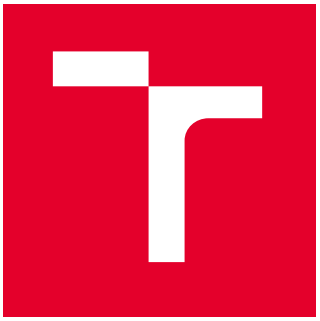


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

TALÍŘOVÁ FRÉZA K MECHANICKÉ PŘÍPRAVĚ PŮDY PŘED ZALESNĚNÍM

DISC TRENCHER FOR MECHANICAL SOIL PREPARATION BEFORE TO AFFORESTATION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE — **Vojtěch Chupík**

AUTHOR

VEDOUCÍ PRÁCE — **Ing. Václav Mergl, Ph.D.**

SUPERVISOR

BRNO 2024

VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	**Vojtěch Chupík**
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Stavba strojů a zařízení
Vedoucí práce:	**Ing. Václav Mergl, Ph.D.**
Akademický rok:	2023/24

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:

Talířová fréza k mechanické přípravě půdy před zalesněním

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Tvorba konstrukce zemědělským traktorem nesené talířové frézy určené pro mechanickou přípravu půdy před zalesněním. Talířová fréza je nesena za pomoci trojbodového závěsu v zadní části stroje dané třídy dle výkonnostní kategorie traktoru.

Technické parametry:
Traktor výkonnostní třídy do 110 kW.
Možnost použití přídavného závaží na přední části traktoru.

Cíle bakalářské práce:

Vytvoření konstrukce talířové frézy.
Stanovení potřebného výkonu pro pohon talířového nástroje.
Stanovení typu pohonu pro otáčení talířového nástroje.
Pevnostní výpočet vybraných konstrukčních uzlů.
Celkový výkres sestavy talířové frézy.
Dílenské výkresy součástí.

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 2023/24

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 se zabývá komplexním návrhem talířové frézy nesené traktorem výkonnostní třídy do 110 kW. V úvodní rešerši byly představeny způsoby mechanické přípravy půdy před zalesněním, příklady talířových fréz dostupných na trhu a návrhové koncepce stroje. V další části byl představen kompletní CAD model celé talířové frézy a následné detailnější řešení jednotlivých komponent. Práce obsahuje dále výpočty pro stanovení potřebného výkonu pro pohon stroje a volbu typu pohonu samotných talířových kol. U vybraných komponent byly provedeny pevnostní výpočty a následné kontroly. Výsledkem této práce je kompletní sestava talířové frézy a výkresová dokumentace.

KLÍČOVÁ SLOVA

Talířová fréza, příprava půdy, traktor, rám, tříbodový závěs

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the complex design of a disc trencher carried by a tractor, power class up to 110 kW. The initial research presented methods of mechanical soil preparation prior to afforestation, examples of disc cutters available on the market and the machine design concept. In the next section, a complete CAD model of the entire disc trencher was presented, followed by a more detailed design of the individual components. The work also includes calculations to determine the power required to drive the machine and the choice of drive type for the disc wheels themselves. Strength calculations and subsequent checks were performed on the selected components. The result of this work is a complete assembly of the disc trencher and its drawing documentation.

KEYWORDS

Disc trencher, soil preparation, tractor, frame, three-point hitch

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

CHUPÍK, Vojtěch. *Talířová fréza k mechanické přípravě půdy před zalesněním*. Online, bakalářská práce. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav automobilního a dopravního inženýrství, 2024. Vedoucí bakalářská práce Václav Mergl. Dostupné také z: https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/157401

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 24. května 2024 ……..……..……..

Vojtěch Chupík

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat panu Ing. Václavu Merglovi, Ph.D. za cenné rady a připomínky při zpracovaní mé bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Jaroslavu Kašpárkovi Ph.D. za jeho důležité rady při výpočtech.

OBSAH

Úvod **11**

1 Příprava stanovišť před zalesněním **12**
1.1 Odstranění těžebních zbytků 12
1.2 Odstranění nežádoucích nárostů 13
1.3 Odstranění pařezů klučením 13
1.4 Příprava půdy před zalesněním 13

2 Způsoby mechanické přípravy půdy **14**
2.1 Celoplošná příprava půdy 14
2.2 Pomístná příprava půdy 15
2.2.1 Přerušovaná příprava 15
2.2.2 Souvislá příprava 18

3 Talířová fréza **21**
3.1 Talířové frézy nesené forwarderem 21
3.2 Talířové frézy nesené traktorem 22

4 Návrhové koncepce talířové frézy **23**
4.1 Koncepce A 23
4.2 Koncepce B 23
4.3 Koncepce C 24

5 Konstrukce nesené talířové frézy **25**
5.1 Sestava základního rámu 25
5.1.1 Konstrukce rámu 26
5.1.2 Přímočarý hydromotor zdvihu 26
5.1.3 Spojení základní rám - přímočarý hydromotor zdvihu 27
5.1.4 Spojení základní rám - rameno 27
5.1.5 Tříbodové zavěšení základního rámu 28
5.2 Sestava ramene 30
5.2.1 Konzole výložníku 30
5.2.2 Výložník 33
5.2.3 Přímočarý hydromotor rozestupu 34
5.2.4 Přírubová konzole 34
5.2.5 Distanční tyč 36
5.3 Pohonné ústrojí talířového kola 36
5.3.1 Svařenec vřeteníku 37
5.3.2 Rotačního hydromotoru pro pohon talířového kola 37
5.3.3 Hnací hřídel 38
5.3.4 Spojka hnací hřídel-talířové kolo 39
5.4 Sestava talířového kola 39
5.4.1 Talířové kolo 40
5.4.2 Zub 40

6 Stanovení potřebného výkonu pro pohon talířové frézy **41**
6.1 Výkon potřebný k tažení stroje 41
6.2 Výkon potřebný k otáčení talíře 43

6.3 Celkový potřebný výkon pro pohon talířové frézy 44
6.4 Stanovení typu pohonu pro otáčení talířového nástroje 44

7 Pevnostní výpočty určených konstrukčních uzlů 46
7.1 Kontrola přímočarého hydromotoru zdvihu 46
7.2 Kontrola přímočarého hydromotoru rozestupu 47
7.3 Kontrola distanční tyče na vzpěr 48
7.4 Kontrola kuželíkových ložisek pro uložení hnací hřídele 50

Závěr 52

Použité informační zdroje 53

Seznam použitých zkratek a symbolů 59

Seznam příloh 62

ÚVOD

Talířová fréza je lesnický stroj, který je navržen pro mechanickou pomístnou pruhovou přípravu půdy před zalesněním. Tento stroj může být nesený v tříbodovém závěsu traktoru nebo forwarderem. Před zalesňováním kalamitních a silně zabuřených lokalit je vhodné provést přípravu půdy za účelem zlepšení obsahu živin, eliminace buřeně a prokypření půdy. S přihlédnutím na míru ovlivnění a zachování okolní fauny a flory a také časovou náročnost je výhodné provádět především pomístnou přípravu půdy. Použití talířové frézy značně zvyšuje efektivitu a zrychluje proces přípravy půdy před zalesněním.

Cílem této práce je navrhnout talířovou frézu nesenou v tříbodovém závěsu traktoru pro mechanickou přípravu půdy před zalesněním. Pro návrh talířové frézy je vycházeno z několika koncepcí, kdy hlavními rozdíly je počet talířových kol a v případě využití více talířových kol poté možnost změny rozestupu mezi koly. Po navržení vlastní konstrukce je nutné provést výpočty pro stanovení potřebného výkonu a typu pohonu pro otáčení talířových kol. Dále provést kontrolní výpočty vybraných konstrukčních uzlů a vytvořit potřebnou výkresovou dokumentaci celé sestavy talířové frézy a vybraných komponent.

1 PŘÍPRAVA STANOVIŠŤ PŘED ZALESNĚNÍM

1.1 ODSTRANĚNÍ TĚŽEBNÍCH ZBYTKŮ

Za těžební zbytky se považuje část biomasy, která nemá velké technologické využití. Hlavní část tvoří klest, odřezky případně časti kořenového systému vyklučených stromů. Těžební zbytky jsou překážkou pro přípravu půdy před obnovou lesa, a proto je důležitá jejich likvidace nebo zpracování [1].

Likvidace lze provést více způsoby. Jeden ze způsobů je ponechání těžebních zbytků k přirozenému rozkladu, případné drcení pomocí lesní půdní frézy při celoplošné přípravě půdy. Díky tomu dojde k tvorbě humusu a zvýšení živin na obnovované ploše. Dalším způsobem je shrnování do hromad a valů, ručně či mechanicky s využitím shrnovačů, a následné ponechaní k rozkladu, drcení nebo spálení [15].

Zpracování těžebních zbytků pro energetické využití především štěpkováním. Problémem při této metodě je efektivnost dopravy jak klestu či samotné štěpky způsobená nízkou objemovou hmotností těchto materiálů. Hmotnost 1 m^3 u volně ložené štěpky je 200 kg, u klestu cca 170 kg [1]. Řešením může být lisovaní klestu do balíků např. strojem The Dutch Dragon SB60 (viz Obr. 1), který vytváří balíky o délce cca 3 m a průměru 60-80 cm. Tepelná energie jednoho svazku je přibližně 1 MWh a počet balíku na 1 ha může dosáhnout až 150 ks [17]. Variantou je i použití nástavby kompresní kladnice na forwarderu. Stlačením klestu hydraulickými bočnicemi v ložném prostoru o objemu 40-48 m^3 je docíleno efektivnější přepravy k dalšímu zpracování [6].

Obr. 1 *Balíkovač klestu The Dutch Dragon SB60 [29]*

1.2 ODSTRANĚNÍ NEŽÁDOUCÍCH NÁROSTŮ

Za nežádoucí nárost se považují dřeviny, které se na dané lesní ploše objevily přírodní cestou. Mají však zanedbatelný ekonomický i ekologický význam a jsou překážkou pro budoucí přípravu půdy pro obnovu lesa. Nejčastěji se jedná o náletové rychlorostoucí dřeviny jako je bříza nebo jeřáb. Odstraňování se provádí mechanicky, chemicky nebo kombinací. Pro mechanickou likvidaci lze použít motorové pily upnuté do nosného rámu který zlepší ergonomii při práci [1]. Pro zrychlení procesu je možné odstraňovat menší průměry křovinořezem vybaveným pilovým kotoučem. Pokud jde o větší plochy, upřednostňuje se mechanizace ve formě frézy nebo řezné radlice nesené za traktorem případně upevněné na rameni rypadla či harvestorů [70].

1.3 ODSTRANĚNÍ PAŘEZŮ KLUČENÍM

Kvůli náročnosti a nákladnosti se tato činnost při obnově lesa takřka neprovádí. Důvodem je i negativní dopad na prostředí. Výjimkou jsou borové oblasti [1]. Pro těžbu pařezů se používají např. štípací nůžky upevněné na rameni rypadla, které umožní získání biomasy z pařezů. Dále čistící hlavice pro odstraňování menších pařezů [18].

1.4 PŘÍPRAVA PŮDY PŘED ZALESNĚNÍM

Při přirozené i umělé obnově lesa je cílem přípravy půdy vytvořit vhodné podmínky na místě výsadby nebo výsevu. To může znamenat promíchání svrchních vrstev půdy, prokypření půdy, úpravu obsahu živin a odstranění buřeně. V užším smyslu lze považovat za přípravu půdy i takovou činnost, která umožňuje vytvoření vhodného prostoru v půdě pro umístění kořenového systému sazenice. To obvykle provádíme jako součást úkonu výsadby, kdy se sazenice umisťují do jamek nebo štěrbin vytvořených za pomoci motyky či sázeče, ale může být prováděna i samostatně použitím motorových jamkovačů [1].

Příprava půdy lze rozdělit podle různých hledisek do několika skupin:

- způsob provedení: ruční a mechanizovaná,
- účinný faktor: chemická, mechanická a kombinovaná,
- rozsah provedení: celoplošná, pomístná a pruhová [40].

Mechanická příprava půdy se využívá jak pro umělou, tak pro přirozenou obnovu lesa. Pro přípravu půdy při přirozené obnově lze použít talířové zraňovače, talířové půdní frézy, pluhy, vhodné jsou i některé typy shrnovačů klestu, které jsou připojené nejčastěji za malotraktor [1]. Přípravu půdy pro umělou obnovu lze rozdělit dle způsobu a rozsahu na celoplošnou, pomístnou a pruhovou [40].

2 ZPŮSOBY MECHANICKÉ PŘÍPRAVY PŮDY

2.1 CELOPLOŠNÁ PŘÍPRAVA PŮDY

Celoplošná příprava půdy se provádí mechanicky a lze pro ni použít povrchové či hloubkové lesní frézy nebo dozery se speciální dozerovou radlicí.

Lesní frézy lze použít k odstranění zbytků po těžbě, mulčování, drcení klestu, popřípadě využít pařezovou frézu s provozní šířkou 50 cm a hloubkou max. 80 cm pod úroveň terénu. Povrchové lesní frézy se šířkou záběru 220 cm a hloubkou frézování max 5 cm jsou schopny za jednu směnu připravit půdu o rozloze 1 až 2 ha [2]. Příkladem může být lesní fréza MIDIFORST DT (viz Obr. 2) s maximální pracovní šířkou 150 cm, která zvládne podrtit dřevo o průměru až 30 cm [30]. Hloubkové frézy mají shodné pracovní parametry jako frézy povrchové s výjimkou hloubky frézování. Ta je u těchto hloubkových lesních fréz až 40 cm [2].

Obr. 2 *Univerzální lesní fréza MIDIFORST DT [30]*

Použití **dozerů se speciální radlicí** je druhým způsobem celoplošné přípravy půdy. Pro klučení pařezů a odstranění zbytků po těžbě se využívá speciální ozubená dozerová radlice. V některých případech může být použita tato radlice i pro konečnou přípravu půdy. Hloubka zásahu bývá okolo 20 cm [1]. V oblastech vátých písků se provádí celoplošná příprava půdy s pomocí těžkých radličných pluhů s hloubkou zásahu max 70 cm [40]. Od celoplošné příprava půdy se v poslední době odpouští a využívají se spíše jiné způsoby přípravy půdy. Důvodem je negativní vliv na ohroženou vegetaci a živočichy. Způsobuje také šíření invazivních druhů rostlin. Využití ovšem najde v kalamitních oblastech nebo na plantážích, kde jediným cílem je co nejvyšší produkce dřeva [3].

2.2 POMÍSTNÁ PŘÍPRAVA PŮDY

V našich lesích je upřednostňována a nejčastěji prováděna pomístná úprava půdy. Tu lze rozdělit na mechanizovanou přípravu a tradiční ruční přípravu půdy při výsadbě sazenic s využitím ručního nářadí. Ovšem efektivnější a snazší je použití mechanizované přípravy půdy, kterou lze rozdělit do několika základních kategorií [40].

Přerušovaná příprava půdy je charakterizována jednotlivým vzájemně nepropojeným rozmístěním mechanicky zpracovaných částí půdního povrchu na připravované ploše. Mezi způsoby této přípravy patří například plošková, bodová, jamková nebo kopečková metoda. Současné sázecí stroje zatím neumožňují automatizovanou výsadbu sazenic do půdy s tímto charakterem, a proto se výsadba provádí ručně [40].

Souvislá neboli **kontinuální příprava** půdy je naopak od přerušované tvořena nepřerušovaným pruhem, pásem či vyvýšeným záhrobcem zpracované půdy. Do takto připravené půdy lze následně využít strojovou výsadbu sazenic. Nejčastěji z těchto metod využíváme pruhovou přípravu s využitím oddrňovacích pluhů, talířových rotačních fréz nebo v některých případech i pomocí menších lesních půdních fréz. Půda je zpracována v šířce 35-70 cm [1]. Pásová příprava půdy se může provádět s využitím techniky pro celoplošnou přípravu půdy například radlicí dozeru, speciálními robustními radličními pluhy nebo lesními frézami. Šíře takto připravené půdy se pohybuje mezi 70-200 cm [1]. Avšak tato metoda se v dnešní době, kvůli velkému zásahu do okolního prostředí, příliš nevyužívá. Záhrobcová příprava má podobu malých půdních valů, které vznikají navršením půdy, a to do výšky 30-60 cm nad úroveň terénu. Tato metoda je vhodná pro zamokřené lokality. Záhrobce můžeme vytvořit speciálními půdními frézami nebo pluhy. Dnes je tento způsob využíván jen zřídka [40].

2.2.1 PŘERUŠOVANÁ PŘÍPRAVA

Stroje pro jamkovou přípravu půdy mohou být nesené nebo přenosné. Své využití mají pro tvorbu jamek ve všech typech půd s výjimkou silně zabuřených a kamenitých oblastí. Přenosné jamkovače se hodí i do jinak obtížně přístupných lokalit. Pracovním nástrojem jsou různé typy vrtáků s pracovními otáčkami 50-120 min^{-1} [1]. Vrtáky se dělí do tří základnách kategorií: spirálové, kypřící a vrtáky s ploškovačem [40]. Dle konstrukce lze rozdělit jamkovače do několika typů.

Nesené jamkovače jsou zařízení nejčastěji provedena formou adaptéru k traktoru. Vrtací zařízení je umístěno buď na hydraulicky ovládaných ramenech závěsu nebo na výložníku. Do této kategorie můžeme zařadit i přetáčivé jamkovače kdy vrtáky jsou umístěny po obvodu poloneseného bubnu. V některých případech může být jamkovač proveden formou adaptéru na rypadlo či nakladač s možností přihnojování. Hloubka jamek se pohybuje mezi 0,5-2 m a průměr těchto děr může být až 0,5 m [40]. Volba rozměru jamek se řídí velikostí kořenového systému zvolených sazenic.

Přenosné jamkovače jsou poháněné nejčastěji zážehovým spalovacím motorem. Důležité z hlediska bezpečnosti a komfortu práce je, aby jamkovač byl vybaven spojkou, která přeruší točivý moment při zaseknutí vrtáku. Dle potřebné velikosti jamek lze použít tzv. dvoumužné nebo jednomužné jamkovače. Ovšem v hůře průchozím terénu je lepší obsluhovat i jednomužný ve dvou lidech [7]. U dvoumužných jamkovačů např. STIHL BT 360 se průměr vrtáku pohybuje mezi 120-400 mm [8] a u jednomužného jamkovače např. Scheppach EB 2000 (viz Obr. 3) mezi 100-200 mm [9]. Jamkovač může být přidělán i na rám s předním kolem a tím se usnadní manipulace a zlepší ergonomie při práci. Tento způsob lze však využít jen v lépe průchozím terénu. Příkladem může být jamkovač ACTIVE T152 s průměrem vrtáku 150-250 mm [10].

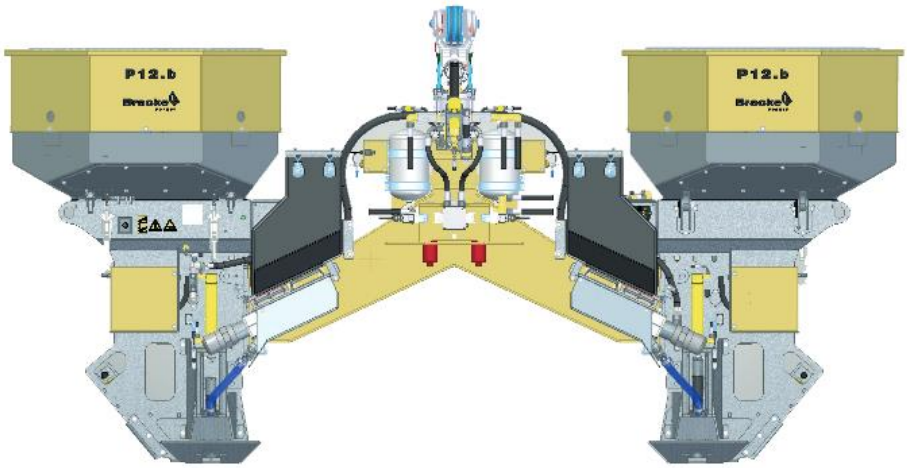
Obr. 3 *Jamkovač Scheppach EB 2000 [9]*

Sázecí hlavice harvestorů a rypadel umožňují přípravu půdy spojenou s následnou okamžitou výsadbou. Některé sázecí hlavice provádí vlastní pomístnou přípravu půdy, a tak se jedná o dosti efektivní způsob umělé obnovy lesa. Sázecí hlavice od firmy Risutec Oy disponují řadou různých modulů pro kultivaci a přípravu půdy v místě sázení. Jamkovací nože jsou nástroje složené ze třech nožů opatřených o hroty pro kypření půdy (na Obr. 4) do hloubky 45 cm [34]. Pro vyvýšenou výsadbu je vhodný nástroj s břitem či plátem, který vytvoří kopeček půdy, do kterého se následně sází, tento způsob je vhodný do lokalit s vysokou vlhkostí půdy.

