



Fakulta zemědělská
a technologická
Faculty of Agriculture
and Technology

Jihočeská univerzita
v Českých Budějovicích
University of South Bohemia
in České Budějovice

JIHOČESKÁ UNIVERZITA V ČESKÝCH BUDĚJOVICÍCH FAKULTA ZEMĚDĚLSKÁ A TECHNOLOGICKÁ

Katedra zemědělské, dopravní a manipulační techniky

Diplomová práce

Konstrukční návrh 3D modelu obrabeče píce pro výuku
zemědělských předmětů

Autor práce: Bc. Jakub Toth

Vedoucí práce: Mgr. Zbyněk Havelka, Ph.D.

České Budějovice
2022

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem autorem této kvalifikační práce a že jsem ji vypracoval pouze s použitím pramenů a literatury uvedených v seznamu použitých zdrojů.

V Českých Budějovicích dne

.....

Bc. Jakub Toth

Abstrakt

Diplomová práce se zabývá tvorbou 3D modelu obraceče píce, který může sloužit jako učební pomůcka při výuce zemědělských předmětů. Model byl inspirován a vytvořen podle předlohy reálného obraceče píce typu SO 160. Pro tvorbu 3D modelu byla použita studentská verze CAD programu SolidWorks 2021.

Teoretická část diplomové práce se věnuje problematice pícnin včetně jejich rozdělení, sklizňových podmínek a pracovních postupů při sklizni. Druhá kapitola je následně zaměřena na obraceče – shrnovače píce, kde jsou popsány jednotlivé typy. Závěrem první části práce jsou probrány CAD systémy, jejich historie, rozdělení a jsou také popsány některé vybrané druhy CAD softwarů. Praktická část je zaměřena na tvorbu a sestavení 3D modelu a pracovní postup při vytváření jednotlivých součástí společně s jejich popisem.

Klíčová slova: pícniny; obraceč píce; CAD systémy, 3D model; SolidWorks

Abstract

The thesis deals with the creation of a 3D model of a forage tedder, which can be used as a learning tool in teaching agricultural subjects. The model was inspired and created according to the model of a real forage tedder type SO 160. The student version of CAD program SolidWorks 2021 was used to create the 3D model.

The theoretical part of the thesis deals with the issue of forage crops, including their distribution, harvesting conditions and harvesting procedures. The second chapter is then focused on forage tedders, where the different types are described. At the end of the first part of the thesis, CAD systems, their history and distribution are discussed and some selected types of CAD software are described. The practical part focuses on the creation and construction of a 3D model and the work procedure for creating the individual components together with their description.

Keywords: forage; forage tedder; CAD systems; 3D model; SolidWorks

Poděkování

Děkuji vedoucímu mé diplomové práce, panu Mgr. Zbyňku Havelkovi, Ph.D. za jeho ochotu, cenné rady a připomínky. Dále bych chtěl také poděkovat panu Mgr. Vladimíru Vochozkovi, Ph.D. za pomoc při zpracování modelu.

Obsah

Úvod	7
1 Pícniny	8
1.1 Rozdělení	8
1.2 Sklizňové podmínky	8
1.3 Sklizňové pracovní postupy	9
1.3.1 Sklizeň čerstvé zelené píce	10
1.3.2 Sklizeň zavadlé píce	11
1.3.3 Sklizeň sena	11
1.3.4 Sklizeň píce na semeno	13
2 Obrabeče – shrnovače píce	14
2.1 Rozdělení	15
2.2 Bubnové obrabeče – shrnovače	15
2.3 Paprskové obrabeče – shrnovače	17
2.4 Kolové obrabeče – shrnovače	18
2.5 Dopravníkové obrabeče – shrnovače	19
2.6 Rotorové obrabeče	20
2.7 Vidlicové obrabeče	21
3 CAD systémy	22
3.1 Historie CAD systémů	22
3.2 Rozdělení	23
3.2.1 Malé CAD systémy	23
3.2.2 Střední CAD systémy	24
3.2.3 Velké CAD systémy	24
3.3 AutoCAD	24
3.4 Inventor	25
3.5 SolidWorks	26
3.6 Solid Edge	27
3.7 Catia	28
3.8 NX	29
3.9 Fusion 360	30
4 Metodika a cíl práce	31

5	Tvorba 3D modelu obraceče píce	32
5.1	Použitý hardware	33
5.2	Hlavní díly a sestava obraceče	33
5.2.1	Rám obraceče	34
5.2.2	Uložení hřídele řemenic s vodícím prvkem	35
5.2.3	Řemenice a řemeny	35
5.2.4	Hřídele	37
5.2.5	Hrabice	38
5.2.6	Boční kryty	39
5.2.7	Pojezdová kola	40
5.2.8	Záchytná clona	41
5.2.9	Uložení vstupní hřídele	42
5.2.10	Další potřebné díly	43
5.2.11	Hlavní sestava	44
6	Výsledky a diskuze	46
	Závěr	47
	Seznam použitých zdrojů	48
	Seznam obrázků	50
	Přílohy	51

Úvod

Pícniny představují důležitou součást rostlinných krmiv pro hospodářská zvířata. Jejich sklizeň probíhá téměř po celou dobu vegetačního období. Mezi jedny z nejstarších a nejpřírodnějších způsobů konzervace pícnin patří sklizeň sena. Samotná příprava sena spočívá v posečení louky pomocí žacíh strojů. Velmi důležité je její posečení ve správný čas, neboť na kvalitu sena má velký vliv počasí. Po posečení je píce několikrát obrácena pomocí obrabečů a po jejím proschnutí je uskladněna do skladovacích prostor. V zimním období je pak seno využíváno ke krmení zvířat.

Se stále se rozvíjejícím průmyslem dochází k rozvoji i zemědělské techniky. Těžká manuální práce je nahrazována stále modernějšími stroji. V dřívějších dobách byly k obracení sena využívány dřevěné hrábě. Ty jsou dnes nahrazovány jednoúčelovými ale i víceúčelovými strojními obrabeči, které nahrazují práci až několika lidí. Tato zařízení nám umožňují zefektivnit a usnadnit práci na větších pozemcích.

V současné době je na trhu velké množství moderních CAD programů, které se využívají v technických oborech a převážně ve strojírenství. Ty uživatelům umožňují práci se širokou škálou aplikací. Umožňují mimo jiné vytvářet 3D modely techniky spolu s výkresovou dokumentací. Práci konstruktérů je správné vymodelování každého dílu. Součásti lze upravovat tak, aby do sebe v sestavě všechny díly zapadaly a vytvořily celek technického zařízení, stroje nebo jednoduššího elementu. Na tyto součásti lze aplikovat různé simulace a analýzy pro zjištění, jak se v jednotlivých situacích budou určité součásti chovat. 3D modely lze navíc pomocí virtuální reality využít k výuce předmětů, kdy pak není zapotřebí fyzicky vlastnit stroj či technické zařízení.

1 Pícniny

Pícniny patří mezi velmi důležité plodiny z hlediska zajištění krmivové základny pro hospodářská zvířata, kde se využívají jako základní zdroj kvalitních objemných krmiv. Obsah živin je závislý na botanickém složení porostu. Listnatější rostliny obsahují více bílkovin, fosforu a karotenu. Rostliny s vyšším podílem stébel a stonků zase obsahují větší množství vlákniny, ale zároveň nižší podíl ostatních živin. Výživová hodnota pícnin se v průběhu vegetačního období velmi rychle mění.

1.1 Rozdělení

Podle Pulkrábek et al. (2003) rozdělujeme pícniny podle několika skupin na:

1. **víceleté pícniny:** Jeteloviny, některé trávy a směsky. Uplatnění nacházejí v dočasných i trvalých travních porostech. Význam těchto víceletých pícnin, jakožto zdroje kvalitního krmiva a zúrodňující složky osevních postupů, neustále roste. Zejména jeteloviny mají nezastupitelný význam z důvodu zvyšování úrodnosti půdy, produktivity osevních postupů (stabilizace výnosu) a z hlediska celkové bilance dusíku v zemědělské výrobě. Mimo jiné pěstování některých druhů víceletých pícnin na orné půdě může plnit další významnou roli, kterou je dočasná „konzervace“ půdy.
2. **jednoleté pícniny:** Obilniny, luskoviny, luskovinoobilní směsky, krmné okopaniny aj. rozšiřují škálu a pestrost pícnin využitelných v krmných dávkách pro hospodářská zvířata. Spolu s víceletými pícninami zajišťují nepřetržité zásobování zvířat zejména konzervovanou, ale také čerstvou pící v průběhu celého vegetačního období.
3. **travní porosty trvalých luk a pastvin:** V našich podmínkách se jedná o sečné, pastevní nebo kombinované využití ploch. Na loukách a pastvinách se vytváří čerstvě zelená píce, která je směsí trav, jetelovin a dalších dvouděložných bylin. Část píce se konzervuje k zimnímu krmení. Výnosy z těchto druhů pícnin v současnosti velmi poklesly a velké množství luk a pastvin se již ani nesklízí.

1.2 Sklizňové podmínky

Sklizeň píce probíhá takřka po celou dobu vegetačního období. Největším problémem je riziko špatného počasí. Při špatném počasí a nevhodném způsobu sklizně, odrolem, nesebráním a nevhodnou konzervací mohou dosahovat ztráty sušiny na hmotě 15 %, živin až 50 % a vitaminů dokonce 100 %. Volbou vhodného sklizňového pracovního postupu a konzervací lze zabránit znehodnocení píce během jejího uskladnění.

Pícniny je potřeba sklízet v optimální zralosti, tedy v době, kdy je obsah vitamínů a živin maximální. Podle druhu a účelu jejich použití se doba sklizně liší. U vojtěšky dochází ke sklizni začátkem května, u jetele lučního červeného před začátkem kvetení a například u lučních travních porostů v období od počátku metání do začátku kvetení převládajících trav. Sklizeň jedné seče je nutné provést během 21 kalendářních dnů, ze kterých je přibližně 10 pracovních dnů vhodných ke sklizni. Pícniny se kromě rovinných oblastí a z oblastí se svahy do 12 ° sklízí také v horských a podhorských oblastech se svažitostí do 25 °.

Během sklizně je důležité provést ve vzájemné návaznosti tři druhy operací:

1. sečení,
2. úprava pícní hmoty,
3. uskladnění.

Velmi rozmanité jsou také vlastnosti porostů pícnin z hlediska sklizňových operací. Ty kolísají ve velmi širokých mezích a některé vlastnosti se mění se změnou vlhkosti. U tenkostébelnatých pícnin se výnos hmoty během jedné seče pohybuje od 15 do 50 t · ha⁻¹ při obsahu sušiny 15 až 45 % a výška rostlin bývá 150 až 1500 mm. U tlustostébelnatých pícnin je výnos do 80 t · ha⁻¹ se sušinou 15–85 % a výška do 3500 mm. Tloušťka stébel u tenkostébelnatých je 0,7 až 12 mm a u tlustostébelnatých pícnin do 50 mm. S tloušťkou stébel ve výši řezu souvisí řezný odpor. Ten je dán tvrdostí a houževnatostí pletiv.

Výška sečení má vliv zejména na velikost současné i následující sklizně. Nízké sečení působí negativně na obrůstání a na výnosy. Vysokým sečením se pak snižuje výnos, zvětšuje se hromadění stařiny a zhoršuje se další sklizeň. Sečení tenkostébelnatých pícnin je možné buď na řádky anebo na široko. Šíře řádku suchého nebo zavadlého materiálu se liší podle záběru shrnovače (Neubauer et al., 1989).

1.3 Sklizňové pracovní postupy

Pracovní postupy sklizně můžeme rozdělit podle několika měřítek. Nejběžnějším kritériem je stav píce při sklizni na poli. Můžeme je tak rozdělit následovně:

- sklizeň čerstvé zelené píce,
- sklizeň zavadlé píce,
- sklizeň sena,
- sklizeň píce na semeno.

1.3.1 Sklizeň čerstvé zelené píce

Podle Břečka et al. (2001) a Skládanka et al. (2014) se obsah sušiny čerstvé zelené píce pohybuje v rozsahu 15 až 30 %. Používá se k:

1. **dennímu krmení:** Píce je sklizena pomocí sklízecích řezaček. Řezanka je čistá a lze ji mechanicky rozpojovat a dávkovat. Díky tomu je možná plná mechanizace od sklizně až po samotné zkrmování.
2. **silážování:** Píce je upravována řezáním pomocí sklízecích řezaček a následně odvážena sběracími vozy. Při silážování je důležité dokonalé utužení a utěsnění ve skladovacím prostoru. Hlavním cílem konzervací krmiv je prodloužení uchovatelnosti krmiva při zachování výživové hodnoty a zdravotní nezávadnosti při minimálních ztrátách sušiny a energie. Na kvalitu siláže z polních pícnin má vliv výběr vhodného hybridu nebo odrůdy pro dané podmínky, hnojení, zdravotní stav porostu, délka řezanky, způsob sklizně a v období sklizně a zavádání pokosu má na kvalitu krmiva vliv také počasí. Během silážování je zapotřebí využít konzervační přípravky. Silážování může být prováděno pomocí silážních žlabů viz obrázek 1.1 (Skládanka et al., 2014), silážování na nezpevněných hromadách, nebo také pomocí poměrně nových technologií do vaků a obalovaných balíků.
3. **horkovzdušnému sušení:** Píce je sklizena sklízecími řezačkami a odvážena převážně s velkoobjemovou nástavbou. Z důvodu poměrně vysokých nákladů a energetických limitů se suší zejména kvalitní píce. Horkovzdušné sušení se provádí v bubnových sušárnách, které jsou stacionární nebo mobilní. Úsušky jsou zpracovávány na brikety, granule a moučku. Z důvodu lepšího využití přepravních prostředků je kladen důraz na krátkou stejnosměrnou řezanku.
4. **mechanické dehydrataci:** Píce se sklízí pomocí sklízecích řezaček a řezanka se drtí a lisuje. Výsledným produktem jsou výlisky, které se využívají jako krmivo. Vzniklá šťáva je pomocí chemických tepelných úprav zpracovávána na bílkovinné koncentráty.



Obrázek 1.1: Silážní žlab

1.3.2 Sklizeň zavadlé píce

Obsah sušiny zavadlé píce se pohybuje v rozsahu 25 až 70 %. Používá se k:

1. **senážování:** Senážování patří mezi nejrozšířenější metodu konzervace píce. Během senážování se sklízí píce s obsahem sušiny 30–50 % a píce je získávána přirozeným předsušením na poli. Ztráty sušiny jsou zde menší než při silážování čerstvé píce. Konzervace se zde provádí vytěsněním vzduchu v ochranné atmosféře oxidu uhličitého. Výsledným produktem je senáž. Posečení píce se provádí pomocí žacíh strojů, které mohou být doplněny o kondicionéry. Následně se píce obrací pomocí obracečů a po proschnutí se shrne na řádky shrnovačem. Odvoz je následně prováděn přívěsem s velkoobjemovými nástavbami, nebo je seno lisováno do balíků viz obrázek 1.2 (Skládanka et al., 2014).
2. **umělému ventilačnímu dosoušení:** Píce je nejdříve posečena pomocí žacíh strojů s kondicionéry a následně je pomocí obraceče několikrát obrácena. Dochází zde tak v první fázi k předsušení na poli. Po částečném proschnutí a zvýšení obsahu sušiny na 50 až 75 % se sklízí sběracími vozy a ukládá na různé typy dosoušecích provzdušňovacích zařízení, které zároveň slouží jako skladovací prostory. V druhé fázi se píce dosouší aktivní ventilací studeného nebo přehřátého vzduchu, dokud nedosáhne obsahu sušiny 80 až 85 %. Předsušení snižuje závislost na počasí a jsou zde menší ztráty odrolem, vyluhováním či mikrobiální činností. Doba předsušení se pohybuje okolo dvou až tří dnů (Břečka et al., 2001).



Obrázek 1.2: Slisovaný balík sena

1.3.3 Sklizeň sena

Obsah sušiny sklizeného sena se pohybuje v rozsahu 75 až 88 %.

Tento způsob patří mezi nejstarší a nejpřirozenější způsoby konzervace. V posečené píci probíhají během zavádání a vysychání procesy, které ovlivňují krmnou hodnotu.

