

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B 2341 Strojírenství  
Studijní zaměření: Diagnostika a servis silničních vozidel

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Technická diagnostika brzdového systému nákladních vozidel

Autor: **Petr Čihák**

Vedoucí práce: **Doc. Ing. Josef FORMÁNEK, Ph.D.**

Akademický rok 2015/2016

Akademický rok: 2015/2016

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Petr ČIHÁK**  
Osobní číslo: **S11B0472P**  
Studijní program: **B2341 Strojírenství**  
Studijní obor: **Diagnostika a servis silničních vozidel**  
Název tématu: **Technická diagnostika brzdového systému nákladních vozidel**  
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

#### Základní požadavky:

Cílem je provést rozbor diagnostických možností u brzdového systému nákladních silničních vozidel. Dále provést základní technickou specifikaci požadavků s ohledem na správnou funkčnost. Výsledným řešením je zhodnocení možností v diagnostikování technických parametrů pro bezpečný a bezporuchový provoz vozidla.

#### Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

#### Osnova bakalářské práce:

1. Vypracování rešerše včetně systematické specifikace požadavků.
2. Vypracování rozboru technických parametrů.
3. Vypracování rozboru diagnostikovatelných parametrů.
4. Zhodnocení a určení parametrů.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**  
Rozsah kvalifikační práce: **30-40 stran A4**  
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**  
Seznam odborné literatury:

**MOTEJL, V., HOREJŠ, K.** *Učebnice pro řidiče a opraváře automobilu.* Brno: Littera, 2004

**VLK, F.** *Zkoušení a diagnostika motorových vozidel.* Brno: Vlk, 2005

**JAN, Z., ŽDÁNSKÝ, B., ČUPERA, J.** *Automobily Podvozky.* Brno: Avid s.r.o., 2007

*Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.*

Vedoucí bakalářské práce: **Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.**  
Katedra konstruování strojů  
Konzultant bakalářské práce: **Doc. Ing. Josef Formánek, Ph.D.**  
Katedra konstruování strojů

Datum zadání bakalářské práce: **21. září 2015**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2016**

  
Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.  
děkan



  
Doc. Ing. Věclava Lašová, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 21. září 2015

## **Prohlášení o autorství**

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne: .....

.....  
podpis autora

# ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Čihák	Jméno Petr	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	B2341 „Diagnostika a servis silničních vozidel“		
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Formánek PhD.	Jméno Josef	
<b>PRACOVISŤE</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<del>DIPLOMOVÁ</del>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	Nehodící se škrtněte
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Technická diagnostika brzdového systému nákladních vozidel		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KKS	<b>ROK ODEVZD.</b>	2016
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

**POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)**

<b>CELKEM</b>	58	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	58	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<p style="text-align: center;"><b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b></p> <p><b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b></p>	<p>Náplní této bakalářské práce je představení možných řešení brzdových systémů užitkových vozidel. Dále je proveden rozbor jednotlivých komponent u těchto systémů. Další část je věnována diagnostickým metodám určeným ke zjišťování závad na brzdovém systému. Následuje přehled možných závad a jejich řešení.</p>
<p style="text-align: center;"><b>KLÍČOVÁ SLOVA</b></p> <p style="text-align: center;"><b>ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</b></p>	<p>užitkové automobily, brzdy, hydraulický brzdový systém, vzduchotlaký brzdový systém, diagnostika, testování, závady</p>

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Čihák	Name Petr	
<b>FIELD OF STUDY</b>	B2341 – „Road Vehicles Diagnostics and Service“		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Formánek, Ph.D.	Name Josef	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>TYPE OF WORK</b>	<del>DIPLOMA</del>	<b>BACHELOR</b>	<b>Delete when not applicable</b>
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Technical diagnostics of brake systems of commercial vehicles		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Machine Design	<b>SUBMITTED IN</b>	2016
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	58	<b>TEXT PART</b>	58	<b>GRAPHICAL PART</b>	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION</b>  <b>TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	This thesis is focused on technical solutions used in brake systems of commercial vehicles, detailed description of components of this systems. Next part is aimed at describing diagnostics metotds used for testing vehicle brakes and overview of possible faults and solutions.
<b>KEY WORDS</b>	commercial vehicles, brakes, hydraulic brake systém, air brake system, diagnostics, faults

## **Poděkování**

Na tomto místě bych rád poděkoval každému, kdo mně byl při tvorbě této práce nápomocen. Zejména děkuji vedoucímu práce doc. Ing. Josefu Formánkovi, Ph.D. za jeho cenné rady, čas a trpělivost s mým přístupem k tvorbě. Dále děkuji majitelům a zaměstnancům servisů Petr Ulč v Robčicích a Jindřich Daněk ve Vejprnicích, kteří se se mnou podělili o své praktické zkušenosti.

## Obsah

ÚVOD.....	3
<b>1 BRZDOVÉ SYSTÉMY .....</b>	<b>4</b>
1.1 DRUHY BRZDOVÝCH SYSTÉMŮ DLE ÚČELU POUŽITÍ .....	4
1.1.1 Provozní brzda.....	4
1.1.2 Nouzová brzda .....	4
1.1.3 Parkovací brzda.....	4
1.1.4 Samočinná brzda .....	4
1.1.5 Odlehčovací brzda.....	4
1.2 DRUHY BRZDOVÝCH SYSTÉMŮ DLE ZDROJE ENERGIE.....	4
1.2.1 Přímočinné.....	4
1.2.2 Asistované.....	4
1.2.3 Strojní .....	4
1.2.4 Nájezdové.....	5
<b>2 HYDRAULICKÉ BRZDOVÉ SOUSTAVY .....</b>	<b>6</b>
2.1 MOŽNÉ ZPŮSOBY ZAPOJENÍ OKRUHŮ .....	6
2.2 HLAVNÍ KOMPONENTY HYDRAULICKÉ BRZDOVÉ SOUSTAVY.....	7
2.2.1 Podtlakový posilovač.....	7
2.2.2 Hlavní brzdový válec .....	9
2.2.3 Brzdová kapalina.....	11
2.2.4 Vedení brzdové kapaliny.....	11
2.2.5 Rozdělovač brzdného tlaku.....	12
<b>3 VZDUCHOTLAKÉ BRZDOVÉ SYSTÉMY.....</b>	<b>13</b>
3.1 POPIS A ROZDĚLENÍ.....	13
3.2 KONSTRUKCE DVOUOKRUHOVÉ BRZDOVÉ SOUSTAVY .....	13
3.2.1 Plnicí část.....	13
3.2.2 Ovládací část.....	14
3.2.3 Brzdy.....	14
3.3 KONSTRUKCE DVOUOKRUHOVÉ DVOUHADICOVÉ VZDUCHOTLAKÉ BRZDOVÉ SOUSTAVY .....	14
3.3.1 Plnicí okruh .....	15
3.3.2 Okruh provozních brzd.....	15
3.3.3 Okruh parkovací brzdy .....	15
3.3.4 Okruh řízení brzd přívěsu .....	16
3.4 HLAVNÍ KOMPONENTY VZDUCHOTLAKÉHO BRZDOVÉHO SYSTÉMU .....	16
3.5 ZAŘÍZENÍ PLNÍČÍHO OKRUHU .....	17
3.5.1 Kompresor .....	17
3.5.2 Regulátor tlaku .....	18
3.5.3 Vysoušeč vzduchu .....	19
3.5.4 Čtyřokruhový pojistný ventil.....	20
3.5.5 Odkalovací ventil.....	21
3.5.6 Tlakový spínač kontroly tlaku.....	21
3.6 ZAŘÍZENÍ OKRUHU PROVOZNÍCH BRZD .....	22
3.6.1 Dvouokruhový hlavní brzdíč s pevným sedlem .....	22
3.6.2 Dvouokruhový hlavní brzdíč membránový .....	23
3.6.3 Dvouokruhový hlavní brzdíč s kolébkovým pístem .....	24
3.6.4 Hlavní brzdíč s poměrným tlakovým ventilem .....	25
3.6.5 Regulátor brzdného tlaku.....	25
3.6.6 Membránový brzdový válec .....	26
3.6.7 Brzdový válec.....	27
3.6.8 Kombinovaný pružinový brzdový válec .....	27
3.7 ZAŘÍZENÍ OKRUHU PARKOVACÍ BRZDY .....	28
3.8 ZAŘÍZENÍ OKRUHU ŘÍZENÍ BRZD PŘÍVĚSU.....	29
3.8.1 Brzdíč přívěsu.....	29
3.8.2 Spojkové brzdové hlavice.....	31
<b>4 TŘECÍ BRZDY .....</b>	<b>32</b>
4.1 BUBNOVÉ BRZDY .....	32
4.1.1 Čelisti bubnových brzd.....	32
4.1.2 Brzdový buben .....	33
4.1.3 Ovládací zařízení.....	33



4.1.4	<i>Druhy bubnových brzd</i> .....	34
4.2	KOTOUČOVÉ BRZDY.....	35
4.2.1	<i>Hydraulická kotoučová brzda s pevným třmenem</i> .....	35
4.2.2	<i>Hydraulická kotoučová brzda s plovoucím třmenem</i> .....	36
4.2.3	<i>Vzduchotlaká kotoučová brzda</i> .....	36
4.2.4	<i>Brzdové kotouče</i> .....	37
4.3	BRZDOVÉ OBLOŽENÍ .....	37
<b>5</b>	<b>ZPOMALOVACÍ BRZDY</b> .....	<b>38</b>
5.1	VÝFUKOVÉ BRZDY .....	38
5.2	MOTOROVÉ BRZDY .....	38
5.3	ELEKTROMAGNETICKÉ VÍŘIVÉ BRZDY .....	39
5.4	HYDRODYNAMICKÉ BRZDY .....	39
<b>6</b>	<b>DIAGNOSTIKA BRZDOVÝCH SYSTÉMŮ UŽITKOVÝCH VOZIDEL</b> .....	<b>41</b>
6.1	VÁLCOVÉ ZKUŠEBNY .....	41
6.1.1	<i>Pomaloběžné válcové zkušebny</i> .....	41
6.1.2	<i>Rychloběžné válcové zkušebny</i> .....	44
6.1.3	<i>Setrvačnickové válcové zkušebny</i> .....	45
6.2	PLOŠINOVÉ ZKUŠEBNY .....	46
<b>7</b>	<b>ČASTÉ ZÁVADY A JEJICH ODSTRANĚNÍ</b> .....	<b>47</b>
7.1	BRZDOVÉ OBLOŽENÍ .....	47
7.2	BRZDOVÉ BUBNY A KOTOUČE .....	48
7.3	BRZDOVÉ TŘMENY .....	49
7.4	BRZDOVÉ VÁLCE.....	49
7.5	BRZDOVÁ KAPALINA.....	50
7.6	Hlavní brzdový válec .....	50
7.7	Podtlakový posilovač .....	50
7.8	Vedení brzdové kapaliny .....	51
7.9	KOMPRESOR.....	51
7.10	REGULÁTOR TLAKU .....	52
7.11	VYSOUŠEČ .....	52
7.12	VZDUCHOJEMY .....	52
7.13	Hlavní brzdič .....	52
7.14	Vedení tlakového vzduchu .....	53
7.15	TABULKA ZÁVAD .....	53
<b>8</b>	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>57</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b> .....	<b>58</b>

## Úvod

Nákladní doprava hraje v dnešní době naprosto nepostradatelnou roli. Roste počet obchodů, které jsou denně zásobovány čerstvým zbožím, roste počet přepravených zásilek z celého světa až na náš práh. S tím se zvyšuje i počet nákladních vozidel, která se každodenně pohybují po našich silnicích. Aby byl provoz těchto vozidel co nejbezpečnější pro jejich řidiče i pro účastníky okolního provozu, je bezpečnosti věnována velká pozornost. A to jak při vývoji vozidla, tak i při jeho provozu. Technické vlastnosti se totiž s nájezdem velké porce kilometrů, kterou tato vozidla absolvují, mění. Proto je třeba je pravidelně kontrolovat. Přezkoumání technické způsobilosti se provádí na stanicích technické kontroly v pravidelných intervalech stanovených zákonem.

První pravidelná technická prohlídka se provádí po čtyřech letech od prvního zaregistrování vozidla a poté každé následující dva roky. Závady zjištěné na vozidle jsou dle závažnosti rozděleny do třech skupin: A – lehké závady, B – vážné závady, C – nebezpečné závady. V případě, že jsou na vozidle zjištěny pouze lehké závady, je vozidlo uznáno způsobilé k provozu na dva roky. V případě zjištění závady kategorie B, je vozidlu udělena technická způsobilost na 30 dní, které mají sloužit k odstranění závady. Poté je třeba se dostavit na opakovanou technickou prohlídku. Vozidlo, u něhož byla při technické prohlídce zjištěna kategorie C, se tímto stává nezpůsobilé k provozu na pozemních komunikacích až do odstranění závady a opětovného absolvování prohlídky.

Kontrola stavu brzdového systému vozidla je neodmyslitelnou částí pravidelné technické prohlídky, neboť případná závada na brzdovém systému vozidla může přímo ohrozit bezpečnost silničního provozu. Pravidelné technické kontroly se řídí vyhláškou Ministerstva dopravy a spojů o technických prohlídkách a měření emisí vozidel č. 302/2001 Sb.

A právě na brzdový systém jsem se soustředil ve své práci. Věnoval jsem se brzdovým soustavám běžně používaných u užitkových vozidel. To znamená hydraulické soustavy pro lehká užitková vozidla a vzduchotlaké soustavy používané pro těžká nákladní vozidla přesahující hmotnost 7 tun. Zaměřil jsem se zejména na možnosti zjišťování závad brzdového systému. V práci jsem popsal konkrétní případy závad včetně možností jejich odstranění. Vzhledem k rozsahu bakalářské práce jsem pracoval pouze s výše zmiňovanými brzdovými systémy, ne však s elektronickými asistenčními systémy jako například ABS a dalšími.

# 1 Brzdové systémy

Brzdové systémy slouží k snížení rychlosti jedoucího vozidla, jeho zastavení nebo k zajištění vozidla ve stacionárním stavu. Brzdění je dosahováno třením mezi pevnými a pohyblivými částmi vozidla. Tím dochází k přeměně kinetické energie na tepelnou, kterou je třeba odvádět. Brzdové systémy se skládají ze zařízení pro dodávku energie, ovládacího ústrojí, převodu energie a z vlastní brzdy.

## 1.1 Druhy brzdových systémů dle účelu použití

### 1.1.1 Provozní brzda

Soustava pro použití během provozu vozidla. Umožňuje řidiči zpomalit nebo zastavit jedoucí vozidlo. Její účinek proto musí být dávkovatelný.

### 1.1.2 Nouzová brzda

Soustava pro použití při selhání provozní brzdové soustavy. Umožňuje řidiči zpomalit nebo zastavit jedoucí vozidlo. Její účinek proto také musí být dávkovatelný.

### 1.1.3 Parkovací brzda

Soustava umožňující mechanicky udržet vozidlo ve stacionárním stavu i na skloněném povrchu i v nepřítomnosti řidiče.

### 1.1.4 Samočinná brzda

Soustava zajišťující automatické zabrzdění přípojného vozidla v případě náhodného i úmyslného odpojení od vozidla tažného.

### 1.1.5 Odlehčovací brzda

Soustava umožňující řidiči zpomalovat nebo udržovat rychlost během sjíždění táhlého kopce bez opotřebení provozních brzd.

## 1.2 Druhy brzdových systémů dle zdroje energie

### 1.2.1 Přímočinné

Brzdové systémy, kde je energie potřebná k brzdění dodávána pouze svalovou hmotou řidiče, který působí přímo na páku či pedál brzdy. Energie je k vlastním brzdám přenášena pomocí lanovodů či táhel nebo kapalinovým převodem bez posilovače.

### 1.2.2 Asistované

Brzdové systémy, kde je energie potřebná k brzdění dodávána svalovým působením řidiče a posilovačem brzdícího účinku.

### 1.2.3 Strojní

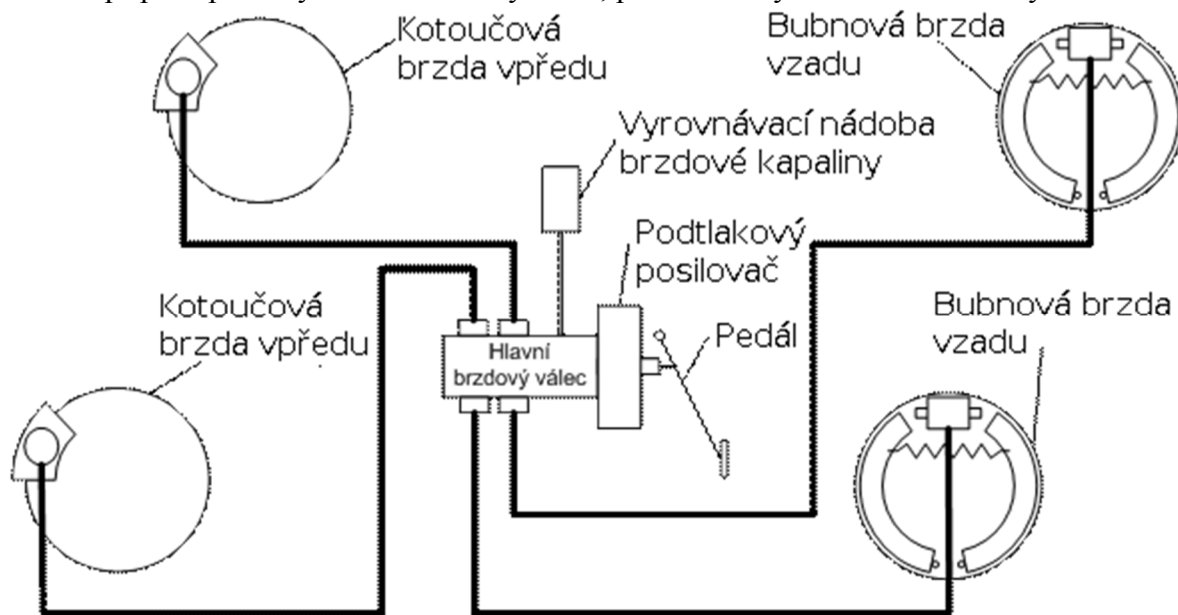
Brzdové systémy, kde je vyžívána tlaková energie vzduchu, kapaliny nebo kombinace obou, bez fyzického zásahu řidiče.

#### **1.2.4 Nájezdové**

Brzdový systém přípojného vozidla, kde se energie potřebná k brždění získává z přiblížení přípojného vozidla k vozidlu tažnému.

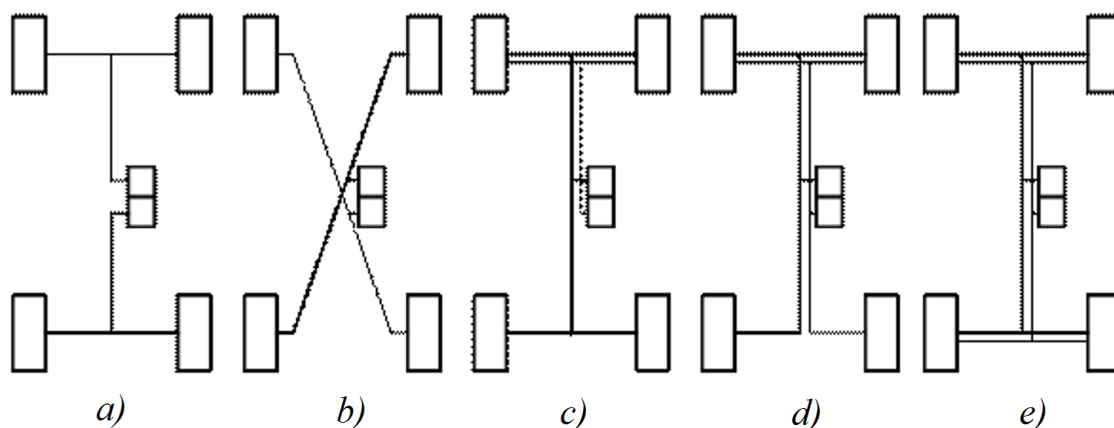
## 2 Hydraulické brzdové soustavy

U lehkých užitkových automobilů je z důvodu kompaktních rozměrů jednotlivých komponent používána asistovaná hydraulická soustava. Z hlediska komfortu ovládání vozidla je dnes nezbytné použití posilovače, který snižuje potřebnou sílu na ovládací pedál brzd. Síla je dále v hlavním brzdovém válci převedena na hydraulický tlak brzdové kapaliny. Hydraulický tlak je pak veden pomocí trubic k vlastním brzdám, kde vytlačuje pracovní píst. Ten způsobí přitlačení třecího elementu na rotační část brzdy. Aby byla zajištěna schopnost zastavit vozidlo i v případě poruchy na brzdovém systému, používá se systém dvouokruhový.



Obrázek 1: Schéma hydraulické brzdové soustavy [7]

### 2.1 Možné způsoby zapojení okruhů



Obrázek 2: Možné způsoby zapojení okruhů hydraulické brzdové soustavy [7]

- Zapojení „TT“ - každý okruh brzdí jednu nápravu, jedná se o nejjednodušší a nejlevnější způsob zapojení. Jistou nevýhodou je, že při poruše na okruhu přední nápravy se brzdná dráha značně prodlouží.
- Zapojení „X“ neboli diagonální. Zde každý okruh brzdí jedno přední a protější zadní kolo. V současné době se jedná o nejpoužívanější způsob zapojení. V případě

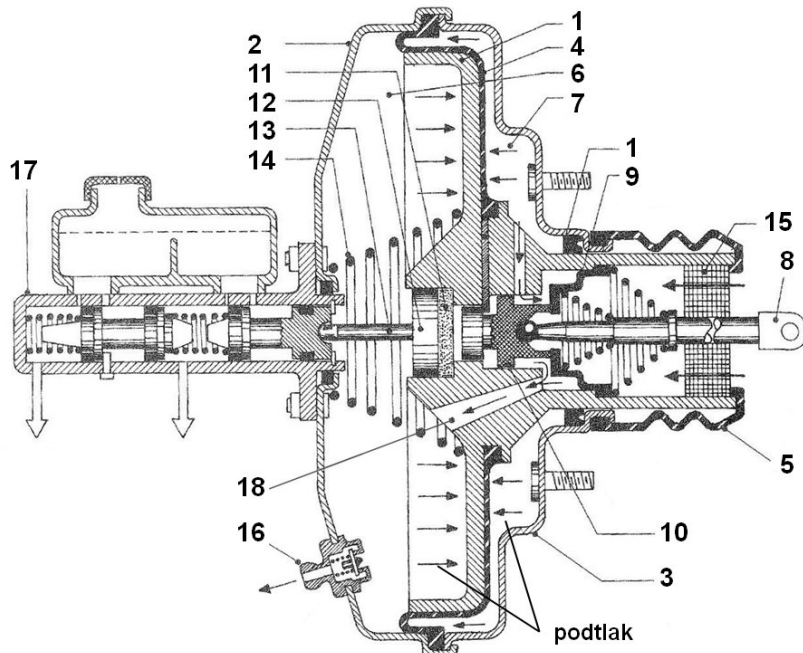
- poruchy na jednom z okruhů se bude při brždění vozidlo vychylovat ke straně. To je způsobeno tím, že na předních kolech je větší brzdný účinek než na kolech zadních.
- c) Zapojení „HT“ - jeden okruh brzdí všechna kola a druhý pouze kola na přední nápravě. Tento způsob zamezuje vychýlení vozidla ze směru jízdy při poruše na jednom z okruhů.
  - d) Zapojení „LL“ - každý okruh ovládá brzdy na přední nápravě a jednom zadním kole.
  - e) Zapojení „HH“ - každý okruh ovládá brzdy na všech kolech.
- Zapojení c, d, e se vyznačují vyšší bezpečností při poruše, ale vzhledem ke složitosti a zejména ekonomickému aspektu při výrobě se u vozidel pro běžný provoz téměř nepoužívají.

