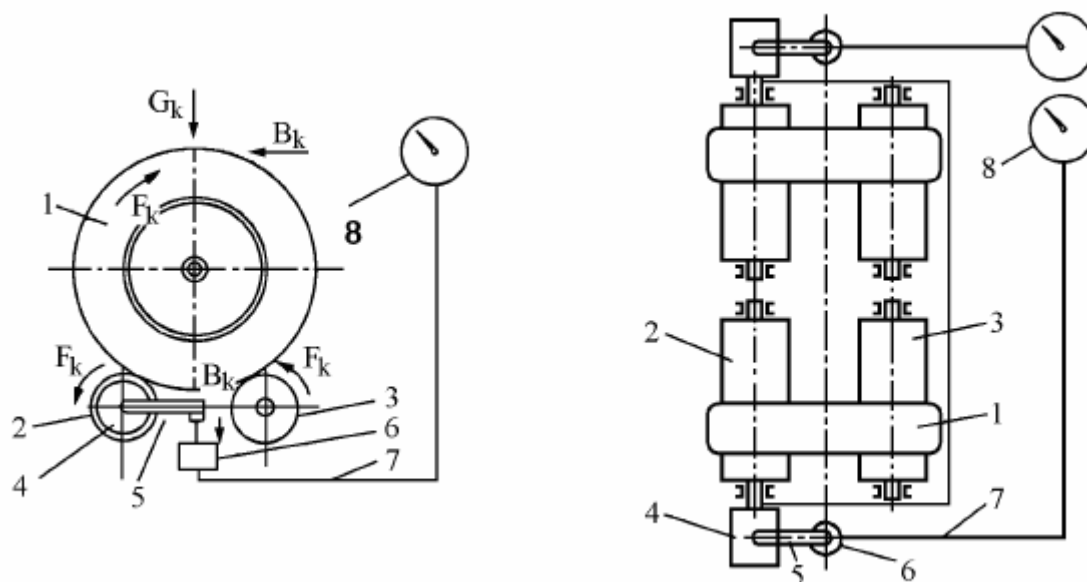
$$B = \sum B_i = m a_x = G \frac{a_x}{g}$$

Toto měření se provádí pouze za výzkumným účelem, jelikož brzdné síly lze zjistit i při jízdnicích zkouškách a to přesněji, nicméně při jízdnicí zkoušce je zapotřebí speciálního snímače točivého momentu na kolech vozidla.

Zkoušení brzdných účinků na válcových zkušebnách probíhá za jiných podmínek, než jaké panují při jízdnicích zkouškách. Při jízdnicích zkouškách se pohybuje auto, nikoliv vozovka, jenže na válcové zkušebně je to přesně naopak. Z tohoto důvodu se při měření na zkušebnách neprojevují dynamické účinky sil. Odchyšky měření, které vznikají při zkoušení, jsou poměrně nevýhodné při vývojových zkouškách, na druhou stranu je možné na válcových zkušebnách rychle a snadno zjistit brzdný účinek vozidla a posoudit tak funkčnost brzd. Z tohoto důvodu se válcové zkušebny používají především v servisních útvarech a stanicích technické kontroly.

Válcová zkušebna je tvořena dvěma páry hnacích válců uložených v základové konstrukci, která je obvykle umístěna pod úroveň podlahy. Válce jsou otočně uloženy v rámu. Každý pár válců má svůj elektromotor pohánějící pouze jeden z těchto válců, na ten druhý se otáčivý pohyb přenáší zpravidla válečkovým řetězem. Mezi elektromotor a poháněný válec je

otočně kolem své podélné osy uložena převodová skříň se stálým redukčním převodem. Na převodovou skříň je upevněno momentové rameno, jehož vnější konec je v kontaktu se snímačem tlakové síly (viz následující obrázek). [2]



Obr. 21 – Schéma válcové zkušebny pro měření brzdných sil: 1 – kolo; 2 – zadní válec; 3 – přední válec; 4 – hnací elektromotor s převodovkou; 5 – momentové rameno; 6 – snímač; 7 – přenos na měřící systém; 8 – ukazatel brzdných sil;  $B_k$  – brzdná síla na obvodě kola působící proti směru hnací síly  $F_k$ ;  $G_k$  – tíha vozidla připadající na kolo [4]

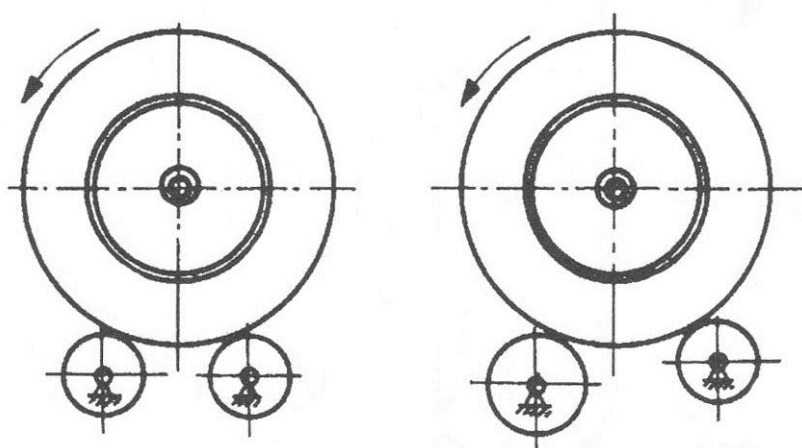
Vozidlo při zkoušce postupně najede koly přední a zadní nápravy na měřící válce tak, aby na každé dvojici válců stálo vždy jedno kolo. Během samotné zkoušky je motor vozidla zastaven. Elektromotory přes válce roztočí kola vozidla na požadovanou zkušební rychlost, která se již nemění ani během brzdění. Brzdná síla, která působí na obvodu brzděného kola, vyvolává reakční moment, jenž působí proti směru otáčení měřícího válce. Jeho velikost je úměrná velikosti brzdné síly kola.

