



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ENERGETICKÝ ÚSTAV

ENERGY INSTITUTE

**ŠTĚPKOVAČ DŘEVA S PŘIPOJENÍM ZA
TRAKTOR**

A WOOD CHIPPER WITH TRACTOR CONNECTION

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHEROL'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Martin Šaroun

VEDOUCÍ PRÁCE

Ph.D.

SUPERVISOR

doc. Ing. Jiří Malášek,

BRNO 2020

Zadání závěrečné práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	Martin Šaroun
Studijní program	Strojírenství
Studijní obor:	Stojírenská technologie
Vedoucí práce:	doc. Ing Jiří Malášek, Ph.D.
Akademický rok:	2020/21

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

Štěpkovač dřeva s připojením za traktor

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Na základě rešeršního rozboru vypracování 3D modelu a konstrukčního návrhu štěpkovače dřeva s připojením za traktor s návazností na pásový dopravník.

Cíle diplomové práce:

Vypracování rešeršního rozboru výrobců a konstrukčních možností štěpkovačů dřeva s připojením za traktor.

V technické zprávě uvedení důležitých technických a pevnostních výpočtů.
Nakreslení 3D modelu a konstrukčního výkresu sestavy štěpkovače dřeva včetně rámu s připojením za traktor a s připojením k pásovému dopravníku.

Seznam literatury:

SHIGLEY, Joseph Edward, Charles R. MISCHKE a Richard G. BUDYNAS, VLK, Miloš (ed.). Konstruování strojních součástí. 1. vyd. Přeložil Martin HARTL. V Brně: VUTUM, 2010. Překlady vysokoškolských učebnic. ISBN 9788021426290.

BIGOŠ, Peter, Jozef KULKA, Melichar KOPAS a Martin MANTIČ. Teória a stavba zdvíhacích a dopravných zariadení. Vyd. 1. Košice: TU v Košiciach, Strojnícka fakulta, 2012. Edíciavedeckej a odbornej literatúry (Technická univerzita v Košiciach). ISBN 9788055311876.

POLÁK, Jaromír, Jiří PAVLISKA a Aleš SLÍVA. Dopravní a manipulační zařízení I. 1. vyd. Ostrava:

Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001. ISBN 8024800438.

KOVÁČ, Milan a Vladimír KLAPITA. Manipulácia s materiálom v doprave. 1. vyd. V Žiline: EDIS, 2003.

ISBN 8080701741.

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 2020/21

.

HOWE, Andrew. The Smarthome Book: Simple ideas to assist with your smarthome renovation. Independently published, 2018. ISBN: 1728785154.

YOUNG, Cathy. Smart Home: Digital Assistants, Home Automation, and the Internet of Things: 2019 (Our Internet of Things). Independently published, 2019. ISBN: 1081900741

V Brně, dne

L. S.

prof. Ing. Josef Štětina, Ph.D.

ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.

děkan fakulty

ABSTRAKT

Cílem této bakalářské práce je návrh štěpkovače dřeva se zapojením za traktor. Ze začátku se věnuji různým druhům štěpkovačů a jejich parametrů. Dále uvádím potřebné výpočty částí, ze kterých se štěpkovač skládá. Součástí práce jsou 3D modely s výkresy udělané v programu Autodesk Inventor 2020.

Klíčová slova

Štěpkovač dřeva, kardan, dopravník, štěpka,

ABSTRACT

The aim of this bachelor's thesis is to design a woodchipper with a connection behind a tractor. From the beginning, we focus on different types of woodchippers and their parameters. Below are some calculations of the parts that make up a chipper. The work includes 3D models with drawings made in Autodesk Inventor 2020.

Key words

Wood chipper, cardan shaft, conveyor, wood chip,

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŠAROUN, M. Štěpkovač dřeva. Brno, 2021. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně. Fakulta strojního inženýrství. Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Jiří Malášek.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, vypracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Jiřího Maláška, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu

V Brně dne 21.května 2021

Datum

Martin Šaroun

PODĚKOVÁNÍ

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce doc. Ing. Jiřímu Maláškovi, Ph.D. za cenné rady, připomínky a odborné vedení při tvorbě práce.

OBSAH

Úvod.....	13
1 ROZDĚLENÍ ŠTĚPKOVAČŮ	14
1.1 ROZDĚLENÍ PODLE VKLÁDÁNÍ MATERIÁLU.....	14
1.1.1 GRAVITAČNÍ VKLÁDÁNÍ MATERIÁLU	14
1.1.2 VKLÁDÁNÍ MATERIÁLU S PODÁVACÍM ZAŘÍZENÍM	15
1.2 ROZDĚLENÍ PODLE DRUHU ŠTĚPKOVACÍHO ÚSTROJÍ	15
1.2.1 BUBNOVÉ ŠTĚPKOVAČE.....	15
1.2.2 DISKOVÉ ŠTĚPKOVAČE	16
1.2.3 ŠTĚPKOVAČE SE ŠROUBOVOU ČEPELÍ.....	16
1.2.4 ŠTĚPKOVAČE S PROTIBĚŽNÝMI HLAVAMI	17
1.3 ROZDĚLENÍ PODLE POHONU ŠTĚPKOVAČE.....	17
1.3.1 POHON SPALOVACÍM MOTOREM	17
1.3.2 POHON ELEKTROMOTOREM	18
1.3.3 POHON TRAKTOREM POMOCÍ KLOUBOVÉHO HŘIDELE.....	18
1.4 ROZDĚLENÍ PODLE POUŽITELNOSTI ŠTĚPKOVAČE	19
1.4.1 ZAHRADNÍ STROJE	19
1.4.2 HOBBY STROJE	19
1.4.3 PROFESIONÁLNÍ STROJE	20
2 HLAVNÍ VÝROBCI ŠTĚPKOVAČŮ.....	21
2.1 FIRMA URBAN.....	21
2.1.1 URBAN TR70 s dvojitým pytlovačem	21
2.1.2 URBAN TR110 s pytlovačem na big-bag	22
2.2 FIRMA LASKI	23
2.2.1 Štěpkovač LS 95 T	23
2.2.2 LS 200 T.....	24
2.3 FIRMA REMET CNC	25
2.3.1 ŠTĚPKOVAČ ZA TRAKTOR PTO MODEL R-150 + PÁSOVÝ DOPRAVNÍK 3M	25
2.3.2 DISKOVÝ ŠTĚPKOVAČ RT-720R	26
2.4 FIRMA JUNKKARI.....	26
2.4.1 HJ 172	26
2.4.2 HJ 500	27
2.5 FIRMA GREENMECH.....	29
2.5.1 ECO 150 TMP	29
2.5.2 CHIPMASTER 220 TMP	30
3 VLASTNÍ NÁVRH ŠTĚPKOVAČE	31
3.1 POPIS STROJE	31

3.2	ZÁKLADNÍ ČÁSTI ŠTĚPKOVAČE	31
3.2.1	KRYTY STROJE	31
	31
3.2.2	NÁSYPKA.....	32
3.2.3	NOŽOVÉ HLAVY.....	32
3.2.4	KRYTY LOŽISEK	33
3.2.5	VÝSTUHA PŘEVODOVKY.....	33
3.2.6	LOŽISKA	34
3.2.7	SVAŘOVANÝ RÁM	34
3.2.8	DRŽÁK TŘETÍHO BODU	36
3.2.9	SKŘÍN PŘEVODOVKY	37
3.2.10	HLAVNÍ HŘÍDEL PASTORKU.....	37
3.3	VÝPOČTY	38
3.3.1	Výpočet hřídele pastorku:.....	38
3.3.2	Výpočet na nožové hřídeli:	38
3.3.3	Silové poměry v soukolí:.....	39
3.3.4	Zatížení jednotlivých ložisek:	44
3.3.5	Kontrola ložisek:	44
3.3.6	Kontrola šroubů nože	45
	ZÁVĚR	46
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	47
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	49
	SEZNAM OBRÁZKŮ	50
	SEZNAM TABULEK	51
	SEZNAM PŘÍLOH	52

ÚVOD

Jako téma své bakalářské práce jsem si zvolil návrh štěpkovače. Důvod volby byl takový, že máme hodně hektarů lesů a zůstává nám v lese spousta nezpracovaného odpadu v podobě větví. K jeho zužitkování je vhodné použít právě štěpkovač co s největší efektivitou. Díky štěpkovači se dá ušetřit hodně peněz, které by člověk utratil za palivové dřevo.

Při těžbě v lese nebo ovocných sadech zůstává odpad v podobě větví, který se dá seštěpkovat a dále využít na výrobu dřevotřískových desek anebo jako palivo do kotlů na tuhá paliva. Při zdělávání odpadu zároveň bráníme množení kůrovce, který do větví může zalétnout a rozmnožit se a, nebo naopak vylétnout a napadnout další stromy.

Nejprve vám ukážu, jaké druhy štěpkovače se vyrábí, a poté se zaměříme na štěpkovač připojený k zadní části traktoru pomocí ramen a třetího bodu. Tento štěpkovač bude moci používat každá domácnost, která bude mít traktor a usnadní tím udržování čistoty v lese. Dále budou vypočítány základní pevnostní výpočty a vytvořen 3D model a výkres štěpkovače se zapojením za traktor.

1 ROZDĚLENÍ ŠTĚPKOVAČŮ

Stroje na zpracování dřevní hmoty se rozlišují na štěpkovače a drtiče. Na první pohled se tyto stroje mohou jevit jako totožné, neboť rozdíl se často skrývá uvnitř. Jde v podstatě jen o velikost částí, které jsou z větví vytvořeny. Štěpkovače dělají větší části (45 až 200 mm) [14] a drtiče zase malé, nanejvýš hodnotách několika milimetrů. Oba tyto produkty mohou být použity na provzdušnění kompostu a oba jsou také součástí biomasy. Co mají společné je také jejich velice rychlá doba vysychání po zpracování z čerstvě uříznutých větví. I proto zejména štěpka výborně hoří a používá se tak k jednoduchému rozhoření ohně či topení v krbu bez sekání. Navíc je to i jeden z nejlépejších způsobů vytápění. Její výhřevnost závisí výrazně na vlhkosti a pohybuje se přibližně v rozmezí od 8 do 12 MJ/kg [10]. Drť zase o něco lépe udržuje vlhkost od půdy a brání tak promočení a vysoušení. Drť je také pohodlnější podestýlka např. pod králíky [9].

Druhy štěrky

Jednotlivé druhy se odlišují podle dřeva, které je v nich obsažené. Zelená (lesní) štěpka je ze zbytků čerstvě pokáceného lesa. Název zelená si získala tím, že se v ní jako jediné nachází jehličí a listí. Je nejméně žádaná, protože má vysokou vlhkost, takže v porovnání s ostatními druhy špatně hoří. Další druh je štěpka hnědá, která má název od částí kůry, které může obsahovat. Získává se totiž ze zbytků kmenů a truhlářského odpadu. S částmi kůry se štěpka dobře rozhořívá a hodí se tak pro zakládání ohňů v krbu. Poslední, bílá štěpka je výhradně z odkorněného dřeva a používá se zejména pro výrobu dřevotřísky, ve které by kůra, listí a jehličí výrazně zhoršovala mechanické vlastnosti [13].