## 2.2 Hlavní komponenty hydraulické brzdové soustavy

### 2.2.1 Podtlakový posilovač

Posilovač slouží ke snížení potřebné ovládací síly na brzdový pedál a tím snižuje námahu řidiče. Brzdový posilovač se nachází mezi ovládacím pedálem brzdý a hlavním brzdovým válcem. V současné době je nejčastěji používán posilovač podtlakový. Tento typ brzdového posilovače využívá ke své činnosti podtlak, který u atmosférických benzínových motorů vzniká v sání za klapkou. U motorů s přeplňováním je podtlak generován vakuovou pumpou poháněnou motorem. Posilovač je tedy v činnosti pouze při běžícím motoru. Po vypnutí motoru je v posilovači zásoba podtlaku na 2 – 3 sešlápnutí pedálu, při vyčerpání podtlaku brzdy fungují nadále, jen je třeba na pedál vyvinout několikanásobně vyšší sílu.

### Uvolněná brzda



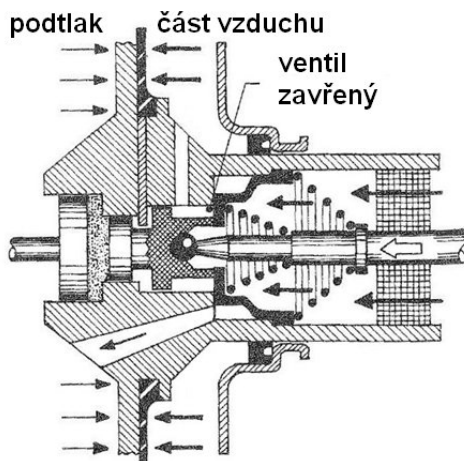
- |                             |                     |                           |
|-----------------------------|---------------------|---------------------------|
| 1 – pracovní píst           | 7 – pracovní komora | 13 – táhlo                |
| 2 – plášť podtlakové komory | 8 – pístnice pedálu | 14 – vratná pružina       |
| 3 – plášť pracovní komory   | 9 – membrána        | 15 – filtr vstupu vzduchu |
| 4 – membrána                | 10 – vložka ventilu | 16 – připojení podtlaku   |
| 5 – manžeta                 | 11 – reakční kotouč | 17 – hlavní válec         |
| 6 – podtlaková komora       | 12 – píst           | 18 – odsávací kanál       |

Obrázek 3: Řez podtlakovým posilovačem v režimu uvolněného brzdového pedálu [6]

Na obrázku 3 je znázorněn řez podtlakovým posilovačem v poloze uvolněného pedálu. V tomto okamžiku jsou podtlaková i pracovní komora propojeny pomocí odsávacího kanálu a v obou je tedy stejný podtlak.

### Přibrzdování

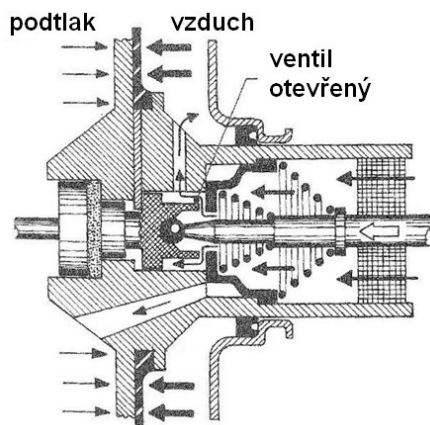
Při stlačení brzdového pedálu dochází k posunutí pístnice pedálu a vložky ventilu, ta způsobuje deformaci reakčního členu a působí tlak na táhlo hlavního válce. Pružina působící na membránu zavře odsávací kanál, který propojuje pracovní a podtlakovou komoru. Štěrbinou mezi membránou a vložkou ventilu se dostane do pracovní komory přes filtr určité množství vzduchu. Deformovaný reakční člen působí zpět na vložku ventilu, tím dochází k uzavření štěrbin. Důsledkem vnikuvšího vzduchu do pracovní komory zde dochází k určitému nárůstu tlaku a v podtlakové komoře se udržuje podtlak. Vzniklý tlakový rozdíl způsobuje posunutí pracovního pístu k hlavnímu brzdovému válci a tím dochází k posilujícímu účinku. Po uvolnění brzdového pedálu je vše pomocí pružin vráceno do původní polohy a tlaky mezi komorami se znovu vyrovnají.



Obrázek 4: Znáznornění činnosti podtlakového posilovače v režimu přibrzdování [6]

### Plné brzdění

Situace, kdy řidič potřebuje maximální brzdný účinek a působí na brzdový pedál plnou silou. V tomto případě je pístnice pedálu a vložka ventilu posunuta do krajní polohy. To způsobuje, že reakční člen nezavře štěrbinu mezi membránou a vložkou a tím je umožněn tok vzduchu do pracovní komory. Tlakový rozdíl mezi komorami je tedy maximální možný a tím i účinek posilovače.



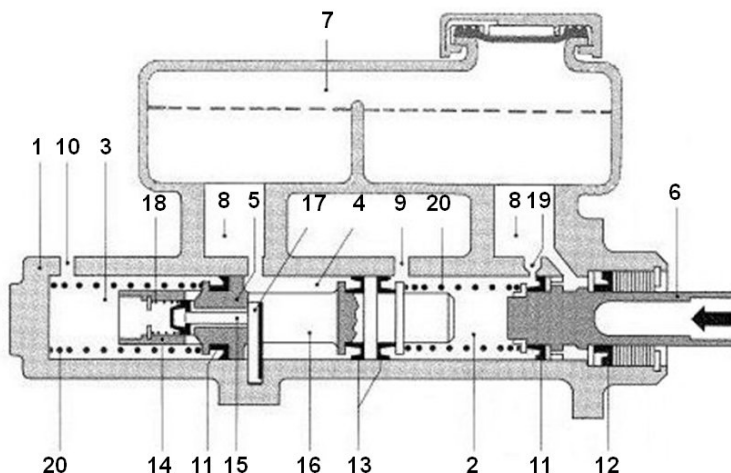
Obrázek 5: Znáznornění činnosti podtlakového posilovače v režimu plného brždění[6]



## 2.2.2 Hlavní brzdový válec

Hlavní brzdový válec dodává hydraulický tlak do brzdového systému. Jelikož osobní vozidla musejí mít dvouokruhový brzdový systém, je používán hlavní brzdový válec tandemový, kde jsou dva oddělené pracovní prostory a dva písty, tažený a plovoucí.

Součástí hlavního brzdového válce je centrální ventil, který se skládá z tělesa ventilu, tlačné pružiny a kolíku ventilu. Slouží k uzavírání a otevírání pracovního tlakového prostoru, funkcí tedy zastává vyrovnávací otvor. Nutností je u vozů vybavených systémem ABS, kde by tlakové špičky způsobené aktivací systému ABS mohly poškodit primární manžetu jejím natlačením do vyrovnávacího otvoru.



- |                                 |                                 |                                  |
|---------------------------------|---------------------------------|----------------------------------|
| 1 – těleso hlavního válce       | 8 – kanálek do nádoby           | 15 – kolík centrálního ventilu   |
| 2 – pracovní prostor I. okruhu  | 9 – výstup I. okruhu            | 16 – drážka plovoucího pístu     |
| 3 – pracovní prostor II. okruhu | 10 – výstup II. okruhu          | 17 – dorazový kolík              |
| 4 – mezikomora                  | 11 – primární manžeta           | 18 – pružina centrálního ventilu |
| 5 – plovoucí píst               | 12 – sekundární manžeta         | 19 – vyrovnávací otvor           |
| 6 – tlačná tyč - píst           | 13 – manžeta                    | 20 – vratná pružina              |
| 7 – vyrovnávací nádoba          | 14 – těleso centrálního ventilu |                                  |

Obrázek 6: Řez hlavním brzdovým válcem v režimu uvolněného brzdového pedálu [6]

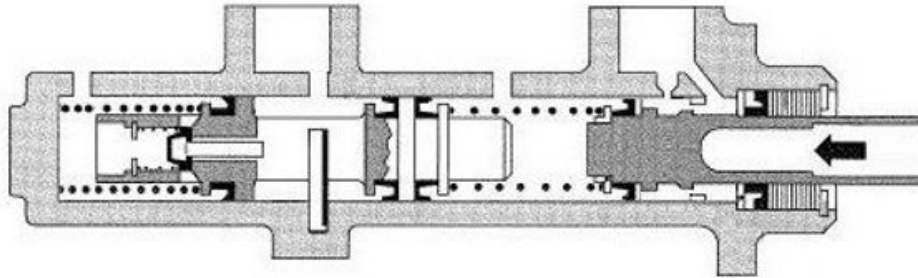
### Uvolněná brzda

Při uvolněném brzdovém pedálu je poloha pístů dána pružinami. Aby mohlo docházet k eliminaci objemových změn brzdové kapaliny, je primární i sekundární okruh spojen s vyrovnávací nádobkou. Primární okruh pomocí vyrovnávacího otvoru a sekundární přes centrální ventil, který se opírá o dorazový kolík.



## Brzdění

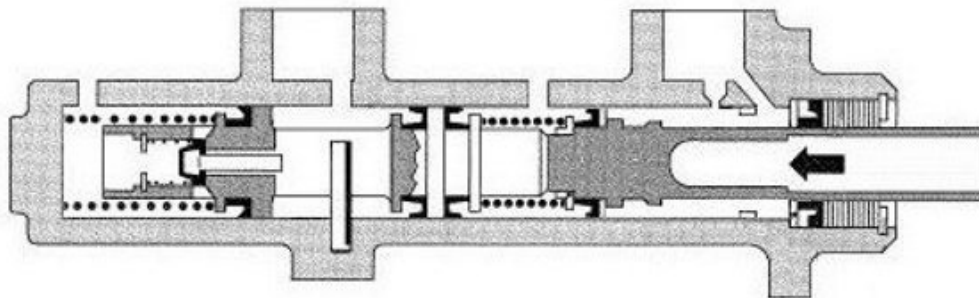
Při sešlápnutí pedálu dochází k posunutí tlačného pístu. Primární manžeta uzavře vyrovnávací otvor a tím je primární tlakový prostor uzavřen. S rostoucím tlakem v primárním okruhu dochází k posunutí plovoucího pístu a uzavření sekundárního tlakového prostoru pomocí centrálního ventilu. Tlak v obou okruzích roste a brzdy jsou v provozu. Po uvolnění brzdového pedálu jsou písty tlačeny pružinami zpět do výchozí polohy.



Obrázek 7: Řez hlavním brzdovým válcem v režimu brzdění [6]

## Porucha na primárním okruhu

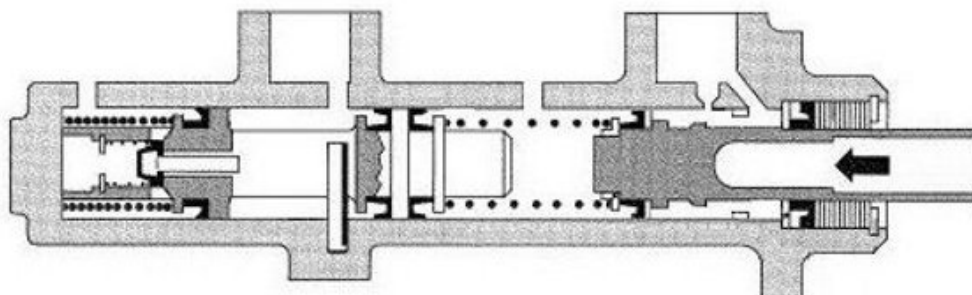
V případě poruchy a následného úniku brzdové kapaliny v primárním okruhu dojde při sešlápnutí brzdového pedálu k posunutí tlačného pístu k pístu plovoucímu. Dalším pohybem pedálu je plovoucí píst tlačěn a v sekundárním okruhu narůstá tlak.



Obrázek 8: Řez hlavním brzdovým válcem v režimu poruchy na primárním okruhu [6]

## Porucha na sekundárním okruhu

V případě poruchy a následného úniku brzdové kapaliny v sekundárním okruhu je plovoucí píst odsunut pružinou na doraz. Sekundární okruh je oddělen od primárního, jelikož je uzavřen centrální ventil.



Obrázek 9: Řez hlavním brzdovým válcem v režimu poruchy na sekundárním okruhu [6]

### 2.2.3 Brzdová kapalina

Brzdová kapalina je pracovní médium hydraulického brzdového systému. Hlavním úkolem je přenášet brzdový tlak z hlavního brzdového válce k vlastním brzdám. U brzdové kapaliny je požadována nestlačitelnost a vysoký bod varu, jelikož je vysoce tepelně zatížena teplem vzniklým v třecích brzdách. Dle hodnoty bodu varu jsou brzdové kapaliny značeny jako DOT 3, DOT4 a DOT 5.1, přičemž poslední jmenovaná má bod varu nejvyšší (260 °C) a DOT 3 nejnižší (205 °C). Případné dosažení teploty bodu varu kapaliny způsobí tvorbu plynových bublin, které jsou stlačitelné a tím zapříčiní dysfunkci brzdového systému. Jelikož je brzdová kapalina hydroskopická, tj. váže na sebe vodu, klesá s obsahem vody její bod varu. To je důvod, proč je třeba brzdovou kapalinu pravidelně měnit nejpozději po dvou letech.

### 2.2.4 Vedení brzdové kapaliny

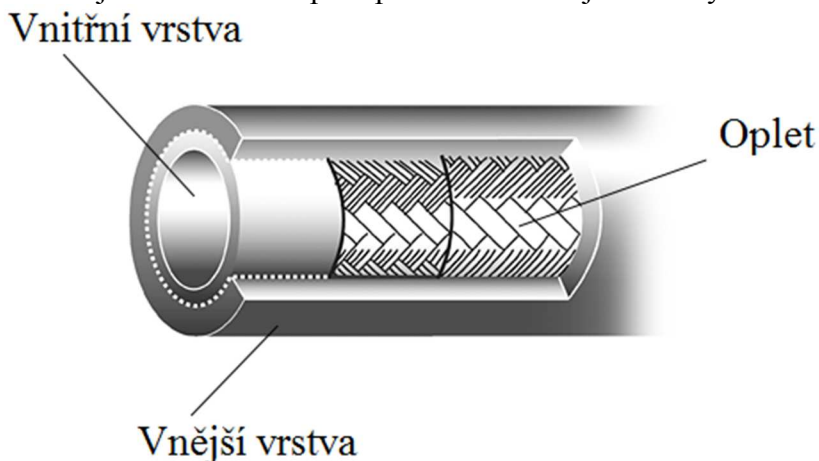
Vedení brzdové kapaliny propojuje jednotlivé hydraulické části brzdového systému. Vedení je tvořeno kovovými brzdovými trubkami a na místech, kde dochází k pohybu pomocí gumových brzdových hadic.

Brzdové trubky se nacházejí na podvozku vozidla, a tudíž jsou vystaveny náročným podmínkám, kterým musejí odolát. To znamená, že musejí čelit korozi a mechanickému poškození. Dále musejí odolát velkému vnitřnímu tlaku. Z těchto důvodů se trubky musejí dělat dvouplášťové. Aby byla zajištěna těsnost spoje, jsou konce trubek rozšířené a zajištěné převlečnou maticí, viz obr. 10.



Obrázek 10: Zakončení brzdové trubky s převlečnou maticí

Brzdové hadice jsou použity na místech, kde dochází k pohybu částí podvozku. Je důležité volit jejich správnou délku, aby nebyly příliš krátké, ale ani příliš dlouhé. Mohlo by totiž docházet k nežádoucímu pružení vlivem tlaku při brzdění. Většinou jsou konstruovány jako třívrstvé. Vnitřní vrstva musí odolávat chemickým vlivům brzdové kapaliny. Střední vrstva je tvořena opletem z textilních, kevlarových nebo ocelových vláken a slouží k udržení vnitřního tlaku. Vnější vrstva chrání před poškozením vnějšími vlivy.



Obrázek 11: Znárodnění konstrukce brzdové hadice [11]

### 2.2.5 Rozdělovač brzdného tlaku

Rozdělovač brzdného tlaku slouží k přerozdělování brzdného tlaku mezi nápravu, aby se poměr rozdělení co nejvíce přibližoval ideálnímu rozložení. Toho je dosaženo omezením tlaku na zadních brzdách. Zadní kola jsou totiž při brzdění vlivem klopného momentu odlehčovány. Kdyby nebyl tlak regulován, docházelo by k blokování zadních kol a následné nestabilitě při brzdění. Rozdělovačů existuje několik typů.

Omezovač brzdné síly – propouští do zadních brzd plný tlak, dokud nedosáhne určité hodnoty, poté se již tlak do zadních brzd nezvyšuje. Obvykle se nachází na výstupu z hlavního brzdového válce

Regulátor brzdné síly – používá se místo omezovače brzdné síly, do určitého bodu narůstá tlak v zadních brzdách stejně jako v předních. Po dosažení regulačního tlaku začne v zadních brzdách tlak stoupat pomaleji než v brzdách předních.

Zátěžový regulátor – regulátor je umístěn na karoserii vozidla a pomocí táhel spojen se zadní nápravou. Podle propružení zadní nápravy se v regulátoru pohybuje píst v regulátoru a tím mění regulační tlak.

Tlakový regulátor s hydraulickým uzávěrem – kombinace rozdělovače a hydraulického uzávěru, který při poruše brzdového okruhu přední nápravy tento okruh uzavře a pustí plný tlak na nápravu zadní.

Elektronický rozdělovač brzdné síly – (EBV) používá se u vozidel s ABS a ke své činnosti využívá elektromagnetických ventilů ABS.

## 3 Vzduchotlaké brzdové systémy

### 3.1 Popis a rozdělení

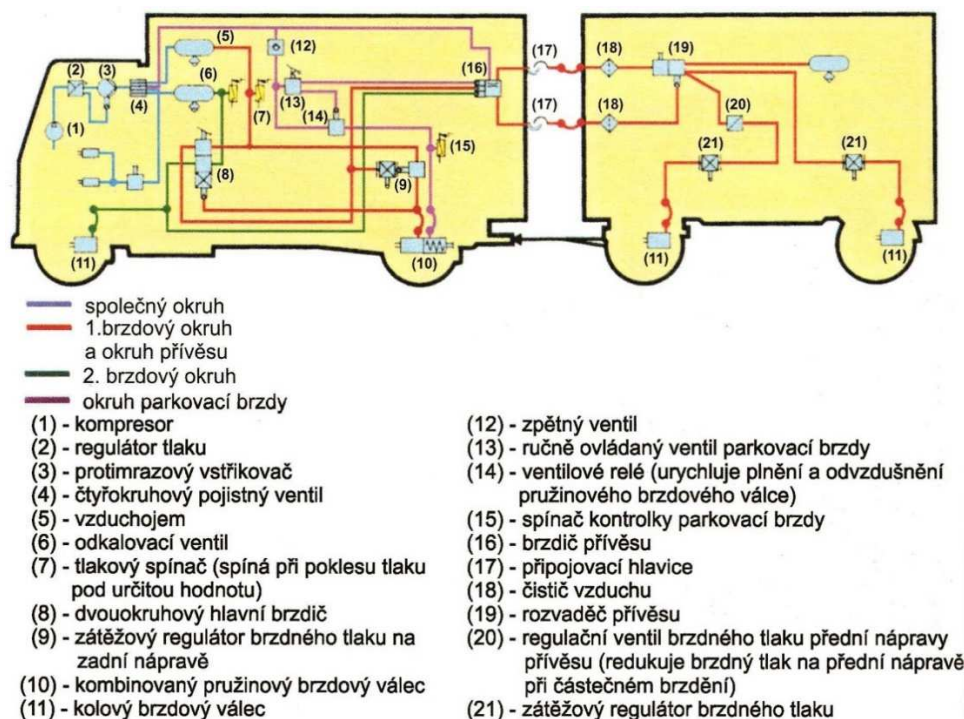
Vzduchotlaké brzdové systémy jsou obvykle zapojovány do těžších vozidel tj. do vozidel od hmotnosti 7 t. Tedy do vozidel kategorií N2 a většiny N3. Umístění do menších a lehčích nákladních vozidel není vzhledem k rozměru veškerých komponentů možné.

Zapojení brzdové soustavy lze rozdělit do následujících skupin:

- samostatné vozidlo
- tahač přívěsů
- tahač návěsů
- přívěs nebo návěs

### 3.2 Konstrukce dvouokružové brzdové soustavy

K vytvoření dostatečné brzdné síly u užitkových vozidel s vyšší celkovou hmotností už nestačí pouze fyzická síla řidiče. Proto je jeho síly využito jen k uvolnění energie stlačeného vzduchu, která se uvolní sešlápnutím brzdového pedálu. Ta je pak regulovaně využita pro brzdění nákladního vozidla.



obrázek 12: Vzduchotlaká brzdová soustava nákladního vozidla s přívěsem[4]

#### 3.2.1 Plnicí část

Slouží pro vytváření zásoby stlačeného vzduchu. Její součástí jsou dva vzduchojemy s tlakoměry a odkalovacími ventily, regulátor tlaku, kompresor, čtyřokruhový pojistný ventil, plnič pneumatik a protimrazové zařízení. Do tzv. sdruženého přístroje mohou být u některých vozidel sdružené tři přístroje zapojené za kompresorem. Stlačený vzduch putuje do tzv. mokrého vzduchojemu. Ten je opatřen automatickým odvodňovacím ventilem. Slouží k rovnoměrnému zásobení vzduchem v celé vzduchotlakové soustavě, pokud dojde k poruše jednoho z okruhů.



### 3.2.2 Ovládací část

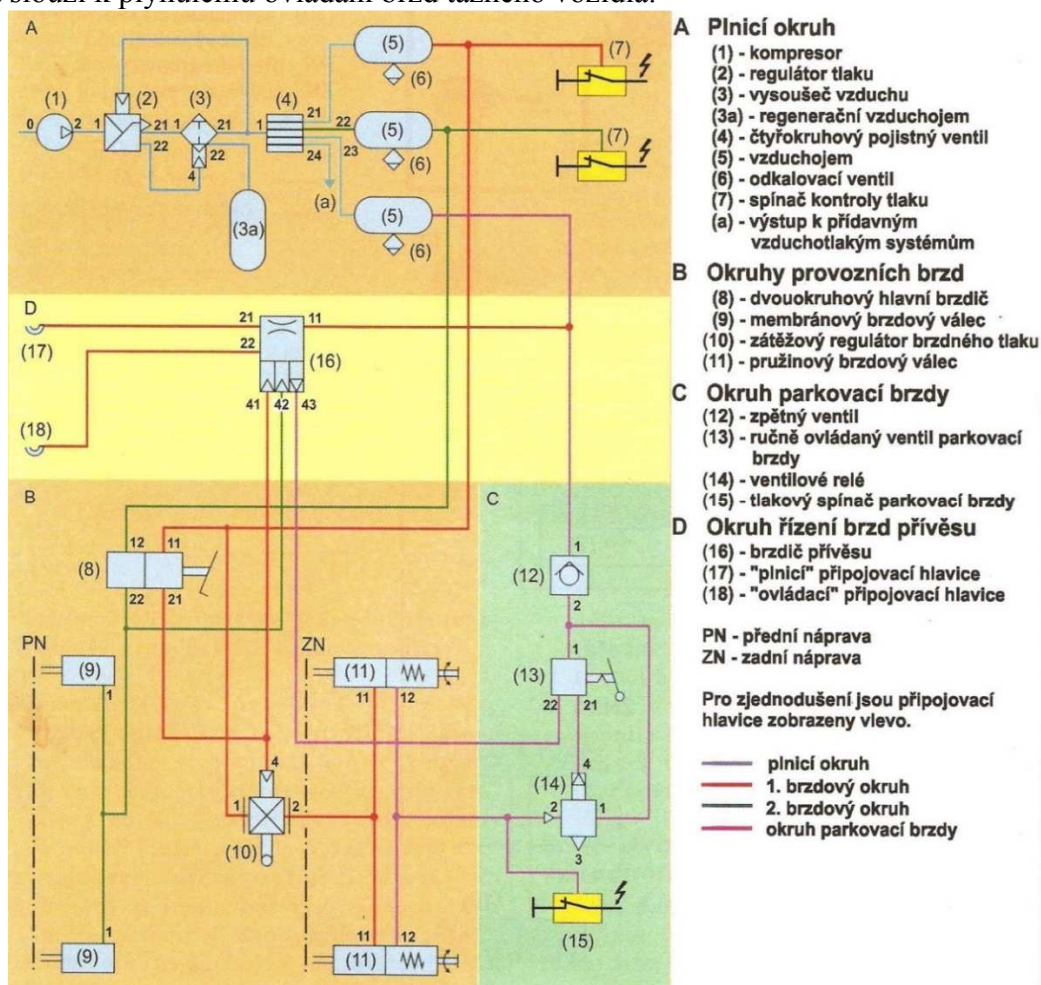
Jedná se o zařízení řídicí brzdny účinek soustavy. Patří sem pedálový nebo páčkový dvouokruhový brzdíč, samočinný zátěžový regulátor tlaku, brzdové válce pružinové na zadní nápravě, brzdové válce jednoduché na přední nápravě a ventil ovládající parkovací brzdu.