Obr. 4 *Sázecí hlavice Risutec Oy ASP-720 [34]*

Dalším modulem je kypřící rozrývač se dvěma ozubenými talíři a hroty pro zkypření půdy. Na sázecí hlavice je možnost připojit i přihnojovače [4]. Risutec Oy nabízí i hlavice sloužící pro probírku a odstranění nežádoucího náletu s řezným kotoučem o průměru až 60 cm [35].

Výkonnost sázecí hlavice se pohybuje okolo 300 sazenic/hod a kapacita podavače umístěného na hlavici je 72-720 ks sazenic [4]. Výhodou použití této technologie je i možnost aplikace hnojiva, herbicidů nebo zavlažovacího systému v podobě vody i vodního gelu [4]. Pro vyšší efektivitu sázení je zde možnost využít dvouhlavicový adaptér Bräcke AB P22.b složený ze dvou hlavic Bräcke AB P12.b (viz Obr.5), které ale vyžadují předchozí přípravu půdy. Rozteč mezi hlavicemi je pevná, ale lze ji měnit přidáním nebo odebráním distančních vložek. Do každého podavače se vejde 196 sazenic, celkem tedy 392 sazenic [32].



Obr. *5 Sázecí hlavice Bräcke AB P22.b [32]*

Stroje pro ploškovou přípravu půdy mají tvar čtverce nebo obdélníku o šířce 30-70 cm [1], výjimečně jsou plošky kruhové. Mohou být vytvářeny pomocí lopaty rypadla nebo speciálními strojů ploškovačů (skarifikátorů). Směnová výkonnost ploškovačů je 1-2 ha [1]. Pracovní nástroje (lopatková kola) jsou upevněny na otočném držáku, který je přerušovaně blokován. Plošky vznikají stržením povrchové vrstvy půdy, a to do hloubky 10-15 cm [40]. Tím dochází k vytváření přerušovaného pásu. K opakovanému blokování se využívá přímočarý nebo rotační hydromotor. Ploškovače mohou být taženy traktorem nebo forwarderem.

Nesené ploškovače na tříbodovém závěsu tažené za traktorem mohou být v provedení s jedním nebo dvěma lopatkovými koly a hodí se do více rovinatých lokalit. V České republice (dále již jen ČR) je vyráběn např. jednokolový ploškovač LFB-1 [1]. Dvoukolový ploškovač např. Mounder M-22 vyrábí lotyšská firma UOT Ltd (viz Obr. 6). Šířka lopatkového kola je 50 cm a rozteč pracovních kol je 2-2,2 m [11]. Tento stroj lze zapojit za větší traktory nebo forwardery. Do lokalit s hůře prostupným terénem se upřednostňují ploškovače tažené za forwarderem např. Bräcke AB M36.b se třemi lopatkovými koly. Bräcke AB vyrábí ploškovače za forwardery se 2-4 rameny [12].

Obr. 6 *Ploškovač UOT Ltd. Mounder M-22 [11]*

2.2.2 SOUVISLÁ PŘÍPRAVA

Stroje pro pruhovou přípravu půdy vytváří souvislý pruh upravené půdy široký max. 70 cm [40]. Nejčastěji se používají talířové půdní frézy, talířové rotační zraňovače, lesní pluhy nebo hloubkové půdní frézy. Tyto stroje kypří půdu v pruzích a zbavují ji buřeně [1].

Talířové zraňovače tvoří rám a dvojice volně se otáčejících ozubených disků, které se odvalují bez pohonu. Zraňovače jsou taženy nejčastěji za LKT. Šířku i hloubku lze nastavit úhlem orby. Vzdálenost brázd u diskové brány TTS-35 je mezi 2-2,4 m a hmotnost se závažím dosahuje 3,5 t [15].

Lesní pluhy se rozdělují na radliční a talířové. Půda je pluhem odhrnována na obě strany a tím vzniká obdélníková brázda. Radliční pluhy se skládají z oboustranně šípové radlice, kotoučového krojidla pro usnadnění orby a překonávání překážek a přítlačných válců, které přitlačují vyoranou půdu [1]. Hloubka brázdy je 30 cm a délka záběru je 100 cm u lesního pluhu Agrotipa Forest Plough 30-30 (viz Obr. 7), denní výkonost se liší podle lokalit 1-2 ha [14]. Radliční pluhy jsou obecně vhodné pro plochy bez těžebních zbytků a s nízkými pařezy. Talířové pluhy jsou díky své konstrukci vhodnější do členitějšího prostředí, ale pracují méně efektivně jak radliční pluhy. Půda připravená talířovým pluhem má tvar dvojice kruhových výsečí s hloubkou 15 cm [1].

Obr. 7 *Radliční pluh Agrotipa Forest Plough 30-30 [14]*

Talířové půdní frézy se mohou skládat z 1 až 4 poháněných talířů se zuby po obvodu. Tento typ je nejpopulárnější i v ČR, např. TPF-1 nebo TPF-2. Švédská firma Wadell AB vyráběla i půdní frézy tvaru kuželové useče se zuby na vnějším povrchu kužele. Tyto stroje jsou taženy za traktorem nebo forwarderem a jejich pohon je hydraulický. Úhel frézy lze nastavovat a tím řídit hloubku záběru. Směnová výkonnost se pohybuje mezi 0,8-1,5 ha [1].

Hloubkové frézy jsou bubnové frézy, které zpracovávají půdu v pásech do hloubky až 50 m [40]. Tyto stroje umožňují zapracovat těžební zbytky do půdy, proto není potřeba zbavovat půdu klestu a nijak jinak ji připravovat. Výhodou je i možnost přidání hnojiva nebo vápna do připravované půdy pro zlepšení jejího chemického složení. Dle šířky záběru lze frézovací hlavice rozdělit na frézovací kola (šířka do 30 cm) a frézovací válce (šířka nad 30 cm) [1]. Frézové válce lze využít jak pro pruhovou, tak pro celoplošnou přípravu půdy. Všechny typy hloubkových fréz vyžadují k pohonu značně velký výkon, pro vytvoření pruhu o šířce 30 cm a hloubce 50 cm je zapotřebí příkon přibližně 135 kW [40].

Nejznámější zástupce této kategorie je fréza PEIN-Plant s možností vápnění připravované půdy. Tento čtyřosý stroj má jeden nebo dva nezávislé pudní agregáty a je ovládán na dálku. Rozteč pruhů je nastavitelná mezi 1,8-3 m. Výkyvné nápravy umožňují překonat až 70 cm vysokou překážku a pracovat ve svahu se sklonem až 30° [16]. Alternativou je půdní fréza FV 4088 od výrobce Fao Far s.r.o. (viz Obr. 8) [41] nesená za traktorem, která je poháněna pomocí vývodové hřídele. Použití této frézy nevyžaduje předchozí odstranění potěžebních zbytků. Stroj dokáže pomocí frézy s vyměnitelnými zuby zpracovat půdu do hloubky až 35 cm [41]. Následně je půda uválcována pomocí válce, který je přitlačován přímočarým hydromotorem. Trendem je i použití válcových fréz upevněných na rameni bagru či harvestorů.

Obr. 8 *Půdní fréza FV 4088 Fao Far s.r.o. [41]*

Na **sázecí modulové nástavbě** forwarderu začala pracovat švédská firma Storebro foresty division AB už v roce 1985. Jejich projekt Silva nova byl ale přerušen kvůli příchodu levné pracovní síly. K této myšlence se vrátila v roce 2019 firma Svenska Skogsplantor AB se svým strojem Plantma X (viz Obr. 9). Důvodem znovuzrození projektu byl zájem ze strany plantážníků v Jižní Americe i kůrovcová kalamita ve střední Evropě a vyšší poptávka po rychlé obnově lesů [5]. Tato nástavba umožňuje přímé sázení, půdu si před výsadbou připraví pomocí dvou skarifikátorů. Tím vytvoří dva pruhy, do nichž se následně pomocí hydraulických ramen v zadní části stroje sází až 40 sazenic za minutu. Kapacita zásobníku je 10 000-20 000 sazenic [6].

Obr. 9 *Sázecí nástavba Plantma X [33]*

Alternativu stroje Plantma X vyvíjí firma Risutec Oy. Zatím pouze formou prototypu představili na konci listopadu 2023 svůj projekt Risutec Forest Maker. Využívá ploškovou přípravu půdy a je zcela automatizován, k provozu stačí pouze jeden pracovník na rozdíl od stroje Plantma X. Risutec Forest Maker je vhodný do rovinných lokalit, to znamená na plantáže nebo na zalesnění polí [36]. Další možností pro rychlou a efektivní výsadbu na plantážích je zařízení Komatsu D61EM složené ze 3 sázecích hlavic od firmy Bräcke AB spojených rámem, který lze připojit na dozer [37].

3 TALÍŘOVÁ FRÉZA

Talířové frézy jsou ideální pro práci v lesních lokalitách, kde jsou časté drobné kameny, kořeny nebo větve. Na rozdíl od ploškovačů, lesních pluhů a fréz s horizontální osou rotace, které jsou vhodné do lokalit s dostatečnou vrstvou humusu bez členitých pevných překážek. Lze tak tvrdit že půdní talířové frézy jsou určeny do silně zabuřených nebo kalamitních lokalit [13]. Standardem je talíř s 12 zuby po obvodu, které mohou, ale nemusí být výměnné. Materiál použitý na talíře nebo jen na samotné zuby je vysoce otěruvzdorná ocel HARDOX [27]. Talíře lze naklápět mechanicky nejčastěji v úhlech 20°, 32°a 45° k příčné ose frézy [13] nebo plynule hydraulicky. Pohon talířového kola je řízen rotačním hydromotorem, který je připojen na vnější hydraulický okruh traktoru. U více talířových fréz je rozestup mezi nimi variabilní a je řízen pomocí přímočarých hydromotorů nebo pouze mechanicky.

3.1 TALÍŘOVÉ FRÉZY NESENÉ FORWARDEREM

Výhodou talířové frézy nesené za forwarderem je větší prostupnost náročnějším terénem, než je možná u fréz nesených traktorem. Díky větším průtokům a tlakům vnějšího hydraulického systému forwarderu je možné použít talíře o větších průměrech a tím zpracovávat větší plochu půdy. U talířové frézy Bracke AB T35.b (viz Obr. *10*) mohou mít talíře průměr 100 cm nebo 140 cm [19]. Tento stroj se skládá ze 3 nezávisle ovládaných ramen, které jsou ovládaný hydraulicky. Pro ovládání je potřeba hydraulický systém o tlaku 170 bar a průtoku 160 l/min [19]. K této i dalším talířovým frézám od firmy Bracke forest je možnost nainstalovat secí stroj S35.a, který umožňuje přesné setí semen do právě připravené půdy. Semena jsou trubičkou ze zásobníku posílána přímo k jednotlivým talířům a následně seta v přesných intervalech [20]. Další variantou je dvou talířová fréza UOT-3000 s potřebným průtokem 100 l/min a průměrem talíře 140 cm. Ramena jsou řízena hydraulicky a jejich nastavitelný rozestup je 2-2,2 m [21].

Obr. *10 Talířová fréza Bracke AB T35.b [19]*

3.2 TALÍŘOVÉ FRÉZY NESENÉ TRAKTOREM

Talířová fréza je zavěšována na tříbodový závěs traktoru a připojena na vnější hydraulický okruh traktoru. V ČR jsou vyráběny a také nejvíce používané talířové frézy TPF-1 a TPF-2. Dle počtu talířů se mění minimální průtok oleje v systému. U talířové frézy TPF-1 se udává minimální průtok 40 l/min, u dvoutalířové frézy TPF-2 potom 70-80 l/min [22]. Talíře jsou kvůli menšímu výkonu traktoru menší než u talířů pro forwardery a jejich průměr je 95-120 cm a otáčí se 25-50 otáček za minutu [38]. Směnová výkonnost u TPF-1 se pohybuje mezi 1-1,5 ha, při použití TPF-2 se směnová výkonnost zvedne na 2-2,5 ha [22]. Řízení rozestupu u dvou talířové frézy je zde řešeno mechanicky. Pro typ TPF-1N je možnost nainstalovat rozrývací nůž, který umožní rozrývat půdu až do 45 cm pod úroveň terénu [38]. Další možností je upevnění talířové frézy do speciálního rámu a zavěšení na přední tříbodový závěs traktoru. Toto řešení umožní současné připojení např. sázecího rýhového stroje RZS-1 a tím zrychlení a zefektivnění obnovy lesa [23]. V zahraničí tyto stroje vyrábí např. lotyšská firma UOT Ltd. v několika konstrukčních provedeních. Nejnižší model UOT-500 je jednotalířová fréza o průměru 110 cm a minimální průtok hydraulického systému je 35 l/min [24]. Dvoutalířová fréza UOT-1000 (viz Obr. *11*) s talíři o průměru 110 cm a minimálním průtokem 50 l/min umožňuje měnit úhel fréz plynule pomocí třetího hydraulického bodu na tříbodovém závěsu traktoru a tím i lehce ovlivnit rozestup talířů [25]. U vyššího modelu UOT-2000 se zvedl průměr talířů na 120 cm, ale i minimální průtok na 65 l/min [26]. Nejvyšší model UOT-2000A se stejným talířem jako předchozí model, umožňuje navíc měnit rozestup mezi talíři díky ramenům, které jsou ovládány přímočarými hydromotory, na 167-252 cm [27]. Pro vyšší modely UOT-2000 a UOT-2000A je možnost instalace secího stroje UOT-S, který umožňuje přesné setí semen do právě připravené půdy [28].

Obr. *11 Talířová fréza UOT-1000 [25]*

4 NÁVRHOVÉ KONCEPCE TALÍŘOVÉ FRÉZY

Důvodem návrhových koncepcí je uvedení možností řešení a zhodnocení výhod a nevýhod jednotlivých koncepcí. Tyto koncepce se zabývají konstrukcí těla talířové frézy. Výsledkem je výběr nejvhodnější varianty k realizaci.

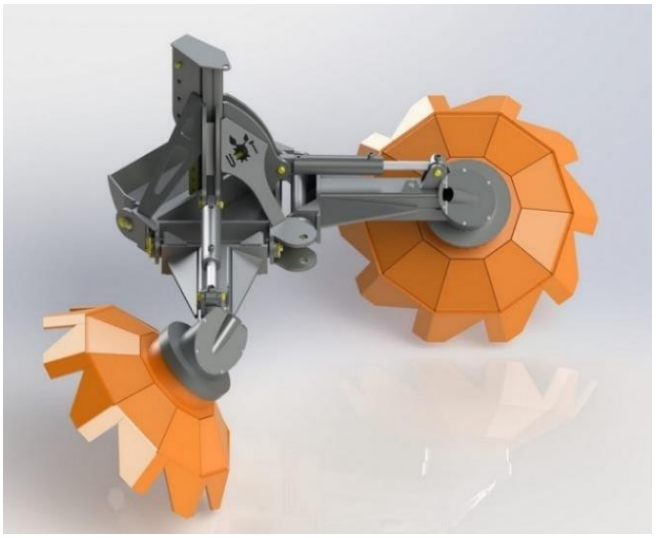
4.1 KONCEPCE A

První koncepce obsahuje jeden talíř s dvanácti zuby poháněný rotačním hydromotorem, jak tomu je u talířových fréz TPF-1N [38] (viz Obr. 12) nebo u UOT-500 [24]. Základ rámu je svařovaný z normalizovaných kruhových nebo čtvercových profilů. Rám je zavěšen na zadním tříbodovém závěsu traktoru. Úhel naklonění talíře lze měnit mechanicky potočením druhé části ramene. Toto provedení neumožňuje rychlou změnu pracovní výšky, což může být nevýhodou při překonávání překážek při práci. Výhodou pouze jednoho talířového kola jsou nižší pořizovací i provozní náklady a také menší nároky na výkon hydraulického systému traktoru. Nevýhodou je nižší směnová výkonnost.

Obr. 12 *Talířová fréza TPF-1 N [39]*

4.2 KONCEPCE B

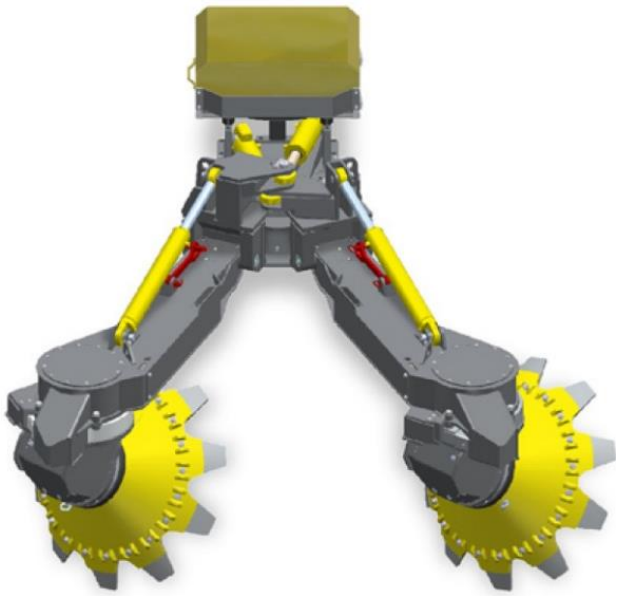
Tato koncepce obsahuje dva talíře s deseti zuby, které jsou poháněny pomocí dvou rotačních hydromotorů, jako u talířových fréz UOT-1000 [25] a UOT-2000 [26] (viz Obr. 13). Rám je tvořen svařenci a je uchycen na zadním tříbodovém závěsu traktoru. Změnu pracovní výšky umožňují dva přímočaré hydromotory na ramenech, díky kterým lze snadněji překonávat překážky při práci, jako jsou větší kameny či pařezy. Úhel natočení lze měnit jen lehce pomocí uchycení do hydraulicky ovládaného třetího bodu na závěsu traktoru. Výhodou je snazší prostup terénem a vyšší směnová výkonnost. Nevýhodou jsou vyšší nároky na hydraulického systému traktoru a vyšší pořizovací náklady.



Obr. 13 *Talířová fréza UOT-2000 [26]*

4.3 KONCEPCE C

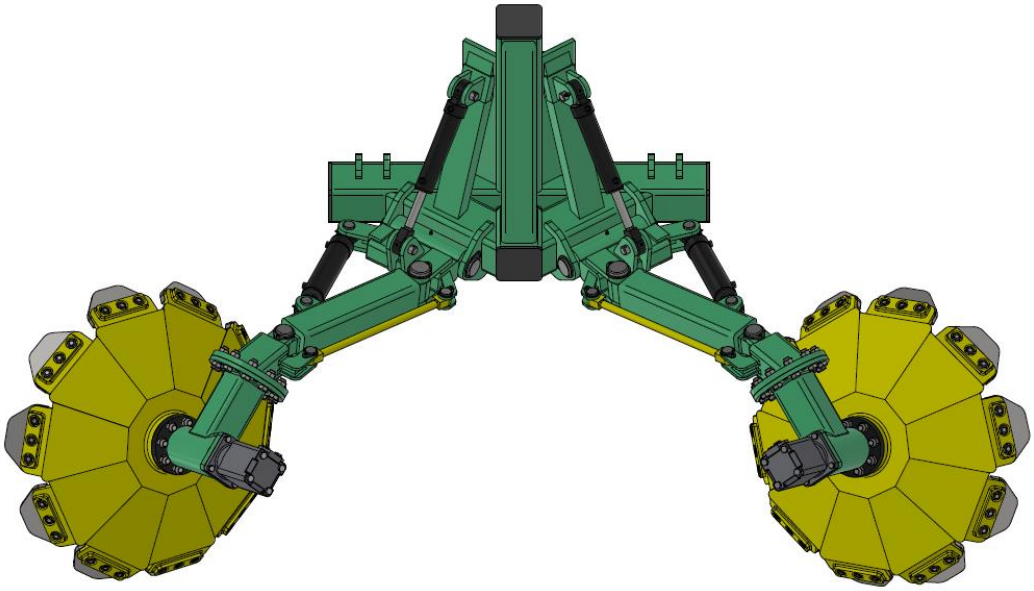
Další koncepce obsahuje dva talíře s deseti vyměnitelnými zuby z vysoko otěruvzdorné oceli. Talíře jsou poháněny rotačními hydromotory. Pohyb obou ramen je řešen pomocí čtyř nezávislých přímočarých hydromotorů, což umožňuje plynule měnit pracovní výšku i rozestup mezi talíři. Úhel talířů lze měnit pomocí rotačních hydromotorů na konci ramen. Takové provedení využívá talířová fréza Bracke AB T28.a (viz Obr. 14) [39]. U této koncepce by bylo zapotřebí předělat zavěšení na tříbodový závěs traktoru. Výhodou je plynulejší prostup terénem při práci, možnost volby rozestupu talířů a vyměnitelné zuby na talíři. Nevýhodou jsou vysoké vstupní náklady a velké nároky na výkon traktoru.



