

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

Studijní program: B 2301 Strojní inženýrství  
Studijní zaměření: 2301R016Dopravní a manipulační technika

# **BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

**STUDIE VYPRUŽENÍ A VEDENÍ DVOJKOLÍ PŘÍPOJNÉHO ŽELEZNIČNÍHO VOZU**

Autor: **Karel Vítovec**

Vedoucí práce: **Doc.Ing. Petr Heller, Csc.**

Akademický rok 2011/2012

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: Karel VÍTOVEC  
Osobní číslo: S11B0454P  
Studijní program: B2301 Strojní inženýrství  
Studijní obor: Dopravní a manipulační technika  
Název tématu: Studie vypružení a vedení dvojkolí přípojného železničního vozu  
Zadávací katedra: Katedra konstruování strojů

### Zásady pro vypracování:

Základní požadavky:

Zpracovat přehled možných variant vypružení a vedení dvojkolí kolejových vozidel. Vlastní návrh vypružení a vedení dvojkolí pro přípojné železniční vozidlo.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:

1. Přehled možných řešení vedení a vypružení dvojkolí
2. Zhodnocení vlastností vypružení přípojných vozidel
3. Návrh vlastního řešení
4. Výpočet vybraných částí
5. Závěrečné zhodnocení



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

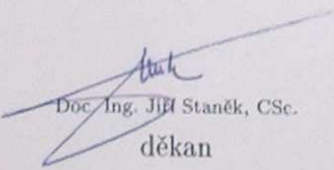
HELLER, P., DOSTÁL, J. *Kolejová vozidla 1*. Plzeň: Západočeská univerzita, 200

HELLER, P., DOSTÁL, J. *Kolejová vozidla 2*. Plzeň: Západočeská univerzita, 200

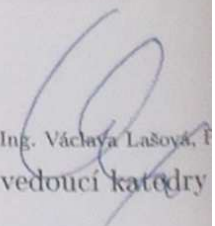
Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: Doc. Ing. Petr Heller, CSc.  
Katedra konstruování strojů  
Konzultant bakalářské práce: Ing. Jiří Kořínek  
Výzkumné centrum kolejových vozidel

Datum zadání bakalářské práce: 19. září 2011  
Termín odevzdání bakalářské práce: 25. května 2012

  
Doc. Ing. Jiří Staněk, CSc.  
děkan



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

V Plzni dne 19. září 2011

## **Prohlášení o autorství**

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

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

V Plzni dne: .....

.....  
podpis autora



## **Poděkování**

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu bakalářské práce Doc. Ing. Petru Hellerovi, Csc. za odborné vedení, cenné rady a připomínky při tvorbě bakalářské práce.

# ANOTAČNÍ LIST BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Vítovec	Jméno Karel	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	Dopravní a manipulační technika		
<b>VEDOUCÍ PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Heller, Csc.	Jméno Petr	
<b>PRACOVIŠTĚ</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	Nehodící se škrtněte
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Studie vypružení a vedení dvojkolí přípojného železničního vozu		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KKS	<b>ROK ODEVZD.</b>	2012
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

## POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	53	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	46	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	
---------------	----	---------------------	----	----------------------	--

<p style="text-align: center;"><b>STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</b></p> <p><b>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</b></p>	<p>Práce se zabývá rozdělením způsobů vedení a vypružení dvojkolí kolejových vozidel. V práci je zpracován můj vlastní návrh vedení a vypružení, výpočet primárního vypružení, výpočet nápravy.</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>rešerše, vedení, vypružení, dvojkolí, primární vypružení, sekundární vypružení, vlastní řešení</p>

## SUMMARY OF BACHELOR SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Vítovec	Name Karel	
<b>FIELD OF STUDY</b>	Transport and handling machinery		
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Heller, Csc.	Name Petr	
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KKS		
<b>TYPE OF WORK</b>	<del>DIPLOMA</del>	<b>BACHELOR</b>	Delete when not applicable
<b>TITLE OF THE WORK</b>	The study of suspension and lead of wheelsets railway trailer		

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	KKS	<b>SUBMITTED IN</b>	2012
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

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

<b>TOTALLY</b>	53	<b>TEXT PART</b>	46	<b>GRAPHICAL PART</b>	
----------------	----	------------------	----	-----------------------	--

<b>BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS</b>	The work deals with the methods of division of leadership and rail vehicles wheelset suspension. The work contains my own design of leadership suspension, analysis of the primary suspension, analysis of the axle.
<b>KEY WORDS</b>	research, leadership, suspension, wheel set, the primary suspension, secondary suspension, custom solutions

## OBSAH

### 1. REŠERŽE POUŽÍVANÝCH ŘEŠENÍ VEDENÍ A VYPRUŽENÍ 1

<b>1.1 Přehled typů primárních vypružení</b>	<b>1</b>
1.1.1 NÁKLADNÍ VOZY	1
1.1.1.1 Rozsochové vedení	1
1.1.1.2 Typ daimond	2
1.1.1.3 Nové typy s přítomností druhotného vypružení	3
1.1.2. OSOBNÍ VOZY, REGIONÁLNÍ VOZIDLA, PŘÍMĚSTSKÉ JEDNOTKY	4
1.1.2.1 Rozsochové vedení se jhem a vypružením šroubovitými pružinami	4
1.1.2.2 Vypružení a vedení šikmými pryžovými bloky	5
1.1.2.3 Vypružení speciálním pryžovým blokem	6
1.1.2.4 Vedení svislými trnem, svislým čepem s vypružením šroubovitou pružinou, tlumení hydraulickým tlumičem	6
1.1.2.5 Vedení a prvotní vypružení kyvným ramenem se šroubovitou pružinou	8
1.1.2.6 Vedení a vypružení kyvným převráceným ramenem	8
1.1.2.7 Vedení úhlovou pákou	9
1.1.2.8 Vedení plochými pásy s pružinovým vypružením	10
1.1.2.9 Vedení s ojničkou s vypružením flexi-coil	11
1.1.2.10 Vedení čepem s proměnnou podélnou a příčnou tuhostí s vypružením šroubovitou pružinou	12
1.1.3 LOKOMOTIVY	13
1.1.3.1 Rozsochové vedení	13
1.1.3.2 Ojničkové vedení dvojkolí vypružením listovou pružinou	14
1.1.3.3 Ojničkové vedení s vypružením šroubovitou pružinou a vahadlem	14
1.1.3.4 Vedení a vypružení pryžovými silentbloky	15
1.1.3.6 Vedení kyvným ramenem s vypružením šroubovitou pružinou	16
1.1.3.7 Vedení ojničkou s vypružením šroubovitou pružinou	16
1.1.3.8 Vedení trojúhelníkovou ojničkou s vypružením šroubovitou pružinou	17
1.1.3.9 Čepové vedení se šroubovitou pružinou	17
<b>1.2. Přehled typů druhotného vypružení</b>	<b>18</b>
1.2.1 Druhotné vypružení podvozků osobních vozů s kolébkou	18
1.2.2 Druhotné vypružení podvozků osobních vozů bez kolébky	20
1.2.3 Druhotné vypružení podvozků elektrických jednotek bez kolébky	20
1.2.4 Torzní stabilizátor	21
1.2.5 Druhotné vypružení podvozků lokomotiv s podvlečeným příčným	21
1.2.6 Druhotné vypružení podvozků lokomotiv s pryžovými bloky	22
1.2.7 Druhotné vypružení podvozků lokomotiv pružinami flexi-coil	22
<b>2. ZHODNOCENÍ VHODNOSTI VYPRUŽENÍ PRO RŮZNÁ VOZIDLA</b>	<b>23</b>
<b>3. NÁVRH VLASTNÍHO ŘEŠENÍ</b>	<b>23</b>

<b>3.1 Ložisková skříň</b>	<b>25</b>
<b>3.2 Ložiska a víčko s těsněním</b>	<b>26</b>
<b>3.3 Torna</b>	<b>26</b>
<b>3.4 Prvotní vypružení</b>	<b>27</b>
<b>3.5 Druhotné vypružení a spojení rámu s vozovou skříní</b>	<b>28</b>
<b>3.6 Vedení ložiskové skříně</b>	<b>29</b>
<b>3.7 Náprava</b>	<b>30</b>
<b>3.6 Kolo</b>	<b>31</b>
<b>3.6 Rám</b>	<b>32</b>
<b>4. VÝPOČET VYBRANÉ ČÁSTI</b>	<b>33</b>
<b>4.1 Výpočet prvotního vypružení</b>	<b>33</b>
<b>4.2 Výpočet zatížení nápravy a určení jejího průměru</b>	<b>34</b>
<b>5. ZÁVĚREČNÉ ZHODNOCENÍ</b>	<b>36</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b>	<b>37</b>
<b>POUŽITÁ LITERATURA, ODKAZY</b>	<b>39</b>
<b>Příloha č.1: Zhodnocení vhodnosti vypružení pro různá vozidla</b>	<b>40</b>
<b>Příloha č.2: Výpočet nápravy</b>	<b>44</b>

## 1.Rešerže používaných řešení vedení a vypružení

### 1.1 Přehled typů primárních vypružení

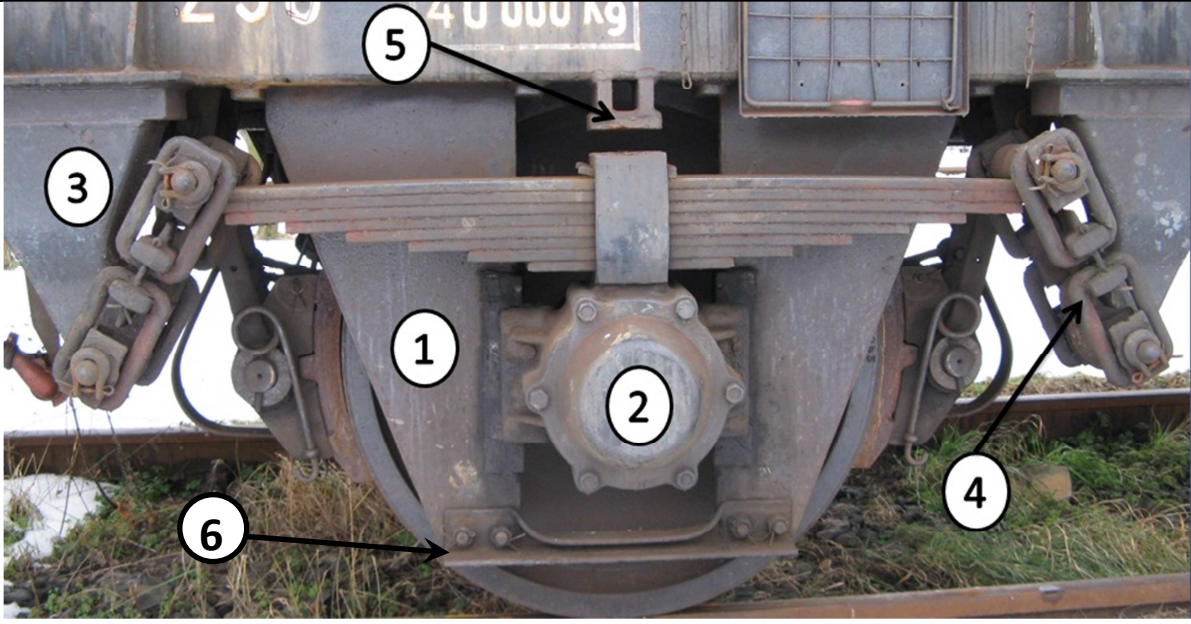
V této kapitole se budeme zabývat druhy vedení dvojkolí a prvotním (primárním) vypružením které je mezi ložiskovou skříní a rámem podvozku.

#### 1.1.1NÁKLADNÍ VOZY

##### 1.1.1.1 Rozsochové vedení

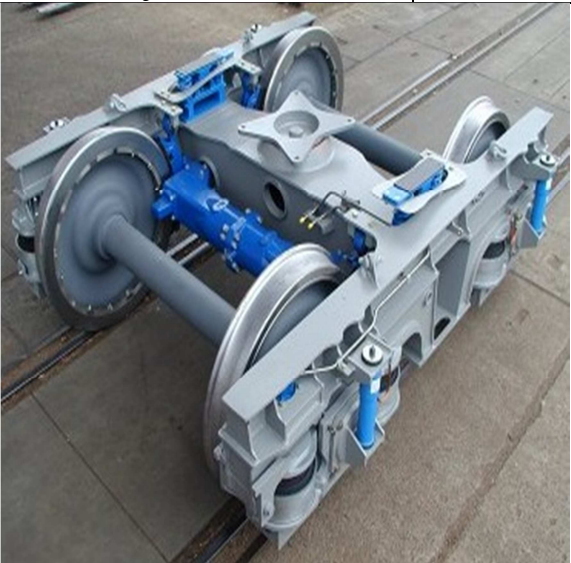
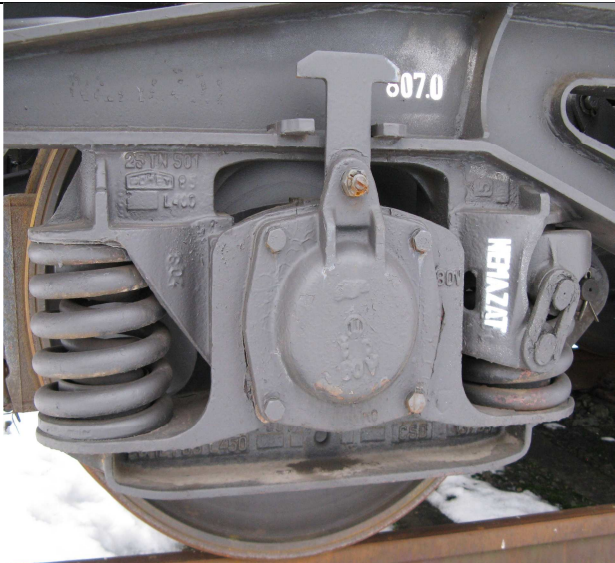
- Realizované prvotní vypružení (mezi rámem a ložiskovou skříní) a chybějící druhotné (mezi rámem a skříní vozidla).
- Prosazují se nejprve listové pružiny a nově šroubovitě pružiny.
- Ložiskovou skříně vedou dvě rozsochy spojené sponou, která zajistí rozložení zatížení.

Listové pružiny	
Vypružení	Několika listovou pružinou zavěšenou na hrancích nebo plochých závěškách. Tření mezi jednotlivými listy pružiny působí jako třecí tlumič.
Vedení dvojkolí	rozsochové
Poznámka	<ol style="list-style-type: none"><li>1. Rozsocha</li><li>2. Ložisková skříně</li><li>3. Koník</li><li>4. Závěs pružnice</li><li>5. Narážka</li><li>6. Rozsochová spona</li></ol>



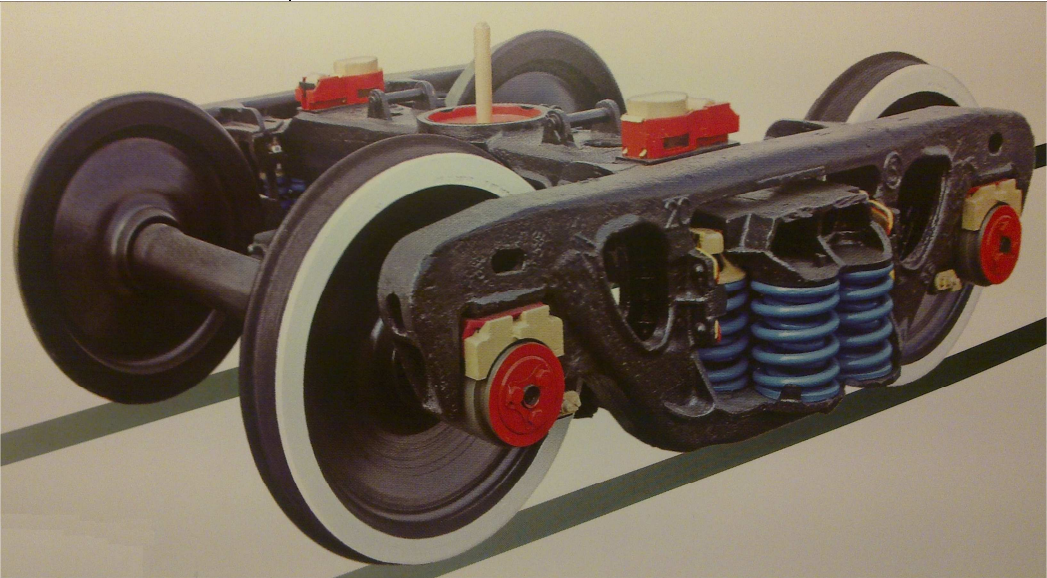
The photograph shows the primary suspension of a railway bogie. It features a central axle with a central spring hanger (1) and two side spring hangers (3). The axle is supported by a central spring hanger (2) and two side spring hangers (4). A central spring hanger (5) is also visible. A spring hanger (6) is attached to the axle. The bogie is mounted on a track.

Obr.1.1. Listové pružiny

Šroubovité pružiny	
Vypružení	Dvojici šroubovitých pružin umístěných po stranách ložiskové skříně. Zabudované třecí tlumení
Vedení dvojkolí	rozsochové
	
Obr.1.2. Prvotní vypružení šroubovitými pružinami na podvozku Y27LPG [6]	Obr.1.3. Vypružení šroubovitými pružinami u podvozku typu Y25

### 1.1.1.2 Typ Daimond

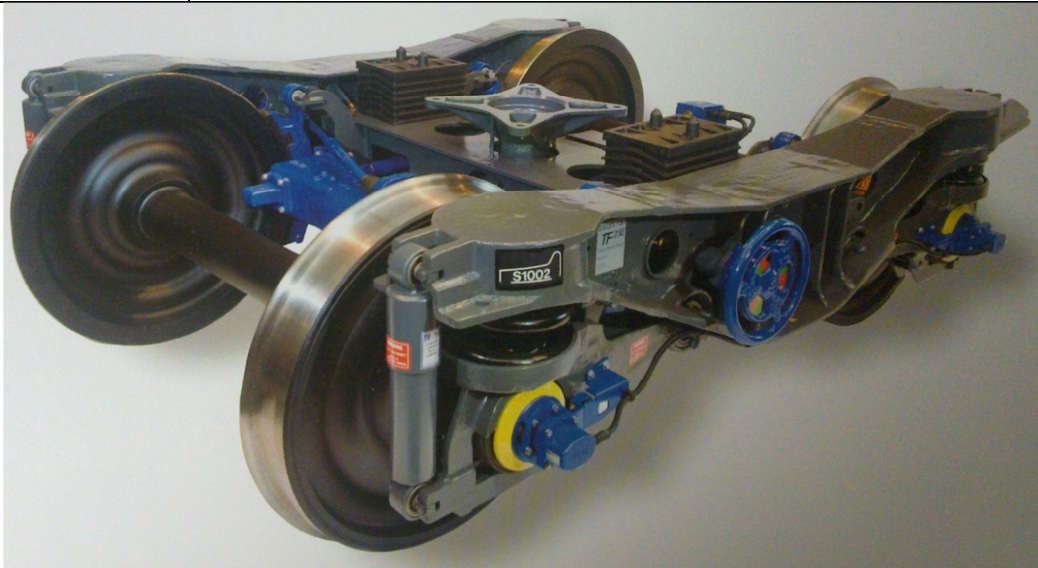
- Provedení s druhotným vypružením bez přítomnosti prvotního vypružení
- Výhoda odpadnutí čelníků a pevných příčniců => vazbu vytváří dvojkolí

Vypružení	Druhotné vypružení podélníku šroubovitými pružinami doplněné třecím tlumením
Vedení dvojkolí	V ložiskových skříních uložených do podélníků. U starších provedení jsou ložiskové skříně vcelku s podélníky
	
Obr.2.1 Podvozek typu Daimond ruské firmy URAL typ 18-194-1[5]	



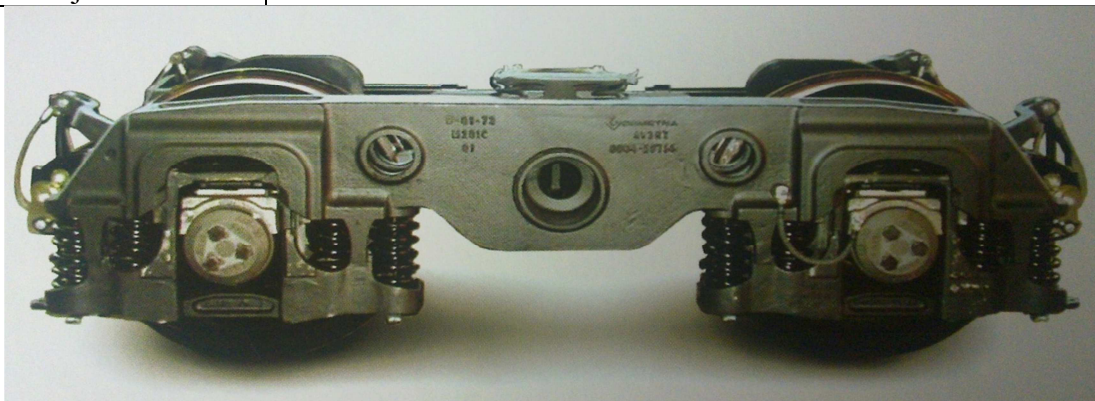
### 1.1.1.3 Nové typy s přítomností druhotného vypružení

<b>TF (Axiom Rail)</b>	
Vypružení prvotní	Rám vypružen dvojicí souosých šroubových pružin umístěných na horní ploše ložiskových skříní. Tlumení zajištěno hydraulicky na koncích ramen, která jsou uložena v rámu v pryžokovových kloubech.
Vypružení druhotné	Otočný čep s dvojicí kluznic tvořených pryžovými bloky
Vedení dvojkolí	Ložisková skříň umístěna v rameni, které je spojeno s rámem přes pryžokovový kloub. Rameno je vypruženo šroubovitou pružinou s tlumením.

