



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

NESENÝ PLOŠKOVAC URČENÝ K MECHANICKÉ PŘÍPRAVĚ PŮDY K ZALESNĚNÍ

CARRIED MOUNDER INTENDED FOR MECHANICAL PREPARATION OF SOIL FOR REFORESTATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Jan Bloudíček

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Václav Mergl, Ph.D.

BRNO 2023

Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student: **Jan Bloudíček**
Studijní program: Strojírenství
Studijní obor: Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce: **Ing. Václav Mergl, Ph.D.**
Akademický rok: 2022/23

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

Nesený ploškovač určený k mechanické přípravě půdy k zalesnění

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vytvoření konstrukce neseného ploškovače.
Stanovení potřebného výkonu pro pohon lopatkového kola.
Stanovení typu pohonu pro otáčení lopatkového kola.
Pevnostní výpočet vybraných konstrukčních uzlů.
Celkový výkres sestavy ploškovače.
Výkres sestavy lopatkového kola.
Dílenské výkresy součástí.

Cíle bakalářské práce:

Tvorba konstrukce zemědělským traktorem neseného ploškovače určeného pro mechanickou přípravu půdy před zalesněním. Ploškovač je nesený v trojbodovém závěsu dané třídy dle výkonnostní kategorie traktoru.

Technické parametry:

Traktor výkonnostní třídy do 110 kW.

Možnost použití přídatného závaží na přední části traktoru.

Seznam doporučené literatury:

NERUDA, Jindřich. Technika a technologie v lesnictví: učební text pro předměty Technika a technologie v lesnictví, Základní procesy těžby a dopravy dříví, Technika a technologie lesní těžby a Technika a technologie dopravy dříví. 2., přeprac. vyd. V Brně: Mendelova univerzita, 2015. ISBN 978-80-7509-193-2.

NERUDA, Jindřich. 2013. Technika a technologie v lesnictví: učební text pro předměty Technika a technologie v lesnictví, Základní procesy těžby a dopravy dříví, Technika a technologie lesní těžby a Technika a technologie dopravy dříví. Díl první. Brno: Mendelova univerzita v Brně. ISBN 978-80-7375-839-4.

NEUHÖFEROVÁ, Pavla (ed.). 2006. Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor: Agricultural land afforestation, a challenge to forestry sector : Kostelec na Černými lesy, 17.1.2006 : sborník referátů. Praha: Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a environmentální, Katedra pěstování lesů. ISBN 80-213-1435-4. SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTIUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 9788021426290.

LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. Strojnické tabulky: pomocná učebnice pro školy technického zaměření. 1. vyd. Úvaly: Albra, 2003. ISBN 8086490742.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně, dne

L. S.

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

doc. Ing. Jiří Hlinka, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce předkládá komplexní návrh neseného ploškovače pro traktor výkonnostní třídy do 110 kW. Úvodní rešerše je zaměřená na způsoby úpravy půdy, návrhové koncepce stroje, stanovení typu pohonu lopatkového. Slouží pro základ návrhu ploškovače primárně použitelném v lesním prostředí. Výstupem konstrukce je kompletní CAD model sestavy ploškovače. Práce obsahuje výpočty potřebného výkonu pro pohon ploškovače a stanovení typu pohonu pro otáčení lopatkového kola včetně výpočtů ověření vytvořeného modelu. Výsledkem práce je kompletní sestava ploškovače s výkresovou dokumentací.

KLÍČOVÁ SLOVA

Nesený ploškovač, traktor, lopatkové kolo

ABSTRACT

This bachelor's thesis presents a comprehensive design of a mounted moulder for a tractor in the performance class up to 110 kW. The initial research is focused on methods of soil treatment, machine design concepts, determination of the type of impeller wheel propulsion. It serves as the basis for the design of a planer primarily usable in a forest environment. The output of the design is a complete CAD model of the planer assembly. The work includes calculations of the necessary power for the propulsion of the moulder and determination of the type of propulsion for turning the impeller wheel, including calculations to verify the created model. The result of the work is a complete moulder assembly with drawing documentation.

KEYWORDS

Moulder, tractor, impeller wheel

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

Bloudíček, Jan. *Nesený ploškovač určený k mechanické přípravě půdy k zalesnění*. Brno, 2023. Závěrečná práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství. Vedoucí závěrečné práce Václav Mergl. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/149136>



ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Václava Mergla, Ph.D. a s použitím informačních zdrojů uvedených v seznamu.

V Brně dne 26. května 2023

.....

Jan Bloudíček

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych srdečně poděkovat panu Ing. Václavu Merglovi, Ph.D. za velmi cenné rady, ochotu a vedení této práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Jaroslavu Kašpárkovi Ph.D. za jeho důležité rady při tvorbě konstrukce.

OBSAH

Úvod.....	11
1 Uvedení do problematiky obnovy lesa	12
1.1 Obnova lesa sadbou	12
1.1.1 Způsoby ruční úpravy pro sadbu	12
1.1.2 Mechanická příprava půdy	14
1.2 Nesený ploškovač	17
1.2.1 Nesený ploškovač vlečený za traktorem	17
1.2.2 Nesený ploškovač za forwarderem	18
1.3 Návrhové koncepce stroje	18
1.3.1 Koncepce A	19
1.3.2 Koncepce B	19
1.3.3 Koncepce C	20
2 Vytvoření konstrukce neseného ploškovače.....	21
2.1 Sestava rámu neseného ploškovače	21
2.1.1 Konstrukce rámu	22
2.1.2 Zpevňovací prvek konstrukce.....	22
2.1.3 Hlavní ložiska	23
2.1.4 Oko spojení rám-rám	24
2.1.5 Vidlice rám-ovladač	24
2.1.6 Vidlice rám-hydromotor ovladače	25
2.1.7 Vidlice rám-hydromotor zdvihu	25
2.2 Sestava lopatkového kola	26
2.2.1 Lopatkové kolo	26
2.2.2 Lopatka	27
2.3 Ovladač	28
2.3.1 Rám ovladače	28
2.3.2 Podložka ložiskové jednotky	29
2.3.3 Ložisková jednotka SKF	29
2.3.4 Pracovní část ovladače.....	30
2.3.5 Hydromotor ovladače	31
2.4 Sestava rámu připojitelného k traktoru.....	31
2.4.1 Konstrukce rámu	31
2.4.2 Hydromotor zdvihu	32
2.4.3 Vidlice rám-hydromotor naklápění	33
2.4.4 Vidlice spojení rám-rám	33
2.4.5 Třibodový závěs	35
3 Stanovení pohonu lopatkového kola	37
3.1 Stanovení potřebného výkonu pro pohon lopatkového kola	37
3.1.1 Stanovení výkonu pro brzdění lopatkového kola	37
3.1.2 Stanovení výkonu pro ovládání zdvihu ploškovače	38
3.1.3 Výpočet celkového maximálního výkonu	39
3.2 Stanovení typu pohonu pro otáčení lopatkového kola.....	39

4	Pevnostní výpočet vybraných konstrukčních uzlů.....	41
4.1	Stanovení síly ploškovače.....	41
4.2	Kontrola čepu ovladač-rám na střih.....	41
4.3	Kontrola rámu na ohyb.....	42
4.4	Kontrola čepu rám-hydromotor ovladače na střih.....	45
4.5	Kontrola čepu rám-hydromotor zdvihu.....	46
4.6	Kontrola čepu rám traktoru-hydromotor zdvihu.....	46
4.7	Kontrola čepu rám-rám traktoru.....	47
4.8	Kontrola hlavních ložisek.....	47
4.9	Kontrola ložisek ovladače.....	48
Závěr	49	
Použité informační zdroje	50	
Seznam použitých zkratk a symbolů	55	
Seznam příloh.....	58	

ÚVOD

V letech 2014-2022 na území České republiky proběhla kůrovcová kalamita, v jejímž důsledku je v české krajině pozorovatelný enormní úbytek lesů s majoritním zastoupením jehličnanů [5]. Je snaha lesní porosty obnovovat a vracet krajině její původní ráz. Před zalesněním silně zabuřenělých stanovišť je vhodné provést přípravu půdy za účelem eliminace buřeně. Vzhledem k časové náročnosti je pak možné provést pomístnou přípravu, která zahrnuje vytváření plošek, do nichž je možné provést výsadbu dané dřeviny. K mechanické přípravě může být použit nesený ploškovač, který svou pracovní produktivitou značně zrychlí pracovní proces a zredukuje finanční náklady.

Nesený ploškovač určený k mechanické přípravě půdy k zalesnění je zemědělský stroj určený pro ploškovou úpravu půdy k zalesňování. Může být nesený buďto traktorem nebo forwarderem. V případě nesení za traktorem je umístěn na tříbodovém závěsu traktoru. Díky použití ploškovače se dá rapidně zvýšit efektivita práce při přípravě půdy před zalesněním a zrychlit její proces.

Cílem této práce je navrhnout zemědělským traktorem nesený ploškovač pro mechanickou úpravu půdy před zalesněním. Pro návrh je třeba pochopit, jakým způsobem se připravuje půda před samotným zalesněním, které lze provést buď ručně nebo s použitím speciální mechanizace, tj. použitím ploškovačů. Samotný ploškovač může být realizován podle několika koncepcí, z nichž lze při návrhu samotného stroje vycházet. Dále je nutno navrhnout samotnou mechanickou konstrukci stroje, provést potřebné výpočty pro stanovení pohonu, potřebného výkonu a výpočtem ověřit vybrané pevnostní uzly. Nutnou součástí návrhu je i tvorba potřebné výkresové dokumentace celé sestavy ploškovače a sestavy lopatkového kola.

1 UVEDENÍ DO PROBLEMATIKY OBNOVY LESA

1.1 OBNOVA LESA SADBOU

Sadba je nejužívanějším způsobem pro obnovu lesa. Řadí se mezi umělé způsoby obnovy lesa. Mezi její klady patří vyšší účinnost využití osiva, větší jistota vydaření obnovy lesa, lepší a objemnější kořenový systém než u rostlin ze sje, nevýhodami jsou nutnost využití školek pro tvorbu sadebního materiálu, riziko degradace sadebního materiálu spojené s transportem a výsadbou samotnou, nutnost dodržení pracovního postupu při sadbě, aby nedošlo k poškození šokem z přesazení, nebo k poškození kořenového systému a vyšší cena [3].

1.1.1 ZPŮSOBY RUČNÍ ÚPRAVY PRO SADBU

SADBA JAMKOVÁ

Nejpoužívanější metoda vhodná pro všechna stanoviště a veškeré druhy dřevin, velikost jamky je závislá na velikosti samotného kořenového systému [11]. Provádí se zaseknutím a odstraněním zeminy a následným vytvarováním jamky. Při vkládání sadebního materiálu je nutné důkladně rozprostřít kořenový systém. Poté je jamka zasypána a jemně udusána.

SADBA ŠTĚRBINOVÁ

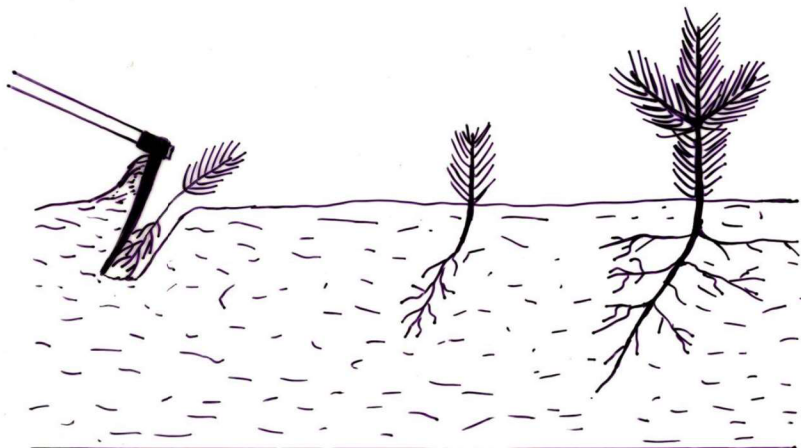
Jedná se o druhý nejpoužívanější postup sázení. Využívá se zde speciální rýč nazývaný sazák lesnický (viz obr. 1), s kovovou pracovní částí o délce 240 mm, při šířce 120 mm, s kovovou rukojetí o délce 1 m [12]. Sadba je vykonávána dvěma pracovníky, přičemž jeden zašlápne sazeč do země a následně jej vytáhne a druhý, který pomocí tyče vloží sadební materiál do štěrbin. Po vložení sazenice se zasypává kořenový systém sypkým organickým materiálem.



Obr. 1 Sazák lesnický [13]

ŠIKMÁ SADBA

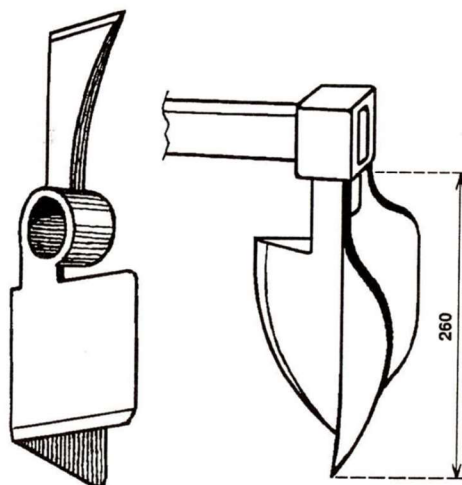
Šikmá sadba je zvaná také jako sadba pod motyku. Provádí se šikmým zaseknutím motyky a následným přitáhnutím motyky k sobě. Do nově vzniklé štěrbině se uloží sadební materiál. Je potřeba dbát na správné rozprostření kořenů pod povrchem a na to, aby kořenový systém měl menší rozměry než samotná motyka. Je nutné dávat pozor na to, aby štěrbina svírala minimální úhel 45° s povrchem [3]. Poté je zašlápnutím uzavřena štěrbina.



Obr. 2 Šikmá sadba pod motykou [3]

SADBA T MOTYKOU

Uplatňuje se běžně při sázení smrků. Jako pracovní nástroj je použita motyka ve tvaru písmene T. Příklad realizace T motyky je na obrázku 3. Způsob sadby je velmi podobný sázení pod motyku, a to zaseknutí motyky a následné vložení kořenového systému, kde je potřeba dbát na správné rozprostření kořenů pod povrch [3]. Přišlápnutím je díra uzavřena.



Obr. 3 L a T motyka [3]

KOUTOVÁ SADBA

Správný postup koutové sadby spočívá v 90-ti stupňovém [3] naseknutí drnu, jeho odklopením a následným vložením sadebního materiálu do rohu vzniklé mezery. Mezera je poté opět uzavřena přišlápnutím.

SADBA ÚHLOVÁ

Úhlová sadba je principiálně velmi podobná koutové sadbě. Na rozdíl od ní je rostlina vložena na stěnu drnu, deformace kořenů je poloviční oproti koutové, kde dosahuje 75 %. Jak úhlovou, tak koutovou sadbu lze také provádět L motykou (Obr. 3) jelikož dva břity svírají úhel 90° [3]. Příklad úhlové sadby je uveden na obr. 4.



Obr. 4 Úhlová sadba [3]

SADBA DO KŘÍŽE

K výsadbě do kříže jsou potřeba 2 pracovníci. Zakládá se na dvojitém naseknutí drnu proti sobě. Nadzvednutím rohů a vložením rostliny do vzniklého prostoru. Při tomto způsobu sadby nedochází při správném provedení k deformaci kořenů vkládané rostliny. [3]

1.1.2 MECHANICKÁ PŘÍPRAVA PŮDY

Z výše zmíněného textu lze odvodit, náročnost některých metod výsadeb, a to především kvůli odstranění drnu buřeně. Tento problém lze redukovat především mechanickým odstraněním drnu, a to za pomoci různých strojů, přičemž jejich nasazení umožní snížit náklady a zvýšit efektivitu práce. Nutno také přihlídnout k tomu, že nejčastější metodou sadby je jamková, při které je nutné odstranit již zmíněný drn a poté vyhloubit jamku [3].

CELOPLOŠNÁ PŘÍPRAVA PŮDY

Celoplošná příprava půdy je prováděna v menším počtu např. při kalamitních stavech, z důvodu celkové náročnosti a vysoké ceně provedení. Je jí možné provést až po odstranění pařezů či stromů z dané oblasti. Jsou zde využívány dozery vybavené speciální dozerovou radlicí. V určitých případech může být použita samotná radlice pro konečnou úpravu půdy. Úprava půdy je prováděna maximálně do hloubky okolo 5 cm pod úroveň terénu šířkou záběru 220 cm se směnovou výkonností 1–2 ha, v případě potřeby se provádí úprava půdy pomocí těžkých radličních pluhů připojených na dozery, nebo pásové traktory do hloubky 40 cm s šířkou záběru 220 cm a směnovou výkonností 1,5 ha[14].