### 3.2.3 Brzdy

Zde se pohybová energie vozidla přeměňuje v energii tepelnou. Brzdový tlak z brzdíče vede jedním okruhem k brzdovým válcům přední nápravy, druhým k brzdovým válcům zadní nápravy. Je-li součástí, i do brzdíče přívěsu. Zátěžový regulátor je zapojený do brzdové větve spolu s ovládacím ventilem přední nápravy. Ruční brzdový ventil slouží k brzdění při parkování nebo k nouzovému brzdění, reguluje vzduch v pružinových válcích. Pokles tlaku při tomto manévru je jistěn zpětným ventilem. Aby nedošlo k součtu brzdnych sil a tím k přetížení soustavy při současném ovládní provozního i parkovacího brzdění, zajišťuje ochranný ventil. Plnění a odvětrávání pracovním válců ovládajících výfukovou odlehčovací brzdu zajišťuje třicestný ventil.

## 3.3 Konstrukce dvouokruhové dvouhadicové vzduchotlaké brzdové soustavy

Tento typ vzduchotlakého brzdového systému se používá u nákladních automobilů s přívěsem a celkovou hmotností nad 16 t. Jedna větev zajišťuje neustálý přívod stlačeného vzduchu. Druhá slouží k plynulému ovládní brzd tažného vozidla.



obrázek 13: Schéma dvouokruhové dvouhadicové vzduchotlaké brzdové soustavy[4]

### 3.3.1 Plnicí okruh

Ten vytváří zásobu stlačeného vzduchu s pracovním tlakem 8 bar (0,8 MPa) a předává jej dále do následujících okruhů. Obsahuje kompresor, regulátor tlaku, vysoušeč vzduchu, regenerační vzduchojem, čtyřokruhový pojistný ventil a spínač kontroly tlaku. Přes regulátor tlaku a vysoušeče vzduchu je vzduch nasát kompresorem do čtyřokruhového pojistného ventilu. Aby nebyl překročen maximální povolený tlak 0,8 MPa, hlídá regulátor tlaku tím, že přebytečný vzduch vypouští ven. Stlačený vzduch je čtyřokruhovým pojistným ventilem rozveden do čtyř vzduchotlakých okruhů – do prvního a druhého okruhu provozní brzdy, do okruhu parkovací brzdy a brzdy přívěsu a přídavných vzduchových systémů. Zásoby stlačeného vzduchu pro brzdy jsou uchovány ve vzduchojemech. Voda, která zde zkondenzuje, se vypouští odkalovacími ventily. Pokles pod limit tlaku je hlášen tlakovými spínači.

### 3.3.2 Okruh provozních brzd

Jeho součástí je hlavní dvouokruhový brzdič, membránový brzdový válec, zátěžový regulátor brzdového tlaku a pružinový brzdový válec. Brzdový účinek v brzdách náprav utváří stlačený vzduch v soustavě pro provozní brzdění. Brzdná síla je řízena pedálovým dvouokruhovým brzdičem a závisí na síle vyvinuté na brzdový pedál automobilu. Čím víc je pedál sešlápnut, tím více vzduchu teče ze vzduchojemů obou okruhů provozních brzd. Je veden přes pedálový dvouokruhový brzdič do brzdových válců přední nápravy a do pružinových brzdových válců zadní nápravy přes zátěžový regulátor tlaku. Obsah vzduchu v brzdových válcích je úměrný vysunutí pístnice brzdového válce. Ta uvede v činnost kolové brzdy a to pomocí brzdové páky. Aby mohla být ovládána provozní brzda přívěsu, je pedálový dvouokruhový brzdič propojen výstupní přípojkou s řídicím ventilem přívěsu. Tímto principem jsou následně řízeny i provozní brzdy případného připojeného přívěsu. Tlak v zadních brzdách zadní nápravy je regulován zátěžovým regulátorem tlaku. Pokud není vozidlo zatíženo, přívod vzduchu do zadních pružinových brzd omezen. Při zatížení pak opět zvýšen.

### 3.3.3 Okruh parkovací brzdy

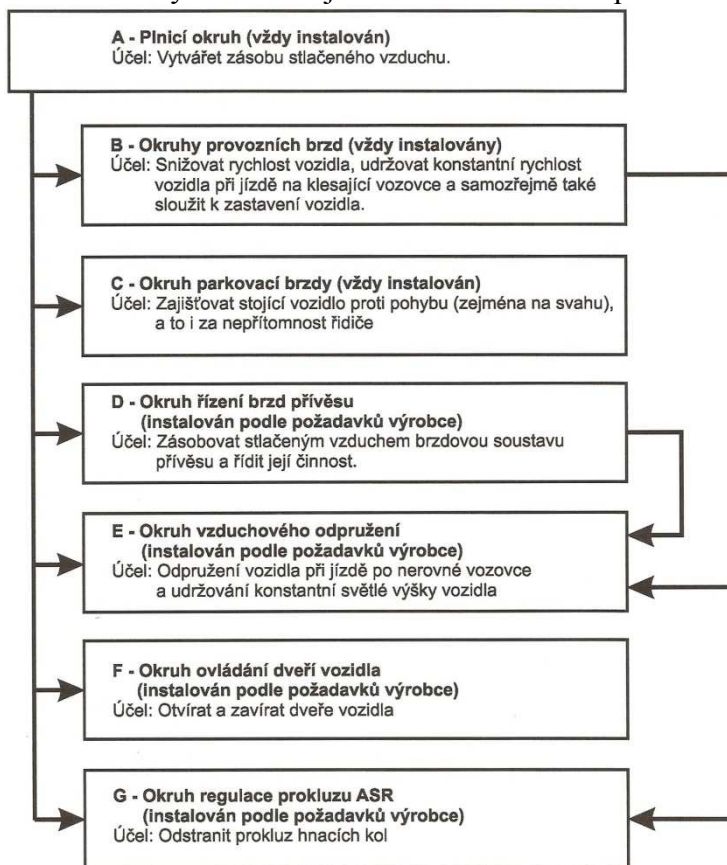
Tento okruh se skládá ze zpětného ventilu, ručně ovládaného ventilu parkovací brzdy, ventilového relé a tlakového spínače parkovací brzdy. Ruční brzda se ovládá pneumaticky. Do činnosti ji uvádí ruční páka ventilu parkovací brzdy. Pružinové brzdové válce zadní nápravy jsou při odbrzdění zavzdušněny, v klidu pak odvzdušněny. Propojení s příslušným vzduchojemem je vedeno přes ventilové relé. To je vstupní přípojkou napojené na výstupní přípojkou čtyřokruhového pojistného ventilu. Tím se zrychluje potřebné zavzdušnění (odbrzděno) a odvzdušnění (zabrzděno). Aby nedocházelo k úniku vzduchu při netěsnosti zásobního okruhu, zajišťuje zpětný ventil. Parkovací brzdy přívěsu jsou řízeny propojením ventilu parkovací brzdy s řídicím ventilem přívěsu přes výstupní přípojkou. Dojde-li k nechtěnému úniku vzduchu z pružinového parkovacího válce, je tato skutečnost signalizována tlakovým spínačem. Zásobárnou stlačeného vzduchu pro parkovací brzdy a brzdy přívěsu je zásobní okruh. Pokud dojde k poruše provozní brzdy, pracuje parkovací brzda jako nouzová brzda s odstupňovaným účinkem.

### 3.3.4 Okruh řízení brzd přívěsu

Ten se skládá z brzdíče přívěsu, plnicí a ovládací připojovací hlavice. Brzdy přívěsu vzduchem zásobuje přípojka čtyřokruhového pojistného ventilu přes přípojku brzdíče přívěsu a plnicí připojovací hlavici. S tažným vozidlem je propojena dvěma hadicemi, plnicí a ovládací. Tlak vzduchu, který je přes ovládací připojovací hlavici přiveden do provozních brzd přívěsu, je stejný jako tlak v brzdových okruzích tažného vozidla. Ovládá se sešlápnutím pedálu hlavního dvouokruhového brzdíče. Nouzové brzdění tažného vozidla musí být vyvoláno provozním brzděním přívěsu. Tato podmínka je splněna následovně. Pokud se aktivuje ventil parkovací brzdy, sníží se stupňovitě tlak na přípojce brzdíče přívěsu. Tím se odpovídající měrou zvýší tlak v brzdovém okruhu přívěsu. Při odpojení přívěsu od tažného vozidla se přeruší i obě hlavice, ovládací i plnicí. Pokles tlaku vzduchu v plnicím okruhu vede prostřednictvím rozvaděče přívěsu k jeho zabrzdění. Tím, že je rozvaděč přívěsu umístěn v brzdovém systému přívěsu, je zaručeno samočinné brzdění přívěsu. K samočinnému zabrzdění přívěsu dojde i při přerušení jen ovládací hlavice. Opět klesne tlak vzduchu i v plnicí hadici a přívěs je zabrzděn. K urychlení procesu poklesu tlaku vzduchu je v brzdíči přívěsu zabudován integrovaný škrticí ventil.

### 3.4 Hlavní komponenty vzduchotlakého brzdového systému

Vzduchotlaká soustava užitkových vozidel je složena z těchto skupin zařízení.



Obrázek 14: Přehled okruhů vzduchotlaké soustavy[4]

### 3.5 Zařízení plnicího okruhu

Jejich účelem je vytváření dostatečné zásoby stlačeného vzduchu.

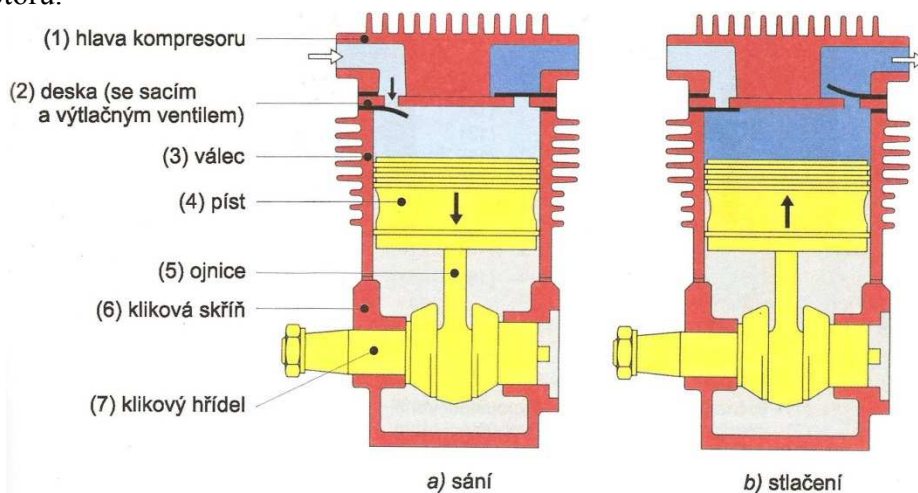
#### 3.5.1 Kompresor

Vzduchový kompresor vytváří požadovaný tlak vzduchu. Je zdrojem energie vzduchotlaké soustavy.



Obrázek 15: Kompresor[4]

Z hlediska konstrukce jde o pístové čerpadlo. Pomocí klínového řemene nebo ozubeného soukolí je jeho klikový hřídel poháněn motorem vozidla. Klikový hřídel je obvykle uložen v klikové skříni a je přes ojnice spojen s pístem pohybujícím se ve válci. Vnitřní prostor válce je shora uzavřen hlavou kompresoru s výtlačným a sacím kanálem. Mezi je dále umístěna deska se sacím a výtlačným ventilem. Jedná-li se o kompresory chlazené vodou, musí být v hlavě vytvořeny ještě chladicí kanály. Ty pak umožňují oběh chladicí kapaliny. Kompresor nasává čistý vzduch nejčastěji ze sacího potrubí motoru. V některých případech však může být napojen i na vlastní přívod vzduchu s čistěčem. Mazání kompresoru zabezpečuje mazací systém motoru.



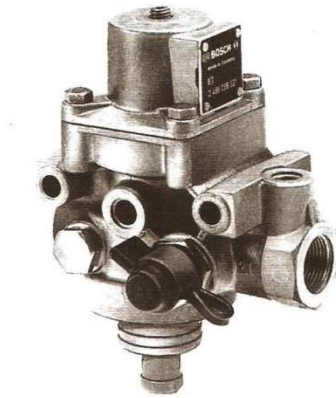
Obrázek 16: Kompresor chlazený vzduchem[4]



Vzduch je do válce kompresoru nasát přes sací ventil. Sací ventil se otevře díky podtlaku, který vzniká při pohybu pístu z horní úvratě (HÚ) do dolní úvratě (DÚ). Při obráceném pohybu, tedy z DÚ do HÚ, vzniká ve válci naopak přetlak. Dosáhne-li určité hodnoty, otevře se výtlačný ventil a stlačený vzduch je vypuštěn do vzduchojemu. Při běhu motoru je kompresor vždy v činnosti. Přebytečný vzduch, když je vzduchotlaká soustava naplněna, je regulátorem tlaku nebo vysoušečem vzduchu vypouštěn do ovzduší.

### 3.5.2 Regulátor tlaku

Regulátor vzduchu reguluje pracovní tlak stlačeného vzduchu v soustavě. Odvádí vzduch do vzduchojemů nebo do ovzduší, jak je potřeba. V regulátoru tlaku je také zabudovaný plnič pneumatik, který zároveň slouží pro vnější plnění soustavy stlačeným vzduchem.

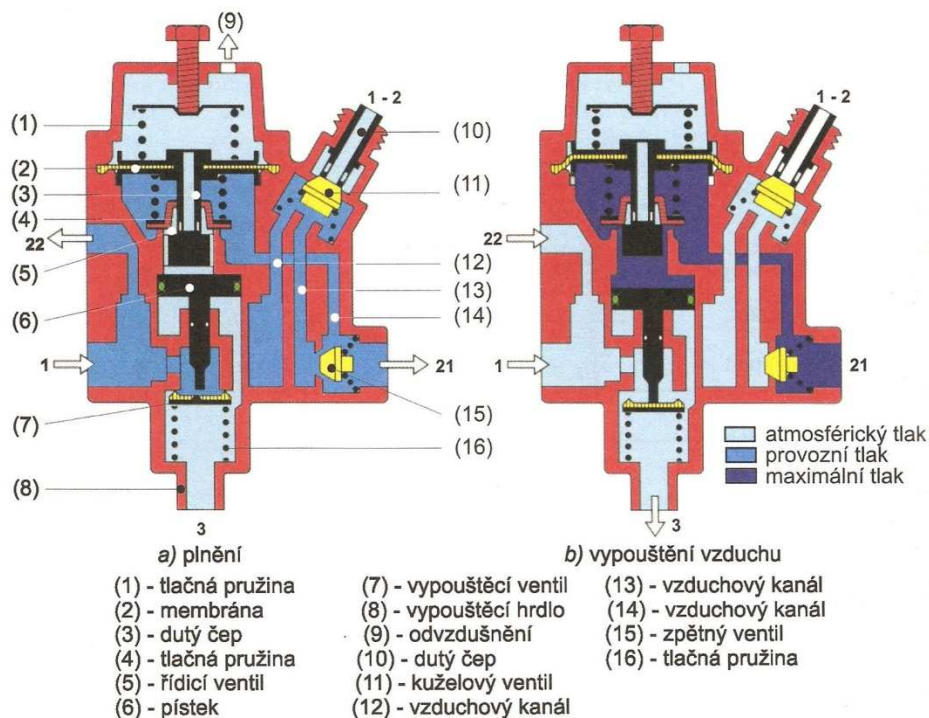


Obrázek 17: Regulátor tlaku[4]

Regulátor tlaku se skládá z regulační jednotky, pojistného ventilu, zpětného ventilu a plnicího zařízení. V horní části je umístěn řídicí ventil, který je ovládaný membránou. V dolní části je pístkem ovládaný vypouštěcí ventil. Vpravo dole pak najdeme zpětný ventil. U některých provedení je vpravo nahoře umístěna přípojka pro plnění pneumatik s dvojitým ventilem. Kromě již zmiňovaných přípojek je u většiny regulátorů ještě přípojka, ze které se odbírá stlačený vzduch pro řídicí impulsy protimrazového zařízení.

Princip činnosti

- plnění
- vypouštění vzduchu
- plnění pneumatik
- zajištění proti překročení maximálního dovoleného tlaku



Obrázek 18: Regulator tlaku[4]

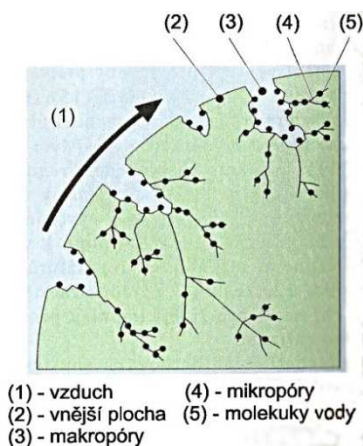
### 3.5.3 Vysoušeč vzduchu

Stlačený vzduch je pro střední a těžká vozidla výborným zdrojem energie. Problém však může nastat s vlhkostí, respektive s vodní parou obsaženou ve vzduchu. Ke kondenzaci dochází při stlačení ohřátého vzduchu v kompresoru a jeho následným zchlazením na okolní teplotu.

Možné problémy:

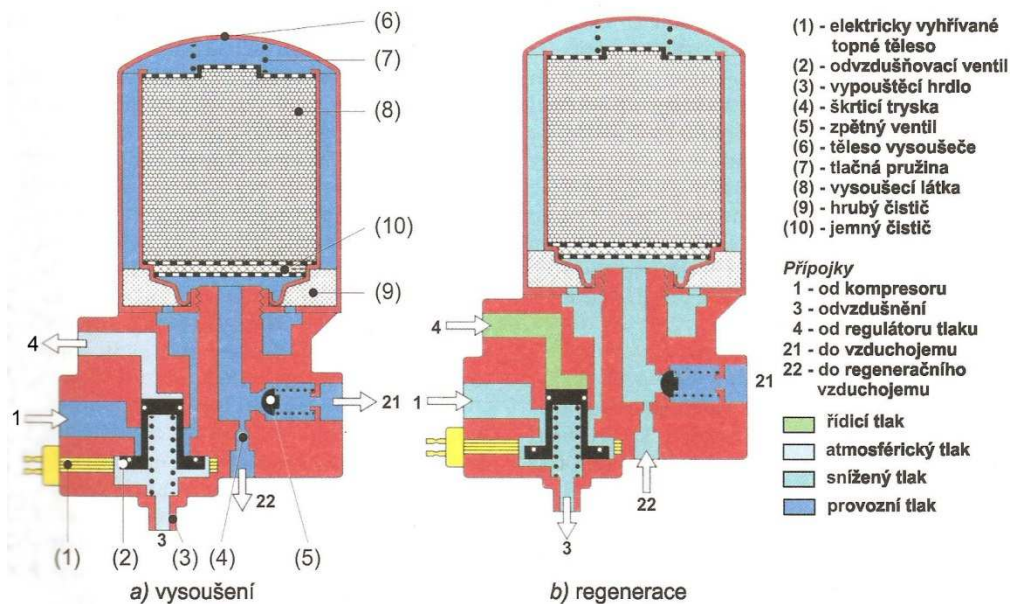
- zamrznutí a následné poruchy činnosti ventilů, až neprůchodnost potrubí
- koroze ve válcích, ventilech a vzduchojemech
- odmaštění brzdové soustavy

Těmto problémům pomáhá předcházet zabudovaný vysoušeč vzduchu. Nahrazuje dřívější zejména pasivní prostředky proti kondenzaci vodní páry v soustavě (tj. vypouštění kondenzátů a vstřikování nemrznoucích směsí). Pracuje na principu pohlcování, nebo-li absorpce. Stlačený vzduch putuje přes molekulární filtr, vysoušecí látku ve formě granulí. Zde se molekuly vody zachytí.



Obrázek 19: Granulát – vysoušecí látka (molekulární síto) [4]

Při pracovním tlaku v brzdové soustavě tato látka pojme daleko více vody než při běžném atmosférickém tlaku. Těto vlastnosti se využívá při jeho obnově.



Obrázek 20: Vysoušeč vzduchu bez regulátoru tlaku[4]

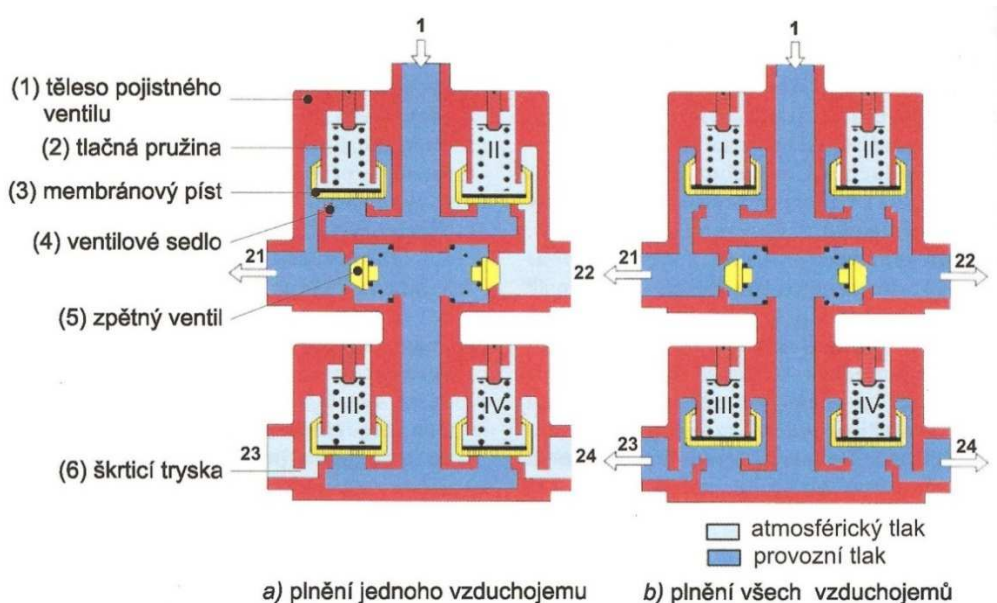
Vysoušeč vzduchu se skládá ze samotného tělesa vysoušeče, které je napojeno na řídicí část. Odvzdušňovacím ventilem, který vyhřívá topné tělísko, se vypouští regenerační vzduch do ovzduší. Jeho tlak snižuje regenerační tryska na tlak atmosféry. Zpětnému chodu zabraňuje zpětný ventil. Dále těleso vysoušeče obsahuje hrubý čistič. Ten zachycuje hrubé nečistoty, vysoušecí granule a olej. Další čistič zachycuje prach z vysoušeče a tlačná pružina vytváří přepětí ve vysoušeči.

