



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO  
INŽENÝRSTVÍ  
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

SYSTÉMY ODPRUŽENÍ NÁKLADNÍCH  
VOZIDEL  
SUSPENSION SYSTEMS OF COMMERCIAL VEHICLES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE  
BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE  
AUTHOR

Vojtěch Němeček

VEDOUCÍ PRÁCE  
SUPERVISOR

Ing. Jan Fojtášek

BRNO 2018

## Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	Vojtěch Němeček
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	Ing. Jan Fojtášek
Akademický rok:	2017/18

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma bakalářské práce:

### **Systemy odpružení nákladních vozidel**

#### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

U nákladních vozidel se běžně používají různé systémy odpružení, které se liší dle účelu nasazení vozidla a mají své specifické vlastnosti, projevující se na dynamice jízdy, ovladatelnosti, jízdním komfortu a dalších aspektech. Neustálý vývoj podvozků přináší nová řešení v oblasti pružících i tlumících prvků a konstrukčních uspořádání náprav.

#### **Cíle bakalářské práce:**

Rešeršní práce popisující vývoj systémů odpružení u jednotlivých typů podvozků nákladních vozidel, vyráběných v minulosti i v současnosti.

Práce bude obsahovat

- ucelený přehled soudobých i dříve používaných systémů odpružení,
- popis konstrukčního uspořádání jednotlivých řešení,
- popis principu funkce,
- výhody a nevýhody jednotlivých řešení.

Zohledněny budou také vývojové tendence podvozků dle v současnosti vyráběných typů nebo také nákladních vozidel připravovaných na trh.

#### **Seznam doporučené literatury:**

REIMPELL, Jomsen. The Automotive Chassis. 2nd edition. Oxford: Butterworth - Heinemann, 2001. 444 s. ISBN 0-7506-5054-0.

LEEMING, David John a HARTLEY, Reg. Heavy Vehicle Technology. 2nd edition. Leckhampton: Stanley Thomas, 1989. 260 s. ISBN 07-487-0275-X.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2017/18

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## ABSTRAKT

Tato práce se zabývá odpružením nákladních vozidel. Obsahuje ucelený přehled všech běžně vyráběných pružin a tlumičů. Práce je rozdělena do pěti hlavních částí. V první části se pojednává o kmitání, kvalitě odpružení a o dalších pojmech souvisejících s teorií. Druhá kapitola rozebírá hlavní typy odpružení. Jsou zde zařazena všechna soudobá používaná odpružení od vinutých přes listové až po vzduchové včetně tlumičů. Ve třetí části práce spojuje odpružení na různých typech náprav s jejich konstrukcí. Čtvrtá kapitola zahrnuje futuristické odpružení a elektronické systémy. V závěru jsou popsány subjektivní hodnocení na různých vozidlech.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Odpružení, tlumiče, kmitání, jízdní vlastnosti, King Frame

## ABSTRACT

This thesis follows up suspensions of lorry types. Thesis contains comprehensive overview of all commonly manufactured springs and shock-absorbers. Thesis is divided into five main parts. The first chapter is about oscillations, quality of suspensions and about other points connected to this theory. The second chapter has detailed overview of main types of suspensions. All types of currently used suspensions are listed, including coil suspensions, leaf suspensions, air suspensions and also shock-absorbers. The third chapter combines suspensions on different types of axles with their structure. The fourth chapter contains future of suspensions and electronic systems. In the conclusion is mentioned subjective evaluation of different types of vehicles

## KEYWORDS

Suspensions, shock – absorbers, vibration, drive ability, King Frame

## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

NĚMEČEK, V. *Systémy odpružení nákladních vozidel*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2018. 45 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jan Fojtášek.

## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Jana Fojtáška a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 25. května 2018

.....

Jméno a přímení

## **PODĚKOVÁNÍ**

Děkuji celé rodině za trpělivost při mém studiu, dále také vedoucímu práce Ing. Janu Fojtáškoví za cenné připomínky a rady v celé Bakalářské práci.

## OBSAH

Úvod .....	10
1 Účel odpružení.....	10
1.1 Kvalita odpružení.....	10
1.2 Bezpečnost jízdy .....	10
1.3 Kmitání .....	11
1.4 Tuhost pružiny .....	11
2 Komponenty Odpružení .....	12
2.1 Ocelové pružiny .....	12
2.1.1 Vinuté pružiny .....	12
2.1.2 Torzní tyče.....	14
2.1.3 Listové pružiny .....	15
2.1.4 Vlastnosti ocelových pružin .....	17
2.2 Pneumatické odpružení.....	18
2.2.1 Využití pneumatické pružiny.....	18
2.2.2 Vlnovcová pneumatická pružina .....	18
2.2.3 Membránová pneumatická pružina .....	19
2.2.4 Pružné médium a jeho regulace.....	19
2.3 Tlumiče .....	20
2.3.1 Konstrukce tlumičů .....	20
2.3.2 Jednoplášťový plynokapalinový tlumič.....	20
2.3.3 Dvoupplášťový kapalinový tlumič odpružení .....	21
2.3.4 Dvoupplášťový plynokapalinový tlumič .....	22
3 Konstrukce náprav s různým odpružením .....	23
3.1 Tuhá Náprava.....	23
3.1.1 Tuhá náprava zvedací .....	23
3.2 Mostová náprava (tuhá náprava) – lehké provedení .....	24
3.3 Mostová náprava (tuhá náprava) – těžké provedení .....	24
3.4 Nezávislé zavěšení .....	25
3.4.1 Odpružení Volvo u nezávislého zavěšení kol.....	25
3.4.2 Uložení McPherson .....	25
3.4.3 Systém odpružení Tatra .....	26
4 Elektronické řízení podvozku.....	28
4.1 Odpružení lineárními elektromotory .....	28
4.2 Aktivní podvozkové systémy.....	28
4.2.1 Regulace výšky (nivelace).....	28

---

4.2.2	System ESP .....	29
5	Experimentální ověření podvozků vozidel .....	30
5.1	Mercedes-Benz Sprinter 416 – odtahový speciál .....	30
5.2	Mercedes-Benz Atego 918 – Odtahový speciál .....	30
5.3	Mercedes-Benz Actros 4146 – Odtahový speciál .....	31
5.3.1	Legislativní předpisy .....	32
5.3.2	Jízdní vlastnosti .....	33
	Závěr .....	34
	Použité informační zdroje .....	35
	Seznam použitých zkratk a symbolů .....	37
	Seznam obrázků a tabulek .....	38

## ÚVOD

V dnešní době je několik možností, jak se vypořádat s problematikou odpružení nákladních vozidel. Jejich výskyt závisí především na použití vozidla a přání zákazníka.

Většina vozidel sloužící ke kamionové dopravě jezdí po dálnicích, kde je kladen velký důraz na komfort řidiče a dlouhou životnost celého vozidla. V těchto ohledech doba pokročila velmi daleko. Je běžnou věcí, že řidič od sedačky po nápravu má pod sebou tři sady vzduchových pružin. Vzduchem odpružená sedačka, dále kabina opatřená čtyřmi vzduchovými pružinami a následně nápravy, které mají opět vzduchové odpružení.

Vozidla, která se pohybují v terénu, mají obvykle přizpůsobený celý podvozek pro tuto práci. Vyšší světlá výška a pružiny odolné proti přetížení, či možnosti velkých výkyvů náprav jsou standardem. Kombinace různých typů pružin není vyloučena. Jsou výrobci vozidel jako například Tatra, která využívá několik typů odpružení na jedné nápravě. Dále většina výrobců využívá jiného odpružení na přední nápravě a jiného na zadní.

# 1 ÚČEL ODPRUŽENÍ

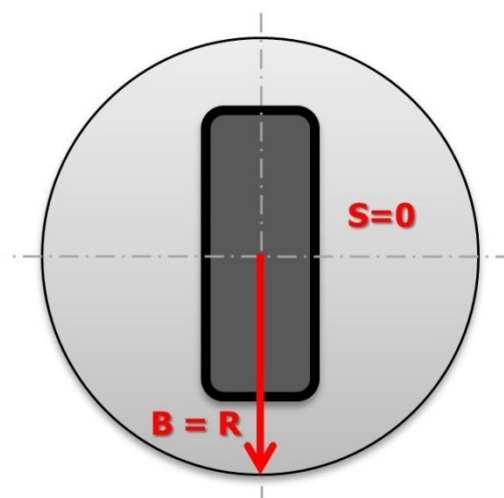
Podstatou pružení je zmírnit rázy, které jsou vyvolané jízdou po nerovnostech. Rázy postupují do kol přes nápravy dále přes pružné elementy až na rám a karoserii. Umístění pružin je mezi nápravou a rámem. U samonosných karoserií nahrazuje karoserie rám. [2]

## 1.1 KVALITA ODPRUŽENÍ

Jedním z měřítek kvality odpružení je komfort jízdy ve vozidle. S ním souvisí frekvence vlastních kmitů. Ta nám vyjadřuje, jaké otřesy ve vozidle jsou. Ty mohou být buď s vysokou frekvencí nad 80 Hz, nebo s nízkou frekvencí do 80 Hz. Z otřesů o nízké frekvenci vyplývají i nemoci, jako je například kinetóza. Aby byla jízda co nejkomfortnější, a nejpohodlnější je nezbytné, aby byly zachyceny všechny zdraví škodlivé rázy jdoucí směrem k osádce. Nejedná se samozřejmě pouze o mechanické otřesy, dále totiž mezi tyto negativní jevy, patří hluky vozidla, či špatná viditelnost. [1]

## 1.2 BEZPEČNOST JÍZDY

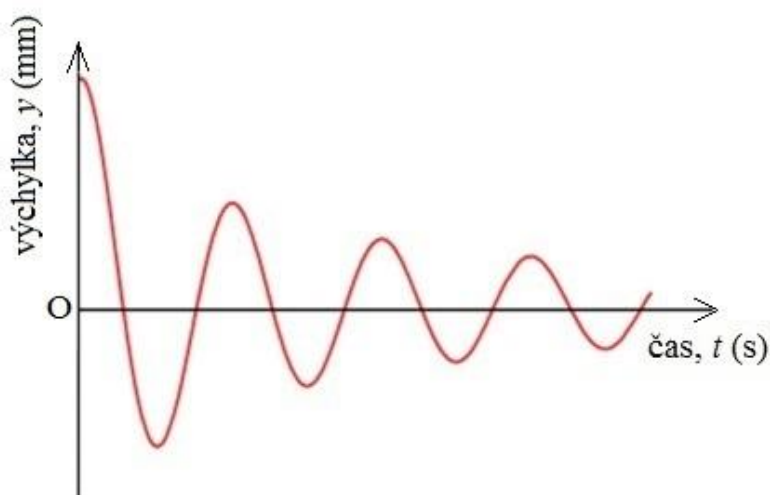
Aby mohlo být vozidlo efektivně řízeno a byla jízda bezpečná, je nutné mít co nejkvalitnější styk s vozovkou. Tohoto dosáhneme použitím kvalitních tlumičů, které zajistí minimální počet kmitů a jejich nižší amplitudy, a tím i co nejkratší čas k rovnovážnému stavu. V praxi velmi často dochází k opotřebení těchto částí, kdy tlumiče nedostatečně plní svoji funkci. Velkým nebezpečím potom je jízda po nerovnostech v zatáčkách, kde kola ztrácí styk s vozovkou. Kola potom nemohou přenášet žádné síly na vozovku. Vozidla poté dostávají smyk a končí mimo ní. Přenos sil více popisuje Kammova kružnice přilnavosti. Na Obr. 1 lze vidět kružnici, ve které je nakresleno kolo. Na něho může působit několik sil, avšak součet není nikdy vyšší než síla rovna poloměru kružnice. Například při plné akceleraci a využití maximální adheze, nelze již dál přenášet jakoukoliv boční sílu. [1,2,26]



Obr. 1 Kammova kružnice přilnavosti [26]

### 1.3 KMITÁNÍ

Kmitání je vytvářeno jízdou po nerovnostech. Je nežádoucím efektem pružení. Při vjetí na nerovnost začne vozidlo stoupat vzhůru, především jeho odpružená hmota, to je hmota, která je umístěna za pružinou dále k rámu vozidla případně karoserii. Karoserie se dostane do nejvyšší polohy, v této poloze překoná tíha odpružené hmoty sílu pružiny a vozidlo začne klesat. Nyní se karoserie dostane do nejnižší polohy a opět začne stoupat nahoru. Toto je jedna amplituda. Tento jev bude pokračovat tak dlouho, dokud se samotlumícím účinkem a za pomoci tlumičů nedostane do rovnovážné polohy. Neodpružená hmota je považována od disku s pneumatikou přes nápravu, brzdové válce, třmeny až po uložení pružiny. [1]



Obr. 2 Samotlumící efekt pružiny [1]

Počet period a čas na utlumení bude tím menší, čím bude větší tlumící efekt. Největší podíl na tlumení mají již zmíněné tlumiče, dále záleží na typu pérování. [1]

### 1.4 TUHOST PRUŽINY

Tuhost pružiny je závislá hlavně na konstrukci pružiny. Jsou pružiny, které díky své konstrukci budou vždy degresivní, to je například přitlačný talíř u spojky. [2]

Pružiny lineární se využívají u vozidel s malou užitečnou hmotností. Obvykle jimi bývají klasické vinuté pružiny. U nákladních automobilů je výskyt těchto pružin poskrovnu.

