



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A
ROBOTIKY

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND
ROBOTICS

KONSTRUKČNÍ NÁVRH MINIRYPADLA

DESIGN OF MINI EXCAVATOR

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. PAVEL ŠVARC

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. RADEK KNOFLÍČEK, Dr.

BRNO 2014

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Akademický rok: 2013/14

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Pavel Švarc

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

obor: **Výrobní stroje, systémy a roboty (2301T041)**

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 diplomové práce:

Konstrukční návrh minirypadla

v anglickém jazyce:

Design of mini excavator

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem je provést konstrukční návrh minirypadla. Student provede rešerši v oblasti minibagrů, na základě které zvolí technické parametry konstruovaného minirypadla. Provede potřebné konstrukční výpočty a vlastní konstrukci minibagru v podobě 3D modelu.

Součástí diplomové práce bude výkres sestavy minibagru a výkresy vybraných (hlavních) součástí. Dále student provede základní technicko-ekonomické zhodnocení navrženého řešení a analýzu bezpečnostních rizik pro obsluhu stroje.

Cíle diplomové práce:

Rozsah diplomové práce:

- rešerše konstrukčních řešení minibagrů;
- návrh konstrukce minibagru;
- konstrukční výpočty;
- 3D model navrženého minirypadla;
- výkres sestavy, výkresy vybraných součástí;
- technicko-ekonomické zhodnocení navrženého řešení;
- analýza bezpečnostních rizik navrženého konstrukčního řešení.

3D model navrženého minirypadla včetně animace jeho pohyblivých součástí bude jednou z elektronických příloh diplomové práce.

Seznam odborné literatury:

Shigley, J. E.; Mischke, Ch. R.; Budynas, R. G.: Konstruování strojních součástí. Vysoké učení technické v Brně, VUTIUM: 2010. ISBN 978-80-214-2629-0

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

Vaňura, J.: Hydraulické a pneumatické mechanismy. Skriptum FS VUT v Brně

www.stránky_výrobci_bagru_a_minibagru

www.infozdroje.cz

www.stavebni-technika.cz

Vedoucí diplomové práce: doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2013/14.

V Brně, dne 30.10.2013




doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
Ředitel ústavu


prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc., dr. h. c.
Děkan

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 5
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Abstrakt

Tuto diplomovou práci lze rozdělit na dvě hlavní části. První pasáž obsahuje rešerši z oblasti minibagů a je zaměřena především na hlavní části těchto strojů a jejich konstrukční provedení. Druhá část na první plynule navazuje a jejím cílem je vytvoření vlastního konstrukčního návrhu minibagru, na základě zvolených parametrů. Součástí druhé pasáže je provedení základních výpočtů, technicko-ekonomické zhodnocení a analýza rizik. Na závěr je vytvořen 3D model navrženého minibagru a shrnutí jeho vlastností a parametrů. Cílem celé diplomové práce je návrh konkurenceschopného minirypadla.

Klíčová slova

minibagr, rameno minibagru, podvozek, náprava

Abstract

This diploma thesis can be divided into two main sections. The first stage contains research about mini excavators and is focused on main parts of this machines and their structural design. The second stage follow the first one and its goal is create own design of mini excavator according to chosen parameters. Parts of the second stage are execution of basic calculations, techno-economic evaluation and risk analysis. At the end there is created 3D model of designed mini excavator and summary of his properties and parameters. Goal of the whole diploma thesis is design the competitive mini excavator.

Keywords

mini excavator, excavator beam, chassis, axle shaft

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 6
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Bibliografická citace

ŠVARC, P. *Konstrukční návrh minirypadla*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2014. XY s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Radek Knoflíček, Dr..

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci *Konstrukční návrh minirypadla* vypracoval samostatně pod vedením doc. Ing. Radka Knoflíčka, Dr. a v seznamu literatury uvedl všechny použité literární zdroje.

V Brně dne 28. 5. 2014

.....
Pavel Švarc

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 7
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Poděkování

Tímto děkuji panu doc. Ing. Radku Knoflíčkovi, Dr., za odborné rady a pomoc při vypracování diplomové práce. Dále bych chtěl také poděkovat své rodině a všem svým známým za podporu v průběhu mého studia na vysoké škole.

Obsah:

1. Úvod	11
2. Hlavní části minibagru	12
2.1. Rameno minibagru	12
2.2. Rám minibagru	17
2.3. Otoč minibagru	18
2.4. Ovládací prvky	19
2.5. Sedadlo strojníka	21
2.6. Kryt prostoru motoru	21
2.8. Podvozek minibagru	22
2.9. Opěry	22
3. Rozdělení minibagru	22
3.1. Minibagry na pásovém podvozku	23
3.1.1. Pásový podvozek	24
3.2. Minibagry na kolovém podvozku	31
3.2.1. Kolový podvozek	32
3.3. Minibagry s kráčivým podvozkem	40
3.3.1. Kráčivé podvozky	41
4. Současné firmy vyrábějící minibagry	42
4.1. Firma CanDig Mini Excavators Inc.	43
4.2. Firma Ortas	44
4.3. Firma Wacker Neuson	46
4.4. Ostatní firmy vyrábějící minibagry	49
5. Volba varianty návrhu minibagru	50
5.1. Faktory ovlivňující návrh minibagru	50
5.2. Varianty návrhu minibagru	51
5.3. Zhodnocení variant	52
5.4. Shrnutí - výběr varianty návrhu	54
6. Parametry navrhovaného minibagru	54
7. Konstrukční návrh vlastního minibagru	55
7.1. Rám minibagru	55
7.2. Náprava minibagru	58
7.2.1. Přesouvání nápravy	59
7.3. Opěry minibagru	59
7.3.1. Přední opěry	60
7.3.2. Zadní opěra	61
7.4. Otoč minibagru	62
7.5. Rameno minibagru	63
7.5.1. Výložník ramene minibagru	63
7.5.2. Násada ramene minibagru	64
7.5.3. Lžice a její ovládací pákový mechanismus	64
7.5.4. Rameno minibagru - sestava	66
7.6. Volba a uložení motoru	66
7.7. Zakrytování motoru	68
8. Hydraulický obvod a hydraulické prvky minibagru	70
9. Pracovní a převozní poloha minibagru	73
10. Údržba minibagru	74
11. Výpočtová část	75
11.1 Výpočet vlastností použitých hydromotorů	75

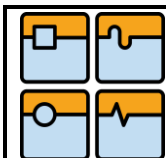
11.2	Kontrola svarů na okách pro upevnění přímočarých hydromotorů	76
11.3.	Kontrola otláčení stykových ploch od čepu PČH	77
11.4.	Kontrola čepů na ohyb	77
11.5.	Kontrola čepů na smyk	79
11.6.	Výpočet MKP ramene	80
11.7.	Výpočet rovnováhy minibagru při převozu	82
12.	Technicko-ekonomické zhodnocení navrženého řešení	84
13.	Analýza bezpečnostních rizik navrženého konstrukčního řešení.	89
14.	Bezpečnost práce.....	92
14.	Získání povolení pohybu po pozemních komunikacích	93
15.	Parametry navrženého minibagru	93
16.	Regulace otáček motoru	94
17.	Pohled na 3D model minibagru	95
18.	Závěr	96
19.	Seznam použité literatury	97
20.	Seznam obrázků a tabulek.....	101
21.	Seznam použitých symbolů	104
22.	Seznam příloh.....	105

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 11
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

1. Úvod

Z hlediska vývoje byly první bagry vyvinuty jako velké neforemné a omezeně pohyblivé stroje. Tyto stroje ani nebyly původně určeny pro dnes již běžné stavební práce, jako jsou např. terénní úpravy, hloubení základů objektů, případně nakládání hlíny či jiných materiálů. Často se jednalo o stroje, které byly navrženy jako plovoucí a pohybovaly se po hladině za účelem prohlubování koryt řek. Postupem času bylo zjištěno, že se mohou stát také dobrým pomocníkem na souši. Došlo tak k jejich dalšímu vývoji, který byl směřován právě k použití bagrů na pevnině. Nejprve byly vyvíjeny velké stroje, které se používaly pro těžkou práci, kterou nebylo možné vykonat lidskou silou. Následně se zjistilo, že bagry výrazně zvyšují produktivitu práce a snižují náklady, a proto se postupně začala lidská práce pomocí ručních nástrojů nahrazovat strojní technikou. Z tohoto vyplynulo postupné zmenšování a vyvíjení bagrů za účelem práce ve specifických podmínkách a koncem 20. století se firmy začaly zabývat vývojem tzv. minibagrů.

Minibagr (minirypadlo) je hydraulický bagr, který díky své malé velikosti a nízké váze umožňuje pracovat i ve stísněných prostorech, kde by jinak bylo nemožné kvůli malému prostoru použití těžší techniky a musela by zde být využita lidská síla. I přes svoji malou hmotnost a velikost má dostatečný výkon, který umožňuje provádět běžné terénní úpravy, hloubit výkopy, či provádět jiné výkopové práce s vyšší produktivitou. Minibagry jsou vyráběny v různých variantách, z nichž každá má svoje výhody, ale i nevýhody, a proto je nutné pro dostatečnou produktivitu zvolit ten nejvhodnější typ minibagru. Jedná se o kompaktní, a díky své jednoduché konstrukci i velice pohyblivé stroje, a to i ve složitých, členitých terénech. Nejlehčí minibagry lze jednoduše zapojit za osobní automobil jako přívěs a můžeme je tak jednoduše převážet na delší vzdálenosti. Některé typy minibagrů umožňují díky svému způsobu řešení provádět také další specializované pracovní procesy, jako jsou například demoliční práce nebo provádění vrtů. V poslední době se často stávají díky svému poměru jednoduchosti a výkonu oblíbeným pomocníkem nejen pro specializované firmy, ale také pro soukromé osoby.



2. Hlavní části minibagru

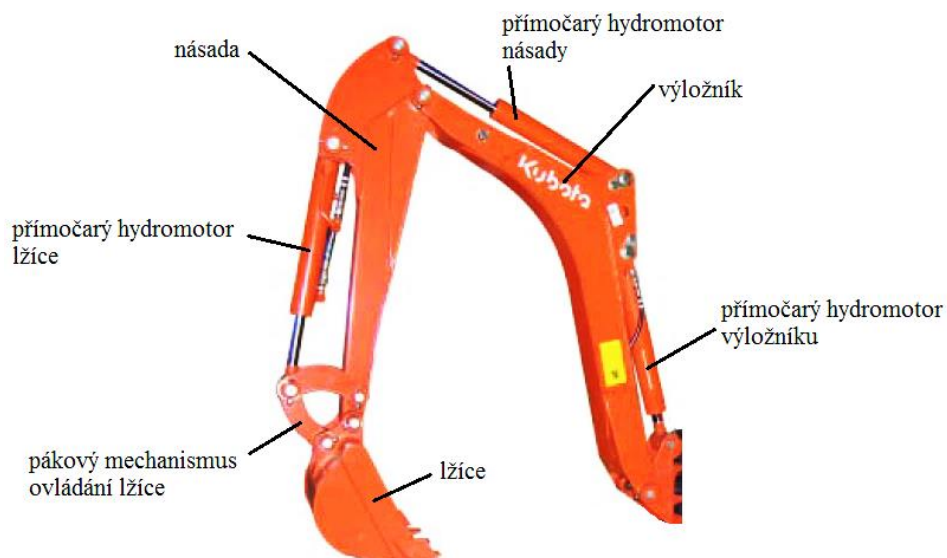
Minibagr je jako celek tvořen z několika částí, pro správnou funkci celého stroje je zapotřebí každý z těchto prvků vhodně navrhnout a zasadit do celkové koncepce stroje. Základní části minibagru jsou zobrazeny na obrázku 2.1.



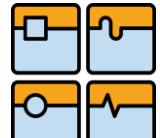
Obrázek 2.1 Hlavní části minibagru [1]

2.1. Rameno minibagru

Rameno (podkop) je základním prvkem téměř všech bagrů i minibagrů. Je pomocí čepů spojeno s otočem (kozlíkem), který je následně připojen otočně k rámu. Skládá se z několika částí, které popisuje obrázek 2.2.



Obrázek 2.2 Rameno minibagru - hlavní části [1]

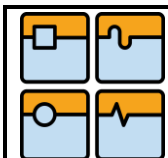
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 13
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

- **výložník** - jedná se o část ramene, která je umístěna nejbližší k rámu. Z hlediska konstrukce může být dělený nebo jednolitý, pro minibagry je většinou využíván výložník jednolitý. Výložník je na jedné straně ramene spojený pomocí čepu s násadou a na druhé straně s otočem. Jeho ovládání je zajištěno v závislosti na konstrukci přímočarými hydromotory, pro ovládání jednolitého typu výložníku postačí jeden hydromotor. Výložník bývá často vyroben jako odlitek nebo svařenec z tenkostěnných profilů případně výpalků. Celkově lze říci, že více je využíván jednolitý výložník. Jedná se totiž o výrazně jednodušší, spolehlivější a v neposlední řadě také méně nákladné řešení. Dvoudílný výložník naopak nabízí možnost využití více typů pohybů při práci.



Obrázek 2.3 Dvoudílný výložník [2]

- **násada** - další část ramene, která je na jedné straně čepem spojena s výložníkem a na druhé straně se lžící. Lžíce může být na násadu připojena přímo, pomocí čepů a pákových mechanismů, nebo má násada na tomto konci tzv. rychloupínák. Podle způsobu využívání stroje jsou rozeznávány různé druhy násad:
 - standartní násada - využití pro normální podmínky a běžné stroje, včetně minibagrů.
 - násada s velkým dosahem - umožňuje pracovat na delší vzdálenosti, ovšem výraznou nevýhodou je špatná skladnost ramene, používá se pro větší nebo speciální stroje.
 - teleskopická násada - v podstatě se jedná o násadu s velkým dosahem, tento typ však eliminuje nevýhodu špatné skladnosti ramene.



DIPLOMOVÁ PRÁCE

- **lžíce** - je upnuta na přední konec násady pomocí tzv. rychloupínáku nebo pákového mechanismu zobrazeného na obrázku 2.2. Pomocí lžíce dochází k nabírání materiálu nebo úpravě terénu. Základními parametry lžíce jsou její obsah, případně její šířka. Velikost těchto parametrů určuje nejen práce, která bude minibagrem prováděna, ale také typ materiálů, se kterým se bude pracovat. Dle těchto podmínek rozeznáváme různé typy lžic.
 - **podkopová univerzální lžíce** - je určena pro běžné pracovní podmínky, vyrábí se v různých šířkách. Pro minibagry je používána nejčastěji šířka v rozmezí od 200 mm do 500 mm. Je vybavena masivními zuby, což usnadňuje výkopové práce v kamenitých terénech - pomocí zubů lze snadno do lžíce nabrat i větší kámen.
 - **řetězová lžíce** - v podstatě se jedná o běžnou podkopovou lžici. Liší se pouze tím, že dno lžíce je složeno z řetězů, což zapříčiní, že při vykládání materiálu nedojde díky působení gravitace k jeho usazení ve lžici. Používá se pro práci se soudržným materiálem, například jílem.



Obrázek 2.4 Univerzální podkopová lžíce [3]



Obrázek 2.5 Řetězová lžíce [4]

- **objemová podkopová lžíce** - není určena pro kopání ani těžké stavební práce. Naopak její výhodou je zvýšený objem při zachování nízké hmotnosti, který je využit při nakládání lehčích a sypkých materiálů.
- **svahovací lžíce** - může být vyrobena jako pevná, ale většinou se vyrábí jako hydraulicky naklápěná. Vyznačuje se svojí velkou šířkou, což umožní její použití při úpravách terénu a dalších dokončovacích operacích, jako například začišťování ploch.



Obrázek 2.6 Svahovací naklápečí lžíce [5]

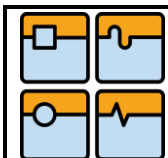
- ostatní nástroje - v poslední době je kladen důraz na univerzálnost stroje. Tento trend není výjimkou ani v případě minibagrů. Aby byl stroj univerzální, musí být schopen pracovat s různými nástroji. Lžíci lze tedy u některých typů minibagrů nahradit dalšími nástroji, jako jsou například hydraulické kladivo, zemní vrták, drapák, vidle, či demoliční kleště aj.



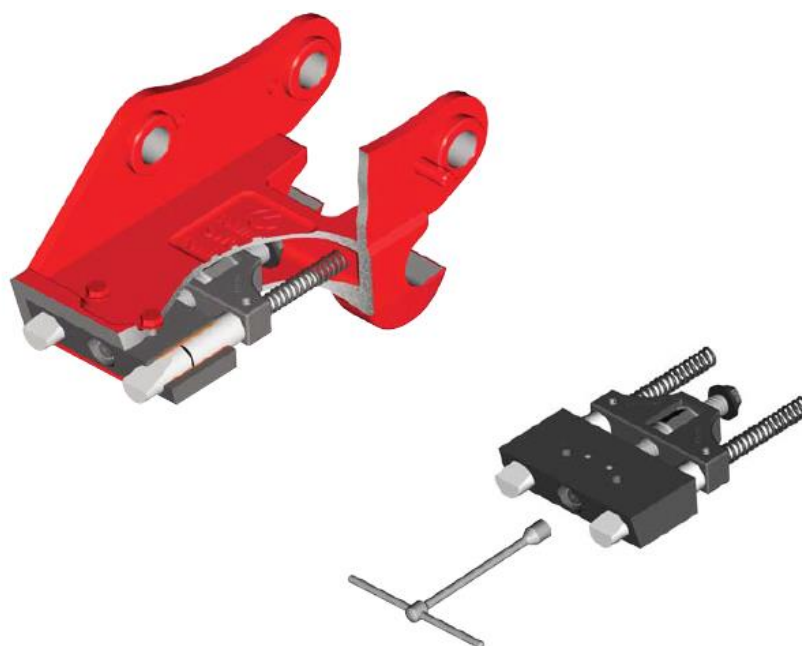
Obrázek 2.7 Zemní vrták minibagru[6]



Obrázek 2.8 Hydraulické kladivo minibagru[7]



- **rychloupínák** - tento prvek je umístěn na přední straně násady. Jeho hlavním cílem je usnadnění výměny pracovních nástrojů. Čas výměny nástroje pomocí rychloupínáku je tím výrazně snížen, a také samotná výměna nástroje není pro obsluhu tak fyzicky náročná, jako při klasickém zatloukání a vytloukání čepů. Podle způsobu ovládání se rychloupínáky rozdělují na mechanické a hydraulické. [8]
- mechanické rychloupínáky - jejich výraznou nevýhodou je potřeba vystoupení strojníka z kabiny, při výměně nástroje. Naopak oproti hydraulickým rychloupínákům nepotřebují svůj vlastní hydraulický obvod.



Obrázek 2.9 Mechanický rychloupínák [9]

- hydraulické rychloupínáky - jejich výhodou je jednodušší a rychlejší výměna nástroje bez nutnosti opustit kabinu stroje. Na druhou stranu, nevýhodou pro ovládání je nutnost zavést k rychloupínáku hydraulický obvod, což má vliv na celkovou cenu stroje.



Obrázek 2.10 Hydraulický rychloupínák [10]

Výměna nástroje pomocí rychloupínáku je oproti běžné výměně výrazně rychlejší. Na obrázku 2.11 je znázorněn příklad výměny nástroje na minibagru značky WACKER-NEUSON. Jedná se o výměnu pomocí hydraulického rychloupínáku EasyLock. Tato výměna je otázkou několika vteřin. [11]



Obrázek 2.11 Výměna nástroje systémem EasyLock [11]

Pohyb ramene je zajištěn pomocí přímočarých hydromotorů, do kterých je dopravena tlaková kapalina z hydrogenerátoru tlakovými hadicemi. Všechny části ramene jsou spojeny pomocí čepů. Rameno, jako celek, musí být navrženo dostatečně tuhé a pevné, aby bylo schopno zachytávat síly, které při práci vznikají. Je ale zapotřebí, jeho váhu redukovat na co nejmenší, aby nebyla narušena rovnováha bagru a nedocházelo k jeho převažování.

2.2. Rám minibagru

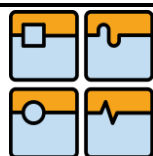
Rám je jedním ze základních prvků minibagrů. V podstatě se jedná o nosný prvek celého stroje. Z horní strany je na rám připevněna kabina strojníka. U některých typů minibagrů je ke spodní straně rámu otočně připojen podvozek, což umožňuje otáčení kabiny s ramenem o 360°. Rameno je na rám připevněno z přední strany pomocí otoče. Rám bývá nejčastěji vyroben jako svařenec nebo odlitek. Musí být dostatečně pevný a tuhý, aby byl schopen nést veškerá zatížení, která jsou na něj přenesena ať už z pracovního procesu, nebo ze samotných prvků, které jsou na rám upevněny.

2.3. Otoč minibagru

Otoč (kozlík) je upevněn otočně k rámu stroje a pomocí čepů je k němu připevněno rameno. Rozsah otočení ramene závisí na konstrukci otoče, obvykle se u minibagrů rozsah otočení ramene pohybuje okolo 120°. Otáčení je zajištěno pomocí přímočarého hydromotoru, který je k otoči připevněn čepem. Některé varianty minibagrů mají otoč konstruovaný tak, že je možné tento čep vyklepnout, čímž dosáhneme možnosti otočení ramene o 360°, což je výhodné pro rychlejší a bezpečnější převoz minibagru za automobilem. Takto řešený otoč je výhodný hlavně při variantě přepravy minibagru po pozemní komunikaci jako přívěsného vozíku za automobilem. Ve výjimečných případech se lze setkat s nahrazením přímočarého hydromotoru pro pohyb otoče ozubeným převodem, případně lze otoč ovládat dvěma přímočarými hydromotory. Tato varianta je však náročná na přesnost výroby a nemá žádné výrazné výhody. Otoč může být k rámu připojen za pomoci ložisek, ale vzhledem tomu, že od minibagru není vyžadována výrazná přesnost, většinou je využito kluzného pouzdra a čepu. Obecně lze říci, že otoč je pro správnou funkci minibagru jedno z kritických míst, proto je zapotřebí klást důraz jak na konstrukci, tak na kvalitu jeho vlastní výroby. Otoče bývají vyráběny z odlitých bloků, nebo jako svařence. Na obrázku 2.12 je zobrazen otoč vyrobený z odlitků.



Obrázek 2.12 Otoč z odlitků [12]



2.4. Ovládací prvky

Pro správnou funkci minibagru je velice důležité zvolit vhodné ovládací prvky. Volba ovládacích prvků je závislá na mnoha faktorech. Je zapotřebí, aby pro obsluhu bylo ovládání stroje pohodlné, bezpečné a dobře uspořádané. Ovládání pohybu minibagru je ve většině případů zajištěno pákovým hydraulickým rozvaděčem, nebo joystickem, případně jejich kombinací.

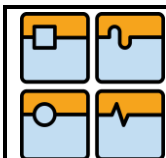


Obrázek 2.13 Pákový hydraulický rozvaděč [13]

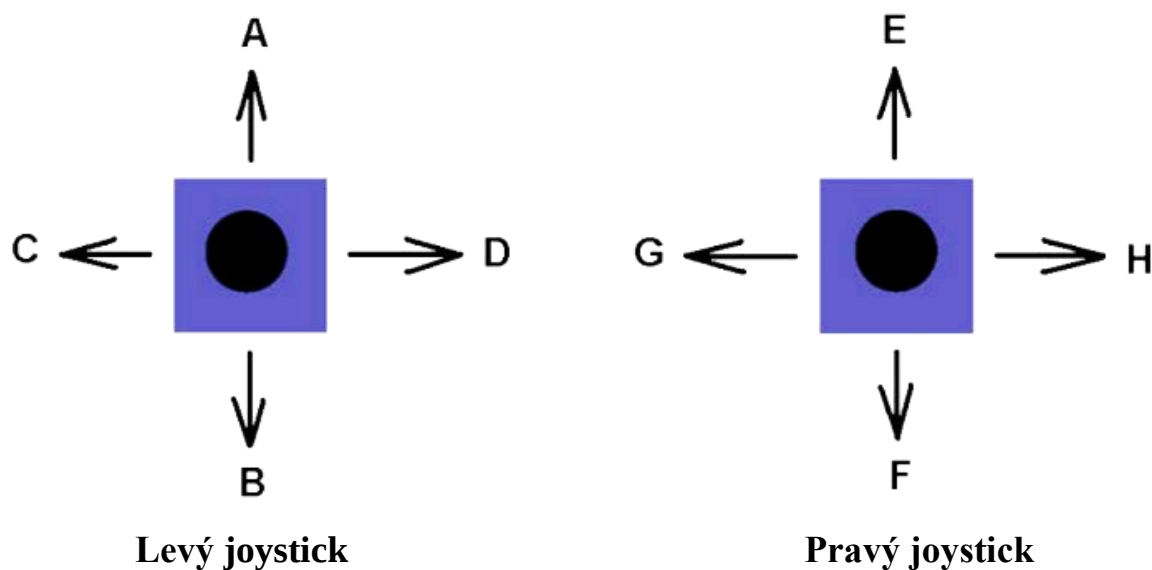
Celý stroj bývá vybaven různými senzory a čidly, např. senzory, které snímají množství paliva v nádrži, počítadlo motohodin, kontrola dobíjení nebo snímání tlaku oleje v motoru. Tyto informace jsou následně obsluze zprostředkovány pomocí kontrolky, které se rozsvěčují na ovládacím panelu. Dalšími ovládacími prvky jsou potom různá tlačítka, pedály, páky a dále dle vybavení bagru například ovládání světel, či podvozku, houkačky, hlavní spínač celého stroje, regulace otáček, aj.



Obrázek 2.14 Ovládací panel minibagru [14]



Produktivní ovládání minibagru je závislé na zkušenostech, ale hlavně šikovnosti strojníka. Z hlediska využití obsluhy pro více strojů, je ovládání pohybů jednotlivých částí minibagru pomocí ovládacích prvků doporučeno. Pro ovládání joysticky se používá nastavení ISO nebo SAE. Je ovšem možné použít i individuálního nastavení, pokud to obsluze vyhovuje lépe. Příklad nastavení minibagru dle ISO je zobrazeno na obrázku 2.15.



Obrázek 2.15 ISO ovládání minibagru [15]

2.5. Sedadlo strojníka

Na sedadlo strojníka nejsou kladeny žádné výrazné požadavky, v podstatě musí být dostatečně pohodlné, aby byla obsluha schopna na stroji setrvat i delší dobu. Zároveň musí být na minibagru vhodně umístěno vůči ovládacím prvkům, aby bylo pro obsluhu ovládání bezpečné a pohodlné.

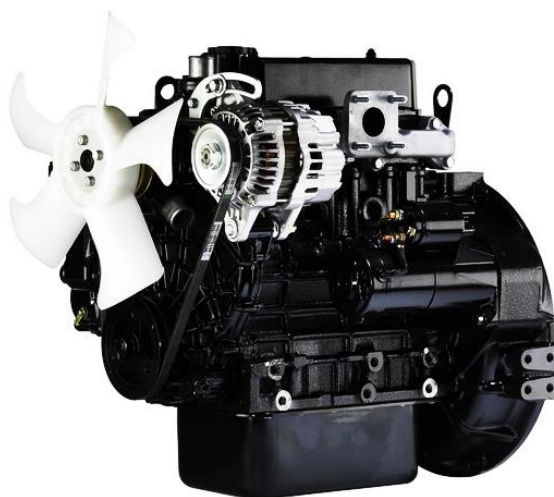
2.6. Kryt prostoru motoru

Jeho úkolem je zajistit bezpečnost práce pro obsluhu a ochranu motoru před vnějšími vlivy. Zabraňuje vniku nečistot z okolí do motorové části a zároveň chrání obsluhu před kontaktem s pohyblivými prvky motoru. Bývá na něm umístěno sedadlo strojníka, a proto kryt musí být dostatečně pevný. Ve většině případů je vyráběn z plastu či plechu, což zajišťuje i jeho nízkou hmotnost.

2.7. Motor minibagru

Pohonnou jednotkou minibagru je motor, který zajišťuje celé soustavě potřebnou energii pro dosažení maximální možné výkonnosti. Výkony motorů pro minibagry se pohybují podle velikosti stroje, jeho použití a typu motoru od 4 kW do 25 kW výjimečně i více. Aby motor spolehlivě pracoval, je zapotřebí na něm provádět údržbu, podle typu motoru se může jednat například o doplňování oleje, výměnu filtrů, nebo kontrolu izolačních prvků. Motory by také měly být pravidelně servisovány a udržovány v čistotě. Pro minibagry se používají následující typy motorů.

- **spalovací motory** - mechanická práce vzniká spalováním paliva (benzín, nafta). Při používání u minibagrů je jejich výraznou výhodou možnost využití stroje v jakémkoli prostředí. Podle druhu konstrukce minibagru je volena také velikost motoru na obrázku 2.16 je zobrazen 90 kilogramový motor Mitsubishi, obrázek 2.17 motor Honda 14 kg.



Obrázek 2.16 Spalovací motor Mitsubishi [16]



Obrázek 2.17 Spalovací motor Honda [17]

- **elektromotor** - u minibagrů se využívá spíše výjimečně, jeho výraznou nevýhodou je neschopnost práce v prostředí odlehlém od zdroje elektrické energie, bývá tedy využíván spíše v oblastech průmyslově vyspělých. Výhodou je levnější cena provozu, naopak problémem je neustálé připojení ke zdroji elektrické energie pomocí kabelu, což je značně nepraktické.

2.8. Podvozek minibagru

Výkonnost minibagru je výrazně ovlivněna kvalitou jeho podvozkové části. Vzhledem tomu, že se stroj často pohybuje v členitých terénech, je zapotřebí, aby podvozek splňoval následující požadavky. [18]

- zaručení dostatečné stability stroje
- zajištění potřebné aretace a dostatečného brzdění stroje
- zajištění plynulosti chodu, rozběhu i brzdění
- umožnění dostatečné manévrovatelnosti
- zajištění povolených měrných tlaků na plochu, po které se stroj pohybuje
- zaručení potřebné transportní a pracovní rychlosti pro dostatečnou produktivitu
- umožnění přesného přemístění stroje v terénu [18]

Nelze také opomenout, že při práci stroje vznikají zatížení vyvolaná činností pracovního nástroje a právě tato zatížení musí podvozková část spolehlivě zachytit. Podvozek také musí být schopen odolávat velkému stupni znečištění, které vzniká při pohybu terénem. Při návrhu podvozku je třeba klást důraz na jednoduchost konstrukce, spolehlivost a zajištění optimálního provozu při nejnížší možné hmotnosti. Obecně lze říci, že návrh konstrukce podvozku je ovlivněn následujícími faktory: [18]

- požadavky na jízdní vlastnosti minibagru
- požadovanou manévrovatelností minibagru
- členitostí a druhem terénu, ve kterém se bude stroj pohybovat

2.9. Opěry

Jedná se o nezbytné prvky minibagrů. Jejich funkce a množství se odvíjí od konstrukce stroje, jsou využity při pohybu, zvyšují stabilitu a hlavně plní funkci aretace minibagru při práci. Nejen v případě kolových, ale hlavně u pásových strojů jsou konstruovány jako radlice a mohou vykonávat i drobné pracovní úkoly (úpravy terénu).