Princip činnosti

- vysoušení
- regenerace

### 3.5.4 Čtyřokruhový pojistný ventil

Úkolem čtyřkruhového pojistného ventilu je zásobovat vzduchem a chránit před nadměrným tlakem oba brzdové okruhy, okruh parkovací brzdy, okruh brzd přívěsu a okruh přidavných vzduchových zařízení.

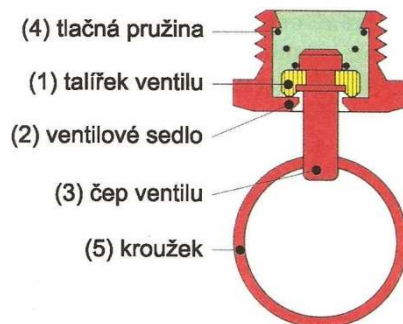


Obrázek 21: Čtyřkruhový pojistný ventil[4]

Čtyřkruhový pojistný ventil se skládá ze čtyř přepouštěcích ventilů, které mají omezené zpětné proudění. Ty jsou řízeny centrálně nebo po dvou za sebou.

### 3.5.5 Odkalovací ventil

Jak už jsem výše uvedl, dochází ve vzduchojemu ke kondenzaci vodní páry. Právě k jejímu vypouštění ze vzduchotlaké soustavy slouží odkalovací ventil. Dále u soustav bez vysoušeče zabraňuje tomu, aby stoupající hladina vody zmenšovala objem stlačeného vzduchu. Pokud je v soustavě vysoušeč zabudován, kontroluje odkalovací ventil jeho bezchybný chod.



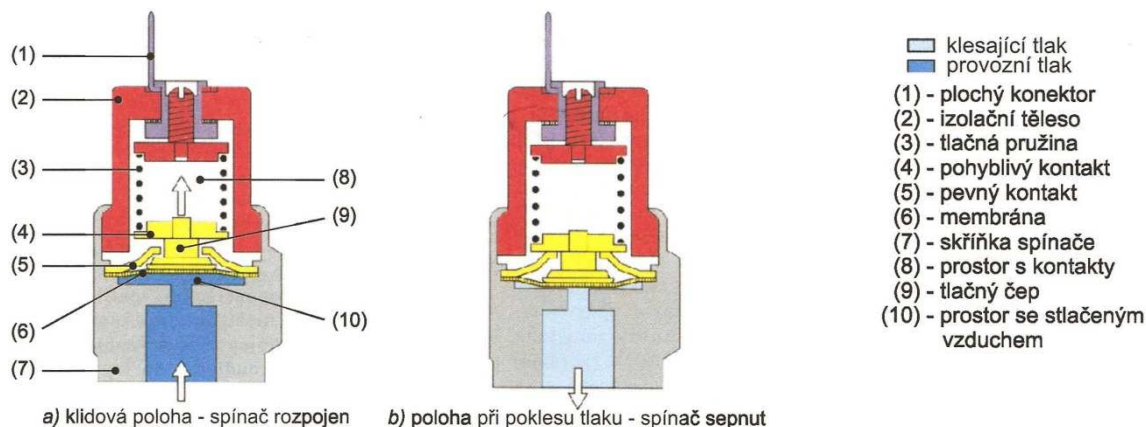
Obrázek 22: Odkalovací ventil[4]

Talířek ventilu je tlačnou pružinou tlačěn proti ventilovému sedlu. Ventil se uzavírá. Talířek ventilu je napevno spojen s čepem. Pokud zatáhneme za kroužek (viz obrázek), talířek ventilu se otevře a kondenzát může vytéct.

### 3.5.6 Tlakový spínač kontroly tlaku

Tlakový spínač hlídá tlak vzduchu ve vzduchotlaké brzdové soustavě. Pokud se dostane pod minimálně stanovenou hodnotu, vydá akustický nebo optický varovný signál.





Obrázek 23: Tlakový spínač kontroly tlaku[4]

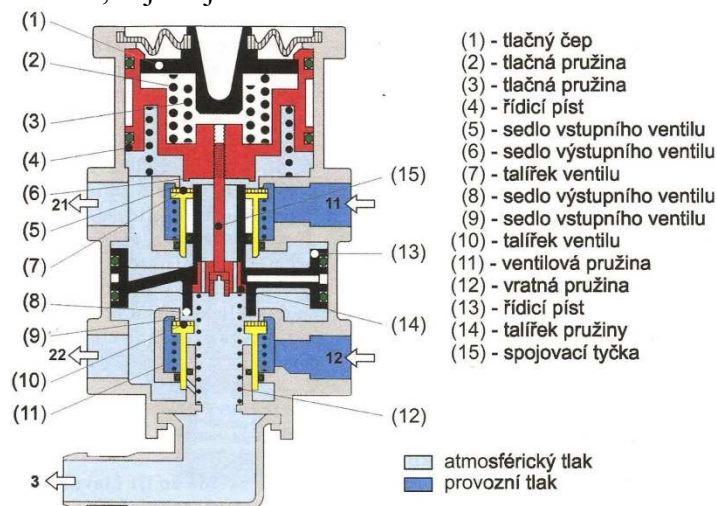
Konstrukčně se jedná o dva prostory, jeden se stlačeným vzduchem a druhý, odizolovaný, s kontakty. Tyto dva prostory jsou odděleny membránou. Pokud je provozní tlak vzduchu dostatečný, překoná přítlačnou sílu pružiny a díky membráně a tlačnému čepu dojde k nadzvednutí pohyblivého kontaktu od pevného. Elektrický obvod je přerušen. V opačném případě, tedy dojde-li k poklesu provozního tlaku, jeho síla nestačí na překonání přítlačné pružiny, membrána povolí a pohyblivý kontakt klesne na pevný. Obvod je uzavřen a elektrický proud spustí varovný signál.

### 3.6 Zařízení okruhu provozních brzd

Účelem okruhu provozních brzd je snižování rychlosti vozidla. Na klesající vozovce mají za úkol udržovat konstantní rychlost. Slouží také k úplnému zastavení vozidla.

#### 3.6.1 Dvouokruhový hlavní brzdíč s pevným sedlem

Dvouokruhový hlavní brzdíč řídí dva vzduchotlaké okruhy brzdové soustavy tažného vozidla, které jsou na sobě nezávislé. Přes řídicí ventil přivěsu ovládá připojený přívěs. Pokud dojde k poruše jednoho z okruhů, zajišťuje nouzové brždění vozidla.



Obrázek 24: Dvouokruhový hlavní brzdíč s pevným sedlem[4]

Oba okruhy provozních brzd jsou řazeny za sebou a ovládají se přes společné orgány brzdovým pedálem. V tělese brzdíče jsou pevně vytvořena sedla prvního a druhého vstupního ventilu. Aby byl tlak vznikající v soustavě v obou okruzích shodný, má na starosti řídicí píst.

Činnost:

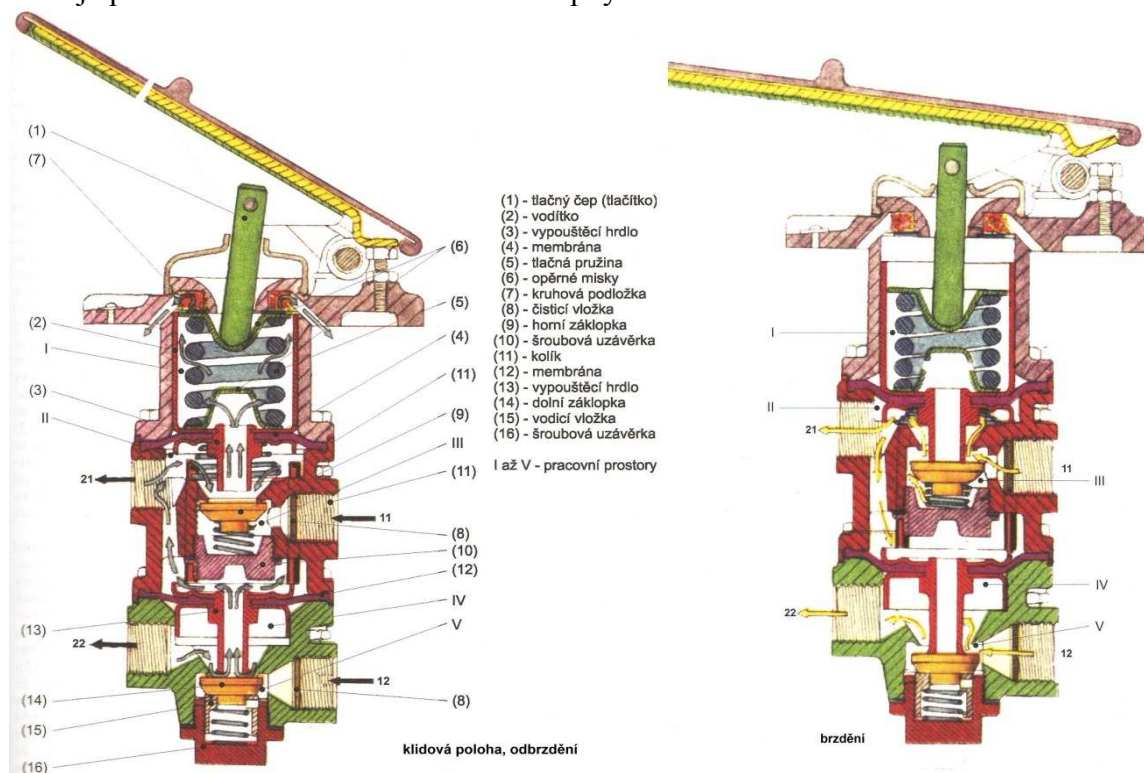
- klidová poloha
- brzdění
- plné brzdění
- porucha některého okruhu

### 3.6.2 Dvouokruhový hlavní brzdíč membránový

Brzdíč má tři hlavní části – horní, střední a spodní. Ty jsou navzájem propojeny šrouby. Brzdový pedál spojený s tlačným čepem je připojen k přírubě horní části. Ve vnitřku horní části je volně uloženo vodítko, které je propojeno s membránou a vypouštěcím hrdlem. Membrána je ukotvena mezi horní a střední částí brzdíče a je pružinou tlačena nahoru. Tzv. vypouštěčem prvního okruhu je nazýván pohyblivý celek, který se skládá právě z membrány a vodítka s vypouštěcím hrdlem. Přes vybrání na kruhové podložce, která je umístěna mezi horní miskou a tělesem brzdíče, může z dutiny vodítka unikat vzduch. Horní miska tlačné pružiny, která je umístěna ve vodítku, se opírá o tlačný čep. Druhá, tedy spodní miska, která je na dně vodítka, má několik otvorů.

Výstupní hrdlo 21, které se nachází ve střední části brzdíče, je napojené potrubím na brzdové válce zadních kol. To nazýváme prvním okruhem provozních brzd. Na vzduchojem prvního okruhu je napojeno hrdlo 11 s čistící vložkou. K sedlu tělesa brzdíče je pružinou přitlačovaný pryžový ventil, který se nachází v jeho dutině. Spodek dutiny uzavírá šroubová uzávěra. O horní podložku membrány se pak opírají tři kolíky, které jsou ve střední části brzdíče volně zasunuty do třech otvorů umístěných v tělese. I mezi střední a spodní částí nacházíme sevřenou membránu. Spolu s vypouštěcím hrdlem tvoří tzv. vypouštěč druhého okruhu.

Ve spodní části brzdíče je výstupní hrdlo 22 napojeno potrubím na brzdové válce předních kol (druhý okruh provozních brzd). Se vzduchojemem druhého okruhu je pak brzdíč propojen přes vstupní hrdlo 12. Dutina spodní části brzdíče je uzavírána šroubovou uzávěrou, kterou přitlačuje pružinová vodící vložka dolní záklopku.



Obrázek 25: Dvouokruhový hlavní brzdíč membránový[4]

### Činnost

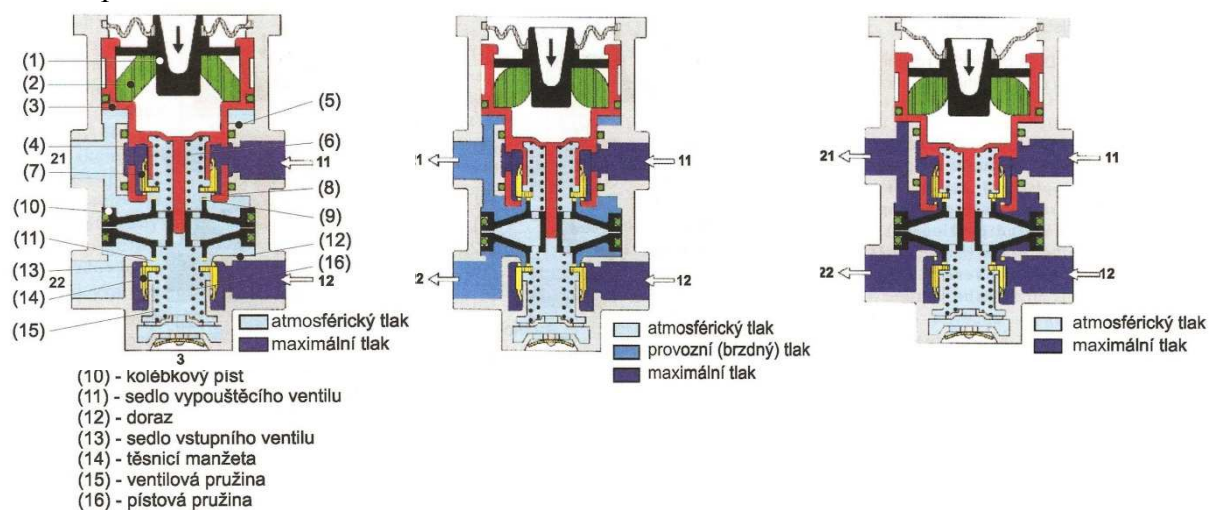
- brzdění
- odbrzdění
- porušení prvního okruhu
- porušení druhého okruhu

### 3.6.3 Dvouokruhový hlavní brzdíč s kolébkovým pístem

Tento brzdíč tvoří dva oddělené brzdové ventily, které jsou řazeny za sebou. Oba řídí brzdový pedál. Principem kolébkového pístu je fakt, že pružiny a těsnící síly ventilu rovnovážně působí na obou řídicích stranách kolébkového pístu a tím se vytváří shodný tlak v prvním i druhém brzdovém okruhu. Tento tlak je možné velmi spolehlivě řídit. Vzhledem k tomu, že se jedná o oddělené okruhy, je v případě poruchy jednoho z nich funkce druhého plně zachována.

### Činnost

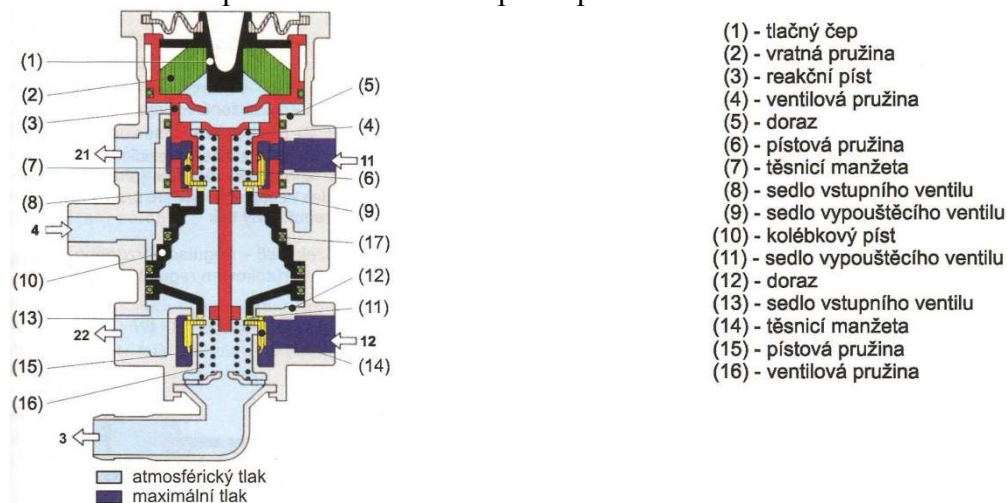
- klidová poloha
- částečné brzdění
- plné brzdění
- poruch některého okruhu



Obrázek 26: Dvouokruhový hlavní brzdíč s kolébkovým pístem; klidová poloha – částečné brzdění – plné brzdění[4]

### 3.6.4 Hlavní brzdíč s poměrným tlakovým ventilem

Oba okruhy provozních brzd tažného vozidla i brzdový okruh přívěsu dokáže řídit další druh brzdíče a to hlavní brzdíč s poměrným tlakovým ventilem. Ten v závislosti na tlaku v okruhu zadních brzd reguluje tlak v brzdách na přední nápravě. Tento brzdíč má podobnou konstrukci jako brzdíč kolébkový popsany v předešlé kapitole. Rozdílem je umístění poměrného tlakového ventilu mezi oběma brzdovými okruhy. Přes tento ventil je v závislosti na nastavení tlaku na zadní nápravě řízen tlak na nápravě přední.



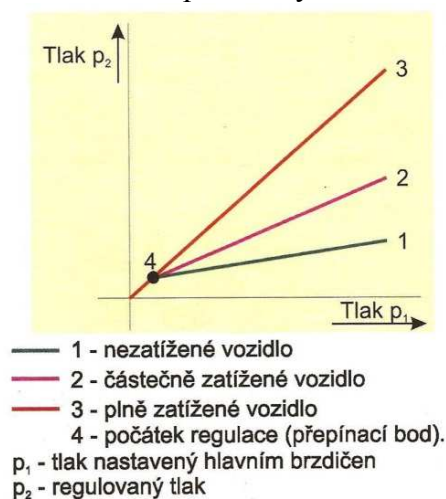
Obrázek 27: Hlavní brzdíč s poměrným tlakovým ventilem[4]

Činnost

- Klidová poloha
- Brzdění

### 3.6.5 Regulátor brzdného tlaku

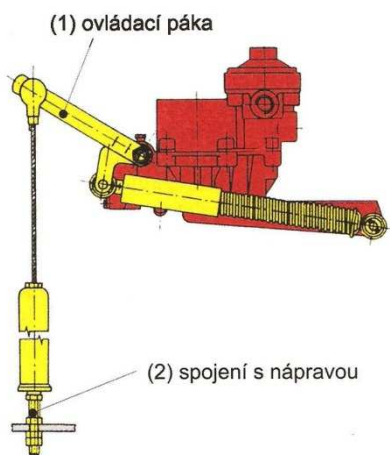
Brzdný tlak u vzduchotlaké brzdové soustavy samočinně reguluje regulátor brzdného tlaku a to v závislosti na zatížení vozidla (ALP). Plný tlak nastavený hlavním brzdíčem je do brzdových válců přiváděn v případě plného zatížení vozidla. Přímá úměra pak platí i v případě málo nebo zcela nezatíženého vozidla. Tlak přiváděný do brzdových válců je poměrně snížen.



Obrázek 28: Regulace brzdného tlaku průtokovým regulátorem[4]



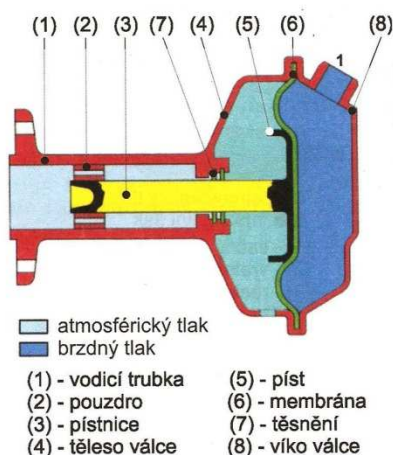
Zátěžový regulátor tlaku je umístěn na rámu vozidla. Je to vlastně kombinace ventilového relé a dynamického průtokového regulátoru. Regulátor pracuje dynamicky v závislosti na poloze ovládací páky. Tlak působící v brzdovém válci dokáže velmi rychle přizpůsobit a to i v odbrzděném stavu.



Obrázek 29: Zátěžový regulátor brzdného tlaku[4]

### 3.6.6 Membránový brzdový válec

Přeměnou tlaku na mechanickou sílu uvádí v činnost kolové brzdy membránový brzdový válec.



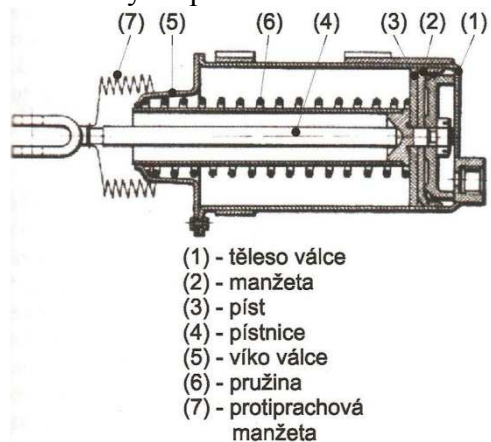
Obrázek 30: Membránový brzdový válec[4]

Vnitřní prostor válce rozdělují na dvě komory předepjatá membrána. Ta je umístěná mezi víkem a tělesem válce a působí na píst pevně spojený s pístnicí, která je vedená pouzdem pohyblivým ve vodící trubce. Brzdový rozpínací klín, který je součástí kolové brzdy, pak v klidové poloze tlačí membránu přes pístnici proti víku válce.

Při uvedení v činnost tlačí vzduch na membránu a posune píst. Přes pístnici a brzdový klín dojde k přitlačení brzdových čelistí k brzdovému bubnu – brzdění. Při odvzdušnění se vše vrátí do klidové polohy – odbrzdění.

### 3.6.7 Brzdový válec

Stejný účel jako výše uvedený membránový brzdový válec má tento brzdový válec. Pro rozpínání brzdových čelistí však obvykle používá místo klínu S-vačku nebo brzdový klíč.

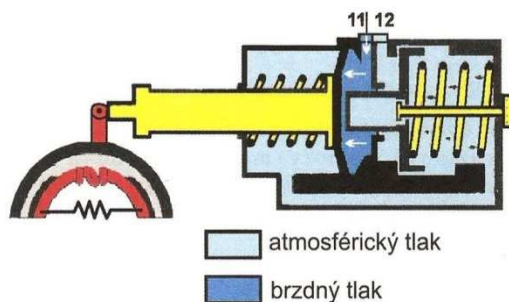


Obrázek 31: Kolový brzdový válec[4]

Brzdový válec tvoří ocelové těleso, do kterého je vložen píst a pístnice. V klidové poloze píst udržuje vratná pružina. Válec uzavírá víko s protiprachovou manžetou. Při brzdění vzduch vytlačuje píst a dále přes pístnici a brzdovou páku rozevívá čelisti klíče. Aby došlo k odbrzdění, musí být válec znovu odvzdušněn. K tomu dojde buď přes hlavní brzdíč, nebo přes vyfukovací ventil. Píst do výchozí polohy navrátí vratná pružina.

### 3.6.8 Kombinovaný pružinový brzdový válec

U užitkových vozidel je součástí okruhu parkovací brzdy a okruhu provozních brzd kombinovaný pružinový brzdový válec. Ten při aktivování parkovací nebo provozní brzdy ovládá kolové brzdy vozu.