Obr. 14 *Talířová fréza Bracke AB T28.a [39]*

5 KONSTRUKCE NESENÉ TALÍŘOVÉ FRÉZY

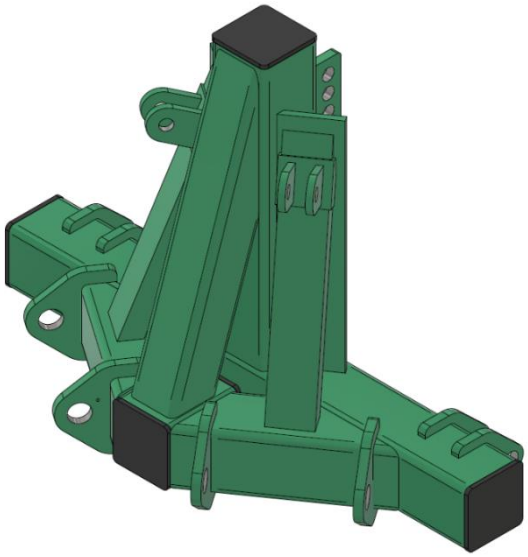
Při navrhování konstrukce nesené talířové frézy bylo nutné zohlednit náročnost výroby z pohledu práce i financí a zároveň vhodnost použití stroje v lesních podmínkách. Dále bylo třeba brát v úvahu i hmotnost, možnost rozestupu talířových kol, výkonnostní třídu traktorů a z toho plynoucí rozměry pro uchycení stroje k závěsu traktoru. Sestava nesené dvoutalířové frézy (viz Obr. 15) o celkové hmotnosti 780,7 kg.



Obr. 15 *Sestava talířové frézy*

5.1 SESTAVA ZÁKLADNÍHO RÁMU

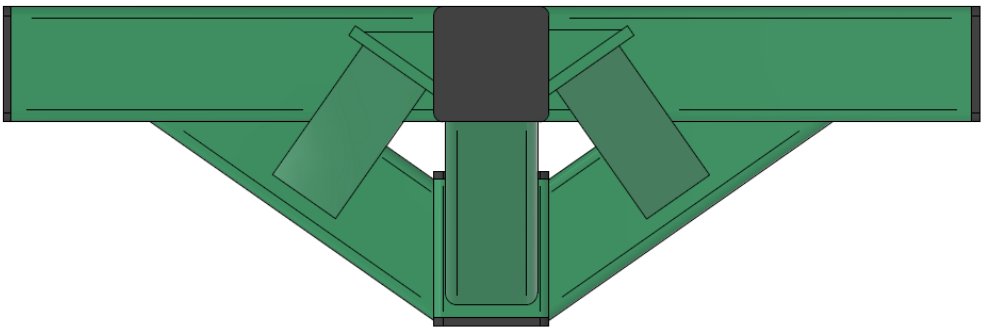
Sestava základního rámu, který se připojuje k traktoru (viz Obr. 16) je svařena z uzavřených čtvercových profilů, otevřených U profilů a ocelových plátů. Dále byl základní rám osazen vidlicemi pro upevnění hydromotorů zdvihu ramen, držáky pro uchycení ramen a vidlicemi pro zavěšení rámu na tříbodový závěs. Tyto rozměry uchycení do tříbodového závěsu traktoru se řídí výkonnostní třídou traktoru. Hmotnost základního rámu neseného na tříbodovém závěsu traktoru je 172,4 kg.



Obr. 16 *Sestava základního rámu*

5.1.1 KONSTRUKCE RÁMU

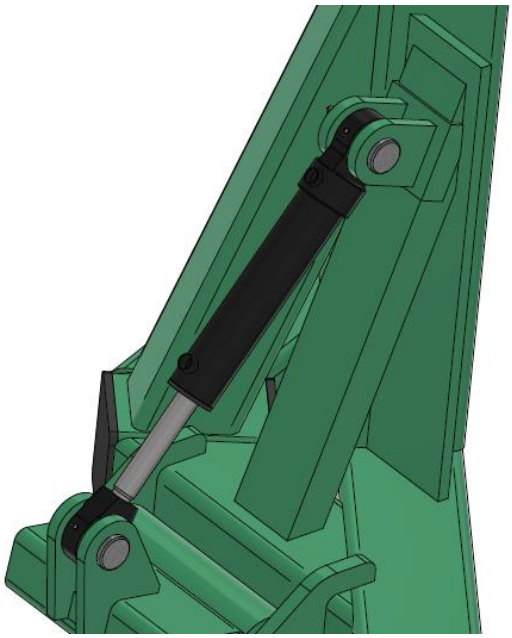
Tělo rámu je složeno z uzavřených čtvercových profilů 150x8 dle normy EN 10219, z oceli S355J2H dle normy EN 10219-1 [45] a vyztuženo pomocí čtvercového profilu 120x8 dle normy EN 10219, z oceli S355J2H dle normy EN 10219-1 [46]. Pro uchycení vidlic k připojení přímočarých hydromotorů zdvihu ramen byla vytvořena podpůrná konstrukce z otevřených U profilů 100x50x5 dle normy EN10162, z oceli S235JR dle normy EN 10025-2 [47] a plátů o tloušťce 15 mm z plechu válcovaného za tepla dle normy EN 10051, z oceli S355J2C+N dle normy EN 10025-2 [49], přivařená k základnímu tělu rámu (viz Obr. 17). Tuhost spojení byla podpořena pomocí šesti trojúhelníkových podpor, ze stejného materiálu jako byl použit u plátů, přivařených mezi plát a svislý čtvercový profil. Otevřené konce čtvercových profilů byly uzavřeny pomocí plastových koncovek, které částečně chrání vnitřní stěny profilu před vznikem koroze způsobené vlhkostí a nečistotami.



Obr. 17 *Svařenec rámu*

5.1.2 PŘÍMOČARÝ HYDROMOTOR ZDVIHU

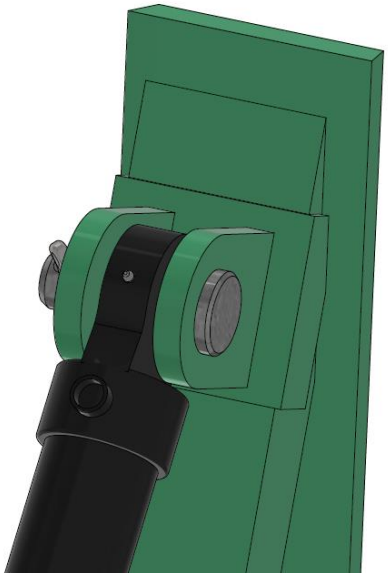
Řízení zdvihu ramen je řešeno dvěma přímočarými hydromotory od prodejce Hydrolider hydraulic components o rozměrech vnitřního průměru válce 50 mm, průměru pístnice 28 mm, délce při zatažení 430 mm a zdvihu 200 mm (viz Obr. 18) [50]. Hydromotor umožňuje pracovat za předpokládaného provozního tlaku ve vnějším hydraulickém okruhu traktoru 18 MPa.



Obr. 18 *Hydromotor zdvihu*

5.1.3 SPOJENÍ ZÁKLADNÍ RÁM - PŘÍMOČARÝ HYDROMOTOR ZDVIHU

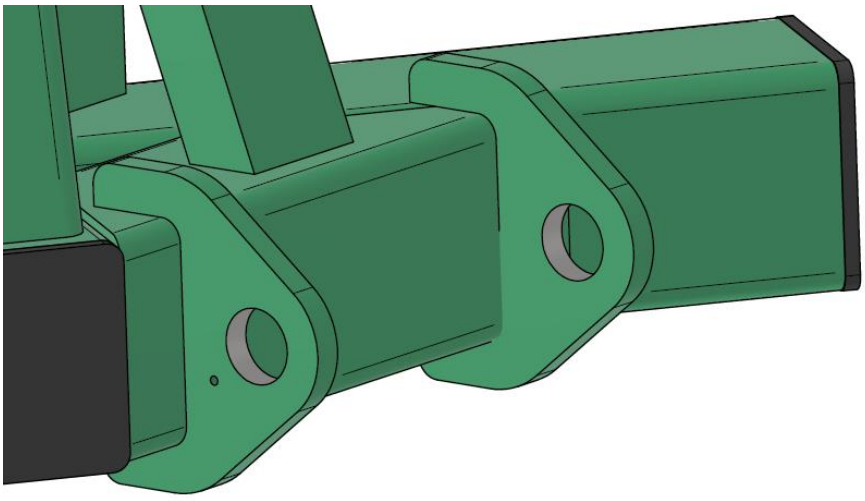
Pro spojení základního rámu s přímočarým hydromotorem zdvihu byla vytvořena vidlice (viz Obr. 19) svařením a výpalků o tloušťce 15 mm z plechu válcovaného za tepla dle normy EN 10051, z oceli S355J2C+N dle normy EN 10025-2 [49]. Výpalky mají otvor pro čep ISO 2341 B 30x90x8-St o rozměru ⌀ 30 D11 [63] pro uložení čepu s vůlí. Poloha čepu je zajištěna pomocí závlačky. Plech byl ohnut do tvaru U a přivařen k základnímu rámu pro lepší rozložení síly vzniklé od hydromotoru zdvihu.



Obr. 19 *Vidlice pro spojení základní rám - hydromotor zdvihu*

5.1.4 SPOJENÍ ZÁKLADNÍ RÁM - RAMENO

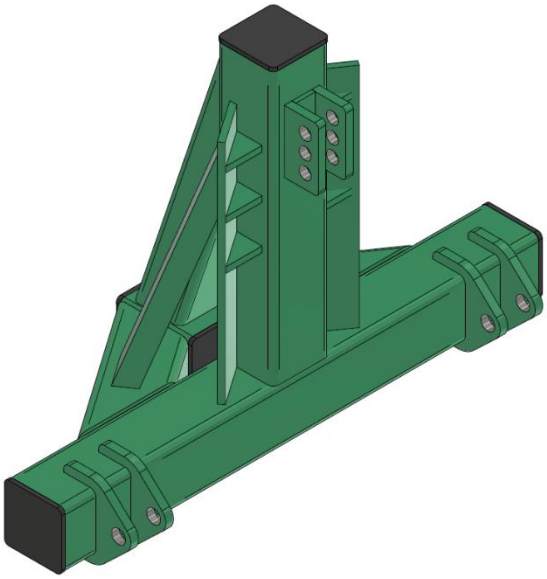
Spojení ramene a základního rámu bylo provedeno pomocí vidlice vyrobené z výpalků (viz Obr. 20) přivařené ke spodní části základního rámu. Výpalky s otvorem pro čep ISO 2341 A 50x360-St o rozměru ⌀ 50 D11 [63] jsou z plechu o tloušťce 20 mm válcovaného za tepla dle normy EN 10051, z oceli S235JR+N dle normy EN 10025-2[48]. Pod hlavu čepu je přivařen plech o tloušťce 5 mm s otvorem pro pojistný šroub. Čep je uložen s dostatečnou vůlí pro snadnější montáž a jeho poloha je zajištěna pojistným šroubem, který prochází navařeným plechem a je utažen do závitu ve vidlici.



Obr. 20 *Vidlice pro spojení základní rám - rameno*

5.1.5 TŘÍBODOVÉ ZAVĚŠENÍ ZÁKLADNÍHO RÁMU

Slouží k připojení nesené talířové frézy k traktoru. Kategorie tříbodového závěsu byla zvolena na základě potřebného výkonu stroje, spadajícího do jedné z pěti základních výkonnostních tříd (z Tab.1) [42]. V tomto případě byla vybrána kategorie 3N/3. Tříbodový závěs se skládá se ze dvou spodních ramen a horního táhla, které lze délkově nastavovat. Vidlice pro uchycení ramen traktoru (viz Obr. 21) byly vyrobeny jako výpalky o tloušťce 20 mm z plechu válcovaného za tepla dle normy EN 10051, z oceli S235JR+N dle normy EN 10025-2 [48] přivařené k zadní části základního rámu.



Obr. 21 *Vidlice pro spojení s tříbodovým závěsem*

Rozměry zavěšení u neseného zařízení vychází z Tab.2 [42]. Průměr otvoru pro spodní uchycení je 36,6 mm a šířka uchycení u koulí je 72,5 mm. U horního táhla je otvor o průměru 31,75 mm a šířka uchycení 52 mm. Vzdálenost mezi horním a spodním bodem není pevně daná hodnota a je v rozmezí 580-670 mm. Díky změně délky horního táhla nebo upevněním horního bodu do jednoho ze tří otvoru na konstrukci základního rámu talířové frézy ve vzdálenostech 580, 625 nebo 670 mm od spodního bodu uchycení, lze měnit úhel natočení celého stroje okolo spodního uchycení a tím měnit velikost přítlačné síly. Vzdálenost mezi uchycením ve spodních ramenech je 965 mm.

Tab. 1 *Kategorie tříbodových závěsů dle výkonu traktoru [42]*

Kategorie závěsu	Výkon motoru traktoru, měřený přes vývodový hřídel podle normy ČSN ISO 789-1 [kW]
1N	do 35
1	do 48
2N/2	30 až 92
3N/3	**60 až 185**
4N/4	110 až 350

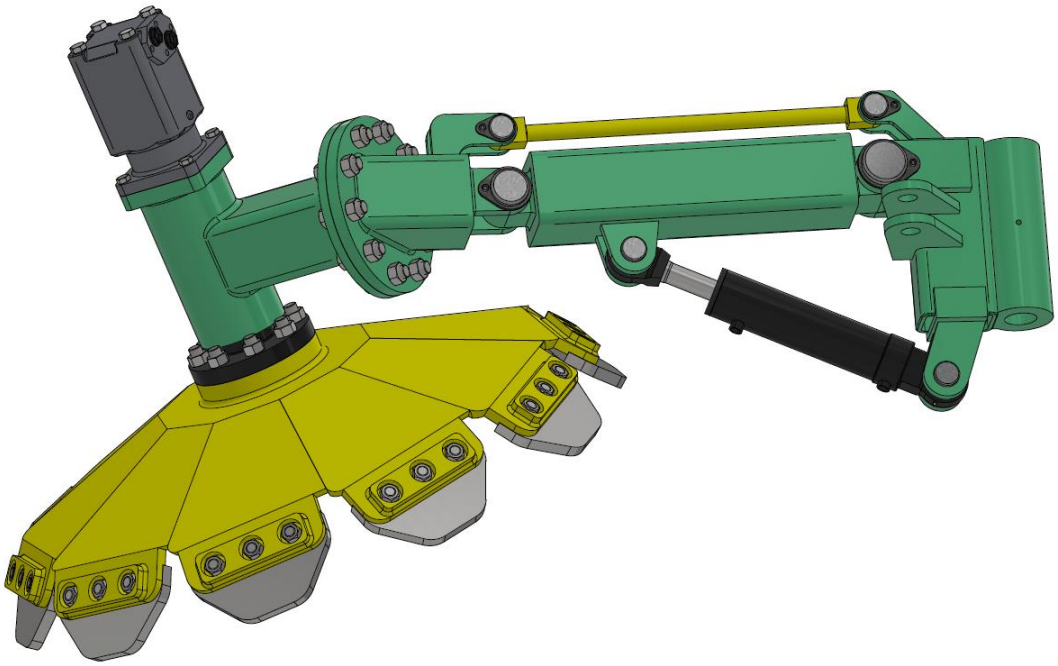
Tab. 2 *Rozměry k připojení tříbodového závěsu dle ISO 730:2009 [42]*

rozměry v milimetrech

Označení	Název	Kategorie				
		1N	1	2	3	4
Horní bod závěsu						
D_1	Průměr otvoru u horního táhla	$19^{0}_{-0.08}$	$19^{0}_{-0.08}$	$25{,}5^{0}_{-0.13}$	$31{,}75^{0}_{-0.2}$	$45^{0}_{-0.8}$
b_1	Šířka uchycení	min. 52	min. 52	min. 52	min. 52	min. 65
Dolní bod závěsu						
D_2	Průměr otvoru u koule dolního táhla	$22^{0}_{-0.2}$	$22^{0}_{-0.2}$	$28^{0}_{-0.2}$	$36{,}6^{0}_{-0.2}$	$50{,}8^{0}_{-0.2}$
b_3	Vzdálenost díry pro závlačku u dolního kolíku	min. 49	min. 49	min. 49	min. 68	min. 68
b_5	Šířka uchycení u koulí	$65^{+0,2}_{0}$	$65^{+0,2}_{0}$	$65^{+0,2}_{0}$	$72{,}5^{+0,2}_{0}$	$72{,}5^{+0,2}_{0}$
l	Vzdálenost mezi uchycením u koulí	400 ± 1,5	683 ± 1,5	825 ± 1,5	965 ± 1,5	1165,5 ± 1,5
Ostatní rozměry						
d	Průměr otvorů pro závlačky: **horní úchyt** **dolní úchyt**	min. 12 min. 12	min. 12 min. 12	min. 12 min. 12	min. 12 min. 17	min. 17 min. 17
h	Vzdálenost mezi dolním a horním uchycením	300 - 375	500 - 575	550 - 625	575 - 675	575 - 675

5.2 SESTAVA RAMENE

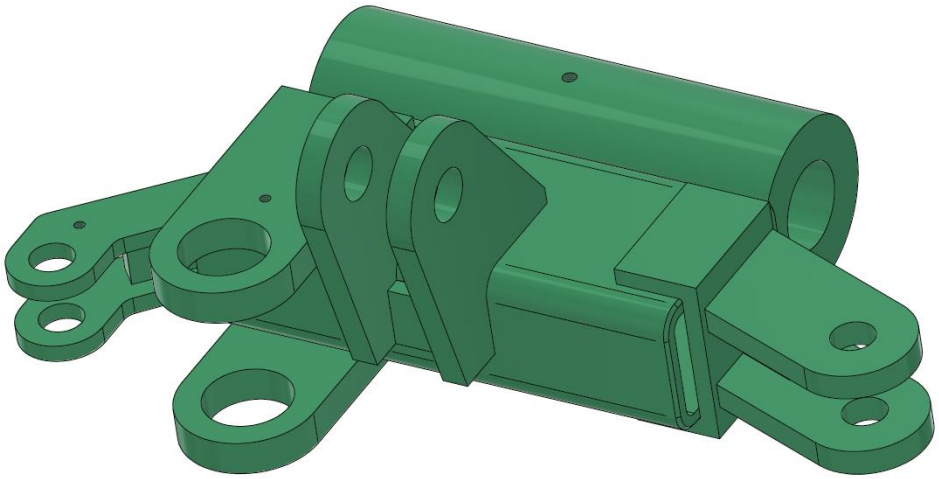
Sestava jednoho ramene nesené talířové frézy (viz Obr. 22) byla složena ze tří hlavních částí spojených čepy. Základem konstrukce ramene jsou uzavřené čtvercové a obdélníkové profily, kulatiny a výpalky plechů. Pro spojení jednotlivých částí ramene a spojení s hydromotorem rozestupu bylo použito vidlic z plechů o různých tloušťkách. Hmotnost jednoho ze dvou ramen nesené talířové frézy je 289,3 kg.