3. Rozdělení minibagrů

Pro rozsah této diplomové práce budu uvažovat pouze jeden typ rozdělení minibagrů a to podle způsobu pohybu. Dle tohoto kritéria lze minibagry rozdělit do tří skupin:

- **minibagry na pásovém podvozku**
- **minibagry na kolovém podvozku**
- **minibagry s kráčivými podvozky**

Každá z těchto skupin má svoje výhody, ale také nevýhody. Aby minibagr pracoval efektivně a produktivně, musíme se při jeho konstrukci zamýšlet nad prací, kterou bude vykonávat, a také nad prostředím, ve kterém se bude pohybovat.

3.1. Minibagry na pásovém podvozku

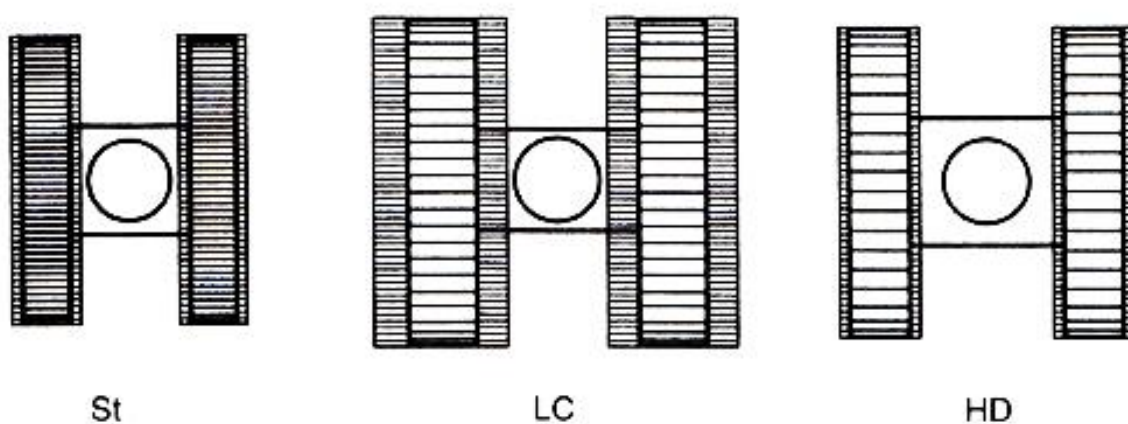
Díky pásovému podvozku minibagru je celková hmotnost stroje rozložena na relativně velkou plochu, což v porovnání s kolovými podvozky umožňuje přenášet na povrch větší pojezdové síly, a tím snížit tlak na půdu, po které se stroj pohybuje. K jejich kladným vlastnostem patří dobrá stabilita, vynikající průchodnost terénem a velká stoupavost. Na základě těchto vlastností se mohou pásové minibagry velice dobře pohybovat po svahovitých, měkkých a nerovných terénech. [18] [19] Ačkoliv se (hlavně díky ceně pásového podvozku v porovnání s ostatními typy minibagrů) jedná o dražší variantu stroje, je tento typ minibagru hojně používán. Jeho značnými nevýhodami je neschopnost pohybu ve výrazně členitých terénech - hrozí převrácení, ale také relativně složitá přeprava, kdy je zapotřebí s tímto typem minibagru vyjet po šikmé ploše na přepravní vozík (podvalník), na němž je dopraven na určené místo. Pro přepravu po komunikacích je nutné použít vozík nejenom kvůli nízké rychlosti pohybu stroje, ale také z hlediska možného poškození komunikace vlivem styku s pásy podvozku.



Obrázek 3.1.1 Minibagr s pásovým podvozkem [20]

3.1.1. Pásový podvozek

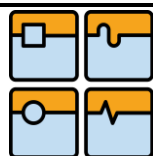
Pásové podvozky tvoří přibližně 1/3 z celkové hmotnosti minibagru a jsou v porovnání s ostatními typy složitým zařízením. I proto zde dochází k vyšší poruchovosti a musíme tedy počítat se zvýšenými náklady na následné opravy. Také pořizovací cena pásového podvozku, od které se výrazně odvíjí výsledná cena minibagru, je v porovnání s ostatními typy nepříznivá. Životnost je vůči kolovým podvozkům uváděna zhruba poloviční.[18] Druhy pásových podvozků jsou voleny dle únosnosti půdy, na které se bude minibagr pohybovat.



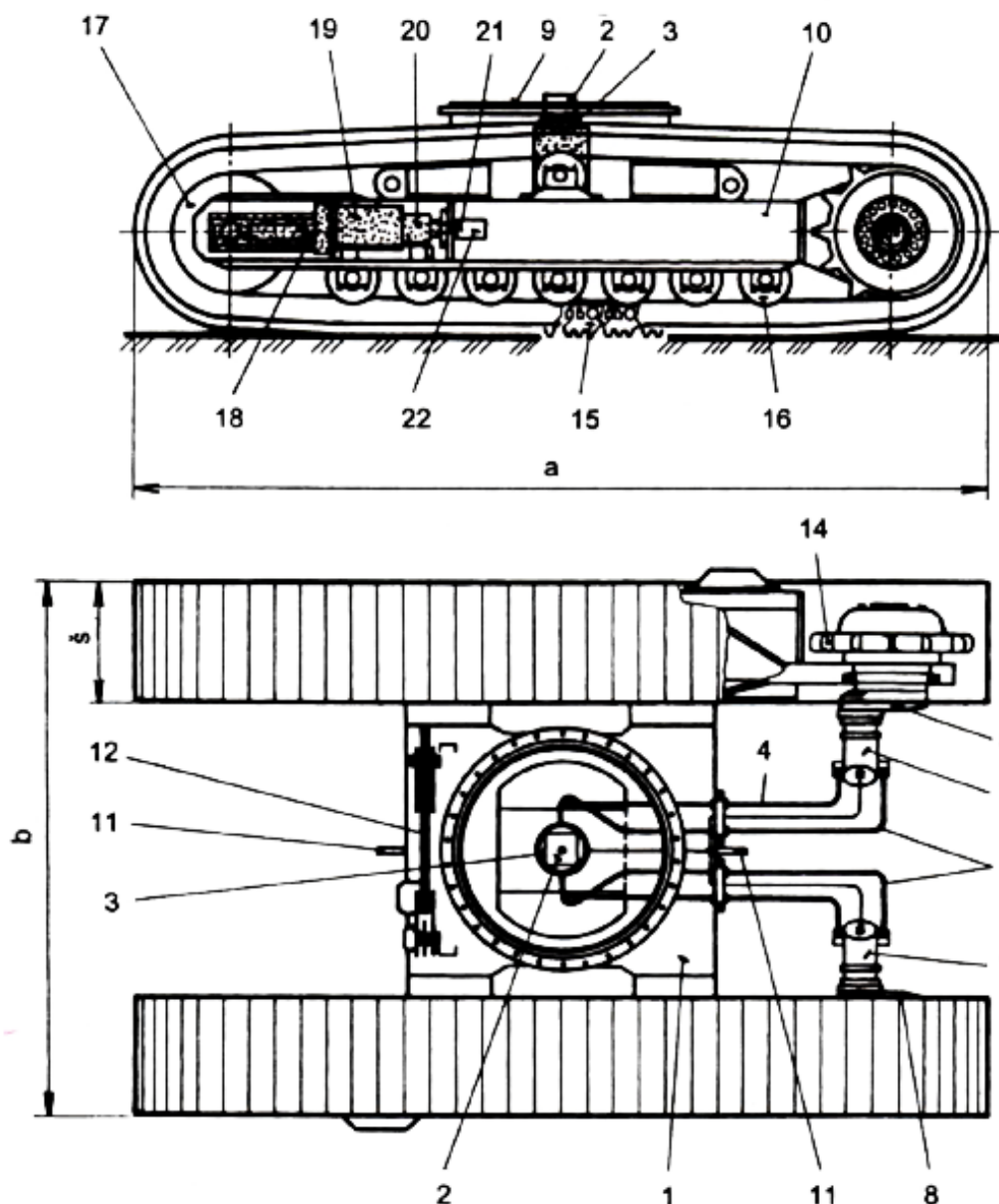
Obrázek 3.1.2 Druhy pásových podvozků [18]

- **podvozek Standart (St)** je používán v běžných (standartních) podmínkách
- **podvozek Long Crawler (LC)** umožňuje díky své široké stopě a velkému rozvoru použití i v méně únosných půdách kde dochází při styku pásů a půdy k měrnému tlaku do 30 kPa
- **podvozek Heavy Duty (HD)** je navržen pro nejtěžší provozy a jeho části jsou dimenzovány pro měrné tlaky přes 100kPa [18]

Také pásový podvozek je jako celek složen z několika dílců a prvků, tyto jednotlivé části popisuje obrázek 3.1.3. Celý podvozek je pak připojen k rámu minibagru. [19]



DIPLOMOVÁ PRÁCE

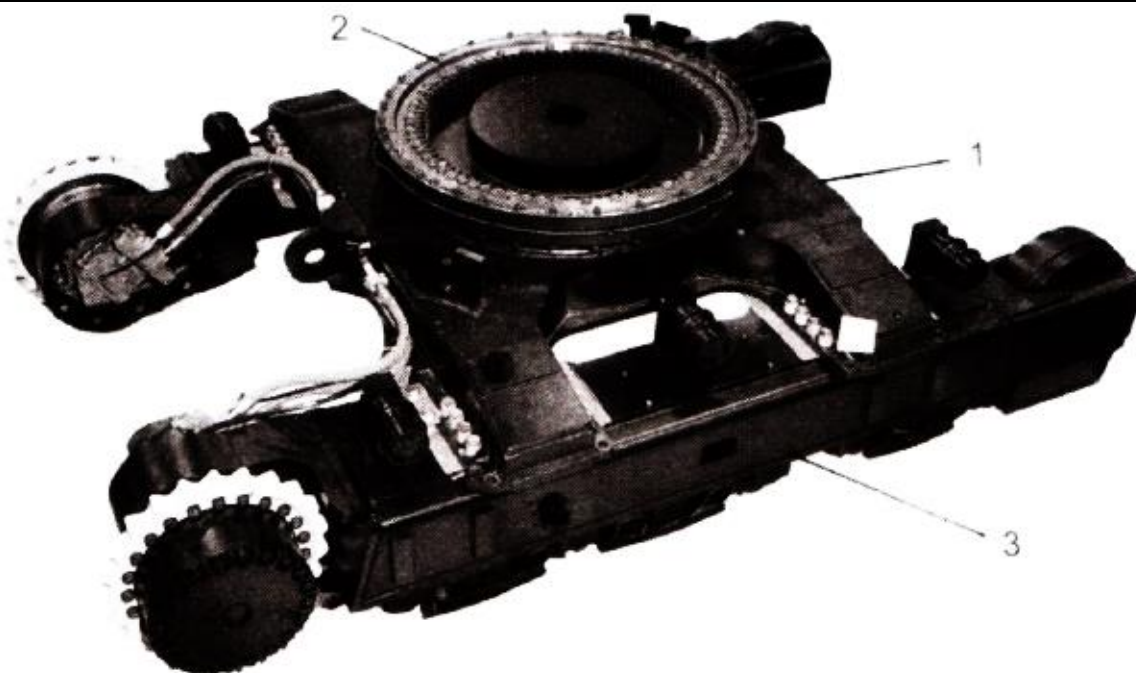
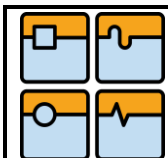


1 – rám podvozku, 2 – hydraulický převaděč, 3 – pouzdro, 4 – tlakové či odpadové potrubí pro pojezdové hydromotory, 6 – odpadové (tlakové) potrubí, 7 – rotační pojezdové hydromotory, 8 – koncové převody, 9 – nosný věnec ložiska, 10 – podélný nosič pásů podvozku, 11 – tažné závěsy, 12 – opěrná deska, 14 – hnací turové kolo, 15 – články řetězu, 16 – nosné pojezdové kladky, 17 – vodící napínací kolo, 18 – třmen napínacího ústrojí, 19 – válcový tlumič, 20 – prostor pro plnění tuku, 21 – tuková plnicí maznička, 22 – uzávěr

Obrázek 3.1.3 Základní prvky pásového podvozku [18]

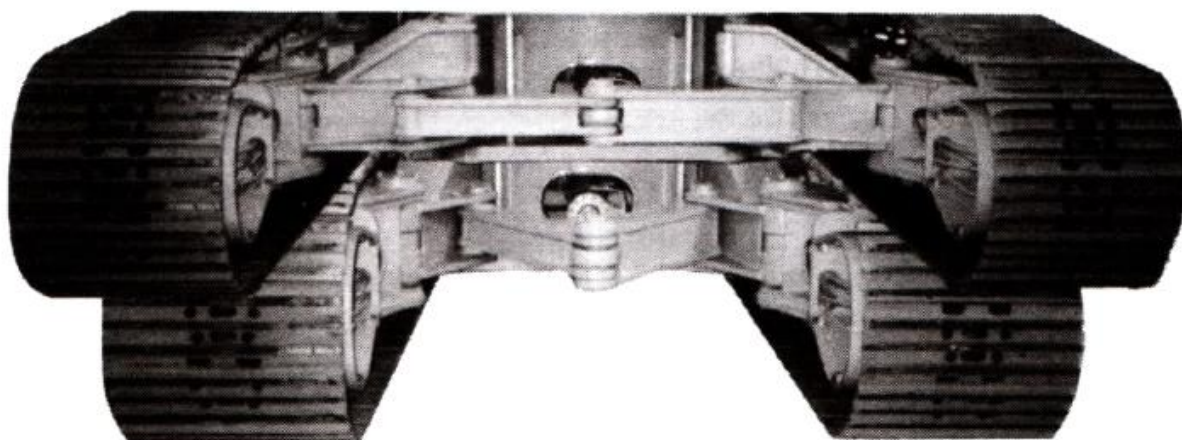
Jedním z nejdůležitějších prvků pásových podvozků je rám. Jedná se o nosný prvek všech částí podvozku, a proto musí být vyroben dostatečně kvalitně, aby nedošlo při pohybu v terénu k jeho poškození. Další funkcí rámu je jeho propojení s nástavbou minibagru. Z hlediska funkce dělíme rámy do dvou skupin: [18] [19]

- **pevné nedělené rámy** - skládají se ze středního mostu (1), kruhové příruby (2) a dvou podélných nosičů pásů (3), které dohromady tvoří masivní, skříňovou konstrukci. [18]



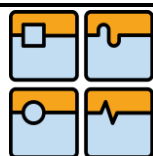
Obrázek 3.1.4 Pevný nedělený rám [18]

- **rámy dělené** - také tyto rámy se skládají z kruhové příruby, podélných nosičů a odlitého nebo svařeného středního mostů. Největší výhodou dělených ráků je jejich možnost mechanického, případně hydraulického přestavění, což má za následek zvýšení stability podvozku. Mechanické přestavění probíhá pomocí přeshroubování podélných nosičů pásů, které mohou dosahovat libovolné délky a šířky. V případě hydraulického přestavění jsou podélné nosiče ke střednímu mostu uloženy kloubově, což umožní jejich rozevření pomocí přímočarých hydromotorů, čímž dojde k rozšíření rozchodu pásů. [18]



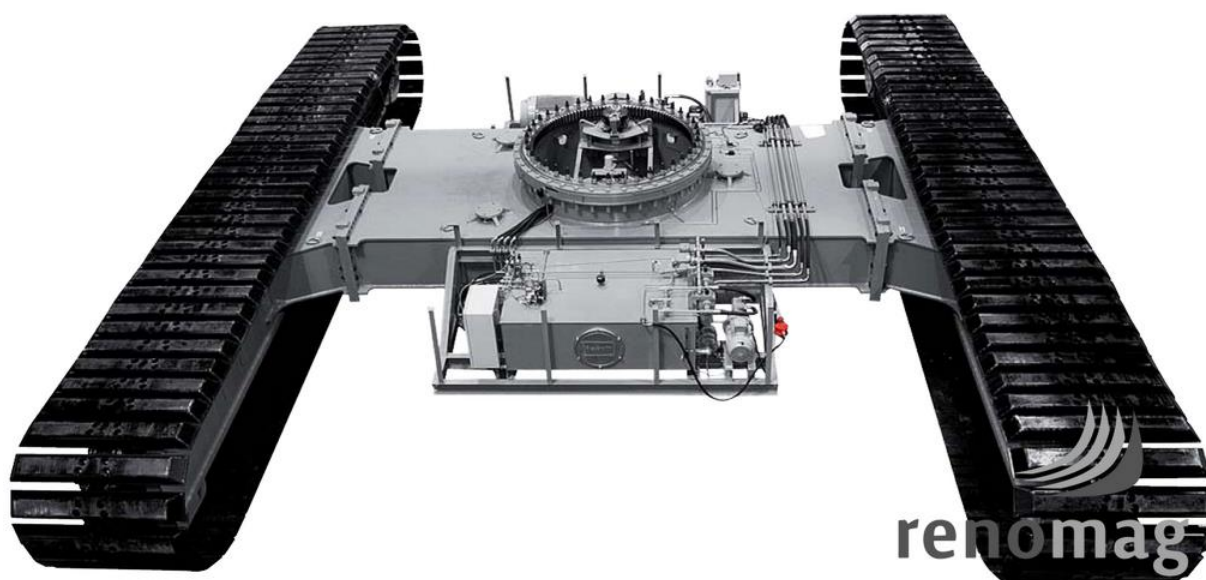
Obrázek 3.1.5 Dělený rám [18]

Na obrázku 3.1.6 je zobrazen příklad středního mostu pásového podvozku od firmy VOP, který je vyroben jako kombinace technologie svařování a odlévání.



Obrázek 3.1.6 Střední most pásového podvozku [21]

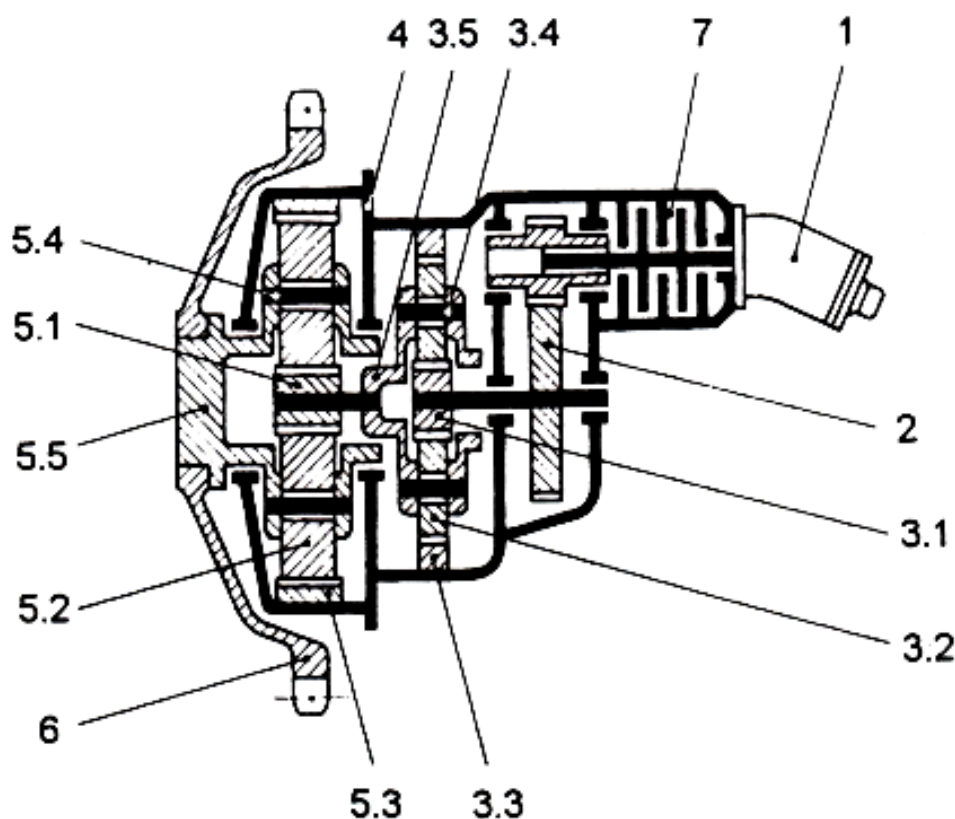
Detailní pohled na kompletní pásový podvozek s hydrostatickým pohonem a ocelovou konstrukcí od výrobce Titan Europe je vyobrazen na obrázku 3.1.7. Tato firma má s výrobou pásových podvozků dlouholetou zkušenost, a neustále se snaží o další vývoj a inovaci nových prvků s jediným cílem - uspokojení i nejnáročnějších zákazníků. [22]



Obrázek 3.1.7 Detailní pohled na kompletní sestavu pásového podvozku [22]

Pohyb pásového podvozku je zajištěn pomocí pohonného ústrojí, toto ústrojí je rozpoznatelné na obrázku 3.1.3. Tlakový olej je z hydrogenerátoru přiveden do podvozku pomocí hydraulického převaděče. V převaděči dojde k rozvětvení tlakové kapaliny a

[18]



1 – hnací hydromotor, 2 – čelní předloňový převod. První planetový stupeň: 3.1 – centrální kolo, 3.2 – planetová kola, 3.3 – korunové kolo, 3.4 – planetový nosič. Druhý planetový stupeň: 5.1 – centrální kolo, 5.2 – planetová kola, 5.3 – korunové kolo, 5.4 – planetový nosič, 5.5 – výstupní příruba, 4 – skříň převodovky, 6 – hnací turasové kolo, 7 – lamelová brzda

Obrázek 3.1.8 Koncový planetový převod [18]

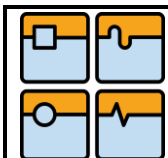
Z textu výše vyplývá, že koncový prvek, který přenáší krouticí moment na pás, je turasové (ozubené) kolo. Toto kolo je vyrobeno tak, aby přesně zapadalo do řetězu, který je umístěn na pásu. Aby pásová skupina plnila správně svoji funkci, musí obsahovat další

pomocné prvky, těmi nejdůležitějšími jsou prvky pro napínání pásu tzv. napínací ústrojí. Tato ústrojí umožňují vymezení vůlí, které vznikají na kloubech řetězu pásu vlivem opotřebení pouzder a čepů, které pás spojují. V dnešní době existuje mnoho mechanismů, které napínání umožní. Na předchozím obrázku 3.3 můžeme vidět, napnutí pásu mezi vodícím kolem, které je posuvně uloženo ve vidlici a kolem hnacím. U starších strojů většinou fungovalo napínání na principu pružinových mechanismů, naopak dnešní stroje napínají pásy mechanismy pneumaticko - hydraulickými. [18] [19] Dalšími potřebnými prvky jsou kladky a různé rolly, které pás obepíná a tím je zajištěna potřebná poloha pásu a jeho plynulý chod.



Obrázek 3.1.9 Vodící a turasové kolo [23]

Kontakt s povrchem terénu zajišťují podvozku pásy, které jsou složeny z lišt a řetězu. Lišty mohou být jednonožové, dvounožové nebo třínožové. Čím více nožů lišta má, tím horší má pás záběr, naopak dochází ke zlepšení manévrovacích schopností. Pro minibagry se obvykle využívají právě třínožové lišty. Řetěz je složen z jednotlivých článků, které jsou spojeny čepy a vyrábí se ve variantách mazaných tukem, mazaných olejem a nemazaných. Při kontaktu pásu s povrchem dochází ke vzniku tlaku. Vzhledem tomu, že se jedná o složitý problém, byl značně zidealizovaný a uvažuje se, že měrný tlak má stejnou hodnotu po celé délce a šířce pásů. Je nazýván jako střední měrný tlak a je vyvolán zatěžující silou pásu, působící ve středu pásu. Na stroj se přitom pohlíží jako na dokonale tuhý nosník. Z hlediska materiálu rozdělujeme pásy na gumové a ocelové. [18] [19]

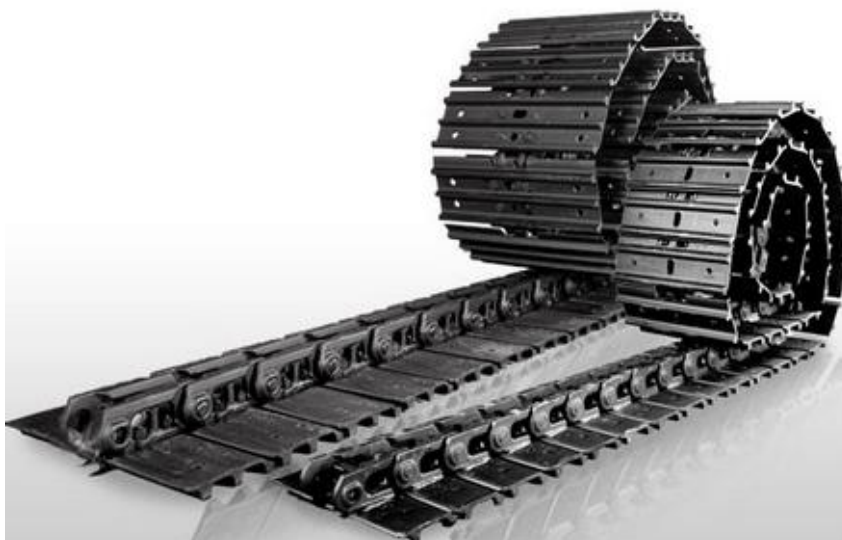


DIPLOMOVÁ PRÁCE

- **gumové pásy** - jsou vyráběny z pryže nebo kaučuku jako nedělené, odpadá tedy problém s mazáním a zakrytováním spojů článků. Jejich ohebnost zajišťuje vlastnost materiálu. Velkou výhodou gumových pásů je tlumení rázů, vibrací a jejich šetrnost k povrchu, po kterém se stroj pohybuje. Pevnost je zaručena ocelovými výztuhami, například pozinkovaným lanem po celém obvodu pásu. Gumové pásy se využívají spíše u menších strojů. [18] [24]
- **ocelové pásy** - skládají se z jednotlivých článků, které jsou spojeny pomocí pouzder a čepů, ty je zapotřebí chránit před vniknutím nečistot, případně pohyblivé členy mazat. Bývají vyráběny procesem přesného horkého lisování a jsou tepelně upraveny, aby získaly potřebnou houževnatost a tvrdost pro použití v extrémních podmínkách. [18] [24]



Obrázek 3.1.10 Gumový pás [24]



Obrázek 3.1.11 Ocelový pás [24]

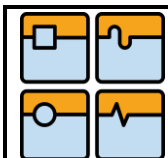
Jako prevence před brzkým poškozením pásu je nutno dbát na to, aby při provozu nedocházelo ke vniknutí cizího předmětu mezi pás a hnací kolo. Mohlo by tak dojít nejenom k poškození pásu, ale také celé pásové skupiny (hnacího kola, vodícího kola, kladek, napínacích mechanismů aj.)

Když pásový stroj projíždí terénem, vznikají při jeho pohybu tzv. jízdní odpory. Tyto odpory rozdělujeme do dvou hlavních skupin:

- **vnitřní odpory** - jsou důsledkem tzv. pasivních odporů, které vznikají v podvozkové části stroje, a ovlivňuje je konstrukční řešení podvozku. Jsou vytvářeny třením mezi jednotlivými prvky podvozku. [18]
- **vnější odpory** - stroj po sobě při pohybu v terénu zanechává stopu a hloubka této stopy se odvíjí od vlastností povrchů, po kterých se stroj pohybuje. Hloubka této zanechané stopy má na vnější odpor výrazný vliv. Vnější odpory ovlivňuje také: [18]
 - valivý odpor při přímém pohybu stroje
 - odpor větru
 - odpor při pohybu stroje do oblouku
 - setrvačný odpor při rozjezdu
 - odpor při jízdě do svahu od tíhové síly [18]

3.2. Minibagry na kolovém podvozku

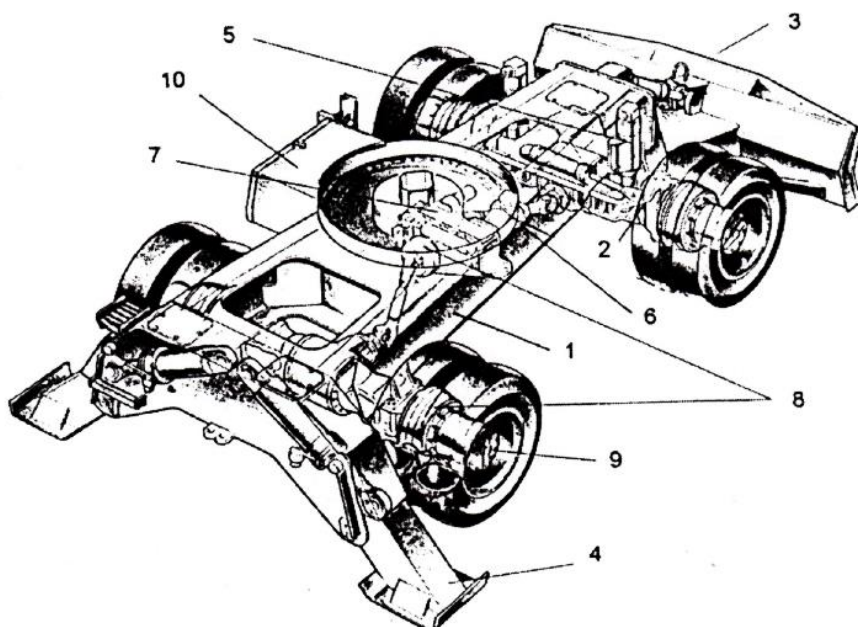
V porovnání s pásovými mají kolové minibagry horší manévrovací schopnosti v terénu. Také nejsou schopny přenášet tak velkou pojezdovou sílu na plochu, a to z důvodu menších stykových ploch. Proto jsou vhodnější pro práci, kde se mohou pohybovat po tvrdých a pevných plochách. Kolové minibagry (Obr. 2.3), nejsou schopny pohybovat se v členitých terénech - hrozí převrácení. Díky přenosu menší pojezdové síly a menší stykové plochy, nejsou schopny dosáhnout pohybu ve svahovitých terénech - dochází k prokluzu kol. Tento problém lze z části odstranit použitím vhodných profilových pneumatik, což výrazně zvýší záběr stroje. Jejich výhodou jsou výrazně nižší náklady na přepravu, lze s nimi dosáhnout vyšších převozních rychlostí a pro přepravu nepotřebují vozík (podvalník). Při styku pneumatik s vozovkou nedochází (oproti pásovým strojům) k jejímu poškození. V porovnání s pásovými stroji mají díky kolovému podvozku větší životnost, protože konstrukce kolových podvozků neobsahuje tolik třecích prvků. Také z hlediska celkové ceny stroje je tato varianta minibagru výhodnější než v případě pásového. Celková koncepce kolového minibagru se od koncepce pásového výrazně neliší, v podstatě je pouze pásový



podvozek nahrazen kolovým, což z hlediska konstrukce může znamenat jen potřebu většího množství opěr.

3.2.1. Kolový podvozek

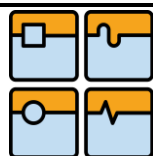
Kolový podvozek tvoří přibližně 20% celkové váhy stroje, což je přibližně o 15% méně, než podvozek pásový. Konstrukce tohoto typu podvozku je relativně jednoduchá, proto je schopen dosáhnout vysoké životnosti. Skládá se ze dvou náprav, z nichž jedna je pevná a druhá je řiditelná. Ve většině případů je řiditelná náprava v přední části minibagru a pevná vzadu. Konstrukce kolového podvozku je vyobrazena na obrázku 3.2.1.