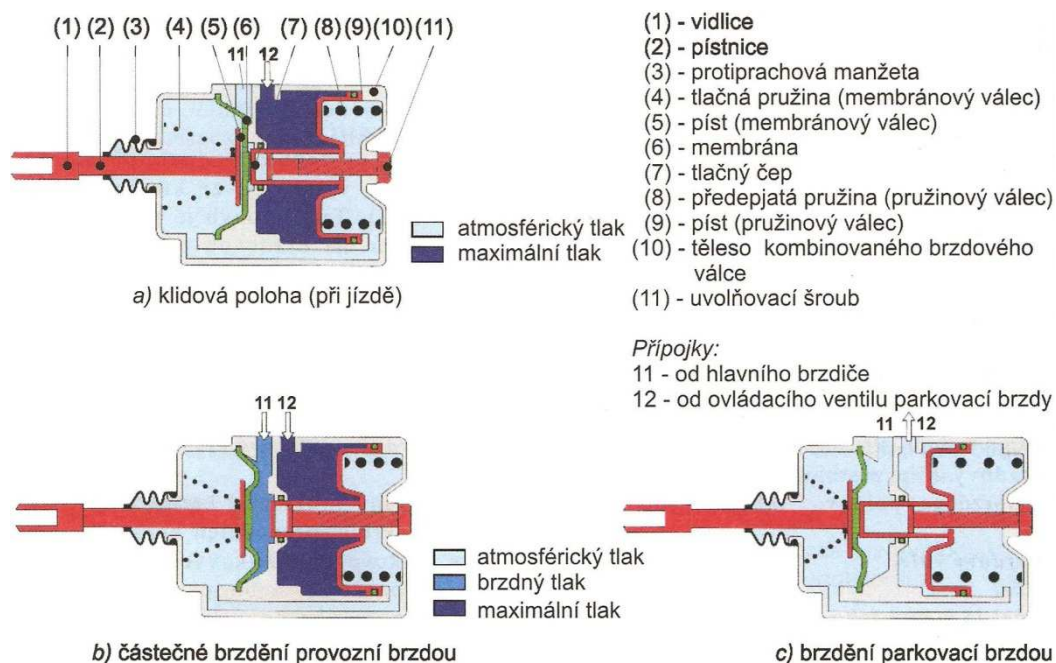


Obrázek 32: Ovládání bubnové brzdy kombinovaným pružinovým brzdovým válcem[4]

Membránový i pístový válec jsou umístěny v jednom tělese, oba pak společnými silami působí na pístnici. Obě pružinové komory, membránová i pístová jsou propojeny kanálem ve spodní části válce.

Činnost

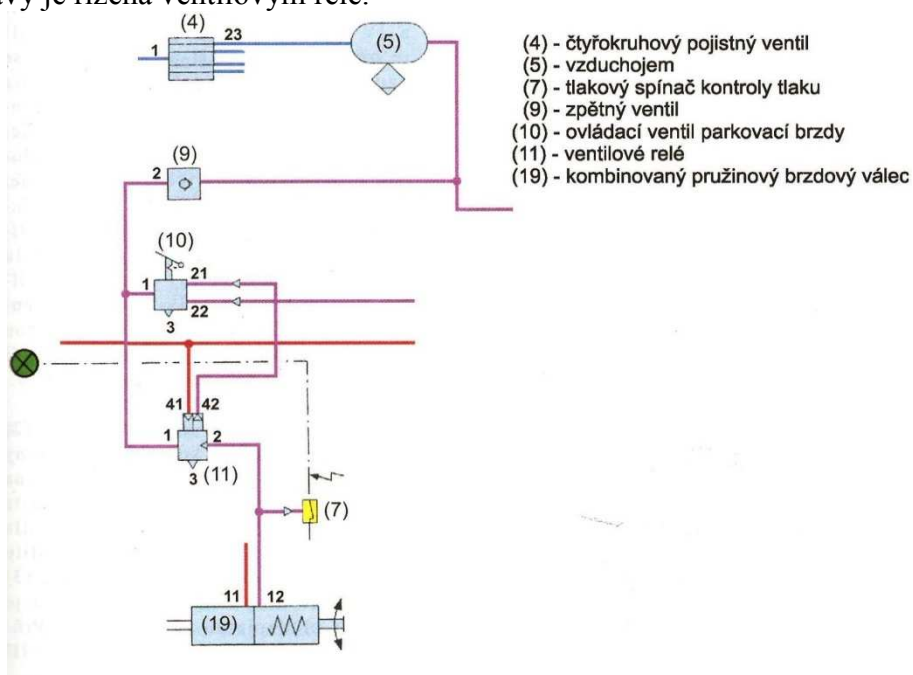
- Klidová poloha
- Brzdění provozní brzdou
- Brzdění parkovací brzdou



Obrázek 33: Polohy kombinovaného pružinového brzdového válce[4]

### 3.7 Zařízení okruhu parkovací brzdy

Úkolem okruhu parkovací brzdy je zajistit zabrzdění vozidla při jeho parkování. Pokud je jeho součástí je i ventil s odstupňovaným účinkem a může řídit i okruh provozní brzdy přívěsu, je schopen i nouzového brzdění. Parkovací brzdu ovládá ventil parkovací brzdy, obvykle přes ruční páčku. Ze vzduchojemu je přes zpětný ventil do kruhu parkovací brzdy přiveden stlačený vzduch. Ventil parkovací brzdy je přípojkou 21 propojen s ventilovým relé a přes přípojku 22 s řídicím ventilem přívěsu. Činnost kombinovaného pružinového válce zadní nápravy je řízena ventilovým relé.



Obrázek 34: Částečné schéma okruhu parkovací brzdy[4]

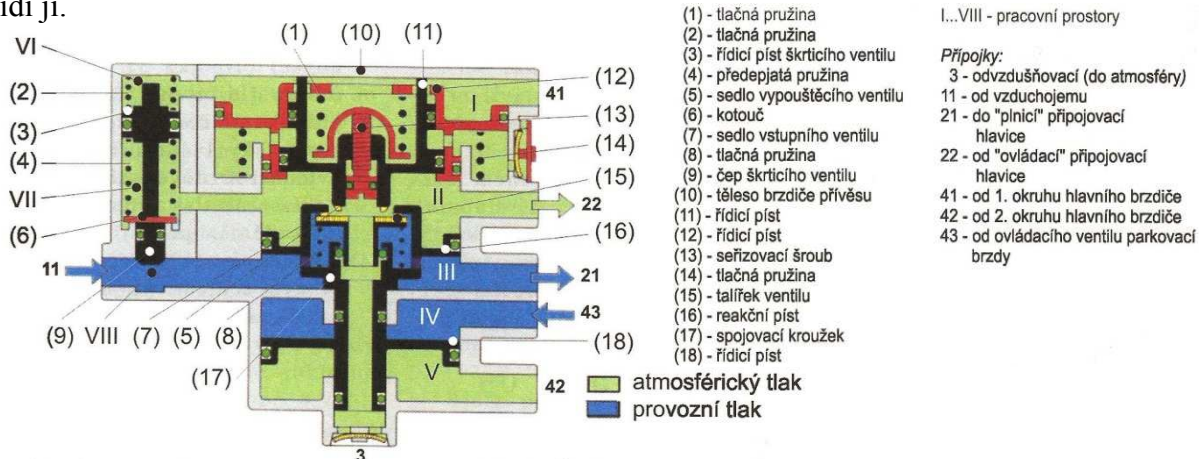
### Činnost

- Plnění
- Brzdění

## 3.8 Zařízení okruhu řízení brzd přívěsu

### 3.8.1 Brzdič přívěsu

Brzdič přívěsu je u užitkových vozidel s dvouhadicovou brzdovou soustavou umístěn na tažném vozidle. Přes řídicí ventil zásobuje brzdovou soustavu přívěsu stlačeným vzduchem a řídí ji.

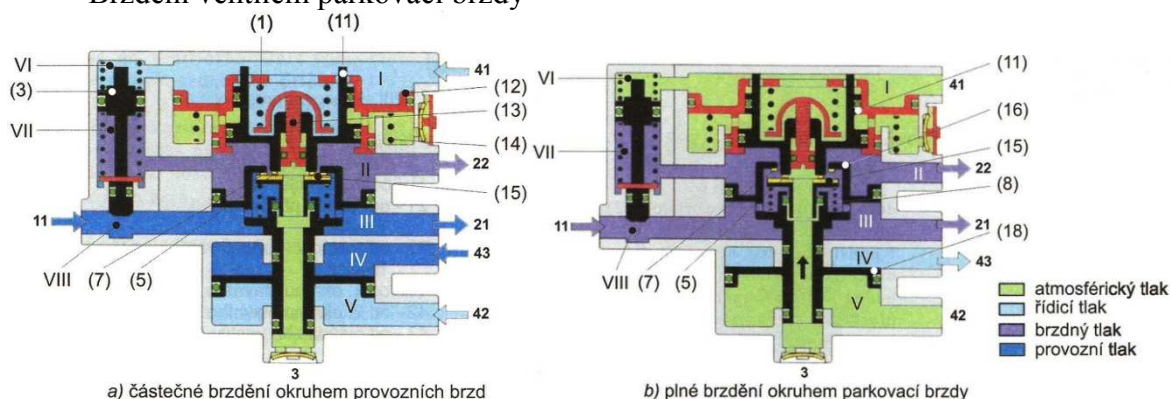


Obrázek 35: Dvouhadicový brzdič přívěsu, klidová poloha[4]

Konstrukčně se brzdič přívěsu sestává z několika vzduchových komor, které jsou řízeny ventily. Ty zavzdušňují a odvzdušňují brzdové potrubí. S nárůstem tlaku pracují komory 41 a 42, naopak s poklesem komora 43. Přes škrťací ventil, který je k tělesu brzdiče připevněn přírubou, a přes řídicí ventil přívěsu, proudí stlačený vzduch do plnicí připojovací hlavice.

### Činnost

- Klidová poloha, viz. obr. 35
- Škrťací ventil
- Brzdění hlavním brzdičem
- Brzdění ventilem parkovací brzdy

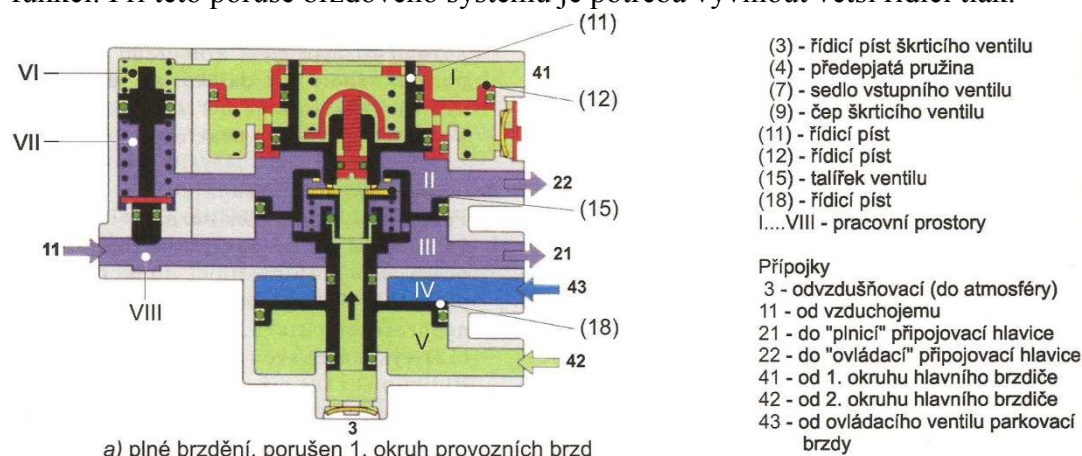


Obrázek 36: Dvouhadicový brzdič přívěsu, částečné a plné brzdění



### Porušení prvního brzdového okruhu

V tomto případě řídicí funkci přebírá řídicí píst a nemůže tak plně vykonávat svou původní funkci. Při této poruše brzdového systému je potřeba vyvinout větší řídicí tlak.



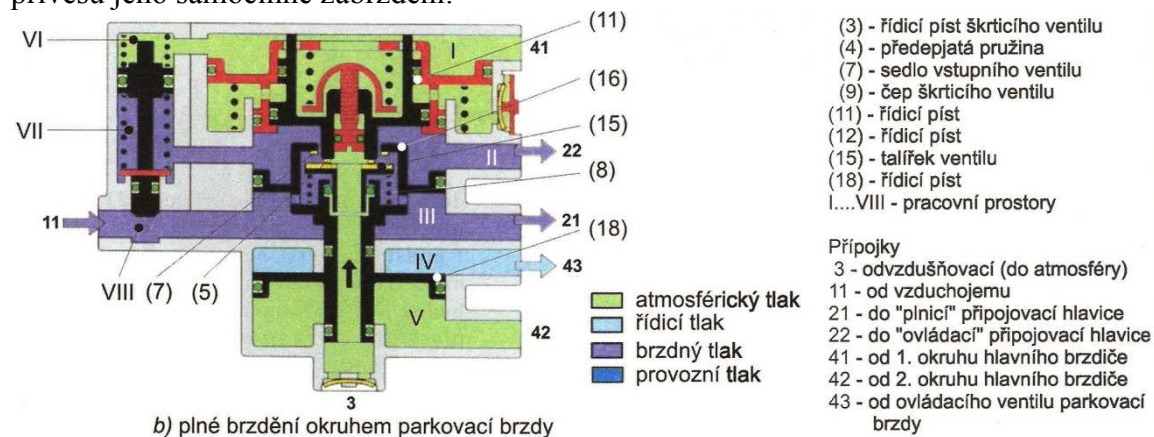
Obrázek 37: Plné brzdění při poruše prvního brzdového okruhu[4]

### Porušení druhého brzdového okruhu

Je-li problém u přípojce 42, hovoříme o porušení druhého brzdového okruhu. V tomto případě se na činnosti řídicího ventilu nic nemění, pracuje jako v neporušeném okruhu.

### Porušení brzdového okruhu přívěsu

V přípojce 22 se nemůže vytvořit žádný tlak, pokud je porucha na ovládací brzdové hadici. Přes přípojku 21 současně uniká vzduch ze soustavy do okolí. Dojde k rychlému poklesu tlaku v plnicí brzdové hadici přívěsu. V tomto případě, stejně jako při utržení, vyvolá brzdíč přívěsu jeho samočinné zabrzdění.

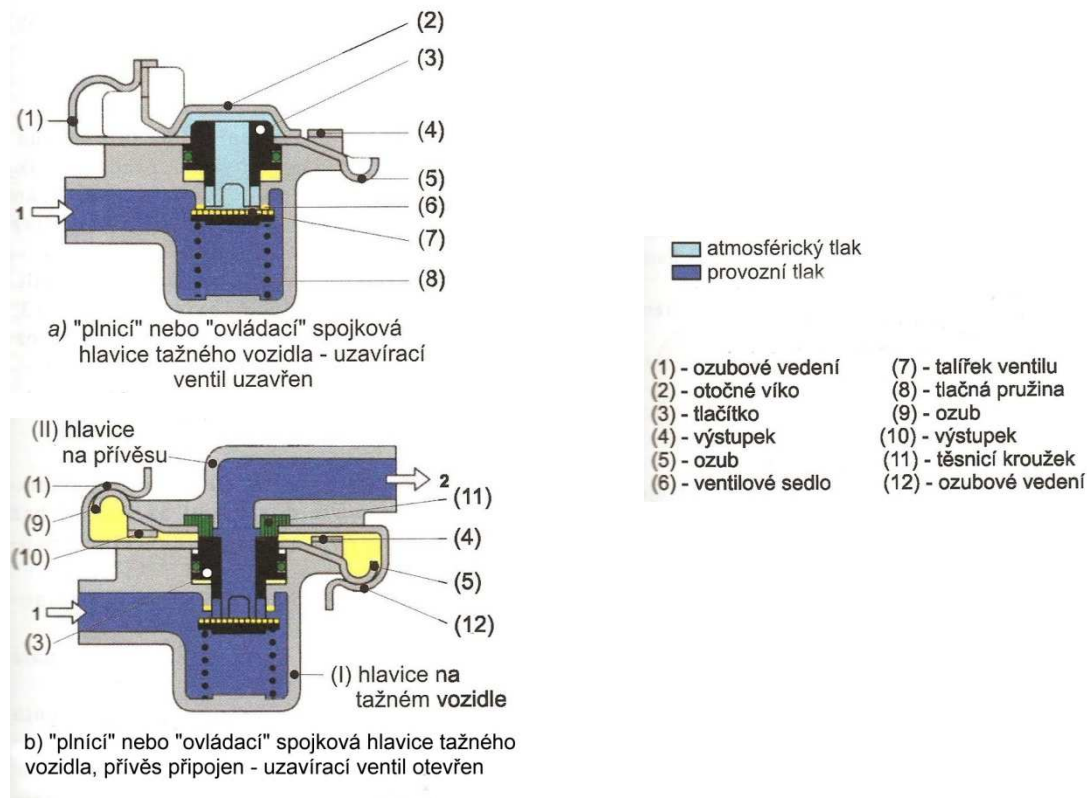


Obrázek 38: Samočinné zabrzdění při poruše brzdového okruhu přívěsu[4]

### 3.8.2 Spojkové brzdové hlavice

#### Plnicí spojková hlavice tažného vozidla

Tato hlavice přes přívodní hrdlo spojuje plnicí potrubí řídicího ventilu přívěsu a přes spojovací přípojku zajišťuje pro přívěs plnění jeho brzdové soustavy. Proti znečištění spojovací přípojku chrání otočné víko. Jak je vidět na obrázku 39, záměně plnicí a ovládací hadice při připojování přívěsu brání výstupek na ozubu. Uzavírací ventil, jak už jeho název napovídá, uzavře soustavu přívěsu při jeho odpojení a nedovolí unikátnímu plnicímu vzduchu uniknout.[4]



Obrázek 39: Spojková hlavice tažného vozidla[4]

#### Ovládací spojková hlavice tažného vozidla

Je totožná s plnicí připojovací hlavicí a slouží k ovládnání brzd přívěsu.

#### Plnicí spojková hlavice přívěsu

Plnicí spojková hlavice je podle ISO 1728 označena červeně. Propojuje brzdovou soustavu přívěsu a plnicí okruh tažného vozidla. S brzdovou soustavou je propojena přes přípojku se závitem, s plnicím okruhem tažného vozidla přes přípojku spojovací. Není utěsněna žádným uzavíracím ventilem ani ochranným víčkem.

#### Ovládací spojková hlavice přívěsu

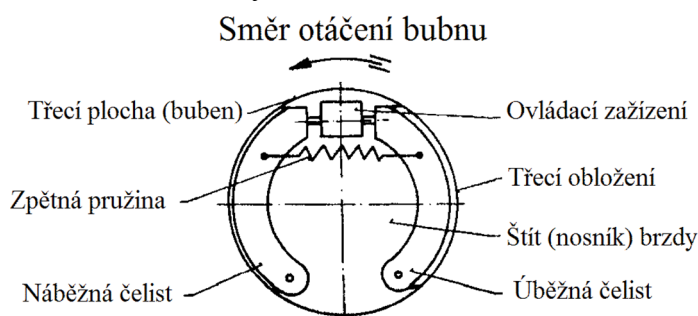
Stejně jako plnicí spojková hlavice přívěsu ani ta ovládací nemá uzavíratelný ventil. Je ale vybavena otočným víčkem. Přes výstupní hrdlo je napojena na brzdové potrubí přívěsu a přes spojovací přípojku na brzdový okruh tažného vozidla. Ovládací spojková hlavice se podle ISO 1728 označuje žlutou barvou. [4]

## 4 Třecí brzdy

Jelikož vlastní třecí brzdy jsou konstrukčně podobné pro hydraulické i vzduchotlaké brzdové soustavy, bude jim věnována samostatná kapitola. V třecích brzdách dochází ke vzniku brzdného momentu třením mezi pohyblivou a pevnou částí brzdy. Kinetická energie vozidla se tím mění na energii tepelnou. Nejobvyklejším provedením je tzv. kolová brzda, kde je brzda umístěna v kole a rotující část brzdy přímo na náboji kola. Méně časté provedení je umístění brzdy na skříň rozvodovky a rotující část brzdy na hnací hřídel. Toto provedení snižuje hmotnost neodpružených částí. Podle tvaru rotující části brzdy rozlišujeme v současnosti dva druhy třecích brzd – bubnové a kotoučové.

### 4.1 Bubnové brzdy

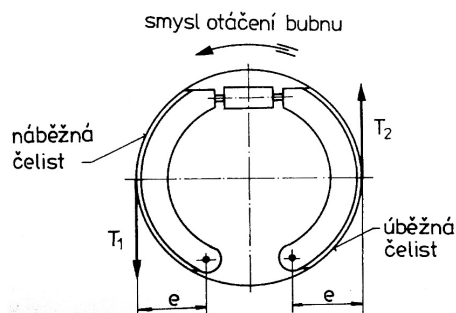
Jedná se o nejstarší používané brzdy na vozidlech, samozřejmě však během let prošla vývojem od pásové brzdy k účinným brzdám s vnitřním uspořádáním. Dnes se s ní můžeme setkat na zadních nápravách levnějších vozů a i tam již bývá nahrazována brzdou kotoučovou. Brzdný účinek je způsoben přitlačením neotáčejících se čelistí s brzdovým obložením pomocí ovládacího zařízení na rotující brzdový buben. Tím dochází k tření, které mění kinetickou energii na tepelnou. Aby nedocházelo k prodlužování chodu brzdového pedálu vlivem opotřebení brzdového obložení, je třeba seřídit vůli mezi čelistmi a třecí plochu bubnu. Dříve bylo tuto vůli nutno nastavovat manuálně, ale postupem času bylo zavedeno povinné automatické seřizování, jehož dnes existuje mnoho konstrukčních řešení. Na obrázku 40 je schématické znázornění bubnové brzdy.



Obrázek 40: Znázornění bubnové brzdy

#### 4.1.1 Čelisti bubnových brzd

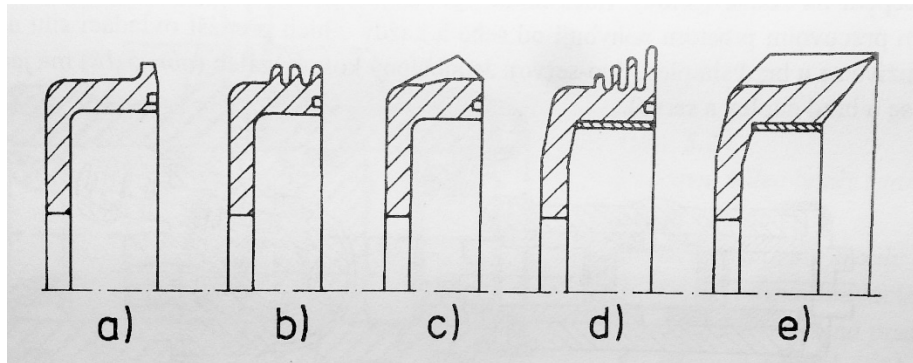
Čelisti bubnových brzd mají v řezu tvar písmena T a jsou odlévány z lehkých slitin, případně svařovány z ocelových plechů. Třecí obložení je k čelisti většinou lepené, případně nýtované. Podle směru otáčení bubnu vůči čelistem rozlišujeme čelisti náběžné a úběžné. U náběžných čelistí moment třecí síly zvyšuje přítlak na pracovní plochu bubnu, kdežto u čelistí úběžných je přítlak snižován.



Obrázek 41: Znázornění náběžné a úběžné čelisti

### 4.1.2 Brzdový buben

Brzdový buben je uchycen přírubou přímo na náboj kola. Jelikož je při brždění velice tepelně namáhán, musí být vyroben z odolného materiálu – nejčastěji z šedé litiny a musí být konstruován tak, aby nedocházelo k deformacím i při intenzivním brždění. To je dosaženo použitím žeber, ta jednak zvyšují tuhost a také napomáhají odvodu tepla. Je také možno použít dvoumateriálové bubny, kde je vlastní buben vyroben z lehké slitiny a třecí plocha je tvořena vlisovaným litinovým kroužkem. Toto řešení přispívá ke snížení neodpružených hmot.