Reakční moment způsobí natočení převodové skříňe a ta momentového ramena, které tlačí na snímač, jenž je spojen s ukazovacím nebo zapisovacím registračním přístrojem. Tento způsob nazýváme mechanický, avšak ke stejnému účelu lze použít i způsob elektrický. Ten je založen na následujícím principu. S rostoucími brzdnými silami se zároveň zvětšuje příkon hnacích elektromotorů, který je potřeba pro udržení stálé rychlosti otáčení měřících válců.

V tomto případě je měřicím přístrojem wattmetr, který měří příkon elektromotorů a jeho stupnice je cejchována v jednotkách síly. Tento způsob je zároveň jednodušší než mechanický a jeho díly nepodléhají opotřebení.

Elektromotory obou druhů válcových zkušeben vyžadují poměrně vysoký příkon, který je úměrný maximálním měřeným brzdícím silám a zkušební rychlosti. Z tohoto důvodu se u těchto zkušeben používá relativně malá zkušební rychlost (obvodová rychlost kol), obvykle menší než 10 km/h. Proto také tyto stanice označujeme jako pomaloběžné. Tak jako u jízdniczkoušek, také zde nesmí dojít k zablokování kol. Aby k němu nedocházelo, je mezi dvojicí měřicích válců ještě umístěn válec třetí s malým průměrem, který slouží k signalizaci skluzu. Je uložen na výkyvných ramenech a pomocí pružin přitlačován k obvodu kola. Na rozdíl od měřicích válců není poháněn elektromotorem, nýbrž kolem zkoušeného vozidla. V případě zvětšujícího se skluzu se zmenšuje obvodová rychlost vozidlového kola a v důsledku i tohoto úzkého válce, ale rychlost měřicích válců zůstává konstantní. K rozpoznání tohoto jevu slouží snímač skluzu, který je umístěn na vnějším konci úzkého válce. Přesáhne-li skluz určitou hodnotu, snímač skluzu to zaznamená a předá tento impuls elektronickému spínacímu zařízení, které zapojí výstražnou signalizaci, popř. odpojí hnací elektromotor.

V současné době se užívá dvou způsobů vzájemného uložení válců. V tom prvním jsou osy ve stejné vodorovné rovině, v tom druhém je zadní válec uložen poněkud výše, aby nedocházelo k vyjetí kol směrem dozadu. V tomto případě má přední poháněný válec větší průměr, menší válec pak nebývá poháněn. U tohoto uspořádání dochází ke skluzu až při velkých brzdících silách. [2,4]



Obr. 22 – Různé výškové uspořádání válců [2]

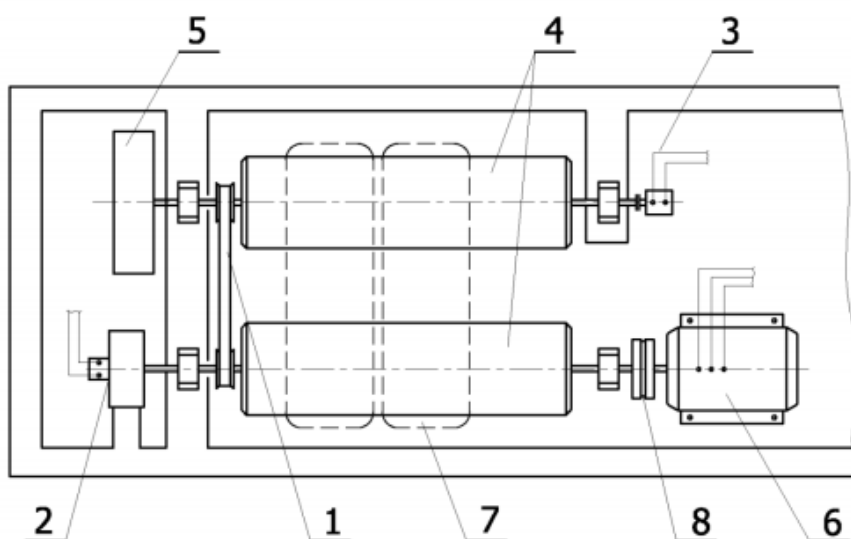
## 4.2.2 Válcové zkušebny rychloběžné

Tyto stanice přibližují zkušební podmínky těm skutečným, jelikož zkušební rychlost bývá i 100 km/h. Dle principu rozeznáváme následující typy zařízení:

- zařízení, kde jsou válce trvale poháněny elektromotory s velkým příkonem a kde je způsob měření obdobný jako u pomaloběžných stanic;
- zařízení, kde se pohon válců po dosažení zkušební rychlosti odpojí a zkušebním brzděním se dále zpomalují setrvačné hmotnosti až do zastavení (setrvačnickové stanice);
- stanice, které jsou uzpůsobeny pro oba dva předcházející způsoby měření.