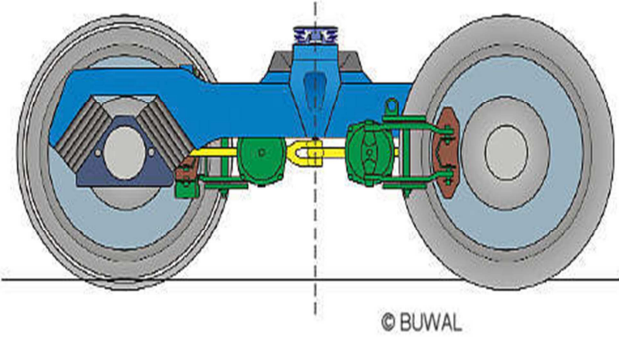
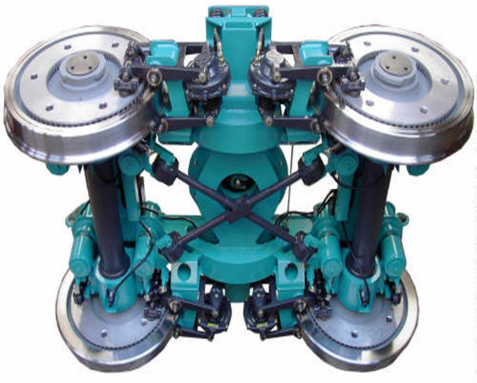


Obr.3.1. Podvozek TF firmy Axiom Rail[4]

<b>AM III ( Uk, Finsko)</b>	
Vypružení prvotní	Tvoří dva páry souosých šroubových pružin po obou stranách ložiskových skříní, součástí jsou i třecí tlumiče.
Vypružení druhotné	Torna a dvojice kluznic tvořených pryžokovovými bloky.
Vedení dvojkolí	Rozsochové.



Obr.3.2.Podvozek AM III firmy Axiom Rail[4]

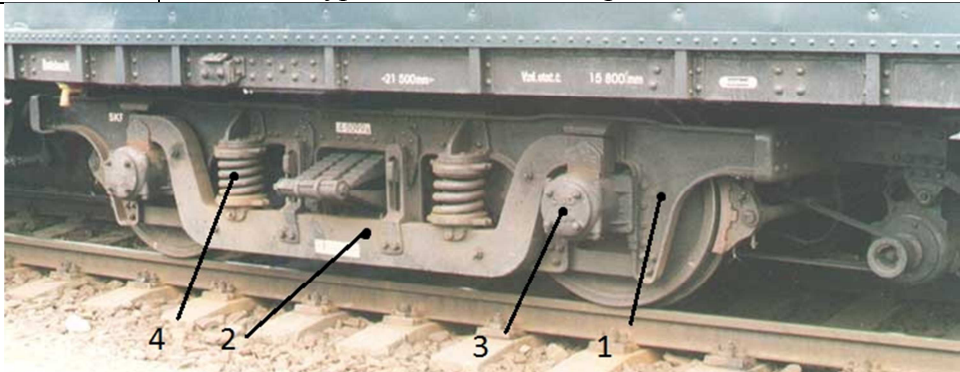
<b>LEILA (Německo, Švýcarsko)</b>	
Vypružení prvotní	Třemi pryžovými pružinami na každém kole. Jedna na horní ploše ložiskové skříňe pro přenos vertikálního zatížení. Dvě pro přenos podélných a příčných horizontálních sil. Jsou uloženy v ocelových miskách, které přenáší svislé zatížení podélných i příčných rázů.
Vypružení druhotné	Torna vypružena pryžovým kroužkem v dolní části. Vypružené kluznice.
Vedení dvojkolí	Pomocí dvou souprav miskových pružin a vzájemnou křížovou vazbou.
 <p style="text-align: center;">© BUWAL</p>	
 <p style="text-align: right; font-size: small;">Quelle: Vortrag Hecht, Ollen, 28. August 2007</p>	
<p>Obr.3.3. Řez vypružením podvozku LEILA[8]</p> <p>Obr.3.4. Podvozek LEILA[8]</p>	

### 1.1.2. OSOBNÍ VOZY, REGIONÁLNÍ VOZIDLA, PŘÍMĚSTSKÉ JEDNOTKY

Provozní určení podobné = stavební prvky podobnou koncepcí

#### 1.1.2.1 Rozsochové vedení se jhem a vypružením šroubovitými pružinami

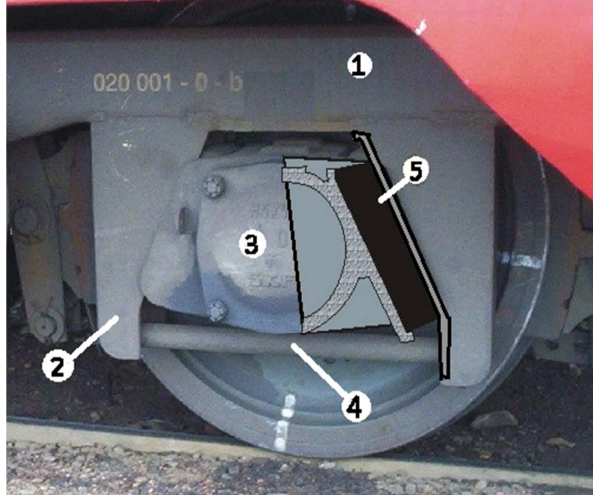
- bylo použito na takzvaném Pensylvánském podvozku
- více jak sto let stará konstrukce

Vypružení	Ložiskové skříňe jsou propojeny jhem. Mezi jho a rám podvozku jsou vloženy primární pružiny. Prvky svislého vypružení jsou v podélném směru v menší vzdálenosti než čepy dvojkolí, což má za následek příznivé přizpůsobování podvozku křížovému propadu
Vedení dvojkolí	rozsochové
poznámka	1. Rám podvozku s rozsochou 2. Jho 3. Ložisková skříň 4. Prvotní vypružení šroubovitou pružinou
	
<p>Obr.4.1. Rozsochové vedení se jhem a vypružením šroubovitými pružinami [9]</p>	



### 1.1.2.2 Vypružení a vedení šikmými pryžovými bloky

Šikmé pryžové bloky	
Vypružení	Šikmými pryžovými bloky, později silentbloky, umístěnými mezi konzolami.
Vedení dvojkolí	Mezi dvěma svařovanými konzolami a šikmými pryžovými bloky. Konzoly jsou propojené ve spodní části svorníkem.



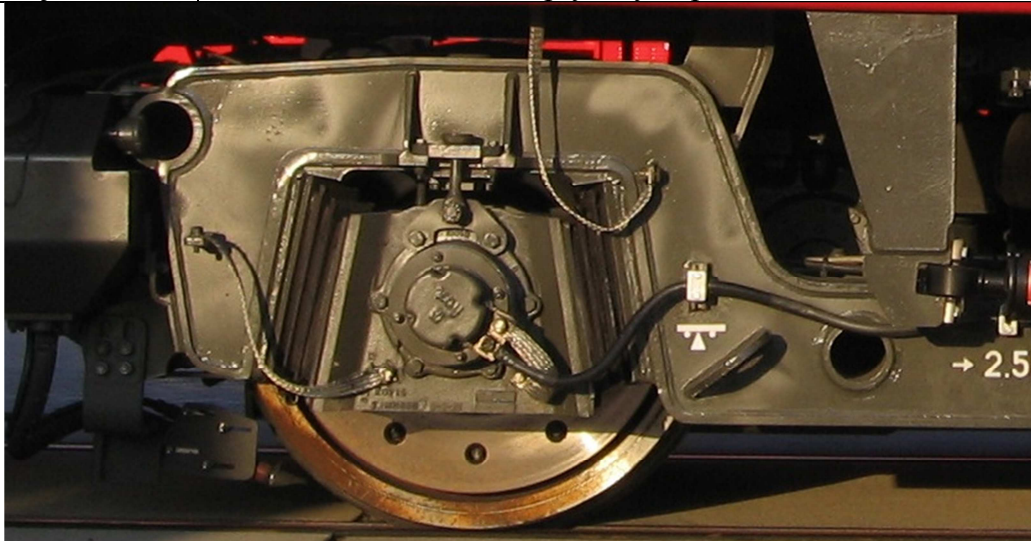
The photograph shows a close-up of a rail bogie suspension system. A grey metal frame (1) is visible at the top. Below it, two grey metal brackets (2) are mounted. A central bearing housing (3) is visible, with a diagonal rubber block (5) positioned between the brackets. A horizontal axle (4) is visible at the bottom. The text '020 001 - 0 - b' is visible on the frame.

1. Rám
2. Konzoly
3. Ložisková skříň
4. Svorník
5. Pryžový blok

Obr.5.1.Vedení a vypružení šikmými pryžovými bloky [10]

### Tento typ je modifikován pryžovou pružinou MEGI

Pryžové pružiny	
Vypružení	Šikmými pryžovými pružinami, umístěnými mezi ložiskovou skříní a rámovými konzolami.
Vedení dvojkolí	Mezi dvěma konzolami a pryžovými pružinami.



The photograph shows a close-up of a rail bogie suspension system. A central bearing housing (3) is visible, with a diagonal rubber spring (5) positioned between the brackets. A horizontal axle (4) is visible at the bottom. The text '→ 2.5' is visible on the right side.

Obr.5.2. Vedení a vypružení šikmými pryžovými pružinami MEGI [11]

### 1.1.2.3 Vypružení speciálním pryžovým blokem

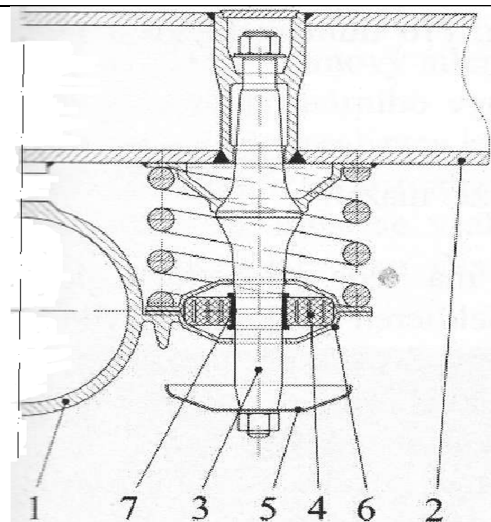
<p>Vypružení</p>	<p>Tvarovaný trn (4) je vtačován do pryžového prstence (5). Prstenec je obepnut hrncovitým tělesem (2) upevněným k rámu podvozku (1). Trn (4) je upevněn k ložiskové skříni (3).</p>
<p>Vedení dvojkolí</p>	<p>Zajištěno vtačováním trnu do pryžového prstence.</p>
<p>1.Rám 2. Hrncovité těleso 3. Ložisková skříň 4.Trn 5.Pryžový prstenec Clouth</p> <p>Obr.6.1. Vypružená speciálním pryžovým blokem[3]</p>	

### 1.1.2.4 Vedení svislými trnem, svislým čepem s vypružením šroubovitou pružinou, tlumení hydraulickým tlumičem

<p><b>Svislý trn</b></p>	
<p>Vypružení</p>	<p>Dvěma šroubovitými pružinami a tlumením mezi silonovým pouzdrem (7) a pryžovým prstencem (4).</p>
<p>Vedení dvojkolí</p>	<p>Do rámu podvozku(2) je vyjímatelně zamontován trn (3), který obepíná silonové pouzdro(7), jenž je uloženo v pryžovém prstenci(4), ten jest vsazen do pouzdra (6) /pouzdro je tvořeno snýtovanými miskami/ a pouzdro vsazeno do ložiskové skříně (1).</p>
<p>poznámka</p>	<p>Spodní miska (5) slouží jako pochytky podvozku, umožní zvednutí podvozku</p>

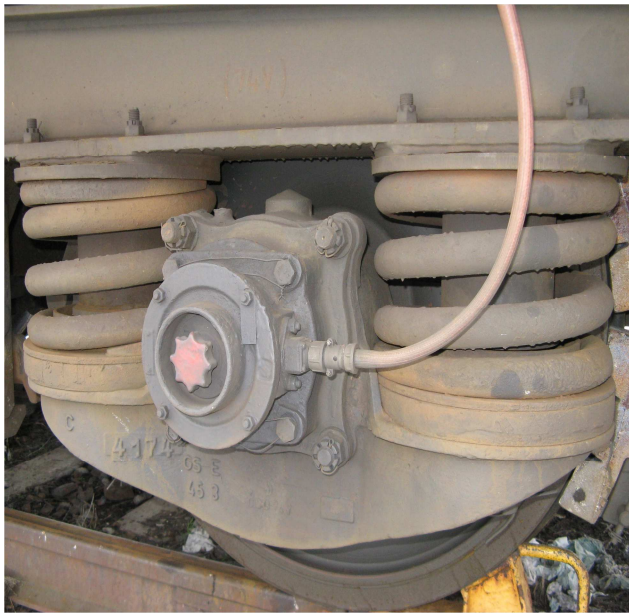


Obr.7.1. Vedení svislými trny u osobního vozu ČD

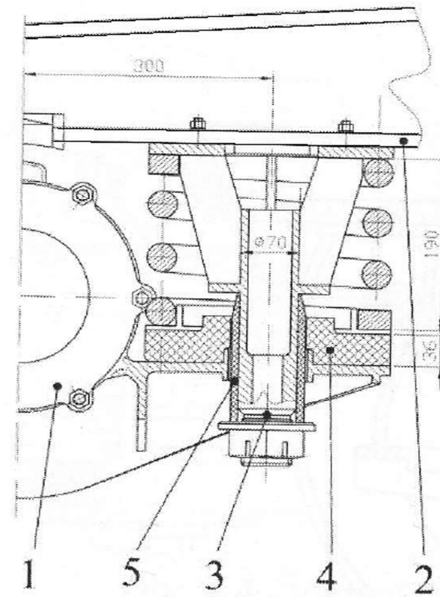


Obr.7.2 Svislý trn [3]

<b>Svislý čep</b>	
Vypružení	Dvěma šroubovitými pružinami s tlumením mezi rámem (1) a alkamidovým pouzdrem (3). Je zde i tlumení pomocí pryžové vložky (4) umístěné pod pružinami.
Vedení dvojkolí	Složitým čepem (3) který je přišroubován k rámu (2), válcová část čepu je chráněna alkamidovým pouzdrem (3), jež se dotýká ložiskové skříňě (1).
poznámka	<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ložisková skříň</li> <li>2. Pásnice podélníku rámu</li> <li>3. Složitý čep - na konci čepu je závit a matice, která slouží jako pochytka</li> <li>4. Pryžová vložka</li> <li>5. Alkamidové pouzdro</li> </ol>



Obr.7.3. Vedení svislými čepy u osobního vozu ČD



Obr.7.4. Svislý čep [3]

**Možná modifikace dutým čepem s hydraulickým tlumičem**

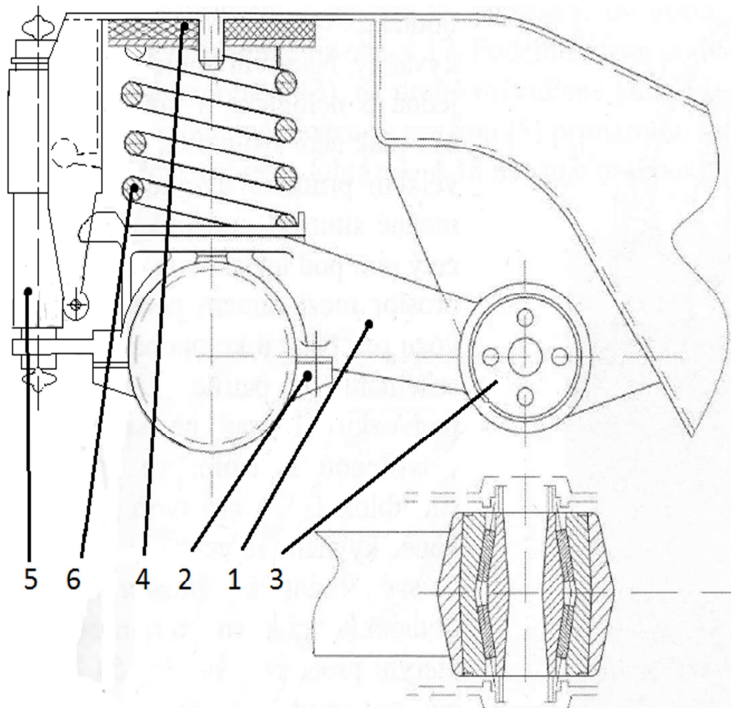
<b>Hydraulický tlumič</b>	
Vypružení	Dvěma šroubovitými pružinami s hydraulickým tlumičem – čep a vodící pouzdro tvoří teleskopické vedení. V dutém čepu jsou na dně malé otvůrky, kterými proudí olej při pohybu.
Vedení dvojkolí	Dutým čepem ve vodícím pouzdru.
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Ložisková skříň</li> <li>2. Vodící čep</li> <li>3. Vodící pouzdro</li> <li>4. Tlumící matice</li> <li>5. Šroubovitá pružina</li> </ol>	

Obr.7.5. Hydraulický tlumič [3]



### 1.1.2.5 Vedení a prvotní vypružení kyvným ramenem se šroubovitou pružinou

Vypružení	Vypružení ramene šroubovitou pružinou s tlumením.
Vedení dvojkolí	Dělená ložisková skříň je součástí ramene, které je spojeno s rámem přes kloub uložený v silentbloku. Nad skříní je šroubovitá pružina s gumovým silentblokem a tlumením.

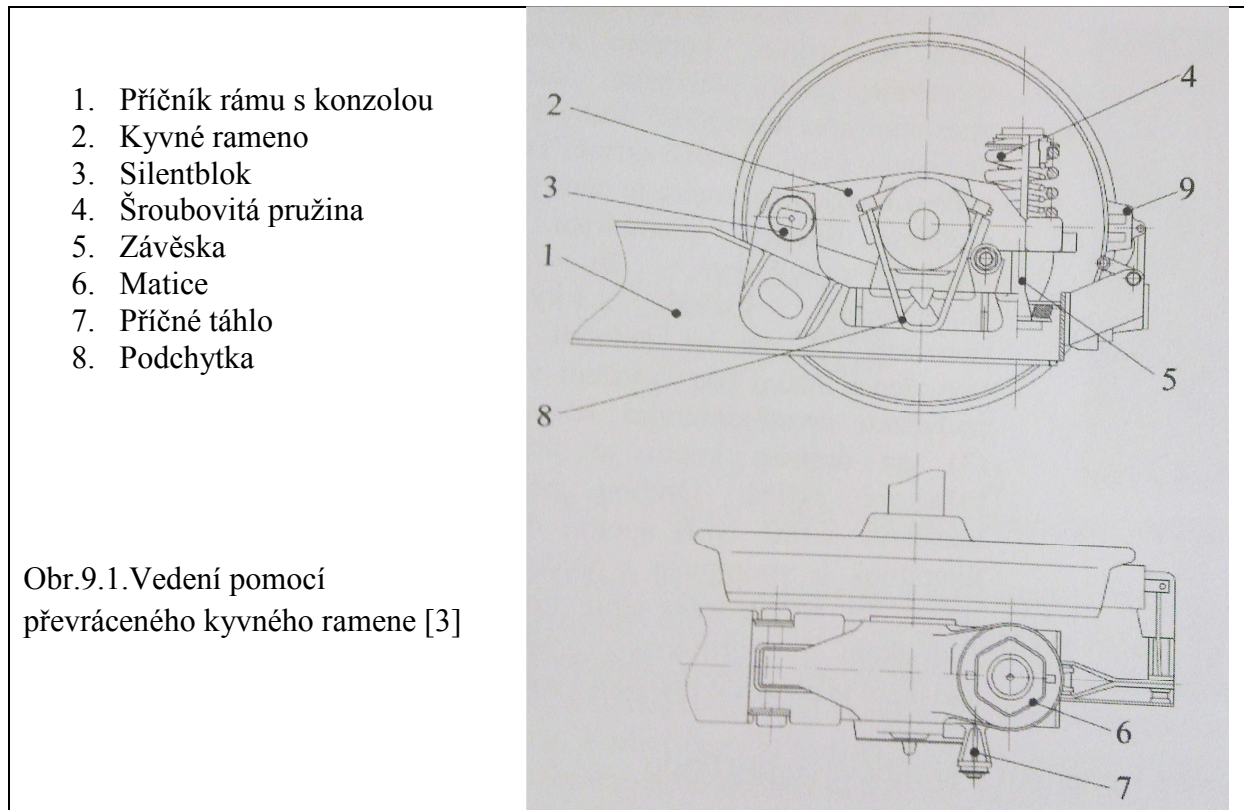


1. Kyvné rameno
2. Spodní díl ložiskové skříně
3. Silentblok
4. Pryžový silentblok
5. Tlumič primárního vypružení
6. Šroubovitá pružina

Obr.8.1.Vedení a vypružení kyvným ramenem se šroubovitou pružinou[3]

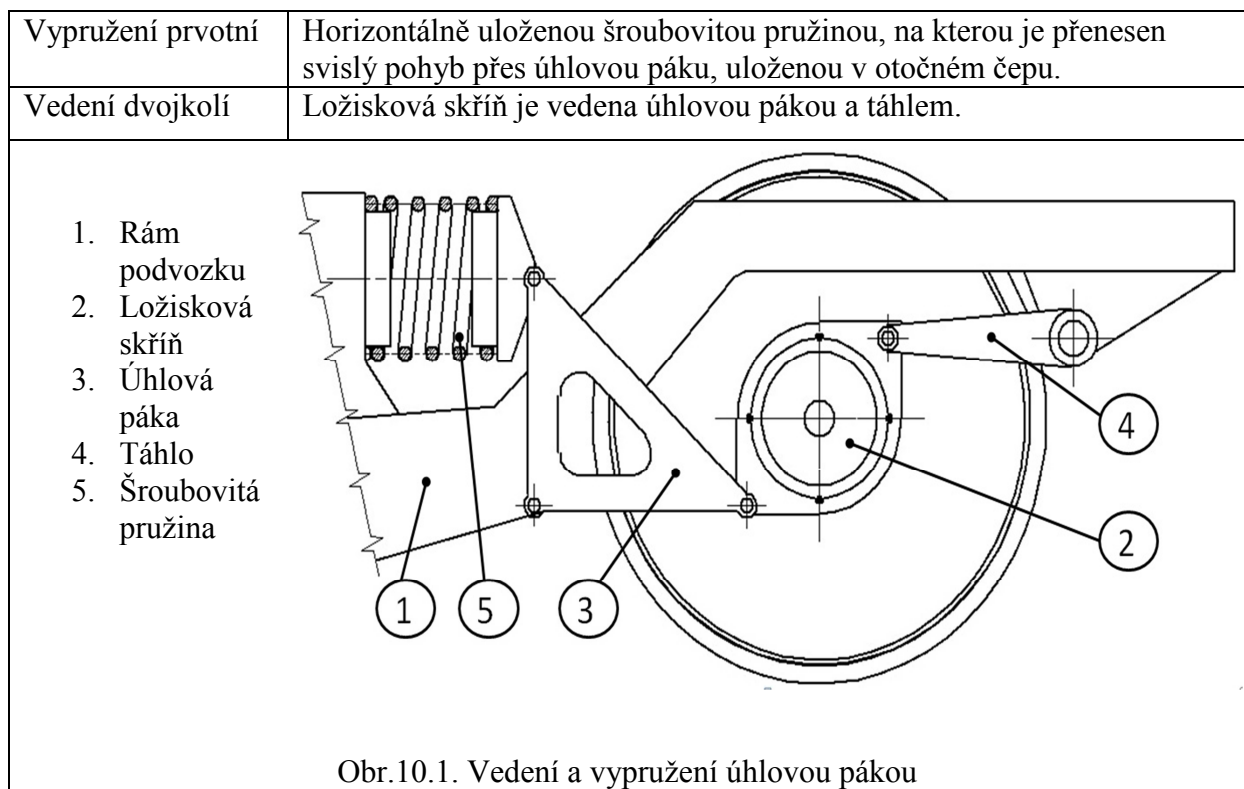
### 1.1.2.6 Vedení a vypružení kyvným převráceným ramenem

Vypružení	Mezi maticí (6) na závěsce (5) a kyvným ramenem (2) je vložena šroubovitá pružina (4).
Vedení dvojkolí	Na podélníku rámu je vytvořena konzola (1), která má v sobě uložený silentblok(3), tvořící uložení kyvného ramene(2). Součástí ramene je ložisková skříň. Druhým koncem ramene(2) prochází skrz závěska(5) dosedající na silentblok umístěný na rámu(1). Na horní části závěsky je matice(6) zajišťující šroubovitou pružinu(4) prvotního vypružení což umožňuje vypružení kyvného ramene(2), jež je propojeno s rámem příčným táhlem(7).



