

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Dopravní a manipulační technika

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Autonomní robot pro manipulaci s krmivem ve stáji

Autor: **Jan Švec**
Vedoucí práce: **Ing. Roman Čermák, Ph.D.**

Akademický rok 2015/2016

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2015/2016

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jan ŠVEC**
Osobní číslo: **S13B0272P**
Studijní program: **B2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Dopravní a manipulační technika**
Název tématu: **Autonomní robot pro manipulaci s krmivem ve stáji**
Zadávací katedra: **Katedra konstruování strojů**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

Základní požadavky:

Proveďte rešerši v oblasti automatizačních prostředků pro manipulaci s krmivem ve stájích. Pozornost věnujte především autonomním a mobilním robotům. Zpracujte tematiku z hledisek principů činnosti, srovnání jednotlivých koncepcí, vlastností, aplikací, atd. Zmapujte trendy v oboru a na trhu a očekávaný budoucí vývoj. V praktické části práce rámcově navrhnete autonomní mobilní robot pro přihrnování krmiva ve stáji.

Základní technické údaje:

Technické parametry jsou uvedeny v příloze zadání.

Osnova bakalářské práce:


1. Rešerše v zadané oblasti.
2. Zmapování trendu na trhu a očekávaného vývoje.
3. Návrh robota.
4. Výpočty a dokumentace podle potřeby.

Rozsah grafických prací: **dle potřeby**
Rozsah kvalifikační práce: **30-40 stran A4**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

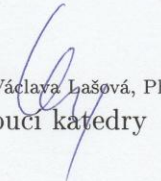
SICILIANO, B. *Springer Handbook of Robotics*. Berlín: Springer Verlag, 2007

Podkladový materiál, výkresy, katalogy, apod. poskytnuté zadavatelem úkolu.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Roman Čermák, Ph.D.**
Katedra konstruování strojů
Konzultant bakalářské práce: **Ing. Jan Vavřík, Ph.D.**
FARMTEC a.s.
Datum zadání bakalářské práce: **21. září 2015**
Termín odevzdání bakalářské práce: **20. května 2016**


Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan




Doc. Ing. Václava Lašová, Ph.D.
vedoucí katedry

V Plzni dne 21. září 2015

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	Příjmení Švec	Jméno Jan	
STUDIJNÍ OBOR	„Dopravní a manipulační technika“		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Čermák, Ph.D.	Jméno Roman	
PRACOVIŠTĚ	ZČU - FST - KKS		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Autonomní robot pro manipulaci s krmivem ve stáji		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KKS	ROK ODEVZD.	2016
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	59	TEXTOVÁ ČÁST	55	GRAFICKÁ ČÁST	4
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	Bakalářská práce se zabývá automatizací procesů ve stájích pro živočišnou výrobu hlavně za pomoci autonomních robotů. V teoretické části jsou prozkoumány stupně automatizace hlavních činností ve stáji, vývoj přihrnovací techniky a porovnání vyráběných autonomních přihrnovačů krmiva. Dále se práce zabývá rámcovým návrhem robotického přihrnovače.
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	Autonomní robot pro přihrnování krmiva, přihrnovač krmiva

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Surname Švec	Name Jan	
FIELD OF STUDY	“Transport and handling machinery“		
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Čermák, Ph.D.	Name Roman	
INSTITUTION	ZČU - FST - KKS		
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable
TITLE OF THE WORK	Autonomous robot for manipulation with feed in a stable		

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Machine Design	SUBMITTED IN	2016
----------------	------------------------	-------------------	----------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	59	TEXT PART	55	GRAPHICAL PART	4
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The bachelor thesis deals with automating processes in stables for livestock mainly with the help of autonomous robots. The theoretical part explores the degree of automation of the main activities in the stable, the development of the feeding techniques, and the comparisons of manufactured autonomous feeders. Furthermore, the work deals with the framework proposal of the robotic feeder.
KEY WORDS	Autonomous robot for manipulation with feed in a stable, feed pusher

Poděkování

Rád bych poděkoval vedoucímu bakalářské práce Ing. Romanu Čermákovi, Ph.D. za cenné rady, odborné připomínky, metodické vedení práce a vstřícnost při konzultacích a vypracování mé bakalářské práce a dále pak Ing. Janu Vavříkovi, Ph.D. za poskytnutí podkladů k vypracování práce.

Obsah

1	Úvod.....	2
2	Přehled použitých zkratk a symbolů	3
3	Automatizace stáje	4
3.1	Krmení.....	4
3.2	Dojení	4
3.3	Úklid kejdy, hnoje a jejich využití.....	6
4	Metody přihrnování	8
4.1	Manuálně řízené	8
4.2	Samočinné	10
5	Typy existujících robotických přihrnovačů	12
5.1	Robot na principu šnekového přihrnovače	12
5.2	Roboty na principu otáčejícího se válce	12
6	Porovnání robotů.....	16
7	Typ podvozku a řízení	17
8	Baterie	17
9	Používané senzory	18
9.1	Rotační enkodéry.....	18
9.2	Ultrazvukové měření vzdálenosti (sonar).....	19
9.3	Gyroskop a akcelerometr.....	19
9.4	Radiomajáky + trilaterace, triangulace.....	21
9.5	Indukční snímače.....	22
10	Praktická část.....	23
10.1	Požadavky na zařízení.....	23
10.2	Návrh přihrnovacího zařízení	24
10.3	Návrh motoru a převodovky	27
10.4	Návrh podvozku.....	28
10.5	Vlastnosti zařízení.....	30
10.6	Porovnání s ostatními přihrnovači	36
11	Závěr.....	37
12	Seznam použité literatury a informačních zdrojů	38
13	Přílohy	42

1 Úvod

Hlavním trendem moderního zemědělství je maximální efektivita vložených prostředků do živočišné i rostlinné výroby a zároveň usnadnění náročné fyzické práce. V neposlední řadě úspora času a lidských zdrojů. Otevírá se tím velký prostor pro vývoj různých automatizovaných strojů a mobilních robotů. V dnešní době se v některých odvětvích již používají plně autonomní systémy.

Cílem práce je analyzovat automatizaci procesů ve stájích pro živočišnou výrobu za pomoci dnes používaných autonomních robotů, zmapování metod přihrnování krmiva ve stáji a dále pak zhodnocení již používaných autonomních robotů pro přihrnování krmiva. Dalším úkolem je vytvoření rámcového návrhu vlastního přihrnovacího robota.

2 Přehled použitých zkratk a symbolů

Značka	Název	Jednotka
F	Síla pro utlačení krmiva	N
F _g	Gravitační síla od krmiva	N
m	Hmotnost krmiva	kg
F _b	Radiální síla na dolní ložisko	N
f	Součinitel smykového tření	
F _a	Radiální síla na horní ložisko	N
F _A	Axiální síla na horní ložisko	N
m _p	Hmotnost přihrnovacího zařízení	kg
g	Gravitační zrychlení	m/s ²
n	Otáčky	ot/min
P _o	Ekvivalentní statické zatížení ložiska	N
X _o	Koeficient radiálního statického zatížení	
Y _o	Koeficient axiálního statického zatížení	
s	bezpečnost	
C _o	Statická únosnost ložiska	N
C	Dynamická únosnost ložiska	N
F _r	Radiální síla zatěžující ložisko	N
F _a	Axiální síla zatěžující ložisko	N
F _e	Ekvivalentní dynamické zatížení ložiska	N
f ₀	Koeficient geometrie částí ložiska	
e	Mezní hodnota vztahu F _a /F _r slouží k určení X, Y	
X	Koeficient radiálního dynamického zatížení	
Y	Koeficient axiálního dynamického zatížení	
L _h	Životnost ložiska	h

3 Automatizace stáje

3.1 Krmení

Krmení a příprava krmiva je operace náročná jak na fyzickou sílu, tak čas. Musí se denně několikrát opakovat, proto se v dnešní době několik firem zabývá automatizací těchto procesů jako například nizozemské firmy Trioliet a Lely nebo rakouská firma Hetwin. V současnosti se již používají plně automatizované krmné linky, které se skládají z několika částí. První je přípravná, kde je uskladněno krmivo a robot, který dávkuje jednotlivé druhy krmiva a stanovuje přesně odměřenou dávku krmné směsi. Ta je dále pomocí dopravníku naložena do druhé části linky, což je automatizovaný krmný vůz, který řádně promíchá krmnou směs, dojde do určené stáje a vyloží krmivo přesně tam, kde je potřeba. Krmný vůz bývá většinou zavěšen na vysuté koleji, která mu udává přesnou trasu, nebo je plně autonomní. Výhodou autonomních strojů je naprostá absence vodičích lišt a možnost přejíždění i do více stájí.



Hlavní výhody automatických systémů:

- snížení nároků na lidskou práci
- zvýšení příjmu krmiva a tím i užitkovosti
- zlepšení kondice dojnic
- úspora času farmářů
- přesné dávkování krmné dávky a její složení nezávisle na lidském faktoru
- kontrola příjmu krmiva v průběhu dne

Obrázek 1 Automatický krmný vůz Aramis 2 [3.1.1]

Součástí krmného procesu je přihrnování krmiva vyhrnutého kravami mimo jejich dosah. Vhodným časovým plánem přihrnutí krmiva je možné u zvířat zvýšit jejich produkci, ať už masnou nebo mléčnou. Nejnovějším trendem v této činnosti jsou autonomní roboty, které mohou sami několikrát denně přihrnovat krmivo, a tím snížit náklady na pracovní sílu, mechanizaci, čas a samotné krmivo, které by jinak bylo vyhrnuto bez zúžitkování do odpadu.

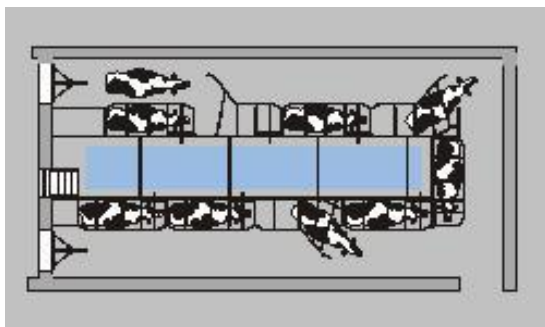
[1] [2] [3]

3.2 Dojení

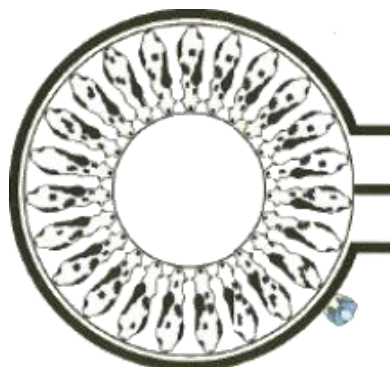
K chovu skotu patří i chov dojnic a jejich dojení. Dojení krav prošlo dlouhým vývojem od ručního dojení, přes strojní ručně ovládané až k plně samostatným robotickým dojičkám. S ručním dojením se dnes setkáme pouze velmi výjimečně, neboť i malí chovatelé používají strojní dojení. Tento způsob dojení využívá principu změny tlaku okolo struku. Do násadce je střídavě vpouštěn atmosférický tlak a podtlak, který je vytvářen vývěvou. O změnu tlaku se stará pulsátor, který ho přepíná. Může být ovládán elektromagneticky nebo pneumaticky střídavým odsáváním vzduchu z komor sousedících membránou. Nadojené mléko je následně odváděno do tanku a je chlazené.

U velkých stájí se využívá moderních dojíren, kterými krávy procházejí, zastavují se v určených boxech, kde jsou podojeny a odchází dál. Dojíren existuje mnoho druhů a velikostí, pro menší chovy se používá tandemové uspořádání dojírny. Pro větší stáda se

používají kruhová uspořádání, kde se může dojit až 60 krav najednou. Kráva se během dojení pohybuje v kruhovém prstenci, při vstupu je nasazeno dojení a na výstupu opět sejmuto.



Obrázek 2 Schéma tandemové dojírny [3.2.1]



Obrázek 3 Schéma kruhové dojírny [3.2.2]

Dnes se již používají k dojení autonomní roboti. Robot je schopen provádět samostatně všechny úkony, které jinak dělá člověk. Při příchodu je zvíře identifikováno podle respondéru a robot vyhodnotí, zda uběhl dostatečně dlouhý interval od posledního dojení. Pokud tomu tak je, dostane zvíře určité množství krmiva. Pomocí robotického ramene robot očistí struky jemnými kartáčky, pomocí laseru odměří polohu struků, nasadí strukové násadce a oddojí první stříky. Proběhne analýza na zjištění kvality a nezávadnosti mléka, když je vše v pořádku, je zvíře normálně podojeno. V případě podezření na zánětlivé onemocnění je zvíře také podojeno, ale mléko není odváděno do tanku s mlékem od zdravých zvířat, ale do tanku určeného pro skladování mléka od krav mastitidních, léčených apod. Po podojení každého zvířete jsou strukové násadce propláchnuty dezinfekčním roztokem, vodou a připraveny pro další dojnici. Mezi známé prodejce dojících robotů patří firmy Lely a DeLaval.



Obrázek 4 Robotické rameno dojícího automatu firmy Lely [3.2.3]



Obrázek 5 Dojící robot firmy Galaxy [3.2.4]

Zajímavým konceptem je dojící robot značky Galaxy starline. Jeho základ tvoří klasický průmyslový robot upravený pro nasazování strukových pouzder. Tato pouzdra jsou laserově zaměřována na struk a nasazují se po jednom. Robot je schopen obsluhovat dvě krávy najednou a přitom je sledována kvalita mléka z každého struku.

Výhody dojících robotů:

rychlá detekce kvality mléka, neustálé získávání informací o jednotlivých dojnících, úspora pracovní síly, odlišnost od konvenčního dojení, přirozenější pro dojnice, šetření místa, neboť roboty se nacházejí přímo ve stáji a nejsou potřeba dojírny ani čekárny, omezení přesunu dojnice.

Nevýhody:

nepřetržité dojení 24 hodin, v případě jakékoliv závady je nutná okamžitá oprava, protože krávy nemohou zůstat nepodojeny, velká pořizovací cena.

[4] [5] [6]

3.3 Úklid kejdy, hnoje a jejich využití

Při živočišné výrobě vzniká mnoho biologického odpadu. Ten se musí odklízet a dále zpracovávat.

U malých farem se dá kejda nebo hnůj odklízet přímým vyhrnováním pomocí traktoru nebo manipulátoru s radlicí, nebo tažnou radlicí přímo na hnojiště z hnojně chodby. Ve velkých stájích se používají roštové chodby, kde kejda propadáva skrz rošt do kanálu, odkud je následně dopravníkem vyhrnována na hnojiště. Skrz rošt nepropadne vše, proto se musí zbytky shrnovat. K tomu nejčastěji slouží tažné radlice tažené lanem nebo řetězem. Toto zařízení je sice jednoduché a robustní, ale je hlučné a mohou nastat problémy s tažným elementem.



Obrázek 6 Shrnovací radlice tažená řetězem firmy JOZ [3.3.1]

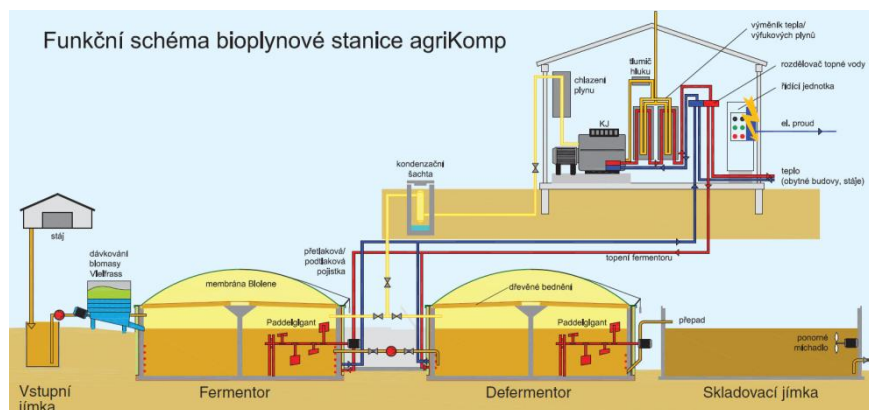
Dnes se objevují autonomní roboty na shrnování kejdy. Robot pracuje na stejném principu jako shrnovací radlice. Tlačí před sebou stírací lištu, kterou hrne kejdu. Tyto roboty řeší problém s tažným elementem u radlic. Robot může jezdit častěji a udržovat prostor čistější, je tichý a neruší zvířata. Výhodou je možnost přejetí do jiné stáje. Tohoto robota vyrábí nizozemská firma JOZ. Robot nezabírá celou chodbu najednou, proto se mu zvířata lépe vyhnou, ale proti tomu musí mít dobrý systém řízení polohy, aby věděl, kudy již projížděl a kudy ne. Robot je vybaven i 100 litrovou nádrží na vodu a může rošt omývat.



Obrázek 7 Shrnovací robot firmy JOZ [3.3.2]

Kejda nebo hnůj má několik využití. Nejstarší a nejpoužívanější je využití jako hnojivo. V dnešní době se ale začíná využívat na výrobu tepla a energie v bioplynových stanicích. Hnůj se za nepřístupu vzduchu nechá biologicky rozkládat ve speciální nádrži. Tomuto procesu se říká anaerobní fermentace. Tento proces probíhá přirozeně v přírodě v bažinách, na dnech jezer nebo například na skládkách komunálního odpadu. Při tomto procesu směsná kultura mikroorganismů postupně v několika stupních rozkládá organickou hmotu. Tím vzniká bioplyn a tuhý zbytek. Bioplyn se použije jako palivo a tuhý zbytek jako hnojivo.

[7] [8] [9]



Obrázek 8 Funkční řeřka bioplynové stanice [3.3.3]

4 Metody přihrnování

4.1 Manuálně řízené

Ruční přihrnování

Tento způsob je nejstarším a nejnáročnějším způsobem přihrnování krmiva. Nejméně efektivní způsob náročný na pracovní sílu a čas. Používají se vidle nebo lopaty. Lze se s ním setkat na nejmenších farmách s minimálním počtem kusů dobytka.