Obr. 22 *Sestava ramene*

5.2.1 KONZOLE VÝLOŽNÍKU

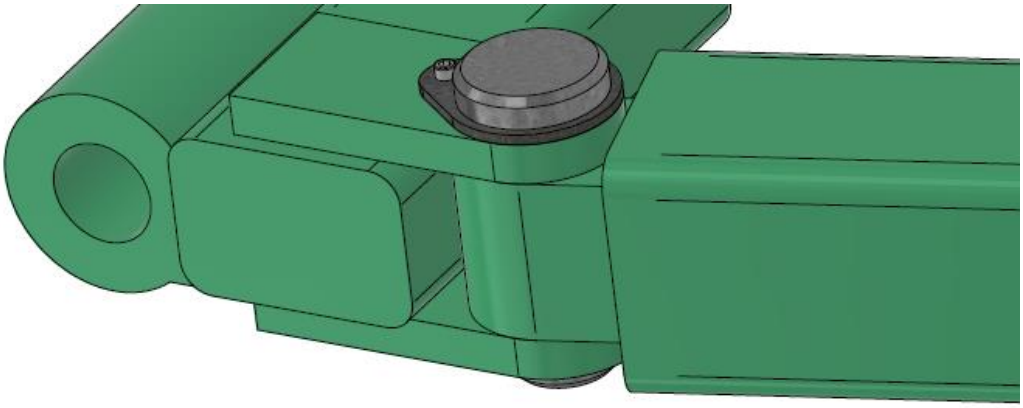
Základ konzole výložníku (viz Obr. 23.) je tvořen uzavřeným obdélníkovým profilem 120x80x8 dle normy EN 10219, z oceli S355J2H dle normy EN 10219-1 [52] svařeným s kulatinou o rozměru ⌀100x280 dle normy EN10060, z oceli S355J2 dle normy EN 10025-2 [51] s otvorem ⌀50 D11[63] pro čep. Do kulatiny byla vyvrtána díra a závit pro maznici a vedení maziva ke středu čepu. Konzole byla osazena vidlicemi pro spojení s dalšími součástmi.



Obr. 23 *Konzole výložníku*

SPOJENÍ KONZOLE VÝLOŽNÍKU - VÝLOŽNÍK

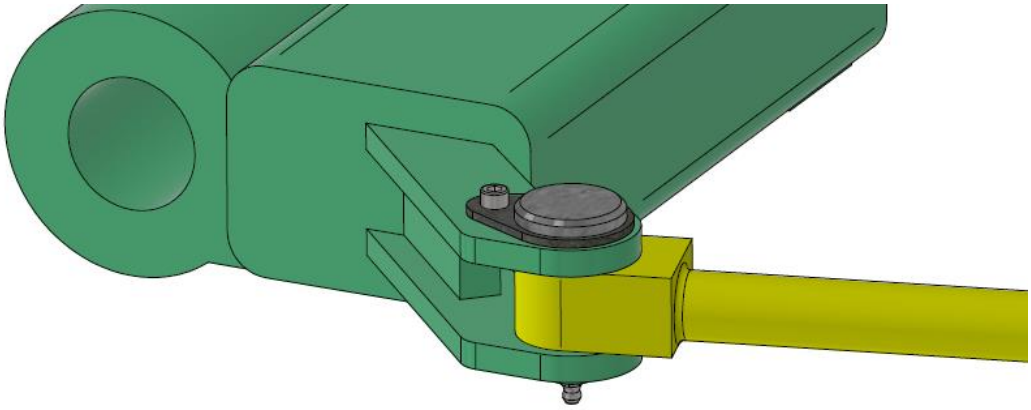
Vidlice pro spojení konzole výložníku s výložníkem (viz Obr. 24) byla vyrobena jako výpalky o tloušťce 20 mm z plechu válcovaného za tepla dle normy EN 10051, z oceli S235JR+N dle normy EN 10025-2 [48] přivařená ke konzoli výložníku. Výpalky s otvorem pro čep ISO 2341 A 50x140-St o rozměru ⌀50 D11 [63] pro uložení čepu s vůlí. Pod hlavu čepu byl přivařen výpalek z plechu o tloušťce 5 mm s otvorem pro pojistný šroub. Do čepu byla vyvrtána díra a závit pro maznici a vedení maziva do středu čepu. Čep je uložen s dostatečnou vůlí pro snadnější montáž a jeho poloha je zajištěna pojistným šroubem, který prochází navařeným plechem a je utažen do závitu ve vidlici.



Obr. 24 *Vidlice pro spojení konzole výložníku - výložník*

SPOJENÍ KONZOLE VÝLOŽNÍKU - DISTANČNÍ TYČ

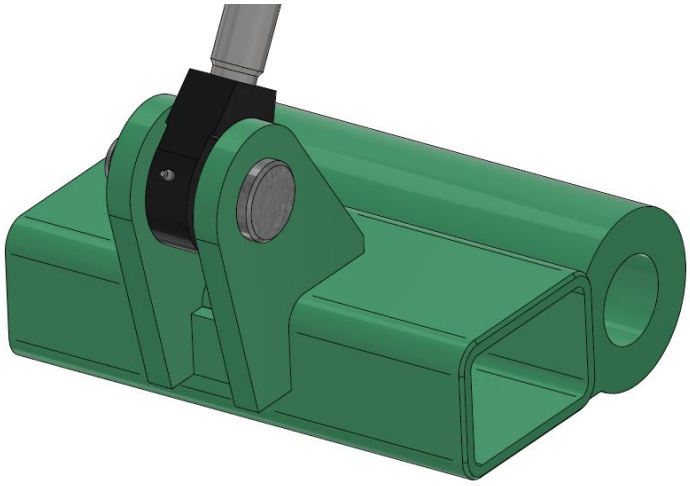
Vidlice pro spojení konzole výložníku a distanční tyče (viz Obr. 25) byla vyrobena přivařením výpalků ke konzole výložníku. Výpalky o tloušťce 10 mm z plechu válcovaného za tepla dle normy EN 10051, z oceli S355J2C+N dle normy EN 10025-2[53] s otvorem pro čep ISO 2341 A 25x60-St o rozměru ⌀25 D11 [63] pro uložení čepu s vůlí. Mezi výpalky tvořící vidlici bylo navařeno žebro o tloušťce 15 mm [49]. Pod hlavu čepu byl přivařen výpalek z plechu o tloušťce 5 mm s otvorem pro pojistný šroub. Do čepu byla vyvrtána díra a závit pro maznici a vedení maziva do středu čepu. Čep je uložen s dostatečnou vůlí pro snadnější montáž a jeho poloha je zajištěna pojistným šroubem, který prochází navařeným plechem a je utažen do závitu ve vidlici.



Obr. 25 *Vidlice pro spojení konzole výložníku - distanční tyč*

SPOJENÍ KONZOLE VÝLOŽNÍKU - HYDROMOTOR ZDVIHU

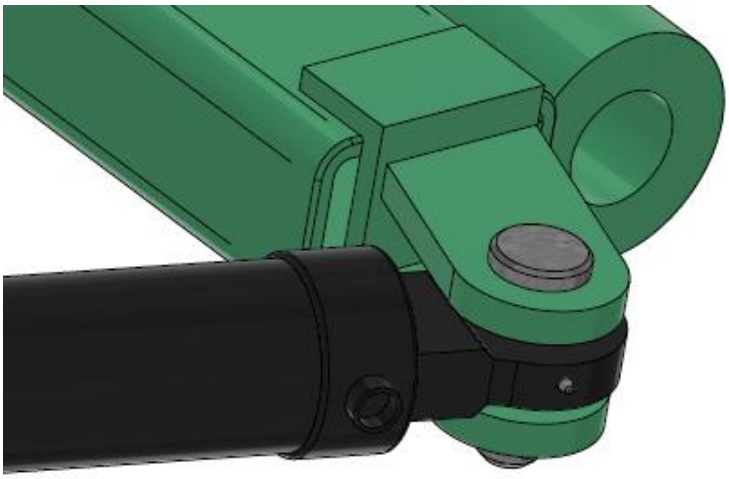
Vidlice pro spojení hydromotoru zdvihu a ramene (viz Obr. 26) byla vyrobena přivařením výpalků o tloušťce 15 mm z plechu válcovaného za tepla dle normy EN 10051, z oceli S355J2C+N dle normy EN 10025-2 [49] s otvorem pro čep ISO 2341 B 30x90x8-St o rozměru ⌀30 D11 [63] pro uložení čepu s vůlí. Poloha čepu je zajištěna pomocí závlačky.



Obr. 26 *Vidlice pro spojení konzole výložníku - hydromotor zdvihu*

SPOJENÍ KONZOLE VÝLOŽNÍKU - HYDROMOTOR ROZESTUPU

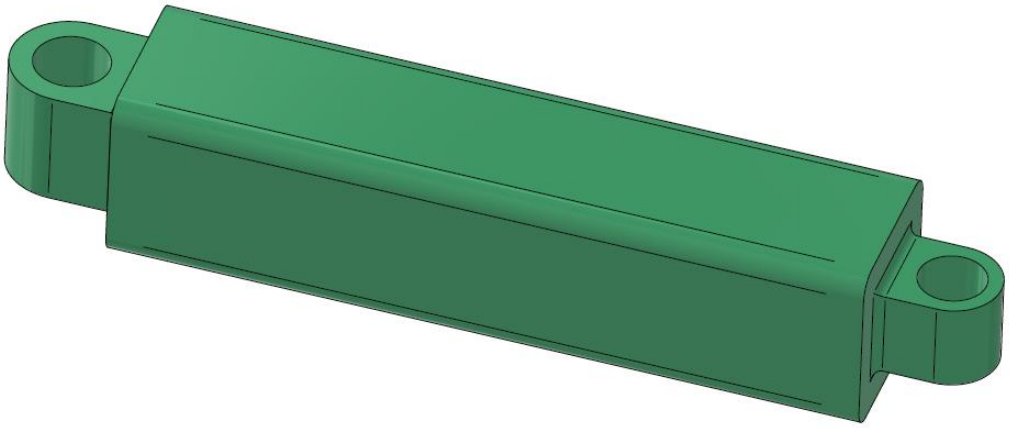
Vidlice pro spojení hydromotoru rozestupu s konzolí výložníku (viz Obr. 27) byla vyrobena svařením plechu o tloušťce 10 mm válcovaného za tepla dle normy EN 10051, z oceli S355J2C+N dle normy EN 10025-2 [53] s výpalky o tloušťce 15 mm z plechu válcovaného za tepla dle normy EN 10051, z oceli S355J2C+N dle normy EN 10025-2 [49] s otvorem pro čep ISO 2341 B 25x85x6,3-St o rozměru ⌀25 D11 [63] pro uložení čepu s vůlí. Plech byl ohnut do tvaru U a přivařen ke konzoli výložníku. Mezi výpalky tvořící vidlici bylo navařeno žebro o tloušťce 15 mm [49]. Poloha čepu je zajištěna pomocí závlačky.



Obr. 27 *Vidlice pro spojení konzole výložníku - hydromotor rozestupu*

5.2.2 VÝLOŽNÍK

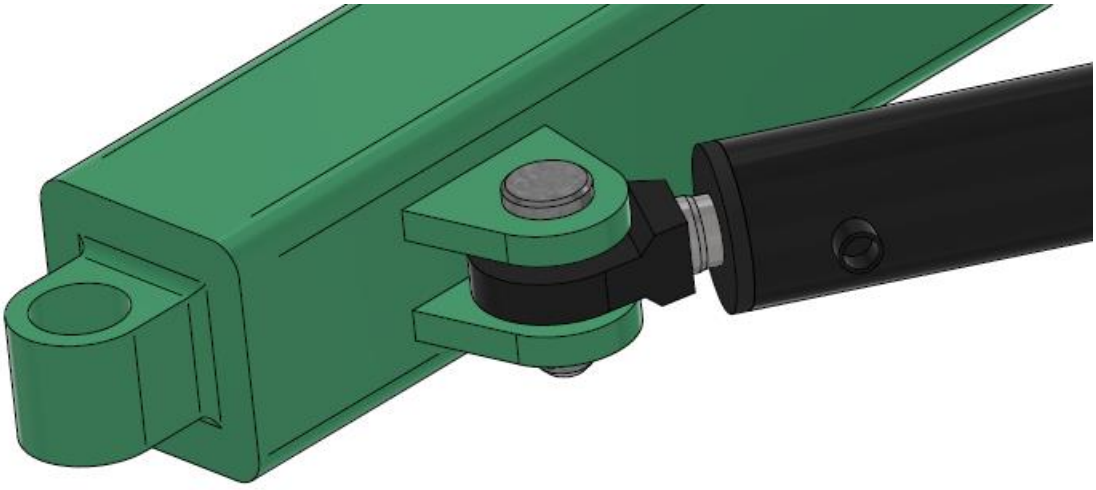
Výložník (na Obr. 28) je tvořen ze čtvercového profilu 120x8 o délce 500 mm dle normy EN 10219, z oceli S355J2H dle normy EN 10219-1 [46] a umožňuje rozestup talířových kol v rozmezí 1,3-2,2 m. Oba konce profilu jsou zavařeny plechem o tloušťce 15 mm [49], na který jsou navařeny pro spojení s dalšími částmi ramene. Výložník je osazen vidlicí pro spojení s přímočarým hydromotorem rozestupu. Oka pro spojení výložníku s konzolí výložníku a přírubovou konzolí byla vyrobena ze čtvercové tyče o rozměru 90 mm dle normy EN 10059, z oceli S355J2 dle normy EN 10025-2 [62]. Oko pro spojení s konzolí výložníku s otvorem pro čep o rozměru ⌀ 50 D11 [63] a oko pro spojení s přírubovou konzolí s otvorem o rozměru ⌀ 45 D11 [63] pro uložení čepu s vůlí.



Obr. 28 *Výložník*

SPOJENÍ VÝLOŽNÍK - HYDROMOTOR ROZESTUPU

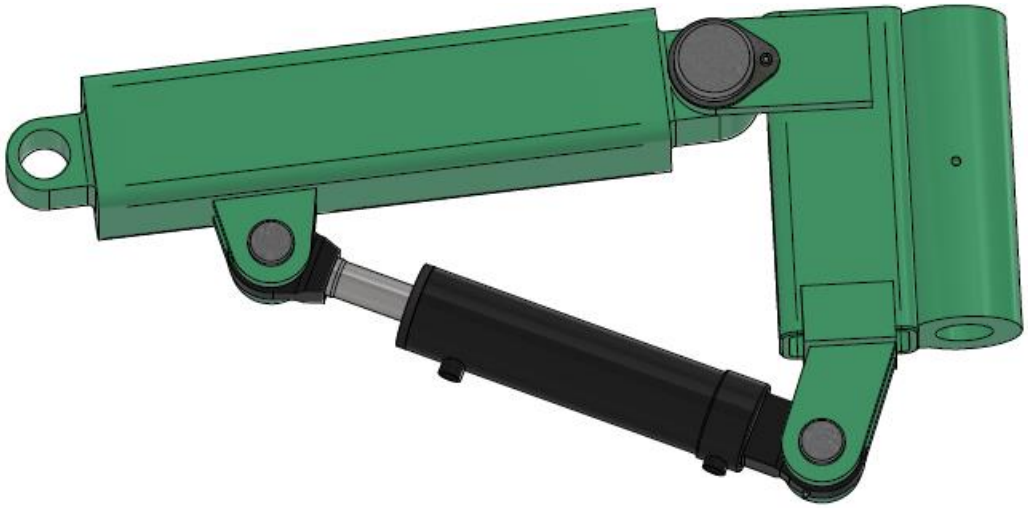
Vidlice byla vyrobena z výpalků o tloušťce 15 mm z plechu válcovaného za tepla dle normy EN 10051, z oceli S355J2C+N dle normy EN 10025-2 [49] (viz Obr. 29). Výpalek má otvor pro čep ISO 2341 B 25x85x6,3-St o rozměru ⌀ 25 D11 [63] pro uložení čepu s vůlí. Poloha čepu je zajištěna pomocí závlačky.



Obr. 29 *Vidlice pro spojení výložník - hydromotor rozestupu*

5.2.3 PŘÍMOČARÝ HYDROMOTOR ROZESTUPU

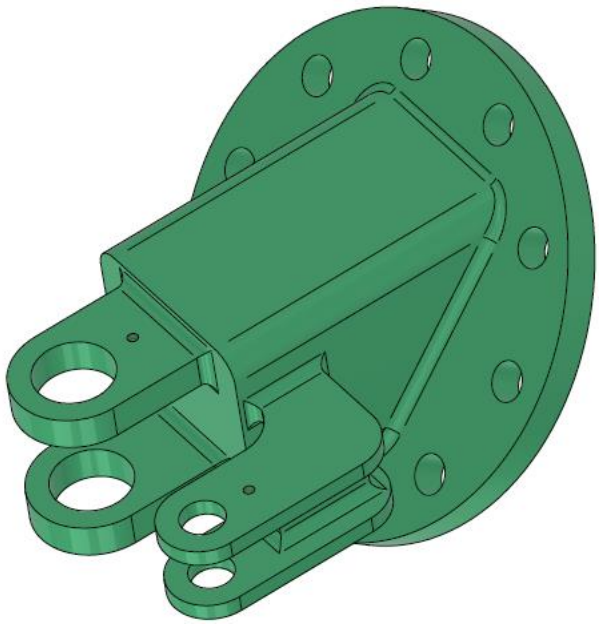
Řízení rozestupu ramene je provedeno pomocí přímočarého hydromotoru od prodejce Hydrolider hydraulic components o rozměrech vnitřního průměru válce 63 mm, průměru pístnice 32 mm a zdvihu 200 mm (viz Obr. 30) [54]. Hydromotor umožňuje pracovat za předpokládaného provozního tlaku ve vnějším hydraulickém okruhu traktoru 18 MPa.



Obr. 30 *Přímočarý hydromotor rozestupu*

5.2.4 PŘÍRUBOVÁ KONZOLE

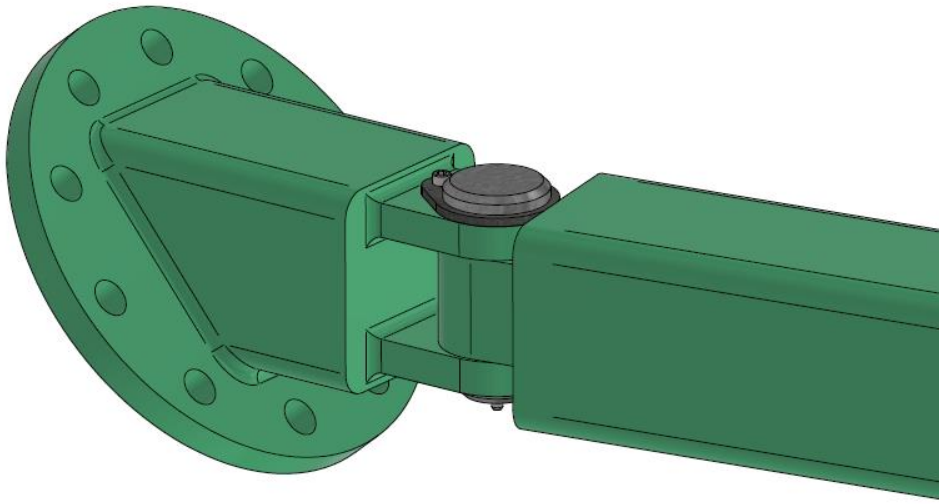
Přírubová konzole (na Obr. 31) je tvořena z uzavřeného čtvercového profilu 120x8 dle normy EN 10219, z oceli S355J2H dle normy EN 10219-1 [46] a z kruhové desky o průměru 280 mm a tloušťce 15 mm z plechu válcovaného za tepla dle normy EN 10051, z oceli S355J2C+N dle normy EN 10025-2 [49]. Do kruhové desky bylo vyvrtáno deset děr o průměru ⌀ 22 mm pro šrouby ČSN 4321 M20x60. Konzole byla osazena vidlicemi pro spojení s okem výložníku a vidlicí pro uchycení distanční tyče.