1.1 ROZDĚLENÍ PODLE VKLÁDÁNÍ MATERIÁLU

1.1.1 GRAVITAČNÍ VKLÁDÁNÍ MATERIÁLU

Materiál se vkládá z vrchu a klouže nebo padá po nakloněném žlabu do štěpkovacího ústrojí. Výhoda tkví zejména v jednoduchosti řešení a nízké pořizovací ceně. Z toho také pramení častější uplatnění v domácnostech či drobnějších firmách.



Obr. 1.1 Štěpkovač s násypkou z vrchu [4]

1.1.2 VKLÁDÁNÍ MATERIÁLU S PODÁVACÍM ZAŘÍZENÍM

Stroj si sám materiál natáhne pomocí bubnů nebo podávacího pásu. Ty jsou používány zejména profesionály, neboť pořizovací cena bývá podstatně vyšší než těch s gravitačním vkládáním. Ušetří ale spoustu ruční práce a je také bezpečnější. Jak je vidět na obr. 1.1 bývají také doplněny o hydraulickou ruku s kleštěmi, které se ovládají na dálku z kabiny či venkovního prostoru. Stejně jako bubny a podávací pás pak šetří ruční práci a zvyšují celkovou efektivitu práce [5].



Obr. 1.2 Štěpkovač s podávacím zařízením KESLA C645T [5]

1.2 ROZDĚLENÍ PODLE DRUHU ŠTĚPKOVACÍHO ÚSTROJÍ

1.2.1 BUBNOVÉ ŠTĚPKOVAČE

Nože štěpkovače jsou umístěny na obvodu bubnu rovnoběžně s osou rotace. Buben se otáčí a noži při drcení zároveň částečně vtahuje materiál dovnitř. Rozdrcený materiál je dopraven pomocí dopravníku nebo foukacím komínem do kamionového návěsu nebo kontejneru [1].



Obr. 1.3 Bubnový štěpkovač 350 RBP [1]

1.2.2 DISKOVÉ ŠTĚPKOVAČE

Základ těchto štěpkovačů je řezný disk, který se otáčí kolem své osy. Na jedné straně jsou nože, které odseknou část větví a otvorem, který se u nich nachází se odseknutá část dostane na druhou stranu disku. Na té se nachází lopatky, které posouvají zpracovaný materiál do výstupní sekce. Nevýhodou těchto strojů je, že obsluha je fyzicky náročná. Materiál se dopravuje podávacím zařízením [7].



Obr. 1.4 Diskový štěpkovač s elektromotorem BRUKS 200 M [7]

1.2.3 ŠTĚPKOVAČE SE ŠROUBOVOU ČEPELÍ

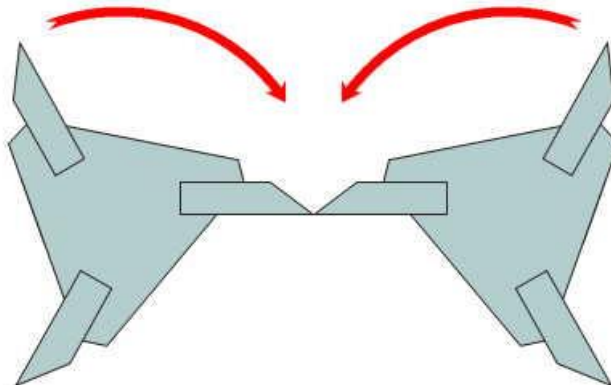
Princip fungování těchto štěpkovačů je v otáčení kuželového šneku, který lze dobře rozpoznat v pravé části obr. 1.5. Boky tohoto šneku jsou ostré a tak se při otáčení zařezávají do materiálu a zároveň jej vtahují dovnitř, až je materiál celý přeříznut. Někdy se používají vyhazovací lopatky, aby materiál odstranily z výstupního otvoru a nebylo třeba štěpku odhazovat ručně [2].



Obr. 1.5 Štěpkovač se šroubovou čepelí Barakuda [2]

1.2.4 ŠTĚPKOVAČE S PROTIBĚŽNÝMI HLAVAMI

Štěpkovaný materiál je vtahován dvěma protiběžnými hlavami, které mají po obvodu nože. Ty dělí materiál, jakmile se dostatečně přiblíží. Nejčastěji používaný počet nožů jsou tři, dají se ale sehnat i jiné.



Obr. 1.6 Štěpkovací protiběžné hlavy [21]

1.3 ROZDĚLENÍ PODLE POHONU ŠTĚPKOVAČE

Pro výběr štěpkovače je třeba zvážit několik skutečností. Klíčovými faktory při výběru pohonu a celého štěpkovače je místo, kde se bude používat, jaký materiál bude zpracovávat, jak často a jak dlouho se s ním bude pracovat apod. V pohonech si může zákazník vybrat ze dvou základních kategorií. Jsou to štěpkovače s vlastním pohonem nebo ty, které pohání traktor. Obojí má své výhody i nevýhody, které budou dále zmíněny.

1.3.1 POHON SPALOVACÍM MOTOREM

První z možností je instalace štěpkovače na vlastní spalovací motor. Štěpkovač je obvykle instalován na vlastním podvozku a jeho hmotnost je vyšší než elektrické. Dělají se naftové, benzínové a taky na LPG. Jejich největší výhodou je zřejmě v tom, že mohou pracovat kdekoli a nejsou závislé na síti jako elektrické [15].



Obr. 1.7 Štěpkovač na benzín a LPG LS 160 PGB [15]

1.3.2 POHON ELEKTROMOTOREM

Elektromotor má oproti tradičnějšímu spalovacímu motoru několik výhod. Mezi ně patří je, že během provozu nedochází ke vzniku nežádoucích plynů, je tedy ekologičtější. Kromě toho jsou také výrazně tišší a mají poměrně nízkou spotřebu energie, z čehož plynou nízké náklady na provoz [24].



Obr. 1.8 Štěpkovač poháněný elektromotorem Silent 2500 [24]

1.3.3 POHON TRAKTOREM POMOCÍ KLOUBOVÉHO HŘIDELE

Točivý moment se přenáší z motoru traktoru přes kloubový hřídel. Aby bylo celé řešení funkční je potřeba traktor s pohonnou jednotkou s dostatečným výkonem. Díky absenci motoru jsou tyto štěpkovače levnější a také lehčí, ale za cenu rychlejšího opotřebení traktoru, jehož motor je v záběru daleko déle než v řešeních s vlastním motorem [8].



Obr. 1.9 Štěpkovač poháněný traktorem, Pirba [8]

1.4 ROZDĚLENÍ PODLE POUŽITELNOSTI ŠTĚPKOVAČE

1.4.1 ZAHRADNÍ STROJE

Tyto drobnější stroje je možné nelézt většinou v domácnostech, kde na ně nejsou kladeny tak vysoké požadavky a není požadován každodenní několikahodinový provoz. Jsou určeny především pro ruční práci. Mívají malé rozměry, výkon, ale i cenu. Pro snazší přemísťování jsou vybavovány dvěma kolečky, která mohou být viděna na obr. 1.10. Průměr štěpkovaného materiálu bývá maximálně 50 mm. Jako pohon obvykle slouží elektromotor s napětím 230 V [3].



Obr. 1.10 Drtič Bio Master 2200 [3]

1.4.2 HOBBY STROJE

Jedná se o středně velké stroje, které nacházejí uplatnění často v menších společnostech, které čistí lesy po těžbě a v domácnostech, které vlastní drobné lesy nebo sady. Jako pohon využívají spalovací motor, elektromotor nebo traktor, jak bylo psáno výše. K usnadnění práce se používá pásový dopravník, který štěpku přemístí do vozu. Výkony těchto štěpkovačů jsou do 80 kW [26].



Obr. 1.11 Špalíkovač Remet RP-200 Professional [26]

1.4.3 PROFESIONÁLNÍ STROJE

Jedná se o velké stroje s výkony přesahujícími 200 kW. Tyto štěpkovače jsou většinou samojízdné a mají podávací hydraulické ruce na sbírání větví do násypky, jak je vidět na obr. 1.12. S vysokými výkony jdou ruku v ruce také dlouhé dopravníky nebo velké foukací komíny. Ovládání těchto rukou se provádí zevnitř kabiny nebo pomocí dálkového ovládání zvenčí. Jsou schopny vyrobit až 150 m³ štěpky za hodinu [18].



Obr. 1.12 Samojízdný štěpkovač Optimus-X 8WT [18]

2 HLAVNÍ VÝROBCI ŠTĚPKOVAČŮ

Stejně jako ve všech jiných oblastech strojního inženýrství a podnikání obecně se i zde svádí konkurenční boj o peníze zákazníků. Aby se k nim výrobci dostali snaží se nabízet štěpkovače za co konkurenceschopné ceny a doplňují je o strojní servis.

2.1 FIRMA URBAN

Kromě samotných štěpkovačů se firma zaměřuje také na špalíkovače, tedy stroje vyrábějící velkou štěpku, špalíky.

2.1.1 URBAN TR70 s dvojitým pytlovačem

Tento štěpkovač je připojený třibodově za traktorem a je poháněn náhonem traktoru pomocí kardanu. Štěpka je odváděna do pytlů a připravena tak rovnou k uskladnění a následnému prodeji [28].



Obr. 2.1 Štěpkovač URBAN TR70 [28]

Tab.2.1 – Parametry štěpkovače URBAN TR70 [28]

Minimální výkon traktoru:	45 kW
Optimální výkon traktoru:	40 kW a více
Max. průměr dřeva:	80 mm
Maximální výkonnost:	60 pytlů za hodinu
Životnost nožů na jedno nabroušení:	100 - 500 m ³ štěpky
Vstupní otvor násypky:	700 x 400 mm
Otvor ke štěpkovacímu ústrojí:	200 x 200 mm
Délka štěpky (není nastavitelná):	6 - 13 cm
Počet štěpkovacích nožů:	6
Maximální otáčky kardanu:	540 / min.

2.1.2 URBAN TR110 s pytlovačem na big-bag

Štěpkovač je, stejně jako předchozí, třibodově připojen k traktoru. Pohon je zajištěn kardanem. Dále je výkon přenášen na převodovku s olejovou náplní. Jak je vidět na obr. 2.2 součástí štěpkovače jsou i dvě tyče připravené na zavěšení pytlů [27].



Obr. 2.2 Štěpkovač URBAN TR110 [27]

Tab.2.2 – Parametry štěpkovače URBAN TR110 [27]

Minimální výkon traktoru:	40 kW
Optimální výkon traktoru:	50 kW
Max. průměr dřeva:	120 mm
Maximální výkonnost:	10 m ³ /h
Životnost nožů na jedno nabroušení:	150 - 800 m ³ štěpky
Vstupní otvor násypky:	800 x 600 mm
Otvor ke štěpkovacímu ústrojí:	290 x 290 mm
Délka štěpky (není nastavitelná):	7 - 22 cm
Počet štěpkovacích nožů:	6
Maximální otáčky kardanu:	1000 / min.

2.2 FIRMA LASKI

2.2.1 Štěpkovač LS 95 T

Dominantou tohoto štěpkovače je jeho jednoduchá konstrukce a vysoký výkon vzhledem k velikosti. Jak je vidět na obr. 2.3 má gravitační vkládání materiálu do násypky. Jeho další výhodou je velice jednoduchá výměna ostří. Pro pohon je zapotřebí vývodový hřídel. Štěpkovač má třibodový závěs. Po nasekání je štěpka vyfukována pomocí komínu ze stroje do místa uskladnění a nebo na vůz. Štěpkovač kvůli svému nízkému požadovanému výkonu může být připojen i za malotraktory [17].