Při produkci kvalitního sena je nutné respektovat, že pokosená píce patří k biologicky velmi aktivním materiálům a je nutné dodržovat celou řadu technologických zásad a doporučení. Ať už se jedná o způsob kosení, manipulaci s pokosem, ale také řízený režim skladování a aplikaci konzervačních prostředků.

Kvalita sena je mimo povětrnostních podmínek ovlivňována celou řadou dalších aspektů: druhem pícniny, botanickou skladbou, vegetačním stádiem, pořadí seče, použitou sklizňovou technikou, způsobem sklizně a také způsobem naskladnění.

Rozlišujeme zde dvě fáze:

1. **Zavadání:** Tato fáze trvá do odumření buněk posečené píce. Ta nastává vlivem ztráty vody z porušené povrchové vrstvy rostliny. Ztráty organické hmoty jsou zejména nemechanické povahy a vznikají dýcháním v čase zvedání.
2. **Dosušování:** Začíná odumřením buněk posečené píce, která nastává v píci trav při zvýšení obsahu sušiny na 45–55 %, v píci jetelovin poté na 35–40 %. Následně se obsah vody snižuje vypařováním. Během sušení na slunci vznikají ztráty vitamínů. Při srážkách také dochází ke ztrátám vyluhováním, některých částí živin a vitamínů. Se zvyšujícím se obsahem sušiny píce a vyšším mechanickým poškozením se ztráty zvyšují.

Během této sklizně se používají stejné operace a stroje jako při sklizni celé předsušené píce určené k ventilačnímu dosoušení. Jedná se o žací stroje doplněné o kondicionéry, obraceče a shrnovače píce. Píce se po posečení někdy až třikrát obrací. To se provádí hlavně tehdy, když obsah sušiny je nižší než 50 %. Z důvodu lepšího prosychání píce přes noc je vhodné jí shrnovat do řádků. Při dobrých povětrnostních podmínkách dosahuje upravená píce skladovacího obsahu sušiny 80 až 85 % během dvou až tří dnů. U neupravené píce se tato doba prodlužuje na tři až pět dnů. Jako skladovací prostory se využívají halové seníky viz obrázek 1.3 (Skládanka et al., 2014), věžové seníky, stodoly, kůlny, půdní prostory atd.

Z půdně klimatických podmínek má největší význam na rychlost sušení posečené píce zejména: teplota, vlhkost a rychlost proudění vzduchu, vlhkost půdy, výška strniště a použitý mechanizační prostředek (Břečka et al., 2001; Skládanka et al., 2014).



Obrázek 1.3: Halový seník

1.3.4 Sklizeň píce na semeno

Obsah sušiny píce sklizené na semeno se pohybuje v rozsahu 70 až 80 %.

Při sklizni píce na semeno se používají stejné pracovní stroje jako při sklizni obilnin. Podle Fríd a Vávra (2013) se sklizeň píce na semeno může provádět dvěma základními způsoby:

1. Přímá sklizeň semenných porostů sklízecí mlátičkou. Sečení je prováděno sklízecím adaptérem pro sklizeň obilovin a výmlat za pomoci sklízecí mlátičky. Mezi nevýhody přímé sklizně patří vysoké ztráty, vznikající vlivem vysoké vlhkosti sklizených trav. Následně je tak nezbytné umělé dosoušení sklizeného semene.
2. Posekání travního porostu žacíím strojem a po proschnutí sběr sběracím adaptérem a výmlat sklízecí mlátičkou. Semeno je možné bez nutnosti dalšího dosoušení rovnou uskladňovat. I tento způsob má své nevýhody. Mezi hlavní nevýhodu patří závislost na počasí, kdy po posečení porostu by mělo následovat nejlépe období bez srážek, aby došlo k potřebnému proschnutí.

Kromě těchto hledisek můžeme sklizňové pracovní postupy u pícnin dle Břečka et al. (2001) rozdělovat ještě podle několika jiných faktorů:

- podle hlavních strojů v lince,
- podle vhodnosti jednotlivých druhů pícnin,
- podle svažitosti pozemků.

2 Obraceče – shrnovače píce

Obraceče jsou stroje, jejichž úkolem je rovnoměrně rozhodit a načechrat pokos a zároveň také obrátit píci uloženou v řádku nebo na široko tak, aby vlhčí vrstvy, které jsou uloženy vespod, byly převráceny nahoru a tím rychleji vysychaly. Úkolem shrnovačů je shrnutí píce uložené na široko do jednoduchého nebo dvojitého řádku, či shrnout píci ze dvou řádků do jednoho a poskytnou dalším strojům kvalitní mechanizovaný sběr. Důležité je, aby během těchto operací nedocházelo ke znečišťování nebo mechanickému poškození (odrolu) píce.

Některé tyto stroje se vyrábějí jako jednoúčelové, používané např. pouze pro obracení a shrnovače ke shrnování nebo také víceúčelové (univerzální) neboli tzv. obraceče – shrnovače, které umožňují jak obracení, tak zároveň shrnování píce viz obrázek 2.1 (Agrico.cz, 2021).



Obrázek 2.1: *Univerzální obraceč – shrnovač píce*

U obracečů se požaduje malý záběr, aby docházelo ke kvalitnímu obracení. U shrnovačů se naopak vyžaduje co největší záběr a pokud možno bez předávání suchého materiálu. Obraceče a shrnovače se připojují k traktorům různých výkonů od 20 do 75 kW, záběr bývá 2–9 m a pracovní rychlost se pohybuje v rozmezí 3–12 km · h⁻¹. Je důležité, aby byl obraceč umístěn za traktorem a shrnovač před ním tak, aby nedocházelo k utlačování zpracované píce koly traktoru (Břečka et al., 2001; Neubauer et al., 1989).

Velká část výrobních podniků zaměřuje svou pozornost na zlepšení kvality práce obracečů a shrnovačů, zejména při práci na nerovném povrchu. Neustále dochází k řadě konstrukčních úprav zaměřených zejména k dosažení větších pracovních záběrů a jezdových rychlostí, které vedou k celkovému dosažení větších výkonností (Pastorek, 2002).

2.1 Rozdělení

Dle Neubauer et al. (1989) obraceče a shrnovače píce můžeme rozdělit do tří skupin podle:

Způsobu práce:

1. jednoúčelové,
2. víceúčelové.

Energetického prostředku:

1. potažní,
2. traktorové – přívěsné, návěsné a nesené čelní a zadní.

Konstrukce pracovního ústrojí:

1. bubnové s řízenými hrabicemi (prsty) – buben kosouhý nebo pravoúhlý,
2. paprskové s odvalovacími paprskovými koly,
3. kolové s řízenými hrabicemi,
4. dopravníkové s řízenými hrabicemi,
5. rotorové s neřízenými hrabicemi (obraceče) či s řízenými hrabicemi (shrnovače),
6. vidlicové.

2.2 Bubnové obraceče – shrnovače

Je zde obracecí buben, který je tvořený hrabicemi a k těm jsou přišroubovány pružné obracecí prsty.

Máme dva typy bubnových obracečů – shrnovačů:

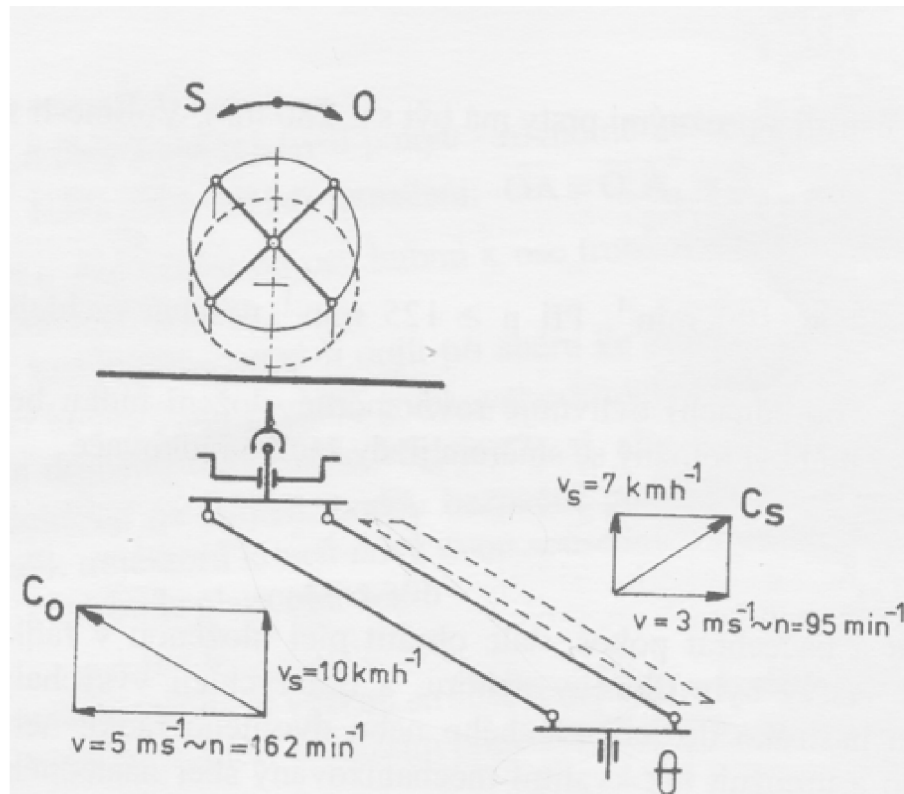
- pravoúhle,
- kosouhlé.

U bubnových obracečů s pravoúhlými bubny mohou mít pružné prsty obvodových hrabic:

- pevné postavené radiálně, buben je kolmý na směr jízdy,

- nakláněné,
- vedené paralelogramovým mechanismem (Roh et al., 1997).

V současné době se častěji využívá kosoúhlá konstrukce viz obrázky 2.2 (Břečka et al., 2001), kde je docíleno toho, že prsty zachovávají neustále stejnou polohu, dobře vystupují ze zpracovávaného materiálu a nedochází zde k nabalování materiálu k bubnu.



Obrázek 2.2: Schéma bubnového obraceče – shrnovače

Buben bývá čtyřramenný, postavený šikmo ke směru jízdy, bývá výškově polohovatelný a lze měnit směr otáčení, čímž dochází ke změně funkce mezi obracením a shrnováním. Poloha hrabic ve stálém směru je zajištěna pomocí výstředníkového mechanismu a úhel sklonu lze měnit v závislosti na tom, zda-li se jedná o shrnování nebo obracení.

Při obracení píce se buben otáčí proti směru hodinových ručiček s obvodovou rychlostí v rozsahu $4,5\text{--}6 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Hrabice zde nabírají píci před obracecím bubnem a spodem jí odhazují do boku, kde dochází k jejímu obracení.

Při shrnování se naopak buben otáčí ve směru hodinových ručiček s nižší obvodovou rychlostí, okolo $3 \text{ m} \cdot \text{s}^{-1}$. Hrabice píci hrnou před sebou, ta se posouvá podél bubnu a na konci dochází k vytváření řádku. Aby při práci nedocházelo k vynášení a namotávání sena na hrabice, bývají stroje vybaveny stíracím plechem.

Výhody:

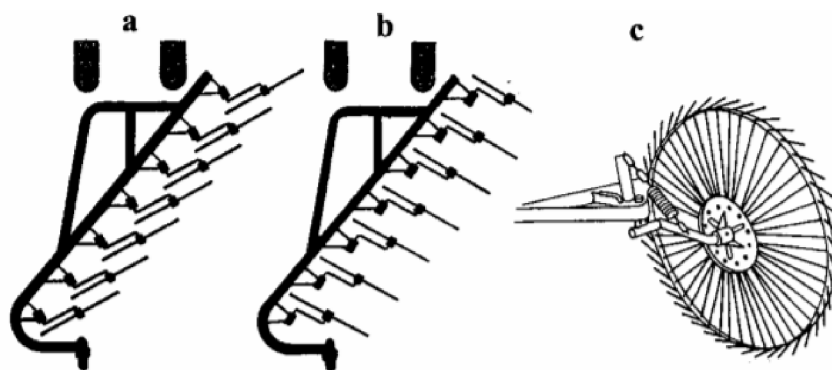
- šetrné zpracování píce.

Nevýhody:

- špatné kopírování terénu,
- malá výkonnost a s tím zhoršení kvality práce,
- konstrukčně složité (Břečka et al., 2001; Fríd a Vávra, 2013).

2.3 Paprskové obraceče – shrnovače

Paprskové obraceče a shrnovače jsou tvořeny rámem společně s lehkými paprskovými koly a pružnými ocelovými prsty, které jsou tangenciálně uspořádány po obvodu kola. Tato paprsková kola bývají jen výjimečně poháněna s pohonem od traktoru (klínovým řemenem). Nejčastěji se otáčejí třením o povrch půdy a jsou umístěna šikmo ke směru jízdy. Tato šikmá poloha má umožnit valení kola a odhoz píce požadovaným směrem, zda-li se jedná o obracení či shrnování viz obrázek 2.3 (Břečka et al., 2001).



Obrázek 2.3: Obraceč – shrnovač píce. a – shrnování, b – obracení, c – paprskové kolo

Paprskové obraceče dosahují při shrnování záběru 7,5 m a při obracení pak až 9 m. Při přepravě po pozemních komunikacích se kola zdvihají do svislé polohy. Obvodová rychlost je úměrná rychlosti pojezdové. Doporučené rychlosti jsou 10–12 m · s⁻¹ při obracení a mezi 5–8 km · h⁻¹ při shrnování (Břečka et al., 2001).

Výhody:

- spolehlivé a energeticky nenáročné,
- dobré kopírování nerovnosti terénu,
- lehké a levné.

Nevýhody:

- kvalita práce horší v porovnání se stroji s poháněnými orgány,
- znečištění pícniny,
- vytváření nepravidelných řádků (Pastorek, 2002).

2.4 Kolové obraceče – shrnovače

Tento obraceč je tvořen 3–5 hrabíčovými koly postavenými šikmo za sebou. Kola mohou mít průměr 1250–1500 mm, otáčí se kolmo ke směru jízdy a tím i odhazují píci ve stejném směru. Aby nedocházelo ke zvedání a vyhazování píce do výše při rotaci kola pomocí prstů, jsou tyto prsty vedeny podobně jako přiháňky a přiháňče. Tím je docíleno šetrného zacházení s materiálem.

Kola jsou výškově nastavitelná a lze měnit směr jejich otáčení. Píce je obracena nebo shrnována pomocí pružných prstů. Ty jsou přišroubovány v 6–8 řadách po obvodu kol.

Během obracení se kola otáčí ve směru hodinových ručiček, prsty píci odhazují vlevo ve směru jízdy a každé kolo pracuje zcela samostatně. Při shrnování dojde ke změně smyslu otáčení kol, prsty píci shrabují vpravo ve směru jízdy a předávají jí dalšímu kolu. Schéma obraceče je na obrázku 2.4 (Břečka et al., 2001).

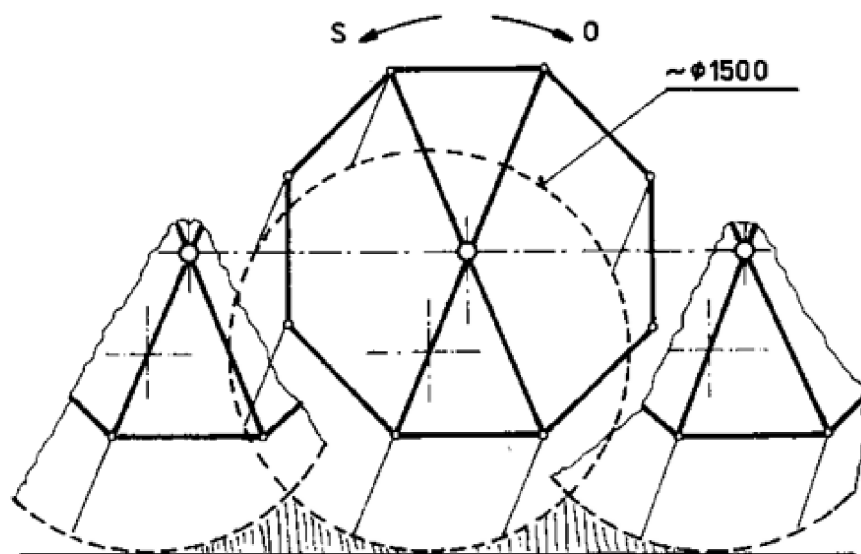
K tomu, aby docházelo k dobrému vytváření řádku napomáhá plechový štít nebo také clona, či rošt, který je umístěn za posledním kolem. Výšková poloha je nastavitelná pomocí kol, která jsou umístěna na rámu stroje.