Obr. 31 *Přírubová konzole*

SPOJENÍ PŘÍRUBOVÁ KONZOLE - VÝLOŽNÍK

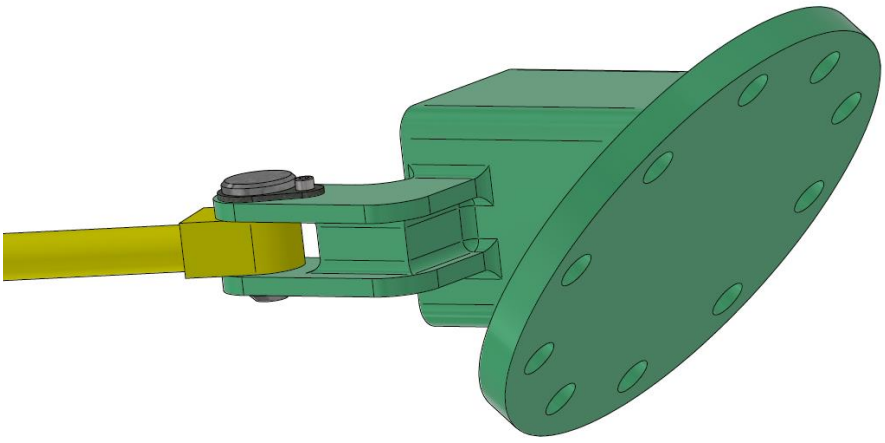
Vidlice pro spojení konzole s výložníkem (viz Obr. 32) byla vyrobena z výpalků o tloušťce 20 mm z plechu válcovaného za tepla dle normy EN 10051, z oceli S355JR+N dle normy EN 10025-2 [48] a přivařená k přírubové konzoli. Výpalky plechu s otvorem o rozměru ⌀ 45 D11 [63] pro uložení čepu čep ISO 2341 A 45x140-St s vůlí. Pod hlavu čepu byl přivařen výpalek o tloušťce 5 mm s otvorem pro pojistný šroub. Do čepu byla vyvrtána díra a závit pro umístění maznice a vedení maziva do středu čepu. V čepu je díra a závit pro maznici, zajišťující mazání. Pojistný šroub prochází přivařeným plechem do závitu ve vidlici, čímž je čep fixován.



Obr. 32 *Vidlice pro spojení přírubová konzole - výložník*

SPOJENÍ PŘÍRUBOVÁ KONZOLE - DISTANČNÍ TYČ

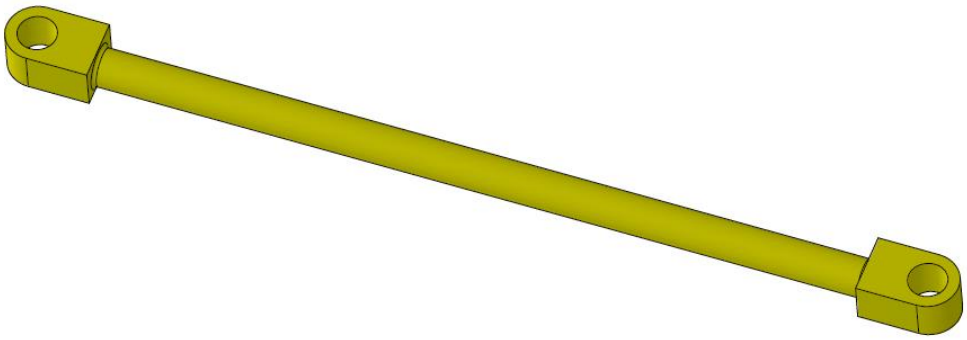
Vidlice, která spojuje přírubovou konzoli a distanční tyč (viz Obr. 33) byla vyrobena přivařením výpalků k přírubové konzoli. Výpalky o tloušťce 10 mm z plechu válcovaného za tepla dle EN 10051, z oceli S355J2C+N dle normy EN 10025-2 [53], s otvorem ⌀ 25 D11 [63] pro čep ISO 2341 A 25x60 St, umožňují uložení čepu s vůlí. Pro zpevnění vidlice bylo mezi výpalky přivařeno 15 mm silné žebro [49]. Na čepu, pod hlavou, je přivařen 5 mm silný plech s otvorem pro pojistný šroub. Čep má vyvrtanou díru a závit pro maznici, což umožňuje vedení maziva do středu čepu. Jeho poloha je zajištěna pojistným šroubem, který je utažen do závitu ve vidlici.



Obr. 33 *Vidlice pro spojení přírubové konzole - distanční tyč*

5.2.5 DISTANČNÍ TYČ

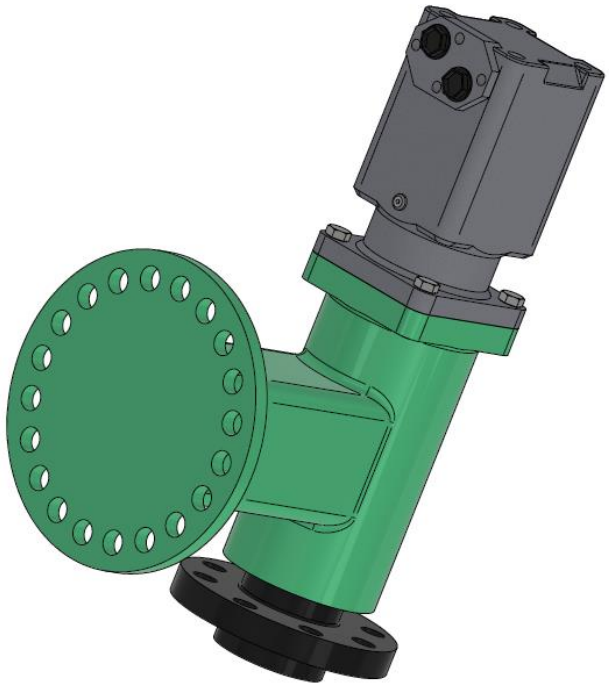
Funkcí distanční tyče uchycené ve vidlici na konzoli výložníku a na přírubové konzoli je zajistit stejný úhel natočení přírubové konzole a tím i samotného talíře při změně rozestupu ramene. Distanční tyč (viz Obr. 34) je vyrobena z kulatiny ⌀ 25x405 dle normy EN 10060, z oceli S355J2 dle normy EN 10025-2 [55] a dvou ok na koních pro uchycení do vidlic. Oka byly vyrobeny z tyče čtvercového průřezu o rozměru 40 mm dle normy EN 10059, z oceli S355J2 dle normy EN 10025-2 [56].



Obr. 34 *Distanční tyč*

5.3 POHONNÉ ÚSTROJÍ TALÍŘOVÉHO KOLA

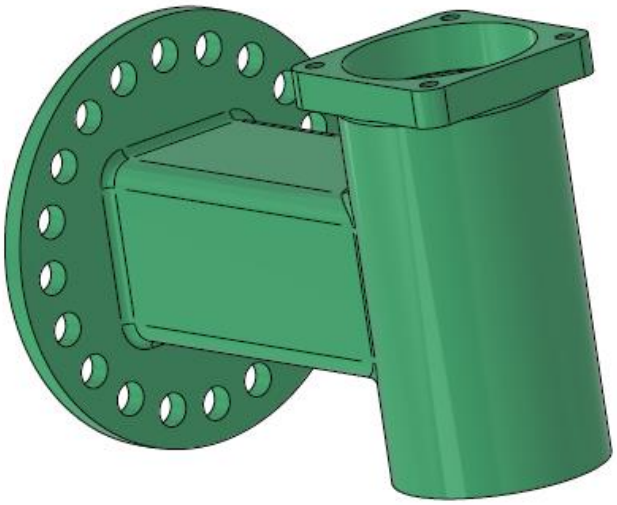
Pohonné ústrojí pro pohon talířového kola (viz Obr. 35) je složeno ze svařence vřeteníku, rotačního hydromotoru, hnací hřídele a spojky hnací hřídele a talířového kola. Kroutící moment z hydromotoru je pomocí hnací hřídele a spojky mezi hřídelí a talířovým kolem přenášen na samotné talířové kolo. Hmotnost tohoto pohonného ústrojí je 66,1 kg.



Obr. 335 *Sestava pohonného ústrojí talířového kola*

5.3.1 SVAŘENEC VŘETENÍKU

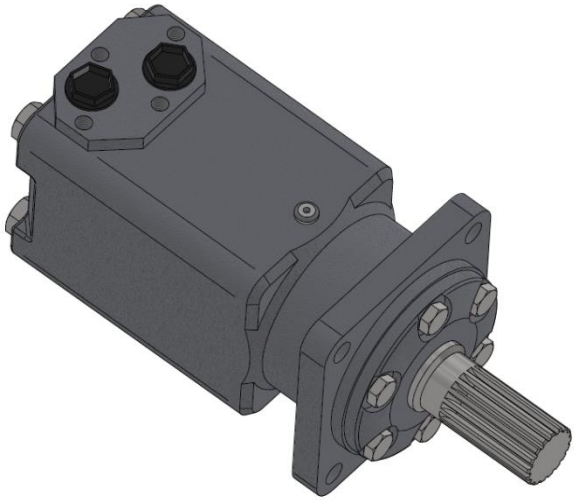
Svařenec vřeteníku (na Obr. 36) spojuje přírubovou konzoli, rotační hydromotor a talířové kolo. Také umožňuje uložení hnací hřídele. Základ tvoří kruhová deska o průměru 280 mm a tloušťce 15 mm z plechu válcovaného za tepla dle normy EN 10051, z oceli S355J2C+N dle normy EN 10025-2 [49], čtvercový profil 120x8 dle normy 10219, z oceli S355J2H dle normy EN 10219-1 [46] a kulatina ⌀ 140x250 dle normy EN 10060, z oceli S355J2 dle normy EN 10025-2 [57] s otvorem pro uložení hřídele. Kruhová deska s dvaceti otvory ⌀ 22 mm pro šrouby ČSN 4321 M20x60, které spolu s maticemi ČSN 3128 M20 zajišťují spojení s přírubovou konzolí. Díky této variantě spojení je možné měnit úhel natočení talířového kola. Na konec kulatiny byl přivařen plech se čtyřmi otvory se závity pro uchycení rotačního hydromotoru pomocí čtyř šroubů ČSN 4320 M12x45.



Obr. 36 *Svařenec vřeteníku*

5.3.2 ROTAČNÍ HYDROMOTOR PRO POHON TALÍŘOVÉHO KOLA

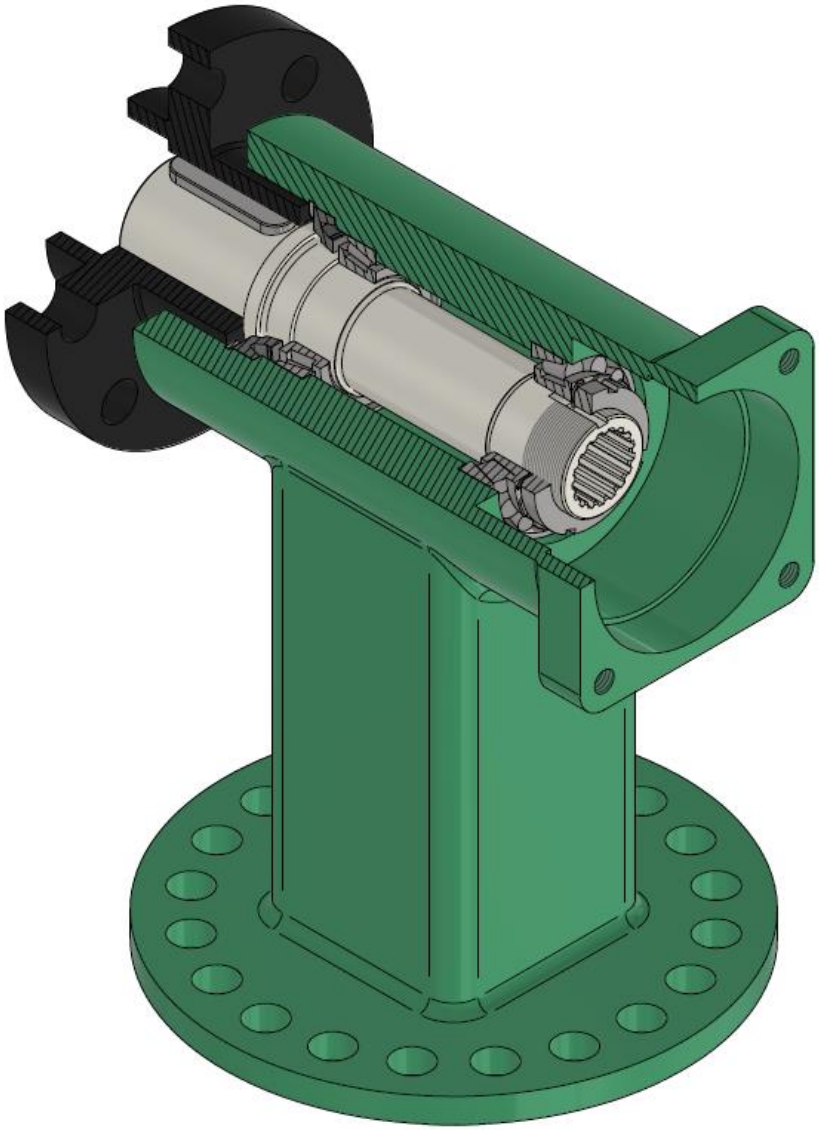
Pro pohon otáčení talířového kola byl zvolen dle výpočtů a předpokládaných pracovních podmínek orbitový hydromotor MT 315 SH (viz Obr. 37) [60] s drážkovanou výstupní. Hydromotor umožňuje pracovat za předpokládaného provozního tlaku ve vnějším hydraulickém okruhu traktoru 18 MPa.



Obr. 37 *Rotační hydromotor pro pohon talířového kola*

5.3.3 HNACÍ HŘÍDEL

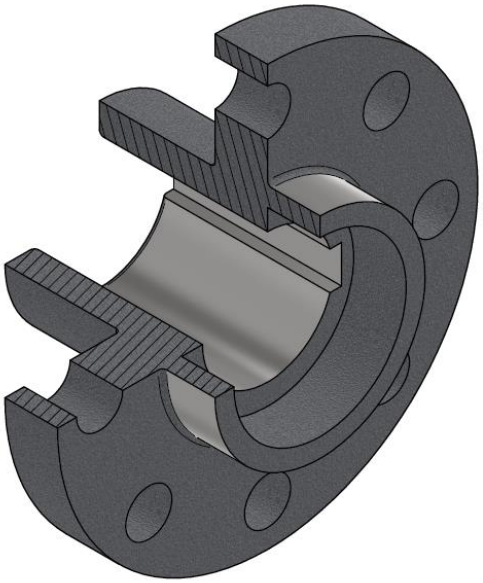
Hnací hřídel přenáší kroutící moment z hydromotoru formou vnitřního evolventního drážkování v konci hřídeli na spojku. Se spojkou je hřídel spojena pomocí pera těsného ČSN 02 2562 A 18x11x70. Hřídel byla vyrobena z kulatiny ⌀ 72x270 dle normy EN 10060 z oceli C55 dle normy ČSN EN 10083-2 [64] a uložena ve dvou kuželíkových ložiscích uspořádaných zády k sobě (do Obr. 38). Jedno ložisko ČSN 02 4720 SKF 32210 [67] o vnitřním průměru ⌀50 mm a druhé ložisko ČSN 02 4720 SKF 32011 X [68] o vnitřním průměru ⌀ 55 mm. Rozdílný vnitřní průměr ložisek byl zvolen z důvodu snazší kompletace. Vnější kroužky ložisek byly vlisovány do svařence vřeteníku. Předpětí mezi ložisky bylo vyvozeno stažením kruhové matice se zářezy KM 10 dle ČSN 02 3630[46] a pojistné podložky MB 10 dle ČSN 02 3640. Prostor okolo ložisek byl utěsněn hřídelovým těsnícím kroužkem GP 62x100x13 dle normy ČSN 02 9401, proti vniknutí vnějších nečistot. Hřídeloví těsnící kroužek byl z vnější strany zajištěn pojistným kroužkem 100 ČSN 02 2931. Do čela hřídele ze strany talíře byla vyvrtána díra se závitem pro šroub M20 a uchycení spojky ke hřídeli v axiálním směru.



Obr. 38 *Hnací hřídel*

5.3.4 SPOJKA HNACÍ HŘÍDEL-TALÍŘOVÉ KOLO

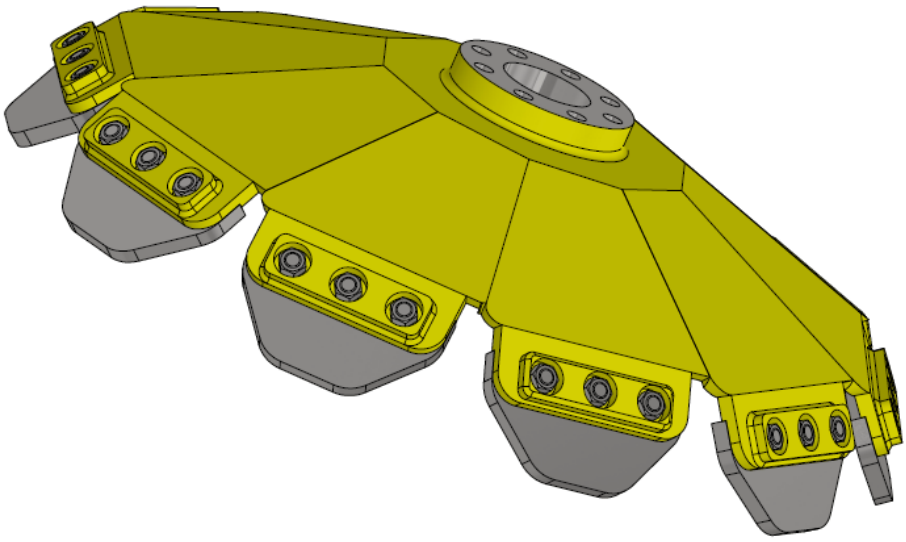
Tato spojka (viz Obr. 39)zajišťuje přenos kroutícího momentu z hnací hřídele na talířové kolo. Spojka byla vyrobena z kulatiny ⌀ 200x110 dle normy EN 10060, z oceli S355J2 dle normy 10025-2 [58]. S hřídelí je spojka spojena pomocí šroubu ČSN 4321 M20x50 [46]s podložkou ⌀ 81x8. Kroutící moment přenáší pero těsné ČSN 02 2562 A 18x11x70. Do spojky bylo vyvrtáno osm děr ⌀ 22 pro šrouby ČSN 4320 M20x100 spojující spojku s talířovým kolem. Šrouby jsou zajištěny pomocí matic ČSN 3128 M20.



Obr. 39 *Spojka hnací hřídele a talířového kola*

5.4 SESTAVA TALÍŘOVÉHO KOLA

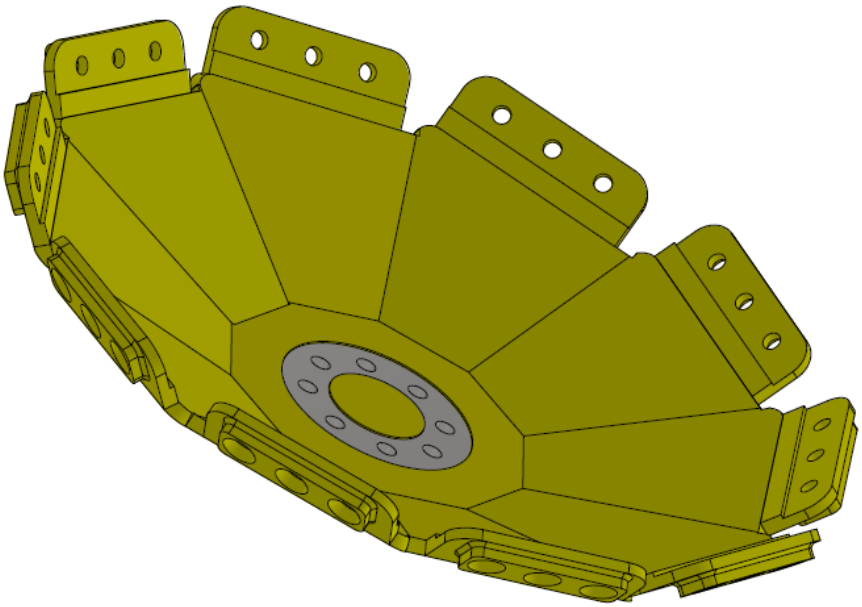
Sestavu talířového kola tvoří deset zubů a samotné talířové kolo svařené z náboje a ohnutých výpalků z plechu (viz Obr. 40). Hmotnost sestavy talířového kola je 133,4 kg.



