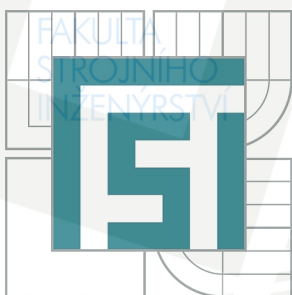


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

VYSOKÉ  
UČENÍ  
TECHNICKÉ  
V BRNĚ



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ  
ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO  
INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING  
INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

## NÁVRH ROBOTICKÉ BUŇKY PRO AUTOMATICKOU MANIPULACI - EXPEDICI PIVNÍCH SUDŮ A PŘEPRAVEK

ROBOTIC CELL DESIGN FOR AUTOMATED MANIPULATION - EXPEDITION OF BEER BARRELS  
AND BOTTLE CRATES

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

ADAM SLOVÁČEK

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. ALEŠ POCHYLÝ

BRNO 2010



Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav automobilního a dopravního inženýrství

Akademický rok: 2009/2010

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

student(ka): Adam Slováček

který/která studuje v **bakalářském studijním programu**

obor: **Stavba strojů a zařízení (2302R016)**

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

### **Návrh robotické buňky pro automatickou manipulaci - expedici pivních sudů a přepravek**

v anglickém jazyce:

### **Robotic cell design for automated manipulation - expedition of beer barrels and bottle crates**

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Cílem je navrhnout koncepci plně automatizovaného, bezobslužného pracoviště ve formě expediční linky pivních sudů (20l, 30l a 50l) a přepravek (o 20lahvích).

Cíle bakalářské práce:

1. Návrh koncepce automatické expediční linky pivních sudů a přepravek na základě specifikovaných parametrů (typy sudů a přepravek, požadovaný výkon linky, požadavky na řízení apod.).
2. Návrh vhodného typu průmyslového robotu.
3. Návrh vhodného koncového efektoru pro požadované operace se sudy a přepravkami.
4. Návrh vhodné koncepce řízení linky.
5. Návrh bezpečnostních prvků pro zabezpečení celého pracoviště.

Seznam odborné literatury:

- PIRES, J. N. Industrial Robots Programming: Building Applications for the Factories of the Future. Springer, 2007. 282 s. ISBN 978-0-387-23325-3
- WOLF, A., STEINMANN, R. SCHUNK, H. Grippers in Motion: The Fascination of Automated Handling Tasks. Springer, 2005. 242 s. ISBN 978-3-540-27718-7
- SICK, Bezpečnostní kategorie dle ČSN EN 954-1.
- SICK, Safety Pocket Reader: NORMY V EVROPĚ - TEORIE A PRAXE. 2007.
- SICK, Safety Pocket Reader: Theorie und Praxis der Normen für Europa. 2007.
- SICK, Safety of machinery: Notes on the application of standards EN 62061 and EN ISO 13849-1. 2007.
- SICK, Safe machines: with opto-electronic protective devices. 2001.
- <http://www.sick.cz> (Bezpečnostní systémy)

Vedoucí bakalářské práce: Ing. Aleš Pochylý

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2009/10.

V Brně, dne 10.11.2009

L.S.



prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.  
Ředitel ústavu

doc. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.  
Děkan fakulty



VYSOKÉ  
UCENÍ  
TECHNICKÉ  
V BRNĚ

**Abstrakt :**

Z počátku je vysvětlen a popsán celý princip expediční linky včetně použitých prostředků. Pro návrh průmyslového robota jsou stanoveny požadavky. Je vybrán vhodný průmyslový robot. Jsou popsány vlastnosti robota a řeší se jeho umístění. Je popsána konstrukce již existujícího efektoru, která projde vylepšením. V řízení jsou uvedeny základní spojitosti mezi jednotlivými sekcemi a přiblížení principu celkového fungování. Ze strany bezpečnosti jsou uvedeny základní normy. Řeší se celkové zabezpečení pracoviště a možné problémy, které mohou vzniknout při provozu linky.

**Klíčová slova :**

robot, efektor, dopravník, manipulátor, mechanismus, senzor, řízení, bezpečnost

**Abstract :**

From the beginning the shipping line is described and explained together with used principles. Requirements are set for the design of the industrial robot. A suitable industrial robot is selected. The properties of the robot are described and location is being solved. The construction of existing effector which is going to go through improvement is described. In the controls are given the basic connections of sections and overview functioning. The basic standards of safety are included as well as security of the workplace and possible problems that may occur during the operation of the line.

**Keywords :**

robot, effector, conveyor, manipulator, mechanism, sensor, controls, safety

**Bibliografická citace mé práce:**

SLOVÁČEK, A. *Návrh robotické buňky pro automatickou manipulaci - expedici pivních sudů a přepravek*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2010. 32 s. Vedoucí bakalářské práce Ing. Aleš Pochylý.



VYSOKÉ  
UCENÍ  
TECHNICKÉ  
V BRNĚ

**Čestné prohlášení :**

Já, Adam Slováček prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl všechny použité prameny a literaturu.

V Brně dne : 28.5.2010

.....  
podpis



VYSOKÉ  
UCENÍ  
TECHNICKÉ  
V BRNĚ

**Poděkování :**

První poděkování patří Ing. Rudolfu Juráskovi, který mě umožnil zpracovat a nahlédnout do reálného prostředí expediční linky.

Druhé poděkování patří Ing. Tomáši Surovcovi, který mě objasnil věci týkající se řízení.

Třetí poděkování patří Ing. Aleši Pochylému, za průběžnou pomoc a připomínky k této práci.



OBSAH		9
ÚVOD		10
1	NÁVRH KONCEPCE AUTOMATICKÉ EXPEDIČNÍ LINKY	12
1.1	Princip činnosti	12
1.1.1	Výkres linky (str.32)	12
1.1.2	Blokové schéma linky	12
1.2	Typy sudů a přepravky	13
1.2.1	Sudy	13
1.2.2	Přepravky	13
1.2.3	Palety	14
1.3	Dopravníky	14
1.3.1	Dopravník linky pro příjem a výdej přepravek	14
1.3.2	Dopravník linky pro příjem a výdej sudů	15
1.3.3	Dopravník linky přepravek pro plnicí linku	15
1.3.4	Dopravník linky sudů pro plnicí linku	15
1.4	Výkon linky	16
1.4.1	Výkon plničky sudů	16
1.4.2	Výkon plničky lahví	16
1.5	Požadavky na řízení	16
1.5.1	Kalibrace sudů a přepravek	16
1.5.2	Spínače a senzory	17
1.5.3	Tlačné a posuvné mechanismy	17
1.5.4	Pohony	18
1.5.5	Manipulátory pro příjem a výdej	18
2	NÁVRH VHODNÉHO TYPU PRŮMYSLOVÉHO ROBOTU	19
2.1	Manipulační požadavky	19
2.1.1	Nosnost	19
2.1.2	Dosah a zdvih	19
2.1.3	Časy	20
2.2	Volba robota	20
2.2.1	Technická specifikace a vlastnosti	21
3	NÁVRH VHODNÉHO KONCOVÉHO EFEKTROU	22
3.1	Požadavky pro manipulaci se sudy a přepravkami	22
3.2	Ovládací prvky efektoru	22
3.3	Konstrukce	22
3.3.1	Příruba	23
3.3.2	Příčné profily	23
3.3.3	Podélné profily	23
3.3.4	Vodící drážky	23
3.3.5	Vodící profily	23
3.3.6	Svislé profily	24
3.3.7	Dotykové profily	24
3.3.8	Pantograf	24
3.3.9	Pneumatické válce	25

4	NÁVRH VHODNÉ KONCEPCE ŘÍZENÍ	.....	26
4.1	Blokové schéma řízení	.....	26
4.2	Řízení robota	.....	27
4.3	Řízení linky	.....	27
4.4	Řídící jednotka PLC	.....	27
4.4.1	Programování dráhy robota a řízení celé linky	.....	27
5	NÁVRH BEZPEČNOSTNÍCH PRVKŮ PRO ZABEZPEČENÍ PRACOVÍŠTĚ	.....	28
5.1	Zabezpečení proti vniku osob	.....	28
5.2	Zabezpečení proti chybné manipulaci při operaci	.....	28
6	ZÁVĚR	.....	29
7	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	.....	30
7.1	Odkazy	.....	30
7.2	Literatura	.....	30
8	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	.....	31
9	SEZNAM PŘÍLOH	.....	31
9.1	Obrázky	.....	31
9.2	Výkresy	.....	31
9.3	CD-ROM	.....	31
		.....	32

## ÚVOD

Tato práce se věnuje návrhu plně automatizovaného, bezobslužného pracoviště ve formě expediční linky s koncepcí malého pivovaru zaměřené na činnost expedičního robota a provozu kolem něj.

V automatizované lince jsou použity různé typy dopravníků pro přepravu palet, pivních sudů a přepravek od jejich začátku, až po expedici. Expedici zajišťuje kompletně automatizovaná linka se dvěma průmyslovými roboty, kteří dělají spojku mezi plnicí a expediční linkou. Linka je převážně zajištěna optickými senzory pro detekci polohy (palet, sudů, přepravek) a indukčními senzory pro detekci ostatních mechanismů. Pro celkovou orientaci poslouží blokové schéma a výkres linky.

