

---

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**  
**FAKULTA STROJNÍ**



**Ústav konstruování a částí strojů**

**Strojní zařízení pro balení stromků**

**Tree Packing Machine**

Bakalářská práce

Studijní program: B2342 TEORETICKÝ ZÁKLAD STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
Studijní obor: 2301R000 Studijní program je bezoborový

Vedoucí práce: Ing. Martin Dub

**Ondřej ŠTOČEK**

Vysoká škola: **České vysoké učení technické v Praze**  
Fakulta: **strojní**  
Ústav: **12113, Ústav konstruování a částí strojů**  
Akademický rok: **2014/2015**

# ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Student: **Ondřej Štoček**  
Studijní program: **Teoretický základ strojního inženýrství**  
Studijní obor: **bez oboru**

Název práce: **Strojní zařízení pro balení stromků**

Název práce anglicky: **Tree Packing Machine**

Zadání práce:

V rámci bakalářské práce zpracujte rešerši současného stavu problematiky strojního balení (vánočních) stromků. Analyzujte možná konstrukční řešení zařízení, uchopování stromku a řešení pohonu. Proveďte návrh konstrukce vybraného typu zařízení. Vytvořte trojrozměrný model a výkres sestavy zařízení včetně pohonu.

Stručná osnova zadání:

1. Rešerše problematiky zařízení pro balení stromků.
2. Možnosti konstrukčního řešení zařízení a pohonu.
3. Návrh zařízení včetně příslušného pohonu.
4. 3D model zařízení a pohonu, technická dokumentace.

Rozsah grafické části:

1. 3D model.
2. Výkres sestavení pohonu a zařízení.

Specifikace textové části:

1. Technická zpráva s výpočty.
2. Min. rozsah 30 stran vč. obrázků, přílohy zvlášť.

Doporučené podklady:

- ŠVEC, V.: Části a mechanismy strojů. Spoje a části spojovací. Praha: ČVUT, 2008.  
ŠVEC, V.: Části a mechanismy strojů. Mechanické převody. Praha: ČVUT, 2003.  
KUGL, O. a kol.: Projekt - III. ročník. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005.

Vedoucí práce: **Ing. Martin Dub**

Datum zadání: **30. 4. 2015**

Termín odevzdání: **19. 6. 2015**

*Neodevzdá-li student bakalářskou diplomovou práci v určeném termínu (tuto skutečnost písemně zdůvodnil a omluva byla děkanem uznána), stanoví děkan studentovi náhradní termín odevzdání bakalářské diplomové práce. Pokud se však student řádně neomluvil nebo omluva nebyla děkanem uznána, může si student zapsat bakalářskou diplomovou práci podruhé.*

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

Zadání bakalářské práce převzal dne:

.....  
podpis studenta

.....  
prof. Ing. Vojtěch Dinybyl, Ph.D.  
vedoucí ústavu

.....  
prof. Ing. Michael Valášek, DrSc.  
děkan fakulty

## Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci s názvem: „Strojní zařízení pro balení stromků“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. Martina Duba, s použitím literatury, uvedené na konci mé bakalářské práce v seznamu použité literatury.

V Praze 18. 6. 2015

Ondřej ŠTOČEK



## Poděkování

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Martinovi Dubovi za cenné rady, ochotu a trpělivost při konzultacích a veškerou pomoc s vypracováním bakalářské práce.

## Anotační list

Jméno autora:	<b>Ondřej ŠTOČEK</b>
Název BP:	<i>Strojní zařízení pro balení stromků</i>
Anglický název:	Tree Packing Machine
Rok:	2015
Studijní program:	B2342 Teoretický základ strojního inženýrství
Obor studia:	2301R000 Studijní program je bezoborový
Ústav:	<i>Ústav konstruování a částí strojů</i>
Vedoucí BP:	<i>Ing. Martin Dub</i>
Konzultant:	-
Bibliografické údaje:	počet stran 52 počet obrázků 49 počet tabulek 0 počet příloh 2
Klíčová slova:	Strojní zařízení pro balení stromků, návrh hydraulického pohonu, návrh a kontrola hřídelí, návrh pojistné spojky, řetězový převod
Keywords:	Tree Packing Machine, Hydraulic Drive Design, Shaft Design and Check, Seafety Coupling Design, Chain Drive

### Anotace:

*Bakalářská práce je zaměřena na návrh balícího stroje na vánoční stromky. V úvodu je zpracován současný stav problematiky strojního balení vánočních stromků. Nadále se práce věnuje návrhu konstrukce stroje, volbě pohonu stroje, návrhu hydromotoru, rozdělovače a hydraulických hadic a další problematice spojené se strojním balením vánočních stromků.*

### Abstract:

*Bachelor thesis is focused on design of christmas tree packing machine. At first there is processed the state of art of christmas tree packing machine. Continue the thesis deals whit the design construction machines, selecting drive machines, hydraulic drive design, manifolds and hydraulic hoses and other issues associated with mechanical packing christmas trees.*

## Obsah

1	Úvod .....	8
2	Typy balících strojů.....	9
2.1	Balící stroje s přímočarým pohybem.....	9
2.1.1	Princip.....	9
2.1.2	Pohon .....	10
2.1.3	Balení.....	10
2.1.4	Uchopení .....	11
2.1.5	Výhody a nevýhody .....	12
2.2	Balící stroje s přímočarým pohybem a rotací kolem stromku .....	12
2.2.1	Princip.....	12
2.2.2	Pohon .....	12
2.2.3	Balení.....	13
2.2.4	Uchopení .....	13
2.2.5	Výhody a nevýhody .....	13
3	Návrh zařízení.....	14
3.1	Návrh konstrukce stroje .....	14
3.2	Návrh uchopení stromku a pojezdu uchopovacího mechanismu.....	16
3.2.1	Početní řešení návrhu uchopení stromku .....	16
3.2.2	Konstrukční řešení návrhu uchopení stromku a vedení uchopovacího mechanismu ..	19
3.2.3	Vedení uchopovacího ramene. ....	22
3.3	Návrh řetězového převodu .....	23
3.4	Návrh a kontrola hřídel řetězových kol .....	25
3.4.1	Hnací hřídel .....	26
3.4.2	Hnaná hřídel .....	29
3.5	Návrh a kontrola ložisek.....	29
3.6	Návrh pohonu stroje .....	31
3.6.1	Volba a výpočet hydromotoru .....	31
3.6.2	Volba rozdělovače .....	34
3.6.3	Návrh hydraulických hadic a šroubení .....	35
3.7	Konstrukce polohovacího mechanismu balících kornoutů .....	38
3.8	Napínání řetězu .....	40
3.9	Návrh pojistné spojky.....	41

---

3.10	Krycí plechy balícího stroje.....	43
3.11	Zařízení pro přepravu stroje.....	44
4	Závěr.....	45



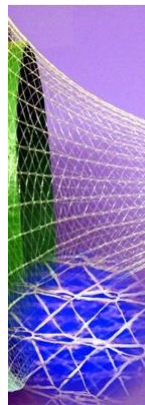
# 1 Úvod

Cílem této bakalářské práce je vytvořit konstrukční návrh balícího stroje na vánoční stromky. Musí být navržena konstrukce stroje a pohon stroje s ohledem na jeho praktické využití.

Součástí návrhu konstrukce stroje je řešení problematiky pohybu stroje s ohledem na prostředí, ve kterém se stroj bude pohybovat, mechanismu uchopení stromku, samotného balení stromku a v neposlední řadě také pohybu ramene uchopovacího mechanismu stromku.

Problematika pohonu stroje je založena na volbě typu pohonu a určení charakteristických parametrů pohonu. Pohon stroje musí být doplněn o řízení a případně regulaci.

Vánoční stromky se balí za účelem přepravy buď ovázáním provázkem, nebo vtažením do sítí přímo určených k balení vánočních stromků (obr. 1). Balící stroj vznikl k ulehčení práce při balení velkého množství vánočních stromků a tím i ke zvýšení produktivity práce.



obr. 1.: Balící síť (zdroj: [www.odetka.cz](http://www.odetka.cz))

Balící stroj je určen k provádění samotného balení a není plně automatizován. Obsluha provádí naložení nezabaleného stromku, ovládání balícího stroje a vyložení zabaleného stromku. Musí se tedy docílit jednoduchosti obsluhy, naložení a vyložení. Stromky se často balí bezprostředně po kácení a tudíž na plantáži. Balící stroj tomu musí být uzpůsoben a je třeba vzít v potaz terén, v jakém se pohybuje, vliv počasí, nenáročnost obsluhy, náchylnost k poruchám, atd. Balící stroj musí být schopen balit stromky o různé délce a váze. Bude tedy limitován maximální délkou a největším rozpětím větví stromků.

## 2 Typy balících strojů

Balící stroje můžeme rozdělit do několika podskupin. Nejzákladnější rozdělení je, podle způsobu balení, na stroje s přímočarým pohybem a stroje s přímočarým pohybem a rotací kolem stromku.

### 2.1 Balící stroje s přímočarým pohybem



a)



b)



c)

obr. 2.: Balící stroje s pracovním pohybem přímočarým (zdroj: [www.natupo.com](http://www.natupo.com))

#### 2.1.1 Princip

Principem tohoto balení stromků je uchycení stromku za kmen v jeho spodní části (pod větvemi) a protažení stromku skrz balící kornout (obr. 2). Na balící kornout je nasazena síť určená k balení vánočních stromků (obr. 1). Protažením stromku se síť stahuje z otvoru na stromek a tím dává stromku kompaktnější tvar.

## 2.1.2 Pohon

Pohon protahovacího ramene může být realizován hydraulikou traktoru nebo může být samostatný a trvale připojen ke konstrukci balícího stroje. Mluvíme-li o pohonu trvale připojeném ke konstrukci stroje, je realizován také hydraulikou (přímočarý vratný pohyb protahovacího ramene) ovšem s tím, že hydraulický agregát má svůj pohon přímo na balicím stroji (obr. 2-c). Pohonem může být elektromotor, nebo benzínový či naftový agregát.

Druhá skupina balících strojů s přímočarým pohybem využívá k protažení stromku kornoutem naviják poháněný elektromotorem (obr. 1-a,b). Naviják je umístěn na konci pracovního prostoru. Obsluha musí pokaždé ručně táhnout uchopovací mechanismus s ocelovým lanem skrz kornout a zajistit uchopení stromku.

## 2.1.3 Balení

Balící kornout, skrz který se stromek protahuje, musí svým průměrem odpovídat velikosti stromku, proto se na balících strojích často objevují dvě nebo tři velikosti kornoutů o různých průměrech (obr. 3). Je na obsluze, aby rozhodla, který z otvorů je pro daný stromek vhodný. Aby nedocházelo ke zdržování balení při výměně otvorů, musí být výměna rychlá a pro obsluhu nenáročná.



obr. 3.: Balící kornouty (zdroj: [www.natupo.com](http://www.natupo.com))

Síť, která slouží k zabalení stromku, je třeba po protažení stromku válcem odříznout od zbytku sítě, která je na válci. Tento proces by měl být snadný a rychlý. Nejpraktičtější je pevné uchycení řezného nástroje na konstrukci balicího stroje (obr. 4).



obr. 4.: Odříznutí balicí sítě (zdroj: [1])

### 2.1.4 Uchopení

Uchycení kmene stromku může být realizováno různými způsoby. Prioritou uchycení je rychlost, jednoduchost a flexibilita průměru kmene stromku.

U strojů, kde se jako tažný mechanismus používá navíjející se ocelové lano je používanější prostý hák, kterým obsluha zahákne jednu ze spodních větví co nejbližší u kmínku. Pro stroje používající pevné rameno, by byl tento způsob nepraktický, a proto se používají jiné mechanismy. Nejčastější je využití hydrauliky stroje na pohon kleštiny (obr. 5), nebo využití mechanického vzpříčení, které je zapříčiněno vhodnou konstrukcí uchopovacího oka a tažnou silou stroje.



obr. 5.: Hydraulické kleště (zdroj: [6])



### 2.1.5 Výhody a nevýhody

Výhodou balícího stroje s přímočarým pohybem je jednoduchost pohybu, snadná a bezpečná obsluha a nízká poruchovost. Nevýhodou je nutnost speciální balící sítě. Tento balící stroj vyžaduje 2-3 školené pracovníky k obsluze.

## 2.2 Balící stroje s přímočarým pohybem a rotací kolem stromku



obr. 6.: Balící stroje s pracovním pohybem přímočarým a rotací kolem stromku (zdroj: [7])

### 2.2.1 Princip

Principem tohoto balení stromků je rovněž, jako u předchozího způsobu, uchycení stromku za kmen v jeho spodní části (pod větvemi) a protažení stromku skrz válcový otvor (obr. 5). Na rozdíl od výše zmiňovaného způsobu je stromek, aby byl zajištěn jeho kompaktní tvar, ovázán provázky.

### 2.2.2 Pohon

Pohon celého stroje bývá jediný. Spalovací motor s agregátem pohání jeden nebo více elektromotorů, tím je poháněn rotor, který ovíjí stromek, a zároveň navíjení řetězu nebo lana na buben. Vše je umístěno pod rotorem stroje.

Řetěz nebo lano je protaženo spodní částí stroje na druhý konec a přes kladku či řetězové kolo zpět do osy rotoru. Tímto může být poháněn už samotný stromek, nebo uchopovací rameno uložené v ložích. Toto zajišťuje rovnoměrný přímočarý pohyb stromku, a tím výsledná šroubovice provázků na povrchu zabaleného stromku.