### 1.1.2.7 Vedení úhlovou pákou

- inovační provedení, primární vypružení směřováno do místkde je na něj dostatek prostoru.





### Modifikace předchozího provedení

Vypružení prvotní	Horizontálně uloženou šroubovitou pružinou, na kterou je přenesen svislý pohyb přes úhlovou páku, uloženou v otočném čepu.
Vedení dvojkolí	Úhlovou pákou, jejíž součástí je ložisková skříň.

1. Rám podvozku
2. Úhlová páka
3. Ložisková skříň
4. Šroubovitá pružina

Obr.10.2. Modifikované vedení a vypružení úhlovou pákou

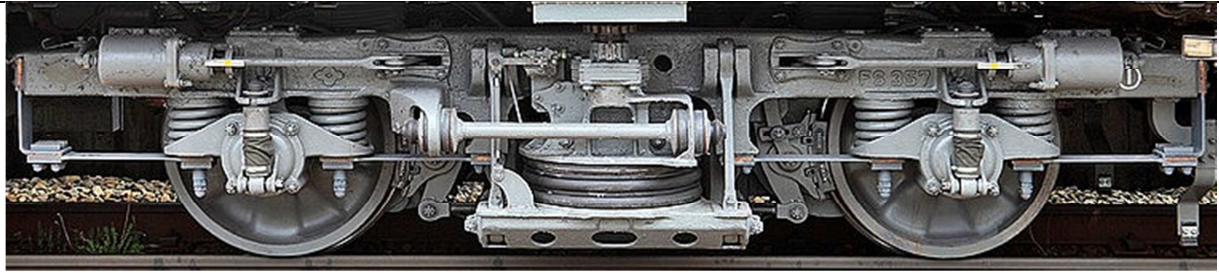
#### 1.1.2.8 Vedení plochými pásy s pružinovým vypružením

- hojně využívá německá firma MindenDeutz.
- výrazným znakem je nutnost velkého rámu, tuto nevýhodu vyřešila varianta se dvěma pásy nad sebou.

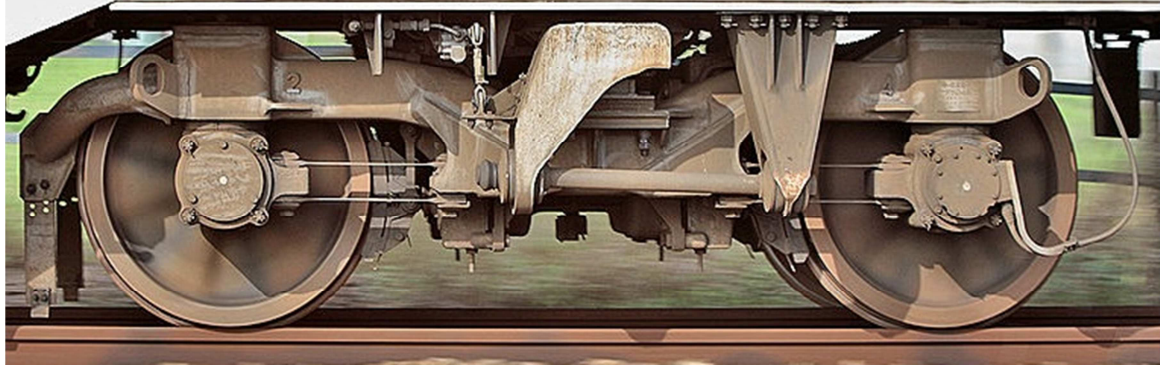
Vypružení	Obr.11. a 11.2. - Šroubovitými pružinami Obr.11.3 -Pryžkovovými pružinami
Vedení dvojkolí	Obr.11.1 - Vedení ložiskové skříňe zajištěno plochým kompozitním pásem Obr.11.2 - Vedení ložiskové skříňe zajištěno dvěma plochými kompozitními pásy situovanými na obě strany od ložiskové skříňe Obr.11.3 - Vedení ložiskové skříňe zajištěno dvěma plochými kompozitními pásy nad sebou - Ukotvení pásu pomocí jemných zoubků



Obr.11.1. Vedení plochým pásem na podvozku typu GP200



Obr.11.2. Vedení dvěma pásy na podvozku typu FS-039 firmy Meitetsu[13]



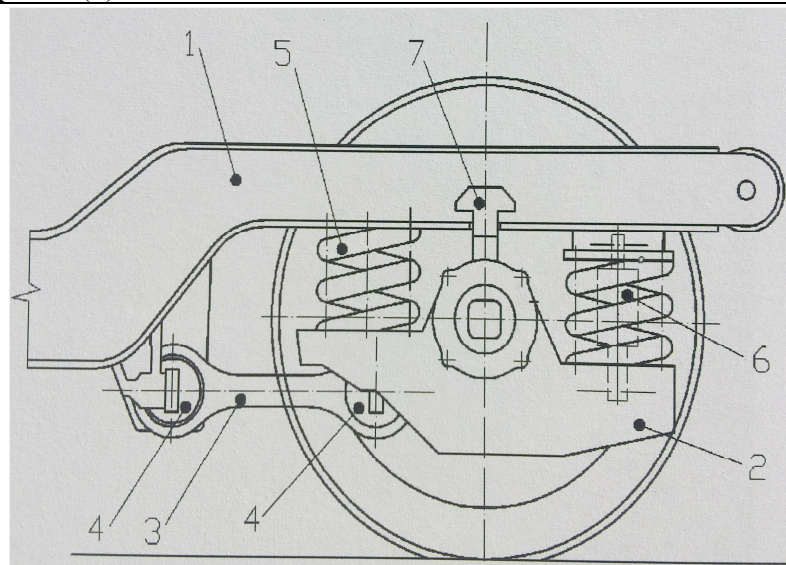
Obr.11.3.Vedení dvěma pásy nad sebou na podvozku typu SS36F a typu MD 52 [14]

### 1.1.2.9 Vedení s ojníčkou s vypružením flexi-coil

- hojně používané vedení

Vypružení	Pomocí pružin flexi-coil
Vedení dvojkolí	Ojničkou (3) která má po obou stranách pryžové silentbloky (4). Ojnička propojuje rám (1) s ložiskovou skříní (2), jež je vypružena dvojicí pružin(5).

1. Podélník rámu
2. Těleso ložiskové skříně
3. Ojnička
4. Pryžový silentblok
5. Pružina flexi-coil
6. Hydraulický tlumič
7. pochytky



Obr.12.1.Vedení ojníčkou s pružinou flexi-coil[3]

### Možná modifikace tohoto systému

Wypružení	Pomocí pružiny flexi-coil
Vedení dvojkolí	Ložisková skříň(4) spojena s rámem (1) pružinou a z obou stran ojnicemi(2,3). Ojnice mají na obou stranách oka s pryžovými silentbloky(A,B).
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Podélník rámu</li> <li>2. Ojnice 1</li> <li>3. Ojnice 2</li> <li>4. Těleso ložiskové skříňe</li> </ol> <p>A,B. Pryžový silentblok</p> <p>Obr.12.2. Modifikace vedení ojnicou s pružinou flexi-coil [15]</p>	

#### 1.1.2.10 Vedení čepem s proměnnou podélnou a příčnou tuhostí s vypružením šroubovitou pružinou

Wypružení	Šroubovitou pružinou(6).
Vedení dvojkolí	V rámu (9) je zalisován dutý vodící čep(3), který je obklopen pružinou(6) dosedající na ložiskovou skříň s vloženým pouzdem(8). V pouzdru jsou silentbloky(5). Spodní silentblok má kuželovitý otvor. V dutém čepu je píst(7), který je řízen přes táhlo (4), stavěcí pružinu(2) a kuželovou rozpěru(1), což umožňuje změnu tuhosti.
<ol style="list-style-type: none"> <li>1. Kuželová rozpěra</li> <li>2. Stavěcí pružina</li> <li>3. Vodící čep</li> <li>4. Táhlo</li> <li>5. Silentblok</li> <li>6. Prvotní vypružení</li> <li>7. Pneumatický válec</li> <li>8. Pouzdro</li> <li>9. Rám</li> </ol> <p>Obr.13.1. Vedení s proměnou příčnou tuhostí Siemens[3]</p>	



### 1.1.3 LOKOMOTIVY

Konstrukční provedení u lokomotiv je rozdílné oproti vagonovému :

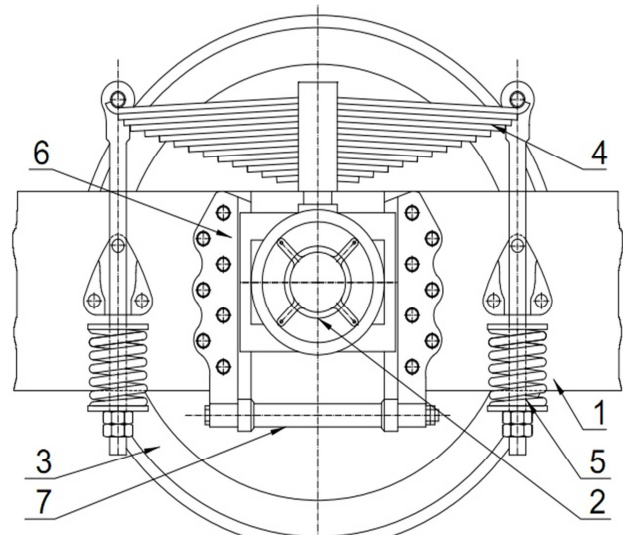
- 1) Velikost dvojkolí u lokomotiv (1100 – 1250 mm) je větší než u osobních vagónů (920mm)
- 2) Zatížení náprav větší
- 3) Svislé zatížení není proměnlivé, jako u osobních i nákladních vozů

#### 1.1.3.1 Rozsochové vedení

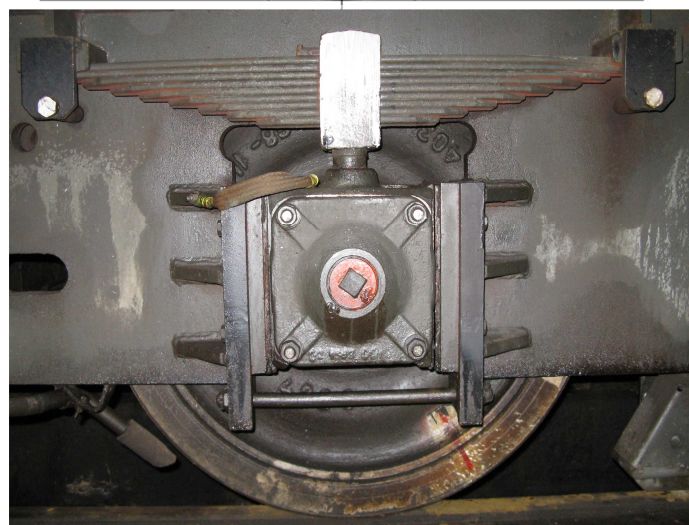
- jedná se o starší provedení převzaté z parních lokomotiv.
  - toto řešení je již překonané a pro své negativní vlastnosti se téměř nepoužívá.
- Negativa :
- problémy s mazáním díky třecímu charakteru kluzné dvojice
  - vůle, které vyžadují kompenzaci seřizováním

Wypružení	Listové pružiny a závěsy nebo šroubovitě pružiny
Vedení dvojkolí	Rozsochové

1. Rám
2. Ložisková skříň
3. Dvojkolí
4. Prvotní vypružení
5. Druhotné vypružení
6. Rozsocha
7. Rozsochová spona

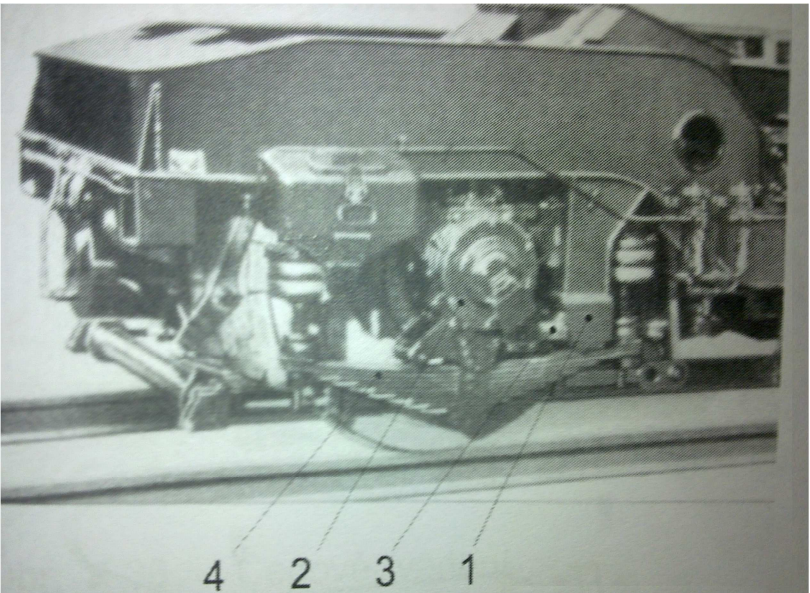


Obr.14.1. Rozsochové vedení lokomotiv  
[16]



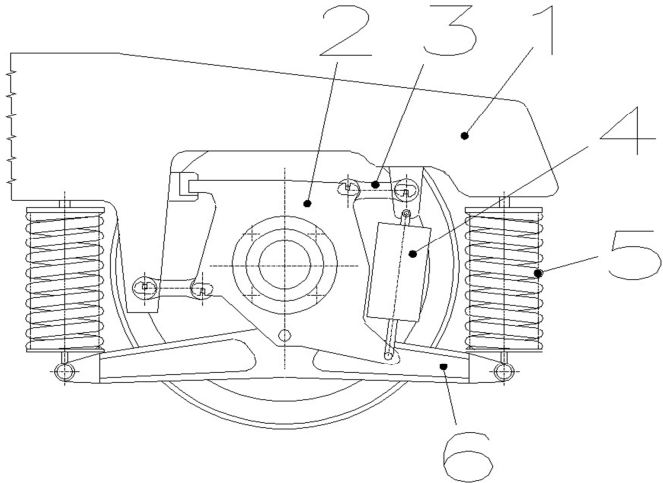
Obr.14.2. Rozsochové vedení lokomotivy

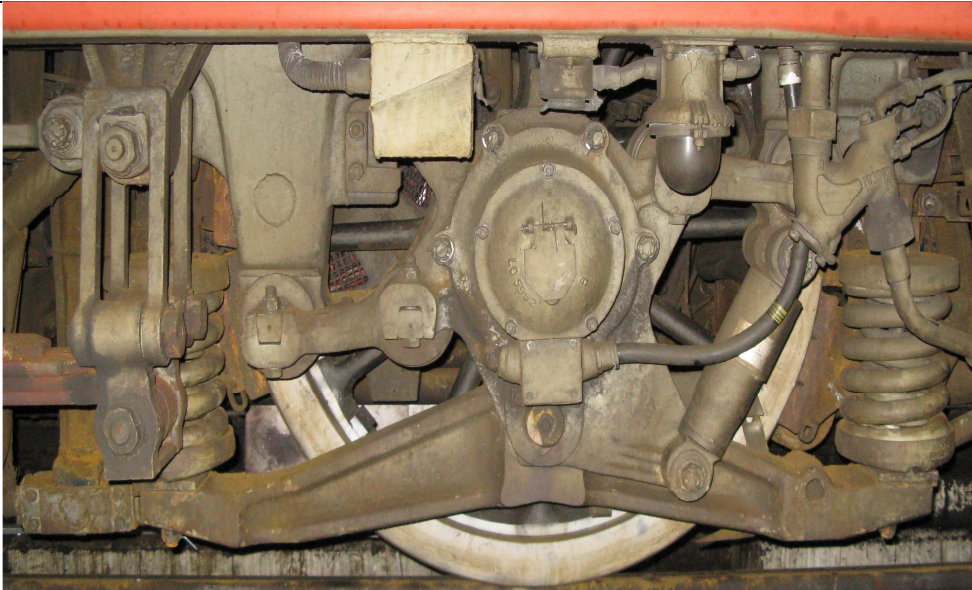
### 1.1.3.2 Ojničkové vedení dvojkolí vypružením listovou pružinou - jedná se o starší provedení

<p>Vypružení</p>	<p>Kombinace listové pružiny a dvou šroubových pružin.</p>
<p>Vedení dvojkolí</p>	<p>Ložisková skříň je vedena dvěma ojnicemi, a je chycena opaskem k primárnímu vypružení.</p>
<p>1. Konzola 2. Ložisková skříň 3. Ojnice 4. Listová pružina</p> <p>Obr.15.1. Vypružení listovou zpruhou a vedení ojnicou[3]</p>	

### 1.1.3.3 Ojničkové vedení s vypružením šroubovitou pružinou a vahadlem

- jedná se o vývojový stupeň předchozího řešení, kde byla listová pružina nahrazena vahadlem a soustavou šroubových pružin s hydraulickým tlumením

<p>Vypružení</p>	<p>Dvojici šroubových pružin s hydraulickým tlumením.</p>
<p>Vedení dvojkolí</p>	<p>Rám podvozku je uložen na ložiskové skříni přes dvojici šroubových pružin a vahadlo, které je zavěšeno čepem na ložiskové skříni. Vedení zajišťují ojnice uložené v silentblocích upevněné jak na rámu, tak na ložiskové skříni.</p>
<p>1. Rám podvozku 2. Tělo ložiskové skříně 3. Ojnice 4. Hydraulický tlumič 5. Šroubovitá pružina 6. Vahadlo</p> <p>Obr.16.1. Ojničkové vedení s vahadlem schematicky</p>	



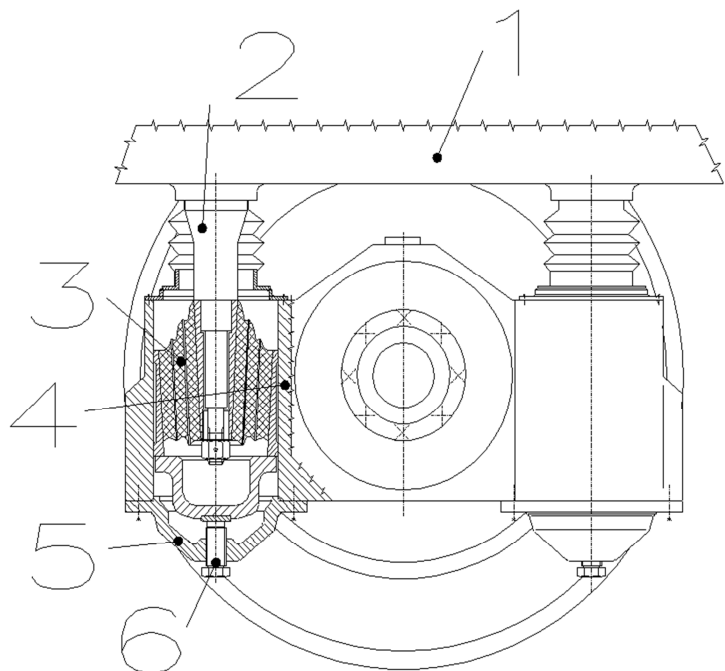
Obr.16.2.Ojničkové vedení s vahadlem a šroubovitou pružinou lokomotivy S499

#### 1.1.3.4 Vedení a vypružení pryžovými silentbloky

- snaha nahrazení šroubovitých pružin a hydraulických tlumičů vedla k použití pryžokovových silentbloků, které nejenom vedou ale i tlumí.
- postupem času se zjistilo, že pryž nemá až tak výhodné tlumící vlastnosti, proto bylo nutné přidat hydraulický tlumič. Pryž s časem stárne a tvrdne.
- u tohoto typu vypružení je možná regulace výšky pomocí stavěcího šroubu.

Vypružení	Pryžokovovým silentblokem s dvěma kuželovými zálisky.
Vedení dvojkolí	Vodícím čepem, jenž je zalisován do podélníku rámu. Čep je vypružen pryžokovovým silentblokem uloženým do otvoru v tělese ložiskové skříně, který je uzavřen víkem s otvorem pro stavěcí šroub.