Výhody:

- zpracování silné vrstvy píce.

Nevýhody:

- ztráty 6 až 10 % vlivem špatného shrnutí a odrolu,
- složitost,
- velká hmotnost.



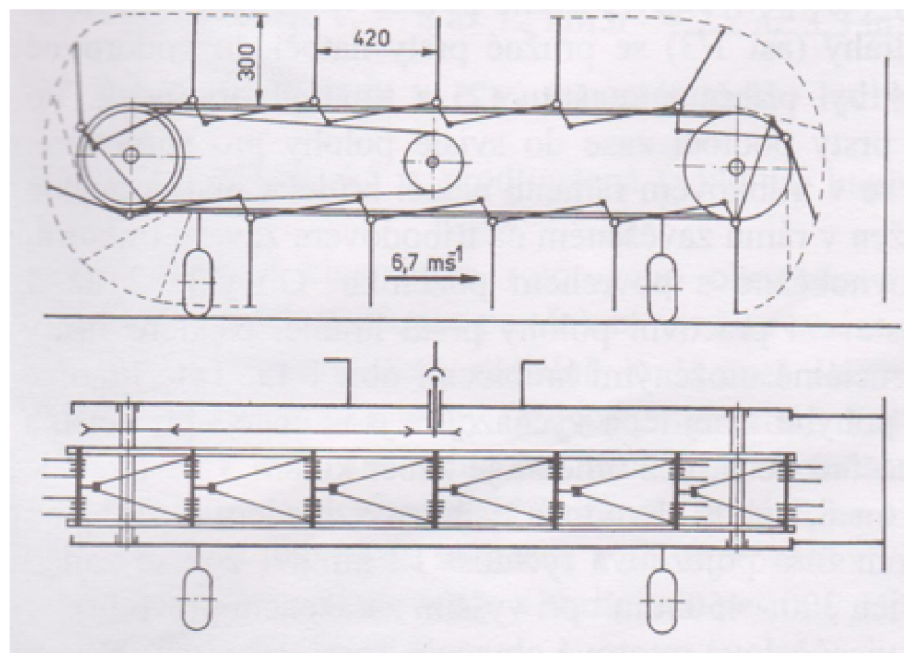
Obrázek 2.4: Schéma kolového obraceče – shrnovače

2.5 Dopravníkové obraceče – shrnovače

Dopravníkové obraceče – shrnovače jsou stroje, které mají aktivní pohon pracovního nástroje. Pružné prsty jsou připevněny ke dvojici klínových řemenů nebo řetězů a pohybují se rovnoměrně s povrchem země. Vzájemné propojení hrabic je provedeno pohyblivými vzpěrami a k těmto hrabicím jsou přišroubovány nejčastěji dvě shrnovací pružiny. Zvláštní způsob vedení zajišťuje, aby nedocházelo ke zvedání píce a jejímu nabalování na dopravník.

Po odhození materiálu dochází k tangenciálnímu sklopení prstů a změna polohy do směru kolmého na horní větev dopravníku probíhá opět v horní poloze.

Dopravníkové obraceče – shrnovače bývají také doplněny o záchytnou clonu nebo rošt. Při obracení se používají vyšší rychlosti, než u shrnování. Schéma dopravníkového obraceče – shrnovače viz obrázek 2.5 (Břečka et al., 2001).



Obrázek 2.5: Schéma dopravníkového obraceče – shrnovače

Výhody:

- jednoduchá konstrukce,
- bezporuchový provoz,
- velmi dobré a šetrné shrnování píce.

Nevýhody:

- horší obracení píce,
- špatné kopírování povrchu,
- malý záběr.

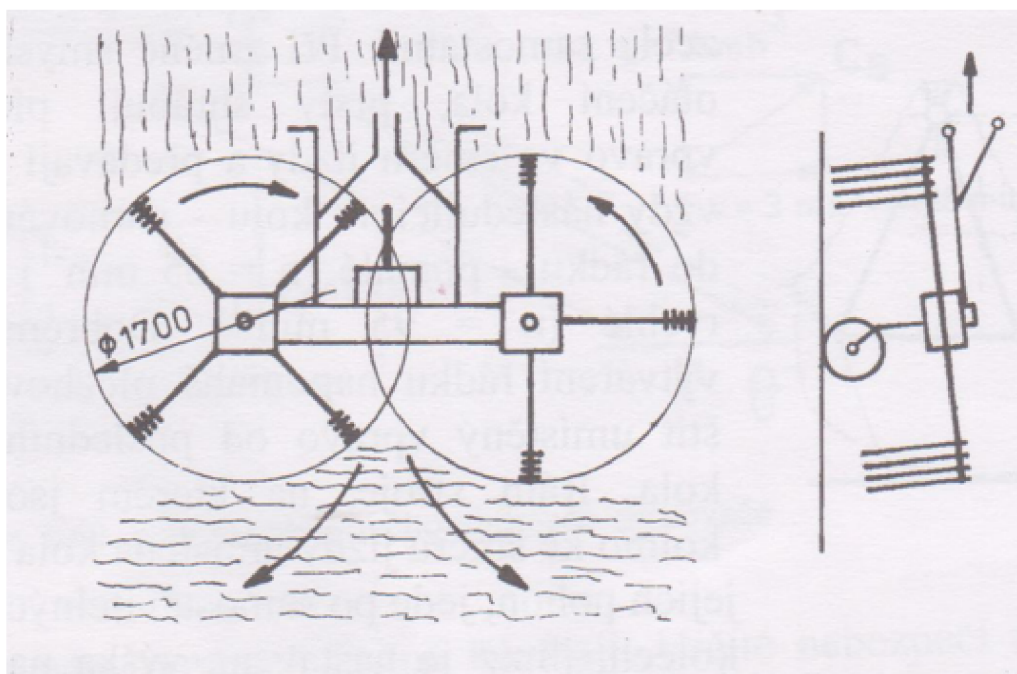
2.6 Rotorové obraceče

Rotorové obraceče jsou jedny z nejpoužívanějších obracečů. Jedná se o jednoúčelové stroje, které slouží k obrácení pokosu nebo k rozhazování řádků píce, avšak neshrnují pokosy na řádky.

Pracovní ústrojí těchto strojů je tvořeno otáčejícími se rotory. Z důvodu lepšího obracení se využívají dva rotory, které se otáčejí proti sobě. Uložení rotorů bývá kolmo ve směru jízdy a mají 4–6 ramen, ke kterým jsou upevněny pružné dvojprsty, které tvoří pevnou a neřízenou hrabici. Rotory jsou podepřeny výškově stavitelným opěrným kolem. Jeden stroj má většinou 1–5 dvojic rotorů. Tyto rotory bývají předkloněny o 15° a to je provedeno změnou délky regulačního táhla hydraulického závěsu viz obrázek 2.6 (Břečka et al., 2001).

Pohon rotorů je zajištěn od vývodového hřídele traktoru pomocí kloubového hřídele přes pojistnou spojku a převodové ústrojí. Následně je veden na předlohovou hřídel, ze které vede přes kuželové soukolí až k rotorům. Během obracení hrabice opisují prodloužené cykloidy a při tom zachycují píci ležící na zemi. Ta je vlivem velké obvodové rychlosti odhazována do stran a za sebe. Obvodová rychlost hrabic se pohybuje mezi $11,5\text{--}15,5\text{ m}\cdot\text{s}^{-1}$.

Ačkoliv jsou tyto stroje vyráběny ve velké míře jako jednoúčelové, v zahraničí se ojediněle vyrábí také víceúčelové rotorové obraceče – shrnovače, které umožňují jak obracení, tak shrnování. Nejčastěji jsou konstruovány jako traktorové v dopravní poloze nesené a v pracovní poloze návěsné. Tyto víceúčelové stroje mají vyšší obvodové rychlosti rotorů, díky kterým je možné využít i vyšší pojezdové rychlosti a tím dosáhnout větší výkonnosti (Břečka et al., 2001; Fríd a Vávra, 2013).



Obrázek 2.6: Schéma dvourotorového obraceče

2.7 Vidlicové obraceče

Vidlicový obraceč je tvořen vidlicemi, které jsou pružně připojeny k nosníku vidlic uloženým na klikovém hřídeli. Vidlice jsou jejich vrchními konci připojeny přes další články k rámu stroje. Jedná se v podstatě o čtyřkloubový čtyřčlánek, jehož články mají délku různých rozměrů.

Píce je odhazována dozadu vidlicemi, které se pohybují vzhledem ke stroji po elipse. Vyrábí se ve velké míře pro jednoosé traktory (Roh et al., 1997).

3 CAD systémy

Zkratka CAD, jinak také computer aided design (počítačová podpora konstruování) je jednou z oblastí pro široké použití výpočetní techniky v praxi. Se stále se rozvíjejícím průmyslem roste také složitost a komplikovanost navrhovaných součástí, kde již není moc možností k improvizaci. CAD technologie umožňují náhradu rutinní práce konstruktérů. Cílem těchto aplikací je zejména nahrazení klasického kreslení na rýsovací desce efektivnějším způsobem, umožňující poměrně jednoduchou tvorbu a úpravu výkresové dokumentace.

CAD programy umožňují konstruktérům zvýšit produktivitu tvorby výkresové dokumentace a také možnost vytvoření geometrie objektů přibližující se realitě. Na vytvořených modelech je pak možné provést řadu úprav a snadno odvodit jejich technické parametry.

Výhodou počítačových modelů je jeho další návaznost související s dalšími technologickými činnostmi, analýzami a výpočty (Fořt a Kletečka, 2014).

CAD systémy spadají do technologií označujících se jako CAx, přičemž tato konkrétní technologie nachází v současné době největší uplatnění zejména ve strojírenství a také v elektrotechnice.

Mezi další CAx technologie můžeme zařadit:

- CAM – Computer Aided Manufacturing (počítačem podporovaná výroba),
- CAE – Computer Aided Engineering (počítačem podporované výpočty - FEM),
- CAQ – Computer Intergarted Quality (počítačem podporovaná kontrola kvality),
- CAP – Computer Aided Programming (počítačem řízená technologie procesů),
- CAPP – Computer Proces Planning (počítačem podporované plánování procesů).

3.1 Historie CAD systémů

Historie CAD systémů se datuje až do 60. let 20. století. Tehdy letecké, spolu s elektrotechnickými a automobilovými společnostmi, se snažily najít nové cesty, jak zefektivnit vývoj a výrobu a uvědomovaly se, že bez použití modernějších technologií a počítačů to půjde jen velmi těžce (Tlustoš, 2015).

Začátky kreslení na počítači se však datují ještě několik let zpět, kdy bylo v roce 1950 vynalezeno světelné pero. Obraz, který byl vytvořen zůstával elektrostaticky zachycen na stínítku obrazovky, která sloužila také jako paměť. Toho se ujala také armáda, která

vynález světelného pera začala využívala u radarového systému SAGE u protivzdušné obrany.

V roce 1960 se Ivan Suherland, pracující tehdy v MIT (Massachusetts Institute of Technology) rozhodl svojí dizertační práci zaměřit na aplikaci počítačů v počítačové grafice a návrhu. Projektem byl první kreslicí CAD software, který je považován za počátek CAD systémů. Tento velmi inovativní systém (avšak ve srovnání s dnešními softwary velmi primitivní) dostal název „Sketchpad“ a komunikoval s počítačem graficky pomocí pera, kterým se kreslilo na monitor počítače.

Vzhledem k vysoké pořizovací ceně prvních produktů společně se specifickými strojírenskými požadavky při výrobě letadel a automobilů, byly prvními komerčními uživateli těchto CAD softwarů právě tyto společnosti. Softwarové systémy CAD první generace byly obvykle 2D kreslicí aplikace vyvinuté často ve spolupráci s univerzitními výzkumníky, které byly určeny zejména k automatizaci u opakujících se kreslicích prací. Jedním ze spoluautorů takového CAD systému s názvem DAC byl i Dr. Hanratty ve výzkumných laboratořích General Motors.

Díky stále se rozvíjejícím technologiím a vývoji nových počítačů bylo v 70. letech 20. století na trhu již několik CAD systémů. V 80 letech se pak začínalo objevovat modelování těles s trojrozměrnou grafikou. Docházelo k vývoji kreslicích softwarů schopných provozu na méně výkonných počítačích. V té době vznikly první grafické editory typu VersCAD, AutoCAD, CADkey atd. V roce 1988 se objevil produkt PTC Pro/Engineer. V 90. letech na trh díky neustálému vývoji vstoupily některé nové společnosti jako např.: Unigraphics, SolidEdge, SolidWorks atd.

V současnosti jsou CAD systémy přístupné takřka na všech počítačích s dostatečnou operační pamětí a grafickou kartou. Systémy jsou využívány v mnoha oborech a i díky možnostem analýz a simulací jsou neodmyslitelnými a velkými pracovními pomocníky. Neustále dochází k jejich zdokonalování a rozšiřování o nové moduly (CADAZZ, 2004; Kučera, 2002).

3.2 Rozdělení

CAD systémy můžeme rozdělit podle rozsahu a účelu použití na:

- malé CAD systémy,
- střední CAD systémy,
- velké CAD systémy.

3.2.1 Malé CAD systémy

Jedná se relativně o levné software systémy podporující tvorbu 2D objektů, náčrtů a také produkci výkresové dokumentace. Jsou zde velmi omezené možnosti dalšího programování a rozšiřování. Mezi tyto systémy patří např.: AutoCAD LT, CorelCAD nebo Autoskatch jejichž cena se pohybuje v řádu do 30 tisíc korun.

3.2.2 Střední CAD systémy

Do této skupiny řadíme systémy, které umožňují úplnou podporu 2D modelování, ale částečně už i 3D. Vyznačují se otevřenou architekturou a spolupracují s dalšími programy. Lze je využít jak pro tvorbu výkresové dokumentace, tak pro vytváření dalších podkladů pro marketingové oddělení a vytváření základních geometrických těles. Jedná se např. o: AutoCAD, Fast CAD, MicroStation. S možnostmi těchto softwarů roste také jejich cena. Ta se v závislosti na licenci, pohybuje do sta tisíc korun.

3.2.3 Velké CAD systémy

Jsou to systémy určené zejména k vývoji produktů na vysoké úrovni umožňující plné 3D modelování. Z těchto modelů se vytváří sestavy a výkresové dokumentace. Obsahují již pevnostní analýzy FEM sloužící k simulaci průběhu napětí, deformací, proudění tekutin atd. Některé společnosti nabízejí možnosti rozšíření o CAM systémy. Vyžívány jsou zejména v automobilovém a leteckém průmyslu. Se složitostí těchto systémů se zvyšuje také jejich cena, pohybující se v řádu statisíc korun. Mezi velké CAD systémy patří např.: Autodesk Inventor, Catia, Pro/engineer, Siemens NX (Unigraphics) (Novotný, 2013; Peterka, 1998; Procházka, 2012).

3.3 AutoCAD

AutoCAD je jeden nejznámějších a nejrozšířenějších 2D a 3D CAD editorů na světě, na který se konstruktéři, projektanti, ale také a architekti spoléhají při tvorbě přesných výkresů. Tento program je produktem americké společnosti Autodesk. Funguje zejména pro 2D modelování a od roku 1982, kdy byla vydána první verze AutoCADu, prošel mnohými vylepšeními. Mezi ně patří velké množství nástavbových aplikací, jako např.: AutoCAD Civil 3D, AutoCAD Plant, AutoCAD Architecture atd.

Základním formátem výkresů je formát DWG, který se stal v současnosti standardem a je nejvíce rozšířen při přenosu dat mezi ostatními uživateli. Díky technologii TrustedDWG má pak uživatel jistotu kompatibility dat. Tato technologie je zde využívána integrovaně k ukládání, sdílení ale také uchovávání integrity pracovních dat.

AutoCAD nabízí dvě jeho základní verze:

- plná verze AutoCAD,
- AutoCAD LT (Light).