Použití mechanizace

Využívá se různých manipulátorů nebo traktorů s připojeným příslušenstvím. Nejjednodušší varianta je naklápěcí radlice s gumovým břitem, která je tlačena před pohonným zařízením. Výhodou je jednoduchost zařízení. Nevýhodami jsou opotřebení břitu, odírání podlahy a vyhrnování krmiva mimo krmnou chodbu na konci stáje. Obsluha také musí brát ohled na to, že projíždí těsně kolem hlav zvířat.



Obrázek 10 Přihrnovací radlice s manipulátorem [4.1.1]



Obrázek 9 Odvalovací přihrnovač s pneumatikou [4.1.2]

Dalším jednoduchým řešením je odvalující se válec, nejčastěji pneumatika, upevněný na rameni a tlačенý před pohonem. Pneumatika se samovolně otáčí a tím má menší odpor, zároveň rotací přihrnuje krmivo k zábraně. Výhodou je jednoduchost zařízení, snadná údržba, jednoduché použití. Nevýhodou je opotřebení podlahy krmné chodby a pneumatiky, nelze s ním vyhrnovat zbytky krmení z krmné chodby.

V dnešní době se používají modernější řešení, jako je šnekový přihrnovač, kde se zepředu do otáčejícího šneku nabírá krmivo a stoupáním šneku je vytlačováno blíže k příhradě. Celé zařízení je zavěšeno před pohonným strojem. Hlavní výhodou tohoto přihrnovače je promísení a provzdušnění krmiva. Nevýhodou zařízení je složitější a dražší konstrukce, stroj navíc musí mít ochranný rám nebo kryt kvůli otáčejícímu se šneku. Dále je možnost úniku provozních kapalin z převodovek a hnacího hydromotoru, které mohou kontaminovat krmivo. Se zařízením opět nemůžeme vyhnout zbytky krmiva z krmné chodby.



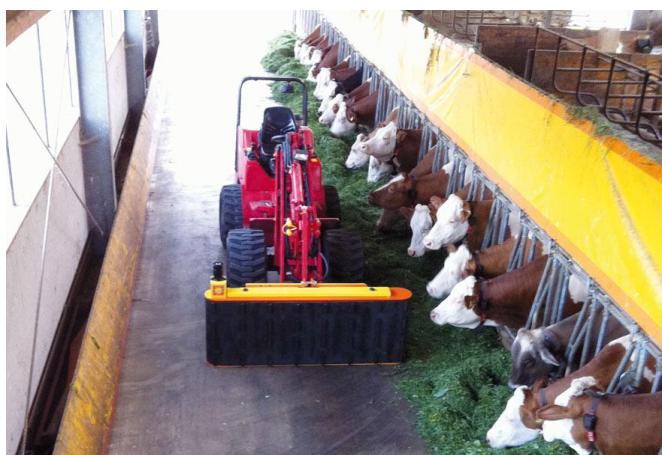
Obrázek 11 Šnekový přihrnovač firmy Köppl [4.1.3]



Obrázek 12 Šnekový přihrnovač firmy Mammut [4.1.3]

K přihrnování krmiva se používá i pásový přihrnovač, kde se o pohyb krmiva stará nekonečný pás běžící okolo dvou válců se svislou osou. Krmivo je unášeno vruby na pásu a přihrnováno blíže k zábraně. Zařízení je tlačeno před pohonným zařízením, kterým může být manipulátor, traktor s čelním nakladačem nebo samočinné zařízení pojezdějící po příhradě. Takovým zařízením je přihrnovač rakouské firmy RMH Landtechnik. Jeho výhodami jsou snadná ovladatelnost, velká produktivita a snadno s ním jde přejet ze stáje do stáje. Nevýhodou je odírání podlahy ocelovým skluzem, po kterém se zařízení pohybuje, a možnost úniku provozní kapaliny, jelikož je stroj poháněn rotačním hydromotorem.

[10] [11]



Obrázek 13 Pásový přihrnovač firmy R-M-H [4.1.5]

4.2 Samočinné

Tažené radlice a závěsná zařízení

Jednou z mnoha metod přihrnování jsou radlice tažené lany nebo řetězy přes krmnou chodbu. Výhodou těchto zařízení je nezávislost na lidské obsluze. Zařízení stačí uvést do chodu a samo přihrne krmivo. Přihrnování může být spouštěno manuálně nebo řízeno autonomním systémem. Pokud se dá radlice natáčet, lze ji použít i pro vyhrnování zbytků z krmného stolu. Jejich velkou nevýhodou je právě lano, které je nataženo po celé délce krmné chodby, může se vytahovat nebo blokovat přístup jiným zařízením jako například krmnému vozu. Blokovat přístup nemusí pouze tažený element, ale i samotný stroj, který je parkován v krmné chodbě. Určitým řešením je tažné lano buď zapustit do drážky v podlaze, nebo ho přesunout k příhradě. V obou případech se ale vyskytují určitá rizika. Drážka v podlaze se může zanášet nečistotami a způsobit zvýšení namáhání zařízení. U druhého způsobu se v místech, kde mají zvířata hlavy, pohybuje rameno nesoucí přihrnovací radlici. Tím se zvyšuje riziko poranění zvířat, proto se musí přihrnovač pohybovat dostatečně pomalu, aby zvířata včas uhla. Zařízení je také nevýhodné pro statky s více stájemi, protože se nedá přesouvat.



Obrázek 14 Tažená přihrnovací radlice firmy DeLaval [4.2.1]

Další možností je vodící zařízení zavěsit na příhradu krmné chodby a pojezd je uskutečněn kolem o podlahu nebo o vodící lištu. Tím odpadá potřeba tažného elementu, ale zařízení nabírá na velikosti. Na vzniklý pohon se dá zavěsit různý přihrnovač, například radlice nebo pásový přihrnovač. [12]



Obrázek 15 Závěsný přihrnovač firmy Wassenbauer [4.2.2]

Robotické autonomní přihrnovače

Robotické autonomní přihrnovače jsou moderním trendem v usnadnění, modernizaci a automatizaci zemědělství. Jsou schopny častěji a při menších nákladech na mechanickou i fyzickou práci přihrnovat krmivo. Studie společnosti Lely International prokázala, že častější přihrnování v určitých intervalech příznivě působí na růst dobytka, zvýšení dojivosti a projíždějící robot vytváří u dobytka stimul pro příjem krmiva.

Při používání autonomních robotů se vyskytují další aspekty, které musíme řešit, jako je řízení, nabíjení, bezpečnost. Robot se při pohybu po stáji musí řídit vymezenou trasou. Neměl by zastavovat a "ztrácet" se ze své trasy. Svým pohybem nesmí ohrozit osoby pohybující se po stáji, zvířata nebo poškozovat zařízení stáje. Z ekologického hlediska jsou samočinné roboty hrozbou kvůli úniku provozních kapalin, ať už olejových náplní převodovek nebo náplní baterií. Zařízení, které se neustále pohybuje v prostoru stáje, musí být přizpůsobeno prostředí se zvýšeným obsahem korozi způsobujících látek. Je to amoniak z výkalů, sirovodík vznikající při hnilobném rozkladu organických látek a střevní plyny s převahou metanu a řadou dalších látek.

Na robotické přihrnovače by se dala přestavět většina přihrnovačů používaných jako přípojné zařízení. Některé by byly příliš konstrukčně nebo energeticky náročné, proto se používá jen několik typů.

[13] [14]

5 Typy existujících robotických přihrnovačů

5.1 Robot na principu šnekového přihrnovače

Autonomní šnekový přihrnovač vyrábí rakouská firma Wassenbauer. Firma se vydala jinou cestou než ostatní výrobci autonomních přihrnovačů, kteří se zabývají konstrukcí otáčejícího se válce. K přihrnování zde používají speciální šnek, který je poháněn elektromotorem. Krmivo je zředu nabíráno do stoupání šneku a na boku je vytlačeno blíž k zábraně, je promícháno a provzdušněno. Celé zařízení je poháněno elektřinou uloženou v baterii. Trasu mu vymezují magnety, které jsou navrtané do krmného stolu každé 2 metry. Na konci trasy je dokovací stanice, kde zařízení parkuje a nabíjí se. Nabíjecí stanice je zapuštěna v zemi. Pokud robot odjede, jsou elektrody zataženy do země a stanice vůbec nevyčnívá na povrch. Při vhodném povrchu terénu je zařízení schopno přejíždět mezi stájemí. Přihrnovač je velmi citlivý na povrch, po kterém jezdí. Povrch musí být pokud možno rovný a hladký. Kvůli malé světlé výšce nelze překonávat větší nerovnosti např. prahy nebo příkrá stoupání. Povrch musí být také dostatečně tvrdý, protože při hmotnosti cca 500 kg by došlo na měkkém terénu k zaboření a uvíznutí. Ideální je beton nebo dlaždice. Zařízení sleduje prostor kolem sebe a při jakékoliv překážce v jízdě okamžitě zastaví a čeká na odstranění překážky. Na přihrnovač se dá namontovat zásobník na přídatné sypké krmivo, které se přimíchává do krmiva při přejezdu. Robot se dá ovládat na dotykovém displeji přímo na stroji nebo bezdrátově pomocí WIFI připojení z PC, tabletu nebo smartfonu.

[15]



Obrázek 16 Autonomní šnekový přihrnovací robot firmy Wassenbauer [5.1.1]

5.2 Roboty na principu otáčejícího se válce

Nejpoužívanějším typem je přihrnovač pracující na principu otáčejícího se válce. O pohon se stará dvojice elektromotorů připojených přes převod na dvě nezávisle hnaná kola. Otáčení přihrnovacího bubnu může být buď pasivní, nebo aktivní. U pasivního způsobu je buben vychýlen o určitý úhel od svislé osy, tudíž se dotýká země pouze částí obvodu a při pohybu se odvaluje. Při aktivním otáčení je buben poháněn dalším elektromotorem. Tímto typem přihrnovače se zabývá několik firem. Nizozemské firmy Lely a JOZ a rakouská firma Hetwin. Hlavní princip přihrnovače je u všech stejný. Rozdíly se objevují ve stylu zpracování, řízení, přídatných zařízeních, atd. Všechny zařízení mají společnou náročnost na povrch, po kterém se pohybují. Kvůli velké hmotnosti, velkému průměru a malé světlé výšce nedokáže přihrnovač překonávat příkrá stoupání, protože by došlo k nadzvednutí hnacích kol a zařízení by zůstalo "viset", nebo jezdit po nezpevněném povrchu, kde hrozí zaboření.

Příhrnovač firmy Lely

Příhrnovač značky Lely má pasivně otáčený buben. Jeho základ tvoří betonový blok, který mu dává dostatečnou hmotnost 570 kg, aby se neodstrkoval od krmiva, ale aby ho přihrnul. Je poháněn dvojicí elektromotorů připojených přes převodovku na dvě hnaná kola. Stabilitu zajišťuje třetí nehnané otočné kolečko. Robot jede maximálně rychlostí 12 m/min. O zdroj energie se stará dobíjecí 12 V baterie s kapacitou 55Ah. Dobíjení probíhá v dokovací stanici, kde je robot parkován pokud nepřihnuje. Řízení směru určuje jednotka na základě gyroskopu a ultrazvukovém senzoru měřícím vzdálenost od příhrady. Na trase se také robot řídí podle ujeté vzdálenosti podle senzoru na zadních kolech a resetovacími body ve stáji, což jsou kovové lišty v podlaze a nabíjecí stanice. Programování se provádí speciálním manuálním ovladačem dodávaným výrobcem. Firma vyrábí dvě varianty příhrnovače. Jednu větší o průměru 1560 mm a menší o průměru 1110 mm pro menší krmné chodby. Větší příhrnovač je schopen i venkovního použití, pokud má dostatečně rovný a zpevněný povrch. Ideální je betonový povrch bez převýšení a překážek. Větší z robotů je vybaven elektrickým ohradníkem, který nutí krávy, aby se robotu uhly. Na menší typ se nechá ohradník dokoupit. Zařízení je vybaveno kolizním senzorem. Při kontaktu s překážkou je horní kryt příhrnovače, který je uložen v určitém rozsahu pohyblivě, vychýlen z původní pozice a čidlo zaznamená změnu. Pohyb robota je zastaven a čeká. Poté se zkusí opět rozjet. Pokud překážka nebyla odstraněna, robot opět zastaví. Zařízení se vypne a musí být ručně přepraveno do výchozí pozice. Tento princip je implementován kvůli šetření baterií, pokud se robot nějakou chybou vychýlí z trasy a narazí do zdi nebo pokud se ve stáji objeví překážka, například zaparkovaný stroj.

[16] [17]



Obrázek 17 robotický příhrnovač firmy Lely [5.2.1]

Přihrnovač firmy JOZ

Výrobou tohoto typu přihrnovače se zabývá také nizozemská firma JOZ. Jejich přihrnovač má největší průměr 1273 mm a výška je 1000 mm. O pohyb se stará dvojice elektromotorů o výkonu 130 W připojených na dvojici hnacích kol. Motorem poháněný plášť je tvořen skrouženým nerezovým plechem a dole je opatřen gumovým břitem. Zařízení pracuje s napětím 24 V. Zdroj napětí zajišťuje dvojice dvanácti voltových baterií o kapacitě 110 Ah. Díky velké kapacitě je zařízení schopno provozu až 19 hodin za den. Nabíjení probíhá v dokovací stanici, která je napájena 230 V, je připojena k internetu a komunikuje s robotem. Díky malým rozměrům se může dokovací stanice umístit i na zábranu. Robot má hmotnost 645 kg, což zaručuje, že se neodstrkuje od krmiva a drží se trasy. Přihrnovač je ve stáji lokalizován pomocí radiomajáků, které vysílají signál k robotu a pomocí trilaterace vypočte svoji polohu. Orientace a směr natočení robota je určován pomocí gyroskopu. Zabezpečení kolize s překážkou je pomocí kontaktních čidel, pokud se stroj horní částí opře o pevnou překážku, zastaví pohyb stroje.

[7]



Obrázek 18 Autonomní robotický přihrnovač firmy JOZ [5.2.2]

Příhrnovač firmy Hetwin

Dalším výrobcem je rakouská firma Hetwin. Jejich příhrnovač Stallboy má dvě varianty otáčení příhrnovacího bubnu, buď je poháněn elektromotorem, nebo se odvaluje díky tření o podlahu. Buben je dole osazen gumovou lištou, která stírá povrch krmné chodby a má průměr 1322 mm. Základ zařízení tvoří 50 mm silný ocelový plát, na kterém je uloženo pojezdové zařízení. To dodává zařízení dostatečnou hmotnost cca 600 kg, aby se příhrnování neodchylovalo od trasy. Příhrnovač pracuje s napětím 24 V a o zdroj napětí se stará dvojice 100Ah baterií. O pojezd se opět stará dvojice elektromotorů, každý o výkonu 240 W, připojených přes převodovku na kola s běhounem z plné gumy o průměru 400 mm. Stabilitu stroje zajišťuje třetí menší otočné kolo. Rychlost pojezdu je maximálně 9 m/min. Trasa robota je vymezena magnety zavrtanými do podlahy. Dále je pod základní deskou robota senzоровá lišta, která měří vzdálenost od zábrany. Robot je schopen jet v určitém odstupu od trasy, když je před ním příliš krmiva nebo je čerstvě zakrmeno. Při nastavení režimu čerstvě nakrmeno robot začne automaticky příhrnovat z maximální vzdálenosti od příhrady a při každém dalším projetí se přibližuje k příhradě. Při jízdě je zadní část příhrnovače cca 2 cm nad zemí, tudíž nedochází k hromadění malých částí krmiva pod zařízením a následnému zanášení pohonu. O zabránění kolize se stará bezpečnostní lišta, která při kontaktu s překážkou okamžitě zastaví pohyb zařízení. Pod lištou je také hliníkový kroužek, který funguje jako elektrický ohradník, aby zvířata nebránila příhrnovači v jízdě. Po skončení každé jízdy příhrnovač zajede do nabíjecí stanice, kde se oba akumulátory nabijí na 100 Ah. Na příhrnovač se dá namontovat přídatné zařízení, které ze zásobníku sype na krmivo výživové suplementy, které vábí zvířata. Zařízení se dá řídit ovládacím terminálem nebo bezdrátově z počítače. Robot je schopen překonávat svahy podlahy do 5 % ve směru jízdy, ale jen s velmi pozvolným přechodem.

[18] [19]



Obrázek 19 Autonomní příhrnovač firmy Hetwin se zásobníkem na jadrné krmivo

6 Porovnání robotů

Tab.1 Porovnání existujících robotů

	Typ přihrnovače	Pohon	Výkon motorů	Baterie	Hmotnost (kg)
Wassenbauer Bultler gold	šnek	2 hnaná kola			500
Lely Juno 100	rotující buben	2 hnaná kola		12V, 55 Ah	570
Lely Juno 150	rotující buben	2 hnaná kola		12V, 55 Ah	570
JOZ Moov	rotující buben	2 hnaná kola	2x130 W	2x12V, 110 Ah	645
Hetwin Stallboy	rotující buben	2 hnaná kola	2x240 W	2x12V, 100 Ah	600

	Průměr přihrnovacího zařízení (mm)	Možnost přidavného zařízení	Aktivní pohon přihrnovacího zařízení	Rychlost jízdy (m/min)
Wassenbauer Bultler gold		ano	ano	
Lely Juno 100	1000	ne	ne	12
Lely Juno 150	1500	ne	ne	12
JOZ Moov	1273	ne	ano	6
Hetwin Stallboy	1322	ano	ano/ne	9

7 Typ podvozku a řízení

Všechny výše zmíněné robotické přihrnovače využívají stejný model podvozku. Model podvozku je tříkolový a princip řízení se dá nazvat "tank". Hlavní částí jsou dvě nezávisle na sobě hnaná kola. Pokud se kola otáčejí stejnou rychlostí, zařízení jede v přímém směru. Zatáčení zařízení je uskutečněno zpomalením nebo zastavením jednoho kola. V tomto případě zařízení zatáčí po kružnici, pokud se kola otáčejí stejnou rychlostí, ale jedno s obráceným směrem otáček, tím se robot otáčí na místě kolem středu, který leží na ose mezi koly. Podvozek je také doplněn o třetí nehnané, volně otočné opěrné kolečko pro zvýšení stability. Výhodou tohoto typu podvozku je dobrá manévrovatelnost v malém prostoru, jelikož se dokáže otáčet na místě. Nevýhodou je dvojice hnacích kol. Pokud dojde k většímu opotřebení jednoho kola, stroj se začne samovolně odchylovat od trasy.