Konstrukce setrvačnickových stanic se od pomaloběžných liší. Zatímco u pomaloběžných stanic maří brzdy vozidla výkon hnacích elektromotorů, zde brzdy maří energii nasrádanou v setrvačnosti válců.

Hnací válce mají stanovený hmotnostní moment setrvačnosti. Z každého páru hnacích válců je vždy jeden spojen s elektromotorem. Jeden z dvojice válců je vždy opatřen volnoběžným zařízením a to z toho důvodu, aby bylo možné se zkoušeným automobilem vyjet z válců jeho vlastní silou. Toto zařízení totiž umožňuje rotaci válce pouze jedním směrem a to ve smyslu dopředného pohybu automobilu. Dále je jeden z válců opatřen snímačem otáček. [2]



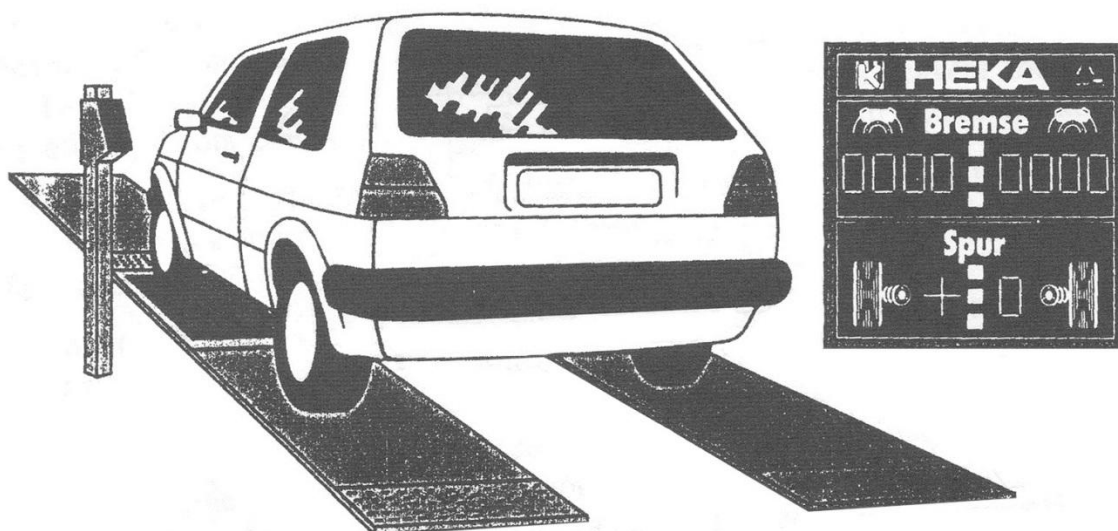
Obr. 23 – Setrvačnickový stav: 1 – klínový řemen; 2 – snímač impulsů; 3 – tachodynamo; 4 – pár válců; 5 – setrvačnick; 6 – hnací elektromotor; 7 – zdvojené kolo; 8 - spojka [2]

Při zkoušce najede automobil zkoušenou nápravou na válce, zároveň je potřeba zajistit druhou nápravu klíny (kola této nápravy jsou mimo válce), protože se zkouší za relativně vysoké rychlosti a vzniká tak velké riziko vyjetí automobilu ze stanice vlivem brzdných sil. V momentě dosažení zkušební rychlosti zašlápně technik brzdový pedál na předem stanovenou hodnotu ovládací síly a to obdobně, jako u jízdních zkoušek. (Pro zajištění větší objektivnosti zkoušky se někdy používá pro ovládání brzdového pedálu pneumatický mechanismus). V okamžiku našlápnutí na pedometr (umístěn na brzdovém pedálu) se automaticky odpojí elektromotory a kinetickou energii rotujících válců maří brzdy vozidla. Pro vyhodnocení brzdného účinku jsou zásadní dva parametry. Jedním je výše zmíněná ovládací síla a tím druhým počet otáček válců. Ten je zaznamenáván počítadlem, jež je v činnosti od počátku brzdění až do zastavení válců. Zjištěné hodnoty se přibližují těm naměřeným při jízdních zkouškách, avšak zcela srovnatelné nejsou, jelikož nelze napodobit odskakování kol při brzdění, nelze napodobit účinek klopného momentu, apod. [2,4]

### **4.2.3 Plošinové zkušebny brzd**

Plošinové zkušebny mají jednu zásadní výhodu oproti válcovým zkušebnám a to fakt, že tato metoda měření je dynamická. Při brzdění se vozidlo předklání a zatěžuje tak více přední nápravu. Při maximálním brzdění pak bývá poměr hmotnosti mezi přední a zadní nápravou někde kolem 80% na přední a 20% na zadní nápravě. U válcových zkušeben je rozdělení hmotnosti statické.

