



**FAKULTA
STROJNÍ
ČVUT V PRAZE**

Ústav konstruování a částí strojů

**Nekonvenční metody podávání
a polohování dílů v automatizaci a robotice**

**Unconventional Feeding Methods and
Orientation of Parts in the Automation and
Robotics**

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2017

Vítězslav Kadlec

Studijní program: B2342 TEORETICKÝ ZÁKLAD STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
Studijní obor: 2301R000 Studijní program je bezoborový
Vedoucí práce: Ing. Jan Kanaval, Ph.D.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci s názvem: „Nekonvenční metody podávání a polohování dílů v automatizaci a robotice“ vypracoval samostatně pod vedením svého vedoucího práce Ing. Janem Kanavalem, Ph.D. Při psaní této práce jsem použil literaturu a další zdroje, které jsou uvedeny v Seznamu literatury.

V Liberci dne 22. 6. 2017

.....

Vítězslav Kadlec

Poděkování

Zde bych rád poděkoval panu Ing. Janu Kanavalovi, Ph.D., za jeho ochotu, čas a trpělivost při kontrole mé bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval své rodině a známým za podporu. Také bych chtěl poděkovat firmě Exactec Liberec, ve které pracuji, za vypracování této bakalářské práce.

Anotační list

Jméno autora:	Vítězslav Kadlec
Název BP:	Nekonvenční metody podávání a polohování dílů v automatizaci a robotice
Anglický název:	Unconventional Feeding Methods and Orientation of Parts in the Automation and Robotics
Rok:	2017
Studijní program:	B2342 Teoretický základ strojního inženýrství
Obor studia:	2301R000 Studijní program je bezoborový
Ústav:	Ústav konstruování a částí strojů
Vedoucí BP:	Ing. Jan Kanaval, Ph.D.
Bibliografické údaje:	počet stran 66 počet obrázků 66 počet tabulek 11 počet příloh 2
Klíčová slova:	Vibrační zásobník, dopravník, pneumatický válec, pneumatický oddělovač, kooperativní robot, automatizace.
Keywords:	Tech. Vibration Feeder, Conveyor, Pneumatic Cylinder, Pneumatic Separator, Cooperative Robot, Automatization.
Anotace:	Tato práce je zaměřena na návrh podávacího a zásobovacího zařízení pro robotické pracoviště. V první polovině práce jsou vysvětleny různé podávací systémy v robotice a kooperativní roboti. Hlavní částí práce je návrh celkového zařízení. Vytvoření 3D modelu, popis důležitých součástí celku a následné vytvoření výkresů pro výrobu konstrukce.
Abstract:	This work is focused on the design of feeding and supplying equipment for robotic workplace. In the first part of the thesis, various robotic feeding systems and cooperative robots is explained. The main part of the thesis is design of the overall equipment. Creating a 3D model, describing important parts of the whole, and then creating drawings for the construction.

Obsah

I.	ÚVOD.....	1
II.	TEORETICKÁ ČÁST.....	2
1	VIBRAČNÍ DOPRAVNÍ SYSTÉMY.....	3
1.1	Vibrační zásobníky.....	3
1.2	Popis a využití.....	4
2	DOPRAVNÍKY.....	9
2.1	Rozdělení dopravníků.....	9
3	KOOPERATIVNÍ ROBOTI.....	11
3.1	CO je kooperativní robot.....	11
3.2	Historie kooperativních robotů.....	11
3.3	Kooperativní robot UR3.....	14
3.4	Kooperativní robot UR5.....	15
3.5	Kooperativní robot UR10.....	17
III.	PRAKTICKÁ ČÁST.....	20
4	ZADÁNÍ A CÍL PRÁCE.....	21
4.1	Cíl.....	21
4.2	Společnost FTE automotive Czechia, s. r. o.....	21
4.3	Použitý software při práci.....	22
5	NÁVRH A KONSTRUKCE ZAŘÍZENÍ.....	22
5.1	Návrh funkce zařízení.....	22
5.2	Návrh č.1 - Vibrační systém.....	24
5.3	Návrh č.2 - Dopravníkový systém.....	26
5.4	Návrh č.3 – Dopravníkový systém, finální návrh.....	28
5.5	Dopravníky.....	29
5.6	Návrh konstrukce rámu.....	33
5.7	Návrh kontrolního místa.....	38
5.8	Navádění dílů v systému.....	42
5.9	Předzásobování stroje.....	45
5.10	Konečný návrh celého zařízení, montáž a seřízení.....	47
5.11	Cenová rekapitulace, porovnání.....	52
	POUŽITÁ LITERATURA.....	56
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	58
	SEZNAM TABULEK.....	60
	SEZNAM PŘÍLOH.....	61

I. Úvod

Roboti a automatize jsou v dnešním průmyslovém praxi velice úzce spojeno. Roboti pro automatizační účely se používají již od vzniku robotických paží, a to již více než 50 let. Za tuto dobu se celosvětový průmysl rozrostl a zvětšil v obrovském měřítku. Jsou kladeny čím dál větší nároky na rychlost, přesnost a spolehlivost výroby. V některých případech již pro udržení kroku s takovými to požadavky lidská síla a preciznost nestačí. V těchto situacích se zavádějí místo lidské pracovní síly automatizované linky.

Automatizované linky jsou velice důmyslná zařízení, pracující v určitém cyklu a opakovatelnosti, s vysokou rychlostí, přesností a spolehlivostí. Tato zařízení mohou dosahovat velikosti velkých výrobních hal. Dnes již na světě existují plně automatizované průmyslové linky bez jakékoliv obsluhy. V automatizačních linkách jsou používány různé dopravní systémy. Kterými jsou např. dopravníky, vibrační kruhové, nebo lineární vedení a zásobníky, nebo také spádové podavače. Většina takových to zařízení je dostupná velice dobře na dnešním trhu s průmyslovými zařízeními. Celé automatizované systémy jsou však vyráběny přesně pro dané díly a parametry zákazníka. Nejsou tudíž běžně dostupné na trhu. Pro každou takovou to linku jsou vypracovány plány, návrhy a ty následně realizovány pro danou zakázku.

V těchto procesech se většinou vyrábějí nebo zpracovávají jen určité druhy výrobků, pro které je linka na míru vyrobena. Změna druhu výrobku může znamenat složité předělání části automatizovaných zařízení, nebo i výrobu nového celého zařízení.

V těchto automatizovaných zařízeních se využívají hojně pro manipulaci roboti a robotické paže. Dokáží pracovat s vysokou přesností nebo manipulovat s předměty velkých hmotností. Od počátku 21. století nastoupili na trůn v automatizovaném průmyslu „*Kooperativní roboti*“. Jedná se o robotické paže schopné pracovat na jednom pracovišti vedle lidského pracovníka, aniž by robot musel být speciálně zabezpečen klecí a podobnými zábranami. Záleží na druhu výkonu práce robota.

Firma „Exactec“ [2], sídlící v Liberci se zabývá vývojem a konstrukcí menších automatizovaných robotických buněk. Jedná se o největšího českého distributora robotů firmy „Universal Robots“. V této firmě pracuji v konstrukčním oddělení. Firma mi umožnila práci na zakázce pro společnost „FTE Podbořany“, z které také dělám tuto Bakalářskou práci.

Jedná se o návrh automatizovaného zásobíku a podavače plastových dílů více velikostí. Systém musí být schopen dobře orientovat díly, dle požadavku zákazníka, aby je mohl robot správně odebírat do základacího stroje. Mým úkolem je navrhnutí způsobu orientace dílů, jejich následné navedení k robotu a jejich odebírání. Systém musím dále kompletně navrhnout a zkonstruovat.



II. TEORETICKÁ ČÁST

1 VIBRAČNÍ DOPRAVNÍ SYSTÉMY

1.1 Vibrační zásobníky

Vibrační zásobníky jsou vibrační zařízení pro zásobování dílů v automatizovaném průmyslu. Vibrační systémy jsou rozšířeny po celém světě ve větších i menších průmyslových odvětvích, nalézají uplatnění ve skoro každém odvětví v průmyslu. Jejich přizpůsobivost je činí skvělým zařízením pro vysokokapacitní průmysly, kde je kladen důraz na vysoké výrobní takty, tak i pro méně kapacitní průmysly, kde není takový nárok kladen.

Největší zastoupení těchto strojů je v automatizované výrobě pro zásobování jednoúčelových strojů, tak i pro zásobování robotických pracovišť. Vibrační zásobníky jsou složeny ze dvou a více částí. Hlavní částí je pohonná vibrační jednotka (kruhový nebo lineární pohon), ke kterému je přidělán tvarový zásobník (lineární, nebo kruhové vedení).

V České Republice jsou největšími prodejci a prostředníky v prodeji vibračních zásobníků např.: Afag, Vondra a Vondra, Deskové dopravníky, Libor Kříž, ROX, ...

1.1.1 Základní rozdělení vibračních zásobníků

Vibrační zásobníky se řadí do několika kategorií.

Nejrozšířenějšími jsou:

- kruhové vibrační zásobníky,
- lineární vibrační zásobníky,
- deskové vibrační zásobníky (vibrační předzásobníky).

1.2 Popis a využití

1.2.1 Kruhové vibrační zásobníky

Kruhové vibrační zásobníky mají tvar válcové (obr.3) nebo kuželové (obr.1). Jsou poháněny vibračním pohonem (obr.2), který rozkmitává v kruhovém pohybu mísu ve směru nebo proti směru hodinových ručiček. Vibrace se přenáší na díly, které jsou přivedeny (přisypány) do spodní části mísy. Díky vibracím se díly rozpohybují v kruzích a jsou vedeny na vnější obvod.

V míse je vytvořeno spirálovité vedení, do kterého díly na vnějším obvodu uvnitř najíždějí a jsou vedeny vzhůru spirálou. Princip orientace dílů je tvořen různými *pastmi*, přes které jsou díly vedeny. Pokud je díl špatně orientován, je pastí zaznamenán a buď mechanickou metodou, nebo vzduchem odstraněn z vedení zpět do spodní částí mísy (spadne zpět do výchozí pozice na dně mísy), kde díl najede znovu na vedení s větší pravděpodobností dobře orientován. Pokud je díl dobře orientován, vibracemi vyjede až na vrchní část mísy, kde je napojen další dopravní systém (např. dopravník), kudy díl putuje dále do stroje apod.

Tab. 1.: Specifikace kruhových násypků, typ NV od firmy Vondra a Vondra [3]

Označení	$\varnothing D$	$\varnothing d$	L	A	C	B	Pohon
NV200	200	9	80	10	35	20	VZ/C-200 VZ/D-160
NV250	250	9	105	12	47	26	VZ/C-200
NV300	300	11	115	18	56	30	VZ/C-300
NV400	400	11	140	25	70	35	VZ/C-300 VZ/C-400
NV500	500	11	170	30	90	46	VZ/C-400
NV600	600	11	220	30	110	55	VZ/C-600 VZ/C-600A



Obr. 1.: Kuželová mísa (násypka) od firmy Vondra a Vondra [3]



Obr. 2.: Vibrační kruhový pohon od firmy Afag [4]



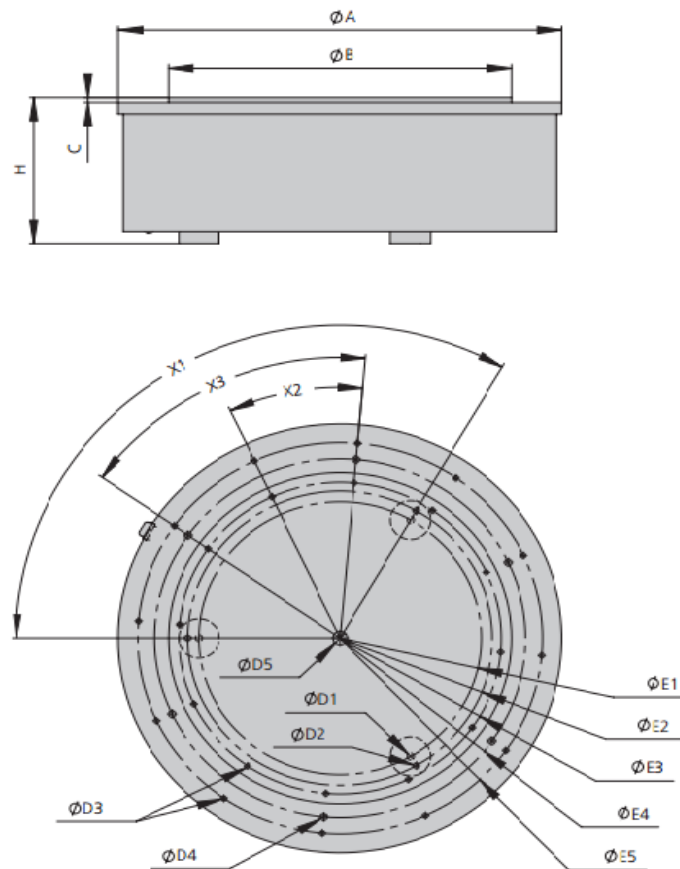
Obr. 3.: Válcová mísa (násypka) od firmy Vondra a Vondra [3]

Tab. 2.: Specifikace pohonu BF50 od firmy Afag [4]

Technical data	
Admissible moment of inertia $\pm 10\%$	65.0 kgdm ²
Admissible bowl weight $\pm 30\%$	20.0 kg
Weight device	56.6 kg
Power	950 VA
Protection class	IP54
Reactive force compensation	•
Vibrator frequency (electric) in Hz	50/60
Mechanical vibrations per min	6000 / 7200

Tab. 3.: Rozměry pohonu BF50 od firmy Afag [4]

Dimensions	Units	
A	[mm]	440
B	[mm]	340
C	[mm]	5
D1	---	3 x M8
D2	[mm]	6H7
D3	---	M6
D4	[mm]	M8
D5	---	M16
E1	[mm]	280
E2	[mm]	302
E3	[mm]	320
E4	[mm]	368
E5	[mm]	400
H	[mm]	150
X1	[°]	120
X2	[°]	30
X3	[°]	60



Obr. 4.: Rozměry pohonu BF50 [4]

1.2.1.1 Výhody/ Nevýhody kruhového vibračního zásobníku

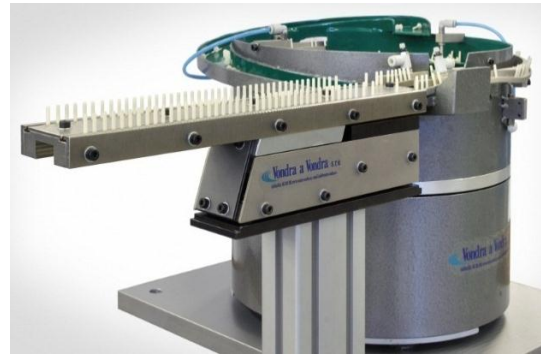
- + Téměř 100 % spolehlivost orientace dílů,
- + vysoký takt zásobování,
- + velká kapacita zásobníku (záleží na velikosti mísy),
- + jednoduché nastavení rychlosti podávání dílů,
- + použitelnost v prašném prostředí,
- + vysoká schopnost automatizace výrobních linek,
- vysoká cena (až v řádech několika sta tisíc),
- vysoká hlučnost, velikost,
- jednoúčelnost.

