



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO  
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

## STUDIE KOLOVÝCH PODVOZKŮ MOBILNÍCH STROJŮ

THE STUDY WHEELED UNDERCARRIAGES OF MOBILE MACHINES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

PETR OLŠOVSKÝ

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. JAROSLAV KAŠPÁREK, Ph.D.

BRNO 2015

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2014/2015

## **ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**

student(ka): Petr Olšovský

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Základy strojního inženýrství (2341R006)**

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:

### **Studie kolových podvozků mobilních strojů**

v anglickém jazyce:

#### **The study wheeled undercarriages of mobile machines**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vypracujte kritický rozbor shrnující poznatky o typech kolových podvozků u současných mobilních pracovních strojů. Součástí práce je i kritický rozbor jednotlivých konstrukčních řešení rámců a řízení kolových podvozků s ohledem na použití kolových podvozků v různých terénních podmínkách.

Cíle bakalářské práce:

Vypracujte závěrečnou zprávu, která bude obsahovat:

- Rozdělení kolových podvozků mobilních pracovních strojů do kategorií dle příslušných konstrukčních nebo technologických znaků.
- Rozbor jednotlivých kategorií po konstrukční a technologické stránce.
- Výpis možných parametrů kolového podvozku, podle kterého je prováděna případná volba typu kolového podvozku.
- Závěrečné zhodnocení současně používaných kolových podvozků a případná budoucí orientace směru vývoje kolových podvozků u mobilních pracovních strojů.

Seznam odborné literatury:

VANĚK, A.: Moderní strojní technika a technologie zemních prací, Academia Praha, ISBN 80-200-1045-9, Praha 2003

JEŘÁBEK, K. a kol.: Stroje pro zemní práce – silniční stroje, Ostrava, 1996

BOSOI, E.S., SILTAN-SHAKH, E.G., SMIRNOV, I.I., VERNIAEV, O.V.: Theory, Construction and Calculation of Agricultural Machines, ed. Taylor and Francis, Publication Date: 2001: 680 pages, ISBN: 978-9061919995

WONG, J.Y.: Terramechanics and Off-Road Vehicle Engineering (Second Edition), Terrain Behaviour, Off-Road Vehicle Performance and Design, ISBN: 978-0-7506-8561-0 ;Imprint: Butterworth Heinemann; Hardbound, 488 Pages

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2014/2015.

V Brně, dne 10.11.2014

L.S.

---

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.  
Ředitel ústavu

---

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



## ABSTRAKT

Cílem bakalářské práce je shrnout základní poznatky o různých typech kolových podvozků u současných strojů. Součástí práce je výčet požadavků kladených na konstrukci podvozku, podle kterých se též volí podvozek k použití u konkrétního stroje. Dále se práce zaměřuje na výčet různých používaných konstrukčních řešení pohonu, pneumatik, stabilizačních zařízení a způsobů řízení. Tato konstrukční řešení jsou srovnána a jsou uvedeny jejich výhody i nevýhody. Popsány jsou také důležité konstrukční prvky podvozků.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Mobilní, stroj, podvozek, šasi, kolo, pneumatika, pohon, řízení

## ABSTRACT

The objective of this bachelor thesis is to summarize basic findings regarding various types of wheeled undercarriages that are used on contemporary machines. The first part of this paper deals with numerous requirements that should be fulfilled by the design of an undercarriage. The fulfilment of these requirements also helps to assess whether the design should be used for a specific machine. Another focus of this paper is to summarize all design solutions regarding propulsion, tyres, stabilizing elements and steering mechanisms. These solutions are compared to each other. Important design elements of wheeled undercarriages are described as well.

## KEYWORDS

Mobile, machine, undercarriage, chassis, wheel, tyre, propulsion, steering



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

OLŠOVSKÝ, P. *Studie kolových podvozků mobilních strojů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2015. 45 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Jaroslav Kašpárek, Ph.D.



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

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

V Brně dne 29. května 2015

.....

Petr Olšovský



## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěl poděkovat svým rodičům a přátelům, kteří mě po dobu mého studia na vysoké škole podporovali. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Jaroslavu Kašpárkovi, Ph.D. za ochotnou pomoc při zpracování práce a za věcné připomínky a rady.



## OBSAH

Úvod.....	10
1 Požadavky na podvozky pozemních strojů .....	11
1.1 Přenos sil na podloží .....	11
1.2 Zajištění stability .....	12
1.2.1 Statická stabilita.....	12
1.2.2 Dynamická stabilita .....	13
1.3 Efektivita při přemísťování stroje.....	13
1.3.1 Mobilita.....	14
1.3.2 Manévrovatelnost .....	14
1.3.3 Průchodnost.....	14
2 Základní charakteristiky a vlastnosti kolových podvozků .....	15
2.1 Důležité konstrukční prvky kolových podvozků.....	15
2.1.1 Rám.....	15
2.1.2 Rozvodovky .....	16
2.1.3 Kloubové hřídele .....	17
2.1.4 Hydrodynamické měniče a spojky.....	17
2.1.5 Hydrostatické prvky.....	18
2.2 Způsoby pohonu kolových podvozků.....	20
2.2.1 Mechanický pohon.....	20
2.2.2 Hydrodynamický pohon.....	21
2.2.3 Hydrostatické způsoby pohonu .....	21
2.3 Kola mobilních strojů .....	23
2.3.1 Konstrukce kola.....	24
2.3.2 Používané druhy pneumatik .....	27
2.4 Stabilita kolových podvozků.....	27
2.4.1 Aretace výkyvných náprav.....	27
2.4.2 Opěry podvozků .....	28
3 Způsoby řízení kolových podvozků.....	30
3.1 Řízení nápravou.....	30
3.1.1 Řízení jednou nápravou .....	32
3.1.2 Řízení dvěma nápravami.....	33
3.2 Řízení smykem .....	35
3.3 Řízení kloubovým rámem .....	36
3.4 Stereo řízení.....	38
Závěr .....	40



---

Použité informační zdroje .....	42
Seznam použitých zkratk a symbolů .....	45



## ÚVOD

Podvozek je jedna z nejdůležitějších částí mobilních strojů. Je to kontaktní část stroje s podložím, na něž přenáší veškeré síly, a umožňuje jeho pohyb. Tyto síly jsou způsobeny vlastní hmotností stroje a nákladu a také reakčními silami působícími na stroj při jeho práci.

Kolové podvozky jsou nejstarším typem podvozků. I přes to se s nimi i v moderní době setkáme nejčastěji, samozřejmě však v daleko pokročilejším provedení. Důvodem jsou jejich nesporné výhody oproti ostatním typům podvozků (pásové, kráčivé, kolejové). To je zejména jejich vynikající mobilita a také jejich poměrně jednoduchý princip a konstrukce.

Základním prvkem kolového podvozku je rám, který tvoří jeho nosnou „kostru“ a ke kterému jsou připevněny ostatní prvky. To jsou především nápravy s koly, které umožňují samotný pohyb stroje. Dále se zde nachází hnací ústrojí, řídicí ústrojí, stabilizační prvky, aj.

V této bakalářské práci jsou jednotlivé prvky kolového podvozku popsány a také jsou uvedena všechna jeho nejpoužívanější konstrukční řešení.



*Obr.1 Kloubový dampr Volvo A40E [5]*



# 1 POŽADAVKY NA PODVOZKY POZEMNÍCH STROJŮ

Stroje pro zemní práce se při práci často pohybují v obtížně dostupném terénu, ve kterém se musí potýkat s nezpevněným povrchem, se strmým, někdy i proměnlivým stoupáním a s omezeným prostorem k manévrování. Jejich podvozky musejí být v těchto podmínkách schopny zajistit nejen dobrou manévrovatelnost a ovladatelnost, ale i stabilitu a schopnost přenášet do podloží mnohdy velmi vysoké síly. Obecně tedy mají podvozky následující význam [1]:

- Přenos hmotnosti a všech vnějších sil na podložku, včetně zabezpečení dovoleného měrného tlaku, který je podložka schopna ustát.
- Zabezpečení statické a dynamické stability stroje při pracovním úkonu a při jeho přemísťování.
- Přemístění stroje na jiný pracovní úsek.

Samotná konstrukce podvozku musí zaručit optimální provoz při co nejmenší hmotnosti a pracnosti výroby, dostatečné tažné síle a spolehlivosti za jakéhokoliv počasí či v jakémkoliv prostředí. Důležitá je také stabilita, celková bezpečnost a odolnost vůči znečištění. Všechny tyto požadavky, z nichž některé bývají protichůdné (například vyšší hmotnost znamená vyšší stabilitu, avšak také možnost zaboření do neúnosné zeminy), se projevují na konstrukci podvozků. Ta je tedy dána především následujícími body [1]:

- Technologií pracovního procesu.
- Druhem a stavem povrchu terénu pracoviště.
- Požadovanými jízdními vlastnostmi stroje.

Z těchto bodů plynou následující obecné a konstrukční požadavky, které musejí podvozky splňovat a podle kterých se také vybírá typ podvozku pro konkrétní stroj.

## 1.1 PŘENOS SIL NA PODLOŽÍ

V praxi se často setkáváme s tím, že terén není tvořen pevnou zeminou, ale spíše sypkým či podmáčeným povrchem, který dokáže snášet pouze malý měrný kontaktní tlak  $p$ . Ten lze přibližně určit následujícím poměrem [2]:

$$p = \frac{G}{S_K} \quad (1.1)$$

kde  $G$  je tíha stroje a  $S_K$  je jeho kontaktní plocha se zemí. Žádoucí je tedy nízká hmotnost stroje a velká dosedací plocha. Na málo únosných zeminách je proto výhodnější používat pásové podvozky. Ty jsou sice těžší než kolové, mají však několikrát větší kontaktní plochu. U kolových podvozků lze kontaktní plochu zvětšit navýšením počtu kol, zvětšením jejich poloměru a šířky nebo snížením tlaku v pneumatikách [2].

Stroj je též třeba zajistit proti smýkání (schopnost přenosu sil v horizontálním směru). Běhoun pláště pneumatik proto bývá opatřen výrazným vzorkováním (profilem, dezénem), které obstarává potřebný záběr a jízdní vlastnosti. Tato vlastnost pláště se též projeví na takzvané *stoupavosti*, což je největší sklon svahu, který je stroj schopen plynule vyjet.



## 1.2 ZAJIŠTĚNÍ STABILITY

Na pozemní stroje zpravidla při práci působí velké silové zatížení. To bývá způsobeno hmotností nákladu nebo také reakčními silami vznikajícími při práci stroje. Tyto síly vytváří klopný moment a stroj kvůli nim ztrácí stabilitu. K zaručení stability je potřeba vytvořit stabilizující moment, který je vyvoláván vlastní hmotností stroje, protizávažím a stabilizačními prvky. Zajištění tohoto momentu může být zvláště obtížné na šikmém povrchu. Při práci stroje mohou nastávat dva různé druhy ztráty stability. Proto ji posuzujeme podle následujících dvou hledisek [3].