Tyto zkušebny jsou tvořeny dvěma nebo čtyřmi plošinami. Jedná-li se o čtyř-plošinové zařízení, mají pak všechna čtyři kola vozidla vlastní zkušební dráhu. Plošiny jsou pohyblivé v horizontální rovině. Najede-li vůz na tyto měřicí plošiny a je zabrzděn, dojde k pohybu plošin ve směru jízdy vozidla. Tenzometrický snímač pak snímá tento pohyb po desetinách milimetrů a převádí ho na proporcionální elektrické signály, což umožňuje zachytit každou fázi brzdného děje. Aby byla přesnost měření co nejvyšší, je zapotřebí vysoké frekvence měření. [2]



Obr. 24 – Plošinová zkušebna brzd [4]

Vozidlo najíždí na plošiny rychlostí kolem 10km/h, vyšší rychlost se připouští např. u vozidel 4x4 s ABS. Rozjezdová dráha je dlouhá 8 - 10 m. Plošiny se většinou montují do úrovně podlahy, jelikož jejich výška je přibližně 50 mm a díky tomu nevyžadují výrazné stavební úpravy. Výhodou je tedy i možnost zkoušení nízkých sportovních vozů. [2,4]

U některých zařízení se mezi přední a zadní pár plošin vkládá ještě jedna plošina, která má za úkol měřit sbíhavost či rozbíhavost kol. Před zkušebnou je dále umístěna elektronická váha, která umí určit rozložení hmotnosti vozu mezi jednotlivými nápravami a tak není zapotřebí zadávat údaje o jednotlivých hmotnostech manuálně. Některé plošiny umí využívat svislého rozkmitu vozidla při brzdění k vyhodnocení tlumící soustavy vozidla. Změří první tři amplitudy svislého kmitání na každém kole. Následně se určí střední hodnota kmitání pro každé kolo, čím je tato hodnota nižší, tím je i tlumení účinnější. [2]

## 4.3 Zkoušky ABS

Funkce systému ABS byla již vysvětlena v kapitole 2.4, proto se jí dále nebudu zabývat. Z důvodu poměrně vysoké složitosti systému ABS jsou i nároky na zkoušení systému relativně vysoké. Nejdůležitějšími jsou zkoušky brzdného systému s využitím adheze, které se provádí na speciálních zkušebních drahách s velice nízkým součinitelem adheze (pro vozidla kategorií M a N je  $\kappa < 0,3$ ). Zkouší se vozidla s pohotovostní, ale i celkovou hmotností. Dále se zkouší přejezdy z povrchu s vysokou adhezí ( $\kappa \geq 0,8$ ) na povrchy s nízkou adhezí, brzdění, kdy jsou dvě kola na povrchu s nízkou adhezí a dvě kola na povrchu s vysokou adhezí, atd. Tyto zkoušky jsou podstatné při homologačních zkouškách vozidel a jejich schvalování k provozu. [2,3]

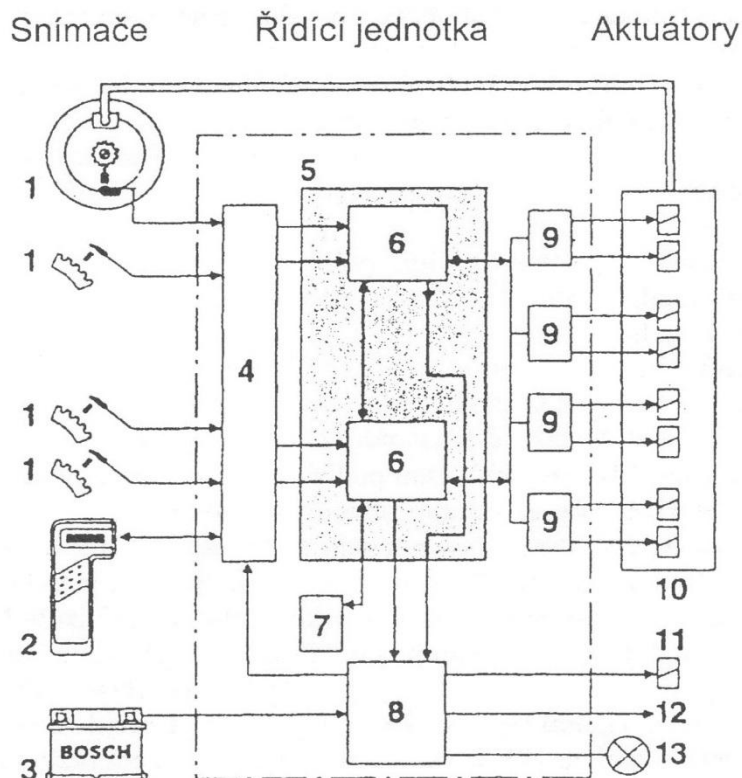
Před samotným testováním je nezbytně nutné splnit hned několik požadavků, zde je výčet několika z nich:

- Tlak ve všech pneumatikách musí odpovídat hodnotám předepsaným výrobcem vozidla, stejně tak jako rozměr pneumatik a disků kol.
- Poloha snímačů kol od ozubeného věnce musí být v předepsané vzdálenosti.
- Hydraulický systém musí být dokonale těsný a odvzdušněný, brzdový spínač a brzdové osvětlení musí být plně funkční.
- Všechny vozidlové pojistky musí být v pořádku.
- Konektor řídicí jednotky systému ABS musí být nasazen a jeho pojistka zajištěna.
- Během testování je zakázáno vystavovat elektroniku ABS působení elektromagnetického rušení. [2]

Samotnou diagnostiku je možno provádět dvěma způsoby, a to:

- Pomocí palubního (OBD) či externího diagnostického zařízení.
- Na moderních válcových zkušebních.