Obr. 40 *Sestava talířového kola*

5.4.1 TALÍŘOVÉ KOLO

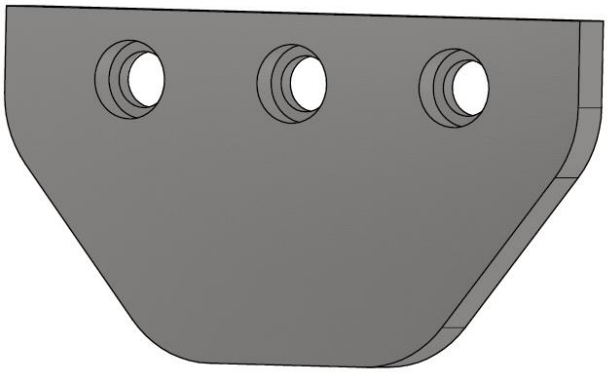
Talířové kolo bylo složeno z výpalků plechů o tloušťce 15 mm z oceli STRENX 700 F dle normy EN 10025-6 [65], které byly přivařeny na středový náboj (viz Obr. 41). Středový náboj s osmi vyvrtanými otvory ⌀ 22 pro šrouby a spojení talíře s hnacím ústrojím byl vyroben z kulatiny ⌀ 200x50 dle normy EN 10060 z oceli S355J2 dle normy ČSN EN 10025-2 [58]. Na konce plechů tvořících talířové kolo byly navařeny pláty s vyvrtanými otvory pro ochranu šroubů a matic, které spojují talířové kolo a zuby. Geometrie levého a pravého talíře je odlišná, s opačným náběhem, a to kvůli opačné rotaci talířových kol. Talířové kolo o průměru ⌀ 954 mm, po osazení zuby ⌀ 1011 mm vytvoří dostatečně široký a hluboký pruh zpracované půdy pro následné sázení.



Obr. 41 *Talířové kolo*

5.4.2 ZUB

Zuby talířové frézy (viz Obr. 42) byly vyrobeny z plechu tloušťky 18 mm z vysoce otěruvzdorné oceli typu HARDOX 550 dle EN 10029 [66]. Uchycení zubu na talířové kolo je provedeno pomocí 3 šroubů DIN 6912 M18x35, zajištěných maticemi DIN 934 M18. Do zubu bylo vytvořeno zahloubení pro hlavu šroubu z důvodu jeho ochrany. Zuby jsou v případě potřeby snadno a rychle vyměnitelné. Hmotnost jednoho zubu je 3,1 kg.



Obr. 42 *Zub*

6 STANOVENÍ POTŘEBNÉHO VÝKONU PRO POHON TALÍŘOVÉ FRÉZY

Při stanovování potřebného výkonu pro pohon talířové frézy bylo výpočtově postupováno dle obdobný talířových nástrojů užívaných v zemědělství. Pro výpočtově blízké vztahy byli do vzorců uvažovány hodnoty součinitelů z literatury [43] navýšené o 50 % z důvodu předpokládaných méně příznivých podmínek při provozu v lese (pařezy, kořenové pozůstatky, potěžební zbytky, kameny atd.).

Stroj během práce musí překonávat vnitřní i vnější odpory. Vnitřní odpory spočívají v manipulaci a zpracování materiálu. Vnější odpory zahrnují terénní podmínky, stav porostu případně klimatické faktory, které ovlivňují pohyb stroje. Pro výpočet potřebného výkonu bylo využito odporu stroje R_S, odporu záběru samotného talíře R_t a odporu proti otáčení talíře R_o.

6.1 VÝKON POTŘEBNÝ K TAŽENÍ STROJE

Pracovní odpor stroje R_S byl stanoven pomocí tažného odporu z následujícího vzorce [43].

$$R_s = k \cdot b = 3150 \cdot 1{,}2 = 3780\ N \quad (1)$$

Kde: k - měrný odpor stroje [N m^{-1}]

b - šířka záběru stroje [m]

Ve vzorci (1) byla zvolena nejvyšší hodnota měrného odporu pro talířové brány (z Tab.3) navýšena o 50 % z důvodů uvedených výše, tedy k = 3150 N m^{-1}. Pracovní šířka záběru stroje b = 1,2 m. Odpor stroje R_S = 3780 N.

Tab. 3 *Tažný měrný odpor zemědělských strojů [43]*

Stroj	Měrný tažný odpor k [N m^{-1}]
Hřebové brány	450 – 650
Smyk zubový	600 – 900
Žací stroj nesený	500 – 1000
Řádkovač nesený	800 – 1200
Secí stroj	500 – 1400
Válec Cambridge	1000 – 1800
Talířové brány	1600 – 2100
Sázeč brambor	2900 – 3800
Vyorávač brambor	5800 – 6500
Frézy při hloubce zpracování na 20 cm	5000 – 7000

Odpor záběru samotného talíře R_t byl stanoven pomocí obdobných odporů orebních těles z literatury [43].

$$R_t = k_o \cdot a \cdot b = 120000 \cdot 0{,}2 \cdot 0{,}6 = 14400\ N \quad (2)$$

Kde: k_o - měrný odpor orebního tělesa [N m^{-2}]

b - šířka záběru jednoho talíře [m]

a - hloubka záběru [m]

Ze vztahu (2) byl stanoven odpor záběru talíře pomocí měrného odporu k_o pro velmi těžkou půdu (z Tab.4) navýšeného o 50 % z důvodů uvedených výše na k_o = 120 kN m^{-2}, šířka záběru jednoho talíře b = 0,6 m a hloubkou záběru a = 0,2 m. Odpor při záběru talíře Rt = 14400 N.

Tab. 4 *Měrný odpor orebního tělesa [43]*

Druh půdy	**Měrný odpor k_0 [kp cm^{-2}]**	**Měrný odpor k_0 - přepočtem na jednotku [N m^{-2}]**
Lehká půda	0,2 - 0,35	20000 - 35000
Středně těžká půda	0,35 - 0,55	35000 - 54000
Velmi těžká půda	nad 0,8	nad 80000

Po sečtení odporu stroje R_s a odporu při záběru obou talířů R_t dostaneme celkový odpor R_T vzniklý při tažení v pracovní poloze.

$$R_T = R_s + 2 \cdot R_t = 3780 + 2 \cdot 14400 = 32580\ N \quad (3)$$

Pro stanovení výkonu potřebného k překonání odporu vzniklého při tažení bylo nutné znát pracovní rychlost traktoru. Tato talířová fréza je konstruována na pojezdovou pracovní rychlost v_p = 5 km h^{-1}. Z pojezdové rychlosti a odporu R_T byl pomocí následujícího vzorce vypočten výkon potřebný k tažení stroje.

$$P_T = R_T \cdot \frac{v}{3{,}6} = 32580 \cdot \frac{5}{3{,}6} = 45{,}25\ kW \quad (4)$$

Kde: v_p - pojezdová rychlost [km h^{-1}]

R_T - celkový odpor stroje vzniklý při tažení [N]

Z rovnice (4) byl vypočten výkon potřebný pro tažení talířové frézy P_T = 45,25 W.

6.2 VÝKON POTŘEBNÝ K OTÁČENÍ TALÍŘE

Odpor proti otáčení talíře R_o závisí především na typu půdy. Druhy půdy se podle obsahu jílovitých částic menších než 0,01 mm rozdělují do sedmi základních kategorií dle normy ČSN 46 5302. Vyšší obsah těchto částic zvyšuje měrný odpor půdy. Na měrný odpor půdy má značný vliv i její vlhkost. V optimálních podmínkách při vlhkosti 8-21 % [44] dosáhneme nejnižšího měrného odporu. Odpor R_o byl stanoven pomocí měrného odporu půdy z následující rovnice.

$$R_o = k_p \cdot S_z \cdot i = 90 \cdot 0{,}00536 \cdot 3 = 1{,}4472\ kN = 1447{,}2\ N \quad (5)$$

Kde: k_p - měrný odpor půdy [kN m^{-2}]

S_z - plocha záběru jednoho zubu [m^2]

i - počet zubů v záběru

Ve vztahu (5) byl stanoven odpor proti otáčení talíře s využitím měrného odporu půdy k_p pro velmi těžkou půdu (z Tab.5). Měrný odpor byl zvolen dle druhu půdy hlinitá a navýšen o 50 % z důvodů uvedených výše na hodnotu $k_p = 90$ kN · m^{-2}. Plocha záběru při jedno zubu vychází z jeho geometrie talířového kola a zubu. $S_z = 0{,}00536$ m^2. Při hloubce zpracování půdy a = 20 cm dochází k záběru tří zubů. Odpor při otáčení talíře R_o = 1447,2 N.

Tab. 5 *Rozdělení půdy a jejich měrné odpory dle normy ČSN 46 5302 [44]*

Praktické označení půdy	Druh půdy	Obsah zrn menších než 0,01 mm [%]	Číselné označení podle ČSN	Měrný odpor půdy kp [kN m^{-2}]
Velmi těžká	Jíl	nad 75	1	90-150
	Jílová	60-75	2	
Těžká	Jílovito-hlinitá	40-60	3	60-90
Střední	Hlinitá	30-40	4	40-60
	Písčito-hlinitá	20-30	5	
Lehká až velmi lehká	Hlinito-písčitá	10-20	6	20-40
	Písčitá	0-10	7	

Na výpočet potřebného výkonu rotačního hydromotoru pro pohon talíře frézy bylo vycházeno z odporu proti otáčení R_o a poloměru talíře r = 505,5 m. V následují rovnici byl získán kroutící moment vzniklý otáčením talíře.

$$M_{kt} = R_o \cdot r = 1447{,}2 \cdot 0{,}5055 = 731{,}6\ Nm \quad (6)$$

Kde: r - poloměr talíře [m]

Úhlová rychlost talíře byla vypočtena při pracovních otáčkách stanovených na $n_t = 60$ ot · min^{-1}.

$$\omega_t = 2 \cdot \pi \cdot n_t = 2 \cdot \pi \cdot \frac{60}{60} = 6{,}283\ rad\ s^{-1} \quad (7)$$

Kde: n_t - počet otáček talíře [1 min^{-1}]

Potřebný výkon rotačního hydromotoru se potom získal z kroutícího momentu M_{kt} a úhlové rychlosti ω_t.

$$P_{RH} = M_{kt} \cdot \omega_t = 731{,}6 \cdot 6{,}283 = 4596{,}4\ W \quad (8)$$

Z rovnice (8) byl vypočten potřebný výkon jednoho hydromotoru pro pohon talíře $P_{RH} = 4610$ W.

6.3 CELKOVÝ POTŘEBNÝ VÝKON PRO POHON TALÍŘOVÉ FRÉZY

Celkový výkon potřebný pro pohon stroje byl získán součtem výkonu potřebného k tažení stroje P_T a výkonů dvou rotačních hydromotorů P_{RH} potřebných k otáčení talířů.

$$P_c = P_T + 2 \cdot P_{RH} = 44250 + 2 \cdot 4596{,}4 = 54442{,}8\ W = 54{,}44\ kW \quad (9)$$

Minimální potřebný výkon traktoru pro pohon talířové frézy byl vypočten na základě odporů půdy P_c = 54,44 kW. Výpočet byl počítán pro práci v rovinatém terénu. Skutečný výkon traktoru s přihlédnutím na práci v nepříznivých lesních podmínkách (členitost terénu, sklon svahu, podmočenost terénu) musí být navýšen o výkon který potřebuje traktor pro vlastní pohyb.

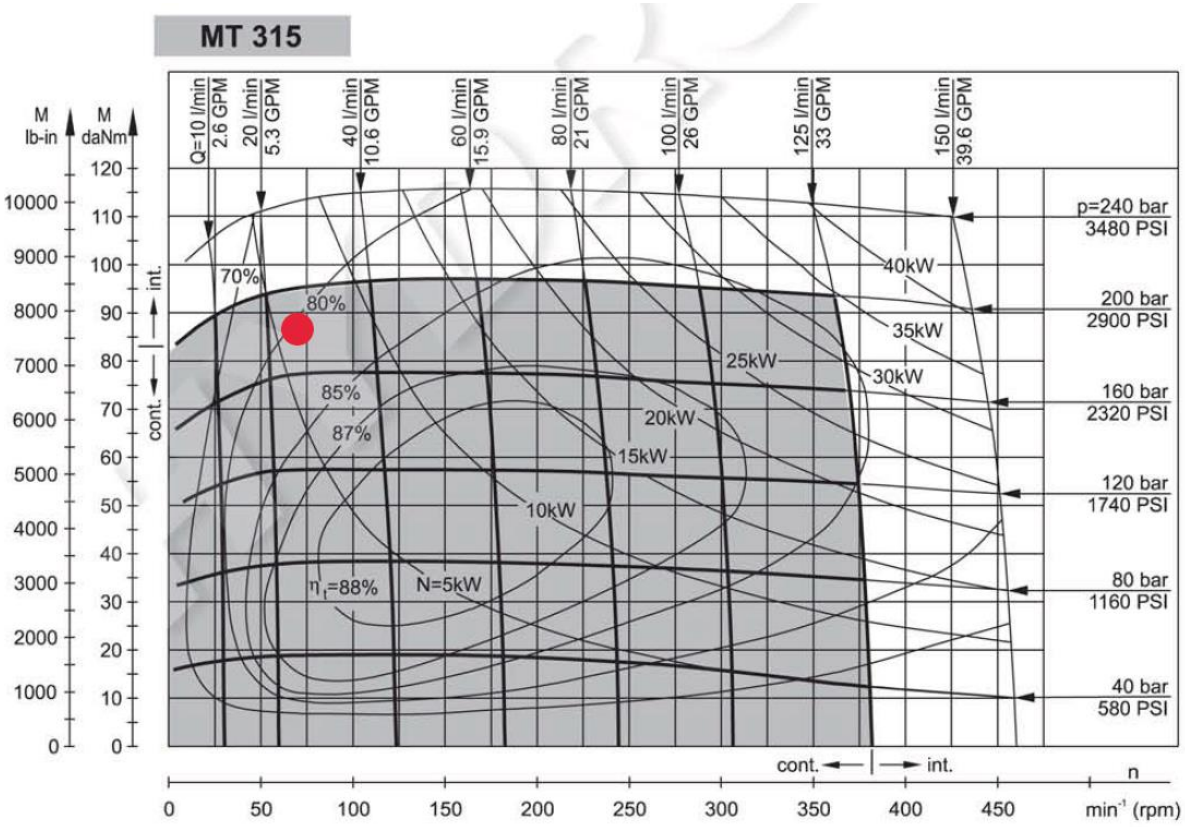
6.4 STANOVENÍ TYPU POHONU PRO OTÁČENÍ TALÍŘOVÉHO NÁSTROJE

Pro pohon talířového kola byl zvolen rotační hydromotor (Obr.3). Rotační hydromotory poskytují vysoký točivý moment, což je důležité pro překonávání odporu půdy. Hydraulický systém umožňuje snadno regulovat rychlost rotace talíře a zároveň umožňuje plynulý rozběh a zastavení pohybu, což minimalizuje namáhání stroje a zvyšuje jeho životnost. Hydraulické motory jsou odolné proti přetížení a rázům, což je s ohledem na práci v nepříznivých lesních podmínkách velmi důležité.

Obr. 43 *Rotační hydromotor MT 315 SH [60]*

Tato volba nese i několik nevýhod a rizik, hydraulické systémy vyžadují pravidelnou údržbu a kontrolu těsnění a hadic. Pracují pod vysokým tlakem, což představuje potenciální riziko úniku oleje pod tlakem, který může způsobit zranění nebo poškodit zařízení. Vysoký tlak v systému vyžaduje pravidelnou kontrolu, aby se předešlo nehodám. Únik hydraulického oleje ze systému představuje významné ekologické riziko. Hydraulický olej může být škodlivý pro životní prostředí, znečišťovat půdu i vodu. S ohledem na všechny výhody i nevýhody a skutečnost možnosti využití vnějšího hydraulického okruhu traktoru, vychází toto řešení pohonu talířového kola jako nejideálnější varianta.

Podle vypočteného potřebného kroutícího momentu, tlaku hydraulického systému a předpokládaných otáček talířového kola byl dle provozního diagramu (viz Obr. 44) [59] zvolen orbitový hydromotor řady MT 315 SH [60] s drážkovanou výstupní hřídelí.



Obr. 44 *Provozní diagram rotačního hydromotoru MT 315 [59]*

7 PEVNOSTNÍ VÝPOČTY URČENÝCH KONSTRUKČNÍCH UZLŮ

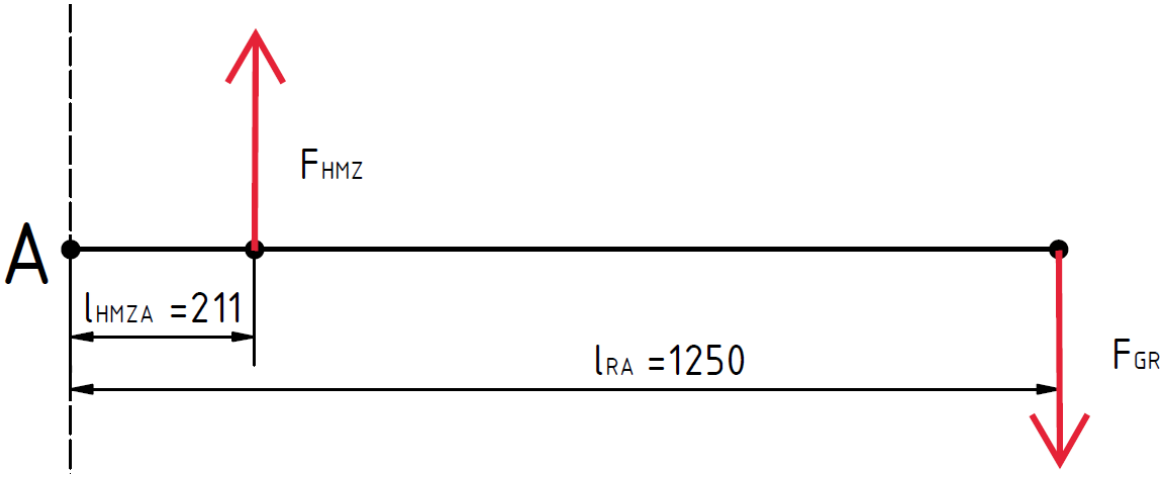
7.1 KONTROLA PŘÍMOČARÉHO HYDROMOTORU ZDVIHU

Při kontrole hydromotoru zdvihu byla nejdříve vypočtena skutečná síla působící na zatláčení pístnice hydromotoru F_{HMZ} při provozním tlaku ve vnějším hydraulickém okruhu traktoru p_1 = 18 MPa. Dále byla stanovena tíhová síla ramene a z momentové rovnováhy k bodu A, tedy k hlavnímu otočnému čepu ramene, vypočtena teoretická potřebná síla F_{THMZ} na zvednutí ramene do přepravní polohy. Pro výpočet byl na základě reálného modelu vytvořen zjednodušený výpočtový model (viz Obr. 45).

$$F_{HMZ} = S_{HZ1} \cdot p_1 = \frac{\pi \cdot {d_{HZ2}}^2}{4} \cdot p_1 = \frac{\pi \cdot (50^2 - 28^2)}{4} \cdot 18 = 24259{,}38\ N \qquad (10)$$

Kde: S_{HZ1} - plocha při zatláčení pístnice hydromotoru zdvihu [mm^2]

p_1 - provozní tlak vnějšího hydraulického okruhu traktoru [MPa]



Obr. 45 *Výpočtový model pro kontrolu hydromotoru zdvihu*

$$\Sigma M_A = 0;\ F_{THMZ} \cdot l_{HMZA} - F_{GR} \cdot l_{RA} = 0 \qquad (11)$$

Kde: F_{THMZ}- teoretická potřebná síla hydromotoru zdvihu [N]

l_{HMZA} - kolmá vzdálenost nositelky F_{HMZ} od bodu otáčení A [mm]

F_{GR} - tíhová síla ramene [N]

l_{RA} - kolmá vzdálenost nositelky F_{GR} od bodu otáčení A [mm]

$$F_{GR} = m_R \cdot g = 289{,}3 \cdot 9{,}81 = 2838N \qquad (12)$$

Kde: m_R - hmotnost jednoho ramene frézy [kg]

g - tíhové zrychlení [m·s^{-2}]

$$F_{THMZ} = \frac{F_{GR} \cdot l_{RA}}{l_{HMZA}} = \frac{2838 \cdot 1250}{211} = 16812{,}8\ N \leq F_{HMZ} \quad (13)$$

Po vyjádření z momentové rovnováhy (13) byla teoretická potřebná síla F_{THMZ} = 16812,8 N. Zvolený přímočarý hydromotor vyhovuje s dostatečnou rezervou.