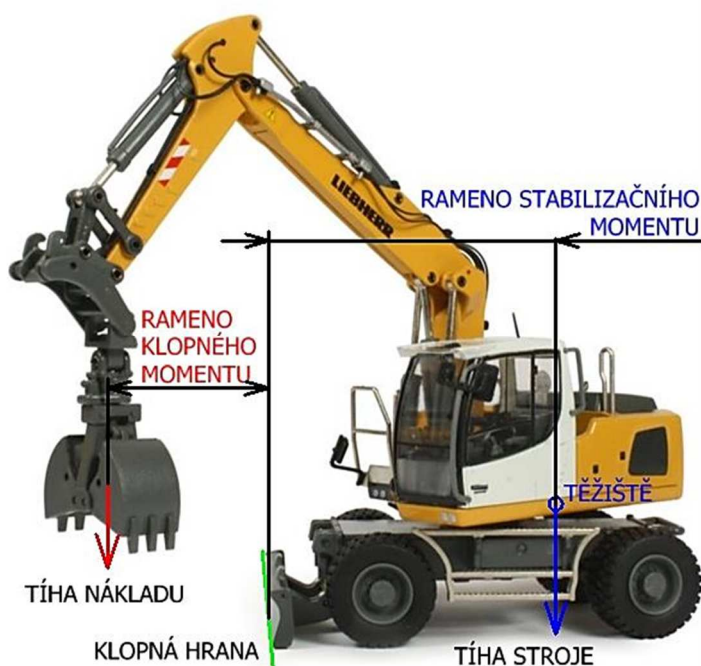
### 1.2.1 STATICKÁ STABILITA

Klopný moment je v tomto případě způsoben tíhou nákladu na konci pracovního ramene (například násada a výložník rypadla) při práci stroje. Předpokládá se, že stroj se nepohybuje a působí tedy na něj jen tíhové síly konstrukce stroje a nákladu, viz obr. 1.1.

Míra stability lze v tomto případě vyjádřit součinitelem stability  $S$ , který je dán následujícím poměrem [3]:

$$S = \frac{M_S}{M_K} \quad (1.2)$$

kde  $M_S$  je stabilizující moment a  $M_K$  je klopný moment působící na stroj. Tento součinitel musí dosahovat alespoň hodnoty 1, avšak ideálně by se měl dodržovat návrhový součinitel 1,2. Hodnota součinitele menší než 1 znamená ztrátu stability a následné převrácení stroje [3].



Obr. 1.1 Zjednodušené znázornění silového působení ovlivňujícího stabilitu rypadla [6]



Vysoké statické stability se dosahuje pomocí zvýšení hmotnosti stroje, protizávažím a již zmíněnými stabilizačními prvky (opěry nebo opěrné radlice), které zvětšují rameno stabilizačního momentu a zmenšují rameno klopného momentu. Výkyvné nápravy se zajišťují v pracovní poloze pomocí hydraulických aretačních válců. Při práci na šikmém povrchu je také velmi důležité nízké těžiště stroje [3].



Obr. 1.2 Kolové rypadlo Volvo EW 160B s dozerovou radlicí a sklápěcími opěrami [5]

### 1.2.2 DYNAMICKÁ STABILITA

U mobilních pracovních strojů se při jejich jízdě také setkáváme se setrvačným zrychlením. Toto zrychlení představuje problém především při rozjíždění, brzdění a při průjezdu zatáčkou. Klopný moment je v tomto případě způsobován setrvačnou silou nákladu a samotného stroje, působící na vertikálním rameni.

Dynamickou stabilitu vozidla můžeme zajistit snížením celkového těžiště stroje a nákladu (například u rypadla nebo nakladače lze snížit polohu nákladu), nebo patřičnou volbou způsobu řízení podvozku (má velký vliv na stabilitu při zatáčení). Nejvíce však pomůže opatrná a plynulá jízda, obzvláště pokud je vozidlo zatíženo nákladem.

### 1.3 EFEKTIVITA PŘI PŘEMISŤOVÁNÍ STROJE

Jedna z definujících charakteristik mobilních strojů je jejich schopnost přemístění, a to na jiný pracovní úsek, nebo manévrování uvnitř daného pracoviště. K tomuto úkonu nevyžadují tažné vozidlo. Efektivita při tomto procesu se dá posoudit pomocí následujících hledisek.



### 1.3.1 MOBILITA

Je to schopnost stroje dosáhnout vysoké rychlosti pojezdu. Je důležitá například u nakladačů a dampřů, u kterých se počítá s delším pojezdem během jejich pracovního cyklu. Méně důležitá je u strojů, které nepotřebují opouštět místo pracoviště, například rypadla.

Nejvyšší mobilitu mají právě podvozky kolové, které jsou schopny dosahovat rychlostí až kolem 50 km/h [3] a navíc se mohou bez problémů pohybovat po pozemních komunikacích. Některým strojům však není zákonem povoleno používat silnice.

### 1.3.2 MANÉVROVATELNOST

Pracoviště, ve kterých se pracovní stroje používají, bývají často velmi stísněná a není zde mnoho prostoru k manévrování. Podvozky těchto strojů na to musí být uzpůsobeny. Manévrovatelnost se zde hodnotí podle minimálního poloměru otáčení, který závisí na rozměrech stroje a na druhu konstrukce podvozku. Kolové podvozky mají velký rozsah manévrovatelností, která závisí především na způsobu řízení [4].

#### MANÉVROVATELNOST Z HLEDISKA ZPŮSOBU ŘÍZENÍ

*Řízení nápravou* spočívá v natáčení kol v jedné nebo více nápravách podvozku. Podvozky řízené jednou nápravou mají největší poloměr otáčení, ale také vysokou stabilitu. Řízení dvěma nápravami zlepšuje manévrovatelnost při zachování vysoké stability.

Při řízení *kloubovým rámem* se namísto kol natáčí přední rám vůči zadnímu rámu podvozku. Manévrovatelnost těchto podvozků je lepší, avšak za cenu menší stability při zatáčení.

Zvláštním kompromisem mezi těmito dvěma typy je podvozek se *stereo řízením*. Jedná se o kombinaci kloubového rámu a řízení nápravou. Výhodou těchto podvozků je, že mají ještě menší poloměr otáčení než srovnatelné klasické podvozky s kloubovým rámem. Úhel natočení rámu v tomto případě navíc nedosahuje takové velikosti. To znamená, že stroj tolik neztrácí stabilitu při zatáčení.

Poslední možností je *řízení smykem*. Zatáčení v tomto případě funguje podobně jako u podvozků pásových, a to rozdílnými rychlostmi otáčení kol na levé a pravé straně stroje. S těmito podvozky je možné otočit se prakticky na místě, jejich manévrovatelnost je tedy omezena jen samotnými rozměry stroje.

Různé způsoby řízení a jejich výhody a nevýhody jsou více popsány v poslední kapitole.

### 1.3.3 PRŮCHODNOST

Povrch na pracovišti může být velmi členitý s výraznými nerovnostmi. Stroj musí být na tomto terénu schopný manévrovat, aniž by došlo k jeho poškození. Kolové podvozky tyto problémy řeší například navýšením světlé výšky a zvětšením předního a zadního nájezdového úhlu.



## 2 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKY A VLASTNOSTI KOLOVÝCH PODVOZKŮ

Konstrukce podvozku určuje manévrovací schopnosti stroje, které buď přímo, nebo nepřímo ovlivňují jeho provozní výkonnost. V případech, kdy od stroje vyžadujeme při jeho provozu vysokou pohyblivost a časté přemísťování, je vhodné využít kolového podvozku [1].

Tento typ podvozku má ve srovnání s pásovými podvozky jisté přednosti, kterými jsou například [3]:

- Hmotnost kolového podvozku tvoří přibližně 20% celkové hmotnosti stroje, zatímco pásový podvozek 30 – 40% [3].
- Konstrukce obsahuje menší počet třecích částí, čímž se zvyšuje životnost podvozku.
- Při pojezdu stroje na něj působí menší dynamické namáhání, zvláště na tvrdém povrchu. Tím se snižuje opotřebení jeho součástí.
- Mají vyšší rychlost pojezdu, až 50 km/h [3].
- Stroje mohou až na výjimky volně cestovat po pozemních komunikacích. Tím se snižují náklady na jejich přepravu, jelikož nepotřebují tažné vozidlo a podvalník.
- Nepoškozuje povrch vozovky.

Konstrukce kolových podvozků však přináší i své nevýhody. Jejich použití je omezeno pouze na menší až střední stroje z hlediska únosnosti pneumatik, kontaktního tlaku a přenosu sil mezi kolem a půdou. Pro dimenzování částí podvozku je důležitá znalost tlaků na nápravy. Ty se stanovují jak v klidových podmínkách, kdy se stroj nepohybuje, nepracuje a je na rovné podložce, tak v extrémnějších případech, například při jízdě do svahu nebo při velkém pracovním zatížení. Dynamické účinky působící na podvozek za provozu se zohledňují dynamickým součinitelem  $\psi$ , který nabývá hodnot 1,2 – 1,8 (závisí na druhu obruče kola) [1].

Vzhledem k jejich výhodám i nevýhodám se používají především na těchto typech strojů:

- Malé a střední typy lopatových rypadel.
- Nakladače malých až velkých typů.
- Kombinované rypadlo-nakladače.
- Grejdry a skrejpry.
- Dampry.
- Traktorové stroje.

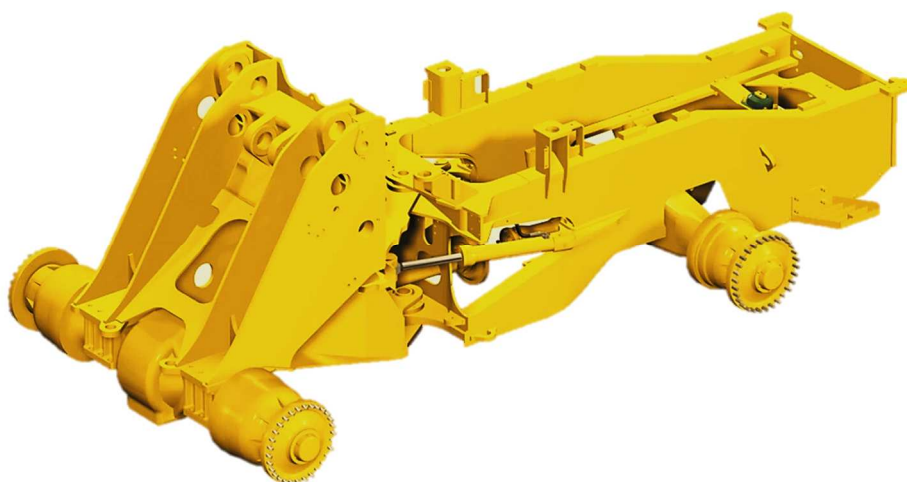
### 2.1 DŮLEŽITÉ KONSTRUKČNÍ PRVKY KOLOVÝCH PODVOZKŮ

#### 2.1.1 RÁM

Rám tvoří základní nosnou část stroje a většinou má robustní ocelovou svařovanou konstrukci. Ta by měla být co nejjednodušší, občas se však může jednat o velice složitý svařenec, obzvláště u kloubových rámců. Z hlediska výrobně technologického patří rám k nejnáročnějším celkům zemních strojů s přímým vlivem na jeho provozní spolehlivost



(volba materiálu, technologie svařování, obrábění přímých ploch vzhledem k tvarové členitosti, atd.).

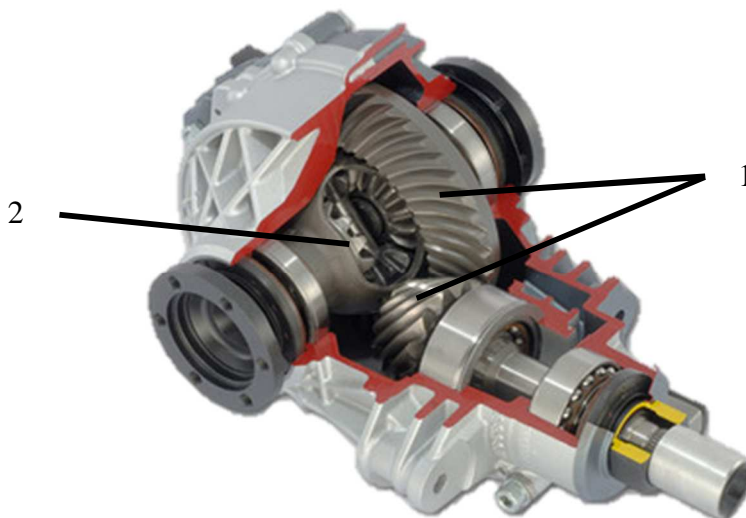


Obr. 2.1 Model rámu kloubově řízeného nakladače [5]

Dimenzování rámu patří k nejnáročnějším úkolům při vývoji stroje a spočívá ve správném stanovení zátěžových sil při zátěžových režimech, které musí co nejlépe vystihovat skutečné provozní podmínky stroje.