Lehká verze se od plné liší zejména tím, že v ní není možné provádět 3D modelování. Je také ochuzena o materiály, výpočty, renderování, či umístění ovládacích prvků na kreslicí ploše. Co se týče připojení, není u něj podpora 3D tisku nebo import dat CAD třetích stran. Neobsahuje také síťové licencování či záznamník akcí. To jsou však jen některé chybějící funkce u tohoto typu AutoCADu. I přes tyto nedostatky se však díky jeho velmi přívětivé ceně najde řada odběratelů, u kterých nachází stále své uplatnění (AutoCADblog.cz, 2020).

AutoCAD obsahuje řadu specializovaných sad nástrojů, které zvyšují produktivitu a šetří čas. Jedná se například o sadu nástrojů Mechanical, která nalézá velké uplatnění ve strojírenství. Díky více než 700 000 inteligentních součástí a prvků je možné navrhovat

Inventor pracuje se třemi verzemi:

- Inventor,
- Inventor Professional,
- Inventor LT.

Inventor Professional umožňuje oproti základní verzi Inventoru provádění pevnostní analýzy, vytváření potrubních systémů a kabelových svazků. Inventor LT nebo „Limited technology“ je omezenou verzí, která neumí pracovat se sestavami dílů, pracuje s určitým omezením při tvorbě plechových dílů, neobsahuje knihovnu součástí a stejně tak neumí provádět pevnostní a dynamické analýzy. Nelze zde pracovat ani s trubkami, potrubím či kabely a svazky. Od listopadu 2020 však společnost autodesk nenabízí nové předplatné pro Inventor LT a verze 2022 není k dispozici. Společnost nabízí pouze podporu ke staršímu typu softwaru do konce platnosti servisní smlouvy. V současné době je tak k dispozici pouze Inventor Professional.

Stejně tak jako AutoCAD je i Inventor licencován formou předplatného. Cena Inventoru Professional 2022 s licencí na 3 roky je aktuálně 198 289 Kč (Autodesk, 2021b; Inventorblog, 2019).

3.5 SolidWorks

SolidWorks od společnosti Dassault Systemes byl vyvinut v 90. letech 20. století a patří na českém trhu mezi jedny z nejpoužívanějších 3D CAD programů ve strojírenství a to zejména díky jeho snadnému a přehlednému ovládání a velmi intuitivnímu uživatelskému rozhraní. Jedná se o jediný CAD systém na českém trhu, který je přímo od výrobce kompletně lokalizován.

Jedná se o parametrický 3D systém, který uživateli nabízí výkonové i objemové plošné modelování, vertikální nástroje pro plechové díly, svařence, práci s velmi rozsáhlými sestavami či automatické generování výkresů.

SolidWorks je dostupný ve třech základních verzích:

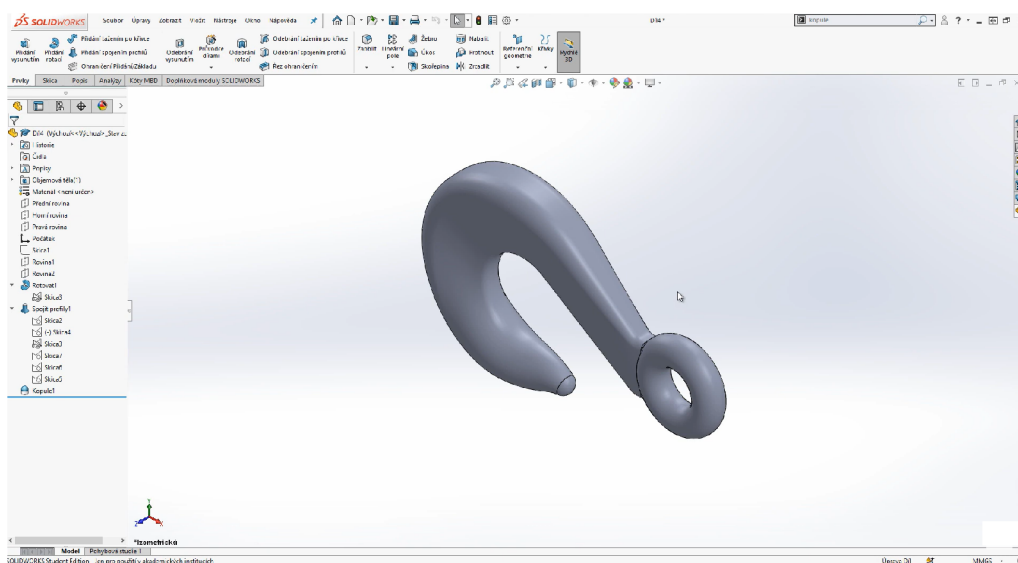
- SolidWorks Standard,
- SolidWorks Professional,
- SolidWorks Premium.

SolidWorks Standard je základním 3D CAD softwarem, umožňujícím vytváření modelů viz obrázek 3.2 a výkresů bez omezení. Je možné navrhovat plechové díly s možností tvorby roviny či také vytvářet konstrukce z profilů, svařované konstrukce a další. Verze Professional uživateli nabízí efektivnější práci díky funkcím jako je knihovna normalizovaných dílů či základnímu nástroji pro správu dokumentů (PDM), umožňující spravování společných dat mezi konstruktéry. Mezi další nástroje v této verzi patří PhotoView 360, eDrawings nebo Design Checker. Verze Premium je rozšířená o možnosti provádění pevnostních výpočtů a simulací, simulací proudění kapalin a plynů nebo o doplňkový modul

Routing k automatickému vytváření tras hadic, trubek nebo potrubí a kabelů. Dalším pomocníkem v této verzi mimo jiné také nástroj Costing k výpočtu předpokládaných nákladů na zařízení.

Kromě těchto verzí společnost rovněž nabízí i zdarma výukové verze softwaru pro studenty s běžnou licencí na jeden rok, kterou lze každoročně po dobu studia obnovovat.

Ceny produktů jsou velmi individuální, neboť každému zájemci se vytváří cenová nabídka podle konkrétních požadavků. Možné je také dokoupení nadstaveb nebo rozšíření o doplňkové aplikace (SolidVison, 2021).



Obrázek 3.2: 3D model v programu SolidWorks

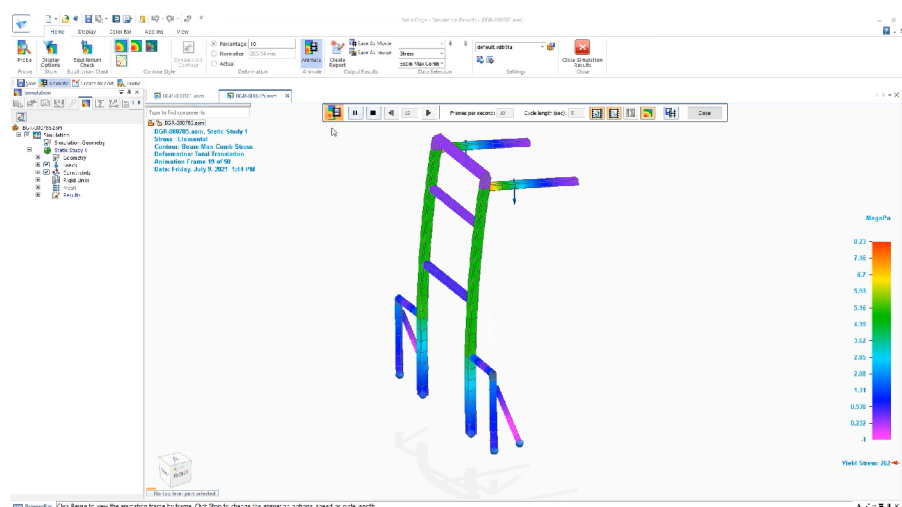
3.6 Solid Edge

Solid Edge je 3D CAD systém od společnosti Siemens PLM software, jehož první vydání bylo představeno roku 1966 a v současné době pomocí synchronní technologie umožňuje rychlé navrhování výrobků, provádění revizí a vylepšuje opakovaně používání dat návrhů. Prostřednictvím rychlejší tvorby 2D výkresů, prvotřídního navrhování plechových součástí, flexibilního modelování jednotlivých součástí a sestav, skvělého renderování a také mobility, umožňuje software lépe navrhovat výrobky. Je primárně určen pro návrh strojnických konstrukcí, ale uplatnění nachází i v dalších průmyslových odvětvích jako např.: zařízení pro zpracování potravin, návrh zemědělských strojů, návrh vybavení pro energetiku a technické sítě či návrhu zdravotnických zařízení.

Solid Edge uživatelům kromě rychlého modelování také umožňuje vytvářet plechové díly, rámy a příhradové konstrukce, svařence, potrubní systémy. Dále je zde možné provádět simulace a pevnostní analýzy pomocí metody konečných prvků (FEM) viz obrázek 3.3 (Siemens, 2021a), či analýzu výpočetní dynamiky kapalin (CFD), navrhovat a simulovat elektronické systémy a mnoho dalšího.

Stejně jako většina společností, i Siemens nabízí Solid Edge v několika verzích. První verzí je Solid Edge Design and Drafting, která je určena pro základní modelování a tvorbu 2D dokumentace. Cena roční licence se pohybuje okolo 790 eur. Další verzí je Solid

Edge Foundation, která je určena pro konstrukční až designové modelování. Její roční licence stojí 2 190 eur. Třetí verzí je Solid Edge Classic, která je vhodná už pro pokročilé modelování a pro tvorbu komplexních digitálních prototypů obsahujících základní FEA simulace. Cena této licence je 2 620 euro za rok. Čtvrtou, nejlepší verzí, je verze Solid Edge Premium, která je určena pro nejsložitější návrhy včetně vytváření potrubí, kabeláže a také kompletní FEA simulace. Roční licence stojí 3 620 eur. Možné je i získání pouze měsíční licence, jejíž cena se pohybuje od 90 až do 400 eur. Kromě toho Siemens nabízí vzdělávací licenci, kterou mohou studenti, učitelé a další pracovníci škol využívat zcela zdarma po dobu jednoho roku a je možné jí každoročně po dobu studia prodlužovat (Siemens, 2021a).



Obrázek 3.3: Pevnostní analýza v programu Solid Edge

3.7 Catia

Catia patří mezi světovou špičku CAD/CAM/CAE systémů. Její vývoj začal v roce 1977 francouzskou firmou Dassault Systèmes, která tento software stále vlastní a vyvíjí. Původně byl vyvinut pro použití při návrhu stíhacího letounu Dassault Mirage (Patel, 2021).

Technologie nabízí velké množství řešení, která jsou integrovaná do jednotného prostředí pro všechny aspekty a obory. Systém umožňující prvotřídní 3D parametrické modelování a simulace je využíván při návrhu velmi složitých strojírenských výrobků. Jeho využití můžeme nalézt zejména v leteckém a automobilovém průmyslu po celém světě, kde ho využívají světový výrobci jako např.: Boeing, BMW, Audi a mnoho dalších.

Mezi jeho přednosti patří provázanost na PLM systémy, podpora bezvýkresové výroby, práce ve 3D založené na jednotné databázi či velmi dobré zajištění spolupráce v týmech mezi konstruktéry.

Společnost Dassault Systèmes nabízí Catii v několika verzích, a to V4, V5 a nejnovější V6. Nejpoužívanější verzí je Catia V5, která pracuje ve 3 platformách označených P1 až P3, a zaměřuje se na specifické potřeby a požadavky zákazníka.

Platforma P1 se zabývá základním modelováním pro malé a středně procesně orientované zákazníky. Platforma P2 nabízí plný produkt přinášející klasické 3D prostředí pro modelování součástí a generování výkresů spolu s převodníkem sloužícím ke komunikaci s ostatními CAD systémy. Platforma P3 poskytuje nejvyšší úroveň programu s velmi

specializovanými aplikacemi, nástroji a pevnostními analýzami v rámci sestav (Dytron, 2016).

Pomocí Catie V5 můžeme vytvářet jakoukoliv 3D sestavu pro celé spektrum strojírenských procesů a aplikací. Umožňuje modelování plechových dílů, forem pro vstřikování plastů, kinematických mechanismů, ohýbaných součástí a obsahuje předdefinované procesy, které konstruktérům pomáhají zvyšovat produktivitu při navrhování nových výrobků (Technodat, 2019).

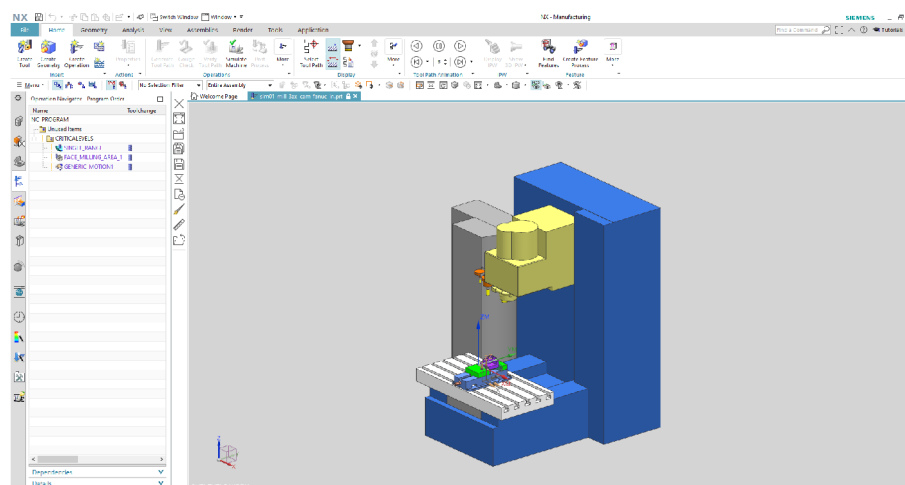
Ceny těchto produktů se liší v závislosti na druhu licence a jsou rozděleny tak, aby vyhovovaly požadavkům konkrétního zákazníka. Ceník jednotlivých verzí k dispozici není, avšak orientačně se cena tohoto systému pohybuje v řádu statisíc korun. Kromě toho společnost nabízí také zdarma vzdělávací studentskou verzi (DassaultSystemes, 2021).

3.8 NX

NX, dříve také Unigraphics, je 2D a 3D CAD systém od společnosti Siemens PLM Software, jehož vývoj se datuje do 70. let 20. století. Jedná se o jeden z prvních produktů pro 3D modelování.

3D parametrické konstruování je zde postaveno na jádře Parasolid, které uživatelům nabízí stabilní platformu k vytváření objemových i plošných 3D modelů. Parasolid umožňuje využívat synchronní technologii, která zvyšuje flexibilitu. NX podporuje všechny aspekty vývoje výrobku od návrhu konceptu, přes konstrukci, až po výrobu a poskytuje integrovanou sadu nástrojů.

Mimo klasických funkcí, jako je vytváření 3D modelů, sestav viz obrázek 3.4 a výkresů, obsahuje NX velkou řadu dalších funkcí. Mezi ty patří Convergent Modeling, modelování tištěných plošných spojů a integrace ECAD systému, nástroje pro návrh kabelových svazků a potrubních systémů nebo Mechatronic Concept Designer, který urychluje vývoj produktů, obsahující kombinace mechanických, elektronických a softwarových prvků. Dále pak například modul Progressive Die Wizard sloužící pro tvorbu postupových nástrojů. Mimo jiné systém umožňuje provádět pevnostní analýzy a simulace, programování CNC obráběcích strojů či vytváření modelů pro 3D tisk (Axiom, 2021).



Obrázek 3.4: Sestava v programu NX

Společnost Siemens PLM Software nabízí velké množství licencí na systém NX. Podle rozdílných požadavků, které zákazník očekává se liší i cena. Ta se pohybuje od desítek až po stoky tisíc korun ročně. Jako u předešlých CAD systému i Siemens PLM Software nabízí NX ve studentské verzi zdarma po dobu jednoho roku (Siemens, 2021b).

3.9 Fusion 360

Fusion 360 je 3D CAD/CAE/CAM systém od společnosti Autodesk. Tento typ softwaru, který je první svého druhu na světě, je založen na cloudové technologii, pomocí které lze propojovat konstruktéry a komunikovat v reálném čase.