Obr. 2.3 Štěpkovač LASKIL S 95 T [17]

Tab.2.3 – Parametry štěpkovače LASKIL S 95 T [17]

Minimální výkon traktoru:	10 kW
Optimální výkon traktoru:	25 kW
Max. průměr dřeva:	80 mm
Maximální výkonnost:	1,6 ÷ 2,8 m ³ /hod
Vstupní otvor násypky:	640 x 620 mm
Délka štěpky (není nastavitelná):	4 ÷ 6 mm
Počet štěpkovacích nožů:	2
Maximální otáčky kardanu:	540 / min.

2.2.2 LS 200 T

Oproti předchozímu poměrně velký štěpkovač s pohonem pomocí vývodového hřídele. Jeho horní konstrukce je otočná, a tak umožňuje přímý přístup k násypce z kterékoliv strany. Tento fakt může ušetřit spoustu času promarněného popojížděním. Fakt, že se jedná o vyšší třídu kvality podporuje také přítomnost dvou hydraulicky poháněných podávacích válců. Kardanový hřídel je navíc chráněn systémem zabraňujícím přetížení a s tím nutně spojený defekt. Štěpkovač se také hodí pro zpracování velkých průměrů, jak ukazuje tab. 4 [16].



Obr. 2.4 Štěpkovač LS 200 T [16]

Tab.2.4 – Parametry štěpkovače LS 200 T [16]

Minimální výkon traktoru:	25 kW
Optimální výkon traktoru:	60 kW a více
Max. průměr dřeva:	200 mm
Maximální výkonnost:	10-15 m ³ /hod
Vstupní otvor násypky:	920 x 800 mm
Otvor ke štěpkovacímu ústrojí:	290 x 220 mm
Délka štěpky:	10÷20 mm
Počet štěpkovacích nožů:	2
Maximální otáčky kardanu:	750 ÷ 1000 ot/min
Počet válců	2

2.3 FIRMA REMET CNC

2.3.1 ŠTĚPKOVAČ ZA TRAKTOR PTO MODEL R-150 + PÁSOVÝ DOPRAVNÍK 3M

První z řady štěpkovačů, které mohou být vybaveny pásovým dopravníkem. Řezací mechanismus je vybaven rozpěrným pouzdem pro umístění řezacích nožů a ochranné pouzdro proti přetížení. Dostatečnou tuhost a trvanlivost konstrukce zajišťuje zcela oddělitelná svařovaná konstrukce [25].



Obr. 2.5 Štěpkovač PTO MODEL R-150 + PÁSOVÝ DOPRAVNÍK [25]

Tab.2.5 – Parametry štěpkovače PTO MODEL R-150 [25]

Minimální výkon traktoru:	30 kW
Optimální výkon traktoru:	60 kW
Max. průměr dřeva:	130 mm
Vstupní trychtýř	62/38 cm
Délka štěpky:	12-18 cm (6 nožů), 10-15 cm (8 nožů)
Počet štěpkovacích nožů:	6 nebo 8

2.3.2 DISKOVÝ ŠTĚPKOVAČ RT-720R

Diskový štěpkovač s hydraulickými podávacími válečky. Oproti předchozím nabízí výhodu, že tloušťka štěrky se mění podle rychlosti podávacích váleček. Samotný nůž je našroubován na řezací kotouč. Štěpkovač má vysoký komfort a stejně tak i účinnost práce. Je poháněn přes kardan pomocí vývodové hřídele z traktoru. Štěpka odchází vyhazovacím komínem, který se může otáčet o 360° dodávající štěpkovači větší míru flexibility [6].



Obr. 2.6 Diskový štěpkovač RT-720R [6]

Tab.2.6 – Parametry Diskový štěpkovač RT-720R [6]

Minimální výkon traktoru:	40 kW
Optimální výkon traktoru:	60 kW
Max. průměr dřeva:	170 mm
Doporučené otáčky kloubové hřídele	540-1000 ot/min
Průměr rezného kotouče	720 mm
Počet nožů	4 + 1 protiostrí

2.4 FIRMA JUNKKARI

Junkkari je výrobce sídlící ve Finsku. Vyrábí jak hobby štěpkovače, tak i vysoce automatizované štěpkovače. Štěpkovače byly vyrobeny s ovládáním z kabiny stroje.

2.4.1 HJ 172

Štěpkovač je schopný vtáhnout materiál s průměrem 170 mm. Vyrábí se dvě verze. První verze značená model G je poháněna hydraulikou traktoru a druhá verze model GT je poháněná kardanem s vlastním okruhem. Velikost štěrky se dá upravovat pomocí nastavitelných nožů. Štěpkovač je vybaven vyfukovacím komínem s klapkou na foukání štěrky do místa, do kterého je potřeba [11].



Obr. 2.7 Diskový štěpkovač JUNKKARI HJ 172 [11]

Tab.2.7 – Parametry Diskový štěpkovač JUNKKARI HJ 172 [11]

Minimální výkon traktoru:	30-50 kW
Optimální výkon traktoru:	40-70 kW
Max. průměr dřeva:	170 mm
Doporučené otáčky kloubové hřídele	540-1000 ot/min
Nastavení vysunutí ostří	3-20 mm
Počet nožů	4
Průměr řezného kotouče	740 mm

2.4.2 HJ 500

Tento typ štěpkovače je velmi výkonný zvládne udělat až 100 m³ za hodinu, proto se hodí pro velké firmy s většími zakázkami. Velikost štěpky se dá nastavit dle potřeby. Zařízení je připojeno do závěsu traktoru. Stroj má podávací pás a podávací ruku s kleštěmi k usnadnění práce a ke zlepšení efektivity. Také má elektricky ovládaný otočný komín s klapkou na určování směru štěpky [12].



Obr. 2.8 Diskový štěpkovač JUNKKARI HJ 500 [12]

Tab.2.8 – Parametry Diskový štěpkovač JUNKKARI HJ 500 [12]

Minimální výkon traktoru:	80-150 kw
Optimální výkon traktoru:	110-200 kW
Max. průměr dřeva:	450 mm
Doporučené otáčky kloubové hřídele	540-1000 ot/min
Nastavení vysunutí ostří	5-20 mm
Počet nožů	2
Průměr rezného kotouče	1380 mm

2.5 FIRMA GREENMECH

Společnost z Velké Británie zabývající se vývojem, výrobou a prodejem různých druhů štěpkovačů ke zpracování dřevinného odpadu. V nabídce mají drtiče s vlastním motorem, nesené za traktorem i samochoďné (pásové). K pohánění stačí malý traktor s menším výkonem. Toto je vhodné zejména pro menší obce, zemědělce a lesnické firmy. Všechny jejich štěpkovače jsou poháněny pomocí kardanu.

2.5.1 ECO 150 TMP

Jako většina předchozích je i tento štěpkovač připojen třibodově za traktorem. Má dva hydraulické podávací válce. Po rozdrčení větví je štěrka odváděna komínem s klapkou [22].



Obr. 2.9 Štěpkovač ECO 150 TMP [22]

Tab.2.9 – Parametry štěpkovače GreenMech ECO 150TMP [22]

Minimální výkon traktoru:	25 kW
Optimální výkon traktoru:	45 kW
Max. průměr dřeva:	150 mm
Rychlost otáček	2400 ot/min
Počet nožů	2
Délka transportní	1060 mm

2.5.2 CHIPMASTER 220 TMP

Tento štěpkovač je brán jako profesionální. Má vysokou odolnost. Zapojení k traktoru je třibodové. Má hydraulické válce na vtahování materiálu. Nemá problém i s tvrdým a hodně rozkošatělými větvemi koruny [23].



Obr. 2.10 Štěpkovač CHIPMASTER 220 TMP [23]

Tab.2.10 – Parametry štěpkovače GreenMech CHIPMASTER 220 TMP [23]

Minimální výkon traktoru:	60 kW
Optimální výkon traktoru:	80 kW
Max. průměr dřeva:	220 mm
Rychlost otáček	1565 ot/min
Počet nožů	2
Délka transportní	2200 mm

3 VLASTNÍ NÁVRH ŠTĚPKOVAČE

Stroj je určen k drcení odpadního dřeva, větví, latí apod. o maximálním průměru 70 mm. Výsledným produktem jsou štěpky nebo špalíky dlouhé cca 60 mm. Štěpkovač je zkonstruován pro použití v tříbodovém systému zavěšení traktoru. Na stroji je přidělaný pásový dopravník, který odvede štěpku do vozu. Dopravník je poháněn pomocí řemene z pastorkové hřídele. Stroj je zkonstruován tak, aby stačil jeden traktor a táhnul jak štěpkovač tak i vozík do kterého jsou přímo odváděny štěpky. Štěpkovač je dimenzován na výkon 5 kW.

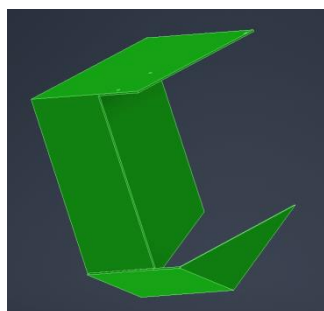
3.1 POPIS STROJE

Rám stroje je svařený z jeklů. V zadní části je přivařený závěs na vůz, do kterého se odvádí štěpka. Na rámu jsou přivařeny držáky na dopravník. Rám s převodovkou stojí na čtyřech nohách, na kterých se dá štelovat výška a je i možnost je sundat z rámu. Uprostřed rámu je umístěna hlavní převodovka a je přišroubována k držákům, které jsou přivařené na rámu. Skříň převodovky je sešroubována ze třech stěn. Stěny jsou vystředěné opěrnými válečky (jsou čtyři menší a čtyři větší). Opěrnými válečky a stěnou převodovky vede šroub a ten slouží ke stáhnutí skříně převodovky. Okolo rámu převodovky jsou přišroubované ochranné plechy s násypkou na materiál a jsou přidělané šrouby na imbusový klíč. V převodovce jsou usazené tři hřídele (pastorek a dvě nožové hřídele). Pastorková hřídel je poháněna pomocí kardanu z traktorové vývodní hřídele, nadále pastorek pohání soukolí dvou nožových hřídel s držáky na nože. Hřídel pastorku má na sobě přivařenou řemenici. Štěpkovaný materiál je vtahován pomocí nožů. Ložiska jsou s kontaktním těsněním a jsou zakryta kryty.

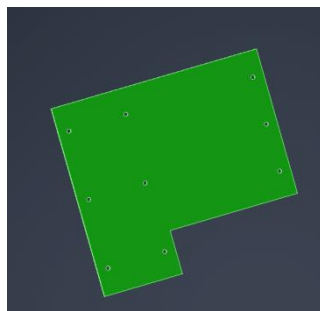
3.2 ZÁKLADNÍ ČÁSTI ŠTĚPKOVAČE

3.2.1 KRYTY STROJE

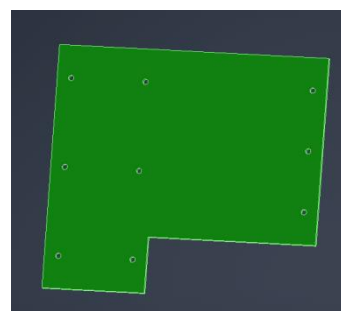
Štěpkovač je zakrytován kolem rotujících a pohyblivých součástí stroje z důvodu bezpečnosti. Na převodovce je přišroubováno šest ochranných krytů z čehož jeden kryt je násypka. Kryty jsou přišroubovány šrouby s válcovou hlavou a vnitřním šestihranem M6 a délce 20 mm.



