

UNIVERZITA PARDUBICE

Dopravní Fakulta Jana Pernera
DP Česká Třebová

**PŘEHLED V SOUČASNOSTI POUŽÍVANÝCH TYPŮ VYPRUŽENÍ
A VEDENÍ DVOJKOLÍ V PODVOZCÍCH VOZŮ OSOBNÍ PŘEPRAVY**

Jan KUTÁLEK

Bakalářská práce
2010

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan KUTÁLEK**
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**
Studijní obor: **Dopravní prostředky-Kolejová vozidla**
Název tématu: **Přehled v současnosti používaných typů vypružení
a vedení dvojkolí v podvozcích vozů osobní přepravy**
Zadávací katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

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

Práci zaměřte na problematiku konstrukce vedení dvojkolí ve vztahu s použitými pružicími prvky v primárním vypružení u podvozků vozů osobní přepravy. Vypracujte:

1. Zpracování přehledu typů vypružení a vedení dvojkolí (historický přehled podvozků osobních vozů, vývoj použití vypružení a vedení, analýza v současnosti používaných prvků na moderních vozidlech evropských výrobců osobních vozů a jednotek.
2. Shrnutí podmínek kladených na vypružení vozidla vzhledem k obrysu, pohodlí cestujících, zástavbovým možnostem, použití vozidla.
3. Analýza vhodnosti použití jednotlivých druhů těchto komponentů v závislosti na druhu vozidla - regionální / dálkové / vysokorychlostní.
4. Detailní rozbor vybrané kombinace vypružení a vedení dvojkolí.

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

Seznam odborné literatury:

- [1] DOSTÁL, J., HELLER, P.: Kolejová vozidla 1. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2007. 122 s. ISBN 978-80-7043-520-5.
- [2] DOSTÁL, J., HELLER, P.: Kolejová vozidla 2. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2009. 394 s. ISBN 978-80-7043-641-7.
- [3] IZER, J., JANDA, J., MARUNA, Z., ZDRŮBEK, Z.: Kolejové vozy. Bratislava: Alfa, 1985. 378 s.
- [4] MARUNA, Z., HOFFMANN, V., KOULA, J.: Metodika konstruování kolejových vozidel - osobní a nákladní podvozky. Praha: Ediční středisko ČVUT, 1992. 178 s. ISBN 80-01-00815-0.

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Radim Sýkora
ŠKODA Vagonka a.s.

Datum zadání bakalářské práce: 26. února 2010
Termín odevzdání bakalářské práce: 31. května 2010



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.
děkan

L.S.



doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.
vedoucí katedry

dne

PROHLÁŠENÍ AUTORA

Prohlašuji,

že jsem tuto práci 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 ze 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 Univerzity Pardubice.

V Krnově dne 25. 5. 2010

Jan Kutálek

PODĚKOVÁNÍ

Poděkování patří především vedoucímu mé práce Ing. Radimu Sýkorovi ze společnosti Škoda Vagónka a.s., který mi poskytl cenné materiály, rady, náměty a připomínky při zpracování zadaného tématu. Dále bych chtěl poděkovat panu Jiřímu Šmidákovi, který mi také poskytl cenné informace a materiály a podělil se se mnou o své mnohaleté zkušenosti. Musím také poděkovat pracovníkům Dislokovaného pracoviště Dopravní fakulty Jana Pernera v České Třebové za poskytnutí studijního zázemí a nesmím zapomenout na svou rodinu, bez jejíž podpory by tato práce nikdy nevznikla. Všem za to patří velké poděkování.

ANOTACE

Účelem této rešeršní bakalářské práce bylo zpracovat ucelený přehled moderních dvounápravových podvozků vozů osobní přepravy a zaměřit se především na provedení konstrukčních uzlů vedení dvojkolí a vypružení. Práce se snaží mapovat konstrukční provedení jednotlivých podvozků v závislosti na tom, v jakých podmínkách jsou provozovány.

KLÍČOVÁ SLOVA

Podvozek, osobní vůz, elektrická jednotka, motorová jednotka, dvojkolí, vedení dvojkolí, vypružení, rám podvozku, flexi – coil pružina, vzduchová pružina

TITLE

Survey of contemporary used types of springing and conducting in bogies of public carriges.

ABSTRACT

The purpose of this bachelor's degree thesis was to work up an integrated modern two-axle bogies of passenger cars survey and focus mainly on the implementation of structural nodes conducting of wheelset and suspension. This work tries to map over the structural design of particular bogies, depending on the conditions in which they operate.

KEYWORDS

Bogie, carriage, electric multiple unit, diesel multiple unit, wheel set, conducting of wheel sets, suspension, frame of bogie, flexi – coil spring, air spring

OBSAH

1. ÚVOD.....	- 10 -
2. VEDENÍ DVOJKOLÍ.....	- 11 -
2.1. ROZSOCHOVÉ VEDENÍ SE JHEM.....	- 12 -
2.2. VEDENÍ DVOJICÍ SVISLÝCH ČEPŮ	- 14 -
2.2.1. Vedení svislými trny v podvozcích VÚKV	- 14 -
2.2.2. Vedení svislými čepy podvozku Görlitz V (typ 64V)	- 15 -
2.2.3. Vedení svislými čepy podvozků Görlitz V (typ 74V) a Görlitz Va	- 16 -
2.2.4. Rekonstruované vedení svislými čepy podvozku Görlitz V / Dunakeszi.....	- 18 -
2.2.5. Vedení svislými čepy podvozku Alstom typu Schlieren	- 19 -
2.2.6. Vedení svislými čepy podvozku Y 230	- 20 -
2.2.7. Vedení svislými čepy s proměnlivou příčnou a podélnou tuhostí	- 22 -
2.3. VEDENÍ PRUŽNÝMI PÁSY	- 24 -
2.3.1. Vedení dvěma pásy	- 25 -
2.3.2. Vedení vnějšími pásy.....	- 26 -
2.3.3. Vedení vnitřními pásy.....	- 27 -
2.4. VEDENÍ KYVNÝM RAMENEM	- 30 -
2.5. VEDENÍ DVOJKOLÍ PRYŽÍ	- 32 -
2.6. VEDENÍ OJNIČKOU.....	- 33 -
3. VYPRUŽENÍ.....	- 35 -
3.1. ZÁKLADNÍ FUNKCE VYPRUŽENÍ.....	- 35 -
3.2. POŽADAVKY NA NÁVRH SVISLÉHO VYPRUŽENÍ.....	- 35 -
3.2.1. Zajištění výšky nárazníků	- 35 -
3.2.2. Bezpečnost proti vykolejení.....	- 35 -
3.2.3. Komfort jízdy.....	- 36 -
3.2.4. Charakteristika vypružení	- 37 -
3.3. PRVKY SVISLÉHO VYPRUŽENÍ.....	- 38 -
3.3.1. Lichoběžníková pružnice	- 38 -
3.3.2. Parabolická pružnice	- 39 -

3.3.3.	Šroubovitá pružina.....	- 39 -
3.3.4.	Pryžové pružící prvky	- 40 -
3.3.5.	Pneumatické vypružení.....	- 41 -
3.3.6.	Hydraulické vypružení.....	- 42 -
3.3.7.	Závěsy	- 43 -
3.3.8.	Tlumiče	- 43 -
4.	KONSTRUKCE OSOBNÍCH PODVOZKŮ	- 44 -
4.1.	ROZDĚLENÍ PODVOZKŮ PODLE ZPŮSOBU POUŽITÍ	- 44 -
4.1.1.	Podvozky pro osobní vozy běžné stavby	- 44 -
4.1.2.	Podvozky pro vysoké rychlosti.....	- 45 -
4.1.3.	Podvozky pro vozy s naklápěcími skříněmi	- 45 -
4.1.4.	Jakobsovy podvozky	- 45 -
4.1.5.	Osobní podvozky pro provoz na regionálních tratích.....	- 46 -
4.2.	ZÁKLADNÍ KONSTRUKČNÍ CELKY OSOBNÍHO PODVOZKU	- 46 -
4.3.	ROZDĚLENÍ PODVOZKŮ PODLE KONSTRUKČNÍ KONCEPCE	- 47 -
4.3.1.	Podvozky kolébkové koncepce.....	- 47 -
4.3.2.	Podvozky bezkolébkové koncepce	- 48 -
5.	PŘEHLED PODVOZKŮ OSOBNÍCH VOZŮ	- 49 -
5.1.	PODVOZKY OSOBNÍCH VOZŮ A JEDNOTEK BĚŽNÉ STAVBY.....	- 49 -
5.1.1.	Podvozek Minden – Deutz 50.....	- 49 -
5.1.2.	Podvozek Minden – Deutz 36.....	- 50 -
5.1.3.	Podvozek Görlitz Va.....	- 51 -
5.1.4.	Modernizovaný podvozek typu Görlitz V/Dunakeszi	- 52 -
5.1.5.	Podvozky VÚKV	- 54 -
5.1.6.	Podvozek GP 200.....	- 58 -
5.1.7.	Podvozky FIAT.....	- 60 -
5.1.8.	Podvozek Minden – Deutz 52.....	- 63 -
5.1.9.	Podvozek SF 300 (SGP 300)	- 66 -
5.1.10.	Podvozek SF 400 (SGP 400)	- 69 -
5.1.11.	Podvozek AM 96	- 72 -
5.1.12.	Podvozek Görlitz VIII	- 73 -

Přehled v současnosti používaných typů vypružení a vedení dvojkolí v podvozcích vozů osobní přepravy	- 9 -	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
------------------------------------------------------------------------------------------------------	-------	---------------------------------------------------------------------------

5.2.	PODVOZKY URČENÉ PRO PROVOZ NA REGIONÁLNÍCH TRATÍCH	- 74 -
5.2.1.	Podvozky SF 4000	- 75 -
5.2.2.	Podvozky SF 5000	- 76 -
5.3.	PODVOZKY VYSOKORYCHLOSTNÍCH JEDNOTEK	- 79 -
5.3.1.	Podvozek DT 200	- 79 -
5.3.2.	Podvozek Y 230.....	- 81 -
5.3.3.	Podvozek SF 500	- 83 -
5.3.4.	Podvozek SF 600	- 84 -
6.	BĚŽNÝ PODVOZEK TYPU 8 – 848.....	- 87 -
6.1.	POPIS SOUPRAVY	- 87 -
6.2.	ZÁKLADNÍ PARAMETRY PODVOZKU	- 87 -
6.3.	ZÁKLADNÍ KONSTRUKČNÍ CELKY PODVOZKU.....	- 88 -
6.3.1.	Rám podvozku	- 88 -
6.3.2.	Primární vypružení a vedení dvojkolí.....	- 89 -
6.3.3.	Sekundární vypružení	- 90 -
6.3.4.	Brzdová výstroj.....	- 90 -
6.3.5.	Další zařízení na podvozku.....	- 91 -
7.	ZÁVĚR	- 92 -
8.	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	- 94 -
9.	SEZNAM PŘÍLOH.....	- 99 -

Přehled v současnosti používaných typů vypružení a vedení dvojkolí v podvozcích vozů osobní přepravy	- 10 -	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------

1. ÚVOD

Osobní železniční doprava je velmi důležitou součástí systému veřejné osobní dopravy. Jednotlivé železniční správy evropských zemí kladou velký důraz na zvyšování rychlostí ve snaze, aby učinili železnici konkurenceschopnou nejen silniční, ale především i letecké dopravě. Vysokých maximálních rychlostí v běžném provozu nelze ale dosáhnout bez dokonalého technického propracování veškeré železniční techniky. Z důvodů bezpečné a kvalitní jízdy je zvláště důležitá konstrukční dokonalost mechanických částí samotných osobních vozů a jednotek, zejména tedy jejich podvozků.

Cílem této práce je sestavit ucelený přehled podvozků používaných ve vozech a jednotkách osobní přepravy. Velká pozornost je věnována především konstrukčním uzlům vedení dvojkolí a vypružení a tomu, zda – li je vhodné podvozek provozovat v těch podmínkách, ve kterých provozován je.

Práce je rozčleněna do pěti kapitol. V první kapitole se zabývám vedením dvojkolí. Jednotlivé základní typy vedení jsou uvedeny tak, jak se historicky vyvíjely a velký důraz je kladen hlavně na vhodnost použití jednotlivých komponentů vedení z hlediska jednoduché konstrukce a stálých mechanických vlastností. V další kapitole je rozebráno vypružení podvozků. Rozepsány jsou základní funkce a požadavky na vypružení, následuje pak přehled pružících prvků používaných v systémech primárního a sekundárního vypružení osobních podvozků. V kapitole č. 4 jsou uvedeny základní požadavky na konstrukci podvozků, konstrukční celky osobních podvozků a jejich rozdělení z hlediska zamýšleného použití. Další kapitola obsahuje chronologický přehled osobních podvozků. Zvláště jsou uvedeny podvozky pro osobní vozy a jednotky běžné stavby, podvozky vozidel pro regionální provoz a vysokorychlostní podvozky moderních jednotek. Popis každého podvozku je doplněn obrázky, typovým výkresem a tabulkou se základními technickými údaji. V poslední kapitole je podrobně rozebrána konstrukce běžného podvozku typu 8 – 848 z produkce společnosti Škoda Vagónka a.s., který bude použit u souprav typu „PUSH – PULL“ slovenského dopravce ZSSK. Práce je doplněna přílohami, ve kterých jsou jednotlivé podvozky srovnány.

Přehled v současnosti používaných typů vypružení a vedení dvojkolí v podvozcích vozů osobní přepravy	- 11 -	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------

2. VEDENÍ DVOJKOLÍ

Vedení dvojkolí je velmi důležitým konstrukčním uzlem podvozku. Zajišťuje vhodnou vazbu mezi ložiskovou skříň a podvozkem, tzn. „vede“ ložiskovou skříň a má značný vliv na chodové vlastnosti podvozku. Konstrukčně je vedení uloženo velmi blízko primárního vypružení a úzce s ním souvisí. V některých případech jsou tyto dva konstrukční uzly dokonce přímo konstrukčně propojeny.

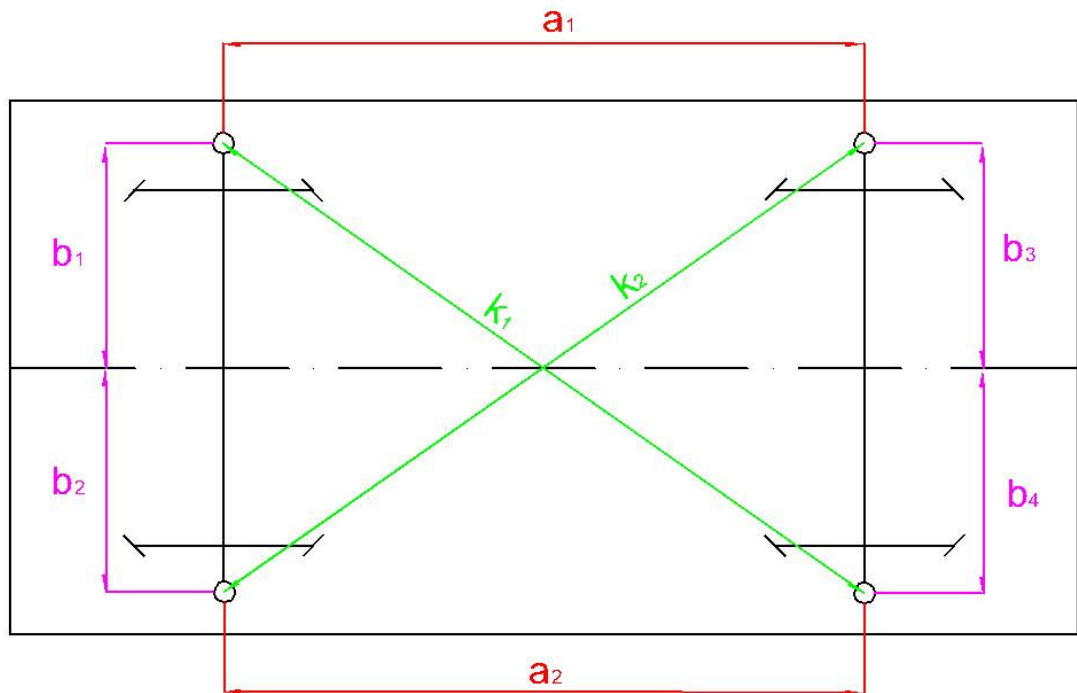
Vedení dvojkolí musí svou svislou poddajností zajistit dostatečně velké vůle, příčnou poddajností umožňovat příčné vypružení a podélnou poddajností (rejdoვნostí) umožňovat přenos podélných sil mezi rámem podvozku a dvojkolím a zároveň snižovat kvazistatické účinky z oblouků na rám podvozku. Důležitým požadavkem na konstrukci vedení dvojkolí je také výrobní přesnost v rovině rovnoběžné s rovinou temen kolejnic. Ta by měla být pokud možno bez vůlí, protože jinak se může za určitých podmínek rozvíjet vlnivý pohyb podvozku, který může vést až k nestabilnímu chodu.

Při volbě vhodného vedení dvojkolí hraje důležitou roli mnoho faktorů. Hlavním faktorem je zamýšlený způsob použití podvozku. Bude-li provozován na vysokorychlostních tratích s oblouky velkých poloměrů, je vhodné použít tuhé vedení, které má mnohem menší sklon k nestabilnímu chodu. Podvozky pro použití při běžných rychlostech na obloukovitých tratích je lépe konstruovat s poddajnějším vedením, které do jisté míry snižuje negativní účinky na trať při jízdě obloukem a v nižších rychlostech se nestací rozvinout vlnivý pohyb podvozku. Významnou roli hraje také dlouhodobá stálost mechanických parametrů vazby, která může být problematická u některých typů vedení. Obecně platí, že není vhodná konstrukce založená na třecích dvojcích. Časem totiž dochází k opotřebením a k nárůstu nepříznivých vůlí, které mají negativní vliv na chodové vlastnosti podvozku.

Další důležité vlastnosti, které musí vedení dvojkolí splňovat:

- Jednoduchá konstrukce a údržba, snadná montáž a demontáž
- Umožnění konstrukce primárního vypružení – bezpečný přenos všech sil
- Schopnost jízdy po nerovné a zborcené koleji
- Zajištění dvojkolí při zvedání vozidla
- Zajištění správné geometrie náprav – měří se kolmost náprav k podélné ose podvozku, rovnoběžnost náprav, teoretická míra je soustopenost kol (v provozu je neměřitelná)

Vedení dvojkolí se konstruuje jako vedení bez opotřebením nebo jako vedení s opotřebením, které je založeno na působení třecí dvojice. Z hlediska tuhosti se zpravidla rozděluje na tuhé vedení, které neumožňuje ani částečné natočení dvojkolí vůči podélné ose podvozku, na částečně poddajné, které umožňují alespoň částečné natočení dvojkolí k radiální poloze a na vedení umožňující radiální stavění dvojkolí v oblouku (samočinně pomocí křížové vazby, nuceně stavitelná dvojkolí).



Obr. 1 Míry nutné k zajištění správné geometrie náprav, a – rovnoběžnost, b – soustopost kol, k – kolmost k podélné ose podvožku – musí platit: $a_1 = a_2$; $k_1 = k_2$; $b_1 = b_2 = b_3 = b_4$

Používané konstrukce vedení v podvozcích vozů osobní přepravy:

- Rozsochové vedení se jhem
- Vedení dvojicí svislých čepů
- Vedení pružnými pásy
- Vedení kyvným ramenem
- Vedení pryží
- Vedení ojníčkou

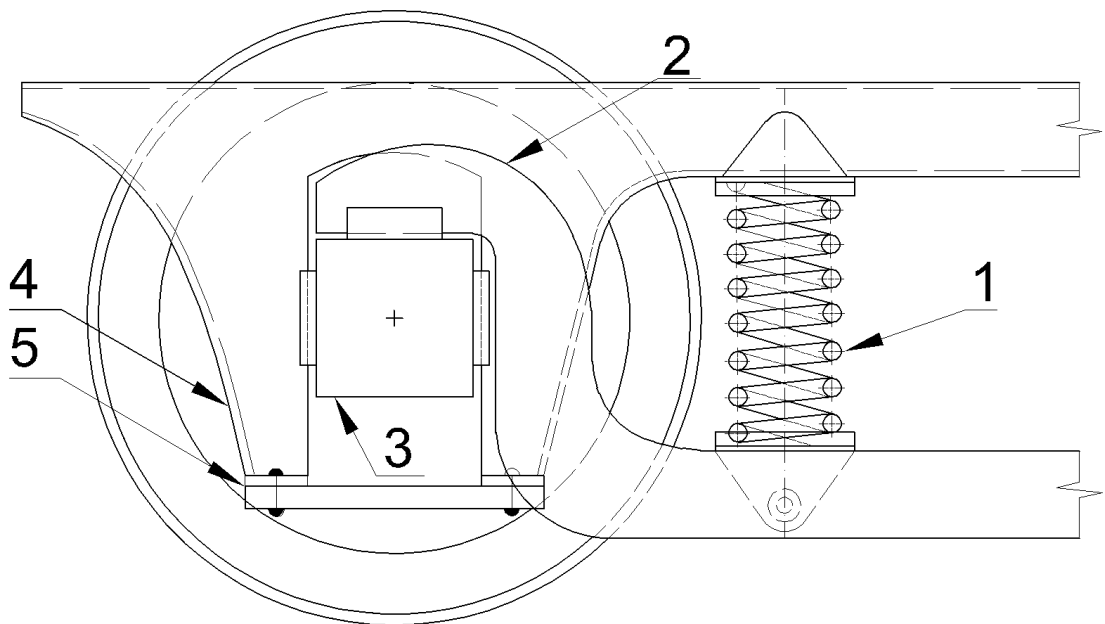
2.1. Rozsochové vedení se jhem

Jedná se o zastaralou koncepci vedení dvojkolí, kterou zde uvádím pouze pro úplnost. Rozsochy zajišťují vedení dvojkolí v podélném i příčném směru. Ložisková skříň se pohybuje mezi rozsochami a je opatřena vodítky, která zabezpečují skříň ve vedení. Rozsochy jsou ve spodní části opatřeny rozsochovou sponou, která zajišťuje rovnoměrné rozložení zatížení mezi obě rozsochy.

Velkou výhodou tohoto typu vedení je, že tuhá vazba jha a ložiskové skříně zaručuje dobré přizpůsobení se křížovým propadům a vertikálním nerovnostem koleje. Tato vazba ale zároveň velmi zvyšuje podíl nevypružených hmot podvožku a tím i dynamické účinky na

trať. Toto je považováno za velkou nevýhodu a proto je maximální rychlost podvozků s tímto typem vedení velmi omezena (max. 120km/h).

Konstrukce rozsochového vedení se jhem je typická pro tzv. Pensylvánské podvozky, které byly v Evropě hojně v provozu cca od 20. do 60. let 20. století. Dnes dožívají v provozu drah střední a východní Evropy.



Obr. 2 Rozsochové vedení se jhem; 1 – pružina primárního vypružení; 2 – jho; 3 – ložisková skříň; 4 – rozsocha, 5 – rozsochová spona

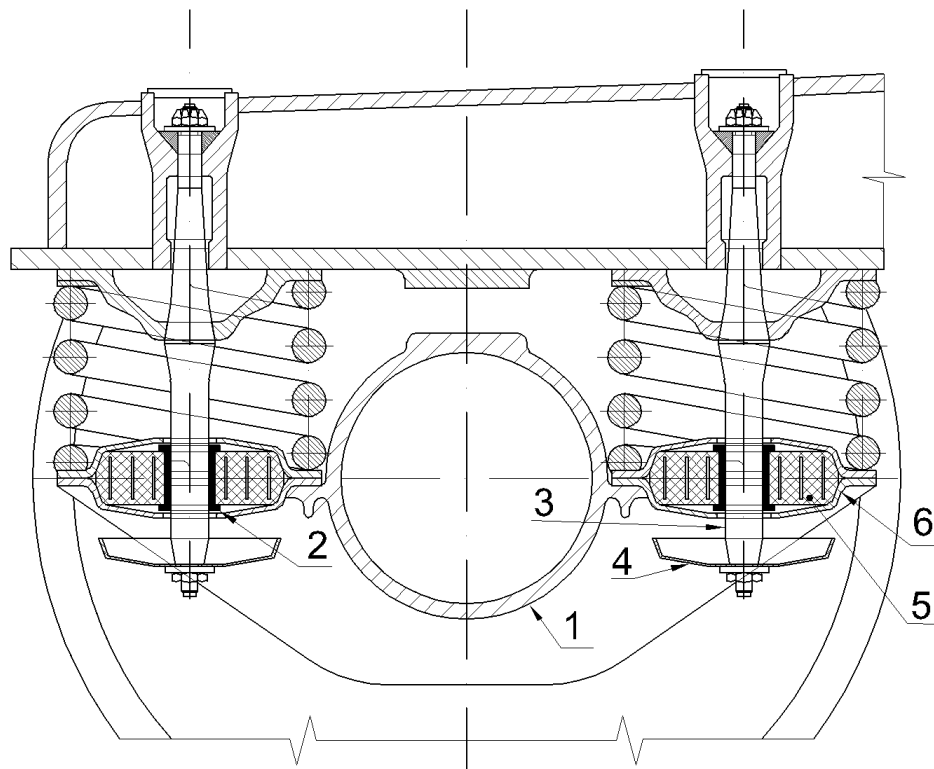


Obr. 3 Rozsochové vedení Pensylvánského podvozku elektrické jednotky řady 451/452 [35]

2.2. Vedení dvojicí svislých čepů

Vedení ložiskové skříně pomocí dvojice svislých čepů (trnů) se vyvinulo z rozsochového vedení. Cílem bylo vytvořit vedení s příznivějšími vlastnostmi, zejm. co se týče opotřebení. Tření sice zůstává, přesto se ale jedná o vedení se sníženým opotřebením. Oproti rozsochovému vedení může být vedení ložiska bez vůlí, s přesnějším umístěním a se zvolenou tuhostí v příčném a podélném směru. Velkou výhodou je také snadná montáž – při zavazování podvozku není nutné znovu nastavovat přesnou geometrii dvojkolí, ta je jednoznačně dána konstrukcí vedení a rámu podvozku. Velkou nevýhodou tohoto typu vedení je velký nárůst vůlí ve vedení při opotřebení třecích součástí. Po určitém kilometrickém proběhu se pak podvozky mohou za určitých podmínek stávat náchylnými k nestabilnímu chodu.

2.2.1. Vedení svislými trny v podvozcích VÚKV



Obr. 4 Vedení svislými trny podvozku VÚKV 801, 1 – ložisková skříně, 2 – silonové pouzdro, 3 – svislý trn, 4 – podchytka, 5 – pryžový prstenec, 6 – miska

Tento druh vedení dvojkolí vyráběla Vagónka Studénka podle konstrukce VÚKV. Svislý trn je s předpětím zamontován do rámu podvozku. V konzole ložiskové skříně je vytvořen otvor, do nějž je vloženo pouzdro pryžového prstence, které je tvořeno dvěma snýtovanými miskami, ve kterých je vložen pryžový prstenec. Do něj jsou zavulkanizovány tři plechové mezikruhové pásy s otvory. Styk s trnem je realizován pomocí silonového

pouzdra. Toto pouzdro je svíráno vnitřní mezikruhovou vrstvou pryže a tím vyvozuje třecí tlumení svislých pohybů. Pryžový prstenec se také podílí na příčné a podélné tuhosti vedení dvojkolí. Primární vypružení je realizováno dvojicí šroubovitých pružin. Za problémovou součástí vedení je považováno právě silonové pouzdro, které se v provozu opotřebovává, dochází k nárůstu vůlí a podvozek se stává náchylným k nestabilnímu chodu.



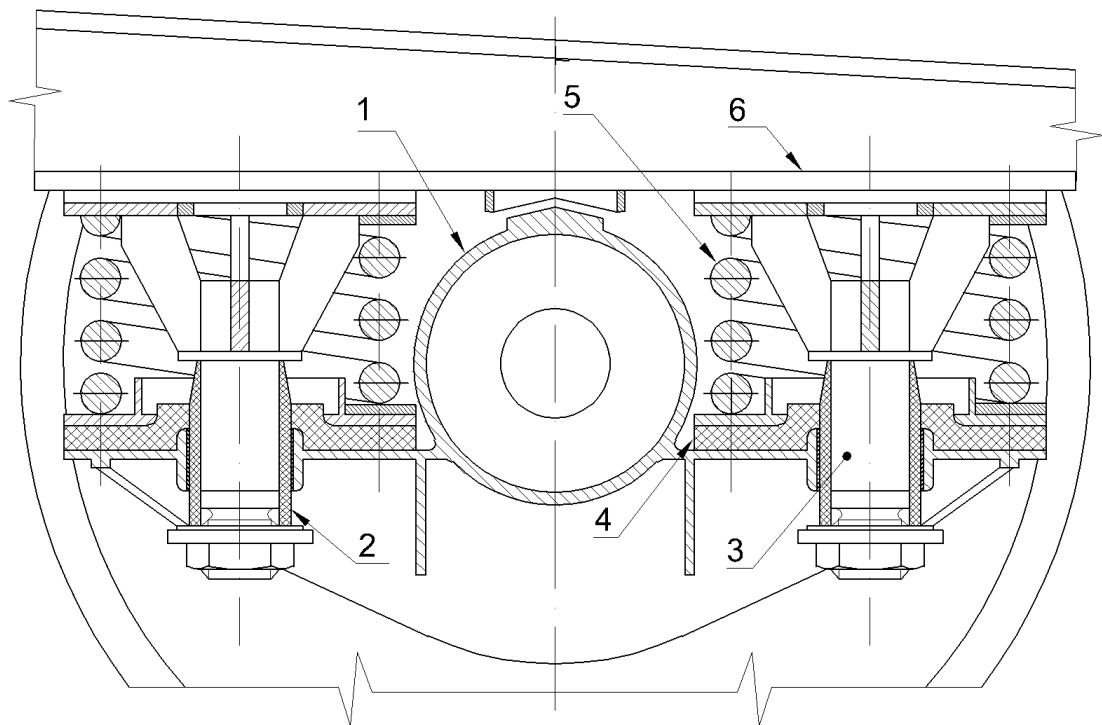
Obr. 5 Vedení svislými trny podvozku VÚVK elektrické jednotky řady 460

2.2.2. Vedení svislými čepy podvozku Görlitz V (typ 64V)

Toto čepové vedení se začalo objevovat na rychlíkových vozech východoněmecké vagónky VEB Waggonbau Görlitz od počátku šedesátých let dvacátého století.

Vodící čep je přišroubován k podélníku rámu podvozku, jeho válcová část je chráněna alkamidovým pouzdem. Ve spodní části je čep přichycen přes kovové pouzdro ke konzole ložiskové skříň, která slouží současně jako nosič pružiny primárního vypružení. Ta je uložena přes pryžovou vložku, která tlumí hluk a rázy. Ložisková skříň se tedy může nepatrně natáčet kolem osy nápravy. Tím dochází k nárůstu třecích sil mezi alkamidovým a kluzným kovovým pouzdem, které tak působí jako třecí tlumič a tlumí kývavý pohyb rámu podvozku.

V provozu, vlivem postupného nárůstu vůlí, pozbývá však funkčnosti a primární stupeň vypružení zůstává netlumen. Potom při přejezdu přes vertikální nerovnosti na koleji se rám podvozku rozkmitává a stává se náchylným k nestabilnímu chodu. Tato vlastnost je považována za největší slabinu tohoto provedení čepového vedení. [7]

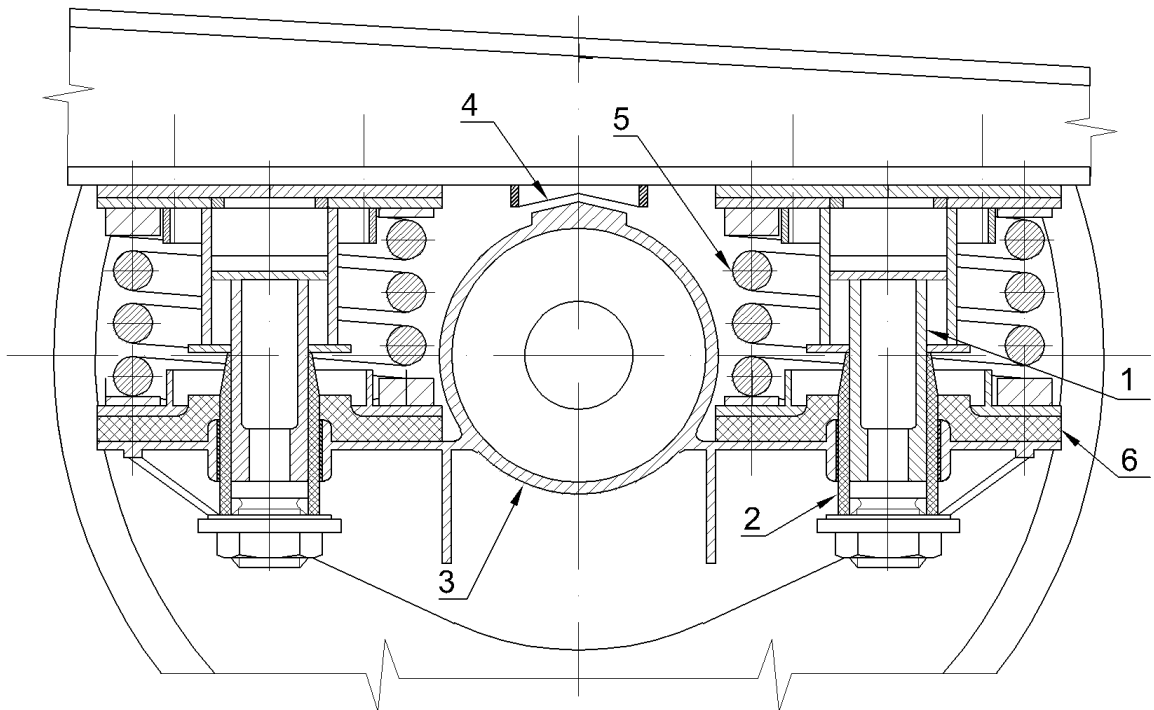


Obr. 6 Vedení svislými čepy podvozku Görlitz V – 64V, 1 – ložisková skříň, 2 – alkamidové pouzdro, 3 – vodící čep, 4 – pryžová vložka, 5 – pružina primárního vypružení, 6 – podélník rámu podvozku

2.2.3. Vedení svislými čepy podvozků Görlitz V (typ 74V) a Görlitz Va

Aby se zmírnily negativní vlastnosti tohoto typu vedení v podvozku Görlitz V – 64V, provedl výrobce malou úpravu. Vylepšené vedení dvojkolí podvozku Görlitz V (typ 74V) a Görlitz Va je provedeno dvojicí svislých vyosených vodících čepů, které procházejí otvory v konzole pružin primárního vypružení, které jsou umístěny na ložiskové skříni. V otvoru je pevně vsazeno ocelové a alkamidové pouzdro. Alkamidové pouzdro působí jako tlumič primárního vypružení.

Vedení horních konců pružin primárního vypružení je tedy vyoseno o 12 mm. Pružiny tak nutí ložiskovou skříň neustále naléhat z jedné strany na vodící čepy. Tím je zajištěno třecí tlumení i při větším opotřebení kluzných pouzder. Podvozek je tedy náchylný k nestabilnímu chodu až po delším kilometrovém proběhu. I přesto je tato vlastnost vedení největší slabinou tohoto podvozku.



Obr. 7 Vedení svislými čepy podvozku Görlitz Va; 1 – svislý vodící trn; 2 – alkamidové pouzdro, 3 – ložisková skříň; 4 – svislá narážka; 5 – pružina primárního vypružení; 6 – pryžová vložka



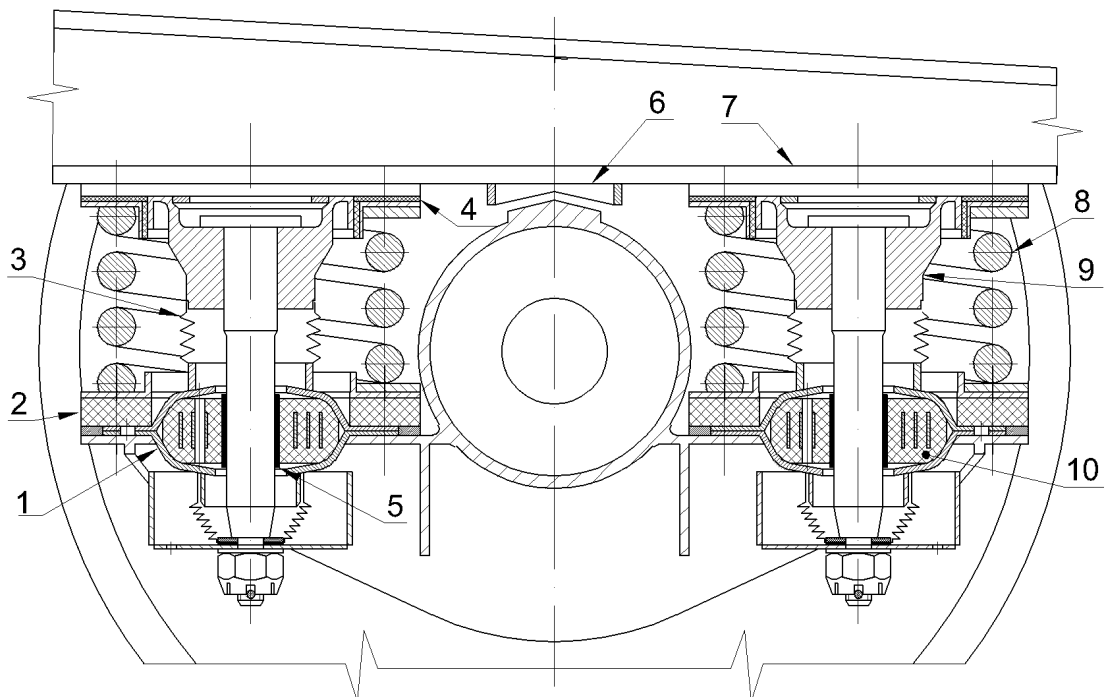
Obr. 8 Vedení svislými čepy podvozku Görlitz Va

2.2.4. Rekonstruované vedení svislými čepy podvozku Görlitz V / Dunakeszi

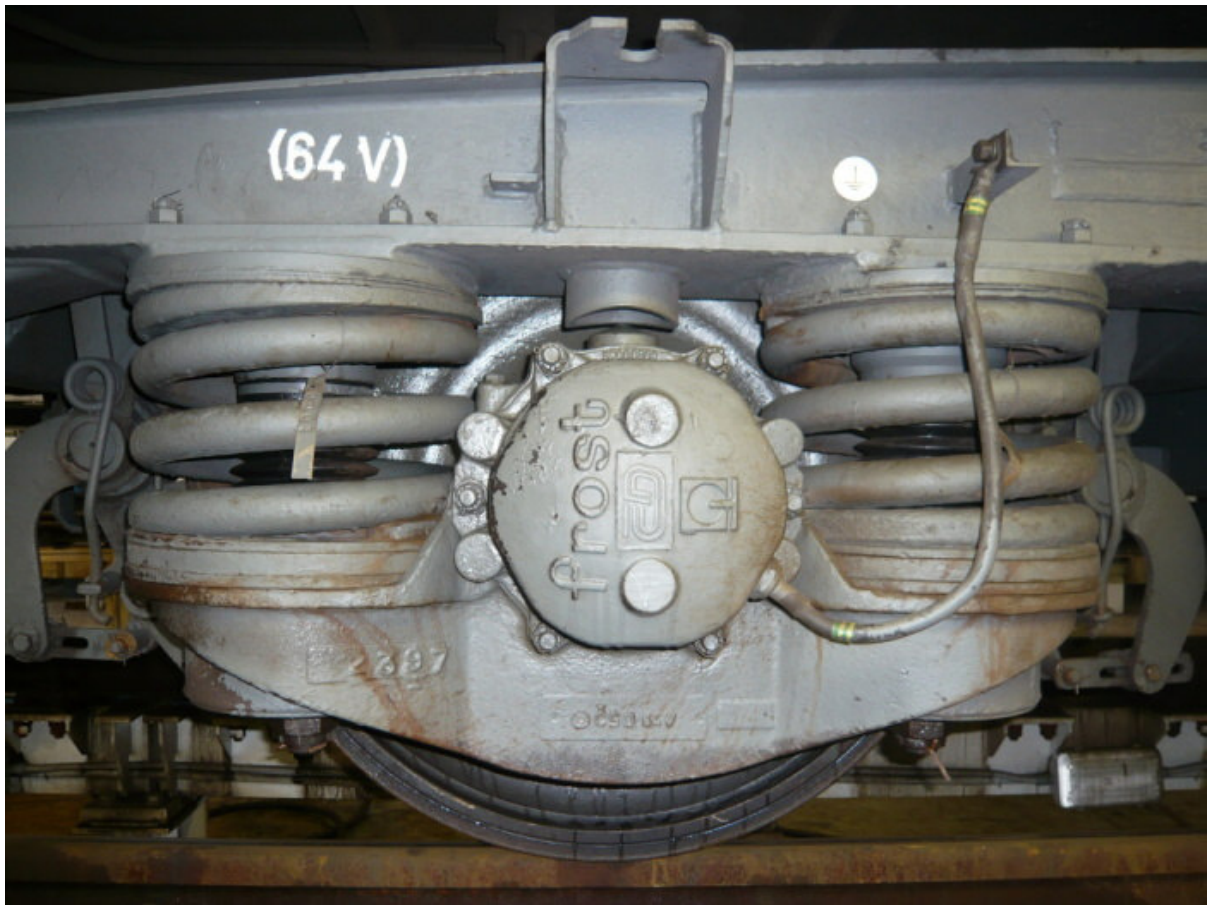
Negativní vlastnosti vedení podvozku Görlitz Va vedly k návrhu zcela nového provedení vedení dvojkolí.