8 Baterie

Baterie v přihrnovačích jsou zatěžovány poměrně velkými proudy od hnacích elektromotorů. Dále jsou baterie vystaveny cyklické zátěži. Časté vybíjení a rychlé nabíjení může u některých baterií způsobit trvalé poškození. Firma JOZ používá u svého zařízení baterie typu AGM (absorbed glass mat). Jde o moderní baterii, kde se elektrolyt mezi olověnými deskami nenachází volně, ale je nasáklý v netkané tkanině ze skelných vláken, proto je v neustálém a rovnoměrném kontaktu s deskami. Díky této konstrukci dosahují baterie vysokých výkonů a dobrých nabíjecích charakteristik, také jsou odolné proti cyklickému zatížení. Dále jsou baterie absolutně bezúdržbové a odolné proti vytečení elektrolytu.

Proti tomu firma Hewtin používá baterie Exide ER550, což je modernizovaný olověný akumulátor s tekutým elektrolytem s příměsí slitiny Sb/Ca. Tento typ akumulátoru není tak výkonný jako AGM baterie, ale stále dostačuje pro provoz robota. Není zcela bezúdržbový, je třeba kontrolovat hladinu elektrolytu. Oproti AGM je ale jednodušší a levnější.

[20] [21] [7] [19]



Obrázek 20 Baterie Exide ER 550 používané v přihrnovači firmy Hetvin [8.1]

9 Používané senzory

9.1 Rotační enkodéry

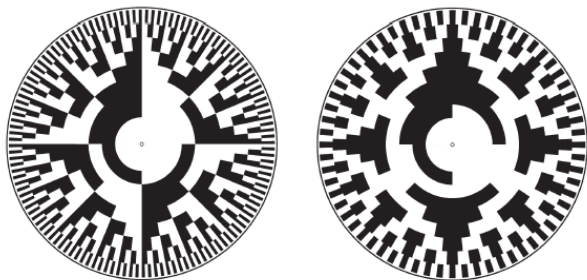
Rotační enkodér je zařízení převádějící rotační pohyb na dále zpracovatelný elektrický signál. Podle fyzikálního principu fungování můžeme rotační enkodéry rozdělit na

- optické, které mohou být
 - transmisivní - využívající přerušování světelného paprsku rotujícím děrovaným diskem (optická závora)
 - reflexivní - využívající plný disk s reflexními a matnými ploškami
- kartáčové - pracující na principu komutátoru
- odporové - na principu otočných potenciometrů
- magnetické - měřící změny magnetického pole
- induktivní - využívající principu elektromagnetické indukce

Pro svou spolehlivost, vysoké rozlišení a rozumnou cenu jsou v mobilní robotice nejčastěji používané oba druhy optických enkodérů. Podle konstrukce a funkce můžeme rotační enkodéry rozdělit na inkrementální, absolutní, jednokanálové a vícekanálové. Jednokanálové enkodéry mají pouze jednobitový výstup, neudávají informaci o smyslu otáčení a při velmi malých rychlostech nebo v klidu, pokud se zastaví na přechodu mezi hodnotou 0 a 1, u nich hrozí výskyt šumu. Na výstupu se může objevovat náhodná hodnota, která se může v čase měnit. Proto se jednokanálové enkodéry v odometrii nepoužívají.

Inkrementální enkodéry jsou dvoukanálové se vzájemným posunutím fáze těchto kanálů. Díky tomu dokáží rozlišit směr otáčení, mají při stejném dělení disku dvojnásobné rozlišení a netrpí problémem se šumem. Zastaví-li se inkrementální enkodér na jakémkoliv hraně, projeví se případný šum přinejhorším oscilací polohy o ± 1 .

Absolutní enkodéry udávají v kterýkoliv okamžik na svém paralelním výstupu absolutní úhel natočení enkodéru, který je zakódován například binárním kódem. Jejich rozlišení je $2^{\text{počet kanálů}}$, s rozlišením ale roste také jejich cena. Hlavní uplatnění v mobilní robotice nacházejí jako senzory absolutní úhlové pozice. Výstupem absolutního enkodéru je zpravidla Grayův kód, jehož délka je stejná jako délka kódu binárního, na rozdíl od něj ale při každém přechodu dochází k překlopení právě jednoho bitu v kódu. To eliminuje problémy, které by vznikaly při přechodových jevech při použití binárního kódu. [22] [23] [24]



Obrázek 21 Ukázka kódování absolutních enkodérů vlevo binární kód vpravo grayův kód [9.1.1]



Obrázek 22 Rotační enkodér

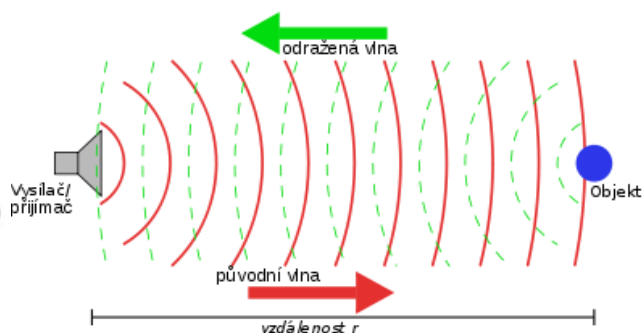
9.2 Ultrazvukové měření vzdálenosti (sonar)

Sonar je v robotice velmi populární senzor pro měření vzdáleností nebo pro mapování objektů nacházejících se v dráze robota. Sonar pracuje na podobném principu jako radar, ale vysílá pouze ultrazvukové vlnění místo rádiového. Zařízení obsahuje ultrazvukový vysílač, přijímač a vyhodnocovací elektroniku. Ultrazvukový vysílač vyšle signál směrem k překážce a elektronika začne měřit čas. Když signál dojde k překážce, jeho část se odrazí zpět k zařízení, kde je sejmuto přijímačem a zastaví se měření času. Výstupem ze senzoru je čas, za který se signál vrátí od vysílání do přijímače. Tento čas se musí přepočítat na vzdálenost. K tomu je třeba vědět rychlost šíření zvuku ve vzduchu, ta je při 20°C 343 m/s. Získaný čas se vynásobí rychlostí zvuku, ale hodnota se musí ještě vydělit dvěma, jelikož je čas měřen od vyslání k objektu, tak i od objektu k přijímači. Pokud by byl čas měřen v sekundách výsledná vzdálenost by byla v metrech. Nevýhodou sonaru je klesající přesnost měření s rostoucí vzdáleností a možnost odrazu signálu jiným směrem při dopadu na nerovný povrch. Výhodami jsou malá velikost, hmotnost, nízká pořizovací cena, malá spotřeba energie, snadné vyhodnocení dat, dostatečná přesnost, může pracovat i při snížené viditelnosti nebo za tmy.

[23] [25]



Obrázek 23 Průmyslový ultrazvukový senzor [9.2.1]

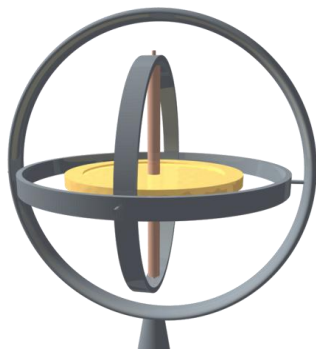


Obrázek 24 Schéma principu ultrazvukového senzoru [9.2.2]

9.3 Gyroskop a akcelerometr

Gyroskopy jsou používány pro měření a určení změny polohy nebo natočení zařízení, na kterému jsou připevněny. Dříve se dalo využít pouze mechanické provedení, případně optické s využitím světlovodných vláken. Dnes se dají najít jako komplet klasických součástí samotného snímače a vyhodnocovací elektroniky. Výstup může být analogový, digitální nebo obojí. Díky tomu lze gyroskopy použít i v běžných aplikacích. Například přesné určování polohy a natočení robotů nebo umělý horizont v letadlech.

Mechanický gyroskop je setrvačnický otáčející se v ložiskách s minimálním třením velkými otáčkami. Rotující setrvačnický má moment hybnosti, tudíž si jeho osa bez působení vnějších sil udrží stejný směr. Pokud je setrvačnický uložen v Cardanových závěsech, má tři stupně volnosti. Pokud otáčíme rámem, poloha setrvačnického se nemění, a tím můžeme odměřit, jak se změnila poloha tělesa vůči výchozí poloze.

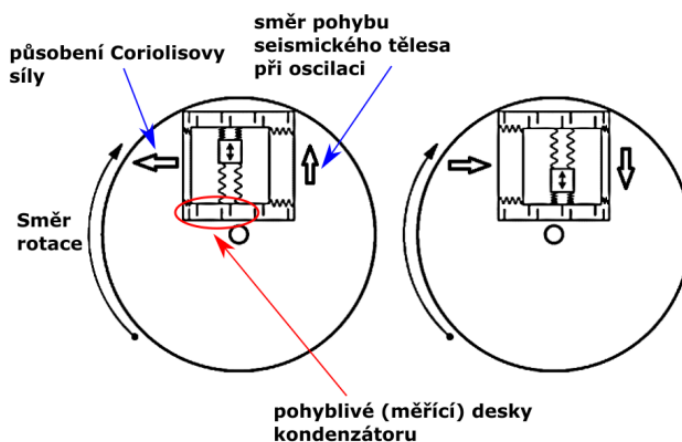


Obrázek 25 Schéma mechanického gyroskopu [9.3.1]

Optické gyroskopy, využívající Sagnacova jevu, tedy závislosti interference dvou paprsků procházející kruhovou drahou oběma směry na fyzické rotaci takového zařízení, lze dělit na:

- vláknové optické gyroskopy, využívající cívku optického vlákna, u kterých se rotace projevuje fázovým posunem,
- kruhové laserové gyroskopy, u kterých se rotace trojúhelníkové nebo čtvercové optické dráhy tvořené několika zrcadly projevuje rozdílem frekvencí protisměrných paprsků.

MEMS gyroskopy jsou piezoelektrické, měřící Coriolisovu sílu, která působí na nuceně vibrující součást gyroskopu, pokud je gyroskopem otáčeno. Tento typ gyroskopu dokáže měřit změnu polohy pouze v jednom směru. Tyto senzory se vyrábějí v provedení MEMS (mikro elektro-mechanické systémy) jako běžné součástky velikosti a podoby běžných integrovaných obvodů.



Obrázek 26 Schéma MEMS gyroskopu [9.3.2]

Akcelerometry, nebo také snímače zrychlení, fungují na principu vyhodnocení setrvačných účinků zpomalovaných nebo urychlovaných těles. Využívá se Newtonův zákon

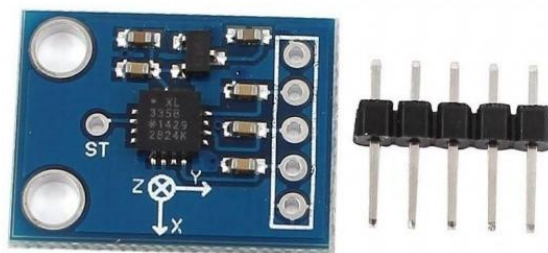
$$a = \frac{\Delta v}{\Delta t} = \frac{F}{m} \quad a = \text{zrychlení, } v = \text{rychlost, } t = \text{čas, } F = \text{síla, } m = \text{hmotnost}$$

Akcelerometry mění setrvačnou sílu na elektrický signál, který se dále zpracovává. Akcelerometry se dělí do dvou skupin na mechanické a piezoelektrické.

- Mechanické akcelerometry fungují na principu seizmické hmoty o určité hmotnosti zavěšené na pružině a tlumené tlumičem. Při působení síly se hmota vychýlí o hodnotu odpovídající setrvačné síle.
- Piezoelektrické akcelerometry fungují pomocí piezoelektrického krystalu, který při zatížení silou produkuje síle úměrné elektrické napětí. Zatěžující sílu definuje seizmická hmota určité hmotnosti, která je připevněna na krystal. Při působení síly na hmotu vyvolá v krystalu elektrické napětí.

Při dnešních výrobních technologiích se akcelerometry vyrábějí jako součástky tištěných spojů, proto se začínají hojně využívat v mnoha odvětvích. U akcelerometru je důležitý jeho rozsah. Pokud se měří pohyby aut nebo letadel je dostačující rozsah ± 2 G. Při měření s neočekávanými změnami je potřeba citlivost ± 5 G a více.

[23] [22]



Obrázek 27 MEMS akcelerometr v tištěném spoji [9.3.3]

9.4 Radiomajáky + trilaterace, triangulace

Další používanou metodou je trilaterace a triangulace. Trilaterace je metoda určování polohy robota v prostoru pomocí měření vzdálenosti k několika pevně určeným bodům. Triangulace využívá podobný princip, polohu určuje pomocí tří naměřených úhlů mezi třemi referenčními body a robotem. Ze znalosti polohy referenčních bodů v souřadném systému je robot schopen dopočítat pomocí změřených úhlů svou polohu.

Měření vzdáleností a úhlů může být realizováno mnoha způsoby. Používají se laserové paprsky, akustické vlny, nebo elektromagnetické záření. Tyto metody pracují buď s jedním vysílačem připevněným na robotu a několika přijímači rozmístěných po pracovním prostoru, nebo naopak na robotu je pouze přijímač a vysílače jsou rozmístěny po prostoru. U akustických vysílačů se měří doba zpoždění signálu. Ta je dobře měřitelná při použití ultrazvukových vln. Při použití elektromagnetických zářičů-radiomajáků se zjišťuje fázový posun vyslaného signálu.

[26] [25]

9.5 Indukční snímače

Indukční snímače slouží k detekování kovových materiálů. Toho se využívá například pro ohraničení oblastí pro pohyb robota, například pokud příhrnovací robot dojede na konec krmné chodby a přejeđe ocelový pásek v podlaze, pomocí indukčního čidla to detekuje a začne s otáčením. Také mohou být použity jako proximitní senzory k detekci kovových překážek.

Hlavním prvkem indukčního snímače je cívka navinutá na feritovém jádru. Cívkou protéká střídavý proud generovaný oscilátorem a vytváří v jejím okolí magnetické pole. Pokud umístíme do tohoto pole předmět z elektricky vodivého materiálu, budou v něm indukovány vířivé proudy. Vířivé proudy změni magnetické pole a zpětně působí na cívku změnou její impedance. Změna je vyhodnocena elektronikou senzoru a po zesílení převedena na výstupní signál. Výhodou je detekce pouze vodivých kovových materiálů. Jejich nevýhodou je relativně malý pracovní dosah, který je maximálně v desítkách milimetrů.

[27] [28]



Obrázek 28 Plochý indukční senzor [9.5.1]

10 Praktická část

Cílem praktické části je rámcově vytvořit návrh a navrhnout vlastnosti autonomního přihrnovacího robota. Model navrhovaného zařízení je vytvořen v programu Autodesk Inventor 2016.

10.1 Požadavky na zařízení

- Vhodný přihrnovací mechanismus

Nabízí se několik možností, jak krmivo přihrnovat. Na robotický přihrnovač by se dala aplikovat většina metod přihrnování, ale některé by byly příliš energeticky nebo konstrukčně náročné. Proto se používá pouze několik typů, například otáčející se válec nebo šnekový přihrnovač.

- Pohonný mechanismus s dostatečnou silou pro utlačení krmiva.

Pohon robota musí mít dostatečný výkon, aby dokázal přihrnout krmivo zpět do dosahu zvířat a zároveň se pohybovat vpřed. Jako pohon se využívají stejnosměrné elektromotory na 12 nebo 24 V. O jejich výkonu rozhoduje objem přihrnovaného krmiva a váha robota.

- Dostatečná zásoba energie pro pracovní cyklus

Zásobu energie zajišťují dobíjecí akumulátory. Baterie musí poskytnout dostatek energie pro celý pracovní cyklus přihrnovače, což je jedno objetí stáje. Ten se potom vrátí do nabíjecí stanice, kde jsou baterie dobity. Na tyto baterie jsou kladeny vysoké nároky kvůli častému vybití a nabíjení.

- Dodržování trasy a řízení v pracovním prostoru

Přihrnovací robot musí mít přesně vymezenou pracovní trasu, po které se pohybuje. O řízení se stará řídicí jednotka, která vyhodnocuje příchozí signály od různých senzorů sledujících pracovní prostor robota. Pro sledování trasy se mohou použít různé kombinace naváděcích prostředků, například odměřování vzdálenosti od stěn (ultrazvuk, laser), sledování vodících prvků v podlaze (magnety, vodiče) nebo měření ujeté vzdálenosti a natočení robota (odometrie).

- Systém zabránění nehody

Přihrnovací robot by měl být osazen zařízením, které bude schopno zabránit škodám na zařízení stáje, samotnému robotu a hlavně nezpůsobit poranění ustájenému dobytku. V úvahu přichází použití různých zabezpečovacích prostředků jako nárazové lišty, senzory pro snímání okolí a ohradníky pro odhánění zvířat. V případě kolize nebo pevné překážky se musí robot bezpodmínečně zastavit, aby nedošlo k poškození robota nebo překážky.