Obrázek 42: Možná konstrukční řešení brzdových bubnů

### 4.1.3 Ovládací zařízení

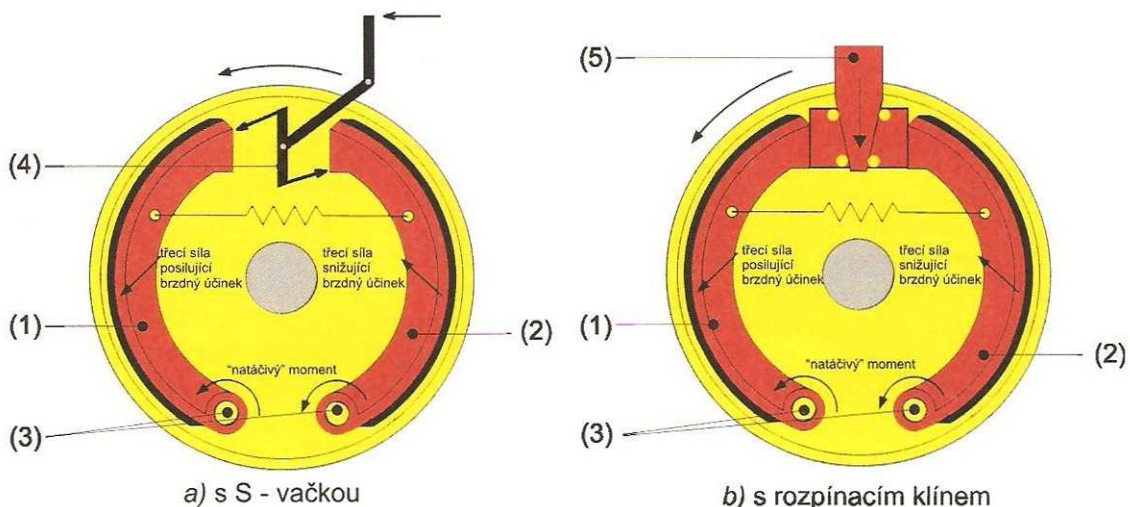
U lehkých užitkových automobilů se jako ovládací zařízení pro provozní brzdu používá hydraulický váleček. Dle provedení brzdy může mít buď jeden, nebo dva písty. Do prostoru válečku je přiváděn hydraulický tlak vytvořený hlavním brzdovým válcem a působí zde na píst. Vysunutím pístu dojde k přitlačení brzdové čelisti na třecí plochu bubnu a tím k brzdnému účinku.



Obrázek 43: Hydraulický váleček v rozkladu



U těžších užitkových automobilů s vzduchotlakou brzdovou soustavou dochází k rozevírání brzdových čelistí pomocí S – vačky nebo pomocí rozpínacího klínu.

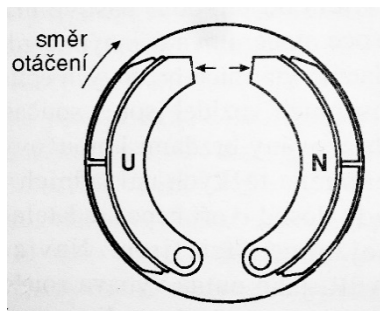


Obrázek 44: Znárodnění ovládní bubnových brzd u vzduchotlaké soustavy [4]

#### 4.1.4 Druhy bubnových brzd

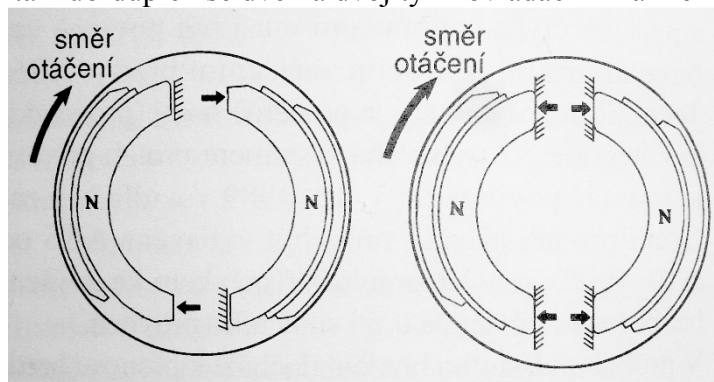
Dle konstrukčního provedení rozlišujeme několik základních druhů bubnových brzd

**Simplex** – jedna čelist je náběžná, druhá úběžná. Obě mají společné ovládací zařízení.



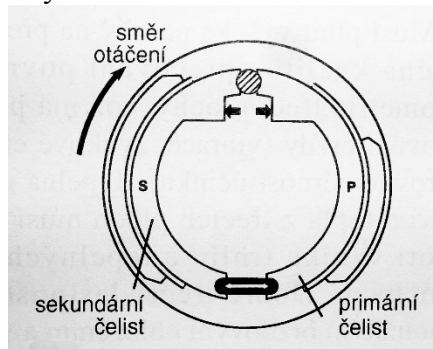
Obrázek 45: Brzda typu Simplex

**Duplex** – při jízdě dopředu jsou obě čelisti náběžné. Každá má své vlastní ovládací zařízení. Existuje také varianta Duo-duplex se dvěma dvojími ovládacími zařízeními.



Obrázek 46: Brzda typu Duplex a Duo-duplex

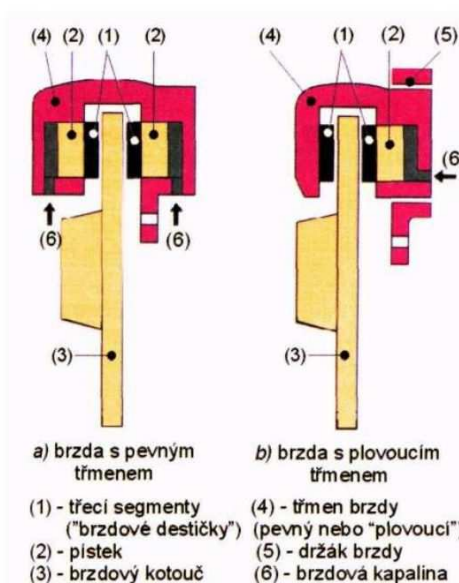
**Duo servo** – Brzda s plovoucími čelistmi a dvojitým rozpínacím zařízením. Čelisti jsou vzájemně spojeny pomocí vzpěry a opřené o kotevní čep. Při brzdění dochází k několikanásobnému zvýšení síly ovládacího zařízení a tím ke zlepšení brzdného účinku.



Obrázek 47: Brzda typu Duo servo

## 4.2 Kotoučové brzdy

Kotoučová brzda zcela nahradila bubnovou brzdou u silničních vozidel na přední nápravě a čím dál častěji i na nápravě zadní. Mezi její přednosti patří zejména odolnost proti vysokým teplotám, které vznikají třením při brždění, a také jednoduchost a z toho plynoucí nenáročná údržba. Brzdného účinku je dosaženo přitlačením brzdových destiček na boky rotujícího kotouče, který je uchycen na náboji kola. Existují dva hlavní druhy kotoučových brzd. S pevným a s plovoucím brzdovým třmenem.



Obrázek 48: Znáznornění kotoučové brzdy s pevným a plovoucím třmenem

### 4.2.1 Hydraulická kotoučová brzda s pevným třmenem

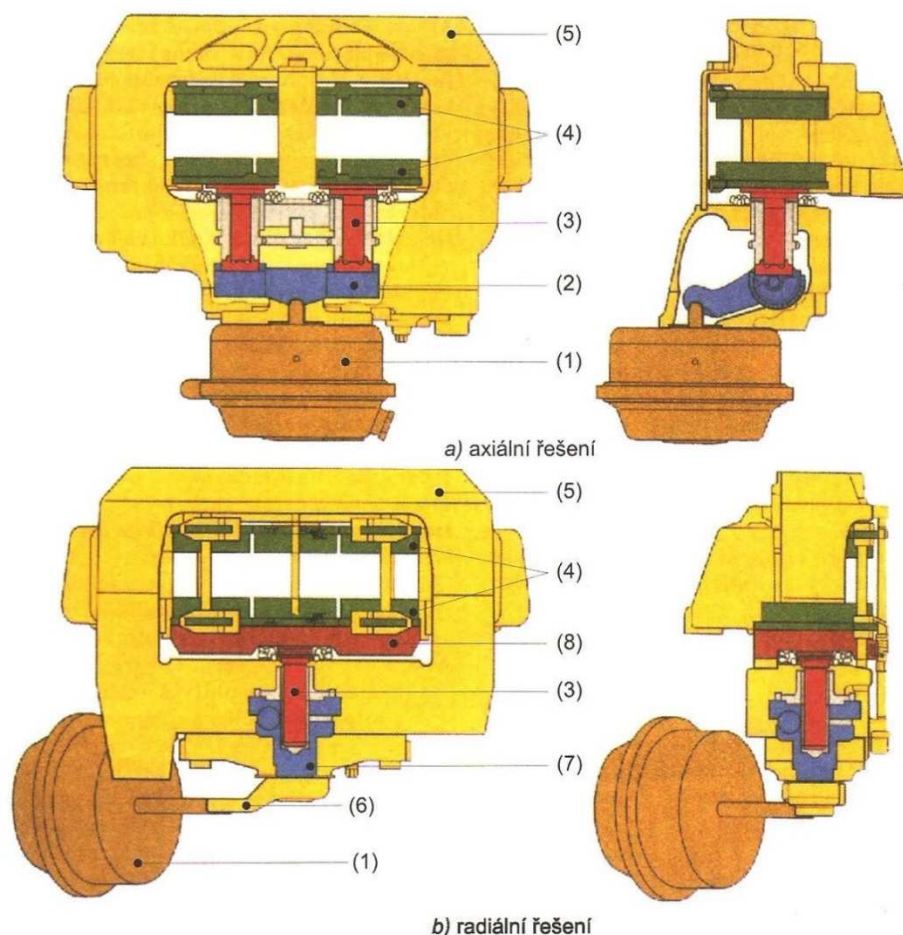
Může být konstruována jako dvoupístková nebo čtyřpístková. Brzdový kotouč je obepínán pevným brzdovým třmenem, který se skládá ze dvou polovin, přírubové skříně a víka. Každá polovina obsahuje jednu nebo dvě dutiny – brzdové válečky. Zde se nacházejí brzdové pístky s pryžovými těsnícími kroužky a prachovkami. Při brždění jsou brzdové pístky vytlačovány tlakem brzdové kapaliny proti brzdovému obložení a to tlačí z obou stran na brzdový kotouč. Samočinné vymezení brzdové vůle je zajištěno pružnou deformací těsnícího kroužku pístku, který je tímto kroužkem pevně obepnut a při uvolnění tlaku v brzdové soustavě vrátí pístek zpět.

### 4.2.2 Hydraulická kotoučová brzda s plovoucím třmenem

Oproti brzdám s pevným třmenem jsou tyto brzdy menší a lehčí. Brzdový pístek, popřípadě dva pístky, jsou umístěny pouze na jedné straně třmenu. Na zavěšení kola se nachází pevný držák brzdy s vodícími čepy. Ve třmenu brzdy jsou kluzná pouzdra, pomocí kterých je třmen posuvně uložený na čepch.

### 4.2.3 Vzduchotlaká kotoučová brzda

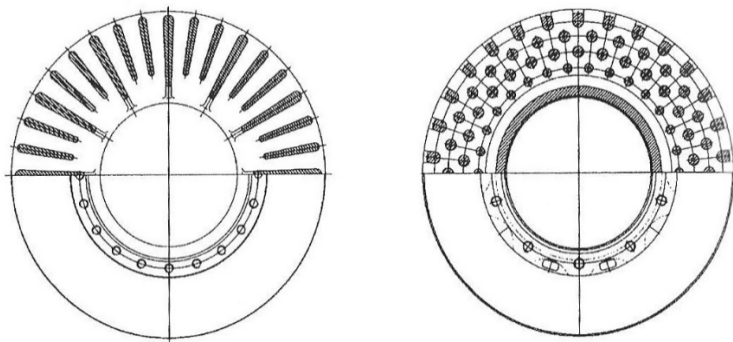
U vzduchotlakých kotoučových brzd se vyskytují dvě hlavní varianty uspořádání a to axiální a radiální. U axiálního uspořádání působí pístnice brzdového membránového válce na páku výstředníku, přes kterou dále působí na zdvihátka přitlačující brzdové desky na brzdový kotouč. Velikost přitlačné síly na brzdové desky je ovlivněna vykývnutím páky výstředníku a tím způsobeného posunu zdvihátek. U radiálního uspořádání dojde k posunu zdvihátka po otočení brzdové páky, která působí na kuličkový mechanismus (separátor). V separátoru se nachází kulička, která se pohybuje v drážce s nestejnou hloubkou. Vzájemným natočením dílů separátoru dojde k posunu zdvihátka a přitlačení brzdových desek ke kotouči. Oba druhy třmenů jsou konstruovány jako plovoucí. K vymezení brzdové vůle dochází při uvolnění brzdy pomocí pákového nastavovače. Ten otáčí zdvihátka, které se tím vyšroubovávají a tak se zvětšuje jejich délka potřebná k vymezení vůle.



Obrázek 49: Brzdové třmeny vzduchotlakého systému: 1 – membránový brzdový válec; 2 – páčka výstředníku; 3 – zdvihátko; 4 – brzdové desky; 5 – třmen kotoučové brzdy; 6 – úhlová brzdová páka; 7 – kuličkový mechanismus (separátor); 8 – rozpěrka [4]

#### 4.2.4 Brzdové kotouče

Brzdové kotouče se vyrábějí z litiny, případně z ocelolitiny s přídavkem legujících prvků. U užitkových vozidel dochází k velkému tepelnému namáhání kotoučů, proto se používají brzdové kotouče s vnitřní ventilací vzduchu. Mezi třecími plochami kotouče se nachází dutina s vzduchovými kanály, kterými při otáčení kotouče proudí vzduch a tím chladí kotouč.



Obrázek 50: Možná provedení chladících dutin kotouče

#### 4.3 Brzdové obložení

Brzdové obložení je část brzdových desek a čelistí, která se při brždění přímo dotýká brzdového kotouče, respektive bubnu. Musí být zajištěna velká mechanická a tepelná stálost. Součinitel tření musí být stálý při velkém rozsahu teplot a také nesmí docházet k tvorbě sklovité povrchové vrstvy při velkém tepelném namáhání. Z těchto důvodů se na výrobu brzdového obložení dříve používal azbest, avšak pro svou karcinogennost byl zakázán. Dnes se azbest nahrazuje například skelnými, ocelovými nebo uhlíkovými vlákny. Jako pojiva se používají organické látky – syntetická pryskyřice a kaučuk. Výrobci brzdového obložení nabízejí mnoho různých variant a tak je možno například volit obložení s vyšším brzdovým účinkem, ale nižší životností apod. V dnešní době jsou vozidla vybavena kontrolou stavu brzdového obložení, která v případě překročení minimální síly brzdového obložení upozorní na tento stav řidiče.



Obrázek 51: Různé tvary brzdových desek

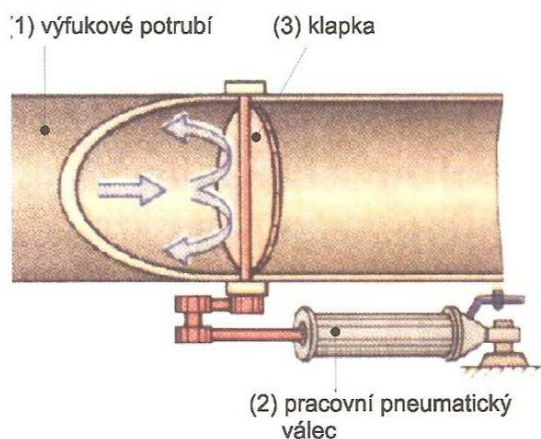


## 5 Zpomalovací brzdy

Tyto brzdy nazýváme také retardéry nebo brzdy odlehčovací. Dle zákonných požadavků, doplňují brzdné soustavy u těžkých nákladních aut a autobusů. Na rozdíl od brzd třecích pracují bez opotřebení. Přeměňují totiž brzdovou energii na teplo bez tření. Fungují pouze tehdy, je-li vozidlo v pohybu. Pomáhají zejména při sjíždění dlouhých svahů, odlehčují provozním brzdám a tím snižují jejich zahřívání a opotřebení. Nelze je však použít pro parkování.

### 5.1 Výfukové brzdy

I motor vozidla může působit jako brzda. Zejména se toho využívá při sjíždění dlouhých kopců. Pokud totiž necháme zařazenou rychlost, ale přestaneme do motoru dodávat palivo, je motor poháněn pouze vozidlem a zejména při vysokých otáčkách jej přibrzdí. Tento efekt můžeme ještě znásobit, pokud utěsníme výfukové potrubí. Výfukovou brzdou tedy nazýváme klapku nebo ploché šoupátko, které je uloženo ve výfukovém potrubí poblíž motoru. S utěsněním výfukového potrubí je u vznětových motorů nutné také zabránit přívodu paliva do motoru. Uzavírání a otevírání ovládá vzduchový válec. Do něj je přes třífázový ventil přiváděn stlačený vzduch.



Obrázek 52: Výfuková brzda [4]

### 5.2 Motorové brzdy

Motorová brzda je poměrně hlučná, tepelně nenáročná a technologicky schůdná. Zpomalení je docíleno vlastně přiškrcením výfukových plynů, je tedy nutná spolupráce s výfukovou brzdou. Dále snížením dodávky paliva nebo změnou časování ventilového rozvodu. Motorem stlačovaný vzduch je odpouštěn do výfukového potrubí – otevřeného či zavřeného. Brzdění je tedy motor. Ten potažmo brzdí hnací kola a dojde ke zpomalení vozidla. S motorovou brzdou se účinnost brzdění může zdvojit - až trojnásobit. [4]

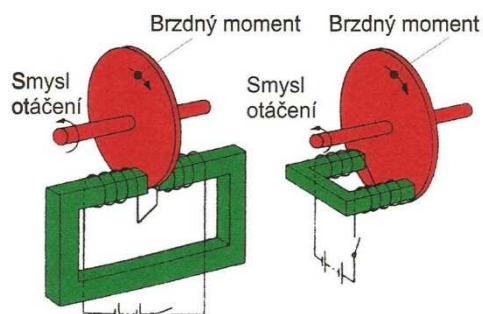
Výrobce těžkých nákladních vozidel používají tento typ brzdy v různých modifikacích. [1]

- JakeBrake (Jacobsonova motorová brzda, J-Brake)
- Volvo VEB motorová brzda (Volvo Engine Brake)
- Motorová brzda MAN-EVB (Exhaust Valve Brake)

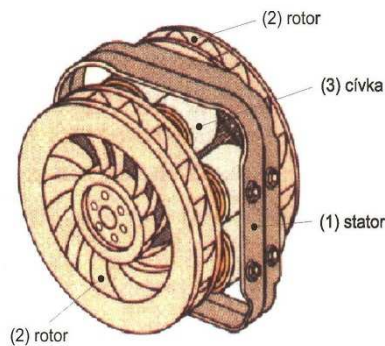


### 5.3 Elektromagnetické vířivé brzdy

Zpomalení otáčejícího se kotouče způsobí působení magnetického pole. Pokud se totiž kovový kotouč otáčí v magnetickém poli, vznikají v něm vířivé proudy, které působí proti jeho pohybu a vytvářejí teplo. Jinak řečeno, kotouč brzdí. Tento jev, který objevil už v 19. století Francouz Foucault, funguje i tehdy, když se kotouč neotáčí mezi, ale před magnety. [4] Soustava elektromagnetů, neboli stator, je přichycena k pružině podvozku, pohyblivou část, neboli rotor, uvádí v pohyb hnací hřídel. Což jsou vlastně dva kotouče vně statoru. Vířivé proudy vznikající v rotoru vyvolávají magnetickou sílu. Ta spolu s magnetickým polem statoru vyvolává brzdění. Jeho síla závisí na intenzitě magnetického pole a na otáčkách kotouče. Brzdný účinek je regulován velikostí elektrického proudu, který prochází cívkami. [1] Teplo, které při brzdění vzniká, je odváděno chladícími lopatkami na rotorech. Elektromagnetické brzdy jsou na vozidlech umisťovány zejména na spojovací kloubový hřídel. Řidič je ovládá páčkou na přístrojové desce. Výhodou těchto brzd je poměrně velký brzdný výkon, nevýhodou značné zahřívání kotoučů, vysoká hmotnost i pořizovací cena zařízení.



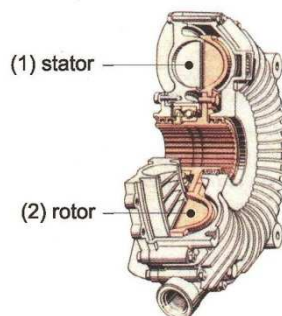
Obrázek 53: Princip elektromagnetické vířivé brzdy [4]



Obrázek 54: Elektromagnetická vířivá brzda [4]

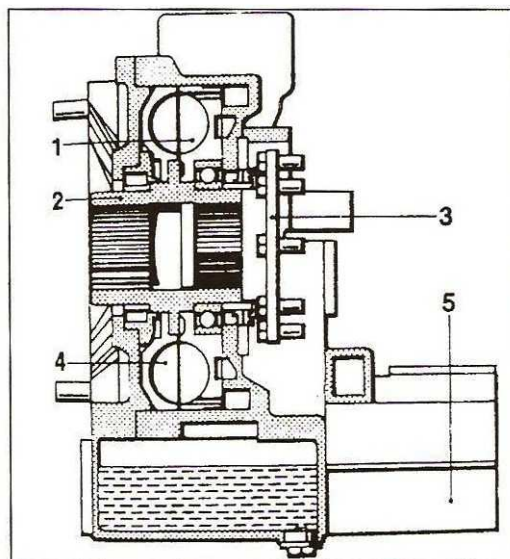
### 5.4 Hydrodynamické brzdy

Hydrodynamické brzdy nazýváme také retardéry. [1] Zpomalování se dosahuje odporem kapaliny, která působí na vhodné rotující části vozidla.



Obrázek 55: Hydrodynamická brzda [4]

Brzdu tvoří dvě lopatková kola. Stator je pevně spojen se skříní brzdy. Rotor, který je většinou poháněn spojovací kloubovou hřídelí, rotuje. [4] Kapalínu - hydraulický olej – rotor vrhá na lopatky statoru, který ji brzdí. Třetím v kapalině se brzdí energie přeměňuje na tepelnou. Ke správné funkci je zapotřebí dostatečné ochlazování – chladicí okruh. Sílu brzdění regulujeme tlakem kapaliny v rotoru a to čerpadlem a regulačními ventily.



Obrázek 56: Hydrodynamická brzda – průřez [1]

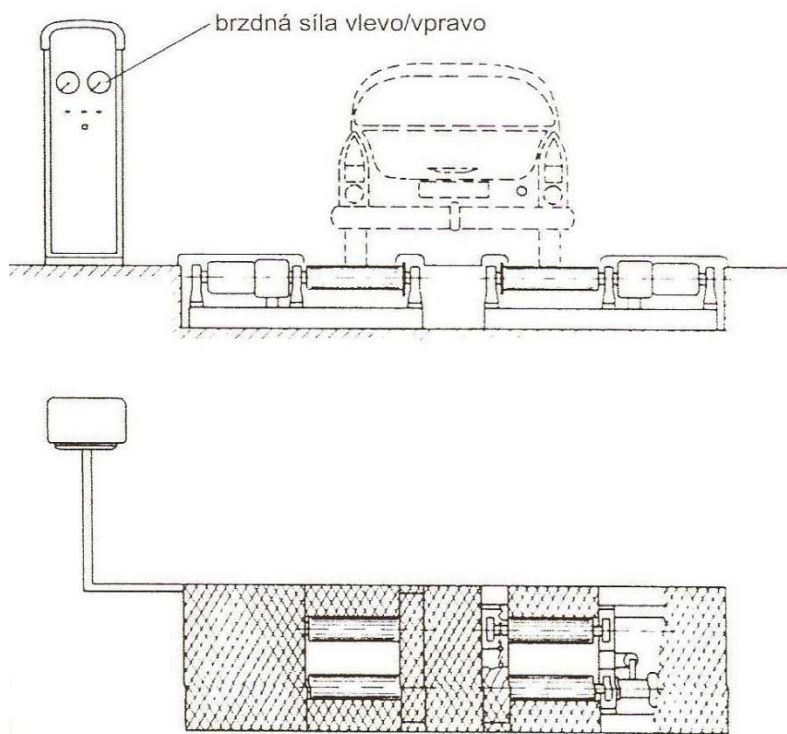
Účinek brzd je plynulý, bez nárazů. Řidič jej reguluje páčkou na přístrojové desce.[4] Nevýhodou této brzdy je poměrně drahá konstrukce. Výhodou pak nízká hmotnost, díky které může být zabudován buď přímo do převodovky, nebo na spojovací hřídel vozidla.