### 2.2.3 Balení

Balení je realizováno rotačními hlavicemi (zpravidla třemi) uvnitř rotoru, které mají uvnitř odvíjející se klubka provázků (obr. 6). Osou rotace rotoru je konstantní rychlostí protahován stromek. Tím je docíleno ovázání stromku šroubovicí provázků.



obr. 7.: Rotační hlavice pro balení stromku (zdroj: [8])

### 2.2.4 Uchopení

Uchycení kmene stromku teoreticky může být realizováno stejně jako u předchozího typu. Prakticky je nejrozšířenější uchycení kmene kleštinou poháněnou hydraulikou nebo pneumatikou.

### 2.2.5 Výhody a nevýhody

Výhodou balícího stroje s přímočarým pohybem a rotací kolem stromku je to, že není potřeba speciální balící síť. Celý tento stroj je konstruován jako vozík za auto či traktor. Po dopravení na místo může pracovat prakticky kdekoli. Nevýhodou je to, že je složen z více jednotlivých systémů, které se mohou porouchat. Tento typ balícího stroje také nemůže pracovat bez zaškolené obsluhy, která musí být tvořena minimálně třemi pracovníky.

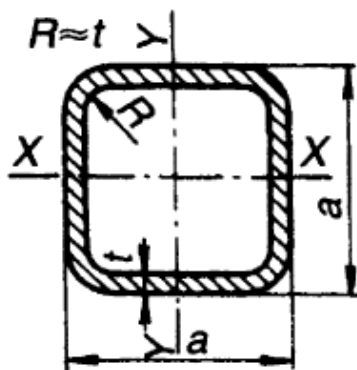
### 3 Návrh zařízení

Pro realizaci balícího stroje byl zvolen dvoukolový typ s přímočarým vratným pohybem. Tento způsob je pro obsluhu jednodušší a bezpečnější. Pro pohon stroje bylo cíleně využito hydrauliky traktoru. Systém uchopení stromku byl zvolen mechanickým vzepřením v oku. Tento způsob je sice na konstrukci složitější, ale nevyžaduje žádný další pohon.

#### 3.1 Návrh konstrukce stroje

Balící stroj je konstruován jako dvoukolový vozík. Rám vozíku je svařovaný. Využívají se co nejvíce normalizované profily. Nejčastěji se používají L-profil, T-profil a tenkostěnné profily čtvercového nebo obdélníkového průřezu.

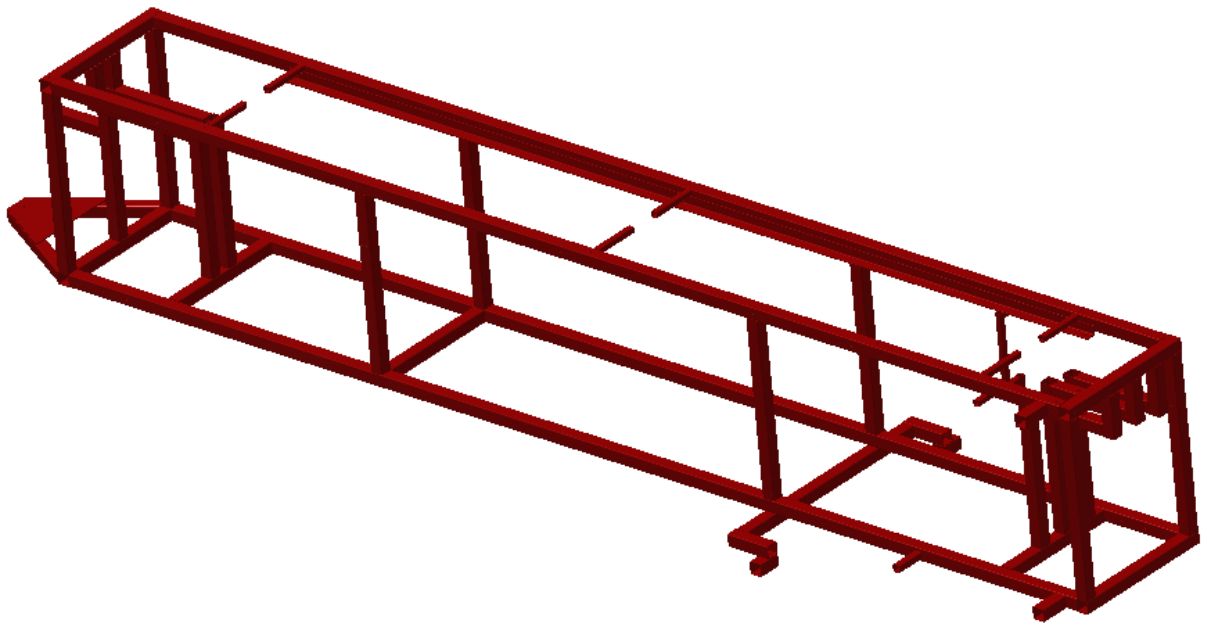
Rám stroje je ze svařovaných tenkostěnných profilů čtvercového průřezu TR 4HR 50x2,5 ČSN 42 6935.1 – 11 373.0 (obr. 8).



Jmenovité rozměry (mm)		Plocha průřezu (mm <sup>2</sup> )	Hmotnost 1 m (kg)	Statické hodnoty pro osy ohybu		
a	t			J (cm <sup>4</sup> )	W (cm <sup>3</sup> )	i (cm)
40	2,0	288,7	2,39	6,778	3,389	1,532
40	2,5	351,1	2,94	7,975	3,988	1,507
40	3,0	409,5	3,49	8,998	4,499	1,482
45	2,0	328,7	2,70	9,909	4,404	1,736
45	2,5	401,0	3,33	11,745	5,220	1,711
45	3,0	469,5	3,96	13,351	5,934	1,686
50	1,5	282,4	2,27	10,910	3,364	1,966
50	2,0	368,7	3,01	13,882	5,553	1,940
50	2,5	451,1	3,73	16,547	6,619	1,915
50	3,0	529,5	4,43	18,921	7,569	1,890
55	2,0	408,7	3,33	18,795	6,834	2,145
60	2,0	448,7	3,64	24,749	8,250	2,349
60	3,0	649,5	5,37	34,312	11,437	2,298

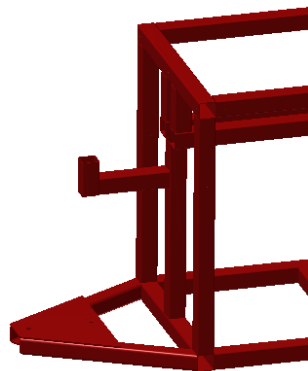
obr. 8.: Tenkostěnný profil čtvercového průřezu [2]

Konstrukce rámu byla přizpůsobena tak, aby na svařovaný rám byla snadná montáž ostatních vyráběných a nakupovaných dílů (obr. 9). Celková délka konstrukce musí být dostatečná proto, aby na balícím stroji bylo možné zabalit stromek s maximální délkou 2,5 m.



*obr. 9.: Rám stroje (zdroj: autor)*

Přední část rámu byla upravena tak, aby byla snadná montáž trubky s tažným okem (obr. 10). Také je zde prostor určený k namotání hydraulických hadic v době, kdy nebudou zapojeny do hydraulického systému.



*obr. 10.: Úprava rámu pro tažné oko a namotání hadic (zdroj: autor)*

Další konstrukční úpravy rámu jsou zmíněny u částí stroje, které je využívají.



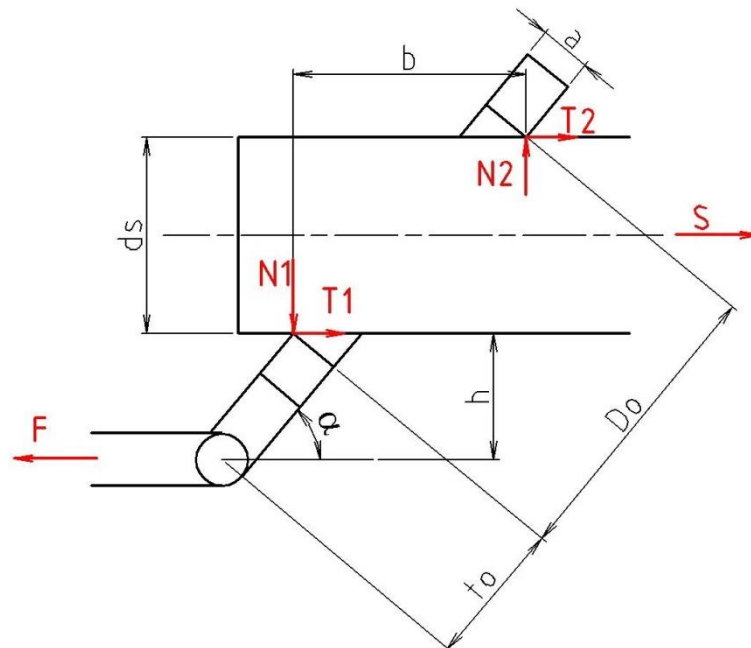
## 3.2 Návrh uchopení stromku a pojezdu uchopovacího mechanismu

Stromek je uchopen za kmen v jeho spodní části. Tři základní způsoby uchopení jsou pomocí hydraulických kleští, mechanických kleští, nebo mechanickým vzepřením v oku.

Pro mnou navrhovaný stroj bylo zvoleno mechanické vzepření v oku, které může být o něco pomalejší, ale je zde daleko menší pravděpodobnost poruchy, protože toto řešení nepotřebuje žádný externí pohon.

### 3.2.1 Početní řešení návrhu uchopení stromku

Pro správnou funkci celého zařízení je nutné správně navrhnout rozměry oka. Při správném návrhu rozměrů se kmen stromku v oku vzepře a tím oko ze stromku nesklouzne [3].



obr. 11.: Silové schéma uchopení stromku (zdroj: autor)

Vyjádření proměnných:

$$\sin \alpha = \frac{d_s}{\sqrt{(D_o^2 + a^2)}} \quad (3.1)$$

$$h = t_o \sin \alpha \quad (3.2)$$

$$b = d_s \cos \alpha \quad (3.3)$$

$$T = N \mu_a \quad (3.4)$$

Rovnovážné rovnice soustavy:

$$x: F - S - T_1 - T_2 = 0 \quad (3.5)$$

$$y: N_2 - N_1 = 0 \Rightarrow N_1 = N_2 = N \quad (3.6)$$

$$M_1: Fh + S \frac{d_s}{2} + T_2 d_s - Nb = 0 \quad (3.7)$$

Dosazení tečné síly (3.4) do rovnovážné rovnice (3.5):

$$F - S - 2N \mu_a = 0 \quad (3.8)$$

Vyjádření normálové síly z momentové rovnice (3.7):

$$N = \frac{Fh + S \frac{d_s}{2} + T_2 d_s}{b} \quad (3.9)$$

Dosazení normálové síly (3.9) do rovnice (3.8) a vyjádření síly F pomocí dosazení rovnic (3.2 až 3.4):

$$F - S - 2\mu_a \frac{Fh + S \frac{d_s}{2} + T_2 d_s}{b} = 0 \quad (3.10)$$

$$F - S - 2\mu_a \frac{Fh}{b} - 2\mu_a \frac{S \frac{d_s}{2} + T_2 d_s}{b} = 0 \quad (3.11)$$

$$F - 2\mu_a \frac{F \cdot h}{b} = S + 2\mu_a \frac{S \frac{d_s}{2} + T_2 d_s}{b} \quad (3.12)$$

$$F \left( 1 - 2\mu_a \frac{F t_o \sin \alpha}{d_s \cos \alpha} \right) = S + 2\mu_a \frac{S \frac{d_s}{2} + T_2 d_s}{d_s \cos \alpha} \quad (3.13)$$

$$F \left( 1 - \frac{2\mu_a t_o \sin\alpha}{d_s \cos\alpha} \right) = S + \frac{S\mu_a + 2\mu_a T_2}{\cos\alpha} \quad (3.14)$$

$$F = \frac{S + \frac{S\mu_a + 2\mu_a T_2}{\cos\alpha}}{1 - \frac{2\mu_a t_o \sin\alpha}{d_s \cos\alpha}} \quad (3.15)$$

Pro správnou funkci mechanického vzepření musí být zajištěna nekonečně velká síla  $F$ . Pro  $F \rightarrow \infty$  musí platit:

$$1 - \frac{2\mu_a t_o \sin\alpha}{d_s \cos\alpha} \rightarrow 0 \quad (3.16)$$

$$1 - \frac{2\mu_a t_o \sin\alpha}{d_s \cos\alpha} = 0 \quad (3.17)$$

$$1 = \frac{2\mu_a t_o \sin\alpha}{d_s \cos\alpha} \quad (3.18)$$

Vyjádření hledaného rozměru  $t_o$  s dosazením vztahu 3.1:

$$t_o = \frac{d_s \cos\alpha}{2\mu_a \sin\alpha} = \frac{d_s}{2\mu_a \operatorname{tg}\alpha} = \frac{d_s}{2\mu_a \operatorname{tg} \left( \arcsin \frac{d_s}{\sqrt{(D_o)^2 + a^2}} \right)} \quad (3.19)$$

Pro výpočet konkrétních rozměrů bylo zvoleno nebo odečteno z tabulek:

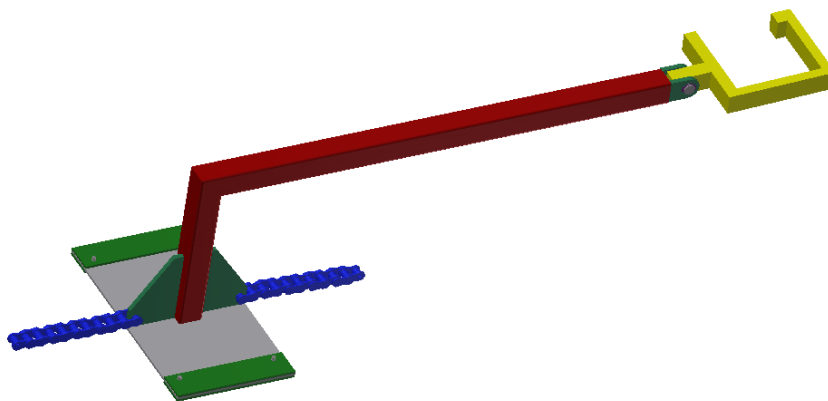
$$d_s = 150 \text{ mm}; D_o = 180 \text{ mm}; a = 40 \text{ mm}; \mu_a = 0,715$$