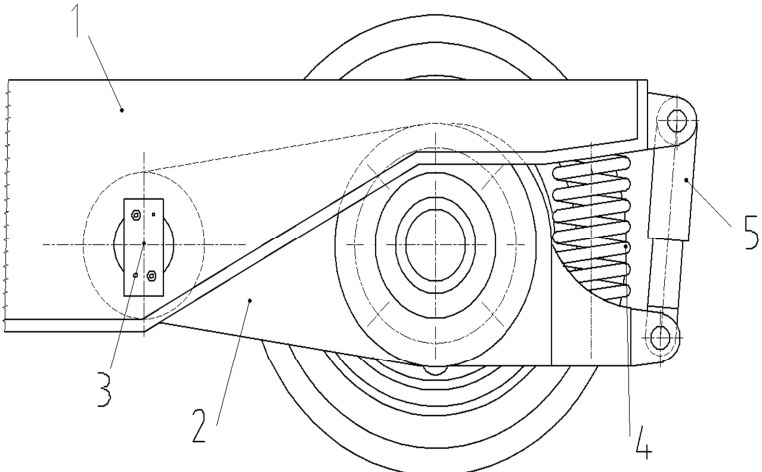
1. Rám podvozku
2. Vodící čep
3. Pryžokovový silentblok
4. Těleso ložiskové skříně
5. Spodní víko
6. Stavěcí šroub



Obr.17.1. Vedení a vypružení pryžovým silentblokem



**1.1.3.6 Vedení kyvným ramenem s vypružením šroubovitou pružinou**  
- toto vedení je typické pro dieselelektrické lokomotivy z ČKD

Vypružení	Šroubovitou pružinou s paralelním hydraulickým tlumičem. Kyvné uložení ramene se skládá z čepu, který je uložen v rámu do silenbloku.
Vedení dvojkolí	Ramenem, jež je kyvně uloženo v rámu a jehož součástí je ložisková skříň. Rameno je vypruženo šroubovitou pružinou s tlumením.
<div style="display: flex; align-items: flex-start;"> <div style="flex: 1;"> <ol style="list-style-type: none"> <li>1. Rám podvozku</li> <li>2. Těleso ložiskové skříně v rameni</li> <li>3. Zde je čep uložený v silenbloku</li> <li>4. Šroubovitá pružina</li> <li>5. Hydraulický tlumič</li> </ol> </div> <div style="flex: 2; text-align: center;">  </div> </div>	
<p>Obr.18.1. Vedení kyvným ramenem s vypružením šroubovitými pružinami (ČKD)</p>	

**1.1.3.7 Vedení ojníčkou s vypružením šroubovitou pružinou**  
- jednoduché vedení bez třecích elementů

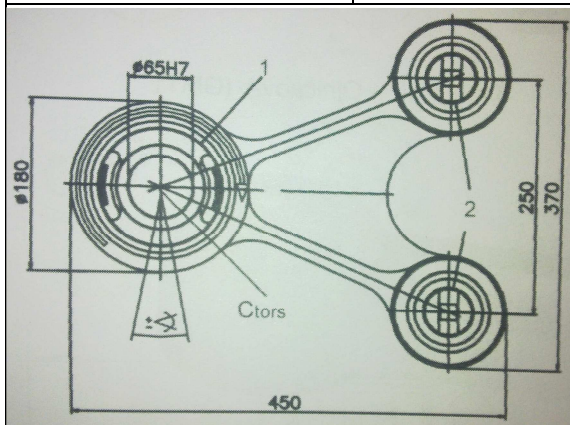
Vypružení	Šroubovitými pružinami s hydraulickým tlumičem
Vedení dvojkolí	Ojničkou na jedné straně spojenou kolmo na osu pružiny s rámem, na straně druhé rovnoběžně s osou pružiny s ložiskovou skříní.
<div style="text-align: center;">  </div>	
<p>Obr.19.1.Ojničkové vedení dvojkolí použité na lokomotivě řady 719.7 CZ LOKO [17]</p>	



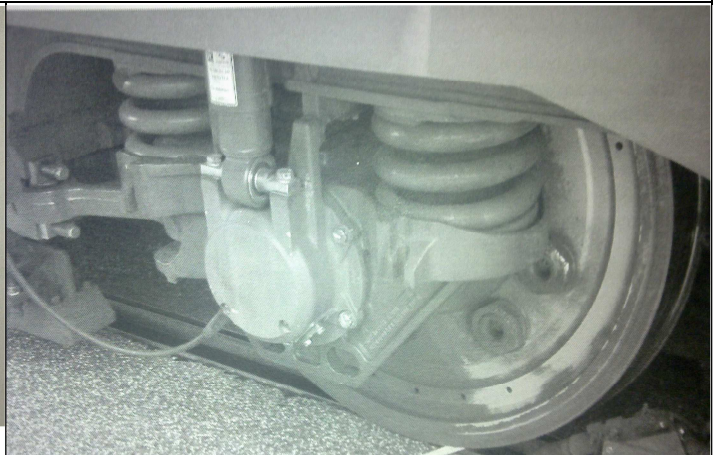
### 1.1.3.8 Vedení trojúhelníkovou ojnicí s vypružením šroubovitou pružinou

- toto vedení je typické pro dieselelektrické lokomotivy z ČKD

Wypružení	Šroubovitě pružiny s paralelním tlumením.
Vedení dvojkolí	Ojnička je dvěma body ukotvena k rámu a jedním bodem na ložiskové skříni. V každém bodě je gumokovový prvek umožňující radiální stavění dvojkolí. Ložisková skříň je vypružena šroubovitými pružinami s tlumením.
Poznámka k Obr.19.1.	1. Válcový silentblok 2. Kulový kloub



Obr.20.1. Trojúhelníková ojnička Siemens GTM [3]



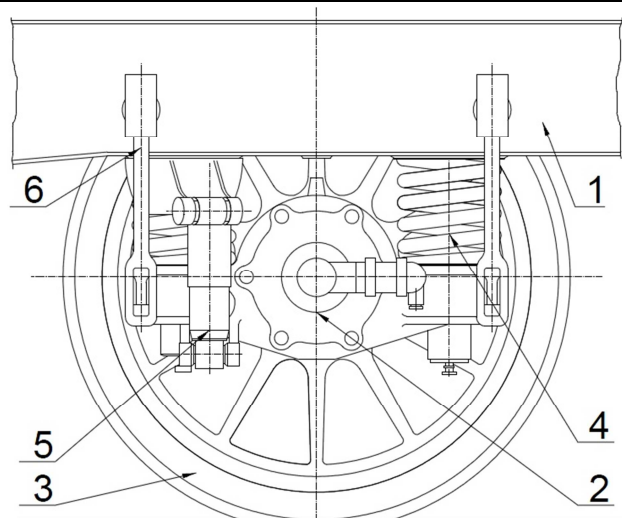
Obr.20.2. Vedení trojúhelníkovou ojnicí Siemens GTM [3]

### 1.1.3.9 Čepové vedení se šroubovitou pružinou

- jedná se osvědčené konstrukční provedení s vysokou spolehlivostí a robustností

Wypružení	Šroubovitě pružiny s paralelním tlumením.
Vedení dvojkolí	Vodícím čepem zalisovaným v lůžkách na rámu. V dutině čepu je olej, který maže kluzné plochy.

1. Rám
2. Ložisková skříň
3. Dvojkolí
4. Prvotní vypružení (uvnitř vodící čep)
5. Paralelní tlumič
6. Závěs



Obr.21.1. Čepové vedení se šroubovitou pružinou [16]

## 1.2. Přehled typů druhotného vypružení

- Jedná se o ústrojí, které zajistí potřebné pohodlí kolejového vozidla, toto ústrojí nazýváme Druhotné (sekundární) vypružení mezi rámem podvozku a skříní.

- Používá se u všech kolejových vozidel krom nákladních vozů starší konstrukce a bezpodvozkových vozů.

- Na volbě prvotního a druhotného vypružení záleží jízdní komfort a to při jízdě v přímé koleji i v oblouku.

Hlavní prvky druhotného vypružení jsou:

- Pružiny – listové, šroubovitě, pryžokovové, flexi-coil, vzduchové
- Tlumiče – hydraulické, pneumatické
- Závěsky
- Torzní stabilizátory

-Je nutné rozlišit rozdíl mezi osobními vozy a lokomotivami, jelikož lokomotivy jsou zatíženy konstantě svisle oproti proměnlivému svislému zatížení osobních vozů.

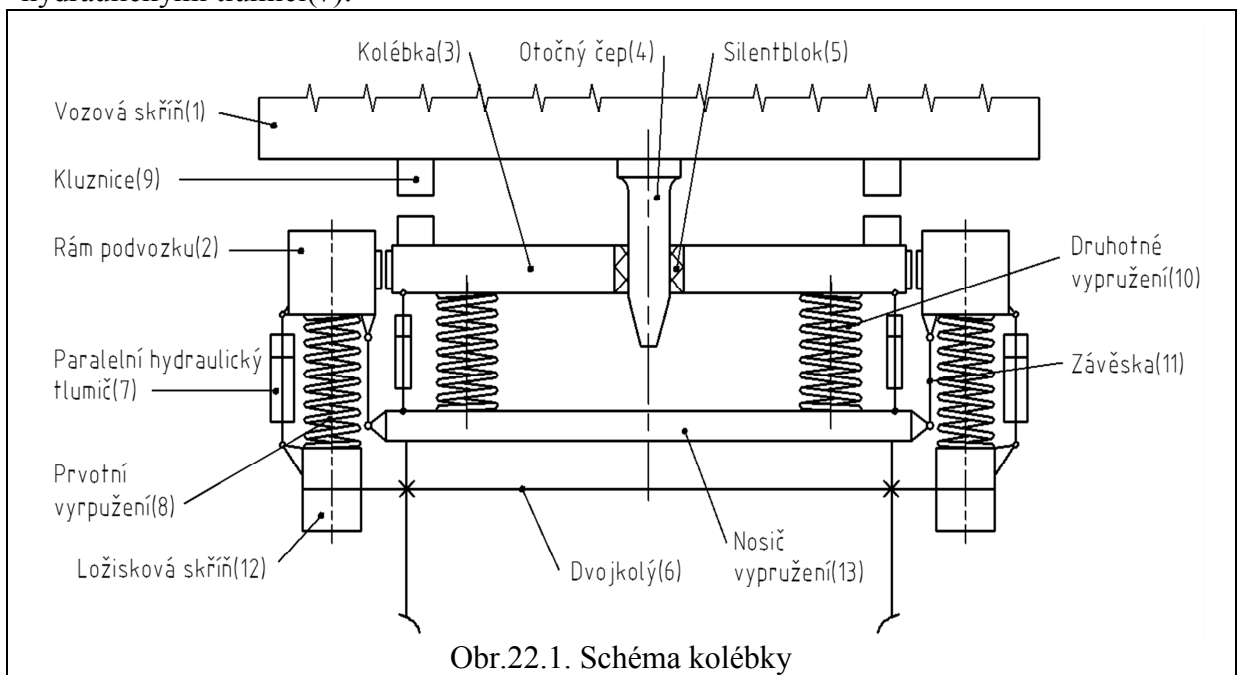
- Zde uvedu příklady jednotlivých možných druhů vypružení.

### 1.2.1 Druhotné vypružení podvozků osobních vozů s kolébkou

- Na obrázku je popsán princip druhotného vypružení. S rámem podvozku(2) jsou spojeny závěsky(11), které jsou na obou stranách uloženy v kloubech nebo břitech.

Na spodním kloubu je zavěšen nosič vypružení nazývaný dolní kolébka (13).

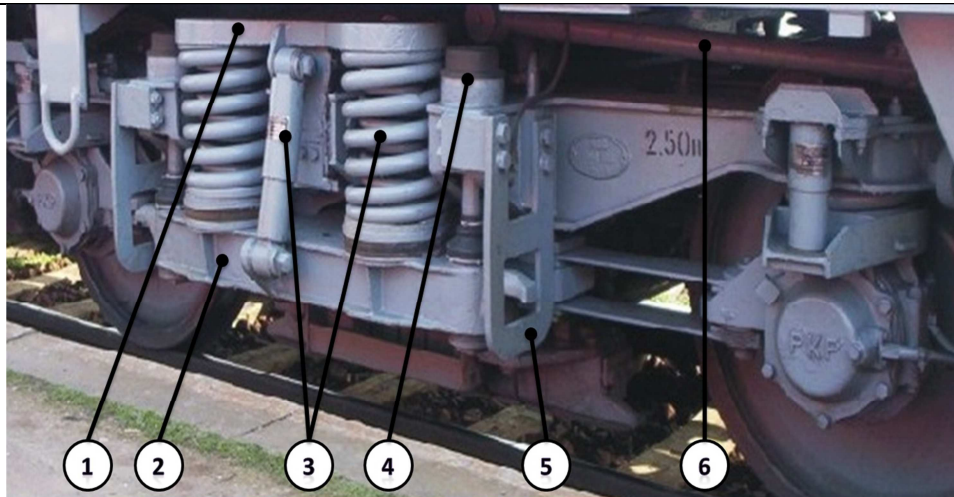
Na nosiči vypružení je uloženo druhotné vypružení(10) realizované ve starším provedení s listovými pružinami, v novějším se šroubovitými pružinami, v obou případech s tlumením. Na druhotném vypružení je uložena kolébka(3). Vozová skříň(1) leží na kolébkce na kluznicích (9) a otočném čepu (torně) (4). Kolébka má vůči rámu jistou příčnou vůli. Závěsky fungují jako příčné vypružení a tak ustavují vozovou skříň a rám podvozku do souosé polohy. Dvojkolí(6) s prvotním vypružením(8) a paralelními hydraulickými tlumiči(7).



Jiné konstrukce:

### MD 523

- Tento typ má umístěný nosič vypružení se závěskami a prvotním vypružením na vnější straně rámu. Ve středu kolébky je otvor pro otočný čep.

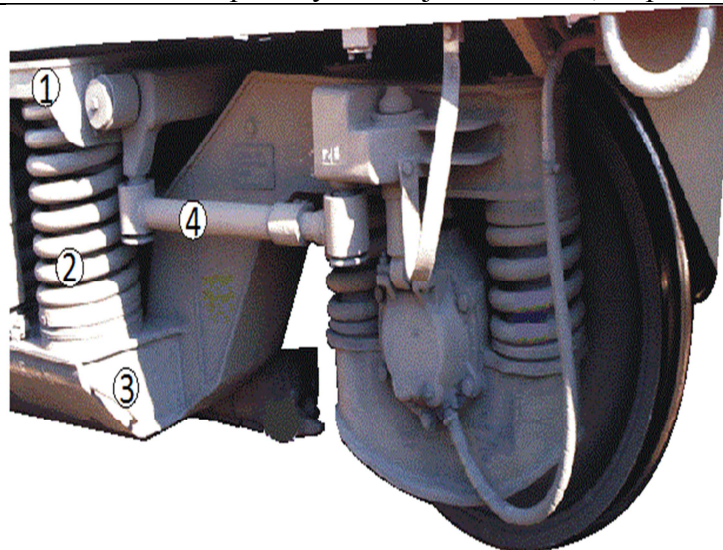


Obr.22.2. Druhotné vypružení podvozku MD 523 [18]

1. Kolébka
2. Nosič vypružení
3. Druhotné vypružení s tlumičem
4. Závěska
5. Pochytka
6. Přenos podélných sil

### SGP 300

- Zde je rozdíl v duplexních šroubovitých pružinách druhotného vypružení přenášejících příčné i podélné síly. Podélné síly přenáší tyče.
- Kluznice umožňují natočení vozové skříně.
- Flexi-coilové pružiny dosedají na konzolu, na prohnutý rámu podvozku.



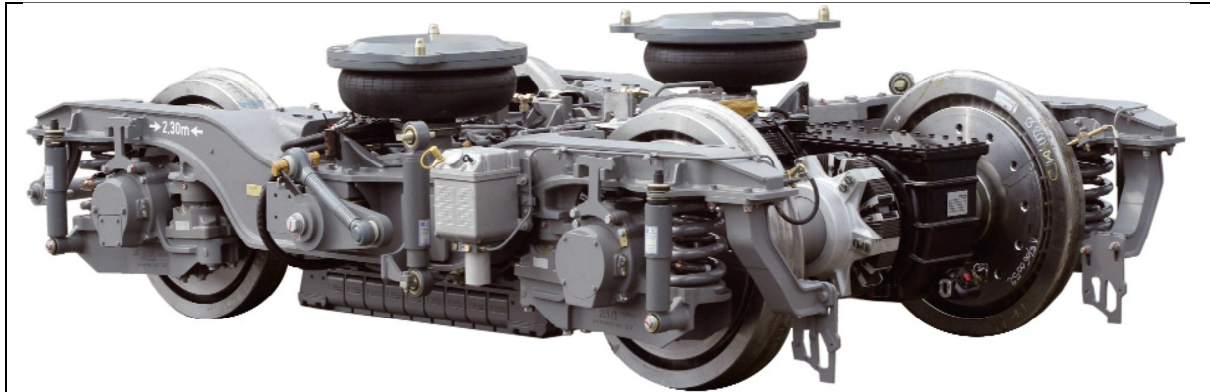
1. Nosník nad pružinami
2. Druhotné vypružení
3. Podélník rámu podvozku s konzolou
4. Vedení kolébky

Obr.22.3. Druhotné vypružení podvozku SGP 300 [7]



### 1.2.2 Druhotné vypružení podvozků osobních vozů bez kolébky

- Toto řešení má oproti kolébce nižší hmotnost ale komplikovanější rám. Tím je myšlen složitější tvar rámu s prohnutím a složitějším výrobním postupem za nutnosti použití nejmodernějších metod.



Obr.23.1. Druhotné bezkolébkové vypružení motorového podvozku Bombardier FLEXX [20]

### 1.2.3 Druhotné vypružení podvozků elektrických jednotek bez kolébky

- Bezkolébkové vypružení je výhodné pro druhotné pneumatické vypružení, které umožňuje natočení podvozku při jízdě obloukem. Tato vlastnost nahrazuje použití kolébky. Mimoto zajišťuje konstantní výšku podlahy, což je velice důležité u dvoupodlažních a nízkopodlažních vozidel.

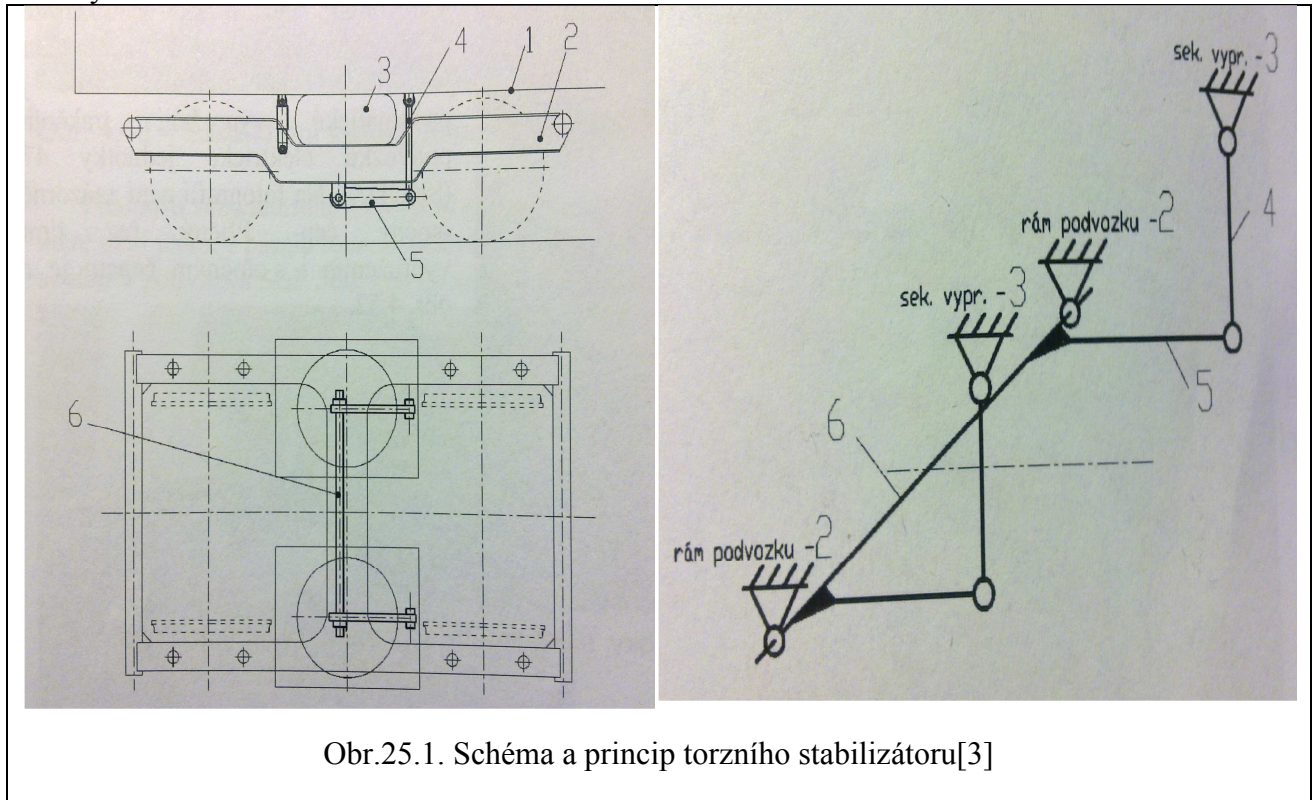


Obr.24.1. Druhotné bezkolébkové vypružení elektrické jednotky 471 [21]

### 1.2.4 Torzní stabilizátor

- Použití šroubových pružin a pneumatických pružin pro druhotné vypružení, v mnoha případech vyžaduje stabilizaci kolébání vozové skříně.

- Princip je založen na uložení vozu(1) na horní desce druhotného vypružení (3), která je spojena táhlem(4). Táhllo je spojeno s pákou(5) a ta je spojena s torzní tyčí(6). Torzní tyč je na obou koncích v lůžku pevně spojeným s rámem vozu(2). Zkrucování torzní tyče vyrovnává kolébání vozu.