Vodící čepy jsou nové konstrukce, jejich kluzná část je chromována a broušena, tím se snižuje opotřebení a zabrání se korozi. V konzolách ložiskové skříně je uloženo pouzdro s pryžovým prstencem, do kterého je zalisováno pouzdro s kluzným ložiskem a vrstvou teflonu. Tím je vytvořena kvalitní kluzná vazba mezi teflonem a chromem. Touto úpravou se výrazně sníží součinitel tření a opotřebení, ale zároveň i tlumící vlastnosti vedení. Proto musí být první stupeň vypružení opatřen paralelně zařazeným hydraulickým tlumičem. Kluzné části čepu jsou zakryty pryžovými vlnovci, aby se zabránilo vniknutí nečistot. Nad pružiny primárního vypružení jsou vloženy nové pryžové vložky, které výrazně snižují hlučnost a přenos vibrací.

Rekonstruované vedení tedy zaručuje stálou vazbu mezi ložiskovou skříní a rámem podvozku bez vůlí. Tím se velmi snižuje sklon podvozku k nestabilnímu chodu. Další výhodou je možnost mírné rejdovnosti dvojkolí, čímž se snižuje opotřebení okolků. Při simulaci chodových vlastností vozů s rekonstruovaným vedením byly zjištěny několikanásobně nižší příčné silové účinky na kolej. Rekonstrukce tedy řeší problémy vedení podvozku Görlitz V. Za přijatelnou cenu a při malém zásahu do podvozku je dosaženo přijatelných chodových vlastností. [7]



Obr. 9 Vedení svislými čepy rekonstruovaného podvozku Görlitz V/Dunakeszi, 1 – miska, 2 – pryžová vložka, 3 – krycí vlnovec, 4 – pryžová vložka, 5 – teflonové pouzdro, 6 – svislá narážka, 7 – podélník rámu podvozku, 8 – pružina primárního vypružení, 9 – vodící pouzdro, 10 – pryžový prstenec

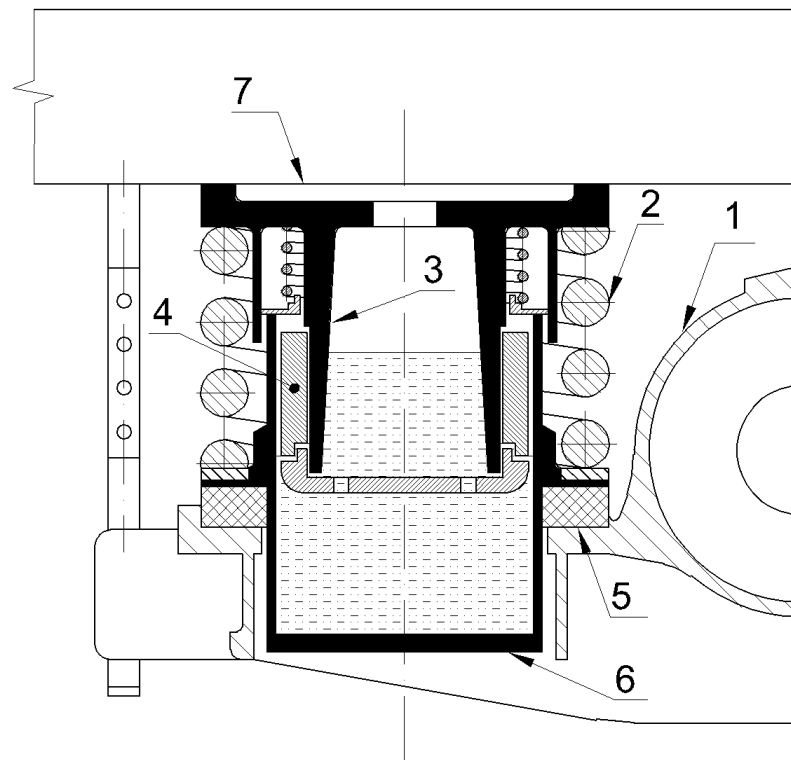


Obr. 10 Rekonstruované vedení dvojkolí svislými čepý podvozků Görlitz V

2.2.5. Vedení svislými čepý podvozku Alstom typu Schlieren

Tento typ představuje další vývoj čepového vedení. Vodící čep je konstruován jako teleskopické vedení, které je vyplněno olejovou náplní a dno vnitřního válce je provrtáno škrťícími otvory. Při svislém pohybu systému, tzn. při zatěžování a opětném odlehčování primárního vypružení dochází k proudění oleje přes škrťící otvory. Tím je vyvozována tlumící síla, která tlumí svislé kmity rámu podvozku. Primární vypružení tvoří šroubovitá pružina, podložená pryžovou vložkou, která snižuje přenos rázů a hluku.

Jde tedy o mazané vedení, které funguje současně jako hydraulický tlumič, tzn. primární vypružení podvozku je dobře tlumeno a samostatný hydraulický tlumič už nemusí být do tohoto uzlu zařazen.



Obr. 11 Vedení svislými čepy podvozku typu Schlieren, 1 – ložisková skříň, 2 – pružina primárního vypružení, 3 – vodící čep, 4 – vodící pouzdro, 5 – pryžová podložka, 6 – vodící nátrubek, 7 – podélník rámu podvozku



Obr. 12 Podvozek typu Schlieren

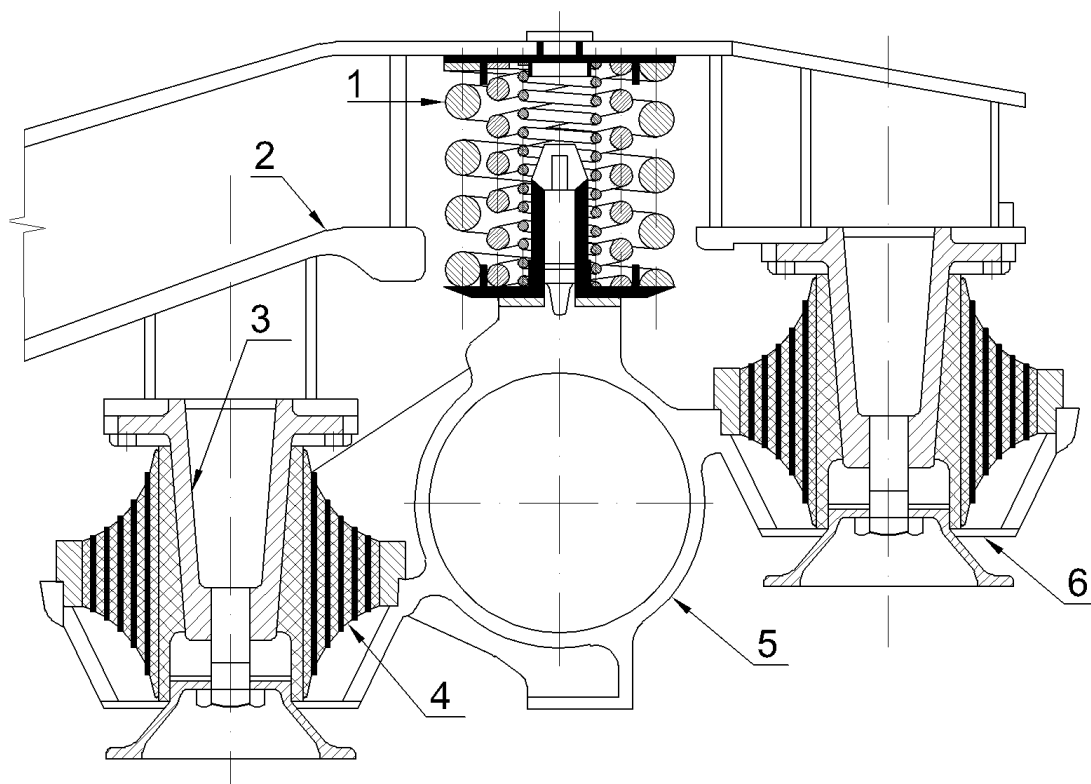
2.2.6. Vedení svislými čepy podvozku Y 230

Zajímavé řešení vedení svislými čepy představuje rodina francouzských podvozků používaných v konstrukci rychlovlaků TGV a AGV. Jedná se o podvozky Y230, Y230A, Y230P, Y231, Y237A, Y237B aj.

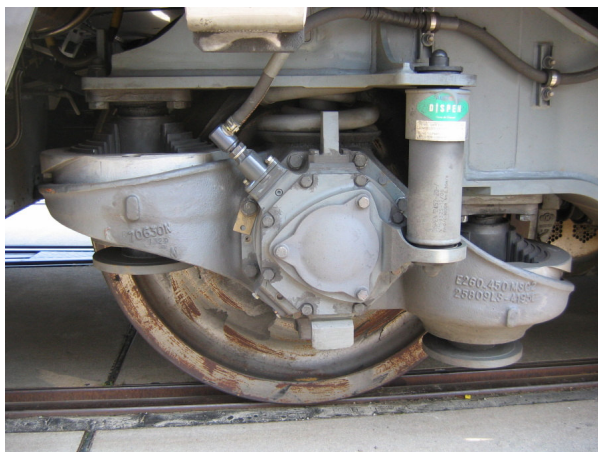
Vodící čep není umístěn přímo v pružině primárního vypružení, ale v samostatných konzolách po stranách ložiskové skříň. V těchto konzolách je umístěn pryžový prstenec, který má v radiálním směru konstantní smykovou pevnost a je na vodící čep pevně fixován.

Při svislém zatěžování a odlehčování vodícího čepu dochází pouze k deformaci pryže. Nedochází ke tření, tzn. nedochází k přílišnému opotřebení funkčních součástí vedení a tím i k nárůstu nežádoucích vůlí ve vedení. Proto nedochází ani k rozvíjení vlnivého pohybu podvozku při jízdě vysokou rychlostí. Poddajnost pryže ve vedení ale zároveň umožňuje určité radiální stavění dvojkolí.

Pokud zanedbáme změnu mechanických vlastností pryže vlivem stárnutí, lze stálost parametrů vazby považovat za největší výhodu tohoto provedení čepového vedení. Nevýhodou je možnost jeho použití pouze na vozech s nízkým užitečným zatížením. Za další nevýhodu můžeme považovat fakt, že pružinu primárního vypružení lze umístit pouze přímo nad ložiskovou skříň, kde pro ni není dostatek místa (viz. obr. 14). Proto musí být v podélníku rámu podvozku vytvořen speciální prostor pro umístění primárního vypružení. Abychom pak dosáhli požadované svislé tuhosti primárního vypružení, musí být konstruováno paralelním seřazením dvou nebo tří šroubových pružin, ke kterým ještě musí být paralelně zařazen hydraulický tlumič.



Obr. 13 Vedení svislými čepy podvozku Y 230, 1 – pružiny primárního vypružení, 2 – podélník rámu podvozku, 3 – vodící čep, 4 – pryžový prstenec, 5 – ložisková skříň, 6 – konzola ložiskové skříně



Obr. 14 Vedení dvojkolí podvozku jednotky AGV

Obr. 15 Detail pryžového prstence

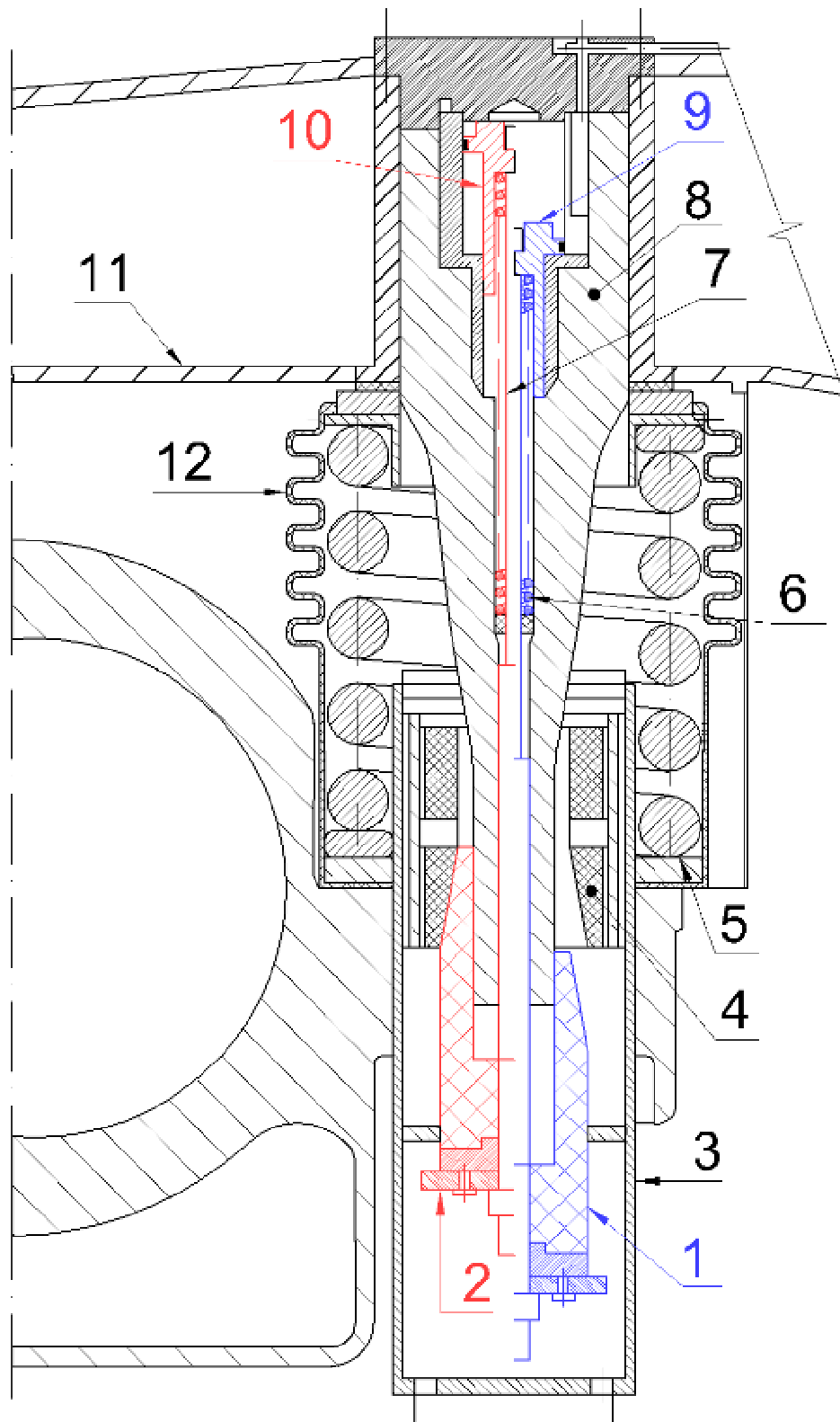
2.2.7. Vedení svislými čepy s proměnlivou příčnou a podélnou tuhostí

Toto vedení představuje vrchol konstrukce čepového vedení a řeší jeden ze základních nedostatků všech typů vedení dvojkolí. Obecně je totiž problém naladit podélnou tuhost vedení dvojkolí tak, aby byl podvozek vhodný pro provoz, jak na vysokorychlostních tratích, tak na tratích obloukovitých. Při nižších rychlostech v obloukovitých tratích je výhodnější poddajnější vedení, aby bylo umožněno radiální stavění dvojkolí a tím se snížily vzájemné dynamické účinky mezi kolem a kolejnicí v obloucích. Při vyšších rychlostech na tratích s oblouky velkých poloměrů je zase výhodné tuhé vedení, aby byla zajištěna stabilita chodu podvozku.

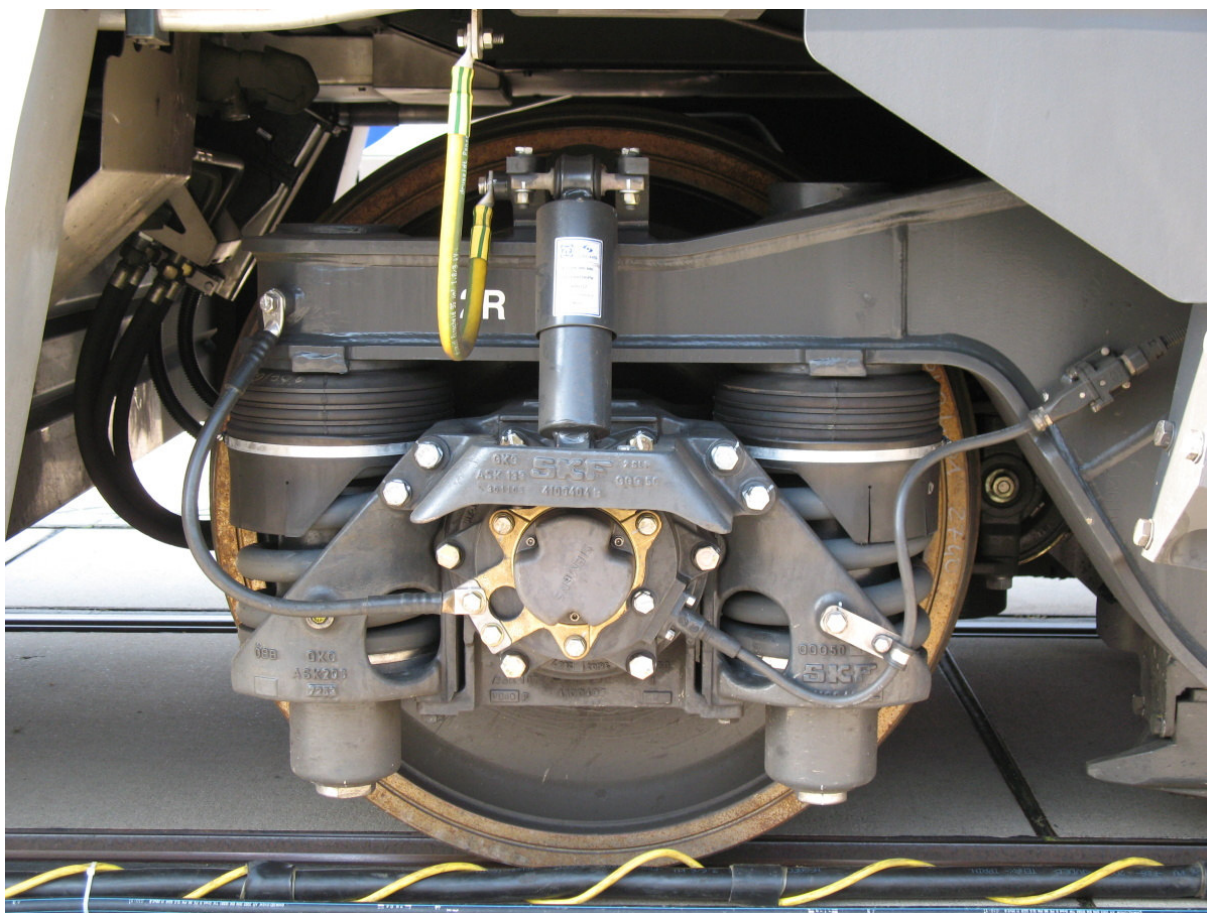
Je zřejmé, že podélná a příčná tuhost vedení dvojkolí zásadně ovlivňuje jízdní vlastnosti podvozku. Firma Siemens vyvinula vedení, které má možnost měnit svou podélnou a příčnou tuhost (viz. obr. 16) a instaluje ho do svých podvozků SF 300 a SF 400.

V podélníku rámu podvozku je zalisován dutý vodící čep, který prochází skrz pružinu primárního vypružení. V konzolách ložiskové skříně je uloženo speciální pouzdro, ve kterém jsou speciální silentbloky, přičemž ve spodním silentbloku je otvor kuželového tvaru. V horní části vodícího čepu je instalován pneumatický válec s pístem. Pokud nad tímto pístem není tlak vzduchu, udržuje ho v horní poloze pružina (kresleno červeně vlevo od osy) a táhlo udržuje v horní poloze kuželovou rozpěru. Ta vymezuje velmi malou vůli silentbloků a tím zajišťuje velkou příčnou a podélnou tuhost vedení. Pokud pneumatický válec nad pístem udržuje tlak vzduchu, drží ho v jeho spodní poloze (kresleno modře vpravo od osy). Táhlo potom ponechává kuželovou rozpěru vysunutou. Ta potom nezasahuje do silentbloků a nezvyšuje podélnou tuhost vedení, která je díky větší poddajnosti samotných silentbloků menší. Je tedy dosaženo větší poddajnosti vedení a dvojkolí mají možnost zaujímat radiální polohu.

Proměnlivá tuhost vedení dvojkolí je tedy velmi vhodná vlastnost pro provoz na rozmanitých podmínkách evropských železničních drah.



Obr. 16 Vedení dvojkolí s proměnlivou tuhostí, 1 – kuželová rozpěra v dolní poloze, 2 – kuželová rozpěra v horní poloze, 3 – pouzdro, 4 – silentblok, 5 – pružina primárního vypružení, 6 – pružina, která ustavuje píst v horní poloze, 7 – táhlo, 8 – vodící čep, 9 – píst v dolní poloze, 10 – píst v horní poloze, 11 – podélník rámu podvozku, 12 – krycí vlnovec



Obr. 17 Vedení dvojkolí s proměnlivou tuhostí v podvozku Siemens SF 400

2.3. Vedení pružnými pásy

Tento druh vedení dvojkolí je zařazován do skupiny vedení bez opotřebení. Vodicí pás je konstruován jako pružný vodorovný nosník, který spojuje konzolu podélníku rámu podvozku a ložiskovou skříň. Do obou celků je vetknut. Při svislém zatěžování je poddajný a pružný, při zatěžování podélném a příčném je naopak velmi tuhý.

Při konstrukci vodicího pásu je nutno dbát na jeho vlastnosti jako nosníku. Je třeba dosáhnout toho, aby v celé oblasti svislých provozních pohybů ložiskové skříně byl schopen se pružně prohýbat bez vzniku velkých vratných sil a velkých ohybových napětí ve vlastním materiálu. Jeho svislá tuhost totiž záleží přímo na tuhosti primárního vypružení. Naproti tomu musí být ale pás zároveň dostatečně bezpečný na vzpěr při přenosu provozních podélných sil, a to i v maximálním deformovaném stavu. Velká pozornost musí být také věnována vetknutí pásu. Zpravidla se užívá ploch opatřených drážkami stejného průřezu, které po správném nastavení zapadnou do sebe a stisknou se předepjatými šrouby.

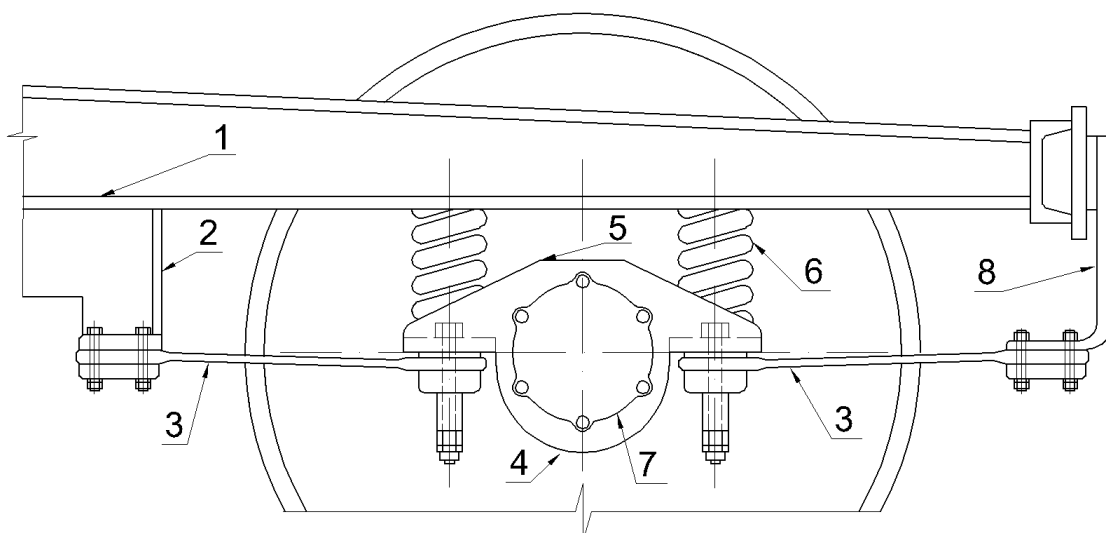
Velkou výhodou tohoto typu vedení je tedy velmi jednoduchá a bezúdržbová konstrukce, která má stálé mechanické vlastnosti. Velká pozornost musí být ale věnována ustavování dvojkolí do správné geometrické polohy. Aby bylo možno dvojkolí vyvázat bez toho, aniž by byla porušena správná geometrie náprav, musí být ložisková skříň sestavena

ze dvou plášťů. Vnitřní plášť spolu s ložisky a víkem tvoří celek, který je přímo namontovaný na nápravě a je snadno vyjímatelný z vnějšího pláště. Ten je dělený na horní a spodní díl. Oba jsou vzájemně staženy šrouby. Horní díl je opatřen konzolami nesoucími pružiny primárního vypružení a plochy, do nichž jsou vetknuty pásy. Při vyvazování dvojkolí pak stačí pouze odšroubovat spodní díl vnějšího pláště ložiskové skříně a podvozek pak lze zvednout bez dvojkolí. Správná geometrie náprav pak zůstane neporušena.

Vedení dvojkolí pružnými pásy je tedy značně příčně a podélně tuhé. U některých podvozků je tato tuhost snižována doplněním pryžových bloků do vetknutí, které celkovou tuhost soustavy příčně a podélně snižují.

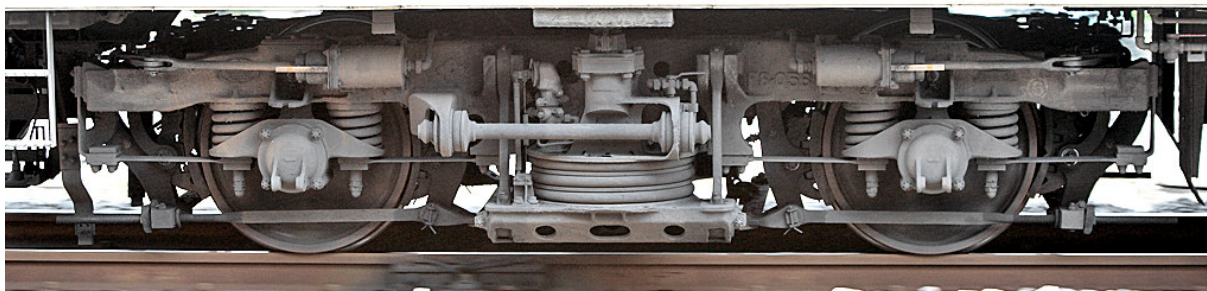
2.3.1. Vedení dvěma pásy

Tato konstrukce vedení dvojkolí vznikla v 50. letech 20. století a bylo jí použito u podvozků Minden – Deutz (typ 50, typ 36), které byly schopny rychlosti až 200 km/h. Vazbu na každou ložiskovou skříň tvoří dva pásy z pružinové oceli. Díky souměrné konstrukci pásů nedochází při přenosu příčných sil k namáhání ložiskových skříní momentem. Přesto musí být ale umožněna určitá délková dilatace této soustavy. Jeden pás je tedy vetknut do tuhé konzoly, která je vyvedena z podélníku rámu podvozku. Druhý pás je vázán ke konzole, která je vyvedena z čelníku rámu podvozku. Tato konzola je poddajná v podélném směru a velmi tuhá v příčném směru. Tím je zajištěna možnost podélné dilatace vedení. Primární vypružení je realizováno šroubovitými pružinami, v některých případech pružinami pryžokovovými.



Obr. 18 Vedení dvojkolí dvěma pásy podvozku Minden – Deutz 36, 1 – podélník rámu podvozku, 2 – konzola (podélně i příčně tuhá), 3 – ocelový vodící pás, 4 – spodní díl vnějšího pláště ložiskové skříně, 5 – horní díl vnějšího pláště ložiskové skříně, 6 – pružina primárního vypružení, 7 – vnitřní plášť ložiskové skříně, 8 – konzola (podélně poddajná, příčně tuhá)

Velkou nevýhodou tohoto vedení je jeho velký zástavbový prostor. Podvozky s tímto vedením jsou dlouhé přes 4000 mm, což znamená velká omezení, zejména z hlediska relativních pohybů podvozku vůči skříni. U moderních vozů je navíc zástavbový prostor pod skříni značně omezen, protože klimatizace, baterie, měniče a další výbava je zpravidla instalována pod skříni vozu. Proto se tento typ vedení u moderních podvozků nepoužívá. Byl však základem pro další vývoj. [5]



Obr. 19 Podvozek Minden – Deutz (typ FS–056) japonské elektrické jednotky řady 8607 [27]

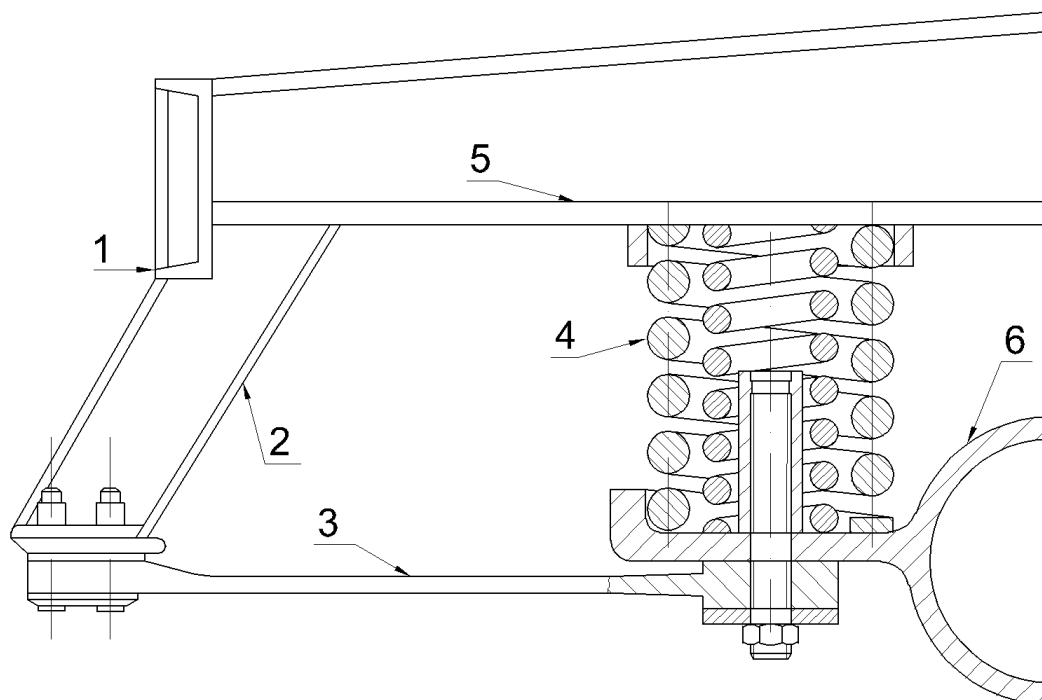


Obr. 20 Podvozek Minden – Deutz 36 [5]

2.3.2. Vedení vnějšími pásy

Konstrukční varianta vedení pásem, ve které je použito pouze jednoho pásu. Ten je přichycen k ložiskové skříni z vnější strany na konzolu, která je vyvedena z čelníku rámu podvozku a je značně podélně a příčně tuhá. Tím je dosaženo dobré stability chodu podvozku. Nevýhodou ale zůstávají značné délkové nároky na zástavbový prostor pod skříni vozu, jako je tomu u podvozků MD 50 a MD 36.

Vedení je použito u podvozků typu Görlitz VI, v podvozcích moderních osobních vozů se ale příliš nevyskytuje.



Obr. 21 Vedení dvojkolí jedním laminátovým pásem podvozku Görlitz VI, 1 – čelník rámu podvozku, 2 – konzola sloužící k uchycení pásu, 3 – vodící pás, 4 – duplexní pružiny primárního vypružení, 5 – podélník rámu podvozku, 6 – ložisková skříň



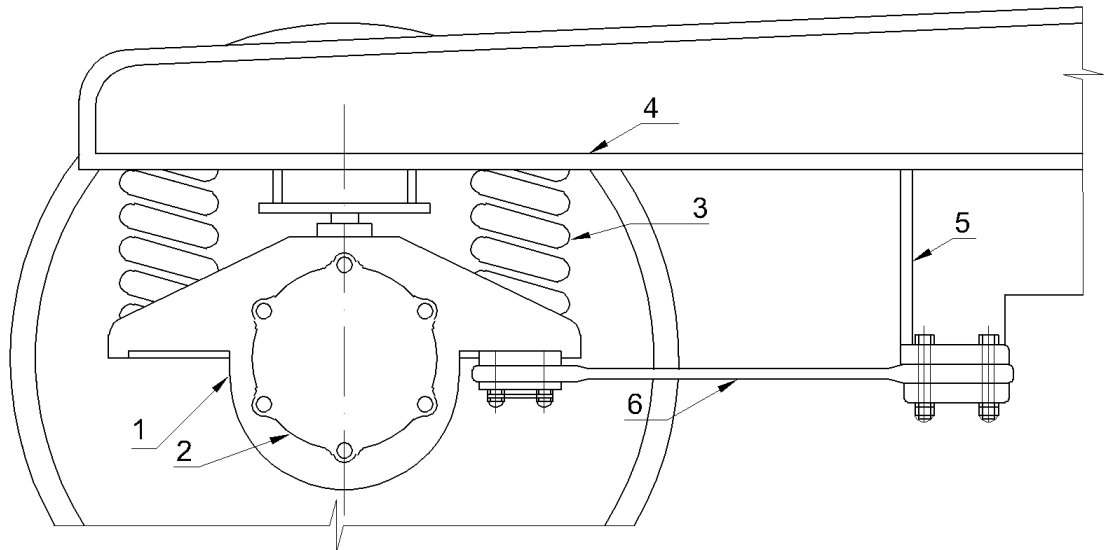
Obr. 22 Podvozek Görlitz VI [24]

2.3.3. Vedení vnitřními pásy

Vedení vzniklo jako transformace oboustranného pásového vedení pro moderní podvozky s kotoučovou brzdou a jednostrannou špalíkovou brzdou. Výhodou je příznivější namáhání vnitřního pásu tahem. Rám podvozku je pak o mnoho kratší a nemusí být konstruován s čelníky.

Vedení vnitřními pásy je použito u podvozku GP 200, kde vedení dvojkolí zajišťuje jeden vnitřní laminátový pás a u podvozku série Minden – Deutz 52, kde vedení ložiskových skříní zajišťují dva vnitřní ocelové pásy, které jsou umístěny nad sebou a jsou podélně

a příčně vypruženy. Tento typ vedení dvojkolí představuje vrchol konstrukce vedení pružnými pásy. Podvozky Minden – Deutz s tímto typem vedení jsou schopny provozu maximální rychlostí až 300 km/h.



Obr. 23 Vedení dvojkolí vnitřním laminátovým pásem podvozku GP 200, 1 – vnější plášť ložiskové skříně, 2 – vnitřní plášť ložiskové skříně, 3 – pružina primárního vypružení, 4 – podélník rámu podvozku, 5 – konzola, 6 – laminátový vodící pás

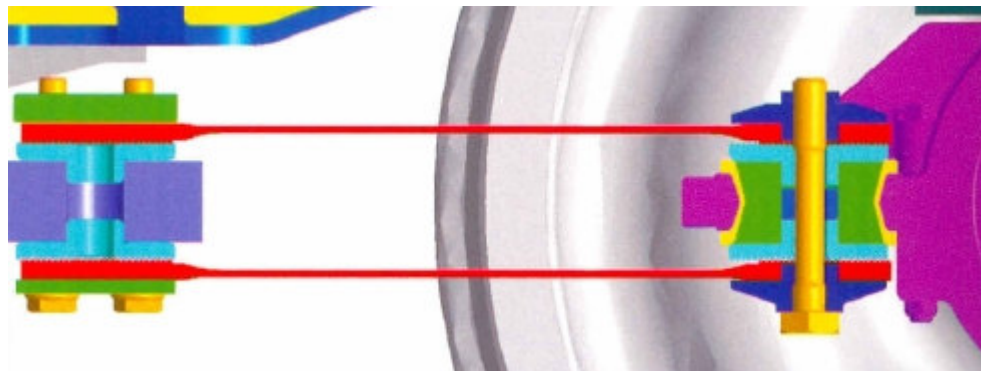


Obr. 24 Vedení dvojkolí a primární vypružení podvozku GP 200



Obr. 25 Podvozek Minden - Deutz 523

Vedení dvojkolí zdvojeným pásem je značně podélně i příčně tuhé. U podvozků MD 52 je tato tuhost částečně snižována podélným a příčným vypružením ve vetknutí pásů pomocí pryžových bloků, jak ukazuje obr. 26.



Obr. 26 Schématické znázornění vetknutí a vypružení vodících pásů v podvozku MD 52 [5]



Obr. 27 Detail vedení zdvojeným pásem podvozku MD 523

Přehled v současnosti používaných typů vypružení a vedení dvojkolí v podvozcích vozů osobní přepravy	- 30 -	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Perera DP Česká Třebová
------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	--------------------------------------------------------------------------

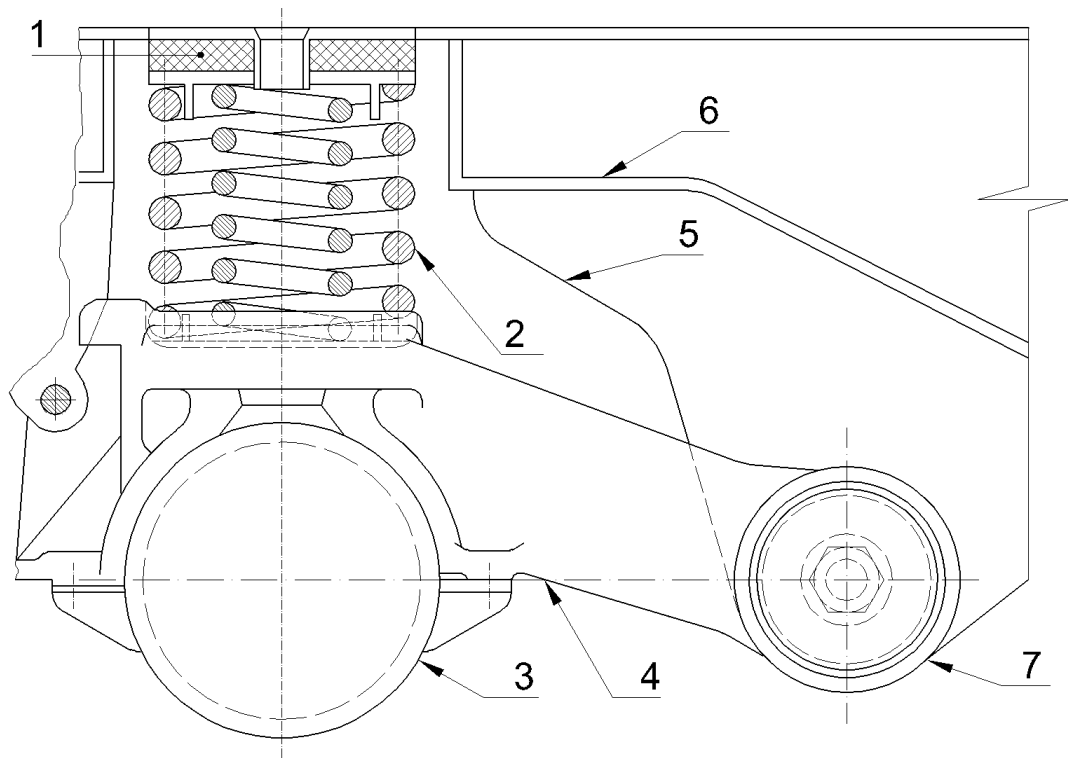
2.4. Vedení kyvným ramenem

Kyvné rameno, neboli „kývačka“, je konstrukční prvek, který svým jedním koncem zapadá do konzoly v podélníku rámu podvozku, se kterou je spojen prostřednictvím pryžového kloubu a jeho druhý konec přechází přímo v plášť ložiskové skříně. Kývačka nejlépe zvládá podélné vedení ložiskové skříně při vertikálních pohybech. Tuhost vedení v podélném směru je tedy dána přímo radiální tuhostí silentbloku, který je instalován do kloubu s předpětím. Tato jednoduchá a účinná konstrukce je největší výhodou vedení kyvným ramenem.