POMÍSTNÁ PŘÍPRAVA PŮDY

V našich podmínkách je pomístná příprava půdy nejrozšířenější. Do této kategorie se řadí jak mechanizovaná příprava, tak ruční příprava půdní plochy. Mechanizovanou dělíme do těchto základních kategorií:

Souvislá (kontinuální) – jejím výstupem jsou pruhy, pásy a vyvýšené záhroby. Do kterých jsou následně vkládány sazenice. Za nejrozšířenější způsob považujeme přípravu půdy do pruhů. Jednotlivé pruhy jsou o šířce rozměru 30-60 cm [1], mezi stroje, které jsou schopny provádět tuto operaci, patří lesní půdní frézy, talířové zahrnovače a lesní odhrnovací pluhy. Jejich nevýhodou je velké poškození lesního prostředí, i proto se v ČR téměř nevyužívá. Prováděna pomocí speciální radliční pluhem, či radlicí na dozeru. Záhrobcová příprava je tvořena vysokými valy a je ideální pro zamokřené lokality. V dnešní době velmi málo používané.

Přerušovaná – jejím výstupem jsou nespojitě zpracované části půdy pro sadbu. V podobě jamek, plošek, kopečků a bodů. Současné stroje pro přípravu půdy nezvládají samotnou sadbu sazenic, proto je prováděna nejčastěji ručně[6].

STROJE PRO JAMKOVOU ÚPRAVU PŮDY

Stroje pro jamkovou úpravu půdy jsou buď v neseném, nebo přenosném provedení. Jsou vhodné i pro použití ve špatných lokalitách z hlediska dostupnosti.

Přenosné jamkovače jsou stroje skládající se z motoru (nejúživanější je zážehový), převodové části obsahující upínací hlavici, rukojeti a vrtáku. Při použití dvoumužného jamkovače lze vyhloubit díru do průměru 40 cm s hloubkou do 100 cm, vyráběné např. firmou STIHL dvoumužný BT 360 [15] (viz. Obr. 5), jednomužný BT 131 [16]. V ČR je vyráběný jamkovač VARI PV-150 [17] v použití jako adaptér k malotraktoru.



Obr. 5 Dvoumužný jamkovač STIHL BT 360 [18]

Nesené jamkovače bývají obvykle v provedení adaptérů připojitelné k výložníku (viz Obr. 6). Poháněny jsou pomocí hydraulického systému traktoru, nebo pomocí hřídele vyvedené z traktoru, dokáže vytvářet jamky do hloubky až 1 m o průměru 300 mm v případě půdního vrtáku Bystron [19].



Obr. 6 Půdní vrták Bystron [20]

STROJE PRO PLOŠKOVOU PŘÍPRAVU PŮDY

Plošky jsou tvořeny buďto pomocí lopaty rypadla nebo pomocí tzv. ploškovačů. Bývají taženy za traktory, nebo za forwardery. Zpracovávaná hloubka půdy se pohybuje okolo 10-15 cm [6]. Využívají přetáčivého principu lopatkového kola, které je v pracovní poloze brzděno hydraulicky např. pomocí přímočarého hydromotoru.

STROJE PRO PRUHOVOU PŘÍPRAVU PŮDY

Slouží pro vytváření spojitých širokých pruhů. Využívá se nesení strojů za traktorem.

Lesní pluh odhrnuje půdu na obě strany. **Radličné pluh** mají kotoučové krojidlo a oboustrannou šípovou radlici. Zpracovávají půdu s příčným profilem tvaru obdélníka do hloubky 2x20 cm s šířkou 40 cm [21] v případě pluhu BOMET LYRA, u pluhů lze regulovat náklon pluhů pomocí šroubových táhel. **Talířové pluh** skládají se z jednoho nebo dvou otočných sférických talířů s odhrnovačem, opěrného kola a nájezdové desky. Pomocí této desky se dosáhne lepší průchodnosti terénem. Směnová výkonnost se pohybuje okolo 1-1,5 ha u talířové lesní půdní frézy TPF-1N [22].

Talířové zraňovače (skarifikátory, finské brány) se skládají z volně uložených disků, které se odvalují po povrchu a pomocí jejich ozubení upravují terén (viz. Obr. 7). Změnou úhlu natočení fréz (20°, 32° a 45°) u stroje TPF-V2 [23] vůči příčné ose je možné nastavit hloubku a šířku upravených pásů půdy. Hodinová výkonnost je udávána na 0,75 ha u UOT-2000A [24].



Obr. 7 Finské brány Bracke Forest AB T26.b [25]

Půdní frézy mají buď bubnový nástroj s noži ve tvaru písmene L, nebo nástroji talířovitého tvaru s ozubenými okraji. Místo bubnového nástroje může být použit i tvar kuželovitý, který má ozubení na povrchu. Pohon je realizován pomocí převodu z hydraulického systému traktoru. Talíř provádí otáčení 100 min^{-1} [6]. Pojezdem stroje je postupně upravována půda, která je ukládána na krajích pruhů. Talíři můžeme měnit nastavení a tím upravovat půdu do záhrobců nebo tvořit přerušované pruhy. Směnová výkonnost je dána 0,8-1,5 ha [6].

Hloubkové půdní frézy pracují až do hloubky 40 cm [14], to jim umožňuje hloubkové zpracování půdy, roztřískování, zapracování zbytků těžby do půdy a zapracování hnojiv do půdy. Při použití hloubkových fréz zlepšujeme půdní podmínky pro výsadbu.

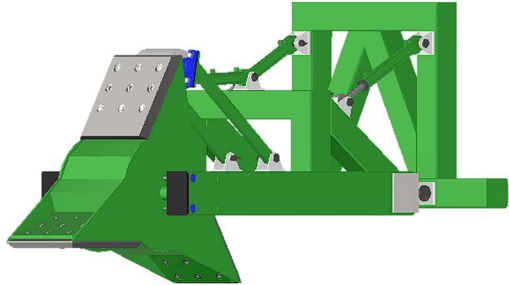
1.2 NESENÝ PLOŠKOVAČ

Ploškovač je zemědělský stroj, který spadá do kategorie strojů určených pro přípravu půdy ploškovou metodou k zalesňování. Ta může být prováděna hned několika způsoby. Plošku můžeme vytvářet pomocí lžice rypadla, nebo za pomoci speciálních strojů (ploškovačů). Ty bývají často vlečené za forwardery a traktory. Mezi zástupce nesenných ploškovačů v zahraničí patří UOT Moulder M-22 [26], Bracke Forest AB M36.b [27] a DJ Services Borders LTD Enviro-Moulder [28]. V České republice LFB-1 určený pro třibodový závěs traktoru a SK-50 připevněný na závěsu UKT s přídatným dávkovačem vápence pro zlepšení půdního prostředí [6].

1.2.1 NESENÝ PLOŠKOVAČ VLEČENÝ ZA TRAKTOREM

Použití za traktorem je vhodné pro rovinnou lokalitu nebo lokalitu s mírnými svahy. Kloubit se zde vysoká produktivita s relativně nízkými vstupními náklady. Směnová účinnost takového stroje se může pohybovat v rozmezí 1-2 ha za směnu, hloubka půdy, kterou jsou schopné zpracovat bývá v rozhraní 10–15 cm, při šířce 30-70 cm [6], ve tvaru obdélníka nebo čtverce. Využívají kontinuálního pohybu traktoru a přetáčení lopatkového kola, které je opakovaně brzděno pomocí hydrauliky (viz. Obr. 8) a tím vznikajícího velkého tahu nástroje v právě upravované půdě. Přetočení je samovolné a je docíleno uvolněním kola při pohybu traktoru. Kolo bývá umístěno v otočných držácích v rámu stroje. Mívá 3 až 4 paprsky s pracovním nástrojem. Průměr lopatkového kola se pohybuje okolo 0,95 m. Pracovní tlak v hydraulickém systému stroje se pohybuje okolo 15-16 MPa [4]. Jako zdroj hydraulického tlaku se používá napojení na hydraulický systém traktoru. Ploškovač může být v provedení se jedním kolem, nebo s několika koly (2 až 4) [28], ovšem s přibývajícím počtem kol přibývají nároky, jak na výkon vlečného stroje, tak na hydraulický pohon kol samotných. Materiály pracovních nástrojů

musí být zhotoveny z vysoce otěruvzdorných ocelí typu Hardox a vysokopevnostní oceli Strenx [24].



Obr. 8 Ploškovač nesený za traktorem

1.2.2 NESENÝ PLOŠKOVAČ ZA FORWARDEREM

Na rozdíl od vlečení za traktorem je vlečení ploškovače za forwarderem spojeno s vyššími vstupními náklady, nicméně je spojeno s řádově vyšší produktivitou stroje a celkovou lepší přístupností do horších terénů. Hmotnost nosného stroje se pohybuje v rozmezí 16000-20000 kg, hmotnost ploškovače je pak cca 3000-5200 kg, pracovní tlak nabývá hodnot 15-16 MPa, při průtoku pracovní kapaliny 60-90 l/min, poloměr lopatkového kola bývá 725 mm [4]. Tento typ ploškovače vyrábí například firma Bracke Forest AB. Mezi její portfolio patří dvouramenný ploškovač M24.a, tříramenný ploškovač M36.b a čtyřramenný ploškovač M46.b [27]. Ukázka je na Obr. 9.



Obr. 9 Ploškovač Bracke Forest AB M46.b [4]

1.3 NÁVRHOVÉ KONCEPCE STROJE

Návrhové koncepce slouží pro vznesení návrhů, posouzení jejich proveditelnosti a výběru nejlepší návrhové koncepce k realizaci.

1.3.1 KONCEPCE A

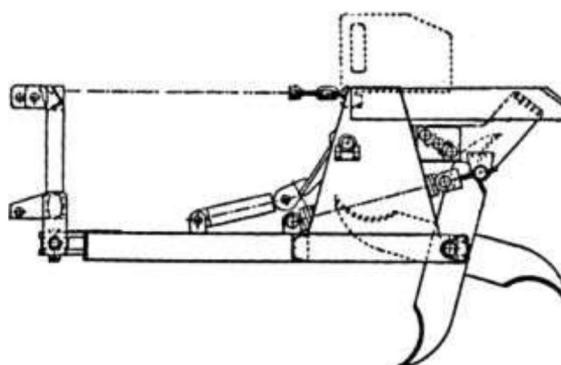
Obsahuje dvě lopatková kola s třemi pracovními částmi, která jsou brzděna pomocí hydraulických pístů, podobně jako u ploškovače Enviro-Mounder firmy DJ Services Borders LTD [28]. Zařízení je umístěno na třibodovém závěsu traktoru a má opěrná kola jako na Obr. 10. Hydraulické písty umožňují naklápění celého stroje např. při přepravě nebo při zdolávání překážek. Jelikož obsahuje dvě lopatková kola, bude mít vyšší nároky na údržbu a výkon hydraulického systému traktoru. Představuje to i vyšší vstupní náklady pro potenciálního zákazníka.



Obr. 10 CME mounder [30]

1.3.2 KONCEPCE B

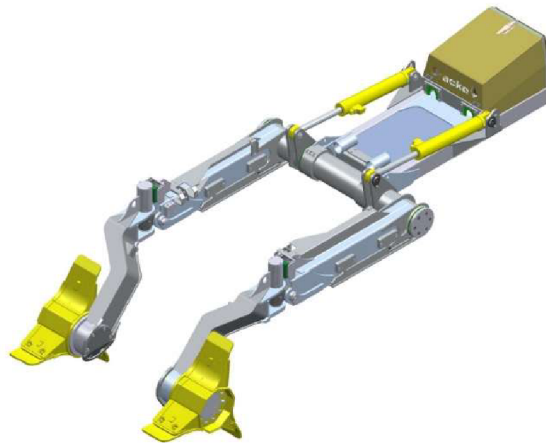
Obsahuje jedno lopatkové kolo se čtyřmi pracovními nástroji (viz. Obr. 11), které je brzděno pístovým přímočarým hydromotorem jako ploškovač LFB-1 z Lesní společnosti Jaroměřice nad Rokytnou [9]. Přetočení je docíleno pomocí uvolnění kola. Rám je svařovaný z normalizovaných profilů čtvercového průřezu. Je umístěn na třibodovém závěsu traktoru. Dá se naklápět pomocí přímočarého pístového hydromotoru pro transport a překonávání překážek na pracovišti. Tím že má jen jedno lopatkové kolo, má nízké nároky na údržbu a výkon hydraulického systému traktoru. To snižuje jeho vstupní i provozní náklady.



Obr. 11 Ploškovač LFB-1 [6]

1.3.3 KONCEPCE C

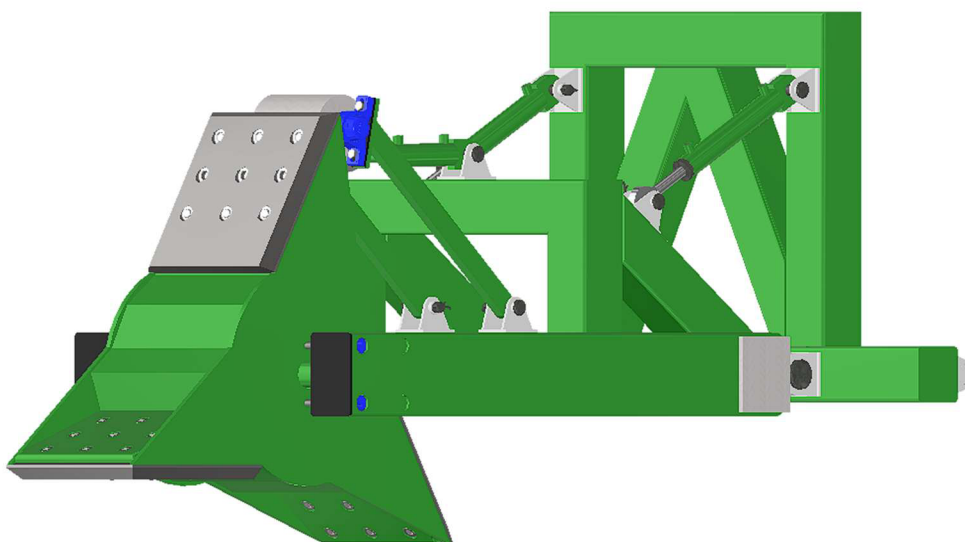
Tato koncepce obsahuje dvě lopatková kola se třemi pracovními nástroji. Brzděny jsou pomocí převodu z hydraulického systému, kde dodává tlakovou energii hydraulický systém traktoru. Koncepci by bylo nutné upravit na třibodový závěs traktoru. Což není nevýhodou. Pracovní nástroje jsou tvořeny z vysoko otěruvzdorné oceli a jsou vyměnitelné jako u ploškovače M24.a firmy Bracke Forest AB [31] na Obr. 12. Celý stroj je možné naklápět pomocí přímočarého hydromotoru pro dopravu na místo a manipulaci na místě. Nevýhodou je složitější systém brzdění lopatkového kola.



Obr. 12 Bracke Forest AB M24.a [32]

2 VYTVOŘENÍ KONSTRUKCE NESENÉHO PLOŠKOVAČE

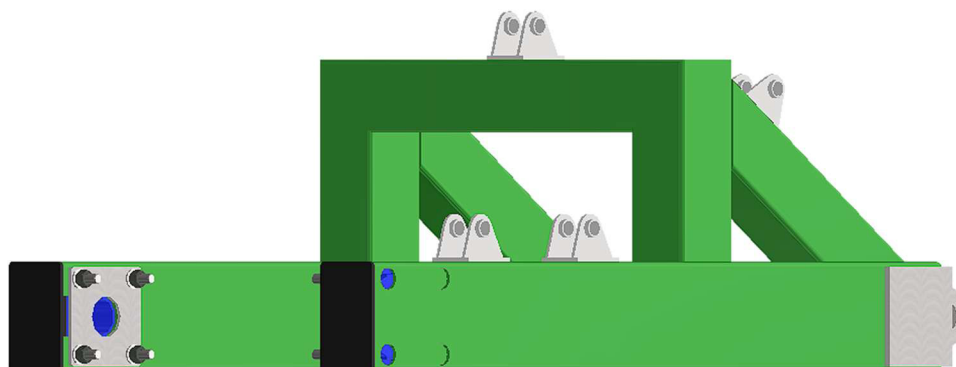
Při řešení konstrukce je potřeba uvažovat vyrobiteľnost, cenovou dostupnost, a použitelnost v lesním prostředí. S ohledem na hmotnost, výkonnostní třídu traktorů a s ním spojené rozměry u neseného zařízení. Sestava neseného ploškovače je ukázána na Obr. 13 a má hmotnost 368,1 kg.