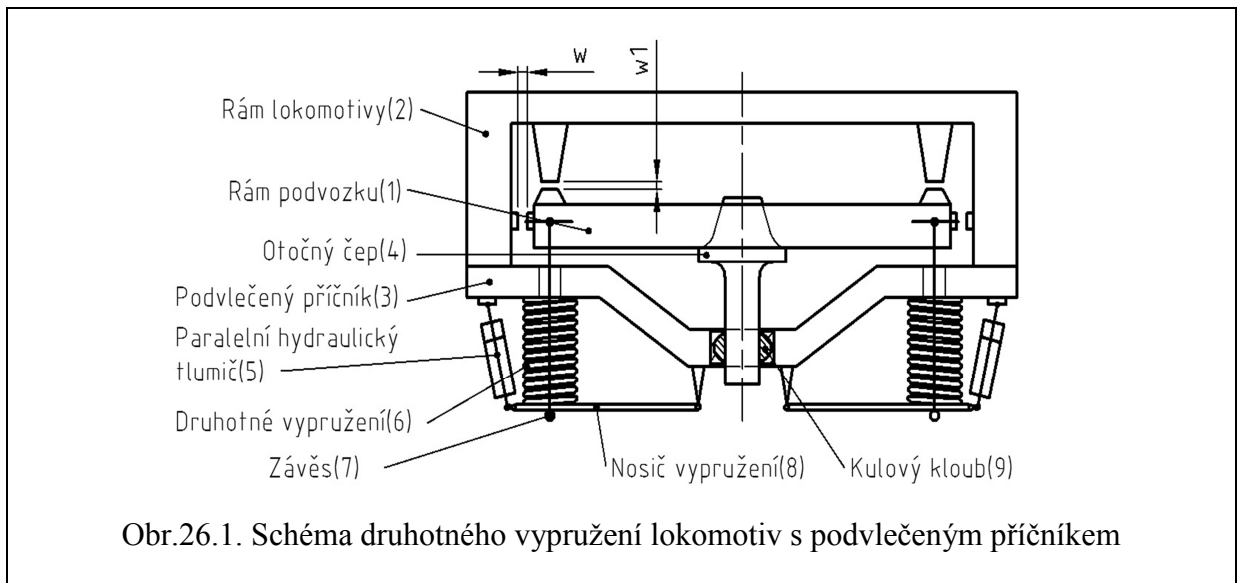
Obr.25.1. Schéma a princip torzního stabilizátoru[3]

### 1.2.5 Druhotné vypružení podvozků lokomotiv s podvlečeným příčnickem

- Konstrukce odlišná od vozových podvozků díky trakčnímu motoru, který je rozměrný a má vysokou hmotnost, z čehož vyplívají větší konstrukční rozměry podvozku a rozměrnější dvojkolí (průměr 1100 až 1250 mm).

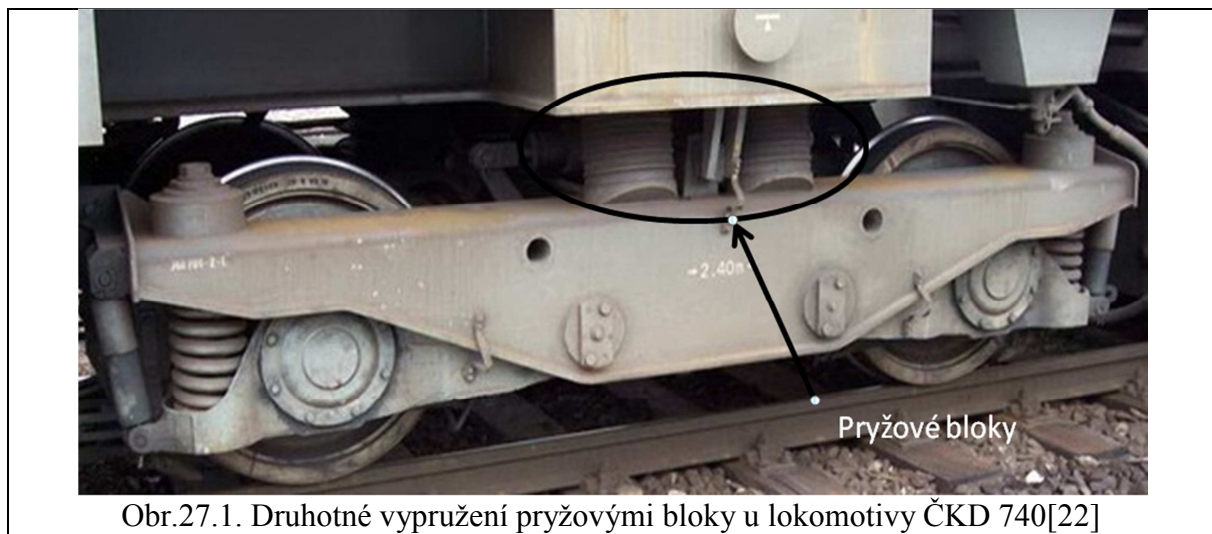
Princip :

“Hlavní rám lokomotivy(2) spočívá svými podélníky na podvlečeném příčnicku(3). Podvlečený příčník je zavěšen na rámu podvozku(1) přes závěs(7), nosič vypružení(8) a druhotné vypružení(6) s paralelními hydraulickými tlumiči(5). Závěs je umístěn uprostřed každé pružiny, tedy na každé straně jsou dva závěsy. Závěs má klouby zvláštní konstrukce na obou koncích, což umožňuje prostorový pohyb závěsu. Natáčení podvozku v oblouku a přenos podélných sil je proveden otočným čepem(4), který je v rámu podvozku nalisován a v podvlečeném příčnicku je uložen v kulovém kloubu(9) s olejovým mazáním. Příčné pohyby mezi rámem podvozku a hlavním rámem lokomotivy jsou omezeny narážkami s vůle (w), svislé pohyby narážkami svislými s vůlí (w1)., [3]



### 1.2.6 Druhotné vypružení podvozků lokomotiv s pryžovými bloky

- Použití na dieselelektrických lokomotivách.
- Principem jsou čtyři šikmé pryžovkové silentbloky se sklonem  $12^\circ$  vložené mezi rám podvozku a skříň lokomotivy.



### 1.2.7 Druhotné vypružení podvozků lokomotiv pružinami flexi-coil

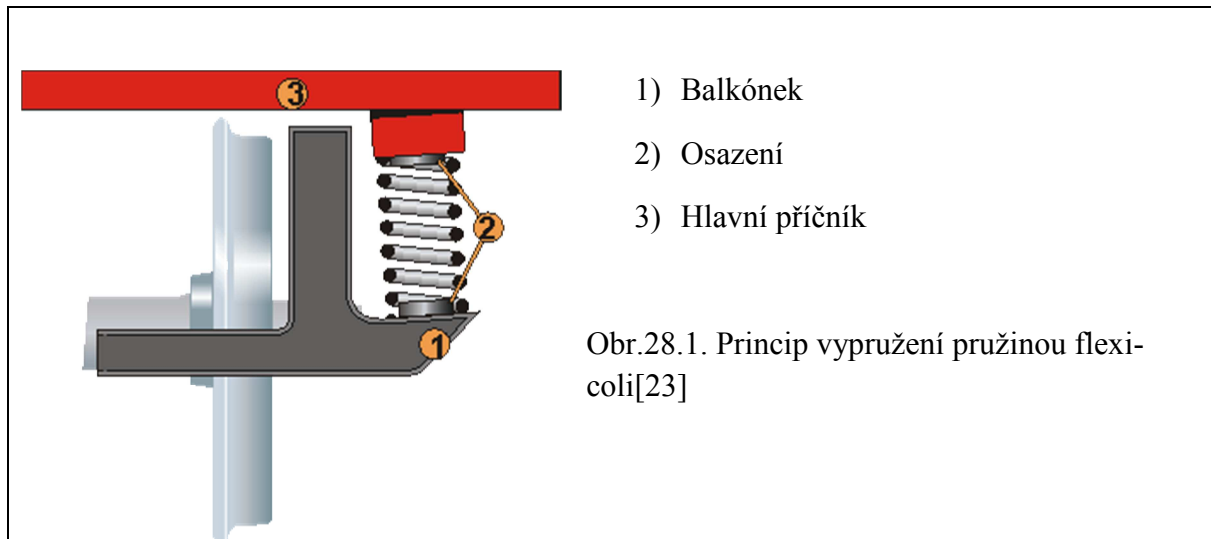
- tento způsob je v mnohých podobách využívám na všech nových lokomotivách

Princip :

“*Systém využívá vlastností dlouhých šroubovitých pružin, namáhaných jak svislou tak příčnou silou. Namáhání pružin klade vysoké nároky na jejich výrobu a kvalitu. Poloha konce závěrného závitu ovlivňuje příčnou tuhost pružiny.*

*Pružina flexi-coil je vložena mezi balkónek vytvořený na rámu podvozku a mohutné osazení na vozové skříni, to vše kvůli značným silám vznikajících v příčném i podélném směru mezi podvozkem a vozovou skříní.* „[3]





## 2. Zhodnocení vhodnosti vypružení pro různá vozidla

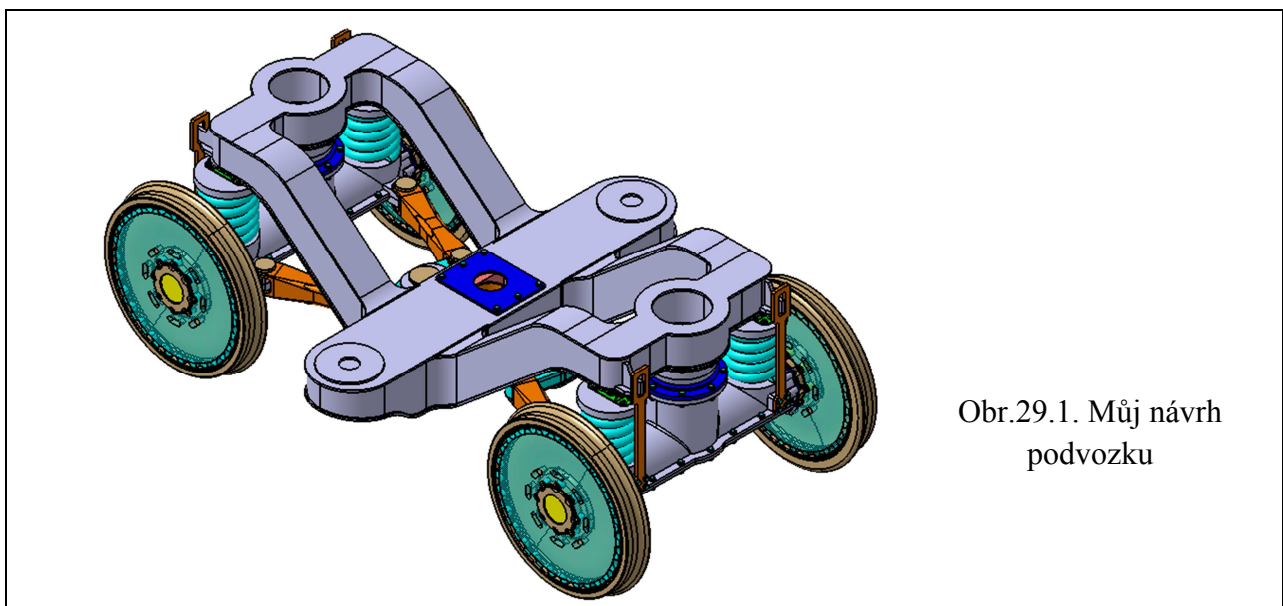
- zpracováno v příloze č.1 o stranách 1 až 3.

## 3. Návrh vlastního řešení

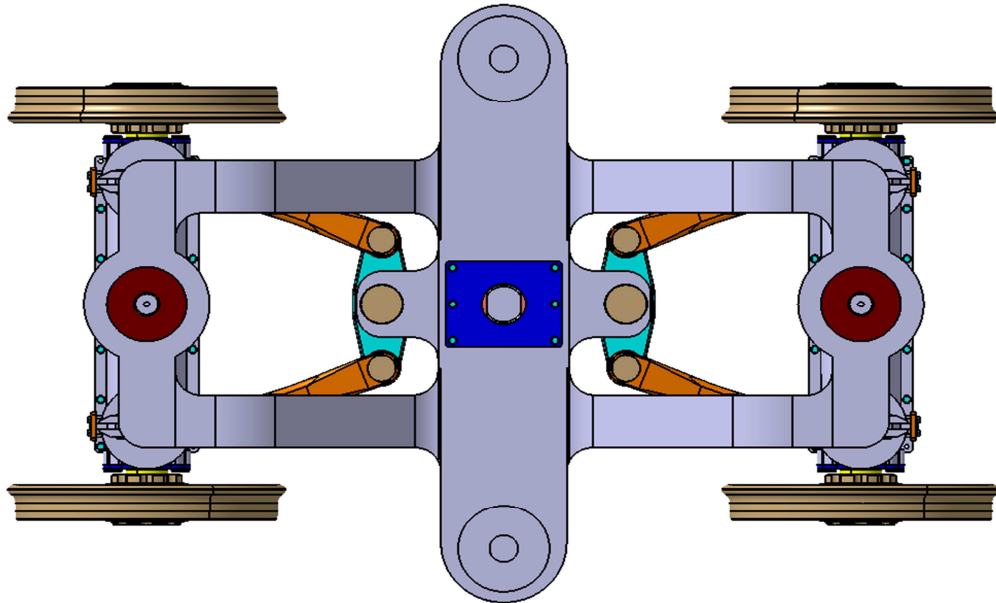
V této části jsem se snažil vymyslet vlastní řešení vedení a vypružení přípojného vozu.

Mojí první myšlenkou bylo umožnit natočení dvojkolí pomocí otočného čepu, který by byl zároveň vypružen primárním vypružením a veden systémem táhel. Toto provedení jsem postupně rozvinul a místo otočného čepu jsem použil kulovou tornu. Primární vypružení se přesunulo do stran a nese na jedné straně kluznici, která usnadní natočení při jízdě do oblouku. Celý návrh jsem zpracoval ve 3D modelovacím systému Catia V5 R19. Na obrázcích jsou různé detaily konstrukčních provedení podvozku. Na podvozku není druhotné vypružení, ale je pro něj vše připraveno. Vozová skříň bude uložena v kulovém uložení.

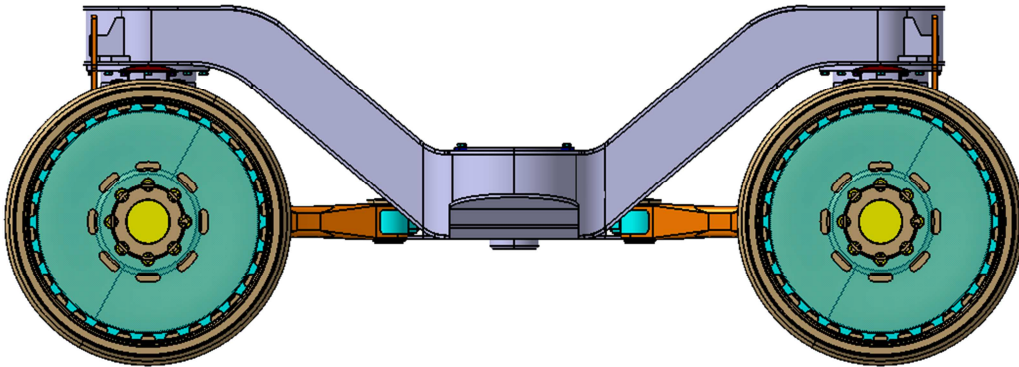
- Na obrázku 29.5 je vidět podchytka která umožňuje zvednutí podvozku jako celku.



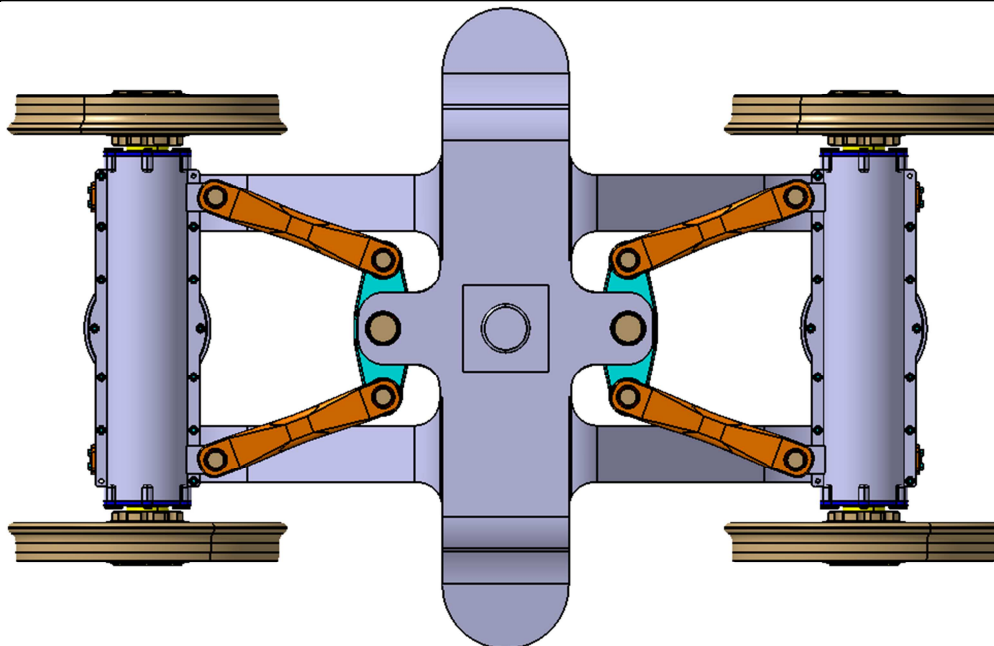




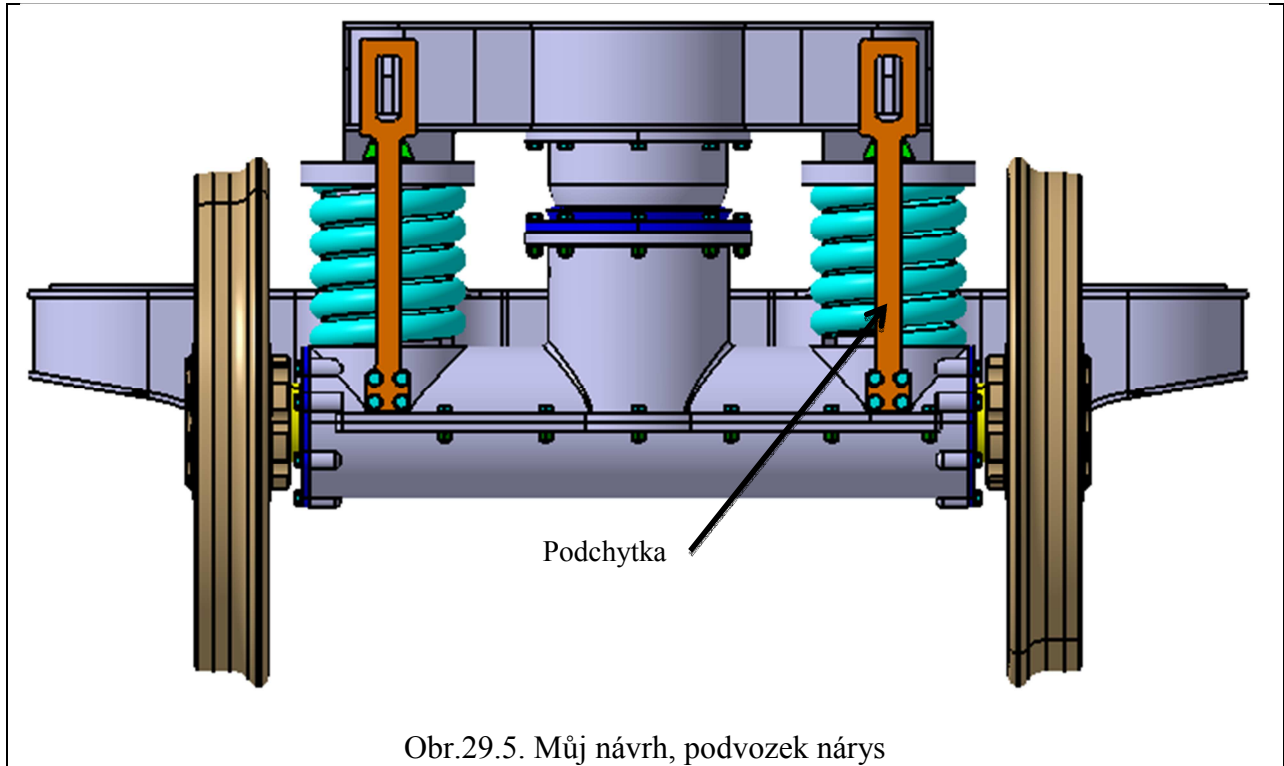
Obr.29.2. Můj návrh, podvozek půdorys



Obr.29.3. Můj návrh, podvozek bokorys



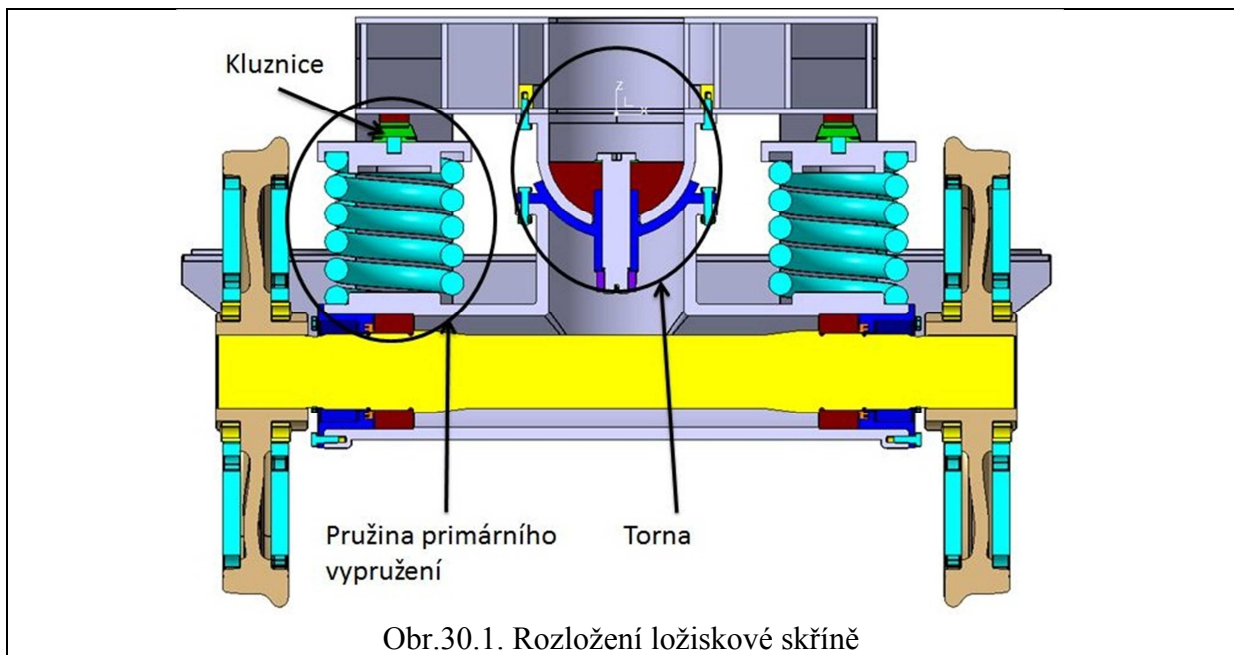
Obr.29.4. Můj návrh, podvozek spodní pohled



Obr.29.5. Můj návrh, podvozek nárys

### 3.1 Ložisková skříň

Zvolil jsem netradiční dělenou ložiskovou skříň, která kryje celou nápravu a po stranách nese dvojici pružin prvotního vypružení a ve střední části je spojena s tornou spojující ložiskovou skříň s rámem. Obě poloviny ložiskové skříně jsou odlitky. Prvotní vypružení má kluznici pro umožnění natočení dvojkolí při jízdě do oblouku a radiální stavění dvojkolí.



