

**Univerzita Pardubice**  
**Dopravní fakulta Jana Pernera**

**Rekonstrukce podvozku el. lokomotivy 65 E 1 se zaměřením na úpravu brzdy**  
**Michal Barták**

**Bakalářská práce**  
**2009**

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky  
Akademický rok: 2008/2009

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Michal BARTÁK**  
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**  
Studijní obor: **Dopravní prostředky-Kolejová vozidla**

Název tématu: **Rekonstrukce podvozku el. lokomotivy 65E1 se zaměřením  
na úpravu brzdy**

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

- Provést rekonstrukci stávající zdržové brzdy použitím kolové kotoučové brzdy. Vypracujte:
1. Studii trendů moderních brzdných systémů výkonných el. lokomotiv.
  2. Zdůvodnění navrhovaného řešení v technické zprávě s výpočty brzdy a brzdných charakteristik.
  3. Výkresovou dokumentaci sestavy podvozku a detailů podstatných částí brzdy.
-

Rozsah grafických prací: podle pokynů vedoucího BP  
Rozsah pracovní zprávy: 40 stran  
Forma zpracování bakalářské práce: tištěná

Seznam odborné literatury:

- [1] Výkresová dokumentace ŠKODA.
- [2] LATA, M.: Konstrukce kolejových vozidel II, skripta, Univerzita Pardubice, 2004, 206 s., ISBN 80-7194-696-6.
- [3] ŠÍBA, J.: Kolejová vozidla II - pojezd, skripta, ČVUT, 1991, 165 s., ISBN 80-01-00615-8.
- [4] HRUŠOVSKÝ, J.: Brzdy hnacích vozidel ČSD - I.díl - Lokomotivy, NADAS, 1972, 584 s., OD 31-065-72-05-94.

Vedoucí bakalářské práce: prof. Ing. Jaroslav Čáp, DrSc.  
Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

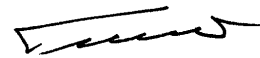
Datum zadání bakalářské práce: 20. února 2009

Termín odevzdání bakalářské práce: 1. června 2009



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.  
děkan

L.S.



doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.  
vedoucí katedry

dne

# PROHLÁŠENÍ AUTORA

PROHLAŠUJI:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem seznámen s tím, že se na mojí práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V České Třebové dne 15.5.2009

Michal BARTÁK

# PODĚKOVÁNÍ

Velice bych chtěl poděkovat panu profesoru Čápovi za vedení při tvorbě této práce, jeho cenné rady a zkušenosti z oblasti konstrukce kolejových vozidel. Dále by poděkování patřilo mým rodičům, také Tomáši Michálkovi a ostatním spolužákům, v neposlední řadě pak panu Karlu Šíchovi, kolegům strojvedoucím a strojmistrům z Depa kolejových vozidel Praha, provozní jednotky Vršovice, díky nimž jsem mohl čerpat zkušenosti z provozu lokomotiv řad 150 a 151.

Poslední řádky poděkování bych rád věnoval pracovníkům z Dislokovaného pracoviště Česká Třebová za podmínky a ochotu nejen při tvorbě této závěrečné práce.

## **SOUHRN**

Práce se zabývá rekonstrukcí podvozku lokomotivy Škoda 65 E 1 zaměřenou na úpravu brzdy. Původní špalíková brzda byla nahrazena kotoučovou brzdou v disku kola a vedení dvojkolí svislými čepy bylo změněno na vedení ojníčkou a flexi-coil pružinou. V práci jsou dále popsány používané druhy brzd, popis řady 65 E 1 a jejich modifikací a krátká studie trendů brzdných systémů moderních výkonných lokomotiv.

### **KLÍČOVÁ SLOVA**

ŠKODA 65 E 1; řada 150, 150.2, 151; kotoučová brzda; špalíková brzda; brzdové systémy; flexi-coil pružina

### **TITLE**

Reconstruction of the 65 E 1 Electric Locomotive Bogie with Focus on Brake Modification

### **ABSTRACT**

The work deals with reconstruction of the 65 E 1 locomotive bogie, focusing on brake modification. The original shoe brake was replaced by a disc brake in a wheel disc and the axle box guiding was changed from plug guide to lemniscate guide with a flexi-coil spring. The work contains description of presently used brake types, of the 65 E 1 locomotive and its modifications, and a short study of trends in the brake systems of modern high-powered locomotives.

### **KEYWORDS**

ŠKODA 65 E 1; series 150, 150.2, 151; disk brake; shoe brake, brakecomponents; flexi-coil spring

### **TITEL**

Rekonstruktion des Drehgestells der Lokomotive Škoda 65 E 1

### **ANNOTATION**

Die Arbeit befasst sich mit der auf Umbau der Bremze gerichteten Rekonstruktion des Drehgestells der Lokomotive Škoda 65 E 1. Die ursprüngliche Klotzbremse wurde durch die Scheibenbremse ersetzt und die Führung des Radsatzes mit senkrechten Bolzen wurde gegen die Führung durch Pleuelstück und Flexi-coil-Feder getauscht. In der Arbeit befindet sich ferner die Beschreibung der verwendeten Bremsarten, die Beschreibung der Reihe 65 E 1 und ihre Modifikation und eine kurze Studie der Trends bei den Bremssystemen moderner leistungsfähiger Lokomotiven.

### **SCHLUESSELWOERTER**

ŠKODA 65 E 1; Reihe 150, 150.2, 151; Scheibenbremse; Klotzbremse; Bremskomponenten; Flexi-coil-Feder

# OBSAH

1. ÚVOD.....	9
2. BRZDY ŽELEZNIČNÍCH VOZIDEL .....	10
2.2.1. Třecí brzdy .....	10
2.2.2. Dynamické brzdy.....	13
2.2.3. Dělení podle způsobu účinku.....	13
2.2.4. Dělení podle režimu brzdění.....	14
2.3. Požadavky, normy pro brzdy kolejových vozidel .....	15
2.3.1. Vyhlášky Mezinárodní železniční unie (UIC).....	15
2.3.2. Technické specifikace interoperability (TSI) .....	16
2.3.3. Evropské normy (EN).....	16
2.3.4. České státní normy.....	17
2.3.5. Vnitřní předpisy dopravce.....	17
3. LOKOMOTIVA ŠKODA 65 E 1 .....	18
3.1. Popis a technické údaje .....	18
3.1.1. Modifikace řady 150, označení lokomotiv.....	18
3.1.2. Stav v DKV PRAHA k 1.5.2009 .....	19
3.2. Pojezd.....	20
3.2.1. Rám podvozku .....	20
3.2.2. Trakční motory.....	20
3.2.3. Převodová skříň .....	20
3.2.4. Dvojkolí.....	20
3.2.5. Nápravové ložisko .....	21
3.2.6. Nápravový sběrač proudu.....	21
3.2.7. Vypružení .....	21
3.2.8. Přenos podélných sil .....	22
3.2.9. Pískování.....	22
3.2.10. Mazání okolků .....	22
3.2.11. Mezipodvozková vazba.....	22
3.3. Brzdová výstroj .....	22
3.3.1. Zdroj stlačeného vzduchu.....	23
3.3.2. Vzduchojemy spojené s činností brzdy .....	23
3.3.3. Zařízení brzdy .....	24
3.3.4. Brzdící váhy a režimy brzdění.....	26
4. REKONSTRUKCE PODVOZKU .....	27
4.1. Rekonstrukce podvozku.....	27
4.1.1. Úpravy v rámu podvozku.....	27
4.1.2. Vedení dvojkolí.....	28
4.1.3. Primární vypružení.....	28
4.1.4. Změna v pohonu dvojkolí .....	30
4.1.5. Ostatní změny v podvozku.....	31
4.2. Rekonstrukce brzdy .....	31
4.2.1. Porovnání špalíkové a kotoučové brzdy .....	31
4.2.2. Dvojkolí.....	31
4.2.3. Brzdové kotouče.....	32
4.2.4. Brzdové jednotky .....	32
4.2.5. Brzdové obložení .....	33
4.2.6. Pneumatická část .....	33
4.2.7. Mechanická část .....	33
4.3. Výpočet kotoučové brzdy.....	34

4.3.1.	Výpočet třecí brzdy .....	34
4.3.2.	Výpočet brzdy se započítáním EDB .....	35
4.3.3.	Zajišťovací brzda .....	37
4.3.4.	Čistění jízdni plochy .....	37
4.4.	Přední výrobci brzdových komponentů .....	38
4.4.1.	KNORR-BREMSE AG .....	38
4.4.2.	DAKO-CZ, a.s .....	38
4.4.3.	JURID Honeywell Bremsbelag GmbH .....	39
4.4.4.	Další výrobci .....	39
4.5.	Moderní trendy brzdových systémů .....	40
4.6.	Moderní výkonné lokomotivy .....	40
4.6.1.	ŠKODA 109 E .....	40
4.6.2.	SIEMENS Rh 1016 Taurus .....	41
4.6.3.	VOITH Maxima, Gravita .....	41
5.	<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>43</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY</b> .....	<b>44</b>
	<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>46</b>
	<b>SEZNAM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE</b> .....	<b>47</b>



## 1. ÚVOD

Cíl této bakalářské práce je rekonstrukce stávající špalíkové brzdy použitím kolové kotoučové brzdy včetně výpočtů brzdy a brzdných charakteristik pro lokomotivu ŠKODA 65 E 1 (řada 150, 150.2, 151 ČD). Zpracování výkresové dokumentace sestavy podvozku a detailů podstatných částí brzdy. Na rekonstruovaném řešení zároveň provést studii trendů moderních brzdných systémů výkonných elektrických lokomotiv.

Použití špalíkové brzdy pro vyšší a vysoké rychlosti není vhodné, nebo je spíše nedostatečné. Působením brzdových špalíků na plochu kola dochází k ohřevu obručí, zejména po jejich povrchu. Toto může vést k následnému vzniku trhlin a lomům obruče. Z ekonomického hlediska je to potom značné opotřebování špalíků, s čímž je spojena jejich častější výměna a tím větší prostoje lokomotivy.

Kotoučová brzda znamená jisté zlepšení, ovšem její konstrukcí se nevyhne zásahům do konstrukce podvozku a úpravě pohonu.



*Obr. 1 Lokomotiva 150 215-2 (ŠKODA 65 E 1)*

## 2. BRZDY ŽELEZNIČNÍCH VOZIDEL

### 2.1. Počátky brzd kolejových vozidel

Brzda je u železničního vozidla nejdůležitějším zařízením. Na její spolehlivosti a funkčnosti závisí bezpečný provoz. Stejně jako s sebou doba přináší vývoj vozidel, vyvíjí se i jejich brzdové systémy.

Prvopočátkem byly pákové brzdy. Ty se ovládaly ručně z vozů. S rostoucí hmotností vozidel bylo potřeba zvýšit přítlak páky na kolo. Toho se docílilo zvětšením převodu pomocí šroubu na vřetenu, které se ovládalo klikou nebo ručním kolem a dosazením zdrží na obě strany kola. Toto však stále nebylo dostačující neustálému vývoji a zvyšující se přepravní rychlosti. Navíc brzdění bylo závislé na jednotlivých brzdařích, čili nebylo ovládané strojvedoucím. Byly vyvinuty systémy lanem ovládaných brzd přímo strojvedoucím, avšak významným pokrokem byla vzduchová brzda, realizovaná v roce 1856 prostřednictvím stlačeného vzduchu.

Kompresory poháněné od náprav zajišťovaly tlakový vzduch v jímkách, ze kterých se přímo pomocí brzdového kohoutu plnili a odvětrávaly brzdové válce. V roce 1875 vyvinul a zavedl Westinghouse samočinnou vzduchotlakovou jednokomorovou brzdu.

Paralelně se v tuto dobu zkoušely i brzdy sací. Jejich princip byl založen na rozdílu atmosférického tlaku na jedné straně brzdového válce a podtlaku vzniklého vysátím vzduchu z druhé strany brzdového válce.

### 2.2. Dělení brzd

Brzdy lze rozdělit podle několika kritérií. V následujících odstavcích je dělení provedeno na brzdy třecí, dynamické a podle způsobu účinku.

Třecí brzdy lze dělit podle způsobu maření kinetické energie a podle vzniku brzdící síly.

#### 2.2.1. Třecí brzdy

##### Špalíkové brzdy

Brzdící síla se vyvolává přítlakem zdrží na kolo. Zdrže jsou přitlačovány silou vzniklou tlakem v brzdovém válci působícím na píst. Při vyšším a intenzivnějším brzdění dochází k ohřevu obručí (ploše kola) a mohou vznikat trhliny či lomy. Působením na plochu kola dochází také ke změně profilu jízdní plochy, s čímž je spojena změna jízdních vlastností. Špalíková brzda již není vhodná pro vyšší rychlosti. Brzda je pak řešena jako dvoustupňová, s vyšším pracovním tlakem

v brzdových válcích pro vyšší rychlost. Součinitel tření mezi kolem a špalíkem nemá konstantní hodnotu a klesá s rostoucí rychlostí (viz Obr. 2).