Obr. 13 Sestava celku neseného ploškovače

2.1 SESTAVA RÁMU NESENÉHO PLOŠKOVAČE

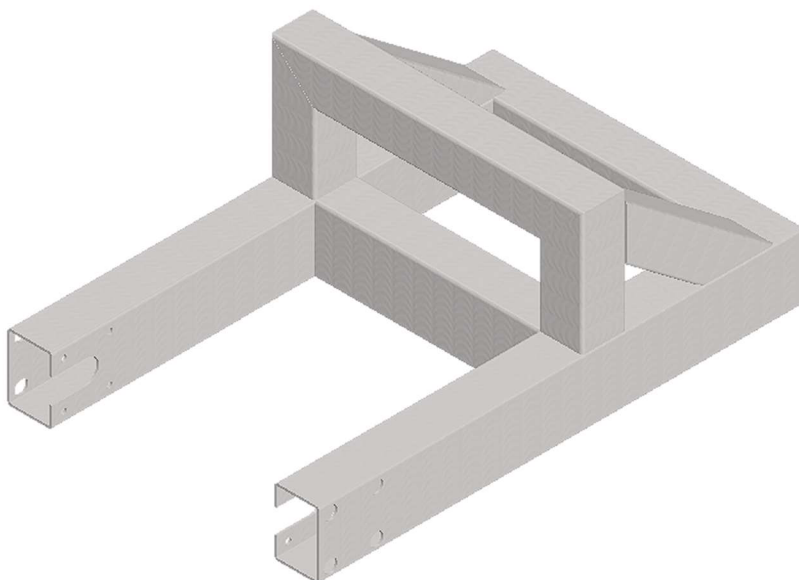
Sestava rámu neseného ploškovače (na Obr. 14) je tvořena z konstrukce rámu tvořené svařovanými profily a ložiskovými jednotkami sloužícími pro upevnění sestavy lopatkového kola. Ty jsou vypodloženy zpevňujícími podložkami. Dále je rám osazen vidlicemi pro spojení s ovladačem, a s hydromotory. Spojení rámu je řešeno pomocí oka. Profil rámu je uzavřen pomocí krytů, a tak je zabráněno vnikání nečistot do rámu. Sestava má celkovou hmotnost 97,270 kg.



Obr. 14 Sestava rámu neseného ploškovače

2.1.1 KONSTRUKCE RÁMU

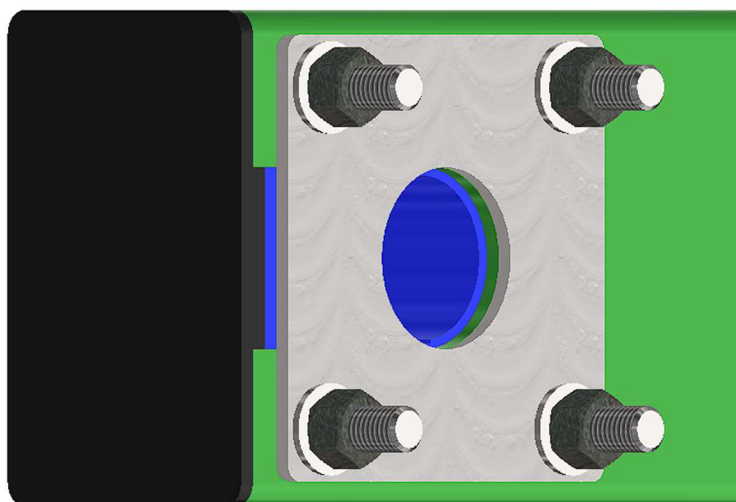
Konstrukce je tvořena z ocelových uzavřených profilů svařených v jeden celek. Ve spodní části, která je více namáhána, je využit dutý svařovaný černý profil s obdélníkovým průřezem, podle normy ČSN-EN 10219-2, o rozměrech 150x100x5 mm, vyrobený z oceli S355J2H podle normy ČSN-EN 10219-1 [33]. Na horní část sloužící k umístění hydromotorů sloužících buďto pro polohování celého ploškovače, nebo pro ovládání (brzdění) lopatkového kola je použit profil dutý svařovaný černý se čtvercovým průřezem, podle normy ČSN-EN 10219-2, s rozměrem 100x5mm, vyrobený z oceli S355J2H, podle normy ČSN-EN 10219-1 [34]. Ve spodní části rámu jsou vyhotoveny otvory pro umístění a montáž lopatkového kola. Provedení bylo zvoleno na základě jednoduché instalace lopatkového kola a jeho možné servisovatelnosti, při nejmenším možném porušení pevnosti konstrukce rámu. Dále jsou na vnitřní straně otvory pro šrouby a z vnější strany montážní otvory pro manipulaci s nástrčným klíčem (viz. Obr. 15). Konstrukce rámu má hmotnost 82,6 kg.



Obr. 15 Svařovaná konstrukce rámu

2.1.2 ZPEVNŮVACÍ PRVEK KONSTRUKCE

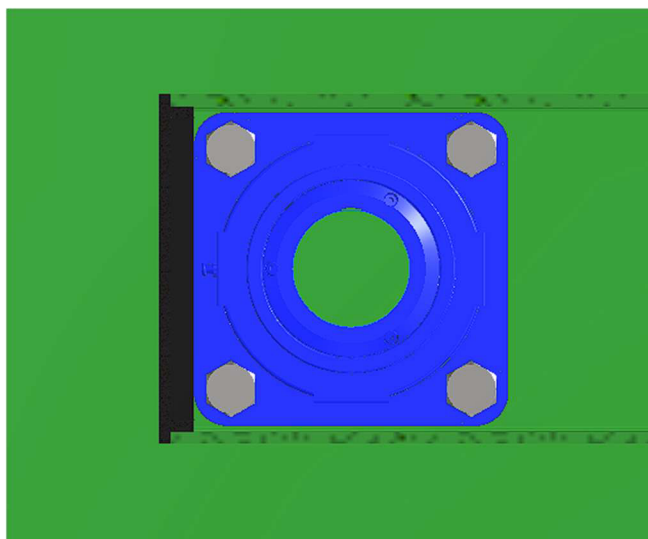
Při vytvoření otvorů ve spodní části konstrukce rámu pro umístění lopatkového kola, dojde k porušení pevnosti uzavřených profilů. K navýšení pevnosti zde byly použity podložky odpovídajícího tvaru dosedacích ploch hlavních ložisek z nerezového plechu válcovaného za tepla EN ISO 9445 [35], o tloušťce 5 mm. Připevněné jsou pomocí spoje 4 šroubů DIN EN ISO M40x60 a matic DIN EN ISO 4034 M14, vypodložené podložkami DIN 125-1 A 15 (viz. Obr. 16).



Obr. 16 Zpevňovací prvek

2.1.3 HLAVNÍ LOŽISKA

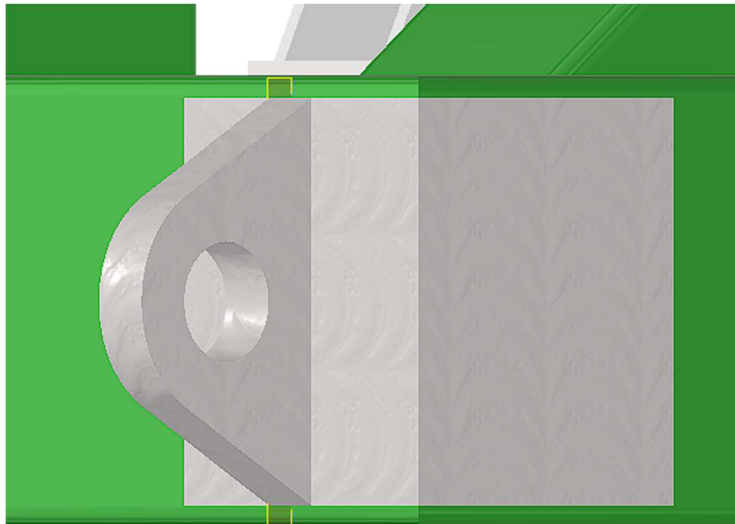
Pro uložení lopatkového kola v rámu byla použita ložisková jednotka palcové řady SKF F4B 50M-SRB-CRE (ukázáno na Obr. 17). Je tvořeno ze soudečkového ložiska utěsněného a umístěného v litinovém pouzdře, s čtyřhrannou přírubou. K polohování hřídele v ložisku je použita uzamykací technologie SKF ConCentra [36]. Ložisková jednotka je k rámu připevněna pomocí čtyř šroubů DIN EN ISO M40x60 a matic DIN EN ISO 4034 M14, vypočtené podložkami DIN 125-1 A 15. Mazací otvor je umístěn vzhledem k jeho dobré dostupnosti směrem ven z profilu.



Obr. 17 Ložisková jednotka SKF

2.1.4 OKO SPOJENÍ RÁM-RÁM

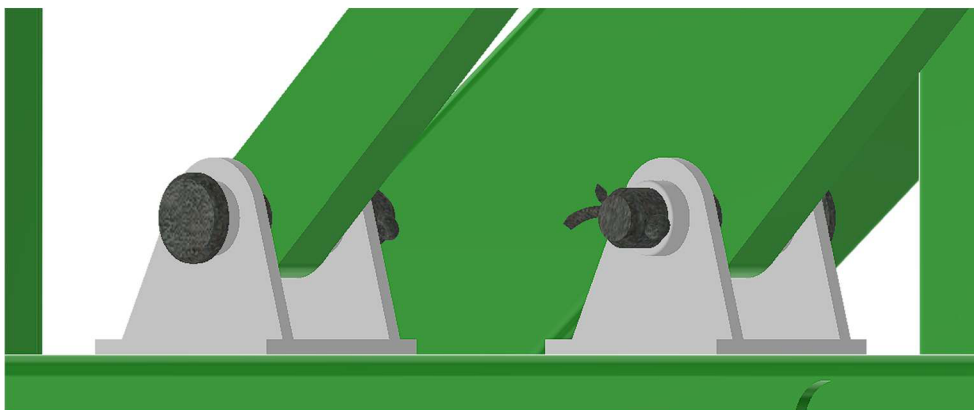
Oko slouží pro spojení rámu s rámem připojeným k traktoru. Je to svařenec plechu o tloušťce 5 mm, s okem z plechu a výpalku, z plechu válcovaného za tepla EN 10029 [37], o tloušťce 20 mm. Má díru pro čep ISO 2341 B 40x100. Díra má rozměr $\varnothing 40$ H13 mm [2] pro uložení s vůlí (viz. Obr. 18). Oko a vidlice mají velkou vůli kvůli použití v lesním prostředí a montáži. K rámu je upevněna pomocí svaru.



Obr. 18 Oko rám-rám

2.1.5 VIDLICE RÁM-OVLADAČ

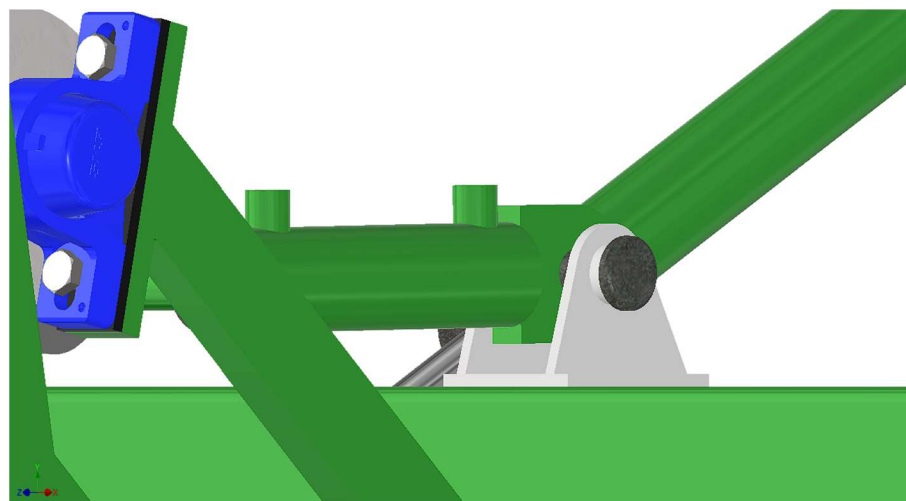
Vidlice je určena pro spojení rámu a ovladače lopatkového kola. Je to svařenec plechu o tloušťce 5 mm s výpalkem vidlice z plechu o tloušťce 5 mm, s navařenou bežešvou přesnou kruhovou trubkou ČSN 42 6711[38] o vnějším průměru 25 mm, s tloušťkou 2,5 mm. Vidlice má díru pro čep ISO 2341 B 20x100. Díra má rozměr $\varnothing 20$ H13 mm [2] pro uložení s vůlí. Vidlice a spodní část ovladače má opět velkou vůli kvůli montáži a použití v lesním prostředí (viz. Obr. 19). K rámu je připevněna pomocí koutového svaru. Její tvar je vytvořen na základě rozložení namáhání do konstrukce rámu.



Obr. 19 Vidlice rám-ovladač

2.1.6 VIDLICE RÁM-HYDROMOTOR OVLADAČE

Vidlice je určena pro spojení rámu a hydromotoru zajišťujícího chod ovladače (viz. Obr. 20). Je to svařenec plechu o tloušťce 5 mm, s výpalkem vidlice z plechu, s navařenou kruhovou bezešvou přesnou trubkou. Vidlice má díru pro čep ISO 2341 B 20x100. Díra má rozměr $\varnothing 20$ H13 mm [2] pro uložení s vůlí. Vidlice a uchycení hydromotoru má opět velkou vůli kvůli montáži a použití v lesním prostředí. K rámu je připevněna pomocí svaru. Její tvar je vytvořen na základě rozložení namáhání do konstrukce rámu při co nejmenším namáhání vidlice samotné.



Obr. 20 Vidlice rám-hydromotor ovladače

2.1.7 VIDLICE RÁM-HYDROMOTOR ZDVIHU

Vidlice (na Obr. 21) je určena pro spojení rámu a hydromotoru zajišťujícího naklápění ploškovače vůči okolnímu terénu. Je to svařenec plechu o tloušťce 5 mm, s plechovým výpalkem bočnice a s navařenou trubkou. Vidlice má díru pro čep ISO 2341 B 20x100. Díra má rozměr $\varnothing 20$ H13 mm [2] pro uložení s vůlí. Vidlice a uchycení hydromotoru má stejně jako v předchozích částech velkou vůli kvůli montáži a použití v lesním prostředí. K rámu je připevněna pomocí svaru. Je třeba dbát na přesné umístění na rám, kde z důvodu použití dvou hydromotorů by mohlo dojít k velkému namáhání rámu na krut. Její tvar je vytvořen na základě rozložení namáhání do konstrukce rámu.



Obr. 21 Vidlice rám-hydromotor naklápění

2.2 SESTAVA LOPATKOVÉHO KOLA

Skládá se z lopatkového kola zhotoveného ze svařence plechů a hřídele (viz. Obr. 22). K lopatkovému kolu jsou připevněny tři lopatky z vysoko otěruvzdorné oceli, připevněné vždy pomocí devíti šroubů se záпустnou hlavou DIN 6912-M18, o délkách 40, 60 a 100 mm, spojených s maticemi ISO 4032-M18. Sestava lopatkového kola má celkovou hmotnost 189,124 kg.