1.2.2 Lineární vibrační zásobníky

Lineární vibrační zásobníky nebo dopravníky slouží k dopravě dílu na střední i dlouhé vzdálenosti, obvykle se používají k dopravě dílů z vibračních kruhových zásobníků do stroje. Zařízení se skládá z lineárního pohonu (obr.5) a lineárního vedení (lišť apod.). Díly se mohou na lineárním zásobníku dále orientovat, než dojdou do stroje (středění, srovnání apod.).



Obr. 5.: Lineární pohon od firmy Afag [4]



Obr. 6.: Lineární vedení v kompletu s kruhovým zásobníkem od firmy Vondra a Vondra [3]

Tab. 4.: Specifikace Lineárních pohonů, Typ B od firmy Vondra a Vondra [3]

Označení	Napájení	Prac. frekvence	Příkon	El.krytí	A	B	C	E	F	H	I	J	K	L	II	V	ø d	I2
VZP/B - 50	230V/50Hz	50/100 Hz	20 VA	IP 54	400	50	65	30	10	0	50	8	36	212	225	90	4,5	236
VZP/B - 80	230V/50Hz	50/100 Hz	70 VA	IP 54	600	80	94	40	20	12	56	10	46	314	328	146	6,5	342

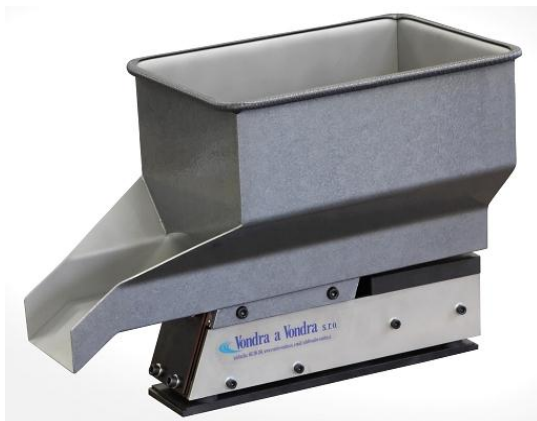
1.2.2.1 Výhody/ Nevýhody lineárního vibračního zásobníku

- + Téměř 100 % spolehlivost orientace dílů,
- + dobrá nastavitelnost chodu pohonu,
- + vysoký takt zásobování,
- + jednoduchost systému,
- jednoúčelnost zařízení,
- cena celého zařízení (menší než u kruhového),
- hlučnost zařízení.

1.2.3 Deskové vibrační zásobníky (předzásobníky)

Deskové vibrační zásobníky se používají ve většině případů jako předzásobníky (obr.7) pro kruhové nebo lineární vibrační zásobníky tzv. „Bunkery“. Jednoduše řečeno, je to větší nádoba, která slouží jako zásobník na díly. Díly se nasypou v řádech sta nebo tisíce kusů a automatizovanou linkou jsou pomocí lineárních vibračních pohonů přisypávány do kruhových nebo lineárních vibračních zásobníků. Plnění předzásobníků je prováděno obsluhou.

Velice využívaným systémem zásobování je tzv. Flexible Feeding, neboli Any Feeder (obr.8), přeloženo: Flexibilní zásobování, nebo Zásobování různými díly. Tento systém je založen na systému zásobování dílů z „Bunkru“, kde díly padají na vibrační desku, dále jsou lineárními nebo 3D vibracemi dopraveny do odběrného místa. Odběrné místo je snímáno kamerou umístěnou nad deskou, která snímá určité pole. Vibracemi se díly od sebe oddělí nebo otočí. Kamera, která zaznamená dobře orientované díly pošle signál Scara robotu, který díl uchopí, ve většině případů přísavkou a umístí jej na určité místo, kde poté putuje dále.



Obr. 7.: Předzásobník od firmy Vondra a Vondra [3]



Obr. 8.: Any Feeder systém se Scara robotem od společnosti Adept [5]

2 DOPRAVNÍKY

Dopravníky jsou zařízení, které přenášejí různé druhy materiálů, dílů a věcí z jednoho místa na druhé. V automatizaci jsou využívány pro přemísťování dílu k robotickým stanicím a od nich k dalšímu zpracování. Používají se pro dopravu jakéhokoliv materiálu. Na dnešním trhu nalezneme velikou škálu výběru dopravníků.

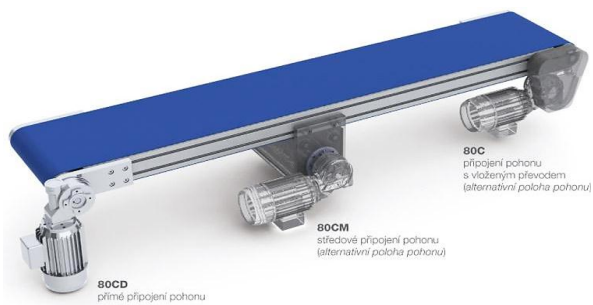
Velikost (délka) dopravníku se pohybuje od několika desítek centimetrů (v automatizaci apod.), až po několik desítek metrů (důlní průmysly, ...). V automatizaci se velice hojně používají celé dopravníkové systémy, které zásobují robotická a další automatizovaná pracoviště najednou, nebo jsou propojené za sebou pomocí několika dopravníků, které přemísťují díly od stroje ke stroji.

Na rozdíl od vibračních zařízení nejsou moc hlučné a dají se ve větší míře přizpůsobovat vzájemně, dají se dobře přemísťovat z místa na místo, pokud nejsou pevně připevněné k zemi. Jejich cena je mnohonásobně menší oproti vibračním dopravníkům, také jejich délky dosahují daleko větších rozměrů, aniž by muselo být použito několika pohonů naráz. Ale jejich možnost automatizace je omezená. Pomocí vibračních dopravníků můžeme v jisté míře díly orientovat, převracet, nebo správně směřovat do stroje, kdežto dopravník má v 90 % funkci pouze díly přemísťovat v lineárním směru, bez dalších funkcí (orientace, přetáčení, ...).

Předními českými výrobci a dodavateli dopravníků jsou např. firmy: Alvaris, Haberkorn, Tevco, Bluetech, Alutec KK, ...

2.1 Rozdělení dopravníků

- Pásové dopravníky,
- modulární dopravníky,
- válečkové dopravníky,
- řemenové dopravníky,
- řetězové dopravníky,
- paletkové dopravníky.



Obr. 9.: Pásový dopravník se třemi druhy uložení pohonu od firmy Haberkorn [6]



Obr. 10.: Modulární dopravník od firmy Habekorn [6]



Obr. 11.: Válečkový dopravník s pohonem válečků od firmy Haberkorn [6]



Obr. 12.: Paletkový dopravníkový systém od firmy Haberkorn [6]

3 KOOPERATIVNÍ ROBOTI

3.1 CO je kooperativní robot

Od názvu kooperativní neboli spolupracující, kolaborativní je robot, který dokáže spolupracovat s člověkem na jednom pracovišti bez jakýchkoliv mechanických nebo světelných zábran. Robot, který je zároveň menších rozměrů, ale dostatečně silný a pohyblivý, aby zvládal tempo dnešních průmyslových závodů.

3.2 Historie kooperativních robotů

Průmysloví roboti se využívají již od druhé poloviny 20. století a od té doby se velice měnily, jak svojí velikostí, tak i svojí přesností. Velcí průmysloví roboti byly těžkopádné stroje, které dokázali pracovat s velice těžkými břemeny ve velkém rozsahu, ale na úkor své přesnosti a rychlosti. Průmyslový velký robot musí pracovat ve velice dobře zabezpečeném prostoru (klece, ...), kam nemá při provozu nikdo přístup. Jakékoliv takové porušení bezpečnosti a vniknutí do prostoru pracujícího průmyslového velkého robota může vést k těžkým poraněním, nebo i smrti. Průmysloví roboti nemají zabudovaný jakýkoliv ochranný systém, který by je zastavil nebo zbrzdil při kontaktu s pracovníkem. Jejich síla pro manipulaci s díly o hmotnosti několika desítek až stovek kg, je pro člověka při kolizi většinou smrtelná.

Proto na společnostech vyrábějící roboty byla před více než 20 lety kladena veliká poptávka po robotech, které by dokázaly spolupracovat s člověkem a neohrozil jej na životě, byly lehké a zároveň dokázaly opakovat monotónní úkony s velkou přesností.

V roce 2003 se sešli budoucí tři zakladatelé firmy Universal Robots Esben Østergaard, Kasper Støyer a Kristian Kassow, kteří přišli na nápad malého kooperativního a lehkého robota. V roce 2005 byla firma oficiálně založena a již v roce 2009 přišla jako první firma na světě na trh s robotem UR5. Tento robot váží pouhých 18 kg, má efektivní pracovní rozsah 850 mm a dokáže manipulovat na maximálním rozsahu s hmotností až 5 kg. V robotu byl zabudován ochranný systém. Po kontaktu s člověkem se robot okamžitě zastaví do doby, dokud není znovu spuštěn. Ochranný systém je nastavitelný na rozsahu síly, kterou musí robot překonat, aby se zastavil. Jako ochrana je nastaven strop této síly, kdy při kontaktu robot člověka neohrozí

na životě. Tyto síly mohou člověka maximálně povalit na zem, nebo mu přivodit menší modřinu na těle. Nastavení těchto sil souvisí také s rychlostí pohybu robota a hmotností s kterou manipuluje.

Na společnost byly kladeny nároky pro zvětšení kapacity robota a v roce 2012 přichází na trh s novým větším robotem UR10. Robot UR10 má zvětšený pracovní rozsah na 1300 mm a efektivní nosnost do 10 kg, jeho váha činí 29 kg.

V roce 2015 přichází Universal Robots na trh s robotem UR3, nejmenším kooperativním robotem na světě, který byl určen pro práci po boku člověka. Jeho pracovní rozsah činí 500 mm a dokáže pracovat s hmotností do 3 kg. Hmotnost robota je pouhých 11 kg, proto se s robotem dá dobře manipulovat a přemísťovat jej po pracovištích.

V témže roce se na trh dostává novinka od firmy ABB, robot YuMi. Tento robot je na systému dvou ramen napodobující paže člověka, které dokáží mezi sebou kooperovat. Každá paže má efektivní rozsah 500 mm a mohou manipulovat s hmotností až 0,5 kg (každá). Robot je opatřen bezpečnostním ochranným systémem kolize s překážkou (člověkem), při které se v řádech milisekund zastaví. Obdobný systém jako u robotů UR.

Také firma FANUC, která se již dlouhou řádku let zabírá vývojem a prodejem průmyslových robotů, přišla na trh v roce 2015 s kooperativním robotem CR-35iA. Jedná se o největšího robota z řady kooperativních a jako jediný na světě dokáže pracovat s díly vážícími až 35 kg. Dokáže pracovat efektivně na rozsahu 1813 mm, bohužel se vše odrazilo na velikosti a váze robota, jehož hmotnost činí 990 kg. V robotu je zabudován obdobný nárazový ochranný systém jako u předešlých kooperativních robotů. Firma FANUC dále nabízí druhý typ kooperativního robota CR-7iA/L, menší a lehčí verze. Dokáže pracovat s hmotností do 7 kg a efektivním pracovním rozsahem 911 mm. Hmotnost robota činí 55 kg.

V roce 2016 na světový trh přichází s robotem firma KUKA. Na trh uvedla hned dva roboty s názvem LBR iiwa 14 R820 a LBR iiwa 7 R800. Jako první přicházejí s ovladatelnými 7 osami u kooperativního robota. První verze LBR iiwa 14 R820 může pracovat s hmotností až 14 kg, na efektivním rozsahu 820 mm, hmotnost robota činí 30 kg. Druhá verze LBR iiwa 7 R800 může pracovat s hmotností až 7 kg, na efektivním rozsahu 800 mm, hmotnost robota činí 22 kg.

Nejvíce rozšířenou firmou na českém, ale i světovém trhu je firma Universal Robots s kooperativními roboty, která zde funguje více než 7 let a má největší podíl na světové

tržbě kooperativních robotů. Protože bakalářská práce obsahuje robotické pracoviště s použitím robota od firmy Universal Robots, budu dále představovat podrobněji pouze roboty od této firmy.



Obr. 13.: Robot CR-7iA/L od firmy FANUC [7]



Obr. 14.: Robot LBR iiwa 14 R820 od firmy KUKA [8]



Obr. 15.: Robot YuMi od firmy ABB [9]

3.3 Kooperativní robot UR3

3.3.1 Vlastnosti

Jak již bylo zmíněno výše, jedná se o nejmenšího, nejlehčího 6 ti osého kooperativního robota na světě. Díky své váze a velikosti může být lehce přenášen z místa na místo, bez jakýkoliv komplikací. Díky svému bezpečnostnímu systému kolize s předmětem nebo člověkem může pracovat po boku člověka, ať už ve výzkumných laboratořích na pracovním stole nebo v robotickém pracovišti ve výrobních průmyslových halách.

Kontrolu bezpečnostního systému a certifikaci provádí celosvětová firma TÜV NORD, bezpečnostní systém a robot podléhá normě: EN ISO 13849:2008 PL d; EN ISO 10218-1:2011, odstavec 5.4.3.