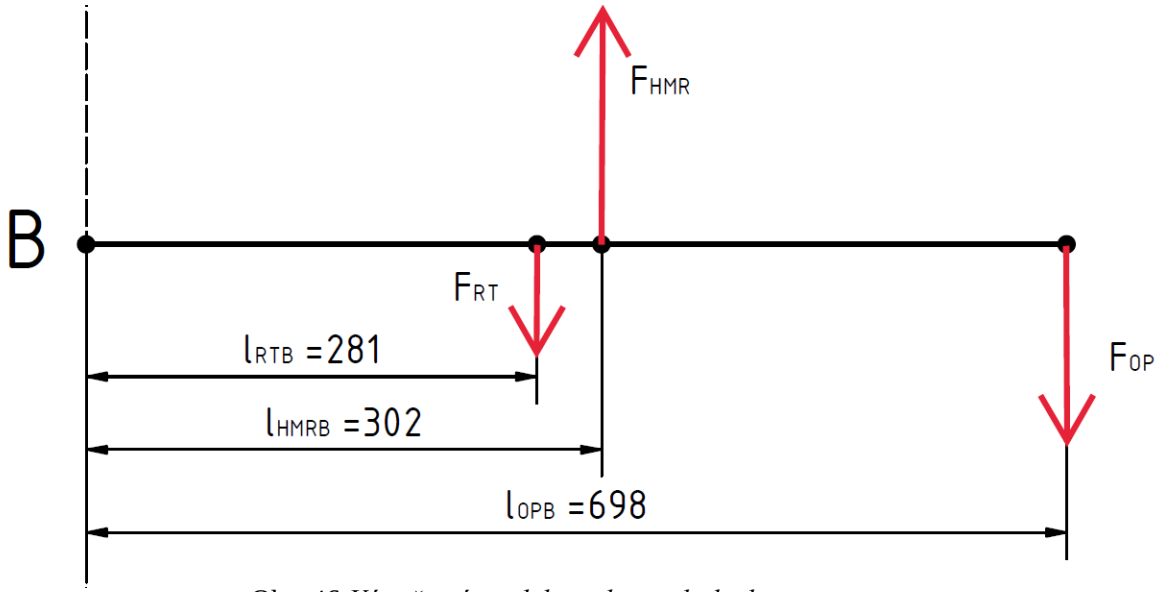
7.2 KONTROLA PŘÍMOČARÉHO HYDROMOTORU ROZESTUPU

Při kontrole hydromotoru rozestupu bylo postupováno obdobně jak v předchozím bodě. V rovnici momentové rovnováhy k bodu B, čepu spojující výložník s konzolí výložníku, bylo počítáno se silou F_{OP} způsobenou odporem půdy při tažení a síla F_{RT} od rotace talíře. Proti této síle působí kontrolovaná síla F_{HMR}, která udržuje zvolený rozestup mezi rameny. Pro výpočet byl na základě reálného modelu vytvořen zjednodušený výpočtový model (viz Obr.46).

$$F_{HMR} = S_{HR1} \cdot p_1 = \frac{\pi \cdot {d_{HR2}}^2}{4} \cdot p_1 = \frac{\pi \cdot (63^2 - 32^2)}{4} \cdot 18 = 41633{,}96N \quad (14)$$

Kde: S_{HR1} - plocha při zatláčení pístnice hydromotoru rozestupu [mm^2]

p_1 - provozní tlak vnějšího hydraulického okruhu traktoru [MPa]



Obr. 46 *Výpočtový model pro kontrolu hydromotoru rozestupu*

$$\Sigma M_B = 0;\ F_{THMR} \cdot l_{HMRB} - F_{RT} \cdot l_{RTB} - F_{OP} \cdot l_{OPB} = 0 \quad (15)$$

Kde: F_{RT}- síla vyvolaná rotací talíře v půdě [N]

l_{RTB} - kolmá vzdálenost nositelky F_{RT} od bodu otáčení B [mm]

F_{THMR} - teoretická potřebná síla hydromotoru rozestupu [N]

l_{HMRB} - kolmá vzdálenost nositelky F_{HMR} od bodu otáčení B [mm]

F_{OP} - síla vyvolaná odporem půdy [N]

l_{OPB} - kolmá vzdálenost nositelky F_{OP} od bodu otáčení B [mm]

$$|F_{RT}| = |R_O| = 1282{,}5\ N \tag{16}$$

$$|F_{OP}| = \frac{|R_T|}{2} = 15984{,}1\ N \tag{17}$$

$$F_{THMR} = \frac{F_{OP} \cdot l_{OPB} + F_{RT} \cdot l_{RTB}}{l_{HMRB}}$$
$$F_{THMR} = \frac{15984{,}1 \cdot 698 + 1282{,}5\ \cdot 281}{302} = 38136{,}7\ N \leq F_{HMR} \tag{18}$$

Vyjádřením z momentové rovnováhy (18) byla teoretická potřebná síla F_{THMR} = 38136,7 N. Zvolený přímočarý hydromotor vyhovuje s dostatečnou rezervou.

7.3 KONTROLA DISTANČNÍ TYČE NA VZPĚR

Pro kontrolu distanční tyče je nejprve nutné určit, zda se jedná o namáhaní v oblasti prostého tlaku, nepružného vzpěru nebo pružného vzpěru. Způsob namáhání se určí podle štíhlosti prutu λ (20), který závisí na délce prutu l_{DT} a minimálním poloměru setrvačnosti průřezu prutu i_{min} (19). Hodnota mezní štíhlost prutu pro uhlíkové oceli je λ_M = 100 dle tabulky [61].

$$i_{min} = \sqrt{\frac{J_{min}}{S_{DT}}} = \sqrt{\frac{\frac{\pi \cdot {d_{DT}}^4}{64}}{\frac{\pi \cdot {d_{DT}}^2}{4}}} = \sqrt{\frac{\frac{\pi \cdot 25^4}{64}}{\frac{\pi \cdot 25^2}{4}}} = 6{,}25\ mm \tag{19}$$

Kde: J_{min} - minimální kvadratický moment namáhaného průřezu [mm^4]

S_{DT} - plocha průřezu distanční tyče [mm^2]

$$\lambda = \frac{l_{DT}}{i_{min}} = \frac{505}{6{,}25} = 80{,}8 \leq \lambda_M \tag{20}$$

Kde: l_{DT}- délka distanční tyče [mm]

Jedná se tedy o namáhání v oblasti nepružného vzpěru. Vypočtená štíhlost prutu $\lambda = 80{,}8$ leží v intervalu platnosti $\lambda \in < 60; 100 >$, proto byl použit vztah (21) pro výpočet kritického napětí dle teorie Tetmayera [61].

$$\delta_{kr} = A - B \cdot \lambda = 335 - 0{,}62 \cdot 81 = 284{,}78\ MPa \tag{21}$$

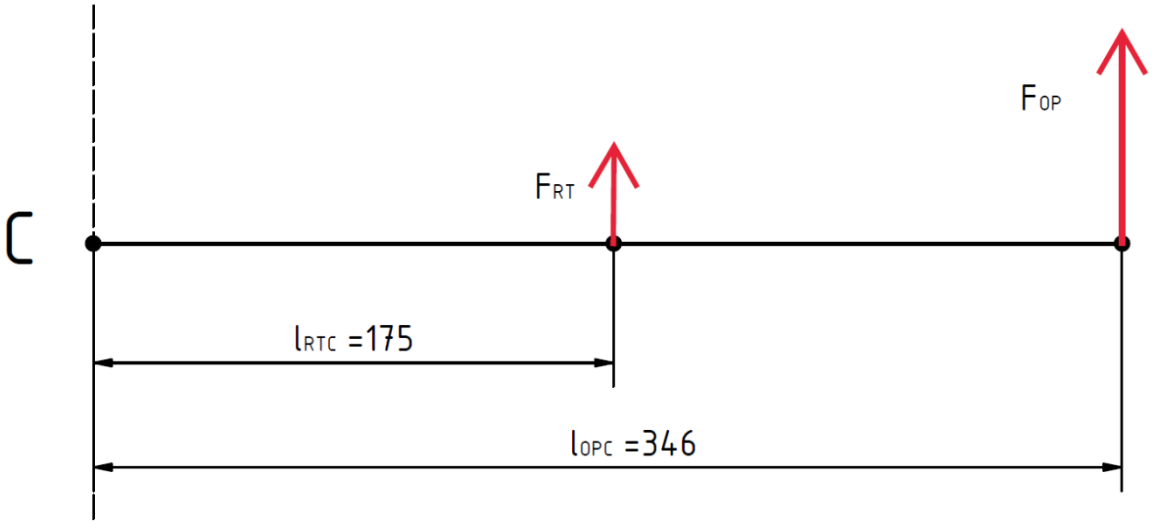
Kde: A - konstanta A [MPa]

B - konstanta B [MPa]

$$\sigma_{kr} = \frac{F_{kr}}{S_{DT}} \Rightarrow F_{kr} = \sigma_{kr}\ \cdot S_{DT} = \sigma_{kr}\ \cdot \frac{\pi \cdot d^2}{4} = 284{,}78 \cdot \frac{\pi \cdot 25^2}{4} = 139791{,}1\ N \tag{22}$$

Kde: F_{kr} - kritická síla z hlediska vzpěru [N]

Ve vztahu (22) byla vyjádřena a vypočtena kritická síla F_{kr} = 139791,1 N. Z momentové rovnice byl vyjádřen kroutící moment kolem bodu C, čepu spojující výložník a přírubovou konzoli. Z kroutícího momentu M_C, způsobeného silou F_{OP} od odporu půdy při tažení a silou F_{RT} od rotace talíře byla dopočítána síla F_{DT}, která působí na distanční tyč. Pro výpočet byl na základě reálného modelu vytvořen zjednodušený výpočtový model (na Obr.47).



Obr. 47 *Výpočtový model pro kontrolu distanční tyče*

$$M_C = F_{OP} \cdot l_{OPC} + F_{RT} \cdot l_{RTC}$$
$$M_C = 15984{,}1 \cdot 346 + 1282{,}5 \cdot 175 = 5754936\ Nmm \quad (23)$$

Kde: M_C - kroutící moment kolem bodu C [Nmm]

F_{RT}- síla vyvolaná rotací talíře v půdě [N]

l_{RTC} - kolmá vzdálenost nositelky F_{RT} od bodu otáčení C [mm]

F_{OP} - síla vyvolaná odporem půdy [N]

l_{OPC} - kolmá vzdálenost nositelky F_{OP} od bodu otáčení C [mm]

$$M_C = F_{DT} \cdot l_{DTC} \Rightarrow F_{DT} = \frac{M_C}{l_{DTC}}$$
$$F_{DT} = \frac{5754936}{110} = 52317{,}6\ N \leq F_{kr} \quad (24)$$

Kde: F_{DT} - síla působící na distanční tyč [N]

l_{DTC} - kolmá vzdálenost nositelky F_{DT} od bodu otáčení C [mm]

Porovnáním vyjádřené síly F_{DT} = 52317,6 N z momentové rovnováhy (24) a kritické síly dle teorie Tetmayera F_{kr} = 139791,1N (22) bylo zjištěno, že nedojde ke vzpěru distanční tyče.

7.4 KONTROLA KUŽELÍKOVÝCH LOŽISEK PRO ULOŽENÍ HNACÍ HŘÍDELE

Pro kontrolu ložisek bylo uvažováno se zatížením od odporu půdy vzniklým při tažení a tíhové síly talířové frézy. Osa hřídele svírá s nositelkou síly F_{OP} úhel $\alpha = 44{,}6°$ a s nositelkou síly F_{TF} úhel $\beta = 57{,}4°$. Síla F_{OP} i F_{TF} byla rozložena do složek F_X a F_Y.

$$F_{OPX} = \cos(\propto) \cdot F_{OP} = \cos(44{,}6) \cdot 15984{,}1 = 11381{,}1 \text{ N} \quad (25)$$

$$F_{OPY} = \sin(\propto) \cdot F_{OP} = \sin(44{,}6) \cdot 15984{,}1 = 11223{,}3 \text{ N} \quad (26)$$

Kde: F_{OPX} - axiální složka síly F_{OP} [N]

F_{OPY} - radiální složka síly F_{OP} [N]

α - úhel mezi nositelkou F_{OP} a osou hnací hřídele [°]

F_{OP} - síla vyvolaná odporem půdy [N]

Z důvodu dvou talířových kol dochází k rozložení celé tíhové síly talířové frézy rovnoměrně na obě talířová kola.

$$F_{GTF} = \frac{m_{TF}}{2} \cdot \mathrm{g} = \frac{780{,}7}{2} \cdot 9{,}81 = 3829{,}3\ N \quad (27)$$

Kde: m_{TF} - hmotnost talířové frézy [kg]

g - tíhové zrychlení [$m \cdot s^{-2}$]

$$F_{GTFX} = \cos(\beta) \cdot F_{OP} = \cos(57{,}4) \cdot 3829{,}3 = 2063{,}1 \text{ N} \quad (28)$$

$$F_{GTFY} = \sin(\beta) \cdot F_{OP} = \sin(57{,}4) \cdot 3829{,}3 = 3226\ N \text{ N} \quad (29)$$

Kde: F_{GTFX} - axiální složka síly F_{GTF} [N]

F_{GTFY} - radiální složka síly F_{GTF} [N]

β - úhel mezi nositelkou F_{GTF} a osou hnacího hřídele [°]

Pro zjednodušení bylo uvažováno rovnoměrné rozložení zatížení na obě ložiska a z důvodu menší statické a dynamické únosnosti bylo kontrolováno ložisko SKF 32210. Ověření významnosti axiálního zatížení bylo potvrzeno porovnáním poměru axiální a radiální síly s tabulkovou hodnotou výpočtového součinitele e zjištěného z katalogu výrobce ložisek [69].

$$\frac{F_A}{F_R} > e\ ;\ \frac{F_{OPX} + F_{GTFX}}{F_{OPY} + F_{GTFY}} = \frac{11381{,}1 + 2063{,}1}{11223{,}3 + 3226} = 0{,}93 > 0{,}43 \quad (30)$$

Výpočet ekvivalentního dynamického zatížení vychází ze vztahu v katalogu výrobce ložisek [69]. Pro konkrétní typ ložiska SKF 32210 platí hodnoty X = 0,4 a Y = 1,4.

$$P = X \cdot F_R + Y \cdot F_A$$
$$P = 0{,}4 \cdot \frac{11223{,}3 + 3226}{2} + 1{,}4 \cdot \frac{11381{,}1 + 2063{,}1}{2} = 12300{,}8\ N \quad (31)$$

Kde: F_R - radiální síla působící na jedno ložisko [N]

F_A - axiální síla působící na jedno ložisko [N]

Pro určení základní trvanlivosti ložiska SKF 32210 byla z katalogu zjištěna hodnota základní dynamické únosnosti C = 101kN a také vztah pro výpočet základní trvanlivosti [69]. Ve vztahu je uvažováno s předpokládanými otáčkami n_t = 60 ot · min^{-1}.

$$L_{10} = \left(\frac{C}{P}\right)^{\frac{10}{3}} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot n_t} = \left(\frac{101000}{12300{,}8}\right)^{\frac{10}{3}} \cdot \frac{10^6}{60 \cdot 60} = 310211{,}3\ h \quad (32)$$

Z rovnice (32) vychází doba provozu se spolehlivostí 90 % na 310211,3 h.

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo provést konstrukční řešení talířové frézy pro mechanickou přípravu půdy před zalesněním, nesené v tříbodovém závěsu zemědělského traktoru výkonnostní třídy do 110 kW. Stanovit potřebný výkon pro pohon stroje, typ pohonu pro otáčení samotných talířových kol, provést kontrolní výpočty vybraných konstrukčních uzlů a vytvořit výkresovou dokumentaci celé sestavy talířové frézy a vybraných komponent.

Součástí práce bylo podrobné popsání různých způsobů mechanické přípravy půdy a typů strojů využívaných v praxi. Na základě této části byly stanoveny tři návrhové koncepce stroje, které posloužily jako základ pro tvorbu samotné konstrukce. Výstupem navržené konstrukce je CAD model talířové frézy s dvěma talířovými koly, který splňuje požadavky na provoz v lesních podmínkách a na vyrobitelnost. Základní rám a ramena tvoří svařovaná konstrukce z normalizovaných profilů. Samotné talířové kolo bylo svařeno z plechu oceli Strenx a zuby umístěny na tomto kole z plechu vysoko otěruvzdorné oceli Hardox. Celková hmotnost této talířové frézy je 780,7 kg a díky hydraulickému ovládání ramen umožňuje pracovní rozestup talířových kol v rozmezí 1,3 - 2,2 m. Talířová kola o průměru 1011 mm jsou osazena deseti zuby. Pro otáčení talířových kol byly zvoleny orbitové rotační hydromotory MT 315 SH. Pro ovládání zdvihu a rozestupu ramen byly vybrány přímočaré dvojčinné hydromotory. Použití hydromotorů pro ovládání stroje vychází z hlediska technického i ekonomického jako nejvhodnější varianta.

Potřebný výkon pro pohon stroje byl stanoven na 54,44 kW, jeho výpočet vychází z odporů půdy při tažení a odporů půdy při otáčení talířových kol. U vybraných konstrukčních uzlů byla provedena pevností kontrola, která byla následně vyhodnocena jako vyhovující. Dále byla vytvořena výkresová dokumentace celé sestavy talířového kola a vybraných součástí. Tato talířová fréza je určena pro traktory vybavené tříbodovým závěsem kategorie 3N/3 a doporučeným minimálním výkonem 85 kW. Dle hmotnosti traktoru případně s využitím předního přídavného závaží. Tuto talířovou frézu lze využít při obnově nebo zakládaní lesů, a to i ve členitějším terénu.

POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

[1] 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. Díl první*. Díl první. Brno: Mendelova univerzita v Brně., 2013. ISBN 978- 80-7375-839-4.

[2] ČESKOMORAVSKÁ LESNÍ A.S. Příprava lesní a zemědělské půdy: Lesní a půdní frézy. *ČESKOMORAVSKÁ LESNÍ, a.s*. Online. c2023 Dostupné z: https://cmlesni.cz/priprava-lesnich-pud [cit. 2023-11-05].

[3] ČÍŽEK, Lukáš. *Živa: Celoplošná příprava půdy v lesích a její důsledky pro biodiverzitu*. Online. 2007 ISSN 0044-4812. Dostupné z: https://ziva.avcr.cz/files/ziva/pdf/celoplosna-priprava-pudy-v-lesich-a-jeji-dusledky.pdf . [cit. 2023-11-05].

[4] MERGL, Václav. *Lesní těžební dopravní stroje: Hlavice harvestorů*. VUT FSI UADI. 2023. [cit. 2023-11-05].

[5] JONSSON, Per. Swedish forestry. *NordicWoodJournal*. Online. 2020. Dostupné z: https://nordicwoodjournal.com/editorial/equipments/swedish-forestry-3-reforestation/. [cit. 2023-11-15].

[6] MERGL, Václav. *Lesní těžební dopravní stroje: Modulové nástavby lesnických TDS*. VUT FSI UADI. 2023. [cit. 2023-11-05].

[7] BALÁŠ, Martin. *Zkušenosti s použitím přenosného motorového jamkovače při zakládaní lesa*. Online. ČZU v Praze, FLD, Katedra pěstování lesů, Kamýcká 1176, 165 21 Praha 6 – Suchdol, 2016. Dostupné z: https://www.lesaktualne.cz/vyuziti-prenosneho-motoroveho-jamkovace-pri-zakladani-lesa/. [cit. 2023-11-18].

[8] Motorový půdní vrták – jamkovač STIHL BT 360. *Kohut.cz*. Online. c2023. Dostupné z: https://www.kohut.cz/stihl-bt-360/. [cit. 2023-11-18].

[9] Scheppach EB 2000 půdní vrták. *Ceskazahrada.cz*. Online. Dostupné z: https://www.ceskazahrada.cz/pudni-vrtaky/scheppach-eb-2000-pudni-vrtak.html. [cit. 2023-11-18].

