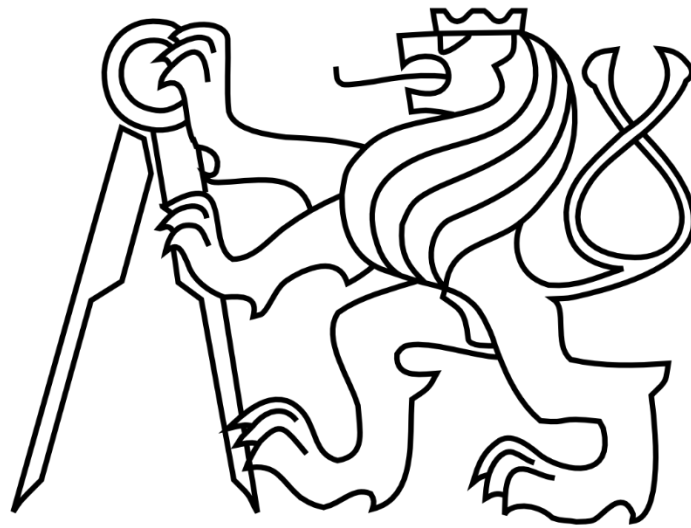


ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE

FAKULTA STROJNÍ

Ústav výrobních strojů a zařízení



Bakalářská práce

Návrh a konstrukce balicího stroje na plastové kajaky

2019

Antonín Železný





ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Železný** Jméno: **Antonín** Osobní číslo: **456777**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávací katedra/ústav: **Ústav výrobních strojů a zařízení**
Studijní program: **Strojirenství**
Studijní obor: **Konstruování podporované počítačem**

II. ÚDAJE K BAKALÁŘSKÉ PRÁCI

Název bakalářské práce:

Návrh a konstrukce balicího stroje na plastové kajaky

Název bakalářské práce anglicky:

Mechanical design of wrapping machine for plastic kayaks

Pokyny pro vypracování:

Popis tématu: Konstrukční návrh balicího stroje pro plastové kajaky. Vyrobené kajaky jsou před expedicí opatřeny závinem do ochranné plastové fólie, která brání poškození povrchu lodě při dopravě. Manipulaci a balení musí zvládnout jeden pracovník. Časová úspora oproti ručnímu (stávajícímu) balení se předpokládá cca poloviční. Je předpoklad vlastního sestavení stroje výrobní firmou; Osnova: Úvod, cíl práce, rešerše, návrhy možných způsobů řešení, výběr, zdůvodnění a konstrukční zpracování optimální varianty včetně pohonů a jejich ovládání, výpočtová část, vizualizace celého pracoviště, zhodnocení; Rozsah grafické části: Zpracování výkresové dokumentace (3D, 2D) na úrovni sestav, podsestav, vybraných výrobních výkresů, kusovník; Rozsah textové části: 40 – 60 stran.

Seznam doporučené literatury:

[1] TALÁCKO, Jaroslav. Automatizace výrobních zařízení. Vyd. 2. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2000. ISBN 80-01-02160-2;
[2] Železný | canoes & kayaks company [online]. Copyright © honzapunk [cit. 28.03.2019]. Dostupné z: <https://www.zelezny.cz/>; [3] Rotační natavování. Publi.cz – platforma pro multimediální eBooky neboli mKnihy [online]. Dostupné z: <https://publi.cz/books/183/06.html>; [4] Zet kayaks | Home [online]. Copyright © 2012 [cit. 28.03.2019]. Dostupné z: <http://www.zet-kayaks.com/en/>; [5] Ovinovací stroj pm-270 | Oemme s.p.a. [online]. Dostupné z: <https://www.oemmespa.com/en/portfolio/pm-270/>;

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) bakalářské práce:

doc. Ing. Vladimír Andrlík, CSc., ústav výrobních strojů a zařízení FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) bakalářské práce:

Datum zadání bakalářské práce: **30.04.2019**

Termín odevzdání bakalářské práce: **21.07.2019**

Platnost zadání bakalářské práce: **30.09.2019**

doc. Ing. Vladimír Andrlík, CSc.
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Matěj Sulitka, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Student bere na vědomí, že je povinen vypracovat bakalářskou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v bakalářské práci.

29.4. 2019

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl v příloženém seznamu veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací, vydaným ČVUT v Praze 1. 7. 2009.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č. 121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne 19.7. 2019

.....

podpis

Poděkování

Děkuji panu doc. Ing. Vladimíru Andrlíkovi, CSc. za vedení mé bakalářské práce.

Chtěl bych také velice poděkovat svým rodičům, že mi umožnili studium na vysoké škole a za veškerou podporu v průběhu studia.



Anotace

Autor:	Antonín Železný
Název BP:	Návrh a konstrukce balicího stroje na plastové kajaky
Rozsah práce:	63 stránek, 37 obrázků, 4 tabulky, 22 příloh
Školní rok vyhotovení:	2019
Škola:	ČVUT – Fakulta strojní
Ústav:	Ú12135 – Výrobní stroje a zařízení
Vedoucí BP:	doc. Ing. Vladimír Andrlík, CSc.
Konzultant BP:	Antonín Železný
Zadavatel:	Železný s.r.o.
Využití:	Balení platových kajaků
Klíčová slova:	Balicí stroj, ovinování, kajak, stretch fólie, bublinková fólie
Anotace:	Tato práce se zabývá návrhem a konstrukcí stroje pro balení plastových kajaků. V práci je uveden současný stav výroby a balení ve firmě, řešerše druhů balicích strojů, návrh variant a konstrukce zvolené varianty stroje.



Annotation

Autor:	Antonín Železný
Title:	Mechanical design of wrapping machine for plastic kayaks
Extent:	63 pages, 37 figures, 4 tables, 22 attachments
Academic year:	2019
University:	CTU –Faculty of Mechanical Engineering
Department:	Ú12135 Department of Production Machines and Equipment
Supervisor:	doc. Ing. Vladimír Andrlík, CSc.
Consultant:	Antonín Železný
Submitter of the Theme:	Železný s.r.o.
Application:	Packaging of plastic kayaks
Key words:	Packaging machine, wrapping, kayak, stretch foil, bubble wrap
Annotation:	This thesis deals with design and construction of wrapping machine for plastic kayaks. It contains current state of manufacturing and wrapping in the company, research in wrapping machines, different possible designs and construction of chosen machine variant.



Obsah

1. Úvod.....	12
2. Rotační natavování plastů.....	13
3. Balený objekt.....	15
4. Současný stav.....	16
4.1 Výroba	16
4.1.1 Příprava materiálu a formy	16
4.1.2 Pečení	16
4.1.3 Chlazení	16
4.1.4 Vyjmutí výrobku	17
4.1.5 Opracování a dokončení.....	17
4.2 Manipulace	17
4.2.1 Jeřáb.....	18
4.2.2 Ve dvou lidech	19
4.2.3 Za límec.....	19
4.2.4 Pojízdné stojany	20
4.2.5 Zabalený kajak	21
4.3 Současný způsob balení.....	21
5. Existující balicí stroje.....	23
5.1 Rotační pohyb koná balicí hlava	23
5.2 Rotační pohyb koná balený objekt.....	26
5.3 Shrnutí	27
6. Návrh variant.....	28
6.1 Horizontální varianta	28
6.2 Vertikální varianta	29
6.3 Výběr varianty	29
7. Ekonomické zhodnocení	30



8. Konstrukční část.....	31
8.1 Konstrukční uzly.....	31
8.2 Rám	32
8.2.1 Rozměry rámu	33
8.2.2 Konstrukce a materiál rámu.....	35
8.2.3 Návrh profilu rámu	36
8.2.4 Zhodnocení a výběr varianty	40
8.2.5 Posuvná část rámu	42
8.3 Pohony.....	43
8.3.1 Rotace lodí.....	43
8.3.2 Spodní a horní podpora kajaku.....	46
8.3.3 Posuv fóliového vozíku	48
8.3.4 Buben pro navíjení lanka	50
8.4 Fóliový vozík	51
8.5 Brzdný válec	52
8.6 Konce kajaku	53
9. Ovládání a obsluha stroje	54
9.1 Motory.....	54
9.2 Spínače a čidla	54
9.3 Pracovní cyklus.....	55
10. Bezpečnostní prvky	57
11. Závěr	58
Seznamy	60
Seznam použité literatury	60
Seznam použitého softwaru.....	62
Seznam příloh.....	62



Přehled použitých veličin a jednotek

E	[N]	modul pružnosti v tahu
F	[mm]	síla
f	[1]	koeficient tření
I	[mm ⁴]	kvadratický moment průřezu
J	[N·m ²]	moment setrvačnosti
L	[mm]	délka
M	[N·m]	kroučící moment
p	[1]	převodový poměr
P	[W]	výkon
r	[m]	poloměr
t	[s]	čas
v	[m·s ⁻¹]	rychlost
y	[mm]	průhyb
α	[rad·s ⁻²]	úhlové zrychlení
ω	[rad·s ⁻¹]	úhlová rychlost

1. Úvod

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem a konstrukcí stroje pro balení plastových kajaků před jejich přepravou k zákazníkovi. Kajaky je potřeba chránit před mechanickým poškozením vznikajícím nejčastěji při neopatrné manipulaci při přepravě. V současné době je balení kajaků ve firmě prováděno ručně za použití bublinkové a stretch fólie, polyethylenového rukávu a lepicí pásky. Zabalení jedné lodi trvá zhruba 10 minut a jsou k němu zapotřebí dva zaměstnanci. Cílem práce je navrhnout balicí stroj, který by zkrátil dobu balení na polovinu a k jehož obsluze by stačil jeden zaměstnanec. Zařazení takového stroje do výroby přispěje k urychlení procesu balení a tím i ke snížení finančních nákladů s balením kajaků spojených. Kajaků je vyráběno zhruba 1 000 kusů ročně. Při tomto počtu se tedy nejedná o příliš vytěžovaný stroj, tudíž bude hlavním výběrovým kritériem při volbě konstrukce především nízká pořizovací cena.

Úvodní část práce je věnována přiblížení výroby, popisu současného procesu balení kajaků a rešerši již existujících balicích strojů. Další část je zaměřena na navržení možných konstrukčních řešení, srovnání jejich výhod a nevýhod a následně výběr nejvhodnější varianty.

Balicí stroj řešený v bakalářské práci je určen pro firmu Železný s. r. o.

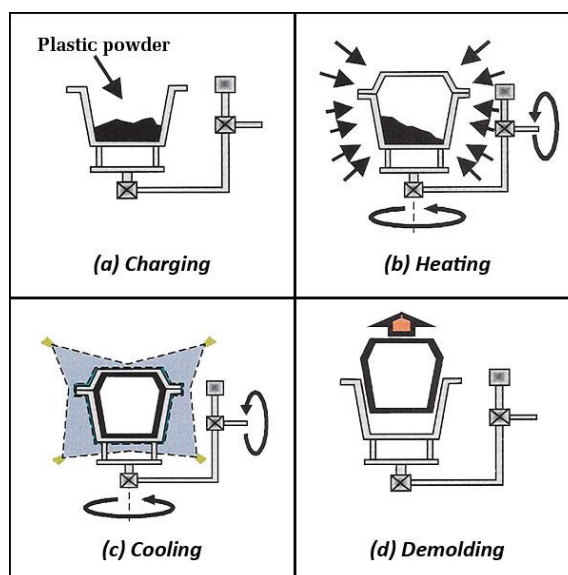
Tato firma se zabývá především výrobou polyetylenových výrobků metodou rotačního natavování (popsáno níže viz 2. *Rotační natavování plastů*). Stálá výroba zahrnuje zejména plastové kánoe a kajaky. Dále zde probíhá i zakázková výroba. Z neplastových výrobků jsou zde na pěti-osém obráběcím centru vyráběny hliníkové formy jak pro vlastní potřebu, tak zakázkově. Metoda rotačního natavování je ve firmě používána od roku 1992. [1]

2. Rotační natavování plastů

Tuto technologii je taktéž možné najít pod názvy jako rotomolding, rotoplastik, nebo rotational molding. Jedná se o metodu vhodnou k výrobě dutých plastových výrobků.

Do otevíratelné formy je nasypán plastový prášek. Nejčastěji používaným je polyethylen. Forma je uzavřena a vložena do pece, kde je nahřata na teplotu tavení použitého plastu (v případě polyethylenu 130 °C). Přitom se forma otáčí kolem dvou os, a roztavený plast se postupně natavuje na stěny formy. Vytváří se tak tedy pouze vnější povrch výrobku. Část procesu rotačního natavování, při které je výrobek ohříván v peci se nazývá pečení. Po upečení je forma s výrobkem ochlazena proudem vzduchu, otevřena, a výrobek vyjmut. Pro lodě a podobné výrobky doutníkovitého tvaru se častěji používá varianta této technologie zvaná rock and roll kdy se rotace podle kratší osy nahrazuje kýváním.

Touto metodou je možné vyrábět plastové výrobky o objemu od několika centimetrů krychlových po desítky metrů krychlových. Výhodou je, že výsledný výrobek je z jediného kusu. Lze takto vyrobit i produkty, které by jinou metodou zpracování plastu (například vstřikováním) vyrobit nešly. Mezi výrobky často zhotovované rotačním natavování se řadí například: vodní, olejové a palivové nádrže, přepravní a odpadní kontejnery, rekreační zboží – lodě, hračky, skluzavky a další. Postup výroby metodou rotačního natavování je znázorněn na obrázku 2.1 [2]



Obr. 2.1: a) plnění formy plastovým práškem b) zavření a ohřátí formy za stálého otáčení c) chlazení za stálého otáčení d) otevření formy a vyjmutí výrobku [2]

3. Balený objekt

Firma má ve stálé nabídce několik modelů kajaků a každý rok uvádí na trh nový model. Celkové rozměry a hmotnost se však mezi jednotlivými modely nijak dramaticky neliší. Proto by neměl být problém navrhnout univerzální balicí stroj schopný zabalit kterýkoli z vyráběných modelů lodí. Určujícími rozměry jsou délka, šířka a hmotnost kajaku. Délka se pohybuje v rozmezí 245 až 270 cm. Maximální délka povolená na oficiálních závodech v kayakcrossu (někdy také canoe slalom) je 275 cm tudíž delší modely zřejmě vyráběny nebudou. Minimální povolená délka je 205 cm. Šířka je u všech modelů téměř stejná a to 65 cm. Hmotnostní rozdíly mezi modely jsou taktéž zanedbatelné. Všechny mají hmotnost okolo 20 kg.

Na obrázku 3.1 je nejdelší z prodávaných modelů, měřící 270 cm. [3][4]



Obr. 3.1 Kajak – model FIVE [3]

4. Současný stav

Následující část stručně popisuje průběh výroby a balení kajaku a také způsoby manipulace s kajakem.

4.1 Výroba

Výrobu lze rozdělit do pěti částí a to na: přípravu, pečení, chlazení, vyjmutí a opracování.

4.1.1 Příprava materiálu a formy

Polyetylenový prášek je dodáván v bílém provedení. Jednotlivé barevné odstíny lze dosáhnout přidáním odměřeného množství barevného pigmentu a jeho vmícháním do materiálu. Před pečením je do formy nutné připravit závitové vložky a nalepit loga a potisky. Formu je také nutno pravidelně natírat separačním olejem, aby nedocházelo k připékání plastu na stěny. Do formy je nasypán připravený plastový prášek požadované barvy. Forma je zavřena a pomocí jeřábu umístěna do pece.

4.1.2 Pečení

Teplota v peci je postupně zvyšována až na teplotu tavení materiálu (130°C). Při jejím dosažení je spuštěn pohyb pece – rotace kolem podálné osy (mezi špičkami kajaku) a kývání podle osy příčné. Teplota se udržuje požadovanou dobu v závislosti na velikosti a složitosti vyráběného výrobku.

4.1.3 Chlazení

Pohyb formy je nutné udržovat i v první části chlazení, aby nedošlo k nahromadění materiálu ve spodní části formy vlivem gravitace. Chlazení je

prováděno pomocí vzduchu o okolní teplotě. Před otevřením pece je forma zchlazena na teplotu lehce přesahující sto stupňů celsia.