Robot se skládá ze dvou ramen a celkem 6 pohyblivých os. Celý komplet robota tvoří samotný robot, kontrolér, který řídí pohyb celého robota a pendant, díky kterému lze lehce robota naprogramovat. Pendant je ruční ovládací dotykový panel s nainstalovaným ovládacím softwarem, do pendantu lze nahrát externí program pro řízení robota, nebo program vytvořit přímo v něm. Pendant je propojen kabelem do kontroléru. Pomocí tlačítka na zadní straně pendantu a jeho přidržením lze s robotem ručně pohybovat v jakémkoliv směru. Tato funkce může v některých případech zjednodušit pohyb při programování robota a ulehčení jeho navedení k cílovému bodu apod.

3.3.2 Specifikace

Základní parametry:

- maximální zatížení: 3 kg,
- rozsah pohybu: 500 mm; $\pm 360^\circ$,
- opakovatelnost: $\pm 0,1$ mm,
- hmotnost robota: 11 kg,
- hmotnost kontroléru: 15 kg,
- hmotnost pendantu: 1,5 kg,
- klasifikace IP: IP64 (chráněno proti vniknutí prachu a stříkající vodě),
- příkon: 125 W; max. 250 W,

- rychlost ramen: $\pm 180^\circ/\text{s}$,
- rychlost zápěstí: $\pm 180^\circ/\text{s}$.



Obr. 16.: Robot UR3 od firmy Universal Robots [10]

3.4 Kooperativní robot UR5

3.4.1 Vlastnosti

Robot UR5 je prvním kooperativním robotem na světě. Je střední třídou velikosti ve své skupině kooperativních robotů od Universal Robots. Svými vlastnostmi (velikostí, hmotností a rozsahem) stojí mezi roboty UR3 a UR10. Díky své váze lze s robotem také lehce manipulovat a přenášet ho na různá místa. Díky většímu rozsahu a hmotnosti břemen s kterými může manipulovat se používá při náročnějších úkonech než jeho menší kopie UR3. Stejně jako UR3 má zabudovaný ochranný systém, díky kterému může pracovat po boku člověka (podléhá stejným normám). Využívá se nejvíce v automatizovaných robotických buňkách pro manipulaci s různými nástroji (pneumatické kleště, šroubováky, stříkací pistole, ...) a břemeny. Hodně častým použitím robota UR5 je v aplikacích CNC strojů (manipulace s obrobkem – zakládání do stroje a vyndávání), vstřikovacích lisů, hydraulických lisů a dalších.

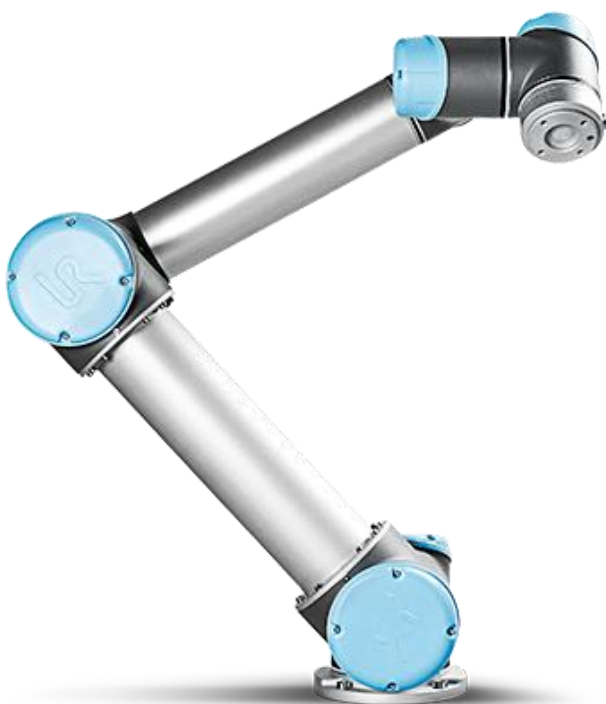
UR5 je propojen stejně jako UR3 s kontrolérem a pendantem, oproti UR3 zde nejsou skoro žádné změny, co se týče programovacího softwaru a kontroléru (vše je stejné).

Změna je zde pouze ve větším příkonu robota, pro který je upravena napájecí kaskáda v kontroléru a ochraně proti okolním vlivům. Změna je také v jiném uchycení robota (jiné rozměry příruby robota) a jiné přírubě na posledním zápěstí (viz. Obr.14)

3.4.2 Specifikace

Základní parametry:

- maximální zatížení: 5 kg,
- rozsah pohybu: 850 mm; $\pm 360^\circ$,
- opakovatelnost: $\pm 0,1$ mm,
- hmotnost robota: 18,4 kg,
- hmotnost kontroléru: 15 kg,
- hmotnost pendantu: 1,5 kg,
- klasifikace IP: IP54 (chráněno proti vniknutí prachu částečně a stříkající vodě),
- příkon: 150 W; max. 325 W,
- rychlost ramen: $\pm 180^\circ/\text{s}$,
- rychlost zápěstí: $\pm 180^\circ/\text{s}$.



Obr. 17.: Robot UR5 od firmy Universal Robots [10]

3.5 Kooperativní robot UR10

3.5.1 Vlastnosti

Robot UR10 je největší robot z rodiny kooperativních od firmy Universal Robots. Díky své velikosti a větší váze než UR5 a UR3 se používá většinou na nehybných robotických buňkách, kde je pevně přidělán a již se s ním dále nehýbe z místa na místo. Používá se na rozdíl od UR5 v aplikacích, kde je zapotřebí větší síly pro manipulaci s díly nebo nástroji při stejné přesnosti a o něco menší rychlosti.

Díky svému velkému rozsahu se dosti používá při manipulaci s díly, které robot musí zakládat do více strojů po sobě, kde je díl upravován apod. až do finální podoby. Může takto nahradit až několik pracovníků na jednu a pracovníci se mohou využít na jinou tvůrčí práci nebo na jiné pracoviště.

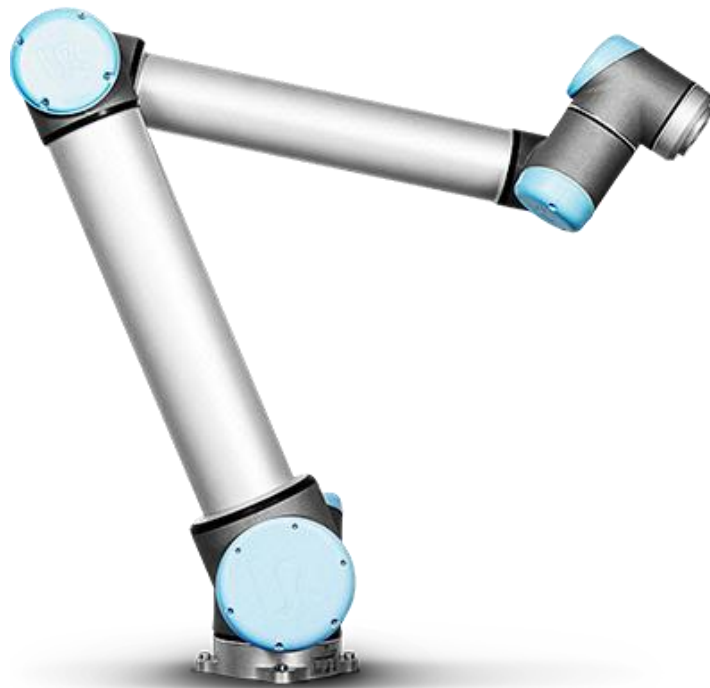
Dále se využívá pro manipulaci s těžšími nástroji (větší uchopovače, podtlakové uchopovače apod.). Příklad je manipulace s okny pomocí podtlakového uchopovače (přísavky) v automobilové průmyslu.

Stejně jako u předešlých robotů je propojen s kontrolérem a pendantem, má stejné ovládací rozhraní. Jiné je napájení robota (větší příkon). Dále se liší od UR3 a UR5 designem, je hodně podobný UR5, má jiné uchycení v přírubě (větší rozměry).

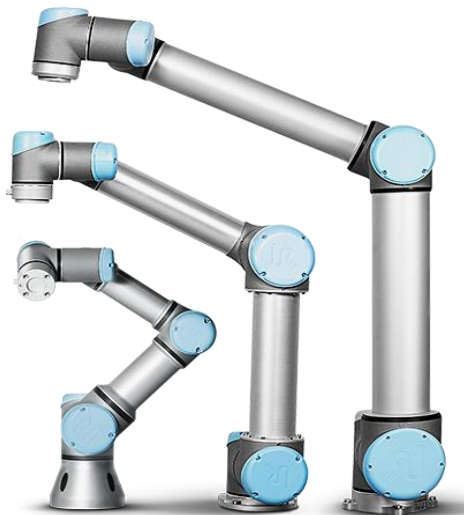
3.5.2 Specifikace

Základní parametry:

- maximální zatížení: 10 kg,
- rozsah pohybu: 1300 mm; $\pm 360^\circ$,
- opakovatelnost: $\pm 0,1$ mm,
- hmotnost robota: 28,9 kg,
- hmotnost kontroléru: 15 kg,
- hmotnost pendantu: 1,5 kg,
- klasifikace IP: IP54 (chráněno proti vniknutí prachu částečně a stříkající vodě),
- příkon: 250 W; max. 500 W,
- rychlost ramen: $\pm 120-180^\circ/s$,
- rychlost zápěstí: $\pm 180^\circ/s$.



Obr. 18.: Robot UR10 od firmy Universal Robots [10]



Obr. 19.: Porovnání velikosti robotů UR3,5,10 [10]



Obr. 20.: Robot UR5 + kontrolér + pendant [10]

Tab. 5.: Specifikace Kontroléru [10]

Klasifikace IP	IP20
ISO Class Cleanroom	6
Hluk	<65 dB(A)
I/O porty	Digitální vstupy 16 Digitální výstupy 16 Analogové vstupy 2 Analogové výstupy 2
I/O elektrické napájení	24 V 2 A
Komunikace	TCP/IP 100Mbit, Modbus TCP, Profinet, EthernetIP
Napájecí zdroj	100-240 VAC, 50-60 Hz
Povolená okolní teplota	0-50°
Velikost kontroléru (ŠxVxH)	475 mm x 423 mm x 268 mm / 18,7 x 16,7 x 10,6 in
Hmotnost	15 kg / 33,1 lbs
Materiály	Ocel

Tab. 6.: Specifikace Kontrol Panelu (Pendant)

Klasifikace IP	IP20
Materiály	Hliník, PP
Hmotnost	1,5 kg
Délka kabelu	4,5 m / 177 in



III. PRAKTICKÁ ČÁST

4 ZADÁNÍ A CÍL PRÁCE

4.1 Cíl

Cílem mé bakalářské práce je firemní zakázka pro firmu FTE Podbořany. Jedná se o implementaci robota k automatizovanému jednoúčelovému stroji. Robot má nahradit obsluhu stroje, která zakládá ručně plastové válečky do přípravku společně s gumovým těsněním. Díly se poté ve stroji na otočném karuselu postupně do sebe zalisují.

Mým úkolem je navrhnout a zkonstruovat zařízení, které bude zásobovat a orientovat díly, aby je mohl robot odebrat a založit do přípravku stroje.

Požadavky zákazníka:

- Nekonvenční zařízení pro zásobování a orientaci
- Nejlépe vyhnout se vibračním zásobníkům (kruhové vibrační zásobníky)
- Použití Bosch Rexroth profilů pro rámy apod.
- Takt 5 sekund zakládání do stroje
- 5 druhů velikosti dílů – možné nastavení stroje pro každou velikost dílu
- Jednoduché přenastavení pro jinou sérii
- Velikost zařízení do určeného prostoru před strojem (zhruba 0,8 x 2,7 m)
- Použití robota pro zakládání dílů do stroje

4.2 Společnost FTE automotive Czechia, s. r. o.

„Společnost FTE automotive Czechia, s. r. o., sídlí v Podbořanech v severozápadních Čechách, kde od roku 2006 obrábí a montuje i vyvíjí komponenty pro spojkové a brzdové systémy. Firma patří do skupiny FTE automotive, jejíž centrála sídlí v Německu. Náš roční obrat se pohybuje kolem 3 mld. Kč, zaměstnáváme okolo 600 lidí. Jsme členy Sdružení automobilového průmyslu a Hospodářské komory České republiky.“
[14]

4.3 Použitý software při práci

Pro návrhovou a konstrukční činnost jsem použil program Autodesk Inventor 2017 v rámci firemní licence. V programu jsem strávil více než 80 % práce, při modelování součástí a sestav, tak i při tvorbě výkresové dokumentace pro výrobu.

Pro vizualizaci 3D modelů byl použit program Autodesk ShowCase 2017.

5 NÁVRH A KONSTRUKCE ZAŘÍZENÍ

5.1 Návrh funkce zařízení

Prvním bodem návrhu bylo rozmyslet se nad tím, jak se díly budou orientovat a následně se zakládat do automatizovaného stroje. Protože naše firma se zabývá více méně právě návrhem a konstrukcí jednoúčelových řešení pro daný druh výrobků a požadavků zákazníka. Stejně tak u této zakázky bylo nutné vymyslet a navrhnout celý systém orientace a zásobování, vymodelovat a vyrobit jej.

Ve firmě FTE již několik takových podobných strojů funguje. Jsou to velké celoautomatizované karuselové stroje, kam jsou díly přiváděny z velkých kruhových vibračních zásobníků a lineárních dopravníků. Tyto systémy u nich fungují s velkou spolehlivostí a účinností. Bohužel zde je několik záporných faktorů, které vedly v klíčové rozhodnutí při rozhodování v našem návrhu.

Jejich již fungující vibrační systémy pro zásobování jsou velice hlučné a příliš veliké (zabírají plochu několika metrů čtverečních), jsou také příliš drahé. Největší jejich zápor je, že dokáží zásobovat jen jeden druh dílu (velikosti). Firma vyrábí okolo 7 druhů velikosti dílů, proto požadovala po nás systém, který by zvládl takto zásobovat jeden jejich stroj více druhy dílů, pouze s jednoduchým přenastavením zásobníku.