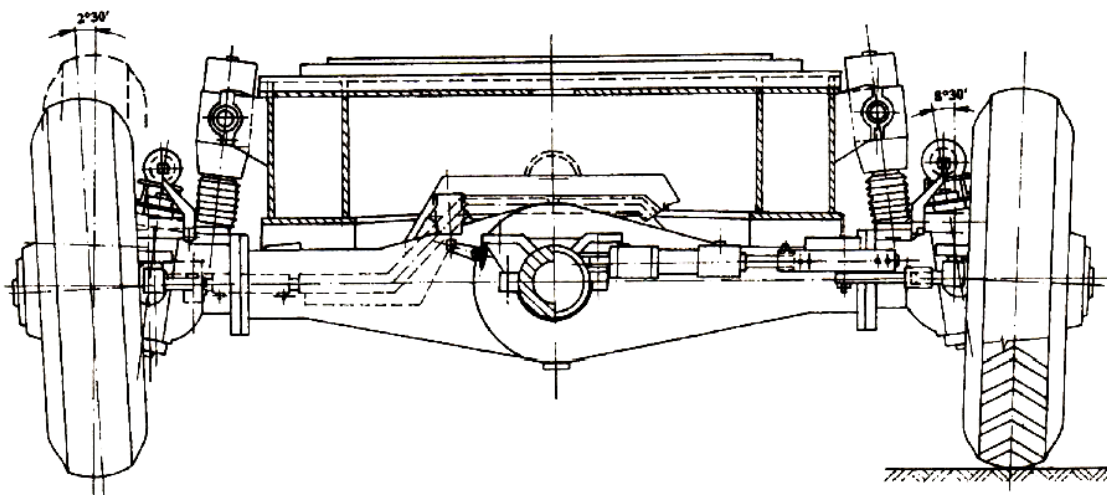
- 1 – tuhý rám podvozku, 2 – přední kyvná a řiditelná náprava, 3 – dozerová radlice, 4 – zadní ovladatelné opěry, 5 – aretační hydroválec pro blokování výkyvu přední nápravy, 6 – rotační hydromotor, 7 – převodovka s rozvodovkou, 8 – bubnové brzdy, 9 – koncový planetový převod v nábojích kol, 10 – skříňka na nářadí

Obrázek 3.2.1 Konstrukce kolového podvozku [18]

Rámy kolových podvozků bývají vyráběny jako svařované pevné a tuhé skříňové konstrukce, musí být navrženy tak, aby byly schopny v terénu odolávat zkrutu. Zároveň jsou na něj upevňovány další prvky podvozku. Přední náprava je připevněna k rámu podvozku pomocí čepu a je kyvná a řiditelná. Zadní náprava je pevná, a také se připevňuje na rám. Pro stabilizaci kolového minibagru je zapotřebí k rámu připevnit ovladatelné opěry, klasická konstrukce má ze zadní strany rámu umístěné dvě opěry, a z přední strany radlici, která se nevyužívá pouze pro aretaci stroje, ale také k terénním úpravám. Tlaková kapalina je pomocí hydrogenerátoru dopravena do hydromotoru, jehož krouticí moment je přenesen na převodovku s rozvodovkou, která pomocí kardanového hřídele převádí krouticí moment na přední i zadní nápravu.



Na obrázku 3.2.2 je detailně vyobrazena přední náprava a její připevnění k rámu. Náprava je uložena výkyvně kolem čepu a na jejích koncích je osazena říditelnými koly. [18]



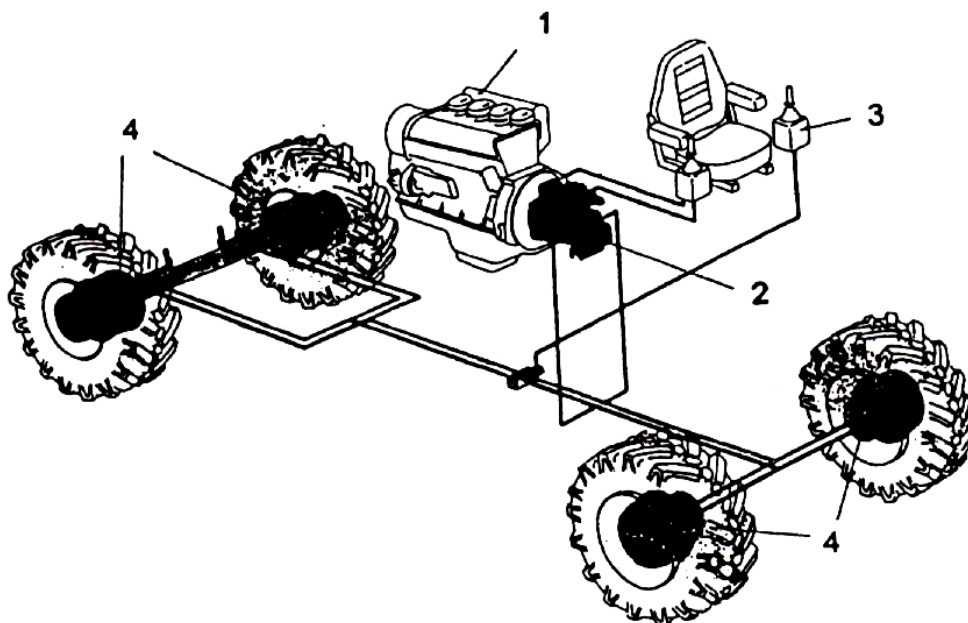
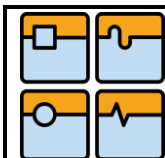
Obrázek 3.2.2 Přední říditelná náprava kolového podvozku [18]

Kolové podvozky jsou schopné být plynule říditelné ve dvou až třech stupních rozsahu rychlosti:

- silniční rychlost (0 - 35 km/hod)
- terénní rychlost (0 - 10 km/hod)
- plazivá rychlost (0 - 5 km/hod) [18]

K docílení pohybu kolového podvozku, je zapotřebí přenášet krouticí moment z hnacího motoru na kola. Dříve byl přenos realizován mechanicky nebo hydraulicko - mechanicky. V současné době se ovšem více využívá následujících typů přenosů: [18]

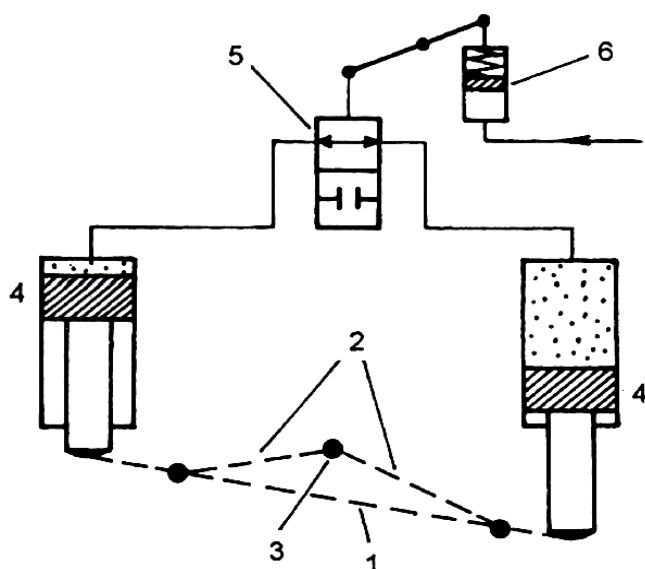
- centrální hydromotor je umístěn v podvozku a je přímo spojen s převodovkou a rozvodovkou. Následně je pohyb převeden kardanovým hřídelem na hnací nápravy a kola. Do hydromotoru je tlaková kapalina přivedena z hydrogenerátoru pomocí přívaděče. [18]
- v obou nápravách je umístěn hydromotor, při práci v terénu pracují oba hydromotory a pro pohyb po zpevněných cestách či silnicích je obvykle využit pouze jeden. Výhodou je jednodušší konstrukce - není zapotřebí použít kloubové hřídele. [18]
- hydromotory jsou umístěny přímo v náboji každého hnacího kola, tato varianta se hodí pouze pro vyšší tlaky, kde dosahuje až 96% účinností. S klesajícím tlakem se účinnost snižuje. Při návrhu hydromotoru je třeba rozhodnout, zda budou použity rychloběžné hydromotory s převodovkou do pomala nebo hydromotory pomaloběžné. Výhodou pomaloběžných motorů jsou malé rozbíhací a dobíhací časy. Naopak jsou oproti rychloběžným motorům dražší a rozměrnější. [18]



1 – spalovací motor, 2 – hydrogenerátor, 3 – ovládací páky rozvaděče, 4 – hydromotory v náboji

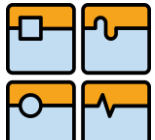
Obrázek 3.2.3 Varianta s jednotlivými hydromotory v nábojích kol [18]

Uspořádání náprav umožňuje kolovému minibagru dobré jízdní vlastnosti, pro vykonávání práce je ovšem toto uspořádání nevhodné - docházelo by ke chvění a kývání celého stroje, což zapříčiní zvýšení dynamických rázů na konstrukci. Je tedy nutné při práci přední nápravu znehybnit. Tato aretace je provedena pomocí hydraulicky ovládaného pístu, který vlivem působení tlakové kapaliny dosedne na opěrné plochy přední nápravy, čímž zamezí jejímu výkyvu. Tento způsob aretace vyobrazuje obrázek 3.2.4. [18]



1 – kyvná náprava, 2 – táhla, 3 – otočný bod, 4 – hydraulické válce s písty, 5 – rozvaděč, 6 – hydraulický řídicí válec

Obrázek 3.2.4 Aretace kyvné nápravy [18]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 35
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Při vykývnutí na jedné straně nápravy je kapalina nad pístem přemístěna přes rozvaděč do prostoru nad druhým pístem. Při vykonávání práce je zapotřebí provést úplnou aretaci nápravy. Ta je vykonána pomocí pístu s pružinou, umístěných v řídicím válci. Tento píst následně uvede pomocí pákového mechanismu rozvaděč do uzavřené polohy. [18]

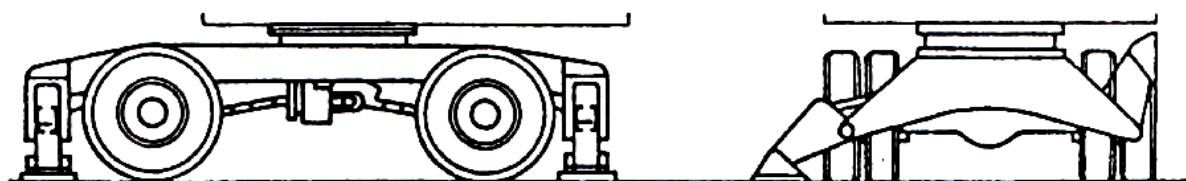
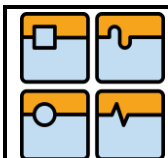
Velice důležitým prvkem kolových minibagrů jsou opěry, které jsou umístěny na rám a bývají sklápěcí nebo výsuvné. Studie zahraničních výrobců jejich důležitost jenom dokazují. Při testování stejných strojů s opěrami a bez opěr dospěly k následujícím výsledkům. [18]

- stroje s opěrami jsou schopny v terénu vyvinout vyšší sílu zdvihu lopaty a to až o 48% oproti strojům bez podpěr.
- výrazně zvyšují stabilitu stroje
- při stejné výkopové hloubce umožňují zvýšit objem lopaty v porovnání se stroji bez opěr až o 34%.
- nerovnost terénu, na rozdíl od strojů bez opěr neovlivňuje nijak provozní schopnosti stroje a opěry výrazně zjednodušují jeho uvedení do pracovní polohy.
- stroje s opěrami zvyšují bezpečnost obsluhy a opěry zajišťují nižší opotřebení stroje.

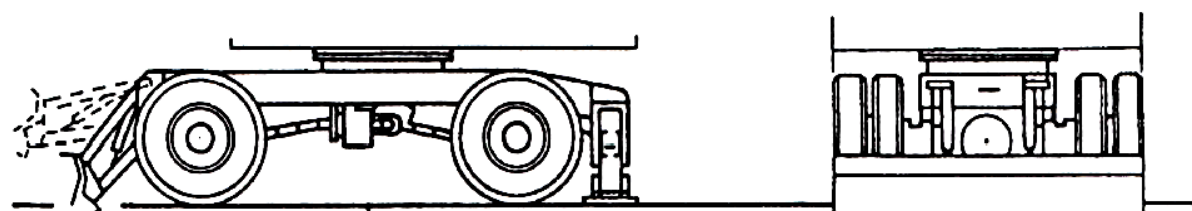
[18]

Uspořádání opěr na stroji je odvislé od celkového uspořádání stroje a jeho vyvážení. Většinou jsou opěry umístěny ke každému kolu na předním a zadním konci rámu. Takové uspořádání je vyobrazeno na obrázku 3.2.5. Další variantou uspořádání je umístění jedné dvojice opěr vně před nápravu, a druhé dvojice mezi nápravu. Opěry nemusejí být umístěny vždy samostatně k jednotlivým kolům, ale lze jednou opěrou aretovat buď přední, nebo zadní část stroje. Takovým případem může být např. využití dozerové radlice. Jak již bylo řečeno, opěry jsou důležitou a nezbytnou součástí kolového stroje, proto jsou na ně kladeny určité požadavky: [18]

- musí umožňovat jednoduché a rychlé ustavení stroje do bezpečné a vhodné pracovní polohy.
- ovládání opěr musí být prováděno z místa strojníka a jejich ovládání nesmí zabraňovat v pohybu stroje do jiné pracovní polohy.
- opěrná deska musí mít dostatečnou plochu, aby nedocházelo k boření stroje do půdy a měla by být uložena kloubově.
- opěry na sobě musí být nezávislé - každá opěra je samostatně ovladatelná s možností vysunutí (naklopení) do libovolné polohy.
- opěry by se měli pohybovat co nejrychleji. [18]



Obrázek 3.2.5 Umístění opěr kolového stroje [18]



Obrázek 3.2.6 Využití dozerové radlice jako opěry [18]

Kontakt podvozku s terénem zajišťují kolovým strojům pneumatiky. Problematikou styku kola s terénem se zabývá vědní obor nazývaný se terramechanika. Stejně jako v případě pásových podvozků se jedná o složitý jev. Při kontaktu kola a terénu mohou nastat následující varianty.

- nepoddajné (tuhé) kolo v měkkém terénu - půda okolo kola je silně deformována naopak kolo nevykazuje žádnou deformaci.
- nepoddajné (tuhé) kolo na tvrdém povrchu - jedná se o případ, kdy dochází k deformaci kola i povrchu, tyto deformace jsou ovšem tak malé, že je možné je zanedbat. Pro tuto variantu tedy uvažujeme, že nedochází k deformaci kola, ani povrchu.
- poddajné kolo (pneumatika) v měkkém terénu - jedná se o nejčastější variantu, využívanou u kolových minibagrů. Při vzájemném styku dochází k deformaci pneumatiky i povrchu.
- poddajné kolo (pneumatika) na tvrdém povrchu - při této variantě je deformace povrchu zanedbatelná, naopak dochází k výrazné deformaci pneumatiky. Deformace kola je potom závislá na tuhosti kola, tuhosti kostry pláště pneumatiky a v neposlední řadě ji výrazně ovlivňují tlak nahuštění pneumatiky. [18]

Kolo se stýká s povrchem na obecné prostorové tzv. dosedací (stykové) ploše, jejíž délka ve směru jízdy, nám určuje záběr kola. Průnik dosedací plochy kola s rovinou jízdní dráhy nám potom určuje velikost plochy otisku. Při jízdě po tvrdém povrchu nedojde k celému zaboření kola, ale na plochu se otiskne pouze vzorek pneumatiky. [18]

Stejně tak jako pás u pásového podvozku, tak i pneumatiky kolového podvozku výrazně ovlivňují jeho chování při pracovní činnosti. Mají vliv na stabilitu stroje, ovlivňují jízdní vlastnosti, ale tak i celkovou ekonomičnost minibagrů. Pro kolové minibagry lze využít některé z následujících pneumatik. [18]

- **standartní přetlakové pneumatiky** - pro kolové minibagry jsou využívány nejčastěji. Mohou být použity v různých velikostech, a ve většině případů jsou montovány ve dvojicích, celý stroj potom tedy obsahuje osm pneumatik. Vlastní volba dezénu pneumatiky se odvíjí hlavně od způsobu využití minibagru, a tím tedy i terénu, ve kterém se bude stroj pohybovat. Dezén pneumatik se neustále vyvíjí a touto problematikou se již zabývá mnoho firem. Na trhu jsou tak v dnešní době k dispozici dezény pro práci na veřejných komunikacích, písčitých terénech, ale také například skalní dezény a mnoho jiných. Správná volba dezénu nám potom zaručí optimální přenos síly na terén dobrou pohyblivost stroje a tedy i jeho maximální možné využití.
- **nízkotlakové pneumatiky bezdušové** - nejsou montovány ve dvojicích a mají omezenou rychlost pohybu na 40Km/h. Mají ovšem výrazné výhody.
 - snižují dynamické rázy na svršek stroje, což má za následek zmenšení opotřebení celého minibagru. (umožňují lepší odpružení stroje).
 - jsou vhodné pro pohyb po málo únosných površích, protože mají větší dosedací plochu s povrchem. Také téměř nepoškozují jízdní dráhu a při jízdě v terénu mají měkčí záběr.
- **širokoprofilové pneumatiky** - využívají se hlavně u mobilních strojů s použitím do nejtěžších terénů. V podstatě nahrazují dvojitou montáž jednoduchých pneumatik. Pro minibagry se tyto pneumatiky v většinou nevyužívají. Také širokoprofilové pneumatiky mají své výhody.
 - nízký měrný tlak na půdu
 - oproti dvojité montáži jednoduchých kol jsou méně zranitelné, při montáži mezi dvěma jednoduchými koly vznikne mezera, do které mohou vniknout kameny nebo jiné nečistoty, které potom mohou způsobit poškození pneumatik. Toto riziko je použitím širokoprofilových pneumatik odstraněno.
 - umožňují dobrou průchodnost a pohyblivost v terénu.
 - bývají vyráběny jako bezdušové, mají větší nosnost → lépe snášejí zatížení. Tři čtvrtiny objemu pneumatiky jsou zaplněny nemrznoucí kapalinou, což sníží těžiště stroje a zvýší jeho stabilitu bez zatížení náprav. [18]

Vlastnosti a kvalita pláště pneumatiky jsou nejvíce ovlivněny kostrou pláště. Řez pláštěm pneumatiky je zobrazen na obrázku 3.2.7. Z hlediska konstrukce rozeznáváme dva druhy plášťů:

- **diagonální pláště** (klasické) - vlákna kostry jsou orientovány diagonálně (šikmo), přičemž dochází v různých rovinách ke křížení jednotlivých vláken ve vrstvách kostry. Pod běhounem se nachází tzv. nárazníkové vrstvy, které slouží k utlumení rázů při přejíždění překážek. Tato vrstva je v některých případech vyrobena s ocelového kordu, jehož úkolem je zabránit proražení pneumatiky.
- **pneumatiky s radiálními kordy** - tyto pneumatiky se vyznačují tím, že vlákna kordu jsou v kostře vedeny pod úhlem 90° (tedy kolmo) vůči obvodu pneumatiky. Nárazníková vrstva je zde vedena formou pásu po obvodu pláště. Toto konstrukční řešení přináší pro použití řadu výhod i nevýhod. [18]

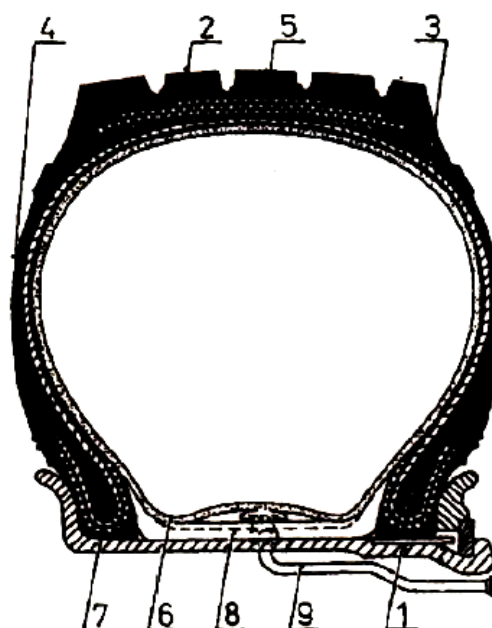
Výhody:

- vyšší životnost
- lepší jízdní vlastnosti
- částečně lepší pružení
- menší odpor proti valení

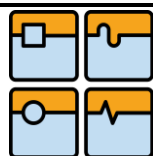
Nevýhody:

- nižší boční stabilita
- menší tlumení [18]

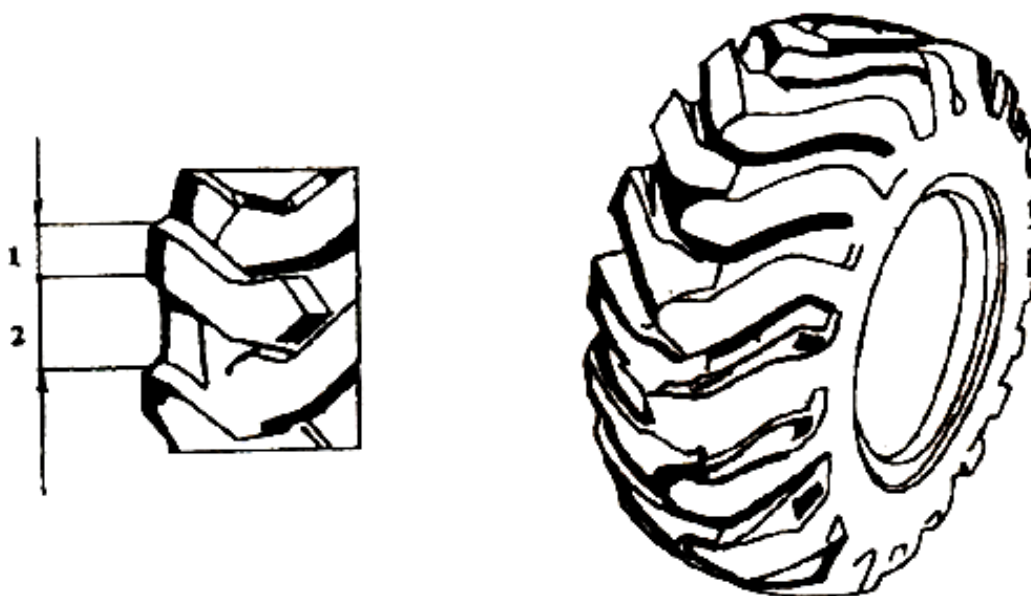
- 1 – ráfek
- 2 – běhoun
- 3 – kostra
- 4 – bočnice
- 5 – nárazníkový pás
- 6 – duše
- 7 – patní lano
- 8 – vložka
- 9 – ventil



Obrázek 3.2.7 Řez pláštěm pneumatiky [18]

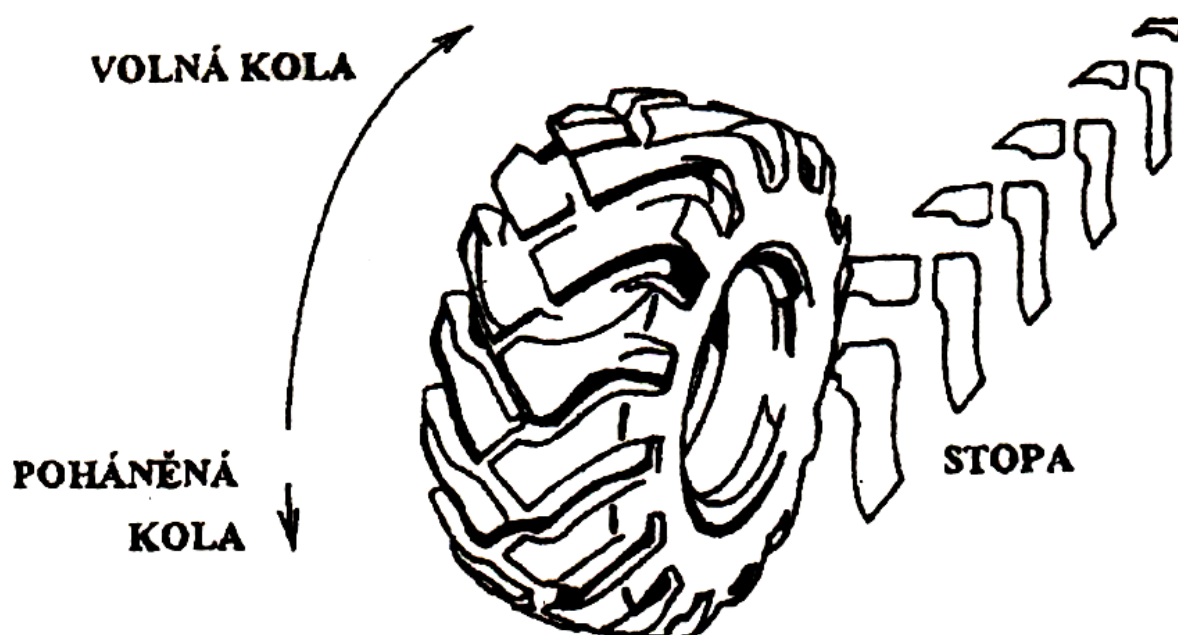


Pro styk pneumatiky s povrchem je nejdůležitějším prvkem pláště běhoun se vzorkem. Jeho úkolem je zajistit v terénu dobrý záběr a ochránit kostru pláště před poškozením. Běhoun by tedy měl splňovat některé požadavky, jako jsou odolnost proti opotřebení, vysoká životnost a dobré záběrové a jízdní vlastnosti. Zřejmě nejnáročnějším prostředím pro pohyb stroje jsou mazlavé a měkké zeminy. V takovýchto prostředích se jeví jako nejvýhodnější využití pneumatik s vysokým a otevřeným profilem.



Obrázek 3.2.8 Pneumatika s vysokým otevřeným profilem [18]

Důležitým faktorem pro správnou funkci pneumatik je jejich správná montáž. Profil běhounu je vůči obvodu kola skloněn, což zajišťuje dobré vedení kola a dostatečné samočištění.



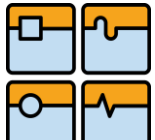
Obrázek 3.2.9 Správná montáž pneumatiky [18]

3.3. Minibagry s kráčivým podvozkem

V poslední době se tento typ minibagru začíná objevovat častěji a také čím dál více firem se o tyto stroje začíná zajímat. To jak z hlediska jejich výroby, tak z hlediska jejich využívání. Ovšem nejedná se pouze o firmy, ale díky jejich příznivé ceně si jej může zakoupit i soukromá osoba a používat je pro drobné stavební práce či terénní úpravy zahrad atd. Jejich obrovská výhoda spočívá ve schopnosti práce ve složitých a nerovnoměrných terénech. Dá se říci, že tam, kde využití kolových a pásových minibagrů končí, začíná využití minibagrů kráčivých. Výborně se pohybují i v silně svahovitých terénech. Další výhodou je jejich nízká hmotnost, a tím i jejich jednoduchá a rychlá přeprava. Tyto bagry bývají konstruovány tak, že je lze legálně převážet za osobním automobilem jako přívěsný vozík. Kráčivé minibagry jsou schopny překonávat i svislé výšky, není problém s tímto strojem nalézt, popřípadě slézt z podvalníku, či nákladního automobilu. Na druhou stranu je zapotřebí jejich využití dobře zvážit, protože i kráčivé minibagry mají své nevýhody. Jejich největší nevýhodou je bezesporu jejich pomalý přesun, což je ale částečný dopad jejich schopnosti přizpůsobit se terénu. Další nevýhodou je, že kráčející pohyb výrazně zatěžuje rám stroje. Větší stroje s kategorie minibagrů bývají konstruovány podobně jako pásové a kolové - k rámu je připevněna otočná kabina strojníka. Menší stroje mívají sedadlo strojníka umístěné pevně přímo na rámu.