4.1.4 Vyjmutí výrobku

Po ukončení chlazení je forma s výrobkem vyjmuta z pece pomocí jeřábu a umístěna na podstavce. Poté je potřeba vyjmout šrouby přidržující závitové vložky (inserty) v lodi dříve, než dojde k jejímu smrštění vlivem ochlazování na okolní tepotu. Následně je forma otevřena. Ještě za tepla je také potřeba vyříznout otvor pro límec. Loď je vyjmuta z formy a forma se může začít připravovat na další pečení. Minimálně dvě hodiny po vyjmutí z pece, musí být loď umístěna ve speciálním stojanu, aby nedošlo k její deformaci, zejména ke zploštění dna, pokud by byla položena na pevný povrch.

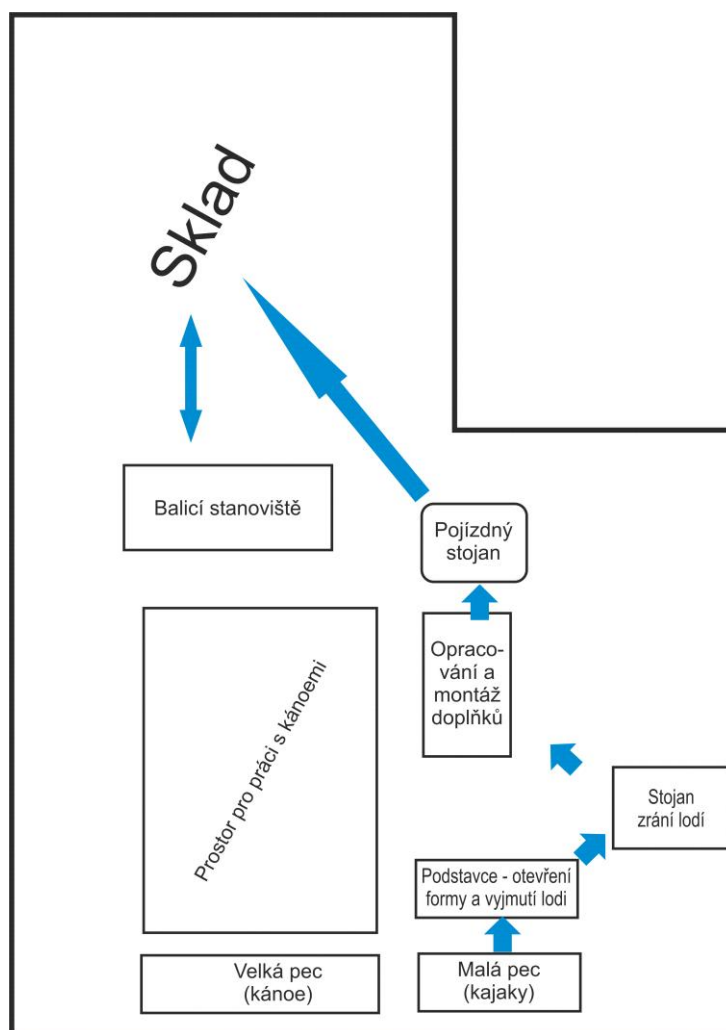
4.1.5 Opracování a dokončení

V této fázi je odříznut a začištěn ořep vzniklý po obvodu dělicí roviny. Dále dojde k navrtání otvorů nutných k upevnění polstrovacích prvků. Nakonec je do lodi namontována sedačka, opěrky a další doplňky.

Loď je následně umístěna na pojízdný stojan a odvezena do skladu.

4.2 Manipulace

Jako v každé výrobě, je i zde třeba zajistit přesun výrobku mezi jednotlivými stanovišti. V případě kajaku je to nejprve přesun formy z pece na podstavce pomocí jeřábu. Následně lodi do stojanu pro zrání a poté na montážní stůl. Odtud do pojízdného stojanu, na kterém jsou lodě převezeny do skladu. Poté následuje přesun k balicímu stanovišti a následně opětovné uskladnění případně rovnou předání přepravci. Trasa kajaku po pracovišti je znázorněna na obrázku **4.1**. Z důvodu různorodosti přesunů se využívá několika metod manipulace, blíže popsanych dále.



Obr. 4.1 - Znárodnění trasy kajaku po pracovišti od vyjmutí z pece po uskladnění.

4.2.1 Jeřáb

Po upečení lodi je potřeba formu dostat z pece na podstavce. Forma má v tu dobu teplotu stále ještě lehce přes sto stupňů celsia. Hmotnost má kolem 100 kg, tudíž by ji museli vyjímat dva pracovníci v rukavicích, a i tak by hrozilo riziko popálení. Vzhledem k obtížnějšímu přístupu k formě a její teplotě a hmotnosti je používán malý stropní jeřáb. Díky tomu stačí k vyjmutí a následné manipulaci s formou pouze jeden člověk a je minimalizováno bezpečnostní riziko. Manipulace s formou pomocí jeřábu je zobrazeno na obrázku 4.2.



Obr. 4.2 – Vyjímání formy z pece za pomoci stropního jeřábu.

4.2.2 Ve dvou lidech

Samostatně jsou kajaky na delší vzdálenost nejnáze přenášeny ve dvou lidech. Každý drží chyt na jednom konci kajaku. Tento způsob je však ve firmě velice málo používán, především z důvodu nutnosti stálé přítomnosti dvou pracovníků a také je málo kdy potřeba kajak samostatně přenášet na větší vzdálenost.

4.2.3 Za límec

Nejpoužívanějším způsobem přesunu je takzvané přenášení za límec. Tato metoda vyžaduje pouze jednoho pracovníka tudíž je vhodná pro rychlé přenesení lodi na krátkou až střední vzdálenost. Nejčastěji k přesunu z výroby na montáž doplňků a následně na pojízdný stojan. Tato metoda přesunu využívá vystouplý límec lodi, za který se dá loď dobře přidržovat případně poponést ve vertikální poloze. Například pro usazení do pojízdného stojanu. Toto je znázorněno na obrázku 4.3a. Při potřebě přenést loď na delší

vzdálenost je vhodné si ji límcem položit na rameno a přenášet v pozici znázorněné na obrázku **4.3b**. Tato metoda je hojně využívána například jezdci při přenášení lodi mezi autem a řekou.



Obr. 4.3 - a) Přenášení ve vertikální poloze na krátkou vzdálenost. b) Přenášení na rameni.

4.2.4 Pojízdné stojany

Vyrobené kajaky jsou skladovány ve vertikální poloze po osmi kusech na pojízdných stojanech (obrázek **4.4**) usnadňující následné přesuny po hale. Prázdný stojan je přistaven blízko montáže, aby nebylo nutné kajaky nosit na delší vzdálenost. Po naplnění je stojan s kajaky převezen do skladu. Manipulaci s pojízdným stojanem zvládne zaměstnanec sám.



Obr. 4.4 – Pojízdné stojany

4.2.5 Zabalení kajak

Po zabalení je třeba kajak přemístit do skladu a odtud následně předat přepravci. Pro úchop však již nelze využít tvar límce. V jednom člověku se tedy dá pouze obejmout a přenést ve vertikální poloze (viz obrázek 4.3a), popřípadě ve dvou lidech uchopit za špičky kajaku a nést v poloze horizontální.

4.3 Současný způsob balení

V současné době sestává zabalení kajaku z několika kroků. Nejprve je kajak obalen vrstvou bublinkové fólie. Ta má tendenci se krabatit a odchlipovat. Proto je jako další vrstva použita stretch fólie, která zajistí její přilnutí po celém povrchu lodi. V dalším kroku je loď vsunuta do polyetylénového rukávu a ten ovinut lepicí páskou, aby kopíroval povrch lodi a netvořil z ní neforemný a těžko uchopitelný objekt. Přečnívajícím koncem rukávu jsou taktéž omotány páskou a dají se využít pro přenášení lodi za špičky, například při nakládání do kontejneru pro

přepravu. Balení je zobrazeno na obrázku 4.5.

Proces balení vyžaduje dva pracovníky a trvá 10 minut. Účelem balicího stroje je eliminovat potřebu dvou pracovníků při procesu balení, a tento proces zkrátit v ideálním případě o polovinu (z deseti na pět minut). Dále by bylo dobré se vyhnout použití nerecyklovatelných obalových materiálů jako je například lepicí páska.



Obr. 4.5 – Proces balení. a) bublinková fólie b) stretch fólie c) polyetylénový rukáv d) lepicí páska

5. Existující balicí stroje

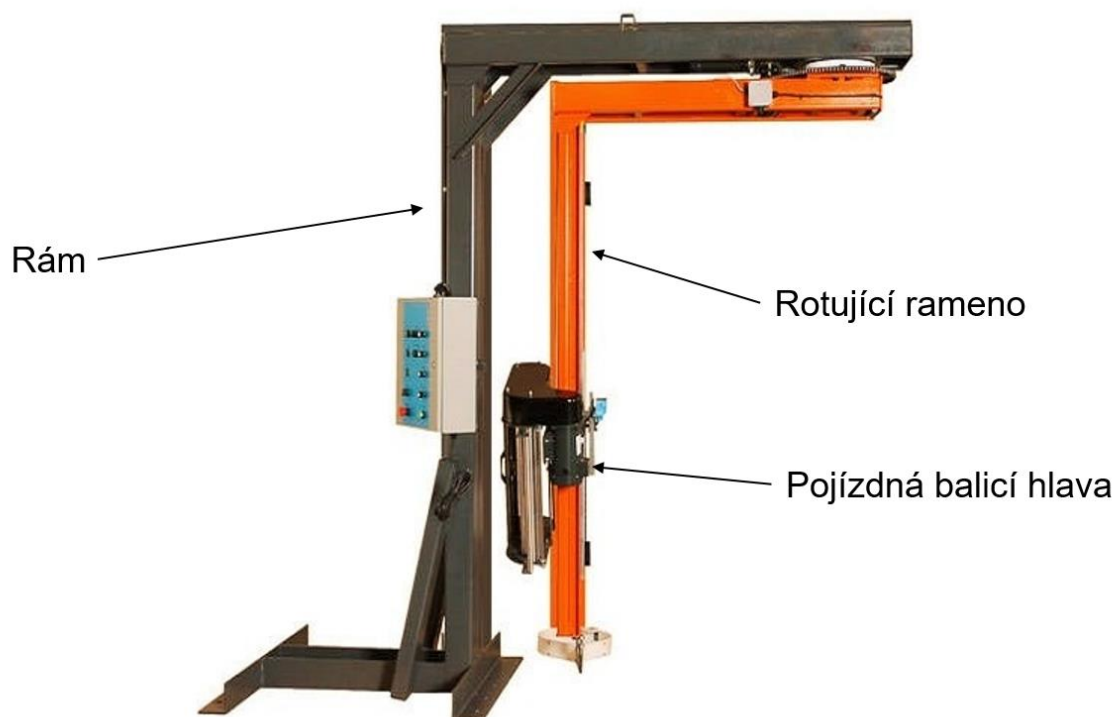
Balicí stroje vhodné pro účely balení kajaků lze rozdělit do dvou skupin. V prvním případě koná rotační pohyb balicí hlava a balený objekt stojí. V druhém případě je tomu přesně naopak, tedy rotační pohyb koná balený objekt a balicí hlava se pouze posouvá podél rotujícího objektu. Existují i stroje s kombinovaným rotačním pohybem hlavy i baleného objektu, jedná se však o stroje mnohem komplikovanější konstrukce, které pro balení kajaků představují zbytečně drahé a složité řešení.

5.1 Rotační pohyb koná balicí hlava

U této varianty zajišťuje hlavní balicí pohyb kolem objektu balicí hlava umístěná na rotujícím rameni. Hlava se zároveň s každým otočením posouvá po rameni směrem nahoru dokud nedosáhne výšky baleného objektu.

Z konstrukčního hlediska se nejedná o nejjednodušší variantu, jelikož je zde potřeba zajistit svislý pohyb balicí hlavy na rotujícím rameni. Další nevýhodou je značná prostorová náročnost této varianty a nebezpečí zranění obsluhy rotujícím ramenem, tudíž větší nároky na zabezpečení pracovního prostoru.

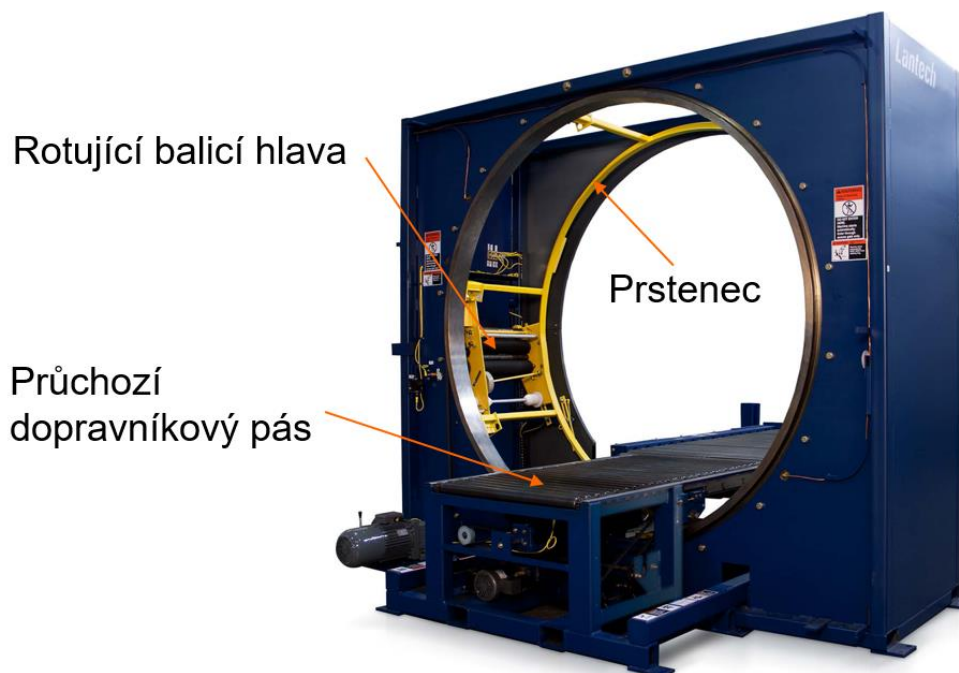
Výhodou tohoto uspořádání je snadný přístup k balenému objektu například s paletovým nebo vysokozdvížným vozíkem. Také nemá omezení na maximální hmotnost baleného objektu. To však pro případ balení kajaků není podstatné. Příklad konstrukce s rotujícím ramenem je uveden na obrázku **5.1**.



Obr. 5.1 - Příklad stroje s balicí hlavou na rotujícím rameni. *Semiauto Rotary Arm stretch Wrapping machine R100 firmy FHOPEGROUP [5]*

Další variantou ovinovacího stroje, kde hlavní pohyb koná balicí hlava je prstencový ovinovací stroj. Většinou je vyráběn v provedení, kdy balený objekt prochází strojem v horizontálním směru a kolem něj na prstenci rotuje balicí hlava. Jelikož se jedná o průchozí stroj, je zde velikost baleného objektu omezena pouze jeho šířkou. Z tohoto důvodu se prstencové ovinovací stroje hodí zejména k balení dlouhých předmětů a k použití v automatických linkách.

Výhodou tohoto uspořádání stroje je již zmíněná možnost balení takřka nekonečně dlouhých objektů a možnost automatizace balení. Nevýhodou je větší zástavba a složitost konstrukce, které odpovídá i vyšší cena. Jelikož se jedná o poměrně složité řešení, které pro balení kajaků nepřináší významné výhody, je tato varianta také nevyhovující. Příklad prstencové konstrukce je na obrázku 5.2.