- Překonávání stoupání a překážek

Pro překonávání drobných překážek při najíždění na pracovní trasu (prahy vrat, srážky, žlábků a nájezdy) by mohl být robot vybaven zařízením pro zvýšení světlé výšky. S touto variantou u výše porovnávaných přihrnovacích robotů zatím nebylo pracováno. Pro jejich pohyb je nutná dokonalá rovina bez překážek a stoupání.

- **Přilákávání zvířat**

Projíždějící robot by měl nějakým způsobem stimulovat zvířata k dalšímu příjmu krmiva a vybudovávat u nich návykové reflexy. Zvířata se naučí, že při stále stejné se opakujícím signálu je k dispozici další krmivo.

- **Komunikace s operátorem**

V případě zastavení nebo překážky na trase přihrnovače je potřeba mít k dispozici možnost manuálního ovládní robota, aby se dal přemístit mimo automatický režim. Další možností je bezdrátová komunikace robota s počítačem operátora, kde může být robot monitorován a v případě potřeby upozorněn obsluhu varovnou zprávou.

10.2 Návrh přihrnovacího zařízení

Nabízí se několik metod přihrnování. Na robotický přihrnovač by se nechala přestavět většina manuálně řízených přihrnovačů. K porovnání byly vybrány tři metody. Použití šikmé radlice, metoda otáčejícího se bubnu a šnekový přihrnovač.

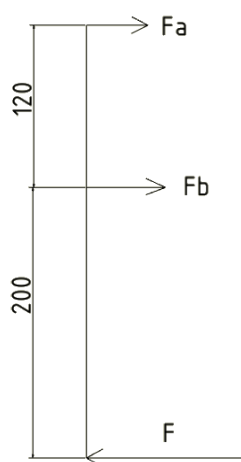
Šikmá radlice je nejjednodušší z porovnávaných metod. Výhodou je jednoduché technické řešení, minimální poruchovost, absence pohyblivých částí. Nevýhodou je vyvolávání vysoké boční síly na podvozek robota, velké třecí ztráty, celý břit radlice se tře o podlahu, krmivo se tře o radlici a ztráty krmiva přeřhrováním mimo krmnou chodbu na jejich koncích. Otáčející se válec funguje na principu odvalování se válce o přihrnované krmivo, a tím ho odsouvá do strany. Jedná se o složitější zařízení než radlice, ale z technického hlediska se jedná o jednoduchou bezúdržbovou konstrukci. Vlivem odvalování jsou na podvozek vyvozovány nižší boční síly. Třecí ztráty jsou menší, jelikož krmivo se o buben netře, ale je unášeno otáčivým pohybem do strany. Nevýhodou je složitější konstrukce a větší rozměry. Přihrnovač se šnekovým podavačem je efektivní způsob přihrnování. Krmivo se nestlačuje a je průchodem skrz šnek promícháno. Přihrnovač nepotřebuje velkou pojezdovou sílu, protože krmivo netlačí před sebou. Nevýhodami zařízení jsou jeho složitost, zvýšení rizika poruchy, otáčející se těleso v blízkosti hlav zvířat, vyšší cena. Pro návrh byla vybrána metoda otáčejícího se válce kvůli jednoduché funkci, levné konstrukci a menším třecím odporům než u radlice. Pro tuto variantu mluví i fakt, že jde o nejvyroběnější a nejprodávanější typ přihrnovače.

Konstrukce přihrnovacího válce je usazena na ocelové desce, která je šesti šrouby připevněna do rámu podvozku. Do desky je přivařena trubka o průměru 63,5 mm a tloušťce stěny 8 mm. Trubka je v určité výšce osazena na 55 mm. Na tomto osazení je opřen ložiskový domeček. Trubka pokračuje nad uložení ložisek a na jejím konci je připevněn horní kryt přihrnovače, kde se nachází většina řídicí elektroniky. Skrz trubku je vedeno elektrické vedení od baterií a motoru, které se nacházejí dole v podvozku. Ložiskový domeček tvoří základ pro otočné uložení válce. Na ložiskový domeček je přes přírubu přišroubovaná nosná hvězdice. Do nosné hvězdice je přišroubovaný vlastní válec o průměru 1300 mm a výšce 600 mm. Válec je skroužen z plechu o tloušťce 2,5 mm. Na dolní straně válce je přišroubován přes přítlačné plechy gumový břit o tloušťce 10 mm. Břit je vysoký 200 mm a je přesazen proti válci o 75 mm. Gumový břit se při používání odírá, proto se musí po určité době přesadit níže.

Kontrola zvolených ložisek

Ložiska jsou zatěžována radiální silou od přihrnovaného materiálu a axiální silou vyvozenou hmotností pláště a jeho součástí. Obě ložiska jsou zvolena stejná kuličková. Jejich rozměr je určen podle potřebného průměru nosné trubky. Pro výpočet je směrodatnější statická kontrola, jelikož se ložiska budou otáčet maximálně $n=5$ ot/min.

Výpočet zatěžujících sil



Síla F odpovídá třecí síle od 350kg krmiva o podlahu

$$F = Fg \cdot f = 3500 \cdot 0,4 = 1400N$$

$$Fg = m \cdot g = 350 \cdot 10 = 3500N$$

Síla F je kvůli bezpečnosti zvětšena o 25 %

$$F = F \cdot 1,25 = 1400 \cdot 1,25 = 1750N$$

Síla F působí na rameni 200 mm od uložení ložisek. Ložiska jsou od sebe vzdáleny 120 mm

Výpočet sil je řešen jako nosník na dvou podporách

$$Fb = \frac{F \cdot (200 - 120)}{120} = \frac{1750 \cdot (200 - 120)}{120} = 4666,7N$$

$$Fa = F - Fb = 1750 - 4666,7 = -2916,7N$$

Horní ložisko je ještě zatěžováno axiální silou od hmotnosti přihrnovacího zařízení 102 kg.

$$F_A = m_p \cdot g = 102 \cdot 10 = 1020N$$

Kontrola horního ložiska vybrané ložisko 6211 statická únosnost $C_0=25000N$, dynamická únosnost $C=33500N$. Použité konstanty byly získány z [29] a [30]. $F_r=2916,7$ N, $F_a=1020$ N

Statická únosnost

$$P_o = X_o \cdot F_r + Y_o \cdot F_a = 0,6 \cdot 2916,7 + 0,5 \cdot 1020 = 2260 N$$

$$C_o = P_o \cdot s = 2260 \cdot 3 = 6780 N$$

C_o vybraného ložiska je 25 000 N

Kontrola životnosti

$$\frac{f_o \cdot F_a}{C_o} = \frac{14,3 \cdot 1020}{25000} = 0,583 \gg e = 0,26$$

$$\frac{F_a}{F_r} = \frac{1020}{2916,7} = 0,35$$

$$e < \frac{F_a}{F_r} \gg X = 0,56 \quad Y = 1,71$$

$$F_e = X \cdot F_r + Y \cdot F_a = 0,56 \cdot 2916,7 + 1,71 \cdot 1020 = 3435,89 N$$

$$Lh = \frac{16666}{n} \cdot \left(\frac{C}{Fe}\right)^3 = \frac{16666}{5} \cdot \left(\frac{33500}{3435,89}\right)^3 = 3089562 h$$

Kontrola spodního ložiska. Dolní ložisko je totožné s horním ložiskem. $F_r=4666,7 \text{ N}$, $F_a=0 \text{ N}$

Statická únosnost

$$P_o = X_o \cdot F_r + Y_o \cdot F_a = 0,6 \cdot 4666,7 + 0,5 \cdot 0 = 2800 \text{ N}$$

$$C_o = P_o \cdot s = 2800 \cdot 3 = 8600 \text{ N}$$

C_o vybraného ložiska je 25 000 N

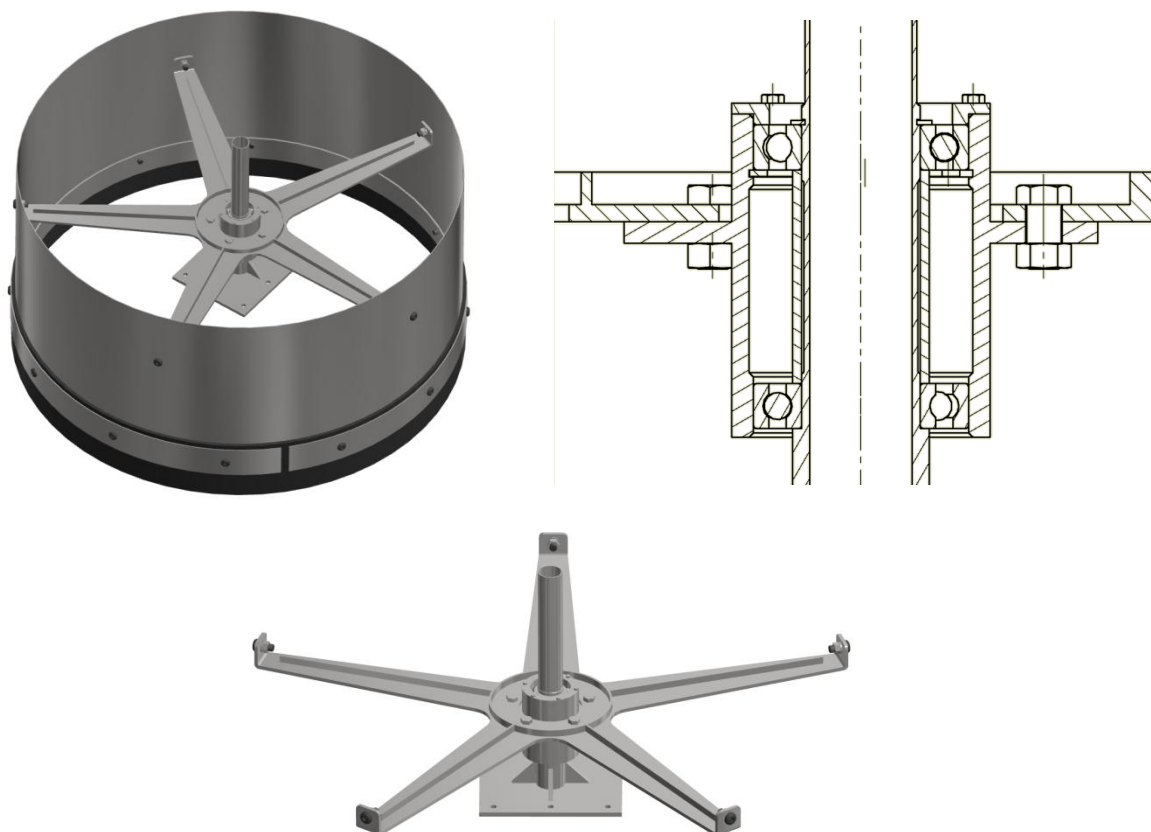
Kontrola životnosti

Jelikož na ložisko nepůsobí axiální síla je F_e rovna radiální síle.

$$F_e = X \cdot F_r + Y \cdot F_a = 1 \cdot 4666,7 = 4666,7 \text{ N}$$

$$Lh = \frac{16666}{n} \cdot \left(\frac{C}{Fe}\right)^3 = \frac{16666}{5} \cdot \left(\frac{33500}{4666,7}\right)^3 = 1233008 h$$

Z výše uvedených výpočtů vyplývá, že navržená ložiska vyhovují požadovaným parametrům.



Obrázek 29 Modely a řez uložením přehrnovacího bubnu

10.3 Návrh motoru a převodovky

Pohonnou jednotkou přihrnovače jsou dva stejnosměrné motory. Pro redukci otáček motoru a zvětšení silových poměrů je nutno použití převodovky. Pro návrh byla použita planetová převodovka. Jejich výhodou je velká účinnost, velký převodový poměr a kompaktní rozměr při velkých převodových poměrech.

Výpočet potřebného výkonu a velikosti převodovky

Výkon motoru a velikost převodovky je určován podle určených předpokladů, a to výkon pro utlačení 350 kg krmiva a rychlost jízdy 10 m/min. Zvolené podmínky vycházejí z porovnání s vyráběnými přihrnovači.

K výpočtu potřebného výkonu potřebuje znát rychlost pohybu a potřebnou tlačnou sílu. Tlačnou sílu získáme z třecí síly tlačného materiálu o podlahu zvětšené bezpečnostním koeficientem. Třecí sílu získáme z normálové síly vyvozené hmotností krmiva a součinitele tření pro beton- krmivo, který je 0,4. Dále je nutné výkon navýšit o ztráty v převodovce a valivé ztráty kola.

Výpočet třecí síly

Třecí síla je použita stejná jako při výpočtu ložisek $F=1750$ N

Výpočet potřebného výkonu

$$P_{p2} = v \cdot F = \frac{10}{60} \cdot 1750 = 291,7 \text{ W} \quad P_{p2}\text{-potřebný výkon dvou motorů (W), } v\text{-rychlost jízdy (m/min), } F\text{-potřebná síla pro tlačení (N)}$$

Jsou použity 2 motory

$$P_p = \frac{P_{p2}}{2} = \frac{291,7}{2} = 145,85 \text{ W} \quad P_p\text{-potřebný výkon jednoho motoru bez ztrát (W)}$$

tento výkon je nutno zvýšit o ztráty převodovky, valivé ztráty, ztráty třením pláště přihrnovače o podlahu a bezpečnost pro jistotu funkčnosti. Účinnost převodovky je 90 %. Ztráty valením a třením břitu jsou odhadnuty na 30 %. Bezpečnostní navýšení výkonu je 20 %. Celkové navýšení výkonu je tedy o 60 %.

$$P = P_p \cdot 1,6 = 145,85 \cdot 1,6 = 233,36 \text{ W} \quad P\text{-potřebný výkon motoru (W)}$$

Výběr motoru

Vzhledem k vypočtenému výkonu a provozním podmínkám, jako prašné prostředí, byl vybrán stejnosměrný motor firmy Bonfiglioli pracující s napětím 24 V o výkonu 260 W. Motor dosahuje kroutícího momentu 1,2 Nm při pracovních otáčkách 2000 ot/min, splňuje kategorii ochrany IP 54, což znamená, že odolá i vodní spršce. Motor je vybaven vlastním aktivním chlazením v podobě chladicí vrtule a žebrování. Výhodou je možnost příslušenství motoru, kde je možnost rotačního enkodéru. Přesné označení motoru je BC 240-24-2000-260. [31]

Návrh převodovky se odvíjí od požadované jízdní rychlosti, která je 10 m/min a zvýšení silových poměrů. Jelikož vybraný motor má na výstupu 2000 ot/min, je třeba ho zredukovat. Pro návrh převodovky je třeba určit průměr poháněného kola. Ten byl stanoven na 300 mm pro vyšší světlou výšku a menší valivé ztráty. Další požadavek na převodku je, aby přenášela radiální zatížení od hmotnosti přihrnovače rovnou na kolo.

Stanovení počtu otáček kola

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{10}{0,15} = 66,6 \text{ rad/min}$$

v-rychlost pojezdu (m/min), r-poloměr kola (m),
 ω -úhlová rychlost kola (rad/min)

$$n_2 = \frac{\omega}{2 \cdot \pi} = \frac{66,6}{2 \cdot \pi} = 10,61 \text{ ot/min}$$

n_2 -počet otáček kola (ot/min)

Výpočet převodového poměru

$$i = \frac{n_1}{n_2} = \frac{2000}{10,61} = 188,5$$

i-převodový poměr, n_1 - otáčky motoru (ot/min)

Výběr převodovky

Převodovka byla vybrána od stejné firmy jako motor kvůli vzájemné komptabilitě. Byla vybrána převodovka s nejbližším vyráběným převodovým poměrem $i=200$. Převodovka je třístupňová planetová a má vývod s hřídelí s perem na kterou bude nasazen náboj pro kolo. Je vybrána modelová řada převodovky Mp-105-3-200 HB, která má zvýšenou únosnost ložisek a může přenášet radiální sílu až 3800N. Tato síla je dostatečná jelikož hmotnost příhrnovače, která nepřekročí 600 kg je rozložena na tři kola. [32]

Kontrola změny rychlosti

$$n_{2skut} = \frac{n_1}{i_{skut}} = \frac{2000}{200} = 10 \text{ ot/min}$$

n_{2skut} - skutečný počet otáček kola (ot/min),
 i_{skut} skutečný převodový poměr

$$\omega_{skut} = 2 \cdot \pi \cdot n_{2skut} = 2 \cdot \pi \cdot 10 = 62,83 \text{ rad/min}$$

ω_{skut} - skutečná úhlová rychlost kola (rad/min)

$$v_{skut} = r \cdot \omega_{skut} = 0,15 \cdot 62,83 = 9,42 \text{ m/min}$$

v_{skut} - skutečná rychlost pojezdu (m/min),
r-poloměr kola (m)

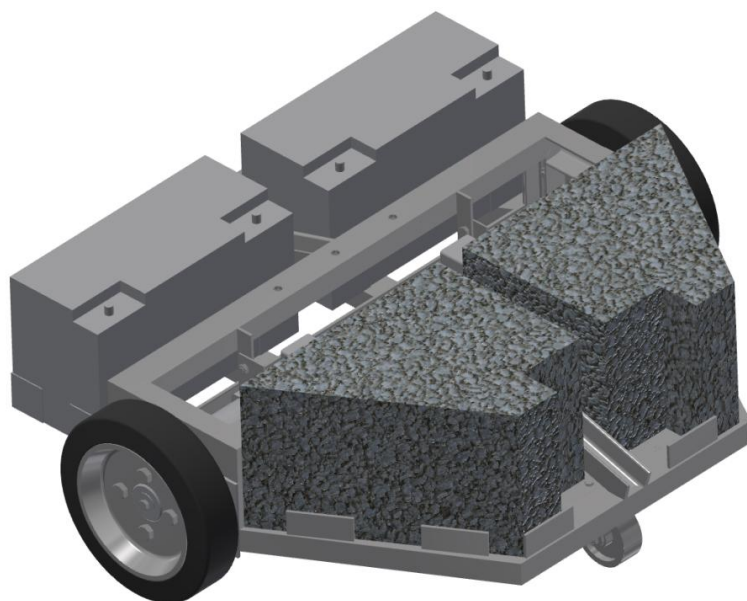
Výhodou použití prvků stejného výrobce je jistota smontovatelnosti obou prvků. Orientační cena jednoho pohonu, tedy motoru a převodovky je 20 000 Kč.