Dále se věnuje návrhům vhodného typu průmyslového robota, který musí zajišťovat přepravu mezi plnicí a expediční linkou. Budou na něj kladeny požadavky ze strany manipulačních možností, pracovního dosahu a zdvihu, rychlosti práce a nosnosti pro maximální teoretickou zátěž, kterou robot bude přenášet.

Dále se věnuje návrhům vhodného typu koncového efektoru pro požadované operace se sudy a přepravkami. To bude obnášet kompletní návrh konstrukce úchopného systému, jeho dotykové části, pohonu a výpočty vhodných sil zabezpečující pevné uchopení.

Dalším bodem bude navrhnout vhodnou koncepci řízení linky. Zde budou zahrnuty veškeré snímače a senzory zabezpečující plynulý a bezproblémový chod linky přes spínače, sekce vstupu a výstupu, Profibus, řídicí systém robota a to vše bude řízeno programovatelným automatem PLC.

V konečné fázi se budeme zabývat bezpečností. Spolehlivostí chodu linky a použitými bezpečnostními prvky pro zabezpečení celého pracoviště.

## 1 NÁVRH KONCEPCIE AUTOMATICKÉ EXPEDIČNÍ LINKY

Expediční linka zajišťuje příjem prázdných a výdej naplněných sudů a přepravek. V koncepci je to tak, že přivezou prázdné sudy a přepravky uložené na paletách v počtu dvou vrstev sudů 2x3, celkově 12 sudů na paletě a čtyřech vrstvách přepravek 2x4, celkově 32 přepravek na paletě. Pomocí manipulátoru s paletami (vysokozdvížený vozík, paleták) je to odváženo do skladu, z kterého je to dále převáženo na expediční linku. Konkrétně na dopravník konstruovaný pro dopravu palet.

### 1.1 Princip činnosti

Na začátku expediční linky čili dopravníku se přepravky nebo sudy na paletách přesunou přes několik zásobních pozic, než se dostanou do pozice, kde je průmyslový robot schopný odebrat a přemísťovat sudy a přepravky na dopravník pro plnicí linku.

Z plnicí linky je to vedeno ke stejnému průmyslovému robotu, který je přemísťuje na volnou paletu, která čeká na další pozici v dopravníku a dále to pokračuje na konec expediční linky, kde je to odebráno manipulátory a odváženo do skladu.

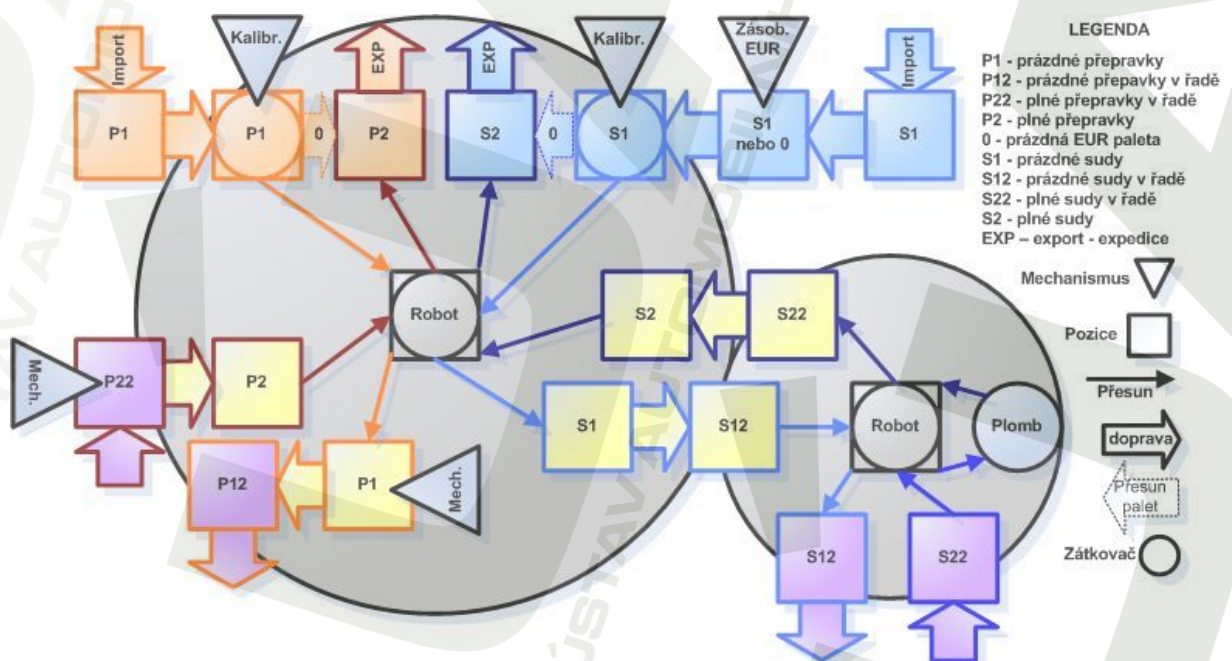
Z důvodu technologického postupu u sudů vzniká nerovnost na základě vstupu a výstupu sudů, kde u vstupu vstupují dvě řady 2x3, celkově 12 sudů na paletu a na výstupu vystupuje jen jedna řada sudů 2x3 celkem tedy 6 sudů na paletu. Tady vzniká nerovnost, kde na jeden vstup sudů přijdou dva výstupy, na které bude potřeba jedna paleta navíc pro pokrytí této nerovnosti.

#### 1.1.1 Výkres linky (str. 32)

#### 1.1.2 Blokové schéma linky



Obr.1 – Expediční linka



## 1.2

## Typy sudů a přepravky

Pro správný chod linky je potřeba si ujasnit s jakými typy sudů a přepravek budeme manipulovat, abychom na základě daných požadavků mohli navrhnout vhodné dopravníky a v našem případě návrh průmyslového robota a jeho koncového efektoru. Z těchto údajů budeme dále vycházet.

## 1.2.1

## Sudy

Dle zadání budeme manipulovat se sudy o obsahu 50, 30, 20 litrů. Sudy jsou vyráběny z nerezového materiálu Nerez 1.4301 o síle stěny 1,5 mm

Na trhu existuje více typů sudů o různých výškách a průměrech, proto jako požadavek zvolíme níže uvedené typy sudů [1] znázorněné v tabulce.

PIVNÍ SUD – NORMA a OZNAČENÍ : DIN 6647-1 PLUS KEG			
OBSAH	VÝŠKA	PRŮMĚR	HMOTNOST
50 l / 13,21 US-gal	600 mm	395 mm	ca. 12,3 kg
30 l / 7,93 US-gal	400 mm	395 mm	ca. 9,5 kg
20 l / 5,28 US-gal	330 mm	395 mm	ca. 9 kg

Z tabulky vypočteme kolik váží plný 50 l sud : 12,3 kg + 50 litrů = cca 63 kg

(pivo je z 90% voda a hustota piva při teplotě 15°C se pohybuje kolem 1,0106-1,0203 kg/litr)

Dále nás bude zajímat tvar sudu patrný z **Obr.2**. Na sudu jsou dvě kruhové sigmy o nichž předpokládáme, že nemají průměr větší než 400mm. Z průzkumu měření jsem zjistil, že odstup sigmy od horní části je různý dle typu sudu a rozestup se liší taky.



Obr.2 – Sudy PLUS KEG



Obr.3 – Přepravka

## 1.2.2

## Přepravky

Dle zadání budeme manipulovat s přepravkami o 20ti lahvích, které jsou typické pro lahve o obsahu 0,5 litrů a hmotnosti 220-240 gramů. Přepravky jsou vyráběny z plastového materiálu.

Jak u sudů, tak u přepravek existuje mnoho typů. Na rozdíl od sudů mají všechny přepravky normovaný rozměr 400x300mm. Rozdíl je v designu a v závislosti na výšce lahve, která bude do přepravky uložena. Výška přepravky se pohybuje od 266mm do 290mm.

Nyní zvolíme jeden typ přepravky **Obr.3**, který budeme používat. Pokud bychom zvolili více typů, museli bychom jako u sudů počítat s různou výškou přepravky pro manipulaci robotem. Použitá přepravka [3] : Rozměry 400x300x290mm, Hmotnost ca 2 kg, Počet lahví v přepravce 20 ks, Max. výška láhve 260mm, Max. průměr láhve 72mm

Vypočteme maximální hmotnost přepravky : 2kg + 20x(0,5 l + 0,24 kg) = ca 17 kg

### 1.2.3 Palety

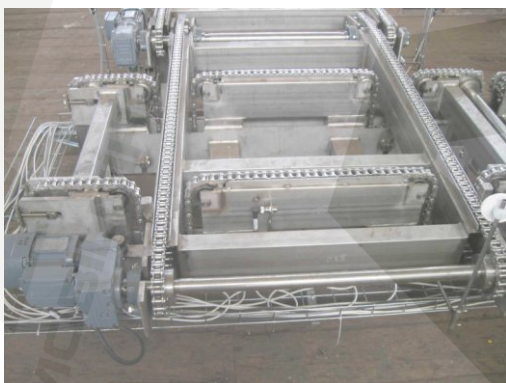
Budeme používat EUR paletu **Obr.4** o rozměrech (šířka x délka x výška) [4] 800x1200x166mm nosnost do 1500 kg. Vlastní váha palety je mezi 20–24 kg podle vlhkosti dřeva.