Obr. 25 – Diagnostika ABS pomocí testeru KTS (Bosch) [2]

Elektronická regulace ABS od firmy Bosch snímá otáčky kol snímači (1), jejichž signál je dále veden k mikropočítači (5) skrze vstupní obvody řídicí jednotky (4). Mikropočítač se dvěma mikroprocesory (6) vypočítá rychlost vozidla a porovná rychlosti jednotlivých kol. V případě odchylky je dále veden signál do aktivátoru (10) přes příslušný výkonový stupeň (9). Aktivátor nadále mění brzdny tlak kol tak, aby nedocházelo k jejich blokování. Systém disponuje vlastní permanentní paměti (7), v níž jsou uloženy a naprogramovány hodnoty. Dojde-li k odchylkám od uložených hodnot, znamená to přítomnost závady na systému a ta je následně uložena do paměti (8) vlastní diagnostiky. Řidič je o vyskytující se závadě informován rozsvícenou kontrolkou (12). Při této závadě přejde systém na nouzovou regulaci ABS či jí úplně vypne, nicméně nikdy nedojde k vyřazení brzdnyho systému vozidla. Funkčnost systému je neustále zaznamenávána a závady je možné odečíst za pomoci čtečky (2) z paměti (8) skrze diagnostický konektor. [2]

## 5 Praktická jízdní zkouška

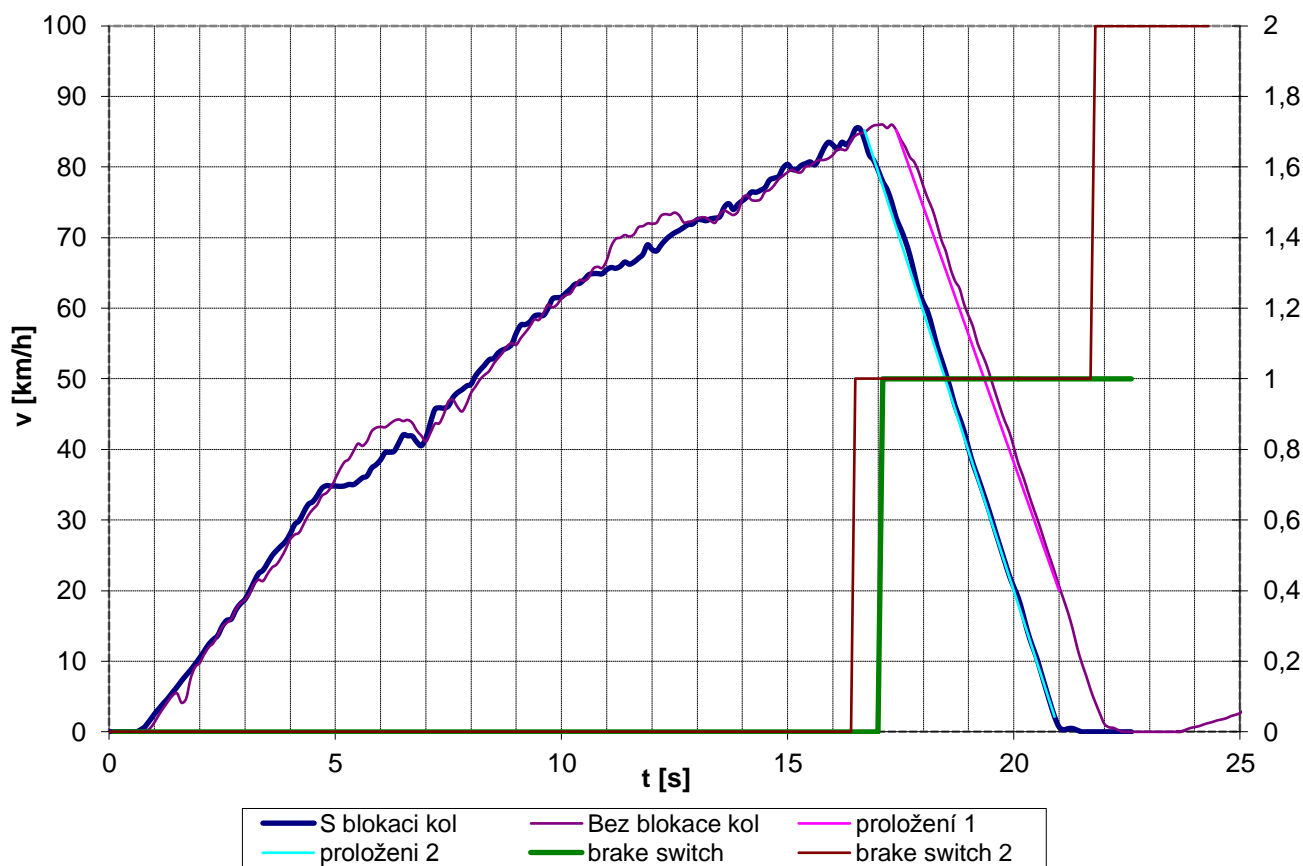
V této kapitole se budu věnovat vlastnímu měření uskutečněnému dne 18.03.2016 na letištní ploše v Panenském Týnci. Cílem tohoto měření bylo prokázat teoretické poznatky v praxi a zároveň ověřit správnou funkci brzdového systému vybraného vozidla. Na úvod je nutné podotknout, že v den měření foukal velice silný vítr, který výrazně ovlivnil výstupy z měření. Dalším faktorem, neméně ovlivňujícím výsledky měření, je mírně vypouklý tvar letištní plochy. Proto je nutné chápat toto měření pouze jako ilustrativní. Pro co největší relevantnost bylo měření provedeno 5x z obou stran letištní plochy, výsledné křivky jsou sestaveny z průměrů všech měření.