10.4 Návrh podvozku

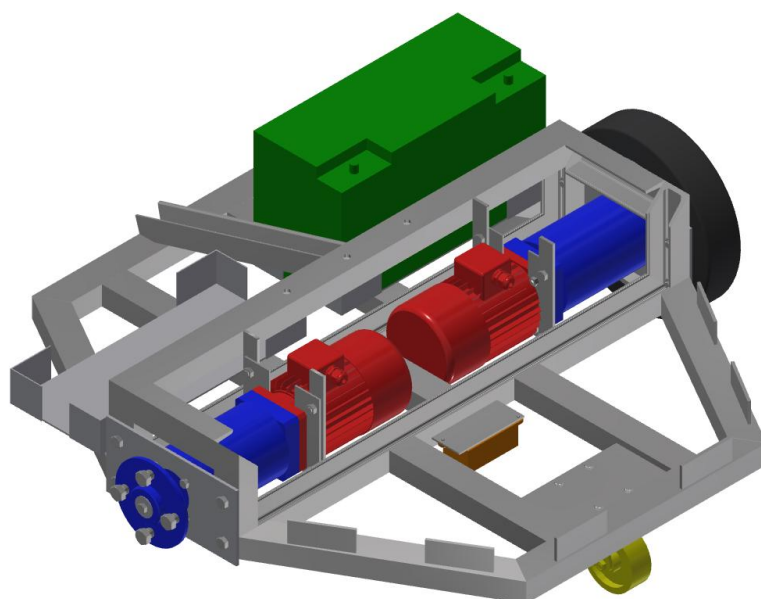
Podvozek je zvolen tříkolový se dvěma hnacími koly a jedním opěrným otočným kolem. Obě hnací kola mají svůj motor a převodovku. Zatáčení je uskutečňováno zpomalováním, zastavením nebo reverzací pohybu jednoho hnacího kola. Třetí kolo plní pouze funkci stabilizační podpory. Tento podvozek se vyznačuje dobrou pohyblivostí v malých prostorech. Je schopen otáčení na místě kolem své osy.

Jako rám podvozku byla zvolena svařovaná konstrukce z U profilů. U profil byl zvolen z důvodů dobrých nosných vlastností a zároveň pro snadnou manipulaci se šroubovými spoji oproti trubkovým profilům. Rám podvozku je zároveň nosným rámem celého příhrnovače. Rám má přibližný tvar šestiúhelníku s největším rozměrem 980 mm. Uprostřed je vytvořen obdélníkový tunel, ve kterém jsou usazeny motory s převodovkami. Rám by byl dále potřeba ověřit pevnostním výpočtem a technologickým návrhem svarů. Jelikož se ale jedná o rámcový návrh, tyto výpočty nebyly vypracovány. Pohonné jednotky jsou uloženy ve šroubovacích přírubách kvůli vyrovnání nepřesností vzniklých svařením rámu. Ve přední části rámu je vytvořen prostor pro baterie. Na zadní straně rámu, kde je připevněno podpěrné kolečko, je prostor pro dodatečné betonové závaží, kterým je příhrnovač

dovážen, aby měl dostatečnou hmotnost. V rámu podvozku se nacházejí i některé senzory, například indukční senzor pro sledování železných navigačních bodů, které jsou v podlaze. Uprostřed rámu, na tunelu pro motory, je připraveno uchycení konzole pro upevnění samotného přihrnovacího zařízení a horního odnímatelného krytu. V rámu je také připraveno uložení pro přídavné zařízení na zvedání přihrnovacího bubnu. Z důvodu funkčnosti přihrnovače je podvozek sklopen ve směru jízdy o úhel 2° vůči podlaze. Toto naklonění je důležité, aby se přihrnovací plášť nedotýkal podlahy celým svým obvodem, ale pouze přední částí pro snazší odvalování a také, aby se pod přihrnovačem nehromadily drobné částičky krmiva, nezanášely podvozek a nezvětšovaly odpor. Kovové součásti rámu by bylo vhodné zároveň zinkovat nebo jinak povrchově upravit z důvodu ochrany materiálu před agresivním prostředím ve stáji.



Obrázek 30 Celkový pohled na podvozek



Obrázek 31 Hlavní části podvozku červená-motor, modrá-převodovka, zelená- baterie, žlutá- opěrné kolo, oranžová-indukční senzor

Hnací kolo je použito od výrobce Blicke, typ kola je GEVA 300/4. Jde o kolo s přírubou, disk je z litiny a běhoun je z polyuretanu vyztuženého ocelovými dráty. Materiál běhounu se vyznačuje malým jízdním odporem a nízkým opotřebením. Maximální nosnost kola při 4 km/h je až 750 kg. Průměr kola je zvolen 300 mm s ohledem na potřebnou jízdní rychlost a použitou převodovku. Podpůrné otočné kolo je použito od firmy Elesa typ RE.F4-H. Jedná se o nalisované polyuretanové kolo s otočnou konzolou z plechu pro střední zatížení. Průměr kola je 100 mm a dynamická únosnost do 4 km/h je 3500 N. Otočná konzola umožňuje rotaci okolo osy o plných 360°. Výhodou polyuretanového běhounu je opět nízký valivý odpor a dlouhá životnost. [33] [34]



Obrázek 32 Zadní opěrné kolečko Elesa [10.4.1]



Obrázek 33 Hnací kolo GEVA 300/4 [10.4.2]

10.5 Vlastnosti zařízení

Dostatečná hmotnost pro udržení směru

Z dostupných zdrojů byla zjištěna hmotnost již existujících příhrnovačů. Hmotnost zařízení se pohybuje od 500- 645 kg. Na základě těchto údajů byla hmotnost navrhovaného příhrnovače stanovena na 550 kg. Tato hmotnost je dostačující, aby nedocházelo k nežádoucím změnám směru jízdy z důvodu odtlačování se od příhrnovaného materiálu. Aby bylo dosaženo dostatečné hmotnosti, je podvozek zatížen pomocí betonových bloků.

Dostatek energie pro pracovní cyklus, nabíjení

Požadovaná baterie musí mít dostatečnou kapacitu, aby pokryla spotřebu příhrnovače během pracovního cyklu, nebo aby nedocházelo k hlubokému vybití. Musí být schopna dodávat relativně vysoké proudy při rozběhu elektromotorů. Baterie také musí mít dostatečnou kapacitu, aby nedocházelo k přílišnému vybití, a tím snižování počtu cyklů baterie a zkrácení její životnosti. Dalším požadavkem je odolnost vůči cyklické zátěži, protože baterie bude vždy po dojetí do nabíjecí stanice nabíjena.

Pro napájení navrhovaného robota byly vybrány dvě dvanácti voltové baterie typu AGM, které odolávají cyklickému provozu, mohou být zatíženy velkým proudem a rychle se nabíjejí. Baterie jsou zařazeny do série pro zvýšení napětí na 24 V, proto je nutné použít balancer pro úpravu napětí a proudu. Jde o baterie výrobce HAZE typ HZB 12-120. Je to baterie o kapacitě 120 Ah, jelikož odebíraný proud by neměl dlouhodobě přesahovat 1/3 kapacity baterie a použité motory mají nominální odběr 16 A. Baterie se bude dobíjet po každém pracovním cyklu. Jelikož pracovní cyklus proběhne jednou za dvě hodiny má baterie

dostatek času na nabití. Vybraná baterie je zcela bezúdržbová, při používání uvolňuje minimum nebezpečných plynů a je odolná proti vytečení elektrolytu. Výrobce udává při dodržení pracovních podmínek životnost až 12 let. Cena baterie se pohybuje kolem 7000-8000 Kč. [35] [36]



Obrázek 34 Baterie Haze HZB 12-120

Nabíjení baterií probíhá v dokovací stanici. Příhrnovač po příjezdu k nabíječce se připojí pomocí kontaktů vyvedených na bok příhrnovače v horním krytu. Kontakty jsou dva ocelové pásky. Z nabíjecí stanice jsou vysunuty dvě pružné elektrody, které se při průjezdu příhrnovače opřou o jeho kontakty. K nabíjení se dá použít například nabíjecí stanice firem Hetwin nebo LELI pracující na stejném principu.

Zajištění dodržování trasy

Robot se musí ve stáji pohybovat pouze ve vymezeném pracovním prostoru. Proto jsou na robotu osazeny různé druhy senzorů. Tyto senzory posílají signály do řídicí jednotky, která je podle naprogramovaných předpokladů vyhodnotí a zasáhne do řízení motorů. Během jízdy po krmném stole se robot orientuje podle vzdálenosti od příhrady, kterou odměřuje pomocí ultrazvukového měřiče vzdálenosti. Díky tomu může robot měnit vzdálenost jízdy od příhrady. Pokud jede první pracovní jízdu po zakrmení, začne příhrnovat ve větší vzdálenosti od příhrady. Každou další jízdu se může stroj přibližovat blíže k zábraně. Záleží pouze na naprogramování. Nadřazeným signálem nad vzdáleností od příhrady je odebíraný proud motory. Když je před příhrnovačem příliš velké množství krmiva, které by neutlačil, zvýší se požadavek na výkon motoru, a tím protékající proud. Pokud proud stoupne nad stanovenou mez, robot vybočí ze své trasy, zvětší vzdálenost od příhrady a odlehčí motorům. Robot se pokusí vrátit zpět ke své předchozí trase, když naopak odebíraný proud klesne příliš nízkou a stroj by jel naprázdno. Konec a začátek krmné chodby je označen železnými páskami v podlaze. Ty musí být zapuštěny rovnoměrně s ostatním povrchem. Pokud by byl pásek zapuštěn příliš hluboko, dostal by se mimo detekční dosah indukčního senzoru, který má maximální dosah 70 mm. Tím je ale zajištěno, že senzor nebude snímat například železnou výztuhu v betonové podlaze. Po přejetí železného pásku ujede robot ještě půl metru. Pokud během této doby nedetekuje další magnetický pásek, začne s otáčením. Pokud robot jezdí po oboustranném

krmném stole, otočí se nejprve o 90° , úhel natočení je měřen pomocí gyroskopu, přejede příčně krmnou chodbu. Ujetá vzdálenost je měřena pomocí rotačního enkodéru v motoru. Pokud známe obvod kola a převodový poměr převodovky můžeme určit závislost mezi úhlem natočení motoru a ujetou vzdáleností. Jestliže kolo má průměr 300 mm, jeho obvod se rovná $\pi \cdot 300 = 942,5$ mm. Na jednu otáčku kola ale musí motor udělat více otáček, přesněji podle převodového poměru převodovky, ten je $i=200$. Tudíž musí motor udělat 200 otáček, aby se kolo jednou otočilo. Tím se značně zpřesňuje monitorování ujeté vzdálenosti, jelikož na jednu otáčku motoru kolo urazí vzdálenost $942,5/200=4,7$ mm. Po přejetí chodby se robot opět otočí o 90° a bude pokračovat podél příhrady v cestě. Pokud ale robot přejede v krátké době dva železné pásy a pokud si pamatuje, že již jeden přejel a vrací se, pozná, že opouští krmnou chodbu a začne s manévrem k najetí do nabíjecí stanice. Jelikož nabíjecí stanice může být v krmné chodbě, ale i mimo ni, je tento manévr řízen pomocí odometrie a gyroskopu a může být naprogramován dle potřeby. Přejíždění mezi stájemí může být opět naprogramováno pomocí sledování ujeté vzdálenosti a natočení zařízení. Pro zařízení musí být označen vjezd a výjezd ze stáje například pomocí tří ocelových pásků v podlaze. Přejezd mezi stájemí musí být po zpevněném povrchu jako je beton či asfalt, aby nedocházelo k velkým chybám odometrie nebo uvíznutí přihrnovače v měkkém terénu. V ideálním případě je přejížděná trasa zastřešena. Při využití přídatného zvedání přihrnovacího bubnu je možné i překonávat například práh stáje nebo mírná stoupání.

Indukční senzor

Byl vybrán kvádrový indukční senzor s velkým detekčním rozsahem od firmy Pulsotronic. Jde o typ KJ70-Q100 s detekčním dosahem až 70 mm. Operační napětí má do 30 V a stupeň ochrany je IP67, což dovoluje i krátkodobé ponoření do vody. Orientační cena senzoru se pohybuje okolo 5000 Kč. [37] [27]



Obrázek 35 Indukční senzor Pulsotronic KJ70-Q100 [10.5.2]

Ultrazvukový senzor

Byl vybrán průmyslový ultrazvukový senzor od firmy Pepperl+Fuchs typu UB4000-F42-U-V15. Dosah senzoru je od 200 do 4000 mm. Výhodou je schopnost potlačení rušení signálu. Operační napětí má 10-30V. Stupeň ochrany je IP57, odolá i stříkající vodě. [38]

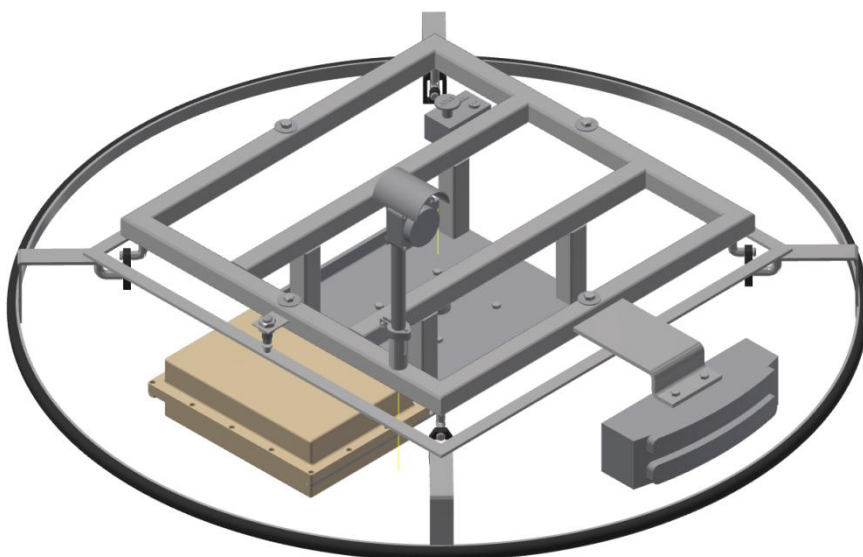


Obrázek 36 Ultrazvukový senzor Pepperl+Fuchs UB4000-F42-U-V15 [10.5.3]

Zabezpečení kolize

Autonomní robot se pohybuje po pracovním prostoru zcela samostatně, proto musí být vybaven zařízením, které eliminuje nebezpečí nehody, ohrožující okolní prostředí, i samotného robota. Za tímto účelem může být robot vybaven všesměrovou lištou, která při kontaktu s překážkou vydá signál pro zastavení pohybu. Po určité době se robot pokusí opět rozjet, pokud ale opět narazí na překážku, znovu se zastaví a spustí nouzový režim, ve kterém může být například světelný signál, nebo pomocí bezdrátové komunikace odeslat zprávu operátorovi robota o přerušení cyklu. Robota je také vhodné vybavit elektrickým ohradníkem pro odhánění zvířat, aby neblokovala příhrnovači cestu nebo se vyvarovala kontaktu s nárazovou lištou. Nárazová lišta je uložena pohyblivě vůči zbytku příhrnovače a je uvnitř robota spojena s kontrolním bodem, který je kontrolován indukčním senzorem. Pokud se kontrolní bod vychýlí mimo indukční senzor, je zaznamenána změna signálu a je přerušen pohyb robota. Nárazová lišta je zpět do výchozí polohy vracena gumovými pružinami. Tyto pružiny také kompenzují drobné výkyvy nebo lehké kontakty s dobyt看. Nevýhody této metody jsou nutný kontakt s překážkou a nutná určitá výška překážky. Pokud je překážka nižší než 745 mm nebude detekována.

Další možností je monitorovat prostor kolem příhrnovače pomocí sonaru. Tento princip by byl bezkontaktní. Pokud by byla sonarem zjištěna překážka v určité vzdálenosti od zařízení, byl by zastaven jeho pohyb. Pomocí sonaru by se obtížně sledoval prostor ve více směrech, bylo by za potřebí více senzorů po obvodu příhrnovače. Také se může ultrazvukové vlnění odrazit jiným směrem než zpět k přijímači a dojít ke ztrátě signálu. K detekci překážky by se dalo využít i strojové vidění. Za použití kamer a vyhodnocování obrazu, jestli je před příhrnovačem volno. Toto je ale drahá metoda. Navíc by byl zapotřebí větší výpočtový výkon řídicí jednotky a kamera by se mohla zanášet nečistotami. Pro navrhovaný příhrnovač byla vybrána nárazová lišta, jelikož se jedná o mechanické zařízení, které udává jednoznačný signál a obsahuje minimum elektrických součástí. Nevýhodou je, že musí dojít ke kontaktu s překážkou.



Obrázek 37 Pohled na uložení nárazové lišty

Překonávání překážek

Všechny výše porovnávané příhrnovače nejsou schopny překonávat ani minimální překážky v jízdě, jako například práh vrat stáje nebo minimální stoupání. Také musí jezdit jen po zpevněné povrchu. To většinou omezuje jejich pohyb pouze na jednu stáj.

Řešení jízdy po nezpevněném povrchu by znamenalo velký zásah do koncepce podvozku vozidla. Například by se musel použít vícekolový podvozek pro lepší rozložení hmotnosti. To by znamenalo kompletní změnu řízení vozidla. Vhodné by bylo použití větších kol s hrubým vzorkem, které by ale zvyšovaly valivý odpor a spotřebu energie. Také by mohlo dojít k prokluzování kol, a tím by docházelo k nepřesnostem při navigaci stroje podle ujeté vzdálenosti.