Potřebný rozměr  $t_o$  z rovnice 3.19:

$$t_o = 74,992 \cong 75 \text{ mm} \quad (3.20)$$

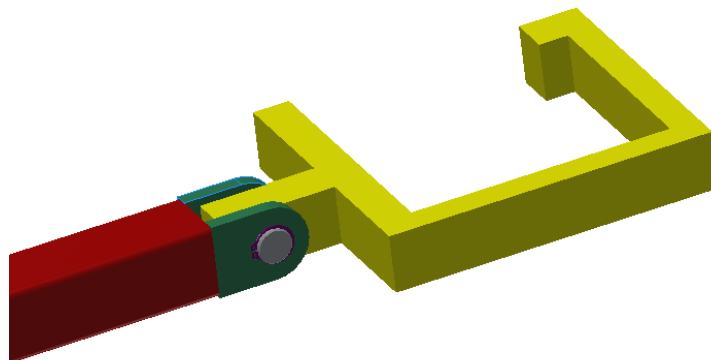
### 3.2.2 Konstrukční řešení návrhu uchopení stromku a vedení uchopovacího mechanismu

Základem uchopovacího mechanismu je uchopovací oko o rozměrech vypočtených a zvolených v 3.2.1 (na obr. 12 znázorněno žlutou barvou). Polotovarem pro uchopovací oko je výpalek z materiálu 11 500.0. Rameno uchopovacího mechanismu je svařené ze dvou tenkostěnných profilů čtvercového průřezu ČSN 42 6935.1 – 11 373.0 (na obr. 12 znázorněno červenou barvou) a pojezdová deska (na obr. 12 znázorněna šedou barvou).

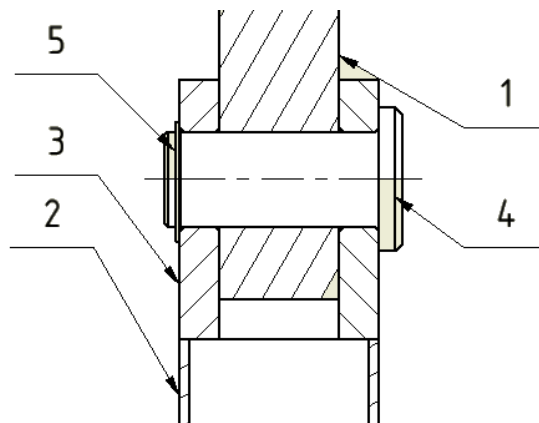


obr. 12.: Uchopovací mechanismus (zdroj: autor)

Uchopovací oko musí být volně otočné na čepu. Toto je zajištěno čepem s hlavou (na obr. 13 znázorněno šedou barvou) zajištěným pojistným hřídelovým kroužkem (na obr. 13 znázorněno fialovou barvou). Čep prochází uchopovacím okem (na obr. 13 znázorněno žlutou barvou) a dvěma deskami (na obr. 13 znázorněno zelenou barvou), které jsou přivařeny k ramenu (na obr. 13 znázorněno červenou barvou).



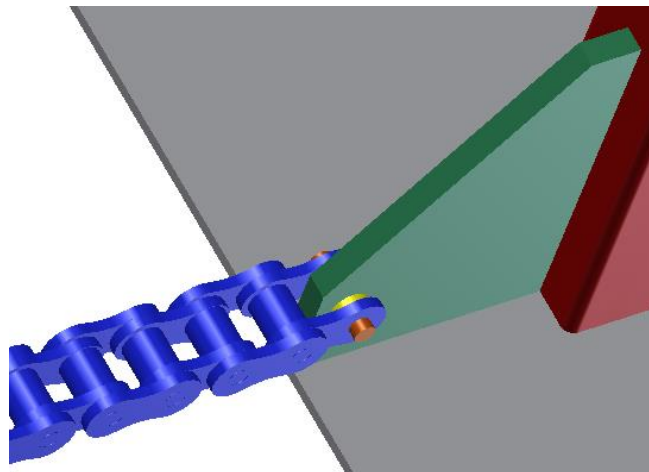
obr. 13.: Uchopení stromku (zdroj: autor)



- 1 – Uchopovací oko
- 2 – Rameno
- 3 – Desky
- 4 – Čep s hlavou
- 5 – POJISTNÝ KROUŽEK 24 ČSN 02 2930

obr. 14.: Detailní řez uchopením stromku (zdroj: autor)

Pojezd mechanismu je zajištěn řetězovým převodem. Řetěz (na obr. 15 znázorněno modrou barvou) musí být pevně spojen s uchopovacím mechanismem. Spojení je zajištěno pomocí dvou desek (na obr. 15 znázorněno zelenou barvou), které jsou přivařeny k ramenu (na obr. 15 znázorněno červenou barvou) a pojezdové desce (na obr. 15 znázorněno šedou barvou). Ke každé desce je přichycen jeden konec řetězu. Uchycení řetězu je zajištěno pomocí čepu (na obr. 15 znázorněno oranžovou barvou) a válečku (na obr. 15 znázorněno žlutou barvou). Tyto dvě části řetězu jsou přímo určeny ke spojování jednotlivých článků řetězu, a proto jsou nevhodnější i pro uchycení řetězu k uchopovacímu ramenu.

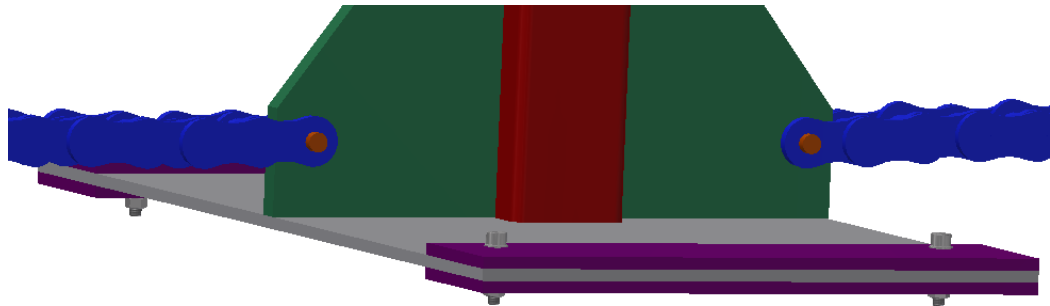


obr. 15.: Spojení řetězu s uchopovacím mechanismem (zdroj: autor)

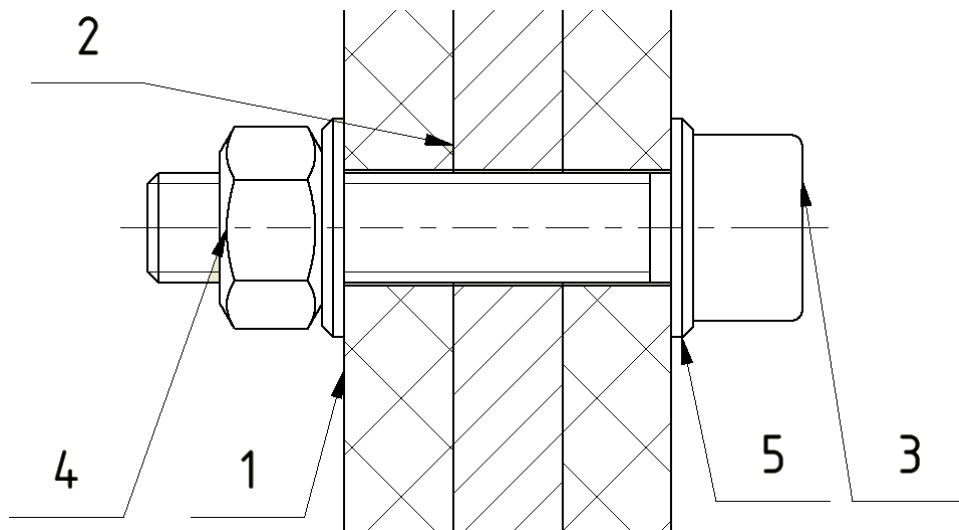
Ocelová pojezdová deska sama o sobě není vhodným řešením kluzné části pojezdového mechanismu, protože nemá vhodné kluzné vlastnosti (tření ocel-ocel) a v případě opotřebení by se musela celá vyměnit. Proto je vhodné na oba konce, které by měli přijít do styku s ližinami na rámu stroje, připevnit dvě kluzné destičky z materiálu, který lépe odolává otěru, má vynikající kluzné vlastnosti a dlouhou životnost.

Jako materiál na kluzné destičky byl zvolen materiál Murlubric od firmy Murfelt plasty, který splňuje všechny požadované vlastnosti.

Uchytení kluzných destiček na pojezdovou desku je realizováno ve dvou místech jednoduchým šroubovým spojem (obr. 16).



obr. 16.: Uchytení kluzných destiček (zdroj: autor)

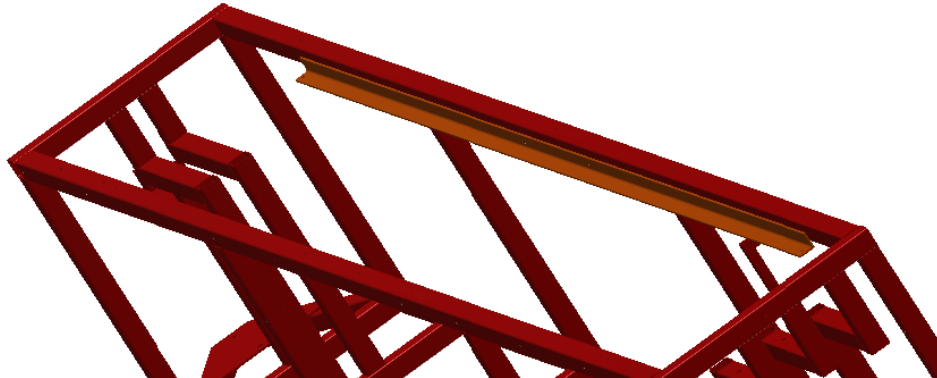


- 1 – Kluzná destička
- 2 – Pojezdová deska
- 3 – ŠROUB M5x25 ISO 4762 – 12.9
- 4 – MATICE M5 ISO 4032 - 05
- 5 – PODLOŽKA 5 ISO 7090 -1

obr. 17.: Šroubový spoj kluzné destičky (zdroj: autor)

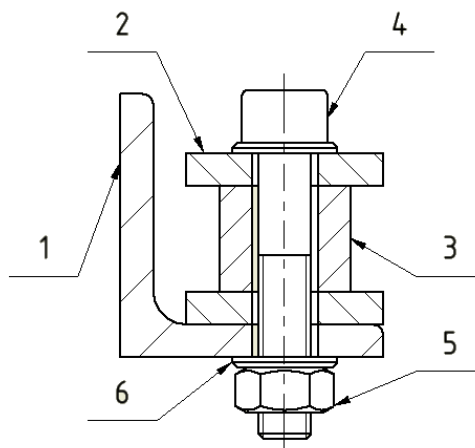
### 3.2.3 Vedení uchopovacího ramene.

Vedení uchopovacího ramene je pevně spojeno s rámem dvěma přivařenými rovnoramennými L-profilů (obr. 18).



obr. 18.: Pozice L-profilů (zdroj: autor)

Na každém L-profilu jsou přišroubovány dvě ploché tyče tažené za studena, které vymezují prostor pro pojezdovou desku s kluznými destičkami. Díky tomuto standardně vyráběnému profilu je zajištěna snadná dostupnost náhradního dílu a jeho výměna při poškození (obr. 19). Mezi tyčemi jsou na obou koncích vloženy vložky (válečky), které zajišťují dostatečnou vůli potřebnou pro pohyb uchopovacího ramene.

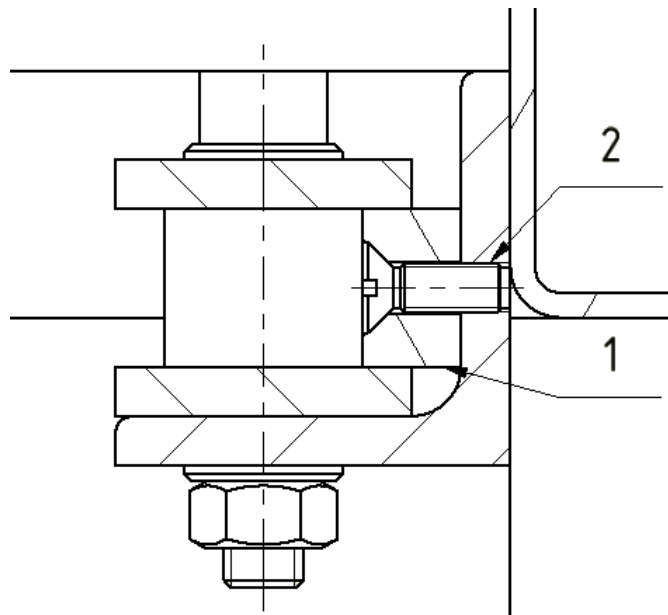


- 1 – L 40x5 - 3600 ČSN 42 5541
- 2 – TYČ PLOCHÁ 30x5 h11 – 3600 ČSN 42 6522
- 3 – Vložka
- 4 – ŠROUB M8x45 ISO 4762 – 12.9
- 5 – MATICE M8 ISO 4032 - 05
- 6 – PODLOŽKA 8 ISO 7090 -1

obr. 19.: Řez vedení osou šroubu (zdroj: autor)

Jak už bylo zmíněno, maximální délka stromku, který tento balící stroj dokáže zabalit, je 2,5 metru. K tomu musí být připočtena délka uchopovacího ramene, což je přibližně 1,3 metru. Proto musí být vedení delší než 3,5 metru a musí se zabránit průhybu.