Zde vznikl největší problém při rozhodování, jaký systém použít pro orientaci plastových válečků a jaký pro orientaci gumových těsnění.



Obr. 21.: Karuselový automatizovaný lisovací stroj se základacím přípravkem [1]



Obr. 22.: Zakládací přípravek [1]



Obr. 23.: Plastový díl [1]



Obr. 24.: Gumový díl (Těsnění) [1]

5.1.1 Způsob orientace dílů, testování

Největší otázkou při rozmýšlení, jak by mohl pracovat systém zůstávalo, jak díly orientovat na správnou stranu, aby je robot mohl lehce odebrat a ihned založit do stroje.

Pro co nejjednodušší systém obracení dílů jsem se zaměřil na jednoduchý fyzikální zákon gravitace a použít váhy dílu k přepadu přes hranu. Pokud se díl pohybuje určitou rychlostí a je přiveden na okraj něčeho a nechá se přepadnout z určité výšky dolu, díl se přetočí. Poté je díl přiveden zpět do odběrného místa, nebo pasti, kde je buď puštěn dále nebo je vrácen zpět do místa kam spadne, do výchozí pozice (systém kruhových vibračních zásobníků), neboli systém cirkulace dílů pořád dokola, než je dobře orientován.

Následovalo několik testů k potvrzení teorie o přepadu dílu. Použil jsem dvě plechové desky, jedna z nich byla ve vyšší pozici nad druhou. S každým dílem jsem pohyboval po vrchní desce k okraji, díl nechal při určité rychlosti přepadnou přes okraj a sledoval jsem, jak se díl chová. Pokud se díl nepřetočil a zůstal stejně orientován, snížil jsem nebo zvýšil rychlost pohybu dílu, dále jsem upravoval výšku přepadu.

Pokud se díl pohybuje příliš vysokou rychlostí jeho hybnost je vysoká na přepadu a díl pouze přepad „přelétne“ a zůstane stále stejně orientován. Abych ale mohl splnit takt linky 5 sekund, rychlost dílu nesmí být příliš malá, proto se měnila zároveň i výška přepadu. Testoval jsem celkem 5 druhů dílů (velikostí), tvar mají přibližně všechny stejný.

Každý díl jsem testoval několikrát po sobě, zkoušel jsem různé nastavení výšky přepadu s rychlostí dílu, než se díl v 90 % případů přetočil správně.

5.2 Návrh č.1 - Vibrační systém

5.2.1 Konstrukce systému přepadu

První myšlenky a návrhy se zaměřovaly pro tvorbu nekonvenčního vibračního zásobníku, podle vlastního návrhu za použití pouze konvenčního vibračního kruhového pohonu. Doporučení zákazníka bylo vyhnout se vibračním zásobníkům kvůli několika špatným aspektům (vysoká cena, hluchnost, velikost). Proto jsem se snažil těmto aspektům vyhnout. Navrhl a vymodeloval jsem vlastní jednoduchou vibrační mísu za použití plechu vedeného do šroubovice a bočního vedení, ke kterému byla šroubovice přišroubována pomocí držáků. Šroubovice měla jednu otáčku, po které se díly pohybovaly ze spodní části šroubovice vzhůru.

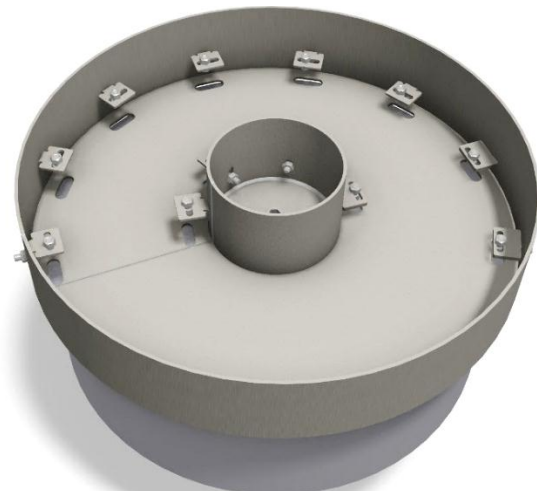
V programu Inventor 2017 jsem vymodeloval dle potřebných specifikací pro daný vibrační pohon od firmy Afag BF40L12 vlastní kruhovou mísu. Do mísy jsem aplikoval systém přepadu.

Bohužel tento návrh jsem musel nakonec zavrhnout z důvodu několika komplikací, které se objevily již při modelování a celkovém pohledu na návrh.

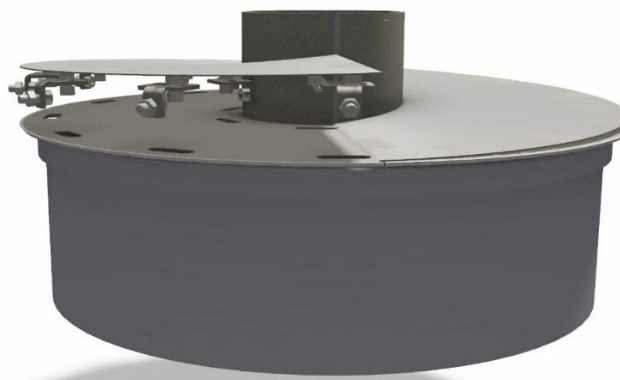
Montáž a následné nastavení celé mísy bylo velice komplikované a špatně přístupné. Pokud by se měnila série na jiný díl, musela by se celá mísa sundat z vibračního pohonu a složitým postupem šroubovici výškově nastavit. Tento postup by zabral vždy mnoho času a úsilí. Dalším problémem by zde byly vibrace, které by se přenášeli do mísy a následně na díly. Díky těmto vibracím by se rozkmitali části, ze kterých je mísa složena a celá soustava by začala s velkou pravděpodobností rezonovat, čemuž bylo nutné se vyhnout.



Obr. 25.: 3D náčrt vibračního zásobníku [1]



Obr. 26.: Vnitřek vibrační mísy [1]



Obr. 27.: Pohled na vnitřní držáky šroubovice [1]

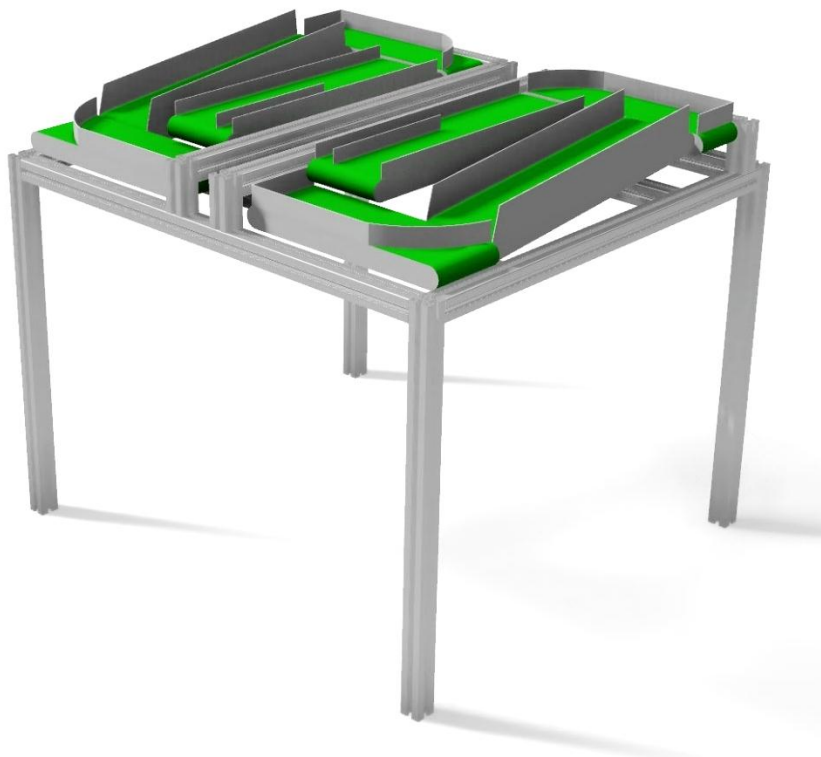
5.3 Návrh č.2 - Dopravníkový systém

5.3.1 Konstrukce systému přepadu

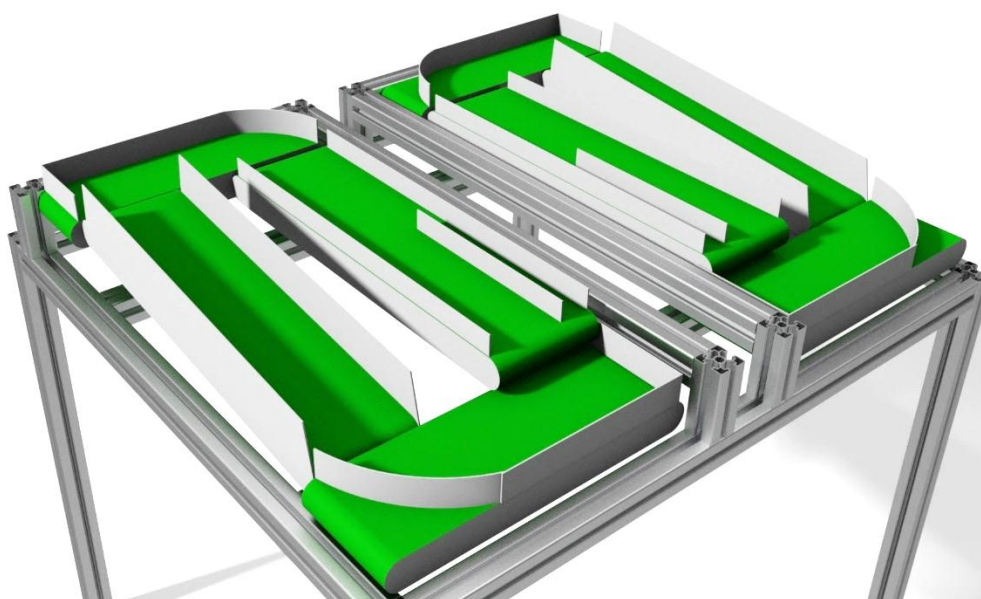
Po zavrnutí návrh č.1 jsem se orientoval spíše k dopravníkové metodě pohybu dílů (daleko menší hluk, lepší manipulace a možné nastavení). Po dopravníku mohou být díly lehce dopravovány.

Opět jsem se držel systému přepadu, za použití několika dopravníků, konkrétně 4. Dopravníky by byly uskupeny do čtvercového tvaru za sebou. Jeden lineární delší dopravník (centrální dopravník, odběrné místo), z kterého by špatně orientované díly přepadly na níže položený dopravník otočený o 90° vůči předešlému, kde by se díly přetočily. Dále by se díly dopravily pomocí systému cirkulace zpět do odběrného místa na výchozí dopravník.

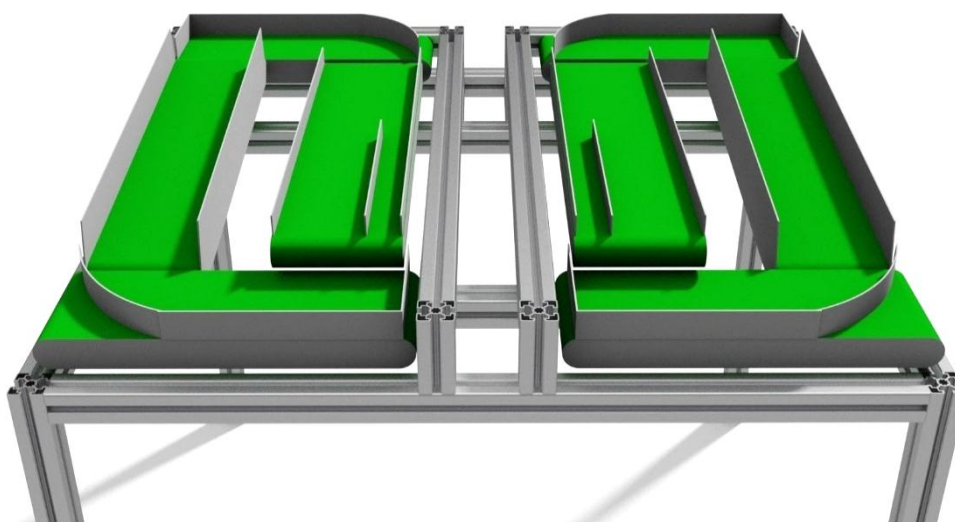
Pomocí několika dopravníků by se systém mohl jednodušeji přenastavit pro jinou sérii a díky frekvenčnímu měniči by se mohla nastavit rychlost dopravníků v určitém rozmezí. Pomocí hrazení z plechů přidělané k dopravníkům by se díly mohly přesněji navádět do určeného místa pro odebrání robotem.



Obr. 28.: Návrh č.2 - dopravníkový systém [1]

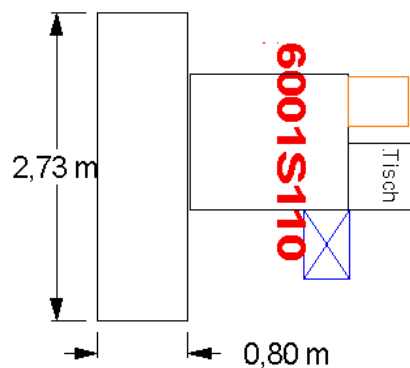


Obr. 29.: Návrh č.2 – bližší náhled [1]



Obr. 30.: Návrh č.2 - přední pohled [1]

Návrh byl bohužel zákazníkem zavrhnut, kvůli změně prostoru, který se může zastavět tímto zásobovacím zařízením před karuselových strojem. Prostor byl vytyčen do užšího a delšího pásu zhruba 0,8 a 1 m širokého a 2,5 až 2,7 m dlouhého. Proto musel být systém znovu předělán do jiného, menšího provedení, které bude před strojem jinak umístěno a vešlo by se do požadovaného místa.



Obr. 31.: Layout pracoviště a velikost použitelného místa před strojem [1]

5.4 Návrh č.3 – Dopravníkový systém, finální návrh

Návrh č.3 je předělaný a zredukovaný návrh č.2, u kterého vznikl problém s velikostí a rozložením zásobovacího zařízení před karuselovým otočným strojem. Tento návrh je již finálním návrhem.