Obr. 26 – Snímač CORREVIT na voze



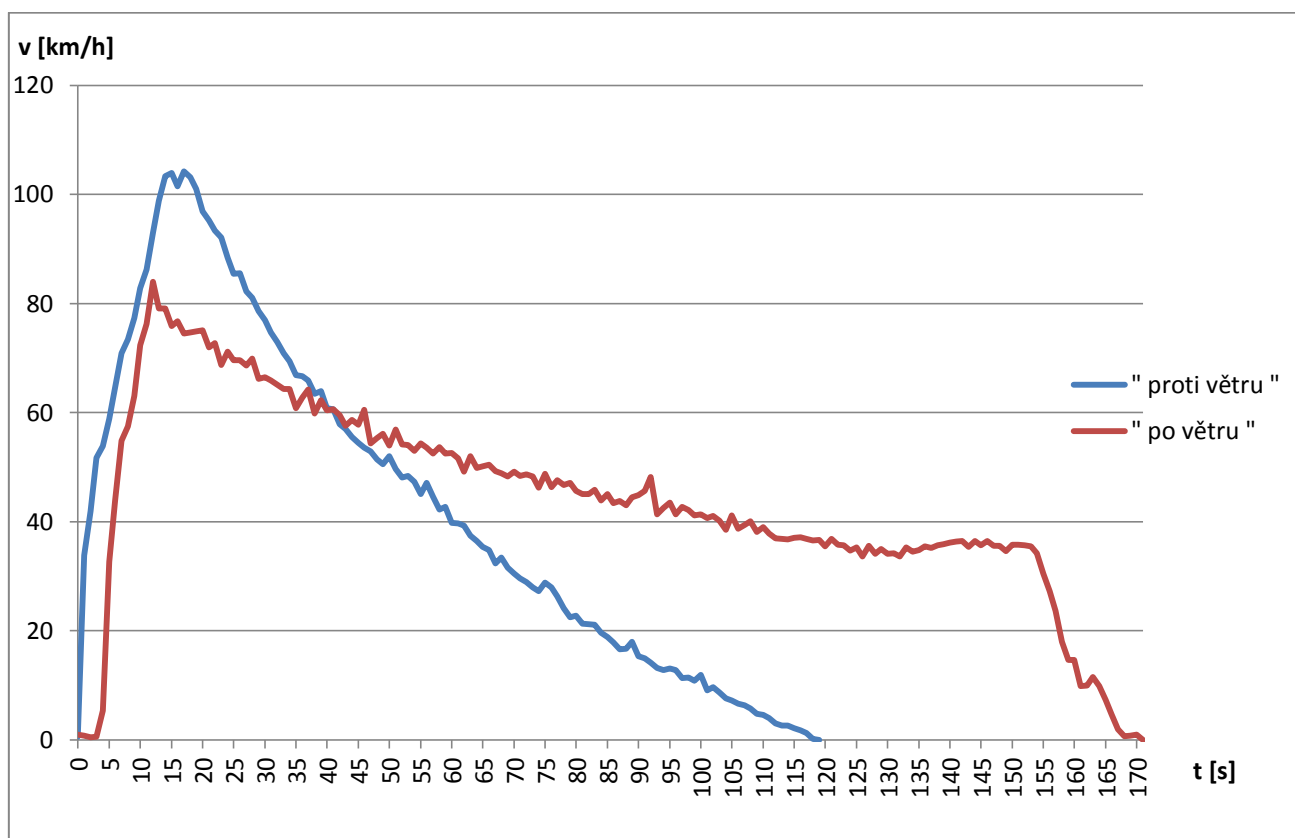
Obr. 27 – GPS Garmin během zkoušky



Obr. 28 – Grafický výstup z měření přístrojem CORRYIS-DATRON CORREVIT

Při měření byl použit optický snímač CORREVIT, jehož funkce byla již vysvětlena v kapitole 4.1.4. Zkušebním vozidlem byl v tomto případě vůz Škoda Fabia 1.2 TSI edice Monte Carlo. Původně byl snímačem osazen vůz Toyota Yaris 1.3 VVT-i, ale z důvodu nefunkční 12V zásuvky ve voze bylo nutno využít alternativního vozu Škoda. S vozidlem se opakovaně akcelerovalo na rychlost blízkou hodnotě 80 km/h (legislativně předepsaná rychlost) a poté brzdilo až do zastavení vozidla (to jak s blokací, tak i bez blokace kol). Výstupem měření byly sloupce dat, z nichž jsem sestavil výše uvedený graf. Cílem měření bylo určení brzdného zpomalení vozidla. Proložení brzdných křivek jsme získali lineární závislost rychlosti na čase, díky které lze snadno ze vztahu:  $\Delta a = \frac{\Delta v}{\Delta t}$  vypočítat dosažené brzdné zpomalení vozidla. S blokací kol jsme dosáhli brzdného zpomalení  $5,49 \text{ m/s}^2$ , bez blokace  $5,03 \text{ m/s}^2$ . Legislativně daná hodnota brzdného zpomalení je  $5,8 \text{ m/s}^2$ , proto by se mohlo zdát, že brzdová soustava zkoušeného vozidla nevyhovuje, ale musíme brát v potaz velmi silný vítr během zkušebního brzdění (výrazně překračující povolenou mez 0,5 m/s) a nerovnost zkušební plochy.