Nevýhodou vedení je, že pružinu primárního vypružení lze umístit pouze nad ložiskovou skřín, kde pro ni ale není dostatek místa. Proto musí být v podélníku rámu podvozku vytvořena dutina, do které ji lze umístit. Z toho ale plyne požadavek na značně složitou konstrukci podélníku rámu podvozku. Pružina primárního vypružení musí mít také relativně malou svislou tuhost při značném pracovním zdvihu, tzn. je nutné zajistit dostatečnou bezpečnost proti vybočení a sledovat přídatné dynamické napětí v pružině při natáčení dosedacích ploch pružiny při pohybu kývačky. Dalším problémem je bezpečný přenos příčných sil a s tím související vytvoření potřebné příčné tuhosti vedení dvojkolí. Využívá se dvou základních mechanických principů. V prvním případě jsou kývačky vetknuty do nápravy a společně s ní tvoří úhlově nepohyblivá spojení, tzn. že silentblok v kloubu je namáhán pouze smykem a svoji osovou tuhost převádí na příčnou tuhost vedení ložiskové skříně v rámu podvozku. Tímto systémem lze dosáhnout vyšších tuhostí, které jsou vhodnější pro provoz ve vysokých rychlostech, avšak ložiska jsou namáhána extrémním ohybovým momentem v místě vetknutí, který způsobuje, že nepostačuje klasická konstrukce nápravových ložisek. V druhém případě se používá sférické nápravové ložisko, které zaručuje, že silentblok v kloubu kývačky je namáhán, kromě osového zatížení, převážně ohybem. Tento způsob není tedy tak příčně tuhý. Používá se převážně v konstrukci vozů pro nižší rychlosti a v konstrukci tramvají. [3]

Kyvné rameno používané v podvozcích osobních vozů a jednotek, by mělo být tedy co možná nejkratší, aby byly sníženy momenty působící na ložiskovou skřín na minimum. Musí být také použita velmi únosná nápravová ložiska (nejčastěji kuželíkové kompaktní ložiskové jednotky) a kvalitní materiály (hlavně pružiny a pryžový silentblok v kloubu), aby byly zajištěny stálé mechanické parametry vedení. Vedení je vhodné pro provoz na kvalitních tratích, kde jsou omezeny příčné síly a svislé pohyby ložiskové skříně.

Vedení dvojkolí kyvným ramenem je typické pro podvozky bezkolébkové koncepce. Primární vypružení tvoří šroubovitě pružiny (zpravidla v duplexním nebo triplexním uspořádání). Sekundární vypružení bezkolébkových podvozků je zpravidla realizováno pomocí vzduchových pružin (starší podvozky pomocí šroubovitých flexi-coil pružin).



Obr. 28 Vedení kyvným ramenem podvozku Y 32, 1 – pryžová vložka, 2 – primární vypružení, 3 – ložisková skříň, 4 – kyvné rameno, 5 – konzola, 6 – podélník rámu podvozku, 7 – kloub se silentblokem



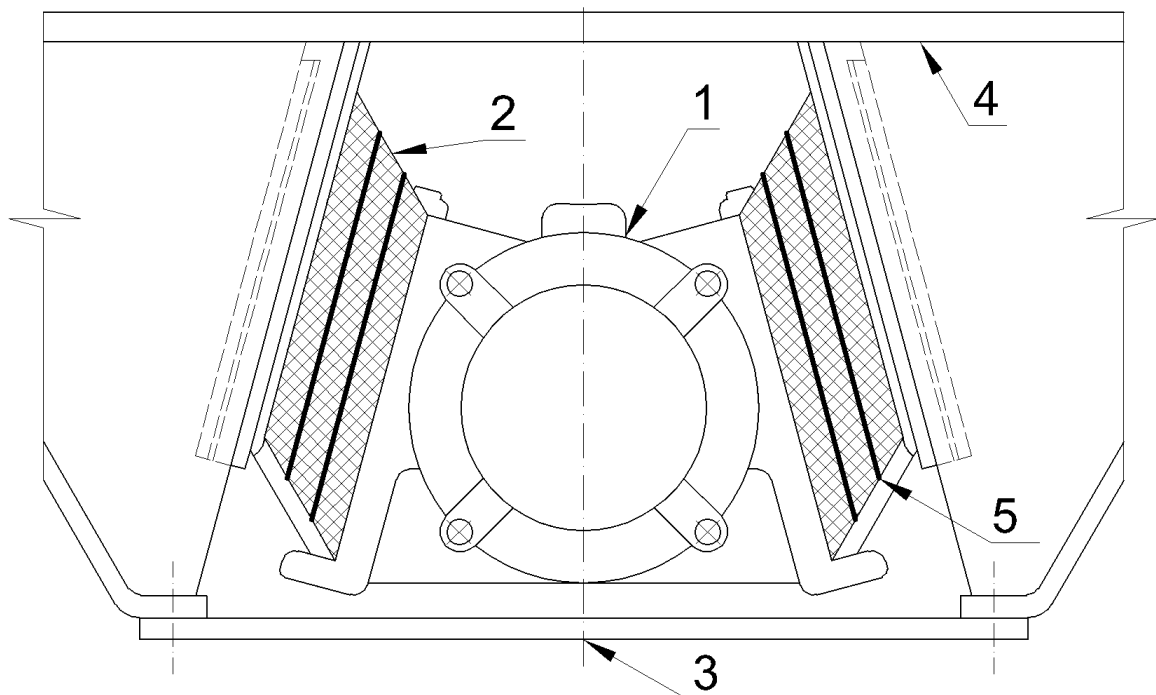
Obr. 29 Vedení dvojkolí kyvným ramenem běžného podvozku typu 8 – 834 elektrické jednotky řady 471 (Škoda Vagónka a.s.); [10]

2.5. Vedení dvojkolí pryží

Vedení se vyvinulo v šedesátých letech 20. století. Snahou bylo využít příznivých vlastností pryže, zejména možnost odlišení tuhostí v jednotlivých směrech zatěžování. Pružné pryžové bloky plní jak funkci vedení ložiskových skříní, tak funkci primárního vypružení podvozku.

Typickým představitelem této konstrukce vedení byl podvozek Tatra 1 – 740, který byl použit v 60. letech v konstrukci motorových vozů ČSD řady M 240 a přípojných vozů Balm. Bylo zde použito šikmých pryžových bloků, které jsou při svislém zatěžování namáhány kombinací smyku a tlaku, při příčném zatěžování jsou bloky namáhány pouze smykově a při podélném zatěžování pouze tlakově. Takové vedení je tedy ve svislém směru značně tuhé a poměr primárního a sekundárního vypružení je také nepříznivě velký. Vedení musí být proto kombinováno s poddajným rámem podvozku, aby byla dodržena bezpečnost proti vykolejení. Naproti tomu pryžové bloky mají velmi malou příčnou tuhost, tzn. příčné vypružení podvozku je velmi měkké. Proto se absolutně nehodí pro provoz v rychlostech vyšších jak 100 km/h.

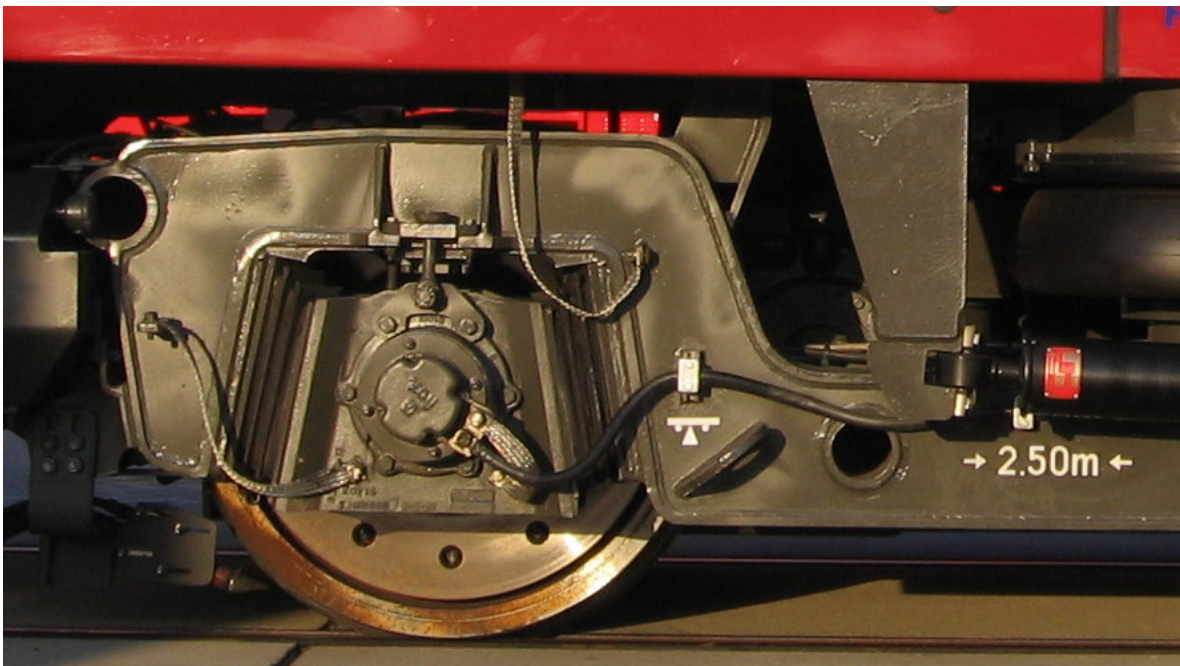
Moderní vedení dvojkolí pryží je konstruováno tak, že pružící pryžový blok je v šikmém směru proložen několika vrstvami plechu, které mají ve vodorovném řezu šípovitý tvar. Tím je dosaženo, že i při příčném zatěžování je blok zatěžován kombinací smyku a tlaku a tuhost vedení v příčném směru je podstatně vyšší. Tento typ vedení se nazývá „Megi“ a je využíván v některých podvozcích osobních vozů a jednotek lehčí stavby.



Obr. 30 Vedení „MEGI“, 1 – ložisková skříň, 2 – pryžový blok, 3 – spona zajišťující rovnoměrné zatěžování ložiskové skříně, 4 – podélník rámu podvozku, 5 – plech

Výhodou „Megi“ vedení je, že sklonem bloků a tloušťkou pryže lze velmi snadno dimenzovat tuhosti vypružení v jednotlivých směrech zatěžování. Přesto ale vedení není vhodné pro provoz do vysokých rychlostí. V podvozcích osobních vozů klasické stavby se zpravidla nepoužívá. V omezené míře se „Megi“ vedení používá v podvozcích jednotek určených pro provoz na regionálních tratích, kde není potřeba dosahovat vysokých rychlostí a je vhodné použít poddajnější vedení. Příkladem může být polská firma Pesa, která toto vedení používá v podvozcích svých elektrických a motorových jednotek.

Velkou nevýhodou všech typů vedení dvojkolí pryží je, že ho lze použít pouze pro vozy s nízkým užitečným zatížením. Další nevýhodou je změna mechanických vlastností pryže vlivem stárnutí. Tvrdost pryže je charakterizována stupni „Shore“ [°Sh]. Pro vedení „Megi“ se zpravidla užívá pryž o tvrdosti 50 °Sh



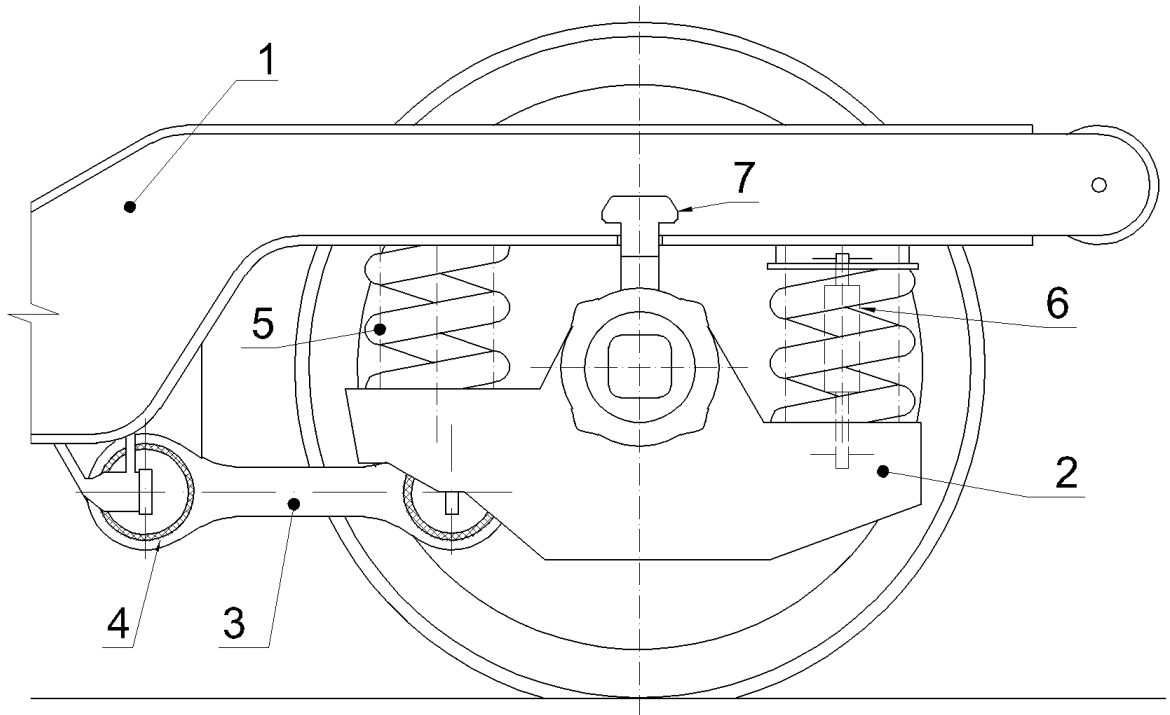
Obr. 31 Vedení dvojkolí „MEGI“ v podvozku polské el. jednotky ED – 74 (Pesa s.a.) [8]

2.6. Vedení ojníčkou

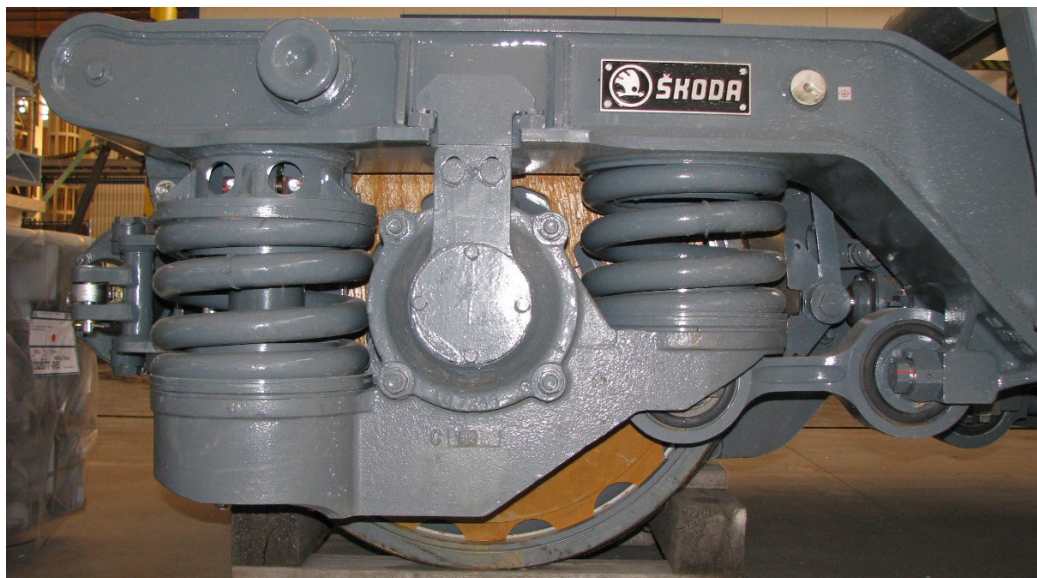
Přestože je tento typ vedení dvojkolí typický pro moderní lokomotivy z produkce společnosti Bombardier, vyskytuje se i v konstrukci osobních vozů a jednotek. Typickými představiteli jsou trakční podvozky pro elektrické jednotky z produkce společnosti Škoda Vagónka a.s.

Vedení ojníčkou představuje konstrukčně velmi jednoduché a bezúdržbové spojení podélníku rámu podvozku s ložiskovou skříní. Používá se v kombinaci se šroubovitými pružinami, které využívají flexi – coil efektu pro příčné vypružení. Ojníčka má na obou koncích oka, ve kterých jsou umístěny pryžové silentbloky. Ty zajišťují podélné vypružení a současně tlumí hluk a vibrace. Paralelně k pružinám primárního vypružení musí být umístěn hydraulický tlumič.

Velkou výhodou ojnickového vedení je tedy jeho nízká hmotnost, díky které není ložisková skříň přílišně namáhána přidavnými momenty. Další výhodou je absence třecích vazeb, které by způsobovaly přílišné opotřebení. Nevýhodou je, že mechanické vlastnosti pryžových silentbloků se vlivem jejich stárnutí mění.



Obr. 32 Vedení dvojkolí ojnickou – trakční podvozek typu 8 – 834 (Škoda Vagónka a.s.);
1 – podélník rámu podvozku, 2 – konzola ložiskové skříně, 3 – ojnička, 4 – silentblok,
5 – pružina primárního vypružení, 6 – hydraulický tlumič, 7 – podchytka,



Obr. 33 Vedení ojnickou trakčního podvozku 8 – 834 elektrické jednotky Českých drah řady 471 (Škoda Vagónka a.s.); [10]

Přehled v současnosti používaných typů vypružení a vedení dvojkolí v podvozcích vozů osobní přepravy	- 35 -	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------

3. VYPRUŽENÍ

Vypružení je nejdůležitější konstrukční částí pojezdu každého kolejového vozidla. Rozděluje se na primární vypružení, které zajišťuje pružnou vazbu mezi dvojkolím a rámem podvozku a na vypružení sekundární, které tvoří pružnou vazbu mezi podvozkem a skříní vozidla. Osobní podvozky běžné stavby mají oba dva stupně vypružení. Nákladní podvozky nemají zpravidla sekundární vypružení. Výjimkou je podvozek typu „Diamond“, který nemá primární vypružení, ale pouze sekundární. Jeho ložiskové skříně jsou pevně vázány k podélníkům podvozku.

3.1. Základní funkce vypružení

1. Snížení dynamických účinků mezi vozidlem a kolejí, maximální možná eliminace účinků svislých nerovností trati na vozidlo
2. Udržení přijatelné úrovně kmitavých pohybů skříně, zejména s ohledem na pohodlí cestujících
3. Zajištění rovnoměrného zatížení všech kol vozidla

3.2. Požadavky na návrh svislého vypružení

Svislé vypružení osobních vozů musí splňovat řadu důležitých požadavků. Nejdůležitější jsou požadavky na bezpečnost a kvalitu jízdy.

3.2.1. Zajištění výšky nárazníků

Musí být zajištěna minimální výška nárazníků bez ohledu na provozní režim vozu. V případě nedodržení tohoto požadavku by mohlo dojít k zaklesnutí dvou protějších nárazníků pod sebe a k následnému vykolejení vozu. Musí být také zaručena bezpečnost přechodu mezi sousedními vozy. Pro stanovení minimální přípustné výšky nárazníků nad rovinou temen kolejnic (dále jen TK) je nutné odečíst od jmenovité hodnoty výšky nárazníků jednotlivé tolerance a opotřebení nosných částí vozu, dále pak maximální možné opotřebení kol a toleranci tuhosti vypružení. Podle UIC je jmenovitá hodnota výšky nárazníku nad rovinou TK 1060 mm, jejich minimální přípustná výška pak tedy bude 980 mm.

3.2.2. Bezpečnost proti vykolejení

Vypružení musí zajistit rovnoměrné rozložení tíhy vozidla mezi všechna kola podvozku. Při jízdě po zborcené koleji nesmí vzniknout větší rozdíly kvazistatických zatížení kol jednoho dvojkolí než je dáno vyhláškou UIC 515 a normou ČSN EN 14 363.

Bezpečnost proti vykolejení není pouze funkcí svislého vypružení. Vliv na ní má také torzní tuhost rámu podvozku, tuhost příčné vazby dvojkolí k rámu podvozku, natáčivé uspořádání dvojkolí, rychlost jízdy a v neposlední řadě také úprava železničního svršku.

Přehled v současnosti používaných typů vypružení a vedení dvojkolí v podvozcích vozů osobní přepravy	- 36 -	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------

Bezpečnost proti vykolejení je stěžejním požadavkem na konstrukci podvozků. Základním způsobem jejího prokázání je praktická zkouška na trati nebo na speciálním zkušebním zařízení. Hodnotí se míra rizika vyšplhání okolku vodícího kola při působení vodorovné vodící síly Y a svislé kolové síly Q . Vozidlo je považováno za bezpečné proti vykolejení jsou – li dodrženy vztahy (1) a (2) uvedené v ČSN EN 14 363.

$$\frac{Q_1 - Q_2}{Q_1 + Q_2} \leq 0,6 \quad (1)$$

$$\frac{Y}{Q} \leq 1,2 \quad (2)$$

3.2.3. Komfort jízdy

Z hlediska pohodlí cestujících se sledují vlastní frekvence kmitání primárního (f_1) a sekundárního vypružení (f_2). Z fyziologického hlediska je pro člověka nejvýhodnější vlastní frekvence svislých kmitů v rozsahu 1 – 1,2 Hz. Frekvence vyšší než 4 Hz mohou vyvolávat nevolnost, frekvence výrazně nižší než 1 Hz mohou zase vyvolávat pocit „mořské nemoci“. Hodnota frekvence f_2 se porovnává s frekvencí svislých posuvných pohybů vozové skříňe ve snaze vyhnout se rezonanci. Doporučuje se, aby poměr obou frekvencí byl větší nebo roven $\sqrt{2}$.

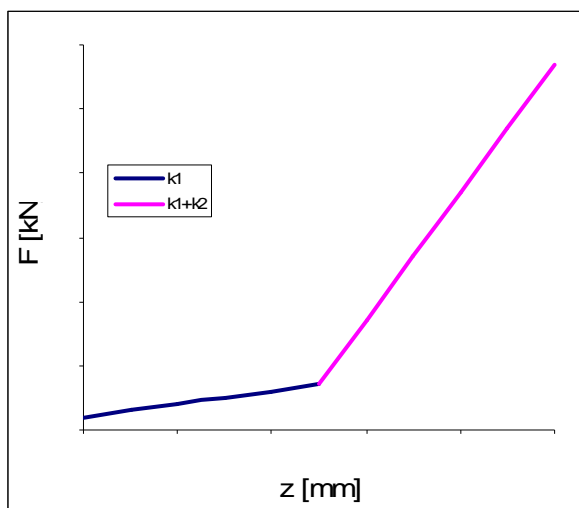
Z hlediska volby tuhostí primárního (k_1) a sekundárního (k_2) vypružení lze odlišit několik koncepčních přístupů:

- $\frac{k_1}{k_2} \rightarrow 0$ Celé vypružení je vloženo do 1. stupně, tato varianta je nejpříznivější z hlediska dynamických účinků na kolej. Je typická pro nákladní vozy, u osobních dvounápravových podvozků se nepoužívá.
- $\frac{k_1}{k_2} = 2 \approx 2,5$ Klasická koncepce vypružení osobních vozů, optimální poměr.
- $\frac{k_1}{k_2} = 4 \approx 10$ Velmi tuhé primární vypružení, nepříznivé účinky na trať. Tuto koncepci je možné použít pouze do nízkých rychlostí a v kombinaci s poddajným rámem podvozku.
- $\frac{k_1}{k_2} \rightarrow \infty$ Podvozek má pouze sekundární vypružení, vyžaduje poddajný rám podvozku (např. nákladní podvozek typu „Diamond“), u osobních vozů se ale nepoužívá.

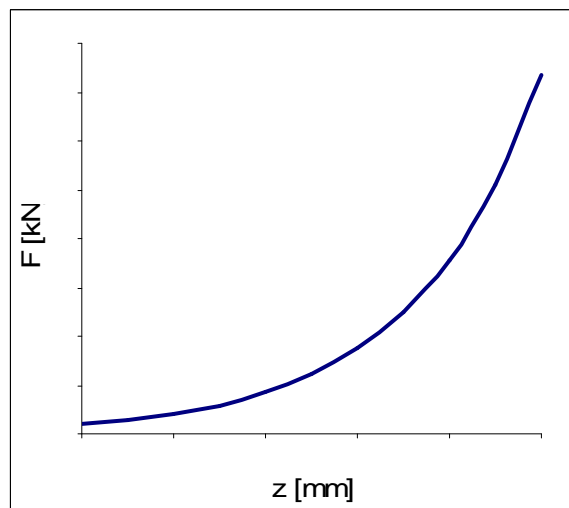
3.2.4. Charakteristika vypružení

Charakteristika svislého vypružení je závislost deformace pružícího prvku na zatěžující síle. Poměr těchto dvou veličin se nazývá tuhost vypružení. Protože jeden ze základních požadavků na svislé vypružení je, aby zajišťovalo stále stejnou výšku skříně nad rovinou TK, musí být dodrženy maximální možné deformace vypružení vozu, a to jak v prázdném tak v loženém stavu¹.

Při návrhu svislého vypružení hrají tedy důležitou roli velikosti svislých sil působících na jednotlivé stupně vypružení v prázdném a loženém stavu a jejich dynamický rozsah. Je potřeba ale brát v úvahu také požadovanou míru svislého sednutí vypružení. Z těchto požadavků vyplývá, že charakteristika vypružení by měla být progresivní, tzn. při malém zatížení vypružení stačí malá tuhost, protože deformace jsou v přijatelných mezích. Naproti tomu při velkém zatížení vozu by měla být tuhost vypružení větší, aby nebyly svislé deformace překročeny. Této charakteristiky lze dosáhnout pouze u vzduchových pružin. Ocelové pružiny mají charakteristiku lineární, progresivní charakteristice se lze pouze přiblížit pomocí lomené charakteristiky, které lze dosáhnout paralelním seřazením dvou nebo tří šroubovitých pružin, kdy po vyčerpání vůle při zatížení jedné pružiny dojde k dosednutí na druhou pružinu a tím se zvýší celková tuhost. Další možností je použití vícesvazkové pružnice.



Obr. 34 Lomená charakteristika

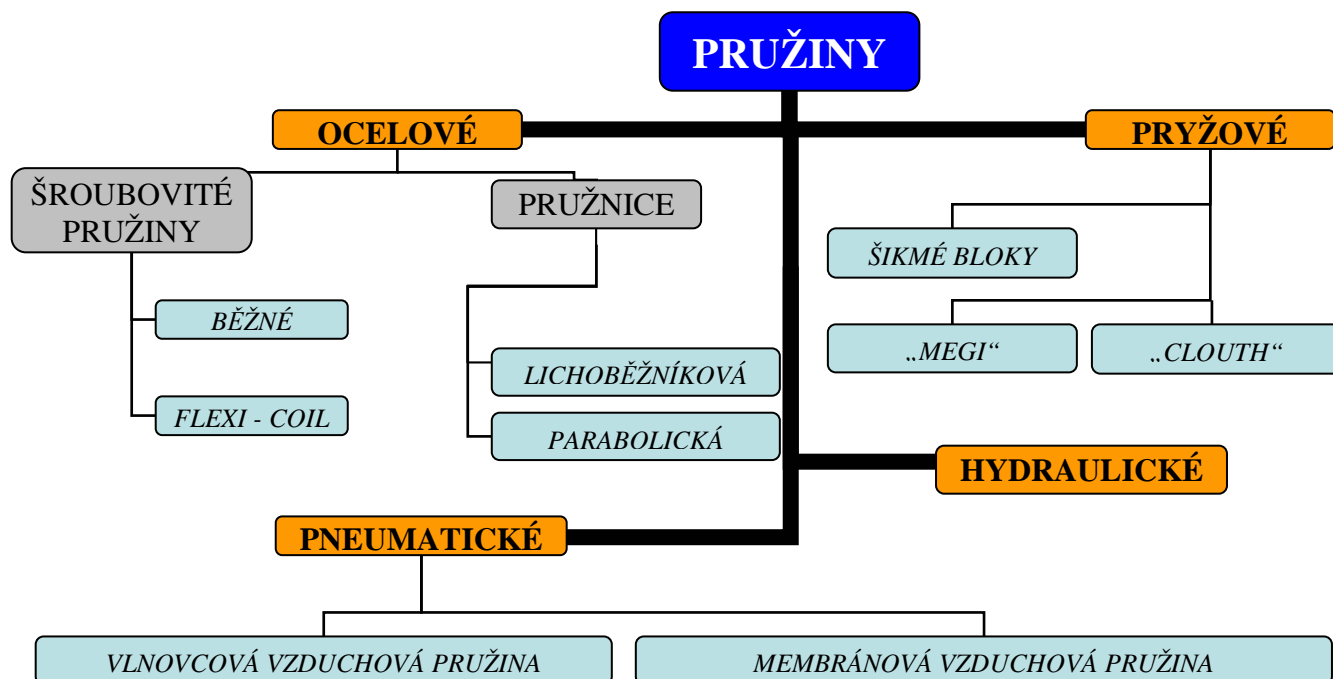


Obr. 35 Progresivní charakteristika

¹ Požadavek lomené charakteristiky je stěžejní pro konstrukci podvozků nákladních vozů, u kterých může být rozdíl mezi váhou v prázdném a loženém stavu až čtyřnásobný, což znamená nutnost velké změny tuhosti vypružení mezi oběma provozními stavy. U osobních vozů je maximální hmotnost pouze asi 1,3 až 1,4 násobek hmotnosti v pohotovostním stavu, proto postačuje použití klasických šroubovitých pružin s lineární charakteristikou. Pro osobní vozy s velkým užitečným zatížením (především patrové jednotky) je vhodnější použití pneumatických pružin s progresivní charakteristikou.

3.3. Prvky svislého vypružení

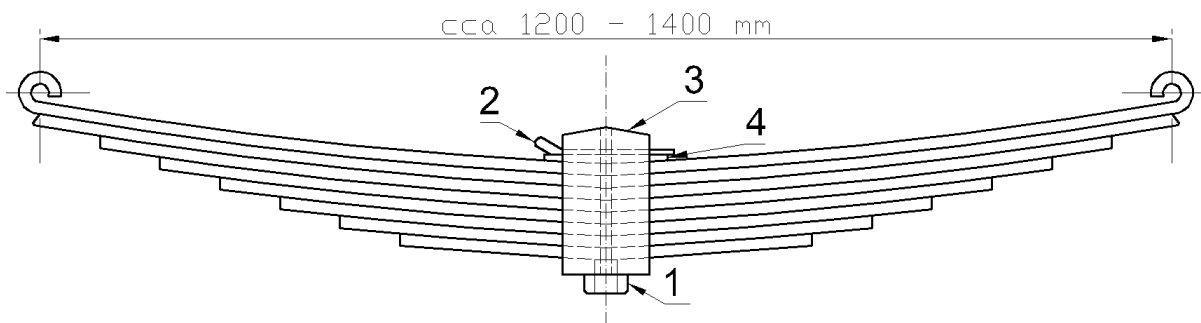
Základní prvky svislého vypružení lze rozdělit na pružiny a tlumiče. Základní rozdělení pružin je uvedeno v následujícím diagramu.



3.3.1. Lichoběžníková pružnice

Tento typ pružícího prvku se ve vypružení osobních vozů hojně používal v minulosti. Dnes je rozšířen pouze u nákladních podvozků (podvozek 26 – 2.8, unifikovaný pojezd UIC 517, podvozek UIC 30). U osobních vozů ji lze spatřit snad už jen na „Pensylvánském podvozku“ (obr. 3), kde v dvojitém uspořádání tvoří sekundární vypružení. K dosažení lomené charakteristiky svislého vypružení se vyrábí dvousvazkové pružnice. Při nízkém zatížení pruží pouze první svazek, po zatížení a vyčerpání vůlí mezi svazky se k pružení připojí i dolní svazek.

Listy pružnice jsou všechny stejně široké a vysoké, délka je odstupňována tak, že pokud by se jednotlivě poskládaly vedle sebe, tvořily by lichoběžník. Nejčastěji se vyrábějí z ocelí 13 270 (60Si7 – EN) a 14 260 (54SiCr6 – DIN). Pružnice je namáhána ohybem a svou konstrukcí má zaručeno vnitřní tření, které působí jako tlumení. Jednotlivé listy na sebe přiléhají téměř celou svou délkou, což znamená poměrně velké třecí plochy. Ty se navíc vlivem opotřebení v provozu mění, čímž způsobují změnu tlumících vlastností pružnice. Další nevýhodou je také velká hmotnost a velké zastavovací rozměry.



Obr. 36 Lichoběžníková pružnice; 1 – čep objímky, 2 – klín, 3 – objímka, 4 – příložka; [1]

3.3.2. Parabolická pružnice

Jedná se o novější typ pružnic. Na rozdíl od pružnice lichoběžníkové jsou všechny listy stejně dlouhé, nemají ale konstantní průřez. Nedotýkají se také v celé své délce, ale pouze v přesně vymezených plochách na svých koncích. Tato konstrukce sice eliminuje vzájemné opotřebené listů na minimální možnou míru, i tak je ale změna tlumících vlastností pružnice vlivem opotřebení v provozu velkou nevýhodou. Dalšími nevýhodami je, stejně jako u lichoběžníkové pružnice, velká hmotnost a velké rozměrové nároky. K dosažení lomené charakteristiky se také konstruuje jako dvousvazková, případně s volným posledním listem. Pružnice se vyskytuje v konstrukci modernějších nákladních podvozků (DB 665), u osobních vozů se nepoužívá.

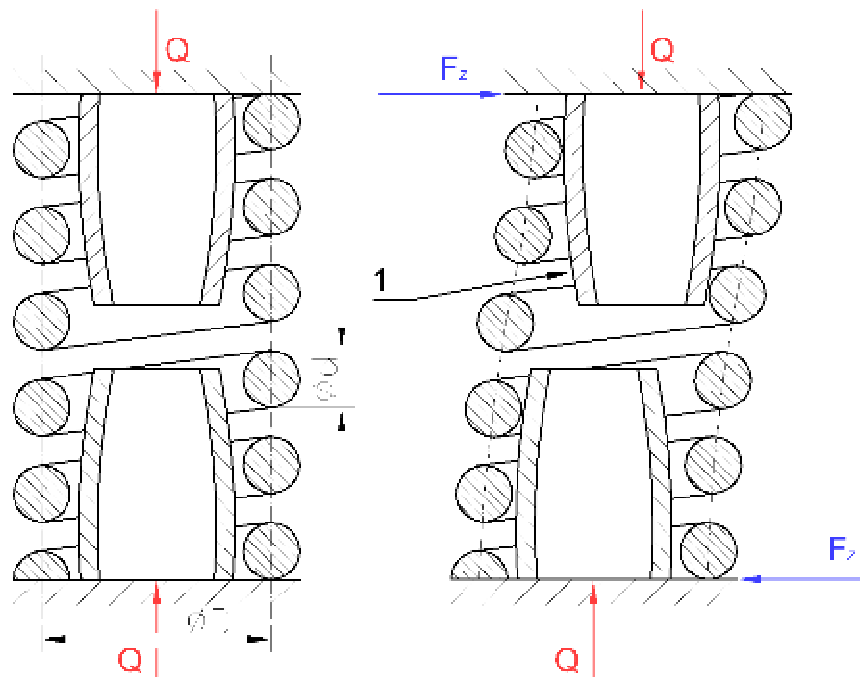
3.3.3. Šroubovitá pružina

Šroubovitě válcové pružiny jsou jednoznačně nejvhodnějšími ocelovými pružícími prvky v soustavě primárního vypružení kolejových vozidel. V systému sekundárního vypružení moderních osobních podvozků jsou ale pomalu vytlačovány pružinami pneumatickými. Šroubovitě pružiny jsou výhodné svými poměrně malými rozměry a hmotností. Dále i nenáročnou údržbou a dobrým využitím materiálu. Jelikož se při činnosti pružiny nevyskytuje vnitřní tření, které by působilo jako tlumení, musí pracovat v součinnosti se samostatnými tlumiči.

Z důvodů omezených zástavbových rozměrů v podvozku, nízkého sednutí nebo lomené charakteristiky jsou pružiny často řazeny duplexně nebo triplexně. Tlumeny jsou hydraulickými tlumiči, systém vypružení musí být také opatřen svislou narážkou, aby nedošlo k dosednutí závitů pružin. Dnes jsou v sekundárním vypružení osobních vozů hojně používány šroubovitě pružiny typu „flexi – coil“, které působí nejen jako svislé, ale i jako příčné vypružení. Namáhání těchto pružin je mimořádné a klade velké nároky na jejich výrobu a kvalitu. Z hlediska použití je lze rozdělit na aktivní, u kterých se vyžaduje zejména přesné zaujímání polohy odpovídající stavu bez příčného zatížení a na pasivní, které jsou deformovány příčným ohybem a nejsou u nich ale kladeny nároky na přesné zaujímání

polohy odpovídající stavu bez příčného zatížení. „Flexi – coil“ pružiny musí být také zajištěny proti překročení maximální míry příčného a podélného vybočení. [4]

Pružiny jsou vinuty za tepla z drátu kruhového průřezu, konce pružin (závěrné závity) jsou zbroušeny do roviny kolmé k ose pružiny a přihnuty ke krajním činným závitům. Materiálem pro výrobu pružin je nejčastěji zušlechtěná ocel 14 260 (54SiCr6 – DIN). [1]



Obr. 37 Princip funkce „flexi – coil“ pružiny; Q – svislá zatěžující síla, F_z – podélná zatěžující síla, ϕd – průměr drátu, ϕD – střední průměr pružiny; 1 – svislá nárazka

3.3.4. Pryžové pružící prvky

Pryžové pružící prvky mají v podvozcích kolejových vozidel velmi různorodé použití. Je to dáno tím, že se v mnoha svých vlastnostech podstatně liší od kovů a jiných materiálů. Pryž se vyznačuje schopností velkého pružného přetváření, stálým objemem a značným vnitřním třením. Na rozdíl od kovů neplatí u pryže jednoduché vztahy mezi napětím a přetvořením. Moduly pružnosti ve smyku a v tlaku jsou u pryže proměnné, proto lze výpočty uplatnit jen u jednoduchých případů. Objektivní výsledky lze získat jen zkouškami při skutečných provozních podmínkách. Významný vliv na mechanické vlastnosti pryže má také tvar samotného průřezu tělesa a teplotní podmínky, ve kterých je provozována. Pryž vzniká smíšením kaučuku a přísad. Zvýšení pružnosti a tepelné i chemické odolnosti se dosáhne přimísením síry – vulkanizací. Během vulkanizace má pryž schopnost se spojovat s kovy. Toto spojení je pak stejně pevné jako pryž sama. Měrnou hmotnost, tvrdost, pevnost a chemickou odolnost ovlivňují především plnidla (saze, kaolín, křída, síran barnatý aj.). [1]

Praktické uplatnění nacházejí pryžové prvky v pojezdech kolejových vozidel jen v podmínkách namáhání na tlak, smyk a kombinací smyku a tlaku. Častěji se pryže používá v součástech pro pružný přenos působících sil – vypružená táhla, tyče, ojnice, podložky

Přehled v současnosti používaných typů vypružení a vedení dvojkolí v podvozcích vozů osobní přepravy	- 41 -	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------

pružin a závěsek tlumící hluk a rázy. V konstrukci samotného vypružení osobních podvozků se pryž používá sice méně, lze ale nalézt některé zajímavé konstrukce. Jak jsem již uvedl v kapitole 2.5, pokud je použito pryže, tvoří téměř vždy primární vypružení a vedení dvojkolí současně. Příkladem moderního provedení může být vedení typu „Megi“ na obrázku č. 30 nebo vypružení kuželovými pryžokovovými silentbloky podvozku SF 4000, které je uvedeno v kapitole č. 5.2.1 (obr. 81 a obr. 82). Další zajímavé a praktické využití pryže ve vedení dvojkolí je vidět u podvozků rychlovlaků TGV a AGV, uvedených v kapitolách č. 2.2.6 a 5.3.2. Obecně můžeme o vypružení pryží říct, že lze použít pouze pro vozy s nízkým užitečným zatížením. Proto nachází spíše uplatnění u příměstských vozidel lehké stavby a u tramvají. Těchto konstrukcí existuje nespočetné množství. Jako příklad lze uvést vedení nápravového ložiska typu „Clouth“, „Neidhart“, „Fried“, pryžové pružiny typu „Glockenfeder“ a další.

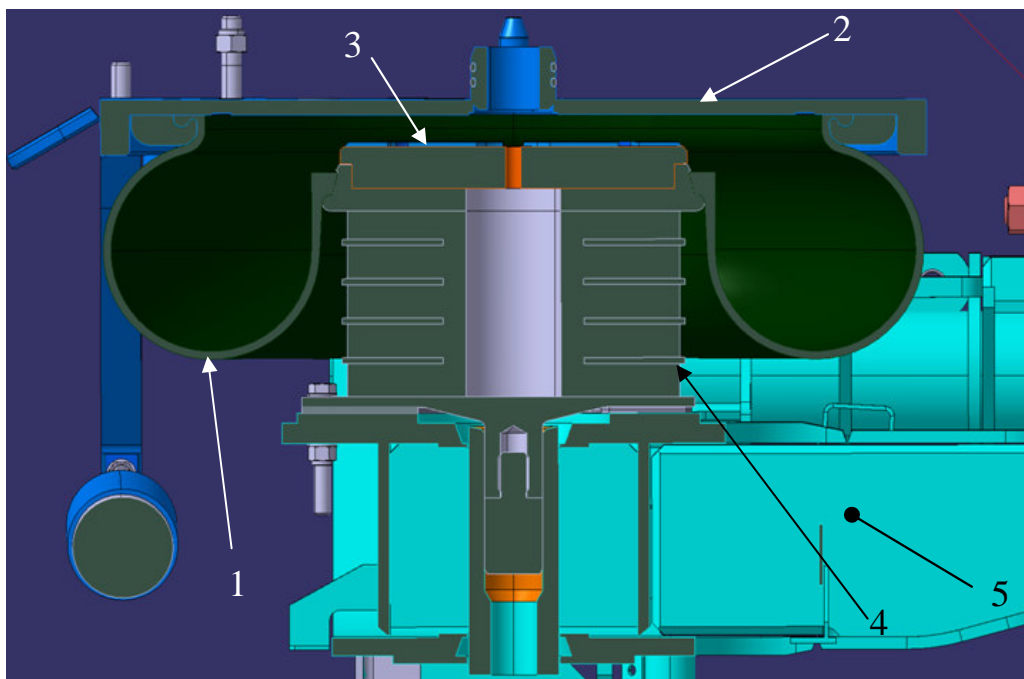
3.3.5. Pneumatické vypružení

Vzduchové vypružení využívá pružnosti stlačeného vzduchu uzavřeného v pružném obalu, který tvoří vzduchová pružina. Použitím tohoto typu vypružení lze u vozidel daleko lépe dosáhnout požadované tuhosti a požadovaných frekvencí vlastního kmitání. Velikost objemu pružícího vzduchu na kterém závisí tuhost vypružení je zvětšena přídavným vzduchojemem. Tlak vzduchu v pracovním prostoru samotné vzduchové pružiny je řízen ventilem v závislosti na jejím zatížení tak, aby byla zachována stále stejná výška. Tím se současně docílí zachování stále stejné výšky nárazníků nad TK a rovnoměrnějšího rozložení svislé tíhy vozu mezi obě kola. Řídící ventily jsou připojeny na zásobní vzduchojem, který funguje jako zdroj tlakového vzduchu. Vzduch je možno odebírat přímo z hlavního potrubí brzdy, u ucelených jednotek ze zvláštního potrubí. Maximální pracovní tlak vzduchu se pohybuje v rozmezí 6 – 8 bar. [1]

Největší výhodou vzduchového vypružení je tedy velmi jednoduché dosažení požadované progresivní charakteristiky vypružení a také nízká hmotnost samotných pružin. Nevýhodou jsou větší rozměry pružiny a také závislost na tlakovém vzduchu. S tím je spojená vyšší náročnost na kontrolu a údržbu. Pružiny nemají tedy prakticky žádné vnitřní tlumení, proto musí být kvalitně tlumeny hydraulickými tlumiči ve všech směrech pohybu.