Obr.4 – Paleta EUR v zásobníku

### 1.3 Dopravníky

Dopravníky expediční linky budou pracovat s paletami, sudy a přepravkami. První a druhý dopravník bude před robotem. První dopravník bude dopravovat palety s přepravkami. Druhý dopravník bude dopravovat palety se sudy. Za robotem bude třetí a čtvrtý dopravník. Třetí dopravník bude dopravovat přepravky k plnicí lince a čtvrtý dopravník bude dopravovat sudy k druhému robotovi, který je bude po jednom překládat na plnicí linku. Pracovní výška všech uvedených dopravníků je 520mm.



Obr.5 – Řetězový dopravník(přechod)



Obr.6 – Pásový dopravník

#### 1.3.1 Dopravník linky pro příjem a výdej přepravek

Pro dopravu EUR palet se používá řetězový dopravník **Obr.5** s převodovým pohonem o rychlosti  $v = 0,2\text{m/s}$  a maximální zátěží 1500kg [5], což je i maximální nosnost palety. Dopravníky jsou poskládány tak, aby jednotlivé části pozic byly zatěžovány jen jednou paletou poháněné jedním elektromotorem pro zajištění automatizovaného řízení. Celkové množství pozic je 9, z toho 5 pozic je pro prázdné přepravky a 4 pro plné. Součástí dopravníku jsou rohové přechody, které zajišťují pneumatickým mechanismem nadzvednutí řetězu s paletou a po dosažení požadované polohy se spustí na jinak orientovaný dopravník. Na pozici, kde je připraven robot k odběru je zapotřebí zkalibrovat přepravky pomocí kalibračních nárazníků. Po odebrání putuje paleta na další pozici, kde je naložena a dopravena na konec expediční linky.

Kontrolní výpočet dopravníku max. 1500kg

32 plných přepravek a paleta o celkové hmotnosti  $(32 \times 17\text{kg}) + 24\text{kg} = 568\text{ kg}$

## 1.3.2 Dopravník linky pro příjem a výdej sudů

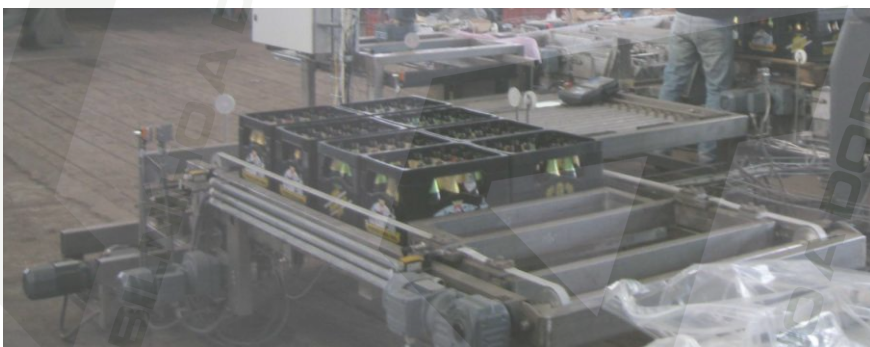
Obdobně jako u dopravníku přepravek se manipuluje s paletami, čili řetězový dopravník poháněný elektromotory s převodovkou. Součástí dopravníku jsou rohové přechody **Obr.6** a kalibrační válečky. Po příjezdu na pozici, kde je robot připraven pro odebírání činí příjem sudů 12 a výdej 6. Z důvodu nerovnosti příjmu a výdeje sudů je nutnost zabudování zásobníku palet, **Obr.4** který řeší tuto nerovnost. Celkem pozic je 10, z toho 5 je pro prázdné sudy a 5 pro plné sudy.

Kontrolní výpočet dopravníku max. 1500kg

6 plných sudů a paleta o celkové hmotnosti (6x63kg)+24kg = 402 kg

## 1.3.3 Dopravník linky přepravek pro plnicí linku

Robot nám přesune jednu řadu přepravek 2x4 a položí na sběrný dopravník přepravek pro plnicí linku **Obr.7**. Zde u vstupu použijeme válečkový dopravník a tlačný mechanismus, který bude posouvat přepravky na pásový dopravník do jedné řady. Celkem tedy 4posuny. Po naplnění nám přijíždí jedna řada z pásu k druhému sběrnému dopravníku, kde tlačný cyklický mechanismus přeneseme jednu řadu o dvou přepravkách na první pozici a na válečkovém dopravníku se přepravky přesouvají do formátu 2x4 celkem tedy 4x. Robot odebere naplněné přepravky a předá na další pozici předchozího dopravníku výdeje přepravek.



Obr.7 – Sběrný dopravník pro plnicí linku



Obr.8 – Detail k obr.6

## 1.3.4 Dopravník linky sudů pro plnicí linku

Tento dopravník slouží jako spojka mezi expedičním a malým robotem, kde expediční robot nám přesune jednu řadu sudů a položí na dopravník s 6 pásy **Obr.6**. Pásky jsou mezi sebou spojeny řetězovou spojkou, aby byl zajištěn synchronizovaný přenos tří sudů současně. Mezi přechodem pásů je vestavěn vyrovnávací válec, aby nedošlo k propadu sudu do mezery **Obr.8**. Dopravník má celkem 4 pozice pro příjem a výdej.

3 pozice pro 2x3 sudy a jednu sběrnou 1x3, kterou potřebuje pro činnost druhý robot, který to odebírá a pokládá po jednom sudu na plnicí linku, zpět odebere plný sud ozátkuje a položí na druhý výdejový dopravník, který vede zpět k expedičnímu robotu. Kapacita tohoto dopravníku je 18 sudů prázdných a 21 plných.

Osobně si myslím že tento dopravník není dostatečně vhodný k dopravě prázdných sudů. Měl by být ještě upraven pro lepší vedení sudů krajními mantinely.

1.4	Výkon linky
-----	-------------

Výkon linky je ovlivněn mnoha faktory jak rychlostí dopravníků, cyklů, zásobováním, tak rychlostí robota. Hlavním faktorem hraje vždy výkon plničky z které budeme vycházet.

1.4.1	Výkon plničky sudů
-------	--------------------

Jedna plnička pivních sudů naplní 60 sudů za hodinu. Nebere rozdíl mezi 50, 30 nebo 20 litrovým sudem. Všechny sudy plní stejně rychle.

Z toho vychází 6 sudů za 6 minutu.

Pro možnost volby si zvolíme dvě plničky, což nás omezí na 6sudů za 180s.

1.4.2	Výkon plničky lahví
-------	---------------------

Jedna plnička pivních lahví naplní 12 000 ks lahvového piva za hodinu. Přepravka má kapacitu lahví 20ks. Počet přepravek 600ks/hod

Z toho vychází 10 přepravek za minutu a 8 přepravek za 48 sekund.

1.5	Požadavky na řízení
-----	---------------------

Aby linka mohla pracovat potřebuje zdroj elektrické energie pro pohon veškerého elektrického zařízení včetně elektromotorů a pneumatické systémy pro pohon pneumatických mechanismů. Zajištěný příjem a výdej sudů a přepravek. Přesnou kalibraci pro následnou manipulaci. Spínače motorů a mechanismů. Snímače pro detekci palet sudů a přepravek. Řídící jednotku, která to vše bude řídit. A osobu, která linku zapne a případně nastaví.

1.5.1	Kalibrace sudů a přepravek
-------	----------------------------

Pro přesnou manipulaci se sudy a přepravkami je potřeba zajistit stále stejnou pozici odběru, aby průmyslový robot mohl pracovat s minimálními odchylkami. Pokud by došlo k tomu, že robot bude odbírat nekalibrované sudy, tak by to mohlo vést ke špatnému uchopení následnému usazení a docházelo by ke kolizím. Proto jsou v lince umístěny kalibrační mechanismy **Obr.9,10**. Tyto mechanismy zajistí srovnání sudů či přepravek ze všech stran. První jsou v činnosti malé čelisti poháněné elektromotorem a svírání velkých čelistí kalibrátorů je dosaženo pneumatickými válci a vodícími pojezdy s pantografem. Dotyk kalibrátoru sudů je řešen válečky a dotyk pro přepravky je z gumy.



Obr.9 – Kalibrace sudů



Obr.10 – Kalibrace přepravek

## 1.5.2 Spínače a senzory

Detekce polohy sudů, palet a přepravěk jsou nezbytnou součástí pro chod linky a následného řízení. Pro detekci palet, sudů a přepravěk budou použity optické odrazové senzory **Obr.11,12** a pro detekci polohy mechanismů použijeme indukční senzory **Obr.13** a magnetické snímač polohy pro pneumatické válce **Obr.14**. Spínače nám budou ovládat pneumatické a elektrické pohony dopravníků a mechanismů. Koncové spínače **Obr.15** budou přímo ovládat elektromotor tlačného mechanismu.