Progresivní pružiny jsou osazovány u nákladních vozidel, jejich konstrukce jsou buď listové, vinuté nebo vzduchové. Zde je velkou výhodou, že s přibývajícím nákladem se pružina ztvrdne.

## 2 KOMPONENTY ODPRUŽENÍ

### 2.1 OCELOVÉ PRUŽINY

#### 2.1.1 VINUTÉ PRUŽINY

Tento typ odpružení se používá spíše u lehčích nákladních vozidel (N1,N2). Obvykle se tyto pružiny nacházejí právě na přední nápravě. Výjimku tvoří například Mercedes-Benz Unimog, který je opatřen těmito pružinami na všech kolech. Tyto pružiny mu umožňují velké křížení náprav. Toto lze ocenit právě při jízdě v těžkém terénu, kdy se všechna kola stále dotýkají vozovky a vozidlo má dostatečnou stabilitu.



Obr. 3 Křížení náprava Mercedes-Benz Unimog [14]

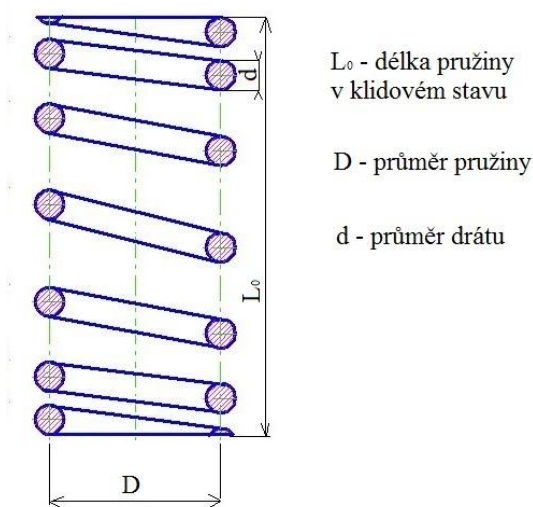
Vinuté pružiny mají lineární charakteristiku. Lze její tuhost ovlivnit pomocí tloušťky drátu, rozteče vinutí a středního průměru pružiny. Samotná stavba pružiny je z drátu, který má obvykle kruhový průřez. V horní a dolní části pružiny je ukončení pružiny pomocí závěrného závitu. Tento závit je broušený kolmo k ose pružiny tak, aby mohl být uložen do karoserie/nápravy. V případě, že pružina nemá opěrné závity, lze použít opěrné talíře. [2,4]

Při správné konstrukci pružiny by nemělo docházet k opírání závitů o sebe. Docházelo by poté k odírání a pružině by se i vlivem povětrnostních podmínek zásadně zkracovala životnost. Síla na tuto pružinu musí působit v ose, jinak hrozí vznik momentu sil a ztráta vzpěrné stability (vybočení). Hodnota, při které dojde ke ztrátě vzpěrné stability, je možná určit pomocí štíhlostního poměru

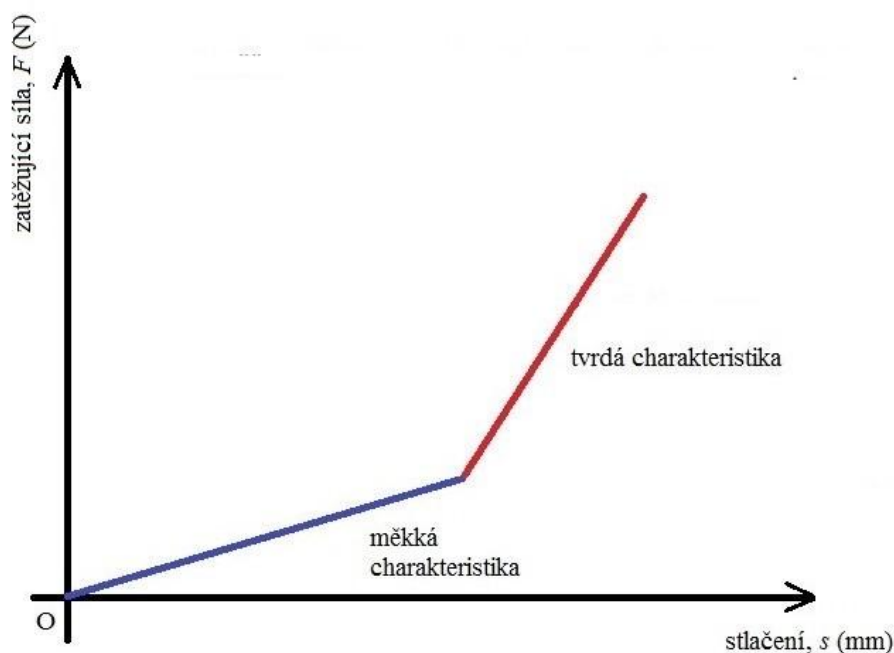
$$\beta = \frac{L}{D} \quad (1)$$

Kde  $\beta$  štíhlostní poměr,  $L$  délka pružiny,  $D$  průměr pružiny. Obecně lze říci, že riziko roste s délkou pružiny a se zmenšujícím se průměrem. Zabezpečení proti vybočení u dlouhých pružin může být zabezpečeno trnem nebo pouzdrem. [1,4]

Vinuté pružiny neumožňují jakýkoliv přenos bočních sil. Nápravy a zavěšení je nutné konstruovat pomocí prvků, které zabrání posunutí nápravy v příčném a podélném směru. Vhodné nápravy (polonápravy) s použitím této pružiny jsou: mostová náprava (tuhá náprava), tuhá náprava, McPherson uložení nebo výkyvná náprava. Při navrhování vinuté pružiny je velmi důležité, aby byl brán zřetel, že se jedná o kombinované namáhání, které se skládá z ohybu a krutu. Hlavní zatěžující charakteristikou je ohyb. Menší část zatížení tvoří krut. Závěrné závity jsou namáhané navíc tlakem. Progresivita pružiny je v praxi velice často využívána. Tato pružina má lineární charakteristiku, ale pokud se například změní rozteč na menší, bude se tato část stlačovat dříve. Až se stlačí, začne se stlačovat část druhá, na kterou je již potřeba větší síla. [2]



Obr. 4 Vinutá pružina [15]



Obr. 5 Zátěžový graf vinuté pružiny progresivní

Další možnost je změnit střední průměr pružiny. Tam, kde je největší střední průměr, bude docházet k prvotnímu stlačení.

V případě použití progresivity, způsobem změny středního průměru se může využít i další z toho vyplývající výhody. Při správné konstrukci lze totiž dosáhnout, aby závity dosedaly do sebe, tím naroste stlačení při stejné délce pružiny.

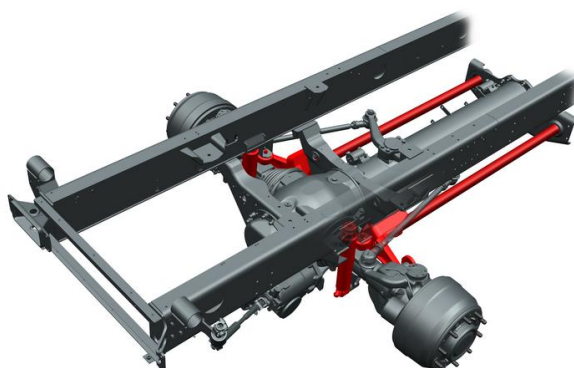
U těchto pružin je nutné mít kvalitní tlumící soustavu. Nemají téměř žádné samotlumící účinky. [1,2]

### 2.1.2 TORZNÍ TYČE

Torzni tyče slouží k odpružení polonáprav. Princip pružení spočívá v nakrucování tyče, která je namáhána ohybem a krutem. [1]

Škoda 1203, historické vozidlo českého výrobce bylo opatřeno těmito pružinami na zadní nápravě. Kde na každé straně byla jedna podélná torzní tyč. Stejně tomu bylo i u výrobce Tatra, které toto řešení nabízí dodnes s možností využití na všech nápravách. [8]

Na obr. 6 lze vidět konstrukci pružiny, je jí pouze tyč, která je na jedné straně uložena v karoserii a na straně druhé straně připevněna k polonápravě.



*Obr. 6 Náprava s torzními tyčemi [8]*

Na obou koncích této tyče je drážkování nebo šestihran, to má za úkol přenášet krouticí moment. Konce tyče jsou zesíleny a zušlechtěny, aby nebyla narušena pevnost díky drážkování šestihranu. Tyč je vyrobena z pružinové oceli. Celá pružina je broušena na nízkou drsnost Ra 0,8 a menší. Je tím eliminována možnost vzniku vrubu a následného šíření lomu. Pro dosažení co nejdelší životnosti celé tyče, je nezbytné, aby byla kvalitně ochráněna proti korozi. Toho lze dosáhnout speciálním lakem, který je elastický. [1]

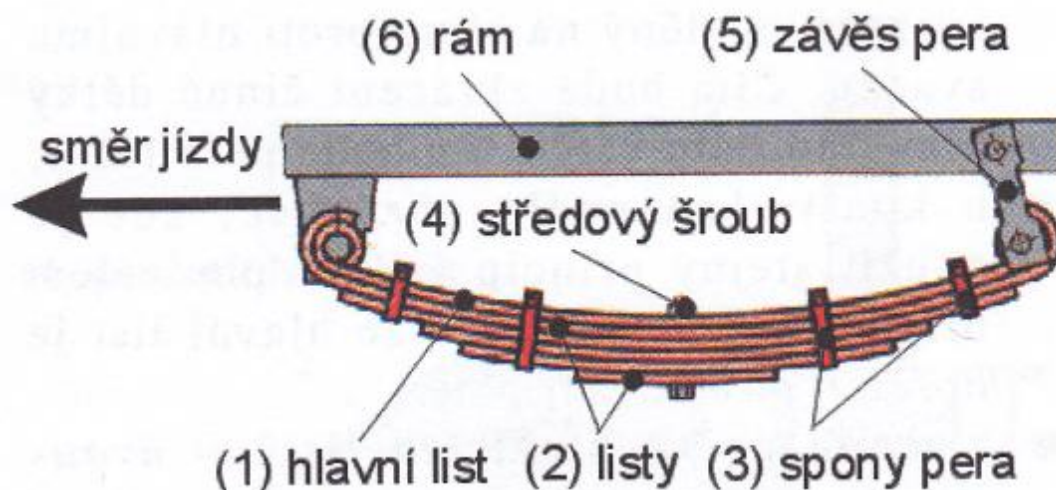
Ochrana proti přetížení může být navržena různě. Na polonápravách mohou být pryžové elementy, které se opřou do rámu při minimálním zdvihu pružiny, není tedy možné dále nakrucovat tyč. Více používaný typ je trubka, která je nasazena tyč a v případě velkého natočení se tyto dvě části opřou o sebe a není možné dále zkrcovat tyč. [2]