Dle jeho závislosti na rychlosti se špalíky označují písmeny:

- *L* – součinitel tření pro šedou litinu
- *K* – vysoký součinitel tření, úprava špalíku pro upevnění v botce zdrže.

Vozidla se špalíky „K“ jsou v mezinárodním provozu označovány na bočnici vozidla písmenem „K“ v kroužku.

Pokud je navíc vozidlo vybaveno těmito špalíky, je maximální provozní tlak v brzdových válcích vzhledem k této skutečnosti snížen na hodnotu přibližně 1,8 bar. Bez snížení tlaku v brzdových válcích není záměna těchto špalíků možná.

Materiály používaných brzdových špalíků:

- **šedá litina s obsahem fosforu přibližně 1 %** – vykazuje značnou prašnost a ztrátu materiálu, je třeba jejich častá výměna,
- **litina s obsahem fosforu do 3 %** – se vyznačuje vyšším součinitelem tření přibližně o 20 %,
- **kovokeramika – spékané materiály** – se vyznačují vyšším součinitelem tření a zvýšenou životností,
- **kompozitní materiály.**

### Kotoučové brzdy

Brzdná síla zde vzniká sevřením brzdových čelistí (destiček) k postranním plochám brzdového kotouče.

U tažených vozidel může být kotoučů na nápravě několik. Bývají žebrované z důvodu jejich lepšího chlazení.

U trakčních vozidel závisí provedení brzdy na koncepci pohonu dvojkolí, které vymezuje prostor pro zabudování brzdových komponentů. Brzdové kotouče mohou být nasazeny na samostatném hřídeli mimo dvojkolí spojeném s převodovkou, ale zpravidla se používá kotoučů v disku kola.

Kotoučová brzda je oproti špalíkové vhodnější pro brzdění z vyšších rychlostí. Součinitel tření (viz Obr. 2) mezi brzdovým obložením a kotoučem se s rostoucí rychlostí příliš nemění. Brzda má oproti špalíkové také nižší hlučnost a prašnost a nedochází k tepelnému namáhání jízdní plochy kola.

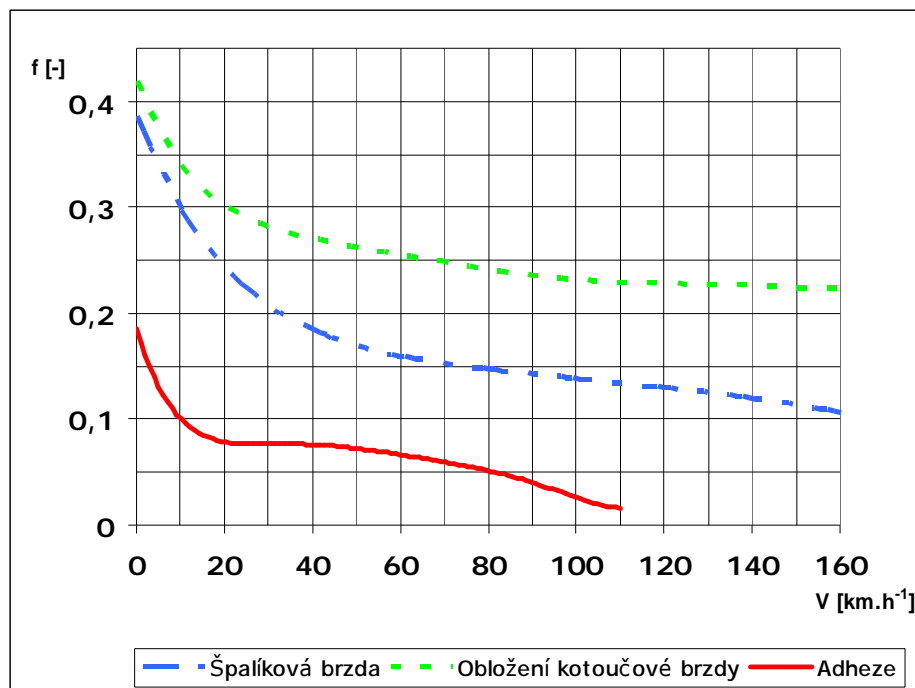
Pokud přihlídneme k nevýhodám, zmíníme především zhoršenou adhezní schopnost z důvodu nečistění jízdní plochy kola. Tento problém je při rekonstrukci řešen čistí zdrží (viz kap. 4.3.4.). V zimních podmínkách může dojít k vytvoření námrazy mezi kotoučem a obložením, tím i ke zhoršení

brzdícího účinku do doby, než se kotouč a obložení ohřeje. Ač je konstrukce brzdy relativně jednoduchá, je nutné dbát na kvalitu a přesnost provedení.

Materiály používaných brzdových kotoučů:

- *tvárná litina,*
- *litina s kuličkovým grafitem,*
- *hliníkové slitiny,*
- *keramika.*

Kotouče se vyznačují stálým součinitelem tření přibližně 0,30 – 0,35 téměř nezávisle na rychlosti, není tedy potřeba řešit brzdu dvoustupňově. Maximální přípustné teploty jsou u vozidel pro běžný provoz do + 400 °C, u vysokorychlostních vozidel do + 500 °C, krátkodobě až + 800 °C.



Obr. 2 Závislost součinitele tření na rychlosti

### Bubnové brzdy

Brzdná síla je opět vyvozena přitlakem, ale brzdové čelisti působí uvnitř bubnu. Jsou náročnější na odvod tepla. Touto brzdou je například vybavena lokomotiva řady 799, určená pro lehký posun v depech.

### Pásové brzdy

Brzdná síla vzniká pásem přitlačovaným k bubnu. Velikost brzdné síly je závislá na přitlaku pásu a jeho úhlu opásání bubnu. Pro brzdění kolejových vozidel se používají minimálně, jde spíše o starší systém.

## **Elektromagnetické kolejnicové brzdy**

U tohoto druhu brzdy vzniká brzdná síla třením trámce o kolejnici. Trámec je složen z cívky protékané stejnosměrným proudem a objímající železné jádro zhotovené z částí měkkého železa. Této brzdy se používá pro nouzové brzdění zejména z vysokých rychlostí pro rychlejší dosažení brzdného účinku.

### **Vířivá brzda**

Brzda používaná pro vyšší rychlosti k dosažení vyššího brzdného účinku. Pracuje na principu vířivých proudů.

## **2.2.2. Dynamické brzdy**

Dynamické brzdy můžeme rozčlenit na dvě skupiny.

### **Elektrodynamické**

Při elektrodynamickém brzdění se používá trakčních motorů přepojených do generátorového režimu. Vyrobený proud se maří v brzdových odporcích, nebo je trakční vozidlo schopno vracet elektrický proud zpět do trolejového vedení. Ve druhém případě se pak jedná o tzv. rekuperační brzdění.

### **Hydrodynamické**

Tohoto druhu brzdy se používá u motorových lokomotiv a vozů, kde je prostřednictvím tlakové kapaliny (oleje) brzděn pohon vozidla.

## **2.2.3. Dělení podle způsobu účinku**

Toto dělení je zaměřené na způsob účinku brzdy u vozidel.

### **Přímočinná brzda**

Brzdíčem přímočinné se přímo reguluje tlak v brzdovém válci. Je nezávislá na tlaku v hlavním potrubí. Jelikož působí pouze na vozidlo a jsou jí vybavena hnací vozidla, je nazývána též jako brzda lokomotivní.

### **Samočinná brzda**

Množství vzduchu vpuštěného do brzdových válců je závislé na snížení tlaku v hlavním potrubí (HP) a na činnosti rozvaděče. Stanovená hodnota tlaku v HP je 5,0 bar. Tato brzda je také samočinně účinná při přerušení hlavního potrubí nebo snížení tlaku v něm s ohledem na citlivost rozvaděče.

### **Zajišťovací brzda**

Zajišťovací brzda slouží k odstavení vozidel. Může být ruční s účinkem na určitý počet dvojkolí (event. kol), moderní trend je brzda pružinová (střadačová).

#### 2.2.4. Dělení podle režimu brzdění

Specifičtější dělení brzd je podle režimu brzdění. Režim stanovuje účinek brzdy v závislosti na čase a na tlaku v brzdových válcích, resp. kombinaci i s elektrodynamickou brzdou. Režim brzdění úzce souvisí s brzdící vahou vozidla. Pro každý režim bývá rozdílná hodnota brzdící váhy.

##### Režim brzdění

Režim brzdění je dán konstrukcí brzdy na vozidle. Jednotlivé režimy se dělí podle doby plnění (resp. odvětrávání) brzdových válců, popřípadě podle plnicího tlaku. Režimy se dělí na dva způsoby brzdění. I. způsob brzdění – režim osobní „P“ a II. způsob brzdění – režim nákladní „G“.

Z hlediska legislativy je nutné uvedení brzdící váhy na vozidle, jinak se brzdící váha nesmí započítat do celkové brzdící váhy vlaku.

**Tabulka 1** Přehled režimů brzdění

Označení režimu	Název režimu brzdy	Doba plnění brzdových válců	Doba vyprazdňování brzdových válců
G	nákladní	18 – 30 s	45 – 60 s
P	osobní	6 – 10 s	15 – 20 s
R	rychlík	3 – 5 s	15 – 20 s
E	elektrodynamická	-	-
H	hydrodynamická	-	-
Mg	magnetická	-	-
r	ruční	-	-

Doba vyprazdňování brzdových válců bývá delší až o polovinu, než doba jejich plnění. Tyto hodnoty stanovuje vyhláška UIC 540. V provozu se používají i různé kombinace brzdících režimů, většinou jako jeden z režimů třecí brzdy s doplňkem dynamické brzdy, např. „P+E“, „R+Mg“ nebo „R+E+Mg“.

##### Brzdící váha

Brzdící váha je veličina, která charakterizuje účinek brzdy vozidla (1.). Brzdící váha není určena konstrukcí vozidla a při jejím výpočtu se používá empirických vztahů. Je důležitá pro stanovení rychlosti jednotlivých vlaků, jakožto parametr, který je potřeba pro zjištění brzdících procent, která se počítají dle podle rovnice (2.) dle vyhlášky UIC 544-1.

##### Brzdící váha – B

$$B_{[t]} = \frac{I_{[%]}}{100} \cdot M_{HV[t]} \quad (1.)$$

### *Brzdící procento – I*

$$I_{[\%]} = \frac{C}{S_{[m]}} - D \quad (2.)$$

C – koeficient pro hnací vozidla dle UIC 544-1 (*Tabulka 2*)

D – koeficient pro hnací vozidla dle UIC 544-1 (*Tabulka 2*)

*pozn.: koeficienty C a D jsou rozdílné v závislosti na rychlosti*

**Tabulka 2** Hodnoty C a D koeficientů pro různé počáteční hodnoty rychlosti

$V_0$	C	D
100 km . h <sup>-1</sup>	61 300 (52 840 v režimu G)	8,9 (10 v režimu G)
120 km . h <sup>-1</sup>	91 633	11,6
140 km . h <sup>-1</sup>	130 995	11,6
160 km . h <sup>-1</sup>	176 714	11,6

## 2.3. Požadavky, normy pro brzdy kolejových vozidel

Brzdy hnacích kolejových vozidel podléhají několika normám. Jsou jimi vyhlášky Mezinárodní železniční unie (UIC), směrnice technické specifikace interoperability (TSI), evropské normy (EN), národní normy (ČSN). Současným problémem je však to, že z hlediska předpisů není v celoevropském měřítku jednotnost právě pro hnací vozidla. Schvalovací proces vozidla potom podléhá příslušným orgánům, resp. drážním správním úřadům dané země. V provozech jednotlivých dopravců se používání brzd řídí příslušnými předpisy.

### 2.3.1. Vyhlášky Mezinárodní železniční unie (UIC)

Vyhlášky Mezinárodní železniční unie (UIC) tvoří základ norem, vztahujících se na kolejová vozidla. V mnoha případech se na ně odkazují evropské normy (EN). Nejsou obecně závazné, spíše mají doporučující charakter. Pro obecný přehled bylo vybráno několika vyhlášek UIC, které se vztahují k otázce řešení a používání brzd železničních vozidel.

#### UIC 540

Definuje podmínky kladené na brzdu v mezinárodním provozu; obecně definuje samotný pneumatický systém samočinné brzdy UIC. Stanovuje základní hodnoty tlaku v hlavním potrubí, maximální tlak v brzdovém válci, kde stanovuje i doby plnění a vyprazdňování a definuje pojmy spojené s brzdou (citlivost, samočinnost, průrazná rychlost).

Jsou zde rozděleny základní režimy brzdění podle vývinu brzdného účinku. I. způsob brzdění – režim osobní „P“ a II. způsob brzdění – režim nákladní „G“.

### **UIC 541-3**

Vyhláška vztažená na použité brzdové materiály, brzdové kotouče, jejich normalizované rozměry a zkoušení.