[10] Motorový zemní vrták T152. *Kohut.cz.* Online. c2023. Dostupné z: https://www.kohut.cz/motorovy-zemni-vrtak-s-ramem-t152/. [cit. 2023-11-18].

[11] UOT FOREST. *UOT Mounder M-22*. Online. c2017. Dostupné z: https://www.uotforest.com/production/uot-mounder/. [cit. 2023-11-19].

[12] Bracke M36.b. *Bracke forest AB*. Online. Dostupné z: https://www.brackeforest.com/products/mounders/163-bracke-m36-b-three-row-mounder. [cit. 2023-11-19].

[13] Tři varianty zajištění obnovy lesa (Zemědělec). *Silvarium - lesnický a dřevařský zpravodajský web*. Online. 2015, Dostupné z: https://www.silvarium.cz/zpravy-z-oboru-lesnictvi-a-drevarstvi/tri-varianty-zajisteni-obnovy-lesa-zemedelec. [cit. 2023-11-05].

[14] *Lesní pluh za traktor Agrotipa ForestPlough 30-30 záběr 100 cm*. Online. c2023 Dostupné z: https://www.eshop-zemedelske-potreby.cz/lesni-pluh-za-traktor-agrotipa-forestplough-30-30-zaber-100-cm-p55194/#gallery. [cit. 2023-11-22].

[15] DVOŘÁK, Jiří. *Příprava ploch před umělou obnovou lesa*. Online. 2015. Dostupné z: https://docplayer.cz/6110855-Priprava-ploch-pred-umelou-obnovou-lesa-vypracoval-jiri-dvorak.html. [cit. 2023-11-22].

[16] *Lesní práce - Nové možnosti přípravy půdy při obnově lesa v Krušných horách*. Online. 2002. Dostupné z: https://www.lesprace.cz/casopis-lesnicka-prace-archiv/rocnik-81-2002/lesnicka-prace-c-12-02/nove-moznosti-pripravy-pudy-pri-obnove-lesa-v-krusnych-horach. [cit. 2023-11-23].

[17] Dutch Dragon acquires John Deere's slash bundler. *Bioenergy international*. Online. 2017. Dostupné z: https://bioenergyinternational.com/dutch-dragon-acquires-john-deeres-slash-bundler/. [cit. 2023-11-24].

[18] Klučení, štípání a čištění s kácecími hlavicemi Woodcracker. *Westtech*. Online. 2022 Dostupné z: https://www.westtech.at/cs/kluceni-stipani-a-cisteni-s-kacecimi-hlavicemi-woodcracker/. [cit. 2023-11-24].

[19] Bracke T35.b. *Brackeforest.com*. Online. Dostupné z: https://www.brackeforest.com/products/disc-trenchers/161-bracke-t35-b-3-row-disc-trencher. [cit. 2023-11-26].

[20] Bracke S35.a. *Brackeforest.com*. Online. Dostupné z: https://www.brackeforest.com/products/planters-seeders/166-bracke-s35-a-the-intelligent-seeder. [cit. 2023-11-26].

[21] UOT-3000 Forest trencher. *Uotforest.com*. Online. c2017. Dostupné z: https://www.uotforest.com/production/uot-3000-forest-trencher/. [cit. 2023-11-26].

[22] Talířová půdní fréza. Forest-machinery.cz. Online. c2020. Dostupné z: https://www.forest-machinery.cz/cs/stroje-pro-pestebni-cinnost/tpf-1n/. [cit. 2023-11-26].

[23] Ukázky Obnovujte les efektivně jsou za námi. *Slpkrtiny.cz*. Online. 2022. Dostupné z: https://www.slpkrtiny.cz/ukazky-obnovujte-les-efektivne-jsou-za-nami/. [cit. 2023-11-26].

[24] UOT-500 Forest trencher. *Uotforest.com*. Online. c2017. Dostupné z: https://www.uotforest.com/production/uot-500-forest-trencher/. [cit. 2023-11-26].

[25] UOT-1000 Forest trencher. *Uotforest.com.* Online. c2017. Dostupné z: https://www.uotforest.com/production/uot-1000-forest-trencher/. [cit. 2023-11-26].

[26] UOT-2000 Forest trencher. *Uotforest.com.* Online. c2017. Dostupné z: https://www.uotforest.com/production/uot-2000-forest-trencher/. [cit. 2023-11-26].

[27] UOT-2000A Forest trencher. *Uotforest.com*. Online. c2017.Dostupné z: https://www.uotforest.com/production/uot-2000-forest-trencher-2/. [cit. 2023-11-26].

[28] Seeder UOT-S. *Uotforest.com*. Online. c2017. Dostupné z: https://www.uotforest.com/production/uot-s/. [cit. 2023-11-26].

[29] Log bundling machine SB60. *Directindustry.com*. Online. c2023. Dostupné z: https://www.directindustry.com/prod/axsel/product-57274-2014762.html#product-item_1195729. [cit. 2023-11-28].

[30] MIDIFORST DT. *Forestmeri.cz*. Online. c2023. Dostupné z: https://www.forestmeri.cz/midiforst-dt. [cit. 2023-11-28].

[31] Tree removal. *Ozarkearthmovers.com*. Online. Dostupné z: https://ozarkearthmovers.com/. [cit. 2023-11-28].

[32] Bracke P22.b. *Brackeforest.com*. Online. Dostupné z: https://www.brackeforest.com/products/planters-seeders/327-bracke-p22-b-planter. [cit. 2023-11-28].

[33] Plantma-X, la máquina sueca que siembra árboles. *Maquinac.com*. Online. 2023. Dostupné z: https://maquinac.com/2023/02/plantma-x-la-maquina-sueca-que-siembra-arboles/. [cit. 2023-11-28].

[34] Risutec ASP for Large Reforestation projects. *Risutec Oy*. Online. Dostupné z: https://risutec.fi/asp-reforestation-for-large-plantations/. [cit. 2024-01-22].

[35] R-Series – Professional Stand Tending. *Risutec Oy*. Online. Dostupné z: https://risutec.fi/r-series-stand-tending-for-pros/. [cit. 2024-01-22].

[36] Risutec – yet another planter underway. *NordicWoodJournal*. Online. 2023. Dostupné z: https://nordicwoodjournal.com/editorial/risutec-yet-another-planter-underway/. [cit. 2024-01-22].

[37] Komatsu D61EM Planter. *NordicWoodJournal*. Online. 2020. Dostupné z: https://nordicwoodjournal.com/editorial/komatsu-d61em-planter/. [cit. 2024-01-22].

[38] Talířová půdní fréza TPF-1N. *Forestmeri.cz*. Online. c2024. Dostupné z: https://www.forestmeri.cz/talirova-pudni-freza-tpf-1. [cit. 2024-01-28].

[39] Bracke T28.a. *Brackeforest.com*. Online. Dostupné z: https://www.brackeforest.com/products/disc-trenchers/158-bracke-t28-a-disc-trencher. [cit. 2024-01-28].

[40] 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. netištěno, jen elektronická verze, 2022. ISBN 978-80-7509-191-8.

[41] FV 4088 - Fréza pro pruhové zpracování půdy. *Pal.cz*. Online. Dostupné z: https://www.pal.cz/lesni-technika/frezy-fao-far/frezy-k-pruhove-priprave-pudy/fv-4088. [cit. 2024-04-10].

[42] International standard ISO 730. Agricultural wheeled tractors – Real-mounted free-pointlinkage-categories 1N, 1, 2N, 2, 3N, 3, 4N and 4. 2009. 1. vyd.

[43] ŠTEFFL, a kolektiv. Mechanizace rostlinné výroby. Praha: Státní zemědělské nakladatelství, 1969. [cit. 2024-04-10].

[44] ČSN 46 5302. Značení charakteru půd zpracovávaných mechanizačními prostředky. 1981, 20 s. [cit. 2024-04-10].

[45] Ferona online - Profil dutý svařovaný černý se čtvercovým průřezem, EN 10219 // rozměr 150x8. *Ferona.cz*. Online. c2017. Dostupné z: https://online.ferona.cz/detail/27439/profil-duty-svarovany-cerny-se-ctvercovym-prurezem-en-10219-rozmer-150x8. [cit. 2024-03-24].

[46] Ferona online - Profil dutý svařovaný černý se čtvercovým průřezem, EN 10219 // rozměr 120x08. *Ferona.cz*. Online. c2017. Dostupné z: https://online.ferona.cz/detail/30568/profil-duty-svarovany-cerny-se-ctvercovym-prurezem-en-10219-rozmer-120x8. [cit. 2024-03-24].

[47] Ferona online - Profil otevřený průřezu U rovnoramenný, EN 10162 // U 100x50x5. *Ferona.cz*. Online. c2017. Dostupné z: https://online.ferona.cz/detail/31663/profil-otevreny-prurezu-u-rovnoramenny-en-10162-u-100x50x5. [cit. 2024-03-24].

[48] Ferona online - Plech válcovaný za tepla, EN 10051 // rozměr 20x1000x2000. *Ferona.cz*. Online. c2017. Dostupné z: https://online.ferona.cz/detail/44399/plech-valcovany-za-tepla-en-10051-rozmer-20x1000x2000. [cit. 2024-03-30].

[49] Ferona online - Plech válcovaný za tepla, EN 10051 // rozměr 15x1000x2000. *Ferona.cz*. Online. c2017. Dostupné z: https://online.ferona.cz/detail/38232/plech-valcovany-za-tepla-en-10051-rozmer-15x1000x2000. [cit. 2024-03-30].

[50] Hydrolider - Hydraulický válec dvojčinný 50/28/200 U30. *Hydrolider.cz*. Online. 2015. Dostupné z: https://www.hydrolider.cz/cs_CZ/p/Hydraulicky-valec-dvojcinny-5028200-U30/10579. [cit. 2024-03-24].

[51] Ferona online - Tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, EN 10060 // průměr 100. *Ferona.cz*. Online. c2017 Dostupné z: https://online.ferona.cz/detail/23777/tyc-ocelova-kruhova-valcovana-za-tepla-en-10060-prumer-100. [cit. 2024-03-30].

[52] Ferona online - Profil dutý svařovaný černý s obdélníkovým průřezem, EN 10219 // rozměr 120x80x8. *Ferona.cz*. Online. c2017. Dostupné z: https://online.ferona.cz/detail/34523/profil-duty-svarovany-cerny-s-obdelnikovym-prurezem-en-10219-rozmer-120x80x8. [cit. 2024-03-30].

[53] Ferona online - Plech válcovaný za tepla, EN 10051 // rozměr 10x1000x2000. *Ferona.cz*. Online. c2017. Dostupné z: https://online.ferona.cz/detail/23574/plech-valcovany-za-tepla-en-10051-rozmer-10x1000x2000. [cit. 2024-03-30].

[54] Hydrolider - Hydraulický válec dvojčinný 63/32/200 U25. *Hydrolider.cz*. Online. 2015. Dostupné z: https://www.hydrolider.cz/cs_CZ/p/Hydraulicky-valec-dvojcinny-6332200-U25/10604. [cit. 2024-03-30].

[55] Ferona online - Tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, EN 10060 // průměr 25. *Ferona.cz*. Online. c2017. Dostupné z: https://online.ferona.cz/detail/23749/tyc-ocelova-kruhova-valcovana-za-tepla-en-10060-prumer-25. [cit. 2024-03-30].

[56] Ferona online - Tyč čtvercová válcovaná za tepla, EN 10059 // rozměr 40. *Ferona.cz*. Online. c2017. Dostupné z: https://online.ferona.cz/detail/22665/tyc-ctvercova-valcovana-za-tepla-en-10059-rozmer-40. [cit. 2024-03-30].

[57] Ferona online - Tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, EN 10060 // průměr 140. *Ferona.cz*. Online. c2017. Dostupné z: https://online.ferona.cz/detail/23138/tyc-ocelova-kruhova-valcovana-za-tepla-en-10060-prumer-140. [cit. 2024-03-30].

[58] Ferona online - Tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, EN 10060 // průměr 200. *Ferona.cz*. Online. c2017. Dostupné z: https://online.ferona.cz/detail/22499/tyc-ocelova-kruhova-valcovana-za-tepla-en-10060-prumer-200. [cit. 2024-03-30].

[59] Hydraulic motors MT, product catalog. *Hydroma.cz*. Online. c2016. Dostupné z: https://www.hydroma.cz/files/product/1/4/189/data/069-10087.pdf. [cit. 2024-03-30].

[60] MT 315 SH Hydraulic Motor. *Loesi.de*. Online. c2024. Dostupné z: https://loesi.de/shop/en/epmt-315-sh-hydr-motor.html. [cit. 2024-03-30].

[61] Mechanika, pružnost pevnost. *Sokolska.cz*. Online. 2013. Dostupné z: https://www.sokolska.cz/DUMy/SPS,%20MEC,%20CAD/VY_32_INOVACE_11-17.pdf. [cit. 2024-03-31].

[62] Tyč čtvercová válcovaná za tepla, EN 10059 // rozměr 90. *Ferona.cz*. Online. c2017. Dostupné z: https://online.ferona.cz/detail/26693/tyc-ctvercova-valcovana-za-tepla-en-10059-rozmer-90. [cit. 2024-04-02].

[63] Kolíky a čepy. *Strojarskabible.cz*. Online. Dostupné z: https://www.strojarskabible.cz/spoje/koliky-a-cepy/. [cit. 2024-04-02].

[64] Tyč ocelová kruhová válcovaná za tepla, EN 10060 // průměr 72. *Ferona.cz*. Online. c2017. Dostupné z: https://online.ferona.cz/detail/42053/tyc-ocelova-kruhova-valcovana-za-tepla-en-10060-prumer-72

[65] STRENX 700. *Gamaocel.cz*. Online. 2006. Dostupné z: https://www.gamaocel.cz/wp content/uploads/2023/03/Data_sheet_2006_Strenx_700_2016-04-12_105_371857150_en.pdf. [cit. 2024-04-07].

[66] HARDOX 550. *Gamaocel.cz*. Online. 2016. Dostupné z: https://www.gamaocel.cz/wp content/uploads/2023/03/Data_sheet_169_Hardox_550_2016-01-14_70_371857150_en.pdf. [cit. 2024-04-07].

[67] *SKF 32210. Skf.com*. Online. Dostupné z: https://www.skf.com/cz/productinfo/productid-32210. [cit. 2024-04-08].

[68] SKF 32011 X. *Skf.com*. Online. Dostupné z: https://www.skf.com/cz/productinfo/productid-32011%20X. [cit. 2024-04-08].

[69] Katalog valivých ložisek SKF. *Skf.com.* Online. 2019. Dostupné z: https://cdn.skfmediahub.skf.com/api/public/0901d1968096351e/pdf_preview_medium/0901d1968096351e_pdf_preview_medium.pdf. [cit. 2024-04-08].

[70] Likvidace náletů – rekultivace. *Treemen.cz*. Online. Dostupné z: http://www.treemen.cz/nase-sluzby/likvidace-naletu-rekultivace/. [cit. 2024-04-16].

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

a	[cm]	hloubka záběru
A	[MPa]	konstanta A
b	[m]	šířka záběru stroje
B	[MPa]	konstanta B
C	[kN]	Základní dynamická únosnost
$ČR$		Česká republika
$ČSN$		česká technická norma
d_{DT}	[mm]	průměr distanční tyče
d_{HR2}	[mm]	průměr mezikruží u přímočarého hydromotoru rozestupu
d_{HZ2}	[mm]	průměr mezikruží u přímočarého hydromotoru zdvihu
e	[-]	výpočtový součinitel
EN		evropská norma
F_A	[N]	celková axiální síla působící na hřídel
F_{DT}	[N]	síla působící na distanční tyč
F_{GR}	[N]	tíhová síla ramene
F_{GTF}	[N]	tíhová síla talířové frézy
F_{GTFX}	[N]	axiální složka síly F_{GTF}
F_{GTFY}	[N]	radiální složka síly F_{GTF}
F_{HMR}	[N]	skutečná síla při zatláčení přímočarého hydromotoru rozestupu
F_{HMZ}	[N]	skutečná síla při zatláčení přímočarého hydromotoru zdvihu
F_{kr}	[N]	kritická síla z hlediska vzpěru
F_{OP}	[N]	síla vyvolaná odporem půdy
F_{OPX}	[N]	axiální složka síly F_{OP}
F_{OPY}	[N]	radiální složka síly F_{OP}
F_R	[N]	celková radiální síla působící na hřídel
F_{RT}	[N]	síla vyvolaná rotací talíře v půdě
F_{THMR}	[N]	teoretická síla při zatláčení přímočarého hydromotoru rozestupu
F_{THMZ}	[N]	teoretická síla při zatláčení přímočarého hydromotoru zdvihu
g	[m s^{-2}]	tíhové zrychlení
i	[-]	počet zubů v záběru
i_{min}	[mm]	minimální poloměr setrvačnosti průřezu

J_{min}	[mm^4]	minimální kvadratický moment namáhaného průřezu
k	[kp m^{-1}]	měrný odpor stroje
k_o	[N cm^{-2}]	měrný odpor orebního tělesa
k_p	[kN m^{-2}]	měrný odpor půdy
L_{10}	[N]	trvanlivost se spolehlivostí 90 %
l_{DTC}	[mm]	kolmá vzdálenost nositelky F_{DT} od bodu otáčení C
l_{HMRB}	[mm]	kolmá vzdálenost nositelky F_{HMR} od bodu otáčení B
l_{HMZA}	[mm]	kolmá vzdálenost nositelky F_{HMZ} od bodu otáčení A
LKT		Lesní kolový traktor
l_{OPB}	[mm]	kolmá vzdálenost nositelky F_{OP} od bodu otáčení B
l_{OPC}	[mm]	kolmá vzdálenost nositelky F_{OP} od bodu otáčení C
l_{RA}	[mm]	kolmá vzdálenost nositelky F_{GR} od bodu otáčení A
l_{RTB}	[mm]	kolmá vzdálenost nositelky F_{RT} od bodu otáčení B
l_{RTC}	[mm]	kolmá vzdálenost nositelky F_{RT} od bodu otáčení C
M_A	[Nm]	kroutící moment kolem bodu A
M_B	[Nm]	kroutící moment kolem bodu B
M_C	[Nm]	kroutící moment kolem bodu C
M_{kt}	[Nm]	kroutící moment talíře
m_R	[kg]	hmotnost jednoho ramene frézy
m_R	[kg]	hmotnost talířové frézy
n_t	[1 min^{-1}]	počet otáček talíře za minutu
P	[N]	ekvivalentní dynamické zatížení
p_1	[MPa]	provozní tlak vnějšího hydraulického okruhu traktoru
Pc	[W]	celkový výkon potřebný pro pohon stroje
P_{RH}	[W]	potřebný výkon elektromotoru
P_T	[W]	výkon potřebný pro tažení
r	[m]	poloměr talíře
R_o	[N]	odpor proti otáčení talíře
R_s	[N]	odpor stroje
R_t	[N]	odpor talíře
R_T	[N]	odpor vzniklý při tažení
S_{DT}	[mm^2]	plocha průřezu distanční tyče
S_{HR1}	[mm^2]	plocha při zatláčení pístnice hydromotoru rozestupu

S_{HZ1}	[mm^2]	plocha při zatláčení pístnice hydromotoru zdvihu
S_z	[m^2]	plocha záběru jednoho zubu
v	[km h^{-1}]	pracovní rychlost traktoru
X	[-]	konstanta X
Y	[-]	konstanta Y
α	[°]	úhel mezi nositelkou F_{OP} a osou hnacího hřídele
β	[°]	úhel mezi nositelkou F_{GTF} a osou hnacího hřídele
λ	[-]	štíhlost prutu
σ_{kr}	[MPa]	kritické napětí z hlediska vzpěru
ω_t	[rad s^{-1}]	úhlová rychlost talíře

SEZNAM PŘÍLOH

1. Výkres sestavy talířové frézy: BP-TP-S
2. Výkres sestavy talířového kola-pravé: BP-TF-S-02P
3. Výkres sestavy hnacího ústrojí: BP-TF-V-S-03
4. Výkres svařence základního rámu: BP-TP-SVA-01
5. Výrobní výkres hnací hřídele: BP-TF-V-07
6. Výrobní výkres vřeteníku: BP-TF-V-05