Obr. 5.2 – Příklad prstencového ovinovacího stroje. Lantech Lan-ringer od firmy Crawford Packaging [6]

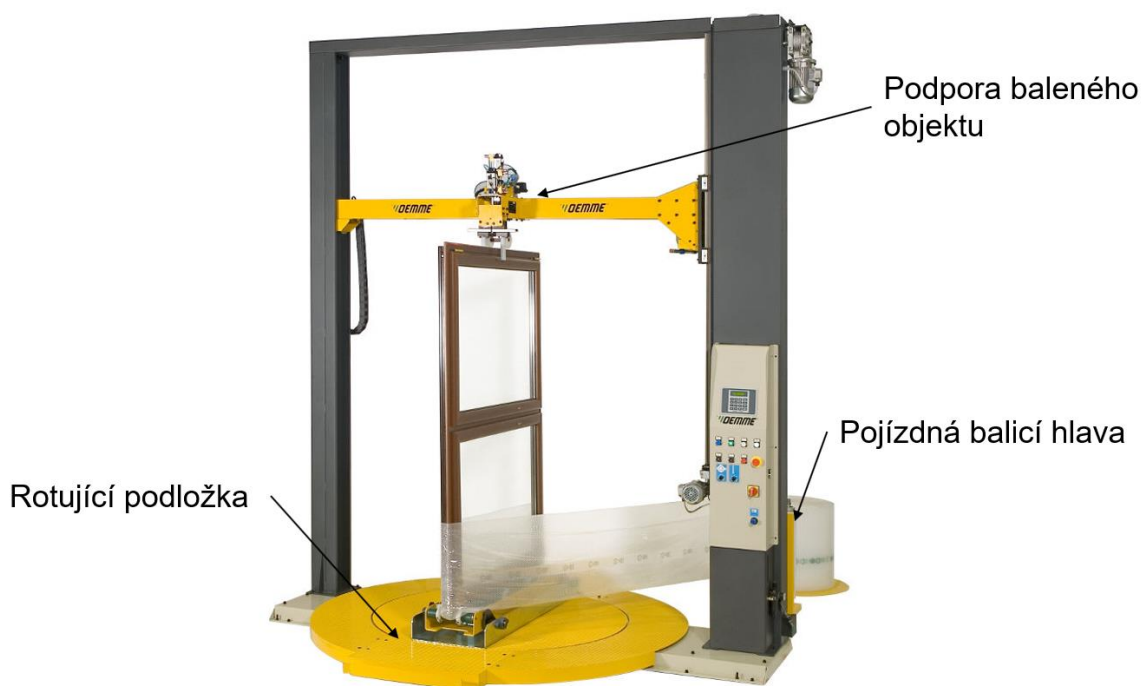
Poslední variantou v této kategorii jsou mobilní ovinovací stroje. Příklad uvedený na obrázku 5.3. Princip balení je podobný jako u strojů s rotujícím ramenem. V tomto případě ovšem pohyb sloupku s pojízdou balicí hlavou nezajišťuje rameno, ale samostatně se pohybující pojízdný stroj. Velkou předností jsou rozměry stroje a jeho mobilita. Je vhodný k balení zboží o velkých rozměrech a hmotnosti, které by se jinými konvenčními ovinovacími stroji ovinout nedalo. Další výhodou je nižší pořizovací cena a díky mobilitě stroje není nutné pro něj mít vyhrazený stálý prostor. Nevýhodou je menší balicí výkon oproti ostatním strojům. Pro balení jednotlivých kajaků je to nevhodná varianta.



Obr. 5.3 – Příklad ovinovacího robotu. MOTION od firmy TECHNOLOGY [7]

5.2 Rotační pohyb koná balený objekt

Hlavní balicí pohyb zajišťuje rotující podložka, na kterou je balený objekt umístěn. Balicí hlava koná posuvný pohyb podél rotujícího objektu. Oproti rotujícímu ramenu je tato varianta méně prostorově náročná a také méně nebezpečná pro obsluhu. Také je konstrukčně jednodušší, jelikož hlava nemusí zároveň vykonávat rotační i posuvný pohyb. Pro stroj na balení kajaků je tato varianta nejvhodnější. Toto uspořádání se velmi často používá k balení zboží na paletách nebo například k balení zavazadel na letištích. Příklad konstrukce s rotujícím baleným objektem je na obrázku 5.4.



Obr. 5.4 – Příklad stroje s rotujícím baleným objektem. PM 270 firmy OEMME

[8]

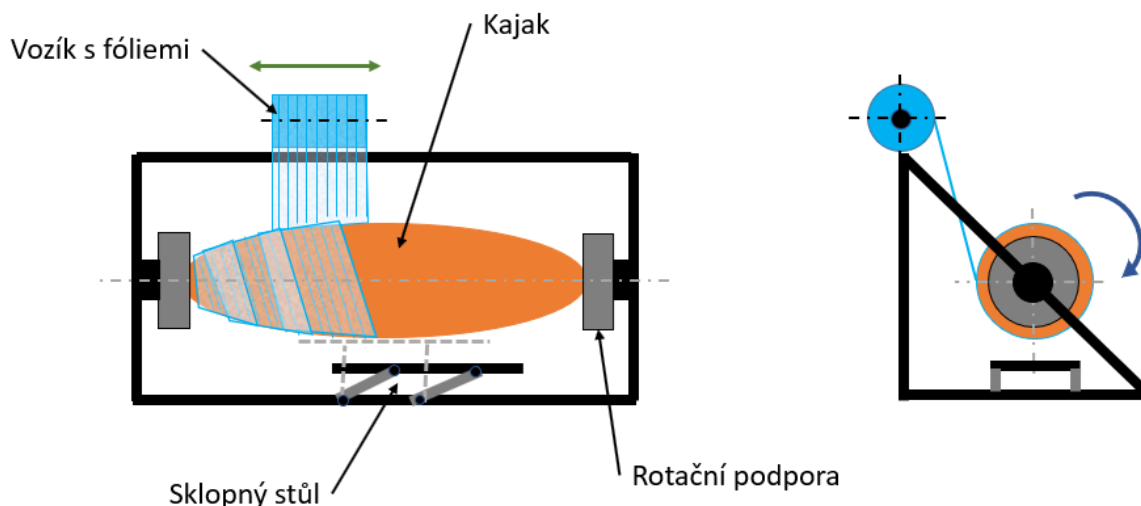
5.3 Shrnutí

V rešerši byly porovnány dvě skupiny vyráběných balicích strojů. Pro účely balení kajaků vychází jednoznačně lépe varianta stroje, kde hlavní ovinovací (rotační) pohyb koná balený objekt a odvinované fólie jsou pouze posouvány podél jeho osy rotace. V porovnání s variantou, kde fólie rotuje kolem baleného objektu, je toto řešení konstrukčně značně jednodušší, bezpečnější pro obsluhu a má menší zástavbové požadavky.

6. Návrh variant

6.1 Horizontální varianta

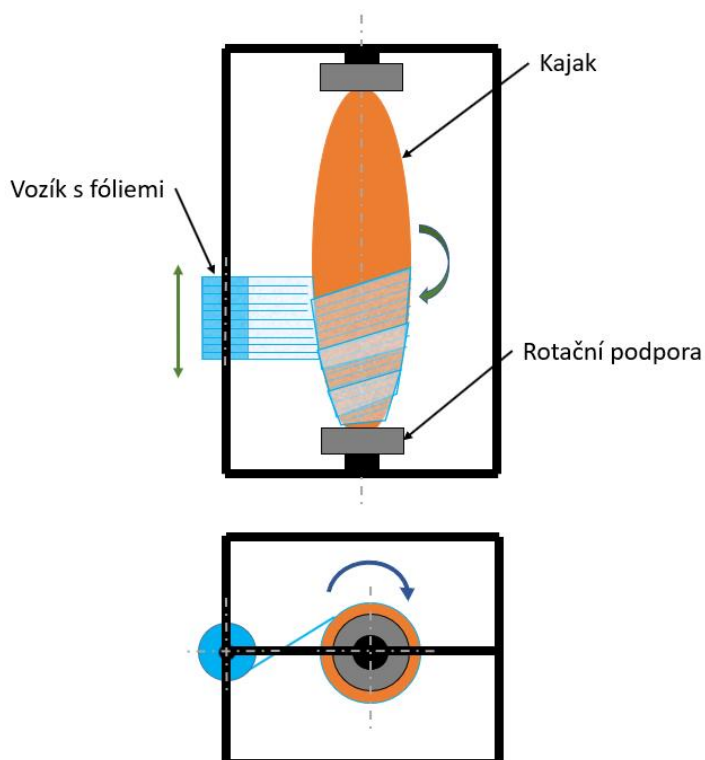
U této varianty je kajak ve stroji uložen v horizontální poloze. Aby bylo vyhověno požadavku firmy na možnost obsluhy stroje jedním pracovníkem, musí být tato varianta opatřena sklopným stolem, na který je při ukládání kajak položen do doby, než jsou jeho špičky sevřeny mezi rotační podpory. Schéma první varianty je zobrazeno na obrázku 6.1.



Obr. 6.1 – Schematické zobrazení horizontální varianty stroje

6.2 Vertikální varianta

Schéma vertikální varianty je zobrazeno na obrázku 6.2.



Obr. 6.2 – Schematické zobrazení vertikální varianty stroje

6.3 Výběr varianty

U obou navrhovaných variant zajišťuje hlavní balicí pohyb rotující kajak a vozík s fóliemi vykonává lineární pohyb podél lodi. Při horizontálním uložení je méně zatížený posuvný fóliový vozík, jelikož gravitace působí kolmo na jeho osu pohybu. Je zde však potřeba silnějšího „uchopení“ lodi a sklopný stůl pro upínání lodi. Proto byla zvolena vertikální varianta, která je také méně prostorově náročná než varianta horizontální.

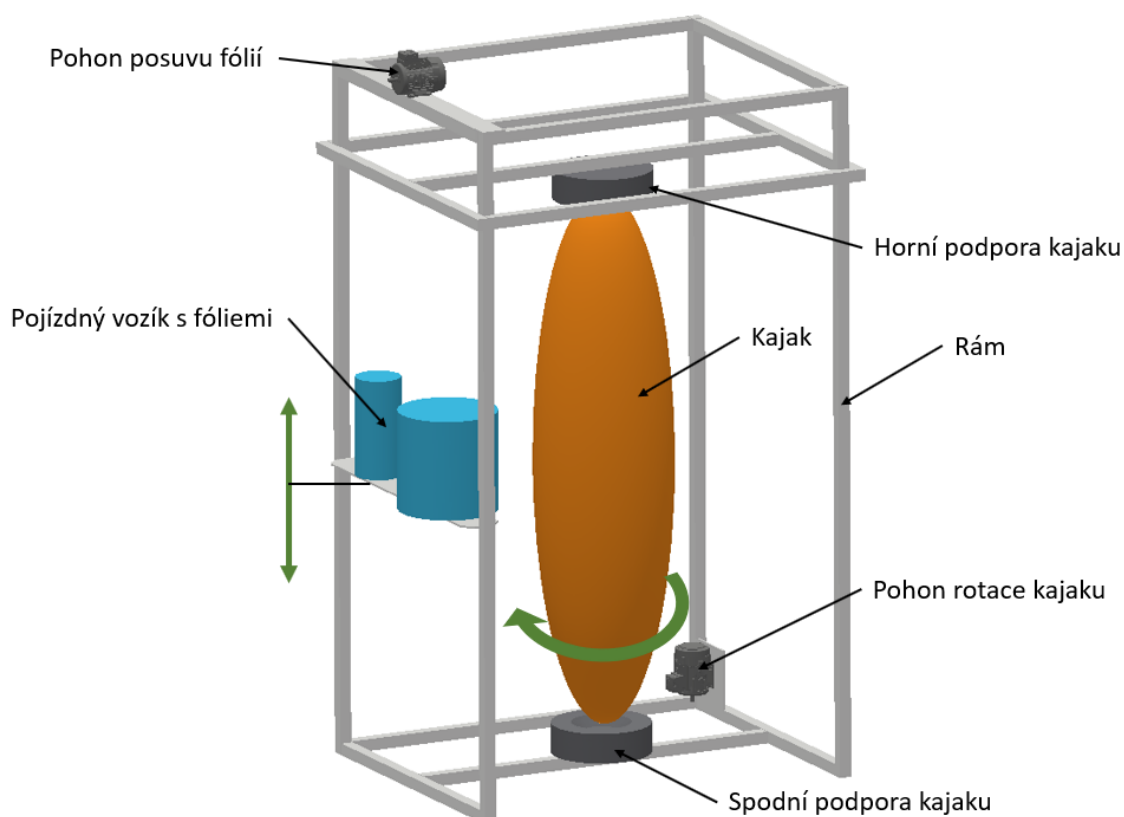
7. Ekonomické zhodnocení

Za rok se ve firmě vyrobí okolo 1000 kusů kajaků. Zabalení každého z nich vyžaduje dva pracovníky a zabere cca 10 minut. Hodinové náklady na pracovníka jsou 240 Kč. Zabalení jednoho kajaku tak vyjde na 80 Kč pouze za práci. Pokud by se díky zavedení balicího stroje do výroby podařilo zkrátit balicí čas o polovinu a eliminovat nutnost druhého pracovníka, byla by celková částka ušetřená za plat zaměstnance 60 000 Kč. Z toho vychází, že stroj za zhruba 240 000 Kč se vyplatí po čtyřech letech používání. Při zabalení 1000 lodí za rok (v průměru 4 lodě za den při 250ti pracovních dnech za rok) nejde o nijak vytěžovaný stroj s velkou produktivitou. Tomu by měla odpovídat relativně jednoduchá konstrukce, a tudíž i cena. V rámci bakalářské práce bude snaha navrhnout stroj takovým způsobem, aby jeho zkonstruování bylo proveditelné v rámci firmy, s využitím zaměstnanců a strojního vybavení, které má firma k dispozici.

8. Konstrukční část

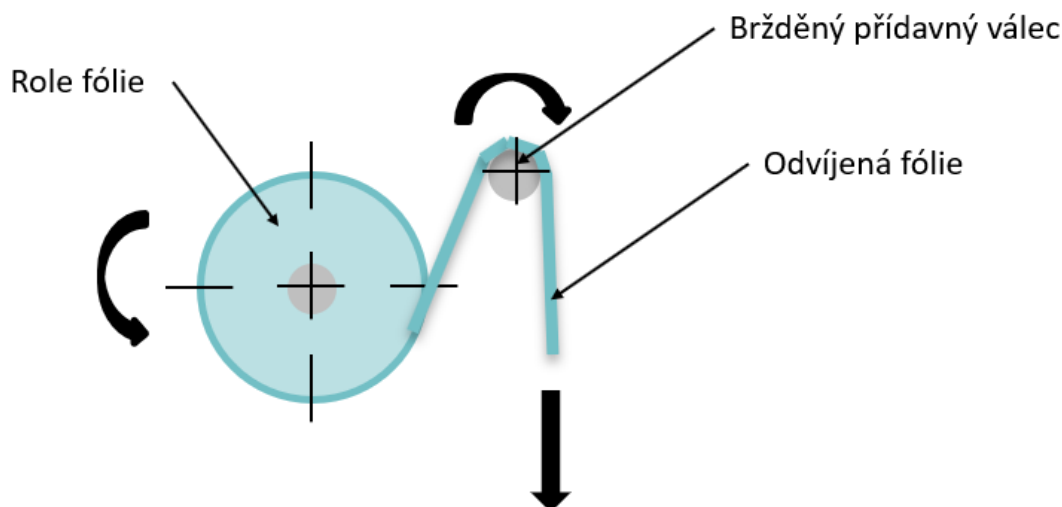
8.1 Konstrukční uzly

Na obrázku **8.1** je schematicky zobrazen balicí stroj a popsány jednotlivé části, které je potřeba navrhnut.



Obr. 8.1 – Schéma balicího stroje

Aby fólie při navíjení dobře přilnula k povrchu kajaku, je potřeba ji předepínat. Při odvíjení fólie se bude postupně zmenšovat průměr role, a tudíž se bude měnit i krouticí moment, který způsobuje její rotaci. Z tohoto důvodu není vhodné brzdit přímo odvíjenou roli, ale je výhodnější vést fólii přes přidavný rotující válec stálého průměru a brzdu připevnit k němu. Princip brždění přes přidavný válec je schematicky znázorněn na obrázku **8.2**.