### 2.1.2 ROZVODOVKY

Rozvodovka je převodová skříň sloužící většinou k rozdělení točivého momentu vstupní hřídele na dvě a více hřídelí výstupních, obvykle s jinou úhlovou rychlostí a točivým momentem než vstupní. Obvyklé typy rozvodovek obsahují *stálý převod (1)* a *diferenciál (2)*, viz Obr. 2.2 [7][8].



Obr. 2.2 Řez rozvodovkou: 1 – stálý převod, 2 – diferenciál (planetové soukolí) [9]



Stálý převod je realizován buď pomocí čelního, nebo kuželového ozubeného soukolí. Kuželové soukolí se používá ve většině případů, jelikož umožňuje dosáhnout úhlu 90° mezi vstupní a výstupní hřídelí [8].

Diferenciál je tvořen planetovým soukolím se dvěma stupni volnosti. Slouží k rozdělení výkonu na výstupní hřídele a také umožňuje dosáhnout rozdílných otáček na těchto hřídelích podle potřeby. To je důležité například při průjezdu zatáčkou, kdy se musí vnější a vnitřní kolo nápravy otáčet rozdílnou úhlovou rychlostí. Bez diferenciálu by zde docházelo k prokluzu, který by způsoboval opotřebení pneumatik, ztrátu výkonu a znesnadňoval by ovládání vozidla [8].

### 2.1.3 KLOUBOVÉ HŘÍDELE

Kloubové hřídele neboli *kardany* umožňují přenos krouticího momentu mezi prostorově přesazeným hnacím a hnaným hřídelem, jejichž poloha může být navíc měněna během provozu. Prostorový úhlový pohyb a změny axiální délky jsou zajištěny moderními konstrukčními prvky. Klouby mají většinou kluzné nebo jehličkové uložení. Kardany jsou nezbytnou součástí všech mechanických pohonů podvozků [10][11].



Obr. 2.3 Výsuvná kloubová hřídel [12]

### 2.1.4 HYDRODYNAMICKÉ MĚNIČE A SPOJKY

Jsou to zařízení umožňující přenos krouticího momentu mezi vstupní a výstupní hřídelí. Využívají přítom proudění kapaliny (obr. 2.4) a její kinetickou energii. Spojka nemění hodnotu momentu a otáček mezi vstupem a výstupem. Měnič má oproti spojce složitější konstrukci a během přenosu momentu jeho hodnotu zvyšuje, zatímco snižuje výstupní otáčky. Má tedy navíc funkci převodu. Hydrodynamický přenos výkonu má jisté výhody a nevýhody oproti mechanickým způsobům [13].

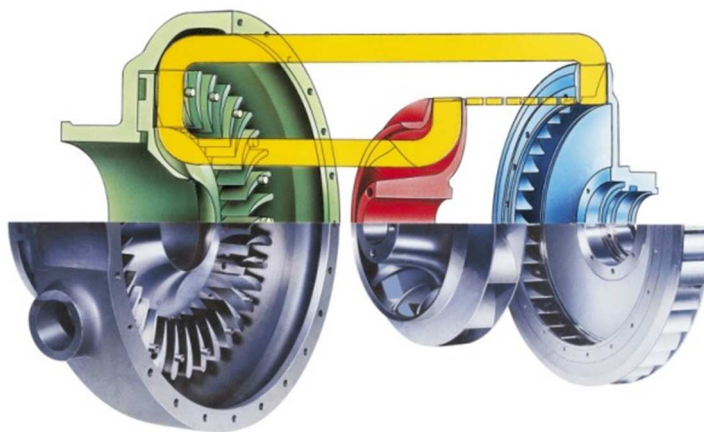
Výhody:

- Bezproblémový přenos krouticího momentu již od nulových otáček, kde by u třecí spojky docházelo k opotřebení.
- Eliminuje přenos rázů a kmitů z motoru do převodového ústrojí.
- Nedovoluje zhasnutí motoru při zařazení špatného rychlostního stupně.



Nevýhody:

- Menší účinnost než mechanický přenos výkonu.
- Větší hmotnost, velké rozměry.
- Vysoká cena.



Obr. 2.4 Proudění kapaliny v hydrodynamickém měniči [14]

### 2.1.5 HYDROSTATICKÉ PRVKY

Využívají především tlakové energie kapaliny. Kinetická energie je zanedbatelná [15].

*Hydromotory* převádí tlakovou energii hydraulické kapaliny na mechanickou. Podle druhu hydromotoru se tato energie projevuje posuvným, rotačním, nebo kyvným pohybem na výstupu. Nejjednodušším druhem hydromotoru je hydraulický válec, který energii kapaliny mění na přímočarý pohyb, provázen určitou výstupní silou a rychlostí. V podvozcích se setkáme především s rotačními hydromotory, které pohánějí kola. Ty se charakterizují výstupním momentem a otáčkami [15].



Obr. 2.5 Pomaluběžný rotační hydromotor [16]

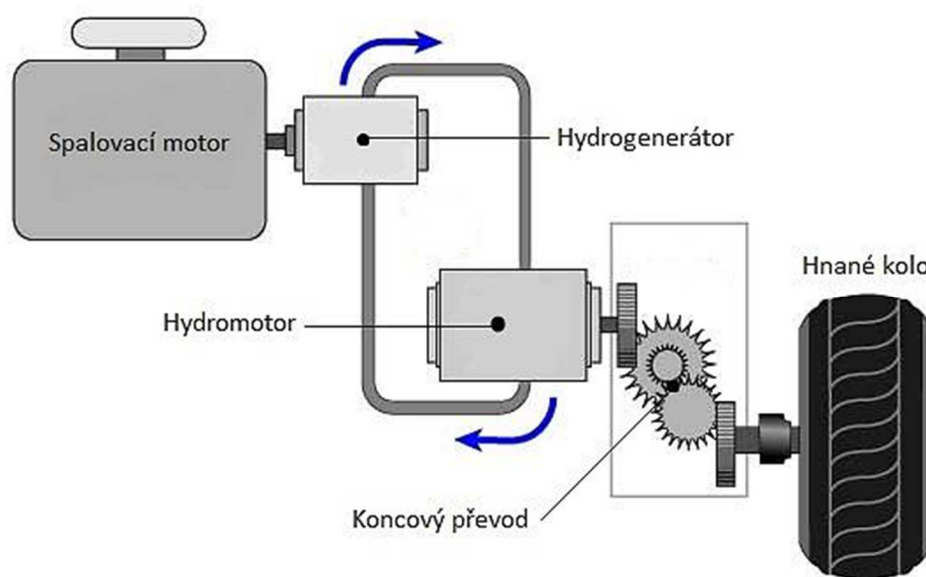


Kapalina vhnána do hydromotoru se dostává do požadovaného stavu (tlak, průtok) pomocí *hydrogenerátoru*. Ten má oproti hydromotoru inverzní funkci – převádí mechanickou energii na vstupu na tlakovou energii kapaliny. Většinou se pohání spalovacím motorem stroje. Hydrogenerátor nebývá součástí podvozku [15].

Tyto dva prvky tvoří spolu s hydraulickými hadicemi, rozvaděči, ventily a jinými regulačními prvky *hydraulický mechanismus*. Ty se v dnešní době přednostně používají k přenosu energie od motoru ke kolům (a jiným prvkům, které konají práci), jelikož mají oproti čistě mechanickým způsobům jisté výhody [15]:

- Snadný rozvod energie na velké vzdálenosti i na hůře přístupná místa pomocí hydraulických hadic.
- Snadné dosáhnouti značných silových převodů mezi vstupem a výstupem.
- Snadné řízení parametrů (otáčky, tlak, průtok, rychlost, moment, výkon).
- Jednoduchá změna pohybu (reverzace).
- Malá citlivost na přetížení, popřípadě snadné pojištění proti jeho vzniku pomocí ventilů.
- Dobré mazání a velmi klidný chod.

Mezi nevýhody lze zařadit menší účinnost oproti mechanickému přenosu energie, citlivost na znečištění a velké nároky na geometrickou přesnost součástí, zvláště pohyblivých [15].



Obr. 2.6 Zjednodušené znázornění principu hydrostatického pohonu [17]



## 2.2 ZPŮSOBY POHONU KOLOVÝCH PODVOZKŮ

Kolové podvozky jsou zpravidla říditelné ve třech různých rozsazích [3]:

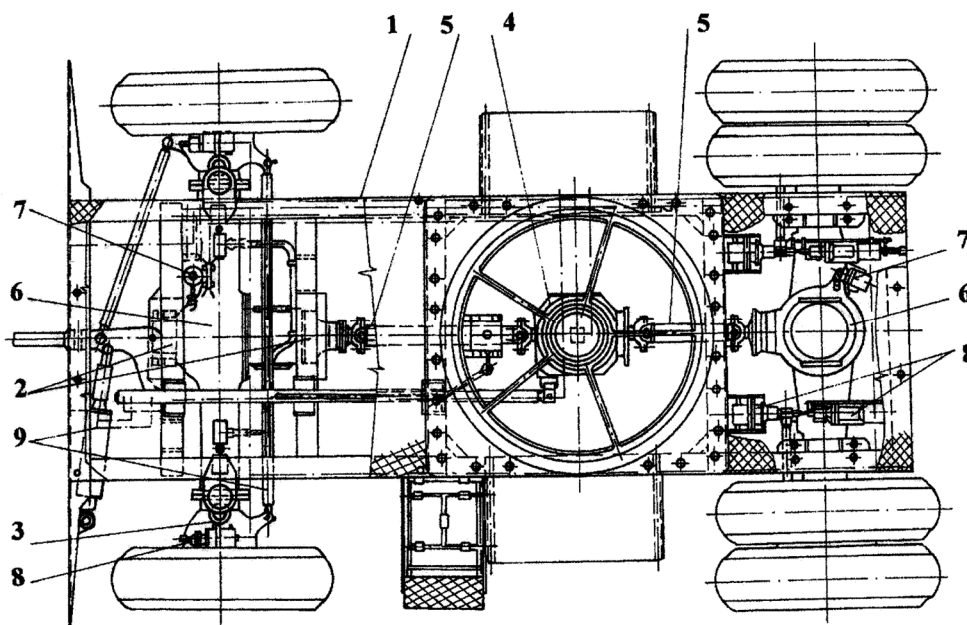
- 0 – 5 km/h: tzv. plazivá rychlost
- 0 – 10 km/h: terénní rychlost
- 0 – 50 km/h: silniční rychlost

Přenos výkonu a krouticího momentu od motoru až ke kolům lze provést několika základními způsoby.

### 2.2.1 MECHANICKÝ POHON

Krouticí moment je přenášen z hnacího motoru až po kola čistě mechanickými prostředky. Tento typ pohonu se již u moderních strojů nepoužívá [3].