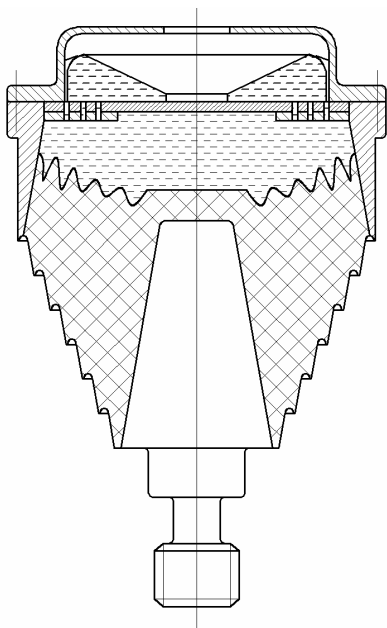
Existují dvě základní provedení vzduchových pružin. Prvním typem je pružina vlnovcová, která je tvořena pryžovým vlnovcem s kordovou vložkou. Pomocí této pružiny nelze ale realizovat příčné vypružení, proto se v konstrukci osobních podvozků už nepoužívá. Druhým typem je membránová vzduchová pružina, hojně používána v sekundárním vypružení osobních bezkolébkových podvozků. V pevném válcovém tělese pod pružinou se pohybuje píst. Těsnění mezi stěnami válce a pístem je vytvořeno membránou, která se při pohybu deformuje. Výhodou je možnost vhodným tvarem membrány, pístu a válce ovlivňovat závislost efektivní plochy na jejím stlačení. Membránové pružiny jsou stabilnější, svou konstrukcí jsou také vhodné pro realizaci příčného vypružení skříň. Skříň je často

ukládána přímo na pneumatické pružiny, které pak také slouží k realizaci natáčení podvozku pod skříní. V případě vyřazení pružiny z provozu je opatřena nouzovými kluznicemi, na které dosednou horní opěrné desky. Porucha může nastat vyřazením regulačního ventilu z provozu nebo jiným mechanickým poškozením pružiny. [1]



Obr. 38 Řez membránovou vzduchovou pružinou sekundárního vypružení (běžný podvozek typu 8 – 848 – Škoda Vagónka a.s.); 1 – membrána, 2 – pomocný nosník, 3 – kluznice, 4 – nouzové vypružení, 5 – příčník rámu podvozku; [10]

3.3.6. Hydraulické vypružení



Hydraulická pružina je založena na principu elastomerového vypružení. Sestává z gumokovové pružiny ve své spodní části a z tlumicí jednotky vytvořené dutinou nad gumokovovou pružinou, vyplněnou tlumicí kapalinou a předělenou pevnou příčkou s několika průtočnými škrťacími otvory. Shora je tlumicí jednotka uzavřena pružnou těsnicí membránou. Při stlačování hydraulické pružiny protéká tlumicí kapalina škrťacími otvory ze spodní části do horní pracovní komory. Průtokovými ztrátami je vytvářen tlumicí efekt. Při odlehčení je tlumicí kapalina tlakem membrány vracena zpět. [1]

Vypružení funguje současně jako vedení ložiskových skříní, používá se v konstrukci moderních nákladních podvozků, v osobních podvozcích se ale příliš nevyskytuje.

Obr. 39 Hydraulická pružina CONTITECH

3.3.7. Závěsy

Závěsy jsou důležitým konstrukčním prvkem sekundárního vypružení osobních podvozků kolébkové koncepce. Tvoří vazbu mezi podélníkem rámu podvozku a spodní částí kolébky, na které pak spočívají pružiny sekundárního vypružení. Závěska funguje na principu fyzikálního kyvadla a tím umožňuje příčné vypružení zavěšené kolébky a skříně. Zpravidla je zavěšena svisle, je – li ale potřeba eliminovat přílišné naklápění skříně, lze použít šikmou závěsku, která je pod určitým úhlem odkloněna od svislice. Tím je snížen pól náklonu vozové skříně a omezeno její příčné kolébání. Tato koncepce je mimo jiné použita u podvozků GP 200. U osobních podvozků jsou často používány výškově stavitelné závěsky, pomocí kterých lze postupně eliminovat změnu výšky podvozku vlivem ojetí kol. Z důvodu snížení přenosu hluku a vibrací jsou často podkládány pryžovými prvky. Závěsky jsou v provozu extrémně namáhány, proto musí být mimořádně únosné a odolné. Kolébka musí být také zajištěna podchytkou, která funguje v případě přetržení závěsky.



Obr. 40 Šikmý závěs podvozku GP 200

3.3.8. Tlumiče

Jak již bylo napsáno, tlumiče se paralelně zařazují k těm pružinám, které nemají dostatečně velké vlastní tlumení. Jejich úkolem je snižovat amplitudy kmitání vypružených částí a také zabraňovat případné rezonanci. Podle původu tlumící síly, kterou tlumiče při svém pohybu vyvozují se dělí na třecí a hydraulické.

Třecí tlumiče se používají pouze v konstrukci nákladních podvozků, typickým představitelem je třecí tlumič typu „Lenoir“ v podvozku Y25 nebo klínový třecí tlumič v systému sekundárního vypružení podvozku „Diamond“. Jejich nevýhodou je, že nelze tlumící sílu regulovat v závislosti na rychlosti pohybu, proto se v konstrukci osobních podvozků nepoužívají.

Naproti tomu teleskopické hydraulické tlumiče jsou v systémech vypružení osobních podvozků nezbytné. Tento typ tlumiče je vložen mezi dva vzájemně vypružené díly a jeho princip spočívá v řízeném průtoku kapaliny škrťacími otvory při pohybu pístu ve válci tlumiče. Tento pohyb kapaliny je regulován soustavou průtokových otvorů, kanálů a ventilů, čímž je vyvozována potřebná tlumící síla.

Přehled v současnosti používaných typů vypružení a vedení dvojkolí v podvozcích vozů osobní přepravy	- 44 -	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------

4. KONSTRUKCE OSOBNÍCH PODVOZKŮ

Soubor konstrukčních sestav kolejového vozidla určených k nesení a vedení vozové skříně po koleji se nazývá pojezd. Podvozek je pojezd nebo část pojezdu vyznačující se samostatným rámem, který je v určitých mezích pohyblivý vůči spodku vozové skříně. Podvozek musí být uceleným a vzájemně optimálně spolupracujícím souborem konstrukčních sestav. V provozu se podvozek projevuje množstvím vlastností se složitými vzájemnými vazbami, které jsou mu vtisknuty na základě konkrétního zadání. Vytvoření nového a úspěšného podvozku předpokládá dokonalou existenci výrobní základny konstrukčních prvků, dokonalou teoretickou znalost problematiky podvozků. Velmi důležité je také zvolení vhodné koncepce budoucího podvozku a jeho následné dokonalé konstrukční zpracování. Teoreticky stanovené vlastnosti nového podvozku je nutné ověřit měřením i provozem, potom případně dopracovat a doladit provozní parametry. Koncepci podvozku nelze vytvořit náhodnou kombinací jednotlivých konkrétně vyřešených konstrukčních skupin. Musí být sledována jak jejich vzájemná spolupráce tak výsledné působení. Nalezení optimální kombinace pak může být dlouholetou výzkumnou a vývojovou záležitostí. Dlouholeté zkušenosti výrobců ukazují, že podvozky jednoúčelové mohou být technicky daleko lépe připraveny a provozně – ekonomicky výhodnější než podvozky univerzální. [3]

Konstrukční etapy vývoje nového podvozku:

1. **Vzorek podvozku:** jsou na něm zkoušeny a ověřovány jednotlivé nově vyvíjené konstrukční skupiny a uzly; výstup může být i negativní
2. **Prototyp podvozku:** jejich koncepce je již zcela jasná, pouze se doladují pevnostní, chodové nebo brzdové vlastnosti
3. **Ověřovací série:** předchází pouze větším sériím podvozků, je již na vysokém stupni technického dotvoření
4. **Sériové provedení podvozku:** podvozek je konstrukčně zcela hotový, doladují se pouze drobnější záležitosti racionalizace výroby

4.1. Rozdělení podvozků podle způsobu použití

4.1.1. Podvozky pro osobní vozy běžné stavby

Osobní podvozky mají vždy 2 stupně svislého vypružení. V nejběžnějších a nejrozšířenějších provedeních mají rozvor max. 2500 mm a jsou schopny provozu maximálními rychlostmi 160 – 200 km/h. Nosnost na nápravu bývá max. 15t. Vedení dvojkolí bývá bez opotřebením nebo s malým opotřebením, podle použití podvozku buď tuhé nebo poddajné. Primární vypružení bývá zpravidla realizováno pomocí šroubovitých pružin, sekundární vypružení pomocí vzduchových nebo šroubovitých pružin. Příčné vypružení bývá realizováno s proměnnými vůlemi. Vypružení podvozků bývá tlumeno pomocí hydraulických

Přehled v současnosti používaných typů vypružení a vedení dvojkolí v podvozcích vozů osobní přepravy	- 45 -	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------

tlumičů ve svislém i příčném směru, pro rychlosti nad 160 km/h je nutný tlumič vrtivých pohybů podvozku. Brzdy se dnes konstruují výhradně kotoučové, max. s jednostrannou čisticí zdrží a jsou doplněny protiskluzovým zařízením. Pro rychlosti nad 160 km/h je nezbytná elektromagnetická kolejnicová brzda. Klasická zdržová brzda je ale stále k vidění na podvozcích starší konstrukce. [3]

4.1.2. Podvozky pro vysoké rychlosti

Jedná se o podvozky, které z pevnostního, chodového a brzdového hlediska vyhovují provozu vysokými rychlostmi (přes 200 km/h). Vyznačují se podélně a příčně velmi tuhým vedením ložiskových skříní, které bývají speciální konstrukce s integrovanými snímači horkoběžnosti, otáček aj. Svislé a příčné vypružení bývá poměrně „měkké“, příčné vůle příčného vypružení musí být zvětšeny. Nutné jsou také hydraulické tlumiče v příčném a svislém směru a tlumiče vrtivých pohybů podvozků. Podvozek musí být dostatečně odhlučněn. Brzda je vždy kotoučová a pro nouzové brzdění musí být podvozek vybaven elektromagnetickou brzdou. Podvozky pro provoz rychlostí 300 km/h a více musí být vybaveny brzdou vířivou. Nosnost podvozků bývá max. 10t na nápravu, lze je tedy použít pouze pro vozy s nízkým užitečným zatížením. [3]

4.1.3. Podvozky pro vozy s naklápěcími skříněmi

Jsou to osobní podvozky pro vysoké rychlosti, zpravidla doplněné zvláštními mechanismy pro naklápění vozových skříní, které zčásti eliminují vliv nevyrovnaného příčného zrychlení při jízdě obloukem na cestující. Naklápění může probíhat samočinně, kdy je skříň zavěšena na principu fyzikálního kyvadla, nebo nuceně. Nucené naklápění je realizováno pomocí systému automatické regulace náklonu, který pracuje podle okamžité polohy vozu na přechodnici. Vozy s naklápěcími skříněmi značně zvyšují jízdní komfort a umožňují zvýšení rychlosti jízdy stávajícími oblouky. [3]

4.1.4. Jakobsovy podvozky

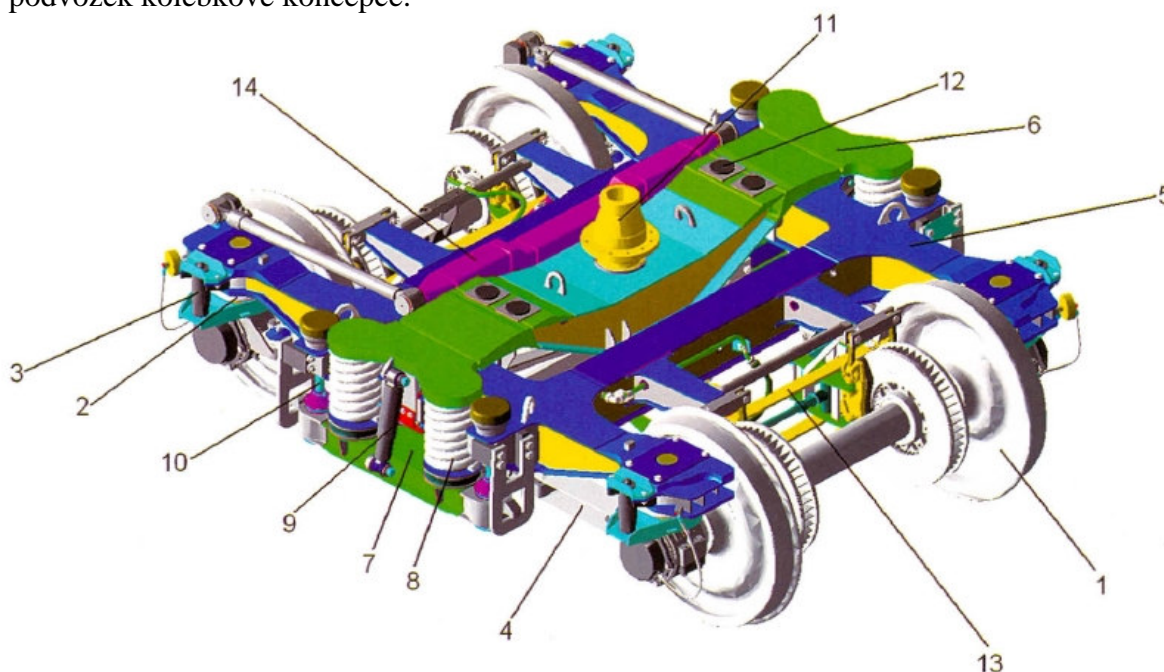
Tímto termínem bývají označovány osobní podvozky nejrůznějších konstrukcí, které nesou čela dvou sousedních skříní při článkovém uspořádání soupravy. Toto uspořádání ale způsobuje přílišný svislý kolový tlak. Proto lze podvozky jakobsovy konstrukce použít pouze na vozech s nízkým užitečným zatížením. Další nevýhodou je komplikované spojení skříně s podvozkem, které musí zajistit bezpečný přenos všech sil z obou skříní pomocí jednoho podvozku. V případě závady na jednom podvozkem je navíc vyřazena celá souprava. Přesto se zejména v konstrukci vysokorychlostních a regionálních souprav uplatňují stále více, protože velmi snižují hmotnost celé soupravy. [3]

4.1.5. Osobní podvozky pro provoz na regionálních tratích

Regionální tratě po celé Evropě jsou zpravidla velmi obloukovité. Je to způsobeno nejen složitým reliéfem krajiny, ale také tím, že hodně těchto tratí bylo postaveno před více než sto lety, kdy nebyly stavební možnosti na takové technické úrovni jako dnes. Tratě byly vedeny zpravidla po vrstevnici, což znamená nespočetné množství oblouků. Podvozky provozované na regionálních tratích by tedy měly být těmto podmínkám uzpůsobeny. Jedná se především o naladění tuhosti vedení. Obecně lze říct, že pro provoz na přímých tratích je vhodné vedení tuhé, zatímco pro provoz na tratích obloukovitých je vhodnější vedení poddajnější, které umožňuje určité radiální stavění dvojkolí v oblouku a tím snižuje vzájemné silové účinky mezi kolem a kolejnicí.

4.2. Základní konstrukční celky osobního podvozku

Za svou historii prošla konstrukce osobních podvozků velkým vývojem. Jednotlivé detaily se sice liší, přesto se ale dá osobní podvozky rozdělit na dvě základní konstrukční kategorie (viz. kap. 4.3). Hlavní částí podvozku je rám, který je zpravidla tvaru dvojitého písmene “H” a skládá se ze dvou podélníků a příčníků (zpravidla nemá čelníky). Další části jsou popsány na obrázku č. 41, který ukazuje podvozek MD 523, což je moderní evropský podvozek kolébkové koncepce.



Obr. 41 Podvozek MD 523, 1 – dvojkolí s brzdovými kotouči a kompaktními ložiskovými jednotkami, 2 – pružina primárního vypružení, 3 – hydraulický tlumič zařazený paralelně k primárnímu vypružení, 4 – vedení dvojkolí, 5 – podélník rámu podvozku, 6 – horní část kolébky, 7 – nosič pružin sekundárního vypružení (spodní část kolébky), 8 – pružina sekundárního vypružení, 9 – hydraulický tlumič, 10 – závěska, 11 – otočný čep, 12 – kluznice, 13 – brzdové pákoví, 14 – torzní stabilizátor; [5]

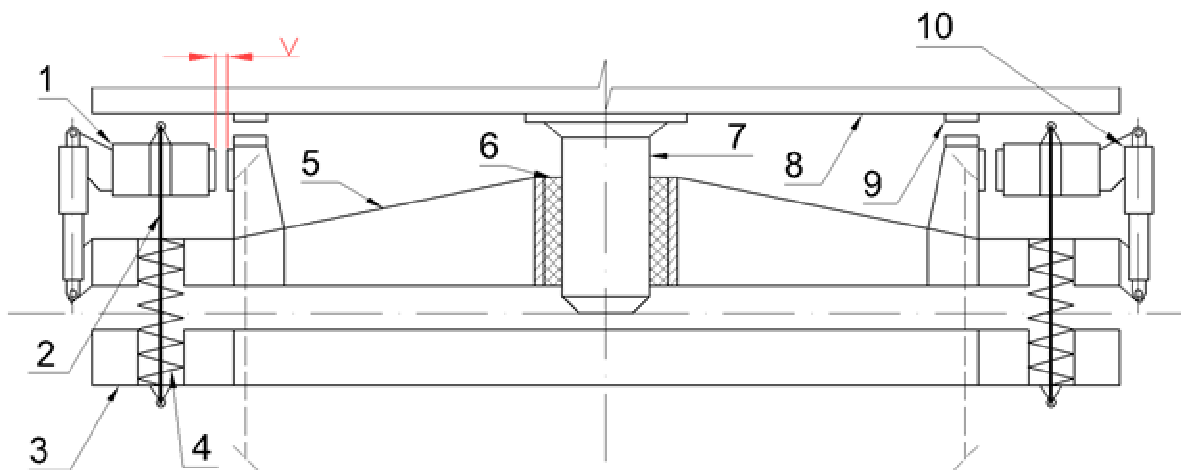
4.3. Rozdělení podvozků podle konstrukční koncepce

4.3.1. Podvozky kolébkové koncepce

Kolébkové podvozky osobních vozů jsou vývojově starší než podvozky bezkolébkové a jejich výhoda spočívá v technologicky méně náročné výrobě, než je tomu u podvozků bezkolébkových, protože rám je svařován převážně z rovných a prismatických nebo méně tvarově složitých profilů. Nevýhodou je větší hmotnost podvozku a složitá konstrukce.

V podélníku rámu podvozku je zavěšena závěska. Ta plní funkci příčného vypružení a svým dolním okem nese spodní část kolébky, která plní funkci nosiče pružin. Horní část kolébky je masivní nosník, zpravidla skříňového profilu, který spočívá přímo na pružinách sekundárního vypružení. Paralelně s pružinami sekundárního vypružení musí být zařazen hydraulický tlumič. V ose horní části kolébky je kruhový otvor, v němž je umístěn silentblok. Do něj zapadá otočný čep umístěný na spodku vozové skříně. Tím je vytvořena pružná vazba skříně s podvozkem. Samotná vozová skříň pak spočívá svými kluznicemi na kluznicích horní kolébky. Příčný pohyb skříně vůči rámu podvozku musí být zaručen. Vůle se pohybuje v rozmezí 22 – 25 mm. Proti jejímu překročení jsou v podvozků umístěny příčné nárazky.

Přenos sil se zpravidla realizuje pomocí podélních vypružených ojníc nebo táhel, u starších konstrukcí pomocí pryžových prvků umístěných mezi kolébkou a příčníky rámu podvozku (Görlitz V)



Obr. 42 Schématický řez kolébkou osobního podvozku, 1 – podélník rámu podvozku, 2 – závěska, 3 – spodní část kolébky (nosič pružin), 4 – sekundární vypružení, 5 – horní část kolébky, 6 – silentblok, 7 – otočný čep, 8 – spodek vozové skříně, 9 – kluznice, 10 – hydraulický tlumič, v – příčná vůle skříně - podvozek

4.3.2. Podvozky bezkolébkové koncepce

Jedná se o novější koncepci konstrukce osobních podvozků, která se začala masivně rozšiřovat s nástupem vzduchových pružin a šroubovitých flexi – coil pružin coby prvků sekundárního vypružení. Rám se skládá ze dvou prohnutých podélníků a příčnicku, vozová skříň spočívá přímo na pružinách sekundárního vypružení a je zajištěna pomocí otočného čepu, který je upevněn na spodku vozové skříně a prochází příčnickem rámu podvozku. Zde bývají umístěny příčné narážky pro omezení příčných vůlí mezi skříňí a podvozkem. Přenos provozních sil z podvozku na skříň je realizován pomocí tzv. lemniskátového mechanismu. Tento mechanismus je tvořen ojnicemi a umožňuje jak svislé pohyby skříně vůči rámu podvozku při svislém vypružení, tak příčné pohyby i natáčení rámu podvozku vůči skříni.

Jednoduchost konstrukce a značná úspora materiálu je tedy největší výhodou bezkolébkových podvozků oproti podvozkům kolébkovým. Nevýhodou je konstrukčně komplikovaný rám podvozku. Podélníky musí být ve své střední části sníženy, aby bylo místo pro pružiny sekundárního vypružení. Tento tvar podélníků je pak náročný na výrobu, zejména na kvalitu svařování.

Typickým představitelem bezkolébkových podvozků na našich kolejích je běžný podvozek typu 8 – 834 z produkce společnosti Škoda Vagónka a.s., který je použit ve vloženém a řídicím voze elektrické jednotky Českých drah řady 471 .



Obr. 43 Běžný podvozek typu 8 – 834 (Škoda Vagónka a.s.); [10]

5. PŘEHLED PODVOZKŮ OSOBNÍCH VOZŮ

5.1. Podvozky osobních vozů a jednotek běžné stavby

5.1.1. Podvozek Minden – Deutz 50

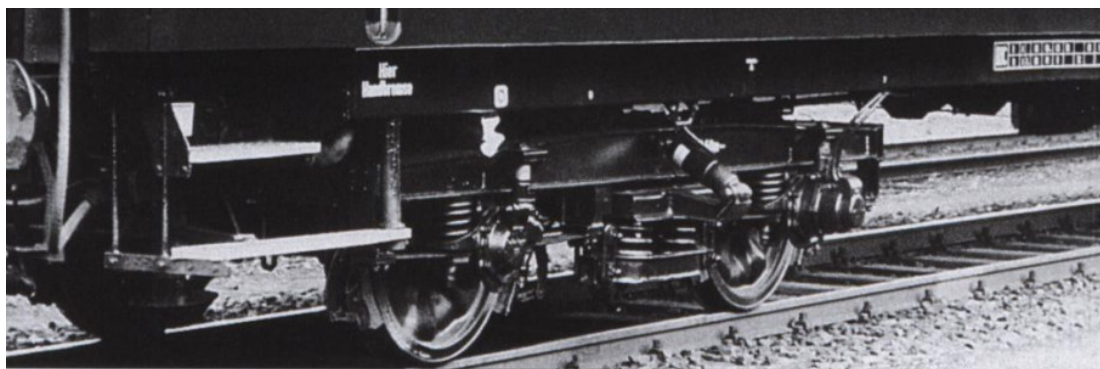
Podvozky typu Minden – Deutz byly vyvinuty v 50. letech 20. stol. Koncepce těchto podvozků byla mimořádně zdařilá. Byly vyráběny v několika firmách, v různých modifikacích a v celkovém počtu přes 10 000 kusů. Dnes je výrobcem podvozků Minden – Deutz firma Bombardier. Podvozek MD 50 je prvním z této rodiny podvozků a posloužil jako základ pro jejich další vývoj. Byl hojně používán v rychlíkových osobních vozech od počátku padesátých let minulého století, dnes již v pravidelném provozu ale není.

Jedná se o podvozek kolébkové koncepce. Rám podvozku je svařen z plechů a válcovaných profilů a je velmi torzně tuhý. Dva příčnický a dva podélníky mají uzavřený profil, dva čelníky jsou U profily. Primární vypružení je tvořeno osmi šroubovitými pružinami a vedení dvojkolí je realizováno kovovým vodícím pásem, jedním z každé strany ložiskové skříně, což způsobuje, že podvozek je značně dlouhý. Délka 4190 mm je příčinou přílišných relativních pohybů podvozku pod skříní, což je považováno za jeho největší nevýhodu. Sekundární vypružení je tvořeno dvěma dvojicemi duplexních šroubovitých pružin, které spočívají na nosičích pružin (spodní část kolébky). Tyto nosiče jsou zavěšeny na podélnících rámu podvozku pomocí závěsek, které tvoří příčné vypružení vozu. Příčné kmity kolébky jsou omezeny nárážkami s proměnnými vůlemi. Pohyby kolébky vůči rámu jsou tlumeny hydraulickými tlumiči, které jsou šikmo skloněny, aby tlumily i příčné kmity. Skříň vozu spočívá na kolébce pomocí dvou pevných kluznic, v ose kolébky tvoří vazbu otočný čep. Podvozek je vybaven pouze zdržovou brzdou se dvěma špalíky na jednu zdrž. [2]

Tab. 1 Technická data podvozku MD 50

Rok výroby	1951/1964	Hmotnost	5400 kg
Rozchod	1435 mm	Ø kol – nové	950 mm
Rozvor	2500 mm	Maximální rychlost	140 km/h

Výrobce: 1951 – 1953: Vereinigte Westdeutsche Waggonfabriken Köln – Deutz,
1953 – 1964: Klöckner – Humboldt – Deutz



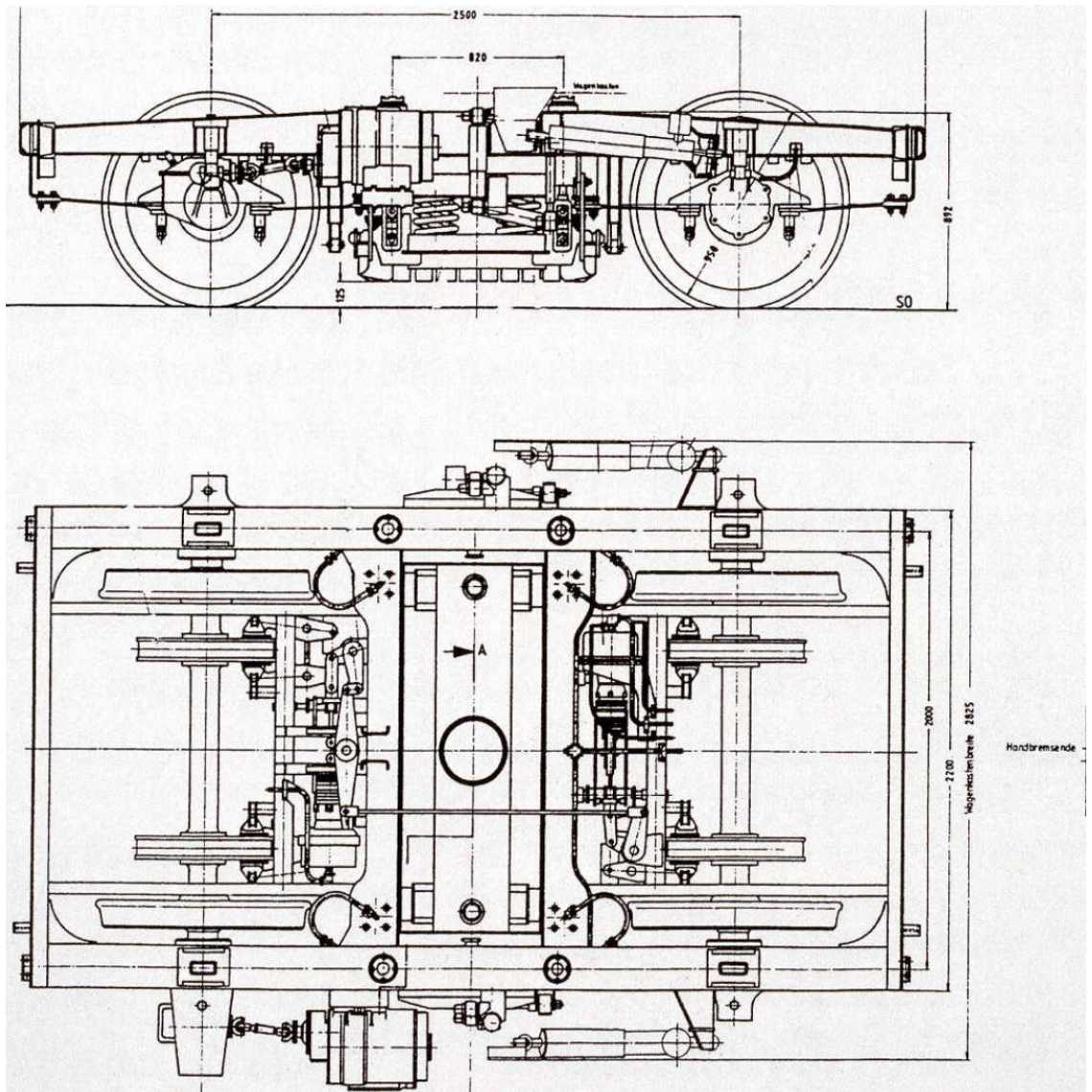
Obr. 44 Podvozek MD 50 na rychlíkovém voze z 50. let 20. stol [5]

5.1.2. Podvozek Minden – Deutz 36

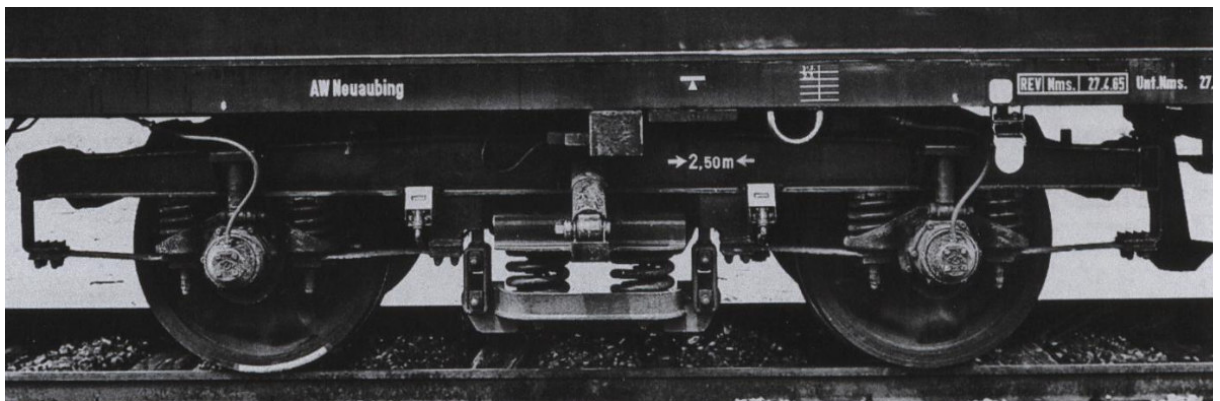
Tento podvozek vznikl zdokonalením podvozku MD 50 tak, aby byl použitelný ve vysokých rychlostech. Vývojové kroky vedoucí k zajištění dobrých chodových vlastností při vyšších rychlostech jsou patrné na první pohled.

Zásadně byla změněna brzdová výstroj podvozku. Brzdu zdržovou nahradila moderní kotoučová brzda. Dvojkolí byla opatřena nalisovanými brzdovými kotouči, nově byla instalována magnetická kolejnicová brzda a podvozek byl také opatřen podélnými tlumiči vlnivých pohybů. Nezměněno zůstalo primární vypružení s hydraulickým tlumičem a vedení dvojkolí. S drobnými změnami byl použit rám podvozku, kde na podélníku jsou jiné konzoly pro tlumič sekundárního vypružení, ten je u MD 36 pouze svislý a také na příčníku, kde jsou umístěny konzoly pro jednotku kotoučové brzdy. [2]

Podvozek MD 36 byl velmi úspěšný, v provozu bylo přes 7500 kusů v 21 zemích. Dnes je už sice konstrukčně zastaralý, přesto je v omezené míře stále provozován.



Obr. 45 Typový výkres podvozku MD 36 [24]



Obr. 46 Podvozek MD 36 (verze bez magnetické kolejnicové brzdy) [5]

Tab. 2 Technická data podvozku MD 36

Rok výroby	1964/1972	Délka	4226 mm
Rozchod	1435 mm	ϕ kol – nové	950 mm
Rozvor	2500 mm	Maximální rychlost	200 km/h

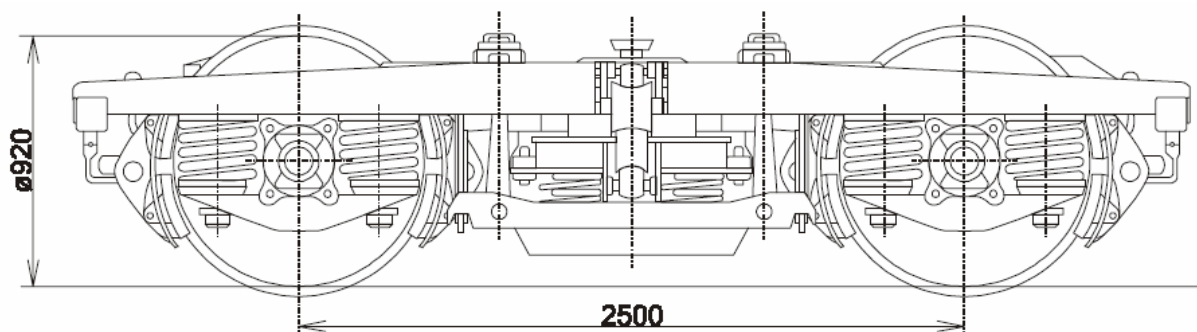
Výrobce: Rhein Stahl Siegener Eisenbahnbedarf (SAEG); Klöckner – Humboldt – Deutz

5.1.3. Podvozek Görlitz Va

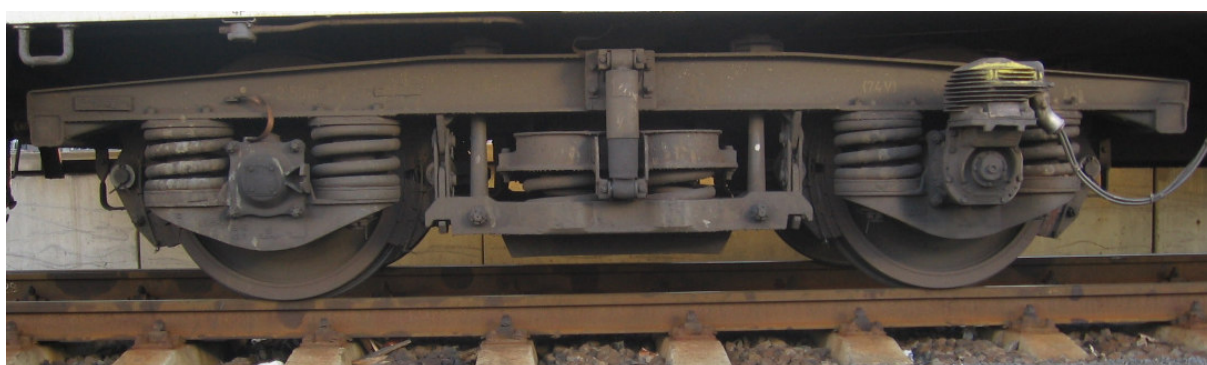
Tento podvozek dodávala počátkem 80. let 20. století vagónka VEB Waggonbau Görlitz z tehdejší NDR. Podvozek je již konstrukčně velmi zastaralý, přesto je stále ve velkém počtu v provozu železničních dopravců v zemích bývalé RVHP.

Jedná se o běžný dvounápravový podvozek kolébkové koncepce. Rám podvozku je svařované konstrukce ze skříňových profilů svařených z ocelových plechů. Skládá se ze dvou podélníků, dvou příčníků a dvou čelníků. Primární vypružení je tvořeno čtyřmi sadami šroubovitých pružin umístěných na konzolách ložiskových skříní, sekundární vypružení je tvořeno dvěma dvojicemi duplexních šroubovitých pružin spočívajících na nosičích pružin, které tvoří spodní část kolébkky. Ta je zavěšena na rámu podvozku pomocí závěsů na břitech. Pohyby kolébkky jsou tlumeny čtyřmi hydraulickými tlumiči, z nichž dva jsou zabudovány svisle mezi podélník rámu podvozku a kolébkku a dva mezi kolébkku a příčník rámu podvozku. Skříň je uložena na horní části kolébkky pomocí ploché torny a dvou pevných kluznic. Vedení dvojkolí je realizováno dvojicí svislých čepů, které jsou integrovány do pružin primárního vypružení. Přenos podélných provozních sil je realizován pomocí pryžových bloků, které jsou instalovány mezi příčníky rámu podvozku a horní část kolébkky. Brzda je pouze zdržová.

Podvozek je instalován v osobních vozech se skříní typu „Y“ z produkce východoněmecké vagónky Bautzen. Díky nepříliš vhodné konstrukci vedení dvojkolí se ale nejeví jako příliš vhodný pro provoz maximální provozní rychlostí 140 km/h. Přesto je velký počet těchto podvozků stále provozován a u dopravců jako jsou ČD a ZSSK je stále nenahraditelný.



Obr. 47 Typový výkres podvozku Görlitz Va [9]



Obr. 48 Podvozek Görlitz Va [24]

Tab. 3 Technická data podvozku Görlitz Va

Rok výroby	1981/1984	Hmotnost	6300 kg
Rozchod	1435 mm	Ø kol – nové/opotřebené	920/840 mm
Rozvor	2500 mm	Maximální rychlost	140 km/h

Výrobce: VEB Waggonbau Görlitz

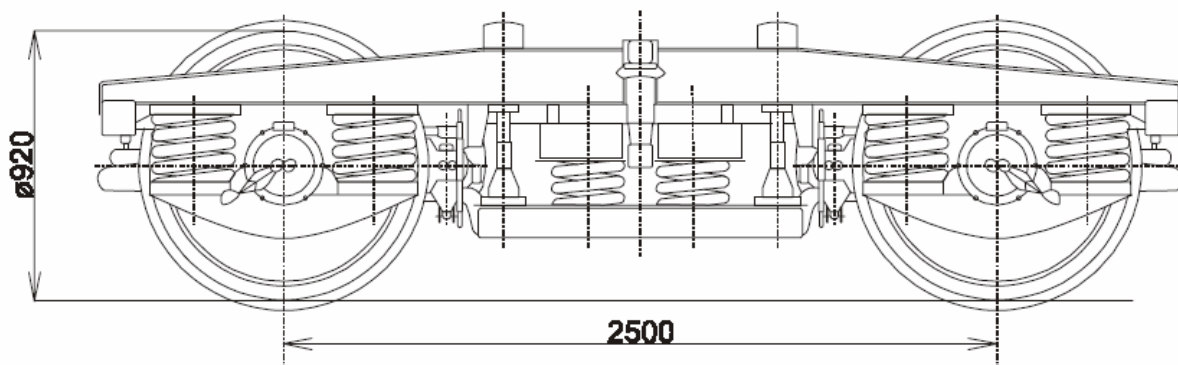
5.1.4. Modernizovaný podvozek typu Görlitz V/Dunakeszi

V polovině 90. let minulého století byly původní podvozky Görlitz V modernizovány. Snahou bylo zvýšit maximální rychlost podvozku a upravit jednotlivé konstrukční uzly podvozku tak, aby byly eliminovány jejich negativní vlastnosti.