Obr. 8.2 – Princip brždění přes přídatný válec.

8.2 Rám

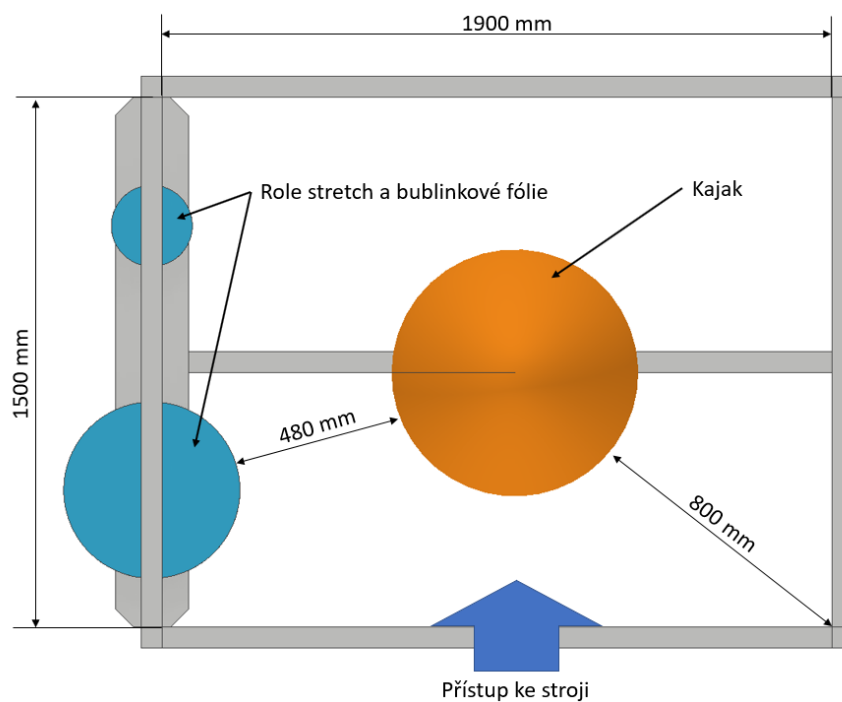
Je třeba navrhnout rám vyhovující konstrukce, který bude splňovat veškeré podmínky pro správné fungování stroje. V úvahu je nutné brát v první řadě jeho tuhost, aby byl schopen odolat silám vznikajícím při provozu. Největší síla působící na rám bude pravděpodobně vznikat od předepínání fólie a bude působit v horizontálním směru v místě posuvného vozíku. Další zatížení rámu bude vznikat od soustavy zajišťující posuv fóliových rolí ve vertikálním směru a také tendence celého stroje ke kývání, jelikož těžiště rotovaného kajaku nebude v ose rotace. Tuhost rámu můžeme kromě vhodně zvolených rozměrů a materiálu zvýšit také zavětrováním pomocí ocelových lanek nebo přivařením výztuh do rohů rámu. Vzhledem k velkým rozměrům a hmotnosti stroje vůči rotující lodi, nehrozí převržení balicího stroje, a proto není nutné jej připevňovat k podlaze či zdi výrobní haly. Ke správnému ustavení stroje a vyrovnaní případných nerovností podlahy lze použít nastavitelné nohy například firmy Haberkorn ([9]) zobrazených na obrázku **8.3**.



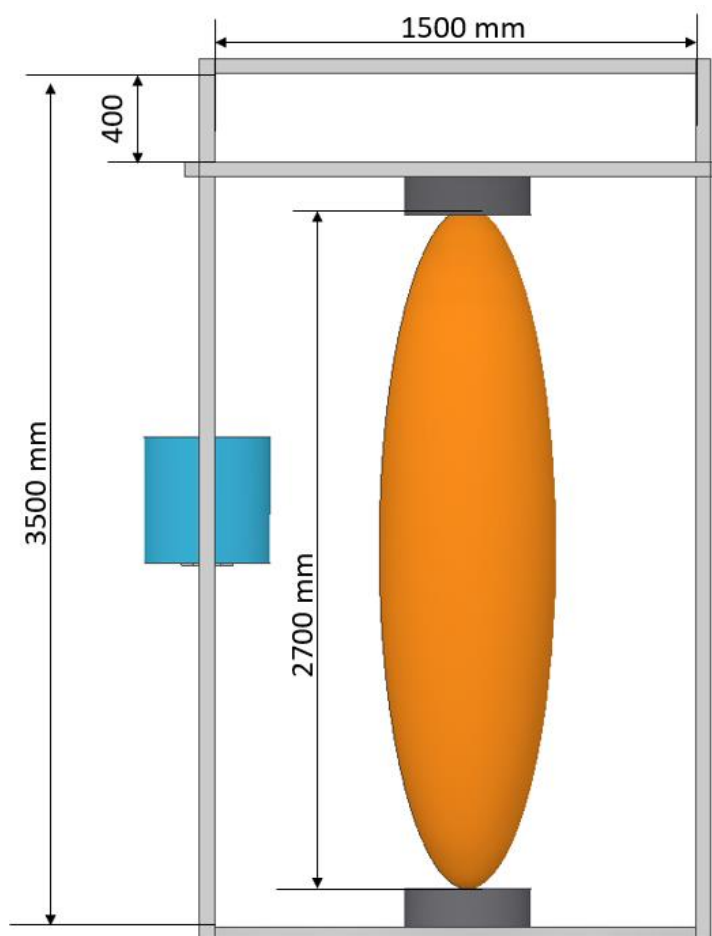
Obr. 8.3 – Strojní noha firmy Haberkorn

8.2.1 Rozměry rámu

Při volbě vnitřních rozměrů rámu 1900x1500 milimetrů vychází pracovní prostor mezi uloženým kajakem a rolemi fólií 480 mm a prostor mezi kajakem a sloupem rámu 800 mm. Tyto vzdálenosti jsou dostatečné pro pohodlný přístup a manipulaci s lodí při jejím zakládání a vyjímání ze stroje. Na výšku má rám 3500 mm. Při výšce podpor 150 mm a upnuté největší vyráběné lodi (délka 2700 mm) zůstává 400 mm pro posuv horní podpory. Rozměry jsou znázorněny na obrázcích **8.4** a **8.5**.



Obr. 8.4 – Rozměry rámu – pohled shora



Obr. 8.5 – Rozměry rámu – pohled z boku

8.2.2 Konstrukce a materiál rámu

Rámy balicích strojů bývají většinou svařeny z ocelových profilů a výztužných plechů, případně menších výztužných profilů. Druhou možností spoje jednotlivých dílů rámu je jejich sešroubování. Šroubový spoj je rozebíratelný, což je výhodné zejména u větších konstrukcí, které by smontované nebylo možné přesouvat nebo převážet.

Výhodou ocelové konstrukce je vysoká pevnost a nízká cena za normalizované profily. Nevýhodou může být hmotnost a nerozebíratelnost při použití svařovaných spojů. Příklady svařeného a šroubovaného rámu jsou vidět na obrázku **8.6**.



Obr. 8.6 - Příklad svařovaného rámu (vlevo) stroj R100 firmy FHOPEGROUP a šroubovaného rámu (vpravo) stroj P1700 firmy Borst [10]

Druhou možností je použití profilů z hliníkových slitin. Výhodou jejich použití je především nízká hmotnost. Mnoho firem nabízí takzvané stavebnicové systémy. Díky širokému portfoliu nabízených profilů a spojovacích prvků je z nich možné snadno postavit rám téměř jakéhokoli tvaru. Lze také vybírat z velkého množství příslušenství jako jsou lineární vedení, pohony, kotevní prvky, pojezdová kola, kryty a další. Největší výhodou takového řešení je možnost nakoupit většinu potřebných součástí pro stroj na jednom místě a výrobcem zaručená kompatibilita těchto součástí. Dále pak snadná

smontovatelnost a modularita.

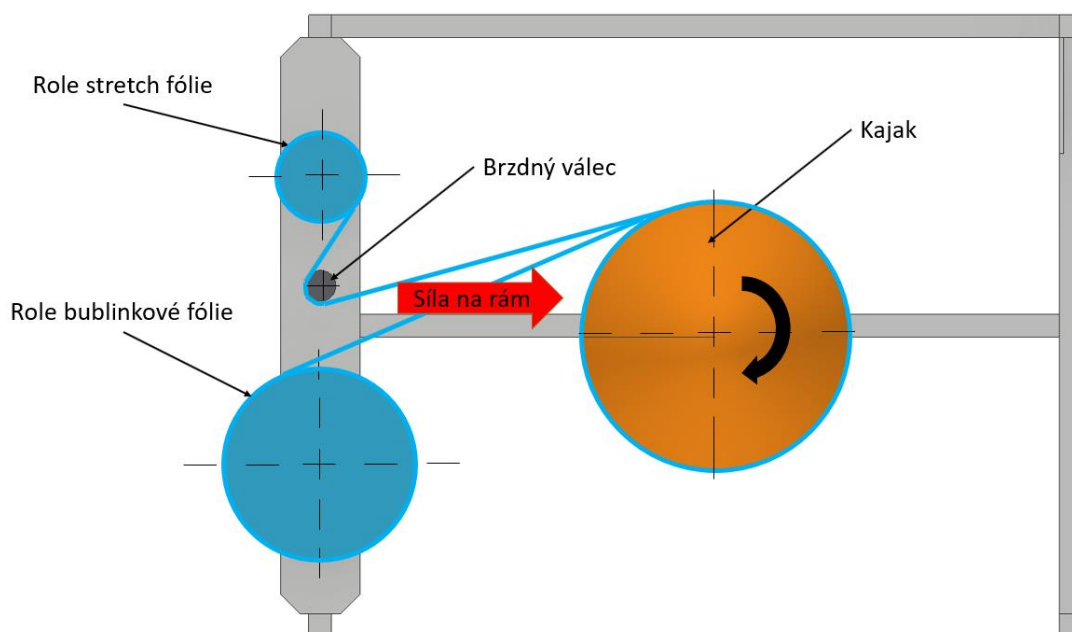
Příklad takovéto konstrukce je na obrázku 8.7.



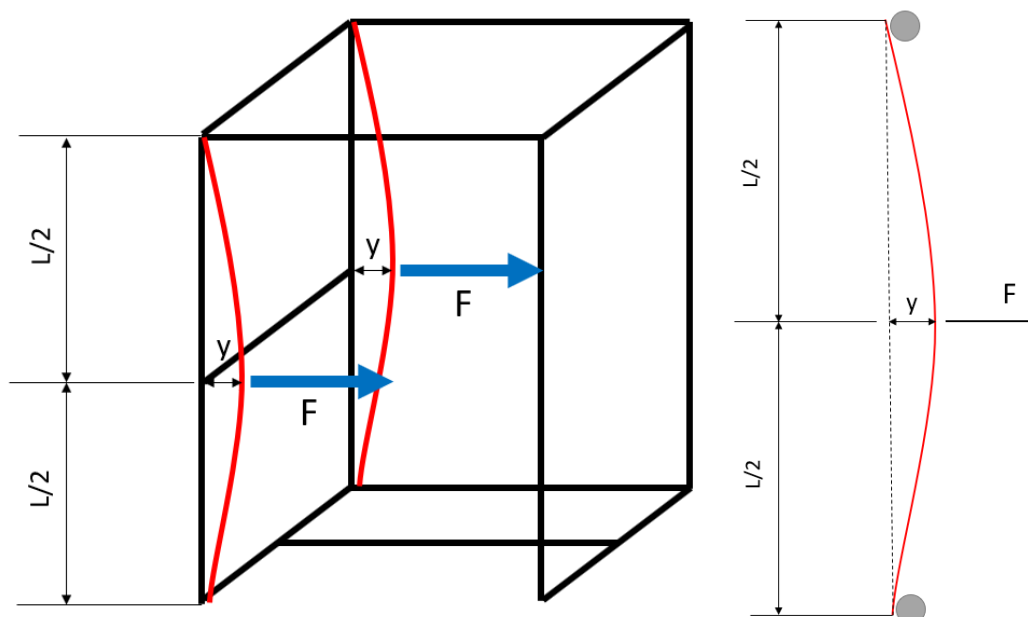
Obr. 8.7 - Příklad konstrukce ze stavebnicového systému [11]

8.2.3 Návrh profilu rámu

Největší zátěžná síla na rám bude vznikat od brždění stretch fólie a bude přitahovat posuvný vozík směrem k rotující lodi. Zobrazeno na obrázku 8.8 a 8.9.



Obr. 8.8 - Poloha zatěžující síly – pohled shora



Obr. 8.9 - Poloha zatěžující síly – zobrazení v drátovém modelu a zjednodušené schéma pro výpočet

Pro výpočet byla část rámu nahrazena nosníkem o délce L . Síla vznikající od propínání fólie byla experimentálně změřena a je rovna 100 N tudíž na každý nosník připadá zátěžná síla 50 N. Největší průhyb y bude vznikat, pokud nosník zatížíme silou F od tahu fólie přesně v polovině jeho délky $L/2$. Potom lze průhyb vypočítat podle vztahu (7.1).

$$y = \frac{F \cdot L^3}{48 \cdot E \cdot I} \quad (7.1)$$

Dané hodnoty

Zatížení jednoho nosníku	$F = 50 \text{ N}$
Délka nosníku	$L = 3500 \text{ mm}$
Modul pružnosti v tahu pro ocel	$E = 210\,000 \text{ N/mm}^2$
Modul pružnosti v tahu pro Al slitinu	$E = 70\,000 \text{ N/mm}^2$
Kvadratický moment průřezu	$I = 67780 \text{ mm}^4$ (pro profil 40x40x2)

Pro uzavřený ocelový profil čtvercového tvaru o rozměrech 40x40 mm a tloušťce stěny 2 mm (značeno 40x40x2), který má kvadratický moment průřezu 67780 mm⁴ byl výpočet proveden následovně:

$$y = \frac{50 * 3500^3}{48 * 210\,000 * 67780} = 3,14 \text{ mm}$$

Pomocí programu Microsoft Excel lze snadno dopočítat a porovnat průhyby pro různé velikosti a tloušťky profilů. V následující tabulce (tab. 8.1) je přehled vypočtených průhybů pro vybrané ocelové jekly, včetně jejich hmotnosti a ceny za metr (údaje z webových stránek firmy Kondor [12]).

označení	I [mm ⁴]	W [mm]	m [Kg/m]	Kč/m
40x40x2	67780	3.14	2.39	74
45x45x2	99090	2.15	2.7	83
50x50x2	138820	1.53	3.01	93
60x60x2	247490	0.86	3.75	108

Tab 8.1 - Přehled průhybů vybraných uzavřených ocelových profilů

Obdobné srovnání pro variantu s použitím stavebnicového systému z hliníkové slitiny (konkrétně systém Sigma od firmy LOGiMAN [13]) je uvedeno v tabulce 8.2.