### **UIC 541-5**

Řeší elektropneumatickou brzdu.

### **UIC 544-1**

Vyhláška zaměřená na návrh a výpočty brzdy. Definuje pojmy spojené s brzdou a důležité pro výpočet brzdného účinku, např. brzdící procento, brzdící váha, brzdící režim. Pro vozy vyhláška stanovuje intervaly zábrzdňích drah, intervaly brzdících procent, což ale vzhledem k hnacím vozidlům ve vyhlášce naopak stanoveno není. Vyhláška v současnosti již ani nepočítá s režimem brzdění „G“ (nákladní). Ten se nově ztotožňuje s režimem „P“ (osobní). Dále jsou zde definovány například požadavky pro kombinaci brzdění v součinnosti s elektrodynamickou brzdou.

### **UIC 544-2**

Další je vyhláška o započitatelnosti brzdícího účinku dynamické brzdy hnacích vozidel do brzdící váhy. Je dáno, že při výpadku dynamické brzdy musí okamžitě začít účinkovat brzda pneumatická. Elektrodynamická brzda musí účinkovat i při rychločinném brzdění a musí být nezávislá na napájecím napětí z troleje.

## **2.3.2. Technické specifikace interoperability (TSI)**

Nejnovější druh směrnic, který vzniká na celoevropské úrovni. Cílem bude sjednocení požadavků na kolejová vozidla. Pro brzdová zařízení hnacích vozidel zatím neobsahuje žádnou vyhlášku či směrnici.

## **2.3.3. Evropské normy (EN)**

Těchto norem je několik, převážně jsou převzaté i normou ČSN.

### **ČSN EN 14198**

„Požadavky na vlaky tažené lokomotivou“. Mj. udává, že lokomotivy, které jsou vybaveny brzdovým systémem dle UIC, musí dosahovat alespoň následujících a vyšších brzdících procent:

režim G:	$\lambda \geq 60 \%$
režim P (P+E, P+H):	$\lambda \geq 100 \%$
režim R:	$\lambda \geq 125 \%$



## **ČSN EN 14531-1**

„Metody výpočtů zábrzdných drah, brzdných drah a zabrzdění proti samovolnému pohybu“. Využívá algoritmů výpočtu zábrzdných drah. Zohledňuje konkrétní provedení brzdy na jednotlivých vozidlech. Počítá s provozními tlaky v brzdových válcích, vyvozenou celkovou brzdou silou na obvodu kol. Ve zpomalení zohledňuje i vozidlový odpor.

### **2.3.4. České státní normy**

#### **ČSN 28 0101**

„Technickobezpečnostní zkouška drážních vozidel provozovaných na drahách celostátních, regionálních a vlečkách“. Je českou státní normou platnou pro určování brzdících schopností železničních vozidel. Na základě této normy se provádí vyhodnocování brzdných zkoušek prováděných za účelem určení brzdící váhy. Ta se zjišťuje experimentálně z naměřených zábrzdných drah a nomogramů pro určování brzdících procent.

### **2.3.5. Vnitřní předpisy dopravce**

Jsou to předpisy, jimiž se řídí používání brzd a brzdových zařízení provozovaných kolejových vozidel.

#### **Předpis ČD V15/I**

Pro dopravce pojiždějící koleje SŽDC je to „Předpis pro provoz a obsluhu brzdových zařízení železničních kolejových vozidel“ – ČD V15/I. Tento předpis definuje pojmy spojené s brzdou, použití brzdových režimů s ohledem na řazení vozů ve vlaku, započítávání brzdných drah a řeší „Zprávu o brzdění vlaku“.

#### **Předpis ČD D2/I**

„Doplněk s technickými údaji k dopravním předpisům“. Tento předpis obsahuje provozní a technické údaje hnacích vozidel a jeřábů, hmotnosti tažených vozidel, které mohou jednotlivá hnací vozidla dopravovat určitou rychlostí na jednotlivých třídách sklonu při různém druhu jízdního odporu.

#### **Předpis ČD V62**

„Provozně technický předpis pro železniční vozy“. Obsahuje rozpracování organizačně technických náležitostí, stanovuje v souladu s mezinárodními předpisy technické požadavky kladené na vozy. Doplnjuje základní požadavky kladené na vozy Vyhláškou Ministerstva dopravy č.173/1995 a mezinárodními úmluvami RIC a RIV.

## 3. LOKOMOTIVA ŠKODA 65 E 1

### 3.1. Popis a technické údaje

Řada 65 E 1 (*viz Obr. 1*), původního označení E 499.2 ČSD, současného 150, 150.2, 151 ČD je určena pro dopravu expresních vlaků. Tehdejší Federální ministerstvo dopravy zadalo v roce 1969 vývoj dvou Proudových lokomotiv řady 350, ex. E 499.0, kdy došlo v letech 1973 – 1975 k jejich výrobě. Po vyhodnocení provozních vlastností bylo v roce 1976 objednána série 27 kusů koncepčně shodné lokomotivy pouze pro stejnosměrný přenos s maximální rychlostí  $140 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  – řada 150.

Elektrická část lokomotivy vychází rovněž z koncepce řady 350, ovšem bez použití částí potřebných pro napájecí systém 25 kV AC. Regulace je odporová, se stykačovým nebo mikroprocesorovým řízením, 56 jízdních stupňů s trvale zatížitelnými odporníky a pěti hospodárnými stupni pro zapojení trakčních motorů sériové i sérioparalelní.

#### Technické údaje

Výrobce:	ŠKODA Plzeň, a.s.
Tovární označení:	65 E 1
Původní označení:	E 499.2
Současné označení:	150, 150.2, 151
Počet vyrobených strojů:	27
Trakční systém:	3 kV DC
Trvalý výkon:	4 000 kW
Uspořádání pojezdu:	Bo´Bo´
Délka přes nárazníky:	16 740 mm
Vzdálenost otočných čepů:	8 300 mm
Rozvor náprav:	3 200 mm
Průměr nových dvojkolí:	1 250 mm
Služební hmotnost:	82,5 t

#### 3.1.1. Modifikace řady 150, označení lokomotiv

Stroje z původního označení E 499.2 byly přeznačeny na řadu 150. Z původní maximální rychlosti  $140 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  byla rychlost snížena na  $120 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . V současné době jsou tři modifikace řady 150, které s sebou nesou i své označení (150.2 a 151). U žádné z řad není ve všech směrech celková

jednotnost, zejména v řídicím systému nebo ve zdroji stlačeného vzduchu. Základní odlišnosti jsou popsány v následujících odstavcích.

### **Řada 151**

V roce 1993 byla do Škody Plzeň přistavena k rekonstrukci pro zvýšení maximální rychlosti na  $160 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  lokomotiva 150 020-6. Převod z původních 2,441 byl změněn na 2,162. Rekonstrukce s sebou přinesla i přeznačení řady 150 na řadu 151. Úpravy se týkaly dosazení vlakového zabezpečovače LS 90d, elektronického protismykového regulátoru, elektronického rychloměru, bezpečnostních skel a dosazení tlumičů vrtivého pohybu podvozků. Pístový kompresor byl nahrazen šroubovým.

V řídicím systému nastala podstatná změna, kdy elektromechanický mezikontrolér byl nahrazen elektronickým řídicím systémem HS 198. Tato rekonstrukce započala před řadou 151 na lokomotivě 150 026-3.

### **Řada 150.2**

Poslední série rekonstrukcí započala v CZ LOKO, a.s. Česká Třebová vyvazovací opravou stroje 150 025-5. Úpravy byly téměř shodné jako u rekonstrukce řady 151, avšak maximální rychlost těchto lokomotiv je  $140 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Důvodem je ponechání původního převodu a nedosazení protismykového zařízení. V České Třebové následovaly ještě rekonstrukce strojů 009, 015 a 024. Lokomotivy byly přeznačeny na 150.2. Stroj 150 222 je ve zkušebním provozu s novým zabezpečovačem LS06 a připraven na rekonstrukci nového typu sběrače.

Další vyvazovací opravy na ostatní strojích již zajistily DPOV, a.s. Přerov.

### **3.1.2. Stav v DKV PRAHA k 1.5.2009**

Všechny lokomotivy jsou ve stavu Depa kolejových vozidel Praha.

#### **řada 150**

150 003, 150 005, 150 010, 150 023, 150 026

#### **řada 150.2**

150 202, 150 209, 150 213, 150 215, 150 221, 150 222, 150 224, 150 225

#### **řada 151**

151 001, 151 004, 151 006, 151 007, 151 008, 151 011, 151 012, 151 014  
151 016, 151 019, 151 020, 151 027

Lokomotivy 150 017 a 151 018 byly po násilných poškozeních zrušeny.

Lokomotiva 150 023 je k výše uvedenému datu přistavena v DPOV, a.s. Přerov k rekonstrukci na řadu 151.

## 3.2. Pojezd

### 3.2.1. Rám podvozku

Rám podvozku je svařen z ocelových plechů, tvoří jej podélníky, čelníky a střední příčník, ve kterém je ze spodní strany nalisován nicohlav. Použitá je konstrukční ocel třídy 11.

### 3.2.2. Trakční motory

Jsou to točivé, šestipólové, stejnosměrné stroje jsou typu AL 4741 FIT s cizí ventilací. Jejich buzení je sériové s kompenzačním vinutím. Každý motor pohání individuálně jedno dvojkolí.

Trakční motor je tříbodově uložen v rámu podvozku. Přichycen je vždy dvěma šroubovými spojeními ve středním příčníku a jedním šroubovým spojením ke konzole od čelníků.

#### Trakční motor AL 4741 FIT

Jmenovité napětí:	1 500 V
Výkon hodinový/trvalý:	1 050 kW / 1 000 kW
Proud hodinový/trvalý:	750 A / 715 A
Maximální proud:	1 250 A
Jmenovité otáčky:	1 520 ot · min <sup>-1</sup>
Hmotnost:	4 600 kg

### 3.2.3. Převodová skříň

Skříň je řešena jako dvoudílná, s pastorkem uloženým v ložiskách ve vrchní části a se zásobou maziva v dolní části.

Je uložena jedním koncem ke střednímu rámu příčníku a druhým na ložiskách na náboji velkého ozubeného kola.

Převod mezi trakčním motorem a dvojkolím, resp. pastorkem trakčního motoru a ozubeným kolem na nápravě, je proveden kloubovou spojkou Škoda.

### 3.2.4. Dvojkolí

Dvojkolí tvoří náprava a obručová kola. Obruče jsou za tepla lisovány na disk kola tvořený hvězdicí. Průměr nových obručí je 1 250 mm. Minimální ojetí obručí je do průměru 1 190 mm. Lokomotiva 151 007-8 je jako jediný zástupce řady osazena celistvými koly.

Náboj ozubeného kola je nalisován na nápravě, kam se velké ozubené kolo upne lícovanými šrouby. Na koncích nápravy jsou čepy o průměru 180 mm pro nápravová ložiska.

Vedení dvojkolí je pevné, pomocí svislých čepů (viz *Obr. 3*).

### 3.2.5. Nápravové ložisko

Na každém konci nápravy jsou dvě válečková ložiska oddělená rozpínacím kroužkem.

### 3.2.6. Nápravový sběrač proudu

Nápravový sběrač typu 7 PCL je součástí vysokonapěťového obvodu lokomotivy a vytváří vodivé spojení mezi rámem lokomotivy a pohybující se nápravou. Přenos zajišťují uhlíkové kartáče. Na nápravě je vždy jeden sběrač, umístěný u nápravové převodovky. Sběrač zároveň také omezuje nežádoucí proudy protékající nápravovým ložiskem.

### 3.2.7. Vypružení

Lokomotiva je vypružena dvoustupňově pomocí šroubovitých válcových pružin.

První stupeň vypružení tvoří šroubovitě pružiny navlečené na svislé čepy nápravových ložisek. Tlumení zajišťují dva hydraulické tlumiče připojené k čelníku rámu podvozku a převodovou skříň trakčního motoru. Rekonstruované lokomotivy 150.2 a 151 mají tyto tlumiče uloženy mezi podélníkem podvozku a ložiskovou skříňí.

Druhý stupeň vypružení, mezi skříňí vozidla a podvozkem, tvoří opět šroubovitě pružiny tlumené hydraulickými tlumiči. Všechny čtyři tyto pružiny jsou doplněny závěskami pro možnost nastavení výšky nárazníků a zároveň sloužících jako příčné tlumení.



*Obr. 3 Závěs převodovky, vodící čep*



*Obr. 4 Podvozek 65 E 1*

### 3.2.8. Přenos podélných sil

Přenos podélných sil mezi skříní lokomotivy a podvozkem se realizuje pomocí otočného čepu. Tento čep je upevněn ve středním příčnicku rámu podvozku, jež je kloubově uložen v podvlečeném příčnicku. Kloubové uložení umožňuje pohyb i v příčném směru, v podélném směru je pohyb bez vůlí.