Modernizovaný podvozek má nové brzdové zařízení – kotoučovou brzdu, dvojkolí jsou opatřena brzdovými kotouči, změněno bylo zavěšení nosiče sekundárního vypružení, zcela přepracováno bylo vedení nápravových ložisek (viz. kapitola 2.2.4.), systém vypružení byl opatřen pryžovými odhlučňovacími prvky. Dále byl podvozek také opatřen moderní protismykovou ochranou (KNORR G I5) a novým nápravovým uzemňovačem (FROST typu AB 408B). V rámci modernizace byl také mírně pozměněn rám podvozku. Čelníky, pomocné podélné nosníky, závěsné prvky brzdového systému a držáky tlumičů jsou odstraněny. Pro zavěšení nové kotoučové brzdy jsou navařeny na příčné nosníky nové brzdové konzoly, vzhledem ke zkrácení celkové délky podvozku jsou dosazeny nové čelníky a podélné

pomocné nosníky, nové držáky hydraulických tlumičů zajišťující snadnou montáž a těsné uchycení tlumičů. Pevnostní parametry podvozku odpovídají UIC 515. [9]

Modernizovaný podvozek Görlitz V/Dunakeszi má tedy značně příznivější chodové vlastnosti než původní Görlitz V a je schopen maximální rychlosti až 160 km/h. Používán je především v rekonstruovaných vozech Českých a Slovenských drah pro vlaky vyšší kvality řady Aee, Apee, Bee, Bpee.



Obr. 49 Typový výkres modernizovaného podvozku GörlitzV/Dunakeszi [9]

Tab. 4 Technická data podvozku Görlitz V/Dunakeszi

Rok rekonstrukce	1996	Hmotnost	6000 kg
Rozchod	1435 mm	Ø kol – nové/opotřebené	920/866 mm
Rozvor	2500 mm	Maximální rychlost	160 km/h

Výrobce: Győr Vagonyar

Realizátor rekonstrukce: DVJ Dunakeszi



Obr. 50 Podvozek Görlitz V/Dunakeszi [24]

Přehled v současnosti používaných typů vypružení a vedení dvojkolí v podvozcích vozů osobní přepravy	- 54 -	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------

5.1.5. Podvozky VÚKV

Tyto podvozky tvoří významnou konstrukční skupinu, která se pohybuje nejen na našich kolejích. Vyvíjeny byly od šedesátých let 20. stol ve VÚKV a stavěny ve Vagónce Studénka. Na začátku 90. let 20. stol. byla Vagónka Studénka privatizována a vznikla akciová společnost Moravskoslezská Vagónka Studénka, která pokračovala ve stavbě osobních podvozků. Dnes je přímým pokračovatelem této tradice společnost Škoda Vagónka a.s., člen skupiny Škoda HOLDING, divize TRANSPORTATION. Zde jsou dodnes stavěny moderní podvozky osobních vozů a jednotek.

První podvozky konstrukce VÚKV byly použity v roce 1969 na dvou prototypech osobních vozů řady Bai, a posléze u celé jeho mnohačetkové série. Tento podvozek se nazývá vzor 801 VÚKV. Modernější varianty tohoto podvozku byly označovány jako vzor 8-802 VÚKV a vzor 8-803 VÚKV a lišily se pouze drobnými detaily. Kromě vozů řady Bai byly tyto podvozky použity u poštovních vozů s původním označením Fa a v dalších osobních vozech a jednotkách z produkce tehdejší vagónky ve Studénce. Jedná se především o osobní vozy Českých a Slovenských drah řady Bt a elektrické jednotky řady 460 a 560, které jsou dodnes v pravidelném provozu.

Rám podvozku je tvořen dvěma půlramy tvaru písmene „T“. Každý půlram je vytvořen z jednoho podélníku a jednoho příčnicku a navzájem jsou spojeny pomocí čepu se silentbloky. Tato konstrukce rámu podvozku zajišťuje jeho dobrou torzní poddajnost, která je pro jízdu příznivější. Takový rám je méně namáhán a lépe kopíruje svislé nerovnosti koleje, což je příčinou lepší bezpečnosti proti vykolejení. Primární vypružení je tvořeno osmi šroubovitými pružinami, které spočívají na konzolách ložiskových skříní. Vedení dvojkolí je realizováno pomocí svislých vodících trnů (viz. kapitola 2.2.1). Sekundární vypružení je provedeno dvěma dvojicemi duplexních šroubovitých pružin, které spočívají na nosičích pružin (spodní část kolébky) a podpírají horní část kolébky. Nosič pružin je zavěšen na rám podvozku pomocí výškově stavitelných závěsek, které tvoří příčné vypružení a zároveň umožňují výškové stavění kolébky. Kolébka je vytvořena jako nosník uzavřeného průřezu s otvorem pro silentblok a otočný čep a dvěma kluznicemi pro přenos svislých sil ze skříně na kolébku. Podélná síla z kolébky na rám podvozku je přenášena pomocí jednoho vypruženého táhla z každé strany podvozku. Podvozek je vybaven špalíkovou brzdou s dvojčítými zdržemi. [2]

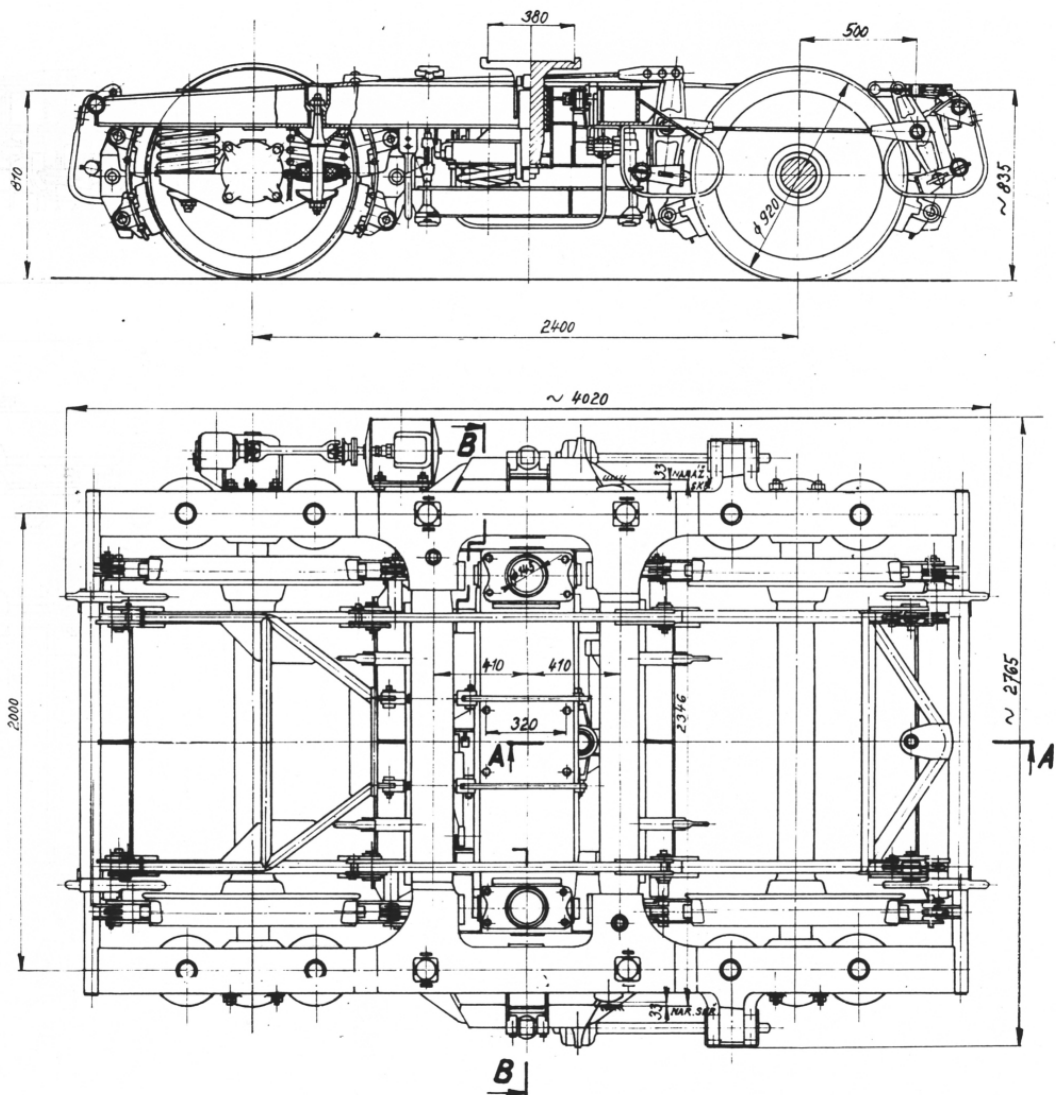
Tab. 5 Technická data podvozku VÚKV vzor 801

<i>Rok výroby</i>	<i>1969/1972</i>	<i>Hmotnost</i>	<i>5600 kg</i>
<i>Rozchod</i>	<i>1435 mm</i>	<i>φ kol – nové/opotřebené</i>	<i>920/840 mm</i>
<i>Rozvor</i>	<i>2400 mm</i>	<i>Maximální rychlost</i>	<i>120 km/h</i>

Výrobce: Vagónka Studénka n.p.



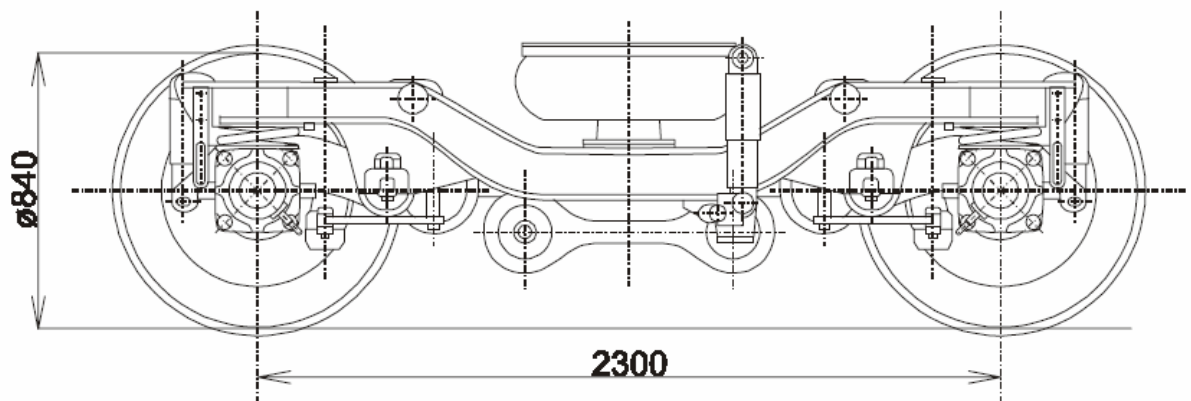
Obr. 51 Podvozek VÚKV 801 na osobní voze řady Bf²⁷⁸ [24]



Obr. 52 Typový výkres podvozku VÚKV 801 [24]

V roce 1995 byl ve společnosti Moravskoslezská Vagónka Studénka postaven prototyp podvozku VÚKV 8 – 833 a o dva roky později se rozjela sériová výroba. Tento podvozek byl určen pro přípojné vozy řady Btn⁷⁵³ a řídicí vozy řady 943, které spolu s motorovými vozy řady 843 tvoří ucelené vratné soupravy.

Podvozek je klasické bezkolébkové koncepce, primární vypružení tvoří šroubovitá pružina umístěná nad ložiskovou skříní, sekundární vypružení tvoří vzduchové membránové pružiny. Dvojkolí jsou vedena kyvnými rameny. Podvozky pro řídicí vozy jsou vybaveny pískovači. Maximální rychlost podvozku je 120 km/h.



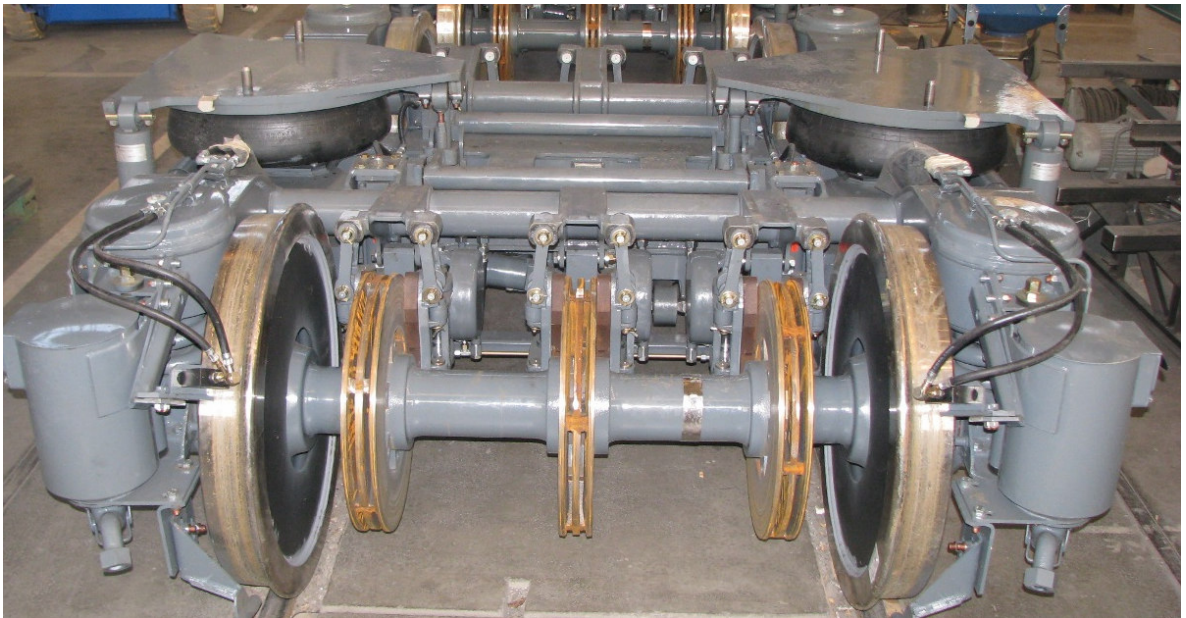
Obr. 53 Podvozek typu 8 – 833 (MSV Studénka) [9]



Obr. 54 Vratná souprava společnosti České dráhy a.s. složená z řídicího vozu řady 943, vloženého vozu Btn⁷⁵³ a motorového vozu řady 843 [36]

Velmi podobné koncepce jako typ 8 – 833 je podvozek typu 8 – 834 (viz. obr. 43 a obr. 55), který je používán v konstrukci elektrických jednotek Českých drah řady 471 „CityElephant“. Jsou jím vybavovány vložené vozy 071 a řídicí vozy 971.

Podvozek je oproti 8 – 833 únosnější a schopen maximální rychlosti až 140 km/h. Primární vypružení tvoří triplexní šroubovitě pružiny, sekundární vypružení pružiny vzduchové. Ložiskové skříně jsou také vedeny kyvnými rameny.



Obr. 55 Běžný podvozek typu 8 – 834 (Škoda Vagónka a.s.); [10]



Obr. 56 Elektrická jednotka „CityElefant“ (České Dráhy a.s.) [37]

Dalším podvozkem, který vychází z konstrukce typu 8 – 834 je podvozek typu 8 - 846, jenž byl použit u elektrických jednotek řady 575 dodávaných do Litvy.

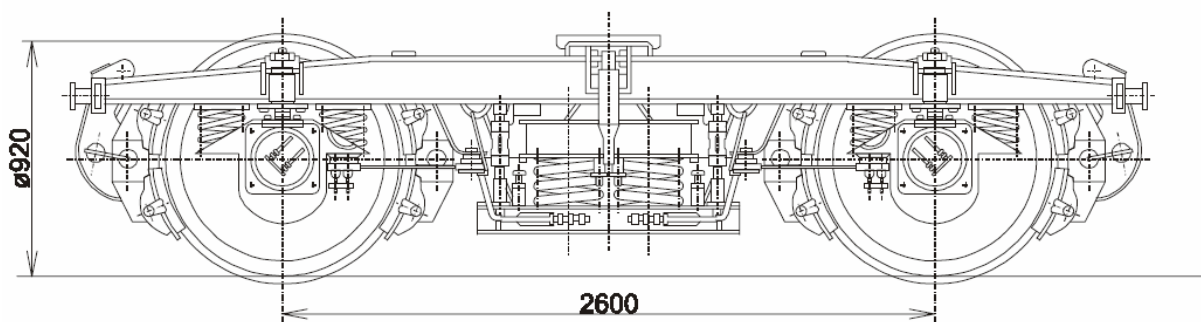
Ve stádiu prototypu jsou dnes podvozky typu 8 – 847 elektrických jednotek řady 671 pro ZSSK a podvozek typu 8 – 848, který je určen pro slovenské soupravy typu „PUSH – PULL“. Všechny tyto podvozky jsou konstrukčně velmi podobné, typ 8 – 848 bude podrobně popsán v kapitole 6.

5.1.6. Podvozek GP 200

Tento podvozek byl v 80. letech 20. století vyvinut ve spolupráci VÚKV a východoněmecké vagónky VEB Waggonbau Görlitz. Jedná se o podvozek kolébkové koncepce, navržený pro provoz rychlostí 160 km/h. Byl vyráběn v několika verzích, které se lišily pouze malými změnami. Nejčtenější byla verze GP 200 S typu 25 vyráběná v NDR. Verze GP 200 typ 8-819 a verze GP 200 typu 8-822 a 8-825 byly vyráběny ve Studénce.

Rám podvozku je otevřený, tvaru dvojitého písmene „H“ a je značně torzně tuhý. Je svařen ze skříňových profilů a skládá se ze dvou podélníků a dvou příčníků, na kterých jsou vyvedeny konzoly k nesení jednotky kotoučové brzdy. Systém sekundárního vypružení tvoří kolébka, která spočívá na šroubových pružinách sekundárního vypružení, které spočívají na nosiči pružin. Ten je zavěšen na podélník rámu podvozku pomocí šikmých závěsek, které jsou odkloněny od svislice o 10°, čímž je dosaženo nízké hodnoty součinitele náklonu bez použití torzního stabilizátoru. K pružinám sekundárního vypružení je paralelně zařazen hydraulický tlumič. Primární vypružení je tvořeno čtyřmi páry šroubových pružin, vedení dvojkolí je realizováno vnitřním laminátovým pásem (viz. kapitola 2.3.3.). Vozová skříň spočívá na kolébce pomocí pevných kluznic, vodící čep je zasunut do lůžka v ose kolébky. Podélné síly mezi kolébkou a podélníkem rámu podvozku jsou přenášeny jedním táhlem z každé strany podvozku. Táhl je odpruženo pryží. Do roku 1985 byl podvozek vyráběn pouze se zdržovou brzdou (GP 200 typ 8-819), od roku 1985 už byly všechny podvozky standardně vybavovány brzdou kotoučovou a jednostrannou čistící brzdovou zdrží. Poslední verze těchto podvozků byly vybaveny elektromagnetickou kolejnicovou brzdou. [2]

Podvozek GP 200 byl využíván v konstrukci vozů z Vagónky Studénka (Bdt, Bp, Postw) a Vagónky Bautzen (Bdmtee, Bmee, Amee, BDbmsee). Díky tuhému vedení má podvozek dobré jízdní vlastnosti s malým sklonem k nestabilnímu chodu. Pro provoz na obloukovitých tratích není z důvodu velkých dynamických účinků na kolej příliš vhodný. Dodnes je ale poměrně dost rozšířen, především ve vozovém parku ČD, ZSSK a PKP.



Obr. 57 Typový výkres podvozku GP 200 typu 8 – 819² [9]

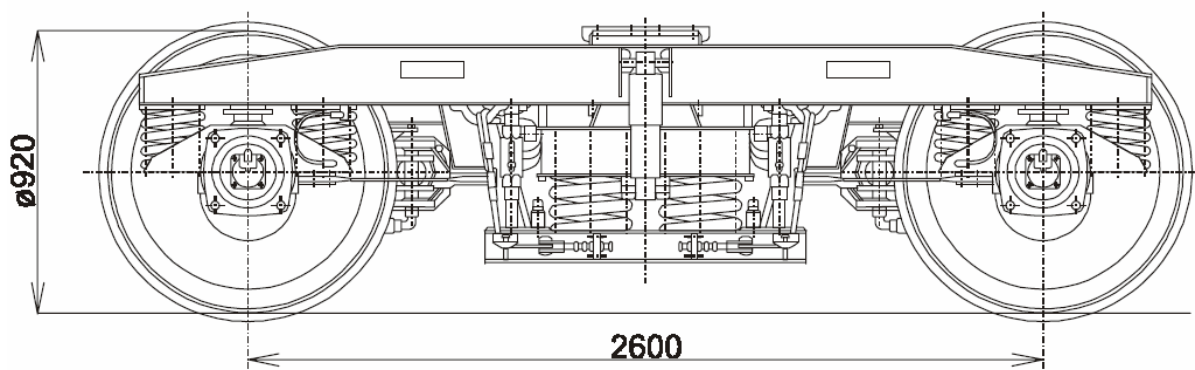
² GP 200 typu 8 – 819 nachází dnes opět uplatnění, a to na řídicích vozech Českých drah řady 954 (86 – 29), které jsou společností Pars Nova a.s. přestavovány z vyřazených poštovních vozů řady Postw.

Přehled v současnosti používaných typů vypružení a vedení dvojkolí v podvozcích vozů osobní přepravy	- 59 -	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------

Tab. 6 Technická data podvozku GP 200 typu 8 – 819

Rok výroby	1984/1985	Hmotnost	5850 kg
Rozchod	1435 mm	Ø kol – nové/opotřebené	920/870 mm
Rozvor	2600 mm	Maximální rychlost	120 km/h

Výrobce: Vagónka Studénka n.p.

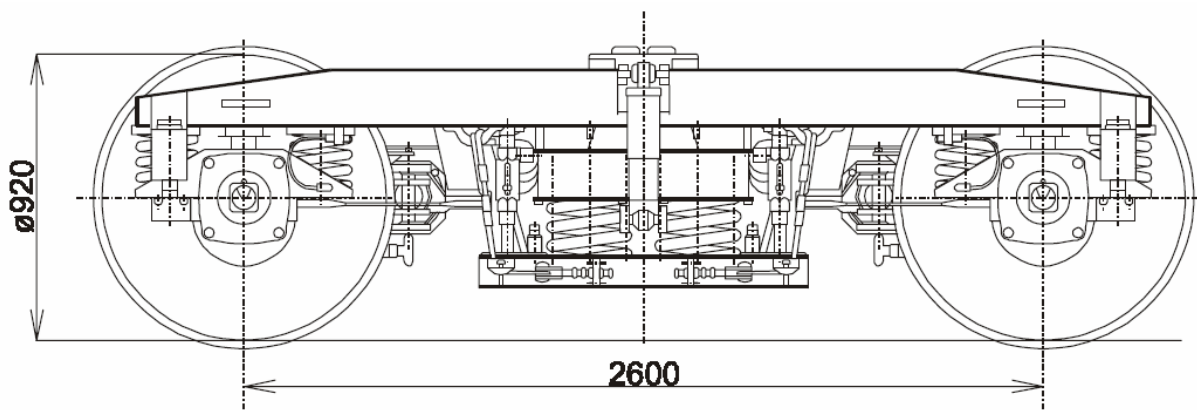


Obr. 58 Typový výkres podvozku GP 200 typu 8 – 822 [9]

Tab. 7 Technická data podvozku GP 200 typu 8 - 822

Rok výroby	1985/1990	Hmotnost	5670 kg
Rozchod	1435 mm	Ø kol – nové/opotřebené	920/870 mm
Rozvor	2600 mm	Maximální rychlost	120 km/h

Výrobce: Vagónka Studénka n.p.; MSV Studénka, a.s.

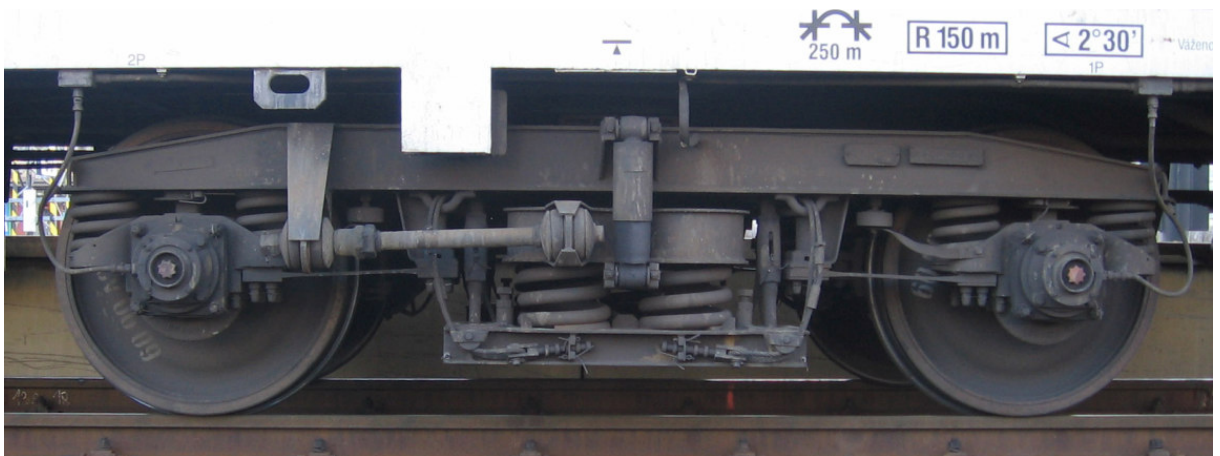


Obr. 59 Typový výkres podvozku GP 200 S typu 25/85 [9]

Tab. 8 Technická data podvozku GP 200 S typu 25/85

Rok výroby	1984/1989	Hmotnost	5750 kg
Rozchod	1435 mm	Ø kol – nové/opotřebené	920/870 mm
Rozvor	2600 mm	Maximální rychlost	160 km/h

Výrobce: VEB Waggonbau Görlitz



Obr. 60 Podvozek GP 200 typu 8 – 822 [28]



Obr. 61 Osobní vůz řady Bmee s podvozky GP 200 S (České Dráhy a.s.) [16]

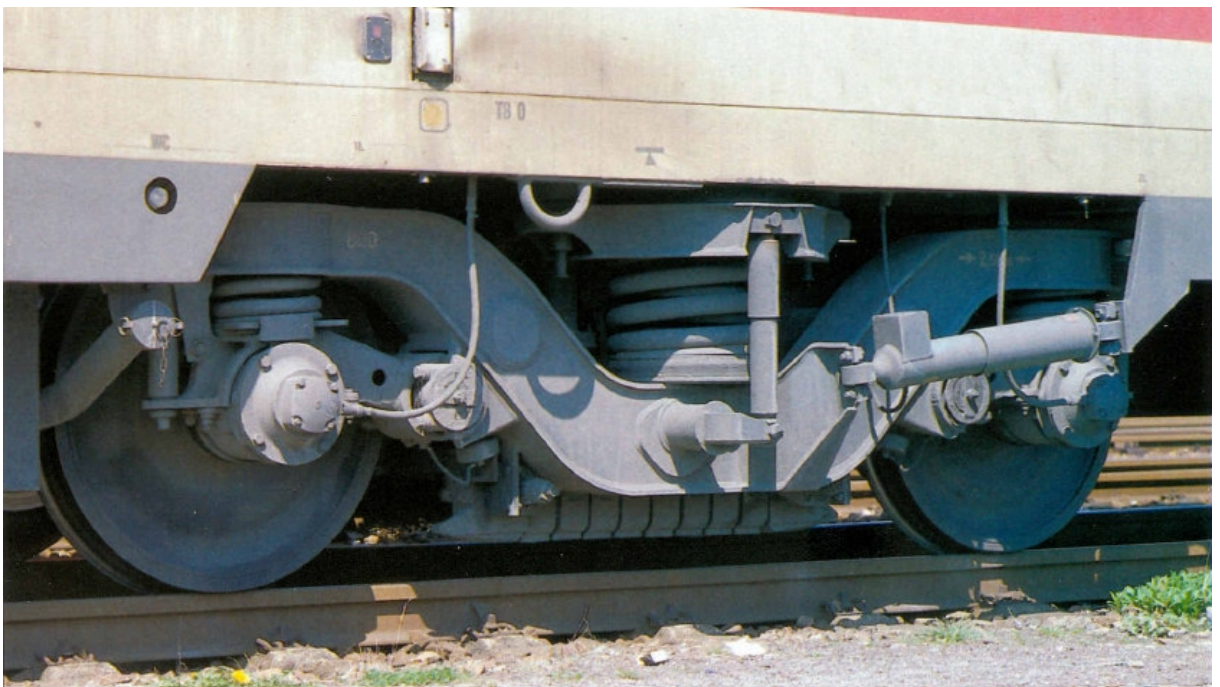
5.1.7. Podvozky FIAT

Prvním zástupcem této skupiny podvozků byl francouzský podvozek Y32 vyvinutý v polovině sedmdesátých let 20. století. Podvozek je typickým zástupcem bezkolébkové koncepce podvozků a ve velké míře je dodnes využíván v osobních vozech francouzské konstrukce „Corail“.

Rám podvozku je otevřený, svařované konstrukce tvaru dvojitého písmene „H“. Podélníky jsou ve střední části poníženy, protože jsou zde umístěny mohutné flexi – coil pružiny sekundárního vypružení ke kterým jsou paralelně zařazeny hydraulické tlumiče a torzní stabilizátor. Podélníky jsou trubkového průřezu a uprostřed podvozku jsou vzájemně vázány. Tvoří tak konstrukční uzel pro zakotvení táhel pro přenos podélných sil. Skříň podvozku spočívá přes pomocný nosník přímo na pružinách sekundárního vypružení. Primární vypružení tvoří šroubovitě pružiny, vedení dvojkolí je realizováno kyvným ramenem. Podvozek je vybaven standardní kotoučovou brzdou a čisticí zdrží. Pro režim nouzového brzdění je instalována elektromagnetická kolejnicová brzda. [3]

V roce 1977 byly německými Deutsche Bundesbahn uvedeny do provozu nové vozy 1. třídy řady Avms, které byly určeny pro provoz na vlacích typu InterCity. Vozy byly

vyráběny německou společností Linke – Hofmann – Busch a jako podvozků bylo použito modifikovaných podvozků Fiat, nyní označovaných jako Fiat Y0207S. V podstatě šlo o takovou úpravu podvozku Y32, aby byl schopen maximální rychlosti 200 km/h. Podvozky Fiat jsou dodnes poměrně rozšířené, nejvíce u francouzských SNCF, italských FS, a švýcarských SBB. V menší míře jsou v provozu v Rakousku, Maďarsku a Belgii.



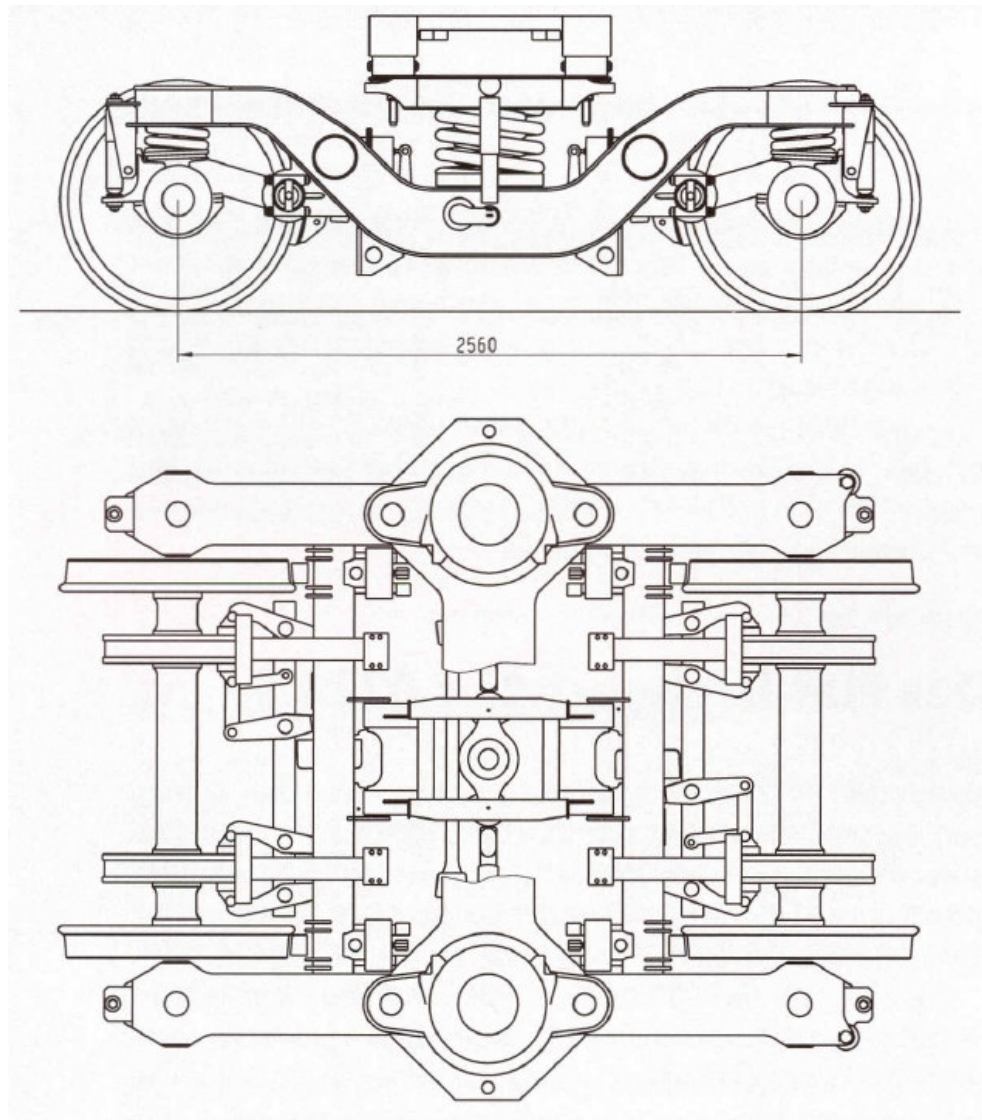
Obr. 62 Podvozek FIAT typu Y0207S na německém voze řady Avmz [5]

Tab. 9 Technická data podvozku Y0207S

<i>Rok výroby</i>	1977	<i>Hmotnost</i>	7020 kg
<i>Rozchod</i>	1435 mm	<i>Ø kol – nové/opotřebené</i>	920/860 mm
<i>Rozvor</i>	2560 mm	<i>Maximální rychlost</i>	200 km/h

Výrobce: Linke – Hofmann – Busch

Podvozky typu FIAT se tedy v provozu velmi osvědčily. Podvozek Y0207S byl dále zdokonalován. Poslední verzí je typ Y0362, který je nyní vyráběn firmou Siemens Transportation Systems a označován jako podvozek SF 200. Oproti předchozí verzi je SF 200 únosnější (17 tun na nápravu) a dvojkolí jsou opatřena třemi nalisovanými brzdovými kotouči. Podvozek SF 200 je mj. používán u švýcarských státních drah SBB. Přesto se ale v zásadě pořád jedná o 30 let starou a mimořádně zdařilou koncepci podvozku Y 32.



Obr. 63 Typový výkres podvozku Y0207S [24]



Obr. 64 Podvozek SF 200 (Siemens Transportation Systems) [17]

Přehled v současnosti používaných typů vypružení a vedení dvojkolí v podvozcích vozů osobní přepravy	- 63 -	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------

5.1.8. Podvozek Minden – Deutz 52

Podvozky typu MD 52 tvoří další vývojový stupeň rodiny podvozků Minden – Deutz. Byly vyvinuty koncem 70. let 20. století speciálně pro německé vozy určené pro vlaky typu EC a IC a pro vysokorychlostní jednotky řady ICE 1. Reagovaly tak na zvyšující se technické parametry pro vozy do vyšších rychlostí a byly vyráběny v mnoha technických modifikacích (MD 520 – MD 525, MD 530).

Jak již bylo uvedeno dříve, podvozky typu MD – 50 a MD – 36 měly pro moderní vozy zásadní nedostatek, a to přílišnou délku (4226 mm), která způsobovala negativní poměry pro natáčení podvozku pod skříní. Zásadní změna koncepce podvozku MD – 52 přinesla zmenšení délky na 3420 mm. Díky tomu došlo k razantnímu zlepšení vlastností podvozku z hlediska jeho relativních pohybů vůči skříní. Také to umožňuje daleko lépe využít zástavbový prostor pod skříní vozu k instalaci výbavy vozu (klimatizace, baterie, měniče aj.). Změna konstrukční koncepce podvozku zasáhla téměř všechny jeho komponenty a umožnila zvýšení maximální rychlosti osobních vozů až na 280 km/h.

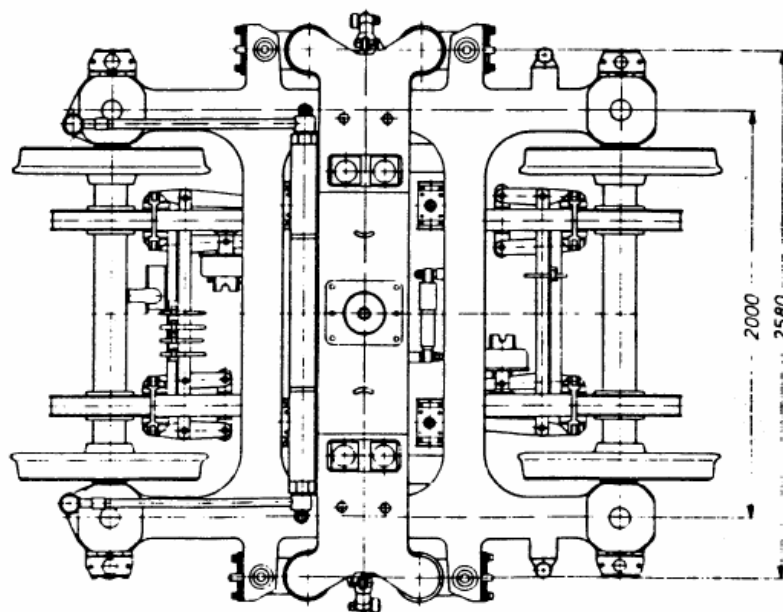
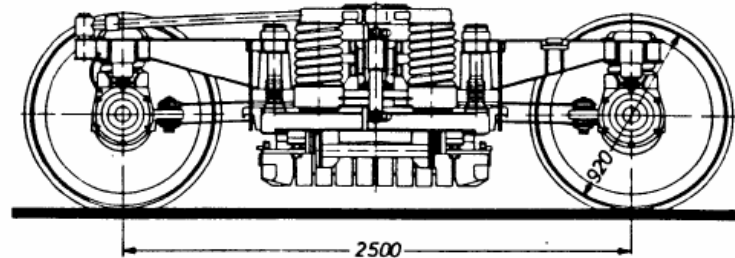
Oproti MD 36 nemá rám podvozku čelníky, je tvaru dvojitého písmene „H“ a je svařen jen ze dvou podélníků a dvou příčných. Kolébka je u tohoto typu zcela jiná, je situována nad podélníky a leží na pružinách sekundárního vypružení, které jsou instalovány vně rámu podvozku a je k nim paralelně zařazen hydraulický tlumič. Nosič sekundárního vypružení je zavěšen na stavitelných závěškách, které mají své horní lůžko na konzole rámu podvozku. Tato lůžka jsou tvořena pomocí silentbloků. Vedle závěsky je namontována podchytka, která funguje při přetržení závěsky nebo při zvedání podvozku. Primární vypružení je tvořeno šroubovitými pružinami (jedna duplexní sestava na každou ložiskovou skříně), vedení dvojkolí je realizováno zdvojeným vnitřním pasem a na dvojkolí jsou nalisovány dva až čtyři brzdové kotouče (podle typu podvozku). Nové řešení představuje také konstrukce ložiskových skříní. Válečková ložiska jsou vyměnitelná demontáží spodní části skříně, aniž by bylo nutno dvojkolí vyvazovat. Vozová skříně je uložena na kolébce pomocí otočného čepu a dvou kluznic. Jednotky kotoučové brzdy jsou upevněny na konzolách příčnicku. Jedna jednotka má brzdový válec, na další je síla přenášena spřaženými táhly. Podvozek je vybaven torzním stabilizátorem (viz. obr. 41). [2]

Velkou výhodou podvozku je, že v primárním ani sekundárním vypružení není použito žádných prvků závislých na tření. Místo třecích dvojic je použito pryžových elementů, které nepodléhají takovému opotřebení. Vůle v kolébce podvozku je ± 60 mm v přímé koleji, v oblouku o poloměru 250 m je vnější vůle 50 mm a vnitřní vůle 20 mm.