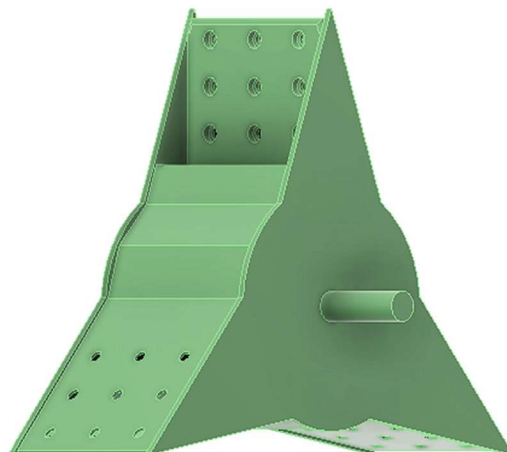


Obr. 22 Sestava lopatkového kola

2.2.1 LOPATKOVÉ KOLO

Lopatkové kolo je tvořeno z hřídele o rozměru $\varnothing 50$ mm, svařenými s plechy z oceli STRENX 700 E/F [39]. Hřídel je umístěna v ložiskových jednotkách SKF F4B 50M-SRB-CRE a pojištěna je pomocí SKF ConCentra [36]. Hmotnost lopatkového kola je 117,649 kg. Lopatkové kolo má průměr $\varnothing 950$ mm, který byl stanoven reverzní metodou s ohledem na výkon traktoru a

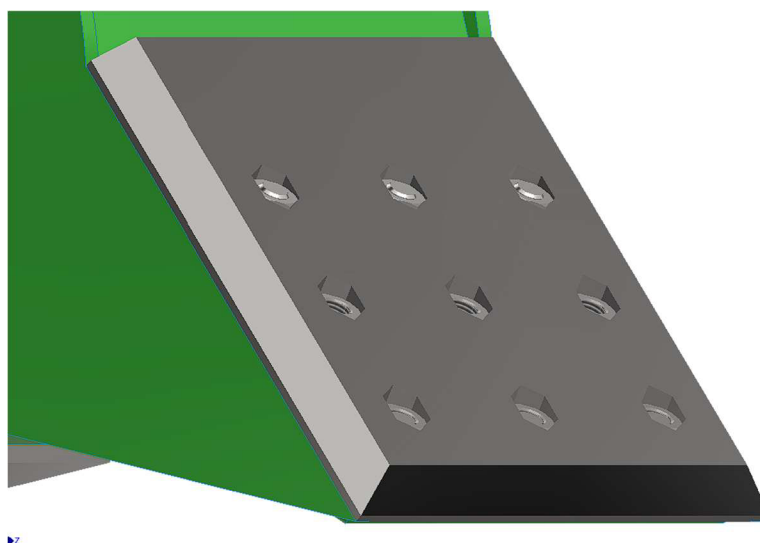
celkovou hmotnost neseného ploškovače. Má 9 děr pro umístění šroubů se zápusťnou hlavou k připevnění lopatek, znázorněno na Obr. 23.



Obr. 23 Lopatkové kolo

2.2.2 LOPATKA

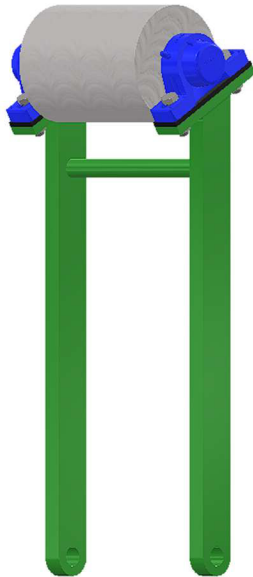
Lopatka (viz Obr. 24) je vyrobena z vysoko otěruvzdorné oceli typu HARDOX 500[40]. Upevněna je na lopatkové kolo pomocí spojení devíti šroubů se zápusťnou hlavou DIN 6912 M18, s délkou 40, 60 a 100 mm a matic ČSN EN 24032 M18. Šrouby jsou voleny s ohledem na polohu ovladače z důvodu zabránění kolizních stavů. Matice na jsou uloženy ve vyhotovených šestihranných otvorech s vůlí odpovídající vnějším rozměrům matic. Ty jsou dostatečně zapuštěné, aby nebyly příliš otírány zeminou. Šestihranný tvar zajišťuje spoj proti samovolnému rozpojení. Lopatky jako takové jsou jednoduše vyměnitelné. Hmotnost jedné lopatky je 21,818 kg.



Obr. 24 Lopatka

2.3 OVLADAČ

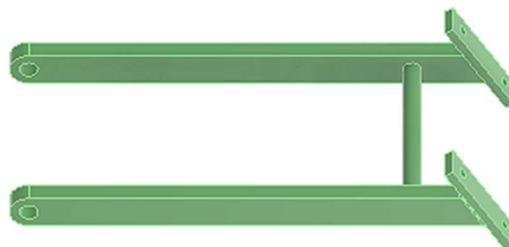
Ovladač (viz. Obr. 25) slouží k řízení pohybu sestavy lopatkového kola za pomoci hydromotoru. Ovládání se realizuje brzděním lopatkového kola. Skládá se z rámu ovladače, podložky určené pro tlumení rázů, ložiskových jednotek SKF a válcové pracovní části ovladače. Celková hmotnost ovladače je 15,607 kg.



Obr. 25 Sestava ovladače

2.3.1 RÁM OVLADAČE

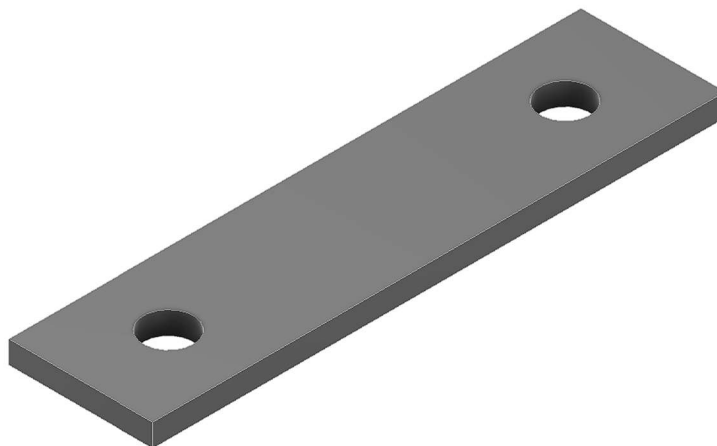
Rám ovladače (viz. Obr. 26) je tvořen z oceli. Ve spodní části má oko sloužící pro spojení s vidlicí rámu pomocí čepu ISO 2341 B 20x100 [2]. Díra oka má rozměr $\varnothing 20$ H13 mm [2] pro uložení s vůlí. V horní části je válcovité zakončení sloužící pro uchycení k hydromotoru ovladače. Dosedací plochy pro podložky ložiskových jednotek jsou nakloněny z důvodu zamezení kontaktu šroubů s lopatkami lopatkového kola a tím možného poškození. V nakloněné části jsou otvory pro umístění šroubového spoje se šrouby DIN EN 24017 M10 x 40 a matice DIN EN 24035 M10, s podložkami DIN 125-A 10,5 mm, s roztečí na každé straně mezi nimi 88 mm. Hmotnost rámu ovladače je 7,1 kg.



Obr. 26 Rám ovladače

2.3.2 PODLOŽKA LOŽISKOVÉ JEDNOTKY

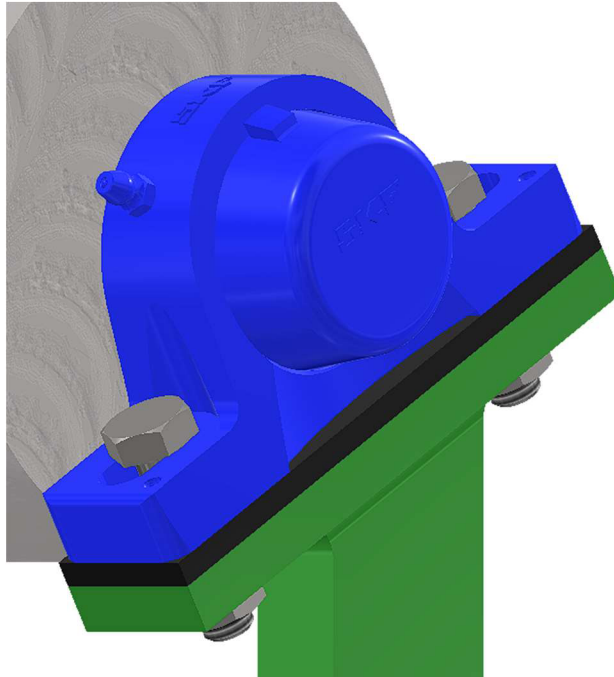
Podložka je zde umístěna pro tlumení rázů. Je vyrobena z polyetylenové desky Simona PE [41] o tloušťce 5 mm. Jsou v ní zhotoveny otvory pro šroub DIN EN 24017 M10 x 45 s roztečí 88 mm (viz. Obr. 27).



Obr. 27 Podložka ložiskové jednotky

2.3.3 LOŽISKOVÁ JEDNOTKA SKF

Pro uložení válcové pracovní části ovladače v rámu ovladače byla použita ložisková jednotka metrické řady SKF SY 20 TDW [42] (na Obr. 28). Je tvořena z kuličkového ložiska utěsněného a umístěného v litinovém pouzdře s přírubou. Ložisko samotné má spíše funkci sestavení než k uchycení rotující části. K polohování hřídele v ložisku je použito aretace pomocí stavěcího šroubu. Ložisková jednotka je k rámu připevněna pomocí dvou šroubů DIN EN 24017 M10 x 45 a matic DIN EN 24035 M10 vypočtených podložkami DIN 125-2 A 10,5. Mazací otvor je umístěn směrem od lopatkového kola, aby se předešlo případnému poškození a nečistotám.



Obr. 28 Ložisková jednotka SKF

2.3.4 PRACOVNÍ ČÁST OVLADAČE

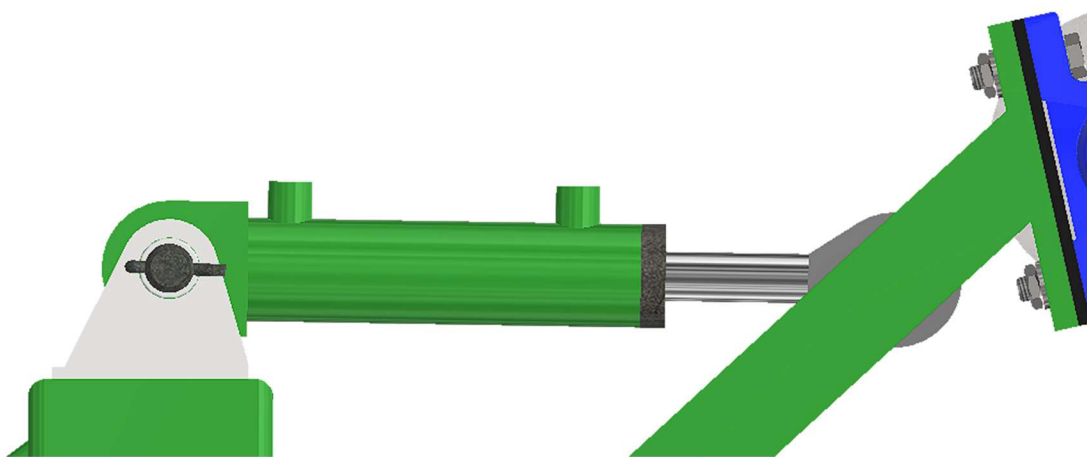
Pracovní část ovladače slouží pro odvalování lopatkového kola a zabránění velkého opotřebení ovladače vlivem vysokého tření v režimu kov na kov. Je tvořena z dvou hřídelí o průměru $\varnothing 20$ mm svařených k hladké bezešvé kruhové trubce podle ČSN 42 5715.01, s rozměrem $121 \times 12,5$ mm, z materiálu 11 353.1, podle ČSN 42 0250 [43]. Pracovní část je uložena v ložiskových jednotkách SKF SY 20 TDW a zajištěna aretací pomocí stavěcího šroubu (viz. Obr. 29). Hmotnost pracovní části ovladače je 6,963 kg.



Obr. 29 Pracovní část ovladače

2.3.5 HYDROMOTOR OVLADAČE

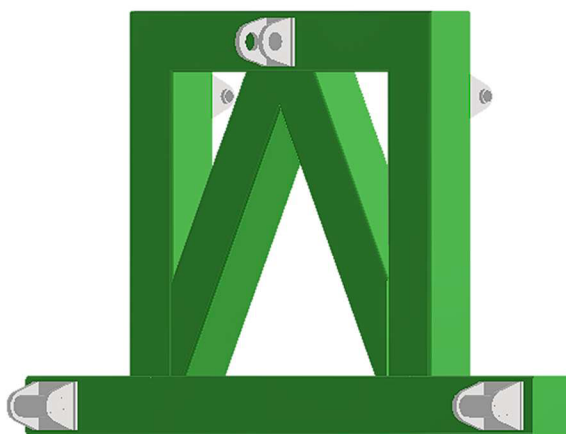
Hydromotor ovladače je dvojitý přímočarý Hydraulics ZH1 s jmenovitým pracovním tlakem 16 MPa, který jako pracovní médium využívá hydraulické minerální oleje OH-HM 32, OH-HM 46, OH-HM 64. Oleje jsou schopné pracovat při okolní teplotě v intervalu -20 °C až 70 °C [44]. Uchytení je zde provedeno způsobem oko-oko (viz. Obr. 30). Hydromotor má vnější průměr oka 32 mm, vnitřní je 20 mm. Vnitřní průměr válce je 32 mm, průměr pístnice je 20 mm, zdvih, který má hydromotor v tomto provedení je 70 mm a vnější průměr válce je 42 mm .



Obr. 30 Hydromotor ovladače

2.4 SESTAVA RÁMU PŘIPOJITELNÉHO K TRAKTORU

Sestava rámu připojitelného k traktoru (na Obr. 31) je tvořena z konstrukce rámu tvořené svařovanými profily. Rám je osazen vidlicemi pro spojení rám-rám pomocí čepů, vidlicemi pro spojení rámu s hydromotory pro naklápění. V zadní části je rám osazen třibodovým závěsem určeným pro nesení traktorem, jeho rozměry jsou zvoleny s ohledem na výkonnostní třídu traktoru. Celková hmotnost sestavy rámu připojitelného k traktoru je 53,375 kg.

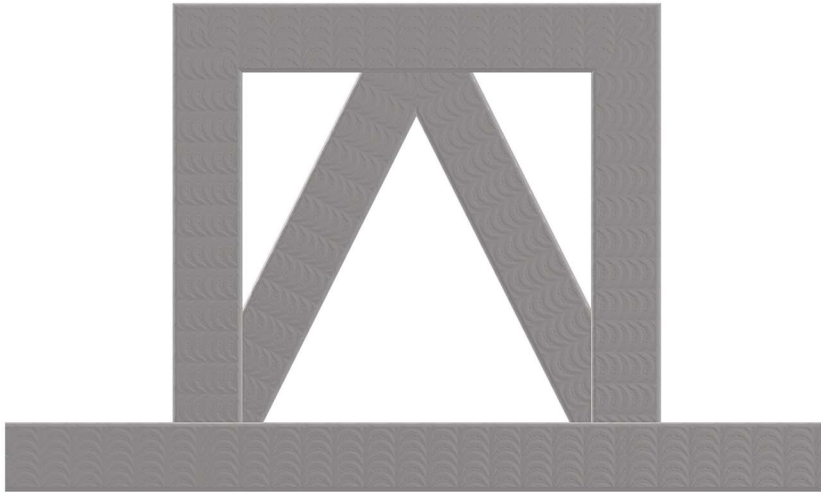


Obr. 31 Sestava rámu připojitelného k traktoru

2.4.1 KONSTRUKCE RÁMU

Konstrukce je tvořena z ocelových uzavřených profilů svařených v jeden celek zobrazený na Obr. 32. Je zde použit dutý svařovaný černý profil se čtvercovým průřezem podle normy ČSN-

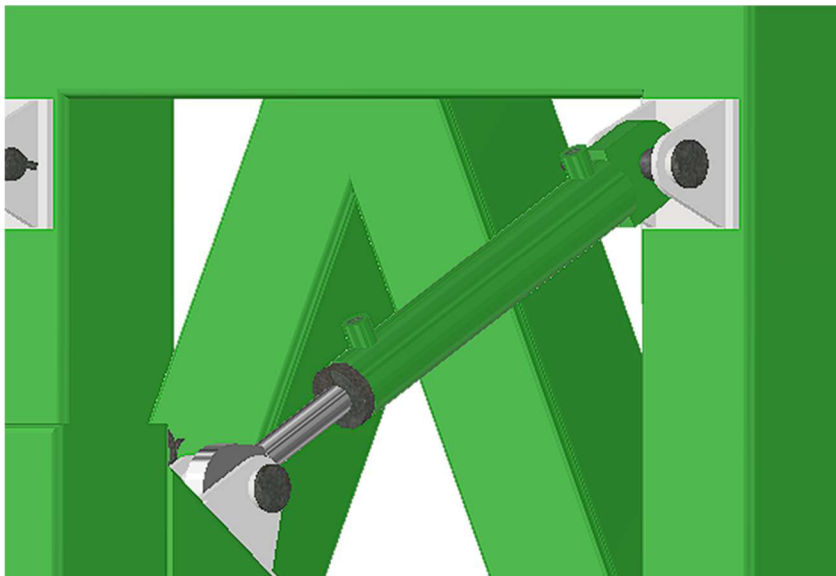
EN 10219-2, s rozměrem 100x5mm, vyrobený z oceli S355J2H, podle normy ČSN-EN 10219-1 [34]. Rám na Obr. 32 je vyztužen dvěma profily z důvodu umístění třibodového závěsu a tím spojeného vyššího namáhání v této části rámu. Ve spodní části jsou profily uzavřeny pomocí koncových záslepek, které chrání rám před nečistotami a předcházejí z části vzniku koroze ve spodní části rámu.