Obr.11



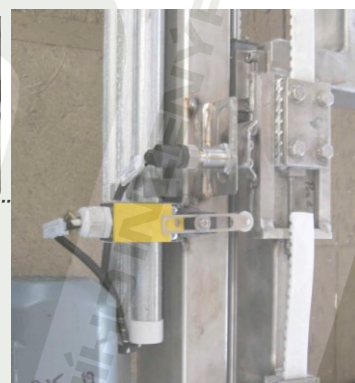
Obr.12



Obr.13



Obr.14



Obr.15

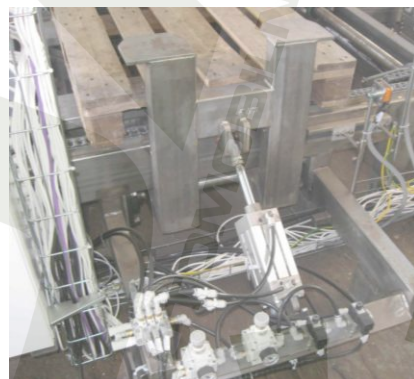
## 1.5.3 Tlačné a posuvné mechanismy

Tyto mechanismy zajišťují posun přepravěk sběrného dopravníku na pásový, kde u vstupu **Obr.16** je použit tlačný nárazník poháněný elektromotorem a po dosažení polohy sepnutím koncového spínače je vrácen na základní pozici a u výstupu je zdvihový mechanismus, který nám dvě přepravky zvedne nad pás a následně cyklickým nárazníkem přesune přepravky na sběrnou plochu **Obr.18**.

Zásobník EUR palet je ovládán pneumatickými válci a ze spodu je umístěn zdvižný mechanismus. Celkově to funguje takovým způsobem, že to nadzvedává palety, přičemž ta spodní zůstane na dopravníku a následně se přesouvá dále. **Obr.17**



Obr.16 – Přijem přepravěk



Obr.17 – Zásobník palet



Obr.18 – Výdej přepr.

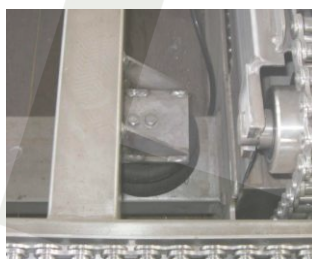
### 1.5.4 Pohony

Jako pohon dopravníků a mechanismů budou použity různé typy asynchronních elektromotorů. U dopravníků s převodovkou **Obr.19**, která zajišťuje stálou rychlost 0,2m/s. Výkony těchto elektromotorů jsou dimenzované na maximální váhu břemene 1500kg, ale to neznamená, že bychom plný výkon potřebovali všude. Budeme manipulovat s prázdnými a plnými sudy a přepravkami o různých hmotnostech, čili výkony elektromotorů mohou být různé podle váhy taženého břemene.

Dále jsou zde použity pneumatické systémy, které budou pohánět pneumatické válce a pneumatické vaky **Obr.20** pro zdvižení řetězu na rohovém přechodu. Tlaky systémů se regulují pneumatickými ventily a měří se tlakoměry **Obr.21**. Pracovní tlak systému bude dimenzován na 6bar(0,6 MPa).



Obr.19 – Elektromotor



Obr.20 – Pneu. vak



Obr.21 – Ventil a tlakoměr

### 1.5.5 Manipulátory pro příjem a výdej

Manipulátory budeme chápat robotickou buňku a vysokozdvizný vozík, který bude manipulovat s již známými paletami přepravkami a sudy. Manipulátory musí zajišťovat přenos, čili nárok bude kladen na nosnost těchto manipulátorů. Máme zde nejtěžší možný náklad 568 kg, který připadne pro vysokozdvizné vozíky s elektrickým pohonem a které standardně začínají na nosnosti od 1.5 tuny, čili zde nebude problém, jeho zdvih by měl být minimálně 800mm. Pro účelné skladování na sebe i vyšší dle skladového prostoru [5]. Pro robota bude maximální břemeno o hmotnosti 378kg, což odpovídá hmotnosti 6ti naplněných sudů.

## 2 NÁVRH VHDNÉHO TYPU PRŮMYSLOVÉHO ROBOTU

Návrh expedičního robota bude zahrnovat manipulační požadavky, jako počet os, na kterých se otáčí, do jakých pozic je schopný najíždět a s jakou přesností. Pracovní dosah a zdvih. Maximální nosnost břemene a efektivitu v podobě dostatečné rychlosti manipulace se sudy a přepravkami, aby nedocházelo k omezování výkonu plnicích linek.

### 2.1 Manipulační požadavky

Robot musí zajistit přenos jedné vrstvy ze čtyř 2x4 nenaplněných přepravek a jedné vrstvy 2x3 nenaplněných sudů z palety, na které jsou dvě vrstvy sudů, čili zajišťovat přenos z řetězového dopravníku na sběrný dopravník, který dále pokračuje k plnicí lince a zpětně odebírat plných 2x3 sudů na paletu a čtyř vrstev 2x4 naplněných přepravek. Zde bude potřeba zahrnout rozmístění dopravníků tak, aby manipulační prostor čili pracovní dosah robota byl dostačující pro tuto práci.

Po robotovi budeme požadovat, aby břemeno z jedné pozice přesunul do druhé pozice. Požadujeme, aby se robot otáčel, zajišťoval svislý zdvih a mohl otáčet s břemenem.

Na to bude potřeba čtyř os. První osa pro otáčení. Druhá osa pro rotaci břemene. A pro svislý zdvih budou potřeba další dvě osy.

Dále požadujeme, aby byl robot schopen koordinovat svoje pohyby v určitých tolerancích, přesnost braní a pokládání. Tím se zajistí přesný odběr a pokládání i po dlouhodobém opakování. Taky zahrneme i případné odstředivé síly, které mohou způsobovat zvýšení síly potřebné k pevnému uchopení, aby nedošlo k propadu břemene nebo naklonění břemene a ovlivnit manipulační prostor.

#### 2.1.1 Nosnost

Robot bude manipulovat s šesti sudy o hmotnosti 378kg nebo osmy přepravkami o hmotnosti 136kg. Toto ale není konečná zátěž. Musíme zde ještě přičíst váhu koncového efektor, kterou předběžně stanovíme.

Máme brát plochu o rozměrech 800x1200mm a výšku, kterou určíme na polovinu výšky 50ti litrového sudu což je 300mm, přičteme rezervy pro přírubu ca 200mm a pro tělo s válci ca 400mm. Celkově tedy máme předběžný rozměr 800x1200x900mm což je poměrně velký rozměr, který musíme zohlednit při volbě vhodného robota. Přičteme ca 250kg a celkově budeme hledat robota s minimální nosností 628kg.

#### 2.1.2 Dosah a zdvih

Robot bude najíždět shora na přepravky o výšce čtyř vrstev a dvou vrstev sudů. Výška čtyř vrstev přepravek je 4x290mm což je 1160mm a dvou vrstev 50 l sudů což je 2x600mm = 1200mm. Výška palety je 166mm a výška dopravníku je 520mm.

Dosah robota musí být dostatečný pro přepravu mezi 8 stanovišti. První je pro odebrání prázdných přepravek. Druhá je pro pokládání prázdných přepravek. Třetí pro odebrání plných přepravek. Čtvrtá pro pokládání plných přepravek a to stejné se sudy. Taky musíme zohlednit pracovní dosah s výškou zdvihu, která je u robota proměnlivá. Čím víc je robot vysunut, tím menší má zdvih. Zde už budeme vycházet z výkresu linky a uspořádání dopravníků (seznam příloh).

Na výkrese jsou zakótovány nejvzdálenější rozměry od první sběrné, až po druhou sběrnou pozici 5640mm. Z toho pro robota bude minimální pracovní rádius o něco větší, protože robota nemůžeme umístit na osu dopravníků o vzdálenosti 5640/2 což je 2820mm. Základna robota je z důvodu jeho montážního rozměru posunuta o 1250mm. Rádius tedy bude vypočten z pravoúhlého trojúhelníku o stranách  $a=2820\text{mm}$ ,  $b=1250\text{mm}$  což je vzdálenost robota od sběrné pozice 3085mm. V této vzdálenosti musí být robot schopen pracovat se

zdvihem minimálně 1300mm.

Jako skutečnou výšku od podlahy je potřeba brát výšku dopravníku a výšku palety. Sudy jsou tedy ve výšce  $1200+520+166 = 1886\text{mm}$  (přesněji 1860mm, kde sud zapadá do sudu).

### 2.1.3 Časy

Plnicí linka má časový takt :

- Plnicí linka sudů má při výrobě 120sudů/hod takt 6 sudů za 180 sekund.
- Plnicí linka přepravek má při výrobě 600kusů/hod takt 8 přepravek za 48 sekund.