Na obr. 2.7 je znázorněn kolový podvozek rypadla s mechanickým způsobem přenosu momentu. Jeho hlavní a základní částí je *rám* (1). K rámu je v přední části výkyvně připevněna přední náprava s říditelnými koly pomocí *čepů* (2). Zadní náprava s dvojitou montáží kol je k rámu podvozku připevněna pevně. Při práci zajišťují pevnou vazbu mezi přední kyvnou nápravou a rámem *aretační hydraulické válce* (3). Tento podvozek má pohon všech kol. Točivý moment se přivádí na nápravy z *centrální rozvodovky* (4) čtyřmi *kloubovými hřídeli* (5). V jednotlivých *rozvodovkách náprav* (6) jsou diferenciály s uzávěrami. Uzávěrky diferenciálů jsou ovládány pneumatickými válci přes *ovládací ústrojí* (7). Brzdy se ovládají *vzduchovými válci* (8). Ovládání řízení kol zajišťuje *mechanismus řízení* (9) [1].



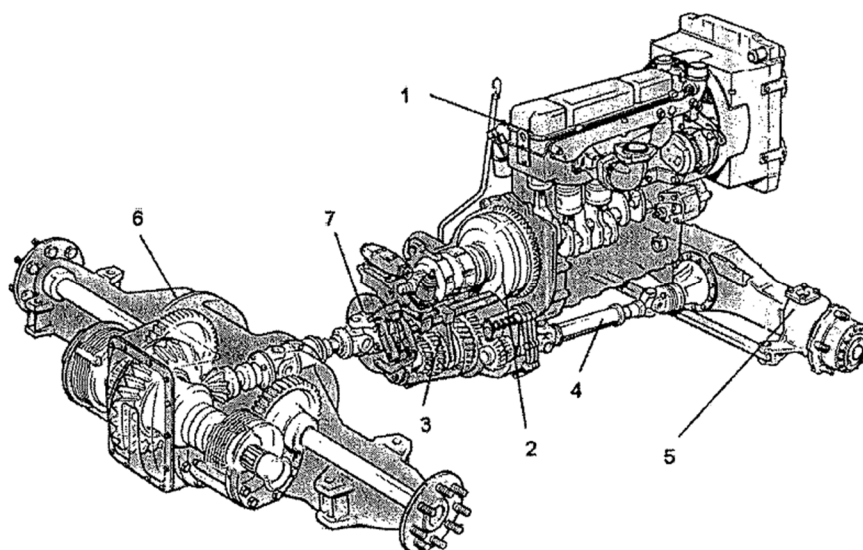
Obr. 2.7 Schéma podvozku rypadla s mechanickým pohonem: 1 – rám, 2 – čepy, 3 – aretační hydraulické válce, 4 – centrální rozvodovka, 5 – kloubové hřídele, 6 – rozvodovky v nápravách. 7 – ovládací ústrojí diferenciálů, 8 – brzdové vzduchové válce, 9 – mechanismus řízení [1]



### 2.2.2 HYDRODYNAMICKÝ POHON

Tento způsob pohonu pojezdu se používá především u strojů traktorového typu. Jedná se v podstatě o mechanický pohon, ve kterém je tradiční mechanická spojka nahrazena spojkou hydrodynamickou, popřípadě hydrodynamickým měničem. Jeho uspořádání je znázorněno na obr. 2.8 [3].

Krouticí moment je veden z *motoru* (1) do *hydrodynamického měniče* (2), ve kterém se moment zvyšuje a otáčky snižují. Za měničem se dál výkon přenáší přes *převodovku s rozvodovkou* (3), ze které je dál veden přes *kardanové hřídele* (4) na *přední* (5) a *zadní* (6) *nápravy* [3].



Obr. 2.8 Schéma hydrodynamického pohonu traktoru: 1 – spalovací motor, 2 – hydrodynamický měnič, 3 – převodovka s rozvodovkou, 4 – kardanový hřídel, 5 – říditelná přední náprava, 6 – zadní náprava, 7 – ruční brzda [3]

### 2.2.3 HYDROSTATICKÉ ZPŮSOBY POHONU

Kromě toho, že se tento způsob pohonu používá k pojezdu stroje, tak se především *vždy* používá k pohonu pracovních zařízení.

#### HYDRAULICKO-MECHANICKÝ POHON

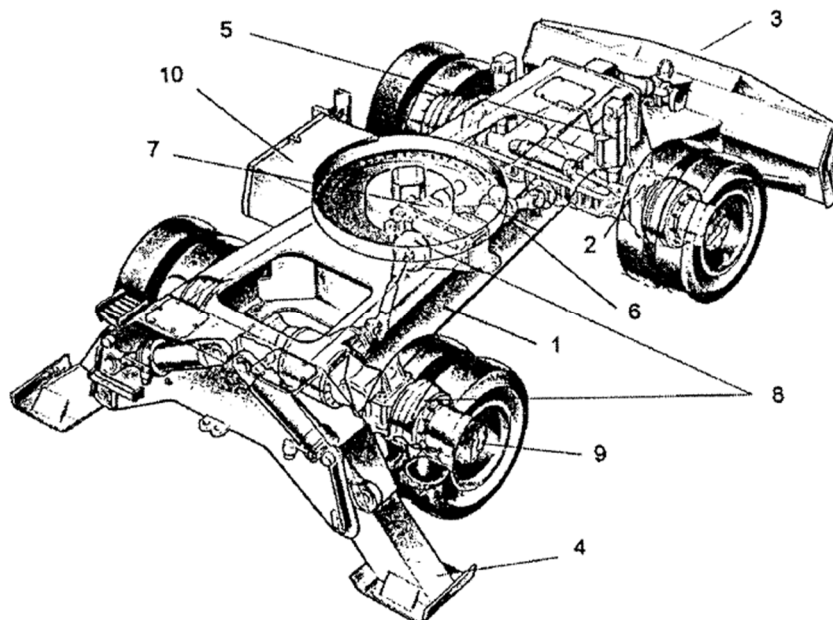
U tohoto typu podvozku je rotační hydromotor umístěn na otočném svršku a jeho pohyb se přenáší hřídelem dutou královskou hřídelí do podvozku, kde se kuželovým převodem dále přenáší na hnací nápravy kol. Tento způsob se v dnešní době využívá jen velmi ojediněle [3].

#### POHON S CENTRÁLNÍM HYDROMOTOREM

Podvozek s tímto pohonem je znázorněn na obr. 2.9. Základem podvozku je jako vždy *rám* (1). *Přední náprava* (2) je k podvozku připojena čepem. Je výkyvná a říditelná. Tlaková



kapalina je přiváděna z hydrogenerátoru přiváděčem a pohání rotační *hydromotor* (6). Jeho kroticí moment přechází do převodovky s *rozvodovkou* (7), ze které je kardanovými hřídelemi přenášen na zadní i přední nápravu. *Bubnové brzdy* (8) jsou u rozvodovky parkovací a v nápravách provozní [3].



Obr. 2.9 Schéma podvozku s centrálním hydromotorem: 1 – rám, 2 – kyvná říditelná náprava, 3 – dozerová radlice, 4 – sklápěcí opěry, 5 – aretační hydraulický válec, 6 – centrální rotační hydromotor, 7 – převodovka s rozvodovkou, 8 – bubnové brzdy, 9 – koncový převod v nábojích kol, 10 – skříňka na nářadí [3]

### POHON S HYDROMOTORY V OBOU NÁPRAVÁCH

Výhodou tohoto typu pohonu je, že k jeho funkčnosti nejsou vyžadovány kardanové hřídele. Tím se uvolňuje prostor pod pracovním strojem, což má za následek větší světlou výšku a lepší průjezdnost nerovným terénem. V terénu obvykle pracují oba dva hydromotory, na silnicích se jeden z nich odpojuje. Tím se snižují ztráty, což se kladně projeví na spotřebě paliva [3].



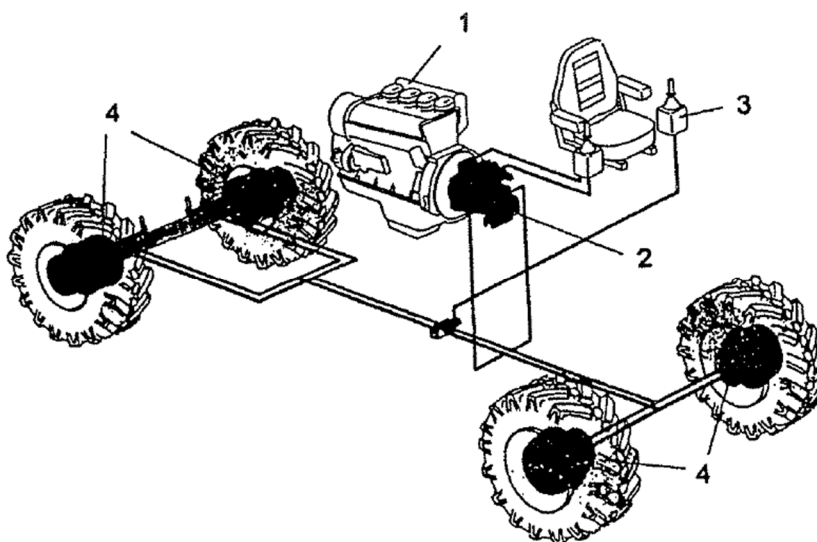
Obr. 2.10 Hydrostaticky poháněná náprava [18]



## POHON S HYDROMOTORY V NÁBOJÍCH KOL

Hydromotory jsou v tomto případě umístěny u každého kola. Jedná se o radiální, většinou nízkootáčkové motory s velkým regulačním rozsahem otáček a točivého momentu. Jsou napájeny tlakovou kapalinou z hydrogenerátoru. Účinné začínají být až při vyšších tlacích (10 – 40 MPa) [3], kde mají účinnost 96 % [3] a více. Nejsou tedy vhodné při nízkých tlacích v hydraulické soustavě [3].

Při řešení náhonů těchto podvozků se používají dvě alternativy, a to použití rychloběžných motorů s přiřazenými převody do pomala, nebo pomaluběžných hydromotorů bez pomocných převodů, viz obr. 2.11. Výhoda pomaluběžných motorů je kromě absence dodatečných převodů také v nízkých rozbíhacích a dobíhacích časech. Nevýhodou jsou větší rozměry, hmotnost a vyšší nákladnost oproti rychloběžným motorům [3].



Obr. 2.11 Schéma hydrostatického pohonu s hydromotory v nábojích kol: 1 – spalovací motor, 2 – hydrogenerátor, 3 – ovládací páky rozvaděče, 4 – hydromotory v nábojích kol [3]

## 2.3 KOLA MOBILNÍCH STROJŮ

Kola jsou nejdůležitější součástí kolových podvozků a plní několik funkcí [1]:

- Převádějí rotační pohyb přivedený od hnacího ústrojí na translační pohyb stroje.
- Přenáší tíhu stroje i ostatní zatěžující síly na terén.
- Jejich natáčením lze měnit směr pohybu stroje.
- Zajišťují odpružení, čímž se snižují dynamické rázy působící na stroj. Pružícím prvkem jsou pneumatiky.



### 2.3.1 KONSTRUKCE KOLA

Kola všech motorových vozidel mají podobnou konstrukci a skládají se z *disku* a *pneumatiky*.



Obr. 2.12 Typické kolo zemního stroje [19]

#### DISKY

Disk je pevná část kola a je otočně umístěn na nápravě podvozku. Středové části disku, která upíná kolo na nápravě, se říká *hlava*. Pokud je náprava poháněná, disk též přenáší hnací sílu na pneumatiku. *Ráfek* je obvodová styčná plocha mezi diskem a pneumatikou a slouží k jejímu uložení. Konstrukce ráfku musí zajišťovat přenos svislých, bočních a obvodových sil a zároveň zabránit vzájemnému pohybu mezi pneumatikou a diskem kola. Disky jsou zpravidla kovové, nejčastěji ocelové [20][21].