I u tohoto typu odpružení lze dosáhnout progresivního chodu pružiny. Pokud je tyč opatřena trubkou (slabší než u trubky dorazové), které se dotkne až při určitém natočení, vzroste její tuhost, a tím i potřebná síla k natočení této pružiny. [1,2]

### 2.1.3 LISTOVÉ PRUŽINY

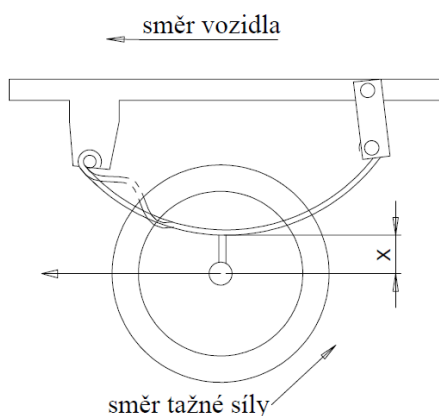
Tento typ odpružení je užíván v oblasti terénních nákladních vozidel a také vozidel s velkou užitnou hmotností. [2]

Listová pružina se obvykle skládá z několika listů. Její konstrukce je zřejmá z obr. 7. Je tvořena hlavním listem (1), který je nejdelší a na koncích bývá opatřen oky. Tato oka jsou uchycena na obou stranách. Další listy (2) jsou přichyceny pomocí třmenů a spon přímo k hlavnímu listu. Tuhost pružiny závisí na počtu listů a rozměrech jednotlivých listů. Důležitým prvkem tohoto pera je změna jeho délky při pružení. Obvykle se proto uchycuje na jedné straně do pomocného závěsu tak, aby nedocházelo k plastické deformaci. Na straně druhé je uchycena přímo k rámu. Středový šroub spojuje všechny listy a zamezuje tak podélnému posuvu. [1]



Obr. 7 Konstrukce listové pružiny [1]

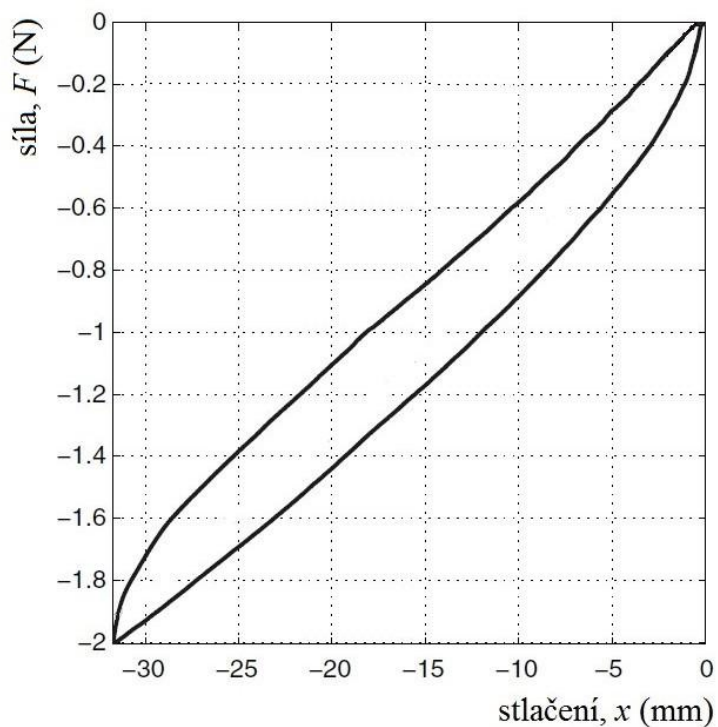
Tato pružina dokáže v některých případech nahradit i podélná ramena, tím se zjednoduší konstrukce celé nápravy. V těchto případech je nutné pružinu kontrolovat proti vzniku S-efektu. Ten může vzniknout, pokud je střed kol příliš vzdálen (x) od středu pružiny (auto má například zvýšený podvozek). Následně působí síla na větší vzdálenost, tím se zvětšuje ohybový moment, který zatěžuje celou pružinu. [2]



Obr. 8 Vznik S-efektu

Pro správnou funkci listové pružiny je třeba, aby listy, které jsou na sobě vrstveny, byly ošetřeny mazacím tukem pro snížení tření a zamezení vzniku koroze. Listová pružina jako celek má výbornou samotlumící vlastnost. Tím se snižují vibrace jdoucí směrem odpruženými hmotami. Dále se plastickým mazivem musí ošetřovat i závěs pružiny, aby byl zajištěn bezproblémový chod. [2]

Samotlumící efekt vyplývá i z uvedeného obr. 9. Pružina na stlačení potřebuje větší sílu než na odlehčení, tvoří tedy hysterezní smyčku. [16]

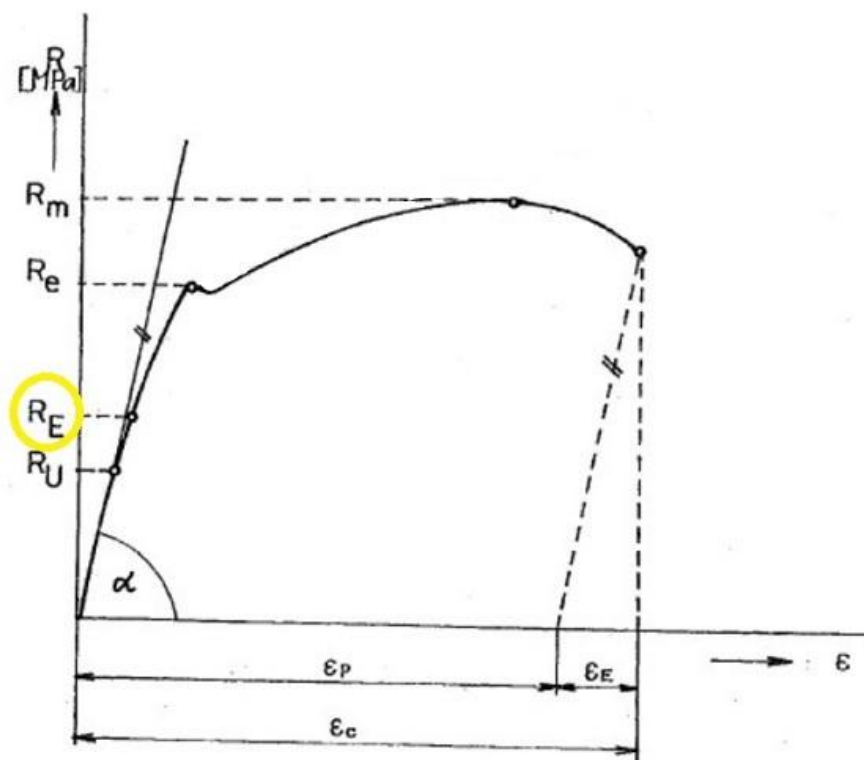


Obr. 9 Hystereze listové pružiny [16]

Konstrukčně zajímavá je parabolická pružina a ta se především používá u dvojnáprav (dvě nápravy se vzdáleností středů kol do 1 800 mm). Pružina je opatřena několika listy, které postupně zmenšují svoji délku a dosahují tak tvaru paraboly. Podle počtu listů a jejich rozměrů se mění i její tvrdost. Výhodou této pružiny při využití na dvojnápravě je téměř dokonalé rozložení hmotnosti na obě nápravy i při překonávání příčných nerovností. [17]

#### 2.1.4 VLASTNOSTI OCELOVÝCH PRUŽIN

Hlavním úkolem materiálu pružiny je co nejvyšší mez pružnosti  $R_E$ . Na základě toho se může stanovit stlačení. Překročení meze pružnosti z elastické části  $\epsilon_E$  a vstup do plastické části  $\epsilon_P$  by znamenal trvalé poškození pružiny. Vhodný materiál pro výrobu této pružiny je ocel 14 260 a 15 260. Je to ocel legovaná určená k zušlechtnění. U těchto materiálů je široký rozsah meze pevnosti (meze pružnosti) a závisí především na použitých tepelných zpracováních. [2]



Obr. 10 Tahový diagram ocel [12]

Nejčastějším důvodem selhání tohoto typu odpružení je přetížení spolu s poškozenými dorazovými pryžovými podložkami, kdy se deformace dostane z oblasti elastické do oblasti plastické. Pero sice dále omezeně funguje, ale u celého automobilu se sníží světlá výška a nosnost. Důvodem prasknutí listu nebo i celého pera je také cyklická únava materiálu, zde můžeme vycházet z počtu cyklů a zatížení (Wohlerova křivka). Pero je navrženo tak, aby při ideálních podmínkách neprasklo, avšak okolní vlivy obvykle způsobí korozi materiálu – vytvoření vrubu. V němž už se tvoří prasklina a následuje šíření trhliny a až po destrukci pružiny. [18]

## 2.2 PNEUMATICKÉ ODPRUŽENÍ

### 2.2.1 VYUŽITÍ PNEUMATICKÉ PRUŽINY

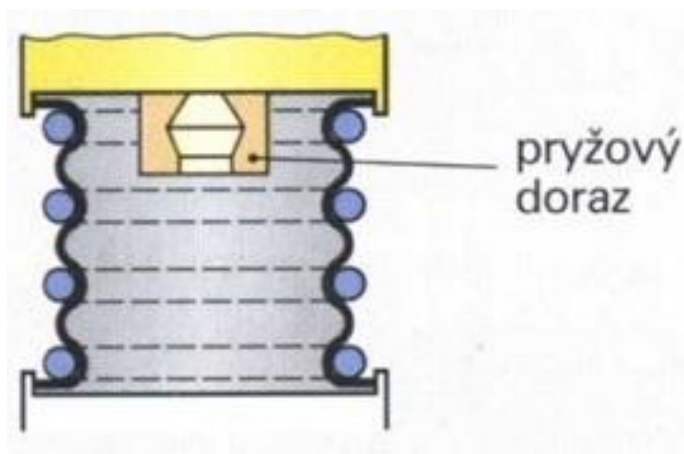
Pneumatické odpružení se využívá v oblastech nákladních vozidel, kde je třeba vysokého komfortu nebo změny regulace výšky. U tohoto typu pružin roste s přibývajícím zatížením i progresivita a tvrdost, to je způsobené narůstajícím tlakem při zachování stejného objemu. Její jednoduchá konstrukce a přijatelná cena je hlavním důvodem osazení u většiny silničních nákladních vozidel.

Často se využívá i na odpružení kabiny nákladních vozidel, kde místo standardních vinutých pružin jsou osazeny pneumatické pružiny. Výrazně tím dojde ke zlepšení komfortu. Jejich počet je různý podle varianty kabiny. Obvyklou komfortní jednotkou v dnešní době tvoří 2+2 (dvě vinuté + dvě pneumatické pružiny). [2,10]

### 2.2.2 VLNOVCOVÁ PNEUMATICKÁ PRUŽINA

Základem této pružiny je obal, který je tvořen jedním až čtyřmi prstencovými pryžovými vaky. Tyto vaky jsou mezi sebou rozděleny ocelovými kroužky. Obal je spojen šrouby s ocelovou deskou na horní i spodní straně z důvodu montáže této pružiny. V těchto deskách jsou otvory pro připojení zdroje plnění. Uvnitř Vlnovcové pružiny mohou být pryžové dorazy určující maximální zdvih pružiny, někdy je tento doraz montován samostatně vedle pružiny na nápravu. [1,2]

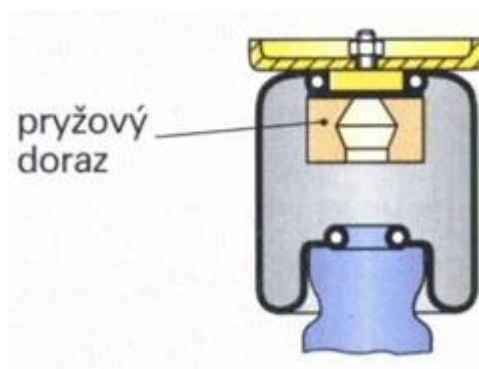
Ačkoliv se tyto pružiny využívají v silničním provedení, jsou i vozidla, která je nasazují v terénu. Jedním z nich je i vyprošťovací jeřáb Tatra AV14, kde tyto pružiny lze vypustit, následně zajistit polohu nápravy a nakonec jeřáb zvednout na patkách. Důsledkem dojde k roznesení hmotnosti pouze na patky jeřábu a dojde tím k požadované stabilitě.