Průhybu je zabráněno podepřením vrchní ploché tyče další plochou tyčí o délce 500 mm umístěné v mezeře mezi plochými tyčemi vymezující pohyb kluzné desky.



1 – TYČ PLOCHÁ 16x10 h11 - 500 ČSN 42 6522

2 – ŠROUB M5x0,5 x 14 ISO 2009 – 4.

*obr. 20.: Upevnění podpěry vedení (zdroj: autor)*

### 3.3 Návrh řetězového převodu

Pohon uchopovacího ramene musí splňovat určitou tuhost a schopnost obousměrného provozu. Proto byl zvolen válečkový řetěz dle normy ČSN 02 3311. Pro návrhový výpočet se musí vzít v potaz druh pohonů a nedostatečné mazání se znečištěním [2].

Výkon:

$$P_p = Fv = 375W \quad (3.21)$$

Počet zubů byl zvolen  $z_M = z_1 = z_2 = 27$

Činitel výkonu:  $\kappa_1 = 1,11$



Součinitel rázů pro abnormální přechodové zatížení:  $y = 0,63$

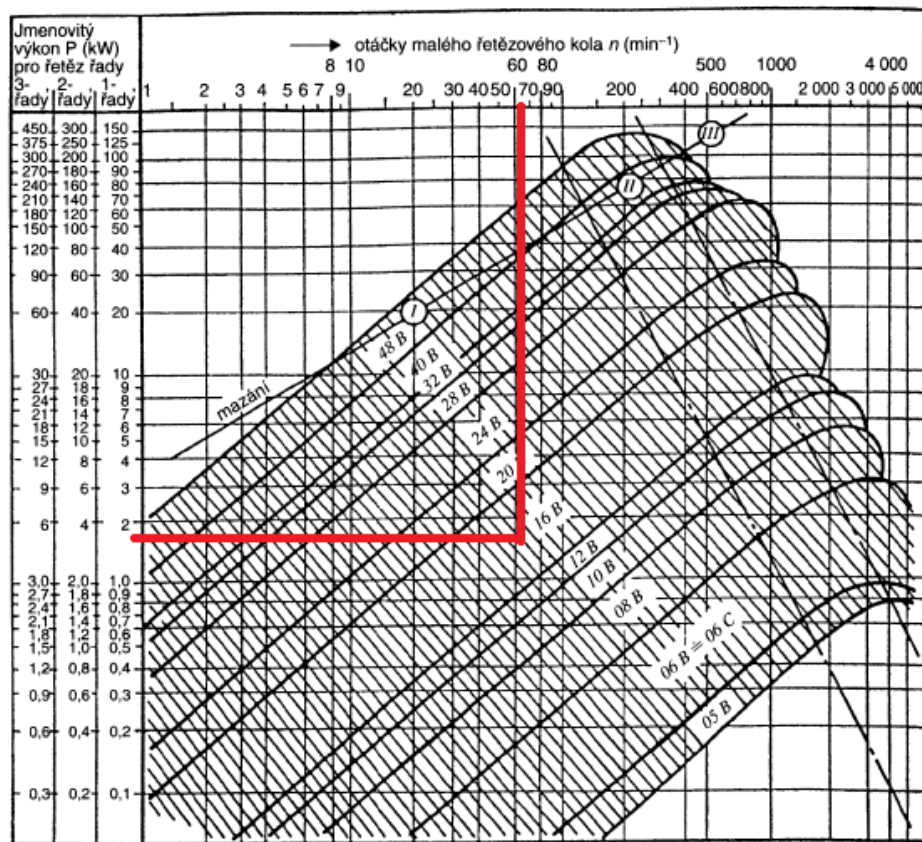
Činitel mazání:  $\mu = 0,3$

Činitel provedení řetězu:  $\varphi = 1$

Jmenovitý výkon:

$$P_j = \frac{P_p}{\kappa_1 y \mu \varphi} = \frac{375}{1,11 \cdot 0,63 \cdot 0,3 \cdot 1} = 1,79 \text{ kW} \quad (3.22)$$

Zde nastává problém v tom, že typ řetězu se volí na základě jmenovitého výkonu a otáček (obr. 21).



obr. 21.: Diagram pro volbu řetězu provedení B (zdroj: [2])

Otáčky vyplývají z obvodové rychlosti a průměru řetězového kola. Průměr řetězového kola je závislý na velikosti řetězu. Proto z počátku volím řetěz 10B a dopočítám průměr roztečné kružnice řetězového kola ze vztahu:

$$d_1 = \frac{P}{\sin \frac{180^\circ}{z_1}} \quad (3.23)$$

Z průměru řetězového kola a obvodové rychlosti vypočtu otáčky:

$$v = \frac{d_1}{2} \omega = \frac{d_1}{2} 2\pi n \Rightarrow n_1 = \frac{v}{\pi d_1} \quad (3.24)$$

S vypočtenými otáčkami a jmenovitým výkonem jdu zpět do obr. 1 a zjistím, jaký řetěz odpovídá mnou vypočteným hodnotám. Pokud se zvolený a vypočtený řetěz neshodují, musím znovu s hodnotami z vypočteného řetězu přepočítat průměr  $d_1$ , otáčky  $n_1$  a opět vybrat příslušný řetěz, až mi dva po sobě následující vybrané řetězy budou odpovídat.

Volím řetěz 16 B-1 ČSN 02 3311.3. Síla potřebná k přetržení řetězu je 58 *kN*. Provozní síla v řetězu je 500 *N*.

Bezpečnost řetězu:

$$k_{\gamma} = \frac{58\,000}{500} = 116 \quad (3.25)$$

Z parametrů tohoto řetězu vyplývají hodnoty:

Průměr roztečné kružnice řetězového kola ze vztahu 3.23:

$$d_1 = 218,791 \text{ mm} \quad (3.26)$$

Otáčky řetězového kola ze vztahu 3.24:

$$n_1 = 65,5 \text{ ot/min} \quad (3.27)$$

### 3.4 Návrh a kontrola hřídelí řetězových kol

Hnací hřídel je navrhována z podmínky dovoleného napětí v krutu a kontrolována na kombinované namáhání ohyb-krut. Krouticí moment z hřídele na řetězové kolo je přenášen pomocí pera. Pero musí být kontrolováno na otláčení. U menších průměrů hřídelí ( $\varnothing d < 30$ ) a šířce pera  $b \leq 8$  se doporučuje pero zkontrolovat také na stříh [4].

### 3.4.1 Hnací hřídel

#### Návrh hnací hřídele

Při návrhu se vychází z krouticího momentu

$$M_k = F \frac{d_1}{2} = 500 \cdot \frac{218,791}{2} = 54\,697,63 \text{ Nmm} \quad (3.28)$$

a dovoleného napětí ve smyku

$$\begin{aligned} \tau_{Dk} &= 25 \text{ MPa} \\ \tau_k &= \frac{M_k}{W_k} = \frac{M_k}{\frac{\pi D^3}{16}} \leq \tau_D \end{aligned} \quad (3.29)$$

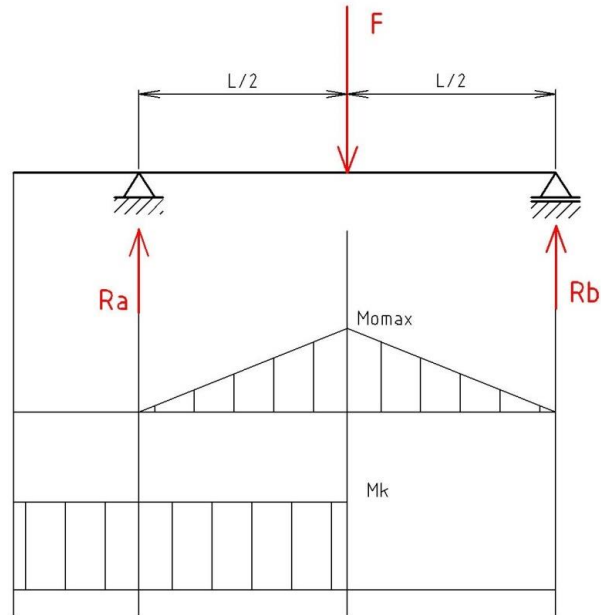
Výpočet průměru hřídele pomocí vztahů 3.28 a 3.29:

$$d'_h = \sqrt[3]{\frac{16M_k}{\pi\tau_D}} = \sqrt[3]{\frac{16 \cdot 54\,697,63}{\pi \cdot 25}} = 22,336 \text{ mm} \quad (3.30)$$

Průměr hřídele bude oslaben o drážku pro pero, proto volím  $d_h = 35 \text{ mm}$ .

#### Uvolnění hnací hřídele a výpočet maximálního ohybového momentu

Uvolněním hřídele je myšlen výpočet reakcí. Pro výpočet ohybového momentu musí být už navržena vzdálenost mezi ložisky a poloha ozubeného kola (poloha síly F). Vzdálenost ložisek vyplývá z potřebných zástavbových rozměrů.



obr. 22.: Uvolnění hnací hřídele (zdroj: autor)

Dané hodnoty síly  $F$  a délky  $L$ :

$$F = 500 \text{ N}$$

$$L = 277 \text{ mm}$$

Rovnovážné rovnice soustavy:

$$x: 0=0 \quad (3.31)$$

$$y: R_a - F + R_b = 0 \quad (3.32)$$

$$M_a: R_b L - F \frac{L}{2} = 0 \quad (3.33)$$

Výpočet reakcí a maximálního ohybového momentu:

$$R_b = \frac{F \frac{L}{2}}{L} = \frac{F}{2} = \frac{500}{2} = 250 \text{ N} \quad (3.34)$$

$$R_a = F - R_b = 500 - 250 = 250 \text{ N} \quad (3.35)$$

$$M_{omax} = F \frac{L}{2} = 500 \cdot \frac{277}{2} = 69\,250 \text{ Nmm} \quad (3.36)$$

## Kontrola hnací hřídele na kombinované namáhání

Kontrola se provádí z důvodu namáhání hřídele ohybem i krutem zároveň. Výpočet redukovaného napětí  $\sigma_{red}$  bere v potaz obě tato namáhání a dále se porovnává s dovoleným napětím v ohybu  $\sigma_{Do}$ . Existují dvě hypotézy, podle kterých jde počítat  $\sigma_{red}$ , energetická neboli HMM (Huber, von Mises, Hencky) a hypotéza maximálních smykových napětí neboli  $\tau_{max}$ . Z uvedených hypotéz je hypotéza  $\tau_{max}$  více na straně bezpečnosti.

Kontrola je provedena dle hypotézy  $\tau_{max}$ .

Průměr hřídele:  $d_h = 35mm$

Hloubka drážky pro pero:  $t = 4,7mm$

Výpočet napětí v ohybu s použitím hodnot z rovnice 3.33:

$$\sigma_o = \frac{M_{omax}}{W_{omin}} = \frac{M_{omax}}{\frac{\pi(d_h - t)^3}{32}} = \frac{69\,250}{\frac{\pi(35 - 4,7)^3}{32}} = 23,801\,MPa \quad (3.37)$$

Výpočet napětí v krutu s použitím hodnot z rovnice 3.25:

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_{kmin}} = \frac{M_k}{\frac{\pi(d_h - t)^3}{16}} = \frac{54\,697,63}{\frac{\pi(35 - 4,7)^3}{16}} = 10,014\,MPa \quad (3.38)$$

Výpočet redukovaného napětí dle hypotézy  $\tau_{max} \rightarrow \alpha = 2$ :

$$\sigma_{red} = \sqrt{\sigma_o^2 + (\alpha\tau_k)^2} = \sqrt{23,801^2 + (2 \cdot 10,014)^2} = 31,106\,MPa \quad (3.39)$$

$$\sigma_{red} \leq \sigma_{Do} = 70\,MPa \Rightarrow \text{vyhovuje}$$

## Kontrola pera na otláčení

PERO 10e7x10x28 ČSN 02 2562

$b = 10mm$ ;  $h = 8mm$ ; délka je volena =  $28mm$

činná délka:

$$l_a = l - b = 28 - 10 = 18mm \quad (3.40)$$

$$p = \frac{4M_k}{d_h h l_a} = \frac{4 \cdot 54\,697,63}{35 \cdot 8 \cdot 18} = 21,705 \text{ MPa} \leq p_D = 100 \text{ MPa} \quad (3.41)$$

Kontrola na stříh nemusí být provedena, protože hodnoty průměru a šířky pera převyšují kritické hodnoty pro nutnost kontroly.

### 3.4.2 Hnaná hřídel

Průměr hnané hřídele je zvolen stejný, jako u hnací hřídele, z důvodu zjednodušení konstrukce a použití jednoho typu ložisek a per na obě hřídele. Jelikož hnaná hřídel je namáhána pouze ohybem a ne krutem, není nutná kontrola této hřídele.