#### PNEUMATIKY

Výkonnost zemního stroje je značně závislá na použitém druhu pneumatik, které se odlišují především způsobem konstrukce *pláště*. Ten bývá vyroben z vulkanizované gumy vyztužené *kostrou*, která je hlavním faktorem ovlivňujícím jeho vlastnosti. Kostra je základní částí pláště a je složená z vložek tvořených textilními nebo ocelovými *kordovými vlákny*. Ta mohou mít diagonální nebo radiální uspořádání, viz obr. 2.13 [1] [22].

*Diagonální plášť* je charakteristický svým šikmým (diagonálním) uspořádáním vláken kostry. Vlákná kostry jednotlivých vrstev se vzájemně v různých rovinách kříží. Při zatížení se kordová vlákna neprodlužují, ale posouvají, což namáhá pryž mezi nimi na střiž (diagonální pneumatiky se zahřívají více než radiální). Pod běhounem jsou nárazníkové vrstvy, které zmírňují rázy při překonávání nerovností terénu. U různých speciálních plášťů je tato vrstva tvořena ocelovými kordy a chrání pneumatiku před proražením ostrými předměty [1][22].

*Radiální plášť* má kordy ve všech kordových vložkách vedeny od patky k patce kolmo na rovinu rotace kola. Dále má tuhou nárazníkovou vrstvu, která probíhá ve formě pásu



po obvodu pláště. Tato vrstva zachytává obvodové síly. Tato konstrukce dává těmto plášťům specifické vlastnosti, které mají za následek jisté výhody, ale i nevýhody [1][22].

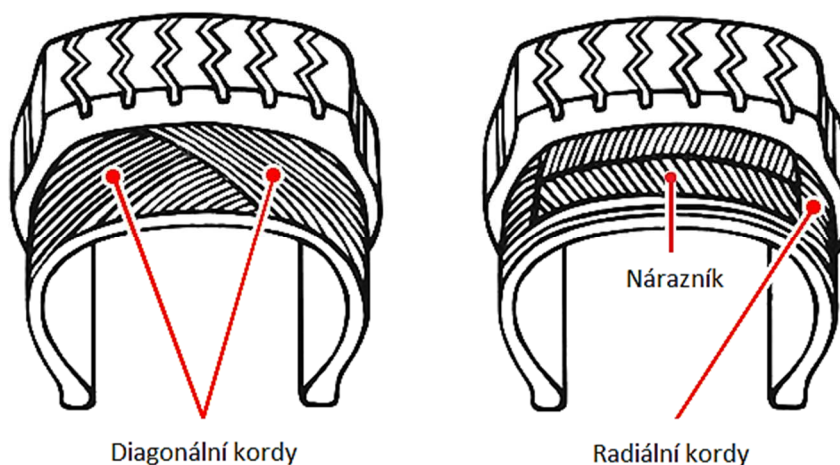
Výhody:

- Větší životnost než u diagonálních plášťů.
- Lepší jízdní vlastnosti v terénu.
- Menší odpor při valení.
- Částečně lepší pružení.

Nevýhody:

- Menší boční stabilita.
- Menší tlumení.

Kvůli těmto vlastnostem radiálních plášťů je jejich použití u strojů pro zemní práce sporné. Tyto stroje totiž přenášejí velké boční a obvodové síly a pohybují se malými rychlostmi po nerovných površích. Diagonální plášť zde může sloužit jako pružící a částečně i tlumící jednotka [1][22].



Obr. 2.13 Znárodnění diagonální a radiální konstrukce pláště pneumatiky [23]

Důležitou částí pláště je *běhoun*. Ten tvoří obvodovou plochu pláště a přímo zajišťuje styk s vozovkou. Musí splňovat dva základní požadavky [1]:

- Být odolný proti opotřebení a vykazovat vysokou životnost.
- Mít dobré záběrové a jízdní vlastnosti.



Běhoun a jeho profil také chrání kostru pláště před poškozením. Vysokou odolnost proti opotřebení a průrazu mají především pneumatiky pro práci v lomech, které se vyrábí s uzavřeným profilem [1].



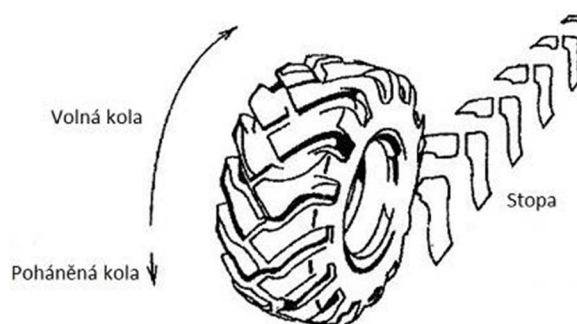
Obr. 2.14 Pneumatika pro práci v lomech [24]

Z hlediska záběrových vlastností (přenosu sil mezi kolem a zemí) mají nejlepší vlastnosti pneumatiky pro práci v měkkém terénu. Tyto pneumatiky mívají vysoký otevřený profil [1].



Obr. 2.15 Pneumatika pro práci v měkkém terénu [24]

Z důvodu zajištění samočisticí schopnosti běhounu a dobrého vedení kola je jeho profil nakloněn vzhledem k obvodu kola. Aby však bylo dosaženo těchto účinků, musí být pneumatika správně orientována. Orientace montáže kola je opačná pro poháněná a pro volná kola a je znázorněna na obr. 2.16 [1].



Obr. 2.16 Orientace montáže poháněných a volných kol [1]



### 2.3.2 POUŽÍVANÉ DRUHY PNEUMATIK

*Standardní přetlakové* pneumatiky jsou rozšířeny především u strojů, které se mohou pohybovat po pozemních komunikacích. Tyto pneumatiky mohou být dušové a lze je na kola montovat dvojitě [3].

*Nízkotlaké bezdušové* pneumatiky bývají montovány na nápravy samostatně. Obvykle omezují rychlost podvozku na 40 km/h [3]. Naproti tomu však mají několik výhod [3][22]:

- Při jízdě v málo únosném terénu mají měkčí záběr, větší styčnou plochu, vytvářejí menší kontaktní tlak a méně poškozují jízdní dráhu.
- Mají dobré pružící a tlumící vlastnosti, čímž se snižují dynamické rázy a opotřebení.
- Bezdušová konstrukce dokáže udržet tlak v pneumatice i v případě proražení pláště menšími předměty.
- Menší zranitelnost pneumatik oproti dvojitě montáži pneumatik. Mezi ně se totiž občas dostávají kameny nebo jiné předměty.

*Širokoprofilové* pneumatiky se též montují samostatně. Mají velmi výhodné vlastnosti pro mobilní stroje do nejtěžších terénů. Používají se především u rypadel, dozerů, autogrejdů a zhutňovacích strojů. Jejich výhody jsou velmi podobné s nízkotlakými bezdušovými pneumatikami. Širokoprofilové jich však ještě několik přidávají [3]:

- Mají větší nosnost a dobře snášejí zatížení.
- Jsou plněny nemrznoucí kapalinou, čímž se snižuje těžiště stroje a zlepšuje se jeho stabilita.

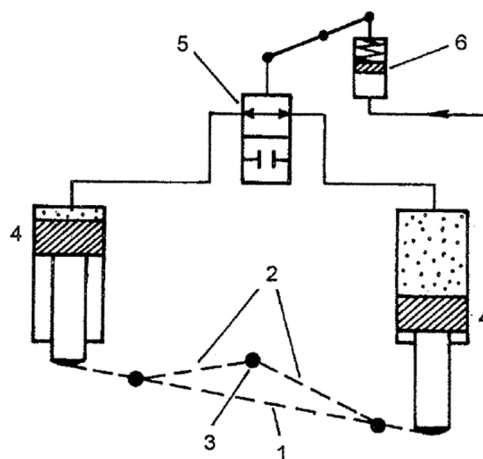
## 2.4 STABILITA KOLOVÝCH PODVOZKŮ

Všeobecné podmínky stability byly již zmíněny v první kapitole. Zde budou do větších podrobností popsány způsoby dosažení této stability, které se používají u kolových podvozků.

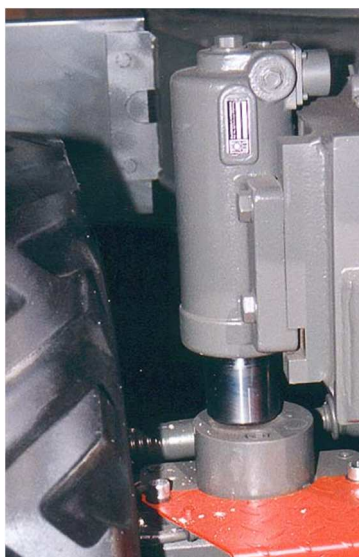
### 2.4.1 ARETACE VÝKYVNÝCH NÁPRAV

Jedna z náprav pracovních strojů bývá uložena výkyvně k podvozku, zatímco ta druhá je tuhá. Výkyvná je většinou méně zatěžovaná náprava. Ta bývá též říditelná. Toto uspořádání zajišťuje styk všech kol i na nerovném povrchu, což kladně ovlivňuje ovladatelnost vozidla a jeho jízdní vlastnosti. Při práci by však toto uspořádání způsobovalo kývání celého vozidla a značné dynamické rázy. Výkyvná náprava se proto zajišťuje aretačním systémem, který je znázorněn na obr. 2.17 [3].

*Výkyvná náprava (1)* je uchycena dvěma *táhly (2)* v *otočném bodě (3)*. Náprava při jejím kývání působí na *hydraulické válce (4)* s písty, které se při jízdě po nerovném terénu pohybují. Hydraulická kapalina se tak během jízdy přemísťuje z jednoho válce do druhého a naopak. Přitom prochází *rozvaděčem (5)*. Ten škrcením řídí průtok kapaliny, může ho omezovat, a v případě, že potřebujeme kompletně znemožnit kývání nápravy, může průtok i zastavit. Rozvaděč se obvykle ovládá pomocí *hydraulického řídicího válce (6)*, který přenáší sílu na rozvaděč pomocí pákového systému [3].



Obr. 2.17 Schéma aretačního mechanismu výkyvné nápravy: 1 – kyvná náprava, 2 – táhla, 3 – otočný bod, 4 – hydraulické válce s písty, 5 – rozvaděč, 6 – hydraulický řídicí válec [3]



Obr. 2.18 Detail aretačního válce [25]

#### 2.4.2 OPĚRY PODVOZKŮ

Opěry jsou charakteristickým prvkem kolových podvozků. Slouží ke stabilizaci vozidla při těch úlohách, kde není vyžadován jeho častý pojezd, a umožňují zvýšení zatížení stroje. Dále vytvářejí příznivější podmínky pro jeho práci, a tím snižují jeho opotřebení. Stroje opatřené opěrami vyžadují jejich vysunutí do aktivní polohy před započítáním pracovního úkonu, jelikož jejich pneumatiky nebývají dimenzovány na zvýšené zatížení, které při práci vzniká. Toto je jedna z nevýhod kolových podvozků oproti pásovým, které opěry nepotřebují [3].



Obr. 2.19 Sklápěcí opěry kolového rypadla [5]

Opěry kolových podvozků mohou být *sklápěcí* (obr. 2.19) nebo *výsuvné*. Výsuvné opěry se používají v těch případech, kdy není třeba více oddálit klopnou hranu stroje od jeho těžiště. Slouží tedy pouze k odlehčení náprav a pneumatik při práci. Častěji se setkáme s opěrami sklápěcími, které oddalují klopnou hranu od těžiště stroje, a tím výrazně zvyšují jeho stabilitu. Jejich uspořádání závisí na vyvážení stroje a na podmínkách při jeho pracovním nasazení. Alternativně se ke stabilizaci dá použít *dozerová radlice* (obr. 2.20), která se opře o půdu a tím vytvoří stabilizační kontakt. Její výhodou je navíc to, že také slouží k urovnávání a odhrnování půdy [3].