Pro lepší představu, jak silně mohou povětrnostní podmínky ovlivnit jízdní zkoušky, přikládám ještě jeden graf z měření dojezdů vozidla Toyota Yaris 1.3 VVT-i měřených ve stejný den jako zkoušky brzd. Zde bylo použito měřicí zařízení GPS Garmin.



Obr. 29 – Graf z měření dojezdů

Zkouška dojezdů spočívá v akceleraci na zkušební rychlost (zde obvykle 100 km/h), po dosažení této rychlosti dochází k rozpojení hnacího ústrojí s koly vozidla a vozidlo nadále zpomaluje díky jízdním odporům až do zastavení. Při dojezdu vozidla „proti větru“ došlo k zastavení velice rychle, naopak při dojezdu vozidla „po větru“ (a to se akcelerovalo pouze na 80 km/h) letištní plocha pro zastavení vozidla nestačila, dokonce je z křivky patrné, že při rychlosti přibližně 35 km/h došlo dokonce ještě ke zrychlování. Dále již letištní plocha nestačila a bylo nutné vozidlo zastavit za pomoci brzd.

## 6 Závěr

Cílem této bakalářské práce bylo analyzovat stav techniky a legislativy v oblasti dynamických zkoušek brzd a brzdových soustav. Hlavním přínosem této práce by měl být ucelený pohled na problematiku brzd, procesu brzdění, jejich zkoušek, diagnostiky a legislativy v dané oblasti. Pro přesné zprostředkování průběhu zkoušky a dopadu nepříznivých podmínek na její výsledek bylo provedeno vlastní měření účinnosti brzd, které bylo zpracováno a vyhodnoceno.

Rychlost uvedení vozidla do klidového stavu jako základní předpoklad bezpečného provozu byla pro řidiče vždy jedním z hlavních kritérií při jeho výběru. A směr vývoje brzdových systémů jim dává za pravdu. Elektronika v brzdových systémech je již naprostým standardem. Tento proces odstartoval systém ABS (od roku 2004 legislativně povinný), ale v současnosti již elektronické systémy neslouží pouze ke zlepšení ovladatelnosti při brzdění, ale i k vylepšení celkové ovladatelnosti vozidla (ESP – přibrzděním jednoho z kol při průjezdu zatáčkou – od roku 2011 povinná výbava vozidel). Všechny tyto systémy nám sice výrazně zjednodušují ovládání vozidla, ale samy o sobě nám ještě nezaručují větší bezpečnost provozu.

Je nutné si uvědomit, že žádný systém nefunguje správně, není-li v dobrém stavu. Proto je třeba velmi důsledně dbát na časté kontroly stavu brzd. Jako základní kontrola nám jistě poslouží povinná prohlídka na stanici technické kontroly, ovšem STK se vůbec nezabývá stářím brzdové kapaliny, mírou opotřebení třecích segmentů brzd, atd., proto je pro každého vlastníka motorového vozidla velmi užitečné orientovat se v dané problematice tak, aby byl sám schopen rozpoznat, kdy je již např. brzdové obložení příliš opotřebované a potřebuje výměnu. Dalším doporučením je absolvovat pravidelné servisní prohlídky. Mnoho novějších osobních automobilů je již také vybaveno světelnou indikací nedostatků, které dokáže elektronika vozidla na brzdové soustavě vozu vyhodnotit – např. právě upozornění na opotřebení třecích segmentů.

Trendem současnosti se stává stále rozsáhlejší zapojování elektronických systémů do procesu brzdění. Sériově jsou vyráběna vozidla, jejichž elektronické brzdové systémy umí aktivně reagovat na překážku a samy dát povel k zabrzdění vozidla, aniž by řidič vůbec sešlápl brzdový pedál. Tyto systémy jsou často kombinovány s adaptivním tempomatem, systémem udržení se v jízdních pruzích, atp. Cílem aktuálního vývoje se zdá být ve stále větší

miře zajištění, možná až nahrazení chybujícího řidiče inteligentní technologií. Podnětem k těmto krokům je, i přes výrazně zjednodušené ovládání vozidel, stále vysoká nehodovost, která je však téměř vždy způsobena především nepřiměřenou jízdou, nikoliv selháním techniky. Nabízí se otázka, co vlastně tato skutečnost znamená pro budoucnost – budou za pár let ještě potřeba řidičské průkazy nebo za nás budou auta řídit inteligentní technologie?