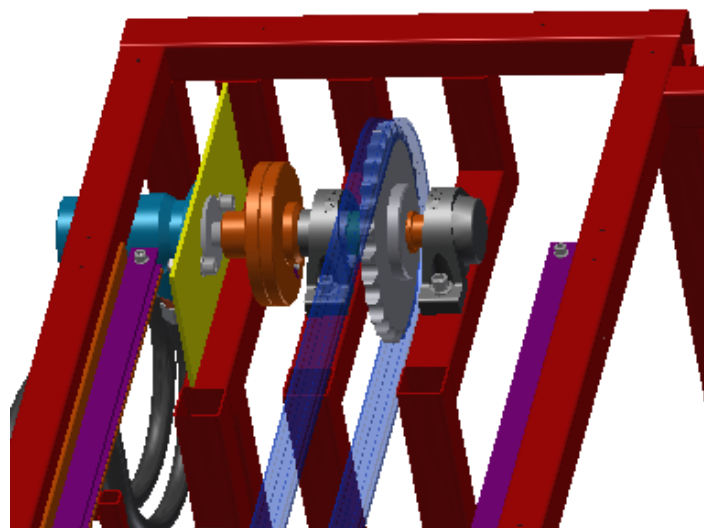
## 3.5 Návrh a kontrola ložisek

Ložiska slouží k zajištění rotačního pohybu s co nejmenším odporem. Základní rozdělení ložisek je na kluzná a valivá.

Valivá ložiska se využívají ve větší míře, protože valivé tření je pro pohyb příznivější. Proto pro konstrukci balícího stroje byla zvolena právě kuličková ložiska.

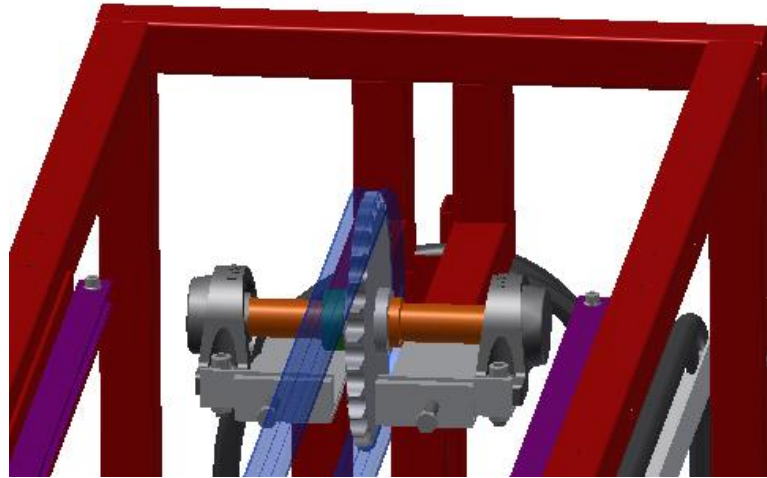
Pro konstrukci volím nakupované ložiskové jednotky (domky), které mají velkou přednost v rychlé a snadné montáži.

Ložiskové domky hnací hřídele jsou umístěny pevně přímo na rámu (obr. 23).



obr. 23.: Umístění ložiskových domků hnacího hřídele (zdroj: autor)

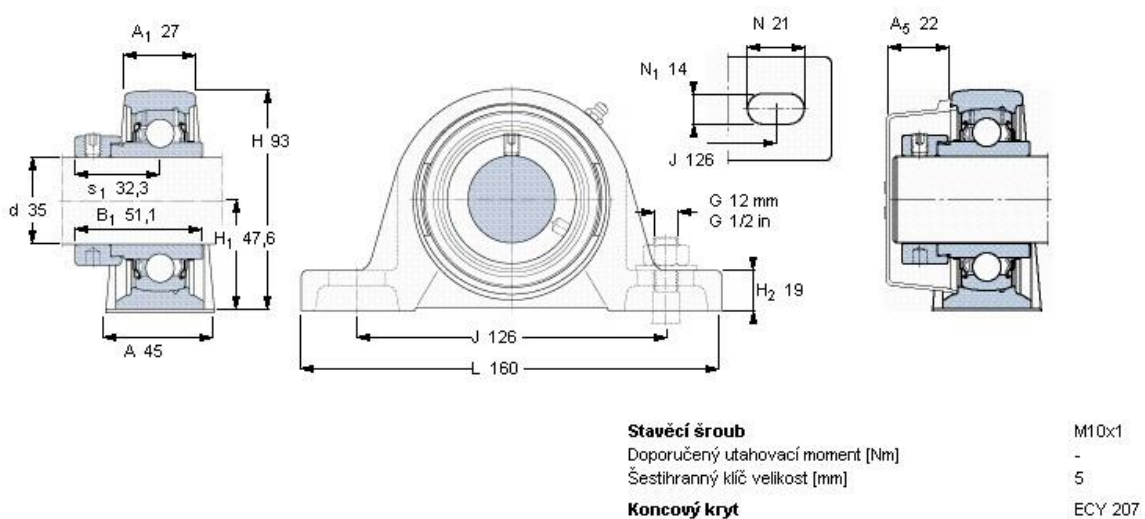
Ložiska hnané hřídele jsou umístěna na desce, která je součástí mechanismu napínání řetězu.



obr. 24.: Umístění ložiskových domků hnaného hřídele (zdroj: autor)

Uložení ložisek na hřídeli je přechodné (H7/k6). Pozice ložisek jsou znázorněny na výkrese v příloze [5].

V balícím stroji ložiska nebudou příliš namáhaná, protože radiální síly ve vazbách nejsou velké (3.31;3.32), axiální síly jsou nulové a otáčky jsou nízké. Ložisko je tedy voleno podle vnitřního průměru, který odpovídá průměru hřídele. Volím ložisko YEL 207-2F od firmy SKF, které je dodáváno i s tělesem SY 507 M. Celá ložisková jednotka má katalogové číslo SY 35 WF.



obr. 25.: Ložisková jednotka SKF (zdroj: [4])



Konstanta odečtená z katalogu SKF

$$C = 25,5 \text{ kN}$$

Radiální síla působící na ložisko s použitím rovnice (3.35)

$$F_c = F_r = R_a = 250 \text{ N} \quad (3.42)$$

Výpočet trvanlivosti ložisek:

$$L_h = \left(\frac{C}{F_c}\right)^3 \frac{10^6}{60 \cdot n_1} = \left(\frac{25\,500}{250}\right)^3 \frac{10^6}{60 \cdot 65,469} = 2,7 \cdot 10^8 \text{ hod} \quad (3.43)$$

→ *vyhovuje*

### 3.6 Návrh pohonu stroje

Balící stroj je poháněn hydraulikou, a proto je výhodné využít, jako zdroj tlakové kapaliny, hydrauliky traktoru, který slouží také pro dopravu balícího stroje na místo určení. Zdrojem hydrauliky je tedy sám traktor a na stroji musí být pouze hydromotor a rozdělovač.

#### 3.6.1 Volba a výpočet hydromotoru



obr. 26.: Hydromotor (zdroj: [www.hydromotory.cz](http://www.hydromotory.cz))

Pro pohon řetězu volím rotační hydromotor. Hydromotor musí splňovat technické parametry, které byly vypočteny z následujících vztahů [10].

Potřebné otáčky:

$$v = \pi d_1 n \Rightarrow n = \frac{v \cdot 60}{\pi d_1} = \frac{0,75 \cdot 60}{\pi \cdot 0,219} = 65,469 \text{ min}^{-1} \quad (3.44)$$

Potřebný kroutící moment:

$$M_k = F \frac{d_1}{2} = 500 \cdot \frac{0,219}{2} = 54,698 \text{ Nm} \quad (3.45)$$



Potřebný výkon:

$$P = Fv = 500 \cdot 0,75 = 375W \quad (3.46)$$

Volím hydromotor MP 50 od firmy MF-TRADE Petr Hynek, který má parametry:

$$n_{max} = 1\,515 \text{ min}^{-1}$$

$$M_{kmax} = 119 \text{ Nm}$$

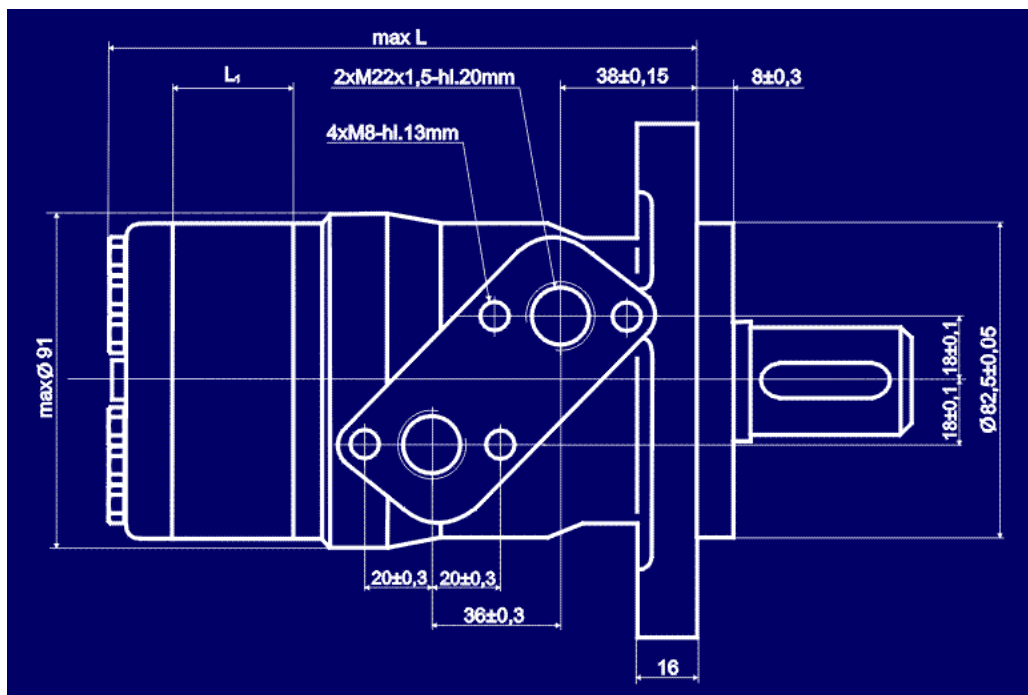
$$P_{max} = 12,2 \text{ kW}$$

$$\Delta p_{max} = 175 \text{ bar} = 17,5 \text{ MPa}$$

Od prodejce jsou zveřejněny nejen připojovací a zástavbové rozměry, ale i informace o potřebném šroubení na připojení hadic. Všechny hydromotory kategorie MP mají většinu rozměrů stejných. Jen maximální délka se liší podle velikosti hydromotoru.

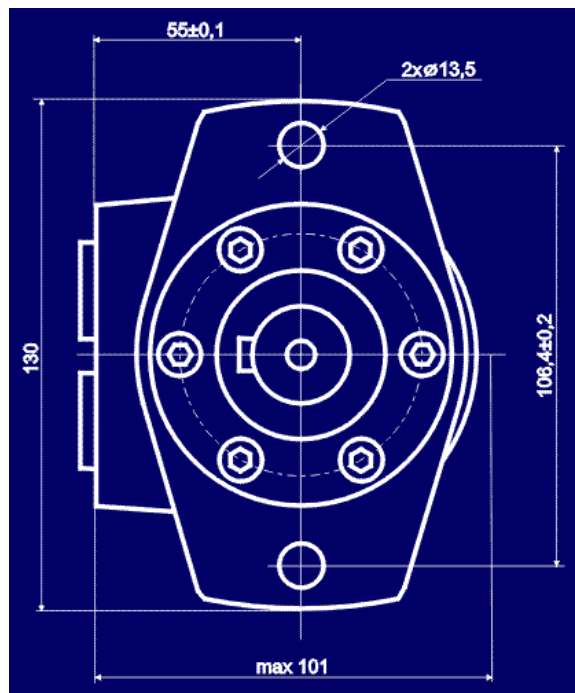
Maximální délka pro hydromotor MP 50:

$$\max L = 135,6 \text{ mm}$$



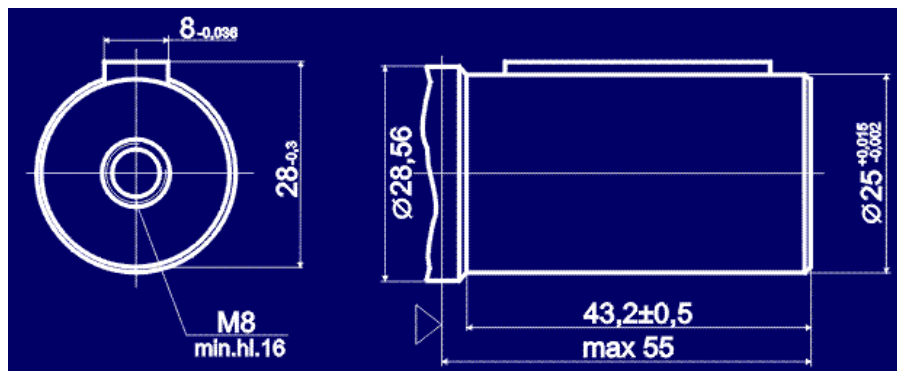
obr. 27.: Zástavbové rozměry hydromotoru (zdroj: [www.hydromotory.cz](http://www.hydromotory.cz))

Zde jsou informace od výrobce potřebné k uchycení hydromotoru na rám stroje. Poloha děr a otvory pro šrouby, z kterých, podle normy ČSN 02 1050, vyplývají potřebné šrouby M12.