Systém umožňuje přímé, parametrické, síťové i volné modelování. Lze vytvářet objemová tělesa, ke kterým má uživatel plnou historii úkonů a kdykoliv se může vrátit zpětně ke kterémukoliv předchozímu kroku. Všechny provedené změny se automaticky aktualizují a promítnou se v modelu. Mezi hlavní výhody softwaru patří kvalitní CAD nástroje, okamžitá asociativita s CAD modelem či vysoká flexibilita obrábění. Fusion nabízí celou řadu aplikací. Obsahuje jednotné nástroje elektronických součástí a desek s plošnými spoji, integrované CAD + CAM nástroje umožňující adaptivní obrábění, soustružení a frézování, ale i velmi kvalitní vytváření plechových součástí. Systém nabízí simulační nástroje založené na principu MEP (metody konečných prvků), které jsou nedílnou součástí úspěšného konstrukčního návrhu. I díky celé řadě pokročilých nástrojů, do nichž spadá například práce s komponenty a vytváření komplexních sestav, které lze následně rozpohybovat a vypočítat jejich vzájemné síly či tvorba animací a prezentací, patří Fusion mezi jedny z nejoblíbenějších CAD systémů na trhu a jeho popularita neustále roste.

Autodesk nabízí Fusion 360 v několika verzích. V závislosti na požadavcích uživatele se může lišit i cena produktu. Přesto však tento software patří mezi jedny z nejlevnějších na trhu. Plnohodnotná licence stojí ročně 53 718 Kč. Autodesk mimo jiné nabízí i několik nezaplatněných licencí. Mezi ty patří kutilská licence, vydávaná na 1 rok zdarma. Ta je oproti plné verzi omezená a slouží pouze pro nekomerční hobby kutilské potřeby. Studentům základních, středních a vysokých škol nabízí edukační licence a začínajícím firmám společnost při splnění požadovaných kritérií nabízí zdarma plnohodnotnou start up licenci (Adeon, 2021).

4 Metodika a cíl práce

Cílem diplomové práce je rozbor problematiky týkající se daného tématu a následná tvorba 3D modelu obraceče píce. Model bude konstruován ve studentské verzi CAD programu SolidWorks 2021. K vytvoření modelu budou využity prvky pro vytváření součástí a sestav. Vytvořený model bude sloužit k výuce technických předmětů na Fakultě zemědělské a technologické Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích.

Metodika práce bude spočívat v získání teoretických informací daného tématu, které budou využity při tvorbě 3D modelu obraceče píce. Nejdříve bude důležité naměření reálných rozměrů vybraného typu obraceče společně s fotodokumentací, které budou sloužit jako předloha pro realizaci modelu. Rozměry, které nebudou změřeny bude nezbytné navrhnout tak, aby co nejvíce odpovídaly skutečným hodnotám a model byl co nejrealističtější.

Následně bude stanoven postup při modelování jednotlivých dílů. Po vymodelování všech dílů bude vytvořena sestava obraceče. Závěrem bude u jednotlivých komponentů určen materiál, případně budou zbarveny, čímž vznikne finální podoba obraceče píce.

5 Tvorba 3D modelu obraceče píce

Pro tvorbu 3D modelu byl zvolen ruční dopravníkový obraceč píce. Inspirací pro vytvoření modelu byl obraceč typu SO 160 od Agrostroje Jičín, rok výroby 1985 (viz obrázek 5.1). Stroj je používán převážně v létě pro domácí použití při obracení píce, avšak uplatnění může najít celoročně. Na podzim ke shrabávání listů a v zimě lze stroj doplnit o lopatky na odklizení sněhu. Na tomto obraceči byly změřeny všechny základní rozměry, které byly následně využívány při tvorbě 3D modelu. Při modelování byly také využívány strojírenské tabulky a to zejména kvůli ISO normám (ČSN a DIN) pro některé součásti, aby byl 3D model co nejuvěrnější. Šíře záběru 3D modelu je 160 cm.

K vytvoření 3D modelu obraceče píce byla díky studiu na Jihočeské univerzitě v Českých Budějovicích využita studenská licence softwaru SolidWorks 2021 od společnosti Dassault Systèmes.



Obrázek 5.1: *Obraceč píce – typ SO 160*

5.1 Použitý hardware

Model obraceče píce byl vytvořen na přenosném počítači značky Dell Vostro 3510.

Technické parametry NTB:

- Procesor: Intel Core i5-1135G7 (8MB vyrovnávací cache paměť, 2,4 až 4,2 GHz, 4 jádra)
- Paměť: 16 GB (2x 8GB) 3200 MHz DDR4
- Operační systém: Windows 10 Pro
- Kapacita disku: 512 GB SSD PCIe M.2
- Grafická karta: Nvidia GeForce MX 350 2GB GDDR5

5.2 Hlavní díly a sestava obraceče

Tvorba modelu obraceče píce byla časově velmi náročná. K dispozici nebyla žádná výkresová dokumentace, a tak bylo zprvu důležité změřit základní rozměry (délka, šířka, průměry a osová vzdálenost řemenic apod.) a vytvořit fotodokumentaci reálného obraceče. Zjištěné rozměry a fotodokumentace sloužily jako předloha ke tvorbě 3D modelu. Rozměry k dílům, které nebylo možné změřit, nebo byly změřeny jen částečně, byly navrhovány tak, aby do sebe všechny díly v sestavě pasovaly a 3D model mohl být vytvořen. Při tvorbě jednotlivých dílů bylo potřeba rozměry až do finální podoby obraceče velmi často upravovat.

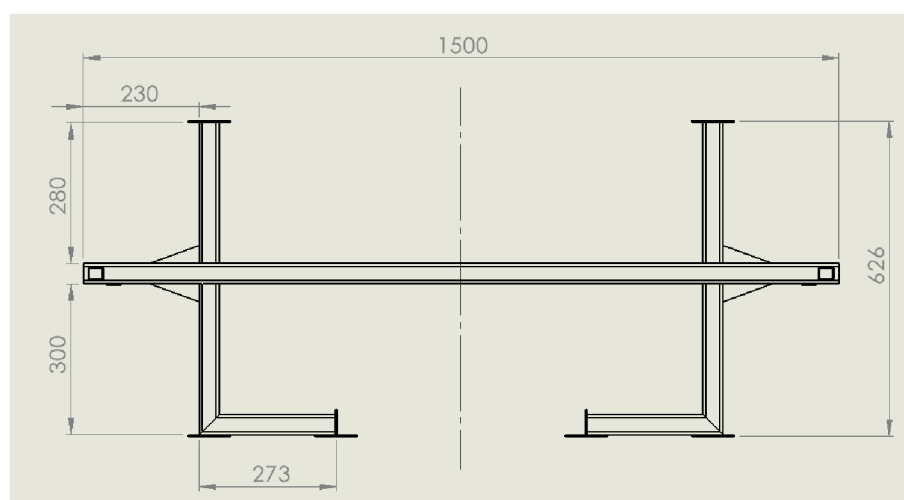
Sestava obraceče není tvořena žádnou podsestavou, kterou lze v programu SolidWorks tvořit a vkládat následně do jedné sestavy. Jedná se tedy o jednu poměrně větší sestavu složenou z několika dílů.

Hlavní díly:

- rám obraceče,
- uložení hřídele řemenic s vodícím prvkem,
- řemenice a řemeny,
- hřídele,
- hrabice,
- boční kryty,
- pojezdová kola,
- záchytná clona.

5.2.1 Rám obraceče

Na začátku bylo potřeba vymodelovat jeden z nejdůležitějších dílů obraceče, a to rám stroje. Rám tvoří kostru celého obraceče, na které jsou umístěny všechny důležité díly. Rozměry rámu vycházejí z naměřených hodnot, které lze vidět na obrázku 5.2. Jedná se o svařovaný ocelový profil z jeklu se základními rozměry profilu $60 \times 40 \times 3,2$ mm. Na této konstrukci jsou vytvořeny spojovací desky 150×85 mm se čtyřmi 12 mm otvory pro šrouby sloužící ke spojení s postranními kryty, pojezdovými koly a také dílem nesoucím vstupní hřídel. Na rámu se nachází domeček se závitovou dírou M10 skrz kterou prochází napínací šroub společně s kontra maticí. U domečku pro napínací šroub je z boku profilu vytvořena závitová díra určená pro zajišťovací šroub.

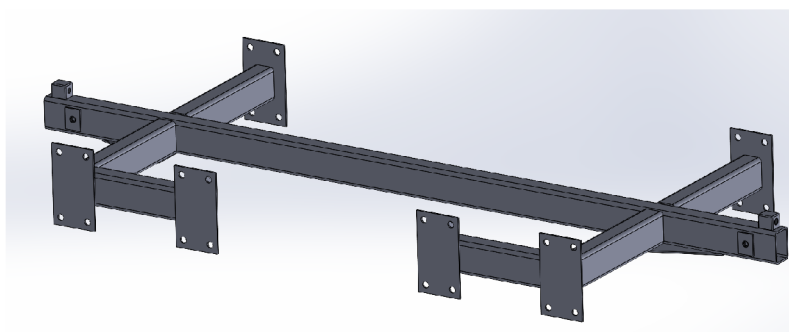


Obrázek 5.2: Základní rozměry rámu stroje – pohled shora

Při modelování rámu stroje byla vytvořena 3D skica základního tvaru profilu. V záložce *Svařování* byl následně pomocí funkce *vložit profil* vybrán a vytvořen požadovaný profil, který byl přes funkci *ořezat/prodloužit* upraven do požadovaného tvaru.

V druhé části modelování rámu byly vytvořeny pomocí 2D skici krajní spojovací desky s otvory, které byly prostorově vysunuty. Následně byl vytvořen v přední rovině domeček pro napínací šroub společně s postranními otvory pro pojistné šrouby. Jako poslední byly vytvořeny ve spodní části rámu trojúhelníkové výztuhy.

Takto vymodelovaný rám stroje lze vidět na obrázku 5.3.

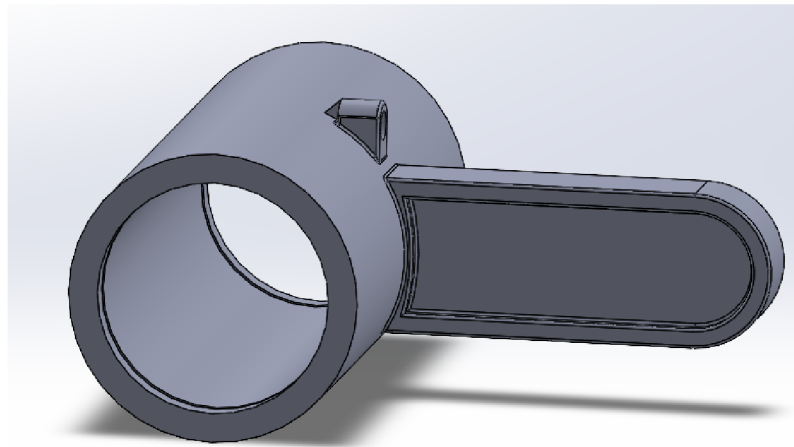


Obrázek 5.3: Rám obraceče

5.2.2 Uložení hřídele řemenic s vodícím prvkem

Dalším modelovaným dílem sestavy obraceče píce byla trubka s vodícím prvkem pro uložení hřídele řemenic. Jedná se v podstatě o 200 mm dlouhou trubku s vnitřním průměrem 80 mm a šířkou stěny 20 mm. V této trubce jsou v sestavě uložena ložiska společně s hřídelí. Aby se zamezilo posunutí ložisek ve směru osy (axiálnímu posunutí), jsou zde na obou stranách vytvořeny drážky pro pojistné kroužky, tzv. Segerovy kroužky. Uchytení trubky k rámu stroje je zajištěno pomocí výběžku (vodícího prvku) na vnější straně trubky, který se vsune do ocelového profilu rámu. Ten slouží zároveň jako nosná část. Nad tímto prvkem se současně nachází domeček s dírou o průměru 10 mm, do které dosedá napínací šroub, který umožňuje měnit osovou vzdálenost mezi řemenicemi a tím napínání řemenu.

Modelování součásti spočívalo ve vytvoření dvou kružnic požadovaných rozměrů ve 2D skice, které byly vysunuty do prostoru. Ve středu této trubky byla vytvořena nová rovina. V takto vytvořené rovině byl nakreslen a následně vysunut tvar vodícího prvku. Ve stejné rovině byl zároveň nad vodícím prvkem vytvořen domeček pro napínací šroub. Uvnitř trubky byla prostřednictvím funkce *Odebrat rotací* odebrána drážka, která byla podle nově vytvořené roviny pomocí funkce *Zrcadlit* přenesena i na druhou stranu trubky. Takto vymodelovaný díl je možné vidět na obrázku 5.4.



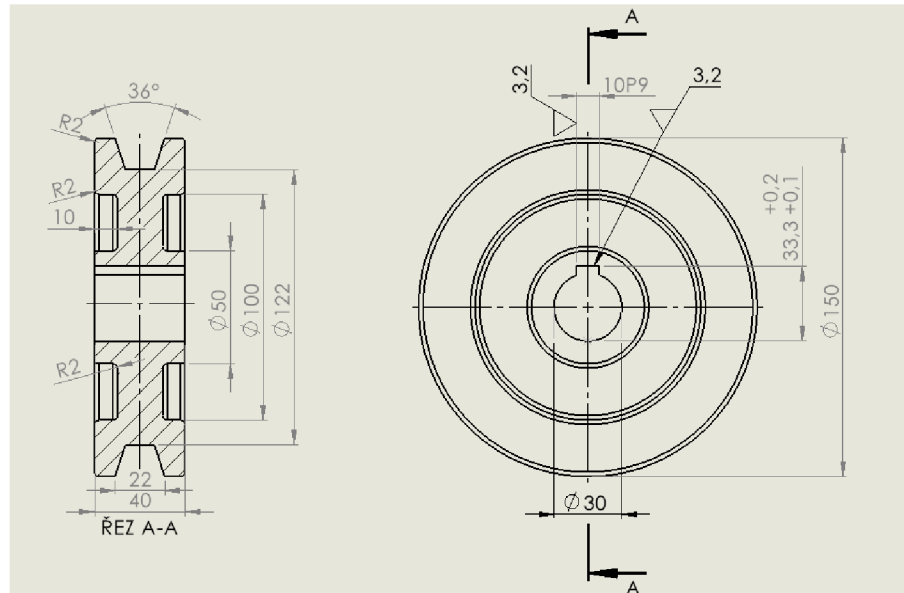
Obrázek 5.4: Vymodelovaná trubka s vodícím prvkem

5.2.3 Řemenice a řemeny

Řemenice jsou součástí řemenového převodu. Energie je zde přenášena ze vstupní hřídele na hnací řemenici a přes tu je prostřednictvím řemene přenášena na řemenici hnanou. Ta je spojena s další řemenicí umístěnou na hřídeli, která prostřednictvím řemene přenáší energii mezi další řemenicí. U tohoto obraceče je celkem šest řemenic. Mezi čtyřmi hlavními řemenicemi je na řemenu umístěno deset párů pružných prstů, které vlivem otáčení řemenu vykonávají práci, kterou je obracení, nebo také shrnování píce.

Základní rozměry řemenic vycházejí z naměřených hodnot. Hnací řemenice má průměr 150 mm a je široká 40 mm. Z každé strany má odebraný materiál do hloubky 10 mm z důvodu snížení hmotnosti a ceny. Zajištění proti pootočení na hřídeli je řešeno pomocí výměnného pera, konkrétně podle normy ČSN 02 2507. Rozměry drážky řemenice byly

zvoleny a vytvořeny pro klínový řemen klasických průřezů, u hnací pak typu C. Šířka základny je 22 mm, výška 14 mm a úhel drážky 36°. Rozměry hnací řemenice je možné vidět na obrázku 5.5.



Obrázek 5.5: Základní rozměry hnací řemenice

Hnaných řemenic o průměru 400 mm je v modelu pět. Stejně jako u řemenice hnací je i zde odebraný materiál do hloubky 10 mm z důvodu odlehčení konstrukce a snížení ceny. Na hnaných řemenicích se nacházejí čtyři otvory o průměru 20 mm sloužící ke spojení pomocí šroubů. Řemenice, která je v páru spojena s hnací řemenicí a zároveň přenáší energii k dalším hnaným řemenicím, má navíc v místech děr válcové výběžky o vnějším průměru 30 mm a vnitřním 20 mm délky 60 mm. Ty určují vzdálenost mezi těmito řemenicemi a zároveň jimi prochází spojovací šrouby. Drážka pro řemen je u této řemenice stejného typu jako u řemenice hnací. U ostatních hnaných řemenic je průřez drážky typu D. Šíře základny je 32 mm, výška 19 mm a úhel 36°. Zajištění řemenic proti pootočení na hřídeli je i zde pomocí výměnných per.