### 3.2.9. Pískování

V obvodu pískovacího zařízení je tlakový vzduch veden ke dvěma elektropneumatickým ventilům, které jsou ze stanovišť strojvedoucího ovládány tlačítkem na pultě nebo nožním spínačem. V elektrické výzbroji je zařazeno relé, které ovládá elektropneumatické ventily automaticky při reakci skluzové ochrany.

### 3.2.10. Mazání okolků

Pro zmenšení opotřebení styčné plochy obruče mezi kolem a kolejnicí je použit rozšířený systém mazání okolků De Limon. Zajišťuje pravidelné dávkování ekologického maziva na první a čtvrté dvojkolí. Rozstřík je řešen tlakovým vzduchem s impulzy po 100 až 200 metrech. Zabudovaný impulzor navíc vyhodnocuje jízdu po přímé koleji a v tuto dobu mazání přerušuje. Totéž se děje při poklesu rychlosti pod 15 km/h.

### 3.2.11. Mezipodvozková vazba

V současné době již tato vazba není u žádné lokomotivy. Řešení vazby bylo po krátké době provozu odstraněno. Tato vazba mezi podvozky byla konstrukčně řešena tak, aby zlepšovala vlastnosti vozidla při průjezdu obloukem. Mezi podvozky přenášela pouze vodorovné síly. Tlumení rázů bylo vyřešeno spojkou s tlumičem, který nereagoval na malé síly při nežádoucích pohybech, ale účinkoval až při větších zrychleních soustavy.

## 3.3. Brzdová výstroj

Současná brzda na lokomotivě je řešena jako špalíková se čtyřmi brzdovými jednotkami v každém podvozku. V brzdové jednotce je umístěn brzdový válec a stavěč odlehlosti zdrží. Každé kolo je brzděno pouze jednostranně. U řady 151 je pro zvýšení brzdícího účinku při užití samočinné brzdy použito přídavného ventilu LRV. Špalíky se používají litinové nebo nekovové. Použitý druh brzdových špalíků je také kritériem pro maximální přetlak v brzdových válcích. Použitím špalíků Distrikt typu „K“ je snížen jmenovitý přetlak na hodnotu 1,8 bar. Tyto špalíky však leští jízdní plochu kola a zhoršují trakční vlastnosti lokomotivy.

Lokomotiva má ve strojovně umístěn jeden brzdič samočinné brzdy DAKO BSE řízený ovladači DAKO OBE 1 ze stanovišť strojvedoucího. Přímočinná brzda je

řešena brzdíči DAKO BP. K zajištění stojícího vozidla slouží ruční brzda umístěná rovněž na každém stanovišti. Vedle pneumatické brzdy je lokomotiva vybavena elektrodynamickou brzdou (EDB). Součinnost spolupráce EDB a tlakové brzdy zajišťuje převodník.

### 3.3.1. Zdroj stlačeného vzduchu

Zdrojem stlačeného vzduchu u řady 151 je šroubový kompresor typu SE 120 LOK. U strojů řady 151 rekonstruovaných na elektronický řídicí systém je to kombinace zmíněného šroubového kompresoru a pístového kompresoru 3 DSK 100, které po zvednutí sběrače pracují současně v jednom cyklu. Řada 150.2 je pak vybavena dvojicí kompresorů 3 DSK 100, stejně jako prvotní řešení u řady 150. Kompresor či kompresory jsou spínány automaticky při poklesu tlaku ve hlavním vzduchojemu pod hodnotu přibližně 8,5 bar. Při přetlaku 9,6 bar samočinně vypínají.

Tlakový vzduch pro sběrač zajišťuje pomocný kompresor SM 112 L.

### 3.3.2. Vzduchojemy spojené s činností brzdy

#### Hlavní vzduchojem

Dva hlavní vzduchojemy o celkovém objemu 500 litrů jsou umístěny pod každým stanovištěm strojvedoucího. Jsou opatřeny pneumaticky ovládanými ventily sloužícími k jejich průběžnému odvodňování. Jsou hlavními zásobníky stlačeného vzduchu na lokomotivě. Jejich přetlak je 9,6 bar.

#### Pomocný zásobní vzduchojem brzdy

Vzduchojem o objemu 150 litrů, zapojený mezi napájecí a hlavní potrubí. Slouží k plnění brzdových válců přes ventil DAKO LRV.

#### Pomocný vzduchojem

Vzduchojem o obsahu 25 litrů, plní řídicí vzduchový obvod rozvaděče DAKO LTR.

#### Rozvodový vzduchojem

Vzduchojem sloužící jako „porovnávací“ s tlakem v hlavním potrubí (HP). Pokles tlaku v HP se porovnává s přetlakem v rozvodovém vzduchojemu (5 bar) a reaguje rozvaděč, který vpouští vzduch do brzdových válců.

#### Řídicí vzduchojem

Typický vzduchojem pro brzdové systémy DAKO, kterým jsou vybavena pouze hnací vozidla. Řídí činnost různých ventilů ve vzduchovém obvodu brzdy, přetlak v něm vzniká současně s vpouštěním vzduchu do brzdových válců.

### **Přístrojový vzduchojem**

Vzduchojem o objemu 120 litrů vede vzduch do přidavného ventilu LRV a tím může zvýšit tlak v brzdových válcích až na hodnotu 6,8 bar. Jeho přetlak je 5,5 bar.

#### **3.3.3. Zařízení brzdy**

Stručný popis byl již dříve zmíněn v *kapitole 3.3*. V následujících odstavcích budou popsány důležité ovládací a ovládané prvky brzdy na lokomotivě.

##### **Brzdič DAKO BSE**

Brzdič samočinné brzdy, řídí vlakovou brzdu. Základem je deskový nosič, který je upevněn k podlaze. Je osazen elektropneumatickými ventily, rozvodovým ventilem, přepojovacím ventilem, vyrovnávacím ventilem, omezovacím a přerušovacím ventilem, ventilem lineárního odvětrání, řídicím vzduchojemem a regulátorem tlaku. Nosič je spojen se vstupem (napájecím potrubím) a výstupem (hlavním potrubím) brzdiče.

##### **Brzdič DAKO BP**

Brzdič přímočinné brzdy, ovládám se jím brzda lokomotivy bez činnosti rozvaděče. Je složen ze dvou hlavních částí – těleso brzdiče a víko brzdiče. Ve víku je umístěn regulátor tlaku a v tělese (nosiči) rozvod vzduchu. Obě části jsou k sobě spojeny pomocí dvou šroubů. Brzdič má tři vývody pro vstup do brzdiče, výstup z brzdiče a výfuk.

##### **Ovladač DAKO OBE 1**

Slouží k ovládání průběžné brzdy vlaku prostřednictvím elektrického brzdiče DAKO BSE. Ovladač tvoří vzduchová část, elektrická část a rukojeť ovladače (aretační část). Aretační část má celkem sedm poloh.

Ovládání brzdiče je funkční pouze po zapnutí spínače řízení na příslušném stanovišti, proto i ovladač je při vypnutém řízení nefunkční.

##### **Rozvaděč DAKO LTR**

Rozvaděč tvoří všeobecně velmi důležitý prvek samočinné brzdy. Je zařízením, které v závislosti na tlaku v hlavním potrubí vpouští vzduch do brzdových válců. Rozvaděč DAKO LTR pracuje ve dvou režimech – nákladní (režim G) a osobní (režim P). Režim se nastavuje pomocí kohoutu, který je součástí rozvaděče. Konstrukce rozvaděče umožňuje stupňovitě odbrzdovat.

Rozvaděč plní rozvodový a pomocný vzduchojem, spojuje brzdové válce s ovzduším při plnicí poloze. Pokud dojde ke snížení tlaku (např. při provozním brzdění), přerušuje spojení brzdových válců s ovzduším a plní je tlakovým vzduchem z pomocného vzduchojemu.



### **Přídavný ventil DAKO LRV**

Tento ventil umožňuje plnění brzdových válců lokomotivy ve dvou stupních maximálním tlakem, který je možno využít vzhledem k použitému druhu špalíků. Nízký stupeň tlaku vpustí do válců maximální tlak 1,8 bar, ve vysokém stupni je to až 6,8 bar. Vysoký stupeň je účinný až od rychlosti  $80 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Účinkování zajišťuje odstředivý regulátor. Činnost ventilu lze zamezit uzavřením kohoutu přívodu tlakového vzduchu z přístrojového vzduchojemu. V provozu je kohout u řady 151 vždy otevřen a v této poloze zaplombován, u řady 150 a 150.2 je trvale uzavřen.

### **Elektrický odbrzdovač DAKO OL 2**

Odbrzdovač DAKO OL 2 je zařízení, které elektrickým impulsem pomocí tlačítka ze stanoviště strojvedoucího dokáže snížit tlak v brzdových válcích lokomotivy bez stejného vlivu na ostatní vozidla ve vlaku. Je nefunkční při použití elektrodynamické brzdy a při rychločinném brzdění.

### **Ruční odbrzdovač**

Ruční odbrzdovač zajišťuje snížení tlaku v brzdových válcích mechanickou cestou pomocí ovládací páčky ze stanoviště strojvedoucího. Oproti elektrickému odbrzdovači ale nezajistí odvětrání brzdových válců pokud je do válců pouštěn vzduch brzdícím přímočinné brzdy nebo pokud je brzdícím samočinné brzdy snížen tlak v hlavním potrubí. Tohoto odbrzdovače se používá pro odvětrání zbytkového přetlaku v brzdovém válci nebo pro jeho rychlejší odvětrání.

### **Elektrodynamická brzda**

Lokomotiva je také vybavena elektrodynamickou brzdou (EDB) o výkonu 3 600 kW. Rozjezdové odporníky slouží k maření elektrického proudu v režimu EDB. Pro jednoduchost obsluhy je EDB opatřena regulátorem, který dokáže regulovat výkon a sledovat kontrolu důležitých veličin (např. skluz, budící proud). Pracuje vždy v součinnosti se špalíkovou (třecí) brzdou. S klesající rychlostí klesá podíl její vykonané práce a zvyšuje se podíl práce třecí brzdy. Při rychločinném brzdění je výkon EDB redukován na 25 % při použití nekovových špalíků a na 50 % při použití špalíků litinových. Při rychlosti přibližně  $25 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  EDB odpadá. Toto platí pro řadu 150.2 a 151. U řady 150 je tato rychlost  $45 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ .

### **Tlakové relé TR1**

Toto relé obsluhuje převodník, který zajišťuje součinnost v převodu mezi pneumatickou brzdou a EDB v závislosti na tlaku.

### **Ruční brzda**

Slouží jako brzda zajišťovací. Tvoří ji ruční kolo v provedení s ozubenými a řetězovými koly. Působí vždy na dvě kola v podvozku. Tento způsob již není v současné konstrukci moderní.

## Protismyková ochrana

Tímto druhem ochrany proti smyku dvojkolí je vybavena pouze řada 151. Zařízení je elektronické s vlastní diagnostikou. Poruchové stavy jsou signalizovány číselným kódem. Při poruše protismykového zařízení se uzavře kohout k ventilu LRV a maximální rychlost lokomotivy je snížena na  $120 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$

### 3.3.4. Brzdící váhy a režimy brzdění

#### Brzdící váha

Brzdící váhy, které charakterizují účinek brzdy vozidla jsou pro všechny modifikace řady 150 při účinku pouze třecí brzdy nízké. Toto platí všeobecně pro lokomotivy ŠKODA, nejen pro řadu 150. Prvotně je toto dáno pouze jednostranným brzděním kol a pak také snížením tlaku v brzdových válcích z důvodu použitého druhu brzdových špalíků. Používaná loukoťová kola se často vyznačovala snazším „vyhřátím“ obručí kol a jejich pootočení.

Řada 151 disponuje příznivější hodnotou brzdící váhy v režimu rychlík v kombinaci s EDB.

#### Přehled režimů brzdění řady 150, 150.2 a 151

Přehled režimů brzdění a brzdících vah uvádí *Tabulka 3*:

*Tabulka 3 Brzdící váhy jednotlivých modifikací řady 150*

řada/režim brzdění	G	P	R	P+E	R+E	r
150	24 t	44 t	-	-	-	2+2 t
150.2	24 t	44 t	-	113 t <sup>1)</sup>	-	2+2 t
151	29 t	64 t	97 t	95 t	124 t	6+6 t

<sup>1)</sup> Hodnota brzdící váhy pro režim  $P+E_{(140)}$ , pro režim  $P+E$  do rychlosti 140 platí údaj 93 t. Tato hodnota však není započitatelná pro všechny stroje řady 150.2 a je nutné vycházet z brzdící váhy uvedené na lokomotivě.

## 4. REKONSTRUKCE PODVOZKU

Záměrem rekonstrukce je úprava podvozku s ohledem na současný trend v konstrukci. Výhody i nevýhody kotoučové brzdy byly zmíněny v předchozích kapitolách. Malý prostor, který podvozek při stávajícím řešení nabízí je nedostatečný pro upevnění brzdových jednotek, proto muselo dojít k nutným zásahům do konstrukce podvozku, zejména v oblasti vedení dvojkolí, vypružení i samotného pohonu dvojkolí.