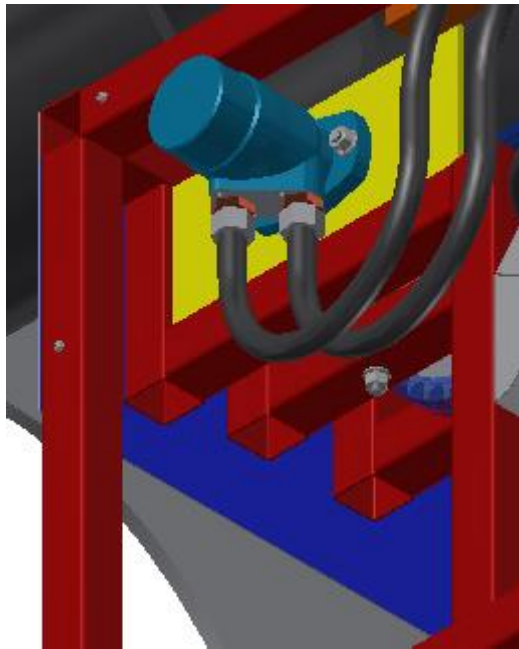
obr. 28.: přípojovací rozměry hydromotoru (zdroj: www.hydromotory.cz)

Výstupní hřídel z motoru je dodávána včetně vhodného pera.



obr. 29.: Výstupní hřídel z hydromotoru (zdroj: www.hydromotory.cz)

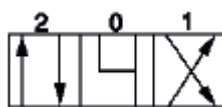
Připojení hydromotoru (na obr. 30 znázorněn modrou barvou) k rámu stroje je určeno konstrukcí hydromotoru (dle obr. 28). Pomocí dvou šroubů M12x40 (na obr. 30 znázorněn šedou barvou) je hydromotor připevněn k desce (na obr. 30 znázorněn žlutou barvou), která je přivařena k rámu (obr. 30).



obr. 30.: Upevnění hydromotoru k rámu (zdroj: autor)

### 3.6.2 Volba rozdělovače

Rozdělovač musí mít tři polohy. V první poloze se hydromotor otáčí vpravo, v druhé poloze hydromotor stojí a ve třetí poloze se hydromotor otáčí vlevo. Do rozdělovače vedou dvě hadice od zdroje tlakové kapaliny (traktor) a dvě hadice do hydromotoru. Je tedy potřeba třípolohový čtyřcestný rozdělovač.



obr. 31.: Schéma rozdělovače (zdroj: [www.ama-zahrada.cz](http://www.ama-zahrada.cz))

Ovládání rozdělovače může být manuální (páčkové, tlačítkové) nebo elektrické. Pro ovládání rozdělovače balícího stroje je vhodné manuální ovládání páčkou.

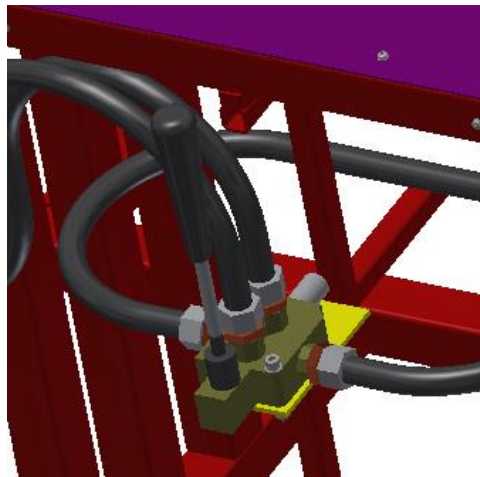
Rozdělovač musí být navržen tak, aby splňoval požadované parametry, což jsou průtok a maximální tlak, který vyvine agregát.

Volím jednopáčkový dvoučinný rozdělovač S pro orbitální motory, který má průtok 50 l/min a maximální tlak 200 bar a závity pro připojování hadic G 3/8 A.



obr. 32.: Jednopáčkový dvoučinný rozdělovač (zdroj: [www.ama-zahrada.cz](http://www.ama-zahrada.cz))

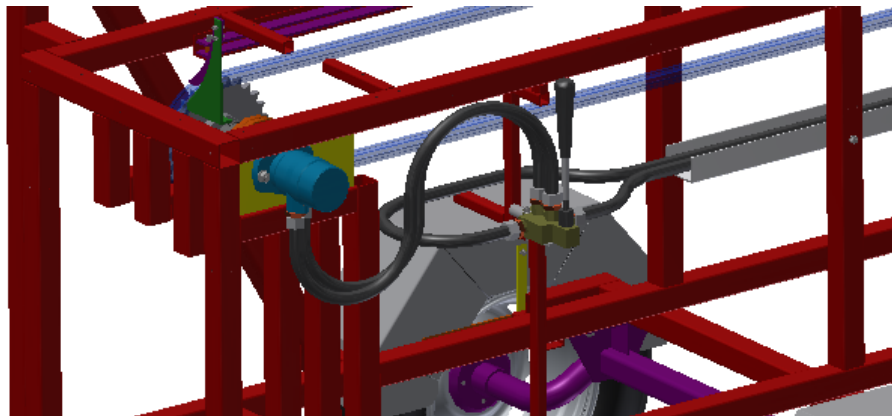
Rozdělovač je přišroubován dvěma šrouby M8x55 k desce, která je přivařena k rámu. Takto je zajištěna nehybná poloha rozdělovače.



obr. 33.: Upevnění rozdělovače k rámu (zdroj: autor)

### 3.6.3 Návrh hydraulických hadic a šroubení

Hydraulické hadice (na obr. 34 zobrazeny černou barvou) slouží pro dopravu hydraulického média od zdroje k rozdělovači a z rozdělovače dále k hydromotoru.



obr. 34.: Hydraulické hadice (zdroj: autor)

Výchozí parametry pro volbu hydraulických hadic jsou pracovní tlak  $p_p$  a dodávka čerpadla  $\dot{V}$ . Pracovní tlak a průtok použitý k návrhu hydraulických hadic byl zjištěn z katalogu prodejce traktorů Zetor Proxima. Jedná se o pracovní tlak hydrauliky traktoru, a zároveň je to největší tlak vyskytující se v hydraulickém obvodu [10].

$$p_h = 19 \text{ MPa}$$

$$\dot{V} = 50 \text{ l/min} = 0,833 \cdot 10^{-3} \text{ m}^3/\text{s}$$

Vnitřní průměr hadice byl zvolen:

$$d_H = 12 \text{ mm}$$

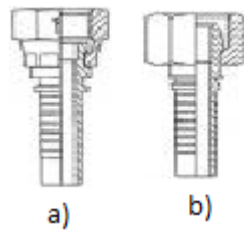
Rychlost média v hadici:

$$v_m = \frac{\dot{V}}{S} = \frac{\dot{V}}{\frac{\pi d_H^2}{4}} = \frac{0,833 \cdot 10^{-3}}{\frac{\pi \cdot 0,012^2}{4}} = 7,36 \text{ m/s} \quad (3.47)$$

Hydraulické hadice byly zvoleny od firmy BROUK SERVIS, kde byla vybrána dvouplášťová hadice HD 212 - EN 853 2SN určená k přepravě vody nebo oleje pro pracovní teploty  $-40 \div 100^\circ\text{C}$  a pro pracovní tlak 275 bar. Součástí hadice jsou dvě koncovky.

Levá koncovka DKR-F-B. S. P. s převlečnou maticí se závitem G 1/2 A (obr. 35 a).

Pravá koncovka DKL s převlečnou maticí se závitem M22x1,5 a těsnícím kuželem  $24^\circ/60^\circ$  (obr. 35 b).



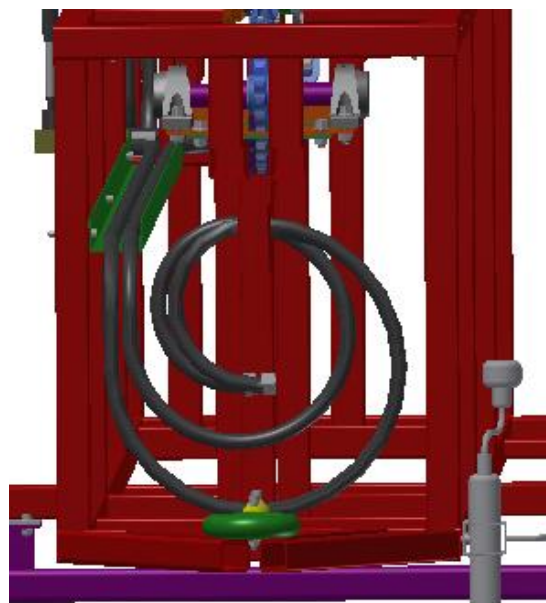
obr. 35.: Koncovky hydraulických hadic (zdroj: [www.hadice-loziska.cz](http://www.hadice-loziska.cz))

Pro připojení hadic k rozdělovači a hydromotoru je nutné použít vhodné šroubení. Je potřeba použít dva typy šroubení. První pro spojení hadice a rozdělovače je zvoleno šroubení A-E (obr. 36 b) s dvěma různými závity G 3/8 / G 1/2. Druhé pro připojení hadice k hydromotoru šroubení XE-L (obr. 36 a) se závitem M22x1,5 na obou koncích.



obr. 36.: Šroubení (zdroj: [www.hadice-loziska.cz](http://www.hadice-loziska.cz))

Je nutné zajistit uložení a ochranu hadic vedoucí od hydrogenerátoru k rozdělovači a zpět. Pro tuto funkci byl zvolen hliníkový U-profil 80x50x3 – 3500 od firmy A+A Pardubice spol (na obr. 37 znázorněn zelenou barvou). U-profil je přišroubován k rámu a hadice jsou jím taženy jako korytem (obr. 37).



obr. 37.: Uložení hadic v U-profilu (zdroj: autor)

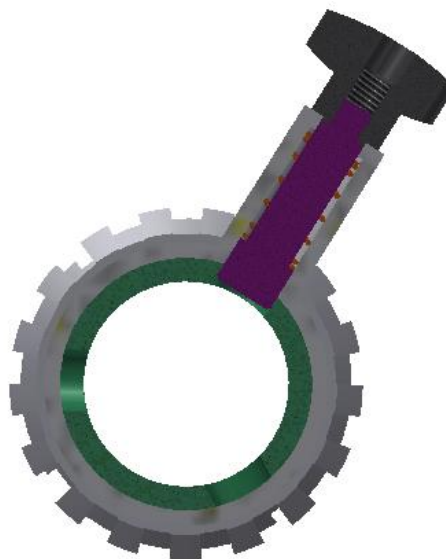
### 3.7 Konstrukce polohovacího mechanismu balících kornoutů

Balící kornouty jsou jednou z nejdůležitějších součástí balícího stroje. Pro konstrukci tohoto balícího stroje byly zvoleny 3 balící kornouty, o vnitřních průměrech 250, 350 a 450 mm, nakupované od firmy Valdman. Pro zajištění snadné a rychlé výměny kornoutů bez použití množství náradí byl realizován rotační mechanismus (obr. 38).



*obr. 38.: Rotační mechanismus polohovače balících kornoutů (zdroj: autor)*

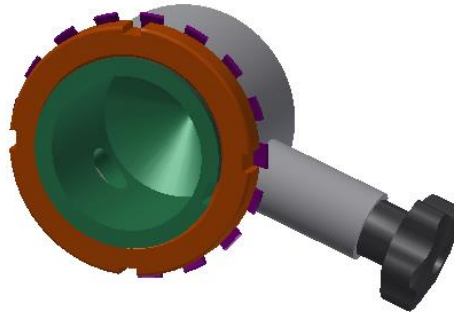
Pro zajištění správné polohy je mechanismus zajištěn výsuvným čepem (na obr. 39 znázorněn fialovou barvou), který je vracen do své pracovní polohy pružinou (na obr. 39 znázorněna oranžovou barvou).



*obr. 39.: Zajištění polohovacího mechanismu (zdroj: autor)*



Rotační pohyb je zajištěn kluzným ložiskem, které je axiálně zajištěno KM maticí a MB podložkou (obr. 40).



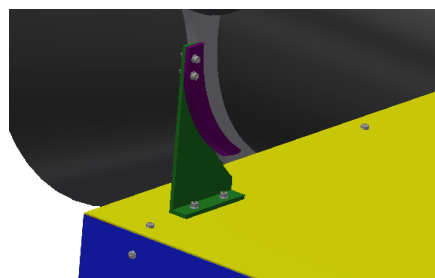
*obr. 40.: Zajištění kluzného ložiska (zdroj: autor)*

Síť, do které se stromek balí je z počátku natažena na balící kornout, ze kterého je stažena na stromek. Na stromek se síť stahuje v momentu, kdy je stromek protahován skrze balící kornou. To, aby síť byla na stromek natažena rovnoměrně, zajišťuje kombinace brzdícího kruhu a brzdící gummy (obr. 41).



*obr. 41.: Použití brzdícího kruhu a brzdící gummy (zdroj: [11])*

Po protažení stromku se musí síť, navlečená na stromek, odříznout od zbytku sítě, která je na balícím kornoutu. Odříznutí sítě provádí obsluha stroje za pomoci odřezávací nože (obr. 42), který je umístěn co nejbližší k balícím kornoutům.



*obr. 42.: Odřezávací nůž na síť (zdroj: autor)*

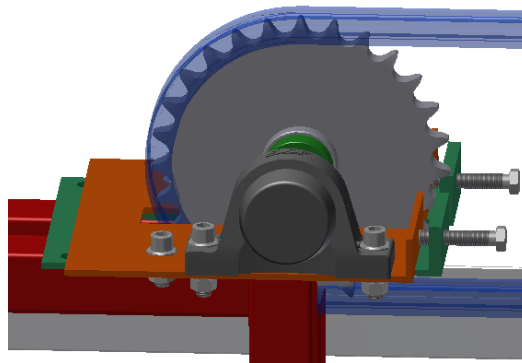


### 3.8 Napínání řetězu

Pro svou správnou funkci nesmí být řetěz prověšen. Při montáži tomu tak není, a proto se musí zajistit jeho napínání.