Řemeny jsou zde hnací klínové řemeny klasického průřezu dvou typů. U řemenice hnací, která je v páru s hnanou řemenicí, je průřez řemene typu C, dřívější označení 22 × 14. Délka řemene, vycházející z osové vzdálenosti mezi těmito řemenicemi, je 2400 mm. Řemeny mezi hnanými řemenicemi nesoucí hrabice mají průřez typu D. Dříve označované 32 × 20 a jejich délka je 4400 mm.

Modelování jednotlivých typů řemenic probíhalo stejným způsobem. Na přední rovině byla nakreslena kružnice vnějšího průměru řemenice, která byla vysunuta do prostoru. Z boku tohoto prvku byl vytvořen náčrt odpovídající průměru později vytvořené hřídele společně s drážkou pro pero, který byl odebrán vysunutím. V horní rovině byl následně nakreslen tvar drážky řemene, který byl vytvořen pomocí funkce *Odebrat rotací*. Po odebrání přebytečného materiálu a zaoblení rohů byla řemenice dokončena.

Druhá část modelování spočívala ve vytvoření řemene. Ten byl vytvořen až při tvorbě samotné sestavy. Ta umožňuje pomocí velmi chytrého prvku *Řemen/Řetěz* vytvořit odvozenou skicu mezi dvěma vybranými řemenicemi. Na této skice byl v dalším kroku vytvořen náčrt odpovídající průřezu řemene a pomocí funkce *Přidání tažení po křivce* byl vytvořen

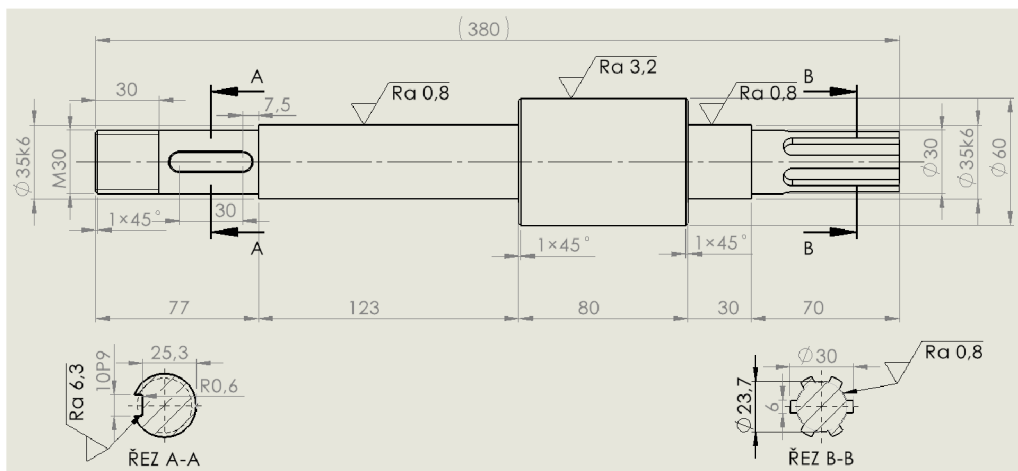
požadovaný tvar řemene. Na řemenech nesoucích pružné prsty byly po obvodu odebrány díry pro uchycení držáků hrabic.

5.2.4 Hřídele

Důležitou součástí sestavy obraceče píce jsou hřídele. Jedná se o podlouhlou rotační součást umožňující přenos krouťacího momentu. U tohoto modelu se objevují dvě hřídele – vstupní hnací hřídel a hřídel pod řemenicemi.

Vstupní hnací hřídel je stupňovitá s několika průměry, neboť jsou na ní uložena ložiska společně s hnací řemenicí. Jeden konec hřídele se připojuje do převodové skříně. Proto je na jednom konci vytvořeno rovnoboké drážkování. Na druhém konci hřídele dosedá hnací řemenice. Z toho důvodu je hřídel opatřena drážkou pro pero proti jejímu pootočení. Řemenice je na hřídeli zajištěna pomocí KM matice a MB podložky. Z toho důvodu je konec hřídele opatřen závitem velikosti M30. Rozměry vstupní hřídele (viz obrázek 5.6) nevycházejí z naměřených hodnot, ale jsou převážně odvozeny a přizpůsobeny modelu obraceče, aby co nejvíce odpovídaly skutečným hodnotám.

Hřídel pod hnanými řemenicemi je 300 mm dlouhá a je tvořena dvěma průměry. Menším 40 mm a větším 70 mm. Na menší průměr se nasazují ložiska a hnané řemenice. Na koncích této hřídele jsou drážky pro perové spojení a na její čelní ploše je z obou stran vytvořena závitová díra M8 určena pro zajištění řemenic proti axiálnímu posunutí pomocí šroubů. Stejně jako u hřídele vstupní, i zde vychází rozměry z odvozených a přizpůsobených hodnot.

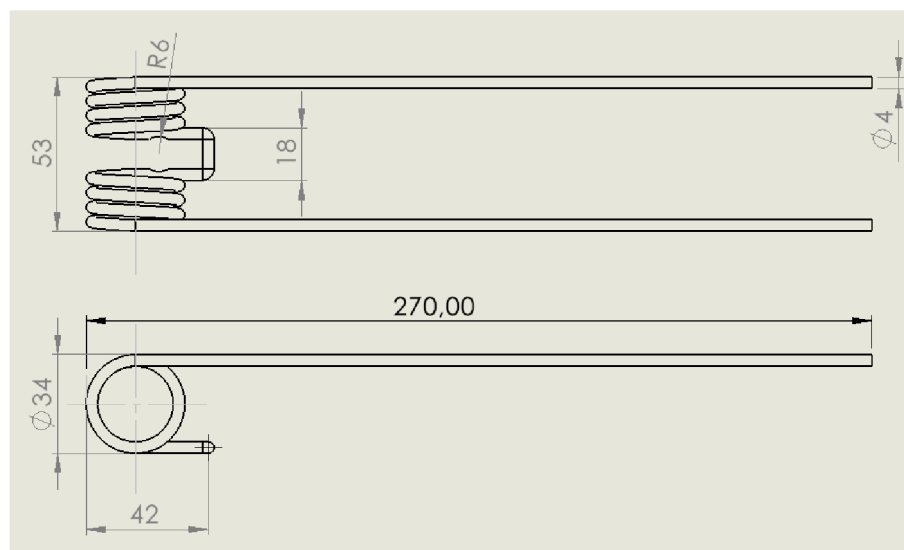


Obrázek 5.6: Základní rozměry vstupní hřídele

Modelování obou hřídelí probíhalo velmi podobně. Na přední rovině byl ve skice nakreslen tvar hřídele s požadovanými rozměry. Následně byl pomocí prvku *Přidání rotací* vytvořen základní model. V dalším kroku byla zhotovena nová referenční rovina na vnějším průměru hřídele. Na této rovině byl nakreslen tvar drážky pro pero, která vznikla za pomoci funkce *Odebrat vysunutím*. Z čela hřídele byl pak v jednom případě odebrán tvar rovnobokého drážkování. U druhé hřídele byla vytvořena přes *Průvodce dírami* závitová díra s umístěním ve středu, která byla následně pomocí *Zrcadlení* přenesena i na druhou stranu hřídele. Závit byl přidán přes prvek *Kosmetický závit*.

5.2.5 Hrabice

Nedílnou součástí obraceče píce jsou hrabice, kterých se v celkové sestavě vyskytuje deset. Jedná se v podstatě o hřídel umístěnou mezi dvojicí klínových řemenů s držáky, na kterých se nachází pružná pera společně s uchycením pro vzpěry. Hřídel je otočně uložena v kluzném ložisku (držáku) dosedajícím na vnější straně klínového řemene. Tyto hřídele jsou vzájemně propojeny vzpěrami a pohybují se rovnoběžně s povrchem pozemku. Rozměry pružného prstu (viz obrázek 5.7) vycházejí z naměřených hodnot doplněných o hodnoty udávané výrobcí těchto prstů. Pružina shrnovače je dlouhá 270 mm a 53 mm široká. Průměr oka je 34 mm. Drát má průměr 4 mm. K uchycení je zde uprostřed vytvořen háček o šířce 18 mm.



Obrázek 5.7: Základní rozměry pružného prstu

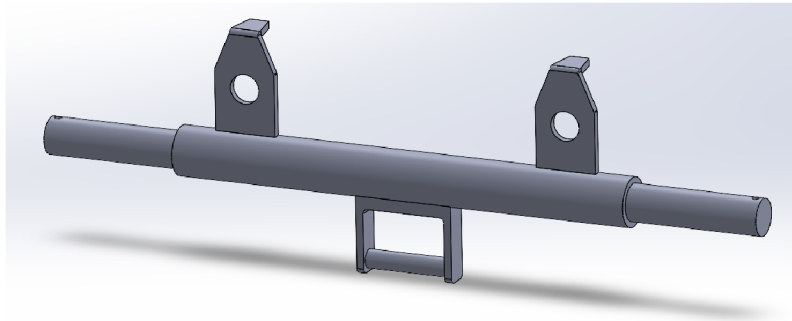
Rozměry hřídele, na které jsou v páru přišroubovány pružné prsty, vycházejí především z konstrukčně vhodně zvolených hodnot. Fyzické měření této součásti nebylo provedeno. Jedná se o 300 mm dlouhou hřídel dvou průměrů, menšího 15 mm a většího 20 mm. Na větším průměru hřídele jsou na koncích vytvořeny dva držáky pro uchycení pružných prstů, které jsou vysoké 40 mm a široké 25 mm. Ve středu těchto držáků se nacházejí 10 mm otvory ke spojení pomocí šroubů. Ve spodní části hřídele je vytvořen úchyt pro vzpěry a na obou koncích hřídele jsou díry pro závlačky.

Kluzné ložisko pro uložení hřídele je široké 80 mm a vysoké 35 mm. V jeho středu je díra s průměrem 15 mm pro umístění koncové části hřídele. Tento držák je přišroubován k řemenu, k čemuž slouží dvě díry s průměrem 10 mm a roztečí děr 55 mm.

K vymodelování pružného prstu bylo využito funkce *Šroubovice/spirála*. Po vytvoření šroubovice a následném vygenerování nových potřebných rovin byla s pomocí 2D a 3D skici nakreslena levá polovina prstu spolu s kruhovým profilem drátu, která byla zhotovena přes funkci *Tažení po křivce*. V posledním kroku byla celá levá půlka prstu přezrcadlena, a tím vznikl model pružného prstu.

Základní tvar hřídele s držáky pro prsty byl vytvořen pomocí prvku *Přidání rotací*. Na takto vymodelovanou hřídel byly s pomocí jednoduchých příkazů *Přidat vysunutím a odebrat vysunutím* vytvořeny držáky pro prsty s dírami a ve spodní části úchyt pro vzpěry. Takto vymodelovaný díl je možné vidět na obrázku 5.8.

K vymodelování držáku byl na přední rovině nakreslen jeho bokorys, který byl prostorově vysunut do požadované šířky. Uprostřed byla odebrána díra pro uložení hřídele. V posledním kroku byla na horní ploše vykreslena díra pro šroub, která byla přezrcadlena i na druhou polovinu domečku a následně byly *Odebrány vysunutím*.



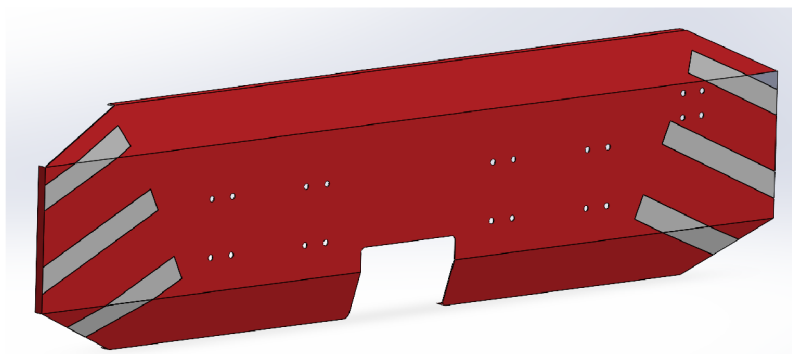
Obrázek 5.8: Vymodelovaná hřídel s uchycením pro prsty a vzpěry

5.2.6 Boční kryty

Boční kryty tvoří dva, proti sobě, na rámu umístěné plechové kryty zamezující nežádoucímu odlétávání píce ve směru kolmém vůči směru obracení, a také slouží jako bezpečnostní prvek obraceče píce. Hlavní rozměry zde vycházejí z naměřených hodnot. Jedná se o 2 mm tlustý plech, jehož délka je 1950 mm a výška 500 mm. Krajiní lemy jsou dlouhé 20 mm. Ke správnému uchycení k rámu stroje se zde nacházejí otvory pro šrouby rozmístěné pozičně stejně, jako je tomu u rámových spojovacích desek. Boční kryt u hnací hřídele (viz obrázek 5.9) má navíc vybrání pro uložení vstupní hnací hřídele a v pravé části čtyři 12 mm velké díry pro připevnění držáku záchytné clony.

Modelování plechových součástí může být prováděno více způsoby. První způsob je pomocí funkce *Plechové díly*, kde lze součást vytvářet pomocí několika příkazů, např.: *Okrajový lem*, *Obruba*, *Ohyb ze skici* atp. Při modelování bočních krytů byla však zvolena varianta pomocí klasických jednoduchých příkazů, jako je *Přidat vysunutím*, *Odebrat vysunutím*. Na přední rovině byl ve 2D skice nakreslen bokorys krytu, který byl prostorově vysunut o požadovaný rozměr. Na ten byly následně vysunuty krajiní lemy.

V další části byly odebrány poziční díry a u krytu na straně vstupní hřídele byl vytvořen otvor k jejímu umístění. Závěrem byly z přední roviny odebrány hrany krytu.



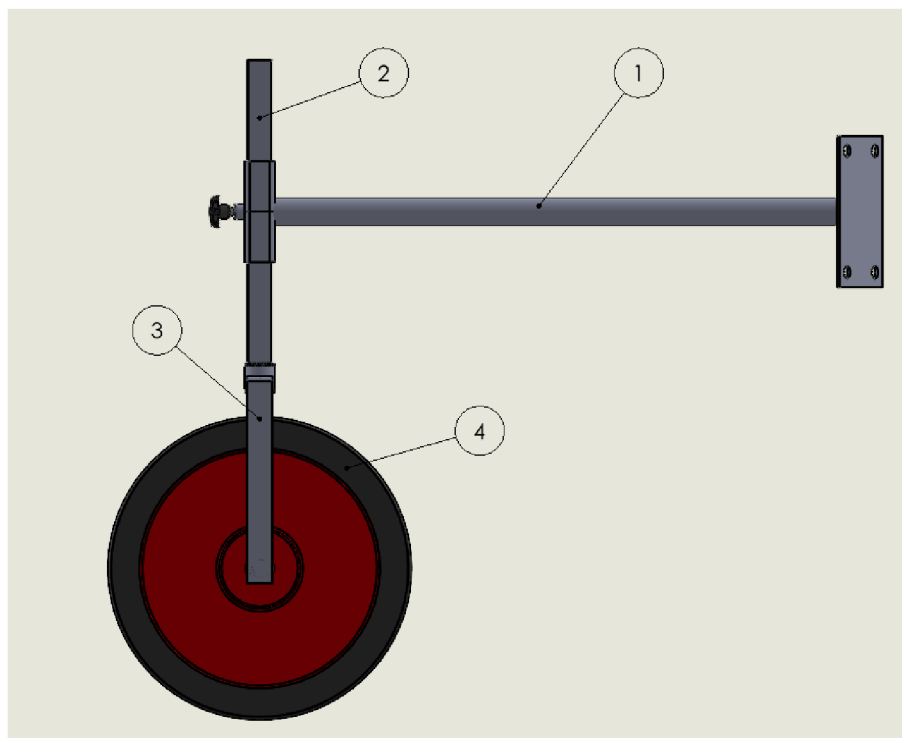
Obrázek 5.9: Vymodelovaný boční kryt

5.2.7 Pojezdová kola

V této podkapitole kromě samotných pojezdových koleček budou popsány také díly, které společně s nimi tvoří v sestavě pojezdovou soustavu (obr. 5.10).