### 4.1. Rekonstrukce podvozku

V následujících kapitolách bude řešena problematika jednotlivých dílčích částí podvozku. Neuvedené a nepopsané části zůstaly nezměněny. Rozebíratelné části po samotný rám podvozku byly otryskány a natřeny ochranným nátěrem.

#### 4.1.1. Úpravy v rámu podvozku

Rám podvozku jako samostatný celek zůstal v základu v původním provedení. Došlo k odstranění svislých čepů vedení dvojkolí a k odstranění všech částí původní brzdové výstroje, včetně konzole k uchycení brzdové jednotky špalíkové brzdy. Byla odstraněna všechna nepotřebná šroubová spojení pro původní prvky. Na podélníky (bočníky) byly do míst přechodu z užší části k jeho zesílení přivařeny celkem čtyři konzole z plechů, které slouží k uchycení ojníčky nového vedení dvojkolí, upevnění jednotky čisticí zdrže a trysky mazání nákolků. Konzola musela být zhotovena jako nový díl.



*Obr. 5 Původní konzola s brzdovou jednotkou*

#### 4.1.2. Vedení dvojkolí

Zde dosáhla rekonstrukce podstatné změny. Původní svislé čepy dvojkolí vypružené párem svislých pružin bylo nahrazeno dvojicí pružin flexi-coil usazených na asymetrické ložiskové jednotce vedené ojnicí ukotvenou v konzole (*výkresová dokumentace 4*). Pryžová kulová pouzdra ojnicek umožňují jistou poddajnost při pohybu.

Aby zůstalo i původní namáhání nápravy na ohyb, prochází spojnice středů šroubových pružin s osou nápravy ve stejném místě, jako při původním řešení, čili středem ložiskové jednotky.

Asymetrická ložisková jednotka je řešena tak, aby mohl vzniknout potřebný prostor pro uchycení brzdové jednotky. Osa nosné části pro šroubovitě pružiny je u pružin vnějších (bližších k čelníkům rámu) posunuta směrem ven z rámu podvozku. O stejnou hodnotu musely být posunuty nosné části pro pružiny bližší ke střednímu příčnicku rámu podvozku, a to směrem dovnitř rámu. Nejmenší vzdálenost je 10 mm pro část posunutou z rámu od kleští brzdové jednotky. Pro část k vnitřní straně rámu je to potom vzdálenost 23 mm ke vnější rovině disku kola.

#### 4.1.3. Primární vypružení

V oblasti primárního vypružení, tedy vypružení mezi dvojkolím a rámem podvozku došlo v důsledku vedení dvojkolí ke změně. Stávající šroubovitě pružiny ve vypružení zůstaly, avšak jejich namáhání bylo přepočítáno pro namáhání příčnými silami, flexi-coil efekt. Oproti původnímu řešení byly posunuty vzhledem k asymetrické ložiskové jednotce, která byla v konstrukci nutná pro získání potřebného prostoru pro brzdovou jednotku.

Výchyvky při příčném namáhání dosahují přibližně hodnoty  $\pm 5$  mm, což je z hlediska prostoru hodnota, která vyhovuje zbylému volnému prostoru mezi ostatními prvky v pojezdu.

Otázka tlumení pružin primárního vypružení zůstala podle vzoru řady 151, dosazením tlumičů vrtivého pohybu. Původně byl tlumič zavěšen mezi rám podvozku a nápravovou převodovku, ale tlumiče vrtivého pohybu jej u řady 150 a 150.2 nahradily.

## Výpočet namáhání šroubovitě pružiny

Pro výpočet příčné tuhosti flexi-coil pružin lze použít několik teorií, metody podle Budricka, Wahla, Sparinga, Timošenka-Ponomareva nebo Grosse. Pro výpočet byla použita poslední jmenovaná, podle Grosse.

### Parametry stávající pružiny

Průměr drátu:	d	= 42 mm
Střední průměr šroubovice:	D	= 230 mm
Počet činných závitů:	$n_{\zeta}$	= 3,5
Počet závěrných závitů:	$n_z$	= 1,5 (2x 0,75)
Statické zatížení pružiny:	$F_0$	= 42 000 N
Volná délka pružiny:	$h_0$	= 304 mm
Výška staticky zatížené pružiny:	h	= 245,5 mm
Statické namáhání materiálu pružiny:	$\tau_{stat}$	= 419 MPa
Maximální namáhání materiálu pružiny:	$\tau_{max}$	= 727 MPa
Svislá (osová) tuhost pružiny:	$k_z$	= 717 kN · m <sup>-1</sup>
Modul pružnosti v krutu:	G	= 8 · 10 <sup>4</sup> MPa
Modul pružnosti v tahu:	E	= 2,1 · 10 <sup>5</sup> MPa

## Výpočet příčné tuhosti podle Grosse

### Příčná tuhost – $k_y$

$$k_{y[kN \cdot m^{-1}]} = \frac{1}{\frac{1}{F_{0[N]}} \cdot \left( \frac{2}{a_{[N^{1/2} \cdot mm^{-1}]}} \cdot \operatorname{tg} \left( a_{[N^{1/2} \cdot mm^{-1}]} \cdot \frac{h_{[mm]}}{2} \right) - h_{[mm]} \right) + \frac{h_{[mm]}}{k_{s[N]}}} \quad (3.)$$

### Konstanta – a

$$a_{[N^{1/2} \cdot mm^{-1}]} = \sqrt{\frac{F_{0[N]}}{k_{o[mm^2]} \cdot \left( 1 - \frac{F_{0[N]}}{k_{s[N]}} \right)}} \quad (4.)$$

### Ohybová tuhost – $k_o$

$$k_{o[mm^2]} = \frac{h_{[mm]}}{p \cdot n_{\zeta} \cdot \frac{D_{[mm]}}{2} \cdot \left( \frac{1}{E_{[MPa]} \cdot I_{1[mm^4]}} + \frac{1}{G_{[MPa]} \cdot I_{p[mm^4]}} \right)} \quad (5.)$$

**Smyková tuhost –  $k_s$**

$$k_{s[N]} = \frac{E_{[MPa]} \cdot h_{[mm]} \cdot I_1[mm^4]}{p \cdot n_z \cdot \left(\frac{D_{[mm]}}{2}\right)^3} \quad (6.)$$

**Moment setrvačnosti –  $I_1$**

$$I_1[mm^4] = \frac{1}{64} \cdot p \cdot d_{[mm]}^4 \quad (7.)$$

**Moment setrvačnosti –  $I_p$**

$$I_p[mm^4] = \frac{1}{32} \cdot p \cdot d_{[mm]}^4 \quad (8.)$$

**Tabulka 4 Vypočtené hodnoty**

$k_y$	924,24	$kN \cdot m^{-1}$
$\alpha$	0,004138	$N^{1/2} \cdot mm^{-1}$
$k_o$	$6,50 \cdot 10^{12}$	$mm^2$
$k_s$	470 897,53	N
$I_1$	152 745,02	$mm^4$
$I_p$	305 490,04	$mm^4$

Pro příčný směr je pružina velice tuhá, což je dáno jejím nízkým počtem závitů.

**4.1.4. Změna v pohonu dvojkolí**

Pohon dvojkolí musel být vzhledem k nedostatku místa pozměněn. Převodová skříň neumožňovala uchycení brzdové jednotky. Spíše byl nedostatek místa pro kleště brzdových čelistí.

Převodovka velkého ozubeného kola musela být posunuta směrem ke středu dvojkolí. Trakční motory zůstaly původní a uchycené v původním místě. U motoru bylo nutné upravit díl, kterým prochází kardanový hřídel, a který současně drží ložisko. Kardanový hřídel bylo nutné prodloužit a zvětšit jeho průměr. Hřídel prochází skrz dutý pastorek, na který je nalisován unášeč. Unášeč musel být zvětšen na straně převodové skříně. Úpravou prošla také kloubová spojka, která byla z původní pozice mezi trakčním motorem a převodovou skříní přemístěna mezi převodovou skříní a kolo.

Převodová skříň je k rámu podvozku upevněna dvoubodově pomocí konzol.

Úprava pohonu vychází z návrhu Brodského [10]. Tato možnost je jediná, pokud se chceme vyhnout radikální úpravě pohonu dvojkolí. Pro kompletní

modernizaci by se dal navrhnout zcela nový pohon dvojkolí, ale jako rekonstrukce podvozku řady 150 by z hlediska ekonomického neměl význam, vzhledem ke stáří lokomotivy.

#### 4.1.5. Ostatní změny v podvozku

Další změny se týkají spíše vhodného uspořádání prvků v podvozku, jako například způsob uchycení tlakových hadic pro brzdovou výstroj, přívodních hadiček k trysce mazání nákolků, propojení vodivých částí v podvozku zemnicími propojkami, kabelové vedení ke snímačům na nápravách a podobně. Aby byl snadný přístup k jejich případné výměně či snadnost odpojení při vyvázání podvozku. Podrobný popis nebude v této práci zpracován.

### 4.2. Rekonstrukce brzdy

#### 4.2.1. Porovnání špalíkové a kotoučové brzdy

Jak již bylo zmíněno, špalíková brzda je vývojově starší a při vyšších rychlostech již příliš nevyhovuje, proto je také v této práci předmětem její náhrada brzdou kotoučovou s kotoučem v disku kola.

Pro špalíkovou brzdu je typické brzdové táhloví od brzdového válce. Toto řešení není však zásadní. Například lokomotiva řady 150 má provedení špalíkové brzdy pomocí brzdových jednotek, kde pákovi je skryto uvnitř a v podvozku již není potřeba jiných táhel. Toto řešení je typické pro podvozky lokomotiv ŠKODA II. generace.

#### 4.2.2. Dvojkolí

Jelikož brzdový kotouč musí splňovat podmínky zabudování v disku kola, musel být na základě této podmínky zvoleno vhodné dvojkolí s monoblokovými koly. Výrobcem je tuzemská společnost Bonatrans Group, a.s. Bohumín.

#### Parametry použitého dvojkolí

Materiál kola:	R8T (dle UIC 812-3)
Maximální provozní rychlost:	180 km · h <sup>-1</sup>
Průměr nových kol:	1 250 mm
Průměr ojetých kol:	1 170 mm
Tloušťka věnce kola:	135 mm

#### 4.2.3. Brzdové kotouče

Vhodné kotouče pro montáž byly vybrány od společnosti Knorr-Bremse AG.

##### Parametry brzdového kotouče

Materiál brzdového kotouče:	GGG40 (dle ČSN 42 2304)
Vnější průměr kotouče:	1 073 mm
Vnitřní průměr kotouče:	783 mm
Třecí poloměr:	464 mm
Šířka třecí plochy kotouče:	145 mm
Tloušťka kotouče:	135 mm
Upevňovací šrouby:	12x M12x104 ČSN EN ISO 4014
Upevňovací matice:	12x M12 ČSN 02 1411.20
Pojišťovací závlačky:	12x 3,2x16 ISO 1234

#### 4.2.4. Brzdové jednotky

Použité brzdové jednotky jsou rovněž od společnosti Knorr-Bremse AG. Byla vybrána vhodná a výkonná jednotka s integrovanou pružinovou (střadačovou) brzdou. Jednotka byla uchycena čtyřmi šrouby na nově vyrobenou konzoly přivařenou k hlavnímu rámu (*výkresová dokumentace 3*). V základu je použitý jeden typ brzdové jednotky s tím rozdílem, že polovina brzdových jednotek na lokomotivě (podvozku) je vybavena integrovaným střadačem (zajišťovací pružinovou brzdou). Výpočet zajišťovací brzdy je obsahem *kapitoly 4.3.3.*

##### Parametry brzdové jednotky

Typ brzdové jednotky se střadačem:	RZS41 M24 F135
Typ brzdové jednotky bez střadače:	RZS41 M24 135
Efektivní plocha brzdového válce:	142,7 cm <sup>2</sup>
Zdvihový objem brzdového válce:	600 cm <sup>3</sup>
Přítlačná síla obložení (při max tlaku 3,8 bar):	41 kN
Síla vratné pružiny brzdového válce:	500 N
Celkový převod brzdové jednotky:	8,51
Účinnost převodu:	0,97
Plocha brzdového obložení:	2x 200 cm <sup>2</sup>
Maximální relativní pohyb nápravy:	±20 mm
Maximální zdvih brzdového obložení:	5,5 mm
Dovolená provozní teplota okolí:	-40 ÷ 80 °C
Zdvihový objem střadačové části brzd. válce:	1 200 cm <sup>3</sup>



Délka brzdové jednotky:	575 mm
Maximální šířka brzdové jednotky:	389 mm
Výška brzdové jednotky:	428 mm
Upevňovací šrouby:	4x M20x100
Utahovací moment:	450 N · m

#### **4.2.5. Brzdové obložení**

Pro kompletní sestavu třecí brzdy doplní Knorr-Bremse AG brzdové jednotky čelistmi.