Robot v tomto čase musí zvládnout :

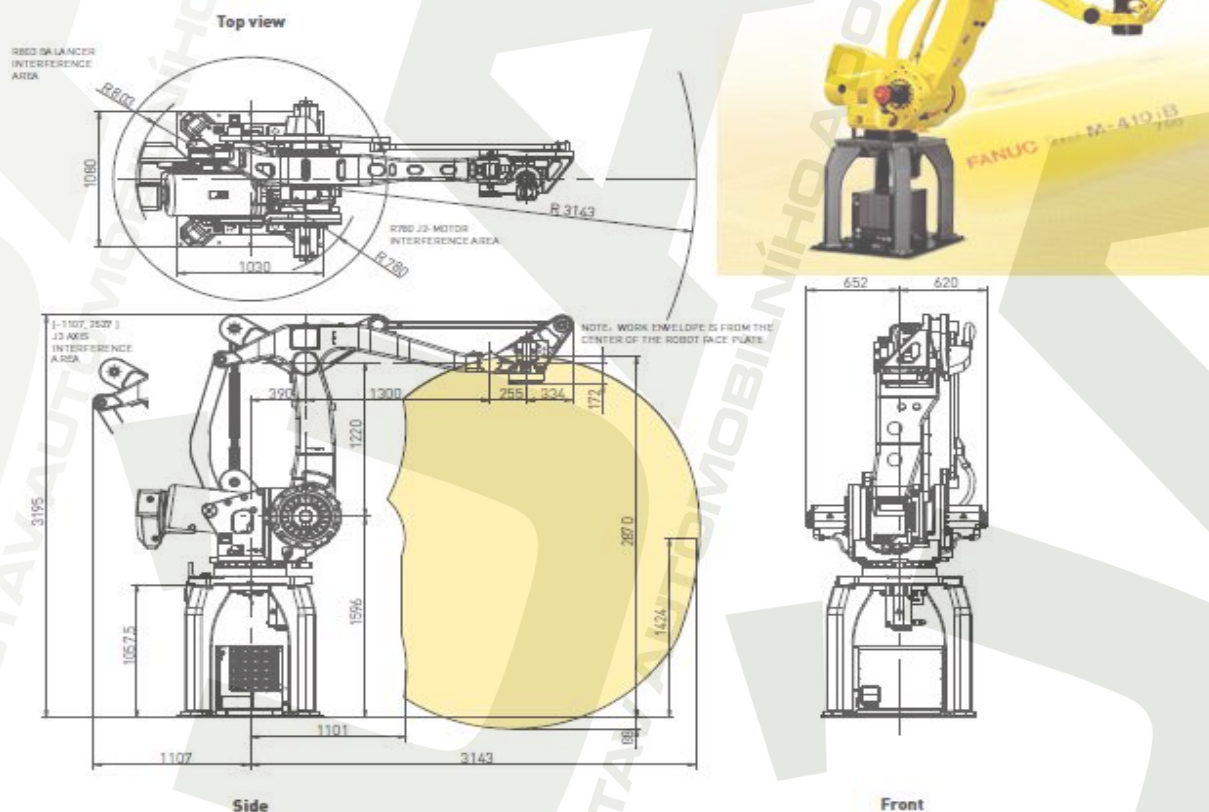
- odebrání prázdných přepravek a prázdných sudů
- odebrání plných přepravek a plných sudů

## 2.2 Volba robota

Existuje řada konstrukčních typů průmyslových robotů pro specifické práce (např. svařovací, lakovací, paletizační a pro různé speciální aplikace). Vše se odvíjí od nosnosti, přesnosti, rychlosti, hmotnosti, velikosti, počtu os(2-6), montážních možností upevnění a manipulačního dosahu a zdvihu.

Podle požadavků budeme vybírat mezi 4-osovými paletizačními roboty s minimální nosností 628kg a s dosahem 3085mm při zdvihu alespoň 1300mm.

### M-410iB/700



Obr.22 – Paletizační robot

Výrobce Fanuc robotic [7] nabízí paletizačního robota M-410iB/700 **Obr.22**, který je ve své kategorii nejvýkonnější a nejbliže k našim předběžným požadavkům. Robot ve své původní verzi přímo nedokáže manipulovat se sudy ve výšce 1886mm a je potřeba, aby jeho umístění bylo upraveno. Buď podložením na potřebnou výšku, nebo uložením na pojezd.

### 2.2.1 Technická specifikace a vlastnosti

Pro orientaci poslouží tabulky a **Obr.22** :

Typ	Model	Počet os	Max. náklad	Přesnost	Váha	Dosah
M-410iB	700	4	700 kg	0,5 mm	2700 kg	3143 mm

Rozsah rotace [ ° ]				Rychlost rotace [ °/s ] při nákladu 490kg.m <sup>2</sup>			
Osa 1	Osa 2	Osa 3	Osa 4	Osa 1	Osa 2	Osa 3	Osa 4
360	144	136	540	60	60	60	120

Vlastnosti robota vyčteme z tabulky :

Robot s vlastní váhou 2700 kg o maximálním nákladu 700 kg s břemenem 490kg.m<sup>2</sup> se otáčí kolem osy 1 o 360° za 6 sekund. Osa 1 a 2 jsou na rameni, které zajišťuje svislý zdvih 2870mm o úhlu 280° což při současném běhu os zvládá přibližně za 2,4 sekundy a osa 4 točí s břemenem o 540° čili otočí ho o 360° za 3 sekundy. Přesnost při stálém opakování nepřesáhne 0,5mm.

Robot je usazen na podstavci o výšce 1057mm, maximální dosah je 3143mm na úrovni 1424mm. Sudy a přepravky jsou ve výšce 1860mm a vzdálenosti 3085mm. Robot má na této vzdálenosti maximální výšku cca 2000mm při zdvihu ca 1400mm(odhadem stanovené z obrázku) což nám činí rezervu 2000-1886 = 114mm. Z tohoto je víc než jasné, že když na robota upevníme koncový efektor, tak budeme v záporném čísle. Tady se nevyhneme podložení robota nebo uložením robota na kolejnicový pojezd, který zajistí lineární pohyb celého robota ke zvětšení manipulačního prostoru.

### 3 NÁVRH VHDNÉHO KONCOVÉHO EFEKTORU

Koncový efektor je v podstatě zařízení, které se připevní na hlavu robota. V našem případě se jedná o úchopný mechanismus. Aby mechanismus mohl pracovat, potřebuje vhodný návrh konstrukce a pohonu tak, aby vyhovoval pro manipulaci se sudy a přepravkami. Musí být proveden s ohledem na pracovní prostor a nosnost robota. Dále musí splňovat návrh vhodných částí profilů a pevnostních výpočtů, aby nedocházelo k nežádoucím průhybům a k nadměrnému namáhání v určitých částech nebo naopak, aby to nebylo zbytečně předimenzované, velké a drahé. Jako podmínka konstrukce pro potravinářský průmysl musí být použit nerezový materiál. Dále je třeba, aby použitý materiál splňoval technologické požadavky (svařitelnost). Celá konstrukce vychází již z existujícího návrhu, který zhodnotíme a jeho řešení případně vylepšíme.



Obr.23 – Koncový efektor

#### 3.1 Požadavky pro manipulaci se sudy a přepravkami

Pro manipulaci je potřeba navrhnout čelisti efektoru tak, aby zvládaly uchopení sudů a přepravek. Čili pro sudy je potřeba vytvarování profilu tří sudů a do tohoto profilu zahrnout dotykové části pro přepravky a upravit tak jejich tvar. Jejich odsazení bude dáno s ohledem na výšku přepravky a se zohledněním na výšku sudů a sigmy, ke které se bude vztahovat kontaktní dotyk. Sběrná plocha je v rozměru EUR palety 800x1200mm.

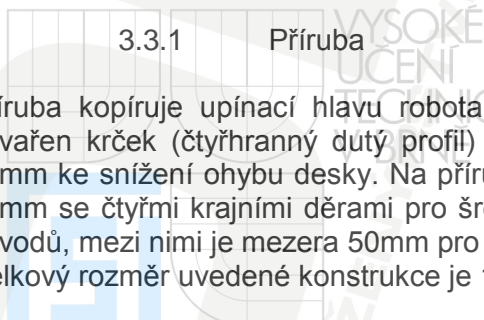
#### 3.2 Ovládací prvky efektoru

Sevření a rozevření čelistí bude zajištěno pneumatickými válci, o jejichž výkonu se obeznámíme při výpočtu. Aby sevření a rozevření probíhalo synchronizovaně, je zde potřeba zabudovat pantograf, který nám zajistí souběžný chod obou čelistí.

#### 3.3 Konstrukce

Samotnou konstrukci efektoru **Obr.23** vezmeme od shora, kde začneme přírubou, která zajistí spojení efektoru s robotem. Od příruby je navařen čtvercový profil dále čtvercová deska se 4 děrami pro šrouby na šroubech drží přes mezeru další deska a pod ní dva příčné profily. Na tyto profily jsou navařeny tři podélné profily, po kterých se pohybují čelisti ve vodící drážce, která je zde přivařena. Samotné čelisti jsou upevněny na této vodící drážce na podélném profilu, z kterého jsou vedeny další profily svisle dolů, na kterých jsou připevněny pneumatické válce. Hřebenové tyče pantografu jsou umístěny na spojovém profilu mezi těmito svislými profily. Pantograf je přivařen na pevné části, čili jeho oběžné kolo je přivařeno na prostředním podélném profilu (Pantograf se skládá z oběžného zubového kola a dvou vodících hřebenových tyčí vedených ve vodících kolech **Obr.25**), kde tyto kola jsou umístěny na další profily, které jsou upevněny mezi dva příčné profily.

Vše musí být dimenzováno se značnou rezervou pro hmotnost břemene, hmotnost manipulátoru a hmotností, která vznikne odstředivým pohybem robota a to v rozměrech s ohledem na pracovní prostor a manipulační možnosti robota. Při konstrukci nesmí dojít ke konstrukční chybě, která by způsobovala kolizi nebo snížení životnosti efektoru. Celková výška koncového efektoru je 957mm



Příruba kopíruje upínací hlavu robota a má výšku 175mm. Mezi deskou a přírubou je přivařen krček (čtyřhranný dutý profil) ze kterého jsou vedeny podpůrné můstky o výšce 65mm ke snížení ohybu desky. Na přírubě je přivařena čtvercová deska 600x600mm o síle 10mm se čtyřmi krajními děrami pro šrouby M16 a ta samá ještě jednou z bezpečnostních důvodů, mezi nimi je mezera 50mm pro klapačku (bezpečnostní spínač)  
Celkový rozměr uvedené konstrukce je  $175+50+10 = 235\text{mm}$

#### 3.3.1.1 Modifikace

Jako vylepšení za účelem zmenšení velikosti navrhuji, aby můstky byly odděleny od krčku, který se sníží o minimálně 65mm + další snížení profilu na nezbytně nutnou mezera pro montáž šroubů. Můstky budou upraveny do tohoto nově vzniklého rozměru.