Malá světlá výška stroje a velký průměr mu nedovolují přejíždět různé překážky. Tento problém je v práci řešen pomocí zvýšení světlé výšky podvozku pomocí kol o průměru 300 mm na 70 mm v nejnižším místě mezi koly a mechanismem, který zvedne příhrnovací plášť do úrovně podvozku. Tím se umožní překonat překážku vysokou 60 mm a úhel překonávaného stoupání. Zdvihací mechanismus se skládá z posuvného uložení ložiskového domku po středovém sloupu. Pohyblivá část je uložena v pouzdrech umožňující posuvný pohyb. Ložiska jsou zvolena od firmy SKF. Jedná se o polymerová pouzdra ze samomazného materiálu přenášející velká statická zatížení typu LPBR. Výhodou pouzder je absence axiálního zajištění, pokud jsou uloženy v díře s tolerancí J6 nebo J7. Rotační pohyb je zachycován dvojicí kuličkových ložisek, větších než u verze bez zdvihání proto je jejich únosnost dostačující. [39]

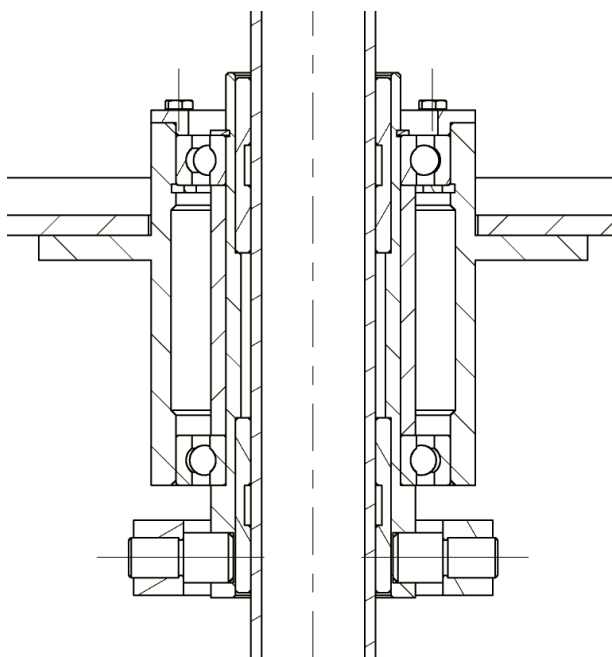


Obrázek 38 lineární kluzné pouzdro SKF LPBR 50 [10.5.4]

Samotné zdvihání je pomocí dvojice lineárních aktuátorů na principu trapézového šroubu a rozporky mezi nimi. Lineární aktuátor je firmy Mecvel typu ALI 1F. Jde o písty o síle 1200 N a zdvihem 115 mm. Pohon pístu zajišťuje malý stejnosměrný motor na 24 V, který přes šnekovou převodovku otáčí trapézovým šroubem. Píst je vybaven koncovými spínači pro detekci polohy pístu. Dva písty vytvoří dostatek síly pro zvednutí hmotnosti 240 kg. Zvedaná hmotnost na příhrnovači nepřesahuje 140 kg. Potřebná síla se ještě navýší o tření v kluzných ložiskách, i tak ale nepřekročí sílu 2400N. [40]

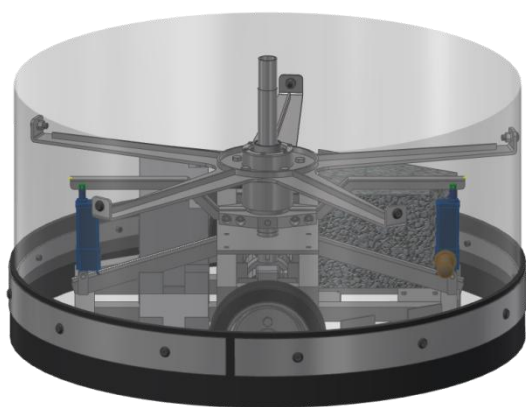


Obrázek 39 Lineární aktuátor Mecvel ALI 1F [10.5.5]

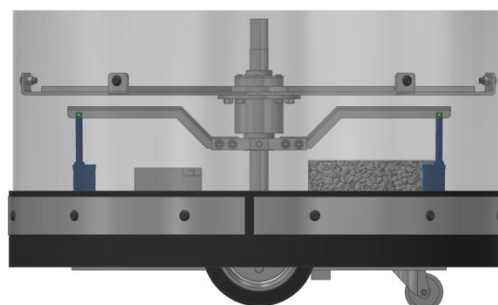


Obrázek 40 Řez uložením kluzných pouzder a valivých ložisek

Tento mechanismus je nadstavbovým zařízením a může být nainstalován na požádání zákazníka. Přidáním tohoto zařízení se nezmění konstrukce podvozku ani konstrukce horního krytu. Změny se týkají hlavně rotačního uložení příhrnovacího pláště.



Obrázek 41 Pohled na zvedací mechanismus



Obrázek 42 Pohled na mechanismus při zdvižení

Stimulace zvířat pro příjem potravy

Projíždějící robot vždy kravám přihrne čerstvé krmivo. To u zvířat vyvolává stimuly pro příjem potravy. Po nějakém čase provozu přihrnovače si zvířata vybudují reflex. Pokud vidí projíždět přihrnovač, automaticky jdou ke krmnému žlabu. Jelikož ne všechna zvířata mohou projíždějící přihrnovač vidět, je zařízení doplněno reproduktorem a během pracovního cyklu periodicky vydává stejný zvuk. Tento sluchový vjem má stejný účinek.

Komunikace s operátorem

Hlavní nastavení přihrnovače bude probíhat pomocí PC propojeného přes USB kabel s přihrnovačem. Pro nouzové ruční ovládání, nebo základní změnu provozního režimu, může být stroj ovládán pomocí speciálního ovladače připojeného přes USB. Řídící elektronika přihrnovače také může být osazena bezdrátovou komunikací pro monitorování pohybu zařízení nebo hlášení chyb do počítače operátora, například pokud má přihrnovač na trase překážku a nemůže pokračovat v trase.

10.6 Porovnání s ostatními přihrnovači

Navrhovaný robot má zhruba stejné vlastnosti jako již existující stroje na trhu. Přihrnovací mechanismus je jako u řady jiných robotů konstruován na principu odvalujícího se válce, který není samostatně poháněný, ale otáčí se odvalováním o krmivo a podlahu. Velikost přihrnovačů na trhu se pohybuje od průměru 1000 mm až do průměru 1500 mm. Navrhovaný přihrnovač má průměr přihrnovacího válce 1320 mm, největší průměr stroje je 1460 mm. Oproti jiným robotům má model navrhnutý silnější motory a to z důvodu přihrnutí většího množství krmiva a vyšší pojezdové rychlosti. Navigace robota je řešena použitím senzorů jako u podobných produktů na trhu, jako odměřování vzdáleností ultrazvukem, nebo detekce značek pomocí indukčních čidel. Na rozdíl od ostatních modelů je navrhovaný robot vybaven také mechanismem na zvýšení světlé výšky, aby mohl překonávat drobné překážky a nájezdy. Tímto se odlišuje od ostatních používaných robotických přihrnovačů. Pokud ale nebude zvedávání potřeba, může být přihrnovač vybaven přihrnovacím válcem bez zvedání. Stejně jako všechny vyráběné přihrnovače potřebuje robot k jízdě zpevněný povrch, nejlépe betonový nebo asfaltový, aby nedocházelo k zaboření kol do měkkého povrchu a jeho uvíznutí nebo prokluzování kol na klzkém povrchu. Cena nabízených robotů se pohybuje v rozmezí 200-500 000 Kč, podle výrobce, vybavení robota, použitých materiálů a komponent. Jelikož se jedná pouze o rámcový návrh robota, stanovení jeho ceny by se odvíjelo od použitých hlavních součástí jako je pohonná jednotka, senzory, baterie, které by přibližně vyšly na 70 000 Kč. Ceny dalších částí by se musely stanovit hrubým odhadem v závislosti na použitém materiálu, technologii zpracování a ceny práce a dalších nakupovaných součástí.

11 Závěr

Úvod rešeršní části bakalářské práce je zaměřen na automatizaci jednotlivých důležitých procesů probíhajících ve stáji. To jest krmení- přihrnování za pomoci automatických krmných linek, dojení krav pomocí dojiček a dojících robotů, úklid hnoje a kejdy za využití automatických systémů a autonomních robotů.

Hlavní část rešerše této bakalářské práce je věnována rozboru metod přihrnování krmiva od ručního přes použití mechanizace, až k plně automatizovanému. Následuje srovnání přihrnovacích robotů známých výrobců, které jsou v současné době dostupné na trhu a popis jejich vlastností. Dále jsou shrnuty nejčastěji využívané senzory a metody pro řízení trasy těchto autonomních robotů.

V praktické části práce je vytvořen rámcový návrh vlastního přihrnovacího robota. Návrh zahrnuje stanovení jeho hlavních vlastností jako princip přihrnování, potřebný výkon motorů, návrh řízení trasy. Dále jednoduché porovnání s existujícími přihrnovači na trhu. V praktické části byl také vytvořen konstrukční návrh v podobě 3D modelu za použití CAD softwaru.

V bakalářské práci nebyli řešeny některá témata například návrh řídicí jednotky a řídicího systému, nebo návrh ovládacího programu. Tyto témata by bylo nutné ještě dodělat pro správnou funkčnost zařízení.

12 Seznam použité literatury a informačních zdrojů

- [1] J. V. a. A. M. J. ŠIMON, „Poloautomatické krmné systémy pro chov skotu,“ [Online]. Available: <http://www.vuzt.cz/svt/vuzt/publ/P2014/041.pdf>.
- [2] „www.vuzv.cz,“ [Online]. Dostupné z: http://www.vuzv.cz/sites/File/nabidka_publicace/2006_01_prihrnovani_krmiva.pdf.
- [3] „www.lely.com,“ [Online]. Dostupné z: http://www.lely.com/uploads/original/documents/2014/11/Lely_Vector_LHQB04014C_SA.pdf.
- [4] d. I. J. F. C. I. J. Š. Bc. Ing. Jan Kudělka, „Technologie dojeného chovu skotu,“ [Online]. Dostupné z: http://user.mendelu.cz/los/Technologie_chovu_skotu.pdf.
- [5] „www.farmtec.cz,“ [Online]. Dostupné z: <http://www.farmtec.cz/kruhove-dojirny.html>.
- [6] P. D. Ing. Vojtěch Zink. [Online]. Dostupné z: <http://agropress.cz/robotizovane-dojeni-dojicimi-roboty/>.
- [7] „www.joz.nl,“ [Online]. Dostupné z: <http://www.joz.nl/images/brochure/uk/JOZ%20Catalog%201.0%20ENG.pdf>.
- [8] „www.bioplyn.cz,“ [Online]. Dostupné z: http://www.bioplyn.cz/at_popis.htm.
- [9] „www.sunfin.cz,“ [Online]. Dostupné z: <http://www.sunfin.cz/cs/page/bioplynove-stanice/>.
- [10] „mammut.at,“ [Online]. Dostupné z: <http://mammut.at/en/feed-refresher/fortuna.html>.
- [11] „www.2015.r-m-h.at,“ [Online]. Dostupné z: <http://www.2015.r-m-h.at/rmh-futterschieber/>.
- [12] „www.wasserbauer.at,“ [Online]. Dostupné z: <http://www.wasserbauer.at/en/butler-silver/butler-silver.html>.
- [13] „www.lely.com,“ [Online]. Dostupné z: http://www.lely.com/uploads/original/documents/Brochures/Dairy/Dairy_equipment_brochure_2014/Lely_Dairy_equipment_2014_-_CS.pdf.
- [14] „cit.vfu.cz,“ [Online]. Dostupné z: <http://cit.vfu.cz/mikroklima/www/6%20Chemicke%20faktory.htm>.
- [15] „www.wasserbauer.at,“ [Online]. Dostupné z: <http://www.wasserbauer.at/selbstfahrender-futterschieber/butler-gold-futterschieber.html>.
- [16] „www.agropartner.cz,“ [Online]. Dostupné z: <http://www.agropartner.cz/?i=50/pri&type=315/obecny-popis>.
- [17] „www.lely.com,“ [Online]. Dostupné z: http://www.lely.com/en/feeding/feed-pusher/juno_2/specifications_51#tab.

- [18] „www.hetwin.at,“ [Online]. Dostupné z: <http://www.hetwin.at/de/stallboy-feed-futteranschieber.html> .
- [19] *Uživatelský manuál Hetwin Stalboy.*
- [20] „www.autobaterie-pema.cz,“ [Online]. Dostupné z: http://www.autobaterie-pema.cz/cs/technologie-agm-gel-efb.html#.VyipX_mLSUk.
- [21] „www.exide-cz.cz,“ [Online]. Dostupné z: <http://www.exide-cz.cz/cz/produkty/specialni-akumulatory/karavany-exide-dual/>.
- [22] „marek.sk.sweb.cz,“ [Online]. Dostupné z: <http://marek.sk.sweb.cz/lokalizace/kapitola3.html>.
- [23] B. SICILIANO, Springer Handbook, Berlín: Springer Verlag, 2007.
- [24] „robotika.cz,“ [Online]. Dostupné z: <https://robotika.cz/guide/encoders/cs>.
- [25] I. P. Novák, Mobilní roboty-pohony, senzory,řízení, Praha: Nakladatelství BEN-technická literatura, 2005.
- [26] „marek.sk.sweb.cz,“ [Online]. Dostupné z: <http://marek.sk.sweb.cz/lokalizace/kapitola4.html>.
- [27] „automatizace.hw.cz,“ [Online]. Dostupné z: <http://automatizace.hw.cz/kvadrove-indukcni-snimace-s-velkym-detecnim-dosahem>.
- [28] „www.oemautomatic.cz,“ [Online]. Dostupné z: http://www.oemautomatic.cz/Products/Elektricke_stroje/Indukcni_snimace/Zasady_indukcni_detekce_krivky_detekce_a_znacen/Indukcni_snimace_-_co_je_potreba_vedet_pro_spravnou_volbu/604954-603767.html.
- [29] „www.skf.com,“ [Online]. Dostupné z: <http://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/single-row-deep-groove-ball-bearings/single-row/index.html?designation=6211-2RS1>.
- [30] P. V. J.Leinveber, Strojnické tabulky, Úvaly: Albra- pedagogické nakladatelství, 2006.
- [31] „www.bonfiglioli.com,“ [Online]. Dostupné z: http://www.bonfiglioli.com/media/filer_public/ee/98/ee981dbf-15f5-4ca7-904c-463c1f69db7a/br_cat_bc-dc_std_ita-eng_r00_0.pdf.
- [32] „www.bonfiglioli.com,“ [Online]. Dostupné z: http://www.bonfiglioli.com/media/products/attachments/TI_CAT_MP_STD_ENG_R00_0.pdf.
- [33] „www.blickle.cz,“ [Online]. Dostupné z: <http://www.blickle.cz/cz/hnaci-a-prirubovakola/produkty-cz/GEVA-300-4/>.
- [34] „www.elesa-ganter.com,“ [Online]. Dostupné z: <http://www.elesa-ganter.com/cz/32/sp/9520/4/120/nalisovana-polyuretanova-kola-s-konzolou-z-plechu-pro-stredni-zatizeni/re.f4-h/eg/>.
- [35] „eshop.bateria.cz,“ [Online]. Dostupné z:

http://eshop.bateria.cz/editor/image/eshop_products/soubor_921.pdf.

- [36] „eshop.bateria.cz,“ [Online]. Dostupné z: <http://eshop.bateria.cz/olovene-akumulatory/serie-hzb-6v-a-12v---zivnost-12-let/hzb-serie/oloveny-akumulator-hzb-12-120.html>.
- [37] „www.pulsotronic.de,“ [Online]. Dostupné z: http://www.pulsotronic.de/index.php?option=com_jproofpulsotronic&view=article&art_id=1021&task=search&Itemid=100635&lang=en.
- [38] „<http://www.pepperl-fuchs.cz/>,“ [Online]. Dostupné z: http://files.pepperl-fuchs.com/selector_files/navi/productInfo/doct/tdoct0989a_cze.pdf.
- [39] „www.skf.com,“ [Online]. Dostupné z: http://www.skf.com/binary/151-149566/4182_2-EN_linear-ball-bearings-and-units.pdf.
- [40] „www.raveo.cz,“ [Online]. Dostupné z: <http://www.raveo.cz/stejnsmerny-aktuator-ali1>.
- [41] „www.slideshare.net,“ [Online]. Dostupné z: <http://www.slideshare.net/LelyHolding/lely-juno-feed-pusher>.