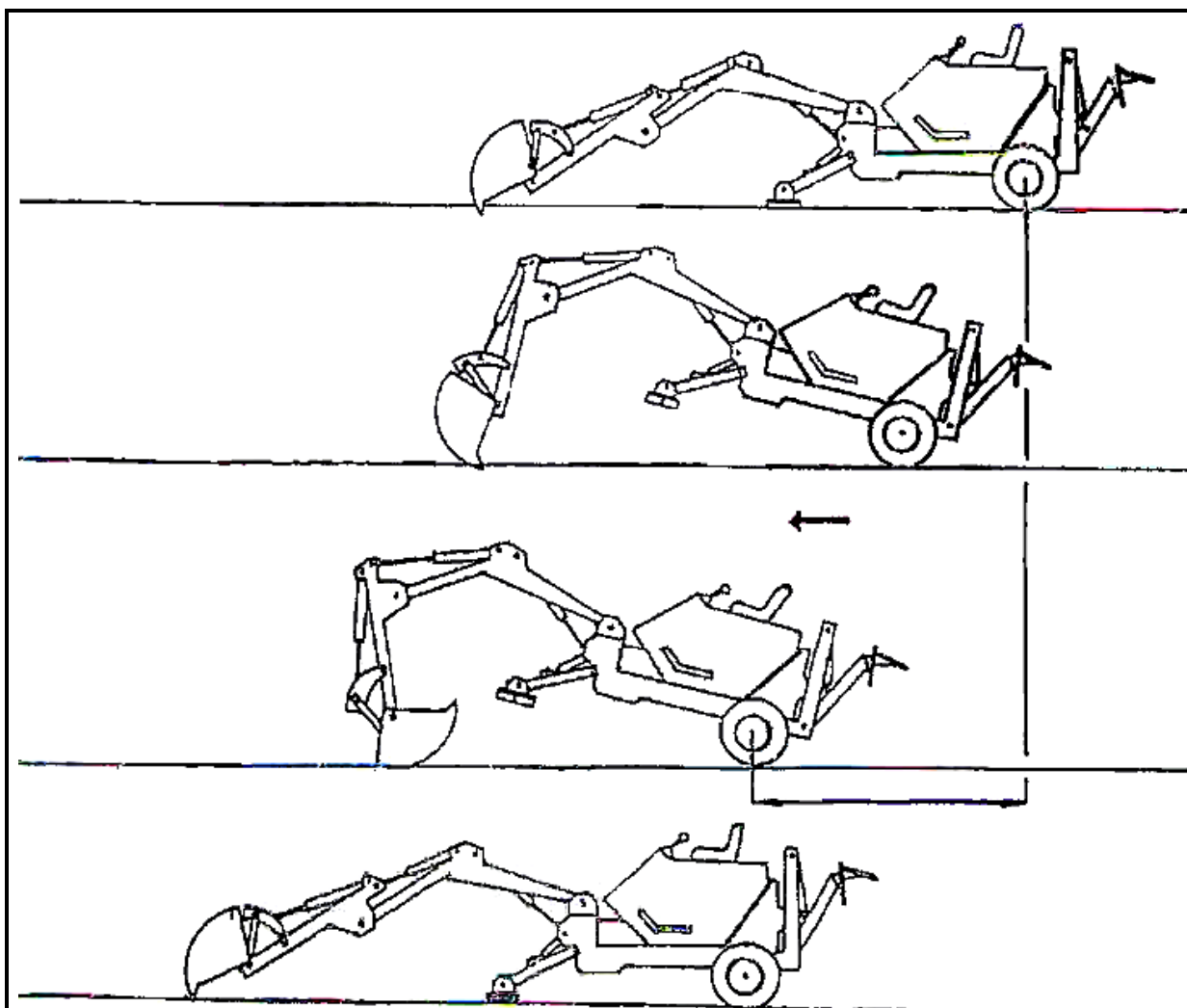


Obrázek 3.3.1 Kráčivý minibagr při práci ve svahu [25]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 41
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

3.3.1. Kráčivé podvozky

Jedná se o speciální podvozky, které byly vyvinuty za účelem dobré průchodnosti složitým terénem. Skládají se z rámu a samostatně ovladatelných opěr, tyto opěry jsou na rám ve většině případů upevněny kloubově. Princip podvozku je vždy stejný - kráčivý, ovšem konstrukčně může mít podvozek jako celek více variant. Na podvozek jsou upevněny tři až čtyři ovladatelné opěry, přičemž každá z nich má samostatný hydraulický obvod a je ovládaná vlastním přímočarým hydromotorem. Z důvodu bezpečnosti bývají do obvodu k hydromotorům umístěny tzv. hydraulické zámky, které při případné poruše zablokují opěru v dané poloze a tím zabrání převrácení stroje. Častěji se využívá varianta se čtyřmi opěrami, v tomto případě se opěry umísťují na každý roh rámu. Při návrhu se třemi opěrami se dvě opěry umístí do rohů v přední části bagru (u ramene) a třetí opěra vychází ze středu rámu na zadní části minibagru. K vykonání pohybu je zapotřebí dvou kol, ty se umísťují přímo na rám nebo jsou připevněny k nápravě a ta je následně spojena s rámem. Často se také tato kola umísťují na zadní opěry. Kráčivý pohyb není vykonáván motorově, vlastní pohyb je vykonán pomocí ramene a kol. Při pohybu je lžice s výložníkem vysunuta na maximální vodorovný dosah, a následně se zuby lžice zaboří do zeminy. Poté se pohybem výložníků minibagr dostane do polohy, kdy jsou v kontaktu se zeminou pouze kola a zuby lžice - dojde k nadzvednutí podvozku. Následuje přitažení výložníku, a tím posun stroje do další pracovní pozice. Grafické znázornění jednoho kroku kráčivého pohybu je naznačeno na obrázku 3.3.2. V některých případech mohou být tyto stroje vybaveny i motorickým pohonem, většinou je to z důvodu přejezdů na delší vzdálenosti a týká se to spíše větších strojů, potom bývají na předních opěrách umístěna ještě pomocná kola. Aby nedocházelo k boření stroje do zeminy, na koncích opěr jsou kloubově nebo pevně připojeny dosedací plochy, na kterých bývají ještě navařeny aretační prvky, které se zaboří do půdy, čímž zajistí při práci za aretování stroje. Při převozu za osobním automobilem je zapotřebí přenést těžiště stroje do vhodné polohy, aby nebyly ovlivněny jízdní vlastnosti automobilu, a tím ohrožena bezpečnost. Toto lze provést například přesuvnou nápravou. Nevýhodou kráčivého pohybu je vysoké dynamické namáhání jednotlivých prvků podvozku. Nejvíce namáhaným prvkem podvozku je rám. Rámy bývají vyráběny nejčastěji jako svařence, například ze silnostěnných profilů. Ve výjimečných případech je lze vyrobit jako odlitky nebo případně jako kombinaci obou technologií. Při výrobě rámu je důraz kladen hlavně na jejich tuhost a pevnost, protože podle kvality rámu se odvíjí celková životnost stroje. Také opěry kráčivých minibagrů se vyrábějí nejčastěji z profilů a svařováním.



Obrázek 3.3.2 Krok kráčivého minibagru [26]

4. Současné firmy vyrábějící minibagry

V současné době se výrobou minibagrů zabývá čím dál více firem, což je zapříčiněno hlavně tím, že došlo k výraznému zpopulárnění těchto strojů. Díky cenové dostupnosti není jejich pořízení velkou investicí a vzhledem jejich dobré produktivitě, je investice vynaložena na zakoupení stroje brzy navracena zpět. Vyrábějící firmy se snaží tyto stroje neustále vylepšovat a vyvíjet ve snaze přesvědčit zákazníka o jedinečnosti právě jejich stroje. V České republice se touto výrobou moc firem nezabývá, jedná se spíše o drobnější soukromé firmy. Z tohoto důvodu se zde většinou objevují stroje od zahraničních firem, ať už kanadských, amerických nebo jiných. V této části diplomové práce se seznámíme s některými konkrétními firmami, které se výrobou minibagrů zabývají. Vzhledem tomu, že se nejedná o klíčovou část mé diplomové práce, jedná se pouze o stručné seznámení s výrobcí, které má sloužit k lepší orientaci čtenáře na trhu. Níže jsou uvedeny konkrétní příklady a technické parametry strojů od některých vybraných výrobců.

4.1. Firma CanDig Mini Excavators Inc.

Jedná se o kanadskou firmu, zabývající se výrobou minibagrů. Na českém trhu se objevila začátkem roku 2010 prostřednictvím firmy GENAO Brno, která se stala výhradním dodavatelem těchto minibagrů v České republice, Slovenské republice a Polsku. Její stroje jsou homologovány pro provoz v EU a splňují bezpečnostní i jakostní normy stanovené pro Evropské společenství. Samotná firma je držitelem "CE prohlášení o shodě".

Minibagry CanDig jsou vyráběny v různých provedeních. Díky jejich nízké hmotnosti je lze přepravovat za běžnými osobními i dodávkovými vozidly jako přívěs s maximální rychlostí do 60 km/h. Minibagry najdou své uplatnění jak při výkopových pracích např. hloubení inženýrských sítí, výkopy pro základy domů, tak i při jednoduchých terénních úpravách. Některá provedení minibagrů umožňují jednoduché zmenšení průjezdní šířky až do 800 mm, což rozšiřuje jejich použití o možnost pracovat v prostorech, kam se běžný stroj nedostane. Pracovní pohon je zajištěn pomocí motoru HONDA, který se vyznačuje nízkými nároky na údržbu, nízkou spotřebou a vysokou spolehlivostí. Výrobce se zabývá výrobou převážně kráčivých minibagrů. Technické parametry modelů jsou zapsány do tabulky 4.1.[27]

Model CD21



Obrázek 4.1.1 Minibagr CanDig CD 21 [27]

Model		CD11	CD21
základní cena [kč] bez DPH		199000	229000
motor [kW]	HONDA	5	9
hmotnost [kg]	kompletního stroje	420	600
rypná síla [N]		1500	2000
dosahy [m]			
hloubka		1,5	2,1
výška		2,5	3,1
nakládací výška		1,35	1,65
vzdálenost		2,35	3,15
rozsah otoče [°]		110	110
hydraulika			
provozní tlak [MPa]		19	20
nádrž provozní kapaliny[l]		20	20
vybavení			
lžice standartní šířky[mm]		300	300

Tabulka 4.1 Technické parametry minibagrů CanDig [27]

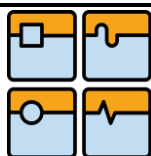
Model CD11



Obrázek 4.1.2 Převoz modelu CD11 [27]

4.2. Firma Ortas

Jedná se o českou dynamicky se rozvíjející firmu, která se zabývá výrobou stavební techniky a příslušenství. Výrobky této firmy se plně osvědčily i v zahraničí.



DIPLOMOVÁ PRÁCE

Minibagry jsou určeny pro drobné zemní práce hlavně menšího rozsahu, hloubení inženýrských sítí, nakládání zeminy apod. Stroje Ortas mají dobrou prostupnost terénem a některé varianty umožňují doplnění o další přídatná zařízení (vrtáky, řezačky hydraulická kladiva atd.) Na obrázcích můžeme vidět modely MRK - 11 a MRK - 14 [28]



Obrázek 4.2.1 Minibagr Ortas MRK - 11 [28]

Model MRK - 14 má oproti modelu MRK - 11 přidáno do hydraulického obvodu čerpadlo, které je využito pro zvýšení výkonu při používání nadstandardního příslušenství (vrtáky, řezačky, hydraulická kladiva). Konstrukčně jsou oba modely podobné. [28]



Obrázek 4.2.2 Minibagr Ortas MRK - 14 [28]

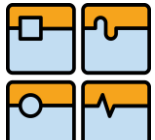
Vzhledem tomu, že průchodnost strojů je 800 mm, je možné jejich použití, pro práce v interiéru. Ovládacím prvkem pro pohyb bagru je pákový rozvaděč. Mobilitu a ovladatelnost stroje zajišťují dva samostatné hydromotory. Minibagry Ortas mají platný technický průkaz na převoz po pozemních komunikacích České republiky, a to jako nebržděný přívěs 750kg do rychlosti 40km/hod bez registrační značky. [28]

Model		Ortas MRK-14	Ortas MRK-11
základní cena [kč] bez DPH		444 000	377 000
motor [kW]	Kohler / Command	10,5	8,1
hmotnost [kg]	kompletního stroje	750	740
rypná síla [N]		1500	1500
dosahy [m]			
hloubka		2,22	2,22
výška		1,99	1,99
nakládací výška		2,1	2,1
vzdálenost		2	2
hydraulika			
provozní tlak [MPa]		16	16
nádrž provozní kapaliny[l]		8	8
vybavení			
lžice standartní šířky[mm]		300 nebo 400	300 nebo 400

Tabulka 4.2 Technické parametry minibagrů Ortas [28]

4.3. Firma Wacker Neuson

V roce 1848 byla firma Wacker založena, původně jako kovárna. V roce 2007 došlo ke sloučení s firmou Neuson Kramer Baumaschinen AG a následně v červnu roku 2008 k přejmenování na Wacker Neuson. Tato firma se zaměřuje na výrobu stavební techniky a příslušenství. Její stroje se vyznačují vysokou kvalitou a jsou dodávány do celého světa. Firma se zaměřuje hlavně na profesionální uživatele, kterým poskytuje nejen širokou nabídku strojů a příslušenství, ale také rozsáhlé spektrum poradenských služeb. Firma nezajišťuje pouze prodej a pronájem strojů a nářadí, ale svým zákazníkům poskytuje také opravárenský servis a nabídku náhradních dílů. Poslední dobou se firma Wacker Neuson zaměřuje na neustálý vývoj různých systémů a prvků, pro usnadnění a zefektivnění práce. Díky svému specifickému designu jsou stroje od Wacker Neuson na trhu nepřehlédnutelné. [29]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 47
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

Wacker Neuson 803

Jedná se o nejmenší stroj od této firmy, výkonově je ovšem připraven splnit bezproblémově veškeré drobné práce. Vzhledem své malé průjezdní šířce 700 mm se nejčastěji využívá pro práci uvnitř budov. [30]



Obrázek 4.3.1 Minibagr Wacker Neuson 803 [30]

Wacker Neuson 1404

Výhodou je nízká transportní hmotnost a možnost vybavení teleskopickým podvozkem, který zvyšuje stabilitu. Pohon zajišťuje úsporný naftový motor YANMAR. [30]



Obrázek 4.3.2 Minibagr Wacker Neuson 1404 [30]

Wacker Neuson 803 dual power

Tento stroj je inovativním řešením běžné verze minibagru 803. V minibagru je zabudovaný naftový motor, v případě potřeby lze ovšem jednoduše k minibagru připojit elektrohydraulickou jednotku HP8. Díky této jednotce lze stroj pohánět elektrickým proudem tzn. bezemisně. Toto připojení je díky systému Plug & Play velice snadné, dojde pouze k připojení generátoru do zadní části minibagru, a ten je následně připraven k použití. [30]



Obrázek 4.3.3 Minibagr Wacker Neuson 803 dual power [30]

Model		1404	803	803 dual power
základní cena [kč] bez DPH		890 000	450 000	780000
motor [kW]	Yanmar / HPU8	13,2	9,6	9,6/7,5
hmotnost [kg]	kompletního stroje	1530	1030	1088
rypná síla [N]		7850	4500	4500
dosahy [m]				
hloubka		2,24	1,73	1,73
nakládací výška		2,37	2	2
hydraulika				
provozní tlak [MPa]		20	17	17/19
nádrž provozní kapaliny[l]		24	14	14/9
vybavení				
lžíce standartní šířky[mm]		300 nebo 400	300 nebo 400	300 nebo 400
hydraulické kladivo		ne	ne	ne

Tabulka 4.3 Technické parametry minibagrů Wacker Neuson [30]

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 49
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

4.4. Ostatní firmy vyrábějící minibagry

Výrobou minibagrů se ovšem nezabývají pouze výše uvedené firmy, na trhu se touto problematikou zabývají i další výrobci. Nemusí se vždy jednat o velké známé společnosti, naopak například výrobou malých kráčivých minibagrů se často zabývají i drobné soukromé firmy. Níže jsou vypsány některé z těch známějších:

- KUBOTA
- VOLVO
- KOMATSU
- BOBCAT
- TEREX
- KOBELCO

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 50
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

5. Volba varianty návrhu minibagru

Při návrhu minibagru je čerpáno z informací, které jsem získal při vypracování rešeršní části této diplomové práce a dále také z vědomostí získaných při studiu na Ústavu výrobních strojů, systémů a robotiky. Zvláště podvozková část, a rameno minibagru má mnoho společného s oblastí výroby robotů a manipulátorů. Celý návrh stroje bude potom ovlivněn mnohými faktory a požadavky, které jsou v následujících několika bodech zohledněny a navrženy tak, aby došlo k optimálnímu řešení konstrukce a funkce celého minibagru.

5.1. Faktory ovlivňující návrh minibagru

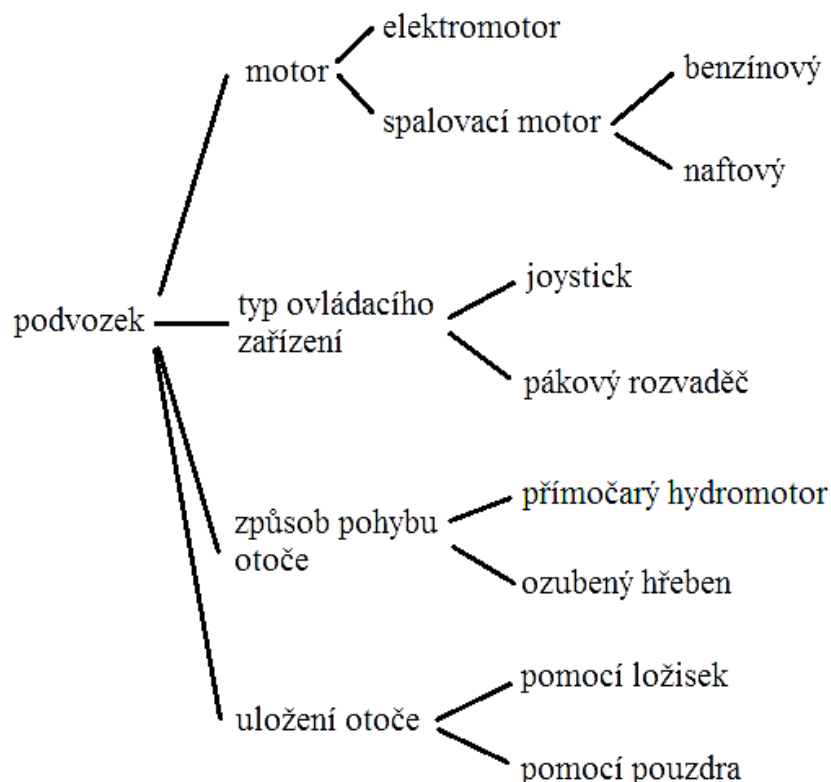
- použití - minibagr bude určen pro soukromou potřebu, budou s ním prováděny drobnější výkopové zemní práce a terénní úpravy jako výkopy základů, hloubení inženýrských sítí atp. Dále bude stroj určen pro nakládání, případně přemísťování materiálů. Stroj se bude pohybovat převážně ve složitějších členitých terénech.
- vyrobiteľnosť - pretože je v pláne realizácie vlastnej výroby minibagru, musí byť navrhnutý tak, aby všetky jeho časti boli čo najjednoduchšie vyrobiteľné.
- ekonomičnosť - pri návrhu minibagru je treba dbať na to, aby výsledná celková cena bola čo najpriateľnejšia, nesmie ovšem v žiadnom prípade ovlivniť jeho správnu funkčnosť. Dále je nutné pri návrhu premýšľať nad voľbou vhodného motoru a to hlavne v súvislosti s jeho spotrebou a výkonom.
- preprava - stroj musí byť jednoducho prepraviteľný a to s minimálnymi nákladmi na samotnú prepravu.
- ovládateľnosť - u minibagru musí byť navrhnutá jednoduchá ovládateľnosť, čo sa netýka iba voľby vlastného ovládacího zariadenia (rozsadák, joystick), ale tiež celý stroj musí byť dobre synchronizovaný, aby sa mohol pri práci pohybovať kontrolovane a bezpečne. Na minibagru sa môžu tiež vyskytovať pohyblivé prvky, ktoré nebudú riadené hydraulicky. I tieto prvky musia byť ľahko ovládateľné.
- pohodlnosť - je jasné, že na stroji bude obsluha musieť stráviť i dlhšie časové úseky, preto musí byť minibagr navrhnutý pre obsluhu dostatočne pohodlne.
- požiadavky na vybavenosť - u stroja nebudeme uvažovať s ďalšími prídavnými zariadeniami, ako kladivá, vŕtáky atp. V prípade potreby nebude v budúcnosti problém zaviesť ďalší hydraulický obvod, ktorý umožní toto dovybavenie stroja.
- údržba - v neposlednej rade je treba myslieť na budúcu údržbu celého minibagru, napríklad vhodný návrh mazania pohyblivých častí, či dobrý prístup k filtrom, aj.

5.2. Varianty návrhu minibagru

Aby byl celý návrh zakončen dobrým výsledkem, je zapotřebí mít na jeho začátku připraveno více možných variant řešení. Nad těmito jednotlivými variantami je nutné se důkladně zamyslet a porovnat je s požadavky na výsledný stroj. Nakonec je třeba varianty zhodnotit a pokusit se vybrat tu nejvhodnější z nich. V podstatě lze říci, že klíčovým rozhodnutím návrhu bude volba podvozkové části minibagru, proto bude vybráno ze tří následujících variant.

- pásový podvozek
- kolový podvozek
- kráčivý podvozek

Po volbě podvozku bude samozřejmě důležité správně rozhodnout i volbu jiných prvků. Zvolení těchto prvků není ovšem nijak závislé na typu podvozku a jejich by proběhla stejně u kteréhokoli vybraného typu podvozku. Jak již bylo popsáno v rešeršní části, konstrukčně se od sebe typy minibagrů liší hlavně podvozkovou částí. Na obrázku 5.1 je znázorněno schéma několika důležitých prvků, ze kterých je třeba si vybrat tu nejvhodnější variantu. Nebudu zde tedy všechny varianty vypisovat, protože logicky vyplývají z volby některého podvozku, a následně zvolenou kombinací prvků na obrázku 5.1.



Obrázek 5.1 Prvky, ze kterých se bude vybírat vhodná varianta

5.3. Zhodnocení variant

Dalším krokem při výběru vhodné varianty řešení je jejich zhodnocení. Na základě informací získaných v rešeršní části diplomové práce bude vybrána varianta, která nejlépe vyhovuje požadavkům (viz. bod 5.1), jež by měl navržený minibagr splňovat. Pro lepší přehlednost ohodnotím jednotlivé varianty číslicemi 1 až 3, ta varianta, která získá nejvíce bodů, bude zvolena pro vlastní návrh minibagru. Celé zhodnocení bude stručně popsáno a zaznamenáno pro lepší přehlednost do tabulky 5.1.

typ podvozku	pásový podvozek	kolový podvozek	kráčivý podvozek
požadavek na minibagr			
použití	1	2	3
vyrobitelnost	1	2	3
ekonomičnost	1	2	3
přeprava	1	1	3
ovladatelnost	3	1	2
pohodlnost	3	3	1
požadavky na vybavenost	1	1	1
údržba	1	2	3
celkem	12	14	19

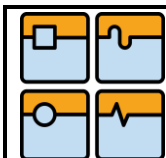
Tabulka 5.1 Zhodnocení variant z hlediska požadavku na návrh

- z hlediska nároku na použití se jeví jako nejvýhodnější využití kráčivého podvozku. Varianta tohoto typu podvozku nabízí použití v členitých terénech, což nejlépe splňuje zadané požadavky.
- také pro problematiku výrobitelnosti je nejvhodnějším typem podvozek kráčivý. Má jednoduchou konstrukci a v případě realizace výroby minibagru by nebyl problém tento typ podvozku v porovnání s kolovým a pásovým jednoduše vyrobit.
- obecně lze říci, že kráčivé minibagry jsou nejlevnější variantou, proto i z ekonomického hlediska vychází nejlépe využití kráčivého podvozku.
- určitě nejsložitější a nejnákladnější variantou pro problematiku přepravy je pásový bagr, tento bagr se není schopen pohybovat po komunikaci na delší vzdálenost, proto musí být naložený na podvalník, což celou dopravu prodraží. Jeho opakem je opět kráčivý minibagr, jehož přeprava je jednoduchá a nenáročná, díky své nízké hmotnosti se většinou tyto minibagry přepravují za osobním automobilem.

- z hlediska ovladatelnosti a manévrovatelnosti v terénu je určitě nejpříznivější varianta pásového minibagru, ten je schopen oproti dalším typům v terénu snadno a jednoduše měnit směr, nebo rychlost pohybu.
- bavíme-li se o pohodlnosti minibagru pro obsluhu, tak je třeba říci, že kolové a pásové minibagry mohou být vybaveny otočnou kabinou, což obsluze poskytuje určitý komfort. Také pohyb kolových a pásových minibagru je klidnější a méně trhavý oproti minibagru kráčivému.
- vybavenost stroje není volbou podvozkové části nijak omezena, odvíjí se pouze od vlastního návrhu a konstrukce minibagru.
- z hlediska údržby je u kolových a pásových minibagrů výraznou nevýhodou právě podvozková část, ta vyžaduje pravidelnou kontrolu funkčnosti, což je dáno jejich větší složitostí. V porovnání s těmito podvozky, jsou ty kráčivé v podstatě bezúdržbové. Pro všechny podvozky ovšem platí potřeba pravidelného a dostatečného mazání pohyblivých částí.

Na základě výše uvedeného zhodnocení se jeví jako nejvýhodnější řešení pro návrh využití kráčivého podvozku. V následující fázi je provedeno zhodnocení dalších důležitých prvků (Obrázek 5.1.), ze kterých je zapotřebí pro daný návrh zvolit vždy tu příznivější variantu.

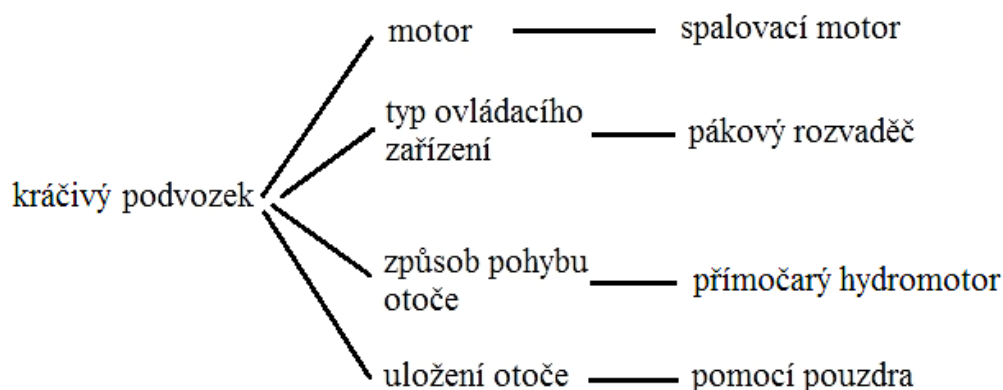
- typ motoru - volba mezi elektromotorem a spalovacím motorem je v tomto případě jednoznačná. Elektromotor lze považovat pro tento návrh za nevhodný. Mezi požadavky bylo, že se stroj bude pohybovat v terénu, lze tedy předpokládat, že nebude k dispozici stálý zdroj elektrické energie. Z tohoto důvodu je jasnou volbou motor spalovací. Zda se bude jednat o benzínový nebo naftový není nikterak důležité, k tomuto rozhodnutí dojde až při vlastním návrhu a bude zde hrát roli dostupnost a cena jednotlivých typů.
- volba ovládacího zařízení - v tomto případě lze volit mezi joystickem a pákovým rozvaděčem. Výhodou joysticku je jednoznačně pohodlnější ovládání pro obsluhu. Je třeba ovšem také poznamenat, že naučit se správně ovládat minibagr je pouhou otázkou zvyku. Považuji tedy pákový rozvaděč za plně vyhovující způsob ovládání navrhovaného minibagru, navíc se jedná o levnější z variant.
- vyvození pohybu otoče - otoč se může pohybovat pomocí ozubeného hřebenu a pastorku, nebo přímočarého hydromotoru. Varianta s hydromotorem je osvědčená a používá se ve většině případů. Z tohoto důvodu volím pro ovládání otoče hydromotor.



- uložení otoče - otoč může být v rámu uložen pomocí ložisek, nebo kluzného pouzdra. Varianta s ložisky zajišťuje vyšší trvanlivost a zvyšuje přesnost pohybu, naopak jejími nevýhodami jsou složitější montáž, vyšší nároky na přesnost výroby a v neposlední řadě také cena. Druhý typ uložení pomocí čepu je celkově jednodušší a dostatečně přesný. Protože bude navrhovaný minibagr určený pro soukromé účely, nepředpokládám každodenní provoz, a proto považuji trvanlivost pouzdra za dostatečnou. Pro návrh tedy budu uvažovat uložení otoče v rámu pomocí pouzdra.

5.4. Shrnutí - výběr varianty návrhu

Na základě kapitoly 5.3. volím následující variantu navrhovaného minibagru schematicky zobrazenou na obrázku 5.2.



Obrázek 5.2 Schéma zvolené varianty navrhovaného minibagru

6. Parametry navrhovaného minibagru

Z informací, které byly získány při vypracování rešeršní části diplomové práce, ale také s ohledem požadavků na práci, která bude minibagrem vykonávána, jsou zvoleny následující parametry, které byly pro lepší přehlednost zapsány do tabulky 5.2.

Model		Navrhovaný minibagr
cena [kč] bez DPH		Do 400 000
motor [kW]		6 - 10
hmotnost [kg]	kompletního stroje	Do 750 kg
dosahy [m]		
hloubka		1,7 - 2,1
nakládací výška		1,7 - 2,3
vzdálenost		2,5 - 3
hydraulika		
provozní tlak [MPa]		15 - 18
nádrž provozní kapaliny[l]		20 - 30
vybavení		
lžíce šířky[mm]		300

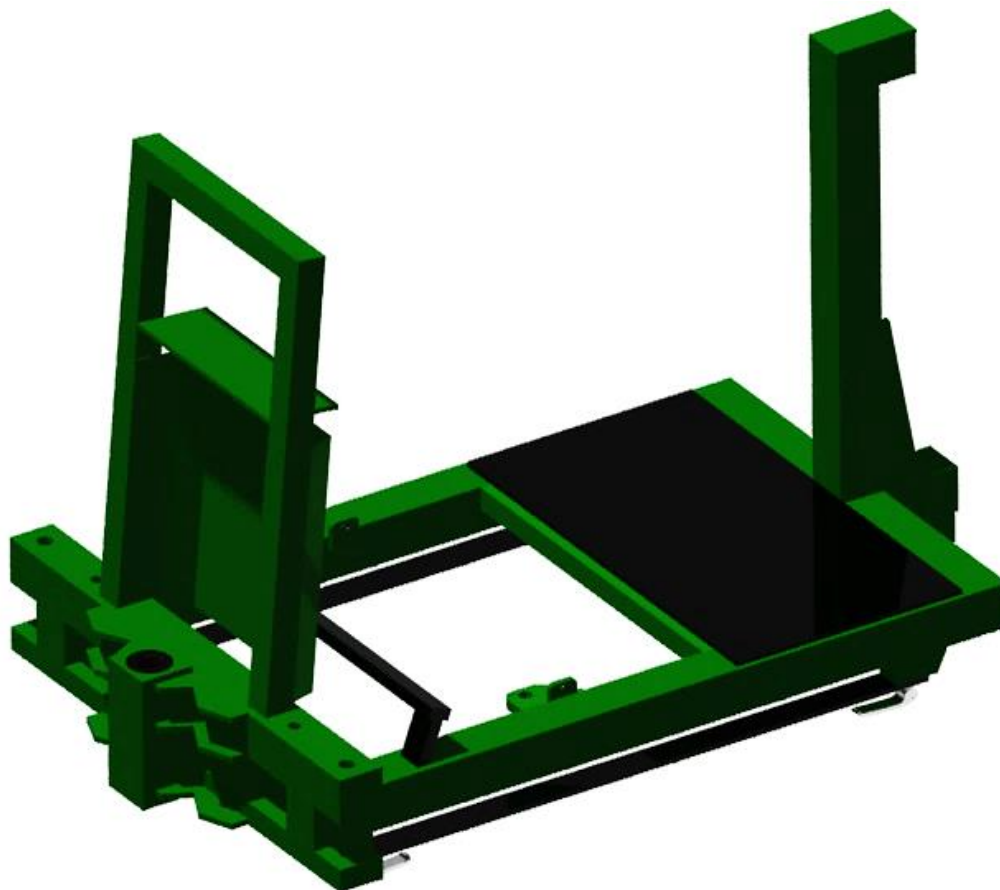
Tabulka 5.2 Zvolené parametry navrhovaného minibagru

7. Konstrukční návrh vlastního minibagru

Po vybrání vhodné varianty řešení lze nyní začít s vlastním návrhem minibagru.

7.1. Rám minibagru

Nosná část rámu bude vyrobena jako svařenec z ocelového uzavřeného čtvercového profilu, (dále tzv. jeklu). Bude se jednat o silnostěnnou variantu s rozměry 80x80x6 mm. Celková délka rámu je 1300 mm a jeho šířka činní 800 mm. V přední části rámu jsou navařeny dva jekle o délce 950 mm. Spodní jekl má rozměry 80x40x6 mm a je zde navařen z důvodu vyztužení této části rámu, a to hlavně proti krutu, na který je přední část rámu nejvíce namáhána. Na koncích těchto příčných jeklů jsou vyvrtány dva otvory o průměru 25 a 20 mm. Větší otvor bude využit pro uchycení otočné části předních opěr a je nutné jej přesně svrtat do obou částí rámu, aby později nedocházelo ke křížení čepu a tím omezenému pohybu opěr. Menší otvor se využije při jejich zajištění proti pootočení.



Obrázek 7.1 Rám minibagru

Dále je v přední části rámu navařen ocelový hranol o rozměrech 100x100x230 mm. V celé délce hranolu je vyvrtán přesný otvor o průměru 60 mm s osazením, do něhož bude nalisováno bronzové pouzdro, ve kterém se bude pomocí čepu otáčet rameno minibagru. Tento hranol je vyztužen z každé strany třemi žebry o síle 10 mm.