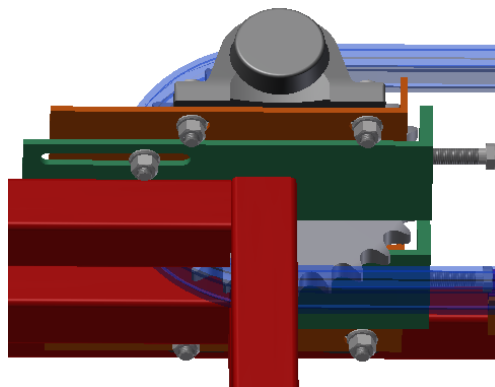
Pro napnutí řetězu musí být jedno z řetězových kol pohyblivé. Pohybovat s hnacím řetězovým kolem není vhodné, protože je napevno spojeno s motorem, a tudíž by se muselo pohybovat s celou soustavou. Proto je napínání realizováno na hnaném řetězovém kole.

Pro zajištění nehybné polohy ložiskových domků a s nimi i hřídele hnaného řetězového kola musí být posouvána celá deska, na které jsou přišroubovány ložiskové domky (na obr. 43 znázorněna oranžovou barvou). Celá realizace napínání řetězu je zobrazena na obr 43.



obr. 43.: Napínání řetězu (zdroj: autor)

Posuvný pohyb je zajištěn dvěma šrouby M12. Aby se vůči sobě mohly desky posouvat, musí být v desce, která je přivařena k rámu (na obr. 44 znázorněna zelenou barvou), drážky. V drážkách se můžou šrouby, které spojují obě desky, posouvat dle potřeby (obr. 44).

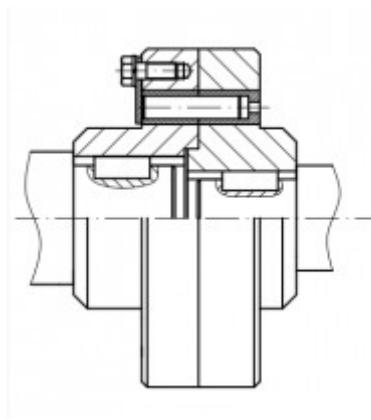


obr. 44.: Drážky pro pohyb šroubů při napínání řetězu (zdroj: autor)

### 3.9 Návrh pojistné spojky

Pojistná spojka patří mezi mechanické spojky s tvarovým stykem. Je uložena mezi výstupní hřídelí motoru a hnací hřídelí. Jejím účelem je přerušit přenos krouticího momentu při přetížení provozu, a tím zajistit ochranu dalších částí mechanismu (např. řetězu, uchopovacího ramene, atd.) před poškozením, v případě že se stane něco nepředvídatelného [9].

Pro svou jednoduchou konstrukci a rychlou výměnu střížného elementu byla zvolena střížná spojka s jedním střížným kolíkem.



obr. 45.: Skica pojistné spojky (zdroj: www.autodesk.c-agency.cz)

Určení přibližné polohy střížného kolíku:

$$D'_s = 2,7 \cdot d_h = 2,7 \cdot 35 = 94,5 \text{ mm} \quad (3.48)$$

Dovolený moment:

$$\tau_k = \frac{M_k}{W_k} = \frac{M_k}{\frac{\pi(d_h - t)^3}{16}} \leq \tau_D \quad (3.49)$$

$$M'_{kD} = \tau_D \frac{\pi(d_h - t)^3}{16} = 25 \cdot \frac{\pi(35 - 4,7)^3}{16} = 136\,551,9 \text{ Nmm} \quad (3.50)$$

$$\text{volím } M_{kD} = 136\,550 \text{ Nmm}$$

Předběžné určení síly k přestřížení kolíku:

$$F'_s = \frac{M_{kD}}{\frac{D'_s}{2}} = \frac{136\,550}{\frac{94,5}{2}} = 2\,889,95 \text{ N} \quad (3.51)$$

Určení materiálu a průměru kolíku

Materiál kolíku volím 11 140 ( $R_m = 570 \div 750 \text{ MPa}$ )

$$\tau_{DS} = 0,6 \cdot R_m = 0,6 \cdot 570 = 342 \text{ MPa} \quad (3.52)$$

$$\tau_s = \frac{F_s'}{S'} \geq \tau_{DS} \Rightarrow S' = \frac{F_s'}{\tau_{DS}} = \frac{2\,889,95}{342} = 8,45 \text{ mm}^2 \quad (3.53)$$

Předběžný průměr kolíku:

$$S' = \frac{\pi d_k'^2}{4} \Rightarrow d_k' = \sqrt{\frac{4 \cdot S'}{\pi}} = \sqrt{\frac{4 \cdot 8,45}{\pi}} = 3,28 \text{ mm} \quad (3.54)$$

volím normalizovaný průměr kolíku  $d_k = 3 \text{ mm}$

Určení přesné polohy kolíku:

$$S = \frac{\pi d_k^2}{4} = \frac{\pi \cdot 3^2}{4} = 7,069 \text{ mm}^2 \quad (3.55)$$

Přesná síla k přestřižení

$$F_s = S \tau_{DS} = 7,069 \cdot 342 = 2\,417,456 \text{ N} \quad (3.56)$$

Přesná poloha kolíku

$$M_{kD} = F_s \frac{D_s}{2} \Rightarrow D_s = \frac{2 \cdot M_{kD}}{F_s} = \frac{2 \cdot 136\,550}{2\,417,456} = 112,97 \text{ mm} \quad (3.57)$$

volím střižný průměr  $D_s = 113 \text{ mm}$

Výpočet potřebné délky kolíku (určení z otláčení):

$$p = \frac{F_s}{S} = \frac{F_s}{d_k l_k} \leq p_D = 120 \text{ MPa} \quad (3.58)$$

$$l_k = \frac{F_s}{d_k p_D} = \frac{2\,417,456}{3 \cdot 120} = 6,71 \text{ mm} \quad (3.59)$$

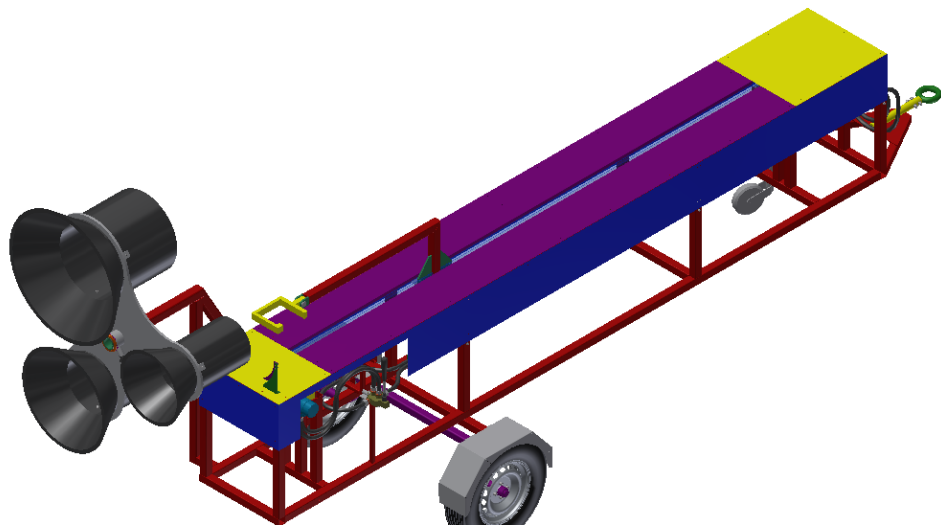
volím normalizovanou délku  $l_k = 24 \text{ mm}$

Vypočítaným a určeným rozměrům odpovídá KOLÍK 3x24 B ISO 2338 – St

### 3.10 Krycí plechy balicího stroje

Rám stroje musí být pro bezpečnost a ochranu pohyblivých částí stroje oplechován. Plechy na vrchní části stroje slouží také jako pracovní deska při balení stromků.

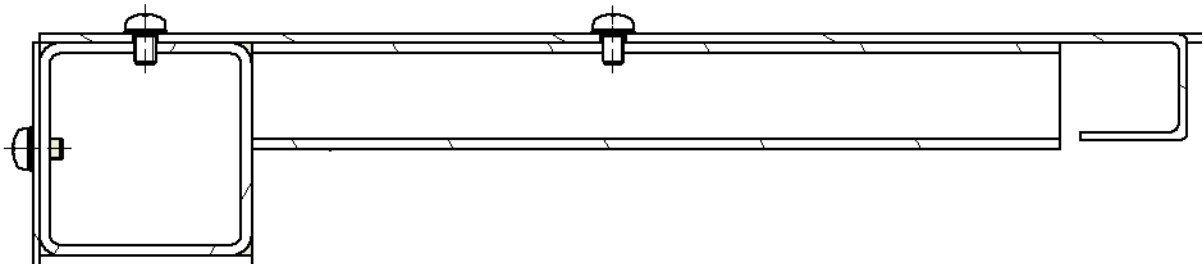
Plechy po obvodu rámu (na obr. 46 znázorněny modrou barvou) jsou obyčejné obdélníkové plechy. Počet šroubů se liší podle velikosti plechu. Aby plechy odolaly vnějším vlivům je třeba je ošetřit ochranným nátěrem. Síla krycích plechů po obvodu stroje je 1,5 mm.



obr. 46.: Krycí plechy stroje (zdroj: autor)

Plechy, kterými je rám přikryt z vrchu, jsou na obou koncích obdélníkové (na obr. 46 znázorněny žlutou barvou).

Plechy po délce vedení (na obr. 46 znázorněny fialovou barvou) musí být, z důvodu namáhání vahou zabaleného stromku, speciálně tvarované a podepřené profily čtvercového průřezu, které jsou přivařeny na rám stroje dle obr 47.

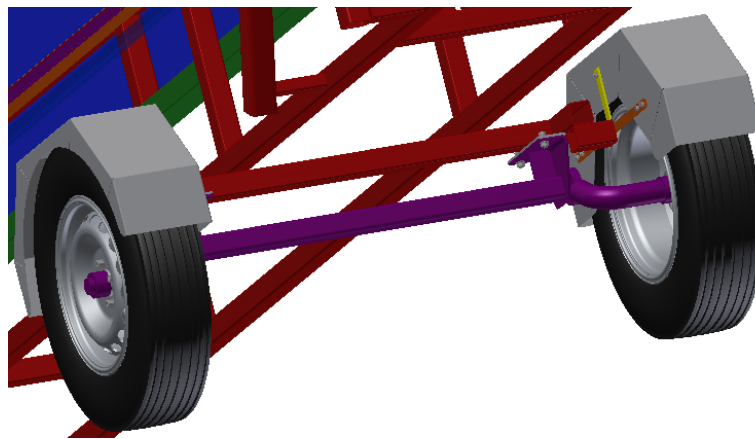


obr. 47.: Připevnění speciálně tvarovaného plechu na rám stroje (zdroj: autor)

### 3.11 Zařízení pro přepravu stroje

Pro dopravu zařízení musí být rám opatřen nápravou, koly a tažným okem, za které je stroj zapřažen za traktor.

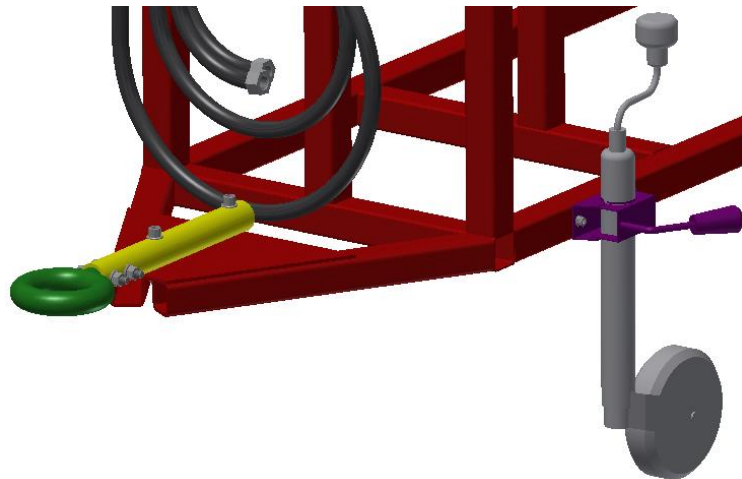
Nápravy se dají rozdělit na dva typy, brzděné a nebrzděné. Pro konstrukci byla zvolena nebrzděná náprava VG7L b- 800 c-1230 100x4 (na obr. 48 znázorněna fialovou barvou). Kompletní kola byla zvolena, s ohledem na typ a velikost nápravy, čtrnáctipalcová. Kompletní označení kol u prodejce je 185 R14C 104N 5,5x14 4x100 ET30. Kolo je doplněno o pozinkovaný blatník šířky 220 mm určeným právě pro čtrnáctipalcová kola (na obr. 48 znázorněn šedou barvou).



obr. 48.: Umístění nápravy, kol a blatníků (zdroj: autor)

Pro připojení balícího stroje za traktor bylo zvoleno tažné oko (na obr. 49 znázorněno zelenou barvou), které zaručuje jednoduché, rychlé a spolehlivé připojení. Tažné oko samo o sobě nelze připojit na rám. Připojení je znázorněno na obr.

Je třeba zajistit i možnost přepravy na menší vzdálenosti například při uskladnění. K tomuto účelu bylo zvoleno opěrné kolečko ST 48/200VB (na obr. 49 znázorněno šedou barvou) doplněné o drážku pro opěrné kolečko KLE/48 (na obr. 49 znázorněno fialovou barvou).



*obr. 49.: Umístění tažného oka, opěrného kolečka a dřížky pro opěrné kolečko (zdroj: autor)*

Všechny části zmíněné v této kapitole jsou nakupované části. Katalogové čísla odpovídají katalogům prodejce Agados TRAILERS.