Obr. 32 Konstrukce rámu

2.4.2 HYDROMOTOR ZDVIHU

Pro ovládání zdvihu byly zvoleny 2 přímočaré hydromotory od firmy Hydraulics řady ZH1, které pracují při jmenovitém tlaku nabývající hodnot 16 MPa [44]. Vnitřní průměr válce je 32 mm, průměr pístnice je 20 mm a umožňují zdvih 160 mm (viz. Obr. 33).



Obr. 33 Hydromotor zdvihu ZH1

2.4.3 VIDLICE RÁM-HYDROMOTOR NAKLÁPĚNÍ

Vidlice (na Obr. 34) je určena pro spojení rámu a hydromotoru zajišťujícího naklápění ploškovače vůči okolnímu terénu. Je to svařenec plechu o tloušťce 5 mm s výpalkem vidlice z plechu o tloušťce 5 mm, s navařenou trubkou o průměru 25 mm, s tloušťkou 5 mm. Vidlice má díru pro čep ISO 2341 B 20x100. Díra má rozměr $\varnothing 20$ H13 mm [2] pro uložení s vůlí. Vidlice a uchycení hydromotoru má velkou vůli kvůli montáži a použití v lesním prostředí. K rámu je připevněna pomocí svaru. Její tvar je vytvořen na základě rozložení namáhání do konstrukce rámu.



Obr. 34 Vidlice rám-hydromotor naklápění

2.4.4 VIDLICE SPOJENÍ RÁM-RÁM

Vidlice na Obr. 35 slouží pro spojení rámu s rámem připojeným k traktoru. Je to svařenec plechu o tloušťce 5 mm s plechovým výpalkem vidlice z plechu válcovaného za tepla EN 10051 [45]. Má díru pro čep ISO 2341 B 40x100 [2]. Díra má rozměr $\varnothing 40$ H13 mm [2] pro uložení s vůlí. Oko a Vidlice mají velkou vůli kvůli použití v lesním prostředí a montáži. K rámu je upevněna pomocí koutového svaru. Při montáži je potřeba dbát na přesnost umístění z důvodu smontovatelnosti sestav.



Obr. 35 Vidlice rám-rám

2.4.5 TŘÍBODOVÝ ZÁVĚS

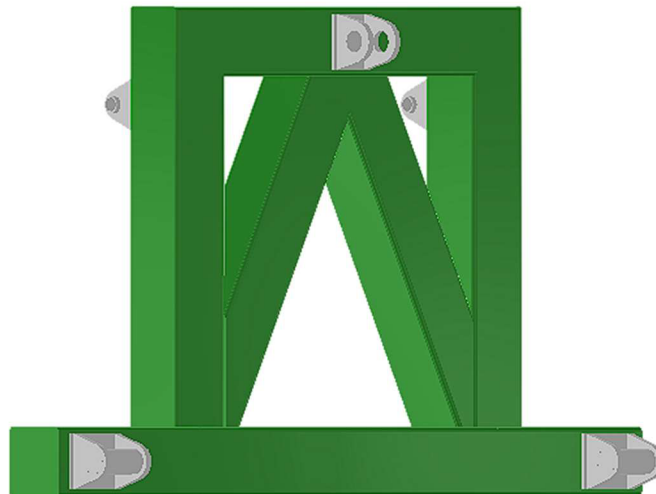
Rozměry tříbodového závěsu na Obr.36 [46] byly zvoleny z tab. 1 pro traktor výkonnostní třídy zvolený z tab. 2 [46] 3N/3. Průměr otvoru horního táhla je 31,75 mm, minimální šířka uchycení u horního táhla je 52 mm, průměr otvoru u koule dolního táhla je 36,6 mm, minimální vzdálenost díry u dolního kolíku je 68 mm, šířka uchycení u kouli je 72,5 mm, vzdálenost mezi uchycením u kouli je 965 mm, minimální průměr otvoru pro závlačku je 12 mm a vzdálenost mezi dolním a horním uchycením je 600 mm.

Tabulka 1 Rozměry tříbodového závěsu normy ISO 730[46]

Označení	Název	Kategorie				
		1N	1	2	3	4
D_1	Průměr otvoru horního táhla	$19_{-0,08}^0$	$19_{-0,08}^0$	$25,5_{-0,13}^0$	$31,75_{-0,2}^0$	$45_{-0,8}^0$
b_1	Šířka uchycení u horního táhla	52 min.	52 min.	52 min.	52 min.	65 min.
D_2	Průměr otvoru u koule dolního táhla	$22_{-0,2}^0$	$22_{-0,2}^0$	$28_{-0,2}^0$	$36,6_{-0,2}^0$	$50,8_{-0,2}^0$
b_3	Vzdálenost díry u dolního kolíku	49 min.	49 min.	49 min.	68 min.	68 min.
b_5	Šířka uchycení u kouli	65_0^{+2}	65_0^{+2}	65_0^{+2}	$72,5_0^{+2}$	$72,5_0^{+2}$
l	Vzdálenost mezi uchycením u kouli	400 $\pm 1,5$	683 $\pm 1,5$	825 $\pm 1,5$	965 $\pm 1,5$	1166,5 $\pm 1,5$
d	Průměr otvoru pro závlačku	12 min.	12 min.	12 min.	12 min.	17 min.
	Horní táhlo u kouli	12 min.	12 min.	12 min.	17 min.	17 min.
h	Vzdálenost mezi dolním a horním uchycením	300 – 375	500 – 575	550 – 625	575 – 675	575 – 675

Tabulka 2 Výkonnostní třídy traktorů ISO 730 [46]

Kategorie	Výkon motoru, podle ISO 789-1 [kW]
1N	Do 35
1	Do 48
2N-2	Od 30 do 92
3N/3	Od 60 do 185
4N/4	Od 110 do 350



Obr. 36 Třibodový závěs

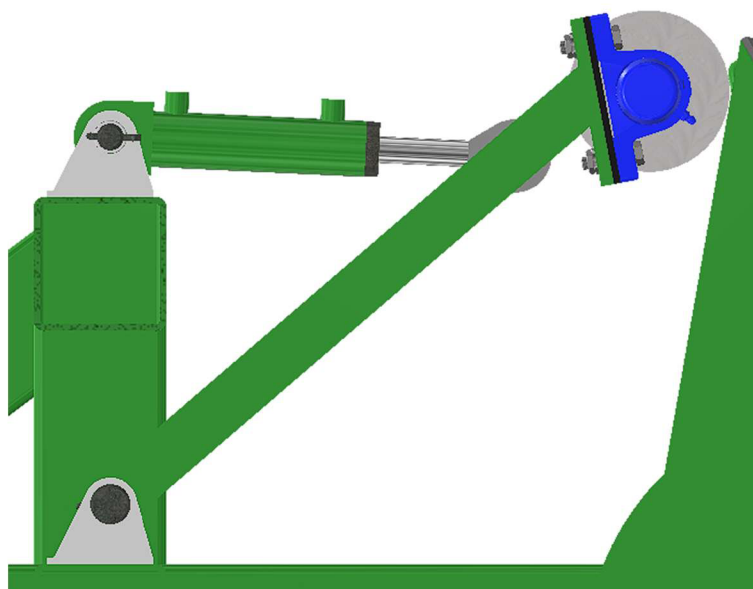
3 STANOVENÍ POHONU LOPATKOVÉHO KOLA

3.1 STANOVENÍ POTŘEBNÉHO VÝKONU PRO POHON LOPATKOVÉHO KOLA

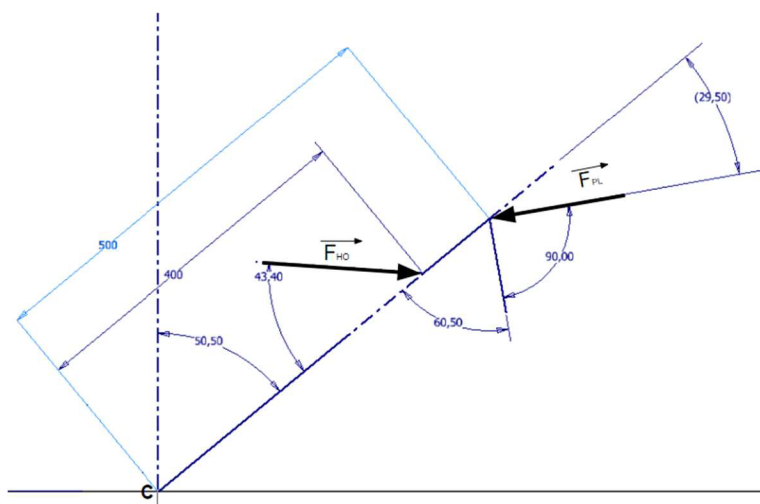
Vzhledem k tomu, že byl stanoven samovolný pohon pro otáčení pomocí samotného pohybu traktoru, byl uvažován pouze výpočet potřebného výkonu pro brzdění lopatkového kola pomocí dvojitinného přímočarého hydromotoru.

3.1.1 STANOVENÍ VÝKONU PRO BRZDĚNÍ LOPATKOVÉHO KOLA

Pro výpočet potřebného výkonu k brzdění lopatkového kola byl sestrojen výpočtový model (viz. Obr. 38) odpovídající reálnému modelu na Obr. 37 v pozici, kdy brzdí lopatkové kolo, a tudíž je hydromotor v situaci, kdy je nejvíce zatěžován.



Obr. 37 Počítaná oblast stanovení výkonu pro brzdění



Obr. 38 Výpočtový model stanovení výkonu pro brzdění

Pro určení potřebné teoretické síly pro hydromotor ovladače je využito rovnice rovnováhy pro moment v bodě C

$$\Sigma M_C = 0 : 0 = -400 \cdot \cos 43,4^\circ \cdot F_{HO_T} + 500 \cdot \sin 29,5^\circ - F_{PL}. \quad (1)$$

Z rovnice rovnováhy byl vyjádřen vzorec pro určení teoretické potřebné síly pro hydromotor ovladače

$$F_{HO_T} = \frac{500 \cdot \sin 29,5^\circ - F_{PL}}{400 \cdot \sin 43,4^\circ} = \frac{500 \cdot \sin 29,5^\circ - 11197}{400 \cdot \sin 43,4^\circ}, \quad (2)$$

$$F_{HO_T} \doteq 10,03 \text{ kN}.$$

Tlak potřebný pro ovládání $p = 16 \text{ MPa}$ byl zvolen vzhledem k možnostem traktoru tlak generovat a na reálnou nabídku na trhu v oblasti přímočarých dvojčinných hydromotorů. Výpočtový vzorec pro výpočet potřebného průměru hydromotoru ovladače byl poté odvozen pomocí síly a plochy:

$$F_{HO_T} = p \cdot S_T, \quad (3)$$

$$S_T = \frac{\pi \cdot d_T^2}{4}, \quad (4)$$

$$d_T = \sqrt{\frac{4 \cdot F_{HO_T}}{p \cdot \pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 10030}{16 \cdot 10^6 \cdot \pi}} = 28,3 \text{ mm}. \quad (5)$$

Na základě vypočteného teoretického průměru byl zvolen nejbližší vyšší průměr hydromotoru z katalogu firmy Hydraulics řady ZH1 [44] s vnitřním průměrem válce $d_{OVL} = 32 \text{ mm}$ se zdvihem $l_{Z1} = 70 \text{ mm}$

$$F_{HO} = p \cdot S_{RO} = 16 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi \cdot 0,032^2}{4} \doteq 12,868 \text{ kN}, \quad (6)$$

$$S_{RO} = \frac{\pi \cdot d_{OVL}^2}{4}. \quad (7)$$

Pro výpočet potřebného výkonu hydromotoru ovladače byly zvoleny katalogové hodnoty rychlosti vysunutí hydromotoru $v_{HO_{max}} = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ [44] na základě níž a síly byl výpočet výkon

$$P_{HO} = F_{HO} \cdot v_{HO_{max}} = 12686 \cdot 0,5 = 6434 \text{ W}. \quad (8)$$

3.1.2 STANOVENÍ VÝKONU PRO OVLÁDÁNÍ ZDVIHU PLOŠKOVAČE

Pro ovládání zdvihu (náklonu) ploškovače byly zvoleny dva přímočaré dvojčinné hydromotory z katalogu firmy Hydraulics řady ZH1 [44], o vnitřním průměru válce $d_z = 32 \text{ mm}$, se

zdvihem $l_{ZZ} = 100$ mm, umožňující náklon sestavy rámu a lopatkového kola $\Delta\alpha = \pm 10^\circ$ oproti rovině XZ celkové sestavy ploškovače. Pro vypočtení síly potřebné síly pro ovládání hydromotoru zdvihu byl uvažován tlak $p = 16$ MPa stanovený z katalogu firmy Hydraulics, s ohledem na možný dodávaný tlak hydraulickým systémem traktoru. Pomocí tlaku a plochy pístu byl sestrojen vzorec pro výpočet síly hydromotoru zdvihu:

$$F_{HZ} = p \cdot S_{HZ} = 16 \cdot 10^6 \cdot \frac{\pi \cdot 0,032^2}{4} \doteq 12,868 \text{ kN}, \text{ kde} \quad (9)$$

$$S_{HZ} = \frac{\pi \cdot d_z^2}{4}. \quad (10)$$

Pro výpočet potřebného výkonu pro ovládání hydromotorů zdvihu byly zvoleny katalogové hodnoty rychlosti vysunutí hydromotoru. $v_{HZ_{max}} = 0,5 \frac{\text{m}}{\text{s}}$ [44]. Z důvodu použití dvou hydromotorů je výsledný výkon dvojnásobný.

$$P_{HZ} = 2 \cdot F_{HZ} \cdot v_{HZ_{max}} = 2 \cdot 12686 \cdot 0,5 = 12868 \text{ W} \quad (11)$$

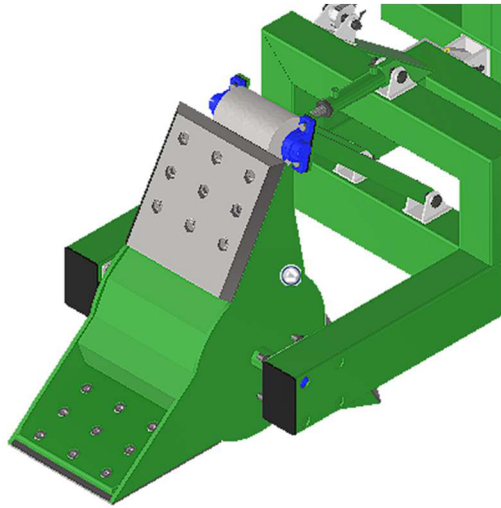
3.1.3 VÝPOČET CELKOVÉHO MAXIMÁLNÍHO VÝKONU

Vypočtený maximální výkon byl stanoven pomocí součtu výkonu pro ovládání hydromotoru ovladače a výkonu pro ovládání hydromotorů zdvihu

$$P_{max} = P_{HO} + P_{HZ} = 6434 + 12868 = 19302 \text{ W}. \quad (12)$$

3.2 STANOVENÍ TYPU POHONU PRO OTÁČENÍ LOPATKOVÉHO KOLA

Typ pohonu byl principiálně zvolen z návrhové koncepce stroje B. Tudíž pohon lopatkového kola zajišťuje pohyb samotného traktoru vpřed a otáčení je řešeno samovolně. Pohon využívá brzdění pomocí dvojčinného přímočarého hydromotoru prostřednictvím ovladače (viz. Obr. 39). Zvolená varianta poskytuje výhody ekonomické, technické, i ekologické. Ekonomické výhody jsou dány nižšími vstupními náklady, které způsobuje cena dvojčinného přímočarého hydromotoru oproti hydromotoru rotačnímu i samotnými náklady na provoz stroje díky samotné jednoduchosti stroje. Z technického hlediska je výhodou servisní nenáročnost. V případě ekologičnosti je výhodné použít co nejméně hydraulického vedení s nižším pracovním tlakem pro případ havárie nebo poškození. Pro minimalizaci úniku hydraulické kapaliny do lesního ekosystému.