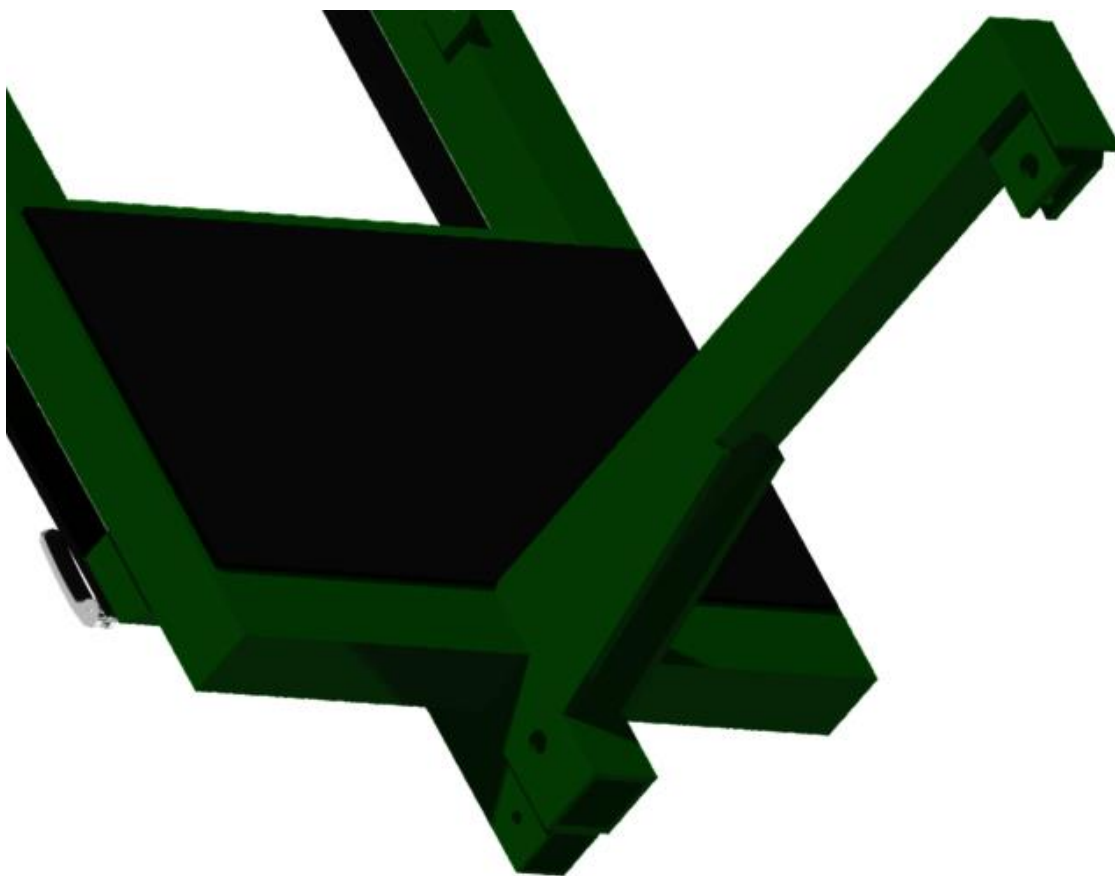
Obrázek 7.2 Detailní pohled na uložení otoče ramene do přední části rámu

Dalším prvkem, umístěným v čelní části rámu, je svařenec z jeklů o rozměrech 50x50x4 mm. Jedná se vlastně o panel, na který bude umístěn hydraulický pákový rozvaděč, pomocí něhož bude celý minibagr ovládaný. Rozvaděč bude přišroubován k plechu o síle 8 mm, který je k panelu přivařen. Důležitým prvkem panelu je ochranný kryt ze strany od obsluhy, který je ohnutý z plechu o síle 4 mm a jeho úkolem je ochraňovat obsluhu při případném uvolnění nebo poškození hydraulické hadice pod rozvaděčem. Za zmínku potom ještě stojí konzola, která je na rám v přední části přivařena a bude sloužit jako dosedací plocha, o kterou se bude opírat vyklápěcí kryt podlahy. Na rámu se také nacházejí potřebná uchycení. Na bocích jsou navařeny pant, ve kterých bude uložen výklopný kryt a na levém vnitřním boku rámu (z pohledu obsluhy) je navrženo oko, do kterého bude umístěn přímočarý hydromotor zajišťující otáčení ramene.



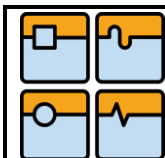
Obrázek 7.3 Pohled na panel, kryt panelu, konzolu a upínací prvky na rámu

Na zadní straně rámu je v ose navařena stojka z jeklu o rozměrech 80x80x6 mm a délce 800 mm. Na horní straně této stojky je přivařeno oko, s otvorem 25 mm. Do tohoto oka bude upevněn přímočarý hydromotor, který bude ovládat zadní opěru. Stojka je ve spodní části vyztužena dvěma ocelovými žebry trojúhelníkového tvaru, o tloušťce 12 mm. Tato žebra zároveň navazují na krátký kousek jeklu, ve kterém je vyvrtán otvor o průměru 25 mm. A právě tento jekl je určený pro uchycení zadní opěry pomocí čepu. Ze spodní strany je potom navařen jekl o délce 220 mm a rozměrech 60x60x5 mm, do kterého jsou z boku vyvrtány skrz dva otvory, přičemž je do jedné ze stěn vyříznut závit. Při převozu se vsune tažná tyč do tohoto jeklu, a zajistí se, což umožní zapojení za osobní automobil. V zadní části rámu je dále navařen plech o síle 8 mm a rozměrech 420x780 mm. Pod ním jsou vyvařeny jeklové výtuhy, které zabraňují prohýbání plechu. Tento plech tvoří plochu, na kterou bude umístěn motor a další potřebné prvky pro správný chod minibagru viz. obrázek 7.4.



Obrázek 7.4 Pohled na zadní část rámu

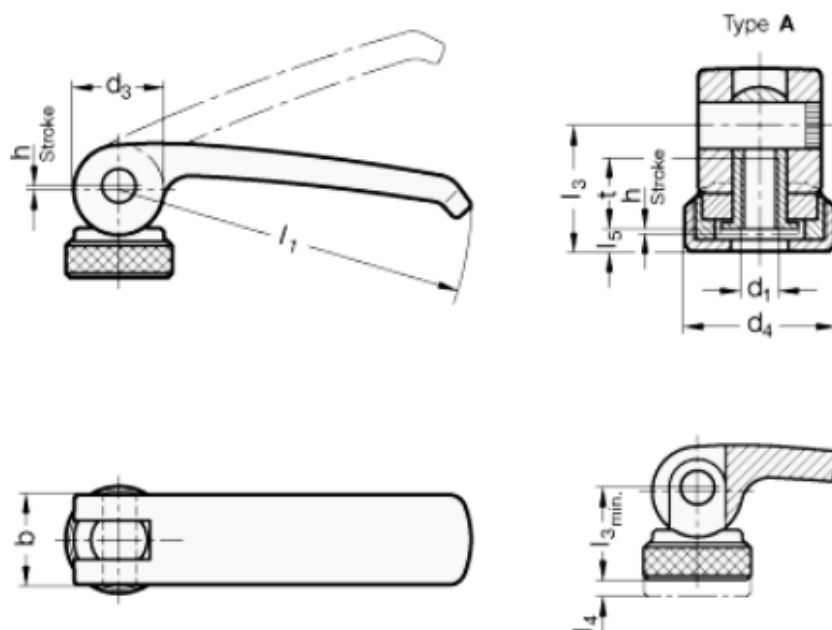
Na spodní část rámu jsou navařeny čtyři ocelové dorazy (na každé straně dva), které vymezují pohyb nápravy. Náprava se manuálně přemísťuje podle potřeby k přední straně rámu (pro převoz) nebo k zadní straně, při vykonávání pracovní činnosti minibagru. Jako vedení slouží plochá tyč rozměru 50x10 mm a boční jekle rámu. Zajištění probíhá pomocí



excentrické páky od firmy Elesa-ganter. Tato páka se dá snadno a rychle povolit a dotáhnout. Navíc umožňuje jednoduché nastavení upínací síly. Výrobce garantuje, že jsme s touto excentrickou pákou schopni dosáhnout upínací síly až 8 kN. Tento způsob zajištění je pro funkci dostatečný, protože při převozu bude vlivem gravitace náprava tlačena do rámu a vlivem jízdy do navařeného dorazu. Také při práci minibagru nese plochá tyč pouze váhu nápravy, což je v podstatě zanedbatelné.



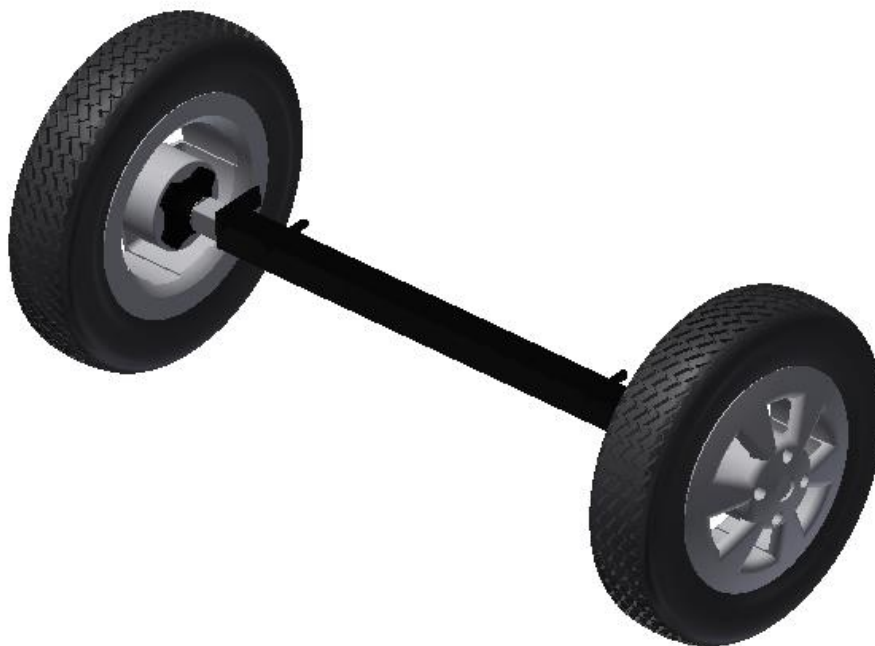
Obrázek 7.5 Zajištění nápravy pomocí excentrické páky



Obrázek 7.6 Excentrická páka od firmy Elesa-ganter [31]

7.2. Náprava minibagru

Náprava se jako celek bude skládat ze dvou tzv. polonáprav, které budou nasunuty do jeklu o rozměrech 50x50x5 a zajištěny svarem. Tento typ uložení a zajištění je doporučen přímo výrobcem na jeho webových stránkách. Tyto polonápravy jsou vyrobeny s nosností 750 Kg, což je pro návrh minibagru dostačující. Na nápravě budou navařeny vodící prvky, které budou udržovat délkové rozložení nápravy na rámu a při přesunu zajistí její vedení. Na koncích nápravy bude nasazen disk, který bude přitažen na náboj maticemi. Disk bude osazen pneumatikou o rozměrech 165/70 R13, vzorek pneumatiky není rozhodující. Vnější rozměr nápravy je 1022 mm tento rozměr ovšem nezahrnuje disk s pneumatikou.



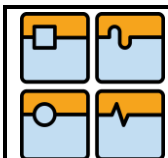
Obrázek 7.7 Náprava minibagru

7.2.1. Přesouvání nápravy

Při povolení excentrické páky se vytvoří mezi rámem a nápravou vůle, díky níž můžeme nápravu manuálně přesunout do požadované polohy (převoz, práce) a následně dotažením páky zaaretovat. Manuální způsob přesunu nápravy není jistě optimální, při návrhu jsem se zabýval myšlenkou přesunu podvozku mechanicky, přičemž byly navrženy dvě varianty. Jedna by pracovala na principu přímočarého hydromotoru, u druhé jsem uvažoval přesun pomocí ozubených hřebenů, pastorků a rotačního hydromotoru. Nakonec jsem kvůli jednoduchosti řešení zvolil variantu manuální. Časově zde není oproti mechanické variantě moc velký rozdíl, navíc přesun se děje v pracovním cyklu pouze dvakrát. Po příjezdu na pracovní místo do pracovní polohy, a naopak po vykonání práce do převozní polohy. Mechanická varianta by vnášela do použití minibagru další místo náchylné na vznik poruch. Vyšla by cenově nevýhodně (hydraulická výbava, ozubené hřebeny a pastorky, samostatný hydraulický okruh atd.) a přinesla by v podstatě pouze větší pohodlnost při přesunu nápravy pro obsluhu. Mechanická varianta je však určitě k zamyšlení.

7.3. Opěry minibagru

Celkem budou na minibagru umístěny tři opěry, které budou řízeny hydraulickými přímočarými motory. Dvě budou umístěny v přední části rámu a třetí uprostřed jeho zadní části. Tyto opěry umožní minibagru dobrý přístup do členitých terénů, a zajistit dostatečnou stabilitu. Uspořádání opěr je patrné z obrázku 7.8.



Obrázek 7.8 Uspořádání opěr na minibagru

7.3.1 Přední opěry

Základ přední opěry je tvořen jeklem o rozměrech 80x80x6 mm a délky 800 mm. Na spodní straně je k jeklu přes čep připojen svařenec, jehož úkolem je zabránit boření minibagru do povrchu. Tuto funkci zajišťuje kruhová deska. Na spodní straně této desky jsou navařeny profilové ploché tyče, jejichž úkolem je zabránit ujíždění bagru v terénu. Tento svařenec se pohybuje otočně okolo jeklu vlivem gravitace.

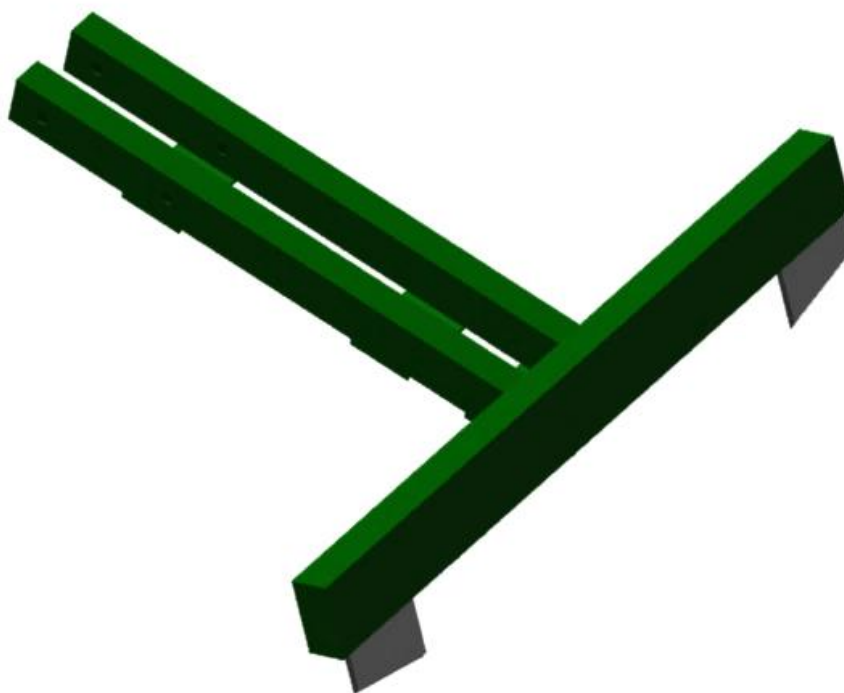


Obrázek 7.9 Detailní pohled na přední opěru

Pohyb přední opěry je řízený přímočarým hydromotorem, při jehož výsuvu dochází ke klesání opěry a tím ke zvedání minibagru. Naopak při zasouvání motoru opěra stoupá a minibagr klesá. Hydromotor je v její spodní části připevněn do navařeného oka pomocí čepu. Na horní straně opěry se nachází otoč, který je vyroben jako svařenec. Otoč opěry slouží k připojení k rámu a umožňuje její natočení do potřebné polohy a následně její zajištění. Na otoči jsou navařena dvě oka, z nichž jedno je spojeno s nosným jeklem a do druhého je připojen hydromotor. Celá opěra je potom pomocí čepu připojena k rámu minibagru.

7.3.2 Zadní opěra

Zadní opěra je složena ze tří jeklů. Dva z nich mající délku 900 mm a profil 80x50x6 mm, tvoří rameno zadní opěry. Třetí jekl s profilem 120x60x6 má délku 1200 mm a je navařen kolmo k nim. Rameno opěry je vyztuženo ze spodní strany pásky silného plechu. Na obou stranách příčného jeklu jsou umístěny ocelové nože, které se při práci zaboří do povrchu a zaaretují tak celý minibagr. Aretace minibagru je důležitá hlavně při vnikání lžice do povrchu, kdy na celý stroj začne působit rypná síla a lžice má snahu celý minibagr přitahovat k sobě. Je tedy důležité, aby pro tuto situaci byla zadní opěra vhodně uzpůsobena. V horní části ramene jsou vyvrtány dva přesné otvory, které budou použity pro připevnění opěry k rámu stroje. Zadní opěra je opět ovládána přímočarým hydromotorem, který má jeden konec upevněn v otvoru na rámu opěry a druhý na oku navařeném na stojce rámu minibagru.



Obrázek 7.10. Zadní opěra minibagru

7.4. Otoč minibagru

Otoč minibagru je vyroben jako svařenec z plochých tyčí a desek. Základem jsou dvě masivní desky o tloušťce 28 mm. Tyto desky jsou od sebe vzdáleny 230 mm, což odpovídá výšce hranolu, který je navařený na rámu stroje. V těchto deskách jsou přesně svrtány otvory o průměru 40 mm, pomocí nichž je otoč připevněn přes čep k navařenému hranolu a tím tedy i k rámu minibagru. V horní desce je navíc vytvořeno osazení pro hlavu čepu, které má v jedné části vytvořenou rovinnou plošku. Stejná rovinná ploška bude vytvořena i na hlavě čepu což zajistí, že se čep bude otáčet společně s otočem. Spojení otáčení čepu a otoče je důležité, protože zaručí otáčení čepu v pouzdře a ne otáčení otoče kolem čepu, což by mohlo mít za následek vydření otvorů v otoči. Na horní desce jsou dále navařena oka, ve kterých jsou svrtány otvory o průměru 30 mm. Mezi těmito oky bude umístěno pouzdro výložníku, pomocí něhož bude výložník k otoči připojen. Skrz oka a pouzdro bude zasunut čep o průměru 30 mm, který bude mít na jednom z konců navařenou plochou tyč, jejímž úkolem bude zajistit čep proti otáčení. Toto zajištění se provede pomocí šroubu, který přitáhne čep s navařenou plochou tyčí k oku ve kterém je otvor se závitem. Cílem je při pohybu zajistit otáčení pouzdra výložníku okolo pevného čepu, aby nedocházelo k vydírání otvoru v oku.



Obrázek 7.11 Otoč minibagru

Mezi deskami jsou vevařeny dvě ploché tyče, jejichž úkolem je zajistit celkovou soudržnost otoče. V těchto tyčích je svrtaný otvor, ke kterému bude pomocí čepu připojen přímočarý hydromotor ovládání výložníku. Z boční strany je k otoči přivařena páka, ve které je vyvrtaný otvor. Tato páka je pomocí čepu spojena s přímočarým hydromotorem, který zajišťuje otáčení kozlíku a tím i otáčení celého ramene.

7.5. Rameno minibagru

Jak již bylo popsáno v rešeršní části, rameno se jako celek skládá z výložníku, násady a koncového pracovního nástroje (lžíce).

7.5.1 Výložník ramene minibagru

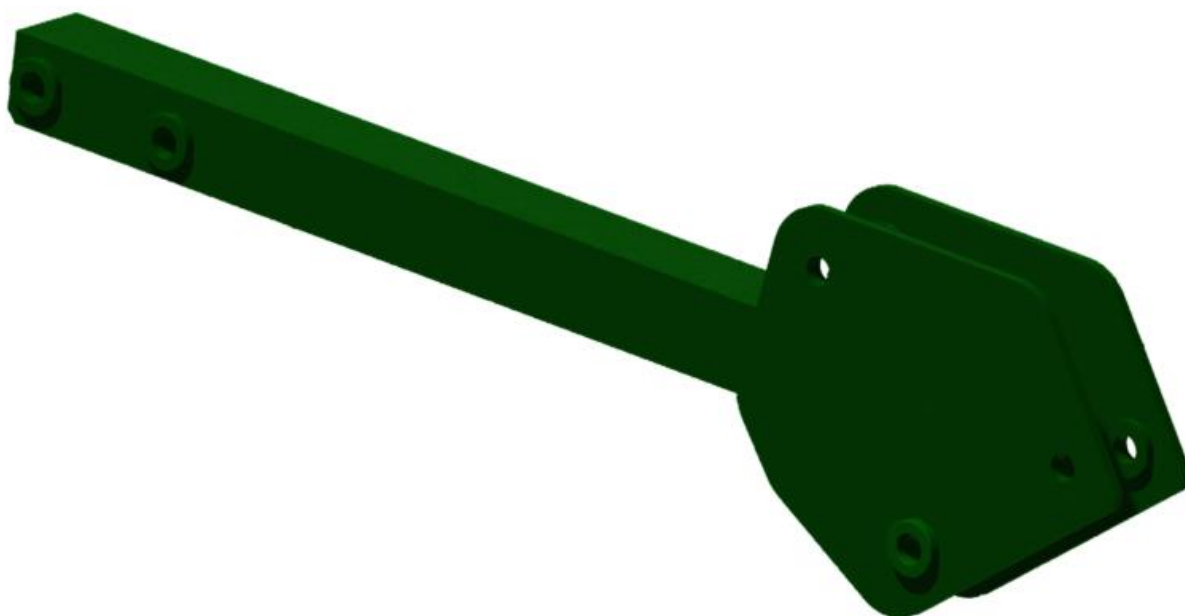
Výložník ramene je tvořen jeklovými profily, pouzdry, oky pro hydromotory a plechovými výztuhami. Část výložníku, která bude usazená do otoče je tvořena dvěma jekly o délce 1000 mm a profilu 100x50x6 mm. Tyto jekly jsou na horním konci seříznuty pod úhlem 120° a je mezi ně přivařen jekl, s profilem 80x80x6 mm o délce 1000 mm. Tento jekl je na jedné straně rovněž seříznut pod úhlem 120° a na druhém konci je v něm vevařeno průchozí pouzdro s vnitřním průměrem 25 mm. Spodní část výložníku je spojena masivním pouzdrem, které bude využito při montáži na otoč minibagru. Na vrchní straně výložníku je přivařeno oko, do kterého bude upevněn hydromotor ovládající násadu ramene. Celý výložník je potom zpevněn trojúhelníkovými výztuhami, na kterých je navařeno pouzdro pro uložení hydromotoru ovládajícího výložník.



Obrázek 7.12 Výložník minibagru

7.5.2 Násada ramene minibagru

Nosným prvkem násady ramene je opět jelek s profilem 80x80x6 o délce 1000 mm. Jeden z jeho konců je vevařen mezi dva stejné výpalky o síle 10 mm. V násadě je vyvrtáno celkem pět otvorů, které budou sloužit buď pro upnutí samotné násady, do skupiny ramena nebo do nich budou upevněny hydromotory, či pákový mechanismus ovládání lžice. Všechny tyto otvory jsou vyvrtány do navařených pouzder. Je zapotřebí, aby byla při výrobě dodržena relativně vysoká přesnost a to hlavně při vyrovnávání svařence.



Obrázek 7.13 Násada minibagru

7.5.3 Lžice a její ovládací pákový mechanismus

Lžice bude vyrobena opět jako svařenec, její složitější tvarové plochy jsou zhotoveny vypalováním, ostatní části budou svařeny z plochých tyčí a silných plechů. Jako zuby budou využity těla starých, otupených soustružnických nožů, které se vytvarují do požadovaného tvaru zubu a následně tepelně upraví. Při malovýrobě se takto soustružnických nožů osvědčeně využívá. Lžice bude mít vnější šířku 300 mm a její objem ční přibližně 0,07 m³. Spodní část lžice je vyztužena silnou ocelovou plochou tyčí, aby při zarýpávání do povrchu nedošlo k vylomení zubů. Tělo lžice je zhotoveno s plechu o síle 6 mm. Horní část je opět vyztužena ocelovou plochou tyčí, která zabrání vylomení upínacích ok, umístěných na vrchní části lžice.



Obrázek 7.14 Lžíce minibagru

Lžíce je ovládána pomocí pákového mechanismu, ten je tvořený dvěma táhly a jedním přenosovým členem. Táhla jsou vyrobena z plochých tyčí a přenosový člen je zhotoven jako svařenec. V jednotlivých prvcích jsou vyvrtány přesné otvory pro upnutí a začlenění celého mechanismu do sestavy ramene. Otvírání a zavírání lžíce je opět řízeno přímočarým hydromotorem. Celá sestava je vyobrazena na obrázku 7.15.



Obrázek 7.15 Pákový ovládací mechanismus lžíce po montáži.

7.5.4. Rameno minibagru - sestava

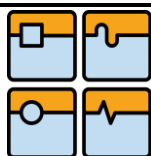
Obrázek 7.16. zobrazuje kompletní sestavu navrženého ramene minibagru, včetně otoče a pohonných přímočarých hydromotorů.



Obrázek 7.16 Kompletní sestava ramene navrženého minibagru

7.6. Volba a uložení motoru

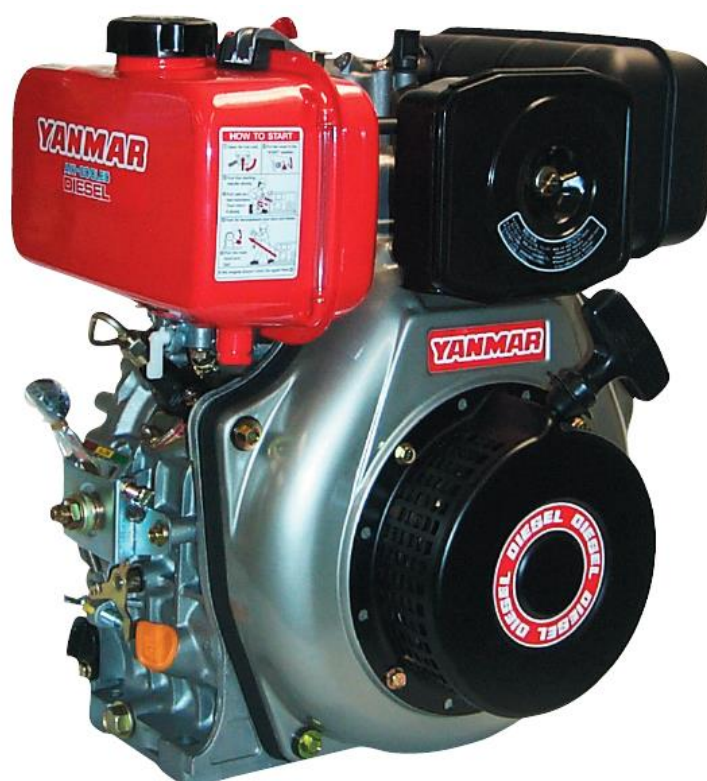
Pro dané typy minibagrů se nejčastěji používají motory s výkonem 6 - 9kW a s rozsahem otáček 3000 - 4000 ot/min. Při dnešní situaci na trhu, není problém vybrat si a zakoupit potřebný motor. Na trhu existuje řada výrobců, kteří se zabývají výrobou kvalitních motorů a jejich náhradních dílů. Jsou zde ovšem také firmy, které se zabývají výrobou tzv. replik motorů. Takovýto motor je vyroben podle originálu, ovšem ve většině případů bývá životnost této repliky nižší. Výhodou je jeho výrazně nižší cena, ale často se stává, že náklady vynaložené na opravy převýší cenu originálního motoru. Je tedy pouze na zvážení zákazníka, kterou z variant si zvolí. V případě tohoto návrhu jsem se rozhodl vybrat osvědčenou firmu YANMAR industrial, jejíž motory se do minibagrů často používají. Od této firmy byl zvolen naftový motor YANMAR s označením L100AE. Jedná se o jednoválcový, čtyřtákní, vzduchem chlazený motor, s přímým vstřikováním s následujícími parametry:



DIPLOMOVÁ PRÁCE

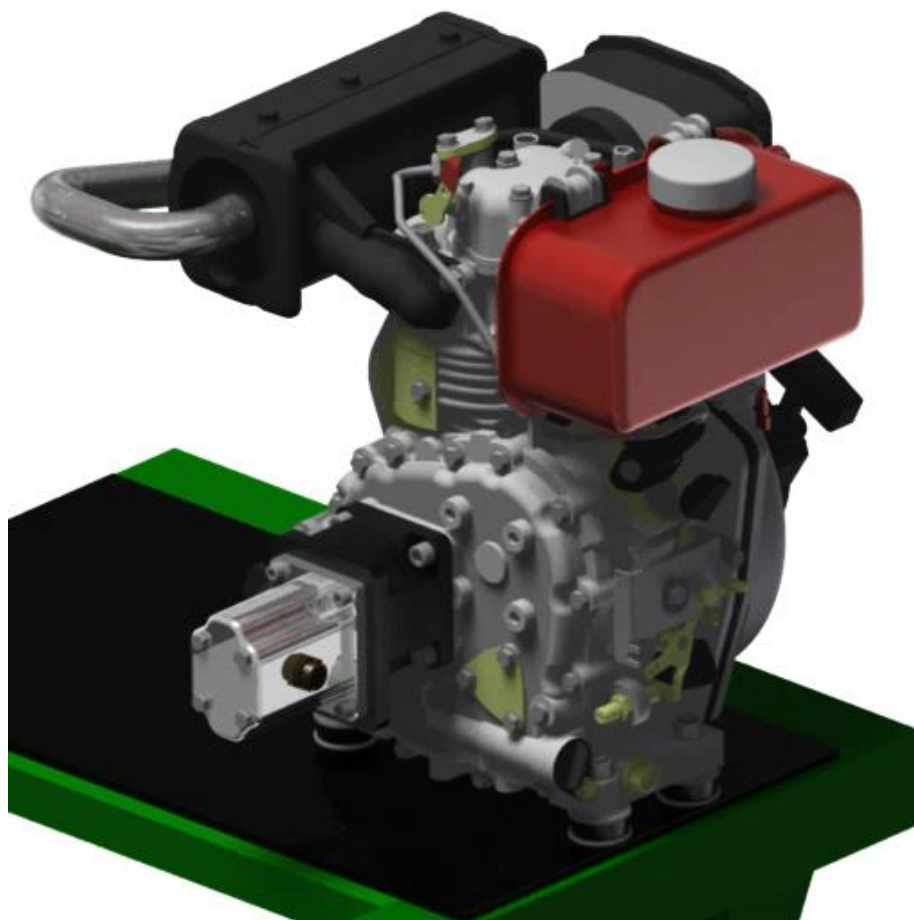
- **maximální výkon motoru:** 7,5kW
- **permanentní výkon:** 6,7kW
- **maximální otáčky motoru:** 3600 ot/min
- **kapacita nádrže na palivo:** 5,5 litrů
- **délka motoru:** 417 mm
- **šířka motoru:** 470 mm
- **hmotnost:** 48 kg

Na výběr jsou dvě možnosti startování, manuální a elektrické. Pro návrh je zvolena varianta s manuálním startováním. Výhodou oproti elektrickému startování je, že na stroji nebude muset být rozvedena elektroinstalace a nebude zde tedy muset být ani zdroj elektrické energie v podobě akumulátoru. Zvolený motor je vyobrazen na obrázku 7.17.