Mezi deskami je mezera pro bezpečnostní spínač 50mm. Navrhuji, aby tento bezpečnostní spínač byl nahrazen indukčními senzory s hora desky a tudíž získáme dalších 30mm, které zabírá klapačka.

Celkově takovouto úpravou můžeme ušetřit 80 až 140mm.

#### 3.3.2 Příčné profily

Dva příčné profily jsou přišroubovány k desce a propojeny dvěma podpůrnými profily. Slouží jako spojovací část k přírubě a jejich rozměr musí být o rozměru pro následné přivaření podélných profilů, které budou umístěny do os odebíraných sudů. Jejich profil je obdélníkový tenkostěnný uzavřený (100x50x4 o délce 890mm)

#### 3.3.3 Podélné profily

Tři podélné profily jsou přivařeny k příčným profilům. Slouží pro vedení svíracího pohybu čelistí, čili jejich rozměr musí být se značnou rezervou pro odebírání rozměru 1200mm, kde každý profil bude umístěn v ose odebíraného sudu. Jejich profil je obdélníkový tenkostěnný uzavřený (100x50x4 o délce 1500mm).

#### 3.3.4 Vodící drážky

Vodících drážek je celkem 6. Kde každá se rozděluje na dvě malé části, které jsou od sebe rozestoupeny tak, aby se vešly do koncových poloh svírání a rozevírání čelistí. Z každé strany budou navařeny na podélné profily 3 a 3. Tvar drážky je ve tvaru Y.

#### 3.3.5 Vodící profily

Vodících profilů je jako vodících drážek 3 a 3. Na vodícím profilu je navařen protikus vodící drážky, který se bude pohybovat v drážce (délka je s ohledem na velikost dráhy čelistí). Délka profilu se odvíjí od krajních poloh vodící drážky přesazené o šířku podpůrného profilu pro zesílení svislých profilů, které jsou v tomto bodě nejvíce namáhány. Profil je obdélníkový tenkostěnný uzavřený (100x50x3 o délce 334mm)

Vodící profily jsou spojeny v koncových polohách přivařením dalších spojových profilů, na kterých budou později upevněny konce hřebenových tyčí pantografu.

### 3.3.6 Svislé profily

Svislých profilů je 3 a 3. Jsou o délce pro sběr sudů a výšky pneumatického válce. Na tyto profily budou připevněny pneumatické válce. Profil je obdélníkový tenkostěnný uzavřený (80x40x3 o délce 490mm).

#### 3.3.6.1 Modifikace

Zde vycházíme z rozměru 490mm. Nám postačí rozměr pro pneumatický válec 100mm a pro uchopení sudů je potřeba 300mm + 30mm pro přesazení a zvětšení dotykového profilu +20mm vůle. Celkem tedy ušetříme  $490-350 = 140\text{mm}$

### 3.3.7 Dotykové profily

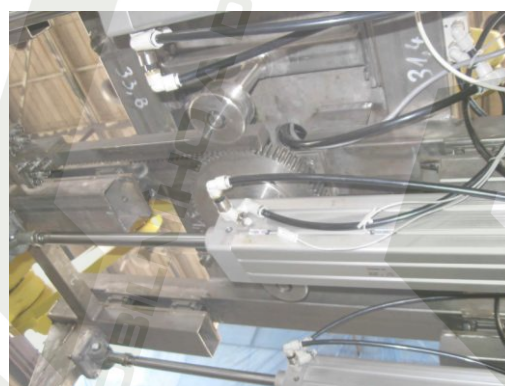
Tyto profily o síle 30mm jsou mezi sebe rozestoupeny v poměru pro sběr sudů / přepravky (120mm). Budou vytvarovány tak, aby umožňovaly uchopení sudů i přepravek. Jejich dotyková část je zhotovena ze syntetické gumy pro zlepšení uchopení s ohledem na deformaci a tření. Jejich vnější konstrukce bude chráněna plechy. **Obr.24** profil 40x30x2 o délce 1200mm, hloubka dotyku 157mm s krajními vedení pod zkosením 30°.

#### 3.3.7.1 Modifikace

Jak jsem již naznačil, budeme zesilovat spodní dotykový profil o 30mm pro lepší bilanci mezi sudy, kde se mezi sebou dotýkají jen v bodě sigmy. Hlavní uchopení (zesílené) bude uprostřed sudů mezi sigmami, aby se síla přenášela rovnoměrně. Pomocný dotyk necháme původní a rozestup také (120mm).



Obr.24 – Čelist



Obr.25 – Pantograf

### 3.3.8 Pantograf

Pantograf **Obr.25** se skládá z oběžného zubového kola, dvou vodících hřebenových tyčí vedených ve vodících kolech. Oběžné kolo o vhodném rozměru je upevněno na středový podélný profil. Vodící tyče o délce maximálního rozevření čelisti budou upevněny na profil mezi vodícími profily. Vodící kola budou upevněny v ose oběžného kola na přídatných profilech mezi příčnými profily.

## 3.3.9 Pneumatické válce

Pneumatické válce o délce dostatečného rozpětí čelistí a sevřením na rozměr 800mm budou dimenzovány s rezervou pro hmotnost maximálního břemene, což odpovídá 6ti naplněným sudům. K této hmotnosti musíme přičíst odstředivou sílu, která vznikne při pohybu robota.

Čili síla sevření čelistí musí být dostatečně velká k bezpečnému přenosu břemene. A tuto hodnotu navýšíme o koeficient bezpečnosti. Ten by měl zahrnout opotřebení, vzniklé momenty při ohybu, odpor tření ve vodících drážkách a případné náhodné vlivy jako coriolisova síla.

Upevnění válců je na volných čepech, aby nedocházelo ke vzpěru pístu v pístnici, což by mělo negativní vliv na výkon a životnost válců, která je v běžném provozu odhadována na 4000km. Celková velikost vysunutého válce by měla být 1160mm. Při tomto vysunutí vznikne bezpečná vůle mezi přepravkami a čelistmi přibližně 60mm na každé straně.

Nevýhoda pneumatického válce je jeho medium. Medium(vzduch) je poměrně snadno stlačitelný a mělo by se tímto uvážením přihlížet v návrhu doby sevření čelistí.

## 3.3.9.1 Výpočet

Pneumatické válce dvojitě [8] Maximální vyložení je 1200mm (pístnice 80mm).

$F_g = 3739N$  ...síla vyvolaná břemenem

stanoveno z maximální hmotnosti břemene ( $M=378kg$ ) a gravitačního zrychlení( $g=9,89m/s^2$ )

$F_t = 5341N$  ...síla potřebná k udržení břemene v klidovém stavu

stanoveno z koeficientu tření pryž/ocel ( $k=0,7$ ) a  $F_g$

$F_1 = 2714N$  ...síla vysouvací při tlaku 0,6MPa

$F_2 = 2448N$  ...síla zasouvací při tlaku 0,6MPa

stanoveno z průměru pístu v pístnici ( $D_1=80mm$ )  $\rightarrow$  ( $S_1=5024mm^2$ ) a z průměru pístní tyče ( $D_2=25mm$ )  $\rightarrow$  ( $S_2=490mm^2$ ) a ze síly  $F_1$  a plochy  $S_1$ - $S_2$ . Tlak ( $p=0,54MPa$ ) byl vypočten z plochy  $S_1$  a síly  $F_1$ . (poznámka k výpočtu zasouvací síly: je to počítáno, protože se domnívám, že tvrzení v katalogu je nesprávné a zasouvací a vysouvací síla nemůže být stejná, což potvrdil můj výpočet).

$F_3 = 638 N$  ...odstředivá síla

stanoveno z  $M$ , poloměru robota ( $R=3m$ ) a úhlové rychlosti ( $\omega=0,75rad/s$ ) stanovené z rychlosti osy1 při max. zátěži ca 43%/s.

$k_b = 1,2$  ...koeficient bezpečnosti (stanoveno autorem práce na 20%)

Potřebná síla :  $F_p = F_t + F_3 \cdot k_b = 5341 + 638 \cdot 1,2 = 7175N$

Síla jednoho válce je  $F_2$  čili potřeba budou tři válce s celkovou zasouvací silou 7344N, dále by se měla provést zpětná kontrola, jestli touto silou vyvolaný tlak nezpůsobí trvalou deformaci přepravek. Pokud by vznikla, tak by se to mělo řešit vhodným způsobem, např. snížením tlaku ve válkách nebo odpojením prostředního válce.

#### 4 NÁVRH VHODNÉ KONCEPCE ŘÍZENÍ

Začátek automatizovaného řízení začíná v momentě, kdy nám manipulátor položí na linku paletu. Paleta bude detekována přerušeným signálem odrazového senzoru, který podá informaci, že je paleta připravena. Tento signál se vyhodnotí, a pokud na další pozici nic nebude, tak sepne elektromotor, který posune paletu na další pozici (v rohovém přechodu bude umístěn indukční senzor k zjištění polohy zdvižného řetězu). Tímto principem se dostaneme až do sběrné části pro robota, kde umístíme přídatné odrazové senzory, které budou detekovat řadu konkrétních sudů či přepravků. Při dovršení koncové pozice se spustí kalibrátor. Po skončení kalibrace začne odebrání nákladu. Náklad bude odebrán a paleta poputuje dále, kde bude naplněna. Po naplnění poputuje na konec linky, kde bude manipulátorem expedována.