5.4.1 Konstrukce systému přepadu

Systém dopravníků je zde zachován jako u předešlého návrhu č.2, byl jen vymyšlen celkově zredukovaný systém, který snížil počet dopravníků ze 4 na pouhé 3 dopravníky, což umožňuje pracovat dále s lepšími (dražšími) komponenty pro odběrné a kontrolní stanoviště (lepší možnosti s detekcí v kontrolním místě).

Funkce spočívá opět na funkci přepadu z dopravníku na níže položený dopravník, ale teď je díl u konce dopravníku veden na jeho okraj (boční strana dopravníku). Z okraje díl přepadne na níže položený, který je pod úhlem 3-5° nakloněný oproti vyššímu. Tento dopravník díl dopraví po nakloněné rovině zpět nahoru a ke konci opět vede díl přes boční okraj na výchozí dopravník. Nakloněný dopravník bude mít nastavitelnou výšku, proto se bude moci upravit pro více velikostí dílů.

5.4.2 Návrh a konstrukce kontrolního a zásobovacího systému

Protože díly, které jsou zakládány do stroje jsou tvarově nesouměrné a jinak veliké, nastal velký problém s navrhnutím systému kontroly a zásobování, aby špatně orientované díly byly poslány dál z kontrolního místa do přeřadovacího místa a dobré díly byly poslány do odběrného místa robota.

Předešlý návrh č.2 měl oba systémy orientované vedle sebe, robot si díky tomu mohl díly odebírat přímo z dopravníku. U tohoto systému bylo zapotřebí díly dopravit externě až ke středu stroje, kde by si je robot odebíral. Proto byl vymyšlen systém tzv. vyšťouchnutí dílu z kontrolního místa na 3tí malinký dopravník, který by díl dopravil až do odběrného místa. Tento systém by pracoval na funkci pneumatického oddělovače (umožňuje oddělovat jednotlivě díl od řady dílů) a pneumatického válce, který by dobře orientovaný díl vystrčil na menší dopravník a odtud by se díl dopravil již do odběrného místa. Zároveň by malý dopravník sloužil jako zásobník hromadících se dílů za sebou v řadě.

5.5 Dopravníky

5.5.1 Poptávka dle parametrů

V Čechách je mnoho dodavatelů a výrobců dopravníků, naše firma nejvíce odebírá dopravníky od firmy Alvaris, u které jsem komunikoval přímo s konstrukčním oddělením, na poptávce dopravníků s mnou danými parametry.

Parametry hlavního dopravníku:

- délka 750 mm,
- šířka 150 mm,
- výška (dána výrobcem),
- rychlost 5-6 m/min (výpočet níže),
- typ pásu Klasický pás s možností prokluzu,
- druh výrobku Plast/guma,
- připojení motoru Přímé spojení motoru přes převodovku,
- řízení Frekvenční měnič.

Parametry nakloněného dopravníku:

- délka 750 mm,
- šířka 100 mm,
- výška (dána výrobcem),
- rychlost 5-6 m/min (výpočet níže),
- typ pásu Klasický pás s možností prokluzu,
- druh výrobku Plast/guma,
- připojení motoru Přímé spojení motoru přes převodovku,
- řízení Frekvenční měnič.

Parametry malého dopravníku (zásobník):

- délka 500 mm,
- šířka 50 mm,
- výška (dána výrobcem),
- rychlost 5-6 m/min (výpočet níže),
- typ pásu Klasický pás s možností prokluzu,
- druh výrobku Plast/guma,
- připojení motoru Přímé spojení motoru přes převodovku,
- řízení Frekvenční měnič.

Dle specifikací firma **Alvaris [11]** bohužel dané dopravníky nedokázala vyrobit ve standardních rozměrech. Pro mé parametry by dopravníky byly nadstandardem, což by znamenalo drastické navýšení ceny, které jsem si nemohl dovolit z hlediska cenového balíku, který mám na tuto zakázku dostupný.

Další poptávanou firmou byla firma **Haberkorn [6]**, která se také specializuje na výrobu dopravníků i na zakázku a naše firma od nich odebírá profilové konstrukce a dopravníky. Dle požadovaných specifikací lze vyrobit u této firmy pouze jeden dopravník šířky 150 mm s menším příplatkem za speciální rozměr pásu (nestandardní rozměr). Protože dopravníky jsou tři a měly by být všechny od jednoho výrobce kvůli lepší montáži a atd. Musel jsem nabídku odmítnout a hledat jiného výrobce, dodavatele.

Konečný výběr padnul na českého dodavatele dopravníku **ATC Drašar s.r.o. [12]** se sídlem v západních Čechách Svatava. Firma Drašar dodává na Český trh transportní

techniku a služby (dopravníky, stěhování strojů, lineární vedení, ložiska) a také konstrukce z hliníkových profilů. Dopravníky dodává od Německé firmy **MK-Technology**. Mým parametrům nejvíce odpovídaly z internetové nabídky dopravníky s označením **GUF-P 2000**.

Rozměry, Technická data dopravníku GUF-P 2000:

- standardní šířka dopravníku B: 50, 100, 150, 200, 250, ... mm,
- délka dopravníku: volitelná v rozmezí 410 – 10 000 mm,
- maximální nosnost 75 kg,
- maximální rychlost $v = 80$ m/min. [12]

Parametry přesně seděly mým požadavkům, u firmy jsem proto poptal 3 dopravníky dle požadavků.

Největší výhodou u těchto dopravníků je velký výběr umístění motoru, nebo typ pohonu, dále také možný výběr zakončení dopravníků (válců), v mé specifikaci jeden z nejdůležitějších aspektů výběru. Ostatní firmy nabízejí zakončení s určitou šířkou válců, které jsou připevněny přípravky o určité tloušťce, tato šířka se připočítává k šířce celého dopravníku, která může dosahovat až k +25 mm od okraje pásu a více. V mém případě znemožňovalo dát dopravníky do určité blízkosti vůči sobě. Díky tomu by díl plynule bez omezení nepřecházel mezi dopravníky, zasekával by se na velké vzdálenosti mezi nimi a nefungoval by spolehlivě přepadový systém.

Firma dodala během několika dní požadovanou nabídku se specifikacemi všech tří dopravníků i s modely ve 3D. Modely mi velice pomohly a ulehčily práci s tvorbou systému. Díky nim jsem věděl, jak jsou přesně velké a mohl jsem vytvořit přesně pro ně rám z profilů, který je bude držet. V modelech dopravníků byl obsažen i motor s převodovkou a přípravkem, který celé pohonné ústrojí drží.

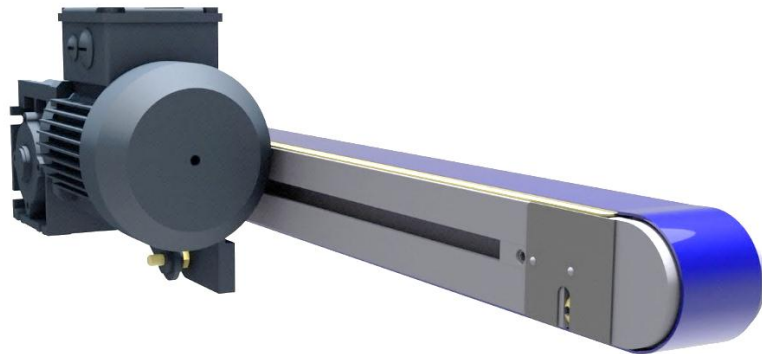
5.5.1.1 Volba rychlosti dopravníků

Při volbě rychlosti dopravníků hraje hlavní roli takt podávání dílů do karuselového stroje. Takt činí 5 sekund. Díl musí být dostatečně rychle dopraven do kontrolního místa, kde je překontrolována jeho orientace. Buď je puštěn dál nebo přesunut na malý dopravník. To musí vše proběhnout za určitý čas, pokud je špatně orientován, musí být další díl dopraven do kontrolního místa v co nejkratší dobu. Aby se stihl další díl znovu

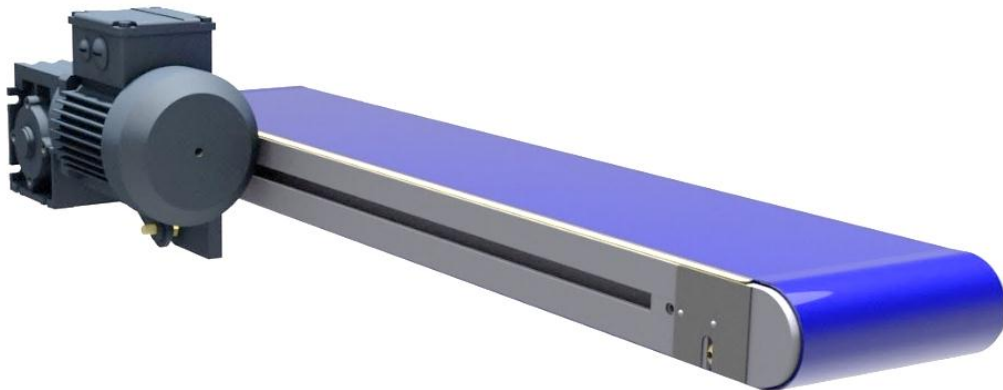
překontrolovat. Pokud bude více dílů za sebou špatně orientovaných a dopravník nebude dostatečně rychlý, může se začít navyšovat časová mezera, kde se díl nedostane k odebrání robotem včas.

Pro ideální pohyb dílů byla zvolena rychlost $6 \text{ m/min.} = 100 \text{ mm/s}$. Díl se bude v kontrolním místě pohybovat dostatečně rychle, aby se zvládl takt. Zároveň se nebude díl pohybovat příliš vysokou rychlostí, aby měl tendenci se při kontaktu převracet apod. (nežádoucí jev v kontrolním místě). V kontrolním místě o délce 50 mm se díl dokáže vyměnit za cca 0,5 s. Čas kontroly probíhá za necelých (1-1,5) s. Přemístění dílu válcem na malý dopravník trvá také necelých 1,5 s. Pokud je díl orientován špatně, výměna za jiný trvá přibližně 2 s. Celý koloběh přemístění dobře orientovaného dílu trvá přibližně (3-3,5) s. Při těchto podmínkách by měl být takt 5 sekund dodržen.

Pro řízení rychlosti bude použit frekvenční měnič. Díky měniči může být rychlost změněna v určité míře. Tak aby převodovka motoru rychlost zvládala bez jakýchkoliv potíží.



Obr. 32.: Dopravník GUF-P 2000 šířky pásu 50 mm s motorem od firmy MK-Technology [12]

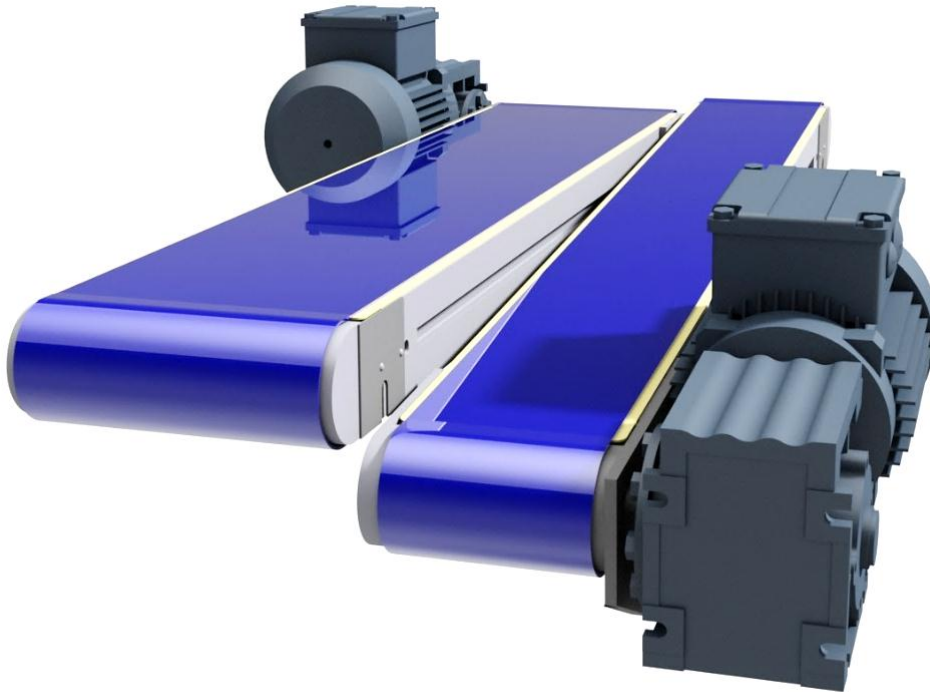


Obr. 33.: Dopravník GUF-P 2000 šířky pásu 150 mm s motorem od firmy MK-Technology [12]

5.6 Návrh konstrukce rámu

Rám pro podporu a uchycení dopravníků bude vyroben z profilů od firmy **Bosch Rexroth** [13], dle přání zákazníka.

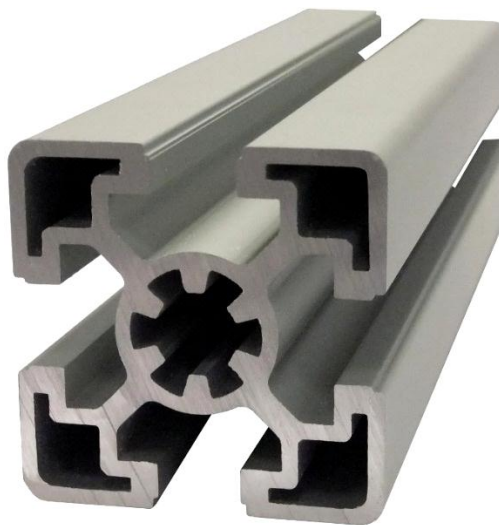
Návrh byl vytvořen, dle již vytvořené předlohy umístění dopravníků vůči sobě.