Obrázek 7.17 Zvolený motor YANMAR L100AE [32]

Motor bude posazen v zadní části rámu na navařený plech. Aby docházelo k co nejmenšímu přenosu vibrací na rám minibagru, bude motor uložen pomocí čtyř silentbloků, které budou přitaženy maticemi nebo našroubovány do závitového otvoru. Ze strany, kde vystupuje z motoru připojovací hřídel, bude vyroben ocelový mezikus, který bude pomocí šroubů přitažen do bloku motoru. Přes tento mezikus bude potom pomocí spojky připojen k motoru hydrogenerátor. Odvod zplodin z motoru bude zajištěn výfukovým potrubím, které je vyvedeno do zadní části minibagru. Uložení motoru je zobrazeno na obrázku 7.18.



Obrázek 7.18 Detailní pohled uložení motoru na rám minibagru

7.7. Zakrytování motoru

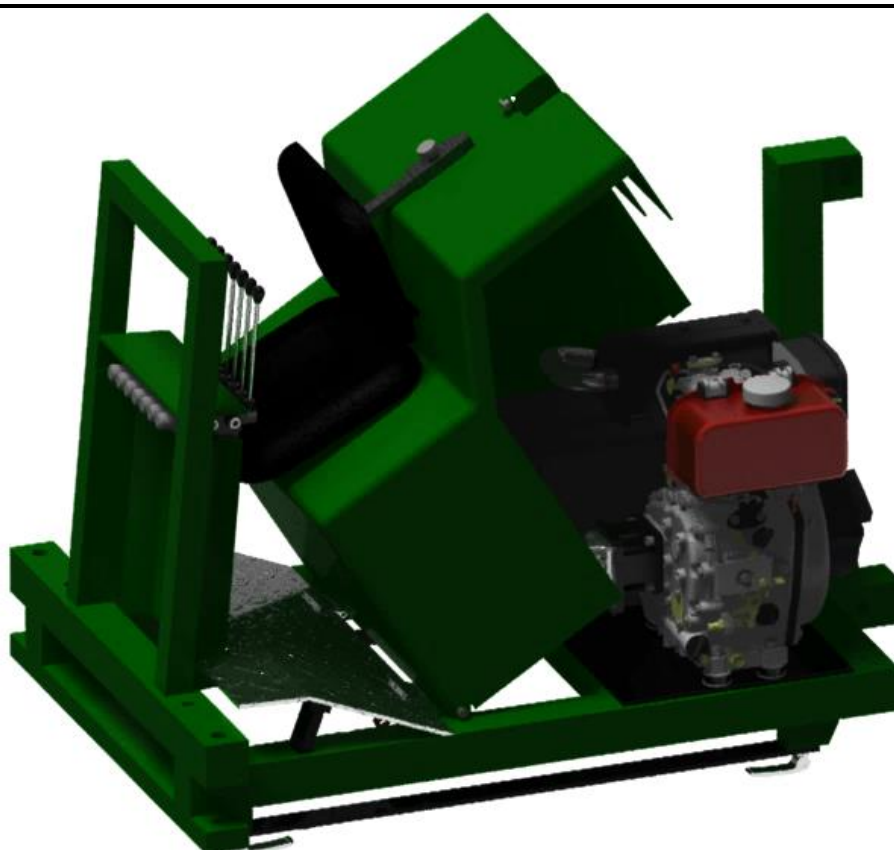
Cílem krytů bývá ve většině případů zvýšení bezpečnosti při práci, na jakémkoli strojním zařízení. Dalším z důvodů je také estetická stránka stroje. Protože se u minibagrů pracuje s hydraulickým obvodem, je vhodné hydraulické prvky zakrytovat. V celém hydraulickém obvodu koluje při práci vysoký tlak, který by mohl být v případě poruchy pro obsluhu i okolí nebezpečný. I přesto, že hadice budou dostatečně dimenzovány, mohlo by dojít například k mechanickému porušení hadice, a tím k nehodě. Stejně tak při práci motoru vzniká teplo. Při kontaktu s motorem, ale hlavně s výfukovým potrubím, by mohlo dojít k popálení obsluhy. Z tohoto důvodu došlo k navržení zakrytování motorové části. Pro nosnou konstrukci krytu je využito opět jeklového profilu tentokrát s rozměry 40x20x3. Podle této konstrukce se naohýbá z plechu o tloušťce 3 mm vlastní kryt, který se následně na nosnou konstrukci přivaří. Při navrhování krytu je nutné uvažovat s mnoha problémy, které by mohly zamezit správné funkci stroje. Například musí být zajištěn jednoduchý přístup pro doplňování paliva, kryt nesmí zamezovat běžné údržbě motoru (dolévání oleje, výměna filtrů). Protože bude motor startován manuálně, musí být okolo startovacího systému dostatečný prostor, aby

nedošlo ke zranění obsluhy. Navíc je celý kryt navržen jako výklopný, což umožní vykonávat veškeré údržby, kontroly a drobné opravy bez nutnosti demontáže krytu. Panty krytu jsou umístěny v jeho přední části, pod nohama obsluhy a jsou spojeny pomocí šroubu s osazením k pantům navařených na rámu. Z horní strany je na krytu umístěno sedadlo strojníka. Pro zvýšení pohodlí je opěradlo sedadla díky mechanismu, umístěném v jeho zadní části regulovatelné. Celý kryt je zajištěn pomocí křídlového šroubu, který se skrz poutko krytu našroubuje do zadní stojky navažené na rámu.



Obrázek 7.19 Kryt motoru v pracovní poloze

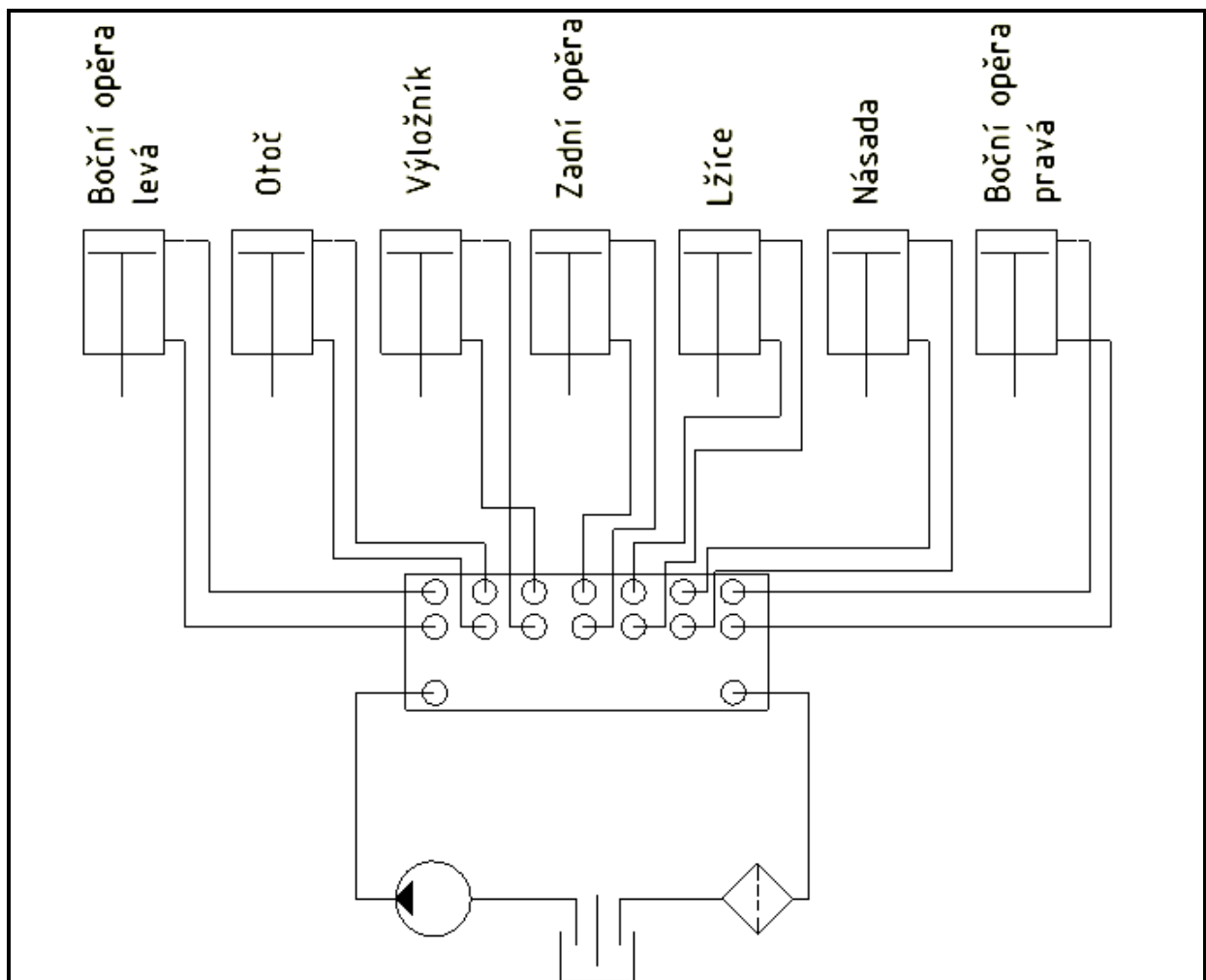
Na obrázku 7.19 je zobrazen kryt motoru v „normální“ poloze. Na stejném obrázku je také vidět kryt v přední části rámu. Tento kryt je vyrobený z duralového plechu o síle 8 mm a lze jej také díky navřeným pantům vyklopit. V poloze na obrázku je opřený o navařenou konzolu na rámu a slouží jako podlaha, o kterou si může obsluha zapřít nohy, případně se na ni může postavit. Pod tímto krytem budou vedeny hydraulické hadice od čerpadla, odpadní hadice z rozvaděče, hadice od přímočarého motoru zadní opěry a částečně od hydromotoru, který ovládá otoč. Proto tento kryt plní také bezpečnostní funkci. V případě kontroly, či potřeby montáže nebo demontáže hydromotoru otoče, jednoduše tento kryt vyklopíme, čímž zajistíme prostor k vykonání potřebné činnosti.



Obrázek 7.20 Kryt motoru ve vyklopené poloze

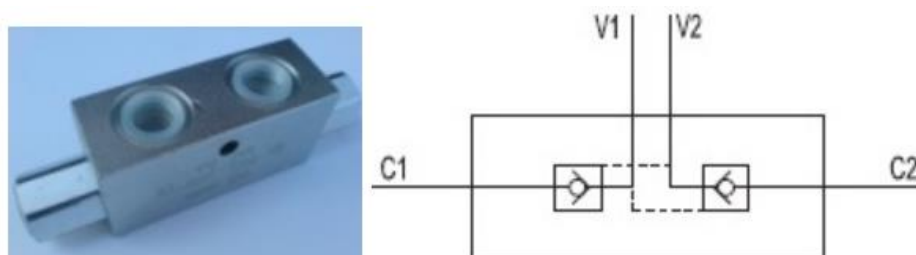
8. Hydraulický obvod a hydraulické prvky minibagru

Hydraulická soustava je tvořena jednoduchým otevřeným obvodem. Na výstupní hřídeli hnacího motoru je připevněn zubový hydrogenerátor, který je pomocí hydraulické hadice spojen s nádrží na hydraulický olej. Výstup z hydrogenerátoru je dále propojen s jednotlivými přímočarými hydromotory prostřednictvím skupinového třípolohového hydraulického rozvaděče. Když dojde k nastartování hnacího motoru, hydrogenerátor nasává olej z nádrže a tlaková kapalina dále cirkuluje přes hydraulický pákový rozvaděč. Rozvaděč je v nulové (neutrální) poloze ovládacích pák zcela průtočný a tlaková kapalina se přes filtr vrací zpět do olejové nádrže. Přestavením jedné, nebo několika pák současně tlakový olej ovládá jednotlivé hydromotory. Tlaková kapalina je po celém minibagru rozvedena pomocí hydraulických trubek a hadic. Tlak oleje je regulován na hydraulickém rozvaděči pomocí regulačního ventilu. V navrženém minibagru bude pracovní tlak oleje nastaven na 16 MPa. V případě překročení hranice 16 MPa bude přebytečný tlak odveden přes redukční ventil, který je rovněž umístěn na rozvaděči. Provozní tlak je třeba nastavit při prvním použití minibagru, a to zcela jednoduše připojením barometru do obvodu a následným přestavením regulačního šroubu do správné polohy. Na obrázku 8.1 je znázorněno schéma zapojení hydraulického obvodu.



Obrázek 8.1 Schéma zapojení hydraulického obvodu

Na obrázku 8.1 je rozvaděč znázorněn pouze pro orientaci (ne jako funkční schéma). Jsou na něm naznačeny jenom pracovní polohy a přívodní a odpadní větev. Olej je do nádrže nalit přes jemné sítko, aby nedošlo k vniku nečistot. Cirkulující tlakový olej se do nádrže vrací odpadní větví přes hydraulický filtr. Tento filtr je schopen zachytit i drobné nečistoty, které mohou v obvodu vzniknout vlivem opotřebování jednotlivých prvků. Pro zvýšení bezpečnosti jsou všechny opěry zapojeny přes hydraulické zámky. Hydraulický zámek je prvek, který je využíván pro uzavření průtoku, což v případě poruchy udrží opěru v aktuální poloze.



Obrázek 8.2 Hydraulický zámek [33]

Níže uvádím přehled použitých hydraulických prvků

- PČH, pro práci s tlakem do 18 MPa.

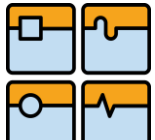
průměr pístní tyče	vnější průměr	vnitřní průměr	výsuv	použití	počet ks
32 mm	73 mm	63 mm	320 mm	rameno minibagru	3
25 mm	60 mm	50 mm	250 mm	přední opěry	2
25 mm	60 mm	50 mm	300 mm	otoč minibagru	1
36 mm	73 mm	63 mm	370 mm	Zadní opěra	1

Tabulka 8.1 Použité PČH pro návrh

- nádrž na hydraulický olej z horním vývodem odpadní větve, o rozměrech 300x280x300 mm a objemu maximálně 25 litrů. Tato nádrž je vybavena filtračním sítkem pro zamezení vniku nečistot.
- hydraulický zpětný filtr Maxiflow s průtokem do 70 l/min, čistota filtru 10 micronů, maximální tlak 10 bar.
- zubové čerpadlo Vivoil, geometrický objem 6,5 cm³/ot, maximální pracovní tlak 30 MPa, průtok 6,5 l/min, při 1000 ot/min, kužel přípojovacího hřídele 1:8.
- hydraulický pákový rozvaděč 3 - polohový, 7 - sekční, pro práci s maximálním tlakem 18 MPa, maximální průtok do 40 l/min.
- hydraulické hadice a jejich příslušenství pro připojení (kolena, přechodky aj.), pro práci s tlakem do 18 MPa.

délka hydraulické hadice	použití	Počet ks
900 mm	PČH předních opěr	4
1500 mm	propojení hydrogenerátoru a rozvaděče	2
1150 mm	PČH výložníku	2
2300 mm	PČH násady	1
2200 mm	PČH násady	1
3500 mm	PČH lžice	1
3200 mm	PČH lžice	1
600 mm	PČH zadní opěry	1
400 mm	PČH zadní opěry	1
2300 mm	PČH zadní opěry	2

Tabulka 8.2. Seznam použitých hydraulických hadic

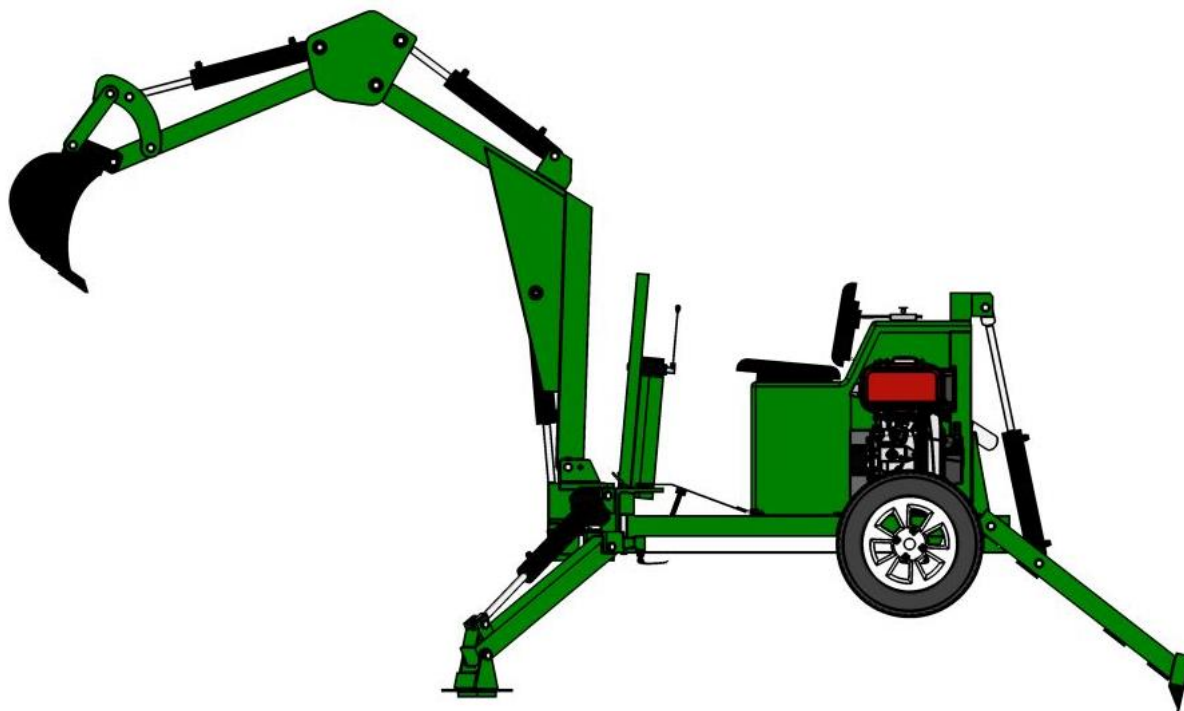
	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 73
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

- hydraulické zámky celkem 3ks - montáž na všechny opěry, maximální pracovní tlak 30 MPa, maximální průtok 40 l/min .

Při montáži budou hadice upevněny do gumových spon, aby při pohybu nedocházelo k jejich poškození, ale zároveň byl jejich pohyb maximálně omezen pouze na potřebný. Bude možné využít ještě jedné varianty řešení. Na delší vzdálenost lze olej rozvést pomocí tlakové trubky až po pohyblivou část, kde na ni musí být napojena hydraulická hadice. Zvolení správné varianty a všech komponentů pro rozvedení, je vhodné vybrat až při problematice reálné montáže. Délky hadic byly odvozeny po nasimulování krajních poloh v programu AUTODESK INVENTOR.

9. Pracovní a převozní poloha minibagru

V pracovní poloze musí být náprava přesunuta do zadní části minibagru. Přední pracovní opěry jsou vytočeny ideálně pod úhlem 45° (z pohledu strojníka) a náležitě zajištěny. Tato poloha je zobrazena na obrázku 9.1



Obrázek 9.1 Pracovní poloha minibagru

Při převozní poloze je důležité přesunout těžiště co nejvíce k přední části minibagru. Náprava se tedy přesune na přední dorazy a náležitě zajistí. Zadní opěra je stažena na maximální hodnotu. Všechny PČH ramene jsou vysunuty do krajní polohy ve snaze působit na nápravu co nejmenším momentem. Přední opěry jsou nastaveny do rovnoběžné polohy s rámem minibagru a zvednuty na maximální hodnotu. Ze zadní strany se do navařeného jeklu vloží tažná tyč, která se zajistí šrouby.



Obrázek 9.2 Převozní poloha minibagru

10. Údržba minibagru

Pro správnou funkčnost a dlouhou životnost je nutné minibagr udržovat. Důležitým prvkem je v tomto ohledu mazání. Na průchozích pouzdrech jsou navrtány mazací otvory, do kterých je zašroubována maznice. Na výložníku jsou takto řešena dvě pouzdra, přičemž na každém z nich jsou umístěny dvě maznice. Další průchozí pouzdro je umístěno v navřeném vodícím hranolu na rámu. Na tomto prvku jsou proto také rovnoměrně rozmístěny mazací body v celkovém počtu tří kusů. Ostatní čepy je nutno pravidelně mazat tekutým mazivem, nejlépe ve spreji, aby došlo k dobrému vniknutí maziva k čepu. Zvláště důležité je stroj namazat po skončení práce nebo po dlouhých odmlkách, kdy stroj nepracoval (například po zimě). Mazivo zde plní také antikoroziční funkci ochrany pouzder a dalších prvků. Všechny čepy jsou vyrobeny z odolných materiálů, tepelně upraveny - indukčně zakaleny a zušlechťeny, proto nejsou na korozi příliš náchylné. Dále je třeba pravidelně kontrolovat filtry a provádět servis motoru, dle jeho návodu. Je potřebné dbát také na čistotu stroje, pokud je používán v prašných nebo blátivých podmínkách, vyžaduje pravidelné čištění. Protože při práci může dojít k odření antikorozičního nátěru, musíme tato odřená místa vyhledat a znovu přetřít. V případě, že bychom takto neučinili, hrozí narušení konstrukce vlivem koroze a tím snížení celkové životnosti. Pokud nebude v hydraulickém obvodu umístěn nastálo barometr, je zapotřebí pravidelně provádět kontrolu tlaku. V neposlední řadě musíme vždy před vykonáváním jakékoli pracovní činnosti provést vizuální kontrolu pneumatik a jejich tlaku.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 75
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

11. Výpočtová část

11.1 Výpočet vlastností použitých hydromotorů

Výpočet byl proveden pro následující podmínky:

provozní tlak 16 MPa.

otáčky čerpadla 1000 ot/min

Při výpočtu bylo využito aplikace poskytnuté na následujících stránkách:

http://www.tss.trelleborg.com/cz/cz/service/hydraulic_cylinder_calculator/hydraulic_cylinder_calculator.html

PČH 63/32/320

síla při vysouvání 49876 N

síla při zasouvání 37008 N

rychlost vysouvání 0,035 m/s

rychlost zasouvání 0,047 m/s

dobu vysouvání 9,2 s

dobu zasouvání 6,8 s

PČH 50/25/250

síla při vysouvání 31416 N

síla při zasouvání 23562 N

rychlost vysouvání 0,055 m/s

rychlost zasouvání 0,073 m/s

dobu vysouvání 4,5 s

dobu zasouvání 3,4 s

PČH 50/25/300

síla při vysouvání 31416 N

síla při zasouvání 23562 N

rychlost vysouvání 0,55 m/s

rychlost zasouvání 0,073 m/s

dobu vysouvání 5,8 s

dobu zasouvání 3,8 s

PČH 63/36/370

síla při vysouvání 49876 N

síla při zasouvání 33590 N

rychlost vysouvání 0,035 m/s

rychlost zasouvání 0,052 m/s

doba vysouvání 10,6 s

doba zasouvání 7,2 s

11.2 Kontrola svarů na okách pro upevnění přímočarých hydromotorů

Při výpočtu svarů bylo využito následující aplikace, dostupné na webových stránkách:

<http://e-konstrukter.cz/technicke-vypocty/16-koutove-svary/68-pevnostni-vypocet-koutoveho-svaru>. Kontrola bude probíhat pro běžný svařitelný materiál s mezí kluzu v tahu R_e 220 MPa.

Obrázek 11.1 zobrazuje postup výpočtu výše popsané aplikace.

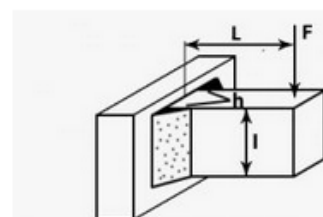
Vstupní parametry

<u>l délka svaru</u>	60	mm	<u>h výška svaru</u>	6	mm
<u>L rameno síly</u>	45	mm	<u>F síla</u>	7,85	kN
<u>Re mez kluzu v tahu základního materiálu</u>	220	MPa			

VYPOČÍTAT

Výstupní hodnoty

<u>σ normální napětí ve svaru</u>	69.342	MPa	<u>τ tečné napětí ve svaru</u>	15.417	MPa
<u>k_1 bezpečnost, normální napětí</u>	2.38		<u>k_2 bezpečnost, tečné napětí</u>	9.276	



Obrázek 11.1 Aplikace pro výpočet svarů [34]

- kontrola spodního oka PČH přední opěry

tečné napětí ve svaru $\tau = 23,1$ MPa => vyhovuje s bezpečností 6,2

normální napětí ve svaru $\sigma = 104$ MPa => vyhovuje s bezpečností 1,6

- kontrola horního oka PČH přední opěry

tečné napětí ve svaru $\tau = 15,5$ MPa => vyhovuje s bezpečností 9,2

normální napětí ve svaru $\sigma = 36$ MPa => vyhovuje s bezpečností 4,6

- kontrola horního oka PČH zadní opěry

tečné napětí ve svaru $\tau = 24,6$ MPa => vyhovuje s bezpečností 5,8

normální napětí ve svaru $\sigma = 81,8$ MPa => vyhovuje s bezpečností 2

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 77
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

- kontrola oka PČH násady

tečné napětí ve svaru $\tau = 19,4 \text{ MPa} \Rightarrow$ vyhovuje s bezpečností 7,4

normální napětí ve svaru $\sigma = 76,2 \text{ MPa} \Rightarrow$ vyhovuje s bezpečností 2,1

V místech, kdy byla vypočtena bezpečnost menší, než 2 je navržena výztuha oka.

11.3. Kontrola otláčení stykových ploch od čepu PČH

Nejmenší styková plocha, na kterou bude čep PČH působit, je 13 mm. Protože na minibagru jsou všechny čepy voleny minimálně $\varnothing 25 \text{ mm}$ a na toto místo působí nejsilnější PČH, provedu kontrolu pouze tohoto místa. Pokud bude vyhovovat, budou vyhovovat i ostatní stykové plochy.

p_D - dovolený tlak 80 MPa (dle tabulek se volí hodnota 60 - 90 MPa)

S_{min} - minimální styková plocha 13 mm (protože je čep uložen ve dvou táhlech je styková plocha 26 mm).

F - zatěžující síla 49876 N

d - průměr čepu 25 mm

p - zatěžující tlak

$$p = \frac{F}{2 \cdot S_{min} \cdot d} \leq p_D$$

$$p = \frac{49876}{2 \cdot 26 \cdot 25} \leq 80 \text{ MPa}$$

$$p = \frac{49876}{2 \cdot 13 \cdot 25}$$

$$p = 76,7 \text{ MPa}$$

$76,7 \text{ MPa} \leq 80 \text{ MPa} \Rightarrow$ místo na otláčení vyhovuje, proto je zbytečné provádět další výpočet.

11.4. Kontrola čepů na ohyb

Stejně jako u výpočtu otláčení, provedu kontrolu pouze u kritických čepů. V tomto případě jsou nejvíce namáhány čepy, na které působí síla přes největší rameno.

M_o - ohybový moment

W_o - průřezový modul v ohybu

F - zatěžující síla

d - průměr čepu

r - rameno, na kterém působí síla

σ_{oD} - dovolené napětí v ohybu 700 MPa

- kontrola čepů zavírání lžice

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F/2 \cdot r}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} \leq \sigma_{oD}$$

$$\sigma_o = \frac{24938 \cdot 42.5}{\frac{\pi \cdot 25^3}{32}} \leq \sigma_{oD}$$

$$\sigma_o = 690.1 \text{ MPa}$$

$690,1 \text{ MPa} \leq 700 \text{ MPa} \Rightarrow$ vyhovuje

Druhý čep má kratší rameno při stejné síle $\Rightarrow$ vyhovuje

- kontrola čepů násady

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F/2 \cdot r}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} \leq \sigma_{oD}$$

$$\sigma_o = \frac{24938 \cdot 41}{\frac{\pi \cdot 25^3}{32}} \leq \sigma_{oD}$$

$$\sigma_o = 666.5 \text{ MPa}$$

$666,5 \text{ MPa} \leq 700 \text{ MPa} \Rightarrow$ vyhovuje

Druhý čep má kratší rameno při stejné síle $\Rightarrow$ vyhovuje

- kontrola čepů výložníku

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F/2 \cdot r}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} \leq \sigma_{oD}$$

$$\sigma_o = \frac{24938 \cdot 42.5}{\frac{\pi \cdot 25^3}{32}} \leq \sigma_{oD}$$

$$\sigma_o = 690.1 \text{ MPa}$$

$690,1 \text{ MPa} \leq 700 \text{ MPa} \Rightarrow$ vyhovuje

Druhý čep má kratší rameno při stejné síle $\Rightarrow$ vyhovuje

- kontrola čepů předních opěr

Čepy na předních opěrách mají stejný průměr jako čepy v ramenu, jsou výrazně kratší a působí na ně menší síla od pístnice, proto jsou na ohyb vyhovující.

- kontrola čepů zadní opěry

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{F/2 \cdot r}{\frac{\pi \cdot d^3}{32}} \leq \sigma_{oD}$$

$$\sigma_o = \frac{24938 \cdot 65}{\frac{\pi \cdot 25^3}{32}} \leq \sigma_{oD}$$

$$\sigma_o = 1056,7 \text{ MPa}$$

$1056,7 \text{ MPa} \geq 700 \text{ MPa} \Rightarrow$ nevyhovuje

Protože napětí na ohyb vyšlo příliš vysoké, bude nutné zvětšit průměr v pístním válci na 30 mm a použít tedy i čep o průměru 30 mm. Z hlediska volby PČH se nic nemění, stačí pouze oznámit dodavateli, že PČH bude mít na jednom konci čep 25 mm a na druhém 30 mm.

$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = \frac{24938 \cdot 65}{\frac{\pi \cdot 30^3}{32}} \leq \sigma_{oD}$$

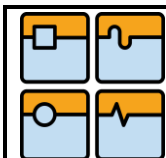
$$\sigma_o = \frac{M_o}{W_o} = 611,5 \text{ MPa}$$

$611,5 \text{ MPa} \leq 700 \text{ MPa} \Rightarrow$ vyhovuje

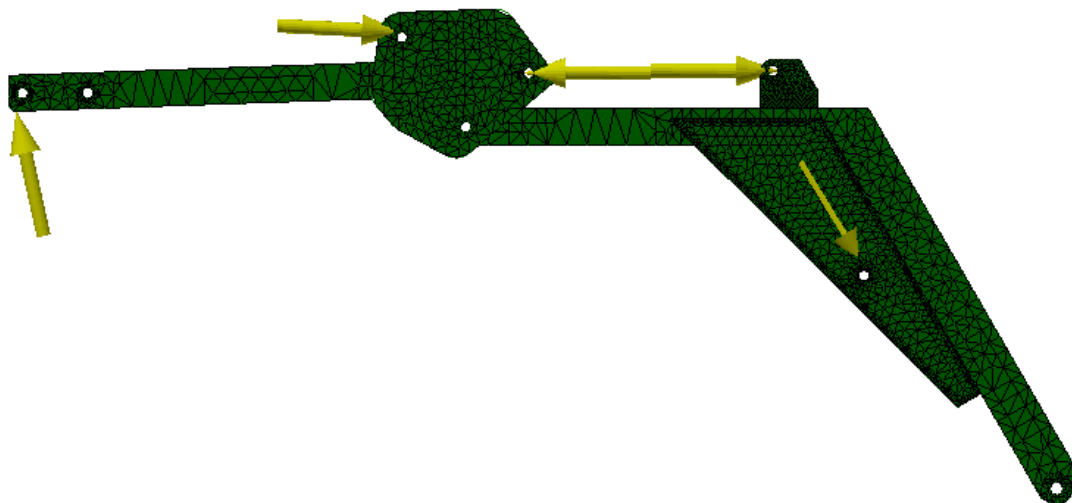
horní čep pístnice není třeba kontrolovat, dle předchozích výpočtů je vyhovující.