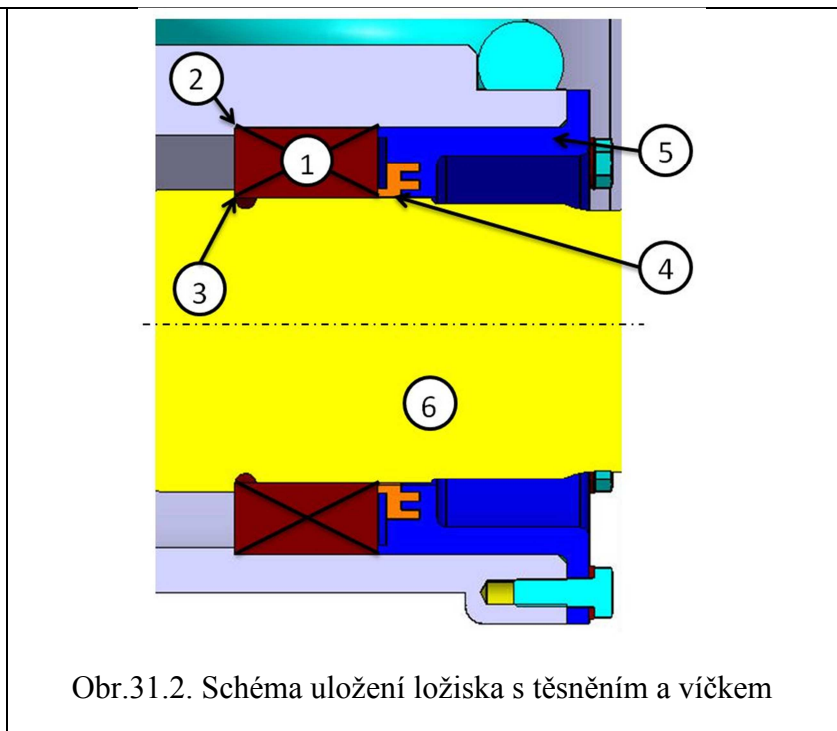
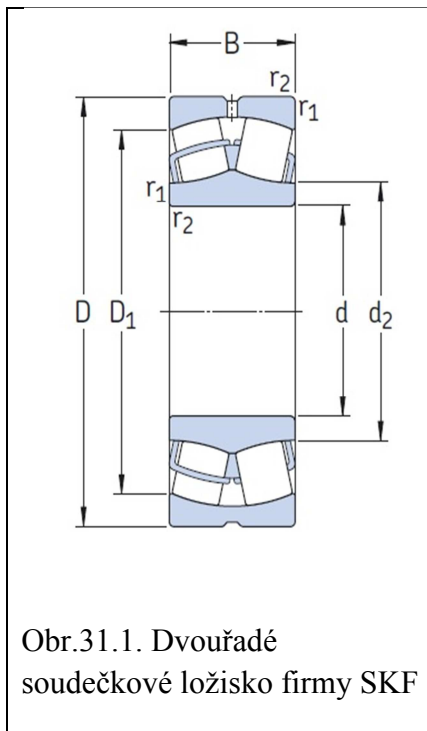
Obr.30.1. Rozložení ložiskové skříně

### 3.2 Ložiska a víčko s těsněním

Volil jsem dvouřadá soudečková ložiska firmy SKF, jelikož mají největší únosnost a mohou přenést i značné osové síly, což je výhodné pro mé konstrukční řešení

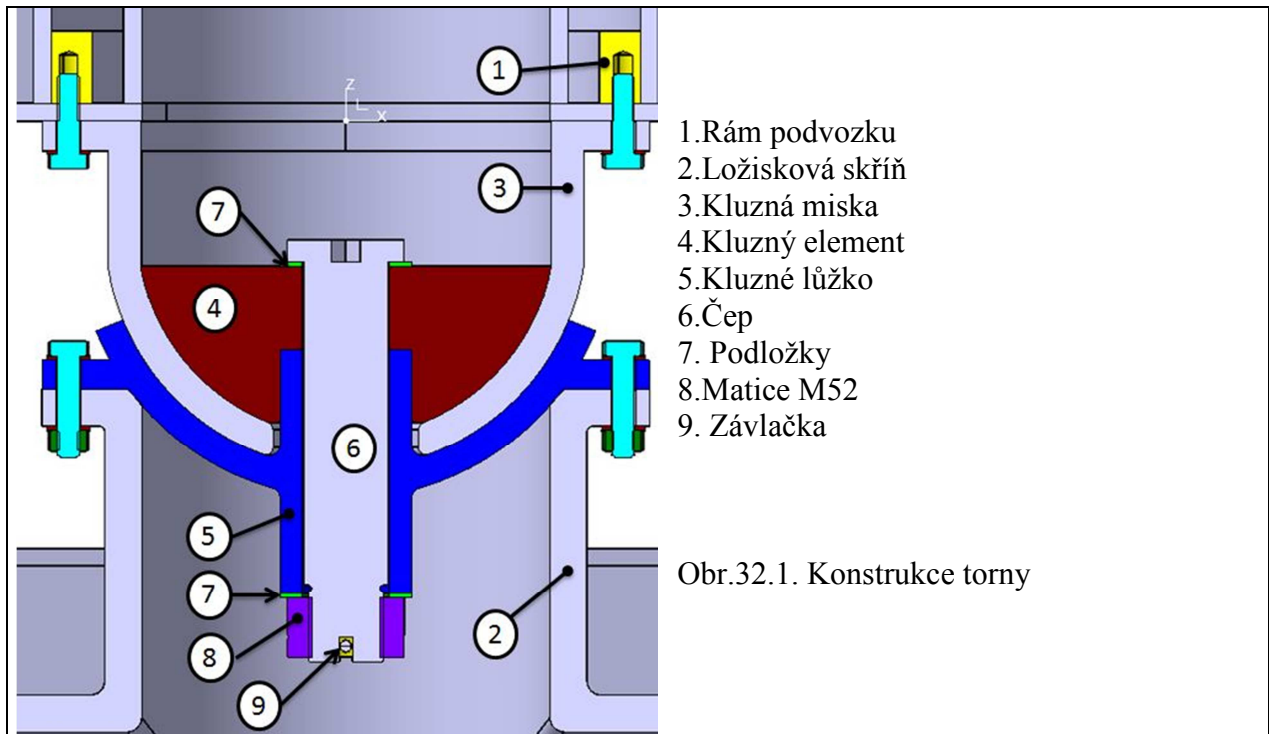
- ložisko má pevně zajištěno kroužky z obou stran viz.obr.30.2.
- utěsnění zajistí víčko s protikusem dohromady tvořící labyrintové těsnění
- ložisko v modelu je neprokresleno

1. Ložisko
2. Vedení ložiska ložiskovou skříní
3. Vedení ložiska nápravou
4. Vedení ložiska pohyblivým kroužkem labyrintového těsnění
5. Víčko, vede ložisko a současně je pevným labyrintovým kroužkem těsnění
6. Náprava



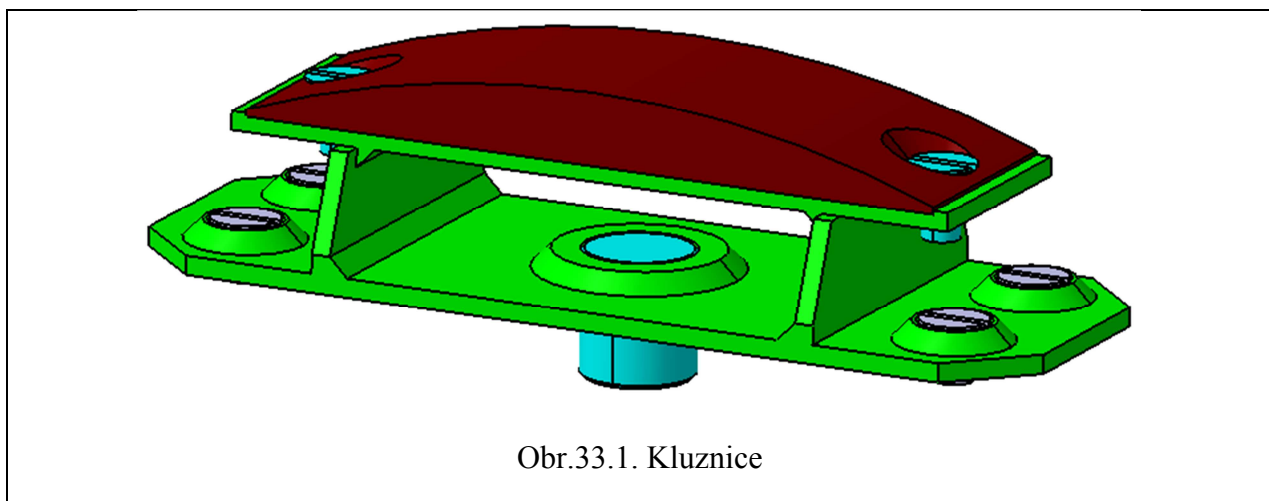
### 3.3Torna

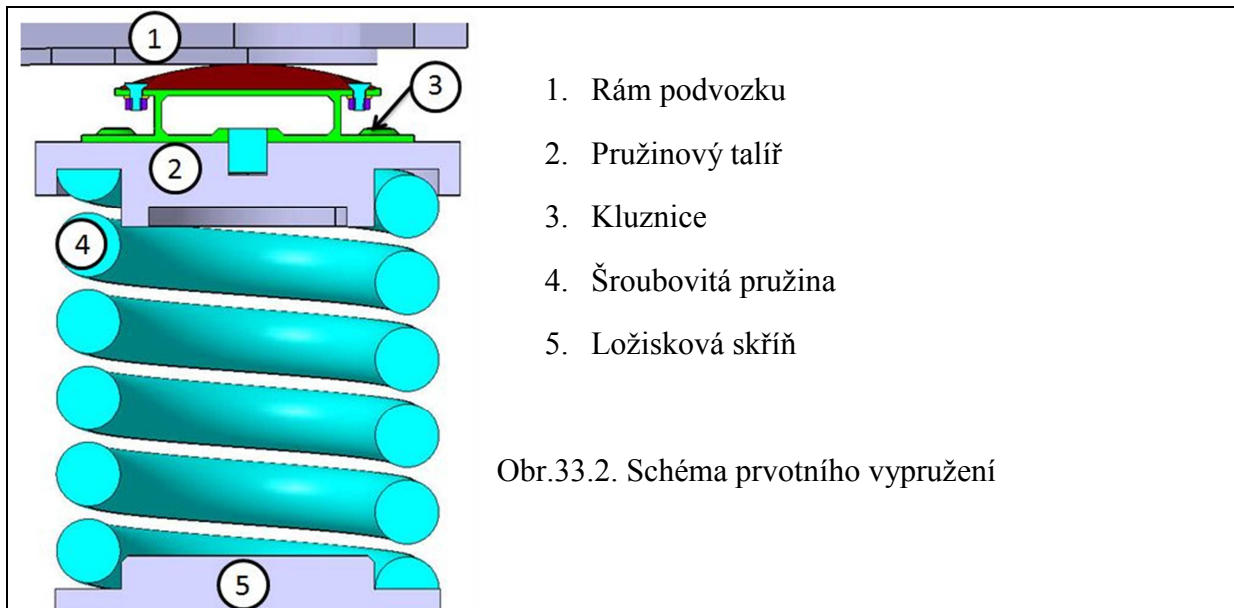
- střední část ložiskové skříně je otočně spojena (tornou) s rámem podvozku
- torna je konstruována jako celistvý kus, ve smyslu kompaktní sestavy, který je na ložiskovou skřín přišroubován osmi šrouby M16x70ISO 4014 a k rámu osmi šrouby M16x65ISO 4014.
- koncepce torny umožní natočení dvojkolí.



### 3.4 Prvotní vypružení

- je provedeno dvojicí šroubovitých pružin, které jsou na jedné straně osazeny pružinovým talířem s kluznicí a na straně druhé leží na ploše ložiskové skříně
- pružina je vedena osazením na ložiskové skříni a vnitřním kroužkem na pružinovém talíři.
- kluznice umožní plynulé natočení bez většího přídavného namáhání pružiny, které by vzniklo při jízdě do oblouku. Je sestavena ze středícího čepu, svařovaného rámu a kluzného členu

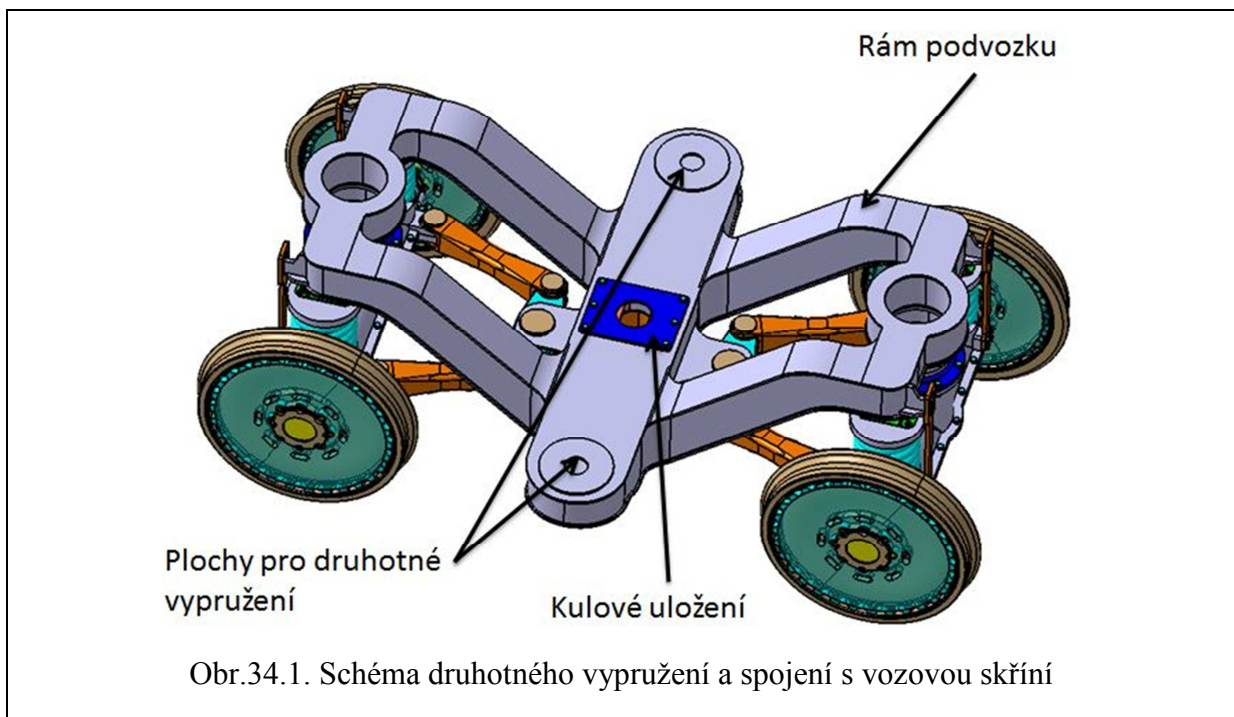




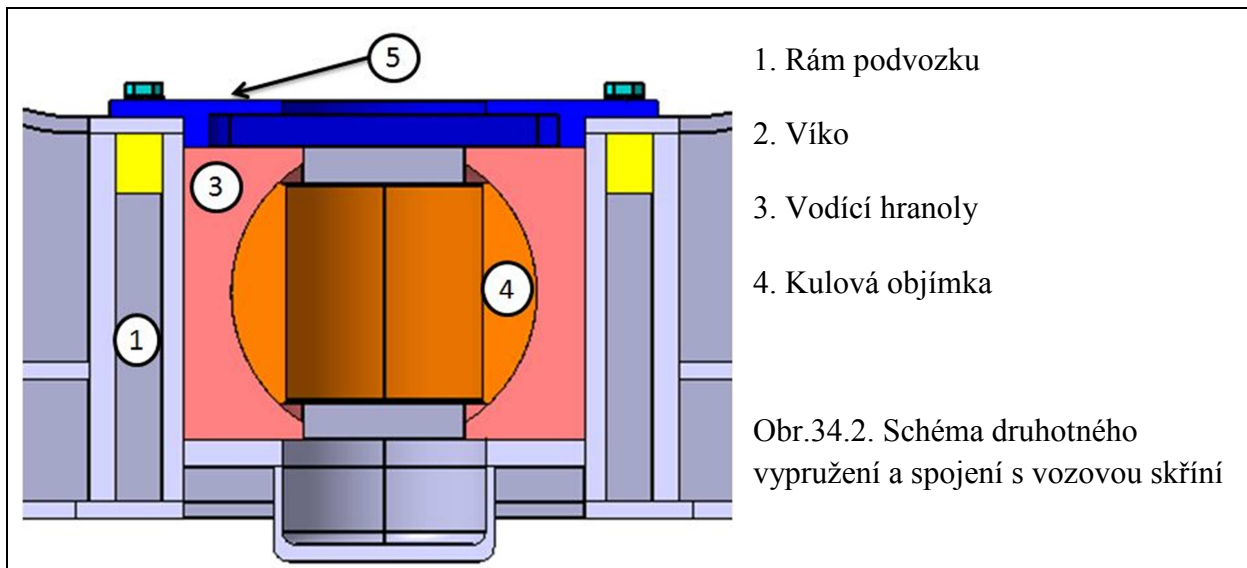
### 3.5 Druhotné vypružení a spojení rámu s vozovou skříní

- vypružení je uváženo jako dvojice vzduchových pružin, které nejsou v modelu znázorněny ale je pro ně připravena vodící plocha znázorněná na obrázku.

- spojení s vozovou skříní je provedeno přes kulové uložení.