Obr. 34.: Sestavení dopravníků vůči sobě pro návrh rámu [12]


5.6.1 Výběr velikosti profilu

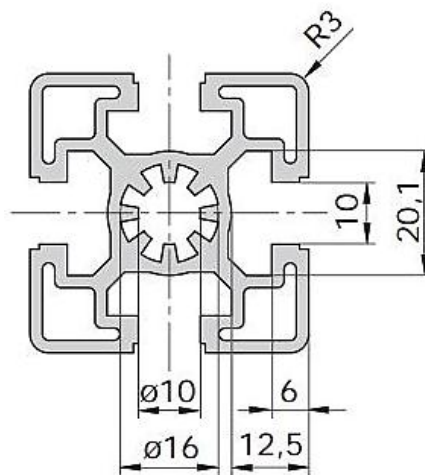
Firma Bosch Rexroth nabízí širokou nabídku různých velikostí a tvarů profilů, ze zkušeností z praxe jsem se rozhodl pro profil velikosti 45x45L s velikostí drážky pro kameny 10. Značka L znamená, že je profil odlehčený, tudíž není tolik těžký, s menší statickou a dynamickou únosností. Protože celý systém bude vážit okolo (20–30) kg, volba padla na tuto velikost profilů. Z vlastních zkušeností a zkušeností kolegů z konstrukčního oddělení, je tento profil více než dostačující pro únosnost celého systému.



Obr. 35.: Hliníkový profil 45x45L od firmy Bosch Rexroth [13]

Tab. 7.: Specifikace profilu 45x45L []

Profile	Slot	Profile surface	Moment of inertia		Section modulus		Torsion index		Mass m (kg/m)	Page	
		A (cm ²)	I _x (cm ⁴)	I _y (cm ⁴)	W _x (cm ³)	W _y (cm ³)	I _t (cm ⁴)	W _t (cm ³)			
45x45L		10	6.0	11.7	11.7	5.2	5.2	1.46	0.75	1.6	2-35



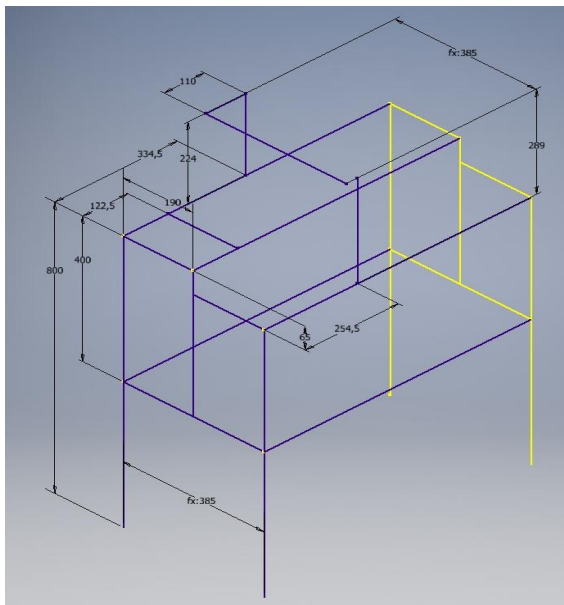
Obr. 36.: Rozměry profilu 45x45L od firmy Bosch Rexroth [13]

5.6.2 3D náčrt rámu

Rám byl navržen pomocí programu Autodesk Inventor 2017, pro vygenerování rámu dle 3D náčrtu jsem použil funkci *Návrh rámové konstrukce*. Nejdříve byla vytvořena 3D skica (Obr. 37), která se následně posloužila pro vygenerování rámu (Obr. 38).

Horní konstrukce rámu je provedena z profilů 30x30L, tato část rámu bude sloužit pro uchycení pneumatického válce a oddělovače. Také bude sloužit jako uchycení pro slučovač signálů z těchto zařízení a kontrolních čidel a pro uchycení rozvodů pneumatiky (ventily apod.).

Profily budou k sobě uchyceny pomocí speciálních držáků (Obr. 39), (Obr. 40), které jsou přímo navrženy pro rámové konstrukce, také od firmy Bosch Rexroth. Držáky slouží také jako zábrana proti pootočení profilů vůči sobě.



Obr. 37.: Pomocný 3D náčrt pro vygenerování rámu [1]



Obr. 38.: Vygenerovaný rám [1]



Obr. 39.: Úhelníkový držák profilů [13]



Obr. 40.: Pravoúhlý držák profilů pro drážku 10 [13]

5.6.2.1 Výpočet průhybu profilů

Pro výpočet byl použit jeden nejdelší profil, který bude použit při návrhu a sestavení rámu. Pro případ byla zvýšena váha celého systému na 35 kg. Délka profilu činí ve výpočtu $L = 1000$ mm.

Výrobce uvádí přímo výpočtový vzorec (1) pro průhyb profilů, který je z obou stran pevně uchycen do pevných podpor a veškerá síla je ve středu nosníku, kdy v tomto případě vzniká největší namáhání a průhyb nosníku.

$$f = \frac{F \cdot L^3}{192E \cdot I \cdot 10^4} \quad (1)$$

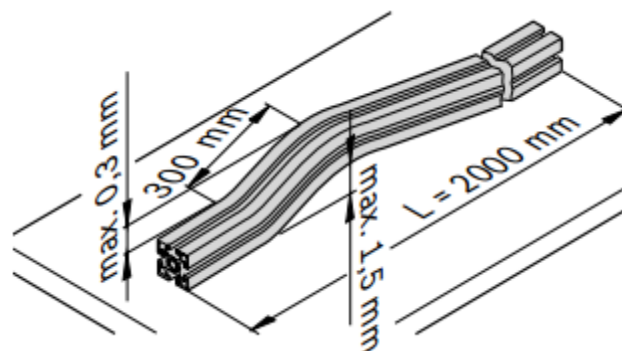
- F = Zatížení nosníku [N]
- f = Průhyb nosníku [mm]
- L = Délka nosníku [mm]
- I = Moment setrvačnosti [J]
- E = Modul pružnosti [MPa]

Výpočet:

$$f = \frac{F \cdot L^3}{192E \cdot I \cdot 10^4} = \frac{35 \cdot 10 \cdot 1000^3}{192 \cdot 70000 \cdot 11,7 \cdot 10^4} = \frac{35000}{157248} \quad (2)$$

= 0,2226mm

Podle vzorce hodnota tohoto vypočteného průhybu je 0,22 mm. V technických údajích výrobce může být maximální průhyb profilu dlouhého 2 m, $f = 1,5$ mm.



Obr. 41.: Maximální průhyb boční a spodní profilu [13]

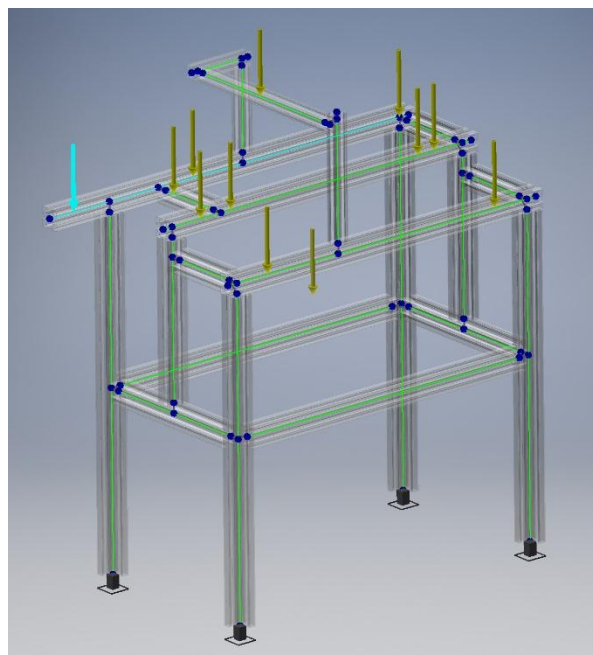
Z tohoto výsledku vyplývá, že průhyb na délce 1 m je cca 30 % z maximální hodnoty. Protože síla nebude v mém případě akumulována uprostřed profilu, nýbrž bude vedena přes držáky do krajů rámu a bude vedena do více profilů, průhyb se několikrát zmenší (min. 4x).

Velikost profilu by se mohla v tomto případě zmenšit na 40x40L, nebo i na 30x30L (musela by být nutná kontrola). Pro lepší stabilitu a výdrž rámu budou použity raději profily 45x45L. Rozdíl v ceně je u těchto velikostí minimální.

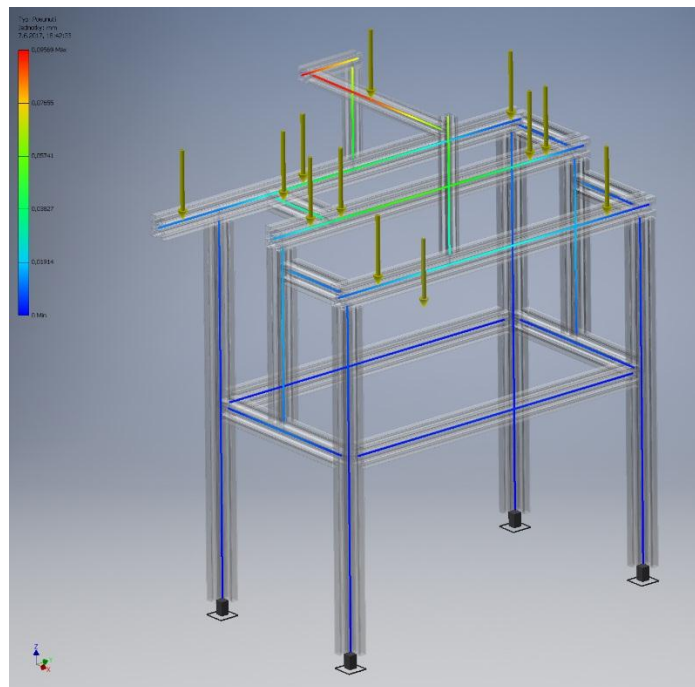
5.6.2.2 Analýza rámové konstrukce

Pro celkovou kontrolu zatížení rámu byla použita funkce v programu Inventor 2017 „Analýza rámových konstrukcí“. Pomocí funkce jsme nasimuloval celkové namáhání rámu (průhyby nosníků, momenty a síly působící v rámu).

Každý dopravník je připevněn k rámu pomocí čtyř držáků z nerezového plechu. Jsou umístěny čtvercově na delších stranách dopravníku, v pozici každého držáku je nasimulována síla zatěžující rám. Hmotnost dopravníků byla lehce naddimenzována, kvůli nepřesným informacím od dodavatele a větší bezpečnosti. Proto byla hmotnost velkého dopravníku šířky 150 mm nastavena na 36 kg, hmotnost dopravníku šířky 100 mm na 24 kg a nejmenší dopravník šířky 50 mm na 12 kg.



Obr. 42.: Rozložení sil působících na rám [1]



Obr. 43.: Vygenerovaná simulace zatížení rámu – průhyb nosníků [1]

Jak můžeme vidět z vygenerované analýzy (Obr. 43), maximální průhyb vzniká ve vrchní části konstrukce, složené z profilů 30x30L. Jsou zde připevněny pneumatické součásti (oddělovač a posuvný válec). Maximální průhyb je zde 0,096 mm. Maximální dovolený průhyb profilu daný výrobcem je 1,5 mm na 2 m délky profilu. Tudíž průhyb v krajní části profilů je v dovolené mezi. Rám je k zemi upevněn na pevně, pomocí L úchytů a průvlakových kotev do betonu. Celý systém bude postaven na šroubovatelných nohách, které jsou zespoda opatřeny gumovou ochranou (zamezuje pohybu a vibracím).

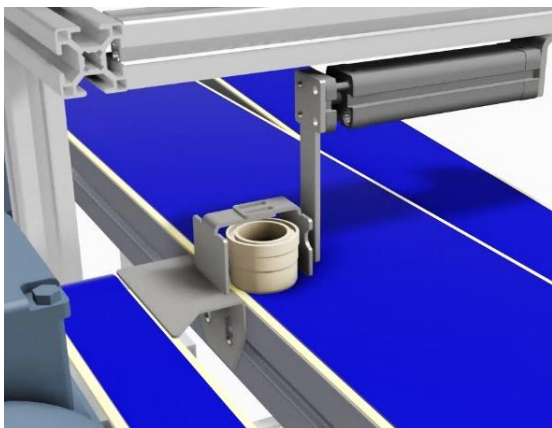
5.7 Návrh kontrolního místa

Kontrolní místo (Obr. 46) je část zařízení, kam jsou dobře nebo špatně orientované díly jsou dopraveny dopravníkem. Na místo jsou vedeny pomocí stranových bočnic, které navedou díl přesně na určené místo v řadě za sebou. Místo se nachází v přední části dopravníku cca v 1/3 od počátku.

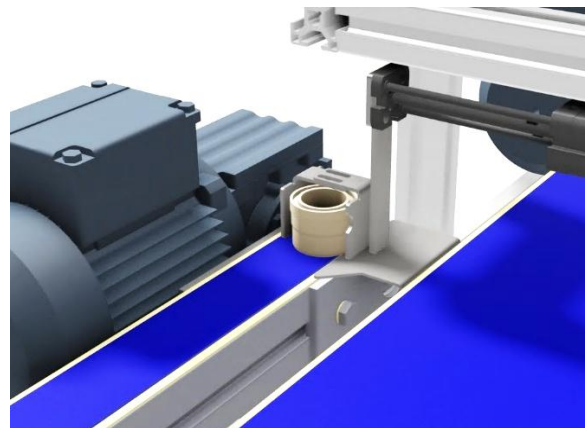
Funkcí kontrolního systému je díl zastavit, oddělit si ho od řady dílů pomocí pneumatického oddělovače HPV firmy Festo, na kterém budou přidělané zábrany z plechu (dorazové plechy). Na *předním dorazovém* plechu budou umístěny dva kapacitní snímače.

První snímač umístěný na spodní straně plechu snímá přítomnost dílu (dobře/špatně orientovaného). Tento snímač dává povel a také povolení, že může systém kontroly pokračovat k dalšímu bodu kontroly dílu. Druhý snímač snímá vrchní stranu dílu (větší nebo menší vnější průměr), pokud díl je dobře orientován, tudíž větším vnějším průměrem nahore je okraj dílu ke snímači blíže (Obr. 47). V ten moment snímač zaznamená přítomnost dobře orientovaného dílu a dá signál pneumatickému válci, který díl přesune na malý dopravník (Obr. 44) a (Obr. 45), kde díl jede dále do odběrného místa.