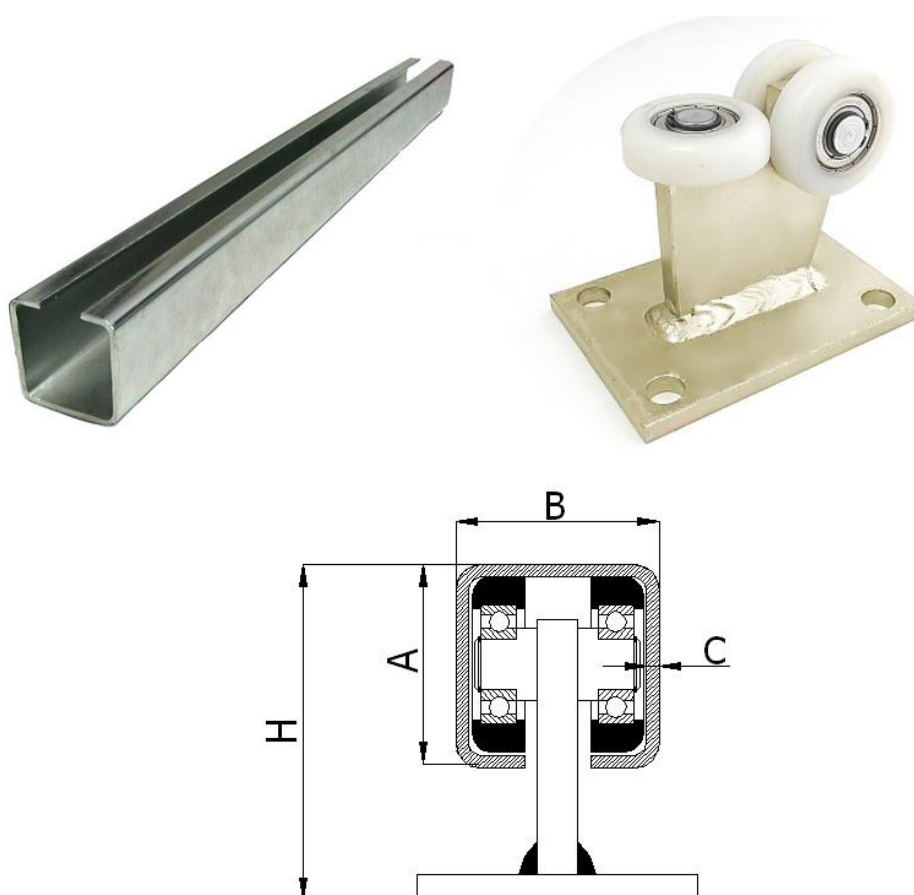
označení	I [mm ⁴]	W [mm]	m [Kg/m]	Kč/m
10 50x50 - heavy	245000	2.60	2.7	492
10 60x60	298500	2.14	2.46	421
10 80x80 heavy	1271000	0.50	4.8	809
10 80x80	880800	0.72	3.22	576

Tab 8.2 Přehled průhybů vybraných profilů z hliníkové slitiny.

U takto velkého stroje je průhyb v řádu jednotek milimetrů zanedbatelný a nebude mít vliv na jeho chod a správnou funkčnost. Jako kritérium pro výběr byl zvolen maximální průhyb do 3 mm. Z ocelových profilů tuto podmínku splňuje profil 45x45x2 s průhybem 2,15 mm. Bylo by možné volit i menší profil s větší tloušťkou. V tomto případě by to však nepřineslo žádný užitek, ale

naopak zvýšilo cenu konstrukce a její hmotnost, jelikož tuhost profilu narůstá rychleji při zvětšování délky strany než tloušťky stěny. Z profilů z hliníkových slitin je nejbližše zvolenému kritériu profil 10 50x50 heavy (číslo před vnějšími rozměry označuje velikost drážky pro šrouby, v tomto případě 10 mm). Zde je však, stejně jako u ocelových profilů, úspora rozměrů na úkor ceny a hmotnosti nevyhovující. Proto byl vybrán profil 10 60x60.

Třetí možností je využití profilů ve tvaru C (obr. 8.10), používaných pro posuvné brány. Tyto profily v kombinaci s příslušnými nosnými vozíky lze použít jako součást nosné konstrukce a zároveň lineární vedení pro vertikální posuv vozíku s fóliemi. Srovnání pro variantu z C profilů je uvedeno v tabulce 8.3.



Obr. 8.10 - C profil a nosný vozík pro posuvné brány [14]

označení	I [mm ⁴]	W [mm]	m [Kg/m]	Kč/m
60x60x3.5	371195	0.57	5	300
50x50x2.5	151623	1.40	4	266
40x40x2	58560	3.63	2.3	186

Tab 8.3 - Přehled průhybů vybraných ocelových C profilů

8.2.4 Zhodnocení a výběr varianty

Celková délka profilů potřebná pro konstrukci rámu je zhruba 30 metrů. V následující tabulce (tab. 8.4) je srovnání přibližných cen a hmotnosti pro tři různé varianty konstrukce.

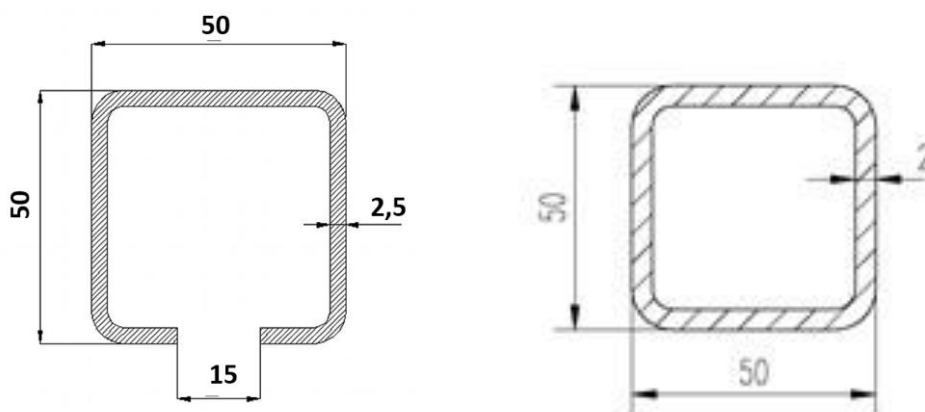
Číslo varianty	Popis	Cena [Kč]	Hmotnost [kg]
1	Stavebnicový systém	12 600	70
2	Ocelové jekly	2 500	80
3	2 C kolejnice + jekly	4 000	100

Tab. 8.4 - Srovnání přibližných cen a hmotností pro jednotlivé varianty

Zdaleka nejvyšší pořizovací cenu má varianta ze stavebnicového systému. Ta sice přináší výhody v podobě modularity a relativně snadné smontovatelnosti bez nutnosti sváření, avšak pro navrhovanou konstrukci není ani jedna z těchto předností příliš významná. U tohoto jednoduchého jednoúčelového stroje není do budoucna počítáno s přílišnými úpravami. Snadná smontovatelnost by byla výhodou hlavně ve firmě bez možnosti využití svařečky, případně při potřebě opakovaného rozebrání a složení stroje. Při poškození či ztrátě některé části ze stavebnicového systému (hrozí převážně u spojovacích částí) je nutné tuto část objednat a čekat na její doručení. U svařované ocelové konstrukce takovýto problém nenastává a v případě potřeby lze daný díl svařit nebo vyrobit za použití dílenského nářadí.

Varianta číslo 2 a 3 jsou téměř stejné, pouze s tím rozdílem, že u třetí varianty jsou dva vertikální profily nahrazeny C kolejnicemi, tudíž není nutné zvlášť pořizovat lineární vedení. Stačí zakoupit příslušné vozíky ke kolejnicím. Jejich cena je dohromady cca 1500 Kč (například prodejce ZABI [14]). Pak tedy tato varianta vyjde na necelých 6 000 Kč i s lineárním vedením, což je o polovinu méně než samotná konstrukce ze stavebnicového systému. Výhodou použití kolejnic pro bránové systémy je kromě ceny také prakticky bezúdržbový provoz. Jiná lineární vedení v takové délce (3,5 metru) jsou znatelně dražší. Větší rozměry tohoto řešení jsou spíše výhodou, jelikož zajišťují robustnost a bohatě dostačující nosnost (100 kg na jeden vozík [14]).

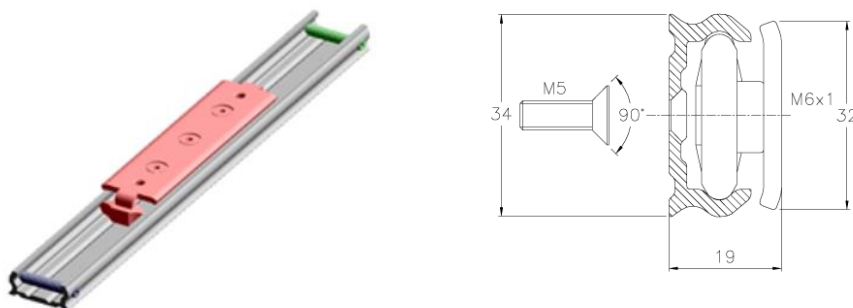
Na základě výše uvedeného srovnání byla zvolena varianta konstrukce z ocelových jeklů a dvou C profilů pro posuvné brány. Vyhovující C profily jsou o rozměrech 50x50x2,5 (viz tab. 8.3) a k nim jekly o stejných vnějších rozměrech 50x50 a tloušťky stěny 2 mm. Průřez vybraných profilů je na obrázku 8.11.



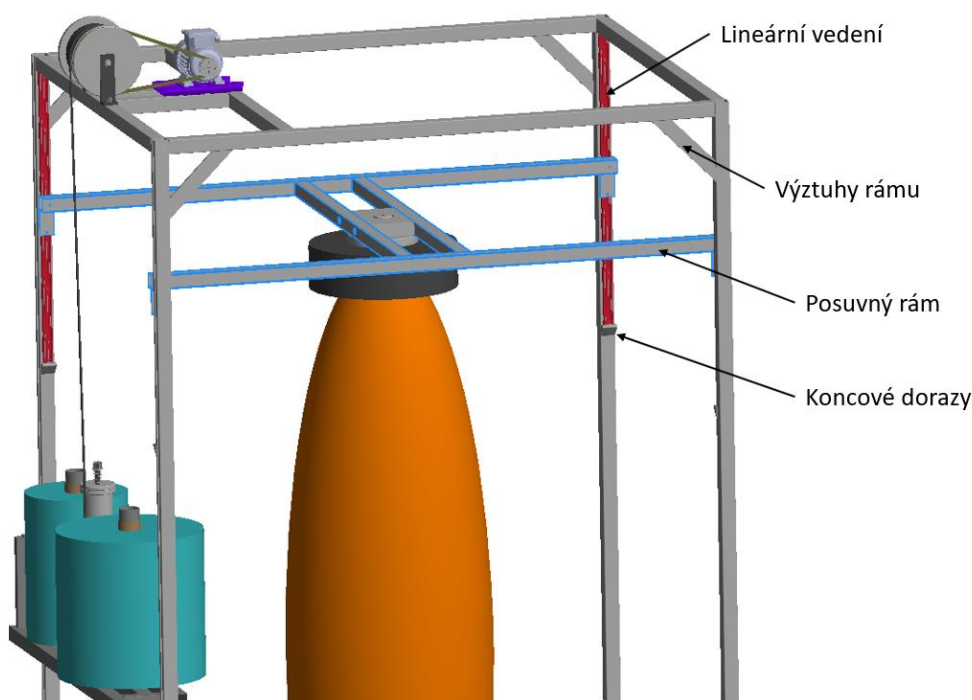
Obr. 8.11 – Průřezy vybraných profilů

8.2.5 Posuvná část rámu

Aby bylo možné požívat stroj k balení různých délek kajaků, je horní rotační podpora umístěna na pohyblivé části rámu umožňující její posuv ve vertikálním směru. Pro lineární vedení jsou požitы kladkové vozíky v kolejnicích od firmy Chambrelan [15] (obrázek 8.12). Na obrázku 8.13 je pak zobrazeno umístění lineárního vedení (zobrazeno červeně) a posuvného rámu (zobrazen modře). Konce lineárního vedení jsou ve spodní úvrati opatřeny dorazem, aby nemohlo dojít k vypadnutí posuvného rámu. Přítlak horní podpory na loď je zajištěn vlastní hmotností posuvného rámu a horní rotační podpory. V případě nedostatečného přítlaku je možné přidat k rámu přidavné závaží případně pěnové uložení podpor opatřit protiskluzovým povrchem zabraňujícím vysmeknutí lodi. Při ukládání lodi do stroje bude nejdříve usazena horní špička lodi do posuvné podpory, přizvednuta a poté usazena druhou špičkou do spodní podpory.



Obr. 8.12 – Kladkové lineární vedení



Obr. 8.13 – Umístění lineárního vedení a posuvného rámu

8.3 Pohony

U stroje je potřeba zajistit dva druhy pohybu. Zaprvé rotační pohyb kajaku a zadruhé vertikální posuvný pohyb vozíku s fóliemi. K oběma těmto pohybům se jeví jako vhodné řešení použití asynchronních elektromotorů zpřevodovaných do pomalu. Výhody použití elektromotoru jsou zejména jeho cenová dostupnost, bezúdržbový provoz a snadné použití.

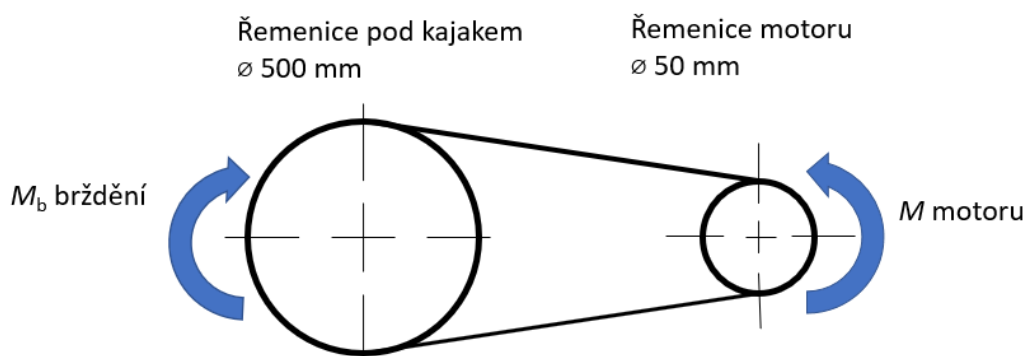
8.3.1 Rotace lodi

Aby byla docílena úspora 50 % času oproti současnému způsobu balení, je nutné kajak zabalit do pěti minut čistého času. V tom je započítán i čas, který zaměstnanec stráví přípravou stroje a vkládáním/vyjímáním lodi, případně dalšími pomocnými činnostmi. Na chod stroje je tedy počítáno s dobou maximálně 3 minuty. Maximální výška vyráběné lodi je 2700 mm, pro přehlednější výpočet však bude počítáno s výškou 3000 mm. Používané role

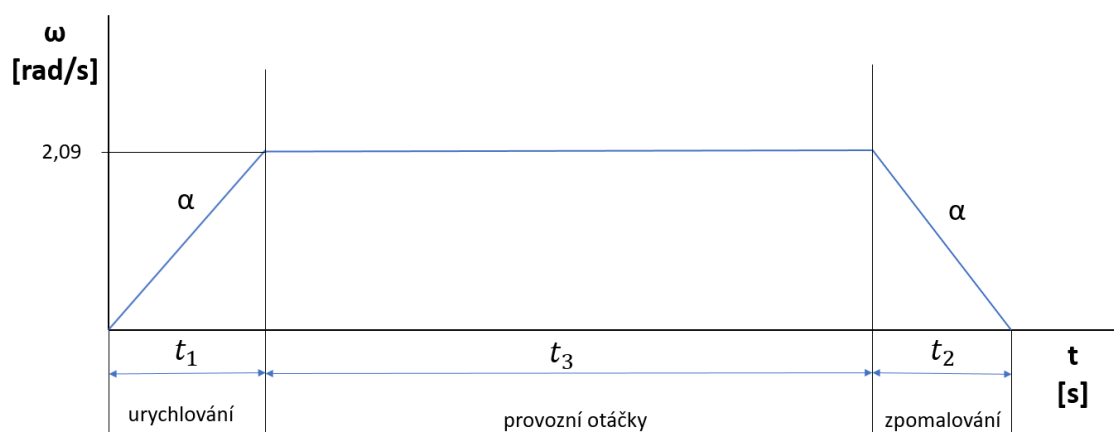
fólií jsou 500 mm široké. Překryv fólie přes sebe bude o $\frac{2}{5}$ své šířky (tzn. s každou otáčkou lodi přibude 300 mm obalené délky). Na jednu cestu fóliového vozíku od jednoho konce lodi k druhému bude tedy potřeba 10 otáček. Na zabalení lodi je potřeba alespoň 4 celých cest vozíku (2 cesty bublinkové + stretch fólie a 2 cesty samotné stretch fólie pro zpevnění). Výsledkem je tedy celkem 40 otáček pro zabalení lodi. Vydělením maximálního celkového času chodu stroje 180 sekund počtem otáček pro zabalení vyjde maximální doba trvání jedné otáčky $180 / 40 = 4,5$ sekundy. To odpovídá třinácti otáčkám za minutu. Z druhé strany jsou otáčky omezeny zejména bezpečností. Se zvyšujícími se otáčkami roste například riziko vypadnutí lodě ze stroje. Zvolené otáčky lodě jsou 20 otáček za minutu.