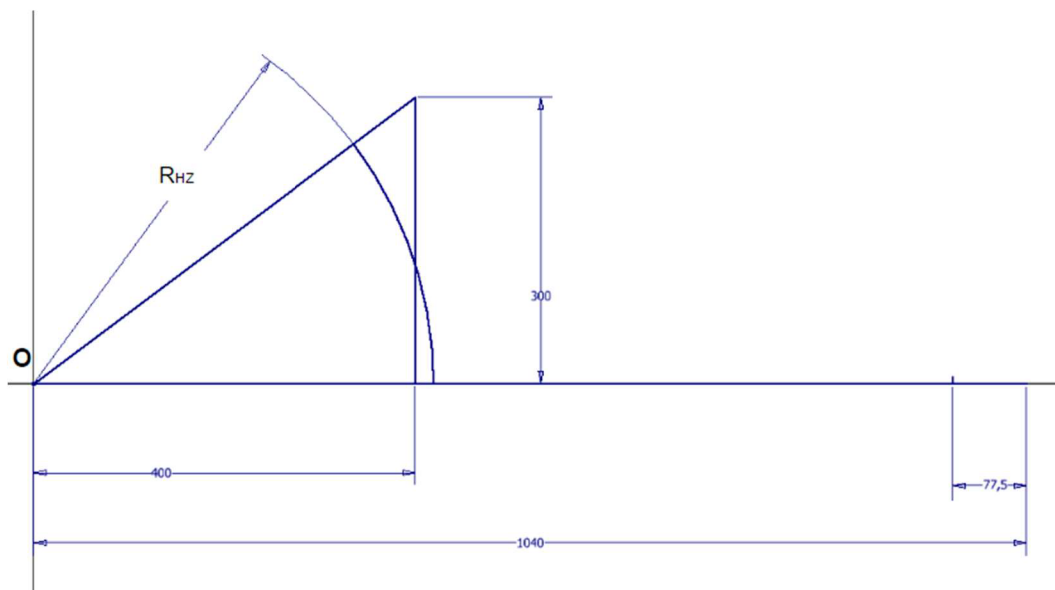
Obr. 39 Ovladač a sestava lopatkového kola

4 PEVNOSTNÍ VÝPOČET VYBRANÝCH KONSTRUKČNÍCH UZLŮ

Za vybrané konstrukční uzly byly vybrány spojovací čepy, hlavní ložiska, ložiska ovladače a rámová konstrukce neseného ploškovače.

4.1 STANOVENÍ SÍLY PLOŠKOVAČE

Výpočtový model pro stanovení síly ploškovače (na Obr.40) byl vytvořen na základě reálného modelu k zjednodušení výpočtu a určení parametrů.



Obr. 40 výpočtový model pro určení síly ploškovače

Pro výpočet síly ploškovače byla využita rovnice rovnováhy pro moment v bodě O. Neznámé v rovnici byly určeny hodnoty ramene hydromotoru zdvihu $R_{HZ} = 418,75$ mm a vzdálenosti středu otáčení síly ploškovače $l_{PL} = 962,5$ mm.

$$\Sigma M_O = 0: 0 = F_{PL} \cdot l_{PL} - 2 \cdot F_{HZ} \cdot R_{HZ}. \quad (13)$$

Z rovnice rovnováhy byl vyjádřen vzorec pro výpočet síly ploškovače

$$F_{PL} = \frac{2 \cdot F_{HZ} \cdot R_{HZ}}{l_{PL}} = \frac{2 \cdot 12868 \cdot 418,75}{962,5} \doteq 11,197 \text{ kN}. \quad (14)$$

4.2 KONTROLA ČEPU OVLADAČ-RÁM NA STŘIH

Pro stanovení zatěžující síly působící na čep byla síla zvolena jako poloviční vzhledem k použití dvou vidlic

$$F_{PL1} = \frac{F_{PL}}{2} = \frac{11197}{2} = 5,5985 \text{ kN}. \quad (15)$$

Vypočtené napětí je porovnáváno s dovolenou hodnotou určenou experimentální metodou. Pro výpočet napětí byla použita plocha příčného průřezu zatěžovaného čepu

$$\tau_{\check{c}OV L} = \frac{F_{PL1}}{S_{\check{c}VOL}} = \frac{5598,50}{\frac{\pi \cdot 0,02^2}{4}} \doteq 17,82 \text{ MPa} \leq \tau_{D_{\check{c}OV L}}, \text{ kde} \quad (16)$$

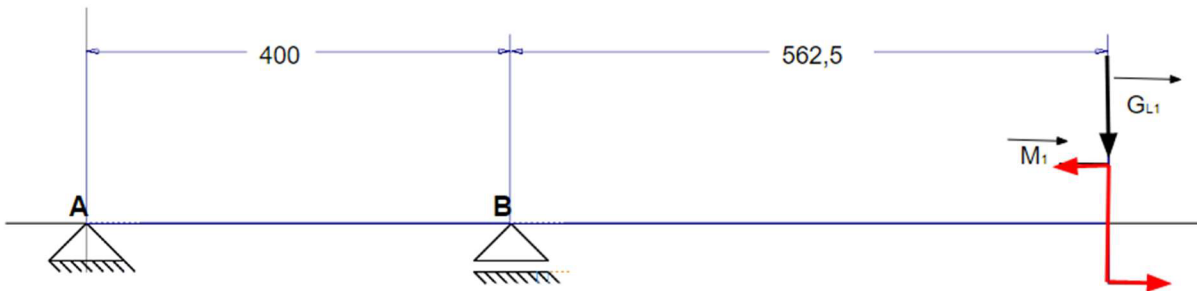
$$S_{\check{c}OV L} = \frac{\pi \cdot d_{\check{c}ovl}^2}{4}. \quad (17)$$

Dovolená hodnota napětí byla určena pomocí vztahu pro materiál určený pro čep spojující vidlici na rámu a sestavu ovladače. Zvolený materiál je podle ČSN 11 375 (ČSN EN 10025-2(42094):2020 S235JR)[47]. Pomocí dovolené smluvní hodnoty normálového napětí $\sigma_{D_{\check{c}OV L}} = 196 \text{ MPa}$ [48] je vyjádřen výpočetní vztah pro dovolenou hodnotu namáhání na stříh

$$\tau_{D_{\check{c}OV L}} \approx 0,6 \cdot \sigma_{D_{\check{c}OV L}} = 0,6 \cdot 196 = 117,6 \text{ MPa} [49]. \quad (18)$$

4.3 KONTROLA RÁMU NA OHYB

Pro kontrolu rámu na ohyb byl vytvořen zjednodušený výpočtový model na Obr. 41 s reakčními vazbami na místech určených z reálného rámu.



Obr. 41 Výpočtový model nosníku rámu

Ve výpočtu určující tíhovou sílu sestavy lopatkového kola je uvažována pouze polovina síly vzhledem k tomu, že výpočet je koncipován na jednu část rámu, a ne na celek

$$G_{L1} = \frac{m_L \cdot g}{2} = \frac{189,124 \cdot 9,81}{2} = 927,7 \text{ N}. \quad (19)$$

Pro výpočet momentu od síly lopatkového kola byla zohledněna rychlost, kterou se traktor pohybuje $v_{TR} = 3 \frac{\text{km}}{\text{h}} = 0,83 \frac{\text{m}}{\text{s}}$. Pomocí síly lopatkového kola a rychlosti traktoru byl stanoven výpočet výkonu

$$P_1 = F_{PL1} \cdot v_{TR} = 5598,5 \cdot 0,83 = 4646,755 \text{ W}, \quad (20)$$

jehož pomocí a úhlové rychlosti stanovené z rychlosti traktoru a poloměru lopatkového kola $r_{PL} = 0,475 \text{ m}$ byl sestaven vzorec pro výpočet momentu

$$M_1 = \frac{P_1}{\omega} = \frac{P_1}{\frac{v_{TR}}{r_{PL}}} = \frac{4646,755}{\frac{0,83}{0,475}} = 2655 \text{ Nm.} \quad (21)$$

Pro výpočet stanovující reakční síly ve vazbách jsou použity rovnice rovnováhy sil ve svislém směru a rovnice rovnováhy pro moment k bodu A

$$\Sigma F_y = 0 : 0 = F_A + F_B - G_{L1}, \quad (22)$$

$$\Sigma M_A = 0 : 0 = M_1 + F_B \cdot 400 - G_{L1} \cdot 962,5. \quad (23)$$

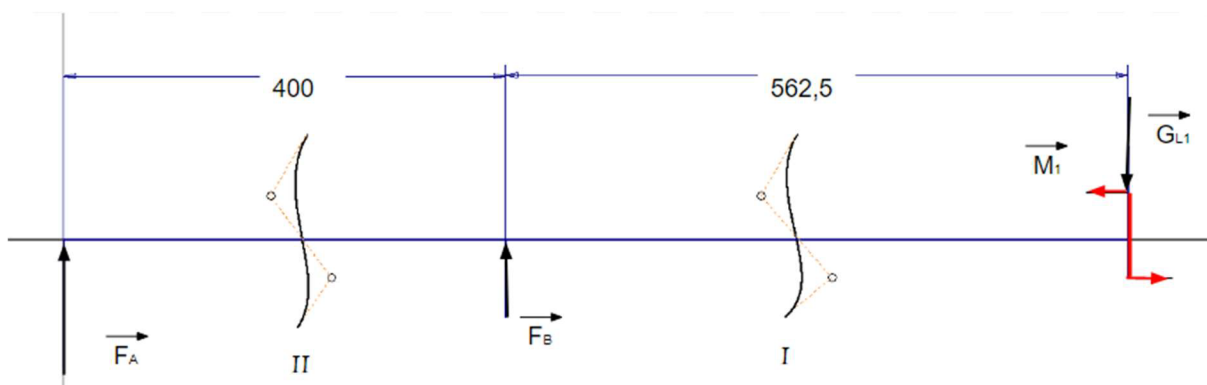
Pomocí nichž byly sestrojeny vzorce pro výpočet reakčních sil ve vazbách (24)

$$F_B = \frac{G_{L1} \cdot 962,5 - M_1}{400} = \frac{927,7 \cdot 962,5 - 2655}{400} = -4405 \text{ N}$$

a

$$F_A = G_{L1} - F_B = 927,7 - (-4405) = 5335,7 \text{ N.} \quad (25)$$

Pro stanovení výsledných vnitřních účinků byl sestrojen výpočtový model (viz. Obr. 42).



Obr. 42 Výpočtový model úplné uvolněného rámu

Stanovení výsledných vnitřních účinků v oblasti řezu I:

$$T_I = -G_{L1} = -927,7 \text{ N,} \quad (26)$$

$$M_{OI} = M_1 - G_{L1} \cdot x_I, \quad (27)$$

$$x_I \in (0; 592,5 > \text{ mm},$$

$$M_{OI}(x_I := 0) = 2655 \text{ Nm} = M_{Omax} ,$$

$$M_{OI}(x_I := 592,5) = 2133,73 \text{ Nm.}$$

Stanovení výsledných vnitřních účinků v oblasti řezu II:

$$T_{II} = -G_{L1} + F_B = -927,7 + (-4405) = -5332,7 \text{ N}, \quad (28)$$

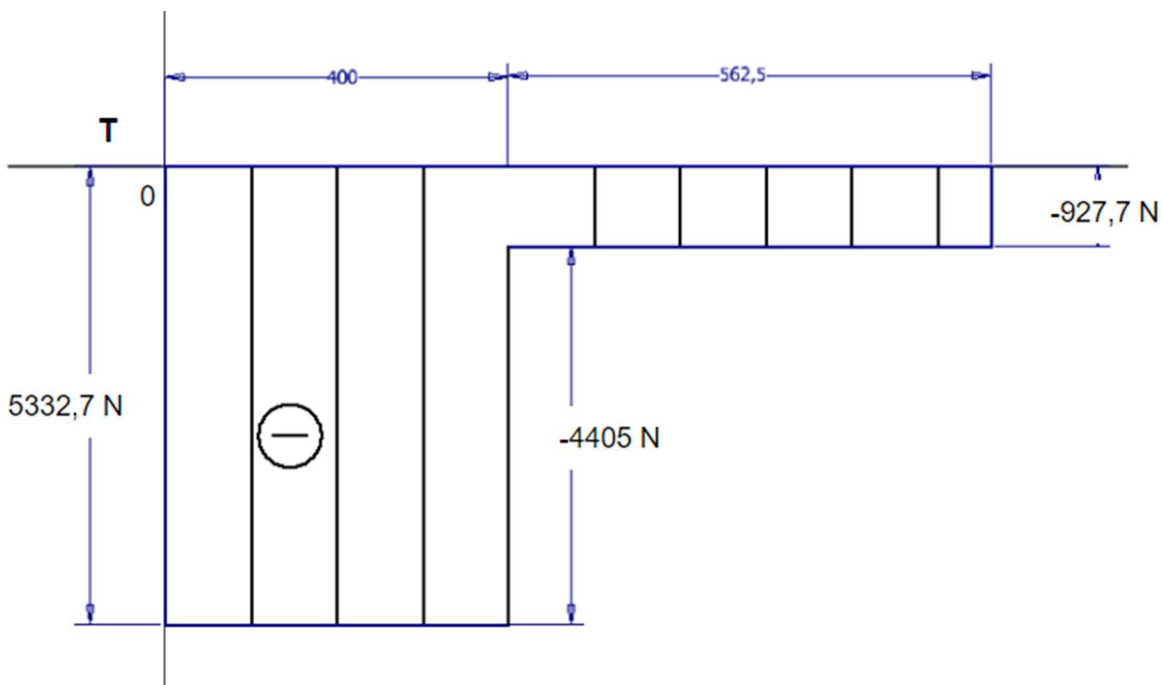
$$M_{OI} = M_1 - G_{L1}(x_{II} + (0,592,5)) + F_B \cdot x_{II}, \quad (29)$$

$$x_{II} \in (0; 400 > \text{mm}),$$

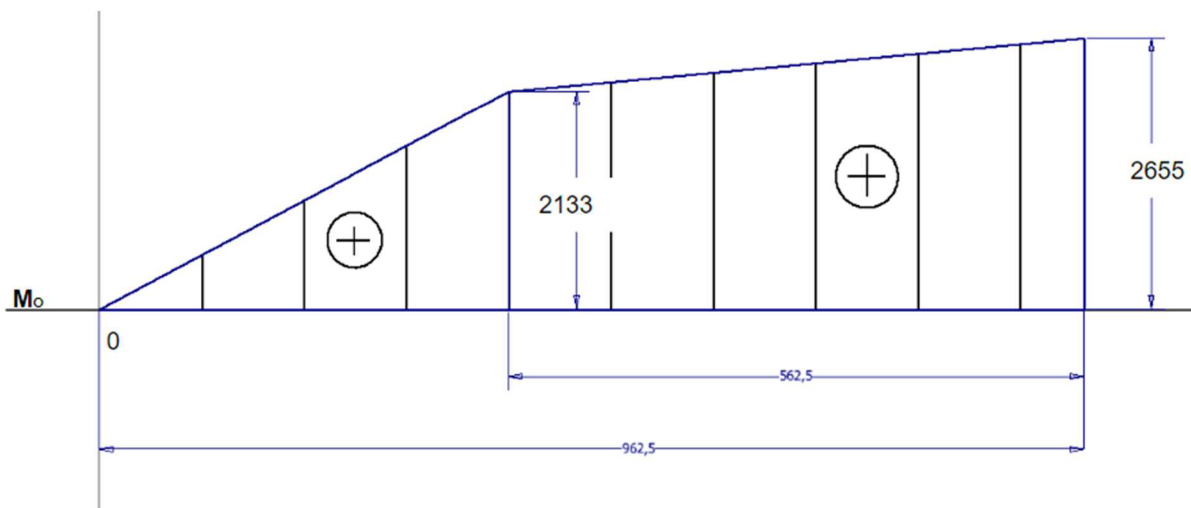
$$M_{OI}(x_{II} := 0) = 2133,73 \text{ Nm},$$

$$M_{OI}(x_I := 400) = 0 \text{ Nm}.$$

Vypočtené vnitřní účinky tečných sil byly znázorněny na Obr. 43, výsledné vnitřní účinky ohybového momentu byly popsány na Obr. 44. Maximální ohybový moment byl v místě působení tíhové síly.