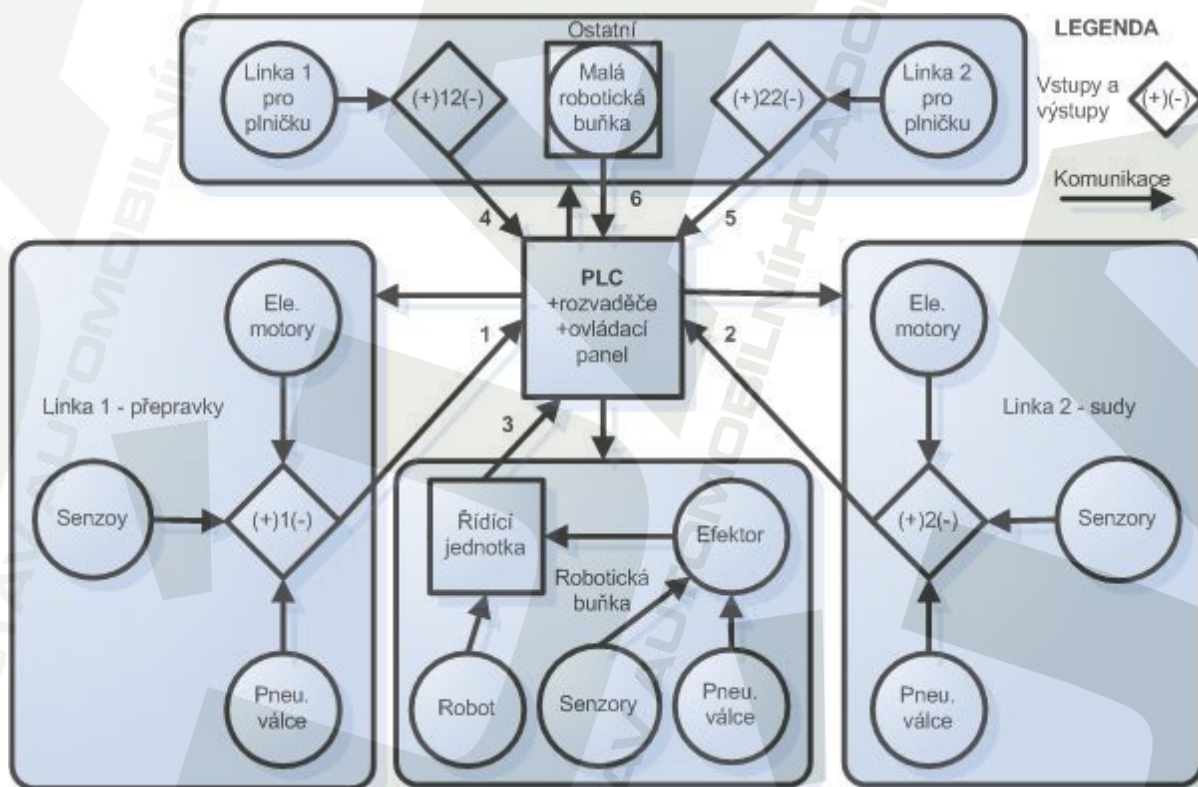
Jediný vstupní problém, který musíme vyřešit je na straně sudů, kde budeme manipulovat s 20l, 30l nebo 50l sudy. Zde se nabízí dvě rozumné varianty.

První varianta : Při dojezdu jednoho typu sudů by byl obsluhou nastaven typ sudu, který bude pokládán na linku. Toto ovšem přináší možné problémy při nedodržení pracovních postupů a ztrátový objem výroby při kompletním dojezdu celého cyklu, až do posledního sudu.

Druhá varianta : Pomocí odrazových senzorů zajistit detekci výšky přijíždějících sudů nebo pomocí optické závory.

Dalším řídicím prvkem by měla být variabilita, aby obsluha mohla nastavit jen jednu linku. Čili na jednu pracovní směnu spustit pouze přepravky nebo sudy.

4.1 Blokové schéma řízení



#### 4.2 Řízení robota

Robot má vlastní řídicí jednotku s vlastním řídicím panelem **Obr.26**. Její programování se provádí ve zkušebním provozu linky (tzv. On-line programování), kde se v hlavním řídicím programu dá odkaz na vykonání operace. Operaci provede proškolená obsluha a uloží do paměti. V konečné fázi bude chod robota synchronizovaný s linkou v plné automatizaci.



Obr.26



Obr.27

#### 4.3 Řízení linky

Jsou zde 4 linky. Každá linka má vlastní centrálu vstupů a výstupů, do které jsou vedeny všechny optické a indukční senzory, spínače elektromotorů a pneumatických válců. Všechny signály jsou takto odesílány přes komunikační kabel (Profibus) ke zpracování do PLC.

#### 4.4 Řídicí jednotka PLC

PLC (Programmable Logic Controller) Jedná se o hlavní řídicí jednotku doslovně o programovatelný automat pro řízení technologických procesů. Mozek celé linky, který zpracovává signály a odesílá řídicí povely (př. pokud je senzor přerušen sepne se elektromotor). Bude zde použito PLC Siemens Simatic 300. Celý chod expediční linky je naprogramován programátorem právě do tohoto PLC. Jednotka PLC je uložena v rozvaděči **Obr.27**, kde jsou umístěny spínače, přepínače, jističe, měniče a zdroj elektrické energie.

##### 4.4.1 Programování dráhy robota a řízení celé linky

Bereme v úvahu, že linka je zaběhnutá a v plném provozu. Robot musí první zajistit příjem přepravek a příjem sudů. Senzor zaznamená příjezd přepravek. Robot dostane impuls a odebere první vrstvu přepravek a položí na sběrnou plochu. Zde bude první impuls hledat, jestli jsou přepravky připravené k odběru. Pokud ano, robot je odebere a umístí na prázdnou paletu (pokud ne, půjde na sudy s tím, že se vrátí k prvotnímu úkolu). Po splnění tohoto cyklu bude odebírat sudy (pokud jsou splněny podmínky pro manipulaci, kde senzory hlásí volno.) Pak robot odebere první vrstvu sudů a položí na sběrný dopravník. Zde bude první impuls jít na přepravky s tím, že hned po té půjde na sudy, které jsou připraveny k odebrání, pokud ano robot je odebere a umístí na prázdnou paletu (pokud ne, půjde na další vrstvu přepravek). Protože jsou přepravky časově rychlejší než sudy, je robot primárně zaměřen na přepravky.

Dráhy robota by měly být navržena v nejkratší dráze a čase s ohledem na všechny překážky v prostoru manipulace. Dodržení bezpečnostní výšky, aby nebyla pohybem způsobena kolize. Robot se nesmí přetáčet, aby se nezkroutilo vedení vzduchu.

Jako součástí řízení by měla být volba pro plnicí program, který zaručí naplnění nebo vyprázdnění linky. Celá linka se bude ovládat z řídicího panelu, kde obsluha bude zadávat např. spouštění linky, změna typu sudů, zastavení robota, plnicí program, apod.

V tomto duchu by měla linka fungovat správně. Je tomu tak, aby nedocházelo k tomu, že by robot pracoval bez uvážení a bez ohledu na práci linky, což by vedlo k snižování výkonu.

## 5 NÁVRH BEZPEČNOSTNÍCH PRVKŮ PRO ZABEZPEČENÍ PRACOVIŠTĚ

Do bezpečnosti zahrneme chod linky takovým způsobem, aby nedošlo k ujmě na zdraví pracovníka nebo k havárii na lince. Nabízí se více řešení jak zabezpečit linku volbou vhodných bezpečnostních prvků [6]. Problematika bezpečnosti je velice rozsáhlá a detailně popsána v normách ČSN EN ISO 13 849-1 nebo ČSN EN 62061, kde se člení na tři nejzákladnější části.

Normy typu A (základní normy) uvádějí základní pojmy, zásady pro konstrukci a všeobecná hlediska, která mohou být aplikována na všechna strojní zařízení. Normy typu B (skupinové bezpečnostní normy) se zabývají jedním nebo více bezpečnostními hledisky nebo jedním nebo více typy ochranných zařízení, která mohou být použita pro větší počet strojních zařízení. Normy typu B1 se týkají jednotlivých bezpečnostních hledisek (např. bezpečných vzdáleností, teploty povrchu, hluku). Normy typu B2 se týkají příslušných bezpečnostních zařízení (např. dvouručního ovládání, blokovacích zařízení, zařízení citlivých na tlak, ochranných krytů). Normy typu C (bezpečnostní normy pro stroje) určují detailní bezpečnostní požadavky pro jednotlivý stroj nebo skupinu strojů. ČSN EN 999 + A1 → ČSN EN ISO 13 855 (bezpečné vzdálenosti). Dále do bezpečnosti patří pravidelná revize bezpečnostních zařízení a kontrola celého pracoviště.