##### **Parametry brzdového obložení**

Označení:	RC 20800/1
Plocha obložení:	2x 200 cm <sup>2</sup>

#### **4.2.6. Pneumatická část**

Původní pneumatická část v podvozku byla zcela přizpůsobena pro použití brzdových jednotek a jednotek čistícího špalíku. Přívodní tlakové hadice jsou stejně jako brzdové jednotky od společnosti Knorr–Bremse AG.

Ostatní části brzdové výstroje v lokomotivě zůstaly nezměněny. Tlakové nádoby a ovladače byly ponechány v původním provedení.

#### **4.2.7. Mechanická část**

Jelikož v původním řešení špalíkové brzdy bylo použito brzdových jednotek, nebylo nutné řešit odstranění mechanických částí brzdy, jakým je brzdové táhloví. Zcela byla odstraněna ruční brzda z obou stanovišť. Podle výpočtu (14.) se též výrazně zvýšila brzdící schopnost ostaveného vozidla.

### 4.3. Výpočet kotoučové brzdy

#### 4.3.1. Výpočet třecí brzdy

Výhodou pro kotoučovou brzdou je poměrně stálý součinitel tření. Využijeme-li tohoto k výpočtu brzdy, můžeme příklad v jistých směrech zjednodušit.

#### Parametry a hodnoty pro výpočet

Maximální rychlost:	$V_{\max} = 160 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$
Služební hmotnost:	$M_{HV} = 82,5 \text{ t}$
Průměr kola (střední ojetí):	$D = 1\,210 \text{ mm}$
Třecí poloměr brzdového kotouče:	$r_k = 464 \text{ mm}$
Součinitel tření:	$f = 0,35$
Počet brzdových kotoučů:	$n_k = 8$
Maximální tlak v brzdovém válci:	$p_{BV} = 3,8 \text{ bar}$
Efekt. plocha pístu brzdového válce:	$S_{BV} = 142,7 \text{ cm}^2$
Síla vratné pružiny:	$F_{pr} = 0,5 \text{ kN}$
Plnicí doba brzdových válců režim P/G:	$t_{pP/G} = 4 \text{ s} / 24 \text{ s}$
Celkový převod brzdové jednotky:	$i = 8,51$
Celková účinnost převodu:	$\eta = 0,97$
Vozidlový odpor:	$o_{HV} = 0,01 \text{ N} \cdot \text{kN}^{-1}$
Použitý součinitel rotačních hmot:	$\rho = 1,3$

*pozn.:* U veličin  $f$ ,  $F_{pr}$ ,  $o_{HV}$  jsou udány střední hodnoty.

Využijeme-li výše popsané představy zjednodušení, lze pohyb vozidla při brzdění brát jako pohyb rovnoměrně zpomalený.

#### *Přítlačná síla čelistí na brzdový kotouč – $F_p$*

$$\sum F_{p[kN]} = n_k \cdot (0,01 \cdot p_{BV[bar]} \cdot S_{BV[cm^2]} - F_{pr[kN]}) \cdot i \cdot h \quad (9.)$$

#### *Brzdná síla na obvodu kol – $F_b$*

$$\sum F_{b[kN]} = \sum F_{p[kN]} \cdot f \cdot \frac{2 \cdot r_{k[mm]}}{D_{[mm]}} \quad (10.)$$

#### *Střední hodnota odrychlení – $a$*

$$a_{[m \cdot s^{-2}]} = \frac{\sum F_{b[kN]}}{M_{HV[t]} \cdot r} + o_{HV[kN \cdot kN^{-1}]} \cdot g_{[m \cdot s^{-2}]} \quad (11.)$$

### Zábrzdňá dráha – $L_z$

$$L_{z[m]} = \frac{V_0^2_{[km \cdot h^{-1}]}}{2 \cdot 3,6^2 \cdot a_{[m \cdot s^{-2}]}} + \frac{t_{p(P/G)-X[s]}}{2} \cdot \frac{V_0_{[km \cdot h^{-1}]}}{3,6} \quad (12.)$$

Vypočtené hodnoty kotoučové brzdy uvádí *Tabulka 5*, hodnoty zábrzdňých drah uvádí *Tabulka 6*.

*Tabulka 5* Vypočtené hodnoty kotoučové brzdy

$F_p$	325,07	kN
$F_b$	87,26	kN
$a$	0,912	$m \cdot s^2$

#### 4.3.2. Výpočet brzdy se započítáním EDB

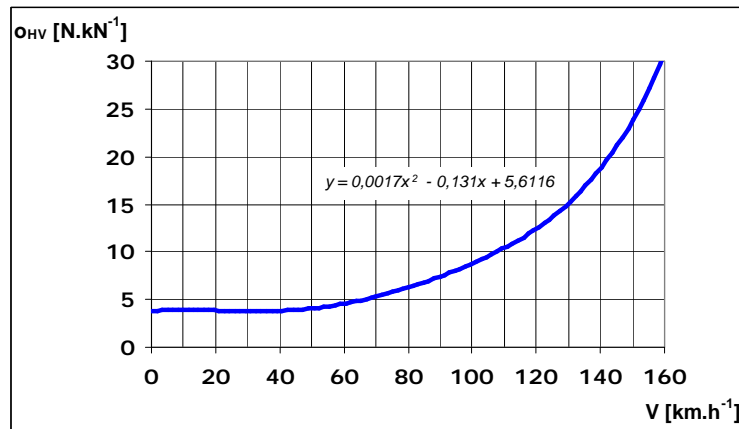
Pro kombinovaný režim, součinnost pneumatické brzdy a EDB, je nutné vycházet z předpokladu, že brzdňá síla a podíl práce EDB závisí na rychlosti. Po aproximaci charakteristiky EDB lze provést výpočet dle UIC 544-1.

Při kombinovaném brzdění je v činnosti převodník, který převádí požadovaný tlak při brzdění na brzdňou sílu EDB. Pro výpočet je použit vozidlový odpor odečtený z trakční charakteristiky vozidla (viz *Příloha 3*). Odpovídající hodnoty vozidlového odporu (*Obr. 6*) a brzdňé síly EDB (*Obr. 7*) se dosazují do vztahu (13.).

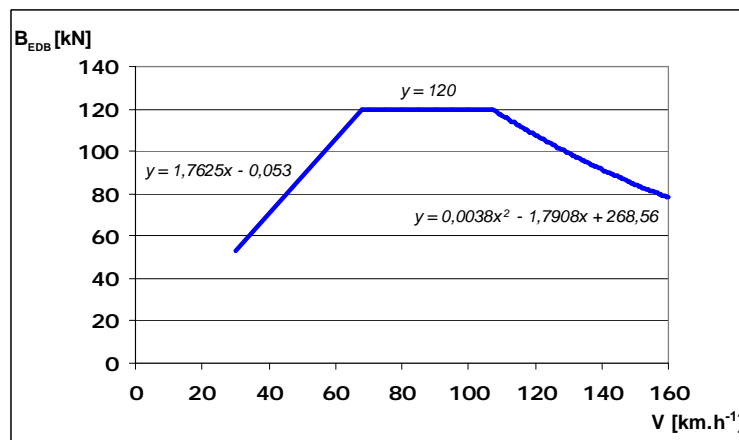
Zábrzdňá dráha se pak určí jako součet drah v jednotlivých krocích  $\Delta x$  pro rychlosti  $V_i = 0 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  z rychlostí  $160 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ,  $140 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ ,  $120 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$  a  $100 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Krok  $\Delta x$  byl zvolen 1 m.

Dle *Přílohy 1* se podle výsledné zábrzdňé dráhy (*Tabulka 6*) odečte brzdící procento pro jednotlivé rychlosti. Brzdící váha se přepočítá podle vztahu (1.).

$$V_{i+1[km \cdot h^{-1}]} = 3,6 \cdot \sqrt{\left(\frac{V_{i[km \cdot h^{-1}]}}{3,6}\right)^2 - 2 \cdot \Delta x_{[m]} \cdot \frac{F_{o[kN]} + F_{EDB[kN]} + \sum F_{b[kN]}}{M_{[t]} \cdot r}} \quad (13.)$$



Obr. 6 Průběh vozidlového odporu



Obr. 7 Závislost brzdné síly EDB na rychlosti

Tabulka 6 Vypočtené hodnoty zábrzdných drah, sil a zrychlení

$V_0$	100	120	140	160	$\text{km} \times \text{h}^{-1}$
$L_z$ - rež P	479	676	907	1172	m
$L_z$ - rež G	757	1010	1296	1617	m
$L_z$ - rež P+E	404	548	723	949	m
$F_p$	325,07				kN
$F_b$	87,26				kN
a	0,912				$\text{m} \cdot \text{s}^2$

Tabulka 7 Hodnoty brzdících vah a brzdících procent dle UIC 544-1

režim	B	l
P	98 t	119 %
G	83 t	101 %
P+E	117 t	143 %
P+E <sub>(160)</sub>	145 t	176 %

#### 4.3.3. Zajišťovací brzda

Jak již bylo popsáno, brzdové jednotky kotoučové brzdy budou z poloviny s integrovaným střadačem – pružinovou brzdou. Byla tím nahrazena původní ruční brzda, která v současných konstrukcích již není moderní. Po výpočtu uvedeném níže je patrné, že použití střadačů pouze u poloviny brzdových jednotek je plně vyhovující, tudíž by bylo zbytečné a neekonomické osadit vozidlo osmi takovými jednotkami.

Zabrzdnění střadačovou brzdou nastane po přepnutí nově dosazeného vypínače na stanovišti strojvedoucího. Pružina střadače je ovládána tlakem 4,5 bar, přičemž při 4,0 bar nastává odbrzděný stav. Střadače mají také nouzové mechanické odbrzděvače. Některé lokomotivy či jednotky mají zakázáno používání střadačové brzdy při nízkých teplotách – přibližně pod -20 °C

Pro lokomotivy není normou udána hodnota sklonu, na kterém je schopna jeho brzda jej udržet v klidu.

*Maximální sklon pro upotřebitelnost zajišťovací brzdy -  $s_r$*

$$s_{r[^\circ/\text{‰}]} = \frac{\sum F_{b[kN]}}{M_{HV[t]} \cdot g_{[m \cdot s^{-2}]}} \cdot 1000 \quad (14.)$$

**Tabulka 8** Vypočtená hodnota sklonu

$s_r$	53,91	‰
-------	-------	---

#### 4.3.4. Čistění jízdní plochy

V důsledku odstranění původní špalíkové brzdy se sice zmírnilo teplotní namáhání jízdní plochy kola, avšak zároveň s tím došlo ke zhoršení součinitele adheze mezi kolem a kolejnicí. Čistění jízdní plochy špalíkem s přiměřeným přitlakem je tedy vhodné pro trakční vlastnosti vozidla. Proto rekonstrukce podvozku, resp. úprava brzdy s sebou přinesla i dosazení čisticího špalíku.

Vzduchová jednotka čisticí zdrže byla dosazena přibližně do stejného místa, kde byla dříve upevněna brzdová jednotka původní špalíkové brzdy. Pomocí šroubového spojení je připevněna ke konzole.

Do výpočtu brzdy se započtení účinků čisticí zdrže neuvažuje.

### Parametry jednotky čisticí zdrže

Výrobce: Knorr-Bremse AG

Typ: RC 67650/2



Obr. 8 Čisticí zdrž - ŠKODA 109 E

## 4.4. Přední výrobci brzdových komponentů

Pro stručný přehled jsou uvedeny tři společnosti, které se zabývají výrobou brzdových komponentů pro kolejová vozidla. V sortimentu brzdového obložení lze nalézt několik dalších firem a společností, které se výrobou zabývají. Jejich zaměření však směřuje k silničním vozidlům. Patří například do skupiny některé z níže uvedených.

### 4.4.1. KNORR-BREMSE AG

Německá společnost se sídlem v Mnichově patří mezi přední světové výrobce brzdových komponentů nejen pro kolejová vozidla. Koncern Knorr-Bremse Group dnes zastřešuje více než 10 000 spolupracovníků po celém světě. Zastoupení v České republice nese firma Knorr-Bremse ČR v severočeské Hejnicí.

Ve výrobním programu lze nalézt brzdové kotouče, brzdové obložení (*Obr. 9*), kompresory, brzdové jednotky, vysoušeče vzduchu, stavěče odlehlosti zdrží, tlumiče a širokou řadu dalších komponentů pro brzdové systémy.

### 4.4.2. DAKO-CZ, a.s

DAKO-CZ, a.s. je zástupcem českého výrobce komponentů pro brzdové systémy. Společnost sídlí v Třemošnici. Její orientace je zaměřena na výrobu brzdových systémů pro všechny druhy kolejových vozidel.

Společnost má zaveden systém managementu kvality ISO 9001.