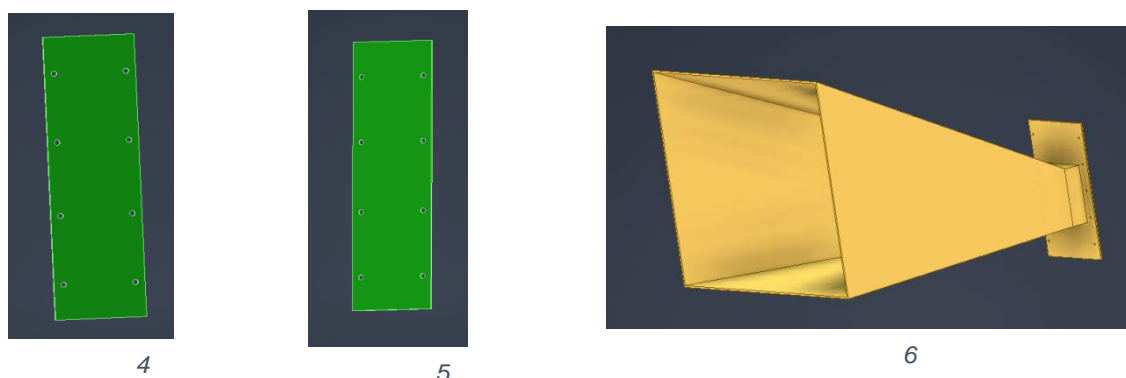
1



2



3

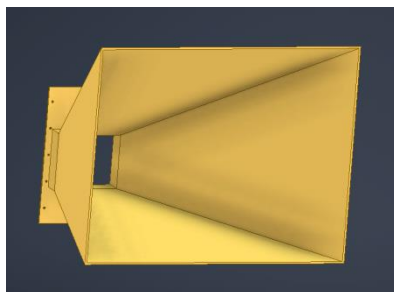


Obr. 3.1 krytování stroje

- 1 - zadní kryt sloužící k odvodu štěpky na dopravník; 2 - horní kryt převodovky;
 3 - spodní kryt převodovky (je silnější než horní z důvodu usazování štěpky);
 4,5 - boční kryty ozubených kol; 6 – násypka s krytem (příšroubována proti nožovým hlavám)

3.2.2 NÁSYPKA

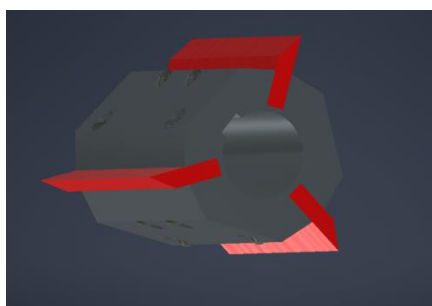
Slouží ke vkládání štěpkovaného materiálu. Násypka je vyrobena o délce 900 mm, délka slouží k ochraně, aby ruka lehce nedosáhla k rotujícím se nožům. Je příšroubována ke skříni převodovky deseti šrouby M8 o délce 20 mm. Rozměr otvoru blíže k nožům je 140x120 mm.



Obr. 3.2 Násypka

3.2.3 NOŽOVÉ HLAVY

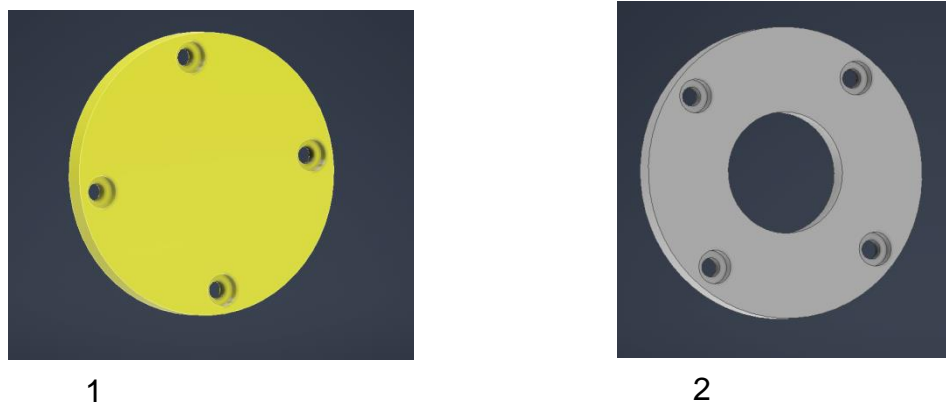
Nožové hlavy jsou uvnitř převodové skříňe na nožových hřídelích zajištěny perem proti protočení. Délka nože je 42,5 mm.



Obr. 3.3 nožová hlava

3.2.4 KRYTY LOŽISEK

Zajišťuje polohu ložisek a brání proti dostávání nečistot do ložiska. Kryty jsou přidělaný na skřín převodovky čtyřmi šrouby M8 a dlouhé 20 mm.



1

2

Obr. 3.4 kryt ložisek

1 – kryt vnějšího ložiska; 2 – kryt vnitřního ložiska;

3.2.5 VÝSTUHA PŘEVODOVKY

Výstuha převodovky slouží k stáhnutí stěn převodovky k sobě a ke správnému tvaru. Výstuha má v sobě vyvrtanou díru pro šroub.



1

2

Obr. 3.5 výstuha převodovky

1 – výstuha převodovky mezi stěnami u nožů; 2 - výstuha převodovky mezi stěnami u ozubených kol;

3.2.6 LOŽISKA

Ložiska jsem vybral kuličková s označením SKF 6209 - RS1, toto označení znamená, že ložisko má plastové těsnění. Ložiska obecně slouží ke snížení tření rotačních součástí. Ložisko je zajištěno ve stěně převodovky pomocí krytů ložisek a opěrných kroužků.



Obr. 3.6 Ložisko SKF 6209-RS1

3.2.7 SVAŘOVANÝ RÁM

Rám je svařený z jeklů, které jsou z materiálu 11 375. Do rámu je přivařený závěs na připojení vozu.



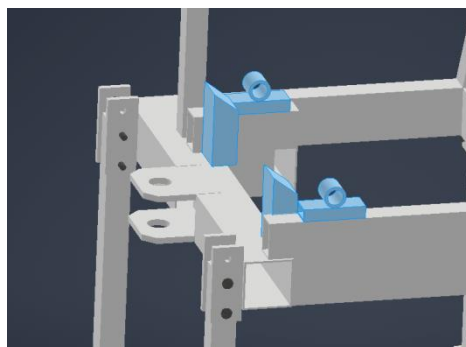
Obr. 3.7 Svařený rám štěpkovače

Součástí jsou dva čepy, na které se nasadí ramena hydrauliky traktoru. Ramena hydrauliky jsou ukončena hákem, ve kterém je nasazena koule s průchozí dírou na čep, nebo je koule umístěna přímo do ramena hydrauliky. Ramena nasazená na čepy rámu jsou zajištěna závlačkou.



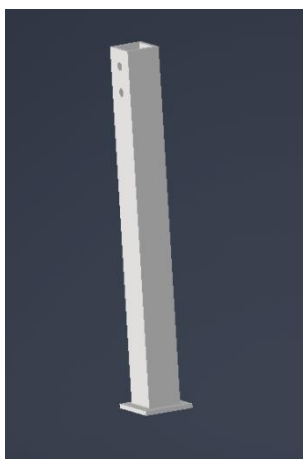
Obr. 3.8 čepy na ramena hydrauliky

Na obrázku 3.9 jsou zobrazeny držáky štěpkovače které jsou přivařeny k jeklům rámu ke kterým se přiloží dopravník a šroubem s maticí se zajistí a dopravník se může pohybovat jen kolem osy šroubu. Dále jsou na rámu přivařeny dva opěrné klíny sloužící k opření rámu dopravníku do ideální pracovní polohy.



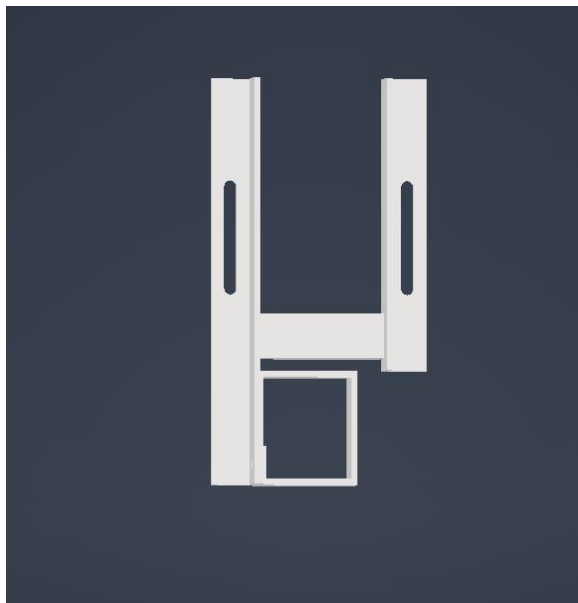
Obr. 3.9 připojení dopravníku k rámu

Další součástí rámu jsou držáky noh do kterých jsou připevněny nohy. Každá noha je přidělena dvěma čepy ISO 2341 B o průměru čepu 10 a délce 75 mm. Čep má díru pro vložení závlačky z důvodu zajištění. Při přemísťování stroje je lepší z důvodu bezpečnosti nohy oddělat z rámu.



Obr. 3.10 noha štěpkovače

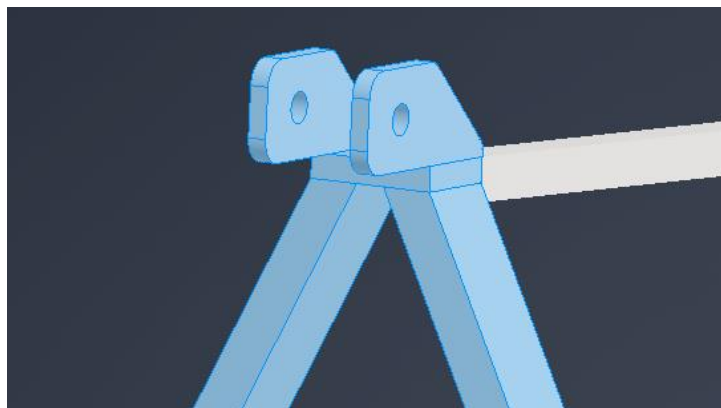
Dále je na rámu přidělán držák na převodovku dopravníku, který ale v této práci není vymodelován. Ten pak odvádí štěpku a šetří tak práci na odhazování. Držák je nastavitelný kvůli napínání řemene pomocí dvou šroubů M8 o délce 55 mm a zajištěn maticemi. K převodu kroutícího momentu na dopravník pak slouží převodovka se dvěma šikmými ozubeními s převodovým poměrem 1:1.