Obr. 11 Konstrukce Vlnovcové pneumatické pružiny [13]

### 2.2.3 MEMBRÁNOVÁ PNEUMATICKÁ PRUŽINA

Základem konstrukce je píst a válec. Píst je obvykle ocelový nebo hliníkový. Píst vjíždí do válce a je těsněn pryžovým obalem. Na horní i dolní straně je opět deska pro přišroubování k nosným částem vozidla a nápravy. Dle nosnosti nápravy může být osazena buď dvěma, nebo čtyřmi pružinami. [19]



Obr. 12 Konstrukce membránové pneumatické pružiny [13]

### 2.2.4 PRUŽNÉ MÉDIUM A JEHO REGULACE

Tlak vzduchu se generuje z kompresoru vozidla. Kompresor je předimenzovaný, dosahuje tlaku až 15 Bar. V soustavě odpružení není takový tlak nezbytný, je obvykle regulován na maximální tlak 10 Bar. Vzduch je nejprve potřeba vysušit, obsahuje totiž vždy vlhkost. Nedostatečným vysušením dochází k zamrznutí ventilu a jeho nefunkčnosti. Následuje proudění do zásobníků, odkud pokračuje přes elektromagnetické ventily až do pružin. [2]

Každé vozidlo je vybavené nivelačním zařízením pro zjištění a nastavení aktuální výšky vozidla. U starších typů vozidel nebylo možné měnit výšku těchto pružin (Liaz, Tatra), byla pouze jedna (provozní). S narůstající potřebou plnění platné legislativy výšky vozidla je vždy nutné adaptovat pružiny na příslušnou situaci. V České republice je dovolená výška nákladního automobilu (jízdni soupravy) 4,00m, tolerance měření jsou 2%. Existují návěsy Vario, které lze zapřáhnout jak za tahače se standardním podvozkem, tak i se sníženým typem Low deck. Aby mohl být homologován na tento provoz, má dlouhé membránové pneumatické pružiny a dvě standardní jízdni polohy. [19]

Standardem dnešní doby je pneumatické pružení na hlubinných návěsích. Jsou to speciální typy, které mají ložnou plochu umístěnou velmi nízko nadzemí v řádech několik centimetrů. Zde je nutné regulovat výšku u překážek a nerovností. Obvyklý zdvih těchto pružin je proti jízdni výšce  $-5$  cm dolů a  $+12$  cm nahoru. Pokud tento návěs narazí na překážku, kde by hrozilo poškození nosné páteře, lze jej zdvihnout nahoru. Je ovšem důležité dodržet fakt, že všechny nápravy se musí dotýkat země tak, aby nedošlo k vyvěšení jedné z náprav. To může způsobit přetížení ostatních náprav, pokud se ještě navíc vyskytují pružiny v maximálních zdvihách, jsou poté daleko náchylnější k destrukci.

Výhradně je ovšem dát na pokyn výrobce. Ten často zakazuje rychlou jízdu s jinou než provozní výškou. Důvodem je ztráta stability. [1,8]

## 2.3 TLUMIČE

Tlumiče a jejich funkce je velice důležitá pro bezpečnou jízdu. Hlavním účelem je udržovat kontakt kola s vozovkou. V případě, že náprava či celé vozidlo není opatřeno tlumiči, vozidlo se stává špatně ovladatelnými hlavně na nerovnostech. Úkolem tlumičů je měnit energii kinetickou na energii tepelnou. Toho se dosahuje pomocí tření a odporu kapaliny proti tečení malými ventily. Uložení tlumičů je zpravidla co nejbližší k pružinám, čím delší je chod, tím je i kvalitnější tlumení. Jsou i případy, kde jsou tlumiče přímo umístěny do pružin např. uložení Mc Pherson. [4]

V dnešní době je velké množství tlumičů na trhu, proto lze do nákladních vozidel zakoupit různé typy:

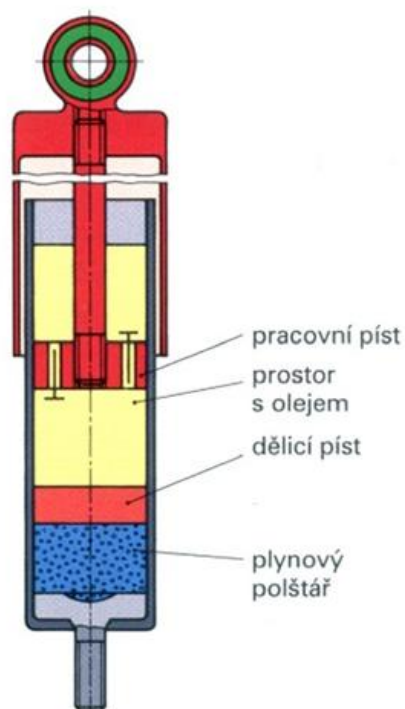
- a) teleskopické
  - jednoplášťové
  - dvouplášťové
  
- b) dle tlaku a druhu média
  - kapalinové (kapalinou je olej)
  - plynokapalinové (plynem je dusík)
    - nízkotlaké
    - vysokotlaké

### 2.3.1 KONSTRUKCE TLUMIČŮ

Každý tlumič je tvořen buď jedním, nebo dvěma pracovními plášti. Dalším pláštěm, který se nepočítá, ale je vždy součástí, je plášť ochranný, který je nalisován na horní části tlumiče a jezdí společně s pístnicí. Uvnitř pracovního pláště se nachází pístnice a několik ventilů. Pístnice jezdí dle potřeby nápravy nahoru a dolů, následně se díky tomu otevírají ventily a přepouští olej. Tyto ventily jsou velmi malé tak, aby kapalina/plyn obsažený v tlumičích měl co největší odpor. Obvykle mají tlumiče různý odpor při stlačování a jiný zase při roztahování, toho lze dosáhnout právě změnou průřezu ventilků. Tlumič je umístěný mezi rámem a nápravou v kovopryžových pouzdech, kterými je veden šroub. Tento šroub je namáhán na obou stranách na střiž. [1]

### 2.3.2 JEDNOPLÁŠŤOVÝ PLYNOKAPALINOVÝ TLUMIČ

U tohoto tlumiče na obr. 13 je jako pracovní prostor pouze jeden plášť. V něm se nachází dělicí píst, který eliminuje změny objemu kapaliny a změny objemu pracovního prostoru vlivem posunutí pístnice. Opět dochází k přepouštění oleje malými ventily. [1,2]

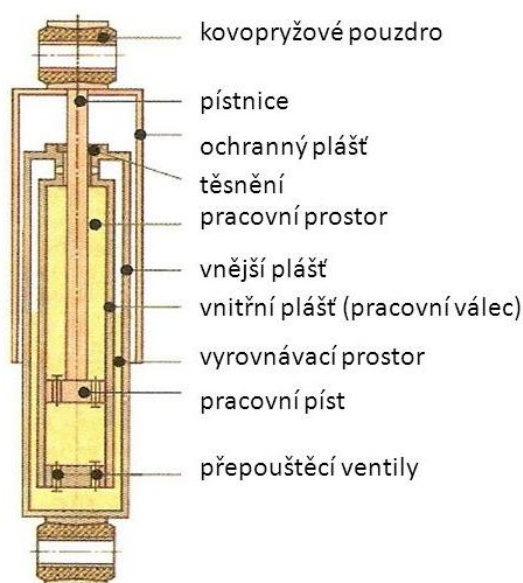


Obr. 13 Jednoplášťový plynokapalinový tlumič [6]

Výhodou jednoplášťových tlumičů je kratší reakční prodleva a lepší odvod tepla po stěnách tlumiče. Další výhodou je možnost pracovat v jakékoliv poloze, toho lze využít hlavně u terénních nákladních vozidel. Nevýhodou jsou větší výrobní náklady díky nutné přesnosti. [3]

### 2.3.3 DVOUPLÁŠŤOVÝ KAPALINOVÝ TLUMIČ ODPRUŽENÍ

Kapalinový typ tlumičů musí být vždy dvouplášťový. Z jednoho pláště do druhého je při činnosti tlumiče přepouštěn olej. Vzhledem k tomu, že se mění objem ve vnitřním plášti, je nutné, aby pracovní prostor vnějšího válce byl jen částečně naplněn. Zbytek této náplně tvoří vzduch, který je spojen s atmosférou. To je i důvod proč musí být montován v poloze tak, jak je na obr. 14. Pokud by se tlumič namontoval obráceně, hrozilo by nasátí vzduchu, a tím pozbytí funkce. Horní část tlumiče se nazývá pístnice, ta je obvykle připevněna k rámu vozidla. Zatímco válec je připevněn k nápravě nebo polonápravě vozidla. Princip funkce spočívá pouze v protékání oleje malými ventily. Při pohybu pístu směrem nahoru dochází k většímu odporu než při pohybu dolů. Hlavním důvodem je, aby neovlivňovaly tuhosti pružin. [1,2]

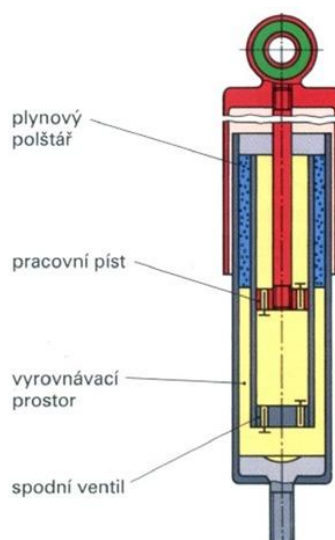


Obr. 14 Dvouplášťový kapalinový tlumič [5]

Nevýhody tohoto tlumiče jsou v různé viskozitě kapaliny se změnou teploty. Při ohřátí oleje dochází ke slábnutí tlumícího efektu, na zasunutí a vysunutí pístnice je třeba menší síla. Velká výhoda je v životnosti, kde je oproti plynovým tlumičům několika násobně delší.