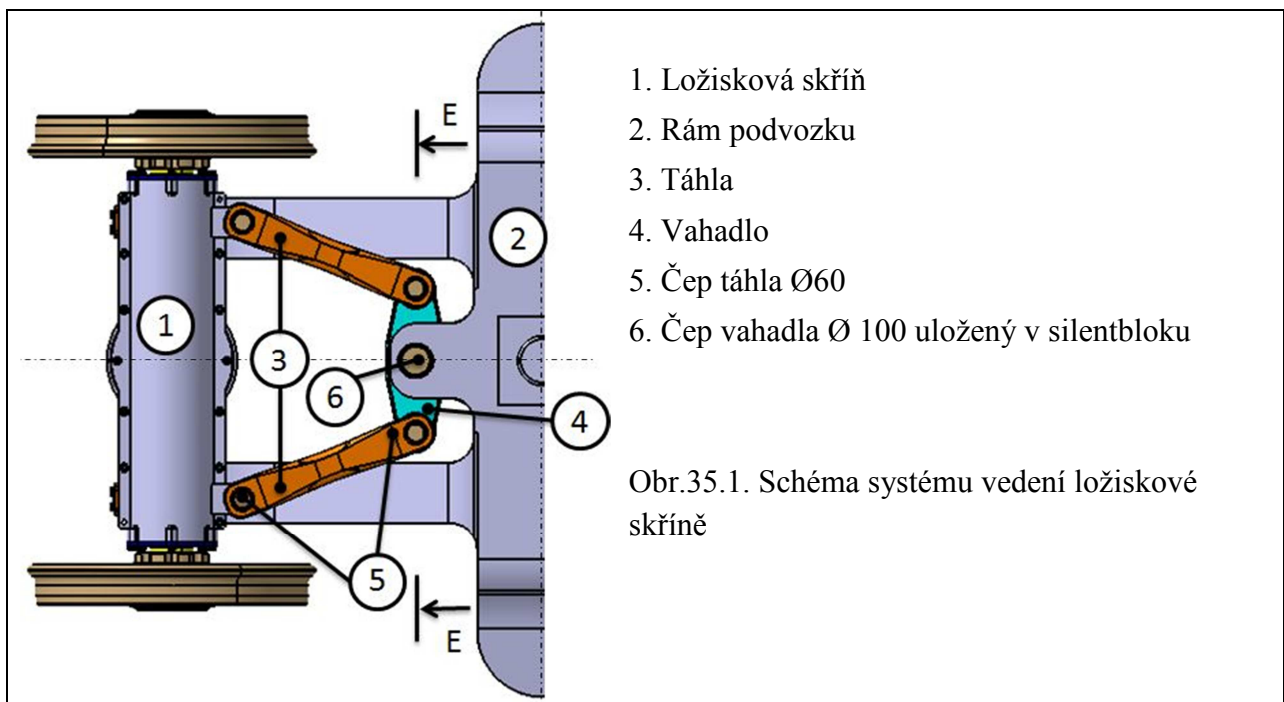


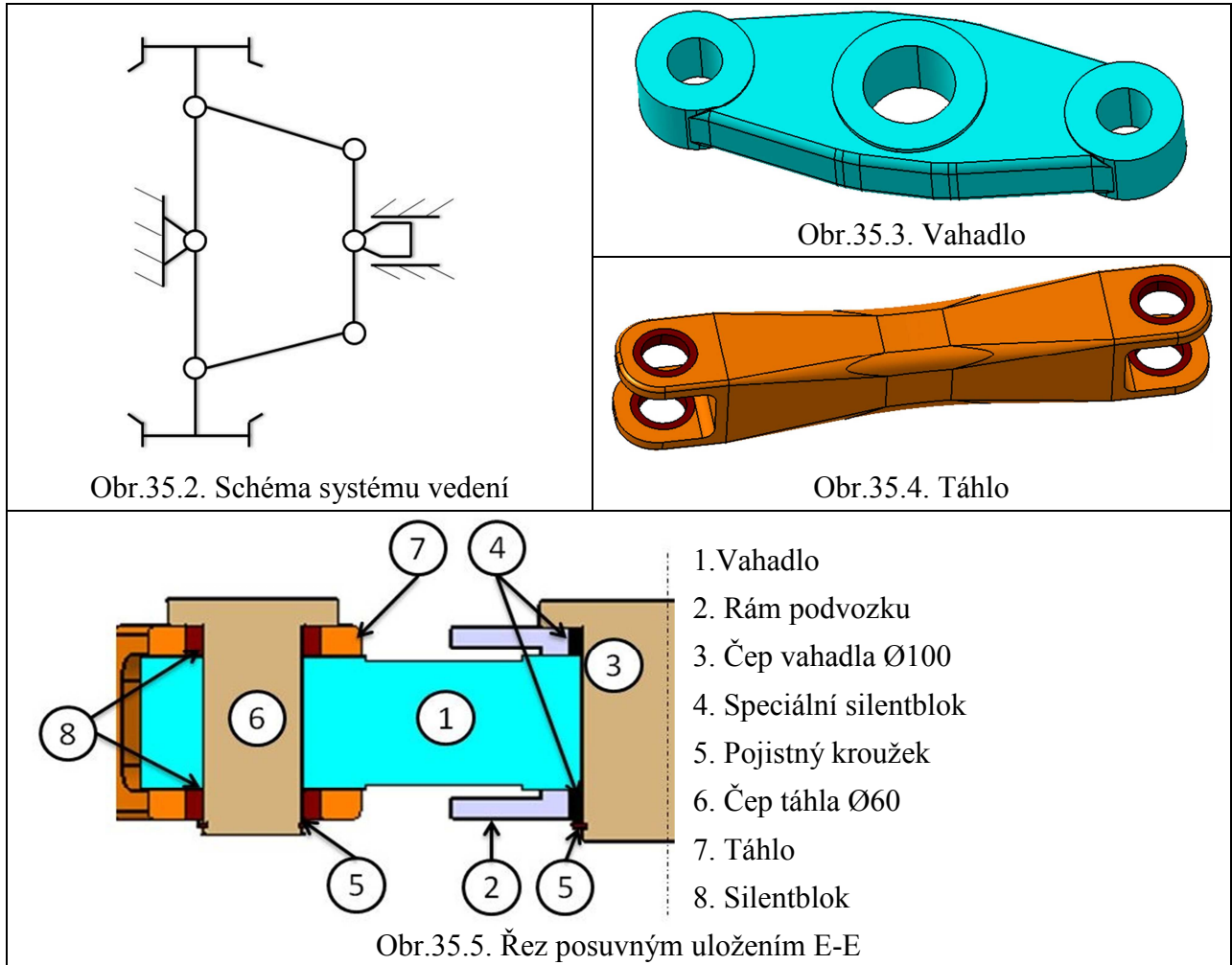




### 3.6 Vedení ložiskové skříně

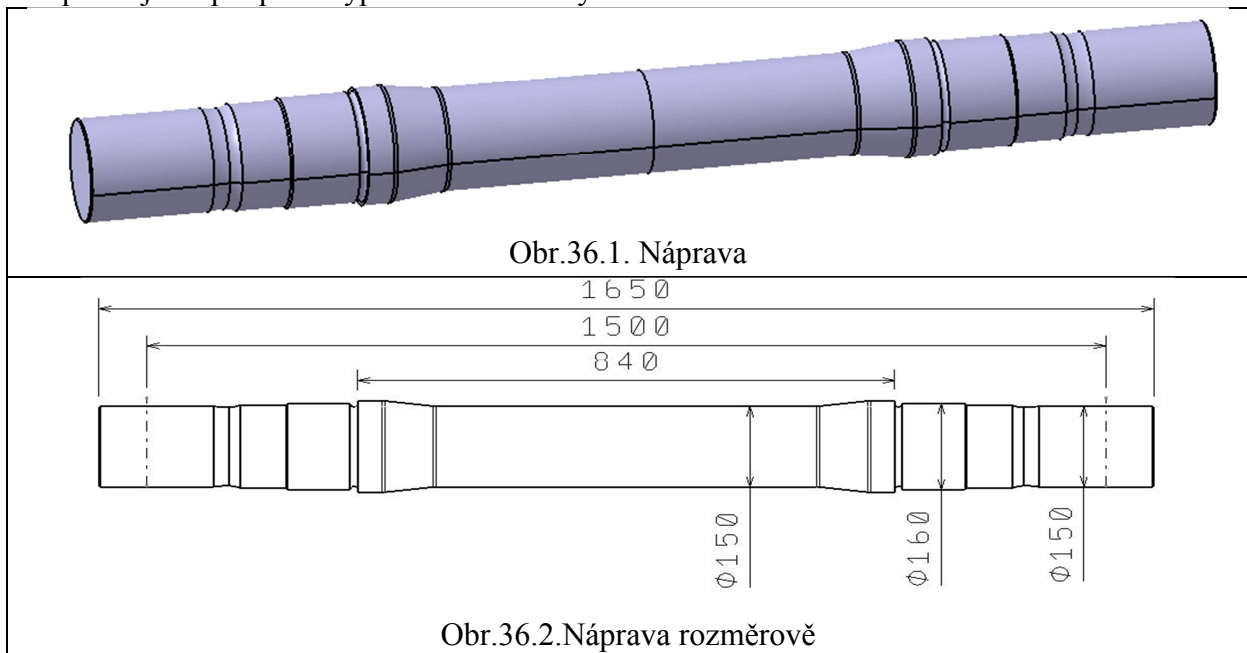
- zajištěno systémem s vahadlem a dvěma táhly.
- táhla jsou spojena s ložiskovou skříní čepem, který je veden ve vodících pouzdrech zalisovaných v táhle. Podobným způsobem jsou táhla spojena s vahadlem kde místo pouzder máme pryžové silentbloky.
- vahadlo je uloženo pomocí dvou vazeb. Rotační zajistí čep a posuvnou vazbu umožní speciální silentblok umožňující posun v podélném směru





### 3.7 Náprava

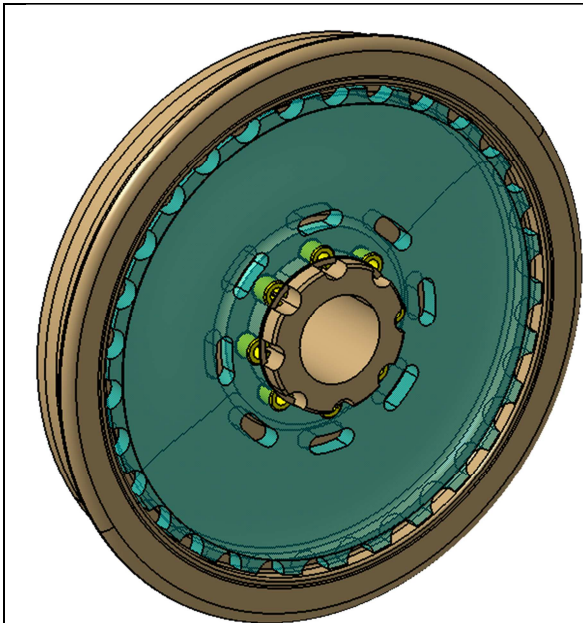
-nápravu jsem podpořil výpočtem dle normy ČSN EN 12103



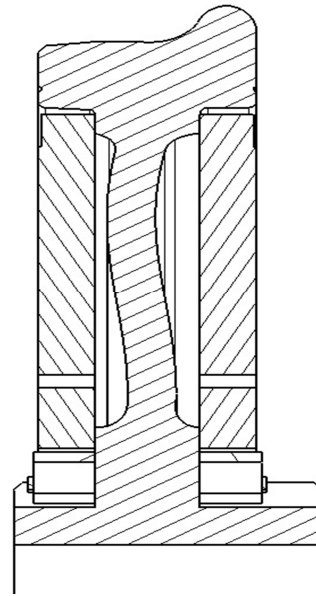


### 3.6 Kolo

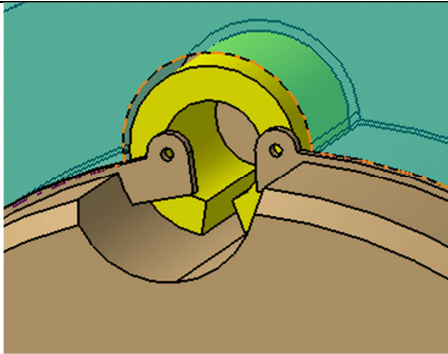
- volil jsem standardní celistvé kolo o průměru 920 mm s jízdním profilem dle UIC S1002
- součástí kola jsou dva brzdné kotouče, koncipované jako ventilátory což umožní kvalitní chlazení
- brzdné kotouče jsou připevněny ke kolu pomocí rozpěrných elementů a zajištěny pojistným kroužkem



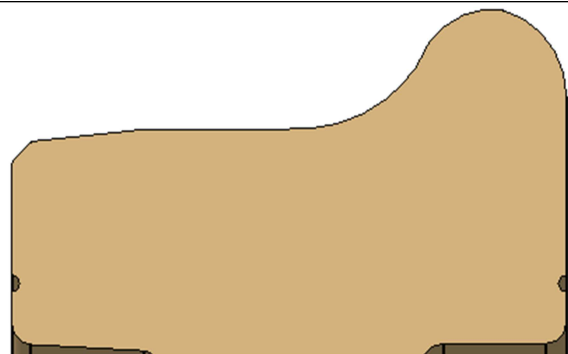
Obr.37.1. Pohled na kolo s brzdnými kotouči



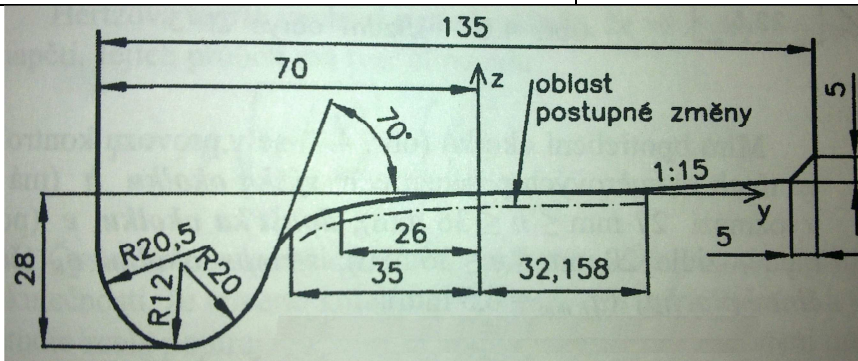
Obr.37.2. Řez kolem



Obr.37.3. Pohled na zajištění brzdných kotoučů



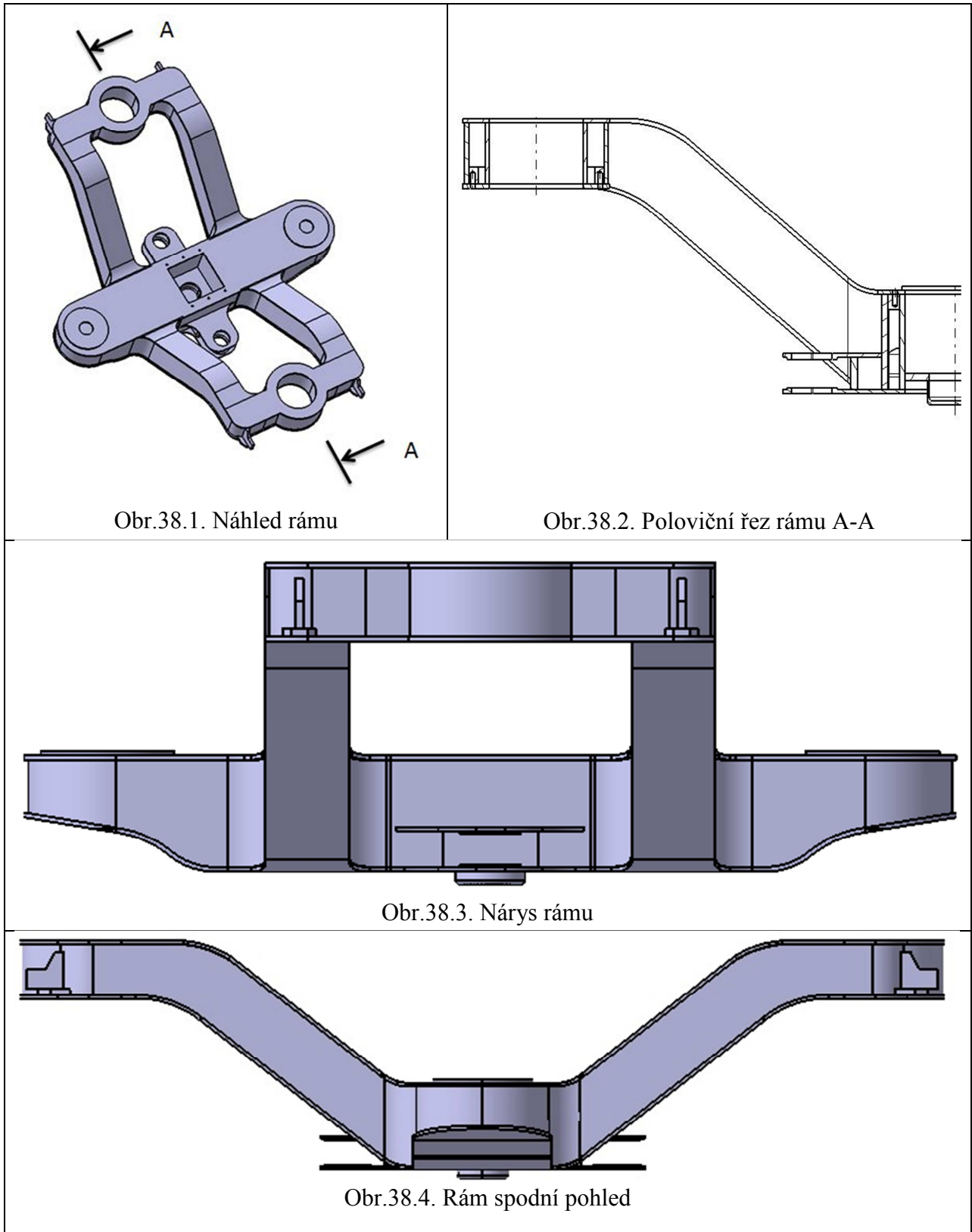
Obr.37.4. Jízdní profil kola

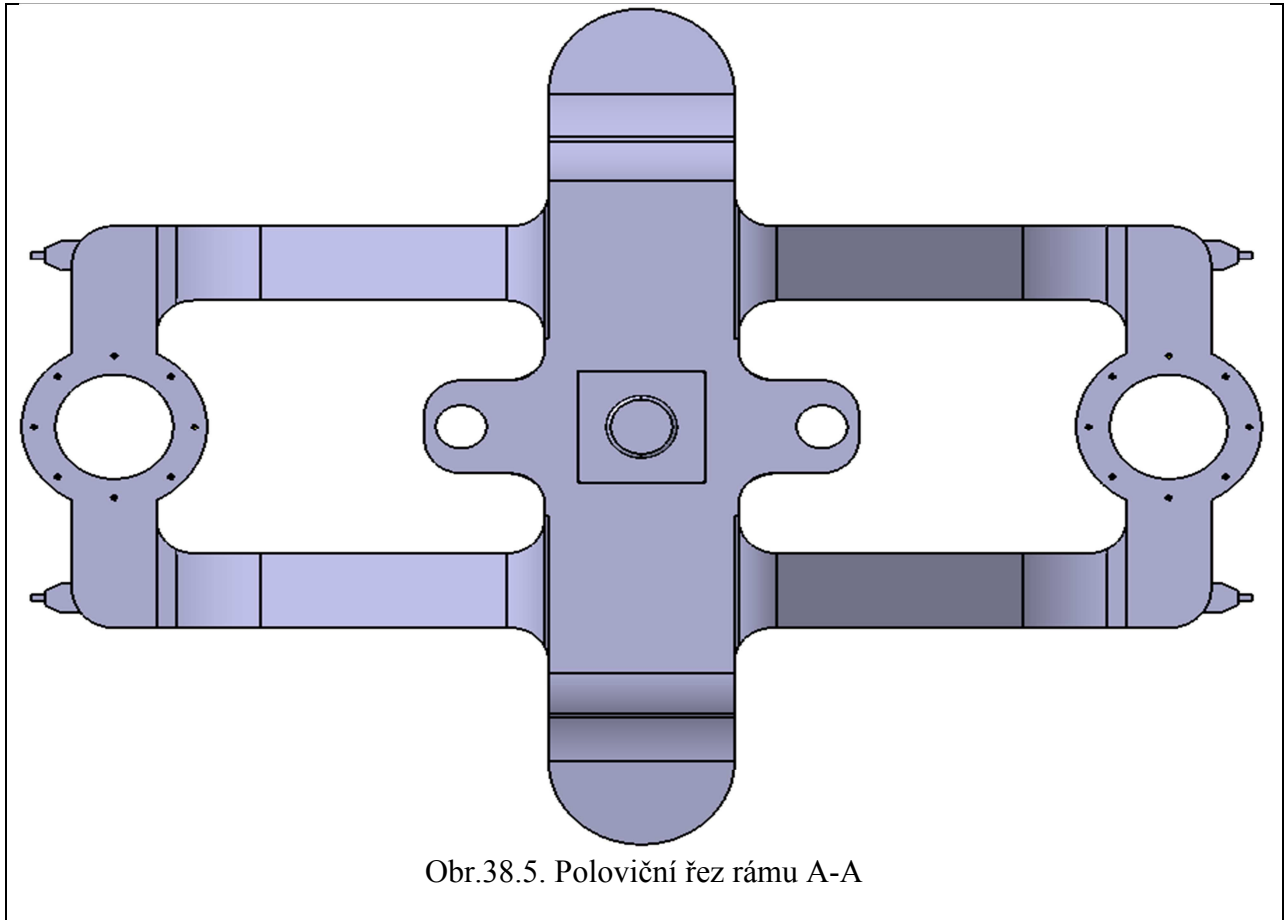


Obr.37.5. Jízdní profil kola dle UIC [3]

### 3.6 Rám

- rám je svařován z plechů, výpalků a ocelových částí





## 4. Výpočet vybrané části

### 4.1 Výpočet prvotního vypružení

#### Uvažuji

Dynamický zdvih	$Z_{2\text{dyn}} = 40 \text{ mm}$
Hmotnost plně obsazeného vozidla	$m_f = 40 \text{ t}$
Hmotnost prázdného vozidla	$m_s = 35 \text{ t}$
Hmotnost podvozku	$m_p = 6 \text{ t}$
Hmotnost na nápravu	$m_n = 18 \text{ t}$
Modul pružnosti ve smyku	$G = 7,85 \cdot 10^{10} \text{ MPa}$
Počet závěrných závitů	$n' = 1,5$
Počet činných závitů	$n = 4$
Dovolené napětí ve smyku	$\tau_{\text{DL}} = 569,2 \text{ MPa}$
Gravitační zrychlení	$g \cong 10 \text{ m/s}^2$
Poměr průměru drátu a průměru pružiny	$i = 5$

Postup výpočtu:

Výpočet osově síly :

$$F = \frac{mf}{4} * g = \frac{40\ 000}{4} * 10 = \underline{100\ 000\ N}$$

Volím průměr drátu pružiny  $d = 48\ \text{mm}$

$$D = d * i = 48 * 5 = \underline{240\ \text{mm}}$$

Poměr tuhosti prvotního a druhotného vypružení :

$$Y = \frac{K_{c2}}{K_{c1}} = 2 + \frac{2 * m_p}{m_s} = 2 + \frac{2 * 6}{35} = \underline{2,34}$$

Korekční součinitel podle Wahlova :

$$K = \frac{4 * i - 1}{4 * i - 4} + \frac{0,615}{i} = \frac{4 * 5 - 1}{4 * 5 - 4} + \frac{0,615}{5} = \underline{1,31}$$

Osová tuhost pružiny :

$$k = \frac{G * d^4}{64 * R^3 * n} = \frac{7,85 * 10^{10} * 0,048^4}{64 * \left(\frac{0,24}{2}\right)^3 * 4} = \underline{942\ 000}$$

Napětí v pružině :

$$\tau = \frac{16 * F * R * K}{\pi * d^3} = \frac{16 * 100\ 000 * \frac{0,24}{2} * 1,31}{\pi * 0,048^3} \cong \underline{742\ \text{KPa}}$$

Výška pružiny v nezatíženém stavu :

$$H_0 = (n + n') * d + 0,1 * n * d + Z_{2dyn} = (4 + 2) * 48 + 0,1 * 4 * 48 + 40 = \underline{347,2\ \text{mm}}$$

Výška pružiny v zatíženém stavu :

$$H_z = \alpha * n * d + (1 + n) * d = 0,4 * 4 * 48 + (1 + 4) * 48 = \underline{316,8\ \text{mm}}$$

## 4.2 Výpočet zatížení nápravy a určení jejího průměru

- Postup dle normy ČSN EN 13103 – Železniční aplikace – Dvojkolí a podvozky – Nepoháněné nápravy – Metody konstrukce [12]

Předpoklad: Dvojkolí uvažují jako nevodící

Postup výpočtu:

- 1) Svislé síly na ložiskovém čepu nápravy
  - a) Přitížené ložisko
$$P_1 = (0,625 + 0,075h_1/b) * m_1 * g$$
  - b) Nepřítížené ložisko
$$P_2 = (0,625 - 0,075h_1/b) * m_1 * g$$



2) Vodorovné příčné síly kolmé na kolejnici

a) Přetížené ložisko

$$Y1 = 0,3 * m1 * g$$

b) Nepřetížené ložisko

$$Y2 = 0,15 * m1 * g$$

c) Příčná síla

$$H = Y1 - Y2$$

3) Svislé síly účinky kolejí na ložiskové čepy

a) Přetížené ložisko

$$Q1 = \frac{1}{2s} [P1 * (b + s) - P2 * (b - s) + (Y1 - Y2) * R - Fi * (2 * s - yi)]$$

b) Nepřetížené ložisko

$$Q1 = \frac{1}{2s} [P2 * (b + s) - P1 * (b - s) + (Y1 - Y2) * R - Fi * yi]$$

c) Brzdné síly

$$Fi = mb * g$$

4) Stanovení průřezových charakteristik

a) Součinitel koncentrace napětí K

$$K = A + 1 \quad \text{kde} \quad A = \frac{\left(4 - \frac{r}{d}\right) * \left(\frac{D}{d} - 1\right)}{5 * (10 * X)^{(2,5 * X + 1,5 - 0,5 * Y)}}$$

5) Stanovení výsledného momentu MR

a) Ohybový moment v rovině x

Průřez 1

$$Mx = P1 * y$$

Průřez 2

$$Mx = P1 * y - Q1 * s + Y1 * R - Fi * s$$

b) Ohybový moment vyvolaný bržděním

$$Mx' = Ff * \Gamma * y$$

c) Ohybový moment v rovině z

$$Mz = Mz' = Ff * \Gamma * \left(\frac{Rb}{R}\right) * y$$

d) Krouticí moment v rovině y

Pro náš případ  $My = My' = 0$

e) Celkový moment působící na nápravu

$$MR = \sqrt{(Mx + Mx')^2 + Mz^2 + My^2}$$

6) Výpočet Napětí pro daný průřez

$$\sigma = \frac{32 * K * MR}{\pi * d^3} \leq \sigma_{max}$$

Výsledné hodnoty jsou uvedeny v příloze č.2 – Výpočet nápravy. Součástí této přílohy jsou i vysvětlivky použitých zkratk.