Obr.3.11 držák převodovky dopravníku

3.2.8 DRŽÁK TŘETÍHO BODU

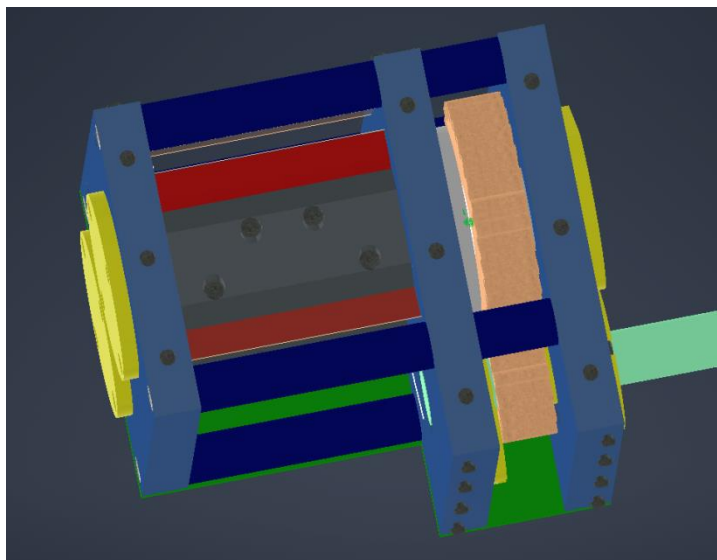
Na obrázku 3.12 jde vidět držák s dírou pro připojení třetího bodu s průměrem díry 25 mm a šířka pro vložení třetího bodu je 74 mm. Třetí bod je zajištěn k držáku pomocí čepu s dírou na závlačku ISO 2341 B. Třetí body se rozdělují na mechanické a hydraulické. U mechanických třetích bodů musí obsluha vylézt ze stroje a ručně nastavit délku třetího bodu. U hydraulického třetího bodu je na spodních ramenech traktoru umístěn snímač měřící velikost síly, kterou vyvolává připojený stroj nebo nářadí. Na obou koncích třetího bodu jsou oka přidělena na trubce se závitem. Závity mají opačné stoupání a jdou proti sobě. Při otáčení střední trubkou se stahují nebo roztahují a tím se nastavuje délka třetího bodu podle potřeby.



Obr.3.12 Držák třetího bodu

3.2.9 SKŘÍŇ PŘEVODOVKY

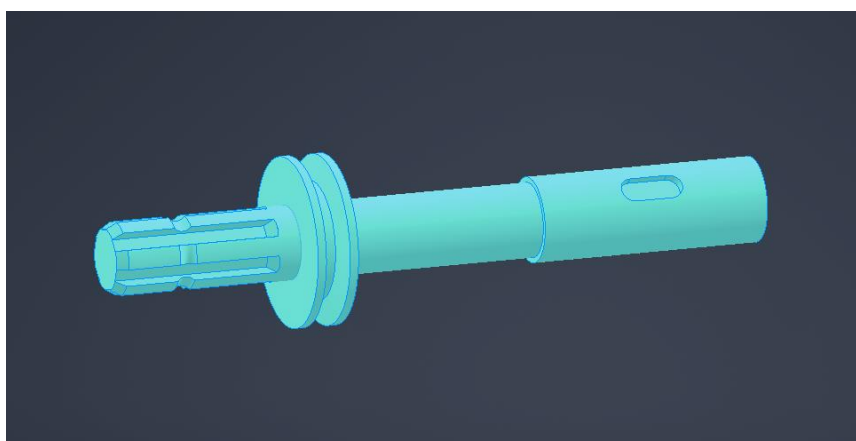
Skříň převodovky se skládá ze tří stěn o šířce stěny 30 mm. Stěny převodovky mají v sobě otvory na vložení ložisek a hřídelí. Správnou mezeru mezi stěnami zajišťuje výstuha převodovky. Do stěn jsou vyvrtané díry pro šrouby krytů.



Obr.3.13. skříň převodovky

3.2.10 HLAVNÍ HŘÍDEL PASTORKU

Hřídel má na jedné straně drážkovanou hřídel pro připojení kloubové hřídele s náhonovou hřídelí traktoru. Na hřídeli je přivařena řemenice pro pohon dopravníku pomocí klínového řemene. V hřídeli je vyfrézována drážka pro pero kvůli přenosu krouticího momentu na malé ozubené kolo. Hřídel je uložena ložisky ve stěnách skříně.



Obr.3.14 Hřídel pastorku

3.3 VÝPOČTY

Štěpkovač bude připojený za traktorem ZETOR 6911

Parametry traktoru: Výkon traktoru $P = 47,5 \text{ kW}$
 Zadní vývodový hřídel $n_{ZVH} = 540 \text{ ot/min}$

Parametry převodových kol:

Ozubená kola nožů $z_2 = z_3 = 28 \text{ zubů}$

$b_2 = b_3 = 35 \text{ mm}$

Pastorek $z_1 = 14 \text{ zubů}$

$b_1 = 35 \text{ mm}$

Modul: $m = 5 \text{ mm}$

Výpočet převodového poměru:

$$i = \frac{z_2}{z_1} = \frac{28}{14} = 2 \quad [1]$$

Kde... z_1, z_2 -počty zubů kol

Výpočet nožových hřídelí:

$$n_n = \frac{n_{zvh}}{i} = \frac{540}{2} = 270 \text{ ot/min} \quad [2]$$

Výpočet roztečných kružnic ozubených kol:

$$d_2 = m \cdot z_2 = 5 \cdot 28 = 140 \text{ mm} \quad [3]$$

Výpočet roztečné kružnice pastorku:

$$d_1 = m \cdot z_1 = 5 \cdot 14 = 70 \text{ mm} \quad [4]$$

Výpočet osové vzdálenosti:

$$a_1 = \frac{d_1 + d_2}{2} = \frac{70 + 140}{2} = 105 \text{ mm} \quad [5]$$

$$a_2 = \frac{d_2 + d_3}{2} = \frac{140 + 140}{2} = 140 \text{ mm} \quad [6]$$

3.3.1 Výpočet hřídele pastorku:

Hřídel pastorku je hlavní hřídel převodovky štěpkovače. Otáčí se pomocí traktorové vývodové hřídele a kardanu. Dále pastorková hřídel pohání soukolí ozubených kol, která otáčí s hřídelemi, na kterých jsou nožové hlavy s noži.

Výpočet krouticího momentu:

$$Mk_p = \frac{P}{2\pi \frac{n_{ZVH}}{60}} = \frac{5000}{2\pi \frac{540}{60}} = 88,42 \text{ Nm} \quad [7]$$

3.3.2 Výpočet na nožové hřídeli:

Hřídele, na kterých jsou umístěny nožové hlavy s noži.

$$Mk_n = \frac{Mk_p \cdot i}{h_h} \cdot \eta = \frac{88,42 \cdot 2}{2} \cdot 0,99 = 87,54 \text{ Nm} \quad [8]$$

3.3.3 Silové poměry v soukolí:

Obvodová síla mezi ozubenými koly:

$$F_{2t} = \frac{Mk_n \cdot 2}{d_2} = \frac{87,54 \cdot 2}{0,14} = 1250,57 \text{ N} \quad [9]$$

Obvodová síla mezi pastorkem a ozubeným kolem:

$$F_{1t} = \frac{Mk_p \cdot 2}{d_1} = \frac{88,42 \cdot 2}{0,07} = 2526,29 \text{ N} \quad [10]$$

Normálové síly soukolí:

$$F_{2n} = \frac{F_{2t}}{\cos(\alpha)} = \frac{1250,57}{\cos(20^\circ)} = 1330,83 \text{ N} \quad [11]$$

$$F_{1n} = \frac{F_{1t}}{\cos(\alpha)} = \frac{2526,29}{\cos(20^\circ)} = 2688,42 \text{ N} \quad [12]$$

Radiální síly soukolí:

$$F_{2r} = F_{2n} \cdot \sin(\alpha) = 1330,83 \cdot \sin(20^\circ) = 455,17 \text{ N} \quad [13]$$

$$F_{1r} = F_{1n} \cdot \sin(\alpha) = 2688,42 \cdot \sin(20^\circ) = 919,49 \text{ N} \quad [14]$$

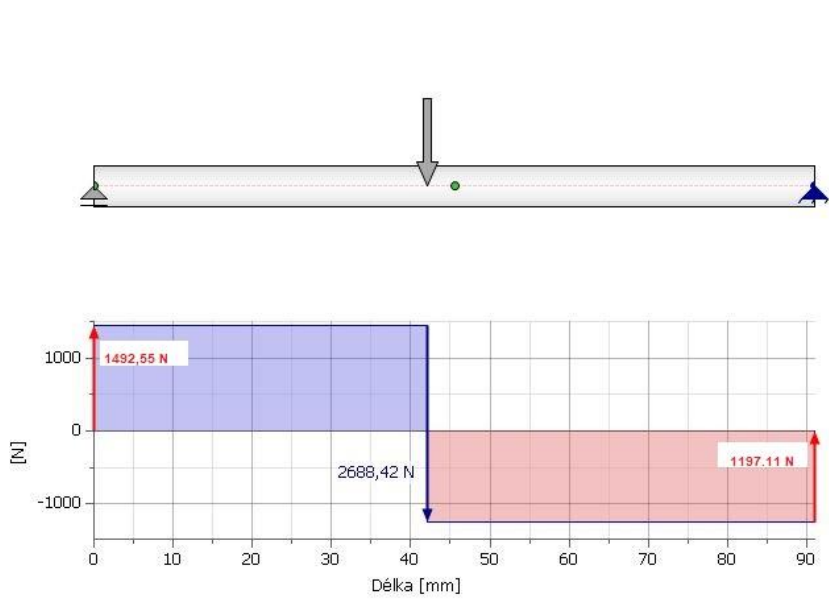
Výpočet reakčních sil:

Do programu Autodesk Inventor 2021 byly po úplném uvolnění hřídelí zadány potřebné hodnoty a vypočítány reakční síly ve vazbách (ložiskách) a zobrazeny VVÚ

Pro hřídel 1:

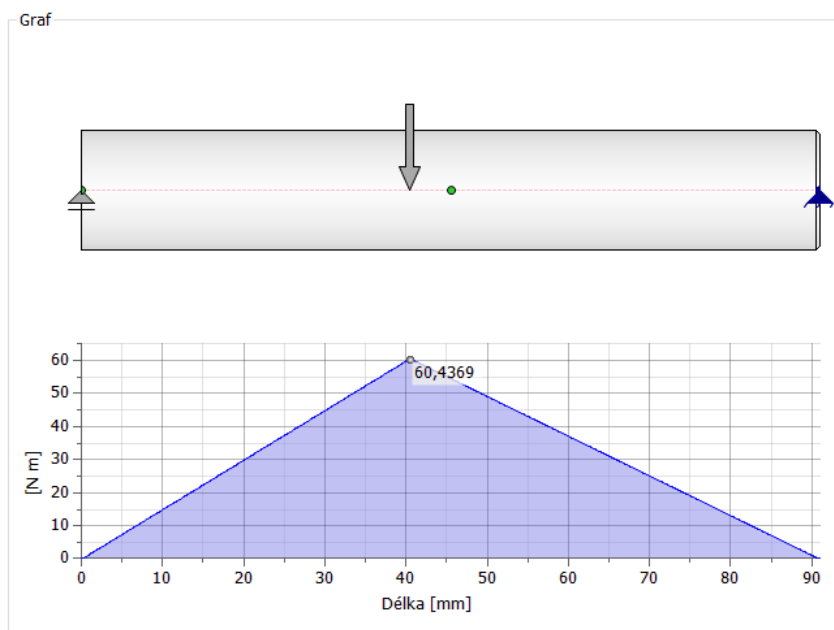
$$F_{1Ay} = 1492,55 \text{ N}$$

$$F_{1By} = 1197,11 \text{ N}$$



Obr. 3.15 VVU-p osouvající síla

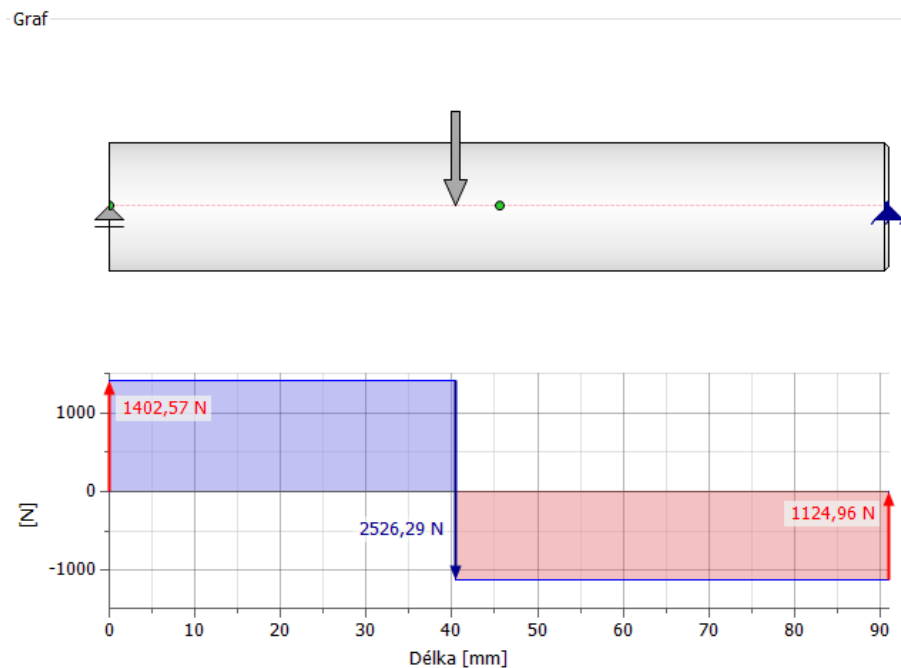
$$M_{o1y} = 60,4369 \text{ N} \cdot \text{m}$$



Obr. 3.16 VVU-ohybový moment

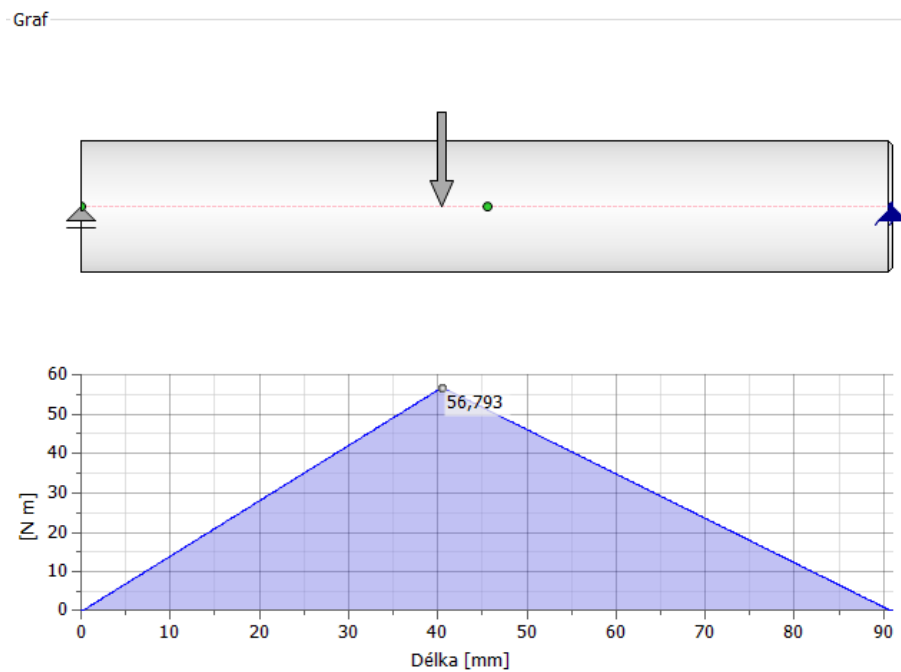
$$F_{1AZ} = 1402,57 \text{ N}$$

$$F_{1Bz} = 1124,96 \text{ N}$$



Obr. 3.17 VVU-posouvající síla

$$M_{o1z} = 56,793 \text{ N} \cdot \text{m}$$



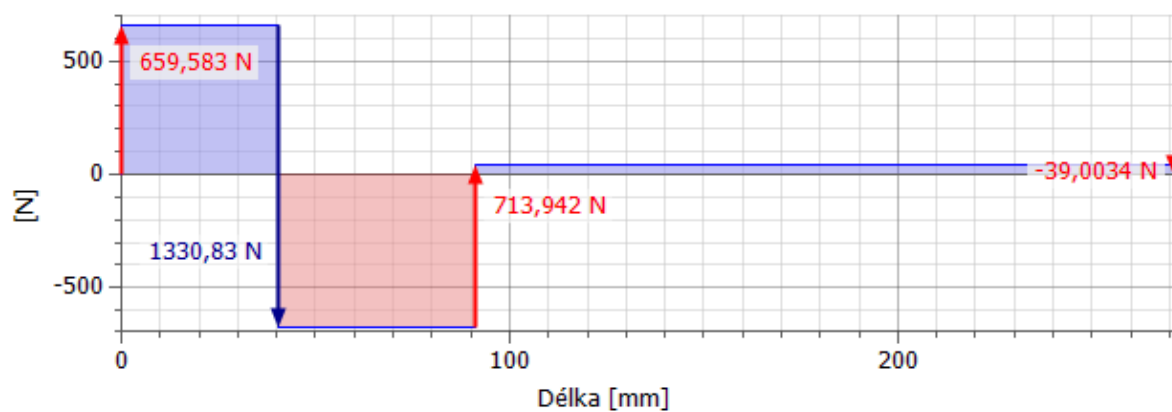
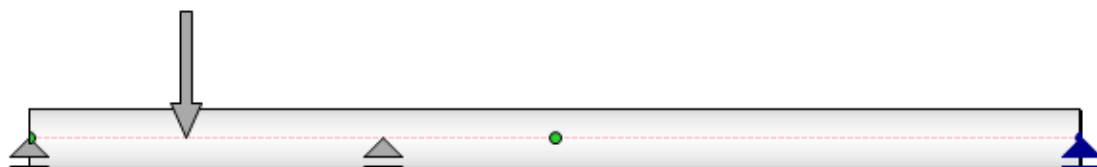
Obr. 3.18 VVU-ohybový moment

Pro hřídel 2:

$$F_{2Ay} = 659,583 \text{ N}$$

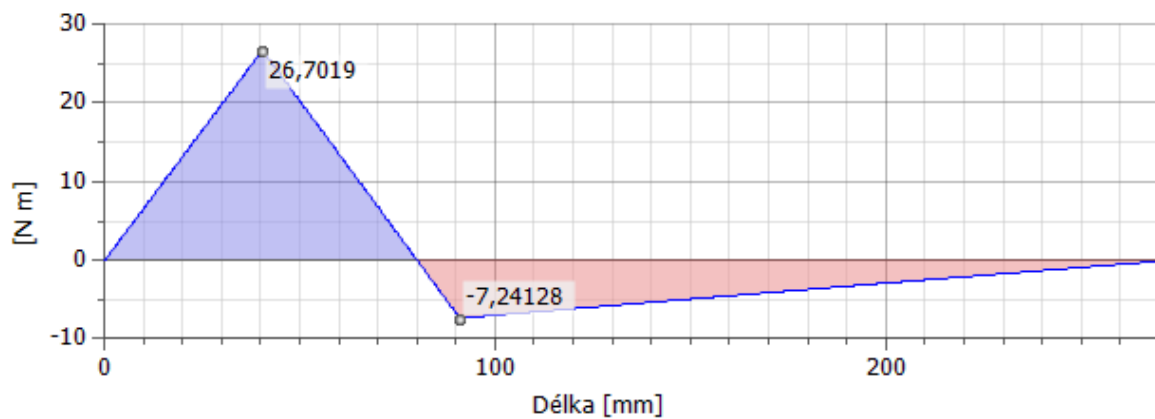
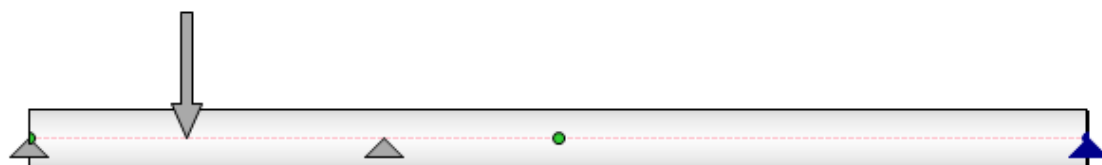
$$F_{2By} = 713,942 \text{ N}$$