Jedná se o čtyři díly:

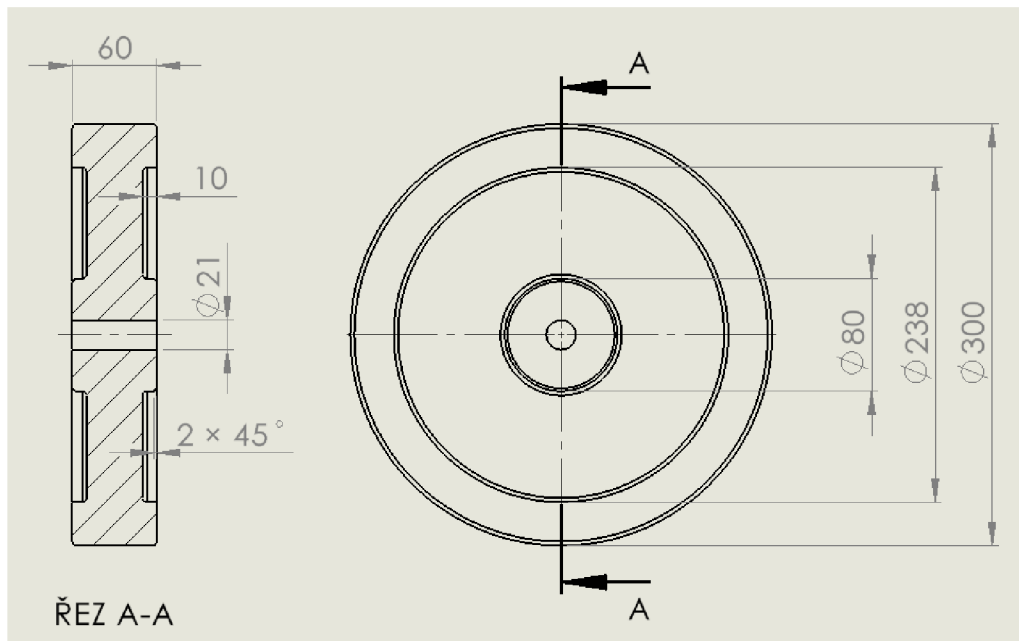
1. trubka se spojovací deskou,
2. distanční tyč,
3. otočný prvek kola,
4. kolo.



Obrázek 5.10: Sestava pojezdového kola

Trubka se spojovací deskou tvoří hlavní podpěru kola. Jedná se o 600 mm dlouhou trubku, na jejímž konci je navařen spojovací plech stejné velikosti jako plechy na rámu stroje (150×85 mm) s čtyřmi 12 mm otvory pro šrouby. Na druhém konci je navařená 100 mm dlouhá trubka čtvercového profilu $30 \times 30 \times 2,6$ mm, na které se nachází závitová díra určená pro hvězdicový šroub pomocí něhož lze regulovat výškové nastavení kol. Vnitřkem prochází distanční tyč dlouhá 350 mm s válcovým zakončením ve spodní části. Na této válcové části je situován otočný prvek kola společně s kluzným ložiskem, podložkami a pojistným kroužkem. Mazání ložisek je zajištěno otvorem, ve kterém je umístěna mazací hlavice. V dolní části otočného prvku se nachází tyč (hřídel) dvou průměrů. Větší má průměr 22 mm a její délka je 15 mm. Ta slouží k zajištění kola proti axiálnímu posunutí ke straně. Menší má průměr 15 mm, je dlouhá 61 mm a její konec je opatřen závitovou dírou.

Na tu společně s kuličkovými ložisky a válečkem mezi ložiska přijde pojezdové kolo, které je z druhé strany zajištěno šroubem se šestihrannou hlavou a podložkou. Rozměry pojezdového kolečka vychází jednak z naměřených, zejména průměr (300 mm), a dále z vhodné konstrukčně zvolených hodnot (obr. 5.11).



Obrázek 5.11: Základní rozměry pojezdového kola

Prvním modelovaným dílem z těchto součástí byla trubka se spojovací deskou. Nejdříve byla načrtnuta 3D skica požadovaného tvaru. V záložce *Svařování* byly posléze vloženy požadované profily (trubka a čtvercová trubka). Druhý konec trubky byl odebrán pod úhlem a na jejím konci byla nakreslena skica spojovací desky s pozičními dírami, která byla prostorově vysunuta.

Distanční tyč byla vytvořena na přední rovině, ve které byla nakreslena 2D skica, která se následně vysunula. Důležité bylo vytvoření válcové části ve spodní části společně s drážkou pro pojistný kroužek (Segerův kroužek), která byla vytvořena funkcí *Odebrat rotací*.

Nejsložitější z těchto čtyř součástí bylo vytvoření otočného uložení. Nejdříve byla vysunuta krátká trubka, která přijde na válcový konec distanční tyče. Následně bylo vytvořeno pomocí jednoduchých náčrtů držení, na jehož konci byla v kolmém směru prostorově vysunuta tyč pro umístění kol a ložisek. Rozměry této součásti byly ještě často v průběhu vytváření sestavy obraceče měněny.

Modelování pojezdového kolečka spočívalo v načrtnutí požadovaného tvaru kolečka s rozměry ve 2D skice a pomocí funkce *Přidání rotací* bylo prostorově vyrotováno kolem vodorovné osy o 360°. Na vnější straně kolečka byla zvolena jako materiál matná guma a červenou barvou byl také odlišen jeho střed.

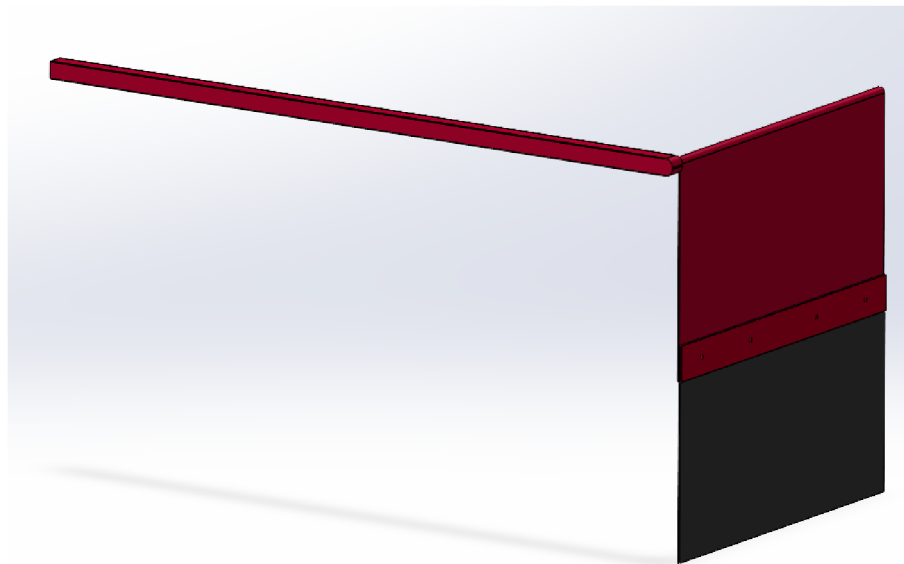
5.2.8 Záchytná clona

Mezi další modelované díly patří záchytná clona (viz obrázek 5.12). Její rozměry nebyly fyzicky změřeny, neboť v domácích podmínkách není takřka vůbec využívána a nebyla

tak ani k dispozici. Rozměry tohoto dílu byly přizpůsobeny celému modelu a v průběhu tvorby sestavy se častokrát měnily až do podoby finální verze. Záchytná clona je umístěna v pravé části obraceče a nachází uplatnění při shrnování píce. Píce je na ní odhazována a vytváří se řádek.

Záchytná clona je tvořena 1000 mm dlouhou tyčí čtvercového průřezu, na jejímž konci je kolmo na ní vyvedena tyč kruhového průřezu délky 500 mm o průměru 15 mm. Na této tyči je navařen obdélníkový plech 500×300 mm tloušťky 2 mm s čtyřmi dírami ve spodní části, o průměru 8 mm. K té je uchycena záchytná guma s výškou 300 mm. Na vnější straně gumy v místech děr dosedá další menší plech $500 \times 50 \times 2$ mm. Plechy s gumou jsou spojeny pomocí šroubů se šestihrannou hlavou a samojistných matic z důvodu snadné rozebíratelnosti a vyměnitelnosti gumové části clony. K uchycení ke stroji slouží držadlo, které je umístěno v pravé horní části bočního krytu s hvězdicovým šroubem, ke snadnému regulování vzdálenosti clony od obraceče.

Modelování záchytné clony spočívalo ve vytvoření třech dílů (tyčemi s navařeným plechem, gumou a přidržovacím plechem). V první části byl vytvořen ve skice tvar čtvercové trubky, která byla posléze vysunuta do prostoru. Konec této tyče byl zaoblen pod požadovaným poloměrem a ve stejném místě byla kolmo na ní vysunuta tyč kruhového průřezu. Po vytvoření nové roviny, která vznikla na vnější straně tyče, byla nakreslena a vysunuta plechová část clony, na níž byly pomocí funkce *Odebrat vysunutím* vytvořeny v požadovaných pozicích otvory pro šrouby. Pryžová část clony společně s přidržovacím plechem byly vymodelovány ve 2D skice jednoduchými funkcemi *Přidat vysunutím a odebrat vysunutím*. Díry na těchto dílech byly rozmístěny ve stejných pozicích jako u hlavní části tak, aby soustředně lícovaly u všech třech dílů. Závěrem byly přes funkci *Zkosit* sraženy i všechny nebezpečné hrany.



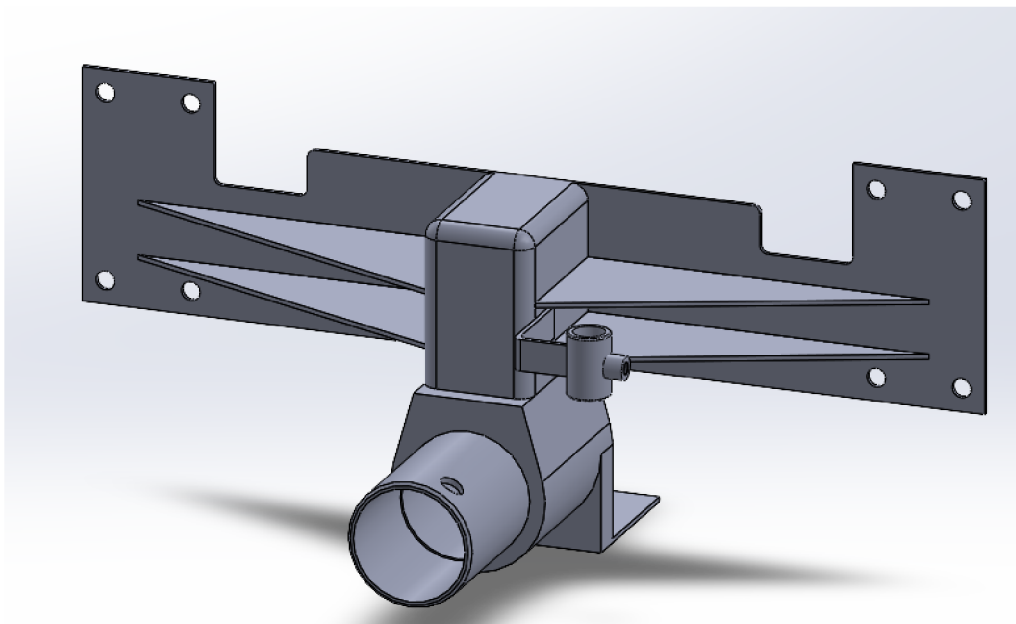
Obrázek 5.12: Vymodelovaná záchytná clona

5.2.9 Uložení vstupní hřídele

Základ uložení vstupní hřídele tvoří 215 mm dlouhá válcová trubka 72×80 mm. Vnitřkem této trubky v sestavě prochází vstupní hřídel společně s ložisky. Aby se zamezilo

axiálnímu posuvu ložisek, jsou uvnitř trubky drážky pro pojistné kroužky. Zadní strana trubky je ve spodní části opatřena výstupkem, který slouží jako ochranný prvek. Na vnější straně trubky, v její vrchní části vystupuje element ve tvaru kvádrů s rozměry $115 \times 70 \times 100$ mm (výška \times šířka \times hloubka). Kolmo na něm je umístěna spojovací deska dlouhá 582 mm, na jejíž krajích jsou vytvořeny symetricky čtyři díry o průměru 12 mm určené ke spojení s rámem stroje a přichycení bočního krytu. Mezi kvádrem a spojovací deskou jsou přivařeny čtyři trojúhelníkové výztuhy tloušťky 3 mm. Na boční straně dílu je mimo jiné situován držák pro nosnou podpěru (nohu) z přední části obraceče píce.

Obecný postup při modelování této součásti spočíval ve využití jednoduchých funkcí, avšak vytvoření bylo poměrně zdlouhavé. Zprvu byl na přední rovině nakreslen vzhled spojovací desky, který byl prostorově vysunut. Na desce byl na přední ploše ve středu nakreslen tvar obdélníku, který byl vysunut o požadovaný rozměr. V záložce *Svařování* byly přes prvek *Vyztužení* při zadání všech potřebných parametrů vytvořeny požadované trojúhelníkové výztuhy mezi oběma plochami. Na spodní části kvádrů byl prostorově vysunut válec a v dalším kroku byla na přední ploše válce ve skice nakreslena kružnice s vnitřním průměrem trubky, která byla přes příkaz *Odebrání vysunutím* odebrána až k dalšímu povrchu a bylo tak vytvořeno uložení pro ložiska se vstupní hřídelí. V poslední části tvorby modelu byl ve spodní části zhotoven ochranný prvek a z boku kvádrů držák pro podpěru. Po zaoblení a zkosení všech ostrých hran a vytvoření drážek pro pojistné kroužky přes funkci *Odebrání rotací* byl model uložení vstupní hřídele vytvořen (viz obrázek 5.13).



Obrázek 5.13: Součást pro uložení vstupní hřídele

5.2.10 Další potřebné díly

Mezi další potřebné díly ke zhotovení sestavy 3D modelu obraceče píce patří šrouby, matice, podložky, pojistné kroužky, závlačky, mazací hlavice, či ložiska. SolidWorks mimo jiné nabízí doplňkový modul ToolBox, který obsahuje velké množství normalizovaných šroubů a matic a je velkým pomocníkem většiny konstruktérů pracujících v tomto

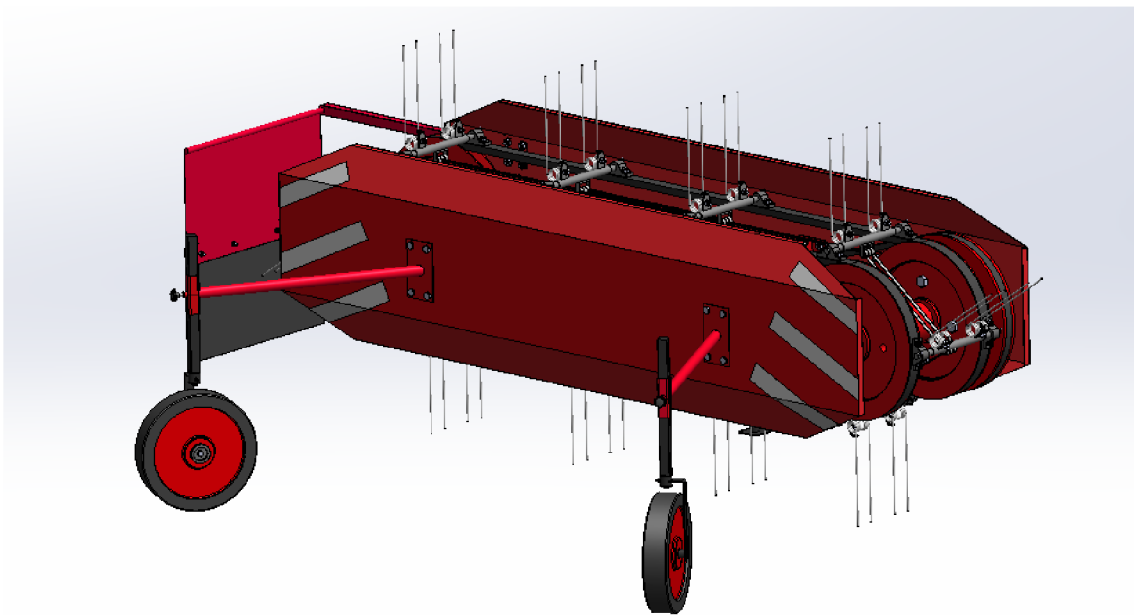
programu. Díky tomu je možné ušetřit čas při vytváření větších sestav. Některé druhy spojovacích materiálů nebo jiných doplňkových dílů tak nebyly jednotlivě modelovány, ale vybrány podle české technické normy (ČSN). Podložky však byly ve velké míře vytvořeny podle potřeby i z důvodu modelace jiných než normalizovaných typů. ToolBox nabízí i ložiska, ta však pro potřeby uložení hřídelů a otáčení kol byla vybrána a stažena z katalogu od oficiálních výrobců, který nabízí jejich velké množství volně ke stažení do kteréhokoliv typu CAD softwaru. Dalším dílem sestavy obraceče je nosná podpěra (noha). Jedná se o 700 mm dlouhou tyč s průměrem 20 mm a čtvercovou (60 × 60 mm) podstavou ve spodní části.