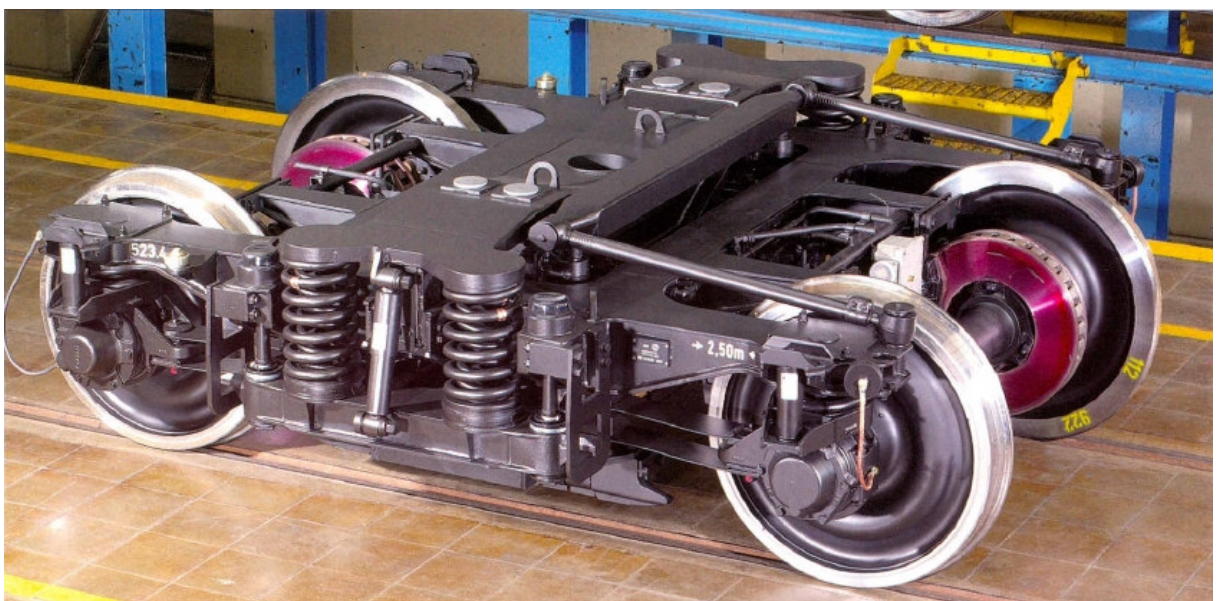
V roce 1985 byly podvozky MD 52 úspěšně zkušeny ve Francii na soupravách TGV a měly najeto 500 000 km bez obnovy jízdního profilu. V roce 1987 byly podvozky tohoto typu zkušeny při rychlosti 336 km/h a na zkušebním standu v MÜNCHEN – REIMANN byly zkušeny dokonce na rychlost 500 km/h! Všechny tyto testy dopadly úspěšně.

Je zřejmé, že se jedná o velmi zdařilou koncepci podvozku. V současné době je podvozek MD 52 v provozu ve velkém počtu ve všech variantách na osobních vozech nejen

v Německu (DB) a Rakousku (ÖBB), ale i v mnoha dalších evropských zemích a splňuje dnes velmi přísné nároky na příznivé jízdní vlastnosti během velmi dlouhých kilometrických proběhů.



Obr. 65 Typový výkres podvozku MD 522 [6]



Obr. 66 Podvozek MD 523 (Bombardier Transportation Inc.) [5]

Přehled v současnosti používaných typů vypružení a vedení dvojkolí v podvozcích vozů osobní přepravy	- 65 -	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------

Tab. 10 Použití vybraných konstrukcí podvozku MD 52

Typ	Brzdová výstroj	Max. rychlost	Použití
MD 522	2 brzdové kotouče na dvojkolí	160 km/h	Osobní vozy klasické konstrukce
MD 523	2 brzdové kotouče na dvojkolí + magnetická kolejnicová brzda	200 km/h	Osobní vozy klasické konstrukce
MD 524	3 brzdové kotouče na dvojkolí + magnetická kolejnicová brzda	200 km/h	Osobní vozy klasické konstrukce
MD 530	4 brzdové kotouče na dvojkolí + magnetická kolejnicová brzda	280 km/h	Vysokorychlostní jednotka ICE 1

Tab. 11 Technická data podvozku MD 530

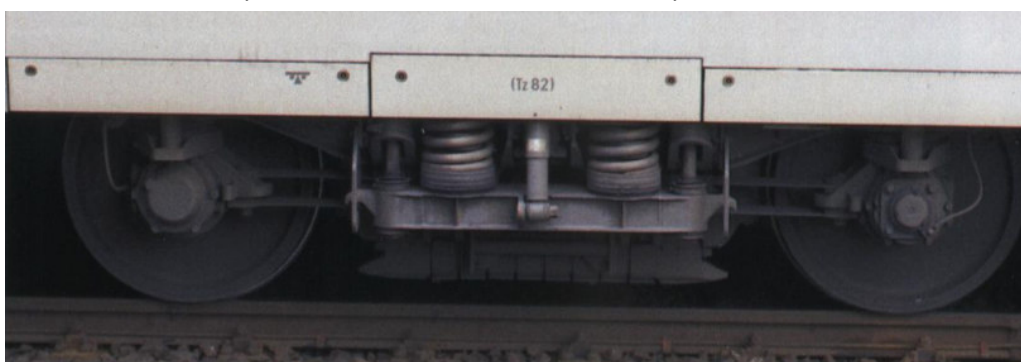
Rok výroby	1987/ -	Hmotnost	7400 kg
Rozchod	1435 mm	Ø kol – nové/opotřebené	920/860 mm
Rozvor	2500 mm	Maximální rychlost ³	280 km/h

Výrobce: Bombardier Transportation Inc., Germany

Dnes je výrobcem podvozku MD 52 firma Bombardier. Původní podvozek je vyráběn pod názvem FLEXX FIT a dodáván mj. do Německa, Rakouska, Maďarska, Polska a Saudské Arábie. Momentálně se plánuje výroba dalších 7000 kusů těchto podvozků. [21]



Obr. 67 Podvozky FLEXX FIT na vozech dodávaných do Saudské Arábie [5]



Obr. 68 Podvozek MD 530 na vysokorychlostní jednotce ICE – 1 [5]

³ Podvozek byl úspěšně testován na maximální rychlost 333 km/h.

Přehled v současnosti používaných typů vypružení a vedení dvojkolí v podvozcích vozů osobní přepravy	- 66 -	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------

5.1.9. Podvozek SF 300 (SGP 300)

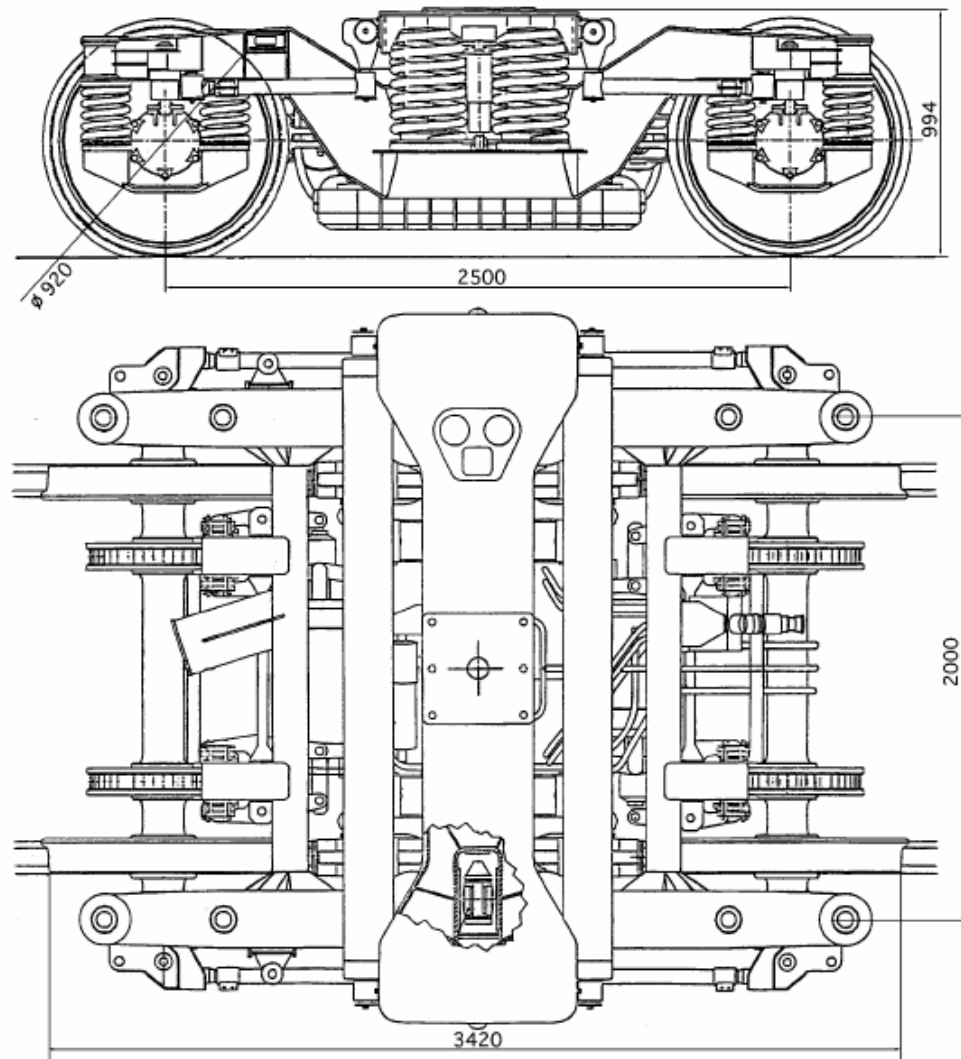
Podvozky byly vyvinuty firmou Siemens Transportation Systems v rakouském Grazu a od roku 1989 jsou považovány za standardní podvozky rakouských státních drah ÖBB. SF 300⁴ byly postaveny, aby splňovaly co nejlépe dva diametrálně odlišné požadavky, tj. způsobilost pro vysoké rychlosti a příznivé dynamické účinky na kolej. Při vývoji a četných zkouškách podvozku bylo dosaženo následujících vlastností:

1. Bezpečná jízda do rychlosti 300 km/h
2. Příznivé jízdní vlastnosti v přímé koleji i v oblouku
3. Minimální opotřebení kola i kolejnice
4. Nízké náklady na údržbu
5. Jednoduchá konstrukce a optimální lehká stavba

Rám podvozku je tvaru otevřeného písmene „H“, má dva ve střední části ponížené podélníky, hlavní příčník a dva pomocné příčníky pro konzoly brzdových jednotek. Sekundární vypružení tvoří šroubovitě pružiny v duplexním uspořádání s paralelním hydraulickým tlumičem a spočívají přímo na konzole vyvedené z podélníku rámu podvozku. Svou horní plochou podpírají nosník, který tvoří horní část kolébkky. Tato konstrukční koncepce je zcela ojedinělá a podvozek lze považovat za kolébkový (kolébka má jen horní část) nebo za bezkolébkový (pružiny sekundárního vypružení spočívají přímo na konzole podélníku rámu podvozku). Skříň vozu je s kolébkou spojena otočným čepem a leží na kluznicích, ve kterých současně probíhá třecí tlumení vrtivých pohybů podvozku. Podélné síly mezi kolébkou a rámem podvozku přenáší táhla. Primární vypružení podvozku tvoří čtyři páry šroubovitých pružin a vedení ložiskových skříní je realizováno vodícími čepy uvnitř pružin primárního vypružení. Tyto vodící čepy speciální konstrukce umožňují určité radiální stavění dvojkolí v oblouku, čímž jsou razantně sníženy vzájemné silové účinky kola a kolejnice. Podvozek SF 300 se vyrábí ve třech základních provedeních: [2]

1. **SF 300 R:** max. rychlost 200 km/h, díky tlumící vlastnosti speciálního pouzdra ve vedení dvojkolí má optimální stabilitu při rychlostech do 200 km/h, na dvojkolí jsou nalisovány dva brzdové kotouče
2. **SF 300 HG:** tento typ je určený do vysokých rychlostí (max. rychlost 300 km/h), na dvojkolí jsou nalisovány 3 brzdové kotouče
3. **SF 300 RHC:** tento typ podvozku je vybaven speciálním vedením dvojkolí s proměnlivou příčnou a podélnou tuhostí (viz. kap. 2.2.7)

⁴ SF 300 je interní firemní označení podvozku. Některými železničními dopravci (ÖBB, ZSSK, ČD) a v některé literatuře jsou podvozky označovány jako SGP 300. Jedná se ale shodnou konstrukci podvozku.



Obr. 69 Typový výkres podvozku SF 300 RHC [6]



Obr. 70 Podvozek SF 300 HG [17]

Přehled v současnosti používaných typů vypružení a vedení dvojkolí v podvozcích vozů osobní přepravy	- 68 -	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------

Všechny typy podvozků SF 300 jsou vybaveny elektromagnetickou kolejnicovou brzdou a jejich maximální únosnost je 16 tun na nápravu. Samotná hmotnost podvozku se pohybuje od šesti do sedmi tun v závislosti na počtu brzdových kotoučů na dvojkolích. Díky své „optimalizované provozní koncepci“ je podvozek vhodný pro provoz hlavně v zemích, ve kterých se vyskytují jak tratě přímé s vysokou maximální rychlostí, tak tratě obloukovité, kde je potřeba poddajnější vedení dvojkolí (Rakousko, Česká Republika aj.)

Tab. 12 Technická data podvozku SF 300 RHC

Rok výroby	1989/ -	Hmotnost	7100 kg
Rozchod	1435 mm	Ø kol – nové/opotřebené	920/860 mm
Rozvor	2500 mm	Maximální rychlost ⁵	200 km/h

Výrobce: Siemens Transportation Systems, Graz

Tab. 13 Přehled podvozků SF 300 používaných v konstrukci vozů osobní dopravy [17]

Země	Dopravce	Počet kusů podvozků
Česká Republika	ČD	232
Rakousko	ÖBB	308
Polsko	PKP	20
Řecko	OSE	370
Slovensko	ZSSK ⁶	50
Izrael	ISR	180



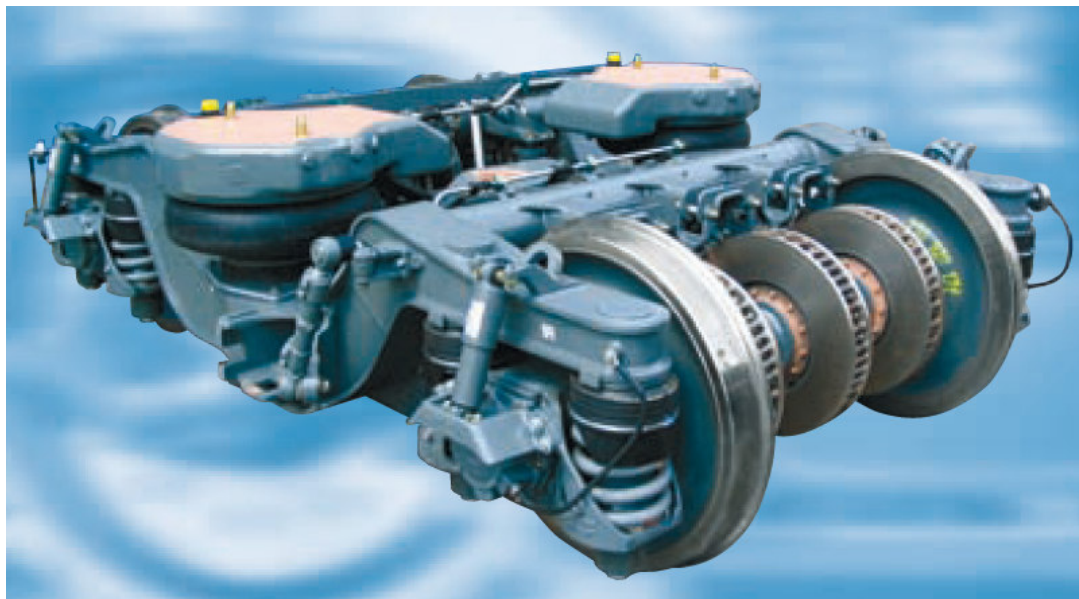
Obr. 71 Podvozek SF 300 R na voze řady Ampz (České Dráhy a.s.) [26]

⁵ Podvozek byl úspěšně testován na maximální rychlost 330 km/h

⁶ Podvozek je vyráběn licenčně v ŽOS Vrútky

5.1.10. Podvozek SF 400 (SGP 400)

Podvozek je výsledkem mnohaleté snahy firmy Siemens a německých drah o vytvoření moderní a komfortní rodiny podvozků, které jsou spolehlivé, modulární stavby s nízkými provozními náklady. Modulární konstrukce podvozku SF 400⁷ umožňuje široké spektrum jeho použití, mj. v příměstské i dálkové dopravě, v jedno – i dvoupodlažních vozech a také ve vysokorychlostních jednotkách (ICE 2). Konstruován je na únosnost 17 t na nápravu a maximální rychlost 280 km/h.



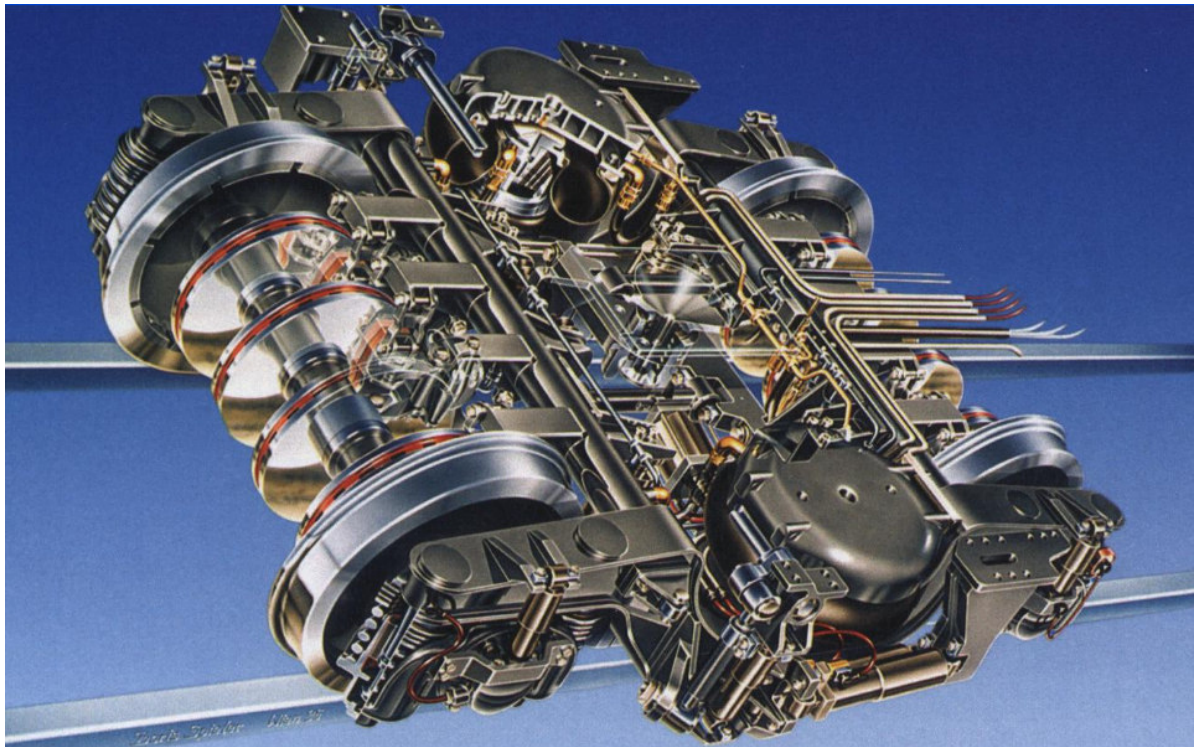
Obr. 72 Podvozek SF 400 [17]

Podvozek je bezkolébkové koncepce s otevřeným rámem. Ten je svařen ze dvou ve střední části ponížených podélníků, hlavního příčnicku a dvou pomocných příčnicků s konzolami pro kotoučovou brzdou a je torzně poddajný. Primární vypružení je tvořeno šroubovitými pružinami, vedení ložiskových skříní je shodné jako u typu SF 300, tzn. může být použito buď čepové vedení klasické konstrukce, nebo vedení s proměnlivou příčnou a podélnou tuhostí. Sekundární vypružení tvoří dvě membránové vzduchové pružiny, které jsou vzájemně propojeny. K pružinám jsou zařazeny nouzové pryžové pružiny s kluznicemi. Ty umožňují jízdu provozní rychlostí i při poruše regulace tlaku v sekundárním vypružení nebo při mechanickém poškození vzduchové pružiny. V systému sekundárního vypružení jsou zařazeny také hydraulické tlumiče a torzní stabilizátor. Skříně vozu spočívá přes pomocné desky na pružinách sekundárního vypružení a je zajištěna otočným čepem. Přenos sil ze skříně na rám podvozku se realizuje pomocí ojnic, které jsou vázány na otočný čep. Brzda je kotoučová s jednostrannou čistící zdrží a pro režim nouzového brzdění je instalována elektromagnetická kolejnicová brzda. Na dvojkolí jsou standardně nalisovány 3 brzdové

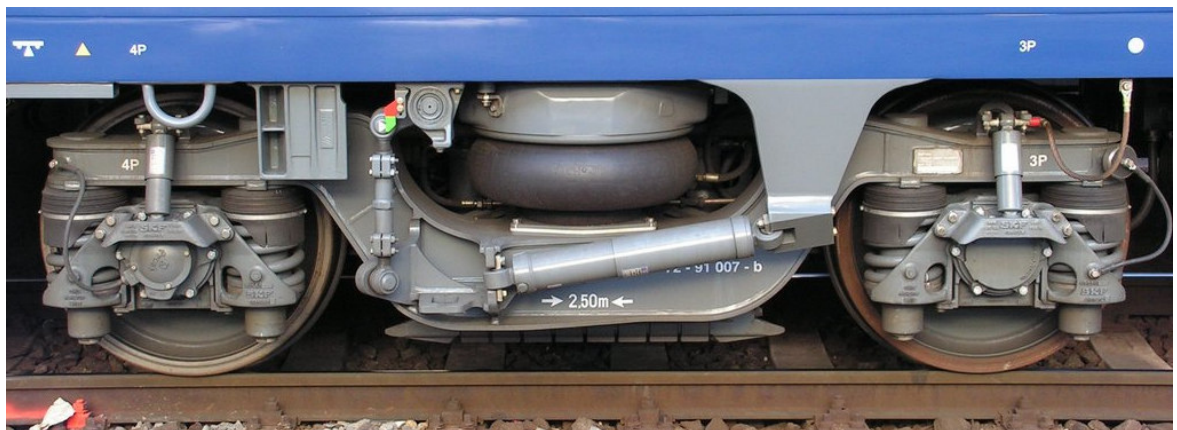
⁷ SF 400 je interní firemní označení podvozku. Některými železničními dopravci (ÖBB, ZSSK, ČD) a v některé literatuře jsou podvozky označovány jako SGP 400. Jedná se ale shodnou konstrukci podvozku.

kotouče, ve verzi pro rychlovlak ICE 2 je podvozek dodáván se čtyřmi brzdovými kotouči na dvojkolí.

Podvozek se stále více rozšiřuje mezi všechny velké evropské železniční dopravce, lze tedy říct, že konstrukčně je podvozek velmi zdařilý.



Obr. 73 Podvozek SF 400 – běžný podvozek německé jednotky ICE 2 [5]



Obr. 74 Podvozek SF 400 na lůžkovém voze společnosti České Dráhy, a.s. [24]

Tab. 14 Technická data podvozku SF 400

Rok výroby	1997/ -	Hmotnost	7100 kg
Rozchod	1435 mm	Ø kol – nové/opotřebené	920/860 mm
Rozvor	2500 mm	Maximální rychlost	280 km/h

Výrobce: ⁸ Siemens Transportation Systems, Graz

⁸ Podvozky jsou také licenčně stavěny v závodech koncernu Bombardier Transportation v Siegen a Vetschau.

Tab. 15 Přehled použití podvozků SF 400 [17]

<i>Země</i>	<i>Dopravce</i>	<i>Počet kusů podvozků</i>	<i>Použití</i>
<i>Německo</i>	<i>DB - AG</i>	<i>620</i>	<i>ICE 2</i>
<i>Německo</i>	<i>DB – AG</i>	<i>84</i>	<i>Komfortní lůžkové vozy běžné stavby</i>
<i>Rakousko</i>	<i>ÖBB</i>	<i>40</i>	<i>Lehátkové vozy běžné stavby</i>
<i>Rakousko</i>	<i>ÖBB</i>	<i>648</i>	<i>Patrové osobní vozy</i>
<i>Itálie</i>	<i>TRENITALIA</i>	<i>664</i>	<i>Soupravy VIVALTO typu „PUSH – PULL“</i>
<i>Itálie</i>	<i>FER</i>	<i>36</i>	<i>Soupravy VIVALTO typu „PUSH – PULL“</i>
<i>Švýcarsko</i>	<i>SBB</i>	<i>140</i>	<i>Vozy S – BAHN Zürich</i>
<i>Rakousko</i>	<i>ÖBB</i>	<i>20</i>	<i>Komfortní lůžkové vozy běžné stavby</i>
<i>Česká Republika</i>	<i>ČD</i>	<i>24</i>	<i>Lůžkové vozy běžné stavby</i>
<i>Rakousko</i>	<i>ÖBB</i>	<i>938</i>	<i>RAILJET</i>
<i>Čína</i>	<i>CRC</i>	<i>100</i>	<i>Patrové osobní vozy</i>



Obr. 75 Podvozek SF 400 na patrových vozech italské společnosti TRENITALIA [29]



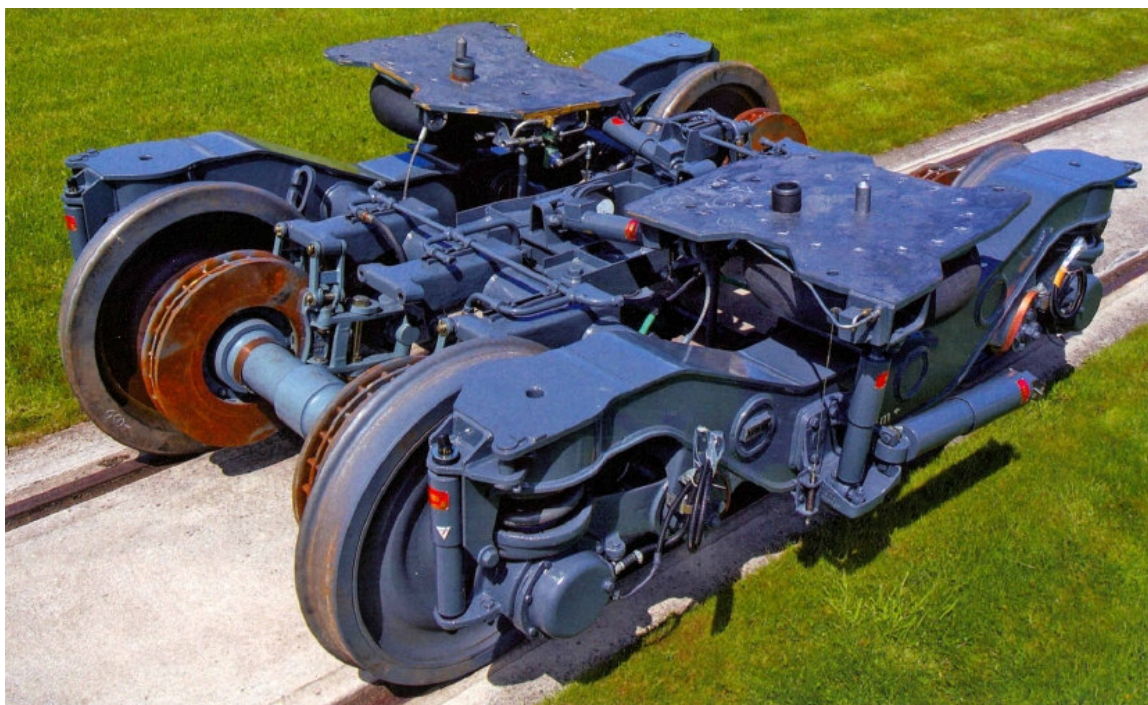
Obr. 76 Souprava typu „PUSH – PULL“ italského dopravce TRENITALIA [29]

5.1.11. Podvozek AM 96

Podvozky AM 96 jsou od roku 1995 vyráběny závodem koncernu Bombardier Transportation ve francouzském městě Crespin. Jsou koncipovány jako bezkolébkové a stavěny na maximální únosnost 15 a 16 tun na nápravu.

V konstrukci jednotek lehké stavby jsou využívány verze AM 96 s max. rychlostí 160 km/h, bez elektromagnetické kolejničové brzdy a se dvěma brzdovými kotouči na dvojkolí. Pro osobní vozy klasické stavby je využívána verze s označením I11 s maximální rychlostí 200 km/h, s elektromagnetickou kolejničovou brzdou a se třemi brzdovými kotouči na dvojkolí. Jinak jsou obě verze shodné. Jedná se o podvozek klasické bezkolébkové koncepce s kývačkovým vedením dvojkolí. [5]

Podvozek I11 je ve velké míře využíván u belgického dopravce SNCB, kde je v provozu přes 400 osobních vozů s těmito podvozky. Velký počet jednotek s podvozky AM 96 provozují dopravci SNCB a SNCF. Další lehce modifikované varianty podvozku I11 s únosností 16 tun na nápravu jsou v provozu v Číně. Od roku 2002 je v provozu na trati Peking – Šanghaj 376 těchto podvozků, dalších 346 podvozků je od roku 2006 nasazováno na nové trati Peking – Lhasa, kde jsou provozovány v obrovské nadmořské výšce a vystavovány teplotám až – 40°C. I přesto tyto náročné podmínky se tyto podvozky v provozu osvědčily.[5]



Obr. 77 Podvozek AM 96 [5]

Tab. 16 Technická data podvozku I11

Rok výroby	1995/ -	Hmotnost na nápravu	15 t
Rozchod	1435 mm	Ø kol – nové/opotřebené	920/860 mm
Rozvor	2650 mm	Maximální rychlost	200 km/h

Výrobce: Bombardier Transportation Inc., Crespin, France

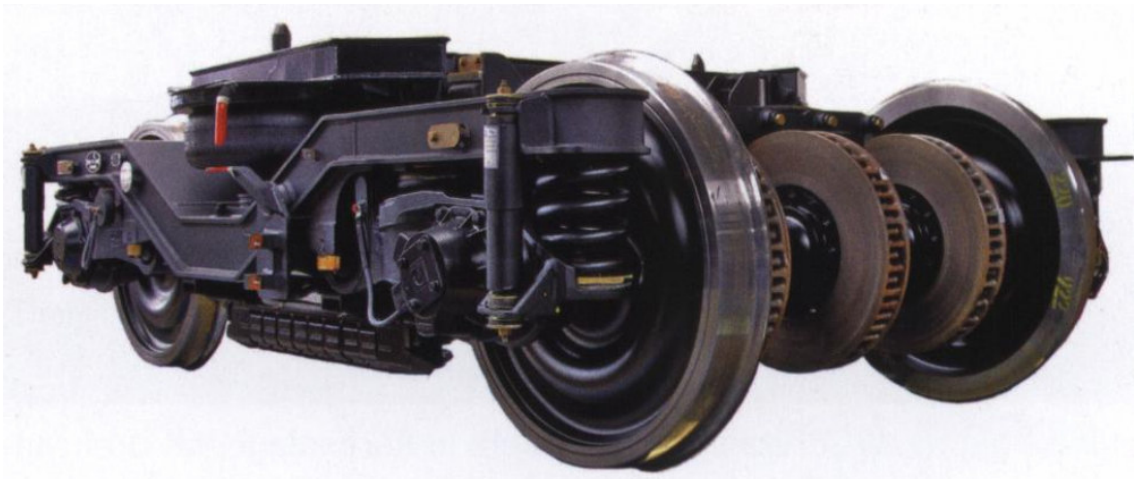


Obr. 78 Motorová jednotka SNCB s podvozky AM 96 [5]

5.1.12. Podvozek Görlitz VIII

Tento podvozek je momentálně vyráběn v závodě koncernu Bombardier Transportation v německém Siegenu. Do vagónky v Görlitz je dodáván a je zde montován pod vozy. Jedná se o podvozek bezkolébkové koncepce, který je primárně určen pro patrové vozy příměstské dopravy provozované v soupravách typu „PUSH – PULL“. Podvozek je navržen pro maximální rychlost 140 km/h, některé soupravy jsou ale uzpůsobeny pro maximální rychlost 160 km/h. Primární vypružení podvozku tvoří šroubovitě pružiny, sekundární vypružení vzduchové membránové pružiny, ložiskové skříně jsou vedeny kyvným ramenem. Podvozek je vybaven kotoučovou brzdou se třemi kotouči na nápravu, čistící zdrží a elektromagnetickou kolejnicovou brzdou.

V současné době je vyvíjen prototyp podvozku Görlitz IX, který bude modifikací podvozku Görlitz VIII pro vysoké rychlosti.



Obr. 79 Podvozek Görlitz VIII [5]



Obr. 80 Podvozky Görlitz VIII na soupravě typu „PUSH – PULL“ německého dopravce DB – REGIO [5]

Tab. 17 Technická data podvozku Görlitz VIII

Rok výroby	1998/ -	Hmotnost	6750 kg
Rozchod	1435 mm	Ø kol – nové/opotřebené	920/860 mm
Rozvor	2500 mm	Maximální rychlost	140/160 km/h

Výrobce: Bombardier Transportation Inc., Siegen, Germany

5.2. Podvozky osobních vozů a jednotek určených pro provoz na regionálních tratích

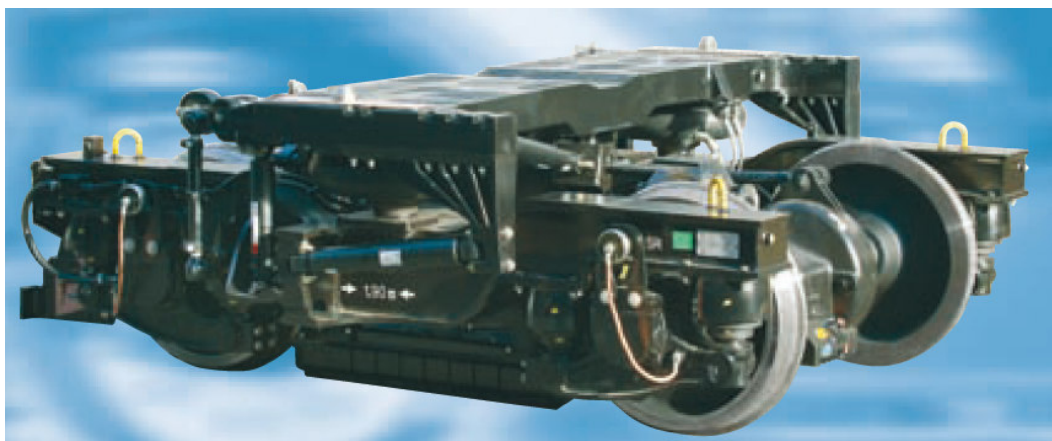
Jak již bylo řečeno v kapitole 4, je ekonomicky výhodné stavět podvozky jednoúčelové s určitou modularitou. Je totiž možné lépe se přizpůsobit konkrétním podmínkám na dané trati, kde bude vozidlo provozováno. Proto se dnes podvozky pro regionální vozidla odlišují od podvozků pro vozidla dálková a vysokorychlostní. Vzhledem k co největší úspoře finančních prostředků se většina podvozků pro regionální vozidla vyrábí jak v trakční modifikaci, tak jako běžný podvozek. Dnes je trend stavět regionální jednotky v uspořádání $B_0'2'B_0'$, tzn. 2 články spojené uprostřed podvozkem typu jakobs, dva krajní podvozky bývají zpravidla hnací. V konstrukci regionálních vozů a jednotek převažují podvozky bezkolébkové koncepce.

Nejvýznamnějším výrobcem podvozků pro regionální vozidla je bezesporu firma Siemens Transportation Systems. Podvozky z její produkce jsou uvedeny v následujících kapitolách. Dalším významným výrobcem je firma Bombardier Transportation Inc., která vyrábí podvozky typu FLEXX LINK, FLEXX COMPACT a FLEXX ECO. Velký podíl na trhu má také společnost Stadler. Podvozky z produkce těchto tří společností tvoří drtivou většinu všech podvozků používaných u moderních regionálních vozidel. Z dalších výrobců lze zmínit třeba polskou společnost PESA s.a. nebo českou společnost Škoda Vagónka a.s. Množství výrobců podvozků je ale takové, že je nelze v této práci všechny uvést.

5.2.1. Podvozky SF 4000

Podvozek SF 4000 je typickým představitelem podvozků pro motorová regionální vozidla. Je používán na jednotkách typu VT 642 a jednotkách DESIRO CLASSIC s maximální konstrukční rychlostí 120 km/h. Vyráběn je firmou Siemens. Podvozky jsou umístěny na obou koncích jednotek DESIRO, obě skříňové jednotky jsou pak vzájemně spojeny pomocí běžného jakobsova podvozku SF 4000 JLDG.

Pohon dvojkolí obstarávají dvě čelně – kuželové převodovky, které jsou nasazeny na nápravách a spojené kloubovou hřídelí. První převodovka je poháněna kloubovou hřídelí od hydrodynamické převodovky. Nápravové převodovky jsou také vybaveny vodorovnou torzní tyčí, která zachycuje reakci. Primární vypružení a vedení ložiskové skříň je realizováno dvěma kuželovými pryžokovovými silentbloky, které současně zajišťují i tlumení. Vozová skříň spočívá na sekundárním vypružení přes pomocnou traverzu, ve které je umístěn pomocný vzduchojem pro systém vzduchového vypružení. Řídící ventil reguluje tlak vzduchu ve vypružení v závislosti na zatížení a tím zajišťuje konstantní výšku podlahy nad rovinou temen kolejnic. Rám podvozku je otevřený, se dvěma podélníky a jedním příčným. Přenos podélných sil je realizován tažně – tlačnou tyčí. Podvozek je vybaven kotoučovou brzdou a elektromagnetickou kolejnicovou brzdou. [2]



Obr. 81 Trakční podvozek SF 4000 TDG [17]



Obr. 82 Jakobsův podvozek SF 4000 JLDG [17]

Přehled v současnosti používaných typů vypružení a vedení dvojkolí v podvozcích vozů osobní přepravy	- 76 -	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------

Tab. 18 Technická data podvozku SF 4000 TDG

Max. hmotnost na nápravu	15 000 kg	Hmotnost	6800 kg
Rozchod	1435 mm	Ø kol – nové/opotřebené	770/710 mm
Rozvor	1900 mm	Maximální rychlost	120 km/h



Obr. 83 Motorová jednotka DESIRO CLASSIC rakouských drah ÖBB [30]

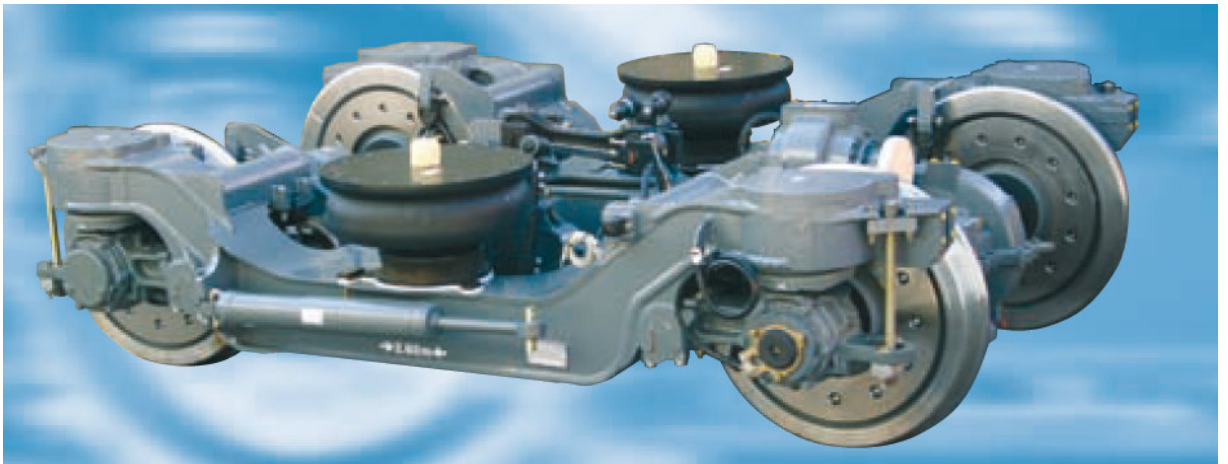
5.2.2. Podvozky SF 5000

Tento podvozek je vyráběn firmou Siemens a je používán v konstrukci jednotek typu DESIRO. Byl vyvinut pro maximální rychlost 200 km/h. Podvozek je velmi modulární konstrukce a vyrábí se v mnoha variantách. Všechny tyto varianty jsou vyráběny jako hnací, běžný nebo jakobsův podvozek (běžný nebo hnací). Záleží na použití, protože jednotky DESIRO jsou samy o sobě velmi modulární konstrukce. Vyrábějí se jako motorové i elektrické, dvojitě nebo vícenásobné. Od jejich konstrukce se pak odvíjí použití konkrétního typu podvozku SF 5000.

Podvozek je bezkolébkové koncepce, rám je otevřený, primární vypružení tvoří šroubovitě pružiny, ložiskové skříně jsou vedeny kyvnými rameny. Sekundární vypružení tvoří vzduchové membránové pružiny, na kterých spočívá, přes pomocný nosník, skříň vozu. Systémy vypružení jsou kvalitně tlumeny hydraulickými tlumiči ve všech směrech a odhlučňeny pryžovými prvky.