Obrázky:

- [3.1.1] http://www.hetwin.at/files/bilder/Aramis2/_DSC8909.jpg
cit. 26.11. 2015
- [3.2.2] <http://www.lukrom-milk.cz/produkty/dojirny/tandemove/>
cit. 9.3.2016
- [3.2.2] <http://www.farmtec.cz/kruhove-dojirny.html>
cit. 9.3. 2016
- [3.2.3] <http://www.zootechnik.cz/zoobasik.php>
cit. 9.3.2016
- [3.2.4] <http://www.farmtec.cz/dojici-robot-galaxy.html>
cit. 9.3.2016
- [3.3.1] <http://www.randafabrication.com/slurry-scraper-systems.asp>
cit. 9.3.2016
- [3.3.2] <http://www.rdsagriservices.com/slurry-scrappers/>
cit. 9.3.2016
- [3.3.3] <http://www.sunfin.cz/cs/page/bioplynove-stanice/>
cit. 9.3.2016
- [4.1.1] <http://www.agrojournal.cz/img/articles/1024x800-fit/2014/01c-liebherr-3.jpg>
cit. 23.11.2015
- [4.1.2] <http://www.cime.cz/file.php?id=1392&extension=&download=0>
cit. 23.11.2015
- [4.1.3] <http://koepl.kovozet.cz/koepl-grafika/koepl-staj-ksf100.jpg>
cit. 24.11.2015
- [4.1.4] <http://mammut.at/futterraeumer/fotos.html>
cit. 26.2.2016
- [4.1.5] <http://www.2015.r-m-h.at/rmh-futterschieber/#prettyPhoto>
cit. 29.2.2016

- [4.2.1] <http://www.delavalczech.cz/-/Product-Information1/Feeding/Products/Distribution/feeding-stations/DeLaval-feedpusher-FPM300/>
cit. 26.2.2016
- [4.2.2] <http://www.wasserbauer.at/en/butler-silver/butler-silver.html>
cit. 29.2.2016
- [5.1.1] <http://www.wasserbauer.at/uploads/pics/ButlerGold04.jpg>
cit. 14.3.2016
- [5.2.1] http://www.lely.com/en/feeding/feed-pusher/juno_2
cit. 14.3.2016
- [5.2.2] <http://www.agri-tec.nl/stalinrichting/466-2/>
cit. 14.3.2016
- [5.2.3] <http://www.hetwin.at/files/bilder/stallboy.jpg>
cit. 24.11.2015
- [8.1] <https://www.kfz-batterien24.de/de/batterien/geraetebatterien/exide-er550-dual-12v-115ah-760a-550wh>
cit. 20.4.2016
- [9.1.1] http://marek.sk.sweb.cz/lokalizace/kapitola3.html#kapitola_3
cit. 4.4.2016
- [9.1.2] <http://www.asintegrated.cz/rotacni-ekodery>
cit. 20.4.2016
- [9.2.1] http://www.jsp.cz/cz/sortiment/seznam_dle_kategorie/snimace_hladiny/ultrazvukove_snimace_hladiny/kompaktni-ultrazvukovy-snimac-hladiny-luc-4.html
cit. 20.4.2016
- [9.2.2] <https://cs.wikipedia.org/wiki/Sonar>
cit. 19.4.2016
- [9.3.1] https://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/8/85/3D_Gyroscope-no_text.png/800px-3D_Gyroscope-no_text.png
cit. 20.4.2016
- [9.3.2] <http://www.urel.feec.vutbr.cz/MPOA/2015/f3-accel-gyro>
cit. 20.4.2016
- [9.3.3] <http://arduino-shop.cz/arduino/1260-akcelerometr-adx1335-3-osy-analogovy-vystup-1459970843.html>
cit. 20.4.2016
- [9.5.1] <https://industrial.omron.cz/cs/products/tl-w>
cit. 10.5.2016
- [10.4.1] <http://www.elesa-ganter.com/cz/32/sp/9520/4/120/nalisovana-polyuretanova-kola-s-konzolou-z-plechu-pro-stredni-zatizeni/re.f4-h/eg/>
cit. 3.5.2016
- [10.4.2] <http://www.blickle.cz/cz/hnaci-a-priprubova-kola/produkty-cz/GEVA-300-4/>
cit. 3.5.2016
- [10.5.1] <http://eshop.bateria.cz/olovene-akumulatory/serie-hzb-6v-a-12v---zivotnost-12-let/hzb-serie/oloveny-akumulator-hzb-12-120.html>
cit. 10.5.2016
- [10.5.2] <http://automatizace.hw.cz/kvadrove-indukcni-snimace-s-velkym-detekcnim-dosahem>
cit. 10.5.2016
- [10.5.3] http://www.pepperl-fuchs.com/global/en/classid_186.htm?view=productdetails&prodid=24969
cit. 10.5.2016
- [10.5.4] <http://zbozi.arkov.cz/i/63231-lpbr-50-lozisko-kluzne-linearni-skf.html>
cit. 12.5.2016
- [10.5.5] <http://www.mecvel.com/linear-actuator-ali1-dc/>
cit. 12.5.2016

13 Přílohy

Příloha č. 1: CAD modely hlavních částí přihrnovače

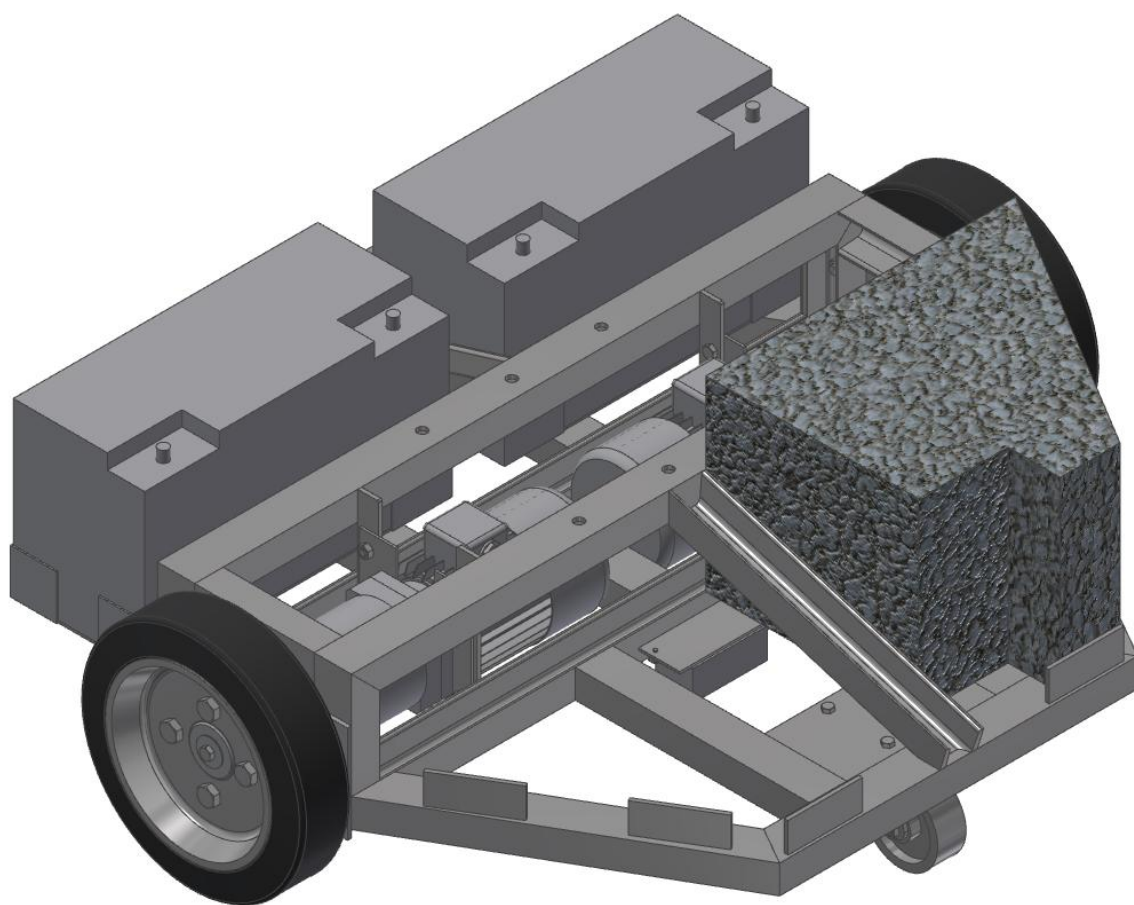
Příloha č. 2: Výkres sestavy přihrnovače