Moment setrvačnosti lodě byl určen pro velikostně odpovídající elipsoid o stejné hmotnosti jako kajak. Moment od brždění fólie byl vypočten vynásobením tažné síly fólie největším poloměrem kajaku.

Motor pro rotaci lodi bude umístěn v pravé dolní části rámu. Jeho výkon bude přenášen na spodní podporu kajaku pomocí klínového řemene. Výhodou řemenového převodu oproti řetězovému převodu je tišší provoz, nižší nároky na údržbu a cena. Schéma převodu a zatížení je na obrázku 8.14. Na obrázku 8.15 je pracovní diagram pohonu rotace.



Obr. 8.14 – Schéma převodu pomocí klínového řemenu



Obr. 8.15 – Diagram pohonu rotace

Dané hodnoty

Úhlová rychlost	$\omega = 2,09 \text{ rad/s}$
Moment setrvačnosti lodi	$J = 9,61 \text{ N}\cdot\text{m}^2$
Moment od brždění fólie	$M_b = 35 \text{ N}\cdot\text{m}$

Zvolené hodnoty

Doba rozjezdu a brždění	$t_1 = t_2 = 3 \text{ s}$
Převodový poměr řemene	$p = 500/63 = 7,9$

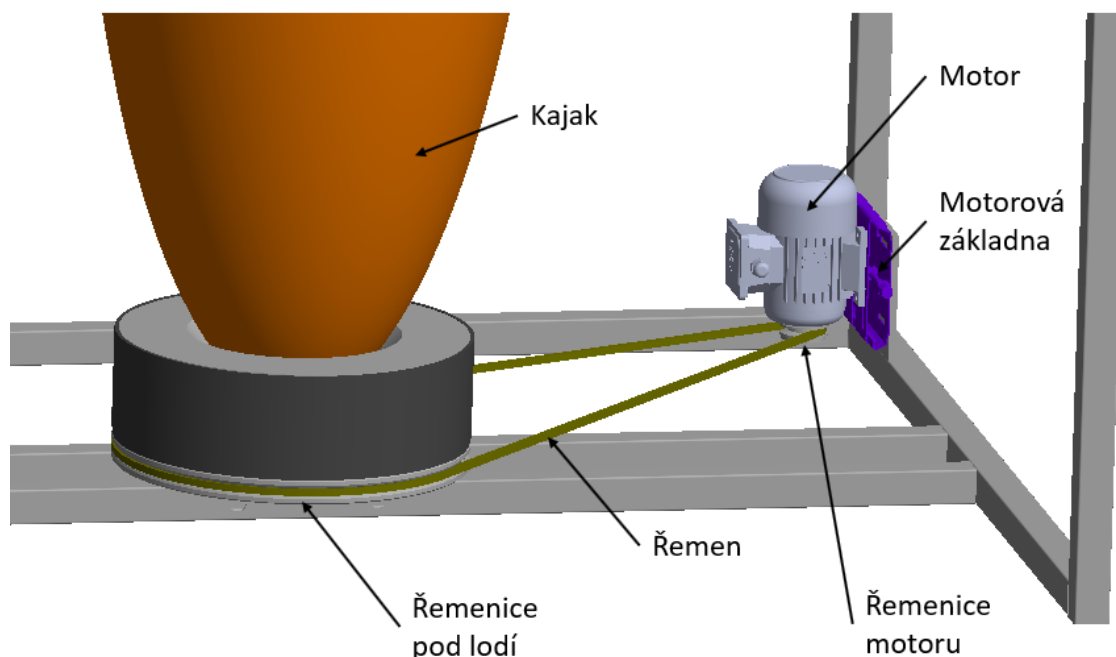
$$\alpha = \frac{\omega}{t_{1,2}} = \frac{2,09}{3} = 0,7 \text{ rad/s}^2 \quad (8.2)$$

$$M = \frac{J \cdot \alpha}{p} = \frac{9,61 \cdot 0,7}{7,9} = 0,85 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (8.3)$$

$$M_c = M + M_b = 0,85 + 35 = 35,85 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (8.4)$$

$$P = M_c \cdot \omega = 35,85 \cdot 2,09 = 74,9 \text{ W} \quad (8.5)$$

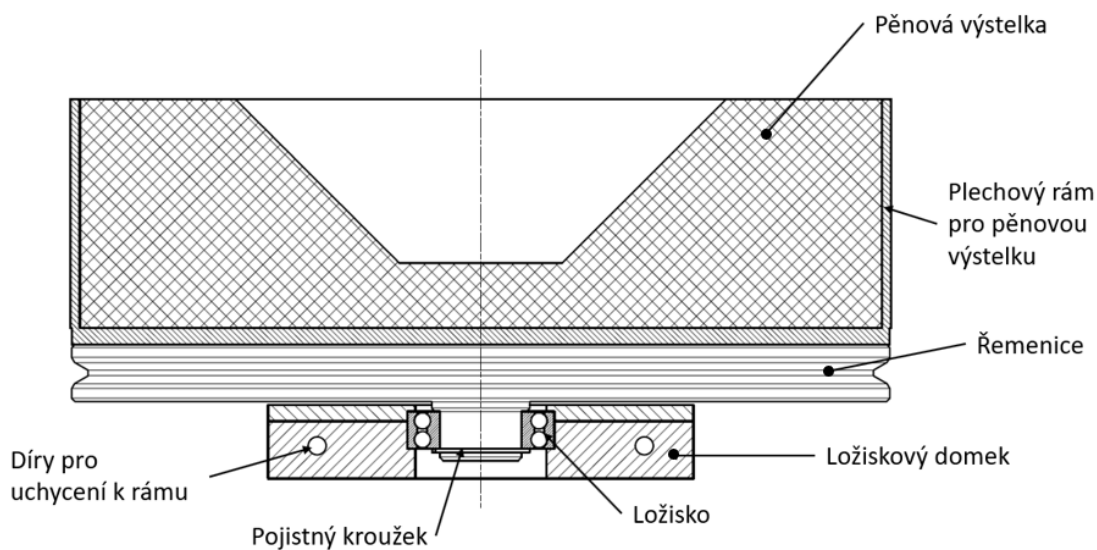
Minimální potřebný výkon motoru pro pohon rotace kajaku vychází při zvolených parametrech 75 W. Byl zvolen třífázový asynchronní elektromotor s výkonem 0,12 kW. Na obrázku **8.16** je znázorněno umístění motoru a řemenový převod. Řemen je třeba napínat, proto je motor umístěn na posuvné motorové základně (typ SM firmy Haberkorn [16]), která umožňuje posuv motoru v horizontálním směru do zadní části stroje.



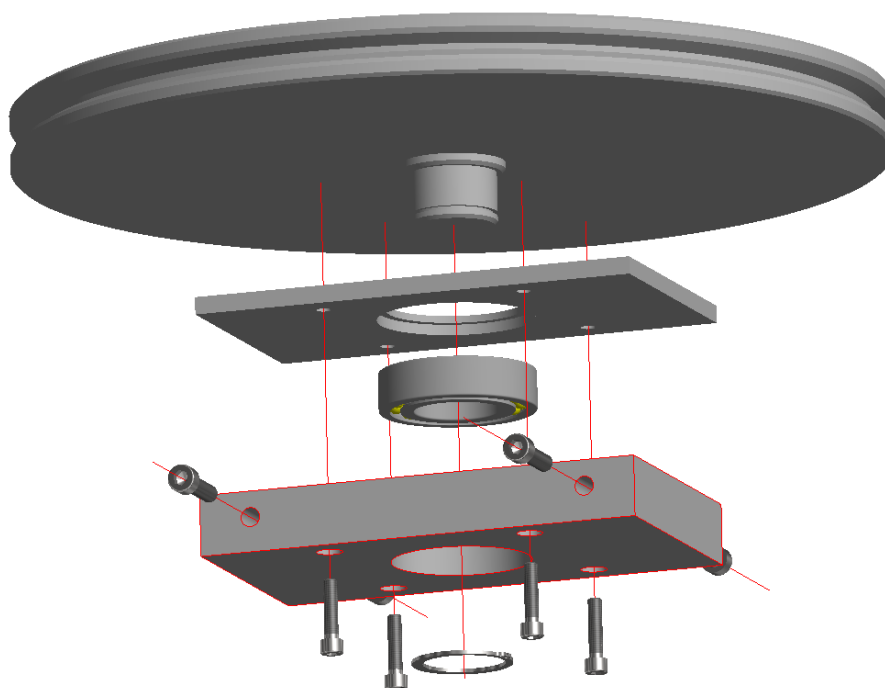
Obr. 8.16 – Umístění motoru a řemenový převod

8.3.2 Spodní a horní podpora kajaku

Spodní rotační podpora se skládá z plechového rámu s pěnovou výstelkou pro usazení lodi. Výstelka je zhotovena z tuhé pěny používané ve firmě k výrobě sedaček a nožních opěrek do lodí. Rám je přišroubován k řemenici usazené ve dvouřadém ložisku s kosoúhlým stykem (SKF 4210 ATN9 [17]) s vnitřním průměrem 50 mm. Ložisko je proti axiálnímu posuvu zajištěno pojistným kroužkem. Řez spodním uložením je zobrazen na obrázku 8.17 a na obrázku 8.18 je uložení zobrazeno ve 3D.

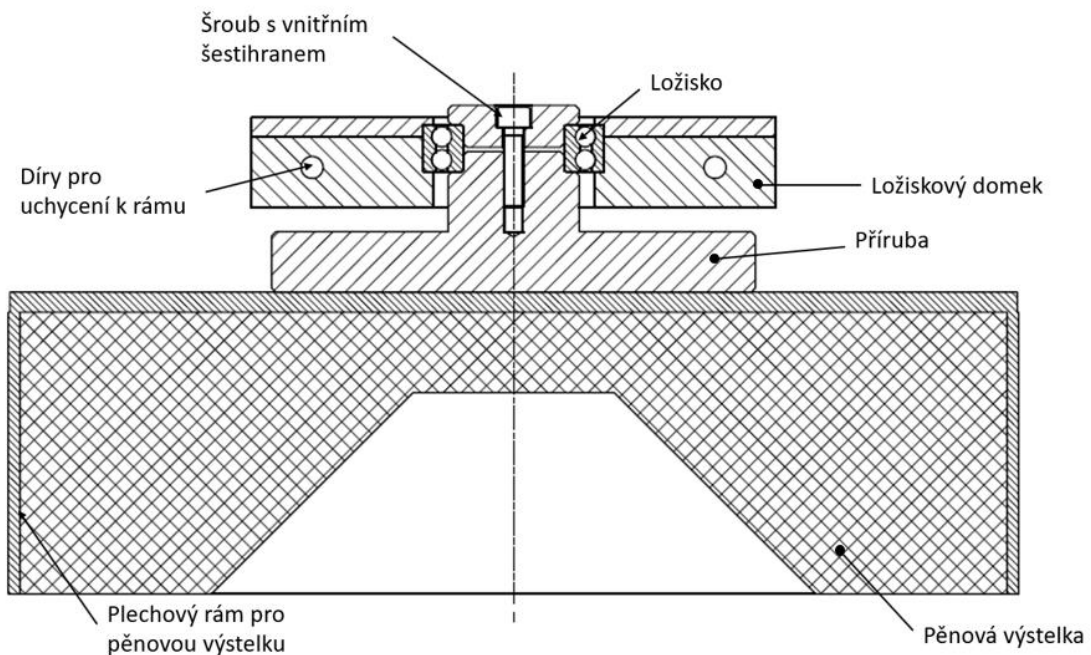


Obr. 8.17 – Řez spodním uložením



Obr. 8.18 – 3D zobrazení spodního uložení

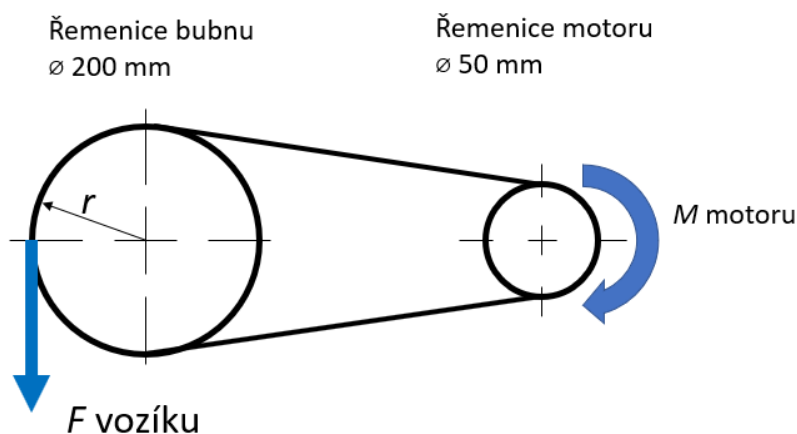
Horní rotační podpora je řešena velice podobně jako spodní. Řemenice je zde nahrazena jednoduchou přírubou a axiální pojištění ložiska je zde zajištěno pomocí šroubu s vnitřním šestihranem kvůli většímu zatížení od gravitace. Řez horním uložením je na obrázku **8.19**.



Obr. 8.19 – Řez horním uložením

8.3.3 Posuv fóliového vozíku

Rychlost posuvu vozíku je přímo spjata s rychlostí rotace lodi, jelikož na každou její otáčku potřebujeme dosáhnout posuvu fólií o 300 mm. Při zvolení rychlosti otáčení 20 otáček za minutu bude potřebná rychlost posuvu fólií 6 metrů za minutu. Posuv bude zajišťovat buben na který bude navijeno ocelové lanko spojené s fóliovým vozíkem. Rotaci zajistí elektromotor spojený s bubnem klínovým řemenem s převodovým poměrem 4:1. Další možností řešení posuvu vozíku by bylo například použití šroubového pohonu nebo ozubeného hřebenu. Obě tyto varianty jsou však násobně dražší a nepřinášejí pro navrhovaný stroj žádné výrazné výhody. Schéma převodu a zatížení je na obrázku **8.20**.