## 6 Diagnostika brzdových systémů užitkových vozidel

Vzhledem k zachování bezpečnosti silničního provozu je bezpodmínečně nutné pravidelně provádět kontrolu stavu brzdového systému vozidla. Proto je součástí pravidelných technických prohlídek a je řízena zákonnými předpisy. Každé vozidlo schválené k provozu na pozemních komunikacích musí při homologaci projít zkouškami dle předpisu EHK 13, kde jsou stanoveny maximální povolené limity brzdných drah a minimální nutné limity zpomalení pro jednotlivé kategorie vozidel. Zároveň tento předpis stanovuje metodiky pro tyto zkoušky. Vzhledem k časové a finanční náročnosti těchto zkoušek je ale nelze využívat ke kontrole vozidel již provozovaných. Pravidelné technické kontroly se řídí vyhláškou Ministerstva dopravy a spojů o technických prohlídkách a měření emisí vozidel č. 302/2001 Sb. Podstatnou částí této vyhlášky je kapitola zabývající se kontrolou stavu brzdového systému.

### 6.1 Válcové zkušebny

Test účinku brzd na válcové zkušebně je podstatnou částí kontroly brzd během technické prohlídky. Během testu poskytují informace potřebné k zjištění brzdného účinku na jednotlivých kolech vozidla. Dle konstrukce se válcové zkušebny dělí na pomaloběžné a rychloběžné.

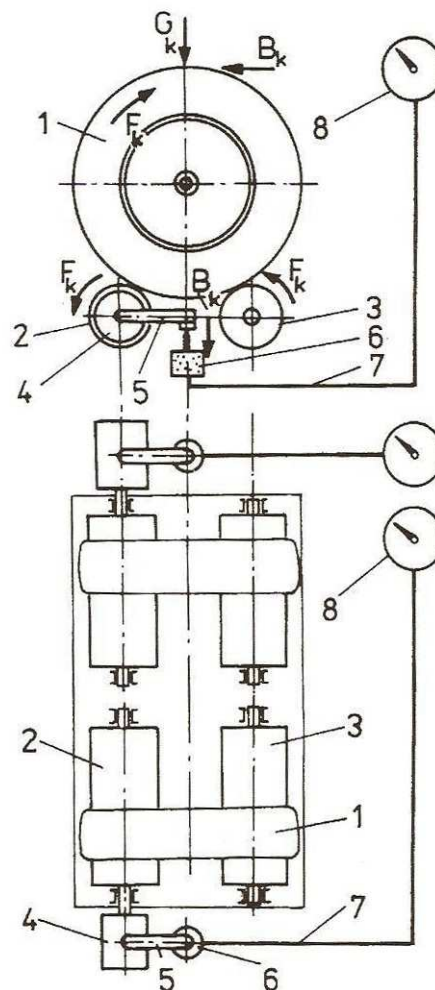


Obrázek 57: Znárodnění válcové zkušebny brzd [3]

#### 6.1.1 Pomaloběžné válcové zkušebny

Pomaloběžné zkušebny zjišťují brzdné síly na obvodu kola. K pohonu zkušeben toho typu se využívají elektromotory o velkém příkonu, který je úměrný maximální měřené brzdné síle a testovací rychlosti. Z tohoto důvodu je testovací obvodová rychlost kol testovaného vozidla do 10 km/h. Lze na nich relativně snadno a rychle otestovat brzdný účinek na jednotlivých kolech testovaného vozidla. Z těchto důvodů jsou stanice technické kontroly vybaveny tímto typem zkušeben.

Konstrukčně je tento typ zkušeben tvořen většinou dvěma páry hnacích válců, které jsou uloženy v základně zabudované pod úrovní podlahy. Každý pár hnacích válců je poháněn vlastním elektromotorem, který je s jedním válcem spojen napřímo pomocí redukční převodovky a druhý válec je poháněn pomocí řetězu. Převodovka není s rámem stanice pevně spojena, ale je jí umožněn pohyb kolem podélné osy shodné s osou hnacího válce. Na převodovce je uchyceno momentové rameno, jenž se svým volným koncem dotýká snímače síly. Během měření jsou kola vozidla roztočena na určitou rychlost, která zůstává po celou dobu konstantní. Brzdný účinek vozidla způsobí reakční moment působící proti směru otáčení hnacího válce a tím zapříčiní natočení převodovky s momentovým ramenem, které působí na snímač síly. Snímač je dále napojen na registrační přístroj, ten zobrazuje aktuální hodnotu brzdné síly pro každé kolo zvlášť nebo ji může též zapisovat. Tento způsob měření brzdných sil se nazývá mechanický.

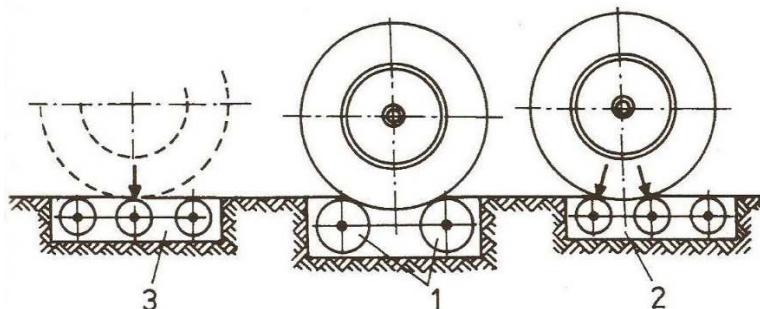


Obrázek 58: Schéma pomaloběžné mechanické zkušebny: 1 – kolo; 2 – zadní válec; 3 – přední válec; 4 – hnací elektromotor s převodovkou; 5 – momentové rameno; 6 – snímač; 7 – přenos na měřicí systém; 8 – měřicí přístroj;  $B_k$  – brzdná síla na obvodě kola působící proti směru hnací síly  $F_k$ ;  $G_k$  – tíha vozidla připadající na kolo [3]

Dalším možný způsob ke zjištění brzdné síly je způsob elektrický. Zde se měří příkon elektromotorů, který se zvyšuje se vzrůstající brzdou silou, aby byla zachována konstantní rychlost otáčení. Z nárůstu příkonu se zjistí brzdná síla.

Hnací válce zkušeben mají povrch upravený pro získání co nejlepší adheze. Mohou být použity podélné drážky u ocelových válců nebo povrch z jiného materiálu jako např.: korund, čedič, žula atd. Aby přesto nedošlo ke skluzu některého z měřených kol, jsou stanice vybaveny zařízením, které v případě skluzu spustí výstražnou signalizaci nebo rovnou vypne pohon hnacích válců. Toto je tvořeno menším válcem umístěným mezi válci hnacími, který je poháněn kolem testovaného vozidla. V případě poklesu otáček tohoto válce o určitou úroveň oproti válcům hnacím je toto bezpečnostním zařízením vyhodnoceno jako skluz a následně je spuštěno varování, případně vypnuty hnací motory.

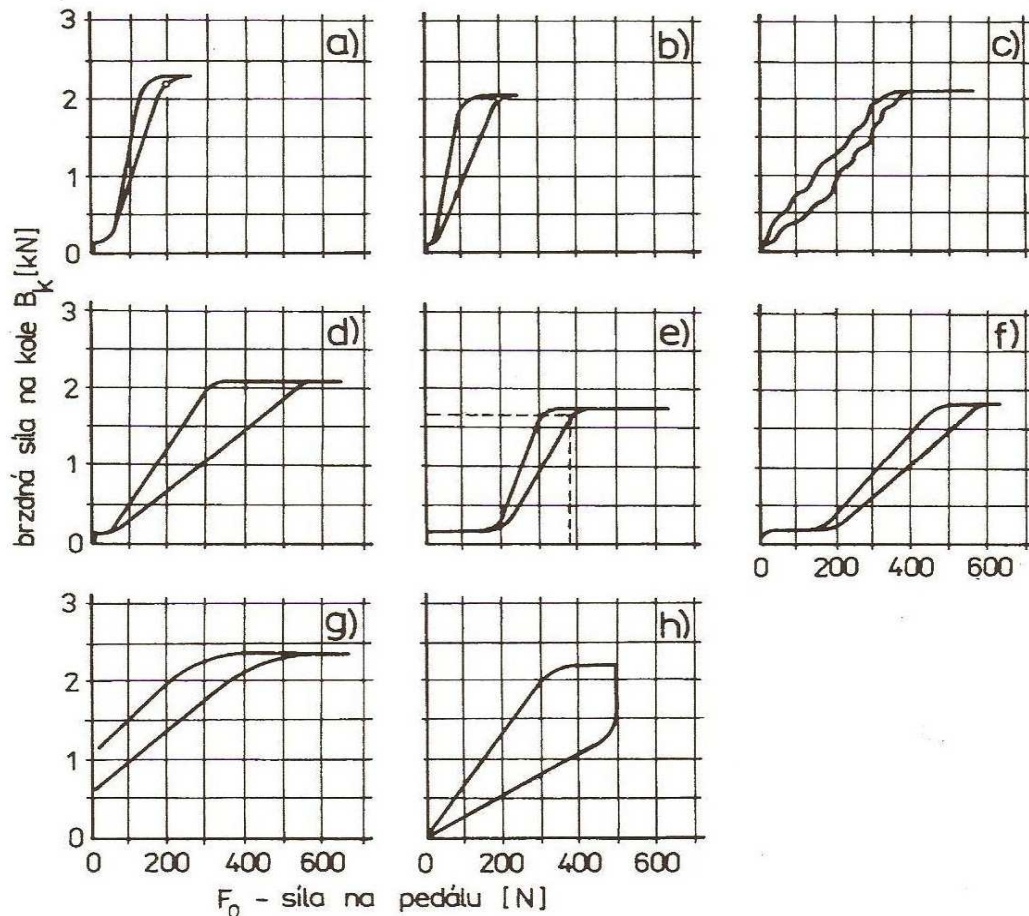
Se stále větší oblíbeností vozidel s pohonem více náprav je problematika testování těchto vozidel velmi aktuální. Jedná-li se o vozidlo s přípojitelným pohonem všech náprav, testuje se při odpojeném pohonu jako běžné vozidlo. Je-li vozidlo vybaveno stálým pohonem více náprav, je třeba zajistit, aby nedošlo k přenosu točivého momentu mezi nápravami spojovacím hřídelem. Jinak by vozidlo mělo tendenci vyjet ze zkušebny. Zabránění přenosu točivého momentu se docílí tím, že kola testovaného vozidla jsou roztáčena shodnou rychlostí, avšak opačným směrem. V případě, že je vozidlo vybaveno nápravovým samosvorným diferenciálem a mezinápravovou viskózní spojkou, je vhodné použít zkušebnu s válci pro každé kolo, nebo netestovanou nápravu přizvednout. Při testování v režimu, kdy se každé kolo točí jiným směrem je třeba měření provést dvakrát, jelikož se jedno kolo otáčí opačně než v provozu a mohlo by dojít ke zkreslení výsledků. Aby byl při obou měřeních v systému stejný tlak, je třeba při testování hydraulických brzd měřit tlak na pedál pomocí pedometru a u vzduchotlakých brzd je třeba měřit tlak v ovládací části. U vozidel se zdvojenými nápravami, která nejsou vybavena mezinápravovým diferenciálem, je nutné použití volnoběžných válců.



Obrázek 59: Schéma uspořádání válců pro zkoušky vozidel bez mezinápravového diferenciálu: 1 – měřicí válec; 2,3 – volnoběžné válce [3]

Měření brzdné síly na pomaloběžných válcových zkušebnách je možno provádět v závislosti na ovládací síle (tlaku), nebo na čase. Z průběhu brzdné síly je možné zjistit stav brzdové soustavy. Typické závady jsou zaneseny v následujících grafech.





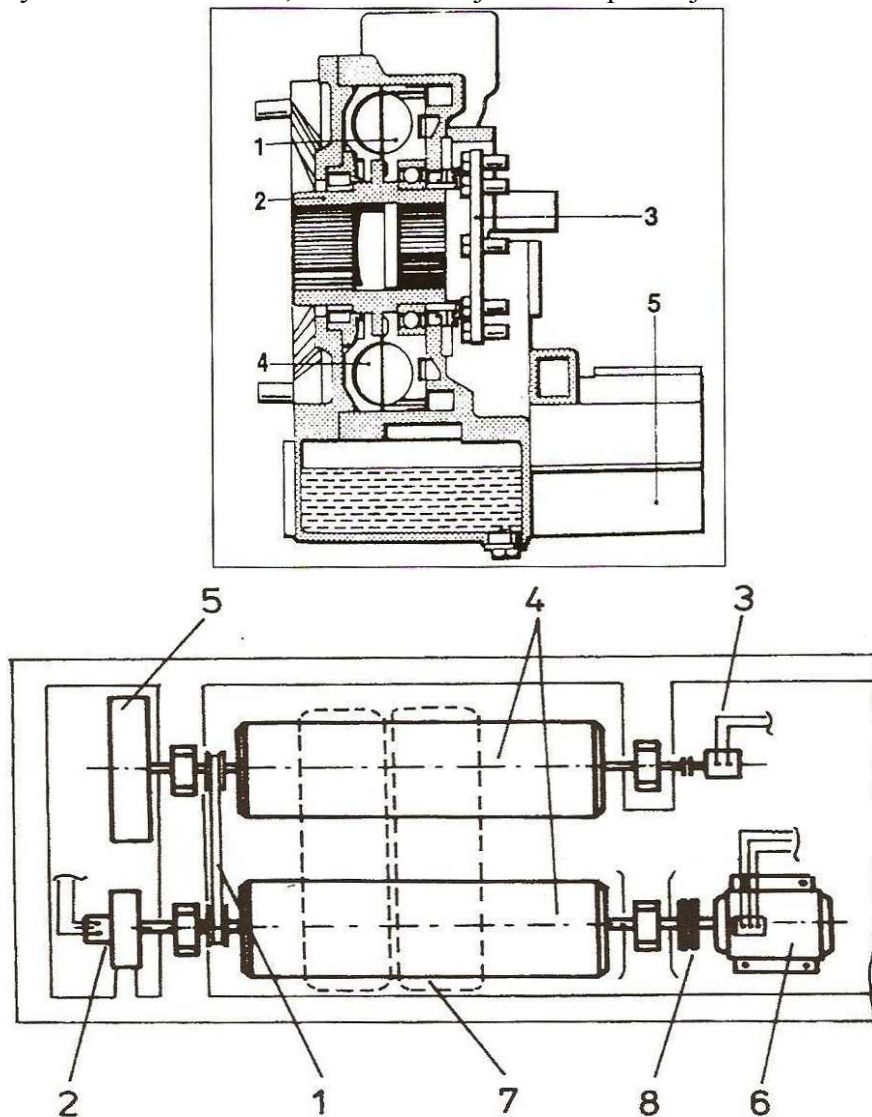
Obrázek 60: Záznamy měření brzdného účinku na pomaloběžné válcové zkušebně: a,b – dobrá funkce brzd; c – nadměrná ovalita brzdového bubnu; d – nadměrná hystreze; e – příliš silné vratné pružiny; f – mastná brzda; g – brzda trvale brzdí; h – v činnosti je omezovač brzdné síly [3]

### 6.1.2 Rychloběžné válcové zkušebny

Fungují na obdobném principu jako zkušebny pomaloběžné. Rozdíl je v tom, že díky použití výkonnějších motorů měření probíhá při vysokých rychlostech – až 100 km/h. Díky tomu lze odhalit závady, které se při pomaloběžných zkouškách neprojeví. Naopak například závada na tvaru brzdových bubnů nebo kotoučů se kvůli vysoké frekvenci otáčení kol neprojeví při tomto typu zkoušky.

### 6.1.3 Setrvačnickové válcové zkušebny

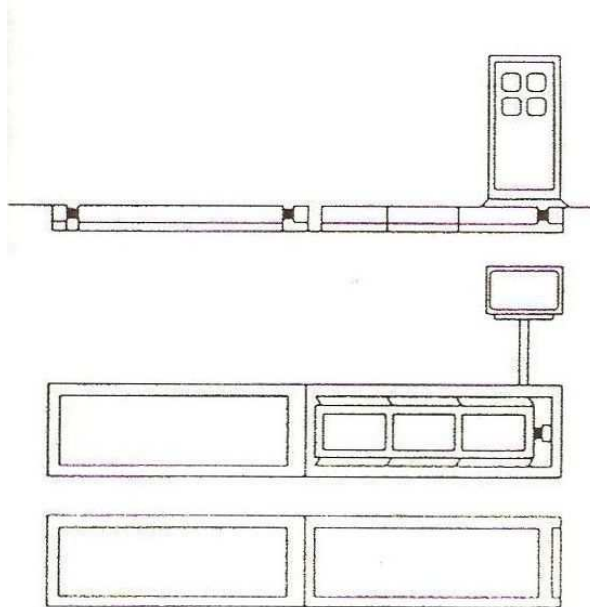
U tohoto typu zkušeben brzdový systém vozidla maří pohybovou energii, která je naakumulovaná ve zkušebních válcích a vlastních rotačních částech vozidla. Zkušební válce jsou pomocí elektromotoru roztočeny na danou rychlost. Po jejím dosažení začne technik brzdít stanovenou silou. V okamžiku došlápnutí na brzdový pedál, na kterém je umístěn pedometr, dojde k odpojení elektromotorů od zkušebních válců. Následně brzdění až do úplného zastavení válců, přičemž se zaznamenává rychlost a dráha každého kola v závislosti na čase. Z tohoto je následně zjištěna celková brzdná dráha pro každé kolo a průběh brzdného zpomalení a brzdné síly. Aby bylo možno ze zkušební stanice vozidlem vyjet je vždy jeden z páru válců vybaven volnoběžkou, která umožňuje otáčení pouze jedním směrem.



Obrázek 61: Schéma setrvačnickové zkušebny: 1 – klínový řemen; 2 – snímač impulzů; 3 – tachodynamo; 4 – zkušební válce; 5 – setrvačnik; 6 – hnací elektromotor; 7 – zdvojené kolo (dvoumontáž); 8 – spojka [3]

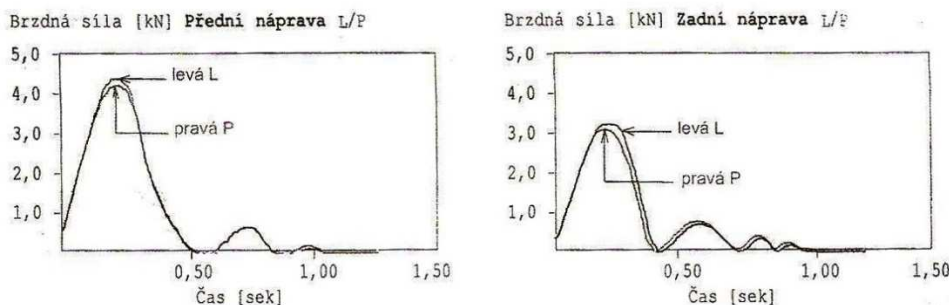
## 6.2 Plošinové zkušebny

Tento typ zkušebny se skládá ze dvou nebo více plošin, které se mohou do určité míry pohybovat. Měření se provádí tak, že testované vozidlo rozjede rychlostí 10 – 15 km/h a v okamžiku, kdy kola vozidla najedou na plošinu, začne technik brzdit. Plošiny se během brždění mírně vychýlí a tento pohyb je zaznamenáván tenzometrickými snímači s vysokou frekvencí snímání. Signál je následně zpracován a graficky zobrazen. Pro dosažení co největší přednosti je vhodné, aby se při brždění využila celá dráha plošiny. Je-li k dispozici pouze dvou plošinová zkušebna, je třeba provést měření pro každou nápravu zvlášť. V tomto případě je třeba použít pedometr, aby byla zajištěna stejná ovládací síla na pedál při obou měřeních.



Obrázek 62: Schématické znázornění plošinové zkušebny brzd [3]

Výhodou těchto zkušeben je to, že testování probíhá dynamicky. U vozidla při brždění dochází k nadlehčení zadní nápravy a k přitížení nápravy přední. Tím lze zhodnotit funkčnost omezovače brzdové síly náprav. K dalším výhodám patří menší náročnost na zástavbu a také možnost je rozšířit i o další druhy testů, mezi které patří: měření sbíhavosti (rozbíhavosti) vozidla, měření rozložení hmotnosti na nápravy nebo lze pomocí měření svislého rozkmitání při brždění orientačně zhodnotit stav tlumičů vozidla. Nevýhodou naopak je nemožnost zhodnotit vady na tvaru brzdových bubnů a kotoučů, jelikož během zastavení na plošině nedojde k celé otočce kola. Dále pak není možno zjistit brzdovou charakteristiku, tedy závislost mezi ovládací silou a brzdovou silou.



Obrázek 63: Záznam měření brzdných sil na plošinové zkušebně brzd Sherpa PPS 400 [3]

## 7 Časté závady a jejich odstranění

V této části práce budou přiblíženy možné závady na jednotlivých komponentech brzdového systému. Jejich projevy a možné způsoby odstranění. Většina níže popsaných závad je popisována z vlastních zkušeností, nebo zkušeností blízkých známých, kteří pracují v opravných vozidel, a dovolili mi nahlížet jim pod ruce při jejich práci.

### 7.1 Brzdové obložení

Je částí brzdového systému, která je přímo vystavena tření, což způsobuje jeho úbytek. Z tohoto důvodu je brzdové obložení částí, kterou je třeba nejčastěji kontrolovat a měnit. Ke kontrolám brzdového obložení by mělo docházet pravidelně podle pokynů výrobce, nejdéle však po ujetí každých 10 000 km. Pokud se při kontrole zjistí, že tloušťka brzdového obložení již nespĺňuje minimální hranici stanovenou výrobcem, je třeba provést jeho výměnu. Jelikož různí výrobci používají různé směsi brzdového obložení, je důležité, aby na nápravě vozidla bylo namontováno obložení od stejného výrobce a stejného typu. Při zanedbání kontroly stavu brzdového obložení může dojít ke stavu, kdy se spotřebuje veškerá směs brzdového obložení a dojde k brzdění kov na kov. Tento jev je doprovázen skřípavým zvukem při brzdění a sníženým účinkem brzd. Zároveň dochází k nenávratnému poškození brzdových kotoučů, či bubnů, které by jinak mohly být ještě použity.

Další možnou vadou snižující brzdny účinek je zamaštění brzdového obložení. To může být způsobeno únikem brzdové kapaliny u hydraulických brzd nebo vnikem jiné mastné látky. Jelikož je materiál brzdového obložení porézní, pronikne mastnota do hloubky. Takto poškozené obložení je třeba vyměnit.