### 5.1 Zabezpečení proti vniku osob

Aby nedošlo k úrazu osob na pracovišti nebo k narušení chodu linky, je zapotřebí zajistit celé pracoviště. Celé pracoviště bude oploceno vysokým plotem s brankou, zajištěnou bezpečnostním zámkem, který po odemknutí zastaví celé pracoviště. Pracoviště bude dodatečně kontrolováno kamerami, protože vstupy a výstupy linky se z technických důvodů nedají spolehlivě zabezpečit (palety se z venčí neustále doplňují), tady je z bezpečnostního hlediska zapotřebí umístit varovné cedule o riziku nebezpečí.

### 5.2 Zabezpečení proti chybné manipulaci při operaci

Předpokládejme, že by mohlo dojít k nekompletnímu sběru přepravek nebo sudů (sud může mít jinou velikost nebo přepravka může být vadná a při manipulaci efektozem se může uvolnit). Zde by mohly být zavedeny indukční snímače na čelistích koncového efektoru, které při ztrátě kontaktu s břemenem zastaví robota. Taky by mohlo dojít k tomu, že robot pojedje na prázdkno(přijedou třeba jen 3 vrstvy přepravek nebo jedna vrstva sudů). Zde by mohl být zaveden program, který při zjištění že není břemeno uchopeno, půjde o vrstvu níž (tímto by se zamezilo ztrátovému času, který by robot absolvoval naprázdkno, popřípadě úplného zastavení robota z předchozích důvodů). Pro snížení počtu indukčních senzorů by toto mohlo být zcela nahrazeno optickým odrazovým senzorem, který zajistí detekci břemene v diagonálním směru umístění.

Linka je nastavena na jeden typ sudů. Při změně programu na jiný typ sudu by mohlo dojít k problému. Toto by se dalo vyřešit optickou závorou, která bude detekovat výšku sudů a při nesprávném rozměru zastavit paletu na dopravníku. Další optické závory by měly být umístěny na konci linky místo optických odrazových z důvodu, že vysokozdvizný vozík zdvihne břemeno a senzor zaznamená volno. Pokud by tam zůstal stát a včas neodjel, tak by další řada do něj najela a způsobila kolizi.

Ze strany pásového dopravníku je kritické místo v bodě, kde se dopravníky rozdělují. Je tam pomocný válec, který nemusí být až tak spolehlivý. Je zde vhodné zabudovat určitým způsobem mantinely pro celkově bezpečnější chod.

Jako nezbytnou bezpečnostní výbavou je nouzové zastavení. Tyto tlačítka budou umístěny na účelných a viditelných místech (např. u vstupní brány).

## 6 ZÁVĚR

Tato práce vznikala souběžně s reálným projektem na základě výkresu linky, výkresu koncového efektoru, stručným obeznámením o provozu a technologického postupu konkrétní koncepce pivovaru. Dále jedné návštěvy linky ve zkušebně (při které vznikla fotodokumentace) a konzultací s vedoucím inženýrem. Zbylé úvahy jsou myšlenkou autora.

Práci jsem se snažil podat v co nejrozsáhlejší a nejsrozumitelnější podobě za účelem splnění všech cílů. Byly definovány pojmy nutné pro chod linky. Na dopravu palet, sudů a přepravek byly použity řetězové, pásové a válečkové dopravníky, různé mechanismy a pneumatické zařízení. Pro detekci polohy byly použity převážně optické odrazové senzory. Pro detekci použitých mechanismů senzory indukční. Byl zaveden zásobník EUR palet, který řešil nerovnost vzniklou na straně vstupu a výstupu sudů.

V návrhu expedičního robota byl uveden paletizační robot Fanuc M-410iB/700, který splnil všechny předběžné požadavky. Jeho umístění si vyžádalo patřičnou úpravu, kde v základní verzi robot pro navržené pracoviště nevyužíval potřebný dosah a zdvih. Robot bude pracovat s dostatečnou časovou rezervou i pro případné zvýšení produkce výroby.

Ke konstrukci koncového efektoru byl použit již existující efektor o celkové výšce 957mm, jehož konstrukce byla modifikací snížena na 717mm a byly zavedeny zlepšující prvky.

V koncepci řízení byla uvedena hlavní myšlenka řízení celé linky a robota. Byly vytvořeny vazby mezi jednotlivými sekcemi shrnuté do blokového schématu a byla řešena problematika ze strany sudů.

V bezpečnosti byly stručně uvedeny hlavní principy a normy. Pro zabezpečení celého pracoviště byly použity různé bezpečnostní prvky, které zabraňují vniku osob na pracoviště a dále byly použity bezpečnostní opatření pro případné problémy, které mohou nastat během provozu.



## 7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

### 7.1

#### Odkazy

- [1] Výrobce sudů KEG PLUS, Dostupné z <http://www.schaefer-sudex.cz/keg.htm>
- [2] Autor práce
- [3] Výrobce potravinářských přepravek KOMPAKT. Dostupné z <http://www.alfaplastik.cz>
- [4] Výrobce EUR PALET. Dostupné z <http://www.eurpalety.cz>
- [5] Online průmyslový katalog. Dostupné z <http://www.logismarket.cz>
- [6] Výrobce senzorů a bezpečnostních zařízení. Dostupné z <http://www.sick.cz/>
- [7] Výrobce průmyslových robotů. Dostupné z <http://www.fanucrobotics.cz>
- [8] Výrobce pneumatických válců a příslušenství. Dostupné <http://www.stranskyapetrzik.cz>

### 7.2

#### Literatura

- [-] PIRES, J.N. Industrial Robots Programming : Building Applications for the Factories of the Future. Springer, 2007. 282s. ISBN 978-0-387-23325-3
- [-] WOLF, A. STEINMANN, R.SCHUNK, H. Grippers in Motion: The Fascination of Automated Handling Tasks. Springer, 2005. 242 s. ISBN 978-3-540-27718-7
- [-] SICK, Bezpečnostní kategorie dle ČSN EN 954-1
- [-] SICK, Safety Pocket Reader: NORMY V EVROPĚ – TEORIE A PRAXE 2007
- [-] SICK, Safety Pocket Reader: Theorie und Praxis der Normen für Europa. 2007
- [-] SICK, Safety of machiner: Notes on the application of standards EN 62061 and EN ISO 13849-1. 2007
- [-] SICK, Safe machines: with opto-electronic protective devices. 2001

## 8 SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

(veškeré zkratky a symboly jsou vysvětleny v textu a během výpočtu pneumatického válce)

## 9 SEZNAM PŘÍLOH

### 9.1 Obrázky

- Obr.1 – Expediční linka, zdroj [2], (str.12)
- Obr.2 – Pivní sudy PLUS KEG, zdroj [1], (str.13)
- Obr.3 – Pivní přepravka, zdroj [3], (str.13)
- Obr.4 – EUR Paleta, zdroj [2], (str.14)
- Obr.5 – Řetězový dopravník s přechodem, zdroj [2], (str.14)
- Obr.6 – Pásový dopravník pro sudy, zdroj [2], (str.14)
- Obr.7 – Sběrné dopravníky pro plnicí linku, zdroj [2], (str.14)
- Obr.8 – Válcový přechod mezi pásovými dopravníky, zdroj [2], (str.14)
- Obr.9 – Kalibrace sudů, zdroj [2], (str.16)
- Obr.10 – Kalibrace přepravek, zdroj [2], (str.16)
- Obr.11 – Odrazka pro otický senzor, zdroj [2] (str.17)
- Obr.12 – Odrazový senzor, zdroj [2], (str.17)
- Obr.13 – Indukční senzory, zdroj [2], (str.17)
- Obr.14 – Magnetický snímač polohy pneumatického válce, zdroj [2], (str.17)
- Obr.15 – Koncový spínač sběrného dopravníku, zdroj [2], (str.17)
- Obr.16 – Sběrný válečkový dopravník pro výdej přepravek, zdroj [2], (str.17)
- Obr.17 – Zásobník palet, zdroj [2], (str.17)
- Obr.18 – Výdej přepravek, zdroj [2], (str.17)
- Obr.19 – Asynchronní elektromotor s převodovkou, zdroj [2], (str.18)
- Obr.20 – Pneumatický vak pro zdvih řetězového přechodu, zdroj [2], (str.18)
- Obr.21 – Pneumatický ventil a tlakoměr, zdroj [2], (str.18)
- Obr.22 – Paletizační robot Fanuc, zdroj [7], (str.20)
- Obr.23 – Koncový efektor, zdroj [2] (str. 22)
- Obr.24 – Záběr efektoru na čelist, zdroj [2], (str.20)
- Obr.25 – Pantograf, zdroj [2], (str.20)
- Obr.26 – Ovládací panel robota, zdroj [2], (str.27)
- Obr.27 – Rozvaděč, zdroj [2], (str.27)

### 9.2 Schéma a tabulky

- Blokové schéma linky, zdroj [2], (str.12)
- Blokové schéma řízení, zdroj [2], (str.26)
- Tabulka vlastností sudů KEG PLUS, zdroj [1], (str.13)
- Tabulka vlastností Robota Fanuc, zdroj [7], (str.21)

### 9.3 Výkresy

- Expediční linka pivních sudů a přepravek, zdroj [Cihelny Hodonín], (str. 32)
- Koncový efektor, zdroj [Cihelny Hodonín], (CD-ROM)

### 9.4 CD-ROM

- Elektronická verze práce
- Prezentace práce
- Galerie obrázků