$$F_{2Cy} = 39 \text{ N}$$



Obr. 3.19 VVU-posouvající síla

$$M_{02y} = 26,7 \text{ N} \cdot \text{m}$$

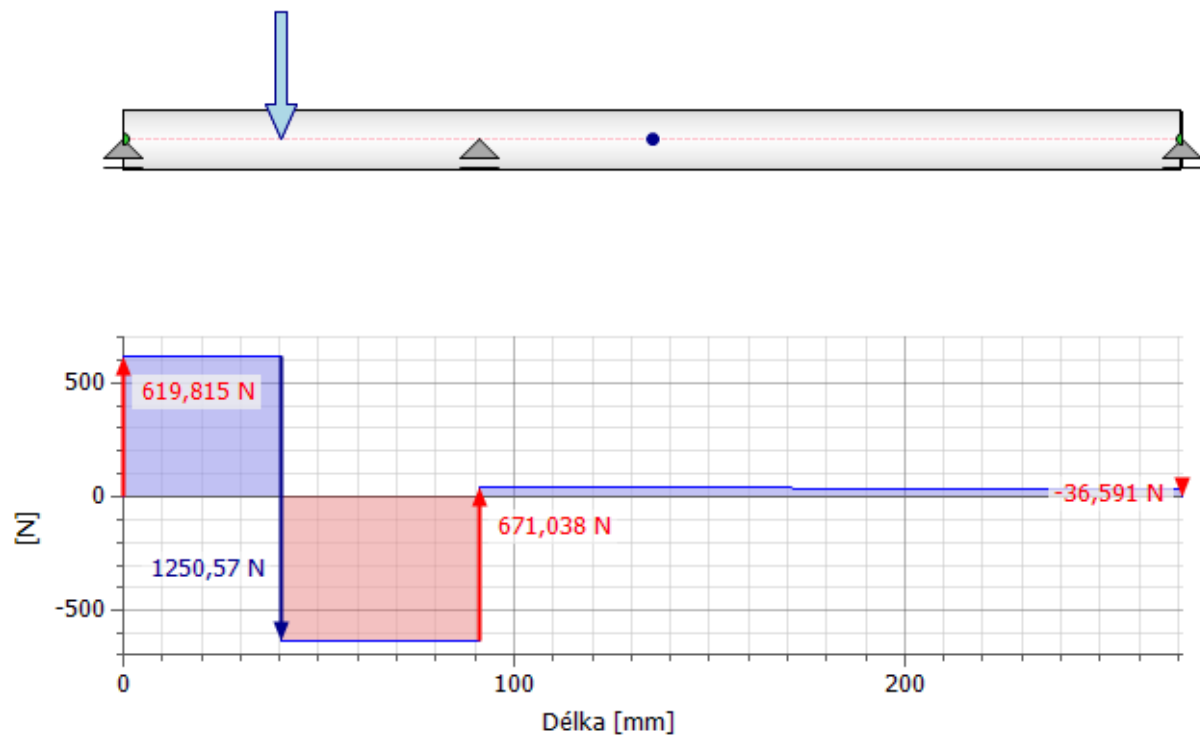


Obr. 3.20 VVU-ohybový moment

$$F_{2Az} = 619,815 \text{ N}$$

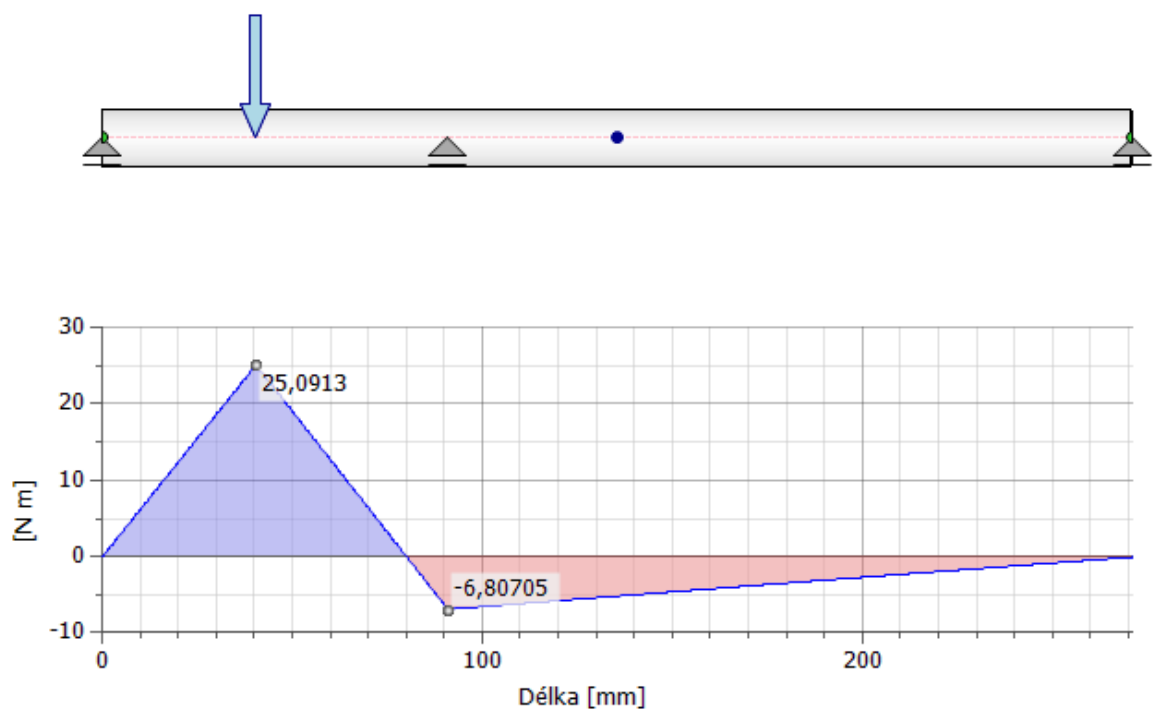
$$F_{2Bz} = 671,038 \text{ N}$$

$$F_{2Cz} = 36,591 \text{ N}$$



Obr. 3.21 VVU-ohybový moment

$$M_{02z} = 25,091 \text{ N} \cdot \text{m}$$



Obr. 3.22 VVU-ohybový moment

Jak je vidět u hřídelí je nebezpečné místo uložení ozubeného kola. Plyne to z toho, že tam jsou maximální hodnoty ohybových momentů. Ohybový moment bývá dominantní zatížení, neboť způsobuje největší napětí v porovnání s účinky např. smyku. Fakt, že zde bude hodnota bezpečnosti nejmenší také napomáhá přítomnost drážky pro pero. Díky ní se budou hodnoty napětí počítat pro zmenšený průměr a navíc je drážka tvarový prvek způsobující koncentraci napětí.

3.3.4 Zatížení jednotlivých ložisek:

$$F_{1A} = \sqrt{F_{1Ay}^2 + F_{1Az}^2} = \sqrt{1492,55^2 + 1402,57^2} = 2048 \text{ N} \quad [15]$$

$$F_{1B} = \sqrt{F_{1By}^2 + F_{1Bz}^2} = \sqrt{1197,11^2 + 1124,96^2} = 1643 \text{ N} \quad [16]$$

$$F_{2A} = \sqrt{F_{2Ay}^2 + F_{2Az}^2} = \sqrt{659,583^2 + 619,815^2} = 905,108 \text{ N} \quad [17]$$

$$F_{2B} = \sqrt{F_{2By}^2 + F_{2Bz}^2} = \sqrt{713,942^2 + 671,038^2} = 979,799 \text{ N} \quad [18]$$

$$F_{2C} = \sqrt{F_{1Cy}^2 + F_{1Cz}^2} = \sqrt{39^2 + 36,591^2} = 53,478 \text{ N} \quad [19]$$

3.3.5 Kontrola ložisek:

Ložiska na nožových hřídelích jsem zvolil SKF 6209-RS1

Vnitřní průměr:	45 mm
Vnější průměr:	68 mm
Šířka:	19 mm
Statická únosnost	19000 N
Kuličková ložiska	a = 3

Ložiska na pastorkové hřídeli jsem zvolil SKF 61809-2RS1

Vnitřní průměr:	40 mm
Vnější průměr:	58 mm
Šířka:	7 mm
Statická únosnost	6100 N
Kuličková ložiska	a = 3

$$L_{2A} = \left(\frac{C_A}{F_{2A}}\right)^a \cdot \frac{10^6}{n_2} = \left(\frac{6100}{905,108}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{270 \cdot 60} = 18896,152 \text{ hr} \quad [20]$$

$$L_{2B} = \left(\frac{C_A}{F_{2B}}\right)^a \cdot \frac{10^6}{n_2} = \left(\frac{6100}{979,799}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{270 \cdot 60} = 14895,81 \text{ hr} \quad [21]$$

$$L_{1A} = \left(\frac{C_A}{F_{1A}}\right)^a \cdot \frac{10^6}{n_1} = \left(\frac{19000}{2048}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{540 \cdot 60} = 24639,513 \text{ hr} \quad [22]$$

$$L_{1B} = \left(\frac{C_A}{F_{1B}}\right)^a \cdot \frac{10^6}{n_1} = \left(\frac{19000}{1643}\right)^3 \cdot \frac{10^6}{540 \cdot 60} = 47753,614 \text{ hr} \quad [23]$$

3.3.6 Kontrola šroubů nože

Nůž je připevněn čtyřmi šrouby M8x20 mm

Malý průměr šroubů nožů $d_m = 6,86 \text{ mm}$

Vzdálenost šroubu od ostří nože $a_s = 34,2 \text{ mm}$

Šířka nože $\check{s}_n = 150 \text{ mm}$

Síla zatěžující jeden šroub:

$$F_z = \frac{\check{s}_n \cdot F_{2t}}{\check{s}_n - a_s} : 4 = \frac{150 \cdot 1250,57}{150 - 34,2} : 4 = 404,98 \text{ N} \quad [22]$$

ZÁVĚR

Cílem této bakalářské práce bylo navrhnout štěpkovač větví za traktor. Před samotnými výpočty a navržením bylo nutné zpracovat rešerši. V ní byly nejdříve popsány druhy štěpkovačů dělené podle různých kritérií. Jmenovitě to bylo dělení podle výsledného produktu na štěpku a drť. Obě tyto části biomasy mají pestrá využití, nejen kvůli jejich dobré výhřevnosti. Další z dělení zahrnují způsob vkládání větví, druhy pohonů apod. Rešeršní část je pak zakončena výčtem několika předních výrobců štěpkovačů a některých jejich produktů. Od každého byl vybrán jeden menší a druhý z nejlepších, které firma nabízí. Rozdíly mezi nimi jsou markantní téměř ve všech aspektech. To je také vidět v tabulkách ze základními technickými údaji, které jsou u jednotlivých druhů uvedeny. Obecně platí, že čím větší a dražší štěpkovač je, tím méně ruční práce musí obsluha dělat. Mívají totiž častěji systémy pro podávání větví ať už pásem nebo robotickým ramenem pro sběr větví.

Po zakončení rešeršního rozboru byly podrobněji popsány části navrhovaného štěpkovače, jejich funkce, materiál a způsob spojení s ostatními díly. Za zmínku mimochodem stojí, že do tohoto štěpkovače může být připojen také dopravník. Ten je poháněn od pastorkové hřídele, na které je řemenice. Po rozebrání toho konkrétního stroje už začala výpočetní část a to chybějícími vlastnostmi ozubení. Zadány byly některé hodnoty traktoru a ozubených kol převodovky. Z nich bylo možné vypočítat například převodové poměry, otáčky a silové zatížení na jednotlivých kolech. To bylo dále přeneseno na hřídele, díky čemuž bylo možné získat výsledné vnitřní účinky ve vazbách (ložiskách). S jejich znalostí bylo možné vybrat vhodná ložiska, která zajistí dostatečnou trvanlivost stroje.