## 5. Závěrečné zhodnocení

Zadáním mé Bakalářské práce bylo zhotovit rozdělení druhů vypružení a vedení dvojkolí. Používaných druhů vypružení a zejména vedení je mnoho, jsou v této práci nastíněny jen nejpoužívanější typy a vysvětlení principů na jakých jsou založeny.

Dále je v příloze (číslo .1) zpracován seznam používaných typů s vypsáním druhem použití, klady a zápory. Ve výpočtové části jsem se zabýval jednoduchým výpočtem prvotního vypružení pomocí šroubovitě pružiny a výpočtem nápravy dle normy ČSN EN 13103, jehož výsledky jsou přiloženy v příloze (číslo .2).

V části věnované vlastnímu řešení jsem se rozhodl vytvořit vlastní koncepci vedení a vypružení dvojkolí s použitím nekonvenčního radiálního stavění dvojkolí, které by umožňovalo jednodušší průjezd obloukem a možná by snížilo opotřebení kol. To by byla největší výhoda mého řešení, jelikož ve všech předchozích řešení není natočení umožněno a je pouze řešeno pomocí vůlí s uložením. Tato koncepce v sobě skrývá nekonvenční ložiskovou skříň s kulovou tornou umístěnou ve středu, umožňující natočení, a dvojicí prvotního vypružení s kluznými elementy. Dále je pak využito nezvyklého vedení dvojkolí pomocí systému dvou táhel a vahadla, které by opět měly usnadnit jízdu do oblouku. Celá tato koncepce je nápadem, který by se mohl v budoucnu stát reálným druhem podvozků.

## SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr.1.1. Listové pružiny .....	1
Obr.1.2. Prvotní vypružení šroubovitými pružinami na podvozku Y27LPG [6].....	2
Obr.1.3. Vypružení šroubovitými pružinami u podvozku typu Y25 .....	2
Obr.2.1 Podvozek typu Daimond ruské firmy URAL typ 18-194-1[5] .....	2
Obr.3.1. Podvozek TF firmy Axiom Rail[4].....	3
Obr.3.2. Podvozek AM III firmy Axiom Rail[4] .....	3
Obr.3.3. Řez vypružením podvozku LEILA[8] .....	4
Obr.3.4. Podvozek LEILA[8].....	4
Obr.4.1. Rozsochové vedení se jhem a vypružením šroubovitými pružinami [9].....	4
Obr.5.1. Vedení a vypružení šikmými pryžovými bloky [10] .....	5
Obr.5.2. Vedení a vypružení šikmými pryžovými pružinami MEGI [11].....	5
Obr.6.1. Vypružená speciálním pryžovým blokem[3].....	6
Obr.7.1. Vedení svislými trny u osobního vozu ČD .....	6
Obr.7.2. Svislý trn [3].....	6
Obr.7.3. Vedení svislými čepy u osobního vozu ČD .....	7
Obr.7.4. Svislý čep [3] .....	7
Obr.7.5. Hydraulický tlumič [3].....	7
Obr.8.1. Vedení a vypružení kyvným ramenem se šroubovitou pružinou[3] .....	8
Obr.9.1. Vedení pomocí převráceného kyvného ramene [3] .....	9
Obr.10.1. Vedení a vypružení úhlovou pákou .....	9
Obr.10.2. Modifikované vedení a vypružení úhlovou pákou.....	10
Obr.11.1. Vedení plochým pásem na podvozku typu GP200 .....	10
Obr.11.2. Vedení dvěma pásy na podvozku typu FS-039 firmy Meitetsu[13] .....	11
Obr.11.3. Vedení dvěma pásy nad sebou na podvozku typu SS36F a typu MD 52 [14].....	11
Obr.12.1. Vedení ojníčkou s pružinou flexi-coil[3] .....	11
Obr.12.2. Modifikace vedení ojníčkou s pružinou flexi-coil [15] .....	12
Obr.13.1. Vedení s proměnou příčnou tuhostí Siemens[3].....	12
Obr.14.1. Rozsochové vedení lokomotiv [16] .....	13
Obr.14.2. Rozsochové vedení lokomotivy .....	13
Obr.15.1. Vypružení listovou zpruhou a vedení ojníčkou[3].....	14
Obr.16.1. Ojníčkové vedení s vahadlem schematicky .....	14
Obr.16.2. Ojníčkové vedení s vahadlem a šroubovitou pružinou lokomotivy S499 .....	15
Obr.17.1. Vedení a vypružení pryžovým silentblokem .....	15
Obr.18.1. Vedení kyvným ramenem s vypružením šroubovitými pružinami (ČKD).....	16
Obr.19.1. Ojníčkové vedení dvojkolí použité na lokomotivě řady 719.7 CZ LOKO [17] .....	16
Obr.20.1. Trojúhelníková ojníčka Siemens GTM [3] .....	17
Obr.20.2. Vedení trojúhelníkovou ojníčkou Siemens GTM [3] .....	17
Obr.21.1. Čepové vedení se šroubovitou pružinou[16] .....	17
Obr.22.1. Schéma kolébky .....	18
Obr.22.2. Druhotné vypružení podvozku MD 523 [18].....	19
Obr.22.3. Druhotné vypružení podvozku SGP 300 [7].....	19

Obr.23.1. Druhotné bezkolébkové vypružení motorového podvozku Bombardier FLEXX [20].	20
Obr.24.1. Druhotné bezkolébkové vypružení elektrické jednotky 471 [21].	20
Obr.25.1. Schéma a princip torzního stabilizátoru[3].	21
Obr.26.1. Schéma druhotného vypružení lokomotiv s podvlečeným příčником.	22
Obr.27.1. Druhotné vypružení pryžovými bloky lokomotivy ČKD 740[22].	22
Obr.28.1. Princip vypružení pružinou flexi-coli[23].	23
Obr.29.1. Můj návrh podvozku.	23
Obr.29.2. Můj návrh, podvozek půdorys.	24
Obr.29.3. Můj návrh, podvozek bokorys.	24
Obr.29.4. Můj návrh, podvozek spodní pohled.	24
Obr.29.5. Můj návrh, podvozek nárys.	25
Obr.30.1. Rozložení ložiskové skříně.	25
Obr.31.1. Dvouřadé soudečkové ložisko firmy SKF.	26
Obr.31.2. Schéma uložení ložiska s těsněním a víčkem.	26
Obr.32.1. Konstrukce torny.	27
Obr.33.1. Kluznice.	27
Obr.33.2. Schéma prvotního vypružení.	28
Obr.34.1. Schéma druhotného vypružení a spojení s vozovou skříní.	28
Obr.35.1. Schéma systému vedení ložiskové skříně.	29
Obr.35.2. Schéma systému vedení.	30
Obr.35.3. Vahadlo.	30
Obr.35.4. Táhlo.	30
Obr.36.1. Náprava.	30
Obr.36.2. Náprava rozměrově.	30
Obr.37.1. Pohled na kolo s brzdými kotouči.	31
Obr.37.2. Řez kolem.	31
Obr.37.3. Pohled na zajištění brzdýchkotoučů.	31
Obr.37.4. Jízdní profil kola.	31
Obr.37.5. Jízdní profil kola dle UIC [3].	31
Obr.38.1. Náhled rámu.	32
Obr.38.2. Poloviční řez rámu A-A.	32
Obr.38.3. Nárys rámu.	32
Obr.38.4. Rám spodní pohled.	32
Obr.38.5. Poloviční řez rámu A-A.	33







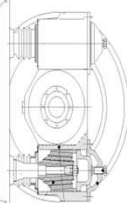
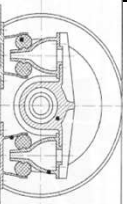





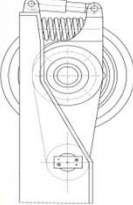
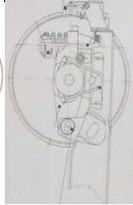
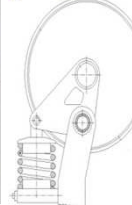


## POUŽITÁ LITERATURA, ODKAZY

- [1] KALINČÁK, D., JANÍČEK, F., KORECZ, J., LANG, A. *Koľajová vozidla, riešené príklady*. Žilinská Univerzita v Žilíně: ŽU Žilina, 2005
- [2] DOSTÁL, J., HELLER, P. *Kolejová vozidla I*. Vydání I. Plzeň: ZČU, 2007.
- [3] DOSTÁL, J., HELLER, P. *Kolejová vozidla II*. Vydání I. Plzeň: ZČU, 2009.
- [4] Prospekty firmy Axiom rail
- [5] Reklamní prospekty firmy ural
- [6] [http://www.transtec-vetschau.de/img/con\\_y27lpg.jpg](http://www.transtec-vetschau.de/img/con_y27lpg.jpg), přístupné dne 16.4.2012
- [7] <http://www.vagony.cz/pojezdy/sgp/img/sgp.gif>, přístupné dne 2.11.2011
- [8] <http://www.drehgestelle.de/6/leila.html>, přístupné dne 16.4.2012
- [9] [http://www.parostroj.net/katalog/ov/clanky/podvozky/podv\\_pensylvansky\\_stary.jpg](http://www.parostroj.net/katalog/ov/clanky/podvozky/podv_pensylvansky_stary.jpg), přístupné dne 6.12.2010
- [10] [http://www.vagony.cz/pojezdy/tatra/img/tatra\\_bloky.jpg](http://www.vagony.cz/pojezdy/tatra/img/tatra_bloky.jpg), přístupné dne 16.4.2012
- [11] [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/46/ED\\_74\\_bogie.jpg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/4/46/ED_74_bogie.jpg), přístupné dne 16.4.2012
- [12] ČSN EN 13103 – Železniční aplikace – Dvojkolí a podvozky – Nepoháněné nápravy – Metody konstrukce
- [13] [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/dc/Tobu\\_6050\\_series\\_EMU\\_006.JPG](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/dc/Tobu_6050_series_EMU_006.JPG), přístupné dne 16.4.2012
- [14] [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a4/Meitetsu\\_1000\\_Series\\_EMU\\_006.JPG](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/a/a4/Meitetsu_1000_Series_EMU_006.JPG), přístupné dne 16.4.2012
- [15] [http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/da/Suspension\\_train\\_watt\\_reperes.svg](http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/d/da/Suspension_train_watt_reperes.svg), přístupné dne 16.4.2012
- [16] <http://dspace.upce.cz/bitstream/10195/28613/1/text.pdf>, přístupné dne 16.4.2012
- [17] [http://spz.logout.cz/gif2008/\\_inno\\_719oj\\_pv.jpg](http://spz.logout.cz/gif2008/_inno_719oj_pv.jpg), přístupné dne 16.4.2012
- [18] [http://www.vagony.cz/pojezdy/minden\\_deutz/minden\\_deutz02.jpg](http://www.vagony.cz/pojezdy/minden_deutz/minden_deutz02.jpg), přístupné dne 26.11.2011


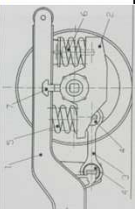
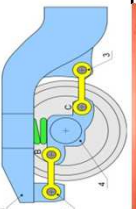

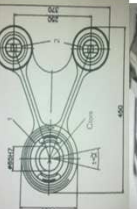

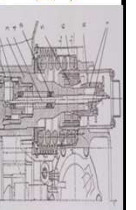
PŘÍLOHA č. 1

**Zhodnocení vlastností vypružení pro různá vozidla**

Náhled	Vedení	Podtyp	Použití	Výhody	Nevýhody
	<b>Rozsochové vedení</b>	se jhem	Osobní vozy	Malé změny kolového zatížení Přizpůsobování křížovému propadu	Tuhá podélná vazba dvojkolý Větší množství nevypružené hmoty
		listové pružiny	Nákladní vozy Lokomotivy	Jednoduché a funkční provedení	Starší provedení Nižší provozní rychlost
		šroubovitě pružiny	Nákladní vozy	Jednoduché a funkční provedení Jednodušší údržba	
	<b>Typ daimond</b>		Nákladní vozy	Přizpůsobivý nerovnostem koleje	Nevhodný pro vyšší rychlosti Velké nevypružené hmoty
	<b>Výpružení a vedení</b>	šířkými pryžovými bloky	Osobní vozy	Jednoduchost konstrukce Spojení vedení a vypružení	Nutnost poddajného rámu kůly bezpečnosti Stárnutí pryže s postupnou ztrátou pružnosti
		pružinami MEGI	Osobní vozy Nákladní vozy	Jednoduchost konstrukce Spojení vedení a vypružení	Stárnutí pryže s postupnou ztrátou pružnosti
		pryžkovým silentblokem	Lokomotivy		Nutnost časté regulace výšky Stárnutí pryže Nedostatečné tlumicí vlastnosti pryže Složitá konstrukce
		speciální pryžový blokem	Osobní vozy	Vysoká tuhost v podélném i příčném směru Jednoduchá konstrukce	Stárnutí pryže

Náhled	Vedení	Typ vypružení	Použití	Výhody	Nevýhody
	<b>Vedení svislým trnem</b>	šroubovitě pružiny	Osobní vozy	Jednoduchá konstrukce	
	<b>Vedení svislým čepem</b>	šroubovitě pružiny	Osobní vozy Lokomotivy	Vysoká konstrukční rychlost Vysoká spolehlivost Prakticky bezúdržbové provedení	U některých typu s mazáním prosakování oleje U lokomotiv robustní provedení
	<b>Vedení kyvným ramenem</b>	pružina na ložiskové skříně	Osobní vozy Nákladní vozy	Větší tuhost v podélném směru Možnost otevřeného rámu (H)	
		pružina za ložiskovou skříní	Lokomotivy	Provedení bez třecích členů Jednoduchá konstrukce	Větší nároky na pružinu
		převráceným kyvným ramenem	Osobní vozy	Situování rámu pod ložiskovou skříně Možnost otevřeného rámu (H)	
	<b>Vedení úhlovou pákou</b>		Osobní vozy	Nízká hmotnost ložiskové skříně Úspora místa horizontálním vypružením Jednoduchost s vysokou funkcí	Vyšší namáhání úhlové páky a táhla
	<b>Vedení plochými pásy</b>	jedním	Osobní vozy	Možnost otevřeného rámu (H) Větší příčná tuhost	
		dvěma	Osobní vozy	Vysoká konstrukční rychlost Možnost otevřeného rámu (H)	Větší zástavbový prostor



Náhled	Vedení	Typ vypružení	Použití	Výhody	Nevýhody
		zdvojené nad sebou	Osobní vozy	Vysoká konstrukční rychlost Snížení velikosti zástavbového prostoru Možnost otevřeného rámu (H)	
	<b>Vedení s ojnicí</b>	jednou	Osobní vozy Lokomotivy	Možnost použití více druhů prvotního vypružení Nízké nároky na přesnost Snížení hmotnosti ložiskové skříně	
		dvěma	Osobní vozy	Snížená hmotnost ložiskové skříně Jednoduchá konstrukce bez třecích elementů	Vysoké nároky na pružinu
		s vahadlem	Lokomotivy	Nižší zástavbový prostor	Konstrukční složitost Větší hmotnost
		s trojúhelníkovou	Lokomotivy	Nižší opotřebení jízdní plochy Jednoduchá konstrukce Snížená hmotnost ložiskové skříně	
		s listovou pružinou	Lokomotivy		Starší provedení Nižší provozní rychlost
	<b>Vedení čepem s proměnnou tuhostí</b>		Osobní vozy	Proměnlivá tuhost	Konstrukční složitost

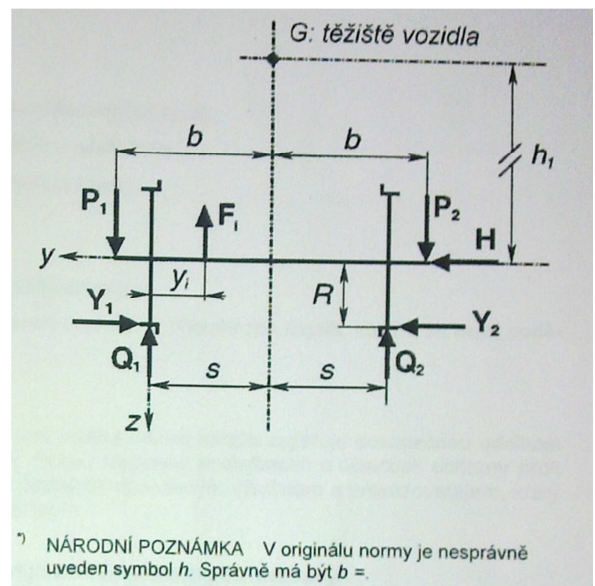
## PŘÍLOHA č. 2

### **Výpočet nápravy**

Materiál: A2

Hmotnost dvojkolý : 1 478 kg

Znamé hodnoty	Vypočtené hodnoty
Rozměry (mm)	Síly (N)
h (*) = 460	P1 = 13 6 274
s = 750	P2 = 84 451
R = 460	Y1 = 52 974
h1 = 900	Y2 = 26 487
b = 460	Ff = 50 000
Rb = 380	



Obr.39.1. Schéma působících sil [12]

$$Q1 = \frac{1}{2s} [P1 * (b + s) - P2 * (b - s) + (Y1 - Y2) * R - Fi * (2 * s - yi)]$$

yi (mm)	Fi (N)	část	Γ
0	2452,5	1	0,35
0	2452,5	2	0,35
0	2452,5	3	0,35

Průřez	y(mm)	d	d'	D	r	r/D	D/d	K
1	20	160	-	240	6	0,025	1,5	1,57
2	460	150	-	150	0	0	1	1
	Mx (Nm)	Mx' (Nm)	Mz (Nm)	My (Nm)	MR	σ (Mpa)	σmax (MPa)	
1	2725474	350	289,13043 48	0	2725823,9 28	10,65551	166	
2	-13729095	8050	6650	0	13721046, 6	41,410795	100	

Symbols a zkratky

Symbol	Jednotka	Význam
m1	kg	Hmotnost na čepy ložisek
mk	kg	Hmotnost brzdných kotoučů
g	m/s <sup>2</sup>	Gravitační zrychlení
Síly		
P1	N	Svislá síla na přitíženém ložiskovém čepu
P2	N	Svislá síla na odlehčeném ložiskovém čepu
Y1	N	Vodorovná příčná síla kolmá na osu kolejnice na přitížené straně
Y2	N	Vodorovná příčná síla kolmá na osu kolejnice na odlehčené straně
H	N	Příčná síla jako rozdíl Y1 a Y2
Q1	N	Síla svislého účinku koleje na přitížený ložiskový čep nápravy
Q2	N	Síla svislého účinku koleje na odlehčený ložiskový čep nápravy
Fi	N	Síly účinků neodpružených hmotností ( brzdové kotouče. Apod.)
Ff	N	Maximální přitlačná síla brzdového systému
Momenty		
Mx	Nmm	Ohybový moment od účinku pohyblivých hmotností
Mx',Mz'	Nmm	Ohybové momenty od brzdných sil
My	Nmm	Kroutící moment od účinku brzdových sil
MX,MZ		Součet ohybových momentů
MY		Součet kroutících momentů
MR		Výsledný moment
Rozměrové charakteristiky		
2b	mm	Vzdálenost středů ložisek
2s	mm	Vzdálenost styčných kružnic
h1	mm	Výška těžiště na středem nápravy od hmotnosti nesené dvojkolím
yi	mm	Vzdálenost mezi rovinou styční kružnice jednoho kola a silou Fi
y	mm	Vodorovná vzdálenost působíště svislé síly P1 a roviny libovolného průřezu
σ	N/mm <sup>2</sup>	Napětí vypočítané pro jeden průřez
Γ	-	Střední hodnota součinitele tření pro brzdný systém
K	-	Součinitel koncentrace napětí
R	mm	Poloměr styčné kružnice
Rb	mm	Poloměr kružnice brždění
d	mm	Průměr jednoho průřezu nápravy
d'	mm	Průměr vývrtu duté nápravy
D	mm	Průměr uvažovaný pro stanovení K
r	mm	Poloměr zaoblení přechodové části nápravy pro stanovení K
G	-	Těžiště