Obecně na opěry klademe tyto požadavky [3]:

- Musí umožňovat jednoduché a rychlé ustavení stroje do optimální pracovní polohy.
- Opěrná deska musí mít takovou velikost, aby odpovídala maximálním možným zatížením terénu z hlediska kontaktního tlaku. Z tohoto důvodu by též měla být uložena kloubově.
- Výsuv opěr by měl být co nejrychlejší a jednotlivé opěry na sobě nesmí být závislé.
- Opěry ve své klidové poloze nesmí bránit pojezdu stroje.



Obr. 2.20 Dozerová radlice kolového rypadla [5]



### 3 ZPŮSOBY ŘÍZENÍ KOLOVÝCH PODVOZKŮ

Různé kolové podvozky mobilních strojů se od sebe odlišují především jejich způsobem řízení – principem, který jim umožňuje měnit směr jízdy. Tento princip je primárním faktorem, který se projevuje na celkovém konstrukčním řešení podvozku. Každý způsob řízení má své specifické vlastnosti a samozřejmě své výhody i nevýhody.

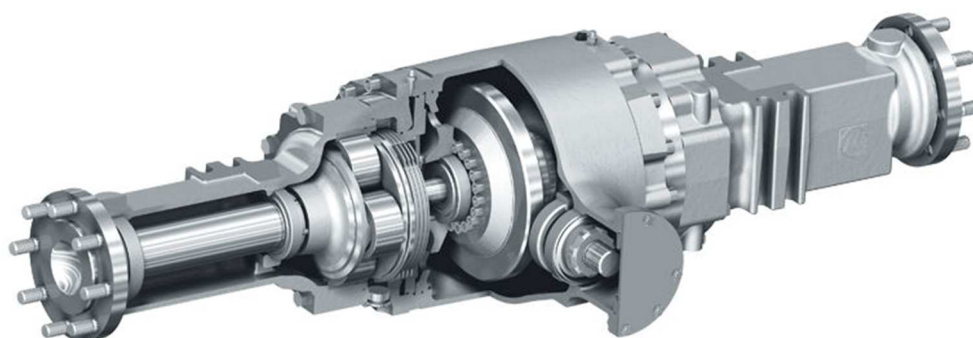
#### 3.1 ŘÍZENÍ NÁPRAVOU

Tento způsob řízení je nejznámější, jelikož ho využívají všechny automobily. Spočívá v natáčení kol jedné z náprav, popřípadě obou náprav. Tyto nápravy bývají často hnané. Výkon se přenáší na natočená kola pomocí *homokinetických kloubů*, které zajišťují konstantní přenos úhlové rychlosti. Jejich obvyklé konstrukční řešení má však většinou za následek vysoké tlaky působící na jejich komponenty. To snižuje jejich životnost a zvětšuje náklady na údržbu. Nápravy jsou uloženy v pevném jednodílném rámu [4].



Obr. 3.1 Řez homokinetickým kloubem kardanové hřídele [26]

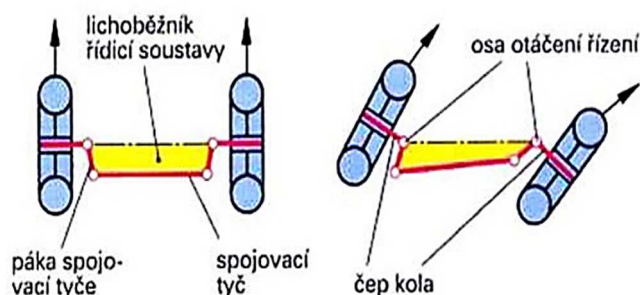
U mechanických pohonů se nejčastěji setkáváme s takzvanými *plovoucími nápravami* (obr. 3.2). Toto konstrukční řešení je poměrně jednoduché a levné a navíc má velké výhody oproti tradičním nápravám. Hlavním rozdílem je, že hnací hřídel pouze přenáší krouticí moment na kola, ale není nosným prvkem celého vozidla. Tímto prvkem je její „pouzdro“, ve kterém je hřídel uložena. Konstrukce pouzdra plně přebírá úlohu nosného prvku a je přímo připevněná k rámu a ke kolům [4][27].



Obr. 3.2 Řez plovoucí nápravou [28]

Aby bylo zajištěno projíždění zatáčkou bez prokluzu kol, jejich prodloužené osy otáčení se musí protínat v jednom bodě, takzvaném *okamžitém bodu otáčení S* (toto je znázorněno na obr. 3.4, 3.6, 3.10 a 3.13). To znamená, že vnitřní a vnější kolo říditelné nápravy musí mít odlišný úhel natočení. Tohoto se dá docílit dvěma způsoby [4].

Prvním řešením je spojení obou kol pomocí *lichoběžníku řízení*, který je tvořen osou kol, spojovací tyčí a pákami spojovací tyče, viz obr. 3.3. Nevýhodou je to, že tento mechanismus je umístěn ve výšce osy kol a tím snižuje světlou výšku vozidla, což má za následek horší průchodnost v nerovném terénu. Tento systém navíc obsahuje několik kloubových spojů, které se v náročném terénu rychle opotřebovávají [4][29].



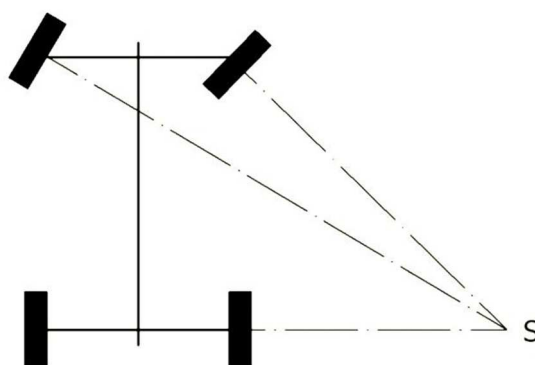
Obr. 3.3 Lichoběžník řízení [29]

Druhým způsobem dosáhnoutí odlišného úhlu natočení může být odstranění jakéhokoliv spojení mezi koly. Tím se zachová světlá výška. Natočení každého kola je ovládáno *samostatnými hydraulickými válci*. Vzájemného vztahu mezi úhly natočení kol je však poměrně obtížné dosáhnout z několika důvodů. Každý z hydraulických válců může být rozdílně zatížen, což by z důvodu stlačitelnosti kapaliny a roztažitelnosti hydraulického vedení vedlo ke změně úhlu natočení. Hydraulická kapalina může také ztrácet svůj objem kvůli únikům způsobeným nedokonalým těsněním. Ke korekci těchto nežádoucích jevů se používá mikroelektronika, to však navyšuje cenu podvozku [4].



### 3.1.1 ŘÍZENÍ JEDNOU NÁPRAVOU

Řiditelná náprava bývá umístěna tam, kde působí nižší zatížení. To je nejčastěji zadní náprava. Výjimkou jsou stroje traktorového typu, u kterých je říditelná náprava zpravidla přední. Řiditelná náprava bývá také většinou výkyvná, z důvodu větší stability a zajištění kontaktu kol s terémem [4].



Obr. 3.4 Schéma řízení jednou nápravou

#### VÝHODY

Podvozky řízené jednou nápravou mají poměrně jednoduchou a ekonomicky nenáročnou konstrukci nosného rámu. Kabina stroje může být díky tomu umístěna nízko i u poměrně malých strojů, což zlepšuje stabilitu celého vozidla, obzvláště na svazích, při zatáčení a při zvýšeném zatížení nákladem. Vzdálenost klopných hran od těžiště stroje se navíc při zatáčení nemění, což je také velmi výhodné pro stabilitu stroje [4].

#### NEVÝHODY

Nejznatelnější nevýhodou je především to, že má značně větší poloměr otáčení a horší manévrovatelnost, než podvozek řízený kloubovým rámem o stejných rozměrech a geometrii. Toto lze alespoň částečně kompenzovat zmenšením rozvoru (vzdálenosti mezi nápravami), avšak za cenu menší podélné stability vozidla. Ta je důležitá především u kolových nakladačů. Manévrovatelnost lze vylepšit i zvětšením maximálního úhlu natočení kol. Zde je však konstrukce omezena většinou značně rozměrnými širokoprofilovými pneumatikami, které zabírají hodně místa a nenechávají moc prostoru pro mechanismus řízení. Nevýhodou je také nemožnost upravení úhlu natočení kol, pokud se stroj nehýbe. Zadní a přední kola při průjezdem zatáčkou projíždí rozdílnou stopou. To má za následek větší opotřebení pneumatik a vyšší nároky na výkon motoru při horších půdních podmínkách [4].

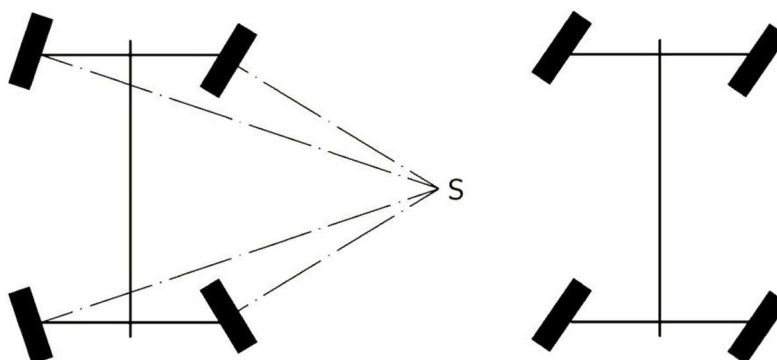


Obr. 3.5 Kolové rypadlo Volvo EW 205D s jednou říditelnou nápravou [5]

### 3.1.2 ŘÍZENÍ DVĚMA NÁPRAVAMI

Tyto typy podvozků jsou říditelné ve více režimech, které se volí v závislosti na terénu a okamžitých provozních podmínkách. Jsou to tyto režimy [4]:

- Řízení přední nápravy.
- Řízení zadní nápravy.
- Koordinované řízení obou náprav.
- Krabové řízení.



Obr. 3.6 Schéma řízení dvěma nápravami: vlevo koordinované řízení, vpravo krabové řízení



Kola jsou vždy řízena již zmíněnými samostatnými hydraulickými válci s dodatečným elektronickým systémem. Důvodem je požadavek na odlišný vztah mezi úhly natočení kol při různých módech. Při krabovém řízení musí být totiž na rozdíl od ostatních módů všechna kola vždy rovnoběžná [4].

### VÝHODY

Největší přednost koordinovaného módu je především jeho velice malý poloměr otáčení srovnatelný s řízením kloubovým rámem a vysoká manévrovatelnost. To umožňuje práci ve stísněných podmínkách. Při zatáčení se navíc nezmenšuje vzdálenost mezi těžištěm a klopnou hranou, takže si podvozek zachovává svou stabilitu a může bez obav převážet i značný náklad [4].

Krabové řízení se vyplácí především při jízdě sledující vrstevnici svahu. Nakloněné vozidlo se postupně po boku sesouvá dolů ze svahu a krabové řízení tento jev kompenzuje. Také se lze s jeho pomocí snadno vyhnout překážkám, aniž by se musel natáčet celý stroj [4].

### NEVÝHODY

I přes všechny zmíněné výhody se tento způsob řízení využívá jen zřídka. Důvodem je především velice složitý návrh konstrukce říditelné nápravy a řídicího mechanismu, které dokáží přenášet tak velké zatížení způsobené jak hmotností stroje a nákladu, tak kroticím momentem přicházejícím od motoru (u podvozků s jednou říditelnou nápravou je značně více zatížená neříditelná náprava, která má jednoduchou konstrukci). To má samozřejmě za následek výrazné zvýšení ceny [4].