11.5. Kontrola čepů na smyk

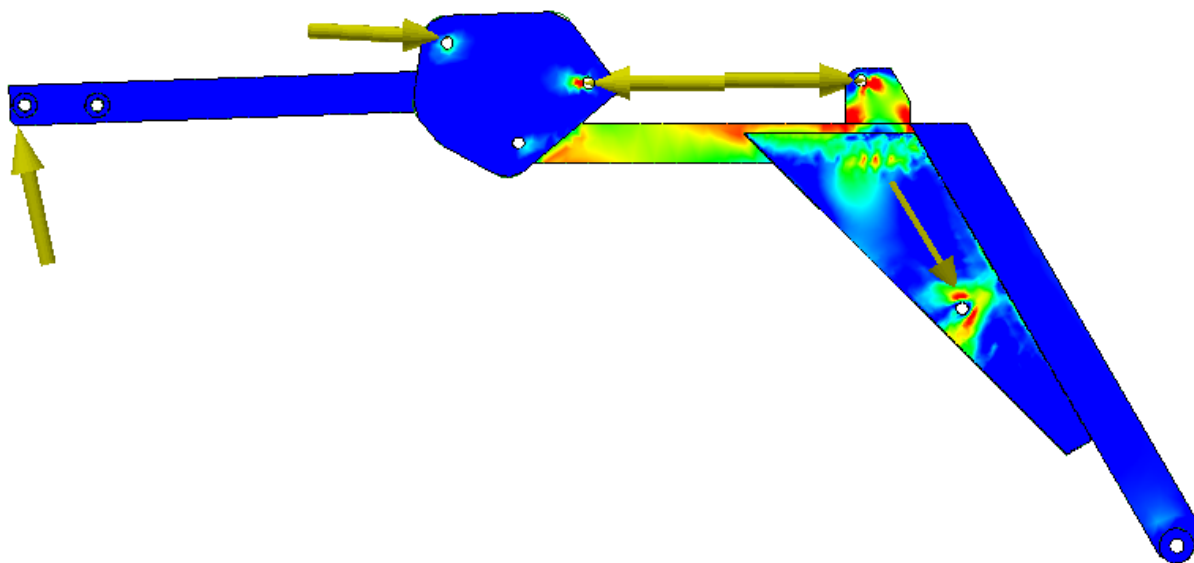
Kontrola čepů na smyk se v praxi neprovádí, lze ji zanedbat.



11.6. Výpočet MKP ramene

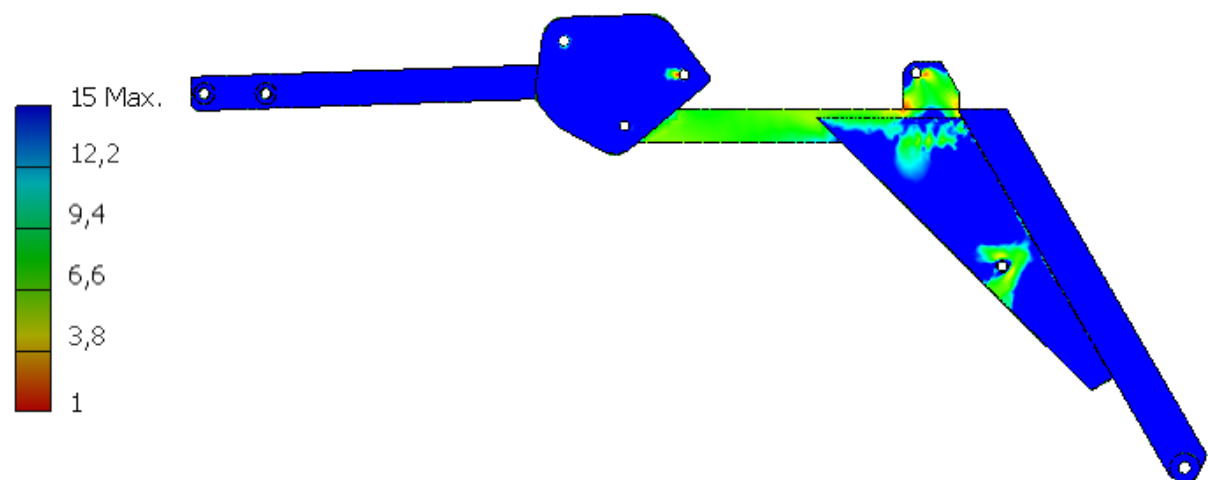


Obrázek 11.2 Zobrazení zatížení a vytvoření sítě na ramenu



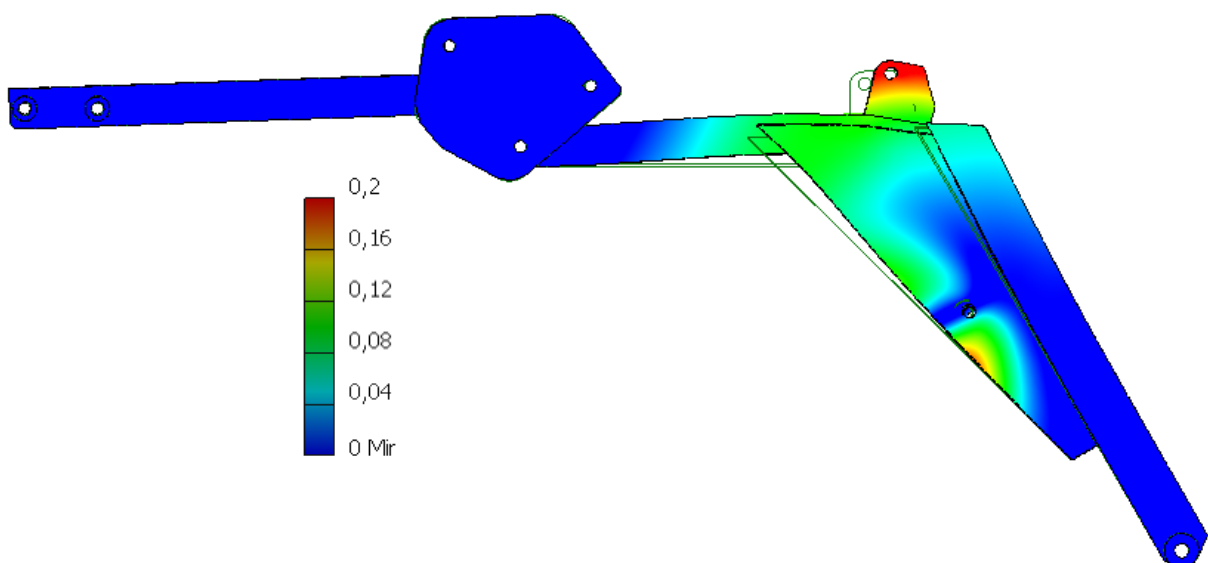
Obrázek 11.3 Zobrazení průběhu napětí v ramenu

Z obrázku 11.3 plyne, že kritická místa na ramenu jsou v oblasti svarů a v místech kontaktu čepu s jeho uchycením, proto byla tato místa zkontrolována výpočtem v předchozích kapitolách. Na obrázku 11.4 je potom vyobrazení velikosti koeficientu bezpečnosti. Z tohoto obrázku je patrné, že rameno je navrženo s dostatečnou bezpečností.



Obrázek 11.4 Zobrazení koeficientu bezpečnosti

Na posledním obrázku 11.5 je naznačeno a výrazně zvětšeno posunutí ramene při maximálním zatížení. Ve skutečnosti je maximální velikost posunutí přibližně 0,2 mm.



Obrázek 11.5 Výrazně zvětšené posunutí ramene při zatížení

11.7. Výpočet rovnováhy minibagru při převozu

Pro převoz minibagru je důležité, aby jeho těžiště bylo co nejvíce přesunuto do jeho přední části. Při výpočtu budu vycházet z rovnosti momentů jednotlivých stran vůči poloze nápravy. Hmotnosti prvků byly zjištěny v programu AUTODESK INVENTOR, stejně tak vzdálenosti těžišť jednotlivých dílců. Schematicky je výpočet znázorněn na obrázku 11.6.

PARAMETRY PRVKŮ

název komponenty	hmotnost kg	vzdálenost těžiště od nápravy mm
kompletní rameno včetně lžice a PČH	161,2	674,2
motor	48	947,2
rám	91	795
zadní opěra včetně PČH	38,9	1348,5
nádrž na olej	25	865
kryt včetně sedačky a jiný prvků	18,7	763,6
tažná tyč	2,2	1715
2x přední opěra včetně PČH	68,6	322,8
otoč	21,3	213

Tabulka 11.1 Parametry prvků získané z AUTODESK INVENTOR

$$\sum M_{LEVÁ STRANA} = \sum M_{PRAVÁ STRANA} = 0$$

$$F_{RAMENE} \cdot l_{RAMENE} + F_{OTOČE} \cdot l_{OTOČE} + F_{PŘEDNÍ OPĚRY} \cdot l_{PŘEDNÍ OPĚRY} = \\ = F_{MOTORU} \cdot l_{MOTORU} + F_{ZADNÍ OPĚRY} \cdot l_{ZADNÍ OPĚRY} + F_{RÁMU} \cdot l_{RÁMU} + F_{NÁDRŽE} \cdot l_{NÁDRŽE} \\ + F_{KRYTU} \cdot l_{KRYTU} + F_{TYČE} \cdot l_{TYČE}$$

kde F je síla, která je dána součinem hmotností jednotlivých prvků m a gravitační zrychlením g a l je vzdálenost od nápravy do těžiště jednotlivých prvků. Potom po dosazení:

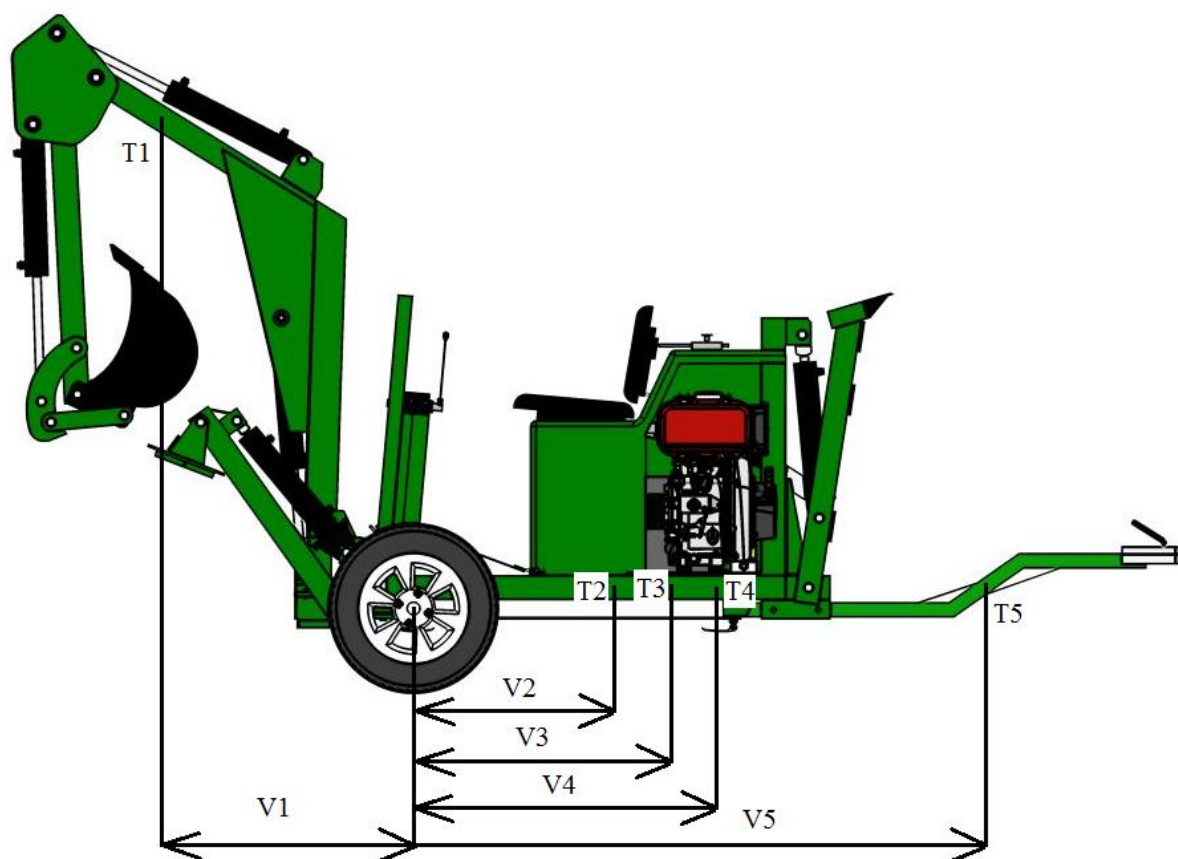
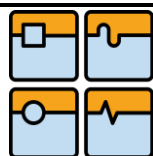
$$(161,2 \cdot 10) \cdot 0,674 + (21,3 \cdot 10) \cdot 0,213 + (68,6 \cdot 10) \cdot 0,3228 = (48 \cdot 10) \cdot 0,9472 + \\ + (38,9 \cdot 10) \cdot 1,348 + (91 \cdot 10) \cdot 0,795 + (25 \cdot 10) \cdot 0,865 + (18,7 \cdot 10) \cdot 0,763 + \\ + (2,2 \cdot 10) \cdot 1,715$$

Levá strana:

$$1086,5 + 45,4 + 221,5 = \mathbf{1353,4 \text{ Nm}}$$

Pravá strana:

$$454,7 + 524,4 + 723,5 + 216,3 + 142,7 + 37,73 = \mathbf{2099,3 \text{ Nm}}$$



Obrázek 13.1 Problematika vyvážení minibagru

Z výpočtů vyplývá, že pravá strana působí na nápravu větším momentem. Proto lze říci, že minibagr je pro převoz dobře vyvážený.

12. Technicko-ekonomické zhodnocení navrženého řešení

Cílem technicko-ekonomického zhodnocení je určení nákladů vynaložených na výrobu stroje, součástky nebo jiného prvku dle návrhu. Další částí zhodnocení je stanovení ceny, za kterou bude výrobek prodáván s potřebným ziskem.

V případě návrhu minibagru je při technicko-ekonomickém zhodnocení čerpáno z informací získaných na internetu. Protože jsem podle tohoto návrhu zhotovil se svým otcem reálný funkční minibagr, pokusím se čerpat také ze zkušeností získaných při jeho výrobě. I přesto je třeba brát výsledek pouze jako informativní. Při dnešní situaci na trhu se hodinová mzda pracovníka může v různých firmách a oblastech výrazně lišit. Také cena stejných komponentů může být u různých prodejců odlišná.

PŘÍMÉ NÁKLADY

➤ Náklady na materiál

název materiálu	množství	cena za jednotku	Cena řezů
uzavřený čtvercový profil 80x80x6 mm	8950 mm	381 Kč /bm	750 Kč
uzavřený obdélníkový profil 100x50x5 mm	2000 mm	320 Kč /bm	220 Kč
uzavřený obdélníkový profil 80x40x5 mm	950 mm	188 Kč bm	80 Kč
uzavřený obdélníkový profil 40x20x2mm	7740 mm	42,3 Kč /bm	322 Kč
uzavřený obdélníkový profil 80x50x5 mm	1800 mm	228 Kč /bm	220 Kč
uzavřený čtvercový profil 50x50x3 mm	2100 mm	107,6 Kč /bm	90 Kč
uzavřený obdélníkový profil 120x60x3mm	1200 mm	204,5 Kč /bm	100 Kč
uzavřený čtvercový profil 50x50x5 mm	1060 mm	181,5 Kč /bm	70 Kč
uzavřený čtvercový profil 40x40x3 mm	1440 mm	83 Kč /bm	32 Kč
tyč plochá 50x10 mm	2800 mm	97,5 Kč /bm	66 Kč
tyč plochá 100x10 mm	960 mm	194,2 Kč /bm	180 Kč
tyč plochá 80x12 mm	160 mm	156 Kč /bm	40 Kč
tyč plochá 80x20 mm	1740 mm	314 Kč /bm	640 Kč
tyč plochá 120x20 mm	700 mm	412 Kč /bm	540 Kč
tyč plochá 60x12 mm	540 mm	120 Kč /bm	80 Kč
tyč plochá 150x12 mm	1000 mm	469 Kč /bm	220 Kč
ocelový plech 1000x2000x6 mm		2480 Kč /tabule	

ocelový plech 2000x1000x3 mm		1163 Kč /tabule	
duralový plech 450x8 mm	1000 mm	1100 Kč /bm	118 Kč
ocelový plech 350x10 mm	1000 mm	680 Kč /bm	280 Kč
chromová pístní tyč ø 30 mm	4000 mm	970 Kč /bm	40 Kč
chromová pístní tyč ø 50 mm	300 mm	1077 Kč /bm	40 Kč
bronzová kulatina ø 70 mm	230 mm	2488 Kč/bm	60 Kč
bronzová kulatina ø 50 mm	200 mm	1530Kč/bm	40Kč
kalený čep ø 40 mm s hlavou	dle výkresu	2400 Kč /ks	
ocelová deska 240x200x28mm		2100 Kč /ks	
ocelová deska 240x230x28mm		2390 Kč /ks	
NÁKLADY PO PŘEPOČTU	24538 Kč		3928 Kč
CELKOVÉ NÁKLADY	28466 Kč		

Tabulka 12.1 Seznam použitého materiálu

V tabulce 12.1 je soupis veškerého materiálu, který bude pro výrobu minibagru zapotřebí nakoupit. V dnešní době prodejci hutního materiálu nabízejí možnost zařezávání materiálu na míru. Cena řezu je stanovena podle velikosti materiálu a podle toho, jestli se jedná o rovinný řez nebo řez pod úhlem. Z mého pohledu je výhodné této nabídce využít, proto jsem do tabulky uvedl i ceny řezů. Uvedené ceny jsou s DPH.

➤ **Náklady na nákup hydraulického zařízení, motoru a dalších funkčních prvků.**

zařízení	množství	cena za kus
motor YANMAR L100AE	1	58 600 Kč
zubový hydrogenerátor Vivoil	1	2986 Kč
hydraulický rozvaděč	1	7500 Kč
hydraulický filtr Maxiflow	1	1432 Kč
tvarovky pro napojení hyd. prvků	42	průměrná 35 Kč
hydraulický zámek	3	1043 Kč
PČH 63/32/320	3	3450 Kč
PČH 50/25/250	2	2418 Kč
PČH 50/25/300	1	2680 Kč
PČH 63/36/370	1	4530 Kč
hydraulické hadice a sponky		celkem 8245 Kč

maznice	7	30 Kč
spojovací materiál, silentbloky, pojistné kroužky, barva,aj		celkem 5000 Kč
výfuková soustava		celkem 920 Kč
sedadlo strojníka	1	1920 Kč
CELKOVÉ NÁKLADY		113348 Kč

Tabulka 12.2 Seznam použitých prvků při návrhu

➤ náklady na mzdy zaměstnanců a pracovní stroje

Na minibagru budou mít nejvyšší podíl svářečské práce. Hodinová sazba svářeče je přibližně 128 Kč. Pro správnost výpočtu by bylo třeba zjistit délku všech svaru. Vzhledem k tomu, že by se jednalo o zdlouhavý proces, budu čerpat z vlastních zkušeností a faktů, které jsem získal při realizaci návrhu. Svářečské práce na minibagru odhaduji na 105 hodin. V těchto hodinách je započítána i manipulace se svařenci a příprava pod svary. Náklady na svařování se tedy spočtou následovně.

$$N_{\text{svařování}} = M_{\text{hod}} \cdot P_{\text{hod}}$$

$$N_{\text{svařování}} = 128 \cdot 105$$

$$N_{\text{svařování}} = \mathbf{13440 \text{ Kč}}$$

kde M_{hod} je hodinová mzda svářeče, P_{hod} je počet hodin.

Další náklady budou vynaloženy na krácení čepu na požadovanou délku. Hodinová mzda dělníka, který bude obsluhovat pásovou pilu je přibližně 95 Kč. Jeden řez čepu trvá i s ustavením do 10 minut. Celkem bude provedeno přibližně 30 řezů, což znamená, že krácení čepů by nemělo trvat déle než 5 hodin.

$$N_{\text{řezání}} = M_{\text{hod}} \cdot P_{\text{hod}}$$

$$N_{\text{řezání}} = 95 \cdot 5$$

$$N_{\text{řezání}} = \mathbf{475 \text{ Kč}}$$

kde M_{hod} je hodinová mzda dělníka, P_{hod} je počet hodin.

Svůj podíl budou mít na nákladech také soustružnické práce, srážení hran, výroba pouzdra atd. Hodinová mzda soustružníka se pohybuje okolo 108 Kč. Soustružnické práce budou trvat 10 hodin.

$$N_{\text{soustružení}} = M_{\text{hod}} \cdot P_{\text{hod}}$$

$$N_{\text{soustružení}} = 108 \cdot 10$$

$$N_{\text{soustružení}} = \mathbf{1080 \text{ Kč}}$$

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 87
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

kde M_{hod} je hodinová mzda soustružníka, P_{hod} je počet hodin.

Obdobně lze spočítat náklady vynaložené na vrtání a vyvrtávání otvorů. Přesné otvory budou vrtány až po svaření jednotlivých svařenců. Větší prvky jako rám a výložník budou vyvrtány na velkých souřadnicových vrtačkách. Hodinová cena práce tohoto stroje je stanovena na 1400 Kč. Celkem bude na stroji vrtáno přibližně 16 různě dlouhých otvorů. Práce nebude trvat déle než 10 hodin.

$$N_{vrtání} = M_{hod} \cdot P_{hod}$$

$$N_{vrtání} = 1400 \cdot 10$$

$$N_{vrtání} = \mathbf{14000 \text{ Kč}}$$

kde M_{hod} je cena hodinové práce na velké souřadnicové vrtačce, P_{hod} je počet hodin.

Ostatní otvory budou vyvrtány na klasické souřadnicové vrtačce, jejíž hodinová cena je 380 Kč. Práce bude trvat 12 hodin.

$$N_{vrtání2} = M_{hod} \cdot P_{hod}$$

$$N_{vrtání2} = 380 \cdot 12$$

$$N_{vrtání2} = \mathbf{4560 \text{ Kč}}$$

Na minibagru budou muset být některé tvarově složitější části vypáleny. Těchto prvků není mnoho a budou vypalovány do relativně slabých materiálů. Vypalování bude trvat 5 hodin, hodinová sazba je 1500 Kč.

$$N_{vypalování} = M_{hod} \cdot P_{hod}$$

$$N_{vypalování} = 1500 \cdot 5$$

$$N_{vypalování} = \mathbf{7500 \text{ Kč}}$$

kde M_{hod} je hodinová cena vypalování, P_{hod} je počet hodin.

Další fází výrobního postupu bude broušení a následný nátěr minibagru. Práci bude vykonávat dělník, jehož hodinová mzda je 90Kč. Práci bude vykonávat 18 hodin

$$N_{nátěru} = M_{hod} \cdot P_{hod}$$

$$N_{nátěru} = 18 \cdot 90$$

$$N_{nátěru} = \mathbf{1620 \text{ Kč}}$$

kde M_{hod} je hodinová mzda dělníka, P_{hod} je počet hodin.

Poslední fází je montáž minibagru. Tuto práci zaobstarají dva dělníci s hodinovou mzdou 90 Kč, montáž bude provedena za 13,5 hodiny.

$$N_{montáže} = M_{hod} \cdot P_{hod}$$

$$N_{montáže} = 90 \cdot 27$$

$$N_{montáže} = \mathbf{2430 \text{ Kč}}$$

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 88
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

kde M_{hod} je hodinová mzda dělníka, P_{hod} je počet hodin, který odpracovali.

Celkové náklady na mzdy zaměstnanců a pracovních strojů jsou dány součtem jednotlivých nákladů na vykonanou práci:

$$N_{mzcelkové} = N_{svařování} + N_{řezání} + N_{soustružení} + N_{vrtání} + N_{vrtání2} + N_{vypalování} + N_{nátěru} + N_{montáže}$$

$$N_{mzcelkové} = 13440 + 475 + 1080 + 14000 + 4560 + 7500 + 1620 + 2430$$

$$N_{mzcelkové} = \mathbf{45105 \text{ Kč}}$$

Celkové přímé náklady vyjadřuje následující vztah.

$$N_{přímecelkové} = N_{na \text{ materiál}} + N_{na \text{ koupené prvky}} + N_{mzcelkové}$$

$$N_{přímecelkové} = 28466 + 113348 + 45105$$

$$N_{přímecelkové} = \mathbf{186919 \text{ Kč}}$$

NEPŘÍMÉ NÁKLADY

Nepřímé náklady jsou popsány následujícím vztahem.

$$N_{nepřímé} = \frac{N_{mzcelkové} \cdot (VR + SR)}{100}$$

$$N_{nepřímé} = \frac{45105 \cdot (280 + 100)}{100}$$

$$N_{nepřímé} = \mathbf{171399 \text{ Kč}}$$

VR je výrobní režie (jedná se o náklady související s řízením a obsluhou výrobní činnosti např. odpisy strojů, odpisy zařízení, opravy strojů, spotřeba energie, mzdy vedoucích pracovníků, náklady na čisticí prostředky aj.)

SR je správní režie (tvoří ji náklady na mzdy managementu, sociální a zdravotní pojištění pracovníků, náklady na výpočetní techniku, náklady spojené s právním oddělením atd.)

VARIABILNÍ NÁKLADY

$$N_{variabilní} = N_{přímecelkové} + N_{nepřímé}$$

$$N_{variabilní} = 186919 + 171399$$

$$N_{variabilní} = \mathbf{358318 \text{ Kč}}$$

FIXNÍ NÁKLADY

Do fixních nákladů se zahrnuje cena strojního vybavení potřebného pro výrobu produktu, případně cena speciálních nástrojů vyrobených u jiné firmy. Při výrobě minibagru nebylo potřeba zakoupit žádný speciální stroj, ani nástroj, proto uvažují fixní náklady nulové.

Do celkové ceny je třeba zahrnout odpočet tržby za zbytkový materiál. Vzhledem k tomu, že většina materiálu byla dodána dodavatelem na míru, je vzniklé množství zbytkového materiálu zanedbatelné. V podstatě se jedná o malé množství odřezků a špon o hmotnosti do 10 kg.

CELKOVÉ NÁKLADY

$$N_{celkové} = N_{variabilní} + N_{fixní} - \text{Materiál}_{zbytkový}$$

$$N_{celkové} = 358318 + 0 - 0$$

$$N_{celkové} = \mathbf{358318 \text{ Kč}}$$

CELKOVÁ CENA MINIBAGRU

Cílem bylo vyrobit minibagr do 400000 Kč bez DPH. Stanovený zisk je nastaven na 14 %. Potom výsledná cena minibagru je

$$\text{Cena}_{minibagru} = N_{celkové} \cdot 1,14$$

$$\text{Cena}_{minibagru} = 358318 \cdot 1,14$$

$$\text{Cena}_{minibagru} = \mathbf{408482,5 \text{ Kč bez DPH}}$$

ZHODNOCENÍ

Celková prodejní cena minibagru je tedy 408483 Kč bez DPH. Je třeba brát v úvahu, že technicko-ekonomické zhodnocení bylo provedeno pro výrobu jednoho kusu. V případě sériové výroby by cena výrazně klesla např. vlivem využívání přípravků při výrobě, či množstevních slev při nákupu komponentů a materiálů. Velkou položku tvoří cena motoru, jedná se o drahý, ale osvědčený motor. Je možné se zamyslet nad zvolením levnější varianty motoru a některých hydraulických komponentů, což by na cenu mělo také velký vliv. I přesto, že výsledná cena mírně převyšuje požadavek, navržený stroj by byl na trhu konkurenceschopný.

13. Analýza bezpečnostních rizik navrženého konstrukčního řešení.

Analýza rizika je strukturovaný proces, který probíhá ve třech krocích. Cílem analýzy je zjištění a prozkoumání všech rizik, které mají se zjištěnými nebezpečnými situacemi nějakou souvislost. Analýza rizik zahrnuje celkem dvě dílčí analýzy. Jednak analýzu následku, jejímž úkolem je určení druhu škody, která může při výskytu nebezpečné události vzniknout, a také analýzu četnosti, která slouží k co nejpřesnějšímu odhadu pravděpodobnosti výskytu možné škody. Cílem analýzy následků je také odhad závažnosti této chyby. V poslední fázi analýzy je zapotřebí navrhnout vhodným způsobem eliminaci rizik.

- V průběhu návrhu minibagru došlo k identifikaci následujících rizik a jejich důsledků.
- 1 Špatná volba motoru → nedostatečný výkon, vysoká spotřeba.
 - 2 Nevhodná volba hydraulických komponentů → špatná ovladatelnost minibagru, způsobení poruchy stroje, negativní ovlivnění celkové funkčnosti minibagru.
 - 3 Nedostatečné množství a špatné zvolení ochranných krytů → ohrožení bezpečnosti obsluhy a okolí.
 - 4 Nevhodné navržení stroje → nepoužitelnost v praxi.
 - 5 Vysoká cena minibagru → nezájem na trhu.
 - 6 Poddimenzování některých z komponentů → ohrožení bezpečnosti obsluhy a okolí, nedodržení záruční lhůty.
 - 7 Pozdní dodání materiálu a komponentů → nedodržení požadované doby dodání.
 - 8 Dodání nekvalitního materiálu a vadných komponentů → nedodržení požadované doby dodání, ohrožení bezpečnosti.
 - 9 Nedostatek financí pro návrh a jeho realizaci → konec projektu.
 - 10 Nedostatečná kvalifikace pracovníků → vyrobení nefunkčního minibagru.
 - 11 Nedostatečné ověření zájmu cílových skupin na trhu → nezájem na trhu.
 - 12 Nedodržení termínu dodání → ukončení spolupráce se zákazníkem v průběhu rozpracování.
 - 13 Špatná kvalita vyrobeného minibagru → časté reklamace, nezájem na trhu.
 - 14 Nesprávně sestavený finanční rozpočet → zvýšení ceny, nezájem na trhu.
 - 15 Špatná vzájemná spolupráce mezi členy týmu → nedodržení termínu dodání.