PŘÍLOHA č. 1

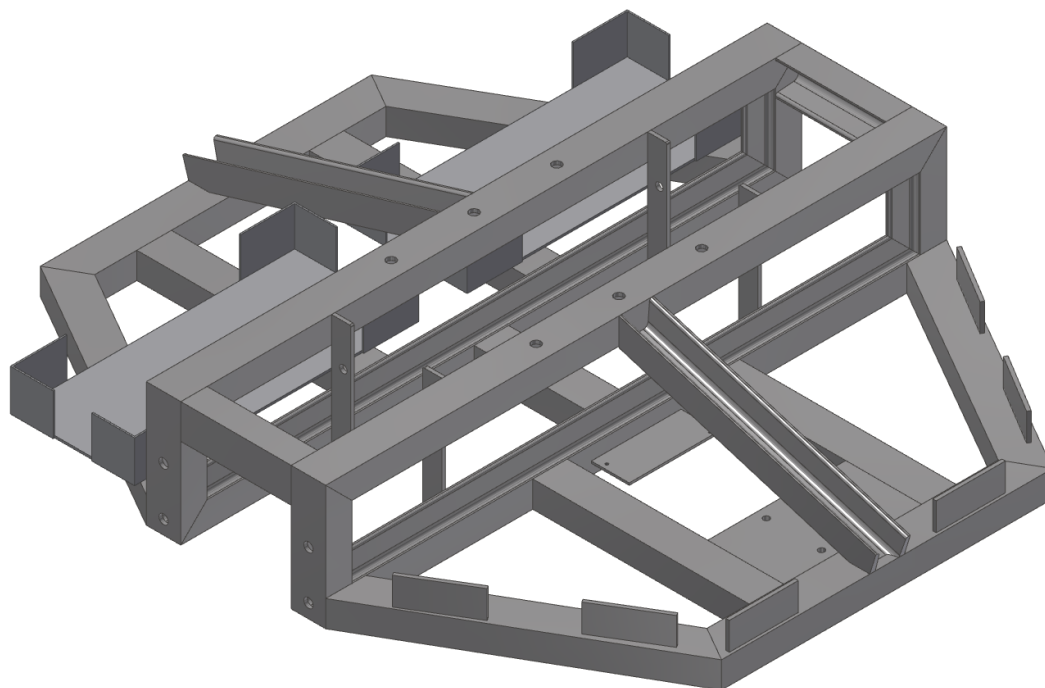
CAD modely hlavních částí přihrnovače



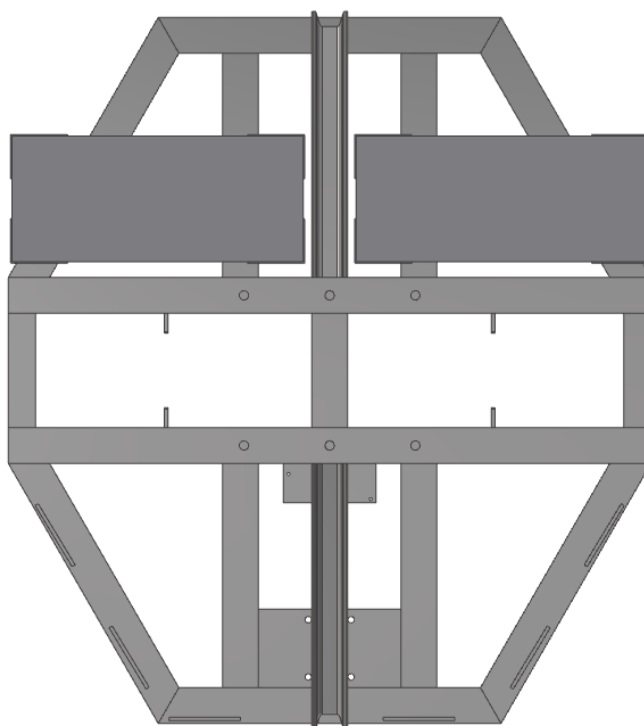
Obr. P 1.1 Modely přihrnovače



Obr. P 1.2 Model sestavy podvozku



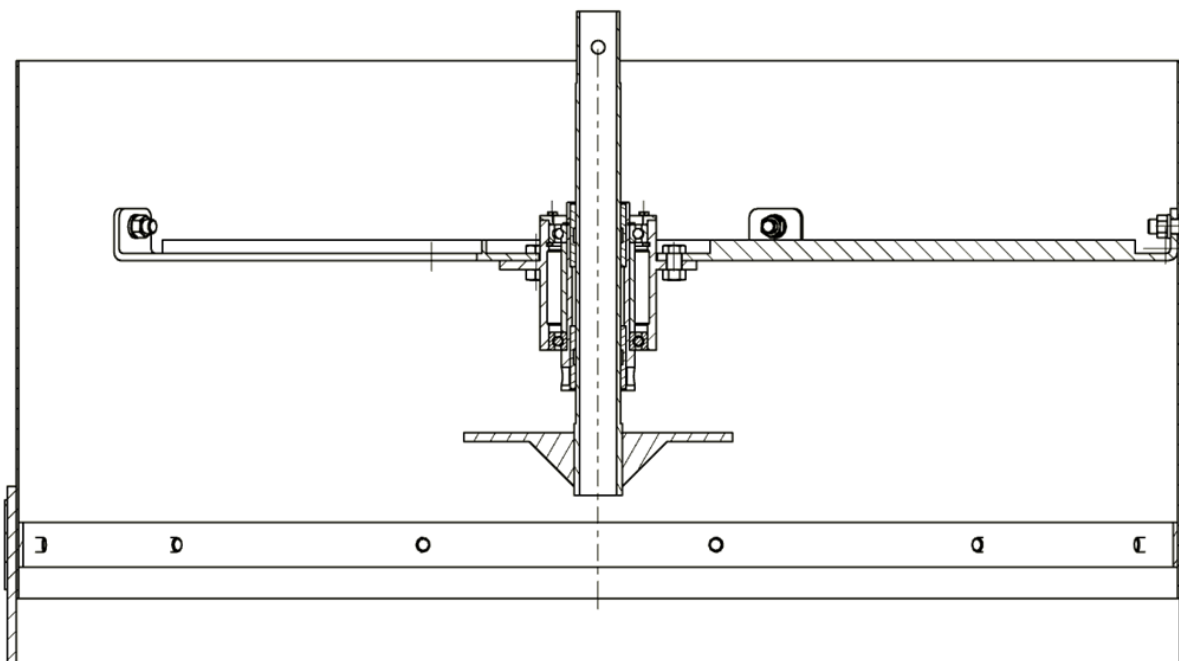
Obr. P 1.3 Model rámu podvozku pohled 1



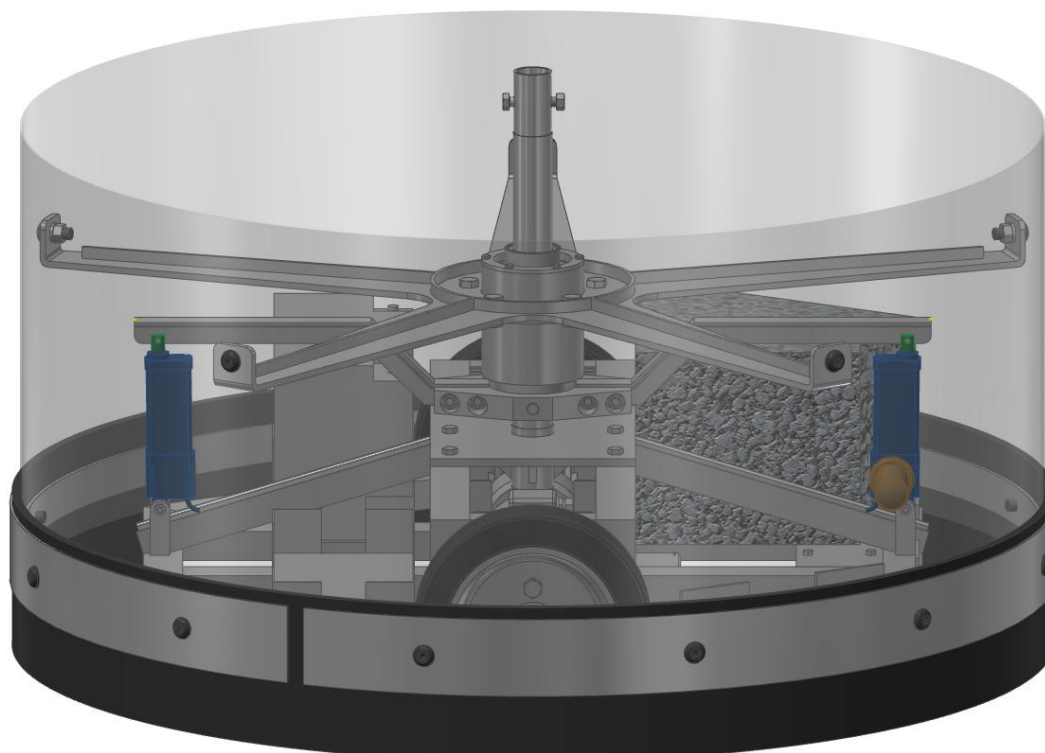
Obr. P 1.4 Model rámu podvozku pohled 2



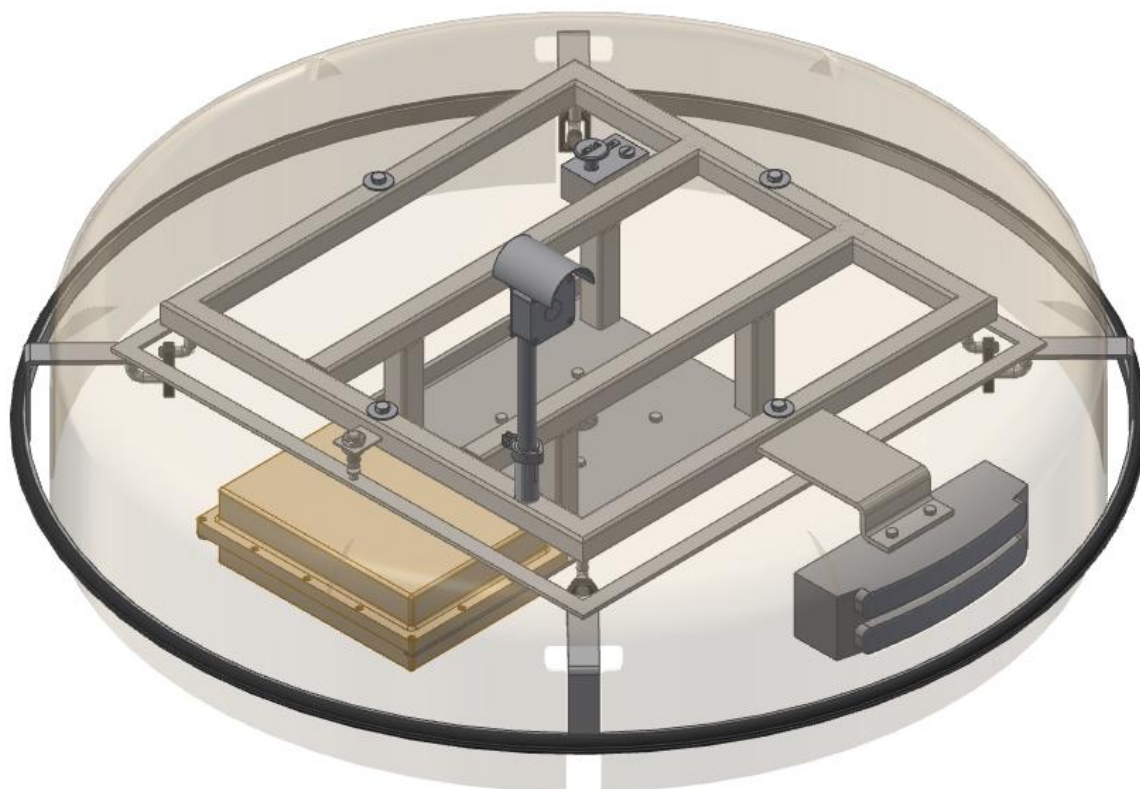
Obr. P 1.5 Model příhrnovacího bubnu



Obr. P 1.6 Řez příhrnovacím bubnem



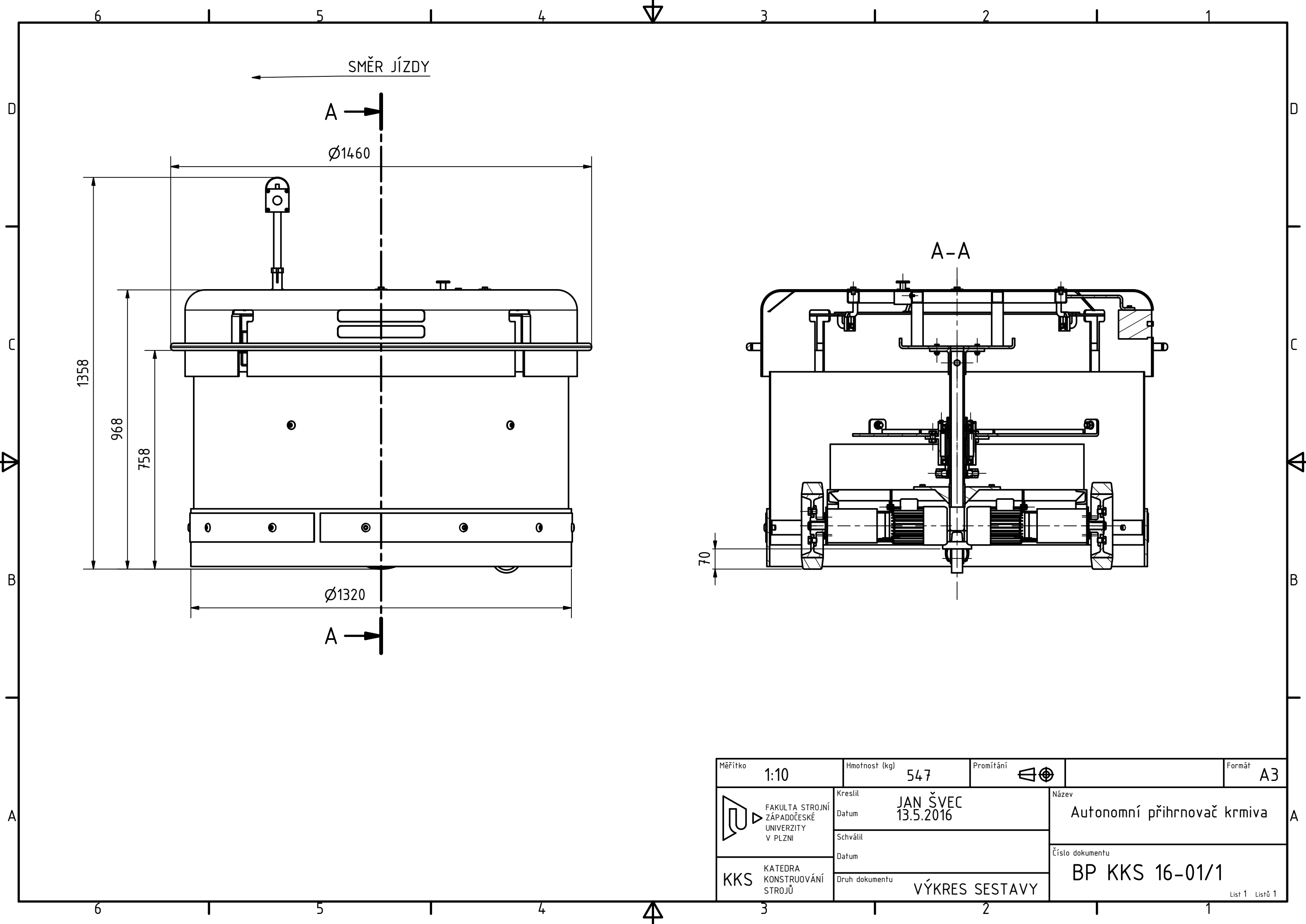
Obr. P 1.7 Model zvedacího zařízení



Obr. P 1.8 Model horního krytu příhrnovače, obsahuje nárazovou lištu, ovládací panel, nabíjecí lišty, krabice pro uložení elektroniky

PŘÍLOHA č. 2

Výkres sestavy příhrnovače



SMĚR JÍZDY

A

Ø1460

1358

968

758

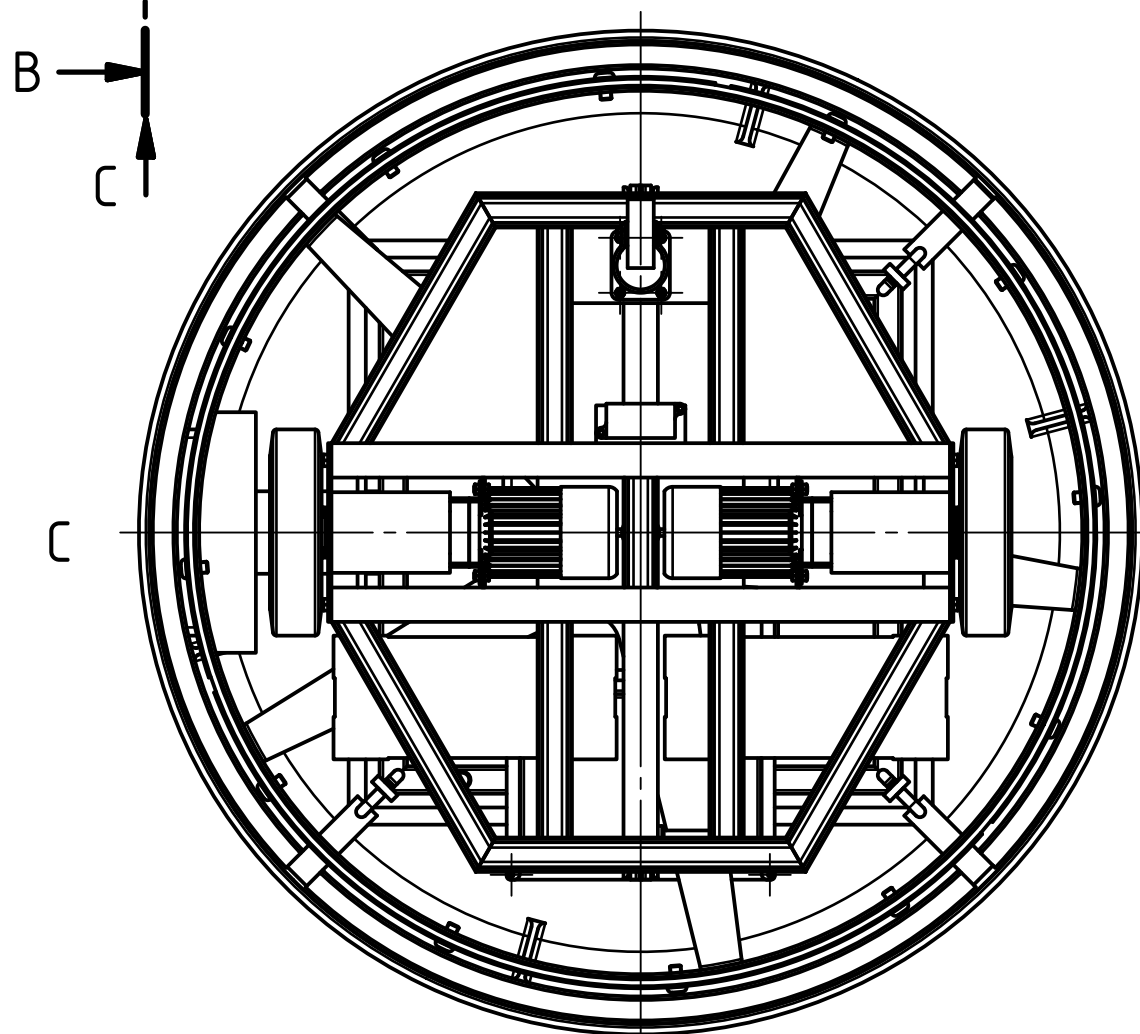
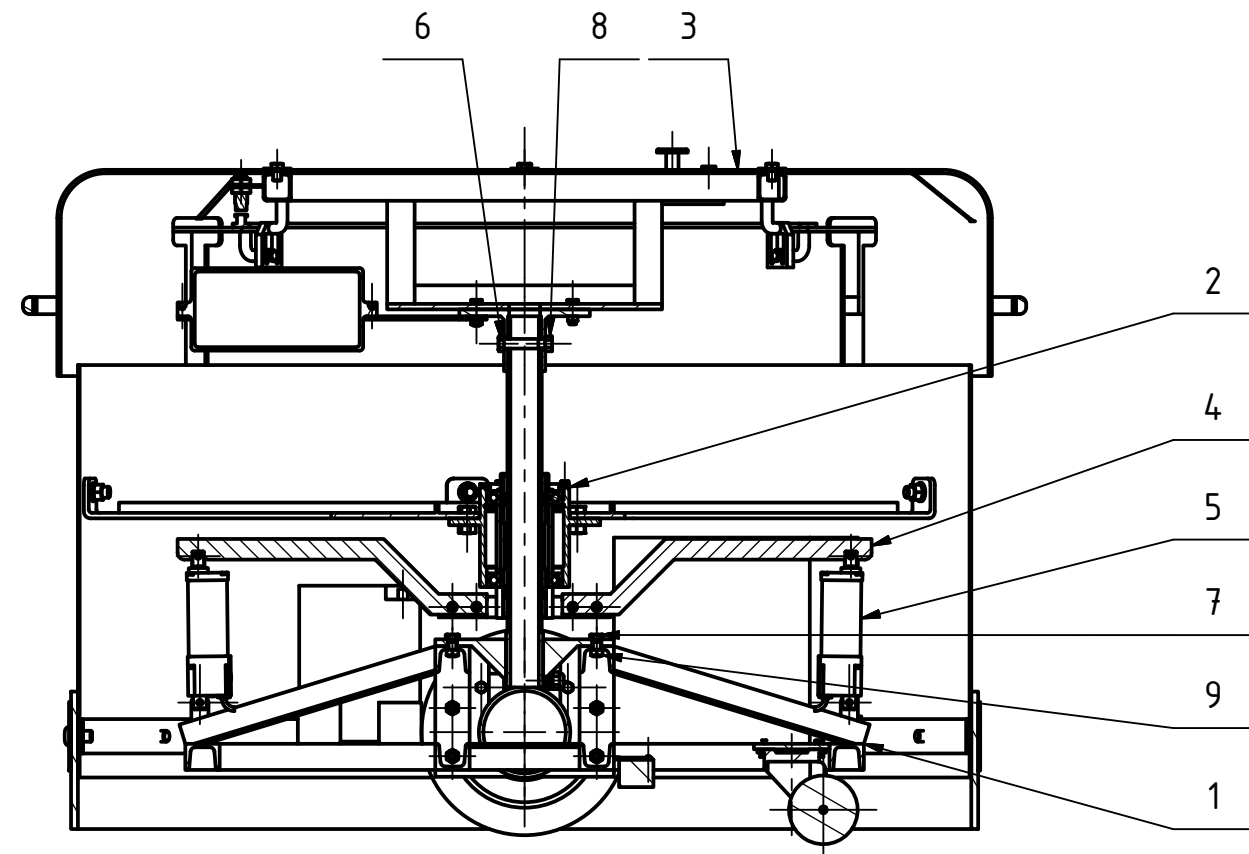
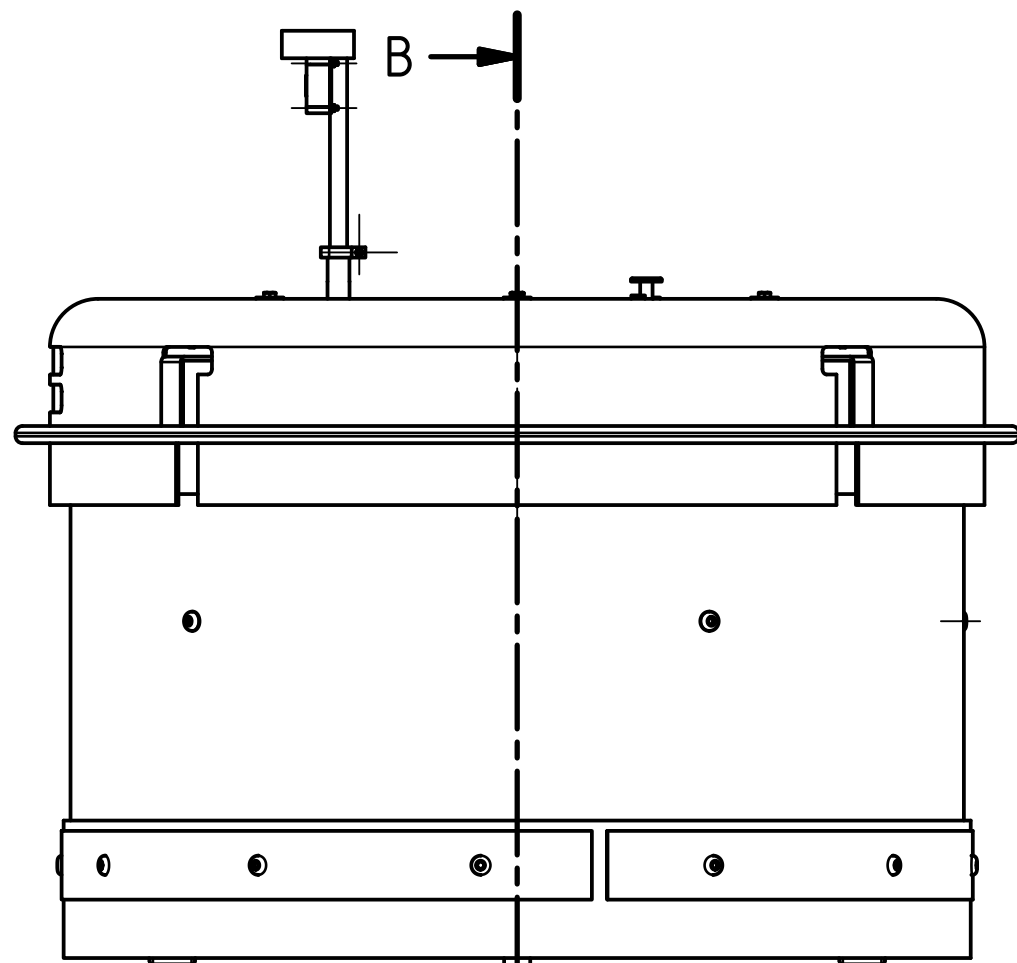
Ø1320

A

A-A

70

Měřítko	1:10	Hmotnost (kg)	547	Promítání		Formát	A3
FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil	JAN ŠVEC		Název		Autonomní přihřnovač krmiva	
	Datum	13.5.2016		Schválil			
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Datum			Číslo dokumentu		BP KKS 16-01/1	
	Druh dokumentu	VÝKRES SESTAVY				List 1 Listů 1	



KUSOVNÍK				
POZICE	POPIS	ČÍSLO SOUČÁSTI	HMOTNOST	KS
1	Sestava podvozku	BP KKS 16-02	371,329	1
2	Sestava přihrnovacího bubnu	BP KKS 16-03	112,727 kg	1
3	Sestava krytu	BP KKS 16-04	48,342 kg	1
4	Sestava zvedacího mechanismu	BP KKS 16-05	5,452 kg	1
5	Lineární aktuátor ALI 1F		4,559 kg	2
6	Šroub M14-70	CSN 02 1201	0,104 kg	1
7	M12 x 25	CSN 02 1207	0,036 kg	6
8	Matice M14	CSN 02 1402	0,016 kg	1
9	Matice M12	CSN 02 1402	0,011 kg	6

Měřítko	1:10	Hmotnost (kg)	547	Promítání		Formát	A3
---------	------	---------------	-----	-----------	--	--------	----

FAKULTA STROJNÍ ZÁPADOČESKÉ UNIVERZITY V PLZNI	Kreslil	JAN ŠVEC		Název	Autonomní přihrnovač krmiva
	Datum	13.5.2016		Číslo dokumentu	
KKS KATEDRA KONSTRUOVÁNÍ STROJŮ	Schválil			BP KKS 16-01/2	
	Datum				
	Druh dokumentu	VÝKRES SESTAVY		List 1 Listů 1	