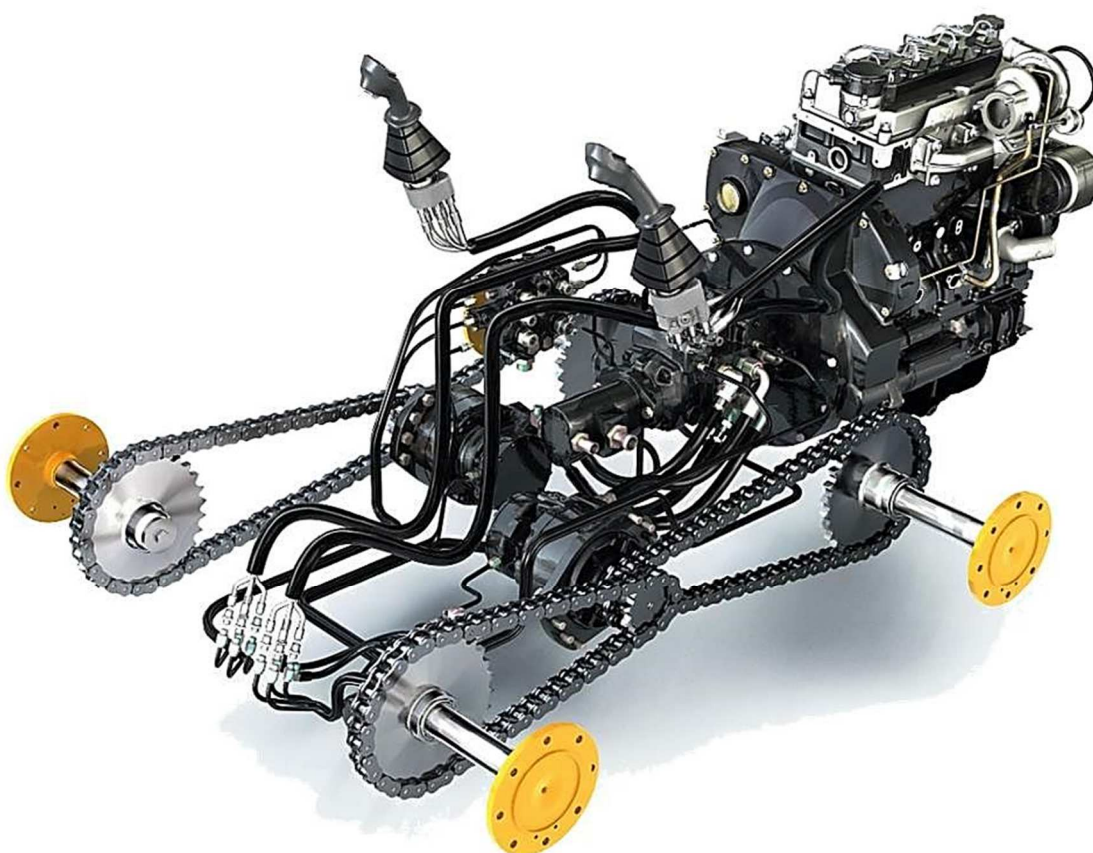


*Obr. 3.7 Rypadlo-nakladač JCB 4CX se dvěma říditelnými nápravami [30]*



### 3.2 ŘÍZENÍ SMYKEM

Většinu strojů používajících tento princip řízení tvoří malé, kompaktní nakladače se dvěma hnanými neřiditelnými nápravami. Změny směru jízdy se dosahuje prakticky stejným principem, jako u pásových podvozků. Zatáčení se provádí dosažením rozdílných obvodových rychlostí kol na levé a pravé nápravě (pohon je znázorněn na obrázku 3.8). Jedna strana se přitom může úplně zastavit, popřípadě i otáčet opačným směrem. To samozřejmě způsobuje smýkání kol po povrchu a otočení vozidla. Poloměr otáčení je závislý na rozdílu obvodových rychlostí a také na momentální poloze těžiště vozidla (mění se s nákladem) [4].



Obr. 3.8 Pohon smykem řízeného nakladače [5]

#### VÝHODY

Největší výhodou je bezpochyby zdaleka nejlepší manévrovatelnost ze všech způsobů řízení. Při správných podmínkách je stroj schopný otočit se na místě. Smykové řízení se proto používá u malých strojů pracujících v extrémně stísněných podmínkách. Další výhodou je také velice jednoduchá konstrukce podvozku [4].



## NEVÝHODY

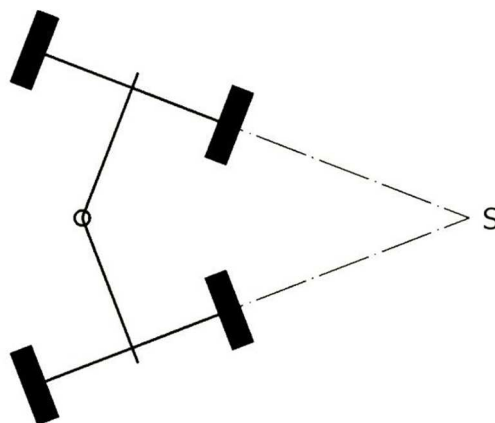
Při smýkání kol se podloží deformuje a tím se i značně poškozuje. Rychle se též opotřebovávají pneumatiky. Pro změnu směru pohybu je třeba dodat vyšší výkon než u ostatních typů řízení (nastává smykové tření, které je vždy značně vyšší než valivý odpor), čímž se zvyšuje zatížení působící na komponenty podvozku. Z těchto důvodů lze tedy řízení smykem použít jen u těch nejmenších strojů. Ty mají z konstrukčních důvodů velmi malá kola a rozvor, což má za následek nepříliš dobré vlastnosti podvozku na nerovném terénu (horší stabilita a průchodnost) [4].



Obr. 3.9 Smykem řízený nakladač Volvo MC70C [5]

## 3.3 ŘÍZENÍ KLOUBOVÝM RÁMEM

V současnosti je tento princip díky svým výhodám velmi často využíván u zemědělských, stavebních, důlních, lesních i vojenských transportních strojů. Stroje s tímto způsobem řízení jsou rozdělené na dvě „jednotky“ (přední a zadní), každá se svou vlastní nápravou. Tyto jednotky jsou upevněny k rámu, který se skládá ze dvou polovin. Ty jsou propojené kloubovým spojením s vertikální osou otáčení. Změna směru jízdy nastává při vzájemném natočení přední a zadní části rámu. Maximální hodnota úhlu natočení nabývá většinou hodnoty kolem  $45^\circ$ , v některých případech se může blížit hodnotě  $90^\circ$  (např. u skrejprů) [4].



Obr. 3.10 Schéma řízení kloubovým rámem



Existují i stroje se dvěma kloubovými spoji, které byly vytvořeny především pro experimentální účely. Mají lepší manévrovatelnost a navíc poskytují možnost krabového řízení. Tyto stroje jsou však extrémně nákladné na výrobu, a proto se v praxi nepoužívají [4].

Aby byl zajištěn styk všech kol s terénem, musí se někde na podvozku nacházet i horizontální kloub. Používají se dvě konstrukční řešení [4]:

- Podvozek má jednu výkyvnou nápravu. Bývá to náprava méně zatížená, většinou tedy zadní. Princip je v podstatě stejný jako u podvozků řízených nápravou.
- Propojení přední a zadní části rámu je provedeno kloubovým spojem se dvěma stupni volnosti. Horizontální kloub je umístěn hned vedle vertikálního a většinou jsou umístěné na té samé komponentě, viz obr. 3.11. Obě nápravy jsou v tomto případě pevné, vzájemně se tedy naklání celé jednotky stroje.

U většiny strojů se používá první konstrukční řešení, jelikož dosahuje vyšší stability. Výjimkou jsou kloubové dampry (obr. 1), které dosahují vyšší stability při využití druhého způsobu.



Obr. 3.11 Řídicí systém dampru s kloubovým spojením se dvěma stupni volnosti [5]

## VÝHODY

Podvozky s kloubovým řízením mají značně lepší manévrovatelnost než podvozky řízené jednou nápravou. Manévrovatelnost lze dále zlepšit posunutím kloubového spoje z geometrického středu stroje blíže k jeho zadní nápravě. Tím se také zlepší stabilita podvozku a navíc je tím umožněno umístění řídicí kabiny na přední jednotku stroje. To poskytuje řidičovi rozhled za všech situací a je také více izolován od hluku a vibrací motoru. Kloubové podvozky mají robustní konstrukci, takže mohou být použity i u silně zatěžovaných strojů. Aby byla zajištěna možnost natočení rámu, musí mít tyto podvozky dlouhý rozvor, což zlepšuje podélnou stabilitu stroje – to je důležité především u nakladačů [4].



## NEVÝHODY

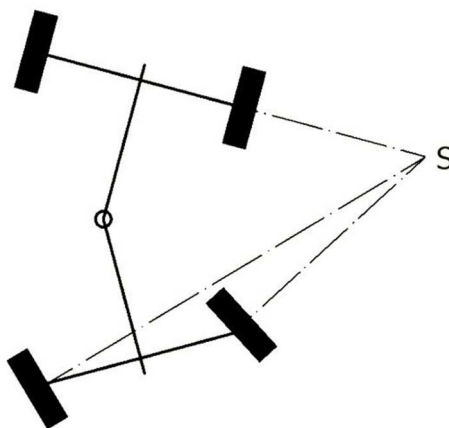
Hlavní nevýhodou podvozků s kloubovým řízením je zmenšení jejich stability při průjezdu zatáčkou. To je způsobeno přiblížením klopné hrany k těžišti stroje při natočení rámu. Jak je již zmíněno ve výhodách, tento efekt se dá zmírnit posunutím kloubu dál od geometrického středu. Nevýhodou je též náročnější konstrukce rámu podvozku [4].



Obr. 3.12 Kolový nakladač Volvo L350F s kloubovým rámem [5]

## 3.4 STEREO ŘÍZENÍ

Tento způsob využívá firma Liebherr u svých kolových nakladačů. Jedná se o řízení kloubovým rámem v kombinaci s říditelnou výkyvnou zadní nápravou. Úhel natočení rámu přitom dosahuje maximálně  $30^\circ$  [31]. Ztráta manévrovatelnosti je kompenzována právě možností řízení zadní nápravy. Tato kombinace s sebou přináší značné výhody oproti klasickému kloubovému řízení [31].



Obr. 3.13 Schéma stereo řízení



### VÝHODY

Díky menšímu úhlu natočení rámu se klopná hrana tolik nepřibližuje k těžišti stroje a podvozek příliš neztrácí svou stabilitu při průjezdu zatáčkou. To umožňuje převoz těžších nákladů. Řiditelná náprava přitom zajišťuje až o 20 % [31] lepší manévrovatelnost než srovnatelné klasické kloubové podvozky.

### NEVÝHODY

Nevýhody výrobce neuvádí. Dá se však předpokládat, že vzhledem ke složitější konstrukci podvozku naroste jeho pořizovací cena.



*Obr. 3.14 Kolový nakladač Liebherr L506 se stereo řízením [32]*



## ZÁVĚR

Cílem této práce bylo shrnout poznatky a vytvořit ucelený přehled různých používaných konstrukčních řešení kolových podvozků mobilních strojů, u nich provést výčet jejich výhod a nevýhod a srovnat je s ostatními řešeními.