Obr. 8.20 – Schéma převodu pomocí klínového řemenu

Dané hodnoty

Rychlost posuvu	$v = 0,1$ m/s
Síla od vozíku s fóliemi	$F = 400$ N

Zvolené hodnoty

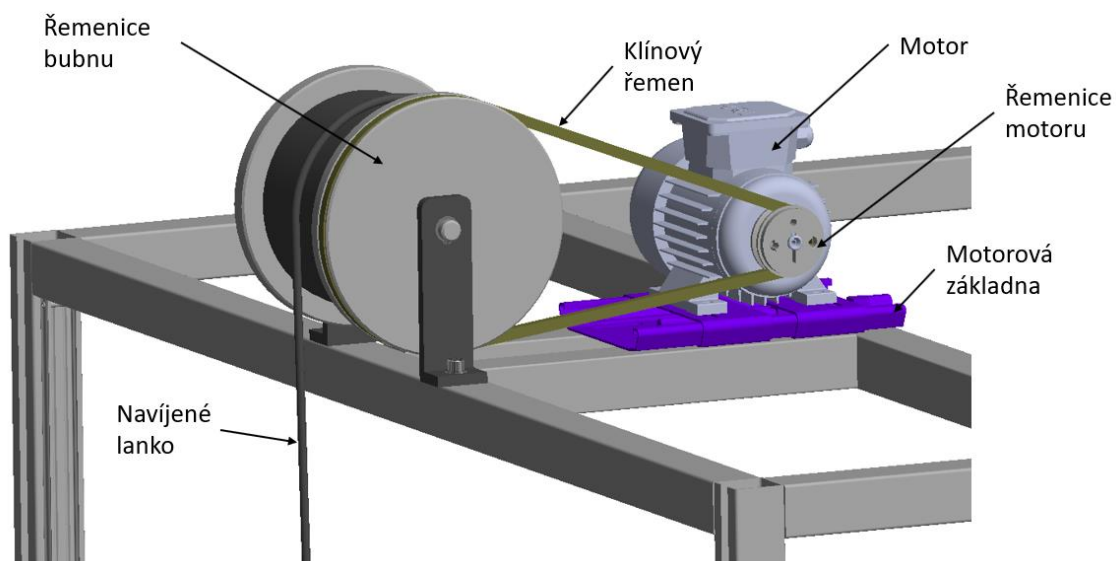
Poloměr bubnu	$r = 0,1$ m
Převodový poměr	$p = 4$

$$M = F \cdot r = 400 \cdot 0,1 = 40 \text{ N} \cdot \text{m} \quad (8.6)$$

$$\omega = \frac{v}{r} = \frac{0,1}{0,1} = 1 \text{ rad/s} \quad (8.7)$$

$$P = \frac{M \cdot \omega}{p} = \frac{40 \cdot 1}{4} = 10 \text{ W} \quad (8.8)$$

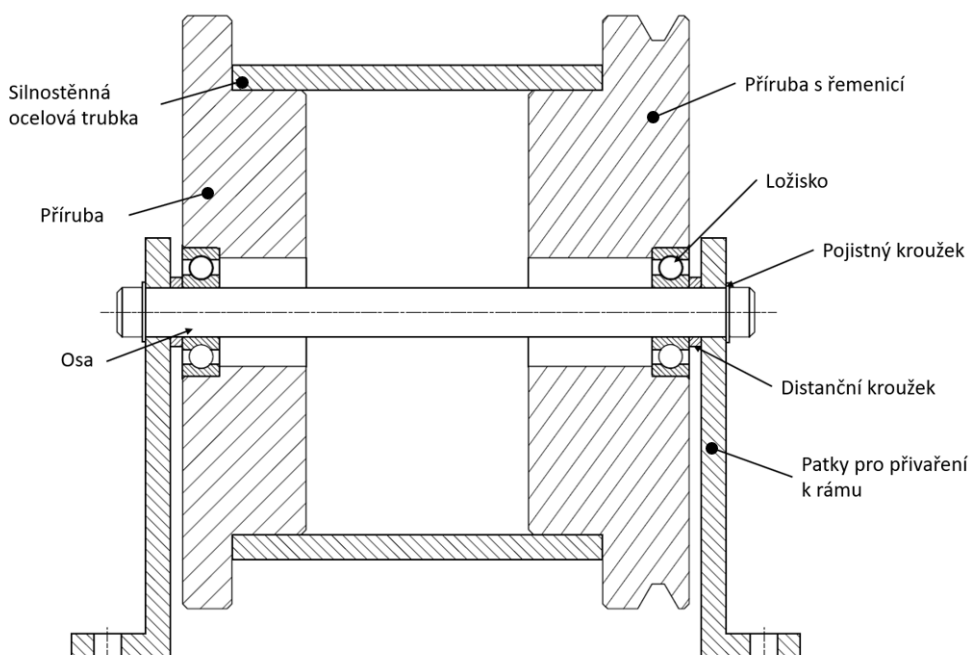
Minimální potřebný výkon motoru pro pohon posuvu vozíku s fóliemi vychází při použití bubnu s průměrem 100 mm na 10 W. Byl zvolen třífázový asynchronní elektromotor s výkonem 0,09 kW. Na obrázku 8.21 je znázorněno umístění motoru a jeho spojení s bubnem pro navíjení lanka spojeného s fóliovým vozíkem.



Obr. 8.21 – Umístění motoru a řemenový převod

8.3.4 Buben pro navíjení lanka

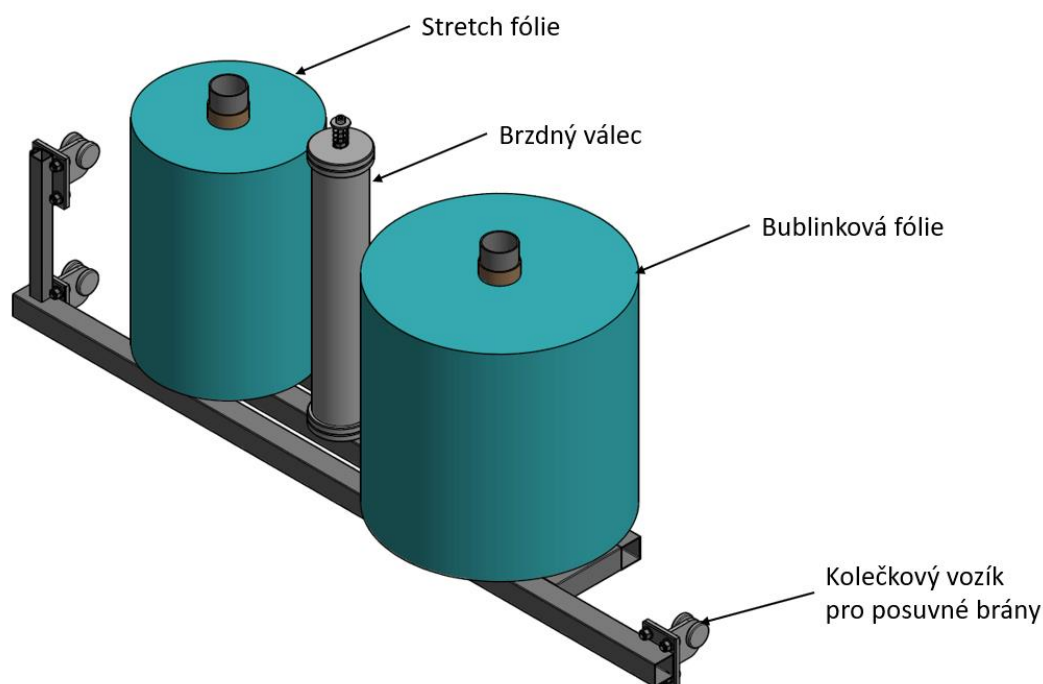
Buben je tvořen silnostěnnou ocelovou trubicou sevřenou mezi dvěma přírubami. Příruby jsou přes ložiska rotačně uloženy na ose, axiálně zajištěné pojistnými kroužky. K rámu je buben přišroubován pomocí ocelových patek. Ocelové lanko je k bubnu uchyceno pomocí lanové svorky a očnice přišroubované k přírubě bubnu. Řez bubnem je na obrázku 8.22.



Obr. 8.22 – Řez bubnem

8.4 Fóliový vozík

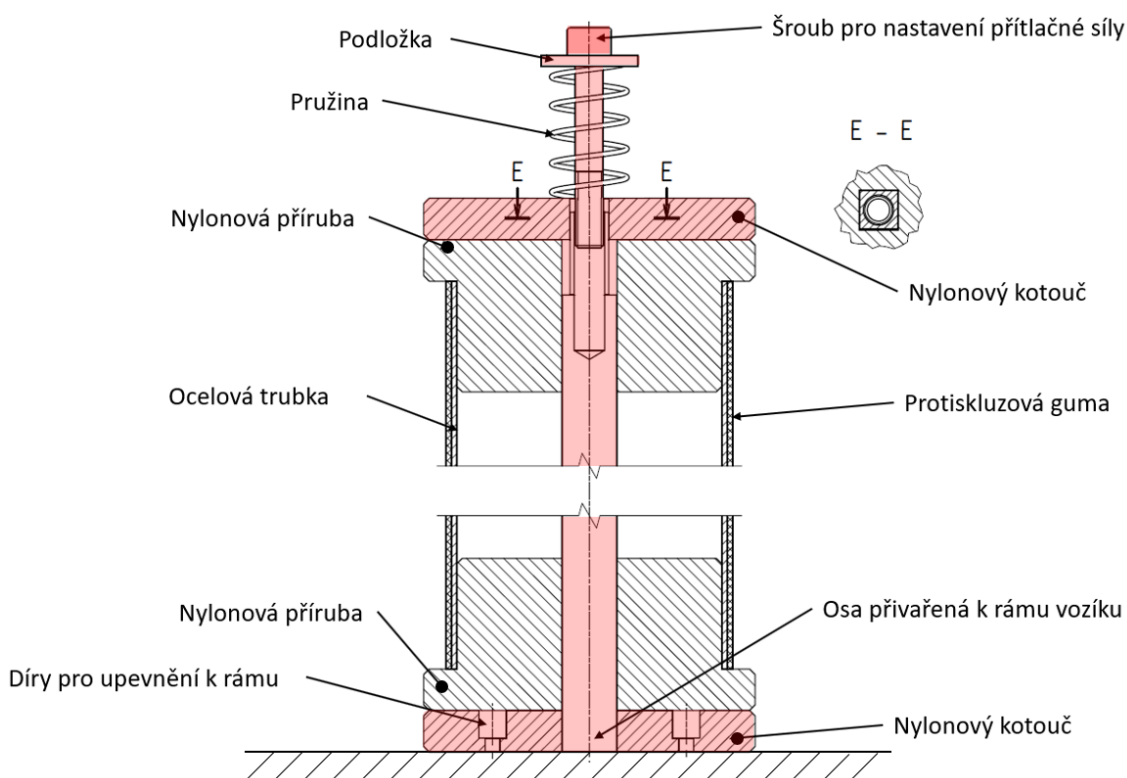
Vozík je svařenec z jeklů použitých pro konstrukci rámu (50x50x2 mm). Posuv umožňují pojezdy pro výsuvné brány umístěné v C profilech rámu (již zobrazeno na obrázku **8.10**). Jsou použity tři kolečkové vozíky, aby bylo zamezeno naklápění fóliového vozíku vlivem napínání fólie. Fóliový vozík slouží k vertikálnímu posuvu rolí bublinkové a stretch fólie. Pohyb zajišťuje elektromotor s bubnem navíjejícím ocelové lanko spojené s fóliovým vozíkem. Součástí vozíku je i brzdný válec pro zajištění napínání fólie při ovíjení lodi. Fólie jsou dodávány navinuté na papírových tubusech. Na vozík budou uloženy nasunutím na ocelové trubky svařené s rámem vozíku. Tření mezi papírovým tubusem a ocelovou konstrukcí rámu vozíku zajistí, že role nebudou moci samovolně pokračovat v rotaci po zastavení rotace lodi. Pozice částí vozíku je zobrazena na obrázku **8.23**.



Obr. 8.23 – Pozice jednotlivých částí vozíku

8.5 Brzdný válec

Brzdný válec zajišťuje konstantní propínání fólie bržděním jejího odvinu z role proti navíjení na rotující kajak. Je tvořen ocelovou trubkou obalenou protiskluzovou pryží, sevřenou mezi dvěma nylonovými přírubami. Příruby jsou přitlačovány proti nylonovým kotoučům uchyceným šrouby k rámu vozíku. Brzdný moment je vyvolán třením mezi nylonovými díly. Nastavení síly přitlačení je zajištěno utahováním, respektive povolováním šroubu stlačujícího k sobě nylonové díly přes tlačnou pružinu. Jelikož síla napínání fólie $F_f = 100 \text{ N}$ a koeficient tření nylonu $f = 0,25$, bude síla pružiny potřebná pro brždění $F_p = F_f / f = 100 / 0,25 = 400 \text{ N}$. Řez brzdným válcem je na obrázku 8.24. Červenou barvou jsou vyznačeny nerotující části.



Obr. 8.24 – Řez brzdným válcem

8.6 Konce kajaku

Jelikož jsou při balení špičky kajaku uloženy v pěnových podporách, není možné kajak ovinout fóliemi až do konců. Z tohoto důvodu budou před vložením kajaku do balicího stroje na špičky nasezeny pěnové „čepice“. Čepice budou ručně přivinuty úzkým pruhem stretch fólie, aby se neuvolnily během ukládání kajaku do stroje. Při balení ve stroji dojde k jejich převinutí a tím k pevnému spojení s kajakem. Čepice budou vyrobeny z odřezků pěny, vzniklých při výrobě pěnových sedaček a opěrek do kajaků, které by jinak již nebyly ve firmě využity.

9. Ovládání a obsluha stroje

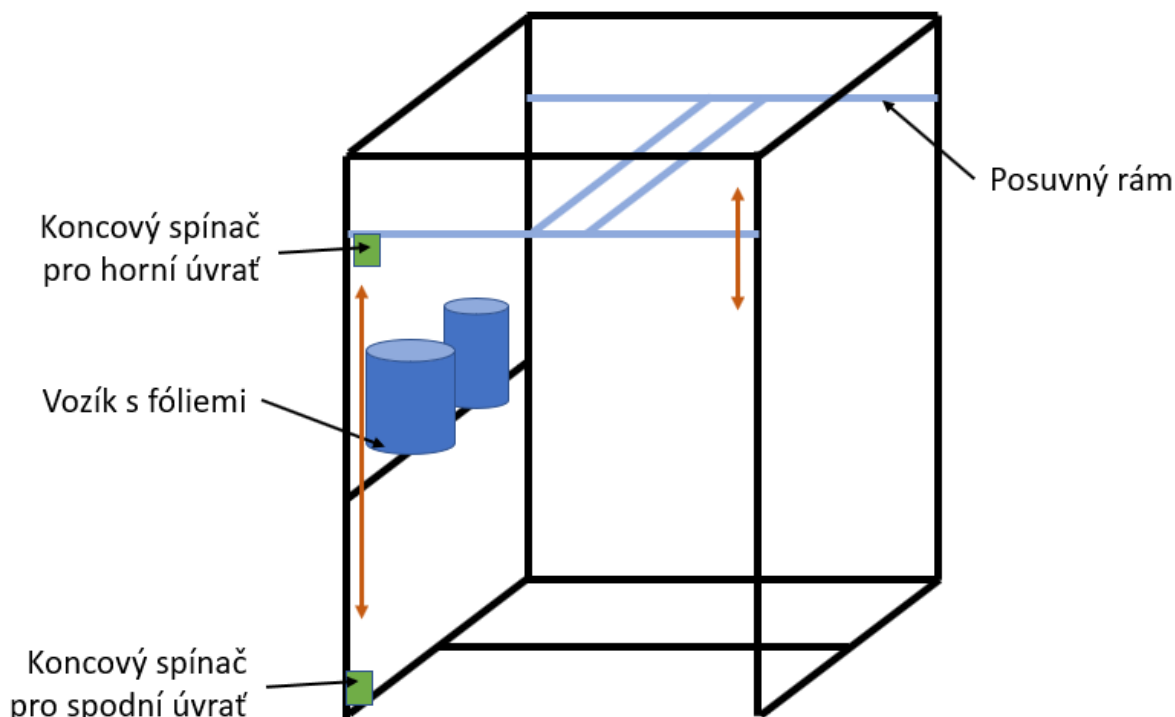
Ovládání balicího stroje bude zajišťovat programovatelný logický automat (PLC) na základě signálů z koncových spínačů a dalších čidel.

9.1 Motory

K řízení motorů budou použity frekvenční měniče, díky kterým je možné jednoduše ovládat směr rotace a rychlost otáček motorů. Tato vlastnost je výhodná například pro postupné zrychlování rotace lodi při roztáčení z klidové polohy, čímž bude docíleno plynulého rozjezdu bez rázů. Další výhodou použití měničů řízených pomocí PLC je možnost v budoucnu kdykoli snadno změnit parametry cyklu motorů jako je doba a rychlost rotace a doba rozjezdu.