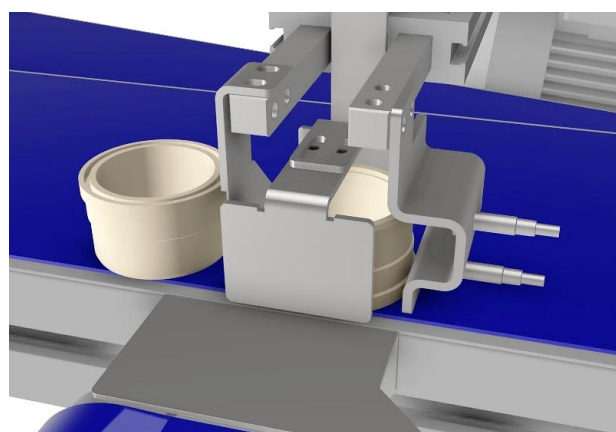
Přední dorazový plech je poupraven tak, aby dobře orientovaný díl byl k hornímu snímači blíž, naopak špatně orientovaný díl byl od snímače, co nejdál (Obr. 48). Hlavní roli zde hraje přesné nastavení snímače, protože bude použit snímač od firmy **Balluff** [15], konkrétně snímací hlavice, která má velice malou snímací vzdálenost 0,3-1 mm. Pokud díl je špatně orientován, tedy větším vnějším průměrem dolu, horní snímač nic nezaznamená a takto dá signál oddělovači, aby zasunul přední dorazový plech (Obr. 50) a díl byl puštěn dále k přeřadu.



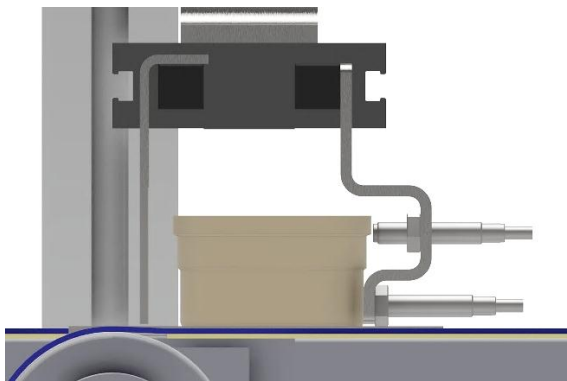
Obr. 44.: Výsuvný systém s pneumatickým válcem od firmy Festo – pozice 1 [1]



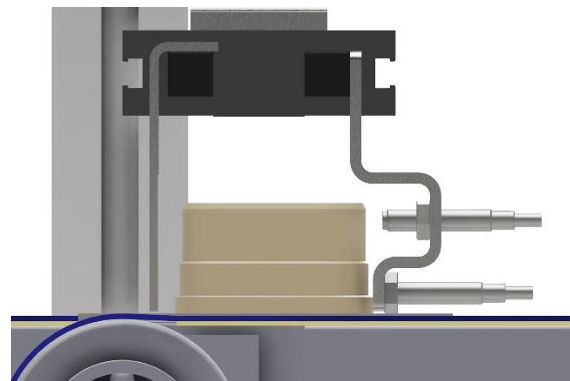
Obr. 45.: Výsuvný systém - pozice 2 [1]



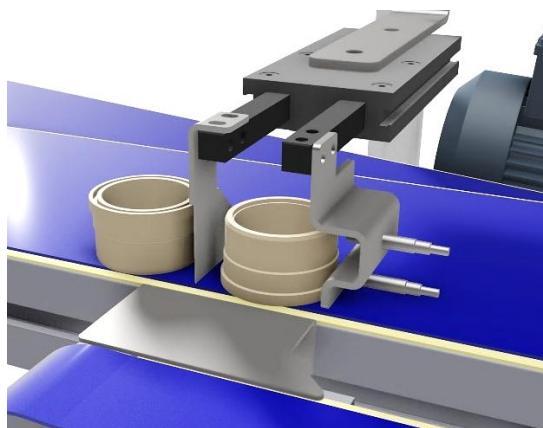
Obr. 46.: Kontrolní místo [1]



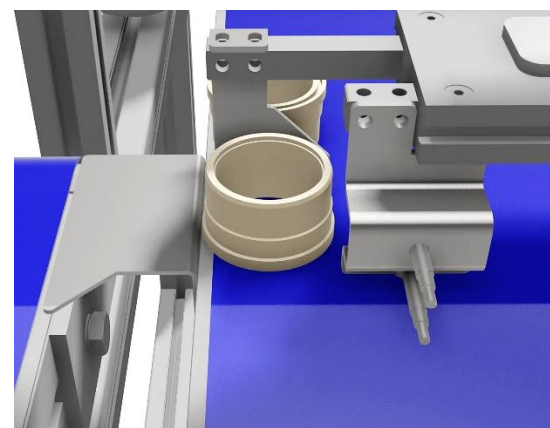
Obr. 47.: Dobře orientovaný díl v kontrolním místě [1]



Obr. 48.: Špatně orientovaný díl v kontrolním místě [1]



Obr. 49.: Uzavřené kontrolní místo – pozice oddělovače 1 [1]



Obr. 50.: Otevřené kontrolní místo – pozice oddělovače 2 [1]

5.7.1 Výběr velikosti a typu pneumatických součástí kontrolního stanoviště

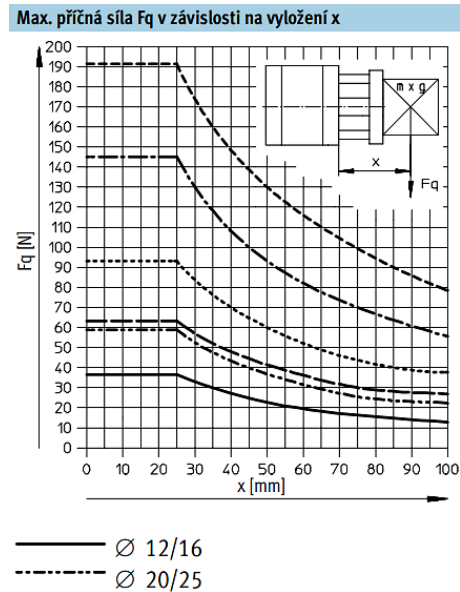
První součástí kontrolního místa je pneumatický válec. Největší osobní zkušenosti mám s firmou Festo, od které odebrá naše firma většinu pneumatických součástí pro automatizaci. Dle nabídky jsem vybral tlačný/tažný válec ADNGF, který má na pístnici již výrobcem připevněnu upevňovací desku. Válec se vyznačuje lepší odolností vůči průhybu pístnice na větší vzdálenosti vyložení, díky dvěma podpůrným vodícím tyčím.

Velikost byla zvolena podle 3D modelu, změřením požadované vzdálenosti kontrolního místa a malého dopravníku, dle měření byla zvolena délka vyložení 85 mm s průměrem pístnice 12 mm.

Tab. 8.: Hodnoty zdvihu/sily válce ADNGF [16]

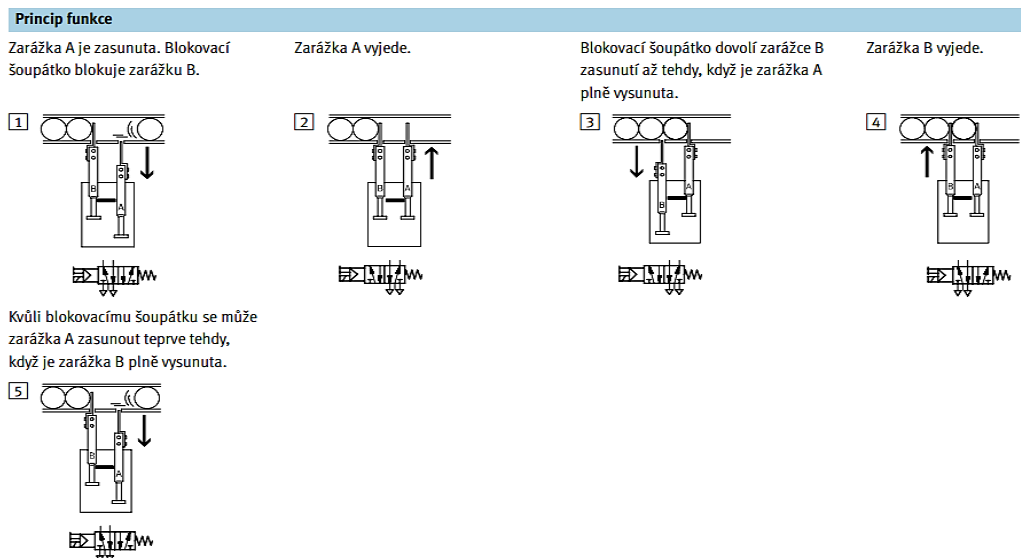


Obr. 51.: Pneumatický válec ADNGF 12-85 od firmy Festo [16]



Druhou součástí použitou v kontrolním místě je pneumatický oddělovač od firmy Festo. Byl vybrán pro tuto funkci oddělovač HPV (Obr. 53). Jedná se o oddělovač s dvěma výsuvnými zářkami, které jsou ovládány automaticky, pomocí blokovacího šoupátka. Toto šoupátko nedovolí zářkám, aby byly současně v dolní poloze (vždy může být jen jedno) viz. (Obr. 52).

Velikost byla zvolena po odměření potřebných vzdáleností posuvu zářek ze 3D modelu, těmto parametrům odpovídá přesně oddělovač HPV 14-40. Značí šířku zářek 14 mm a délku vysunutí/zasunutí zářek 40 mm, která je potřebná pro plné zasunutí dorazových plechů.

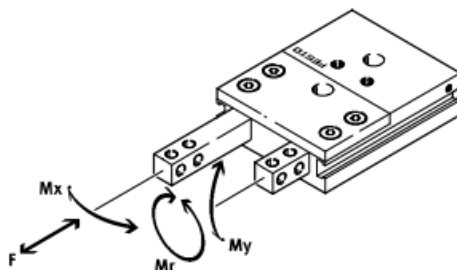


Obr. 52.: Funkce pneumatického oddělovače HPV od firmy Festo [16]



Obr. 53.: Pneumatický oddělovač HPV od firmy Festo [16]

Jmenovité hodnoty přípustného statického zatížení zarážky



velikost		HPV-14-40-A
síla F	[N]	75
moment Mx	[Nm]	5
moment My	[Nm]	5
moment Mr	[Nm]	5

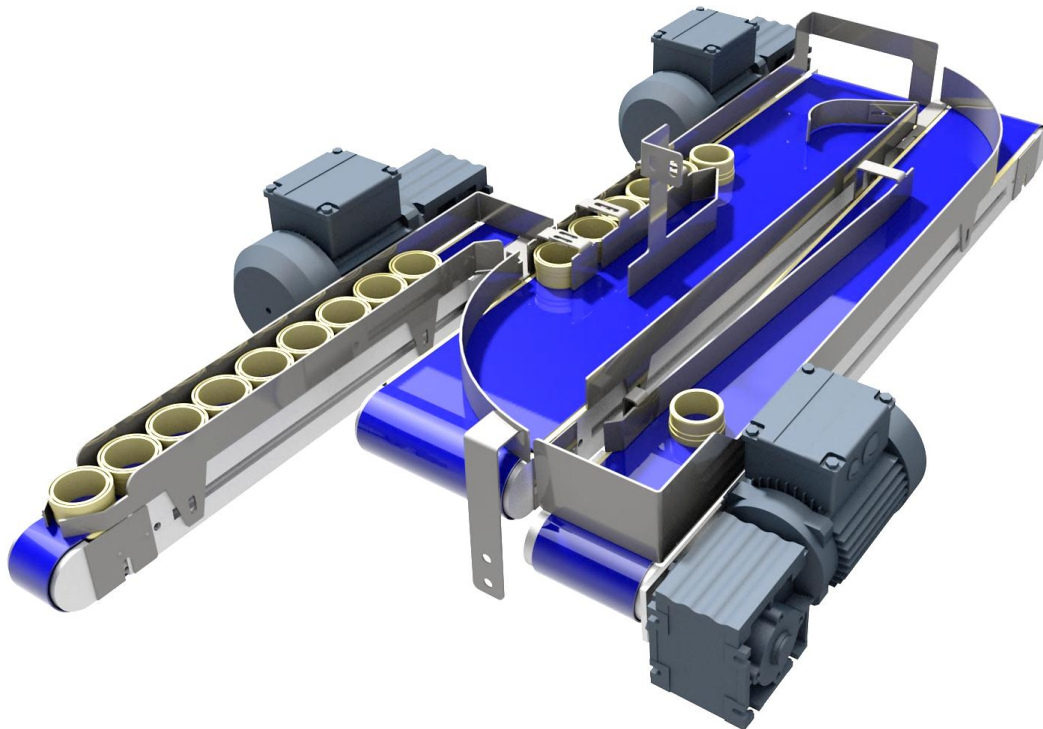
Obr. 54.: Předepsané max. hodnoty momentů výrobce [16]

5.8 Navádění dílů v systému

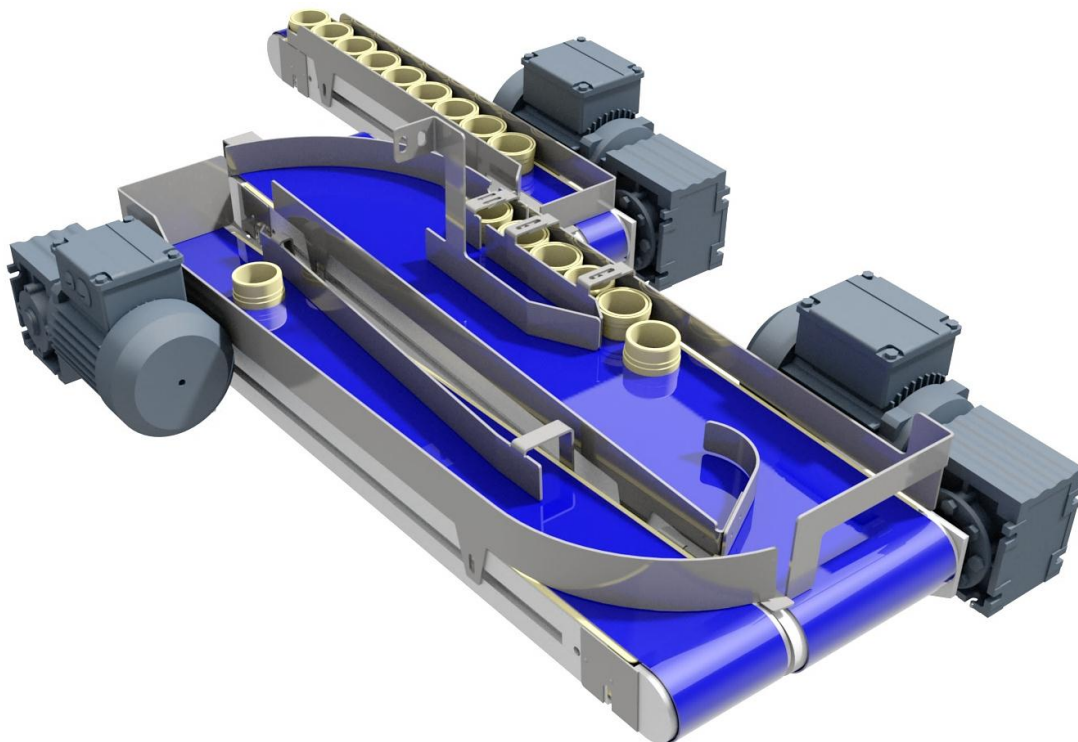
Vedení dílů v celém zařízení je provedeno pomocí bočnic a zarážek. Jsou vyrobeny z nerezového plechu tloušťky 1,5 až 3 mm, výrobu obstarává firma **REKUPER SYCHROV s.r.o** [18]. Tato firma se specializuje na výrobu plechových součástí.