První kapitola se zabývala obecnými a konstrukčními požadavky na podvozky mobilních strojů, podle kterých se též volí typ podvozku pro konkrétní stroj. Těmito požadavky jsou především dobrý přenos sil na podloží, vysoká stabilita, dobrá manévrovatelnost, mobilita a průchodnost. Jednotlivé vlastnosti jsou více nebo méně důležité u konkrétních typů strojů (nakladače a traktory vyžadují dobrou mobilitu, rypadla velmi vysokou stabilitu, apod.).

Druhá kapitola popisovala obecné vlastnosti kolových podvozků a jejich důležité komponenty a charakteristiky. Kolové podvozky mají vynikající mobilitu a poměrně jednoduchou konstrukci. Proto se přednostně využívají u strojů, které se potřebují často a rychle přemísťovat během svého pracovního cyklu. Tyto podvozky však vytváří kvůli své poměrně malé styčné ploše s podložím vysoký kontaktní tlak. Nelze je tedy používat na málo únosných površích. Při jejich práci je navíc nutno využívat přídatné stabilizační prvky (opěry, radlice). Pokud jsou tedy tyto vlastnosti nežádoucí, je výhodnější použít pásové podvozky. Ty navíc dokáží vyvinout značně větší tažnou sílu.

Přenos výkonu od motoru ke hnaným kolům lze provést několika způsoby. Jedná se o pohony mechanické, hydrodynamické a hydrostatické. Mechanické se již téměř nepoužívají a hydrodynamické nalezneme zejména u strojů s vysokou rychlostí pojezdu (například traktory). U zbytku strojů převažují pohony hydrostatické, a to díky svým výhodám uvedeným v samotném textu.

Důležitým prvkem kolového podvozku jsou jeho pneumatiky. Určují jeho pružící a tlumící vlastnosti a přenášejí tažnou sílu na terén. Liší se především svou konstrukcí pláště, který může být buď radiální, nebo diagonální. Oba typy pláště mají své značné výhody a nevýhody. Proto je volba konkrétní konstrukce pneumatiky poměrně spornou záležitostí. Další charakteristikou pneumatiky je tvar jejího dezénu. Ten určuje její záběrové vlastnosti a odolnost proti opotřebení.

Poslední kapitola se zabývala různými druhy řízení, které se u kolových podvozků nejčastěji používají. To jsou řízení jednou nebo dvěma nápravami, smykové, kloubové a stereo řízení.

Řízení jednou nápravou má především výhodu ve své vysoké stabilitě za všech situací. Je taky konstrukčně poměrně jednoduché. Nevýhodou je nejhůřší manévrovatelnost ze všech druhů řízení.

Řízení dvěma nápravami má výhodu ve své velmi dobré manévrovatelnosti a stabilitě a také v možnosti zvolení jednoho z několika režimů řízení. Nevýhodou je velmi složitá konstrukce a vysoká cena podvozku.

Smykové řízení má nejlepší možnou manévrovatelnost ze všech druhů řízení – stroj je schopný otočit se prakticky na místě. Podvozek má navíc velice jednoduchou konstrukci. Vzhledem k jeho vlastnostem je ho však možné využít jen u velmi malých strojů.



Stroje řízené kloubovým rámem mají velmi dobrou manévrovatelnost a poměrně jednoduchou robustní konstrukci umožňující vydržet vysoké zatížení. Manévrovatelnost lze navíc zlepšit posunutím řídicího kloubu dále od geometrického středu vozidla. To navíc zmírní ztrátu stability při zatáčení, což je hlavní nevýhodou těchto podvozků.

Stereo řízení je používané firmou Liebherr u jejich nakladačů. Jedná se o kombinaci řízení kloubovým rámem a zadní nápravou. Tyto podvozky mají vyšší stabilitu a značně lepší manévrovatelnost než srovnatelné klasické rámem řízené podvozky. Jejich nevýhodou je složitější konstrukce a vyšší cena.



## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] JEŘÁBEK, Karel. *Stroje pro zemní práce: Silniční stroje*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita, 1996, 464 s. ISBN 8070783893.
- [2] PACAS, Blahoslav. *Teorie stavebních strojů*. 2., nezm. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury, 1986, 244 s
- [3] VANĚK, Antonín. *Moderní strojní technika a technologie zemních prací*. Vyd. 1. Praha: Academia, 2003, 526 s., xvi s. barev. obr. příl. ISBN 80-200-1045-9.
- [4] DUDZIŃSKI, Piotr A. Design characteristics of steering systems for mobile wheeled earthmoving equipment. *Journal of Terramechanics*. 1989, 26(1): 25-82. DOI: 10.1016/0022-4898(89)90025-6. ISSN 00224898. Dostupné také z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/0022489889900256>
- [5] Volvo Construction Equipment Media Library. *Volvo Construction Equipment* [online]. © 2011- [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: [images.volvoce.com/](http://images.volvoce.com/)
- [6] Miniature Construction World - Liebherr A920 Wheeled Excavator. *Miniature Construction World* [online]. 2015 [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.miniature-construction-world.co.uk/liebherr-a920.html>
- [7] Rozvodovka. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/Rozvodovka>
- [8] NĚMEČEK, Pavel. *4 - Rozvodovka + diferenciál* [online]. TU v Liberci - Fakulta strojní, 2009 [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.kvm.tul.cz/getFile/id:1707>
- [9] Magna: Photo Gallery | Media. *Magna* [online]. © 2015- [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.magnasteyr.com/media/photo-gallery>
- [10] Kardany. *ML TUNING, Spol. s r.o. - KARDAN SERVIS* [online]. © 2008- [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.kardan.cz/kardany.html>
- [11] Hřidelové klouby a kloubové hřídele - Haberkorn Ulmer. *Haberkorn Ulmer - řemeny, řetězy, hliníkové profily, dopravníky* [online]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.haberkorn.cz/hridelove-klouby-a-kloubove-hridele/>
- [12] Tom Wood's Custom Drive Shafts - Toyota Application. *Tom Wood's Custom Drive Shafts* [online]. 2015 [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.4xshaft.com/Toyota.asp>
- [13] Hydrodynamický měnič. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: [http://cs.wikipedia.org/wiki/Hydrodynamick%C3%BD\\_m%C4%9Bni%C4%8D](http://cs.wikipedia.org/wiki/Hydrodynamick%C3%BD_m%C4%9Bni%C4%8D)
- [14] ŠTENGL, Michal. Samočinné převodovky - Svět planet. *Automobil Revue* [online]. 2011 [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: [http://www.automobilrevue.cz/rubriky/automobily/technika/samocinne-prevodovky-svet-planet\\_40392.html](http://www.automobilrevue.cz/rubriky/automobily/technika/samocinne-prevodovky-svet-planet_40392.html)



- [15] JANOVEC, Aleš. *Sestavení souboru multimedialních interaktivních schémat hydromotorů: Multimedia schemes design for fluid motors* [online]. Brno: Vysoké učení technické, Fakulta strojního inženýrství, 2007, 1 elektronický optický disk [CD-ROM / DVD]. [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: [http://autnt.fme.vutbr.cz/szz/2007/BP\\_Janovec.pdf](http://autnt.fme.vutbr.cz/szz/2007/BP_Janovec.pdf). Bakalářská práce.
- [16] Low-speed hydraulic motor / high torque | MA series - POCLAIN HYDRAULICS. *DirectIndustry - The Virtual Industrial Exhibition* [online]. © 2015- [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.directindustry.com/prod/poclain-hydraulics/low-speed-hydraulic-motors-high-torque-7771-1211529.html>
- [17] Remote Access Vehicles - Frequently Asked Questions. *Extreme Logistics LLC* [online]. 2014 [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://extremelogisticsllc.com/questions.htm>
- [18] LX4-6 Hydrostatic Drive Axle Box. *TAIAN JIUZHOU JINCHENG MACHINERY CO., LTD* [online]. [2015] [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: [http://www.jinchengjx.cn/e/show.asp?xx\\_chanpin\\_content\\_id=36](http://www.jinchengjx.cn/e/show.asp?xx_chanpin_content_id=36)
- [19] About Us. *RoadRunner Tyres* [online]. 2015 [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: [http://www.rertyres.com/AboutUs\\_Page.html](http://www.rertyres.com/AboutUs_Page.html)
- [20] Ráfek. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://cs.wikipedia.org/wiki/R%C3%A1fek>
- [21] *Kola - 00201* [online]. 2014 [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.ssampkrnov.cz/upload/soubory/00201.pdf>
- [22] Pneuservis v Rokytnici, Poradce výběru pneumatik, OMV dealer | Konstrukce, funkce a výroba pneumatiky. *Pneuservis v Rokytnici, Poradce výběru pneumatik, OMV dealer* [online]. [2015] [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: [http://www.pneu-asistent.cz/Konstrukce\\_funkce\\_a\\_vyroba\\_pneumatiky.html](http://www.pneu-asistent.cz/Konstrukce_funkce_a_vyroba_pneumatiky.html)
- [23] Why do some motorcycles still wear bias-ply tires? - Common Tread - RevZilla. *RevZilla* [online]. 2014 [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.revzilla.com/common-tread/why-things-are-bias-ply-and-radial-tires>
- [24] *Magna Tyres Group - OTR Tyres - Magna Tyres* [online]. © 2015- [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.magnatyres.com/>
- [25] BUCHER HYDRAULICS ERDING - Axle locking cylinders. *BUCHER HYDRAULICS ERDING* [online]. [2015] [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.oelhydraulik.de/content/view/23/110/lang,en/>
- [26] Constant Velocity Joints - Passenger Cars - GKN Land Systems. *GKN Land Systems* [online]. [2015] [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: [http://www.gknservice.com/global/passenger\\_cars/constant\\_velocity\\_joints.html](http://www.gknservice.com/global/passenger_cars/constant_velocity_joints.html)
- [27] Axle. *Wikipedia: the free encyclopedia* [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://en.wikipedia.org/wiki/Axle>



- [28] Axle - MULTITRAC MT-C 3000 - Maschinenantriebe. *DirectIndustry - The Virtual Industrial Exhibition* [online]. © 2015- [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.directindustry.com/prod/zf-maschinenantriebe/axles-16154-1121356.html>
- [29] Řízení motorového vozidla [online]. 2014 [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.ssamp-krnov.cz/upload/soubory/00208.pdf>
- [30] JCB 2013 4CX-15 Super Backhoe Loaders. *J C Bamford Excavators Ltd* [online]. [2013] [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: [http://www.jcbofalberta.com/new\\_vehicle\\_detail.asp?veh=348716&CatDesc=Backhoe%20Loaders](http://www.jcbofalberta.com/new_vehicle_detail.asp?veh=348716&CatDesc=Backhoe%20Loaders)
- [31] *Katalog Liebherr – Kolové nakladače L 506 – L 514 Stereo IIIA*. 2012. Dostupné také z: [http://www.liebherr.cz/csCZ/147647.wfw?file=~%2FCMS%2Fdownloads%2FNTB\\_L506-L514\\_cs\\_12-04.pdf](http://www.liebherr.cz/csCZ/147647.wfw?file=~%2FCMS%2Fdownloads%2FNTB_L506-L514_cs_12-04.pdf).
- [32] LIEBHERR L 506 STEREO Loaders Wheel Specification. *Trade Earthmovers Australia* [online]. © 2015- [cit. 2015-05-23]. Dostupné z: <http://www.tradeearthmovers.com.au/spec/detail/loaders/wheel/liebherr/l-506-stereo/27710>



## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

G	[N]	tíha stroje
$M_K$	[Nm]	klopný moment od zatížení stroje
$M_S$	[Nm]	stabilizující moment
p	[MPa]	kontaktní tlak
S	[-]	součinitel stability
$S_K$	[mm <sup>2</sup> ]	kontaktní plocha
$\psi$	[-]	dynamický součinitel