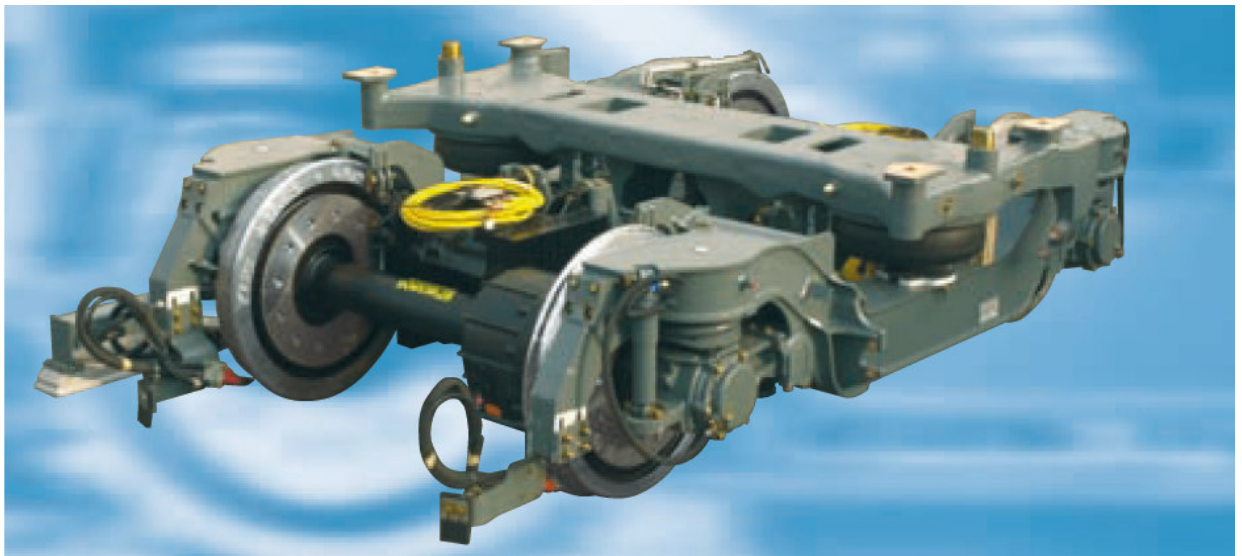
Obr. 84 Elektrická jednotka DESIRO EMG 312 rakouských drah ÖBB [37]



Obr. 85 Podvozek SF 5000 SD (hnací podvozek motorové jednotky DESIRO) [17]



Obr. 86 Podvozek SF 5000 JTDG (jakobsův podvozek jednotky DESIRO) [17]



Obr. 87 Podvozek SF 5000 UK TDG (hnací podvozek elektrické jednotky DESIRO) [17]



Obr. 88 Motorová jednotka typu DESIRO UK s podvozky SF 5000 UK TDG [30]

Podvozek SF 5000 lze považovat za úspěšný, protože jednotky DESIRO jsou v provozu velmi úspěšné a velmi rozšířené. A to nejen v Evropě. Tabulka č. 20 ukazuje, kde všude jsou jednotky DESIRO s podvozky SF 5000 v provozu.

Tab. 19 Technická data podvozku SF 5000 SD

Max. hmotnost na nápravu	18,5 t	Hmotnost	7 – 9 t
Rozchod	1435 mm	Ø kol – nové/opotřebené	850/770 mm
Rozvor	2600 mm	Maximální rychlost	200 km/h

Tab. 20 Podvozky SF 5000 v provozu jednotlivých dopravců [17]

<i>Země</i>	<i>Dopravce</i>	<i>Počet kusů podvozků</i>	<i>Typ jednotky</i>
<i>Slovinsko</i>	<i>SŽ</i>	<i>110</i>	<i>DESIRO EMG 312</i>
<i>Brazílie</i>	<i>CPTM Sao Paulo</i>	<i>80</i>	<i>EMU CPTM Sao Paulo</i>
<i>Řecko</i>	<i>OSE</i>	<i>120</i>	<i>DESIRO OSE</i>
<i>Austrálie</i>	<i>National Express Group LTD.</i>	<i>372</i>	<i>Metro Melbourne</i>
<i>Bulharsko</i>	<i>BDŽ</i>	<i>110</i>	<i>DESIRO</i>
<i>Írán</i>	<i>IIRN Iran</i>	<i>120</i>	<i>DH 4</i>
<i>Austrálie</i>	<i>Westrail</i>	<i>22</i>	<i>GONINAN</i>
<i>Velká Británie</i>	<i>FGE First Great Eastern</i>	<i>168</i>	<i>DESIRO UK Class 360</i>
<i>Velká Británie</i>	<i>WCML West Coast Mainline</i>	<i>240</i>	<i>DESIRO UK Class 350/1</i>
<i>Velká Británie</i>	<i>SWT South West Train</i>	<i>450</i>	<i>DESIRO UK Class 444</i>
<i>Velká Británie</i>	<i>SWT South West Train</i>	<i>880</i>	<i>DESIRO UK Class 450</i>
<i>Velká Británie</i>	<i>HAL Heathrow Airport Link</i>	<i>32</i>	<i>DESIRO UK Class 360/2</i>
<i>Velká Británie</i>	<i>West Midland Franchise</i>	<i>296</i>	<i>DESIRO UK Class 350/1</i>
<i>Thajsko</i>	<i>ARL Bangkok</i>	<i>62</i>	<i>DESIRO UK</i>

5.3. Podvozky vysokorychlostních jednotek

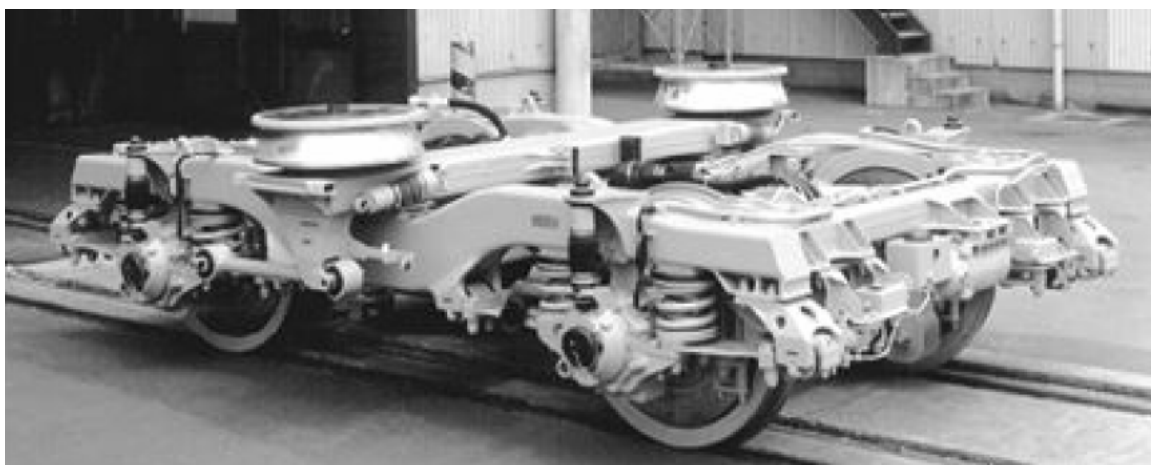
5.3.1. Podvozek DT 200

V roce 1964 byla v Japonsku otevřena první vysokorychlostní trať pod názvem Tókaidó – Šinkansen. Do provozu zde byly uvedeny vysokorychlostní jednotky HIKARI⁹ série 0 s podvozky DT 200. Celá koncepce souprav byla na tehdejší dobu zcela přelomové konstrukce a soupravy série 0 dosahovaly maximální rychlosti 220 km/h.

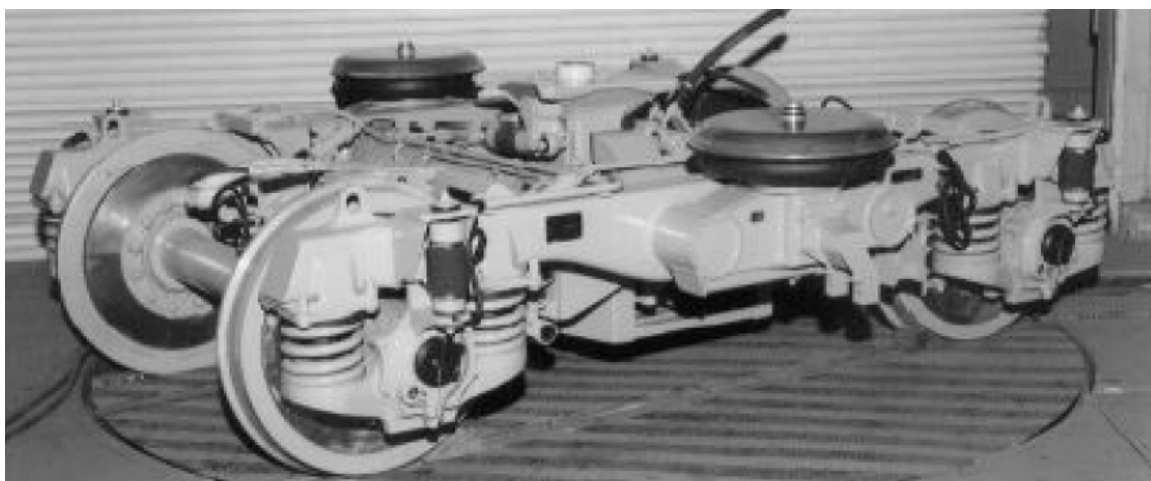
Všechny podvozky jsou stavěny jako hnací, bezkolébkové koncepce se šroubovitými pružinami v primárním vypružení a vzduchovými pružinami ve vypružení sekundárním. Vedení dvojkolí je realizováno oboustranným ocelovým pasem.

Podvozek byl neustále zdokonalován, novější verze rychlovlaků HIKARI (série 100 a série 200) dosahovaly maximální rychlosti 300 km/h. Druhá generace podvozku DT 200, která přišla se sérií 300, měla několik zásadních změn. Hlavní změna se týkala vedení dvojkolí. Bylo použito čepového vedení a systém vypružení byl velmi kvalitně odhlučněn. Změny doznal také rám, který nemá čelníky a pomocný nosník vzduchových pružin. Tato verze podvozku je také stále zdokonalována a liší se s každou modernější verzí jednotky HIKARI. Nejmodernější verzí je série N700 a série E6.

⁹ Oficiálně se pojem „ŠINKANSEN“ stahuje výhradně na vysokorychlostní japonské tratě (doslovný překlad z japonštiny je „páteřní trať“). Jednotky, které jsou provozovány na této trati jsou oficiálně označovány jako „HIKARI“. V praxi se ale název „ŠINKANSEN“ používá pro tratě i vlaky, a to i v samotném Japonsku.



Obr. 89 Podvozek DT 200 1. generace [6]



Obr. 90 Podvozek DT 200 2. generace [6]

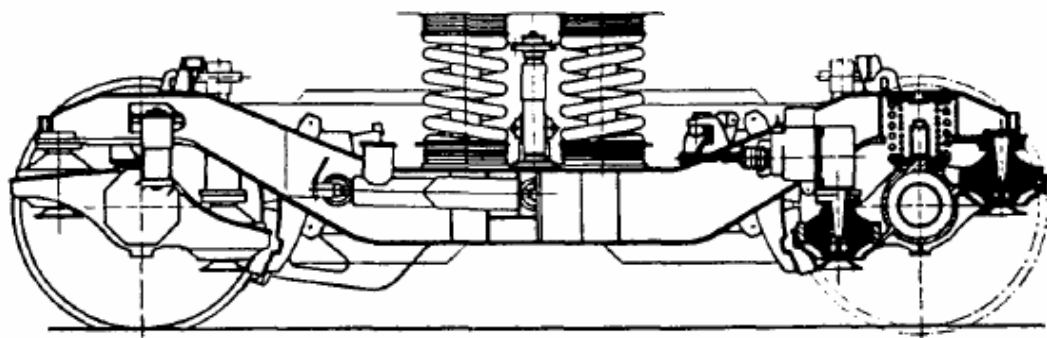


Obr. 91 Flotila rychlovlaků HIKARI v depu Niigata (zleva: série 0, E2, E4, E1) [31]

5.3.2. Podvozek Y 230

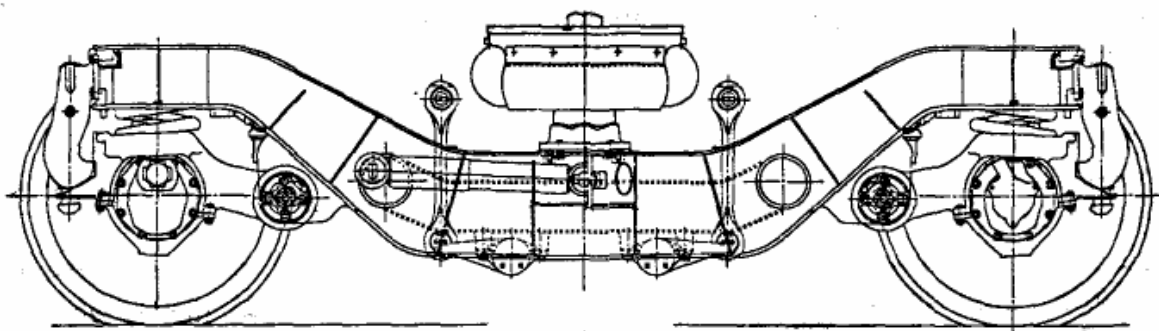
Tento podvozek byl poprvé použit v konstrukci francouzských rychlovlaků TGV 1. generace. Vzhledem k tomu, že se v provozu velmi osvědčil, je stále zdokonalován a používán v konstrukci moderních rychlovlaků (poslední verze podvozku je označována jako Y 237B). Nejmodernější rychlovlak s těmito podvozky je jednoznačně francouzský AGV¹⁰.

Podvozek je bezkolébkové koncepce, primární vypružení tvoří šroubovitě pružiny, ložiskové skříně jsou vedeny speciálními čepy, vázanými v pryži (viz. kap. 2.2.6). Právě díky pryžovým prvkům ve vedení lze podvozek použít pouze u vozů s nízkým užitečným zatížením. Sekundární vypružení původního Y 230 tvoří šroubovitě flexi – coil pružiny, novější verze jsou vybaveny pružinami vzduchovými. Široká modularita podvozku umožňuje jeho výrobu jak jako hnacího, tak jako jakobsova podvozku.



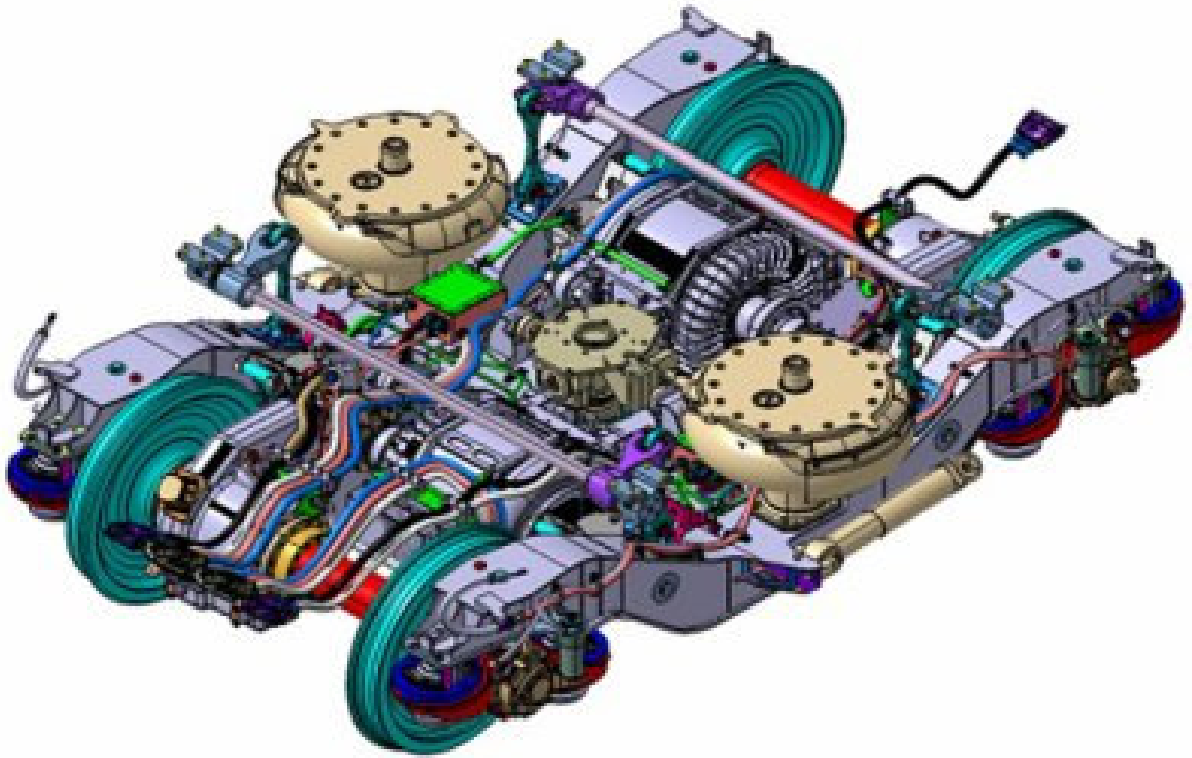
Obr. 92 Typový výkres trakčního podvozku Y 230 jednotky TGV [6]

Běžný, nehnaný podvozek jednotek TGV je řešen trochu odlišně. Je jednodušší konstrukce, primární vypružení tvoří šroubovitě pružiny, sekundární pružiny vzduchové a ložiskové skříně jsou vedeny kyvnými rameny. Přenos sil mezi rámem podvozku a skříní je realizován lemniskátovým mechanismem.

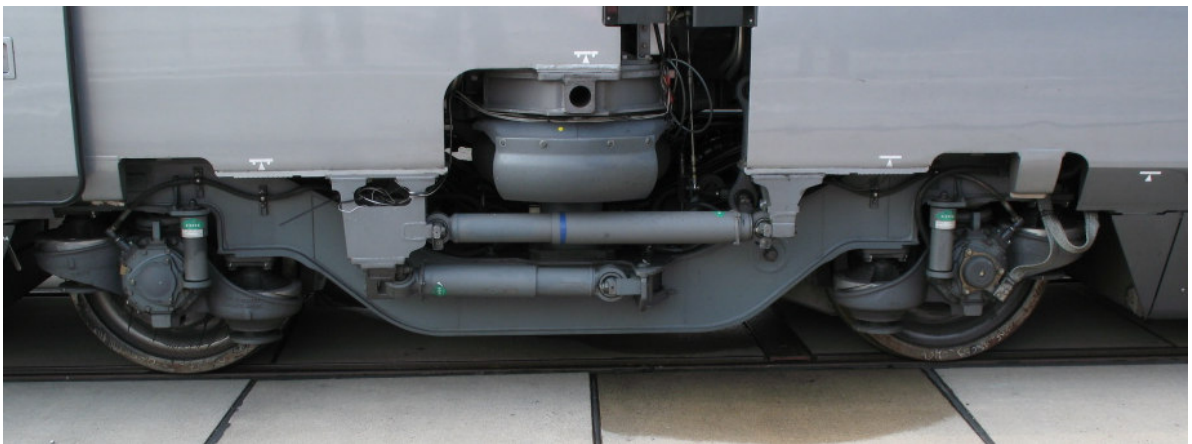


Obr. 93 Typový výkres běžného podvozku jednotky TGV [6]

¹⁰ AGV (Automotrice Grande Vitesse) je dalším z rodiny rychlovlaků společnosti ALSTOM a jedná se o nástupce rychlovlaků TGV. V pravidelném provozu bude jezdit rychlostí 360 km/h, je však schopen dosáhnout až 500 km/h. Rychlovlak disponuje výkonem rozděleným po celé délce vlaku – tzn. dva krajní podvozky soupravy jsou hnací podvozky běžné stavby a ostatní jsou hnací podvozky jakobsovy konstrukce, které spojují skříně dvou sousedních vozů.



Obr. 94 Model trakčního podvozku jednotky AGV [32]



Obr. 95 Podvozek vysokorychlostní jednotky AGV



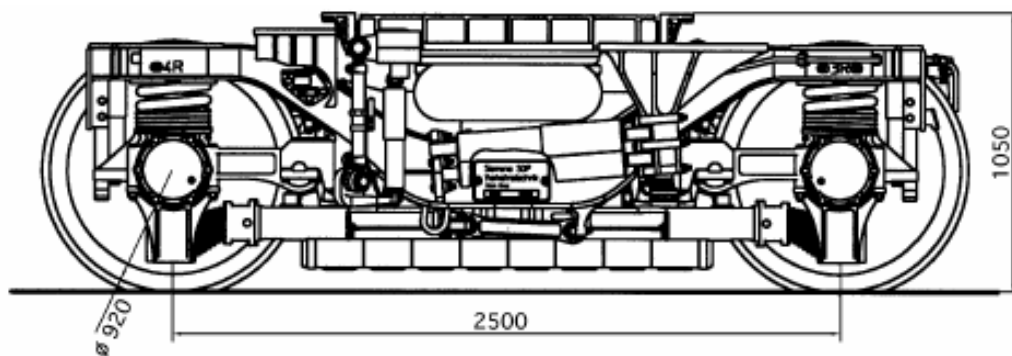
Obr. 96 Rychlovlak AGV při zkouškách na zkušební okruhu v Cerhenicích [33]

5.3.3. Podvozek SF 500

Podvozek SF 500 je používán v konstrukci rychlovlaků firmy Siemens. Mimo jiné jim je vybaven německý ICE 3, nizozemský ICE 3, španělský AVE S103, ruský VELARO RUS (Sapsan) a nejnovější čínský VELARO CN. Podvozek SF 500¹¹ je schopen maximální rychlosti 350 km/h a vyrábí se jak v modifikaci hnací tak nehnací. Podvozek je klasické bezkolébkové koncepce s vedením dvojkolí kyvným ramenem. Verze SF 500 DSW je vybavena vířivou magnetickou brzdou pro vysoké rychlosti.



Obr. 97 Trakční podvozek SF 500 [17]



Obr. 98 Typový výkres trakčního podvozku SF 500 [6]

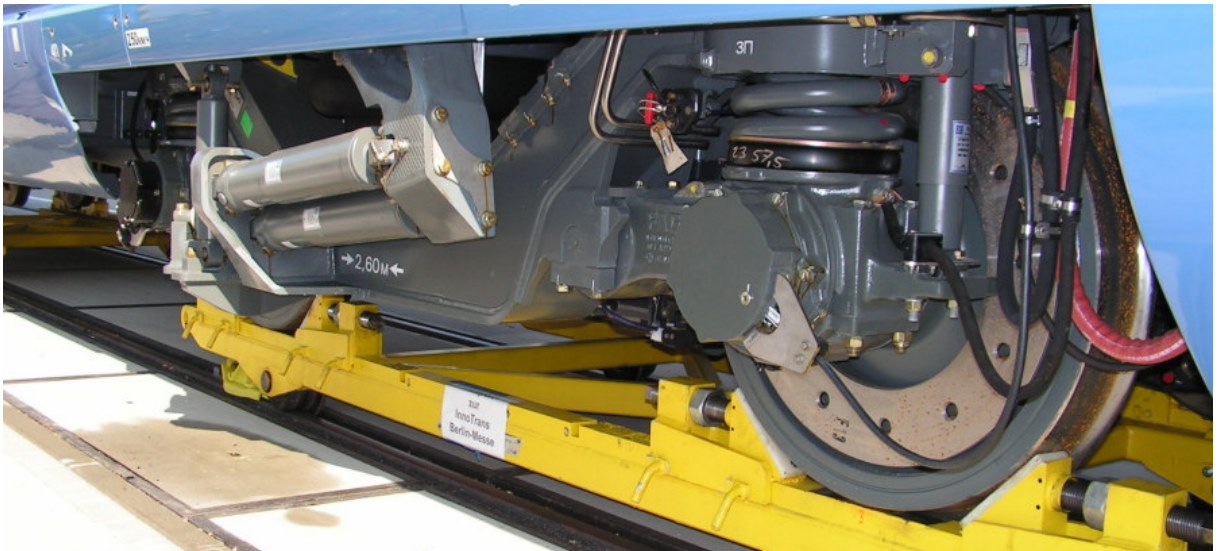
Tab. 21 Technická data trakčního podvozku SF 500

Max. hmotnost na nápravu	17 000 kg	Hmotnost	9 200 kg
Min. poloměr oblouku	150 m	Ø kol – nové/opotřebené	920/830 mm
Rozvor	2500 mm	Maximální rychlost	350 km/h

¹¹ SF 500 je interní tovární označení podvozku. Podvozek bývá také označován jako SGP 500 nebo jako VELARO CRH



Obr. 99 Ruský rychlovlak SAPSAN na Berlínském veletrhu INNOTRANS 2008



Obr. 100 Širokorozchodná verze podvozku SF 500 rychlovlaku SAPSAN

5.3.4. Podvozek SF 600

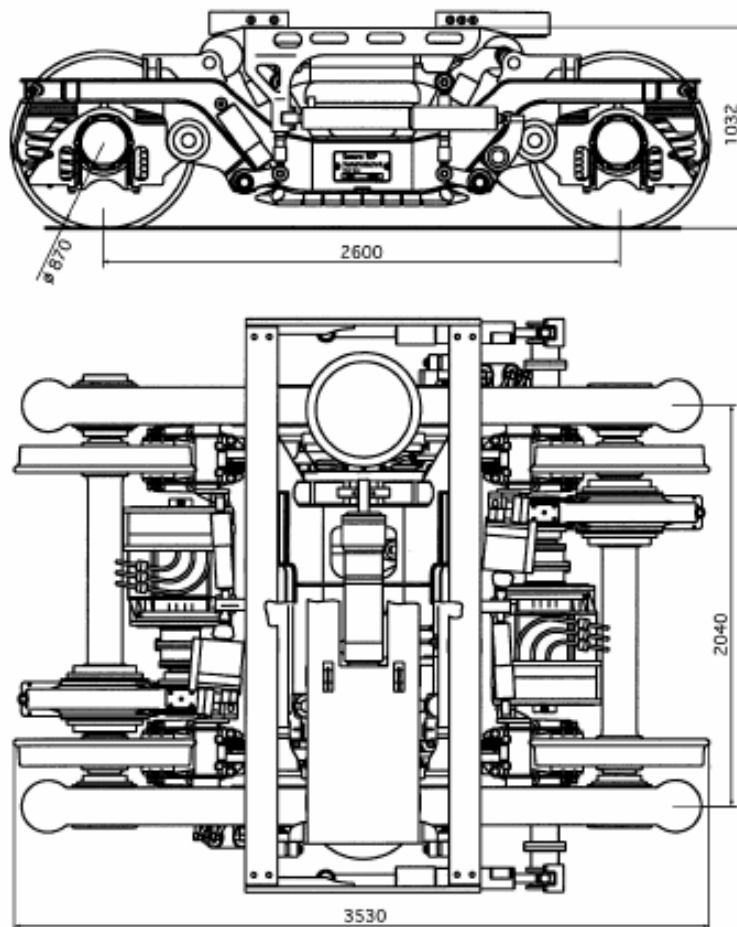
Tento podvozek byl vyvinut na základě zkušeností firmy Siemens s podvozky SF 400 a SF 500. Podvozek je speciální konstrukce pro vozy s nuceným naklápěním skříně v obloucích, které eliminuje příčné nevyrovnané zrychlení působící na vůz a zvyšuje tak jízdní komfort a maximální možnou rychlost průjezdu obloukem. Podvozek se vyrábí ve verzi hnací i nehnací a je schopen maximální rychlosti 250 km/h.

Rám podvozku je svařované konstrukce s dvěma podélníky a dvěma příčníky, primární vypružení tvoří šroubovitě pružiny, sekundární vypružení pružiny vzduchové, vedení ložiskových skříní je realizováno kyvným ramenem. Hydraulické tlumiče jsou řazeny ve všech směrech pohybu. Podvozek je vybaven kotoučovou brzdou, čistící zdrží,

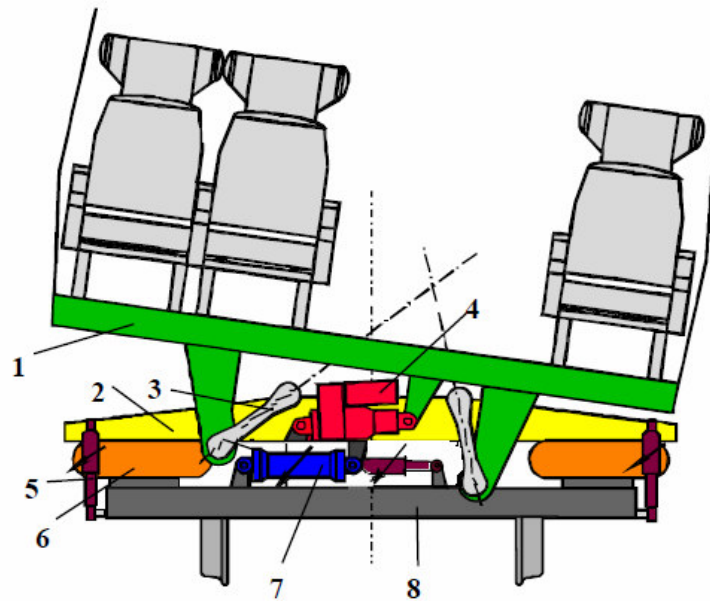
elektromagnetickou kolejnicovou brzdou a vířivou magnetickou brzdou pro vysoké rychlosti (pouze verze SF 600 TDG a SF 600 LDG).



Obr. 101 Podvozek SF 600 TDG s vířivou magnetickou brzdou [17]



Obr. 102 Typový výkres podvozku SF 600 [6]



Obr. 103 Princip činnosti systému nuceného naklápění skříní podvozku SF 600; 1 – spodek vozové skříně, 2 – kyvný nosník, 3 – kyvadlo, 4 – přestavník, 5 – hydraulický tlumič sekundárního vypružení, 6 – vzduchová pružina sekundárního vypružení, 7 – příčný hydraulický válec, 8 – příčník rámu podvozku; [6]

Princip činnosti mechanismu nuceného naklápění vozové skříně spočívá ve čtyřkloubové konstrukci, kterou tvoří dvě kyvadla. Naklápění skříně reguluje přes přestavník příčný hydraulický válec, který určuje intenzitu naklápění podle okamžité polohy vozidla na přečhodnici.



Obr. 104 Jednotka ICE – T se systémem nuceného naklápění skříní [34]

6. BĚŽNÝ PODVOZEK TYPU 8 – 848

Podvozek typu 8 – 848 je nejmodernějším podvozkem z produkce Vítkovické společnosti Škoda Vagónka a.s. a je určen pro použití na soupravách typu „Push – Pull“, které zde budou vyráběny a posléze dodávány slovenskému dopravci Železničná spoločnosť Slovensko a.s. (ZSSK). V polovině roku 2010 by měl být hotov prototyp podvozku.

6.1. Popis soupravy

Soupravy typu „Push – Pull“ jsou soupravy tažené nebo sunuté lokomotivou na jedné straně soupravy, zatímco na druhé straně je umístěn řídicí vůz. Toto řešení přináší úsporu technologických časů, energie a používání objízdne koleje, které by byly nutné při manipulaci s lokomotivou.

Konstrukce vozů vychází z koncepce vozidel elektrických jednotek Českých drah řady 471. Jedná se o dvoupatrové soupravy tvořené řídicím vozem a dvěma vloženými vozy, které splňují všechny technické standardy i uživatelské požadavky zákazníka. Vozidla disponují přehledným informačním systémem. Vnitřní kamerový okruh umožňuje strojvedoucímu přehled o dění ve vlaku a přispívá i k vyšší bezpečnosti cestujících. Příjemný, plně klimatizovaný interiér umožňuje přepravu handicapovaných cestujících na invalidních vozících. Na rozdíl od vozů souprav řady 471 jsou vozy soupravy „Push – Pull“ vybaveny centrálním zdrojem energie a na čelech jsou opatřeny klasickou šroubovkou a nárazníky. Soupravu vede upravená lokomotiva řady 263, počítá se také s nasazením nových lokomotiv Škoda 109E z produkce společnosti Škoda Transportation a.s. [15]



Obr. 105 Vizualizace slovenské soupravy typu „Push – Pull“ (Škoda Vagónka a.s.) [15]

6.2. Základní parametry podvozku

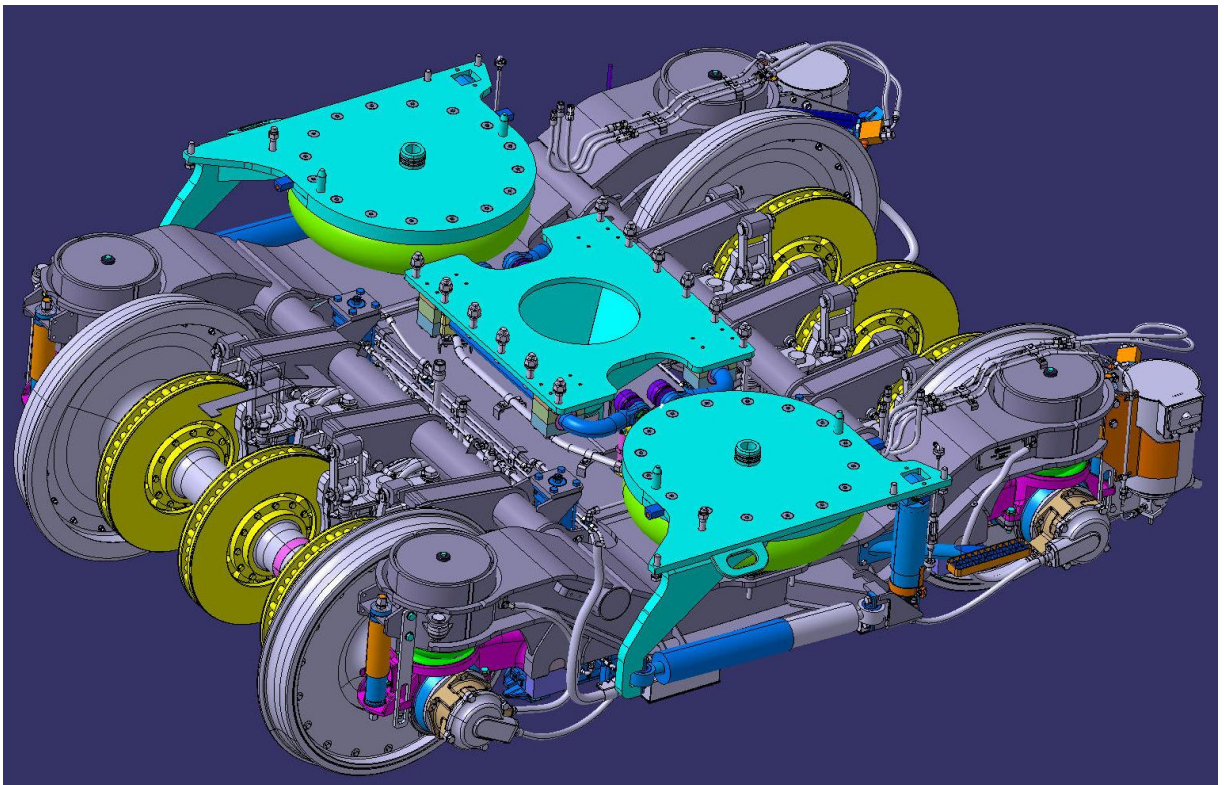
Jedná se o normálně rozhodný, dvounápravový podvozek bezkolébkové koncepce s maximální rychlostí 160 km/h. Bude vyráběn ve dvou variantách:

- 8 – 848.1 – běžný podvozek s elektromagnetickou kolejnicovou brzdou pro vložený a řídicí vůz
- 8 – 848.2 – běžný podvozek s kolejnicovou brzdou, systémem mazání okolků a pískovačem pro řídicí vůz (pod čelem se stanovištěm strojvedoucího)

Tab. 22 Technická data podvozku 8 - 848

<i>Rok výroby prototypu</i>	2010
<i>Výpočtová hmotnost na nápravu</i>	18 t
<i>Maximální provozní rychlost</i>	160 km/h
<i>Rozvor podvozku</i>	2400 mm
<i>Rozchod koleje</i>	1435 mm
<i>Rozkolí</i>	1360 mm
<i>Jízdní obrys kola</i>	UIC – ORE (podle UIC 510 – 2)
<i>Výška podvozku nad TK v zatíženém stavu</i>	975 mm
<i>Průměr kol: nových/maximálně opotřeбенých</i>	920/860 mm
<i>Hmotnost podvozku: 8 – 848.1/8 – 848.2</i>	7550/7700 kg
<i>Nápravové ložisko</i>	jednotka typu CTBU (SKF)

6.3. Základní konstrukční celky podvozku



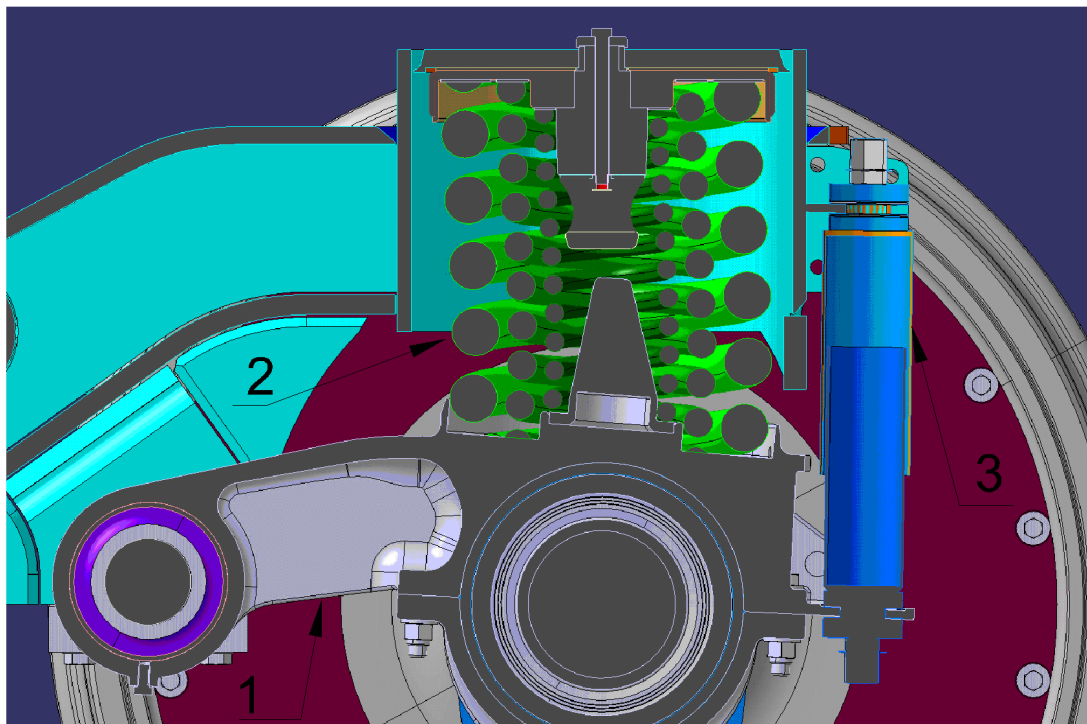
Obr. 106 Model běžného podvozku typu 8 – 848 (Škoda Vagónka a.s.); [10]

6.3.1. Rám podvozku

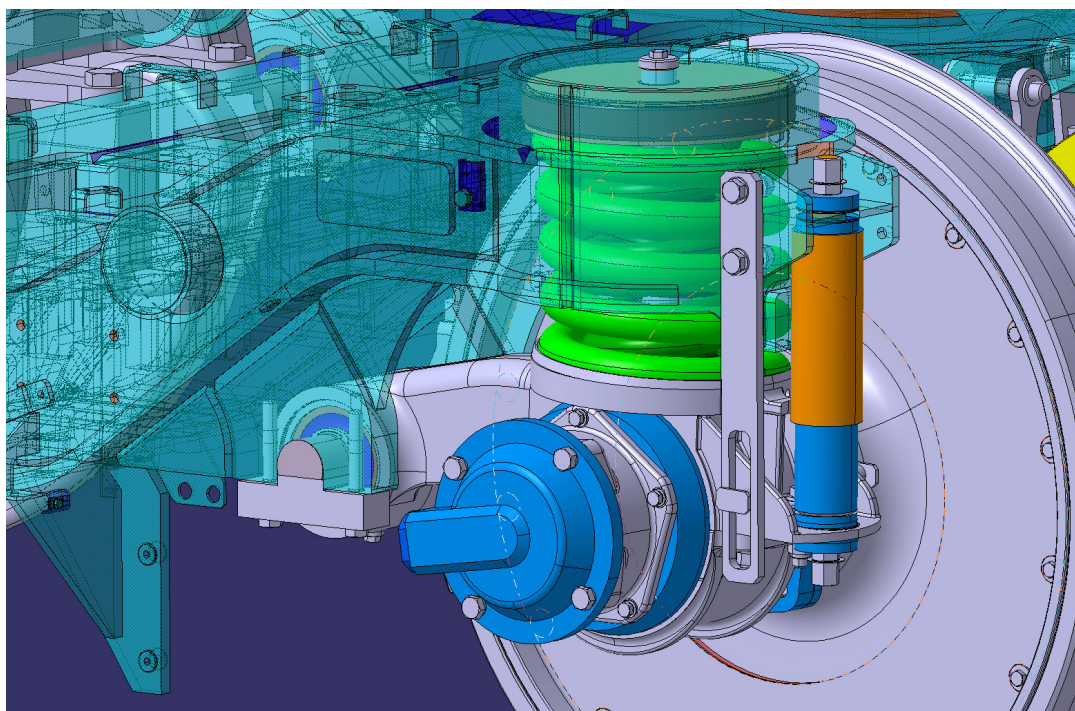
Rám podvozku je svařované konstrukce z uzavřených profilů tvořící písmeno H. Sestává ze dvou podélníků, dvou příčníků a dvou pomocných trubkových příčníků k nesení konzol kotoučové brzdy. Jednotlivé odlitky jsou z materiálu S355 NL (11 449.1). Ve spojení příčníků s podélníky jsou úložné plochy vzduchových pružin sekundárního vypružení.