## Seznam použitých zdrojů

- [1] VLK, František. *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel: výkon vozidla, brzdné vlastnosti, převodová ústrojí, řízení, geometrie kol, tlumiče a pružiny, řiditelnost a ovladatelnost, životnostní zkoušky, motor, zapalování, elektronické systémy*. 1. vyd. Brno: Vlk, 2001, 576 s. ISBN 80-238-6573-0.
- [2] VLK, František. *Diagnostika motorových vozidel: [diagnostické testery, motortestery, výkon vozidla, brzdové soustavy, geometrie řízení, tlumiče, kontrola podvozku, diagnostické linky]*. 1. vyd. Brno: Vlk, 2006, 444 s. ISBN 80-239-7064-x.
- [3] FIRST, Jiří. *Zkoušení automobilů a motocyklů: příručka pro konstruktéry*. Vyd. 1. Praha: S&T CZ, 2008. ISBN 978-80-254-1850-5.
- [4] VÉMOLA, Aleš. *Diagnostika automobilů*. Vyd. 1. Brno: Littera, 2006, 127 s. ISBN 80-85763-31-1.
- [5] PANÁČEK, Vladimír. *Zkoušení vozidel*. Vyd. 1. Brno: VUT v Brně, 2012, 87 s. ISBN 978-80-214-4569-7.
- [6] MILER, Petr. *Brzdová ústrojí*. Praha, 2015. Prezentace. Technická fakulta ČZU.
- [7] Brzdy a brzdový systém automobilu [online]. [cit. 2016-02-15]. Dostupné z: <http://www.automonti.cz/pdf/brzdy-brzdovy-system.pdf>
- [8] Předpis EHK 13: Jednotná ustanovení pro homologaci vozidel kategorie M,N,O z hlediska brzdění.
- [9] EHK/OSN Integrované české překlady [online]. [cit 2016-02-23]. Dostupné z: <http://mezinarodni-predpisy.tuv-sud.cz/cs/predpisy/ehk-osn-integrované-ceske-preklady/>.
- [10] EU/EHS/ES Integrované české překlady [online]. [cit 2016-02-23]. Dostupné z: <http://mezinarodni-predpisy.tuv-sud.cz/cs/predpisy/eu-ehs-es-integrované-ceske-preklady/>.
- [11] Národní legislativa [online]. [cit-02-20]. Dostupné z: [http://www.mdcz.cz/cs/Legislativa/Legislativa/Legislativa\\_CR\\_silnicni/Silnicni+doprava/](http://www.mdcz.cz/cs/Legislativa/Legislativa/Legislativa_CR_silnicni/Silnicni+doprava/)
- [12] Kategorie vozidel [online]. [cit 2016-03-10]. Dostupné z: [www.mdcz.cz](http://www.mdcz.cz)
- [13] ABS [online]. [cit 2016-01-15]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/abs-anti-lock-braking-system/>.
- [14] ABS [online]. [cit 2016-01-15]. Dostupné z: <http://tema.novinky.cz/abs>.

- [15] Kammova kružnice přilnavosti [online]. [cit 2016-03-10]. Dostupné z:  
<http://www.autolexicon.net/cs/articles/kammova-kruznice-prilnavosti/>.
- [16] Decelerometr VZM 300 [online]. [cit 2016-03-10]. Dostupné z: <http://www.maha-cz.cz/cz/produkty/ostatni-diagnosticka-zarizeni-1/vzm-300/>.
- [17] GRAJA, Milan. *Zkoušení silničních vozidel*. Pardubice, 2009. Prezentace. Dopravní fakulta Jana Pernera.



## Seznam použitých obrázků

Obr. 1 – zapojení *TT*

Obr. 2 – zapojení *X*

Obr. 3 – zapojení *HT*

Obr. 4 – zapojení *LL*

Obr. 5 – zapojení *HH*

Obr. 6 – části bubnové brzdy

Obr. 7 – schéma kotoučové brzdy

Obr. 8 – vývoj a miniaturizace systému *ABS*

Obr. 9 – síly působící ve stopě pneumatiky

Obr. 10 – Rozklad sil působících na pneumatiku

Obr. 11 – Homologační značka *EHK/OSN*

Obr. 12 – Homologační značka *EHS/ES*

Obr. 13 – Závislost zpomalení na čase

Obr. 14 - Ideální průběh brzdné síly a zpomalení jako funkce dráhy v procesu brzdění

Obr. 15 – schéma měření pomocí značkovacího zařízení

Obr. 16 – Hydraulický snímač ovládací síly

Obr. 17 – Ukázka grafického výstupu z měření přístrojem *MAHA VZM 300*

Obr. 18 – Záznam z měření decelerografem a pedometrem

Obr. 19 – Vlečené kolo připevněné k vozidlu

Obr. 20 – Optický snímač rychlosti

Obr. 21 – *Schéma válcové zkušebny pro měření brzdných sil*

Obr. 22 – *Různé výškové uspořádání válců*

Obr. 23 – *Setrvačnickový stav*

Obr. 24 – *Plošinová zkušebna brzd*

Obr. 25 – *Diagnostika ABS pomocí testeru KTS (Bosch)*

Obr. 26 – *Snímač CORREVIT na voze*

Obr. 27 – *GPS Garmin během zkoušky*

Obr. 28 – *Grafický výstup z měření přístrojem CORRYS-DATRON CORREVIT*

Obr. 29 – *Graf z měření dojezdů*

## Seznam použitých zkratek

ABS - Anti-lock Brake System

ASR - Anti-Slip Regulation

ESP - Electronic Stability Program

ČSN - Česká technická norma

MD - Ministerstvo dopravy

ČR - Česká Republika

EHK - Evropská hospodářská komise

EHS - Evropské hospodářské společenství

ES - Evropské společenství

OSN - Organizace spojených národů

OBD - On-Board Diagnostics

GPS - Global Position System

TSI - Turbocharged Stratified Injection

VVT-i - Variable Valve Timing with intelligence

STK - Stanice technické kontroly