#### 2.3.4 DVOUPLÁŠŤOVÝ PLYNOKAPALINOVÝ TLUMIČ

Tento tlumič má velmi podobný princip funkce jako tlumič dvouplášťový kapalinový. Rozdíl je pouze v jeho vyrovnávacím prostoru, kde se nachází dusík o tlaku (2 až 8) bar. Tlumič je zařazen do kategorie nízkotlakých. [1,2]



Obr. 15 Dvouplášťový plynokapalinový tlumič [7]

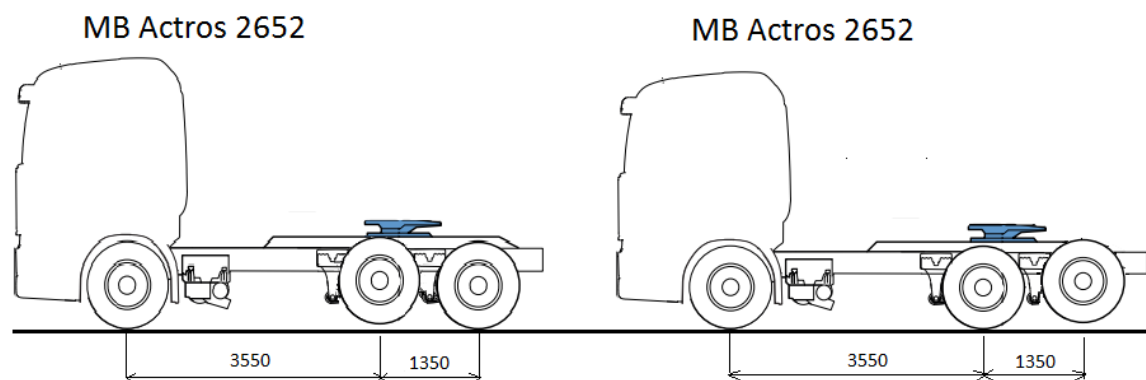
## 3 KONSTRUKCE NÁPRAV S RŮZNÝM ODPRUŽENÍM

### 3.1 TUHÁ NÁPRAVA

Je typem, kde je pevně spojeno levé kolo s pravým. Tato náprava může být jako hnaná, tak hnací. Hnaná náprava má velmi jednoduchou konstrukci, kde se jedná obvykle o ocelový profil ve tvaru čtverce či kružnice procházející z jedné strany na druhou. Obvykle bývá doplněna o stabilizátor nápravy. Hnací náprava je nazývána mostová tuhá náprava. [1]

#### 3.1.1 TUHÁ NÁPRAVA ZVEDACÍ

Zvedací nápravy se používají u nákladních vozidel, které jezdí drtivou většinu po silnici a kde je velký rozptyl užité hmotnosti. Konstrukční řešení této nápravy není složité. Obvykle je opatřena tuhým nápravou a na ní jsou dvě membránové pneumatické pružiny. Dále je tato náprava vybavena dvojčinnou pákou, kde na jednom konci je pneumatická pružina a na druhém je přichycen k nápravě. Uprostřed je ložisko, ve kterém se tato páka natáčí. Signálem z řídicí jednotky jsou hlavní dvě pružiny vypuštěny a je vpuštěn vzduch pouze do pružiny zvedací. To má za následek zvednutí nápravy ze země. Jak a kde osadit zvedací nápravu lze vidět na obr. 16. Záleží pouze na konfiguraci a vhodnosti použití vozidla. Se zkracujícím rozvorem roste obratnost vozidla, klesá ovšem stabilita. U tříosých tahačů je doporučená poloha točnice 10% hodnoty rozvoru před středem druhé a třetí nápravy.

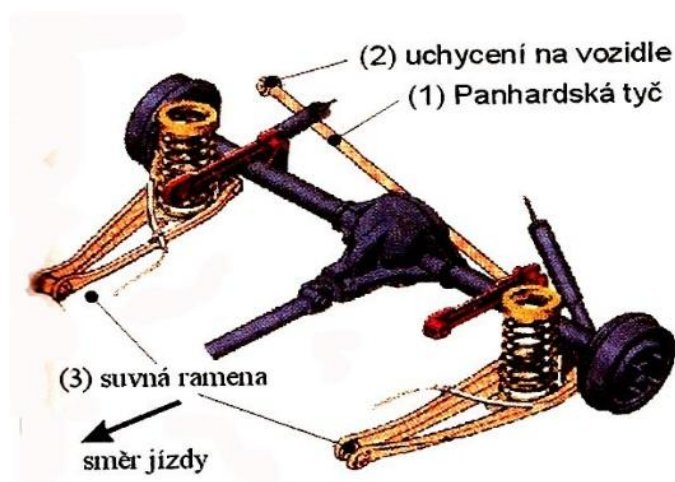


Obr. 16 Podvozek tahače MB Actros [20]

Na tahači vlevo je zřejmé, že po zatížení točnice dojde ke zvýšení zatížení na přední a zadní nápravě. Na tahači vpravo dojde naopak ke snížení zatížení na přední nápravě, a tím k podstatně většímu zatížení na nápravě zadní. Důsledkem vyššího zatížení je vzrůstající adheze, která má pozitivní dopad především při zhoršených povětrnostních podmínkách. Častou nevýhodou je zvýšení výšky kol této nápravy u tahače a riziko střetu s návěsem. I z tohoto důvodu může být tato náprava vybavena menší pneumatikou. Výhodou je snížení spotřeby vozidla a nižší opotřebení pneumatik. [20,21]

### 3.2 MOSTOVÁ NÁPRAVA (TUHÁ NÁPRAVA) – LEHKÉ PŘEVEDENÍ

Tato lehká mostová náprava je vždy hnací. Použití lze najít především u kategorie N1 a N2 se zadním náhonem. Její konstrukce je složena ze dvou plechů, které jsou k sobě svařeny. Diferenciál a unášec pro kardan se vkládá z přední strany. [1,2]

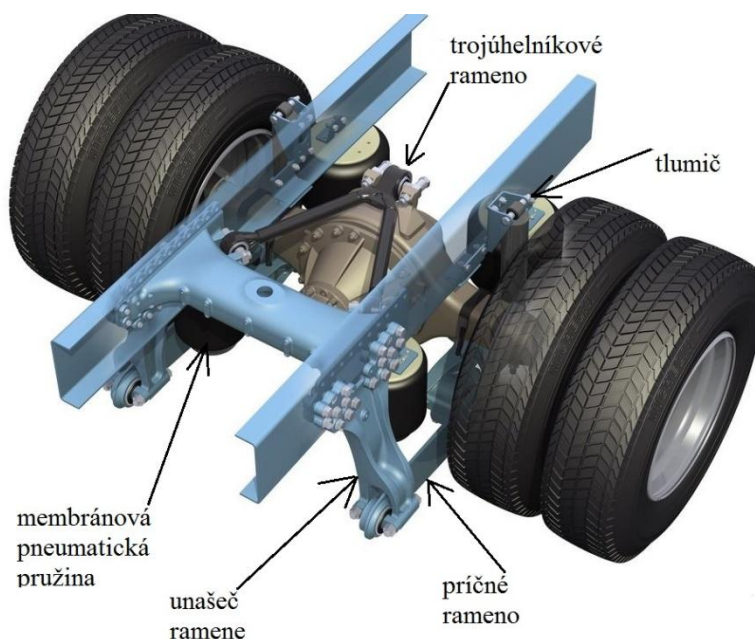


Obr. 17 Lehká mostová náprava [24]

Na uložení nápravy v rámu je použito několik ramen a Panhardská tyč, tak aby nám zůstaly pouze 2° volnosti. Ramen může být různý počet, u menších typů nákladních vozidel je použito dvou ramen se zvětšenou roztečí uložení na nápravě, aby byl eliminován moment vzniklý záběrem kol proti vozovce. Tím jsou ze 6° volnosti eliminovány dva momenty a jedna síla. Zbývá eliminovat poslední vzniklou sílu pomocí Panhardské tyče, ta zajišťuje příčnou stabilitu nápravy. [1]

### 3.3 MOSTOVÁ NÁPRAVA (TUHÁ NÁPRAVA) – TĚŽKÉ PŘEVEDENÍ

Těžké provedení mostové nápravy je osazené listovým nebo vzduchovým odpružením. Na obr. 18 lze vidět provedení se vzduchovými pružinami. Zde je detailně naznačeno, jak je náprava vedena. Na zachycení reakčních sil jsou zde dvě příčná ramena s vysokým profilem, tak, aby byla zajištěna dostatečná tuhost. Dále pro příčnou stabilitu je zde trojúhelníkové rameno, které ještě navíc eliminuje moment síly směřující od kol vozidla. Vzduchová pružina je namontována na horní a spodní desce. Horní deska je přišroubována k rámu vozidla, odsud bývá napojena na vzduchovou soustavu. Spodní deska je přišroubována k rameni. Při plnění vzduchové pružiny dojde k pohybu v čepu mezi unášecem a příčným ramenem a následnému zvedání rámu vozidla. Trajektorie zvedání nápravy je ve tvaru kružnice. [2]



Obr. 18 Těžká mostová náprava [25]

## 3.4 NEZÁVISLÉ ZAVĚŠENÍ

### 3.4.1 ODPRUŽENÍ VOLVO U NEZÁVISLÉHO ZAVĚŠENÍ KOL

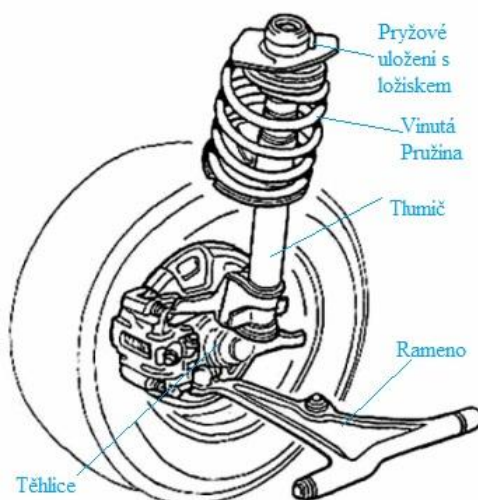
Volvo je prvním výrobcem nákladních automobilů, který využívá na přední nápravě nezávislého zavěšení, a sní osazeného vzduchového odpružení. Dovolené zatížení této nápravy je 8,5t. Díky tomuto použití nápravy se navzájem kola neovlivňují, nemění tedy geometrii ani výchylku kola druhého. [10]

Tento systém má bohužel vyšší náročnost na údržbu, je tu totiž více pohyblivých prvků, které se opotřebovávají. Na straně druhé ale nabízí toto použití odpérování s tímto prvkem zavěšení nevídaný komfort a perfektní jízdní vlastnosti. [10]

### 3.4.2 ULOŽENÍ MCPHERSON

Na předních nápravách u menších nákladních vozidel je velice často využíváno uložení McPherson, kde díky masivnímu uložení tlumiče a na něm osazené vinuté pružině dochází k zachycení reakčních sil do nápravy a není nutnost dalšího vedení kola. Ve spodní části se nachází rameno uložené ve dvou bodech, které je přes těhlici spojeno s tlumičem. Proti pohybu kolem svislé osy je těhlice zabezpečena pomocí řídicí spojovací tyče. Toto řešení je velice levné a málo náročné na údržbu. Poruchové části jsou pouze dvě: čep a axiální uložení tlumiče/pružiny. Spodní čep, který drží rameno na těhlici bývá obvykle šroubován, takže jeho výměna je poměrně snadná. Axiální ložiska a horní uložení tlumiče/pružiny trpí především

díky nečistotám, které odletují z kol. Tyto nečistoty způsobí opotřebení ložiska, které se obvykle vydře. Důsledek je poškození pružiny, která se při zatažení kol nemůže otáčet a poté praskne. [1]



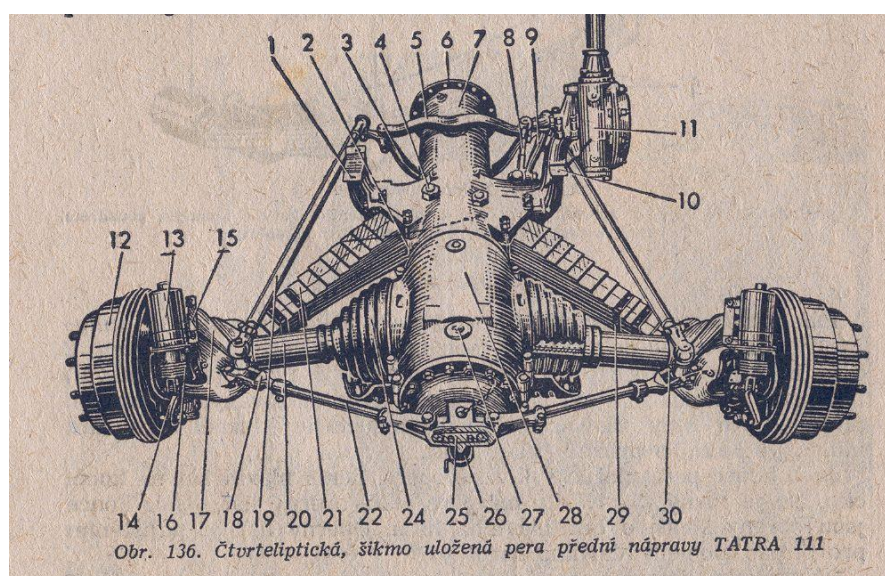
Obr. 19 Uložení McPherson [22]