5.2.11 Hlavní sestava

Hlavní sestava je poměrně obsáhlá s velkým množstvím dílů. Obsahuje celkem 580 součástí, avšak to je způsobeno i tím, že některé vymodelované díly se v sestavě objevují ve více kusech. Velká část sestavy je tvořena spojovacím materiálem a dalšími doplňkovými, ale velmi důležitými díly.

Osová vzdálenost hnaných řemenic a tím i pracovní záběr stroje je 1619 mm. Šířka mezi hlavními hnanými řemenicemi, na nichž jsou umístěny klínové řemeny, je 300 mm. Průjezdná šířka stroje je 2650 mm a výška 1045 mm.

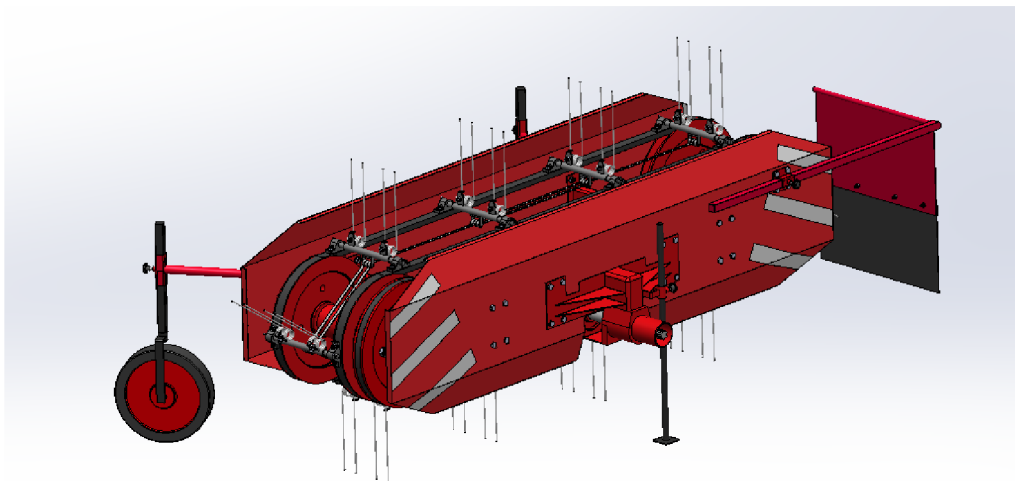
Po vymodelování všech potřebných komponentů byly tyto součásti svázány do jednoho celku, čímž vznikla kompletní sestava obraceče píce (viz obrázek 5.14).



Obrázek 5.14: 3D model obraceče píce – pohled zepředu

Jako základní součást sestavy byl zvolen rám, na který se postupně skládaly jednotlivé součásti. V prvním kroku byly k rámu přichyceny trubky pro uložení hřídelů řemenic, do kterých byly zavazbeny hřídele. Následovaly bočnice, řemenice a vstupní hřídel s dílem k jejímu uložení. Dále pak pojezdová soustava, záchytná clona a po umístění řemenů přišly na řadu jednotlivé díly umístěné na řemenech. Sestava byla doplněna o další potřebné díly,

jako např.: ložiska, šrouby, podložky, matice, apod. Při umístování jednotlivých dílů byly využívány vazby. Ty se vytvářejí tak, že se označí hrana či plocha na obou ze spojovaných dílů a zvolí se typ vazby. Mezi nejpoužívanější vazby patřily *Sjednocená*, *Soustředná*, *Rovnoběžná* a v neposlední řadě vazba *Vzdálenosti*, která byla používána u dílů, kde bylo nezbytné dodržení určitých vzdáleností. Závěrem byly jednotlivé díly obarveny, popřípadě doplněn materiál dílu, čímž vznikla finální podoba 3D modelu obraceče píce. Pohled na zadní část obraceče píce je možné vidět na obrázku 5.15.



Obrázek 5.15: 3D model obraceče píce – pohled zezadu

6 Výsledky a diskuze

Výsledkem diplomové práce je 3D model obrabeče píce včetně jednotlivých komponent vytvořený v CAD programu SolidWorks 2021. Tento model může sloužit jako učební pomůcka při výuce technických předmětů na Fakultě zemědělské a technologické Jihočeské univerzity v Českých Budějovicích. Jako předloha a inspirace pro vymodelování obrabeče sloužil rodinný obrabeč píce typu SO 160 od Agrostroje Jičín, jenž byl vyroben roku 1985. Sestava obrabeče je složena z 580 součástí a pracovní záběr stroje je 160 cm.

Při porovnání vytvořeného modelu s reálným obrabečem můžeme nalézt několik málo rozdílů. Největší odlišností je provedení zatáčení pojezdových kol. U reálného obrabeče je natáčení kol provedeno pomocí dlouhých táhel vedoucích ze zadní části obrabeče až k pojezdovým kolům, jenž obsluze stroje umožňuje otáčet koly pomocí přídatných řídítek. U 3D modelu jsou kola otočně uložena na ložiscích, čímž odpadá táhla a se strojem se mnohem snadněji manipuluje. Tato varianta byla zvolena na základě zjednodušení konstrukce obrabeče a z důvodu modernizace stroje. Podpěry kol nebyly vytvořeny z jekl profilu, ale z trubek kruhového průřezu. V malinko jiném provedení bylo pak vymodelováno i uchycení záchytné clony a tvar vybrání řemenic společně s hrabicemi.

Tvorba práce byla časově poměrně velmi náročná. Zejména samotné modelování obrabeče bylo zdoluhavé, neboť nebyla k dispozici žádná výkresová dokumentace. Odrasovým bodem a důležitou částí před samotným modelováním bylo vytvoření fotodokumentace se zaměřením základních rozměrů. Při modelování bylo v některých případech potřeba během vytváření sestavy jednotlivé díly rozměrově upravovat tak, aby do sebe pasovaly a mohla být vytvořena finální podoba obrabeče píce.

SolidWorks je 3D CAD program využívaný zejména ve strojírenství k výkonnému objemovému i plošnému modelování. Základním požadavkem při práci s jakýmkoliv CAD programem je technické myšlení a alespoň částečná znalost technického kreslení. Zprvu bývá složité se v programu zorientovat, avšak postupem času se uživatel s programem velmi dobře seznámí a modelování je později velmi intuitivní a efektivní. Na základě získaných zkušeností při tvorbě tohoto modelu již vím, že při vytváření dalšího modelu bych zvolil jiný, jednodušší postup modelování. Během tvorby práce jsem však zdokonalil své schopnosti při práci s tímto softwarem.

Závěr

Cíl práce byl splněn. Výstupem práce je 3D model obrabeče píce pro výuku zemědělských předmětů. Tento model byl zhotoven v CAD programu SolidWorks od firmy Dassault Systèmes v bezplatné studentské verzi poskytnuté na základě studia na Jihočeské univerzitě v Českých Budějovicích.

První část práce se zabývá problematikou pícnin, obrabečů – shrnovačů píce a CAD softwaru. V druhé části navazuje tvorba 3D modelu, včetně popisu jednotlivých dílů doplněných o obrázky a výkresy vybraných součástí včetně jejich rozměrů.

Výsledný 3D model obrabeče píce byl inspirován vybraným typem reálného obrabeče. Některé elementy byly vůči skutečnému obrabeči konstrukčně pozměněny. Výsledný 3D model lze vidět v porovnání s reálným obrabečem z jejich přední části na obrázku 6.1.



Obrázek 6.1: Porovnání reálného obrabeče a 3D modelu

Seznam použitých zdrojů

- Adeon (2021). Autodesk Fusion 360. [online]. [cit. 2021-12-14], Dostupné z: <https://www.fusion360.cz/>.
- Agrico.cz (2021). Univerzální obraceče a shrnovače sena. [online]. [cit. 2021-12-15], Dostupné z: <https://www.agrico-sro.cz/eshop-kategorie-univerzalni-obracece-shrnovace-sena.html>.
- AutoCADblog.cz (2020). Co je to AutoCAD? [online]. [cit. 2021-12-11], Dostupné z: <https://www.autocadblog.cz/co-je-to-autocad/>.
- Autodesk (2021a). AutoCAD. [online]. [cit. 2021-12-12], Dostupné z: <https://www.autodesk.cz/products/autocad/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>.
- Autodesk (2021b). Inventor. [online]. [cit. 2021-12-12], Dostupné z: <https://www.autodesk.cz/products/inventor/overview?term=1-YEAR&tab=subscription>.
- Axiom, t. s. (2021). NX CAD. [online]. [cit. 2021-12-14], Dostupné z: <https://www.axiomtech.cz/24790-nx-cad>.
- Břečka, J., Honzík, I., a Neubauer, K. (2001). *Stroje pro sklizeň píce a obilovin*. Česká zemědělská univerzita v Praze, Technická fakulta v tiskárně Power Print Praha – Suchdol, Praha. ISBN: 80-213-0738-2.
- CADAZZ (2004). CAD software history. [online]. [cit. 2021-12-10], Dostupné z: <http://www.cadazz.com/cad-software-history.htm>.
- DassaultSystemes (2021). Catia. [online]. [cit. 2021-12-14], Dostupné z: <https://www.3ds.com/products-services/catia/>.
- Dytron (2016). CATIA - Řešení pro 3D modelování. [online]. [cit. 2021-12-14], Dostupné z: <https://www.dytron.cz/products/catia/>.
- Fořt, P. a Kletečka, J. (2014). *AUTOCAD 2014*. Computer Press, Brno. ISBN: 978-80-251-4154-0.
- Fříd, M. a Vávra, V. (2013). Zemědělství. [online]. [cit. 2021-12-12], Dostupné z: <http://kzt.zf.jcu.cz/studentum/vyukove-materialy/studijni-materialy-b4131/>.
- Inventorblog (2019). Autodesk Inventor. [online]. [cit. 2021-12-12], Dostupné z: <https://www.inventor3dblog.cz/inventor/>.

- Kučera, J. (2002). Stručná historie CAD/CAM až po současnost. [online]. [cit. 2021-12-11], Dostupné z: https://www.fi.muni.cz/usr/jkucera/pv109/2002/xkubin2_CAD-CAM.htm.
- Neubauer, K., Friedman, M., Jech, J., Páltik, J., a Ptáček, F. (1989). *Stroje pro rostlinnou výrobu*. Státní zemědělské nakladatelství, Praha. ISBN: 80-209-0075-6.
- Novotný, J. (2013). Aplikace CAD a CAM v technické dokumentaci. Bakalářská práce, Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, Fakulta technologická, Ústav výrobního inženýrství, Zlín.
- Pastorek, Z. (2002). *Zemědělská technika dnes a zítra*. Profi Press, Praha. ISBN: 80-902413-4-4.
- Patel, A. (2021). What is CATIA? [online]. [cit. 2021-12-14], Dostupné z: <https://www.technia.com/blog/what-is-catia/>.
- Peterka, J. (1998). CAD/CAM SYSTÉMY. [online]. [cit. 2021-12-11], Dostupné z: <http://fstroj.utc.sk/journal/sk/016/016.htm>.
- Procházka, K. (2012). Úvod, rozdělení CAD systémů. [online]. [cit. 2021-12-11], Dostupné z: https://www.sspu-opava.cz/static/UserFiles/File/_sablon/ICT_III_AutoCAD/VY_32_INOVACE_E-13-01.pdf.
- Pulkrábek, J., Capouchová, I., a Hamouz, K. (2003). *Speciální fytotechnika*. Česká zemědělská univerzita, Praha. ISBN: 80-213-1020-0.
- Roh, J., Kumhála, F., a Heřmánek, P. (1997). *Stroje používané v rostlinné výrobě*. CREDIT, Praha. ISBN: 80-213-0327-1.
- Siemens (2021a). Solid Edge. [online]. [cit. 2021-12-14], Dostupné z: <https://solidedge.siemens.com/cs/>.
- Siemens, S. (2021b). NX. [online]. [cit. 2021-12-14], Dostupné z: <https://www.plm.automation.siemens.com/global/en/products/nx/>.
- Skládanka, J., Cagaš, B., Doležal, P., Havlíček, Z., Hejduk, S., a Horký, P. (2014). *Pícní nářství*. Mendelova univerzita v Brně, Brno. ISBN: 978-80-7509-111-6.
- SolidVison (2021). SolidWorks řešení. [online]. [cit. 2021-12-14], Dostupné z: <https://www.solidvision.cz/solidworks-reseni>.
- Technodat (2019). CATIA - tvaruje svět, ve kterém žijeme. [online]. [cit. 2021-12-14], Dostupné z: <https://www.technodat.cz/reseni-a-sluzby/3d-plm/catia>.
- Tlustoš, J. (2015). Využití 3D CAD systémů pro výuku technické grafiky. Diplomová práce, Masarykova Univerzita, Pedagogická fakulta, katedra technické a informační výchovy, Brno.

Seznam obrázků

1.1	Silážní žlab	10
1.2	Slisovaný balík sena	11
1.3	Halový seník	12
2.1	Univerzální obraceč – shrnovač píce	14
2.2	Schéma bubnového obraceče – shrnovače	16
2.3	Obraceč – shrnovač píce. a – shrnování, b – obracení, c – paprskové kolo	17
2.4	Schéma kolového obraceče – shrnovače	18
2.5	Schéma dopravníkového obraceče – shrnovače	19
2.6	Schéma dvourotorového obraceče	20
3.1	Základní prostředí programu AutoCAD	25
3.2	3D model v programu SolidWorks	27
3.3	Pevnostní analýza v programu Solid Edge	28
3.4	Sestava v programu NX	29
5.1	Obraceč píce – typ SO 160	32
5.2	Základní rozměry rámu stroje – pohled shora	34
5.3	Rám obraceče	34
5.4	Vymodelovaná trubka s vodícím prvkem	35
5.5	Základní rozměry hnací řemenice	36
5.6	Základní rozměry vstupní hřídele	37
5.7	Základní rozměry pružného prstu	38
5.8	Vymodelovaná hřídel s uchycením pro prsty a vzpěry	39
5.9	Vymodelovaný boční kryt	39
5.10	Sestava pojezdového kola	40
5.11	Základní rozměry pojezdového kola	41
5.12	Vymodelovaná záchytná clona	42
5.13	Součást pro uložení vstupní hřídele	43
5.14	3D model obraceče píce – pohled zepředu	44
5.15	3D model obraceče píce – pohled zezadu	45
6.1	Porovnání reálného obraceče a 3D modelu	47

Přílohy

Přílohou diplomové práce je výkresová dokumentace a CD nosič, který obsahuje následující.

Obsah:

- Diplomová práce
- 3D model obráběče píce včetně jednotlivých komponent
- Výkresová dokumentace hlavních dílů