Dále je možno se setkat s poškozením brzdového obložení v důsledku tepelného přetížení nebo působení koroze. V takovém případě dochází k rozpadu pojiva třecího materiálu a k jeho odlupování po hranách brzdové destičky. Tyto výlomy jsou přípustné, avšak maximálně v rozsahu 10 % kontaktní plochy. [5] V případě, že vozidlo bylo dlouhodobě odstaveno ve vlhkém prostředí, může být brzdová deska poškozena korozí natolik, že dojde k odpadnutí třecího materiálu od opěrné desky.

Při výměně brzdového obložení je třeba dbát na to, aby byly všechny dosedací plochy očištěné od koroze, hladké, a aby se brzdové desky pohybovaly volně bez zadrhávání. Jinak by mohlo dojít k zapříčení desky, v důsledku toho by mohlo kolo stále přibrzďovat nebo by naopak docházelo k nerovnoměrnému zatěžování pouze jedné desky.



Obrázek 64: Opatřebená brzdová deska tahače IVECO Stralis s patrným odštěpováním třecího materiálu. (10 mm klíč pro představu rozměru)



## 7.2 Brzdové bubny a kotouče

Brzdové bubny a kotouče jsou rovněž vystaveny účinkům tření a podléhají tedy opotřebení, proto je třeba se stavem brzdového obložení sledovat i tloušťku kotoučů a průměr činné plochy bubnů, zda nepřesahují hodnoty stanovené výrobcem. Kromě běžného opotřebení může dojít k poškození vlivem vysoké teploty v důsledku dlouhodobého přetěžování. V takovém případě může dojít k zvlnění kotouče či bubnu. Ve vážných případech může dojít ke vzniku teplotních trhlin v činné ploše, které mohou mít za následek prasknutí kotouče. Zvlnění kotoučů se projevuje tak, že při brždění jsou ve vozidle cítit vibrace a je slyšet nadměrný, dunivý hluk. Tento problém je třeba řešit výměnou poškozených částí brzdového systému, protože je těmito vibracemi nadměrně zatěžován i podvozek vozidla.

Další poškození může nastat vlivem koroze. Koroze činné plochy brzdového kotouče je často patrná na zadní nápravě lehčích vozidel, kde nejsou brzdy moc zatěžovány. Hlubokou korozi není schopna brzdová deska obrousit a tím se zmenšuje činná plocha brzd a snižuje brzdný účinek. Závažný vliv má koroze u brzdových kotoučů s vnitřním chlazením. Zde může koroze poškodit žebra, která spojují obě činné plochy natolik, až dojde k prasknutí a tím k rozpůlení brzdového kotouče.

Při výměně kotoučů i bubnů je třeba důkladně očistit dosedací plochu, aby došlo ke správnému dosednutí na náboj kola.



Obrázek 65: Brzdový kotouč s patrnými teplotními trhlinami



Obrázek 66: Brzdový kotouč, u kterého došlo vlivem koroze k oddělení činné plochy



### 7.3 Brzdové třmeny

Brzdové třmeny vyžadují určitou údržbu, pak lze předcházet následujícím závadám. Je třeba provádět kontrolu stavu prachovek, které chrání pohyblivé součásti před vnikem nečistot a vlhkosti. U plovoucích třmenů může při porušení prachovek dojít k zatuhnutí nebo zkorodování vodících čepů, což způsobí ztrátu pohyblivosti plovoucího třmenu. U takto zatuhlého třmenu se nepřenáší plná brzdná síla na brzdovou desku, která není přímo přitlačována pískem (zdvihátkem) a dochází k přetěžování desky přilehlé k pístku (zdvihátku).

Další možnou závadou spojenou s poškozením prachovky je vniknutí nečistot a vlhkosti k brzdovému pístku. Vlivem nečistot může dojít k poškození těsnícího kroužku brzdového válečku a následnému úniku brzdové kapaliny. Vniknutí vlhkosti pod porušenou manžetu pístku může zapříčinit korozi povrchu pístku a jeho zablokování v brzdovém válci. Důsledkem je přibrzděné kolo.

U vzduchotlakých brzdových třmenů je poměrně častou závadou také zatuhnutí systému vymezení brzdové vůle.

Na vyřešení většiny závad brzdových třmenů jsou na trhu opravné sady, tudíž není při problémech třeba měnit celý třmen.



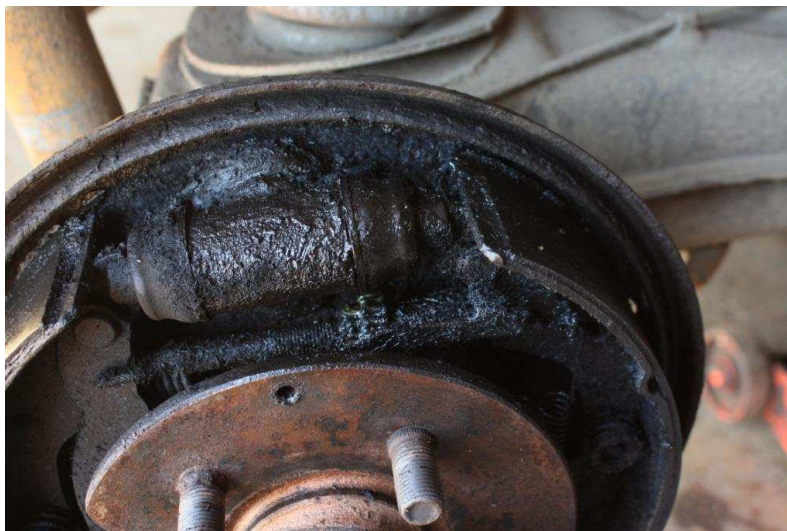
Obrázek 67: Opravná sada zdvihátka vzduchotlakého brzdového třmenu

### 7.4 Brzdové válce

U hydraulických brzdových válců je nejčastější poruchou porušení těsnění a následný únik brzdové kapaliny, která zamastí brzdový buben i obložení. Tím dojde ke snížení brzdného účinku. Další závadou může být koroze pístku, který se následně nemůže ve válci pohybovat a daná brzda nebrzdí, nebo naopak stále přibrzdňuje.

U vzduchotlakých brzdových válců může dojít k prasknutí pružin uvnitř brzdového válce v důsledku únavového lomu a koroze. Prasknutí pružiny se během jízdy většinou neprojevívá, ale části zničené pružiny mohou následně vytvořit díru do membrány, kterou pak začne unikat vzduch. K poškození membrány může dojít i kvůli nečistotě vniklé do systému nebo únavou materiálu.

V případě poruchy je nutno vyměnit brzdový válec za nový.



Obrázek 68: Tekoucí brzdový váleček, který způsobil zamaštění celé brzdy brzdovou kapalinou [8]

## 7.5 Brzdová kapalina

Brzdová kapalina by měla být pravidelně měněna dle pokynů výrobce vozidla. Brzdová kapalina na sebe totiž váže vodu a tím se snižuje její bod varu. V případě zanedbání této povinnosti může dojít při velkém zatížení brzd dojít k dosažení bodu varu a tím k tvorbě bublinek. Pedál brzdy poté může mít velký „mrtvý chod“, případně může pružit.

Při výměně brzdové kapaliny je třeba z brzdového systému odstranit veškerou starou kapalinu a po naplnění systému novou kapalinou provést důkladné odvodušnění.

## 7.6 Hlavní brzdový válec

Nejčastější poruchou hlavního brzdového válce je poškození některého z pryžových těsnění uvnitř válce. Tato porucha se projevuje tím, že při sešlápnutí pedálu brzdy pedál propadá neustále dolů. Dále může dojít k prasknutí některé z vratných pružin. To se projeví tím, že bude brzdit pouze jeden okruh brzd.

V případě, že došlo k poškození manžet a povrch činné plochy válce je bez poškození, je možno hlavní brzdový válec repasovat opravnou sadou nových těsnění. V opačném případě je třeba jej vyměnit za nový.

## 7.7 Podtlakový posilovač

Činnost podtlakového posilovače lze ověřit při startu motoru se sešlápnutým brzdovým pedálem. Po nastartování by mělo dojít k lehkému propadnutí pedálu a ke snížení ovládací síly na pedál. Jestliže k posílení účinku brzd nedojde, bývá nejčastěji závada ve vedení podtlaku od motoru (vývěvy), například poškozená hadice. V případě, že je poškozená membrána posilovače, dojde většinou ke snížení posilovacího účinku, ale ne k jeho úplnému vymizení. Tato závada se zvukově projevuje syčením při uvolněném brzdovém pedálu a tím, že po vypnutí motoru má brzdový pedál ihned těžký chod.

V případě poruchy je třeba provést výměnu za nový díl.

## 7.8 Vedení brzdové kapaliny

Brzdové trubky jsou nejčastěji poškozené korozí. Dále také může dojít ucpání nečistotami v brzdovém systému případně k mechanickému poškození. Obdobně brzdové hadice jsou často zpuchřelé vlivem stáří a chemickým působením okolí.

V případě poškození je třeba vyměnit celou trubku nebo hadici za novou. Trubky se mohou pořídit buď hotové na daný typ vozidla, nebo v metráži a ohnout dle potřeby.



Obrázek 69: Značně zkorodovaná brzdová trubka [9]

## 7.9 Kompresor

Jelikož je kompresor mazaný motorovým olejem a chlazen chladicí kapalinou motoru, může se stát, že tyto kapaliny proniknou do vzduchového systému. Průnik těchto kapalin může mít fatální následky pro brzdový systém, proto je třeba jej neprodleně odstranit. Průsak oleje může být způsoben příliš opotřebenými pístními kroužky kompresoru nebo ucpanou vratnou olejovou hadicí do motoru. Průsak chladicí kapaliny může být zapříčiněn vadným těsněním. Dále je potřeba pravidelně měnit čistič vzduchu, který může, ale také nemusí, být společný s čističem vzduchu motoru vozidla. Zanesený čistič vzduchu způsobuje pokles výkonu kompresoru.

Většinu závad spojených s kompresorem lze řešit repasí, jelikož jsou dostupné náhradní díly.



Obrázek 70: Náhradní díly na opravu kompresoru [10]

## 7.10 Regulátor tlaku

Závady regulátoru tlaku jsou převážně způsobeny vniklými nečistotami a vlhkostí. Vadný regulátor v systému udržuje nesprávný tlak vzduchu, případně jím může vzduch přímo unikat.

Regulátor je většinou možno opravit dokonalým vyčištěním a seřízením na stolici, případně je třeba provést výměnu za nový.

## 7.11 Vysoušeč

Použití vysoušečů vzduchu učinilo vzduchotlaké brzdové systémy mnohem spolehlivější, jelikož většina problémů byla způsobována vzdušnou vlhkostí a následnou korozí systému. Správně fungující vysoušeč by měl cyklovat mezi režimem vysoušení a regenerace. V případě, že dojde k zanesení nečistotami nebo k závadě odvodušňovacího ventilu, nebude docházet k přepínání režimů a vysoušení vzduchu.

Vadný vysoušeč je třeba důkladně vyčistit, případně vyměnit za nový. Pravidelně je také třeba měnit náplně s vysoušecí látkou, která se během používání zanáší.



Obrázek 71: Vadný vysoušeč s čtyřokruhovým pojistným ventilem

## 7.12 Vzduchojemy

I přes použití vysoušeče vzduchu se může občas ve vzduchojemech objevit voda, proto je třeba pravidelně pomocí odkalovacího ventilu tuto vodu ze vzduchojemů vypouštět. Nadměrná tvorba vody ve vzduchojemech by poukazovala na závadu vysoušeče. Zároveň, pokud by se ve vzduchojemech objevila chladicí kapalina či olej, by to značilo problém s kompresorem. Dlouhodobé vystavení vnitřku vzduchojemu vlhkostí může způsobit korozi.

## 7.13 Hlavní brzdič

S hlavním brzdičem může být spojeno hned několik možných závad, které jsou opět většinou způsobeny nečistotami v systému. Pokud uniká vzduch při uvolněném brzdovém pedálu a při jeho lehkém stlačení únik zmizí, je toto způsobeno netěsnými ventily jednotlivých okruhů. Únik vzduchu odvětrávacím otvorem při sešlápnutém pedálu je způsoben netěsností horní záklopky vypouštěče. Snížení účinnosti brzd, přestože je v systému správný tlak, může být způsobeno zanesením filtračních sítok na vzduchovém vstupu do hlavního brzdiče.

Většina poruch hlavního brzdiče může být odstraněna důkladným vyčištěním.



## 7.14 Vedení tlakového vzduchu

U starších vozidel byl tlakový vzduch veden v železných trubkách, které byly náchylné na korozi způsobenou vlhkostí. Tato rez se často odlupovala a způsobovala závady v brzdovém systému. Moderní vozidla proto mají již tlakový vzduch vedený v plastových trubkách, u kterých prakticky hrozí jen mechanické poškození vnějším zásahem. Totéž platí i pro hadice.

## 7.15 Tabulka závad

Tabulka závad je jednoduchý nástroj, pomocí kterého je možné se v mnoho případech dopátrat k příčině problému. Bývá často uváděna v servisních manuálech k vozidlům. Zde je uvedena jako jedna z možností jak postupovat při hledání závady.

Tabulka 1: Tabulka závad [12]

Závada	Možné příčiny	Opatření
Nízká účinnost brzd	Vzduch v hydraulickém systému	Zkontrolovat stav brzdové kapaliny. Odvzdušnit brzdy. Zkontrolovat únik kapaliny
	Vadný, nebo špatně nastavený zátěžový regulátor	Vyzkoušet regulátor. V případě potřeby správně nastavit
	Opotřebené brzdové obložení	Vyměnit obložení. Nastavit vůle
	Mastné brzdové obložení	Zjistit příčinu zamaštění. Vyměnit obložení
	Nízký tlak vzduchu v systému	Otestovat skutečnou hodnotu tlaku v zásobnících. V případě potvrzení nízkého tlaku zkontrolujte kompresor, pojistný ventil a čtyřokruhový pojistný ventil.
Při brzdění táhne vozidlo ke straně	Nesprávný tlak v pneumatikách	Nahustěte pneumatiky na správný tlak
	Nestejně pneumatiky na nápravě	Používejte na jedné nápravě pouze pneumatiky stejného typu s podobnou hloubkou vzorku
	Závada na odpružení nebo řízení	Zkontrolujte pružiny, tlumiče a nastavení geometrie
	Mastné brzdové obložení	Zjistit příčinu zamaštění. Vyměnit obložení na obou stranách nápravy
	Vadný brzdový válec	Vyměnit brzdový válec
	Ucpaná brzdová hadice	Vyměnit brzdovou hadici



Brzdy se blokují Patrné zejména při nízkých rychlostech, kdy se i při malém tlaku na brzdový pedál zablokuje jedno nebo více kol	Špatně instalované brzdové čelisti – zaměněná náběžná čelist s úběžnou	Nainstalujte brzdové čelisti správně
	Namontované špatné brzdové obložení	Namontujte správné brzdové obložení
	Oválný brzdový buben	Vyměňte brzdové bubny
	Prasklá vratná pružina brzdových čelistí	Vyměňte pružinu
	Povolený brzdový štít	Utáhněte šrouby brzdového štítu
	Mastné brzdové obložení	Zjistit příčinu zamaštění. Vyměnit obložení na obou stranách nápravy
	Volná ložiska kolového náboje	Nastavte správnou vůli ložisek
	Brzdový buben nesedí správně na kolovém náboji	Očistěte dosedací plochy kolového náboje i bubnu
Pomalý nástup brzd	Není vymezena brzdová vůle	Zkontrolujte činnost samovymezovacího zařízení
	Nízký tlak vzduchu v systému	Otestovat skutečnou hodnotu tlaku v zásobnících. V případě potvrzení nízkého tlaku zkontrolujte kompresor, pojistný ventil a čtyřokruhový pojistný ventil.
	Únik tlakového vzduchu při použití brzd	Najděte únik vzduchu a opravte
	Omezení průtoku v hydraulických trubkách nebo hadicích	Zkontrolujte trubky a hadice, zda nejsou ucpané
Pomalé pominutí účinku brzd	Zanesený hlavní brzdíč	Zkontrolujte stav hlavního brzdíče
	Omezení průtoku ve vzduchových trubkách nebo hadicích	Zkontrolujte trubky a hadice, zda nejsou ucpané
	Prasklá vratná pružina brzdových čelistí	Vyměňte pružinu
	Poškozené gumové těsnění brzdového válečku	Vyměňte brzdový váleček
	Poškozené těsnění v hlavním brzdovém válci	Repasujte, nebo vyměňte hlavní brzdový válec

Při brzdění vozidlo vibruje	Zvlněný brzdový kotouč, případně buben	Vyměňte brzdové kotouče, bubny
	Velká vůle kolového náboje	Nastavte vůli ložiska
	Brzdový kotouč, případně buben nesedí správně na náboji kola	Očistěte dosedací plochy kolového náboje i kotouče (bubnu)
Brzdy pískají	Nečistoty v brzdovém bubnu	Vyčistěte celou brzdu
	Mastné brzdové obložení	Zjistit příčinu zamaštění. Vyměnit obložení na obou stranách nápravy
	Cizí těleso v brzdě	Vyjměte cizí těleso a zkontrolujte, zda nezanechalo stopy na činné ploše kotoučů
	Zatuhlé brzdové desky	Vyčistěte dosedací plochy brzdových desek, aby se mohly pohybovat
Brzdy vadnou	Použito nekvalitní brzdové obložení	Vyměňte za obložení vyšší kvality
	Znehodnocená brzdová kapalina	Vypusťte brzdovou kapalinu z celého systému a nalijte novou. Odvzdušněte systém
	Únik tlakového vzduchu při použití brzd	Najděte únik vzduchu a opravte
Jedno kolo přibrzdí uje	Nastavená příliš malá brzdová vůle	Nastavte vůli správně
	Zatuhlé brzdové desky	Vyčistěte dosedací plochy brzdových desek, aby se mohly pohybovat
	Prasklá vratná pružina brzdových čelistí	Vyměňte pružinu
	Zatuhlé vodící čepy plovoucího brzdového třmenu	Uvolněte a namažte vodící čepy, případně vyměňte za nové
	Zatuhlý brzdový pístek	Repasujte brzdový třmen
	Omezení průtoku v hydraulických trubkách nebo hadicích	Zkontrolujte trubky a hadice, zda nejsou ucpané

Všechna kola přibrzdí	Zanesený hlavní brzdíč	Zkontrolujte stav hlavního brzdíče
	Poškozené těsnění nebo zatuhlé pístky v hlavním brzdovém válci	Repasujte, nebo vyměňte hlavní brzdový válec
Nejde aplikovat parkovací brzda	Ruční ovládací ventil nepropouští vzduch	Vyzkoušejte ruční ovládací ventil
	Mechanismus pro ruční odbrzdění na pružinovém válci není povolený	Povolte mechanismus pro ruční odbrzdění na pružinovém válci
Nejde odbrzdit ruční brzda	Poškozený ruční ovládací ventil	Vyzkoušejte ruční ovládací ventil
	Silný únik tlakového vzduchu	Zjistěte a odstraňte příčinu úniku tlakového vzduchu
	Zatuhlý pístek v brzdíči	Zkontrolujte brzdíč a uvolněte pístek, případně brzdíč repasujte

## 8 Závěr

Cílem mé bakalářské práce bylo provést rozbor brzdových systémů užitkových vozidel a možnosti diagnostikování jejich závad. V první části jsem popsal možná konstrukční řešení brzdových systémů u užitkových vozidel včetně detailního rozboru konstrukce a funkce jednotlivých komponent. V další části jsem se věnoval diagnostickým metodám určeným ke zjištění stavu brzdového systému vozidel, jejich funkci a použití. V poslední části jsem popisoval konkrétní případy závad na brzdovém systému vozidla, jejich možné příčiny a možnosti jejich odstranění. Do své práce jsem nezahrnul elektronické asistenční systémy jako například ABS a to z důvodu značné obsáhlosti této problematiky.

Na základě své práce jsem dospěl k závěru, že mnoho problémů spojených s brzdovým systémem vozidla je způsobeno zanedbáním pravidelné údržby, případně odkládáním oprav menšího rozsahu. Obzvlášť u vzduchotlakých brzdových systémů je mnoho závad způsobeno nečistotami, případně vlhkostí, které vnikly do systému. Právě u těchto případů by včasná a důkladná údržba pomohla závady odhalit. Nutno podotknout, že cena následné opravy může být poté několikanásobně vyšší, než v případě včasného řešení problému. Nejdůležitější ale je fakt, že v případě provozování vozidla s vážnou vadou na brzdovém systému dochází k ohrožení života nejen řidiče a posádky vozidla, ale i okolních účastníků silničního provozu. Aby bylo v provozu takto nebezpečných vozidel co nejméně, jsou zákonem stanovené pravidelné technické prohlídky. Ty by ale rozhodně neměly sloužit jako náhrada pravidelné údržby, kterou by měl zajišťovat provozovatel vozidla. Zásahy do brzdového systému by neměl provádět nikdo bez patřičných znalostí a zkušeností, proto by opravy měl provádět pouze odborný servis.

## 9 Seznam použitých zdrojů

- [1] VLK, František. Automobilová technická příručka. 1. vydání. Brno: Vlastním nákladem, 2003.
- [2] VLK, František. Podvozky motorových vozidel. 3. aktualizované vydání. Brno: Vlastním nákladem, 2006.
- [3] VLK, František. Zkoušení a diagnostika motorových vozidel. 1. vydání. Brno: Vlastním nákladem, 2001.
- [4] JAN, Zdeněk; ŽDÁNSKÝ, Bronislav; ČUPERA Jiří. Automobily, Podvozky, 2. vydání. Brno, Avid spol. s.r.o.,2009
- [5] TEXTAR – Posouzení poškození na brzdových destičkách a kotoučích[online]. [cit. 8.5.2016]. Dostupné z WWW: [http://textar.com/wp-content/uploads/2015/08/Textar\\_Fault-Assessment\\_CZE.pdf](http://textar.com/wp-content/uploads/2015/08/Textar_Fault-Assessment_CZE.pdf)
- [6] Brzdy II. [online]. [cit. 3.3.2016]. Dostupné z WWW: <http://www.autoznalosti.cz/index.php/podvozek-a-kola/39-brzdyii.html>
- [7] KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ SILNIČNÍCH VOZIDEL V MHD [online]. [cit. 3.3.2016]. Dostupné z WWW: <http://kds.vsb.cz/mhd/konstrukce-brzdy.htm>
- [8] Leaking rear wheel cylinders [online]. [cit. 16.5.2016]. Dostupné z WWW: <http://www.thesamba.com/vw/forum/viewtopic.php?p=6168985>
- [9] Koroze a porucha na vozidle jako příčina dopravní nehody [online]. [cit. 16.5.2016]. Dostupné z WWW: [http://www.degruyter.com/dg/viewarticle.fullcontentlink:pdfeventlink/\\$002fj\\$002fkom.2015.59.issue-2\\$002fkom-2015-0011\\$002fkom-2015-0011.pdf?t:ac=j\\$002fkom.2015.59.issue-2\\$002fkom-2015-0011\\$002fkom-2015-0011.xml](http://www.degruyter.com/dg/viewarticle.fullcontentlink:pdfeventlink/$002fj$002fkom.2015.59.issue-2$002fkom-2015-0011$002fkom-2015-0011.pdf?t:ac=j$002fkom.2015.59.issue-2$002fkom-2015-0011$002fkom-2015-0011.xml)
- [10] Partstock [online]. [cit. 16.5.2016]. Dostupné z WWW: <http://en.partstock.eu>
- [11] How Hydraulic Brakes Work [online]. [cit. 16.1.2016]. Dostupné z WWW: <http://epicbleedsolutions.com/blog/how-hydraulic-brakes-work/>
- [12] FAULT DIAGNOSIS Air/Hydraulic system [online]. [cit. 16.5.2016]. Dostupné z WWW: <http://www.dodge50.co.uk/brakefaultfinding.htm>