### 3.4.3 SYSTÉM ODPRUŽENÍ TATRA

Charakteristika odpružení těchto vozidel, je především v možnosti kombinace několika typu odpružení na jedné nápravě, Tatra toho využívá na několika typech vozidel. V roce 1899 byla automobilka Tatra na svých počátcích. Jmenovala se Nesselsdorfer Wagenbau-Fabriks-Gesellschaft A.G. (NW) a vyrobila svůj první nákladní automobil. Přední náprava tehdy byla tuhá kovaná opatřena příčnými listovými pružinami. Zadní náprava byla odpružena čtyřmi páry vlnitých pružin. Ani jedna z náprav nebyla opatřena tlumiči, to vzhledem k rychlosti, který vůz dosahoval, nebylo nutné. Další velkých úspěchů se NW (Tatra) dočkala v roce 1923, kdy Hans Ledwinka vymyslel dodnes využívanou koncepci. Tato koncepce obsahuje centrální nosnou rouru a výkyvné polonápravy, díky jimž Tatra dosahovala výborných parametrů nejen v terénu. Na úspěchy firmy NW už v roce 1945 navázalo přímo samotný český podnik Tatra, který přišel s vozidlem Tatra 111. Měl 3 nápravy, z čehož přední náprava využívala čtvrt-eliptické pružiny umístěné šikmo na přední nápravě, bylo to na tehdejší dobu nevídané. Vycházela z centrální roury přímo do polonápravy, k ní byly přišroubovány pomocí třmenů. Zadní nápravy měly odpruženy podélnými půleliptickými pružinami. Touto kombinací došlo při nezátíženém stavu ke značnému odklonu zadních náprav, a to až  $6^{\circ}40'$ . Samozřejmě to znamenalo velké opotřebení krajů pneumatik, posléze i špatné jízdní vlastnosti při prázdném vozidle, kdy vnitřní kolo dvoumontáže bylo téměř bez kontaktu s vozovkou. Opět se jednalo o vozidlo, které nedosahovalo vysokých rychlostí a jezdilo často naložené, takže tyto nevýhody nebyly zase tak markantní. [8,9]

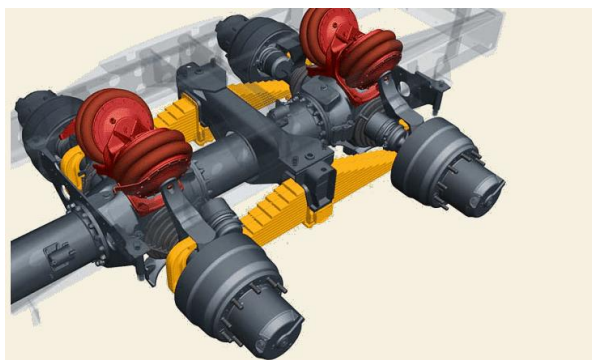
Koncepce výkyvných náprav a listových pružin (později mohla být náprava osazena i pružinami vzduchovými) byla nadále osazována v Tatrách 138, 148, 813 a poslední řadě i 815. Tatra 813 a 815 znamenala jistý pokrok, co se motorizací týkalo. Motor V12 biturbo nabízel bezmála 400 koňských sil, a to souviselo i se zvyšující se rychlostí, kde při správném sestupu bylo možné vyvinout rychlost 110 km/h. Stroj, který vyvine takovou rychlost, bylo nutné udržet na cestě. Tatra řešila problém jak kyvné polonápravy mít stále i při nenaloženém

vozidle s odklonem blízkým  $0^\circ$ . Dalším důležitým kritériem byla nedostatečná technická nosnost náprav. Při osazení pružinami listovými dosahovala 11,5 t a u vzduchových jen 10 t. Řešení přišlo v roce 1996. Jmenovalo se KingFrame, a bylo jím vybaveno vozidlo Tatra 815 S13. [8,9]



Obr. 20 Náprava Tatra se čtvrt-eliptickou pružinou [9]

Kombinace pružení King Frame na obr. 21, spojuje odpružení listové nebo vinuté a odpružení vzduchové. Technické zatížení těchto náprav je 13 t a 16 t. Odpružení byla nastavená tak aby mechanická část fungovala při nezátíženém stavu, s odklonem blízkým  $0^\circ$  a unesla i zhruba 10% nad pohotovostní hmotnost. Když je vůz naložen, tak se ke standardnímu odpružení přidala i část vzduchová. Vozidlo při naloženém stavu mohlo regulovat odklon, obvykle se ale tato regulace snaží udržet odklon blízký  $0^\circ$  i při zatíženém stavu. Tlak v těchto vzduchových pružinách je až do tlaku 12,5 Bar, generovaný pístovým kompresorem osazeným na agregátu vozidla. Z tohoto systém vyplývají dvě hlavní výhody. Rovnoměrné opotřebení pneumatik a s tím související jízdní vlastnosti. Dále možnost zatížit tyto nápravy až o 39% více než předešlé typy. [8]



Obr. 21 Odpružení Tatra KingFrame [8]

## 4 ELEKTRONICKÉ ŘÍZENÍ PODVOZKU

### 4.1 ODPRUŽENÍ LINEÁRNÍMI ELEKTROMOTORY

Jako možná alternativa do budoucna je zde uvedeno Odpružení Lineárními Elektromotory. Začátky vývoje směřují do 80 let 20. století, a to do firmy Bose. Z její strany bylo cílené vyvinout velmi pohodlné a všestranné odpružení. V roce 2004 byl systém představen jako prototyp na vozidle Lexus LS. Relativně jednoduchou přestavbou došlo k výměně stávajícího odpružení za Lineární elektromotory. [23]

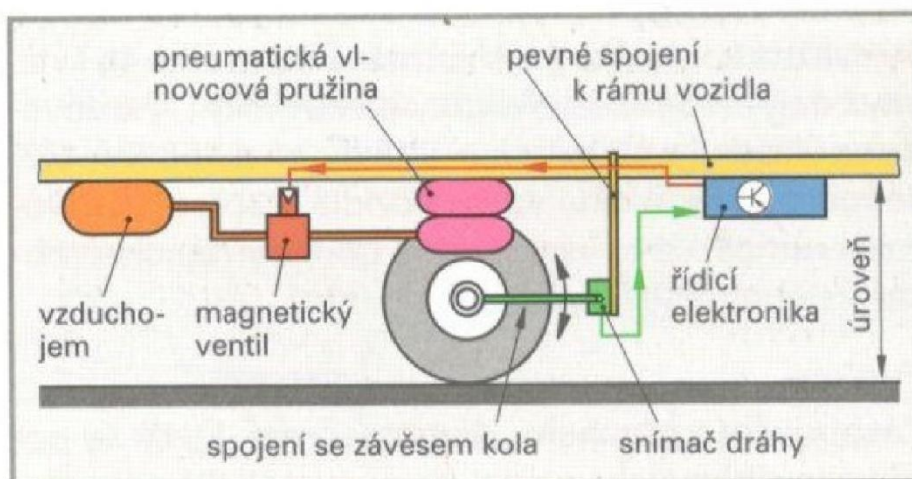
Samotná konstrukce spočívá v montáži lineárního elektromotoru, který eliminuje pohyb těhlice a dalších neodpružených hmot vůči karoserii. Ty jsou připojeny na elektrickou soustavu o napětí 300 V, aby měly dostatečnou sílu, jsou spojeny se zesilovači a velkými kondenzátory s dostatečnou kapacitou. Během několika milisekund dokážou reagovat na jakoukoliv překážku, a tím nedojde k deformaci pneumatiky a následnému šíření rázu dál směrem do karoserie. Velkou výhodou při v nasazení u lehčích nákladních vozidel kategorie N1 by byla redukce otřesů a tím i menší riziko vzniku škod na nákladu. Toto snížení otřesů by mělo dopad i na životnost rámu, kde z klasických rázových cyklů vzniklých nerovnostmi se rám zatěžoval pouze staticky nákladem a dynamicky jízdou. Nevýhodou je vyšší hmotnost a větší prostor nutný pro zástavbu. Cena za toto odpružení je také několikanásobně vyšší. [23]

### 4.2 AKTIVNÍ PODVOZKOVÉ SYSTÉMY

Tyto aktivní podvozkové systémy dnes využívá téměř každý výrobce v mnoha odvětvích. Vyskytují se jako asistent s akcelerací, brzděním a stabilitou.

#### 4.2.1 REGULACE VÝŠKY (NIVELACE)

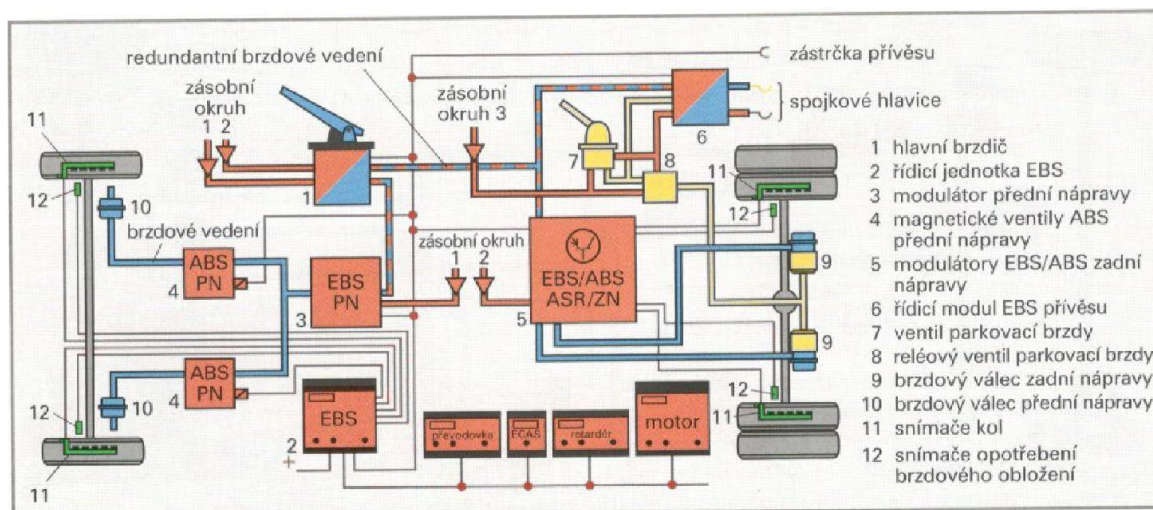
Systém spojený s regulací polohy náprav je osazen na vzduchových pružinách. Funkce systému je založena na snímačích, akčních členech a řídicí jednotce (dále jen ŘJ). Snímač tlaku je osazen na vzduchových pružinách, odkud signál tlaku v pružině směřuje do ŘJ. Snímač polohy nápravy přes mechanické táhlo vyhodnocuje stav a posílá tuto informaci opět do ŘJ. Ta tyto stavy zpracovává a dle nastavených parametrů (map) spolu se signály z ostatních snímačů reguluje akční členy. Za akční člen lze považovat například magnetický regulační ventil tlaku vzduchu v pružinách. Při vyhodnocení nízké polohy rámu vůči nápravě řídicí jednotka otevře regulační ventil a ze vzduchových zásobníků přes tento ventil vpustí vzduch do pružin. Řídicí jednotka ve svých parametrech má zaznamenané všechny polohy, z toho vyplývá, že pokud například bude auto přeloženo, tak se pružiny naplní, ale vozidlo se nezvedne. Dojde totiž k dosažení maximálního tlaku v pružinách a řídicí jednotka dá pokyn k uzavření ventilu. Rychlosti zvedání a reakce systému jsou různé. Scania je typickým představitelem velmi pomalé regulace, z čehož ale vyplývá velká citlivost systému. Naproti tomu Mercedes-Benz dokáže být ve zvedání pohotový, ale méně přesný. Tyto parametry jsou důležité u tahače při zapřáhání návěsu. [2]



Obr. 22 Regulace výšky [2]

#### 4.2.2 SYSTÉM ESP

Dnešním typickým představitelem bezpečnostních systémů je Electronic Stability Programme - elektronická stabilizace podvozku (ESP). U nákladních vozidel zatím nelze zasahovat přímo do řízení, to stále musí být spjaté mechanicky s koly. Nicméně lze jej ovlivňovat, a to právě zajišťuje ESP jako nástavba nad Anti Block System – antiblokovací systém kol (ABS). Funkce opět spočívá ve snímačích, akčních členech a ŘJ. Tento systém z pozice natočení volantu, příčného a podélného zrychlení, otáčení každého kola, pozice plynového a brzdového pedálu dokáže vyhodnotit stav. Při projíždění zatáčkou a možností vzniku smyku může pomocí akčních členů do jízdy zasáhnout. Vzhledem k tomu, že je to nástavba nad ABS, má k dispozici čerpadlo (kompresor) a může ovlivňovat tlak v brzdové soustavě. Při začínajícím smyku, který ŘJ zjistí pomocí snímačů, zvětší brzdový účinek na vnitřních kolech, to má za následek podobně jako u pásových vozidel nasměrování jízdy směrem ke středu radiusu. Dále tento systém může regulovat prokluz hnacích kol omezením výkonu motoru. [2]



Obr. 23 Systém ESP

## 5 EXPERIMENTÁLNÍ OVĚŘENÍ PODVOZKŮ VOZIDEL

Subjektivní hodnocení bylo provedeno na několika vozidlech s různým typem odpružení. Jedná se o speciální vozidla určená pro odtah. Hlavním kritériem zkoumání byl komfort, jízdní vlastnosti a legislativní předpisy. Předmětem zkoumání byla tři vozidla.