Rizika jsou hodnocena podle kvalitativní analýzy. V tabulce 13.1 jsou zobrazeny popisy pravděpodobnosti výskytu rizikového faktoru.

označení	pravděpodobnost výskytu	popis výskytu rizikového faktoru
A	skoro jistě	čekáme, že se objeví skoro ve všech situacích
B	pravděpodobně ano	očekáváme, že se objeví ve většině situací
C	pravděpodobně	čekáme občasné objevení
D	nepravděpodobně	očekáváme, že by se někdy mohl objevit
E	téměř vyloučeně	očekávání spíše výjimečného objevení

Tabulka 13.1 Popis pravděpodobnosti výskytu

Dopad důsledků je potom popsán v tabulce 13.2.

označení	důsledek výskytu	popis výskytu rizikového faktoru
1	bezvýznamný	prakticky žádné finanční ztráty
2	malý	pozorovatelné nevýznamné finanční ztráty
3	střední	docela velké finanční ztráty
4	velký	velké finanční ztráty
5	fatální	fatální finanční ztráty, zdraví ohrožující riziko

Tabulka 13.2 Dopad důsledků v případě vzniku rizika

Vyhodnocení výše uvedených rizik, podle kvalitativní metody analýzy rizik vyjadřuje obrázek 13.1.

důsledky rizika						
		1	2	3	4	5
		bezvýznamný	malý	střední	velký	fatální
pravděpodobnost vzniku škody	A	skoro jistě				
	B	pravděpodobně ano				
	C	pravděpodobně			7;12	
	D	nepravděpodobně		1;6;10	2;3;4;5;6; 13	9
	E	téměř vyloučeně		8;15	11;14	

	PŘIJATELNÉ
	PŘIJATELNÉ, NUTNOST PROVEDENÍ ANALÝZY
	NEPŘIJATELNÉ

Obrázek 13.1 Vyhodnocení rizik návrhu podle kvalitativní metody

ELIMINACE RIZIK

- Konzultace problematiky motorů používaných v minibagrech s výrobcem motoru, případně se pokusit o dohodu výměny motoru s dodavatelem za předpokladu jeho nepoškození. Porovnání s konkurenčními minibagry.
- Konzultace s odborným pracovníkem z oblasti hydrauliky, dohoda s výrobcem o výměně nepoškozeného zboží.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 92
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

- 3 Oslovení několika zkušených pracovníků s podobným typem minibagru, zvýšená pozornost této problematice.
- 4 Zvýšená pozornost věnována návrhu stroje, kontrola návrhu dalšími členy projektového týmu.
- 5 Řádné prozkoumání dodavatelů materiálů a komponentů, následná volba nejlevnějšího dodavatele, při stejné kvalitě zboží. Zvýšená kontrola zaměstnanců.
- 6 Kontrola výpočtů ostatními členy projektového týmu. Zvýšená pozornost věnována této problematice.
- 7 Objednání materiálu s dostatečným předstihem, využití osvědčeného dodavatele.
- 8 Objednání komponentů a materiálu od osvědčeného dodavatele, vizuální kontrola při předání zboží.
- 9 Finance musí být zajištěny ještě před začátkem projektu.
- 10 Zaměstnávání pouze kvalifikovaných zaměstnanců, v případě potřeby provést jejich zaškolení.
- 11 V ideálním případě mít zajištěn odběr minibagru již před spuštěním návrhu, případně podrobné zkoumání trhu před počátkem projektu.
- 12 Zvýšená kontrola zaměstnanců, veškeré zboží objednat s dostatečným předstihem.
- 13 Odborné práce musí vykonávat pouze zaškolený nebo odborný pracovník, zvýšená kontrola zaměstnanců.
- 14 Odborná konzultace s firmou zabývající se finanční problematikou.
- 15 Zaměstnávání pouze nekonfliktních a bezproblémových zaměstnanců s dobrou pracovní morálkou a slušnými komunikačními schopnostmi.

ZÁVĚR

Z analýzy rizik vyplývá, že při návrhu a realizaci minibagru by neměla nastat žádná rizika, která by byla nepřijatelná a měla tak fatální následek pro celý projekt.

14. Bezpečnost práce

Stroje a strojní zařízení pro vykonávání stavebních prací musí svým technickým stavem a svojí konstrukcí splňovat bezpečnost práce. Každý stroj musí být vybaven návodem k použití a údržbě. V tomto případě návrhu by platila podmínka, že zhotovitel musí vytvořit vlastní návod, který musí obsahovat následující body.

- povinnost obsluhy před zahájením práce a v průběhu práce
- informace o způsobu zajištění stroje při převozu, odstavování z provozu, opravách a nežádoucím uvedení stroje do provozu

- informace o zajištění a umístění stroje po skončení provozu
- informace o rozsahu údržby a pravidelnosti kontrol
- zakázané činnosti

Za předpokladu, že není k dispozici průvodní dokumentace, řídí se obsluha místním bezpečnostním předpisem. Je - li na stroji zjištěna závada, nesmí být stroj uveden do provozu dříve, než dojde k jejímu odstranění.

Je zakázáno:

- uvádění stroje do provozu jsou - li v nebezpečném okolí další osoby
- uvádět stroj do chodu, jestliže má demontované nebo poškozené některé ochranné zařízení
- pracovat se strojem za snížené viditelnosti, pokud není pracovní prostor dostatečně osvětlen
- pohybovat se s pracovním zařízením nad ostatními pracovníky
- pracovat se strojem v případě, že není zajištěna dobrá viditelnost z místa obsluhy
- vyřazovat s činnosti bezpečnostní ochranná zařízení, případně měnit jejich parametry [34]

14. Získání povolení pohybu po pozemních komunikacích

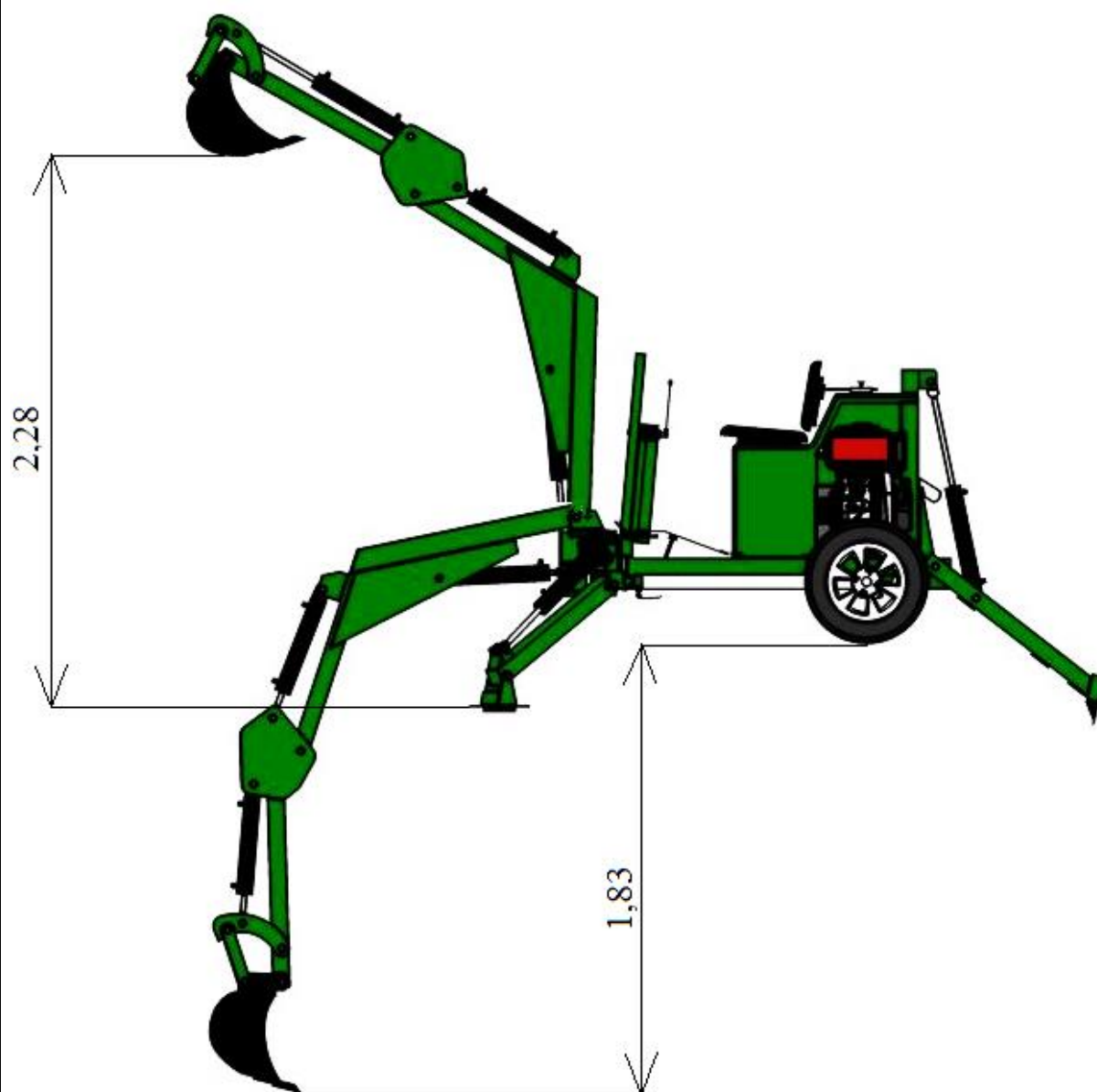
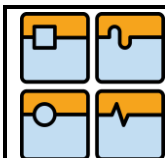
Získání povolení výjimečného využití místní komunikace a silnice, pro pohyb přídatných pracovních strojů a zařízení, vydává příslušný silniční správní úřad. Toto povolení je definováno § 25 odst. 6 písm. g) zákon č.13/1997 Sb., o pozemních komunikacích, ve znění pozdějších předpisů. Příslušnost silničního správního úřadu je dána v § 40 výše uvedeného zákona.

15. Parametry navrženého minibagru

Výsledné parametry minibagru vyjadřuje tabulka 15.1.

Model	Navrhovaný minibagr
cena [kč] bez DPH	408 483
motor [kW]	7,5
hmotnost [kg]	kompletního stroje 501
dosahy [m]	
hloubka	1,83
nakládací výška	2,28
vzdálenost	2,81
hydraulika	
provozní tlak [MPa]	16
nádrž provozní kapaliny[l]	25
vybavení	
lžice šířky[mm]	300
rozměry	
rozsah otoče	130°
průjezdni šířka [mm]	1320
Délka v přepravní poloze [mm]	bez tažné tyče 2580

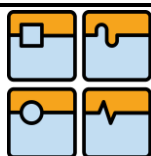
Tabulka 15.1 Výsledné parametry navrženého minibagru



Obrázek 15.1 Vyznačení výškového a hloubkového dosahu minibagru

16. Regulace otáček motoru

Regulování výkonu motoru bude probíhat mechanickým způsobem. Na ovládacím panelu strojníka je umístěna mechanická páčka, která bude lankem propojena s ovládáním přísunu paliva do motoru. Při práci se páčka nastaví do potřebné polohy a to zajistí konstantní výkon motoru. Pokud bude zapotřebí využít většího výkonu, bude tato páčka propojena s pedálem, který po sešlápnutí zvýší přívod paliva, a tím i výkon motoru. Po jeho uvolnění se výkon motoru vrátí zpět na nastavenou polohu na páčce.



17. Pohled na 3D model minibagru



Obrázek 17.1 Celkový pohled na navržený minibagr



Obrázek 17.1 Pohled na minibagr s natočeným ramenem o 65°

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 96
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

18. Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce byl konstrukční návrh minibagru. Minibagr je pracovní stroj, který je charakteristický hlavně svými malými rozměry a při jeho návrhu nebylo možné ve většině případů čerpat z normalizovaných dílců. Nejprve byla provedena rešerše v oblasti minibagrů, na základě které proběhl výběr varianty návrhu. Pro vlastní návrh byla zvolena varianta kráčivého typu stroje. Vzhledem k tomu, že výpočtová problematika je značně složitá a zdoluhavá, byly provedeny pouze základní výpočty. Cílem návrhu bylo vytvoření cenově dostupného a konkurence schopného stroje. Dále byla provedena analýza rizik a technicko-ekonomické zhodnocení návrhu. Na základě výsledků těchto analýz lze konstatovat, že navržený minibagr by byl schopen na trhu konkurovat podobným strojům.

Všechny hlavní části minirypadla popsané v rešerši, byly navrženy z kvalitních a masivních materiálů. Výsledkem návrhu je stroj, který lze využít pro komerční, ale také soukromé použití. Má dostatečnou výkonnost, je snadno přemístitelný, kvalitní a cenově dostupný. Je schopen pracovat na rovných plochách i ve složitých nepřístupných terénech, proto má vysoký rozsah použití.

Při návrhu minibagru bylo využito znalostí, získaných v hodinách robotiky. Hlavně rameno stroje lze považovat za robotické rameno zakončené koncovým efektem - lžicí. Také styl kráčivého pohybu minibagru je hodně podobný způsobu pohybu některých robotů. Pohyblivé části jsou ovládány hydraulickými prvky. Jako tlakové médium je využito hydraulického oleje, který je ekologicky odbouratelný.

Diplomová práce je stručně zaměřena také na bezpečnost a na možnost udělení výjimky pro pohyb minibagru po pozemních komunikacích. Při její tvorbě bylo využito programu AUTODESK INVENTOR a některých internetových aplikací.

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 97
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

19. Seznam použité literatury

- [1] KUBOTA: *návod k obsluze model K008-3,U10-3*. 2005, 110 s. Dostupné z: http://bagry.cz/cze/zajimave_odkazy/navod_k_obsluze_kubota_kx008_u10
- [2] Kolové rypadlo 6503 | waymorava.cz. *Stavební stroje od autorizovaného prodejce – WAY MORAVA* [online]. ©2014 [cit. 2014-03-09]. Dostupné z: <http://www.waymorava.cz/prodej-stavebnich-stroju/rypadla-a-minirypadla/mobilni-rypadla-6t/kolove-rypadlo-6503.htm>
- [3] Podkopová lopata pro JCB 3CX/4CX 300mm | Denison.cz. *Náhradní díly do stavebních a zemědělských strojů* | Denison.cz [online]. [cit. 2014-03-09]. Dostupné z: <http://www.denison.cz/prislusenstvi/jcb/lopaty/podkopova-lopata-pro-jcb-3cx-4cx-300mm.aspx>
- [4] DSC08928.JPG :: K·M·K servis. *KMK servis - příslušenství pro bagry* [online]. © 2009 - 2014 [cit. 2014-03-09]. Dostupné z: <http://www.k-m-k.cz/album/fotogalerie/dsc08928-jpg/>
- [5] Svahovací naklápěcí lžíce - Svahovací naklápěcí lžíce | TERRAMET. *Stavební stroje JCB, stavební technika* | TERRAMET [online]. [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://www.terramet.cz/svahovaci-naklapeci-lzice/svahovaci-naklapeci-lzice>
- [6] Vrták na minibagr? / Přídavná zařízení a příslušenství / Fórum / bagry.cz - vše o stavebních strojích pro zemní práce. In: *Bagry.cz - vše o stavebních strojích pro zemní práce* [online]. © 2004-2014 [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: http://bagry.cz/cze/forum/pridavna_zarizeni_a_prislusenstvi/vrtak_na_minibagr
- [7] JCB HM140 - Hydraulická bourací kladiva | TERRAMET. *Stavební stroje JCB, stavební technika* | TERRAMET [online]. [cit. 2014-03-10]. Dostupné z: <http://www.terramet.cz/hydraulicka-bouraci-kladiva/hydraulicka-bouraci-kladiva/jcb-hm140>
- [8] Bagr – Wikipedie. *Wikipedie, otevřená encyklopedie* [online]. 8.11.2013 [cit. 2014-03-04]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Bagr#Z.C3.A1kladn.C3.AD_.C4.8D.C3.A1sti
- [9] Lehnhoff - Lehmatic Schnellwechsler für Minibagger und Kompaktbagger. *Baggerlöffel, Anbaugeräte für Minibagger, Mobilbagger, etc.* [online]. © 2011 [cit. 2014-03-11]. Dostupné z: <http://www.lehnhoff.de/schnellwechsler-minibagger-kompaktbagger.html>
- [10] Standardy rychloupínačů pro rypadla aneb jak se v nich vyznat / Technika / Články / bagry.cz - vše o stavebních strojích pro zemní práce. *Bagry.cz - vše o stavebních strojích pro zemní práce* [online]. © 2004-2014 [cit. 2014-03-11]. Dostupné z: http://bagry.cz/cze/clanky/technika/standardy_rychloupinacu_pro_rypadla_aneb_jak_se_v_nich_vyznat

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 98
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

- [11] Hydraulický rychloupínač | Kohut.cz. *Stavební stroje a technika* | Kohut.cz [online]. © 2010 [cit. 2014-03-11]. Dostupné z: <http://www.kohut.cz/hydraulicky-rychloupinac>

- [12] Kolové rypadlo Neuson 9503 vsadilo na kartu vysoké rychlosti / Recenze / Články / bagry.cz - vše o stavebních strojích pro zemní práce. *Bagry.cz - vše o stavebních strojích pro zemní práce* [online]. © 2004-2014 [cit. 2014-03-12]. Dostupné z: http://bagry.cz/cze/clanky/recenze/kolove_rypadlo_neuson_9503_vsadilo_na_kartu_v_ysoke_rychlosti

- [13] Hydraulický rozvaděč třípolohový sedmisekční s regulačním ventilem AKR 7/40 | www.technikaprofarmu.cz. *Technika pro farmu - stroje a mechanizace pro zemědělství* [online]. [cit. 2014-03-16]. Dostupné z: <http://www.technikaprofarmu.cz/hydraulicke-rozvadece/rucne-ovladane/10434/hydraulicky-rozvadec-tripolohovy-sedmisekzni-s-regulacnim-ventilem-akr-740-123125.htm>

- [14] Pásové mikrorypadlo Bobcat E10: Český originál / Recenze / Články / bagry.cz - vše o stavebních strojích pro zemní práce. *Bagry.cz - vše o stavebních strojích pro zemní práce* [online]. [cit. 2014-03-16]. Dostupné z: http://bagry.cz/cze/clanky/recenze/pasove_mikrorypadlo_bobcat_e10_cesky_original

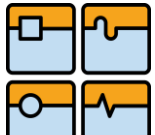
- [15] CanDig Mini excavators Inc. builds mini excavators for sale, located in Kamloops, B.C. Canada. *Mini excavators by CanDig Mini Excavators Inc.* [online]. [cit. 2014-03-16]. Dostupné z: <http://www.candig.com/joystick.html>

- [16] Motor Mitsubishi Mitsubishi L3E pro minibagru VOLVO Pel, Job ... náhradní díly motor. Náhradních dílů na prodej — Motor Mitsubishi Mitsubishi L3E pro minibagru VOLVO Pel, Job , prodej, koupě, cena, QR3325. *Autoline Česko – prodej užitkové techniky, náhradních dílů a příslušenství* [online]. ©2002-2014 [cit. 2014-03-16]. Dostupné z: <http://autoline-eu.cz/sf/nahradni-dily-motor-motor-VOLVO-Pel-Job--13031815141977231600.html>

- [17] Honda GX 160 RHQ 4 | Karting-shop.cz - Prodej a pronájem doplňků a dílů na motokáry. *Karting-shop.cz - Prodej a pronájem doplňků a dílů na motokáry* [online]. (c) 2009 [cit. 2014-03-16]. Dostupné z: <http://www.karting-shop.cz/motokary/motory/honda-gx-160-rhq-4.html>

- [18] FRIES, Jiří. *Zemní stroje* [online]. Vyd. 1. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2012, 1 DVD-ROM [cit. 2014-03-03]. ISBN 978-80-248-2567-0. Dostupné z: http://www.person.vsb.cz/archivcd/FS/ZS/TEXT/Zemni_stroje_340-033www.pdf

- [19] Bagr – Wikipedie. *Wikipedie, otevřená encyklopedie* [online]. 8.11.2013 [cit. 2014-03-04]. Dostupné z: http://cs.wikipedia.org/wiki/Bagr#Z.C3.A1kladn.C3.AD_.C4.8D.C3.A1sti

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 99
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

- [20] Kompaktní rýpadla < 6 t | 1404 | Wacker Neuson. *Stavební stroje, technika pro stavbu a kompaktní stroje*; Wacker Neuson [online]. © 2014 [cit. 2014-03-03]. Dostupné z: <http://www.cz.wackerneuson.com/cs/vyrobky/detail/kompaktni-rypadla-6t/1404-1.html>
- [21] VOP CZ, s.p. VOP CZ, s.p [online]. © 2011 [cit. 2014-03-04]. Dostupné z: <http://www.vop.cz/cz/kategorie/podvozky.aspx>
- [22] Kompletní podvozky | renomag. *Úvod* | renomag [online]. © 2005 - 2014 [cit. 2014-03-04]. Dostupné z: <http://www.renomag.cz/produkty/podvozkove-dily/podvozky-ocelove/kompletni-podvozky>
- [23] Lipatech s.r.o. | Hnací ozubená kola, turasy, segmenty. *Lipatech s.r.o. | Lipatech půjčovna a pronájem nářadí a strojů* [online]. [cit. 2014-03-05]. Dostupné z: <http://www.lipatech.cz/dily-a-servis/podvozkove-dily/produkt/hnaci-kola>
- [24] Gumové pásy.cz turasy, segmenty. *Gumové pásy.cz* [online]. [cit. 2014-03-05]. Dostupné z: <http://www.gumovepasy.cz/leve-menu/gumove-pasy>
- [25] BATEMAG_ P40. 2013, 1 s. Dostupné z: <http://www.jaquetvallorbe.ch/documents/showFile.asp?ID=2736>.
- [26] *NÁVOD PRO OBSLUHU A ÚDRŽBU MIKRO RÝPADLA DH 0115*. TEPA, 1990, 92 s.
- [27] Minibagry CanDig. *GENAO Brno* [online]. © 2009 [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: <http://www.genaobrno.eu/minibagry-candig/>
- [28] MiniBagr Ortas MRK-14. *Hezky bydlet v moderním domě, bytě a zahradě* [online]. [cit. 2014-04-10]. Dostupné z: <http://www.hezkybydlet.cz/minibagr-ortas-mrk-14-minirypadlo-1988.html>
- [29] nfo o značce Wacker Neuson - Historie značky Wacker Neuson | Kohut.cz. *Stavební stroje a technika* | Kohut.cz [online]. © 2010 [cit. 2014-04-14]. Dostupné z: <http://www.kohut.cz/info-o-znacce-wacker-neuson-44-info>
- [30] Kompaktní rýpadla < 6 t | Wacker Neuson. *Stavební stroje, technika pro stavbu a kompaktní stroje*; Wacker Neuson [online]. © 2014 [cit. 2014-04-14]. Dostupné z: <http://www.cz.wackerneuson.com/cs/vyrobky/detail/kompaktni-rypadla-6t-1.html>
- [31] Utahovací páky. *Standard Machine Elements Worldwide ELESa + GANTER* [online]. © 2014 [cit. 2014-05-20]. Dostupné z: <http://www.elesa-ganter.com/cz/32/sps/9516/4/1/25/53/1738/?t=-8588010159117816020>
- [32] Yanmar Industrial Engines. *Yanmar Industrial Engines* [online]. Copyright © 2014 [cit. 2014-05-21]. Dostupné z: http://www.yanmarengines.co.uk/detail.php?product_id=16

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 100
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

- [33] HYDAPRESS s.r.o. *HYDAPRESS s.r.o.* [online]. 2014 [cit. 2014-05-21]. Dostupné z: http://www.hydapress.cz/hydraulicke_komponenty/ventily/hydraulicke_zamky
- [33] Portál pro strojní konstruktéry - pevnostní výpočet koutového svaru. *Portál pro strojní konstruktéry* [online]. © 2013 [cit. 2014-05-24]. Dostupné z: <http://e-konstrukter.cz/technicke-vypocty/16-koutove-svary/68-pevnostni-vypocet-koutoveho-svaru>
- [34] Files — Czech. *Vítejte! — Bezpečnost a ochrana zdraví při práci - EU-OSHA* [online]. Copyright 1998-2013 [cit. 2014-05-25]. Dostupné z: <https://osha.europa.eu/fop/czech-republic/cs/publications/files/Stavebnictvi.pdf>

20. Seznam obrázků a tabulek

Obrázek 2.1	Hlavní části minibagru	12
Obrázek 2.2	Rameno minibagru – hlavní části	12
Obrázek 2.3	Dvoudílný výložník	13
Obrázek 2.4	Universální podkopová lžice	14
Obrázek 2.5	Řetězová lžice	14
Obrázek 2.6	Svahovací naklápěcí lžice	15
Obrázek 2.7	Zemní vrták minibagru	15
Obrázek 2.8	Hydraulické kladivo minibagru	15
Obrázek 2.9	Mechanický rychloupínák	16
Obrázek 2.10	Hydraulický rychloupínák	16
Obrázek 2.11	Výměna nástroje systémem EasyLock	17
Obrázek 2.12	Otoč z odlitků	18
Obrázek 2.13	Pákový hydraulický rozvaděč	19
Obrázek 2.14	Ovládací panel minibagru	19
Obrázek 2.15	ISO ovládání minibagru	20
Obrázek 2.16	Spalovací motor Mitsubishi	21
Obrázek 2.17	Spalovací motor Honda	21
Obrázek 3.1.1	Minibagr s pásovým podvozkem	23
Obrázek 3.1.2	Druhy pásových podvozků	24
Obrázek 3.1.3	Základní prvky pásového podvozku	25
Obrázek 3.1.4	Pevný nedělený rám	26
Obrázek 3.1.5	Dělený rám	26
Obrázek 3.1.6	Střední most pásového podvozku	27
Obrázek 3.1.7	Detailní pohled na kompletní sestavu pásového podvozku	27
Obrázek 3.1.8	Koncový planetový převod	28
Obrázek 3.1.9	Vodící a turasové kolo	29
Obrázek 3.1.10	Gumový pás	30
Obrázek 3.1.11	Ocelový pás	30
Obrázek 3.2.1	konstrukce kolového podvozku	32
Obrázek 3.2.2	Přední říditelná náprava kolového podvozku	33
Obrázek 3.2.3	Varianta s jednotlivými hydromotory v nábojích kol	34
Obrázek 3.2.4	Aretace kyvné nápravy	34
Obrázek 3.2.5	Umístění opěr kolového stroje	36
Obrázek 3.2.6	Využití dozerové radlice jako opěry	36
Obrázek 3.2.7	Řez pláštěm pneumatiky	38
Obrázek 3.2.8	Pneumatika s vysokým otevřeným profilem	39
Obrázek 3.2.9	Správná montáž pneumatiky	39
Obrázek 3.3.1	Kráčivý minibagr při práci ve svahu	40
Obrázek 3.3.2	Krok kráčivého minibagru	42
Obrázek 4.1.1	Minibagr CanDig CD 21	43
Obrázek 4.1.2	Převoz modelu CD11	44

Obrázek 4.2.1	Minibagr Ortas MRK - 11	45
Obrázek 4.2.2	Minibagr Ortas MRK - 14	45
Obrázek 4.3.1	Minibagr Wacker Neuson 803	47
Obrázek 4.3.2	Minibagr Wacker Neuson 1404	47
Obrázek 4.3.3	Minibagr Wacker Neuson 803 dual power	48
Obrázek 5.1	Prvky, ze kterých se bude vybírat vhodná varianta	51
Obrázek 5.2	Schéma zvolené varianty navrhovaného minibagru	54
Obrázek 7.1	Rám minibagru	55
Obrázek 7.2	Detailní pohled na uložení otoče ramene do přední části rámu	56
Obrázek 7.3	Pohled na panel, kryt panelu, konzolu a upínací prvky na rámu	56
Obrázek 7.4	Pohled na zadní část rámu	57
Obrázek 7.5	Zajištění nápravy pomocí excentrické páky	58
Obrázek 7.6	Excentrická páka od firmy Eles-ganter	58
Obrázek 7.7	Náprava minibagru	59
Obrázek 7.8	Uspořádání opěr na minibagru	60
Obrázek 7.9	Detailní pohled na přední opěru	60
Obrázek 7.10	Zadní opěra minibagru	61
Obrázek 7.11	Otoč minibagru	62
Obrázek 7.12	Výložník minibagru	63
Obrázek 7.13	Násada minibagru	64
Obrázek 7.14	Lžice minibagru	65
Obrázek 7.15	Pákový ovládací mechanismus lžice po montáži	65
Obrázek 7.16	Kompletní sestava ramene navrženého minibagru	66
Obrázek 7.17	Zvolený motor YANMAR L100AE	67
Obrázek 7.18	Detailní pohled uložení motoru na rám minibagru	68
Obrázek 7.19	Kryt motoru v pracovní poloze	69
Obrázek 7.20	Kryt motoru ve vyklopené poloze	70
Obrázek 8.1	Schéma zapojení hydraulického obvodu	71
Obrázek 8.2	Hydraulický zámek	71
Obrázek 9.1	Pracovní poloha minibagru	73
Obrázek 9.2	Převozní poloha minibagru	74
Obrázek 11.1	Aplikace pro výpočet svarů	76
Obrázek 11.2	Zobrazení zatížení a vytvoření sítě na ramenu	80
Obrázek 11.3	Zobrazení průběhu napětí v ramenu	80
Obrázek 11.4	Zobrazení koeficientu bezpečnosti	81
Obrázek 11.5	Výrazně zvětšené posunutí ramene při zatížení	81
Obrázek 13.1	Problematika vyvážení minibagru	83
Obrázek 13.1	Vyhodnocení rizik návrhu podle kvalitativní metody	91
Obrázek 15.1	Vyznačení výškového a hloubkového dosahu minibagru	94
Obrázek 17.1	Celkový pohled na navržený minibagr	95
Obrázek 17.2	Pohled na minibagr s natočeným ramenem o 65°	95

Tabulka 4.1	Technické parametry minibagrů CanDig	44
Tabulka 4.2	Technické parametry minibagrů Ortas	46
Tabulka 4.3	Technické parametry minibagrů Wacker Neuson	48
Tabulka 5.1	Zhodnocení variant z hlediska požadavku na návrh	52
Tabulka 5.2	Zvolené parametry navrhovaného minibagru	54
Tabulka 8.1	Použité PČH pro návrh	72
Tabulka 8.2	Seznam použitých hydraulických hadic	72
Tabulka 11.1	Parametry prvků získané z AUTODESK INVENTOR	82
Tabulka 12.1	Seznam použitého materiálu	85
Tabulka 12.2	Seznam použitých prvků při návrhu	86
Tabulka 13.1	Popis pravděpodobnosti výskytu	90
Tabulka 13.2	Dopad důsledků v případě vzniku rizika	91
Tabulka 15.1	Výsledné parametry navrženého minibagru	93

21. Seznam použitých symbolů

p_D	dovolený tlak	MPa
S_{min}	minimální styková plocha	mm
F	zatěžující síla	N
d	průměr čepu	mm
p	zatěžující tlak	MPa
M_o	ohybový moment	Nm
W_o	průřezový modul v ohybu	m ⁴
r	rameno, na kterém působí síla	mm
σ_{oD}	dovolené napětí v ohybu	MPa
τ	tečné napětí ve svaru	MPa
σ	normální napětí ve svaru	MPa

	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky	Str. 105
	DIPLOMOVÁ PRÁCE	

22. Seznam příloh

- CD - 3D model navrženého minibagru
Elektronická verze diplomové práce
Video s animací pohyblivých částí minibagru
Výkres sestavy a výkresy vybraných součástí