## 4 Závěr

V této bakalářské práci bylo navrženo konstrukční řešení balícího stroje na vánoční stromky v maximální délce 2,5 m.

Byla navržena svařovaná konstrukce rámu stroje. Jako stavební prvky pro rám stroje byly zvoleny tenkostěnné profily čtvercového průřezu. Rám stroje byl přizpůsoben následné snadné montáži dalších konstrukčních prvků.

Pohon stroje byl zvolen hydraulický. Zdrojem tlakové kapaliny je traktor, který slouží také pro přepravu stroje na místo určení. Na stroji se nachází hydraulický rozdělovač a rotační hydromotor. Rozdělovač s hydromotorem tvoří, spolu s generátorem tlakové kapaliny umístěným na traktoru, uzavřený hydraulický obvod potřebný k pohonu uchopovacího mechanismu stroje.

Z hydromotoru je krouticí moment přenesen, přes pojistnou střížnou spojku, na hnací hřídel uložený ve dvou ložiskových jednotkách. Na hřídeli je nasazené řetězové kolo. Druhé řetězové kolo o stejném roztečném průměru je nasazeno na hnané hřídeli, která je uložena také ve dvou ložiskových jednotkách. Přenos krouticího momentu z hřídele na náboj je realizován prostřednictvím těsných per. Ložiskové jednotky hnané hřídele jsou upevněny na mechanismu určeném k napínání řetězu. Řetěz je přerušen a oběma konci připevněn k uchopovacímu mechanismu.

Pro uchopení kmene stromku bylo zvoleno mechanické vzepření v oku. Rameno uchopovacího mechanismu je poháněno řetězovým převodem a uloženo v pojezdovém mechanismu.

Uchopovací mechanismus svým přímočarým vratným pohybem protahuje stromek skrz balící kornout. Z balícího kornoutu je pohybem stromku postupně stahována na stromek balící síť. V navrhované konstrukci jsou balící kornouty tři. Jsou umístěny na rotačním polohovacím mechanismu.

Rám stroje je oplechován z důvodu ochrany pohyblivých částí stroje a ochrany obsluhy.

Všechny konstrukční uzly byly početně zkontrolovány a vyhovují. Veškeré body zadání této bakalářské práce byly splněny.

## Seznam použité literatury

- [1] **HUBER LANDTECHNIK.** *www.huber-landtechnik.de* [Online] Huber Landtechnik. [Citace: 9. Březen 2015].  
<http://www.huber-landtechnik.de/produkte/christbaumverpacker>
- [2] **LEINVEBER, Jan a VÁVRA, Pavel.** *Strojnické tabulky.* Úvaly: Albra. 2008. ISBN 978-80-7361-051-7.
- [3] **VALÁŠEK, M., STEJSKAL, V., BŘEZINA, J.** *Mechanika A.* Praha: ČVUT, 2004. ISBN 978-80-01-02890-2
- [4] **KUGL, O. a kol.** *Projekt – III. ročník.* Praha: ČVUT, 2005. ISBN 80-010-1638-2.
- [5] **SKF CZ, a.s.** *www.skf.com. SKF Group.* [Online] SKF Group. [Citace: 10. Březen 2015].  
[http://www.exvalos.cz/soubory/File/Hlavni\\_katalog\\_SKF/6000\\_CS\\_01\\_Kulickova%20loziska.pdf](http://www.exvalos.cz/soubory/File/Hlavni_katalog_SKF/6000_CS_01_Kulickova%20loziska.pdf)
- [6] **HUBER LANDTECHNIK.** *www.youtube.com* [Online] Huber Landtechnik, 2. Květen 2012 [Citace: 9. Březen 2015].  
<https://www.youtube.com/watch?v=yHqig6CDaq4>
- [7] **MY HOME REFERENCE.** *www.iraidaconstruction.com* [Online] Iraidia Constuction [Citace: 9. Březen 2015].  
<http://www.iraidaconstruction.com/elkin-christmas-tree-baler/>
- [8] **SUNE NORSKER.** *www.youtube.com* [Online] Sune Norsker, 14. Duben 2011 [Citace: 9. Březen 2015].  
<https://www.youtube.com/watch?v=V3IEuSaRPLI>
- [9] **KŘÍŽ, R.** *Stavba a provoz strojů I: části strojů - pro 2. roč. SPŠ. Část 2.* Praha: Vydavatelství Scientia, 1996. 81 s. ISBN 80-7183-038-0.
- [10] **ÚSTAV KONSTRUOVÁNÍ A ČÁSTÍ STROJŮ, FS, ČVUT v Praze.** *www.seps.fs.cvut.cz* [Online] České vysoké učení technické v Praze. [Citace: 25. Duben 2015].  
[https://studium.fs.cvut.cz/studium/u12113/SK4/03C\\_P%C5%99ehled%20hydrauliky%20-%20prezentace.ppt](https://studium.fs.cvut.cz/studium/u12113/SK4/03C_P%C5%99ehled%20hydrauliky%20-%20prezentace.ppt)
- [11] **VALDMAN FRANTIŠEK.** *www.stromkyvanocni.cz* [Online] Valdman František. [Citace: 25. Duben 2015]. [http://www.stromkyvanocni.cz/stroje\\_a\\_naradi.php](http://www.stromkyvanocni.cz/stroje_a_naradi.php)



## Seznam obrázků

obr. 1.:	Balící síť (zdroj: <a href="http://www.odetka.cz">www.odetka.cz</a> ).....	8
obr. 2.:	Balící stroj s pracovním pohybem přímočarým (zdroj: <a href="http://www.natupo.com">www.natupo.com</a> ).....	9
obr. 3.:	Balící kornouty (zdroj: <a href="http://www.natupo.com">www.natupo.com</a> ).....	10
obr. 4.:	Odříznutí balící sítě (zdroj: [1]).....	11
obr. 5.:	Hydraulické kleště.....	11
obr. 6.:	Balící stroj s pracovním pohybem přímočarým a rotací kolem stromku.....	12
obr. 7.:	Rotační hlavice pro balení stromků.....	13
obr. 8.:	Tenkostěnný profil čtvercového průřezu (zdroj: [2]).....	14
obr. 9.:	Rám stroje (zdroj: autor).....	15
obr. 10.:	Úprava rámu pro tažné oko a namotání hadic (zdroj: autor).....	15
obr. 11.:	Silové schéma uchopení stromku (zdroj: autor).....	16
obr. 12.:	Uchopovací mechanismus (zdroj: autor).....	19
obr. 13.:	Uchopení stromku (zdroj: autor).....	19
obr. 14.:	Detailní řez uchopením stromku (zdroj: autor).....	20
obr. 15.:	Spojení řetězu s uchopovacím mechanismem (zdroj: autor).....	20
obr. 16.:	Uchycení kluzných destiček (zdroj: autor).....	21
obr. 17.:	Šroubový spoj kluzné destičky (zdroj: autor).....	21
obr. 18.:	Pozice L-profilů (zdroj: autor).....	22
obr. 19.:	Řez vedení osou šroubu (zdroj: autor).....	22
obr. 20.:	Upevnění podpěry vedení (zdroj: autor).....	23
obr. 21.:	Diagram pro volbu řetězu provedení B (zdroj: [2]).....	24
obr. 22.:	Uvolnění hnací hřídele (zdroj: autor).....	27
obr. 23.:	Umístění ložiskových domků hnací hřídele (zdroj: autor).....	29
obr. 24.:	Umístění ložiskových domků hnané hřídele (zdroj: autor).....	30
obr. 25.:	Ložisková jednotka SKF (zdroj: [4]).....	30
obr. 26.:	Hydromotor (zdroj: <a href="http://www.hydromotory.cz">www.hydromotory.cz</a> ).....	31
obr. 27.:	Zástavbové rozměry hydromotoru (zdroj: <a href="http://www.hydromotory.cz">www.hydromotory.cz</a> ).....	32
obr. 28.:	Připojovací rozměry hydromotoru (zdroj: <a href="http://www.hydromotory.cz">www.hydromotory.cz</a> ).....	33
obr. 29.:	Výstupní hřídel z hydromotoru (zdroj: <a href="http://www.hydromotory.cz">www.hydromotory.cz</a> ).....	33
obr. 30.:	Upevnění hydromotoru k rámu (zdroj: autor).....	34

obr. 31.: Schéma rozdělovače (zdroj: <a href="http://www.ama-zahrada.cz">www.ama-zahrada.cz</a> ).....	34
obr. 32.: Jednopáčkový dvoučinný rozdělovač (zdroj: <a href="http://www.ama-zahrada.cz">www.ama-zahrada.cz</a> ).....	35
obr. 33.: Upevnění rozdělovače k rámu (zdroj: autor).....	35
obr. 34.: Hydraulické hadice (zdroj: autor).....	36
obr. 35.: Koncovky hydraulických hadic (zdroj: <a href="http://www.hadice-lozuska.cz">www.hadice-lozuska.cz</a> ).....	37
obr. 36.: Šroubení (zdroj: <a href="http://www.hadice-lozuska.cz">www.hadice-lozuska.cz</a> ).....	37
obr. 37.: Uložení hadic v U-profilu (zdroj: autor).....	37
obr. 38.: Rotační mechanismus polohovače balčích kornoutů (zdroj: autor).....	38
obr. 39.: Zajištění polohovacího mechanismu (zdroj: autor).....	38
obr. 40.: Zajištění kluzného ložiska (zdroj: autor).....	39
obr. 41.: Použití brzdícího kruhu a brzdící gumy (zdroj: [6]).....	39
obr. 42.: Odřezávací nůž na síť (zdroj: autor).....	39
obr. 43.: Napínání řetězu (zdroj: autor).....	40
obr. 44.: Drážky pro pohyb šroubů při napínání řetězu (zdroj: autor).....	40
obr. 45.: Skica pojistné spojky (zdroj: <a href="http://www.autodesk.c-agency.cz">www.autodesk.c-agency.cz</a> ).....	41
obr. 46.: Krycí plechy stroje (zdroj: autor).....	43
obr. 47.: Připevnění speciálně tvarovaného plechu na rám stroje (zdroj: autor).....	43
obr. 48.: Umístění nápravy, kol a blatníků (zdroj: autor).....	44
obr. 49.: Umístění tažného oka, opěrného kolečka a drážky pro opěrné kolečko (zdroj: autor).....	45

## Seznam symbolů

$a$	[ $mm$ ]	šířka uchopovacího oka
$b$	[ $mm$ ]	rozměr uchopovacího oka
$C$	[ $N$ ]	dynamická únosnost ložiska
$D_0$	[ $mm$ ]	průměr uchopovacího oka
$D_s$	[ $mm$ ]	průměr polohy střižného kolíku
$d_1$	[ $mm$ ]	průměr roztečné kružnice řetězového kola
$d_h$	[ $mm$ ]	průměr hřídele
$d_k$	[ $mm$ ]	průměr střižného kolíku
$d_s$	[ $mm$ ]	průměr kmene stromku
$F$	[ $N$ ]	protahovací síla
$F_c$	[ $N$ ]	výpočtová síla pro trvanlivost ložisek
$F_s$	[ $N$ ]	střižná síla
$h$	[ $mm$ ]	nejmenší vzdálenost stromku od osy čepu
$k_{\check{r}}$	[–]	bezpečnost řetězu
$L$	[ $mm$ ]	vzdálenost ložisek
$L_h$	[ $hod$ ]	trvanlivost ložisek
$l$	[ $mm$ ]	délka pera
$l_a$	[ $mm$ ]	výpočtová délka pera
$l_k$	[ $mm$ ]	délka střižného kolíku
$M_k$	[ $Nmm$ ]	Krouticí moment
$M_{omax}$	[ $Nmm$ ]	maximální ohybový moment
$\max L$	[ $mm$ ]	maximální délka hydromotoru
$N$	[ $N$ ]	normálová síla
$n_1$	[ $ot/min$ ]	otáčky řetězového kola
$P$	[ $mm$ ]	rozteč řetězu
$P_j$	[ $W$ ]	jmenovitý výkon
$P_p$	[ $W$ ]	výkon
$p$	[ $MPa$ ]	otlačení
$p_D$	[ $MPa$ ]	dovolené otlačení
$p_h$	[ $MPa$ ]	tlak hydrogenerátoru
$R$	[ $N$ ]	reakce

$S$	$[N]$	reakce na protahovací sílu
$T$	$[N]$	tečná reakce
$t$	$[mm]$	rozměr pera
$\dot{V}$	$[mm^3/s]$	průtok
$v$	$[m/s]$	rychlost řetězu
$v_m$	$[m/s]$	rychlost média v hadicích
$W_k$	$[mm^3]$	průřezový modul v krutu
$W_o$	$[mm^3]$	průřezový modul v ohybu
$y$	$[-]$	součinitel rázů pro abnormální přechodové zatížení
$z$	$[-]$	počet zubů řetězového kola
$\alpha$	$[^\circ]$	úhel natočení uchopovacího oka
$\Delta p$	$[MPa]$	tlakový spád
$\kappa_1$	$[-]$	činitel výkonu
$\mu$	$[-]$	činitel mazání
$\mu_a$	$[-]$	součinitel adhezního tření
$\sigma_o$	$[MPa]$	napětí v ohybu
$\sigma_{red}$	$[MPa]$	redukované napětí
$\tau_{Dk}$	$[MPa]$	dovolené napětí v krutu
$\tau_k$	$[MPa]$	napětí v krutu
$\varphi$	$[-]$	činitel provedení řetězu
$\omega$	$[rad/s]$	úhlová rychlost řetězu

## Seznam příloh

Příloha 1 – Výkres sestavení pohonu a zařízení (název: BALÍČÍ STROJ)

Příloha 2 – CD s kompletní bakalářskou prací