Produkce je opět široká – rozváděče, uzavírací kohouty, ventily, tlaková relé, brzdové válce, odbrzdovače, ukazatele, filtry a další komponenty.

#### 4.4.3. JURID Honeywell Bremsbelag GmbH

Německá společnost JURID se sídlem v německém Glinde je opět předním světovým výrobcem brzdových komponent. Její produkce je nejvíce rozšířena v oblasti brzdového obložení, ale také brzdových kotoučů.

#### 4.4.4. Další výrobci

K dalším výrobcům bychom mohli zařadit již zmíněnou společnost Bonatrans Group, a.s. Bohumín, člen skupiny KKCG Industry. V její produkci lze mimo dvojkolí nalézt i brzdové kotouče, speciální zařízení pro snížení hluku a vibrací kol za provozu (viz *Obr. 10*) Společnost splňuje požadavky systému kvality ISO 9001, ale také ochrany životního prostředí podle ISO 14001. Ze zahraničních například skupina Faiveley Transport, S.A. resp. její člen SAB WABCO.



*Obr. 9 Detail brzdy v podvozku, brzdové obložení Knorr-Bremse*



*Obr. 10 Kolo s brzdovým kotoučem a tlumičem; zdroj Bonatrans*

## 4.5. Moderní trendy brzdných systémů

Pro moderní brzdné systémy, nejen hnacích vozidel, je typická kotoučová brzda, jako zástupce brzdy třecí. Vozidla se konstruuje pro vyšší rychlosti a výhody či nevýhody kotoučové brzdy byly již také popsány.

Výrobci brzdových komponentů, zejména pak materiálů na výrobu kotoučů a brzdového obložení, se snaží vyvíjet a zlepšovat používané materiály. Opotřebenění brzdového obložení musí být minimální, součinitel tření musí být nezávislý na rychlosti, měrném tlaku, teplotě a vlhkosti. Materiály musí vyhovovat bezpečnosti provozu, splňovat normy spojené s ochranou životního prostředí, nebyť hlučné a prašné. Pak je kladen důraz na jejich snadnou údržbu a výměnu.

## 4.6. Moderní výkonné lokomotivy

### 4.6.1. ŠKODA 109 E

Nejnovější produkt společnosti ŠKODA HOLDING, a.s. v oblasti elektrických lokomotiv (*Obr. 11*). Moderní stroj pro tratě napájené systémy 3 kV DC, 15 kV AC/16,7 Hz a 25 kV/50 Hz se vyznačuje vysokým výkonem až 6 400 kW a univerzálností použití. Je schopna bez potíží dosáhnout konstrukční rychlosti 200 km · h<sup>-1</sup>. Splňuje přísné nejnovější normy TSI.

Hmotnost lokomotivy je 87,6 t. Rozvaděč DAKO-GPR umožňuje pro provoz započítat pět hodnot brzdících vah, včetně kombinovaných režimů s EDB. Výkon EDB je udáván až 6676 kW při rekuperaci.

Brzda je kotoučová s kotoučem umístěným v disku kola (*Obr. 12*). Použitím zubové spojky je toto řešení možné i přes pohon kloubovým dutým hřídelem. Použité brzdové jednotky jsou od společnosti Knorr-Bremse AG. Jako zajišťovací brzda je použita střadačová s integrovaným střadačem v brzdové jednotce.



*Obr. 11 ŠKODA 109 E (380 ČD)*



*Obr. 12 Podvozek lokomotivy 109 E*



#### 4.6.2. SIEMENS Rh 1016 Taurus

Další z řady moderních elektrických lokomotiv pochází z produkce německé firmy SIEMENS AG (*Obr. 13* a *Obr. 14*). Maximální výkon stroje je 7 000 kW, konstrukční rychlost  $230 \text{ km} \cdot \text{h}^{-1}$ . Stejně jako ŠKODA 109 E lze pro provoz započítat pět hodnot brzdících vah. Při hmotnosti 86 t je to až 180 tun brzdících pro režim „R+E“, což představuje 209 brzdících procent.

Brzdové kotouče jsou dva pro jedno dvojkolí, avšak oproti předchozím zmiňovaným řešením jde o zástupce lokomotivy s kotouči na samostatném hřídeli. Ten je pomocí ozubeného kola spojen s převodovkou trakčního motoru. Toto řešení je provedeno z důvodu pohonu dvojkolí dutým hřídelem objímajícím nápravu, proto nemohou být kotouče připevněny v disku kola. Zajišťovací brzda je opět střadačová, brzdící váha 25 t (29 %).



*Obr. 13* Siemens 1801 a Rh 1016      *Obr. 14* Voith 30CC a Siemens Rh 1016

#### 4.6.3. VOITH Maxima, Gravita

Dva nejnovější stroje z produkce VOITH. Stroj Maxima 40 CC (*Obr. 15*) je v současnosti nejvýkonnější motorovou lokomotivou na evropských kolejích. Přenos výkonu je hydrodynamický, moderní spalovací motor disponuje výkonem 3 600 kW. Tažná síla na háku dosahuje hodnoty přes 500 kN a výkon hydraulického retardéru činí až 2 500 kW. Stroj 10 BB je výkonem 1 200 kW uprostřed mezi lokomotivami z řady Gravita (*Obr. 16*), určených pro různé kategorie posunu.

Obě lokomotivy jsou vybaveny kotoučovou brzdou v disku kola. Zajišťovací brzda je střadačová.

Maxima 40 CC se vyznačuje velmi dobrými trakčními vlastnostmi i v nepříznivých podmínkách (podzimní počasí, mrholení, listí).



*Obr. 15 Voith Maxima 40 CC*



*Obr. 16 Voith Gravita 10 BB*

## 5. ZÁVĚR

Po srovnání výhod či nevýhod kotoučové brzdy převažují spíše výhody oproti špalíkové brzdě. Kotoučové brzdy splňují náročné požadavky pro třecí brzdu při vysokých rychlostech. Jsou sice nákladnější při pořízení, ale jejich životnost je delší a intervaly údržby kratší. Brzdové komponenty lze vybírat od několika výrobců v několika provedeních.

Provozní nevýhoda v čištění jízdní plochy může být řešena čisticí zdrží a zlepšením součinitele adheze, který jinak řeší špalíková brzda přímo při brzdění. Prašnost kotoučové brzdy je také výrazně nižší.

Zaměříme-li se na kombinované brzdění, je důležité uvést příklad priority použití elektrodynamické brzdy před brzdou vzduchovou. Například pro snížení rychlosti lze využít EDB bez zásahu průběžné brzdy vlaku, tudíž klesá opotřebení brzdových materiálů v celé soupravě. Další výhodou při brzdění může být rekuperace. V podmínkách tratí Správy železniční a dopravní cesty (SŽDC) jsou to zatím pouze úseky Brno – Břeclav a Horní Dvořiště – České Budějovice.

Rekonstrukce brzdy na lokomotivě řady 150, 150.2 a 151 je otázkou, do jaké míry by zabudování nové brzdy a změna vedení dvojkolí měla ekonomický význam, vzhledem ke stáří lokomotivy. Avšak je příkladem moderního trendu brzdy hnacích vozidel.

## SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ŠÍBA, J. *Kolejová vozidla II - pojezd*, skripta, ČVUT, Praha 1991, 165 s., ISBN 80-01-00615-8
- [2] HRUŠOVSKÝ, J. *Brzdy hnacích vozidel ČSD – I. díl - Lokomotivy*, NADAS, Praha 1972, 584 s., OD 31-065-72-05-94
- [3] SELLNER, K. *Elektrické lokomotivy I.*, NADATUR, Praha 1994, svazek 16 listů., ISBN 80-901681-5-9
- [4] LATA, M. *Konstrukce kolejových vozidel II*, skripta, Univerzita Pardubice, Pardubice 2004, 206 s., ISBN 80-7194-696-6
- [5] NOVÁK, J. *Brzdy*, NADAS, PRAHA 1969, 188 s., OD 31-012-69-05-94
- [6] Materiály firmy KNORR-BREMSE ČR, KNORR-BREMSE Group
- [7] Materiály firmy DAKO-CZ a.s.
- [8] Materiály firmy Bonantrans Group, a.s
- [9] MICHÁLEK, T. *Náhrada špalíkové brzdy lokomotivy řady 709 brzdou diskovou*, bakalářská práce, Univerzita Pardubice, Pardubice 2007
- [10] BRODSKÝ, J. *Návrh rekonstrukce mechanické brzdy lokomotivy řady 150*, bakalářská práce, Univerzita Pardubice, Pardubice 2005
- [11] ČD – DKV PRAHA. *Lokomotiva řady 150, event. 151, novelizace publikace E499.2 – popis a obsluha*, materiál DKV, Praha 1996
- [12] BITTNER, J.; KŘENEK, J.; SKÁLA, B.; ŠRÁMEK, M. *Malý atlas lokomotiv 2009*. Gradis Bohemia, s. r. o., Praha 2008. 384 s., ISBN 978-80-86-925-05-9
- [13] LEINVEBER, J; VÁVRA, P. *Strojnické tabulky*. ALBRA, Úvaly 2005. ISBN 80-7361-011-6

### VYHLÁŠKY, NORMY A PŘEDPISY

- [14] UIC 540 : 2002. *Brzdy – Pneumatická brzda nákladních a osobních vlaků.*
- [15] UIC 541-3 : 1993. *Brzdy – Brzdové kotouče a obložení.*
- [16] UIC 541-5 : 2002. *Brzdy – Elektropneumatická brzda.*
- [17] UIC 544-1 : 2004. *Brzdy – Brzdící účinek.*
- [18] UIC 544-2 : 1983. *Brzdy – Započitatelnost brzdícího účinku dynamické brzdy hnacích vozidel do brzdící váhy.*
- [19] ČSN EN 14 198 : 2004. *Železniční aplikace – Brzdění – Požadavky na brzdový systém vlaků tažených lokomotivou.*
- [20] ČSN EN 14 531-1 : 2005. *Železniční aplikace – Brzdění - Metody výpočtů zábrzdňných drah, brzdňných drah a zabrzdění proti samovolnému pohybu. Část 1: Základní algoritmy.*

- [21] ČSN 28 0101 : 1997. *Technickobezpečnostní zkouška drážních vozidel provozovaných na drahách celostátních, regionálních a vlečkách.*
- [22] ČD V15/I – předpis. Předpis pro provoz a obsluhu brzdových zařízení železničních kolejových vozidel.
- [23] ČD D2/I – předpis. Doplněk s technickými údaji k dopravním předpisům.
- [24] ČD V62 – předpis. Provozně technický předpis pro železniční vozy.
- [25] FMD. *Popis brzd železničních vozidel*, Předpis SR 15 (V), NADAS, PRAHA 1984, 247 s.

### INTERNETOVÉ STRÁNKY, ELEKTRONICKÉ DOKUMENTY

- [26] ŠKODA HOLDING, a.s. [online], staženo 10.5.2009.  
URL: <<http://www.skoda.cz/holding/produkty/dopravni-strojirenstvi/elektricke-lokomotivy/lokomotiva-109-e-aid65.html>>
- [27] Lokomotivy ř. 150 a 151 v GVD 2008/2009 [on-line]. Staženo 7. 3. 2009.  
URL: <<http://spz.logout.cz/provoz/150cd2009.html>>
- [28] Taurus 1016 OeBB – Beschreibung [dokument PDF].
- [29] DAKO-CZ, a.s. [online], staženo 18.5.2009.  
URL: <<http://www.dako-cz.cz/cz/prod1.aspx>>