### 5.1 MERCEDES-BENZ SPRINTER 416 – ODTAHOVÝ SPECIÁL

Toto vozidlo je typickým příkladem kategorie N1. Pohotovostní hmotnost je 2 300 kg. Jeho celková hmotnost je 3 500 kg. Rozvor vozidla je 4 025 mm. Vpředu se nachází typ odpružení McPherson a na zadní části je lehká mostová náprava. Na zadní nápravě jsou dále přidány Vlnovcové vzduchové pružiny. Nastavba tohoto vozidla je pevná s nasazovacími nájezdy. Hodnocení jízdy:

- Nedostatečné zatížení zadní části vede k odskakování vozidla, a to především zadní nápravy. Následně hrozí v zatáčkách nedostatečná trakce a možnost vzniku smyku.
- Přední náprava plní svojí funkci velmi dobře. Torzní pružiny a dostatečně masivní tlumič zajišťují uspokojivý komfort.

Na odtahový speciál bylo naloženo jiné vozidlo, a tím byla Škoda Octavia s pohotovostní hmotností 1 300 kg. Cca 90% nákladu se nyní rozprostírá přes zadní nápravu, zbylých cca 10% se přesune na přední nápravu. Nejprve byly pomocné vlnovcové vzduchové pružiny bez tlaku. Celé pružení zajistily listové pružiny zadní nápravy. Následně byly nafouknuty na 1 bar. Hodnocení jízdy:

- Na přední nápravě toto zatížení není téměř cítit, jízda po nerovnostech je stále komfortní a vozidlo reaguje na změnu směru okamžitě.
- Zadní náprava nejdříve nepruží téměř vůbec, lze si všimnout nedostatečného plnění své funkce z důvodu poddimenzování. S nafouknutými vzduchovými pružinami dojde k odlehčení pružiny od dorazové pryže a jízda se stane přijatelnou.
- Vozidlu se podstatně zvýší těžiště, z toho plyne i velmi důležitá role stabilizátoru na přední i zadní nápravě, která alespoň částečně eliminuje naklánění vozidla

### 5.2 MERCEDES-BENZ ATEGO 918 – ODTAHOVÝ SPECIÁL

Atego je zástupcem třídy N2. Pohotovostní hmotnost vozidla je 6 200 kg. Celková hmotnost je 9 000 kg. Disponuje odtahovou plošinou a odtahovými brýlemi. Na tomto vozidle je přední náprava tuhá, osazená listovými pružinami. Tato náprava má typicky jednoduchou konstrukci. I profil zajišťuje dostatečnou tuhost. Na zadní nápravě je použita konstrukce těžká mostová, osazená vzduchovými membránovými pružinami. Hodnocení jízdy:

- Na horní plošinu byla naložena vozidla různých hmotností, od 1 300 kg až po 3 000 kg. Náklad neovlivnil významným způsobem jízdní vlastnosti. Naklánění s logicky vzrůstajícím těžištěm bylo částečně potlačeno z důvodu zesíleného stabilizátoru na zadní nápravě. Jiné změny nebyly zaznamenány.

- Zásadní rozdíl ovšem nastal při naložení vozidla do brýlí. Se vzrůstající hmotností vozidla se postupně začala odlehčovat přední osa. Při naložení těžkého vozidla reagovala nivelace zadní nápravy pomalu a při zvedání byla nutná obezřetnost. Následná jízda byla nevyhovující. Vozidlo neplnilo požadavky řidiče.

### 5.3 MERCEDES-BENZ ACTROS 4146 – ODTAHOVÝ SPECIÁL

Actros je těžkým nákladním vozidlem. Tento, zobrazen na obr. 24 a obr. 25, slouží na odtahy nákladních vozidel a autobusů. Na předních osách je vybaven listovými pružinami. Nápravy jsou homologované na 9 tun. Zadní nápravy jsou opět těžké Mostové technicky schválené na 13t. Co z tohoto vozidla dělá velmi netypické proti ostatním nástavbám je fakt, že může táhnout vozidlo pouze za sebou v brýlích nebo vidličkách. To má za následek několik důležitých úprav.

- Umístění dalšího pomocného rámu pro zvýšení tuhosti původního. Na tomto rámu drží i celé zvedací rameno.
- Ocelové závaží o hmotnosti 5 000 kg osazené hned za kabinou řidiče.
- Pomalejší převody v diferenciálech o 20%.
- Dvoustupňová motorová brzda a k ní přidaný hydraulický retardér.



Obr. 24 Mercedes-Benz Actros se zapřaženým vozidlem – zasunuté rameno



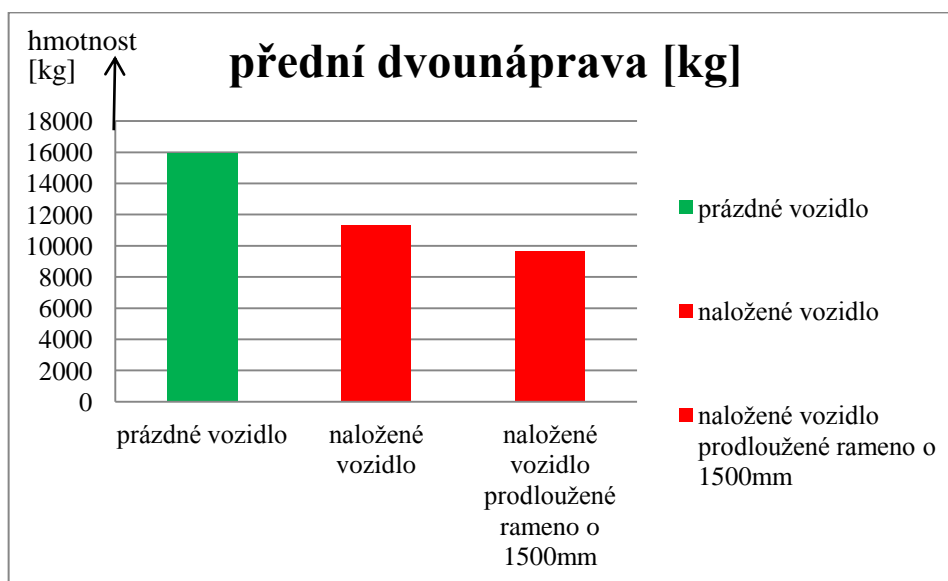
Obr. 25 Mercedes-Benz Actros se zapřaženým vozidlem – vysunuté rameno o 1 500 mm

Díky těmto změnám může být v zadní části vybaven zvedacím ramenem. Toto rameno dle výrobce Omars deklaruje zdvih při zataženém stavu 30 t. Vozidlo bylo vystaveno každodennímu nákladu v podobě tahače. Zvedané vozidlo bylo MB Axor 1843 s pohotovostní hmotností 7200 kg. Na zadní nápravě byla hmotnost 2300 kg a na nápravě přední 4900 kg. S tímto nákladem byl speciál zvážen. V tab. 1 lze vidět hmotnost na nápravu, a tím i stlačení

pružin, ke kterému dojde. Ve sloupečku, kde je vysunutě rameno o dalších 1500mm je simulace tažení autobusu, který má podstatně delší převis a podobné zatížení přední nápravy. Výška karoserie byla měřena k přednímu nárazníku a k zadním světlům.

Tab. 1 Vliv nákladu na zatížení náprav a výšku karoserie

MB Actros 4146 - odpružení listovými pružinami			
	prázdné vozidlo	naložené vozidlo	naložené vozidlo prodloužené rameno o 1500mm
zadní dvounáprava [kg]	12 000	21 640	23 320
přední dvounáprava [kg]	15 900	11 300	9 620
celé vozidlo [kg]	<b>27 900</b>	<b>32 940</b>	<b>32 940</b>
výška karoserie vpředu [mm]	630	680	695
výška karoserie vzadu [mm]	505	480	472



Obr. 26 Snížení zatížení přední dvounápravy

### 5.3.1 LEGISLATIVNÍ PŘEDPISY

Zde jsou uvedeny důležité legislativní předpisy, na které je nutné brát ohledy. Dovolené zatížení na přední nápravě je 10 000 kg. Při prázdném stavu vozidla bylo dosaženo hodnoty 15 900 kg na dvou předních nápravách. Na zadních nápravách je dovolené zatížení 19 000 kg (obě nápravy jsou na dvoumontáži). Naměřené zatížení s vysunutým ramenem o 1 500 mm je 23 320 kg.

### 5.3.2 JÍZDNÍ VLASTNOSTI

Jízdní vlastnosti prázdného vozidla jsou smíšené. Přední nápravy působí tvrdě, listová pružina v tomto měřítku má dobré samotlumící vlastnosti. Vozidlo netrpí houpáním, ve spojení s odpružením kabiny a sedačky, která je na regulovatelném plynovém odpružení, se jeví jízda jako komfortní. Zadní nápravy jsou velmi tvrdé připravené na velkou zátěž. Řízení a brzdné účinky díky retardéru a zesílenému posilovači řízení jsou na velmi dobré úrovni.

Po naložení při zasunutém rameni se subjektivní dojmy změnil. Vozidlo při jakékoliv drobné nerovnosti dostává houpavý charakter s nízkou frekvencí otřesů. Odpružení předních náprav je tvrdé. Ovlivněny jsou i další jízdní vlastnosti jako je brzdový účinek. Část vozidla je nebrzděná hmota, která díky své setrvačnosti, vyvolá na vozidle silový účinek a ten následně prodlouží brzdovou dráhu. Při dalším vysouvání ramene se houpavý efekt jen zvyšuje, až umocňuje.

## ZÁVĚR

Bakalářská práce zpracovává přehled odpružení nákladních vozidel. Na začátku je pojednáno o pojmech bezpečnost jízdy, kvalita odpružení, kmitání a tuhost pružiny. Toto je zde uvedeno z důvodu nutné teorie k rozebírání dalších samotných pružin a tlumičů.

V druhé fázi jsou rozděleny typy pružin na vzduchové a mechanické, kde jsou popsány různé typy včetně jejich funkcí a vlastností. Je zde uvedeno v několika bodech, který podvozek je na co vhodný a jaké má nesporné výhody. V této kapitole se nacházejí i tlumiče, kde jsou rozepsány základní typy tlumičů, které se vyskytují na nápravách nákladních vozidel. Nejběžnější nápravy a jejich uložení spojené s odpružením bylo popsáno v kapitole tři.

V další kapitole je popsáno nezávislé zavěšení Volvo a fungování jedinečného systému Tatra, který má výborné jízdní vlastnosti v terénu. King Frame je cesta vpřed pro tuto značku, bez jejího příchodu by v dnešní konkurenci jen těžko obstála.