6.3.2. Primární vypružení a vedení dvojkolí

Primární vypružení tvoří ocelové vinuté pružiny v triplexním uspořádání, umístěné nad ložiskovou skříní a zapadající do otvoru vyvedeném na konci podélníku rámu podvozku. Dvojkolí jsou vedena kyvnými rameny.



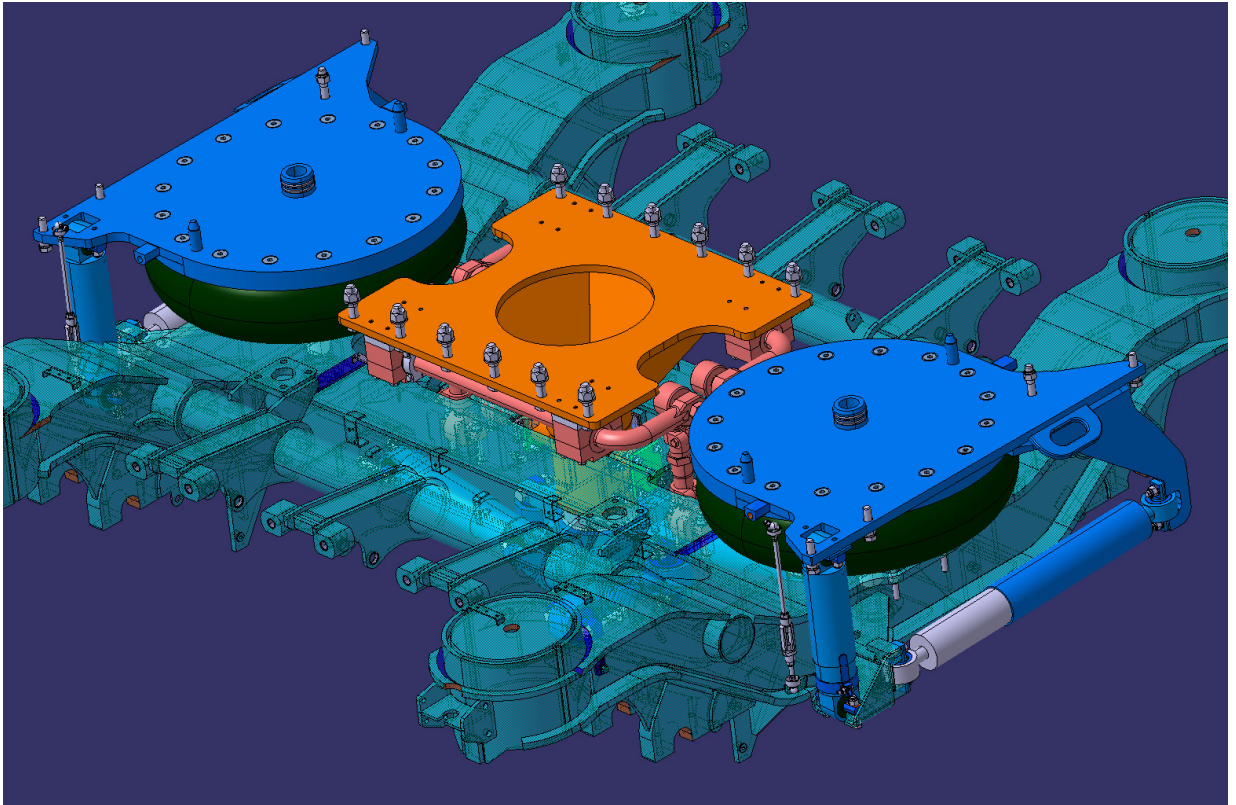
Obr. 107 Řez vedením a primárním vypružením podvozku 8 - 848 (Škoda Vagónka a.s.); 1 – kyvné rameno, 2 – pružiny primárního vypružení, 3 – hydraulický tlumič; [10]



Obr. 108 Pohled na vedení a primární vypružení podvozku 8-848 (Škoda Vagónka a.s.) [10]

6.3.3. Sekundární vypružení

Vypružení skříně tvoří dvě vzduchové pružiny membránového typu uložené na pryžokovových přídavných pružinách a zajišťují tak dvoubodové vypružení v provozním i v nouzovém stavu. Objem vzduchových pružin je zvětšen pomocí přídavných vzduchojemů uložených nad podvozky ve vozech. Tlak vzduchu je regulován podle zatížení vozu. Tlumení svislých, příčných a vrtivých pohybů podvozku vůči skříní zajišťují hydraulické tlumiče.



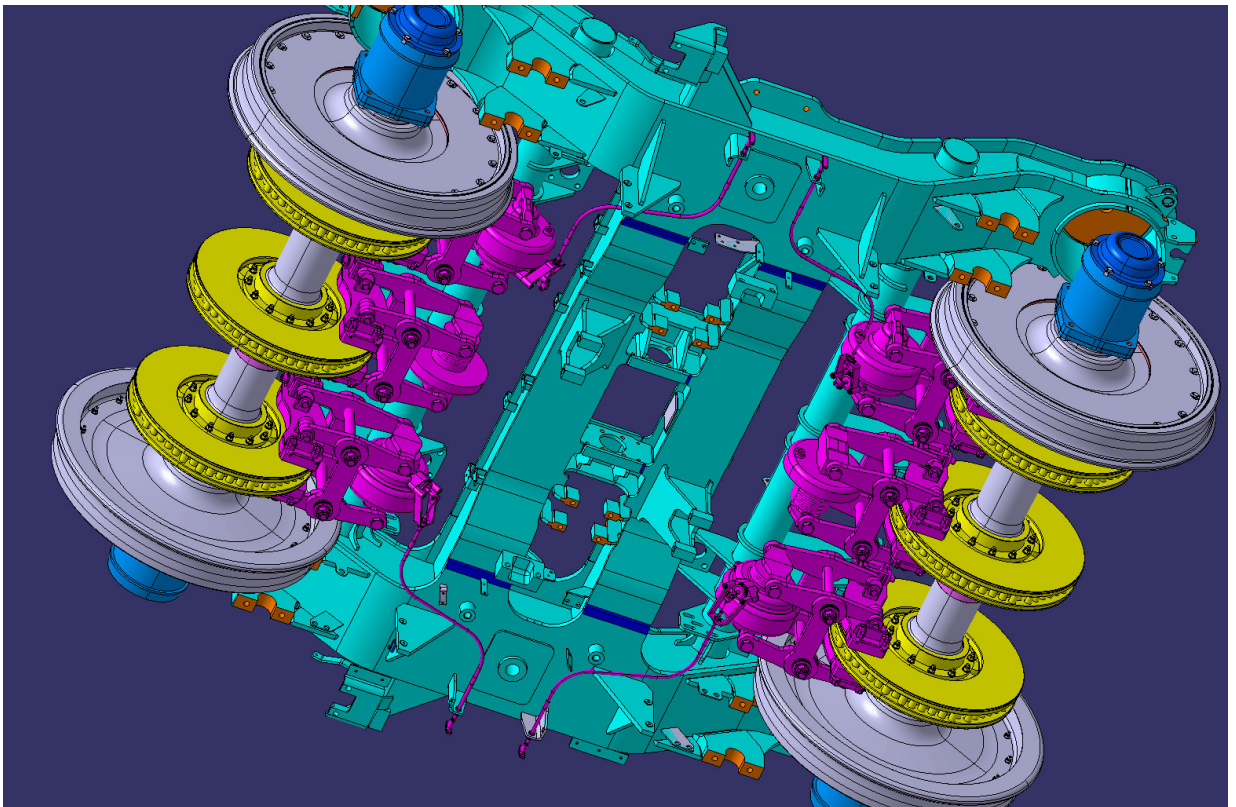
Obr. 109 Sekundární vypružení podvozku 8 – 848 (Škoda Vagónka a.s.); [10]

6.3.4. Brzdová výstroj

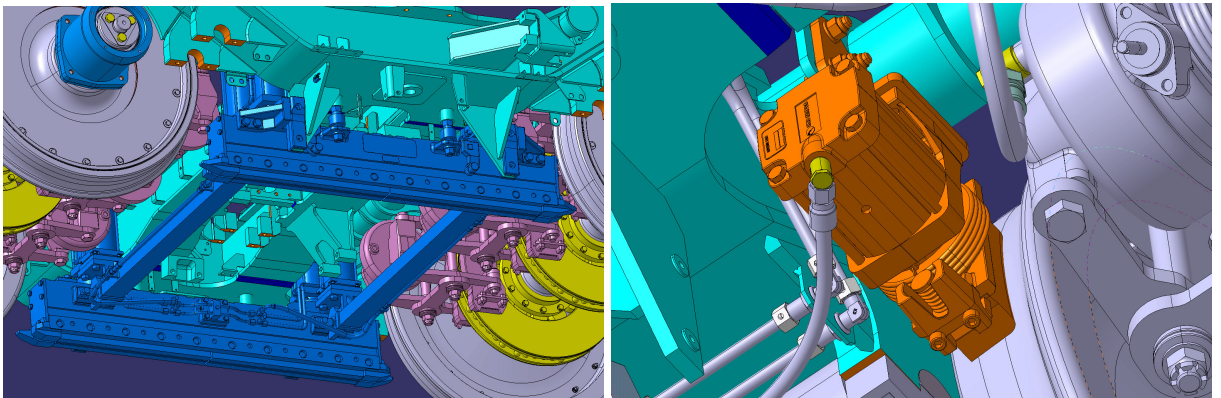
Podvozek je vystrojen čtyřmi brzdovými systémy. Hlavní provozní brzdou je kotoučová brzda. Brzdové jednotky jsou umístěny na konzolách vyvedených z pomocných příčniců. Na každé dvojkolí jsou nalisovány tři brzdové kotouče o průměru 640 mm. Brzdové obložení je typu BECORIT s celkovou plochou 200 cm².

Další brzdou je elektromagnetická kolejnicová brzda, která je používána pouze v režimu nouzového brzdění (R + Mg). Její hlavní částí je trámec s magnety, který je v případě potřeby přitlačován ke kolejnici přitlačným systémem.

Nezbytná je také čistící brzdová jednotka. Ta působí z vnitřní strany na každé kolo přibližně dvaceti procenty maximálního přitlaku klasické brzdy. Její účinek se nezapočítává do celkového účinku brzdy. Posledním typem brzdy je střadačová parkovací brzda.



Obr. 110 Kotoučová brzda podvozku 8 – 848 (Škoda Vagónka a.s.); [10]



Obr. 111 Magnetická kolejnicová brzda; [10] Obr. 112 Čistící brzdová jednotka; [10]

6.3.5. Další zařízení na podvozku

Na první nápravě soupravy (pod stanovištěm strojvedoucího) je umístěno zařízení pro mazání okolků a pískovací zařízení s objemem nádrže 20 l. Na každé nápravě je také umístěn nápravový uzemňovač STEMMANN, snímač protismyku a snímač otáček rychloměru MIREL.

Přehled v současnosti používaných typů vypružení a vedení dvojkolí v podvozcích vozů osobní přepravy	- 92 -	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------

7. ZÁVĚR

Cílem této práce bylo poskytnout ucelený přehled používaných podvozků ve vozech osobní přepravy a zaměřit se na moderní trendy v jejich konstrukci. Vzhledem k neustále se zvyšující maximální rychlosti probíhá na železničních sítích významných evropských dopravců doslova revoluce. Stávající osobní vozy běžné stavby pro maximální rychlosti do 200 km/h jsou nahrazovány moderními jednotkami, které jsou schopny provozu rychlostí i 350 km/h a jsou daleko vhodnější pro provoz v podmínkách, kdy je drahá každá vteřina. Typickým představitelem této koncepce je souprava AGV, nástupce legendárních souprav TGV. Jinou cestou se vydala společnost ÖBB, jejíž vysokorychlostní ucelené vratné soupravy typu „Railjet“ jsou sestaveny z lokomotivy řady 1116, vložených vozů běžné stavby a řídicího vozu. Tato souprava je pak schopna maximální rychlosti až 280 km/h.

Další důležitou částí osobní železniční dopravy je doprava příměstská, jejíž páteř většinou tvoří moderní elektrické jednotky. Dnes je trend zavádění taktových grafikonů, kdy jsou soupravy během špičky provozovány i v intervalu několika minut. Tento systém dopravy nesmírně ulehčuje přetíženým silnicím a je šetrný k životnímu prostředí. Tyto jednotky jsou často stavěny jako dvoupodlažní a jsou schopny velkého zrychlení, které je nezbytné při častém zastavování. Systém příměstské dopravy často doplňují také vozidla provozována na tratích regionálních. Podvozky těchto vozidel musí být zkonstruovány tak, aby byly minimalizovány vzájemné silové účinky mezi kolem a kolejnici při provozu na obloukovitých tratích. Je tedy zřejmé, že dokonalá technická propracovanost podvozku je pro jeho úspěch v provozu nezbytná. Dá se říct, že u moderních podvozků tomu dnes tak je. Výrobci podvozků tak zúročují své mnohaleté zkušenosti a vkládají je do svého vývoje a nových projektů.

Při psaní této práce pro mě bylo stěžejní studium zahraniční literatury. Především materiálů významných zahraničních výrobců železniční techniky, jako je společnost Siemens Transportation Systems, Bombardier Transportation, Alstom nebo Stadler. Tito výrobci tvoří světovou špičku ve svém oboru a udávají konstrukční trendy moderních vozidel. Nesmím také zapomenout na zahraniční odbornou literaturu, která se zabývá problematikou konstrukce kolejových vozidel a podvozků. Bez podrobného studia těchto materiálů by nebylo možné tuto práci napsat tak, aby popisovala skutečně moderní konstrukce osobních podvozků. Velmi důležitá byla ale také práce s naší odbornou literaturou. Knihy, skripta a další odborné materiály českých a slovenských odborníků jsou velmi kvalitní, nicméně vzhledem k době vzniku některých těchto publikací nebo při srovnání s materiály zahraničními je lze považovat za překonané. Jejich podrobné studium bylo ale pro pochopení teoretických základů a principů jednotlivých konstrukcí vedení dvojkolí a vypružení podvozků nezbytné.

V první kapitole jsem sestavil přehled používaných typů vedení dvojkolí v podvozcích osobní přepravy. Pro úplnost jsou zde uvedeny konstrukce, jejichž použití již dnes není žádoucí, dále je nastíněn vývoj jednotlivých typů vedení až po moderní optimalizované

Přehled v současnosti používaných typů vypružení a vedení dvojkolí v podvozcích vozů osobní přepravy	- 93 -	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------

konstrukce. Přestože se může zdát, že například vedení dvojkolí dvojicí svislých čepů je díky svým negativním vlastnostem nevhodné pro provoz vyššími rychlostmi, společnost Siemens tento typ vedení dovedla k takové technické dokonalosti, že se její podvozky stále více a více rozšiřují mezi všemi velkými evropskými železničními dopravci a spolu s vedením dvojkolí pomocí kyvného ramene tvoří nejpoužívanější typ vedení v moderních podvozcích osobních vozů.

V kapitole o vypružení už není kladen takový důraz na historický vývoj. Princip vypružení osobních podvozků je totiž stále stejný, dochází pouze ke zdokonalování jednotlivých komponentů a to především flexi – coil pružin a vzduchových membránových pružin. Tyto dva prvky se momentálně jeví jako nejvhodnější ve svislém vypružení kolejových vozidel. Přesto je zde věnována pozornost i prvkům vypružení, které nejsou příliš časté. Důležitou částí této kapitoly je také shrnutí podmínek, které jsou na svislé vypružení osobních vozů kladeny.

Další kapitola shrnuje základní konstrukční celky osobních podvozků a rozdělení z hlediska jejich zamýšleného použití. Vyskytují se dvě základní koncepce. Kolébkový a bezkolébkový podvozek, přičemž lze říct, že moderní osobní podvozky jsou častěji stavěny jako bezkolébkové a to zejména kvůli úspoře materiálu. Toto je jejich hlavní a největší výhoda oproti podvozkům kolébkovým.

Kapitola č. 5 poskytuje ucelený přehled osobních podvozků. Rozděleny jsou z hlediska jejich použití, tj. osobní podvozky běžné stavby, osobní podvozky pro provoz na regionálních tratích a osobní podvozky pro provoz ve vysokých rychlostech. Jsou zde uvedeny také podvozky starší konstrukce, nicméně důraz je kladen především na konstrukce moderní. Toto uspořádání ale poskytuje dobrý přehled o tom, jakým směrem se ubíral vývoj za poslední desetiletí a jakým směrem se bude pravděpodobně ubírat v budoucnu.

Hlavní cíl této práce, poskytnout ucelený přehled osobních podvozků, byl podle mého názoru splněn. Nicméně, vzhledem k obrovskému množství a rozmanitosti železniční techniky pohybující se po evropských kolejích, není možné uvést všechny existující konstrukce. Hlavní konstrukce osobních podvozků velkých výrobců byly dostatečně popsány, vysvětleny a poskytnuty v uceleném přehledu informací.

8. SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] DOSTÁL, Josef; HELLER, Petr. *Kolejová vozidla 1*. Plzeň: ZČÚ Plzeň, 2007. 122 s. ISBN 978-80-7043-520-5
- [2] DOSTÁL, Josef; HELLER, Petr. *Kolejová vozidla 2*. Plzeň: ZČÚ Plzeň, 2009. 394 s. ISBN 978-80-7043-641-7
- [3] IZER, Jiří, et al. *Kolejové vozy*. Bratislava : Alfa, 1985. 378 s.
- [4] MARUNA, Zdeněk; HOFFMANN, Vilém; KOULA, Jiří. *Metodika konstruování kolejových vozidel : osobní a nákladní podvozky*. Praha : Ediční středisko ČVUT, 1992. 178 s. ISBN 80-01-00815-0.
- [5] BAUR, Karl Gerhard. *Drehgestelle - Bogies*. Freiburg : EK - Verlag GmbH, 2006. 288 s. ISBN 978-3-88255-147-1.
- [6] HAIGERMOSER, Andreas. *Schienenfahrzeuge – Vorlesungsskriptum*. Graz: Technische Universität Graz, 2002. 247 s.
- [7] LINTNER, Miroslav. Rekonstrukce vedení dvojkolí na podvozku Görlitz V, Va. In *Vědeckotechnický sborník ČD*. Praha : Generální ředitelství Českých drah, 1999. s. 107 – 110.
- [8] *Pojazdy Szynowe PESA Bydgoszcz S.A. Holding* [online]. 2005 [cit. 2010-04-06]. Dostupné z WWW: <http://www.pesa.pl/php/index_en.php?id_sesja=0>.
- [9] *ČD SR 52 (V) : katalog osobních vozů*. Praha : České dráhy, a. s., 1977 - 2001. 438 s.
- [10] Firemní materiály společnosti ŠKODA VAGÓNKA a.s.

Přehled v současnosti používaných typů vypružení a vedení dvojkolí v podvozcích vozů osobní přepravy	- 95 -	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------

- [11] LATA, Michael. *Konstrukce kolejových vozidel II*. Pardubice : Univerzita Pardubice, 2005. 206 s. ISBN 80-7194-696-6.
- [12] *Alstom : Oficiální web společnosti Alstom* [online]. 2010 [cit. 2010-02-23]. Dostupné z WWW: [<http://www.alstom.com/home/>](http://www.alstom.com/home/).
- [13] *Stadler : Oficiální web společnosti Stadler* [online]. 2010 [cit. 2010-03-15]. Dostupné z WWW: [<http://www.stadlerrail.com/>](http://www.stadlerrail.com/).
- [14] *ŠKODA VAGÓNKA, a.s. : Oficiální web společnosti Škoda Vagónka, a.s* [online]. 2008 [cit. 2010-02-11]. Dostupné z WWW: [<http://www.vagonka.cz/>](http://www.vagonka.cz/).
- [15] *ŠKODA TRANSPORTATION a.s. : oficiální web společnosti* [online]. 2009 [cit. 2010-04-12]. ŠKODA uspěla na slovenském trhu. Dostupné z WWW: [<http://www.skoda.cz/holding/novinky/skoda-uspela-na-slovenskem-trhu-aid3100.html >](http://www.skoda.cz/holding/novinky/skoda-uspela-na-slovenskem-trhu-aid3100.html).
- [16] BUTSCHEK, Alan. *Železniční osobní vozy* [online]. 2001 [cit. 2010-04-12]. Vozy k sezení 2. třídy s postranní chodbičkou nebo kombinované. Dostupné z WWW: [<http://zeleznice.e-metro.cz/fotob/Bmee_21-70_2.jpg >](http://zeleznice.e-metro.cz/fotob/Bmee_21-70_2.jpg).
- [17] *Siemens Transportation Systems* [online]. 2008 [cit. 2010-04-06]. First Class Bogies (Oficiální katalog podvozků). Dostupné z WWW: [<http://www.mobility.siemens.com/shared/data/pdf/www/transport_systems/fw_katalog_siem_e_08_e4_1.pdf >](http://www.mobility.siemens.com/shared/data/pdf/www/transport_systems/fw_katalog_siem_e_08_e4_1.pdf).
- [18] *Bombardier Transportation Inc.* [online]. 2008 [cit. 2010-04-06]. Bombardier Bogies (Oficiální katalog podvozků). Dostupné z WWW: [<http://www.bombardier.com/files/en/supporting_docs/BT-Bogies-Our_Innovations_Keep_You_Moving.pdf >](http://www.bombardier.com/files/en/supporting_docs/BT-Bogies-Our_Innovations_Keep_You_Moving.pdf).

Přehled v současnosti používaných typů vypružení a vedení dvojkolí v podvozcích vozů osobní přepravy	- 96 -	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------

- [19] *Bombardier Transportation Inc.* [online]. 2008 [cit. 2010-04-06]. FLEXX Bogies (Oficiální katalog podvozků typu FLEXX). Dostupné z WWW: <http://www.bombardier.com/files/en/supporting_docs/BT-Bogies-FLEXX_Portfolio.pdf >
- [20] *Bombardier Transportation Inc.* [online]. 2008 [cit. 2010-04-06]. FLEXX ECO Bogies (Oficiální katalog podvozků typu FLEXX ECO). Dostupné z WWW: <http://www.bombardier.com/files/en/supporting_docs/BT-Bogies-FLEXX_Eco.pdf >.
- [21] *Bombardier Transportation Inc.* [online]. 2008 [cit. 2010-04-06]. FLEXX FIT Bogies (Oficiální katalog podvozků typu FLEXX FIT). Dostupné z WWW: <http://www.bombardier.com/files/en/supporting_docs/BT-Bogies-FLEXX_Fit.pdf >.
- [22] *Bombardier Transportation Inc.* [online]. 2008 [cit. 2010-04-06]. FLEXX LINK Bogies (Oficiální katalog podvozků typu FLEXX LINK). Dostupné z WWW: <http://www.bombardier.com/files/en/supporting_docs/BT-Bogies-FLEXX_Link.pdf >.
- [23] NOVOTNÝ, Ctirad; HEJZLAR, Lukáš. *Modernizované osobní vozy ČD s upravenými podvozky Görlitz V z hlediska jejich chodových a vodících vlastností.* Praha, 2002. 29 s.
- [24] Hába, Aleš. *Konstrukce kolejových vozidel 1 – přednášky a podklady k samostudiu.* DP DFJP Česká Třebová, ZS 2009/2010.
- [25] *Provozní příručka motorového vozu ř. 843.* Studénka : Moravskoslezská Vagónka Studénka, a.s., 1996.
- [26] DVOŘÁK, Pavel, et al. *VagonWEB : Železniční osobní vozy* [online]. 2006 [cit. 2010-04-06]. Dostupné z WWW: <<http://www.vagonweb.cz/> >.

Přehled v současnosti používaných typů vypružení a vedení dvojkolí v podvozcích vozů osobní přepravy	- 97 -	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------

- [27] Tobu 8000 series EMU 006 In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, 2008, [cit. 2010-04-07]. Dostupné z WWW:<http://cs.wikipedia.org/wiki/Soubor:Tobu_8000_series_EMU_006.JPG#ilehistory>.
- [28] Podvozek GP 200 In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , [cit. 2010-04-07]. Dostupné z WWW:<[http://cs.wikipedia.org/wiki/Podvozek_\(železnice\)#GP_200](http://cs.wikipedia.org/wiki/Podvozek_(železnice)#GP_200)>.
- [29] Vivalto In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , [cit. 2010-04-07]. Dostupné z WWW:<<http://it.wikipedia.org/wiki/Vivalto>>.
- [30] Desiro In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , [cit. 2010-04-07]. Dostupné z WWW:<<http://en.wikipedia.org/wiki/Desiro>>.
- [31] Shinkansen In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , [cit. 2010-04-07]. Dostupné z WWW:<<http://en.wikipedia.org/wiki/Shinkansen>>.
- [32] *Drives & Controls : Technology news* [online]. únor 2008 [cit. 2010-04-07]. 360km/h train will be the first powered by PM motors. Dostupné z WWW:<<http://www.drives.co.uk/fullstory.asp?id=2217>>.
- [33] *ŽelPage : elektronický magazín o drahách* [online]. 2009-07-06 [cit. 2010-04-07]. Nejrychlejší vlak světa AGV se vrátil do Česka na testy. Dostupné z WWW:<<http://www.zelpage.cz/zpravy/7242>>. ISSN 1801-5425.
- [34] ICE T In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , [cit. 2010-04-07]. Dostupné z WWW:<http://en.wikipedia.org/wiki/ICE_T>.

Přehled v současnosti používaných typů vypružení a vedení dvojkolí v podvozcích vozů osobní přepravy	- 98 -	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------

- [35] Elektrické jednotky 451 In *Wikipedia : the free encyclopedia* [online]. St. Petersburg (Florida) : Wikipedia Foundation, , [cit. 2010-04-07]. Dostupné z WWW:<http://commons.wikimedia.org/wiki/Category:ČD_Classes_451_and_452?uselang=cs>.
- [36] *ŽelPage : elektronický magazín o drahách* [online]. 2001 [cit. 2010-04-12]. Fotogalerie - Motorové vozy a jednotky. Dostupné z WWW: <<http://www.zelpage.cz/fotogalerie/motorove-vozy/943/>>. ISSN 1801-5425.
- [37] *ŽelPage : elektronický magazín o drahách* [online]. 2001 [cit. 2010-04-12]. Fotogalerie – Elektrické vozy a jednotky. Dostupné z WWW: <<http://www.zelpage.cz/fotogalerie/elektricke-jednotky/>>. ISSN 1801-5425.

Přehled v současnosti používaných typů vypružení a vedení dvojkolí v podvozcích vozů osobní přepravy	- 99 -	UNIVERZITA PARDUBICE Dopravní Fakulta Jana Pernera DP Česká Třebová
------------------------------------------------------------------------------------------------------	--------	---------------------------------------------------------------------------

9. SEZNAM PŘÍLOH

PŘÍLOHA 1 Přehled vedení a vypružení podvozků v závislosti na jejich použití

PŘÍLOHA 2 Vysvětlivky k příloze č. 1

PŘÍLOHA 3 Porovnání maximálních rychlostí osobních podvozků

PŘÍLOHA 4 Porovnání hmotností osobních podvozků

PŘÍLOHA 5 Přehled dopravců uvedených v práci

PŘÍLOHA 1 Přehled vedení a vypružení podvozků v závislosti na jejich použití

	TYP PODVOZKU	VEDENÍ DVOJKOLÍ	VYPRUŽENÍ		BRZDA	MAX. RYCHLOST	ROK VÝROBY
			PRIMÁRNÍ	SEKUNDÁRNÍ			
podvozky běžné stavby	MD 50	dva pásy (oboustranné)	šroubovité pružiny	duplexní šr. pružiny	Z	140 km/h	1951 - 1964
	MD 36	dva pásy (oboustranné)	šroubovité pružiny	duplexní šr. pružiny	K + Mg ^{*1}	200 km/h	1964 - 1972
	GÖRLITZ Va	svislé čepy	šroubovité pružiny	duplexní šr. pružiny	Z	140 km/h	1981 - 1984
	GÖRLITZ V/DNK	svislé čepy	šroubovité pružiny	duplexní šr. pružiny	K + CZ	160 km/h	reko 1996
	VÚKV 801	svislé trny	šroubovité pružiny	duplexní šr. pružiny	Z + CZ	120 km/h	1969 - 1972
	8 - 834	kyvné rameno	triplexní šr. pružiny	pneumatická pružina	K + CZ + Mg	140 km/h	od 1996
	GP 200	vnitřní laminátový pás	duplexní šr. pružiny	duplexní šr. pružiny	Z + K + CZ + Mg ^{*2}	120/160 km/h	1984 - 1990
	Y 32	kyvné rameno	duplexní šr. pružiny	flexi - coil pružina	K + CZ	160 km/h	1975 - 1977
	Y 0207S	kyvné rameno	duplexní šr. pružiny	flexi - coil pružina ^{*3}	K + CZ + Mg	200 km/h	1977
	MD 52	zdvojený vnitřní pás	duplexní šr. pružiny	duplexní šr. pružiny	K + Mg ^{*4}	200 km/h	od 1987
	SF 300	svislé čepy ^{*5}	šroubovité pružiny	duplexní šr. pružiny	K + CZ + Mg	200 km/h	od 1989
	SF 400	svislé čepy ^{*5}	šroubovité pružiny	pneumatická pružina	K + CZ + Mg	280 km/h	od 1997
	AM 96	kyvné rameno	triplexní šr. pružiny	pneumatická pružina	K + CZ	160 km/h	od 1995
	I 11	kyvné rameno	triplexní šr. pružiny	pneumatická pružina	K + CZ + Mg	200 km/h	od 1995
GÖRLITZ VIII	kyvné rameno	duplexní šr. pružiny	pneumatická pružina	K + CZ + Mg	140/160 km/h	od 1998	
regionální	8 - 833	kyvné rameno	šroubovité pružiny	pneumatická pružina	K + CZ	120 km/h	1995 - 1998
	SF 4000	pryžokovové rotační bloky		pneumatická pružina	K + CZ + Mg	120 km/h	od 1998
	SF 5000	kyvné rameno	duplexní šr. pružiny	pneumatická pružina	K + CZ + Mg	200 km/h	od 2003
vysokorychlostní	MD 530	zdvojený vnitřní pás	duplexní šr. pružiny	duplexní šr. pružiny	K + Mg	280 km/h	1989 - 1995
	SF 300 RHC	svislé čepy	šroubovité pružiny	duplexní šr. pružiny	K + CZ + Mg	300 km/h	od 1989
	DT 200 1. série	dva pásy (oboustranné)	duplexní šr. pružiny	pneumatická pružina	K + CZ + Mg	220 km/h	1964 - 1966
	DT 200 2. série	svislé čepy	šroubovité pružiny	pneumatická pružina	K + CZ + Mg	300 km/h	-
	Y 230	svislé čepy v pryži	triplexní šr. pružiny	flexi - coil pružiny ^{*6}	K + CZ + Mg + V ^{*7}	320/360 km/h	od 1967
	SF 500	kyvné rameno	duplexní šr. pružiny	pneumatická pružina	K + CZ + Mg + V ^{*7}	350 km/h	od 2002
	SF 600	kyvné rameno	šroubovité pružiny	pneumatická pružina	K + CZ + Mg + V ^{*7}	250 km/h	od 2006

PŘÍLOHA 2 Vysvětlivky k příloze č. 1

Z.....zdržová brzda

Kkotoučová brzda

CZ.....čistící zdrž

Mg.....elektromagnetická kolejnicová brzda

V.....magnetická vířivá brzda

***1**verze podvozku s maximální rychlostí pouze 160 km/h nejsou elektromagnetickou kolejnicovou brzdou vybaveny

***2**magnetickou kolejnicovou brzdou jsou vybaveny pouze poslední verze podvozků

***3**u novější verze SF 200 je použito duplexních flexi – coil pružin

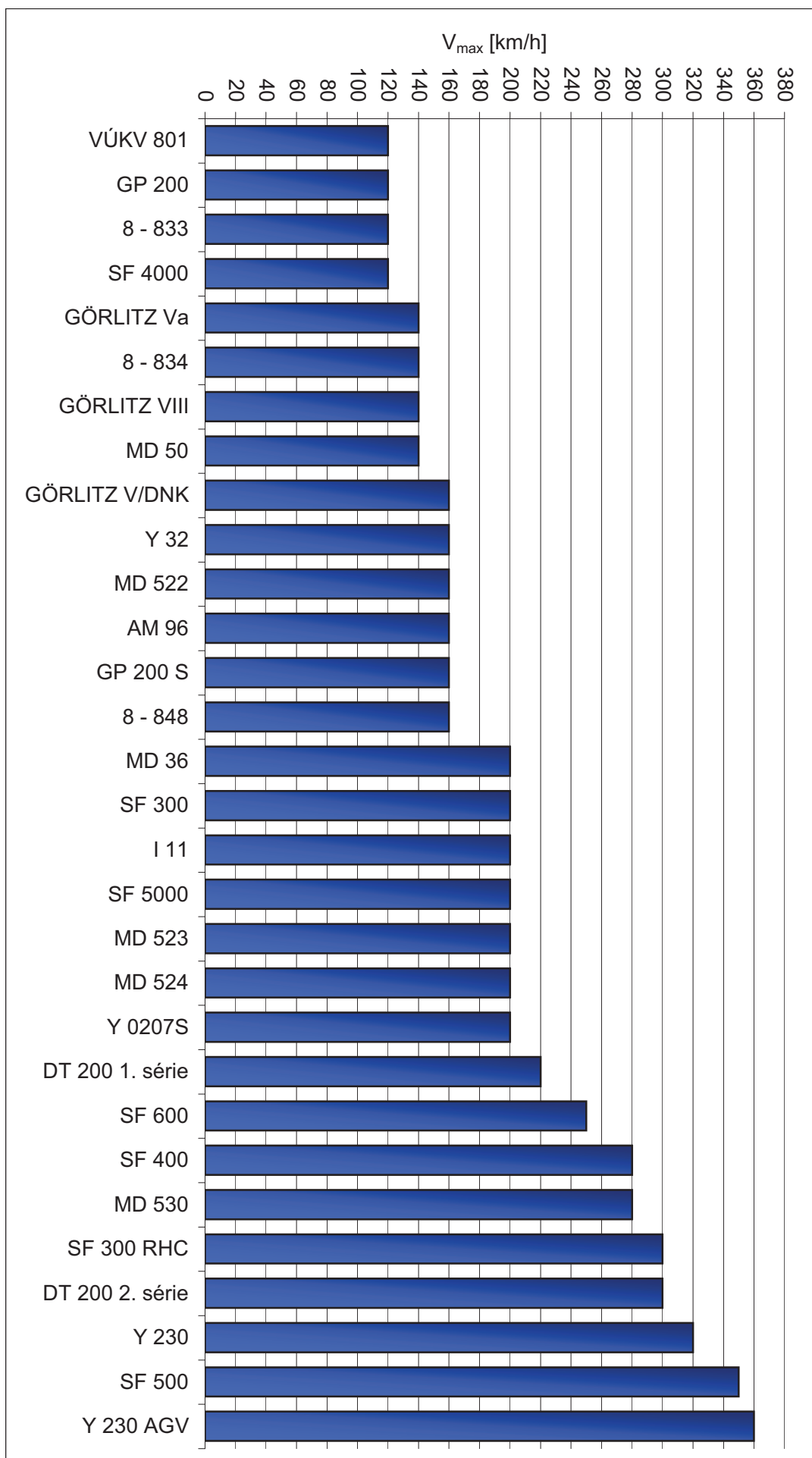
***4**verze MD 522 s maximální rychlostí pouze 160 km/h není elektromagnetickou kolejnicovou brzdou vybavena

***5**u některých verzí je použito vedení dvojkolí s proměnlivou příčnou a podélnou tuhostí

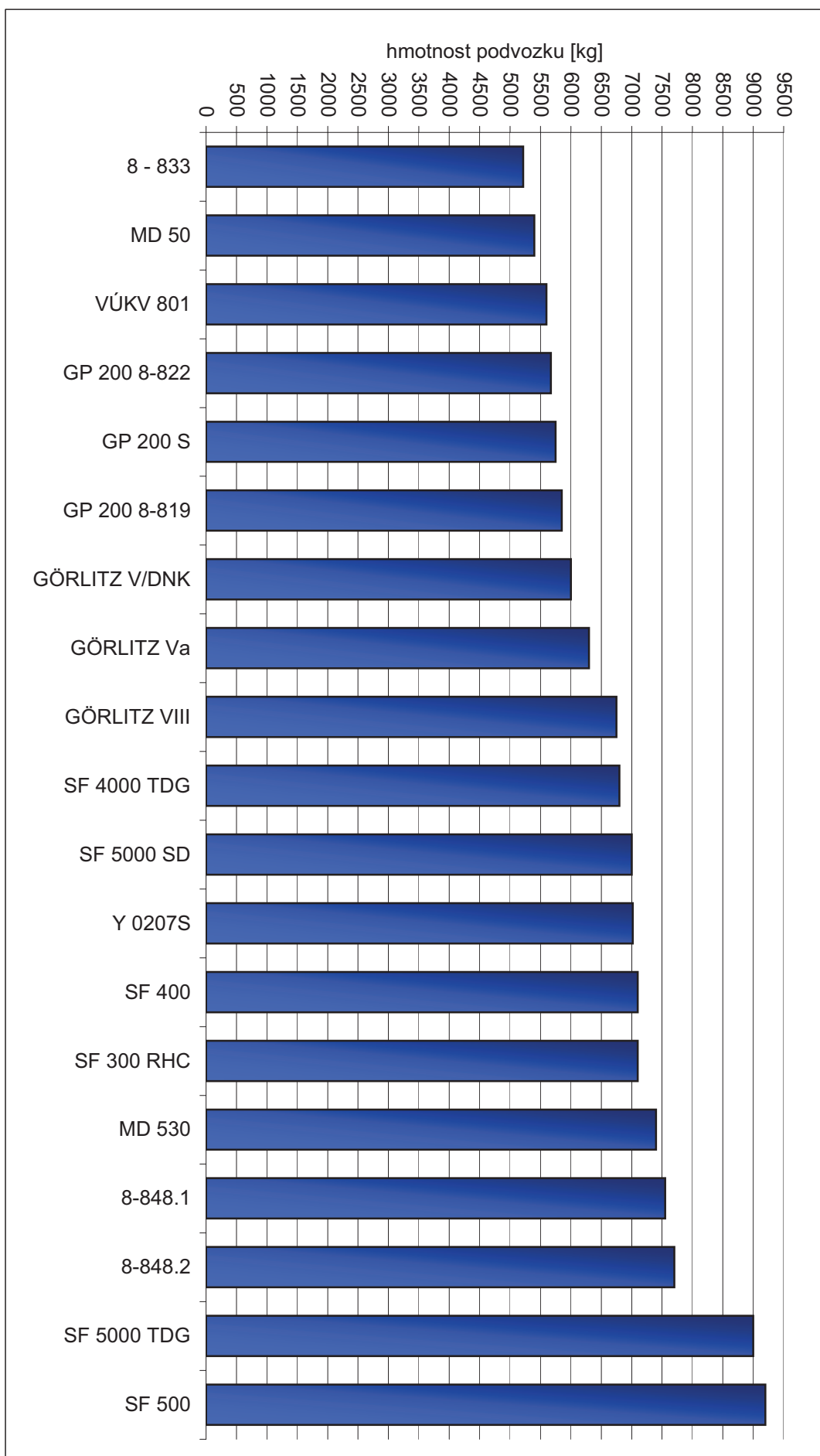
***6**verze pro rychlovlak AGV jsou vybaveny vzduchovými pružinami

***7**magnetickou vířivou brzdou nejsou vybaveny všechny varianty podvozku

PŘÍLOHA 3 Porovnání maximálních rychlostí osobních podvozků



PŘÍLOHA 4 Porovnání hmotností osobních podvozků



PŘÍLOHA 5 Přehled dopravců uvedených v práci

OZNAČENÍ	NÁZEV DOPRAVCE	STÁT
ARL	Bangkok City Line	Thajsko
BDŽ	Bulgarske državne železnice	Bulharsko
CPTM	Companhia Paulista de Trens Metropolitanos - Sao Paulo	Brazílie
CRC	Changchun Railway Vehicles Co., Ltd.	Čína
ČD	České dráhy, a.s.	Česká republika
DB	Deutsche Bahn AG	Německo
FER	Ferrovie Emilia Romagna	Itálie
FGE	First Great Eastern	Velká Británie
HAL	Heathrow Airport Link	Velká Británie
IIRN	Islamic Republic of Iran Railways	Írán
ISR	Israel Railways corporation LTD.	Izrael
LG	Lietuvos gelezinkeliai	Litva
MÁV	Magyar államvasutak	Maďarsko
NEG	National Express Group LTD.	Austrálie
NS	Nederlandsche Spoorwegen	Holandsko
ÖBB	Österreichische Bundesbahn AG	Rakousko
OSE	Organismos Sidirodromon Ellados	Řecko
PKP	Polskie Koleje Panstwowe	Polsko
RENFE	Red Nacional de los Ferrocarriles Espanoles	Španělsko
RŽD	Rossijskie železnye dorogi	Rusko
SBB	Schweizerische Bundesbahnen	Švýcarsko
SNCB	Société Nationale des Chemins de Fer Belges	Belgie
SNCF	Société Nationale des Chemins de Fer Francais	Francie
SWT	South West Train	Velká Británie
SŽ	Slovenske železnice	Slovensko
TRENITALIA	TRENITALIA - Gruppo Ferrovie dello stato	Itálie
WCML	West Coast Mainline	Velká Británie
WESTRAIL	Westrail LTD.	Austrálie
WMF	West Midland Franchise	Velká Británie
ZSSK	Železničná spoločnosť Slovensko	Slovensko