Obr. 43 Výsledné vnitřní účinky tečné síly



Obr. 44 Výsledné vnitřní účinky ohybového momentu

Pro výpočet napětí v rámu byl využit modul průřezu pro ohyb $W_o = 95890 \text{ cm}^3$ [33] a maximální ohybový moment získaný pomocí výpočtu výsledných vnitřních účinků

$$\sigma_{omax} = \frac{M_{omax}}{W_o} = \frac{2655}{95890000} = 27,71 \text{ MPa} \leq \sigma_{DO}. \quad (30)$$

Pro dovolené napětí byl použit materiál rámu ocel S355J2H s $Re = 355 \text{ MPa}$ [50] a součinitel bezpečnosti $k_{pt} = 1,5$ [51]. Na základě, nichž byl sestrojen výpočetní vzorec smluvního dovoleného napětí

$$\sigma_{DO} = \frac{Re}{k_{pt}} = \frac{355}{1,5} = 236,7 \text{ MPa}. \quad (31)$$

4.4 KONTROLA ČEPU RÁM-HYDROMOTOR OVLADAČE NA STŘIH

Pro výpočet zatěžující síly je uvažována teoretická síla ovládání hydromotoru a jako výsledek šíření tlaku v kapalině a také reálná síla ovládání hydromotoru

$$F_{Z1} = F_{HO_T} + F_{HO} = 12,868 + 10,03 = 22,898 \text{ kN}. \quad (32)$$

Pomocí zatěžující síly a plochy příčného průřezu je stanoven výpočet zatěžujícího napětí čepu na střih

$$\tau_{Z1} = \frac{F_{Z1}}{S_{\check{C}RO}} = \frac{22898}{\frac{\pi \cdot 0,02^2}{4}} = 72,89 \text{ MPa} \leq \tau_{DZ1}, \text{ kde} \quad (33)$$

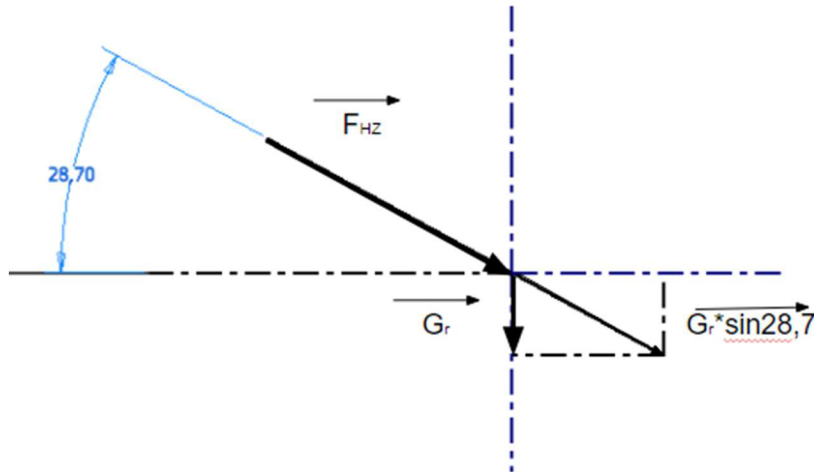
$$S_{\check{C}RO} = \frac{\pi \cdot d_{\check{c}ro}^2}{4}. \quad (34)$$

Pro určení dovoleného napětí je vzhledem ke stejnému použitému materiálu uplatněno

$$\tau_{DZ1} = \tau_{\check{c}ovl} = 117,6 \text{ MPa}. \quad (35)$$

4.5 KONTROLA ČEPU RÁM-HYDROMOTOR ZDVIHU

K výpočtu zatěžující síly byl sestaven výpočtový model na Obr. 45 vytvořený na základě reálného modelu.



Obr. 45 Výpočtový model pro kontrolu na střiž

Ve výpočtu stanovující zatěžující sílu na čep je uvažována síla hydromotoru pro zdvih a složka tíhové síly sestavy rámu a lopátkového kola ve směru síly hydromotoru zdvihu

$$F_{Z2} = F_{HZ} + G_r \cdot \sin 28,7^\circ = 12868 + 3128 \cdot \sin 28,7^\circ = 14370 \text{ N, kde} \quad (35)$$

$$G_r = m_r \cdot g = 318,82 \cdot 9,81 = 3128 \text{ N.} \quad (37)$$

Pro výpočet zatěžujícího napětí byla uvažována zatěžující síla a plocha příčného průřezu čepu namáhaného na střiž

$$\tau_{Z2} = \frac{F_{Z2}}{S_{\check{C}RO}} = \frac{14370}{\frac{\pi \cdot 0,02^2}{4}} = 45,74 \text{ MPa} \leq \tau_{DZ2}, \text{ kde} \quad (38)$$

$$S_{\check{C}RZ} = \frac{\pi \cdot d_{\check{C}RZ}^2}{4}. \quad (39)$$

Vzhledem k tomu, že je čep vyroben ze stejného materiálu, jako čep spojující hydromotor ovladače s rámem uvažujeme stejné dovolené napětí

$$\tau_{DZ2} = \tau_{\check{C}ovl} = 117,6 \text{ MPa.} \quad (40)$$

4.6 KONTROLA ČEPU RÁM TRAKTORU-HYDROMOTOR ZDVIHU

Vzhledem k tomu že se zde oproti kontrole čepu rám-hydromotor zdvihu nic nemění, jsou považovány za totožné a do výpočtů vstupují stejné parametry. Zatěžující síla byla tedy vyjádřena stejně:

$$F_{Z3} = F_{Z2} = F_{HZ} + G_r \cdot \sin 28,7^\circ = 12868 + 3128 \cdot \sin 28,7^\circ = 14370 \text{ N.} \quad (41)$$

Pro výpočet zatěžujícího napětí bylo využito zatěžující síly a plochy příčného průřezu čepu

$$\tau_{Z3} = \frac{F_{Z3}}{S_{\check{C}TRZ}} = \frac{14370}{\frac{\pi \cdot 0,02^2}{4}} = 45,74 \text{ MPa} \leq \tau_{DZ3}, \quad (42)$$

$$S_{\check{C}RTRZ} = \frac{\pi \cdot d_{\check{c}rtrz}^2}{4}. \quad (44)$$

Vzhledem k použití čepu stejného materiálu jako čep spojovací ovladač s rámem uvažujeme stejné dovolené napětí

$$\tau_{DZ3} = \tau_{\check{c}ovl} = 117,6 \text{ MPa}. \quad (44)$$

4.7 KONTROLA ČEPU RÁM-RÁM TRAKTORU

Zatěžující síla působící v daném místě je rovna reakčnímu účinku vazby v bodě A při kontrole rámu na ohyb, tudíž byla stanovena jako

$$F_{Z4} = F_A = 5332,7 \text{ N}. \quad (45)$$

Za účelem výpočtu napětí zatěžujícího čep byla zahrnuta zatěžující síla a plocha příčného průřezu

$$\tau_{Z4} = \frac{F_{Z4}}{S_{\check{C}RRTZ}} = \frac{5332,7}{\frac{\pi \cdot 0,04^2}{4}} = 4,24 \text{ MPa} \leq \tau_{DZ3}, \text{ kde} \quad (46)$$

$$S_{\check{C}RRTR} = \frac{\pi \cdot d_{\check{c}rrtr}^2}{4}. \quad (48)$$

Materiál čepu mezi rámem a rámem traktoru je z totožného materiálu jako čep spojovací rám s ovladačem, tudíž je uvažováno stejné dovolené napětí

$$\tau_{DZ4} = \tau_{\check{c}ovl} = 117,6 \text{ MPa}. \quad (47)$$

4.8 KONTROLA HLAVNÍCH LOŽISEK

Pro určení zatěžující síly působící na ložisko jsou zahrnuty síly tíhové sestavy lopatkového kola a síly ploškovače. Síla zatěžující ložisko je dána:

$$F_R = G_L + F_{PL} = 1\,855,3 + 11\,197 = 13,0523 \text{ kN}. \quad (49)$$

Pro určení otáček lopatkového kola je využit ve vztahu čas otáčení je určen jako $t_{ot} = 6 \text{ s}$,

$$n = \frac{1}{t_{ot}} = \frac{1}{6} \text{ s}^{-1}. \quad (50)$$

Výpočet únavy ložisek SKF F4B-50M-SRB-CRE je uvažovaná základní dynamická únosnost $C = 104 \text{ kN}$ [36] a zatěžující ve vztahu:

$$L_{10} = \left(\frac{C}{F_R}\right)^a \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n} = \left(\frac{104}{13,0523}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{60 \cdot \frac{1}{6}} = 50\,586\,994 \text{ h}. \quad (51)$$

Výsledek ukazuje, že ložiska jsou neúměrně předimenzována, to je způsobeno druhem zvoleného pohonu lopatkového kola a jeho uchycení k rámu. S velkou pravděpodobností dříve, než únava zničí ložisko vniklé nečistoty z okolního prostředí.

4.9 KONTROLA LOŽISEK OVLADAČE

Ložiska SKF SY 20-TDW mají spíše funkci k sestavení než k uchycení pravidelně rotujících částí. Z tohoto důvodu jsou počítány pouze na statické namáhání. Ke kontrole slouží porovnání s katalogovou hodnotou výrobce $F_{max} = 6,55 \text{ kN}$ [42].

Za zatěžující sílu k porovnání je uvažována pouze poloviční síla ploškovače vzhledem k tomu, že jsou použita dvě ložiska, která je porovnávaná s maximální dovolenou silou

$$F_{Z5} = F_{PL1} = 5598,5 \text{ N} \leq F_{max}. \quad (52)$$

ZÁVĚR

Cílem práce bylo navrhnout konstrukci ploškovače neseného v tříbodovém závěsu zemědělského traktoru výkonnostní třídy do 110 kW pro mechanickou přípravu půdy před zalesněním, stanovit potřebný výkon pro otáčení lopatkového kola, typ pohonu, provést pevnostní výpočet vybraných konstrukčních uzlů a vytvoření výkresové dokumentace sestavy neseného ploškovače a sestavy lopatkového kola.

Pro vytvoření konstrukce byly popsány způsoby ruční a mechanické pro přípravu půdy před zalesněním. Byly detailně popsány druhy nesených ploškovačů používaných v praxi a stanoveny tři návrhové koncepce stroje, od nichž se tvorba konstrukce odvíjela.

Cíl práce byl bezbytku splněn, výstupem vytvoření konstrukce je hotový CAD model sestavy zemědělským traktorem neseného ploškovače, splňující požadavky na provoz v lesním prostředí a vyrobitelnost. Sestava rámu byla zvolena jako svařovaná konstrukce normalizovaných profilů. Lopatky umístěné na lopatkovém kole byly vytvořeny z vysoko ořezuvzdorné oceli Hardox.

Byl zvolen pohon odpovídající návrhové koncepci A, k němuž byl stanoven potřebný výkon k ovládní. Pohon lopatkového kola byl zajištěn pomocí pohybu traktoru vpřed a samovolného odvalování kola s řízením pomocí přímočarého dvojčinného hydromotoru. Z hlediska technického, ekonomického i ekologického byla tato varianta nejvhodnější pro tento typ ploškovače.

Vybrané konstrukční uzly byly podrobeny pevnostním výpočtům a vyhodnoceny jako vyhovující. Následně byla vytvořena výkresová dokumentace sestavy neseného ploškovače a sestavy lopatkového kola.

Další možný postup v práci by spočíval v kompletním návrhu hydraulického systému neseného ploškovače doplněný o hydraulická schémata.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] KOVÁŘ, K., v. HRDINA a F. BUŠINA. *Učební texty z předmětu Pěstování lesů* [online]. Písek: Vyšší odborná škola lesnická a Střední lesnická škola Bedřicha Schwarzenberga Písek, 2013 [cit. 2023-05-18].
- [2] LEINVEBER, Jan a Pavel VÁVRA. *Strojnické tabulky: učebnice pro školy technického zaměření*. 6. vydání. Havlíčkova 197, 250 82 Úvaly: Albra spol., 2017. ISBN 78-80-7361-111-8.
- [3] MAUER, O. *ZAKLÁDÁNÍ LESŮ I*: Učební text. Mendelova univerzita v Brně. 2009.
- [4] MERGL, V. *Nástavby harvesterů, forwarderů a vyvážecích přívěsů*. Mendelova univerzita v Brně, 2022.
- [5] MINISTERSTVO ZEMĚDĚLSTVÍ. *ZPRÁVA O STAVU LESA A LESNÍHO HOSPODÁŘSTVÍ ČESKÉ REPUBLIKY V ROCE 2021*. Těšnov 17, 110 00 Praha 1: Ministerstvo Zemědělství, 2022. ISBN 978-80-7434-669-9.
- [6] NERUDA, J. *TECHNIKA A TECHNOLOGIE V LESNICTVÍ*: Učební text pro předměty Technika a technologie v lesnictví, Základní procesy těžby a dopravy dříví, Technika a technologie lesní těžby a Technika a technologie dopravy dříví. Mendelova univerzita v Brně. netištěno, jen elektronická verze, 2022. ISBN 978-80-7509-191-8.
- [7] NEUHÖFEROVÁ, Pavla, ed. *Zalesňování zemědělských půd, výzva pro lesnický sektor =: Agricultural land afforestation, a challenge to forestry sector : Kostelec na Černými lesy, 17.1.2006 : sborník referátů*. Vyd. 1. Praha :, Jiloviště-Strnady: Česká zemědělská univerzita, Fakulta lesnická a environmentální, Katedra pěstování lesů ;, Výzkumný ústav lesního hospodářství a myslivosti, Výzkumná stanice Opočno, 2006. 236 s.
- [8] SHIGLEY, Joseph Edward a VLK, Miloš, ed. *Konstruování strojních součástí*. 1. vyd. V Brně: VUTIUM, 2010. xxv, 1159 s. Překlady vysokoškolských učebnic, sv. 3.
- [9] SIMANOV, Vladimír. *Vývoj lesnické techniky v Českých zemích v letech 1945-1992*. Praha: Národní zemědělské muzeum v Praze, 2015. ISBN ISBN 978-80-86874-63-0.
- [10] SVOBODA, Pavel. *Výběry z norem pro konstrukční cvičení*. Vydání šesté, přepracované a doplněné. Brno: CERM, akademické nakladatelství, 2019. 236 stran.
- [11] Myslivost - Úprava krajiny pro zvěř. *Myslivost - Home* [online]. Dostupné z: <https://www.myslivost.cz/Casopis-Myslivost/Myslivost/2004/Listopad---2004/Uprava-krajiny-pro-zver>
- [12] sazak lesnický 1000 mm - E-shop | TRIUMF professional tools s.r.o.. *E-shop | Triumph professional tools s.r.o.* [online]. Copyright © 2016 TRIUMF professional tools s.r.o. [cit. 18.05.2023]. Dostupné z: https://www.triumfcz.cz/sazak-lesnicky-1000-mm?gclid=Cj0KCQjwmZejBhC_ARIsAGhCqnfJob4Z0TIUMOUgjgh5i1d-8dGyhJXx3buAhxPjyjmPWLyFssUdtLwaAlVEEALw_wcB.