Jakmile byly dokončeny výpočty bylo možné vymodelovat jednotlivé díly a poskládat je do sestavy v programu Autodesk Inventor Professional 2021. Z ní byl pak vytvořen výkres sestavení. Jednotlivé díly byly opozicovány a zaneseny do kusovníku.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] 350 RBP, ŠTĚPKOVAČ BUBNOVÝ. *Agrotechnika Vaněk s.r.o.* [online]. Polepy [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <http://www.agrotechnika.cz/lesni-technika/350-rbp-stepkovac-bubnovy/>
- [2] BARAKUDA. *BYSTRON - INTEGRACE S.R.O.* [online]. Valašské Meziříčí [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.bystron.cz/produkty/kategorie/1/stepkovace/94/za-traktor/vyrobek/11/barakuda/>
- [3] Bio Master 2200. *Zahradní technika Děd s.r.o.* [online]. Vysoké Mýto [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.jirided.cz/drtice-stepkovace-elektricke/bio-master-2200/>
- [4] BOBR 75T - špalíkovač za traktor + doprava zdarma. *Tlamka-zahradní technika* [online]. [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.tlamka.cz/drtice-a-stepkovace-za-traktor/bobr-75t-spalikovac-za-traktor-doprava-zdarma/>
- [5] C645T. *Agama a.s.* [online]. Staré Město [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://agama-as.cz/c645t>
- [6] DISKOVÝ ŠTĚPKOVAČ RT-720RH S VLASTNÍ HYDRAULIKOU. *RemetCNC* [online]. [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://remetcnc.cz/professional/226-diskovy-stepkovac-rt-720rh-s-vlastni-hydraulikou.html>
- [7] Diskový štěpkovač s elektromotorem Bruks 200M. *Bazarbox.cz* [online]. 1.8.2015 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <http://bazarbox.cz/inzerat/diskovy-stepkovac-s-elektromotorem-bruks-200m-16407>
- [8] Drtič větví Pirba za traktor. *Štěpkovač na větve* [online]. Úvaly [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://stepkovac-za-traktor.webnode.cz/produkty/drtic-vetvi-pirba/drtic-vetvi-pirba-za-traktor/>
- [9] Drtiče a štěpkovače: k čemu se používají a jak se liší? *Mountfield* [online]. Mnichovice [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.mountfield.cz/poradna/drtice-a-stepkovace-k-cemu-se-pouzivaji-a-jak-se>
- [10] Dřevní štěpka - zelená, hnědá, bílá. *Biom* [online]. 1.1.2010 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://biom.cz/cz/odborne-clanky/drevni-stepka-zelena-hneda-bila>
- [11] HJ 172. *Forest Meri* [online]. [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.forestmeri.cz/hj-172>
- [12] HJ 500. *Forest Meri* [online]. Slavkov u Brna [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.forestmeri.cz/hj-500>
- [13] Hydraulické třetí body na traktor. *Zemědělské potřeby M+S* [online]. České Budějovice [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.eshop-zemedelske-potreby.cz/treti-body-hydraulicke/>
- [14] Kvalita a certifikace dřevních pelet a štěpky. *Česká peleta* [online]. Dobřichovice, 4.9.2018 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://ceska-peleta.cz/clanky-klastru/kvalita-a-certifikace-drevnich-pelet-a-stepky/>
- [15] LS 160 PGB. *LASKI, s.r.o.* [online]. Smržice [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.laski.cz/produkt/ls-160-pgb>
- [16] LS 200 T (750 ÷ 1000 ot/min). *LASKI* [online]. Smržice [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.laski.cz/produkt/ls-200-t-zaves-8t>
- [17] LS 95 T (540 ot/min). *LASKI* [online]. Smržice [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.laski.cz/produkt/ls-95-t>

- [18] Optimus-X 8WT. *Agama* [online]. [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://agama-as.cz/Optimus-X>
- [19] SVOBODA, Pavel a Jan BRANDEJS. *Výběry z norem pro konstrukční cvičení*. Vyd. 5. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2013. ISBN 978-80-7204-838-0.
- [20] SVOBODA, Pavel, Jan BRANDEJS a Jiří DVOŘÁČEK. *Základy konstruování*. Vydání šesté. Brno: Akademické nakladatelství CERM, 2015. ISBN 978-80-7204-921-9.
- [21] Špalíkovač. *Nasetraktory* [online]. 6 května, 2013 [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <http://www.nasetraktory.eu/forum/viewtopic.php?f=48&t=54533>
- [22] Štěpkovač GreenMech ECO150TMP. *GreenMech* [online]. Bořetice [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.greenmech.cz/stroje/stepkovace/stepkovace-za-traktor/stepkovac-greenmech-eco150tmp/>
- [23] Štěpkovač GreenMech CHIPMASTER 220 TMP. *GreenMech* [online]. Bořetice [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.greenmech.cz/stroje/stepkovace/stepkovace-za-traktor/stepkovac-greenmech-chipmaster-220-tmp/>
- [24] Štěpkovač Silent 2500. *Mountfiel* [online]. Mnichovice [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.mountfield.cz/stepkovac-silent-2500-1zho1014>
- [25] ŠTĚPKOVAČ ZA TRAKTOR PTO MODEL R-150 + PÁSOVÝ DOPRAVNÍK 3M. *RemetCNC* [online]. [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://remetcnc.cz/standard/88-stepkovac-za-traktor-pt0-model-r-150-pasovy-dopravnik-3m.html>
- [26] ŠTĚPKOVAČE A ŠPALÍKOVAČE REMET CNC PROFESSIONAL. *PROFISTROJE.CZ* [online]. [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.profistroje.cz/prectete-si/stepkovace-a-spalikovace-remet-cnc-professional.html>
- [27] URBAN TR110 S PYTLOVAČEM NA BIG-BAG. *URBAN KOVO* [online]. Lovčice [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.stepkovac.com/urban-tr110-s-pytlovacem-na-big-bag-83150.html>
- [28] URBAN TR70 S DVOJITÝM PYTLOVAČEM. *URBAN KOVO* [online]. Lovčice [cit. 2021-5-21]. Dostupné z: <https://www.stepkovac.com/urban-tr70-s-dvojitym-pytlovacem-83105.html>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Symbol	Veličina	Jednotka
P	Výkon traktoru	kw
n_{ZVH}	Otáčky vývodové hřídele traktoru	ot/min
z_2, z_3	Počet zubů ozubených kol nožů	
z_1	Počet zubů pastorku	
b_2, b_3	Šířka ozubených kol nožů	mm
b_1	Šířka pastorku	mm
m	Modul	mm
i	Převodový poměr	
n_n	Otáčky nožových hřídelů	ot/min
d_2	Roztečná kružnice nožových kol	mm
d_1	Roztečná kružnice pastorku	mm
a_1	Osová vzdálenost pastorku a nožového ozubeného kola	mm
a_2	Osová vzdálenost nožových ozubených kol	mm
Mk_p	Krouticí moment hřídele pastorku	Nm
Mk_n	Krouticí moment nožové hřídele	Nm
F_{2t}	Obvodová síla mezi ozubenými koly	N
F_{1t}	Obvodová síla mezi pastorkem a ozubeným kolem	N
F_{2n}	Normálová síla mezi pastorkem a ozubeným kolem	N
F_{1r}	Normálová síla mezi ozubenými koly	N
F_{2r}	Radiální síla mezi pastorkem a ozubeným kolem	N
F_1	Radiální síla mezi ozubenými koly	N
F_2	Reakční síly pastorkové hřídele	N
F_{1A}	Reakční síly nožový hřídele	N
F_{1B}	Zatížení v ložisku A na hřídeli 1	N
F_{2A}	Zatížení v ložisku B na hřídeli 1	N
F_{2B}	Zatížení v ložisku A na hřídeli 2	N
F_{2C}	Zatížení v ložisku B na hřídeli 2	N
C_A	Zatížení v ložisku C na hřídeli 2	N
a	Statická únosnost	N
L_1	Koeficient ložisek	
L_2	Trvanlivost ložisek na hřídeli 1	Hr
$š_n$	Trvanlivost ložisek na hřídeli 2	Hr
$a_š$	Šířka nože	mm
dm	Vzdálenost šroubu od ostří nože	mm
F_z	Malý průměr šroubu	mm
	Síla zatěžující šroub	N

SEZNAM OBRÁZKŮ

- Obr. 1.1 Štěpkovač s násypkou z vrchu [4]
 Obr. 1.2 Štěpkovač s podávacím zařízením KESLA C645T [5]
 Obr. 1.3 Bubnový štěpkovač 350 RBP [1]
 Obr. 1.4 Diskový štěpkovač s elektromotorem BRUKS 200 M [7]
 Obr. 1.5 Štěpkovač se šroubovou čepelí Barakuda [2]
 Obr. 1.6 Štěpkovací protiběžné hlavy [21]
 Obr. 1.7 Štěpkovačna benzín a LPG LS 160 PGB [15]
 Obr. 1.8 Štěpkovač poháněný elektromotorem Silent2500 [24]
 Obr. 1.9 Štěpkovač poháněný traktorem, Pirba [8]
 Obr. 1.10 Drtič Bio Master 2200 [3]
 Obr. 1.11 Špalíkovač Remet RP-200 Professional [26]
 Obr. 1.12 Samojízdný štěpkovač Optimus-X 8WT [18]
 Obr. 2.1 Štěpkovač URBAN TR70 [28]
 Obr. 2.2 Štěpkovač URBAN TR110 [27]
 Obr. 2.3 Štěpkovač LASKIL S 95 T [17]
 Obr. 2.4 Štěpkovač LS 200 T [16]
 Obr. 2.5 Štěpkovač PTO MODEL R-150 + PÁSOVÝ DOPRAVNÍK [25]
 Obr. 2.6 Diskový štěpkovač RT-720R [6]
 Obr. 2.7 Diskový štěpkovač JUNKKARI HJ 172 [11]
 Obr. 2.8 Diskový štěpkovač JUNKKARI HJ 500 [12]
 Obr. 2.9 Štěpkovač ECO 150 TMP [22]
 Obr. 2.10 Štěpkovač CHIPMASTER 220 TMP [23]
 Obr. 3.1 krytování stroje
 Obr. 3.2 Násypka
 Obr. 3.3 nožová hlava
 Obr. 3.4 kryt ložisek
 Obr. 3.5 výstuha převodovky
 Obr. 3.6 Ložisko SKF 6209-RS1
 Obr. 3.7 Svařený rám štěpkovače
 Obr. 3.8 čepy na ramena hydrauliky
 Obr. 3.9 připojení dopravníku k rámu
 Obr. 3.10 noha štěpkovače
 Obr. 3.11 držák převodovky dopravníku
 Obr. 3.12 Držák třetího bodu
 Obr. 3.13. skříň převodovky
 Obr. 3.14 Hřídel pastorku
 Obr. 3.15 VVU-p osouvající síla
 Obr. 3.16 VVU-ohybový moment
 Obr. 3.17 VVU-posouvající síla
 Obr. 3.18 VVU-ohybový moment
 Obr. 3.19 VVU-posouvající síla
 Obr. 3.20 VVU-ohybový moment
 Obr. 3.21 VVU-ohybový moment
 Obr. 3.22 VVU-ohybový moment

SEZNAM TABULEK

- Tab.2.1 – Parametry štěpkovače URBAN TR70
- Tab.2.2 – Parametry štěpkovače URBAN TR110
- Tab.2.3 – Parametry štěpkovače LASKIL S 95 T
- Tab.2.4 – Parametry štěpkovače LS 200 T
- Tab.2.5 – Parametry štěpkovačePTO MODEL R-150
- Tab.2.6 – Parametry Diskový štěpkovač RT-720R
- Tab.2.7 – Parametry Diskový štěpkovač JUNKKARI HJ 172
- Tab.2.8 – Parametry Diskový štěpkovač JUNKKARI HJ 500
- Tab.2.9 – Parametry štěpkovače GreenMech ECO 150TMP
- Tab.2.10 – Parametry štěpkovače GreenMech CHIPMASTER 220 TMP

SEZNAM PŘÍLOH

1	Výkres sestavení štěpkovače	2021-BP-200645-00
2	Kusovník	2021-BP-200645-KUSOVNÍK-01
3	Kusovník	2021-BP-200645-KUSOVNÍK-02
4	Kusovník	2021-BP-200645-KUSOVNÍK-03