9.2 Spínače a čidla

Spínače a čidla zajišťují zpětnou vazbu a podávají informace o stavu stroje. Pro získání informace o poloze fóliového vozíku je třeba stroj opatřit dvěma koncovými spínači (například MEP1G31Z firmy Panasonic [18]). Koncový spínač pro spodní úvrať fóliového vozíku je připevněn k hlavnímu rámu stroje. Spínač pro horní úvrať je připevněn k posuvnému rámu. Díky tomu se automaticky posouvá poloha horní úvrati podle velikosti lodi uložené do stroje. Umístění koncových spínačů je znázorněno na obrázku **9.1**.



Obr. 9.1 – Schematické znázornění polohy koncových spínačů.

Bylo by vhodné opatřit stroj také čidlem pro kontrolu přítomnosti fólie, aby mohl být stroj automaticky zastaven v okamžiku, kdy dojde ke spotřebování role fólie a bude nutná její výměna obsluhou.

9.3 Pracovní cyklus

- 1) Obsluha připraví volné konce odmotávaných fólií (bublinkové a stretch fólie) na spodní rotační podporu. Poté založí kajak do stroje. Nejdříve horní špičku lodi usadí do horní posuvné podpory, čímž dojde k jejímu nadzvednutí, následně uloží spodní špičku na připravené fólie ve spodní podpoře. Cca 30 sekund.
- 2) Zapnutí stroje. Jako první se spustí rotace lodi a začne docházet k navinování fólií. Cca 10 sekund.



- 3) Po dvou celých otáčkách lodi je spuštěn pohon posuvu vozíku s fóliemi, který byl doposud ve spodní úvrati. Jeho rychlost posuvu je svázána s rychlostí rotace lodi, aby docházelo ke konstantnímu překryvu navíjených fólií. Vozík dojede do horní úvrati. Cca 30 sekund.
- 4) Při aktivaci horního koncového spínače dojde k otočení směru pohybu vozíku a ten sjede opět do dolní úvrati. Cca 30 sekund.
- 5) V dolní úvrati je stroj zastaven a obsluha odstřihne bublinkovou fólii. Dále stroj pokračuje v ovinování pouze stretch fólií. Cca 10 sekund.
- 6) Fóliový vozík opět vykoná cestu k horní úvrati a zpět. Cca 60 sekund.
- 7) V dolní úvrati je obsluhou odstřižena stretch fólie a kajak vyjmut ze stroje. Cca 20 sekund.

Celková odhadovaná doba pracovního cyklu je zhruba 190 sekund. Je tudíž splněn požadavek na možnost zabalení kajaku do pěti minut.

10. Bezpečnostní prvky

Aby stroj vyhověl bezpečnostním požadavkům a mohl být uveden do provozu, musí být vybaven prvky zajišťujícími jeho bezpečný provoz. Je nutné eliminovat veškerá potenciální bezpečnostní rizika, aby nemohlo dojít ke zranění obsluhy ani jiné osoby pohybující se v okolí stroje. Většinu bezpečnostních rizik eliminujeme znemožněním přístupu k pohyblivým částem stroje při jeho chodu. Toho nejsnáze dosáhneme zakrytváním. Levá část stroje, ve které se pohybuje vozík s fóliemi bude obestavěna pletivovou klecí. Přední část stroje, kudy se vkládá kajak, bude hrazena světelnými závory, které v případě narušení prostoru okamžitě zastaví chod stroje. Spodní část, ve které se nachází motor a řemenový převod pro rotaci kajaku, je potřeba taktéž bezpečně oddělit od pracovního prostoru. Například použitím kovového nášlapného roštu. Pro pohon posuvu vozíku bude použit motor s integrovanou elektromagnetickou brzdou. Při výpadku elektrického proudu tato brzda okamžitě zastaví motor, aby nemohlo dojít k pádu vozíku. Lanko pro navíjení bude zdvojeno, aby v případě jeho přetržení nedošlo taktéž k pádu vozíku. Dosedací plocha pod fóliovým vozíkem bude vybavena pryžovým dorazem pro minimalizaci případných rázů. Stroj je nutné vybavit bezpečnostním značením a jeho obsluhu smí provádět pouze zaškolený personál.

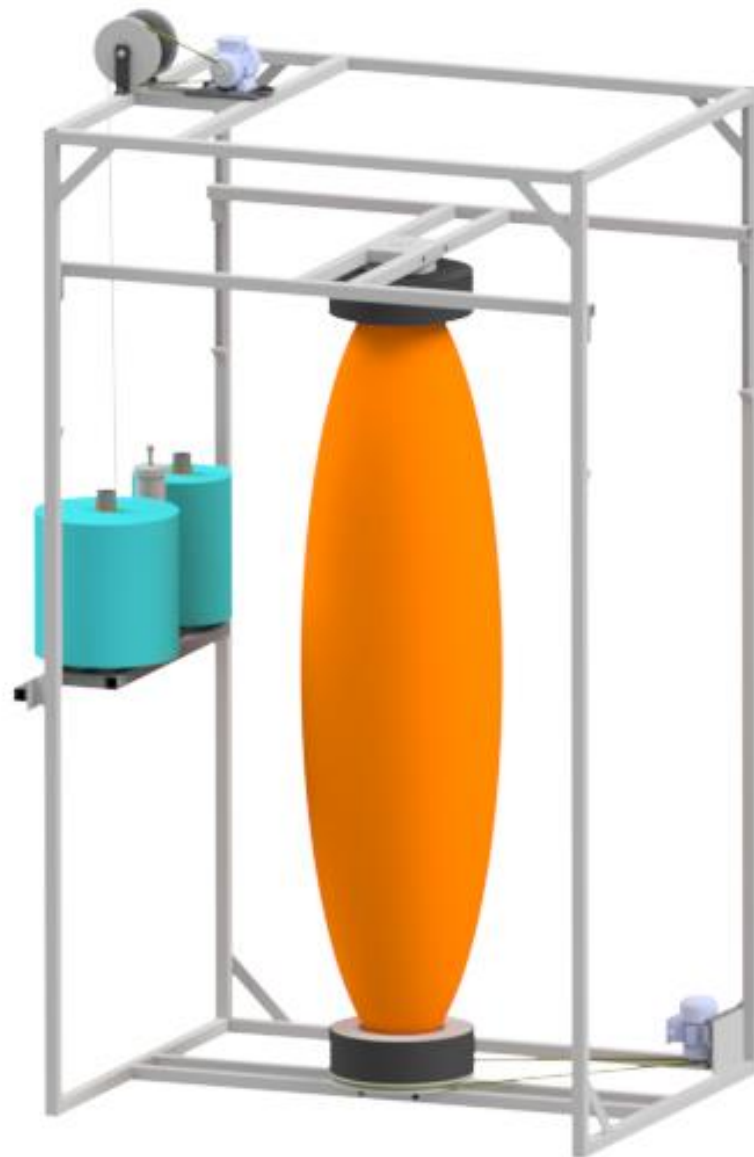
11. Závěr

Cílem této bakalářské práce je navrhnout konstrukční řešení stroje pro ovinování plastových kajaků, který by nahradil dosavadní ruční způsob balení. Zařazení takového stroje do provozu firmy sníží na polovinu časovou náročnost balicího procesu a ušetří práci jednoho zaměstnance. Tímto se výrazně sníží finanční náklady spojené s procesem balení. Za rok je ve firmě zabaleno zhruba tisíc kusů kajaků, tudíž se nejedná o nijak zvlášť vytížený stroj a hlavním výběrovým kritériem při volbě konstrukce je nízká cena.

V rešeršní části je nejprve popsán proces a současný stav výroby kajaků a dále pak manipulace s vyrobeným kajakem. Druhá část rešerše je věnována již existujícím balicím strojům různých konstrukcí. Z nich byla vybrána varianta stroje kde hlavní rotační pohyb koná balený objekt a vedle něj je posouván vozík s fóliemi. Rešerše je zakončena ekonomickým zhodnocením stroje a principem brždění fólií.

V navazující kapitole je stroj rozdělen na několik částí a pro tyto zvoleno vyhovující konstrukční řešení. Pro rám byla zvolena konstrukce z ocelových profilů s čtvercovým průřezem 50x50x2 mm a dva C profily pro pojízdné brány, které zároveň slouží jako lineární vedení pro vozík s fóliemi. Podpory pro uložení kajaku jsou zhotoveny z plechové klece s pěnovou výstelkou rotačně uložené v ložiskových domcích přišroubovaných k rámu. Jako pohon pro rotaci kajaku a posuv vozíku s fóliemi byly navrženy asynchronní elektromotory s potřebným výkonem. Krouticí moment z motoru je převáděn pomocí klínového řemenu. Vozík s fóliemi byl navržen ze stejných čtvercových profilů jako rám stroje. Součástí vozíku je také brzdový válec pro dosažení konstantní napjatosti fólie při ovíjení kajaku. Díky tomu docílíme lepšího přilnutí fólií k povrchu balené lodi. Sílu brždění válce, a tudíž i propnutí fólie lze dle potřeby snadno nastavovat. Na závěr bylo navrženo automatické řízení stroje za pomoci koncových spínačů, kontrolních čidel a frekvenčních měničů zapojených do jednotky PLC. Součástí návrhu stroje je také zajištění bezpečného provozu za použití zakrytování a optických závor.

Zařazení stroje do procesu výroby by mělo zrychlit a zefektivnit proces balení, a tudíž ušetřit finanční prostředky. Stoj je zobrazen na obrázku 11.1.



Obr. 11.1 – Navržený balicí stroj

Seznamy

Seznam použité literatury

- [1] Železný | canoes & kayaks company [online]. Copyright © honzapunk [cit. 16.02.2019]. Dostupné z: <https://www.zelezny.cz/>
- [2] Rotational Moulding. The UK's Leading Plastic Trade Association [online]. Copyright © Copyright British Plastics Federation 2019 [cit. 16.02.2019]. Dostupné z: https://www.bpf.co.uk/plastipedia/processes/rotational_moulding.aspx
- [3] Zet kayaks | Home [online]. Copyright © 2012 [cit. 16.02.2019]. Dostupné z: <http://www.zet-kayaks.com/en/>
- [4] Extreme Canoe Slalom | ICF - Planet Canoe. Home | ICF - Planet Canoe [online] [cit. 16.02.2019]. Dostupné z: <https://www.canoeicf.com/discipline/extreme-canoe-slalom>
- [5] Semiauto rotary arm stretch wrapper/Rotary arm pallet wrapper. Packaging Solutions - Packaging Machines Manufacturer in China | FhopePack [online]. Copyright © [cit. 07.02.2019]. Dostupné z: <https://www.fhopepack.com/Rotary-arm-wrapping-machine/Semiauto-rotary-wrapper-R100.html>
- [6] Orbital horizontal ring stretch wrappers – Crawford Packaging [online] [cit. 17.02.2019] Dostupné z: <https://crawfordpackaging.com/packaging-equipment/stretch-wrappers/orbital-horizontal-ring>
- [7] Ovinovací robot MOTION | Technology s.r.o.. Technology - svět balení [online] [cit. 17.02.2019]. Dostupné z: <https://www.technology.cz/balici-stroje/ovinovací-roboty/ovinovací-robot-motion/>
- [8] Wrapping machine PM 270 – Oemme S.p.A [online] [cit. 17.02.2019] Dostupné z: <https://www.oemmespa.com/en/portfolio/pm-270/>
- [9] Strojní noha SFE nerezová - Haberkorn. Eshop s komponenty pro stavbu strojů - Haberkorn [online]. Copyright © Haberkorn s.r.o. [cit. 20.06.2019]. Dostupné z: <https://eshop.haberkorn.cz/strojni-noha-sfe-nerezova.html>

- [10] Stretch Wrapping Machines by Borst Packaging Systems BV [online]. Copyright © 2019 [cit. 11.04.2019]. Dostupné z: <http://www.borstsystems.com/en/stretch-wrapping-machine-overview/>
- [11] T-Slot Aluminum Extrusions | Extruded Aluminum Framing | mk. US Conveyor Manufacturer | Pallet Systems & Extruded Aluminum | mk [online]. Copyright © [cit. 30.04.2019]. Dostupné z: <https://www.mknorthamerica.com/Products/extruded-aluminum-framing/>
- [12] Uzavřené ocelové profily čtvercové (jekly) | Kondor.cz. Hutní materiál, Kondor [online]. Copyright © 2013, KONDOR, s.r.o. [cit. 30.04.2019]. Dostupné z: <https://www.kondor.cz/jekly-uzavrene-ctvercove/c-1538/>
- [13] Hliníkový systém profilů pro přesné robustní konstrukce katalog. Hliníkový stavebnicový systém, ergonomické stoly a pracoviště na míru | Logiman [online] [cit. 30.04.2019]. Dostupné z: <https://www.logiman.cz/katalog/hlinikovy-konstrukcni-system-sigma>
- [14] Nosný profil 60 mm pozink - ZABI CZECH s.r.o. - Pojezdová, kladky a posuvné brány [online]. Copyright © 2012 [cit. 01.05.2019]. Dostupné z: <https://www.zabi.cz/nosny-profil-60-mm-pozink>
- [15] D52-BP53, Kolejnicové vedení s kladkovými vozíky. Teleskopické lišty a kolejnicového vedení - Chambrelan [online] [cit. 16.05.2019]. Dostupné z: <https://www.chambrelan.cz/vedeni/linearni-kolejnicove-vedeni/kladicky/d52-bp53/>
- [16] Motorová základna - Haberkorn. Eshop s komponenty pro stavbu strojů - Haberkorn [online]. Copyright © Haberkorn s.r.o. [cit. 16.06.2019]. Dostupné z: <https://eshop.haberkorn.cz/motorova-zakladna.html>
- [17] Kuličková ložiska - 4210 ATN9. [online]. Copyright © Autorská práva [cit. 27.06.2019]. Dostupné z: <https://www.skf.com/cz/products/bearings-units-housings/ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/deep-groove-ball-bearings/index.html?designation=4210%20ATN9>
- [18] Koncový spínač Panasonic MEP1G31Z, 24 V, 5 A, páka s rolnou, IP67, 1 ks | Conrad.cz. Conrad Electronic – obchod s elektronikou a technikou [online]. Copyright © [cit. 16.06.2019]. Dostupné z: <https://www.conrad.cz/koncovy-spinac-panasonic-mep1g31z-24-v-5-a-paka-s-rolnou-ip67-1-ks.k1493518>

[19] TALÁCKO, Jaroslav. Automatizace výrobních zařízení. Vyd. 2. Praha:
Vydavatelství ČVUT, 2000. ISBN 80-01-02160-2

Seznam použitého softwaru

- Microsoft Office 365
- Autodesk Inventor Professional 2019

Seznam příloh

Výkresová dokumentace

Sestavy:

- Balicí stroj BP 0249 – 00 – 00 – 00
- Pevný rám BP 0249 – 01 – 00 – 00
- Posuvný rám BP 0249 – 02 – 00 – 00
- Fóliový vozík BP 0249 – 03 – 00 – 00
- Spodní uložení BP 0249 – 01 – 01 – 00
- Horní uložení BP 0249 – 02 – 01 – 00
- Brzdový válec BP 0249 – 03 – 01 – 00

Výrobní výkresy:

- Ložiskový domek část 1 BP 0249 – 01 – 01 – 01
- Ložiskový domek část 2 BP 0249 – 01 – 01 – 02
- Řemenice BP 0249 – 01 – 01 – 03
- Příruba 1 BP 0249 – 02 – 01 – 01
- Příruba 2 BP 0249 – 02 – 01 – 02
- Horní nylonový kotouč BP 0249 – 03 – 01 – 01
- Spodní nylonový kotouč BP 0249 – 03 – 01 – 02
- Nylonová příruba BP 0249 – 03 – 01 – 03



Kusovníky

- Balicí stroj BP 0249 – 00 – 00 – 00 – K
- Pevný rám BP 0249 – 01 – 00 – 00 – K
- Posuvný rám BP 0249 – 02 – 00 – 00 – K
- Fóliový vozík BP 0249 – 03 – 00 – 00 – K
- Spodní uložení BP 0249 – 01 – 01 – 00 – K
- Horní uložení BP 0249 – 02 – 01 – 00 – K
- Brzdový válec BP 0249 – 03 – 01 – 00 – K