Předposlední kapitola pojednává o elektronické stabilizaci podvozku poslední doby a o lineárních elektromotorech, které se mohou objevit v příštích letech na trhu lehčích nákladních vozidel.

Podstatné je, že odpružení nákladních vozidel se neustále zdokonaluje. Lze vidět, že historický pokrok je obrovský. Na začátcích 20. století nebyla vozidla téměř odpružená a dnes již je běžné vidět několik kombinací odpružení na jedné nápravě. Ať už to jsou vzduchové pružiny či ocelové pružiny jakéhokoliv druhu, jsou na ně kladeny obrovské nároky. Každý výrobce chce dosáhnout co nejnižší hmotnosti všech komponentů a zároveň co nejvyšší pevnosti a trvanlivosti výrobků za co nejmenší cenu. Lze vidět rozsáhlou komunikaci řídicích jednotek, které mohou zvyšovat tlak v pružinách, odpojovat ABS systém nebo třeba zjišťovat zatížení nápravy.

V závěrečném experimentálním ověření podvozků je popsáno chování odtahových vozidel. Ta byla prázdná i naložená. O vozidlech do 3 500 kg jako je MB Sprinter je známé všeobecné přetěžování. To je jistou mírou způsobené i zde, i proto je vozidlo doplněné o vzduchové pružiny. MB Atego mělo na zadní nápravě vzduchové odpružení a bylo zřejmé, že na tuto práci je ideální, nivelace dokáže vyrovnat výšku vozidla sice trošku pozdě, ale zvýšením tlaku nabídne progresivitu těchto pružin. MB Actros byl popsán a zároveň změřen. Analyzováním zjištěných dat je patrné snižování zatížení předních náprav. Stanovení, kdy je již zatížení příliš malé, nelze paušalizovat. Záleží na stavu silnice a povětrnostních podmínkách. Z měření mimo jiné vyplývá, že vozidlo překračuje povolené hmotnosti na zadní dvounápravě dle zákonů ČR. Nicméně nepřekračuje hmotnosti technické, tento problém lze řešit žádáním o povolení nadrozměrné přepravy Ministerstva dopravy ČR. Samotné rozměry způsobené pružením, respektive nakloněním celého vozidla přes zadní nápravu, byly i tak dodrženy. Výška dosahovala 3,85 m. Při navrhování a osazování nástaveb na tyto typy podvozků, je nutné brát zřetel, že nedokáže vyrovnat svoji výšku. Jak lze vidět na parametrech tohoto vozidla, mohou se výšky a zatížení markantně hýbat.

## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] JAN, Zdeněk, Bronislav ŽDÁNSKÝ a Jiří ČUPERA. *Automobily. 1, Podvozky. 4.* vydání. Brno: Avid, spol. s r. o, 2012, 245 stran : ilustrace (převážně barevné). ISBN 978-80-87143-24-7.
- [2] GSCHEIDLE, Rolf, Iva MICHŇOVÁ, Zdeněk MICHŇA a Jiří HANDLÍŘ. *Příručka pro automechanika.* Praha: Europa - Sobotáles, 2007, 685 s. : barev. il. ISBN 978-80-86706-17-7.
- [3] UHLÍŘ, Václav. Jaký vhodný tlumič vybrat pro Vaše vozidlo? <http://motofocus.cz> [online]. 2010 [cit. 12.1.2017]  
Dostupné z: <http://motofocus.cz/vyrobci/18430,jaky-vhodny-tlumic-vybrat-pro-vase-vozidlo>
- [4] *soosoukyjov* [online]. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: [http://www.soosoukyjov.cz/data/file/Odpruzeni\\_s\\_obrazky.pdf](http://www.soosoukyjov.cz/data/file/Odpruzeni_s_obrazky.pdf)
- [5] [www.autoprofiteam.cz](http://www.autoprofiteam.cz) [online]. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <http://www.autoprofiteam.cz/podvozky/9/01.jpg>
- [6] Plynový tlumič. [www.autorozvody.cz](http://www.autorozvody.cz) [online]. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <http://www.autorozvody.cz/autopedie/jednotrubkovy-plynovy-tlumic-big.png>
- [7] Dvoutrubkový plynový tlumič. [www.autorozvody.cz](http://www.autorozvody.cz) [online]. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: [www: http://www.autorozvody.cz/autopedie/dvoutrubkovy-plynovy-tlumic.png](http://www.autorozvody.cz/autopedie/dvoutrubkovy-plynovy-tlumic.png)
- [8] OLŠANSKÝ, Milan. Tatra - Tatrovácka koncepce. [www.automobilrevue.cz](http://www.automobilrevue.cz) [online]. 2010 [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: [http://www.automobilrevue.cz/rubriky/truck-bus/predstavujeme/tatra-tatrovacka-koncepce\\_39505.html](http://www.automobilrevue.cz/rubriky/truck-bus/predstavujeme/tatra-tatrovacka-koncepce_39505.html)
- [9] Tatra 111. [Tatrtech.wz.cz](http://tatrtech.wz.cz) [online]. 2010 [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <http://tatrtech.wz.cz/historie/t111.htm>
- [10] Firemní materiály Volvo Truck Czech republic a.s.
- [11] Listové pružiny. [Www.grewis.cz](http://www.grewis.cz) [online]. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <http://www.grewis.cz/pruziny/listove-pruziny.php>
- [12] PATA, Vladimír. *Encyklopedie – drtič kamene, Učíme se v prostoru.* [online]  
Dostupné z: [http://uvp3d.cz/drtic/?page\\_id=2076](http://uvp3d.cz/drtic/?page_id=2076)
- [13] Vzduchové pružiny. [www.mechmes.websnadno.cz](http://www.mechmes.websnadno.cz) [online]. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: [http://mechmes.websnadno.cz/dokumenty/pri-teo-04.0\\_odpruzeni.pdf](http://mechmes.websnadno.cz/dokumenty/pri-teo-04.0_odpruzeni.pdf)
- [14] MB unimog. [www.mechmes.websnadno.cz](http://www.mechmes.websnadno.cz) [online]. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <https://www.pinterest.se/miguelgraca102/unimog/>

- [15] Odpružení. *www.wikiwand.com* [online]. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <http://www.wikiwand.com/cs/Odpru%C5%BEEen%C3%AD>
- [16] JÖRNSEN REIMPELL, Helmut Stoll a TRANSLATED FROM THE GERMAN BY AGET LIMITED. *The automotive chassis engineering principles: chassis and vehicle overall, wheel suspensions and types of drive, axle kinematics and elastokinematics, steering, springing, tyres, construction and calculations advice*. 2nd ed. Oxford: Butterworth Heinemann, 2001. ISBN 0750650540.
- [17] D.J. LEEMING AND REG HARTLEY. *Heavy vehicle technology*. 2nd ed. Leckhampton: Stanley Thomas, 1989. ISBN 074870275X.
- [18] SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš, ed. *Konstruování strojních součástí*. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 978-80-214-2629-0.
- [19] Policie ČR, *Limitní hodnoty podle vyhlášky č. 341/2002 Sb., o schvalování technické způsobilosti a o technických podmínkách provozu vozidel na pozemních komunikacích* [online], [cit. 1.4.2018]. Dostupné z: [www.policie.cz/soubor/prilohy-106-priloha-c-1-pdf.aspx](http://www.policie.cz/soubor/prilohy-106-priloha-c-1-pdf.aspx)
- [20] SCANIA CV AB 2014. Všeobecné informace o tahačích. *Www.til.scania.com* [online]. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: [https://til.scania.com/groups/bwd/documents/bwm/mdaw/mjq2/~edisp/bwm\\_0000453\\_22.pdf](https://til.scania.com/groups/bwd/documents/bwm/mdaw/mjq2/~edisp/bwm_0000453_22.pdf)
- [21] Mercedes konfigurátor. *www.toc.mercedes-benz.com* [online]. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: [https://toc.mercedes-benz.com/LKW\\_Konfigurator\\_TOC\\_ex1/toc.dll?country=cz&lang=cs](https://toc.mercedes-benz.com/LKW_Konfigurator_TOC_ex1/toc.dll?country=cz&lang=cs)
- [22] SAJDL, Jan. McPherson. *www.autolexicon.net* [online]. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/naprava-macpherson-mcpherson/>
- [23] Marek Bednář, *Nejlepší známé odpružení kol aut je staré 13 let. Proč se dodnes nevyrobí?* [online] [22.4.2018] Dostupné z: <http://www.autoforum.cz/technika/nejlepsi-zname-odpruzeni-kol-aut-je-stare-13-let-proc-se-dodnes-nevyrobi/>
- [24] Jaroslav Bezucha, *NÁPRAVY. UMÍSTNĚNÍ NA VOZIDLE* *Nápravy jsou umístěny pod rámem, a to podle konstrukce buď úplně (tuhé nápravy), nebo částečně (ostatní druhy)*. [online]. Dostupné z: <http://docplayer.cz/23847752-1-napravy-umistneni-na-vozidle-napravy-jsou-umisteny-pod-ramem-a-to-podle-konstrukce-bud-uplne-tuhe-napravy-nebo-castecne-ostatni-druhy.html>
- [25] ROSECKÝ, Jan. Stručný úvod do konstrukce nákladních automobilů. *www.liaznavzdy.cz* [online]. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <http://www.liaznavzdy.cz/nedtrans/konstrukce1.php>
- [26] SAJDL, Jan. Kammova kružnice přilnavosti. *www.autolexicon.net* [online]. [cit. 2018-04-22]. Dostupné z: <http://www.autolexicon.net/cs/articles/kammova-kruznice-prilnavosti>

**SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ**

$d$	[mm]	střední průměr pružiny
$L_0$	[mm]	délka pružiny
$F$	[N]	zatěžující síla
$s$	[mm]	stlačení pružiny
$p$	[Bar]	tlak
$f$	[Hz]	frekvence kmitů
$R$	[MPa]	napětí
$\varepsilon$	[mm]	deformace
$x$	[mm]	vzdálenost
CAN – BUS		datová komunikace v automobilech
MB		Mercedes–Benz
BITURBO		označení pro motor se dvěma turbodmychadly
N1		nákladní vozidlo do 3500kg
N2		nákladní vozidlo od 3500kg do 12000kg
ABS		anti-blokovací systém
ESP		elektronický stabilizační systém
ŘJ		řídící jednotka

## SEZNAM OBRÁZKŮ A TABULEK

*Obr. 1 Kammova kružnice přilnavosti*

*Obr. 2 Samotlumící efekt pružiny*

*Obr. 3 Křížení náprava Mercedes-Benz Unimog*

*Obr. 4 Vinutá pružina*

*Obr. 5 Zátěžový graf vinuté pružiny progresivní*

*Obr. 6 Náprava s torzními tyčemi*

*Obr. 7 Konstrukce listové pružiny*

*Obr. 8 Vznik S-efektu*

*Obr. 9 Hystereze Listové pružiny*

*Obr. 10 Tahový diagram ocel*

*Obr. 11 Konstrukce Vlnovcové pneumatické pružiny*

*Obr. 12 Konstrukce Membránové pneumatické pružiny*

*Obr. 13 Jednoplášťový plynokapalinový tlumič*

*Obr. 14 Dvouplášťový kapalinový tlumič*

*Obr. 15 Dvouplášťový plynokapalinový tlumič*

*Obr. 16 Podvozek tahače MB Actros*

*Obr. 17 Lehká mostová náprava*

*Obr. 18 Těžká mostová náprava*

*Obr. 19 Uložení McPherson*

*Obr. 20 Náprava Tatra se čtvrt-eliptickou pružinou*

*Obr. 21 Odpružení Tatra KingFrame*

*Obr. 22 Regulace výšky*

*Obr. 23 Systém ESP*

*Obr. 24 Mercedes-Benz Actros se zapřaženým vozidlem – zasunuté rameno*

*Obr. 25 Mercedes-Benz Actros se zapřaženým vozidlem – vysunuté rameno o 1 500 mm*

*Obr. 26 Snížení zatížení přední dvounápravy*

*Tab. 1 Vliv nákladu na zatížení náprav a výšku karoserie*