- [13] Zahradní technika STIHL Konice - *Vše pro les, zahradu i volný čas* [online]. Dostupné z: https://www.e-les.cz/fotky25443/fotos/_vyr_875_1000x1000_6604_58503SA.jpg.
- [14] Příprava lesních půd pro zalesnění - Svitavy | ČESKOMORAVSKÁ LESNÍ, a.s.. ČESKOMORAVSKÁ LESNÍ, a.s. | Lesnictví, pěstební a těžební činnost - Svitavy [online]. Copyright © 2023 Českomoravská lesní, a.s. [cit. 18.05.2023]. Dostupné z: <https://cmlesni.cz/priprava-lesnich-pud>
- [15] | STIHL. Úvodní stránka | STIHL [online]. Dostupné z: <https://www.stihl.cz/stihl-bt-360-navrat-dvojmuneho-jamkovae.aspx>
- [16] BT 131 - Profesionální jednomužný půdní jamkovač s motorem 4-MIX® . *Úvodní stránka* | *STIHL* [online]. Dostupné z: <https://www.stihl.cz/Produkty-STIHL/P%C5%AFdn%C3%AD-jamkova%C4%8De/P%C5%AFdn%C3%AD-jamkova%C4%8De/275112-1520/BT-131.aspx>
- [17] Půdní zemní vrták PV-150. *ZAHRADNÍ TECHNIKA VARI* [online]. Copyright © 2023 [cit. 18.02.2023]. Dostupné z: <https://www.vari.cz/produkty/pudni-vrtaky/pudni-zemni-vrtak-pv-150/cp:42082/>
- [18] *Stavební stroje a technika KOHÚT A SPOL.* | *kohut.cz* [online]. Copyright © [cit. 10.02.2023]. Dostupné z: https://www.kohut.cz/wp-content/uploads/2017/01/jamkovac-stihl-bt-360_InPixio.jpg
- [19] Půdní vrták PŮDNÍ VRTÁK Bystron - Integrace s.r.o.. *Bystron - Integrace s.r.o. - Nabídka strojů a zařízení, lesní a zemědělská technika* [online]. Copyright © 2023 [cit. 18.05.2023]. Dostupné z: <https://www.bystron.cz/eshop/kategorie/stroje-bystron/pudni-vrtak/60/0/pudni-vrtak/>
- [20] Bystron - Integrace s.r.o. - *Nabídka strojů a zařízení, lesní a zemědělská technika* [online]. Copyright © [cit. 23.05.2023]. Dostupné z: <https://www.bystron.cz/modules/produkty/gallery/60/1419.jpg>
- [21] Pluh nesený 2 radličný BOMET LYRA 2 x 20 cm | Zahradní a zemědělská technika, postřikovače, náhradní díly, autokosmetika, nářadí, modely, hračky, stavebnice. Zahradní a zemědělská technika, postřikovače, náhradní díly, autokosmetika, nářadí, modely, hračky, stavebnice [online]. Dostupné z: <https://www.ags-shop.cz/cz/eshop/2283143/c31617-pluhy/pluh-neseny-2-radlicny-bomet-lyra-2-x-20-cm.html>
- [22] *Lesní, komunální a stavební technika* | *Forest Meri* [online]. Copyright © 2023 FOREST MERI [cit. 18.05.2023]. Dostupné z: <https://www.forestmeri.cz/talirova-pudni-freza-tpf-1>
- [23] Dvoutalířová lesní půdní fréza TPF-2V nesená na forwarderu nebo vyvážecce | Zemědělské potřeby M+S. Eshop Zemědělské potřeby M+S s.r.o. [online]. Dostupné z: <https://www.eshop-zemedelske-potreby.cz/dvoutalirova-lesni-pudni-freza-tpf-2v-nesena-na-forwarderu-nebo-vyvazecce-p21602/>

- [24] UOT-2000A Forest trencher – UOT. *UOT – Vienkārši izturīgi disku arkli un cita tehnika* [online]. Copyright © 2017 SIA [cit. 18.02.2023]. Dostupné z: <https://www.uotforest.com/production/uot-2000-forest-trencher-2/>
- [25] Forestry equipment and machines manufacturer - *Bracke Forest AB* [online]. Copyright © [cit. 10.02.2023]. Dostupné z: <https://www.brackeforest.com/images/products/Disc-Trenchers/Bracke-Forest-Disc-Trencher-T26-b.jpg>
- [26] UOT Moulder M-22 – UOT. *UOT – Vienkārši izturīgi disku arkli un cita tehnika* [online]. Copyright © 2017 SIA [cit. 18.02.2023]. Dostupné z: <https://www.uotforest.com/production/uot-moulder/>
- [27] Moulders for creating humus mounds - Bracke Forest AB. *Forestry equipment and machines manufacturer - Bracke Forest AB* [online]. Dostupné z: <https://www.brackeforest.com/products/moulders>
- [28] [online]. Dostupné z: <https://www.enviro-moulder.co.uk/page/mounding-machines-scotland>
- [29] *Forestry equipment and machines manufacturer - Bracke Forest AB* [online]. Dostupné z: <https://www.brackeforest.com/images/products/Moulders/Bracke-Forest-Four-Row-Moulder-M46-b.jpg>
- [30] [online]. Copyright ©S [cit. 10.02.2023]. Dostupné z: https://scontent-prg1-1.xx.fbcdn.net/v/t39.30808-6/272766322_2734254793549216_9220762861417198761_n.jpg?_nc_cat=107&ccb=1-7&_nc_sid=a26aad&_nc_ohc=tTUwrN-Mi9gAX8ZiIlX&_nc_ht=scontent-prg1-1.xx&oh=00_AfDAQ53fVKpcQatwtgjInZkX72FJmp0tOngiV7iWVctJDg&oe=63EA772B
- [31] Bracke M24.a - Bracke Forest AB. *Forestry equipment and machines manufacturer - Bracke Forest AB* [online]. Dostupné z: <https://www.brackeforest.com/products/moulders/162-bracke-m24-a-two-row-moulder>
- [32] Forestry equipment and machines manufacturer - *Bracke Forest AB* [online]. Dostupné z: <https://www.brackeforest.com/images/products/Moulders/M24a/Bracke-Forest-Two-Row-Moulder-M24-a-03.jpg>
- [33] Feron online - *Profil dutý svařovaný černý s obdélníkovým průřezem*, EN 10219,|rozměr|150x100x5. *Feron online - Vítejte* [online]. Copyright © 2017 Feron a.s. [cit. 11.03.2023]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/31290/profil-duty-svarovany-cerny-s-obdelnikovym-prurezem-en-10219-rozmer-150x100x5>
- [34] Feron online - *Profil dutý svařovaný černý se čtvercovým průřezem*, EN 10219,|rozměr|100x5. *Feron online - Vítejte* [online]. Copyright © 2017 Feron a.s. [cit. 11.03.2023]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/24202/profil-duty-svarovany-cerny-se-ctvercovym-prurezem-en-10219-rozmer-100x5>

- [35] Feron online - *Plech nerez válcovaný za studena*, EN ISO 9445,|rozměr|5x1000x2000. Feron online - Vítejte [online]. Copyright © 2017 Feron a.s. [cit. 16.05.2023]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/26245/plech-nerez-valcovany-za-studena-en-iso-9445-rozmer-5x1000x2000>
- [36] SKF. [online]. Dostupné z: <https://www.skf.com/group/products/mounted-bearings/roller-bearing-units/flanged-units/productid-F4B%2050M-SRB-CRE>
- [37] Feron online - *Plech válcovaný za tepla*, EN 10029, Laser 355 MC Plus dle mat. listu SSAB |rozměr|20x1500x3000. Feron online - Vítejte [online]. Copyright © 2017 Feron a.s. [cit. 16.05.2023]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/39400/plech-valcovany-za-tepla-en-10029-laser-355-mc-plus-dle-mat-listu-ssab-rozmer-20x1500x3000>
- [38] Feron online - *Trubka bezešvá přesná kruhová*, ČSN 42 6711.21,|rozměr|25x2,5. Feron online - Vítejte [online]. Copyright © 2017 Feron a.s. [cit. 16.05.2023]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/33479/trubka-bezesva-presna-kruhova-csn-42-6711-21-rozmer-25x2-5>
- [39] Strenx 700 E/F- vysokopevnostní ocel - SSAB. *Object moved* [online]. Dostupné z: <https://www.ssab.com/cs-cz/obchodni-znacky-vyrobky/strenx/nabidka-produktu/700/e-f>
- [40] Hardox® 500 - SSAB. *Object moved* [online]. Dostupné z: <https://www.ssab.com/cs-cz/obchodni-znacky-vyrobky/hardox/produktovy-program/500>
- [41] POLYETYLENOVÁ DESKA SIMONA® PE-HD | GUMEX.CZ. *GUMEX, spol. s r.o. | GUMEX.CZ* [online]. Copyright © 1995 [cit. 11.03.2023]. Dostupné z: <https://www.gumex.cz/h/polyetylenova-deska-simona-pe-hd-11241?Filter=True#sekce=variant-table-placeholder>
- [42] SKF. [online]. Dostupné z: <https://www.skf.com/group/products/mounted-bearings/ball-bearing-units/pillow-block-ball-bearing-units/productid-SY%2020%20TDW>
- [43] Feron online - *Trubka bezešvá hladká kruhová*, ČSN 42 5715.01,|rozměr|121x12,5. *Feron online - Vítejte* [online]. Copyright © 2017 Feron a.s. [cit. 11.03.2023]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/40134/trubka-bezesva-hladka-kruhova-csn-42-5715-01-rozmer-121x12-5>
- [44] Přímočarý dvojitý hydromotor ZH1 - Hydraulics s.r.o.. *Hydraulické válce české výroby - Hydraulics s.r.o.* [online]. Copyright © 2017, HYDRAULICS s.r.o. [cit. 11.03.2023]. Dostupné z: <https://www.hydraulics.cz/24972-zh1-linearni-primocary-hydromotor-dvojitny>
- [45] Feron online - *Plech válcovaný za tepla*, EN 10051,|rozměr|10x1000x2000. Feron online - Vítejte [online]. Copyright © 2017 Feron a.s. [cit. 16.05.2023]. Dostupné z: <https://online.ferona.cz/detail/23574/plech-valcovany-za-tepla-en-10051-rozmer-10x1000x2000>

- [46] International standard ISO 730. *Agricultural wheeled tractors – Real-mounted free-point linkage-categories 1N, 1, 2N, 2, 3N, 3, 4N and 4*. 2009. 1. vyd.
- [47] Jakosti ocelí | www.feromat.cz. www.feromat.cz | HUTNÍ a SPOJOVACÍ MATERIÁL [online]. Dostupné z: http://www.feromat.cz/jakosti_oceli
- [48] Mechanické vlastnosti ocelí | T-PROM s.r.o.. Hutní materiál - Pardubice, Chrudim | T-PROM s.r.o. [online]. Copyright © Copyright 2009 [cit. 10.05.2023]. Dostupné z: <http://www.tprom.cz/mechanicke-vlastnosti-oceli>
- [49] Rozcestník | Gymnázium a SOŠ Podbořany [online]. Copyright © [cit. 10.05.2023]. Dostupné z: <https://www.gsospodborany.cz/wp-content/uploads/2020/11/namahani-na-smyk-6667.pdf>
- [50] Čtyřboké duté profily EN 10210/EN 10219. Úvodní stránka Salzgitter [online]. Dostupné z: <http://www.salzgitter.cz/index.php?page=46>
- [51] [online]. Copyright ©DP [cit. 10.05.2023]. Dostupné z: https://www.sspu-opava.cz/static/UserFiles/File/_sablony/MEC_I/VY_32_INOVACE_G-19-20.pdf

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a	[-]	Exponenciální závislost trvanlivosti na zatížení
C	[kN]	Základní dynamická únosnost
$d_{\check{c}ovl}$	[mm]	Průměr čepu rám-ovladač
$d_{\check{c}ro}$	[mm]	Průměr čepu rám-
$d_{\check{c}rrtr}$	[mm]	Průměr čepu rám-rám k traktoru
$d_{\check{c}rz}$	[mm]	Průměr čepu rám-hydromotor zdvihu
d_{OVL}	[mm]	Průměr pístu hydromotoru ovladače
d_T	[mm]	Teoretický průměr pístu hydromotoru ovladače
d_z	[mm]	Průměr pístu hydromotoru zdvihu
F_{HOT}	[N]	Teoretická ovládací síla
F_A	[N]	Reakční vazební síla v bodě A
F_B	[N]	Reakční vazební síla v bodě B
F_{HO}	[N]	Reální ovládací síla
F_{HZ}	[N]	Síla hydromotoru zdvihu
F_{max}	[N]	Maximální statická síla
F_{PL}	[N]	Síla ploškovače
F_{PL1}	[N]	Zatěžující síla ploškovače
F_R	[N]	Redukovaná síla
F_y	[N]	Síla v směru osy y
F_{Z1}	[N]	Zatěžující síla 1
F_{Z2}	[N]	Zatěžující síla 2
F_{Z3}	[N]	Zatěžující síla 3
F_{Z4}	[N]	Zatěžující síla 4
F_{Z5}	[N]	Zatěžující síla
g	[m · s ⁻²]	Tíhové zrychlení
G_{L1}	[N]	Působící tíhová síla ploškovače
G_r	[N]	Tíhová síla rámu a ploškovače
k_{pt}	[-]	Modul bezpečnosti
L_{10}	[h]	Únavová odolnost
l_{PL}	[mm]	Rychlost proudu nestlačitelné tekutiny
l_{Z1}	[mm]	Délka zdvihu hydromotoru ovladače
l_{Z2}	[mm]	Délka zdvihu hydromotoru zdvihu

M_1	[N·m]	Působící moment ploškovače
M_A	[N·m]	Moment k bodu A
M_C	[N·m]	Moment k bodu C
m_L	[kg]	Hmotnost sestavy lopatkového kola
M_O	[N·m]	Moment k bodu O
M_{OI}	[N·m]	Ohybový moment v řezu I
M_{OII}	[N·m]	Ohybový moment v řezu II
M_{Omax}	[N·m]	Maximální ohybový moment
m_r	[kg]	Hmotnost sestavy rámu a lopatkového kola
n	[s ⁻¹]	Otáčky lopatkového kola
p	[MPa]	Provozní tlak hydromotoru ZH1
P_1	[W]	Výkon ploškovače
P_{HO}	[W]	Potřebný výkon pro hydromotor ovladače
P_{HZ}	[W]	Potřebný výkon pro hydromotor zdvihu
P_{max}	[W]	Maximální potřebný výkon
R_{HZ}	[mm]	Poloměr působení síly zdvihu
r_{PL}	[mm]	Poloměr ploškovače
Re	[MPa]	Mez kluzu
$S_{\check{C}RO}$	[mm ²]	Plocha příčného průřezu čepu rám-hydromotor ovladače
$S_{\check{C}RRTZ}$	[mm ²]	Plocha příčného průřezu čepu rám-rám k traktoru
$S_{\check{C}RZ}$	[mm ²]	Plocha příčného průřezu čepu rám-hydromotor zdvihu
$S_{\check{C}TRZ}$	[mm ²]	Plocha příčného průřezu čepu rám k traktoru-hydromotor zdvihu
$S_{\check{C}VOL}$	[mm ²]	Plocha příčného průřezu čepu rám-ovladač
S_{HZ}	[mm ²]	Plocha pístu hydromotoru zdvihu
S_{RO}	[mm ²]	Plocha pístu hydromotoru ovladače
S_T	[mm ²]	Teoretická plocha pístu hydromotoru ovladače
T_I	[N]	Tečná síla v řezu I
T_{II}	[N]	Tečná síla v řezu II
v_{HOmax}	[m · s ⁻¹]	Maximální rychlost vysunutí hydromotoru ovladače
v_{HZmax}	[m · s ⁻¹]	Maximální rychlost vysunutí hydromotoru zdvihu
v_{TR}	[m · s ⁻¹]	Rychlost traktoru při ploškování
W_o	[mm ³]	Ohybový modul průřezu
x_I	[mm]	Vzdálenost řezu I

x_{II}	[mm]	Vzdálenost řezu II
$\Delta\alpha$	[°]	Rozdíl sklonu rámu
$\sigma_{D\check{c}OVL}$	[MPa]	Dovolené smluvní napětí čepu ovladače
σ_{DO}	[MPa]	Dovolené smluvní napětí
σ_{omax}	[MPa]	Maximální ohybové napětí
$\tau_{D\check{c}OVL}$	[MPa]	Dovolené napětí na střih čepu rám-ovladač
$\tau_{\check{c}OVL}$	[MPa]	Zatěžující napětí na střih čepu
τ_{DZ1}	[MPa]	Dovolené napětí na střih čepu rám-hydromotor ovladače
τ_{DZ2}	[MPa]	Dovolené napětí na střih čepu rám-hydromotor zdvihu
τ_{DZ3}	[MPa]	Dovolené napětí na střih čepu rám k traktoru-hydromotor ovladače
τ_{DZ4}	[MPa]	Dovolené napětí na střih čepu rám-rám traktoru
τ_{z1}	[MPa]	Zatěžující napětí na střih čepu
τ_{z2}	[MPa]	Zatěžující napětí na střih čepu
τ_{z3}	[MPa]	Zatěžující napětí na střih čepu
τ_{z4}	[MPa]	Zatěžující napětí na střih čepu

SEZNAM PŘÍLOH

1. Výkres sestavy neseného ploškovače: UADI-000
2. Výkres sestavy lopatkového kola: UADI-030
3. Výkres rámu: UADI-021
4. Výkres zpevňovacího prvku: UADI-022
5. Výkres vidlice rám-hydromotor zdvihu: UADI-023