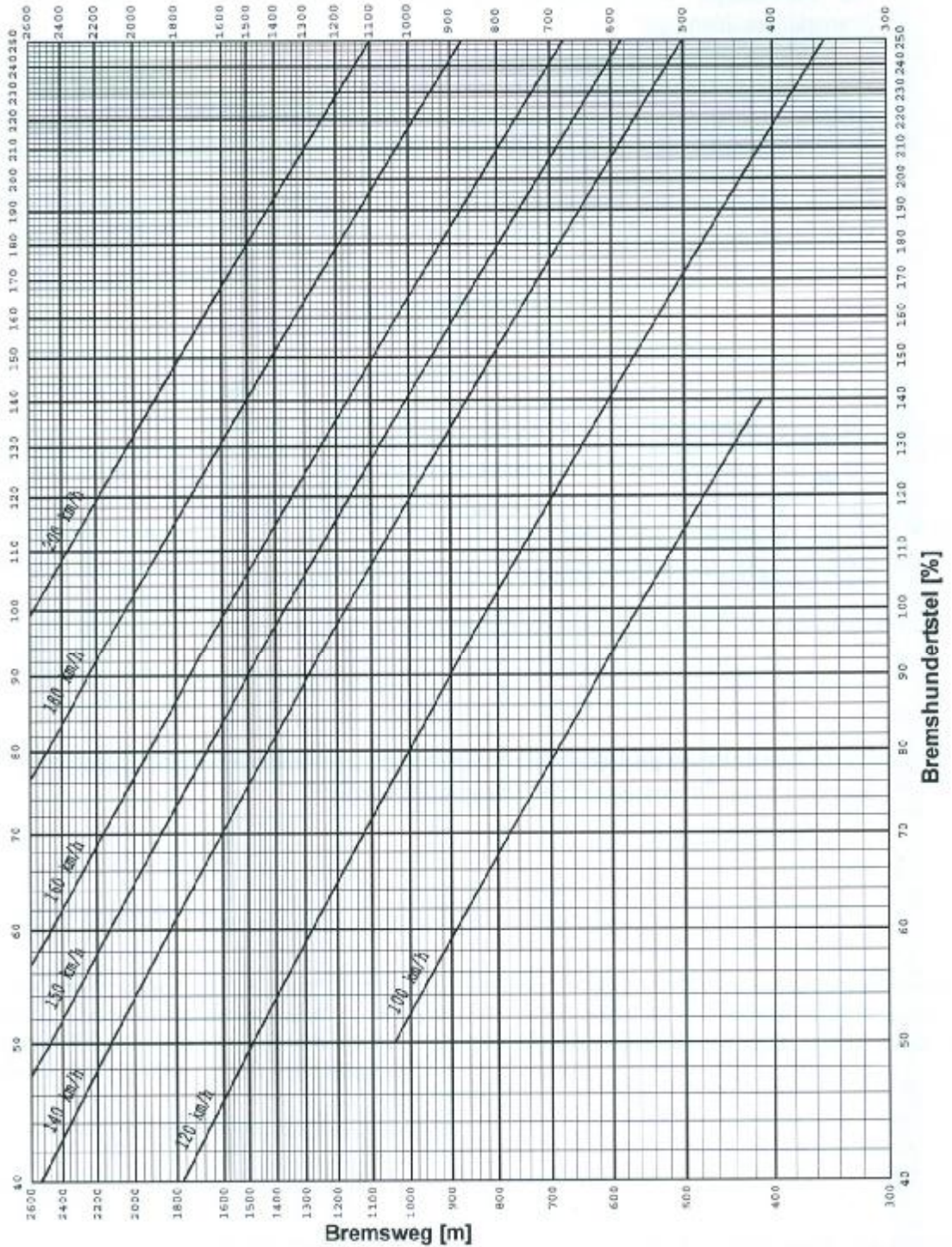
## SEZNAM PŘÍLOH

1. Vyhodnocení brzdícího procenta pro lokomotivy v režimech „P“ („P+E“, „P+H“) a „R“ („R+E“, „R+H“) a soupravy vozů; UIC 544-1, Příloha A.1.
2. Vyhodnocení brzdícího procenta pro lokomotivy v režimu „G“ a samostatné vozy; UIC 544-1, Příloha B.1.
3. Trakční charakteristika lokomotivy ŠKODA 65 E 1.
4. Silové poměry brzděného kola

## SEZNAM VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE

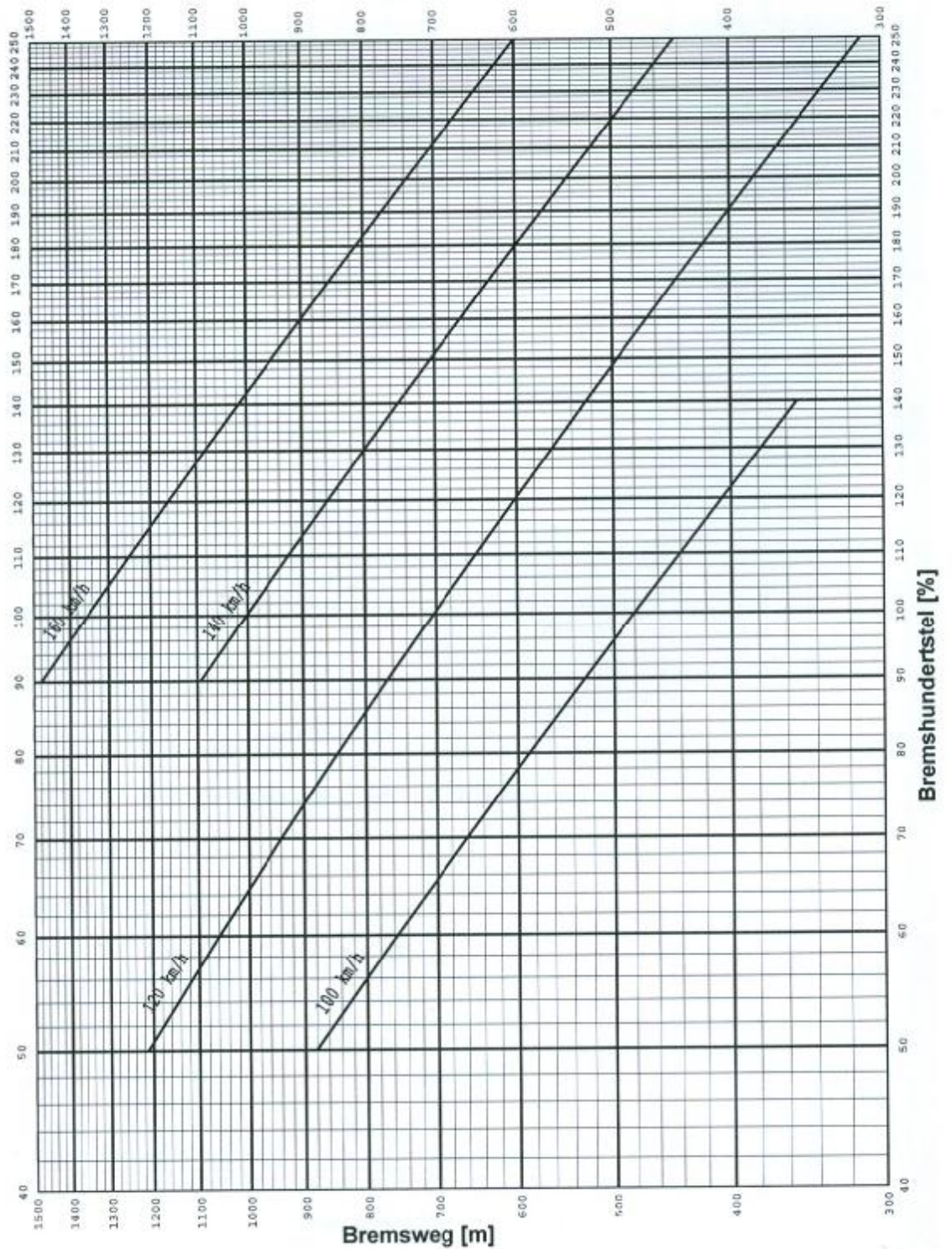
- 1 MB-BP-V01 – Typový výkres lokomotivy řady 65 E 1
- 2 MB-BP-V02 – Sestavný výkres podvozku lokomotivy řady 65 E 1
- 3 MB-BP-V03 – Výrobní výkres konzole brzdové jednotky
- 4 MB-BP-V04 – Výrobní výkres konzole ojníčky vedení dvojkolí

**PŘÍLOHA 1** Vyhodnocení brzdicího procenta pro lokomotivy v režimech „P“ („P+E“, „P+H“) a „R“ („R+E“, „R+H“) a soupravy vozů; UIC 544-1, Příloha A.1.

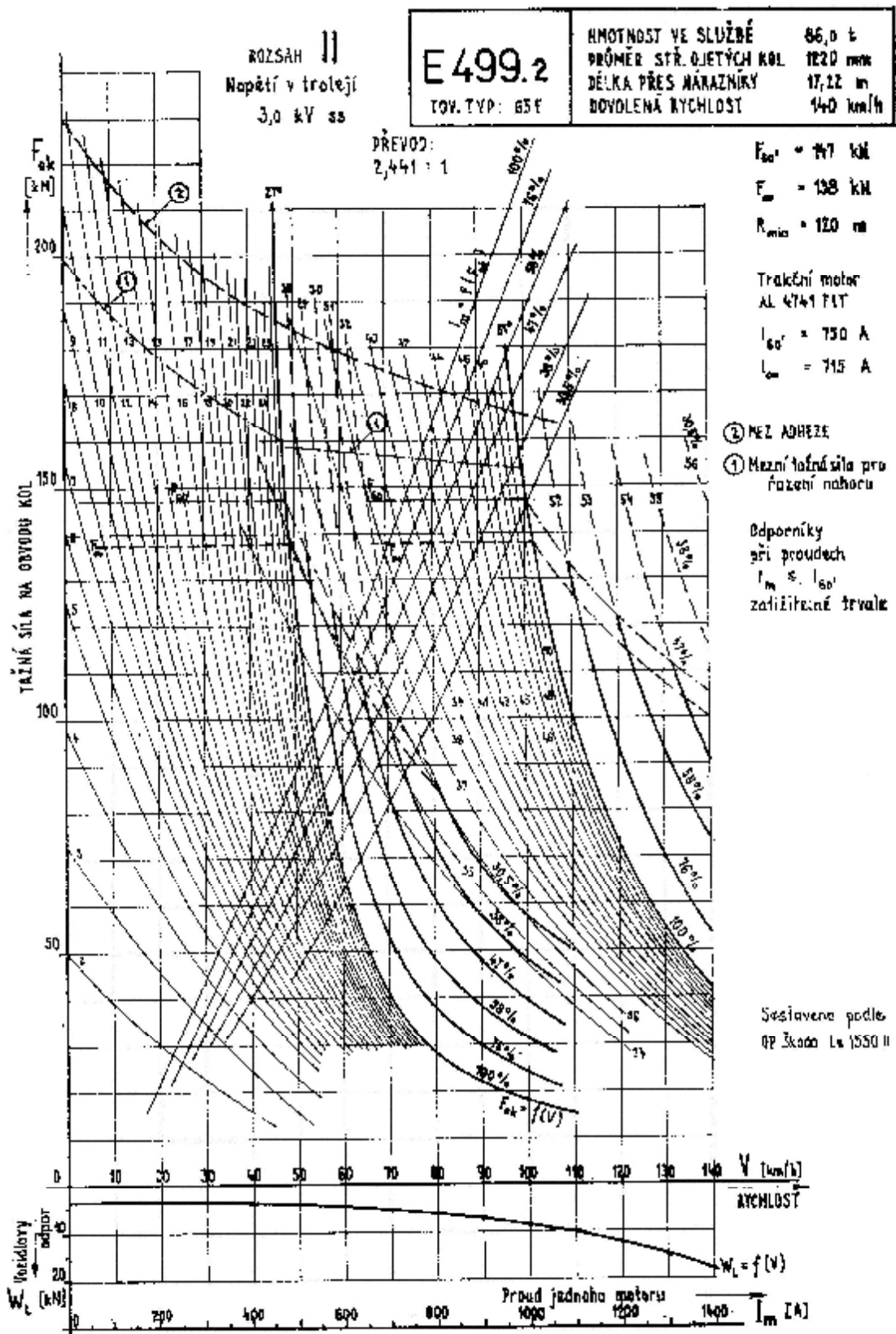




**PŘÍLOHA 2** Vyhodnocení brzdicího procenta pro lokomotivy v režimu „G“  
a samostatné vozy; UIC 544-1, Příloha B.1.

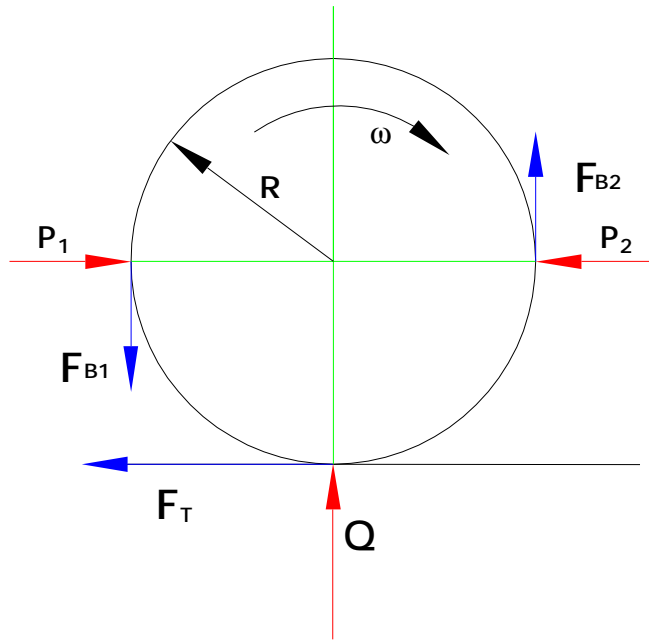


**PŘÍLOHA 3** Trakční charakteristika lokomotivy ŠKODA 65 E 1.



**PŘÍLOHA 4** *Silové poměry brzděného kola.*

**Silové poměry při brzdění na kole u špalíkové brzdy**



**Silové poměry při brzdění na kole u kotoučové brzdy**