Bočnice jsou připevněny na okrajích dopravníků a profilů v T-drážkách pomocí drážkových kamenů. Aby se zamezilo opotřebení pásu dopravníku, veškeré bočnice, dorazy a jiné součásti jsou upevněny min. 1 mm nad pásem. Na obrázcích níže (Obr. 55) a (Obr. 56) lze vidět způsob, jakým jsou bočnice uchyceny k profilům. Každá bočnice má v části uchycení vytvořenou drážku, aby se mohla snadno nastavit její výška vůči dopravníku. Všechny bočnice jsou přimontovány pomocí šroubů M8 se zápustnou hlavou ISO 4762 a drážkových kamenů. Na obrázcích nejsou šrouby bohužel zobrazeny, program pro tvorbu obrázků ShowCase nezobrazuje importované součásti z Obsahového centra

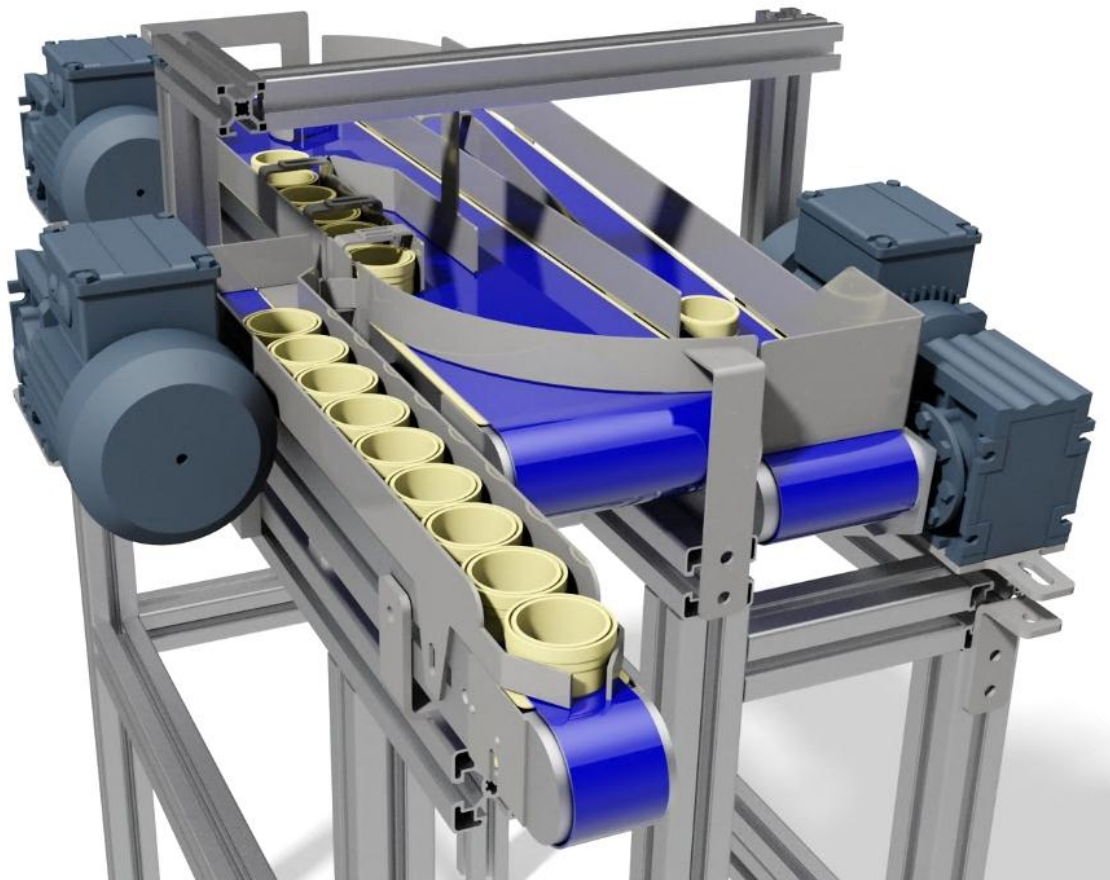
Autodesk Inventor. Veškeré bočnice jsou vyhotoveny ve výkresové formě pro výrobu viz příloha.



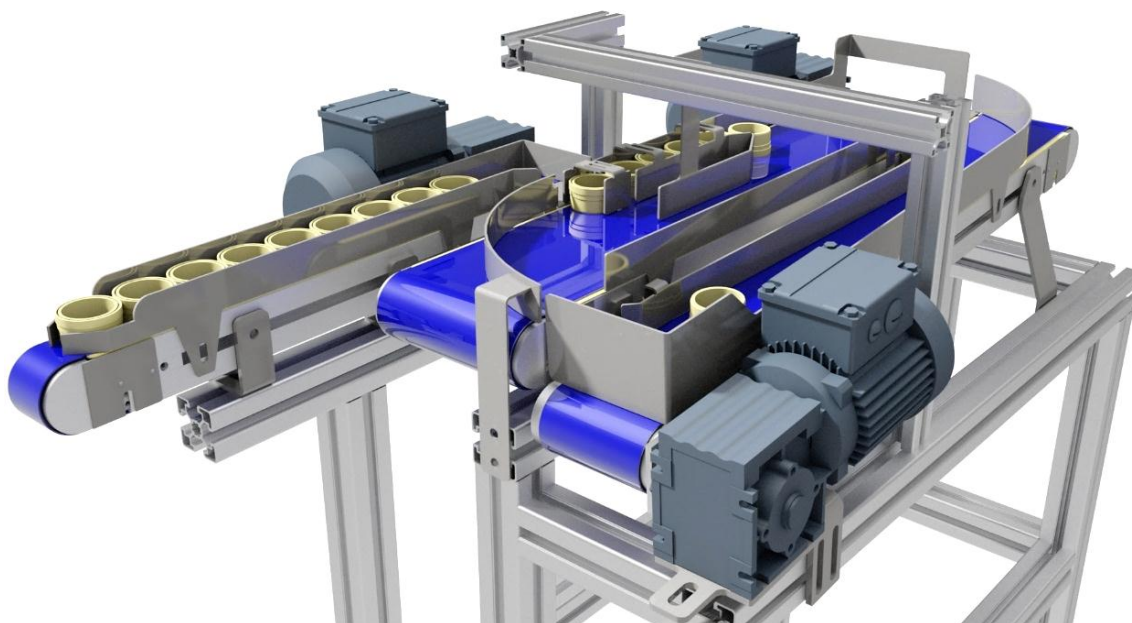
Obr. 55.: Sestava s bočnicemi, bez zobrazení rámu [1]



Obr. 56.: Sestava s bočnicemi, bez zobrazení rámu [1]



Obr. 57.: Sestava s bočnicemi, se zobrazeným rámem [1]



Obr. 58.: Sestava s bočnicemi, se zobrazeným rámem [1]

5.9 Předzásobování stroje

Protože se jedná o automatizovaný stroj, musí být předzásobován díly. Pro tyto účely existují tzv. „*Deskové lineární vibrační zařízení*“, viz. str.8. Pro toto zařízení byl vybrán předzásobník od firmy Afag, NVD 4/10. Tento předzásobník je dostatečný pro aplikaci, díky dostatečnému vnitřnímu prostoru.

Výpočet počtu kusů v předzásobníku:

Pro výpočet byla použita střední velikost dílu: $D=43\text{ mm}$; $d=33\text{ mm}$; $h=25\text{ mm}$.

$$V = S * h \quad (3)$$

$$V = \left(\frac{\pi * D^2}{4} - \frac{\pi * d^2}{4} \right) * h \quad (4)$$

$$V_d = \left(\frac{\pi * 43^2}{4} - \frac{\pi * 33^2}{4} \right) * 25 = (1452 - 855) * 25 \quad (5)$$

$$= 14925\text{ mm}^3$$

$$V_p = 10\text{ l} = 0,01\text{ m}^3 = 10^7\text{ mm}^3 \quad (6)$$

$$Kusů = \frac{V_p}{V_d} = \frac{10^7}{14925} = 670\text{ kusů} \quad (7)$$

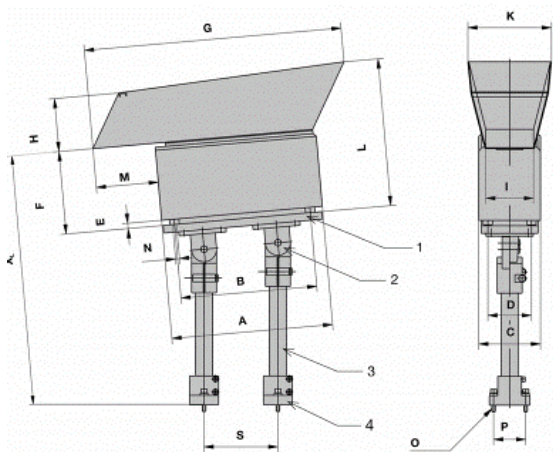
Dle výpočtu se do předzásobníku vejde 670 kusů dílů, při velikosti středního dílu. U větších dílů to bude o cca. 50 kusů méně, u menších dílu to bude cca. 80 dílů více.

Systém předzásobování bude pracovat společně se systémem kontrolního místa, které zaznamená počet dobře orientovaných dílů. Podle těchto údajů, bude dále předzásobník řízen a pouštěn, aby zásoboval v určitých intervalech zásobovacího zařízení.

Pokud se počet dílů odebraných robotem přiblíží k 600 kusům, bude upozorněna obsluha, aby doplnila předzásobník novými díly.



Obr. 59.: Předzásobník NVD4/10 od firmy Afag [4]

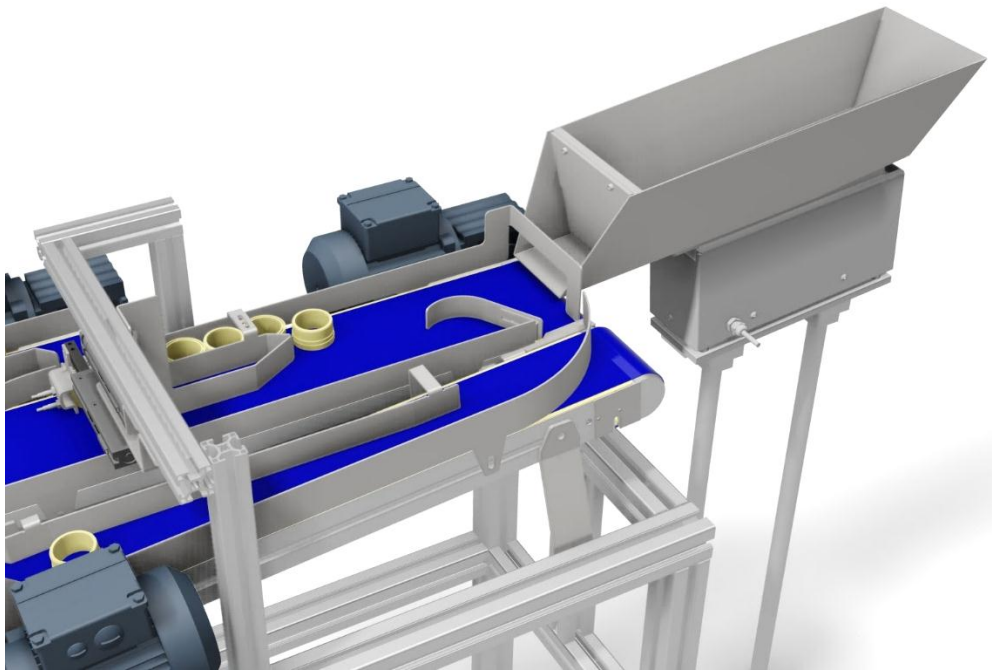


Obr. 60.: Předzásobník NVD4/10 – specifikace [4]

Tab. 9.: Parametry předzásobníku NVD4/10 [4]

Dimensions	Units	
A	[mm]	420
B	[mm]	360
C	[mm]	163
D	[mm]	115
E	[mm]	16
F	[mm]	214
G	[mm]	695
H	[mm]	141
I	[mm]	124
K	[mm]	229
L	[mm]	384
M	[mm]	182.5
N	---	M6
O	---	M10
P	[mm]	85
S	[mm]	191
Unit X _z	[mm]	on request

Technical data	
Filling volume	10.0 l
Filling weight	20 kg
Power input	0.8 A
Voltage	230 VAC
Frequency	50/60 Hz
Surface roughness R _a	< 0.8 μm
Surface roughness R _z	< 4.5 μm
Protection class	IP54
Vibrator frequency [Vibrations per min]	3000/ 3600



Obr. 61.: Umístění předzásobníku NVD4/10 od firmy Afag [1]

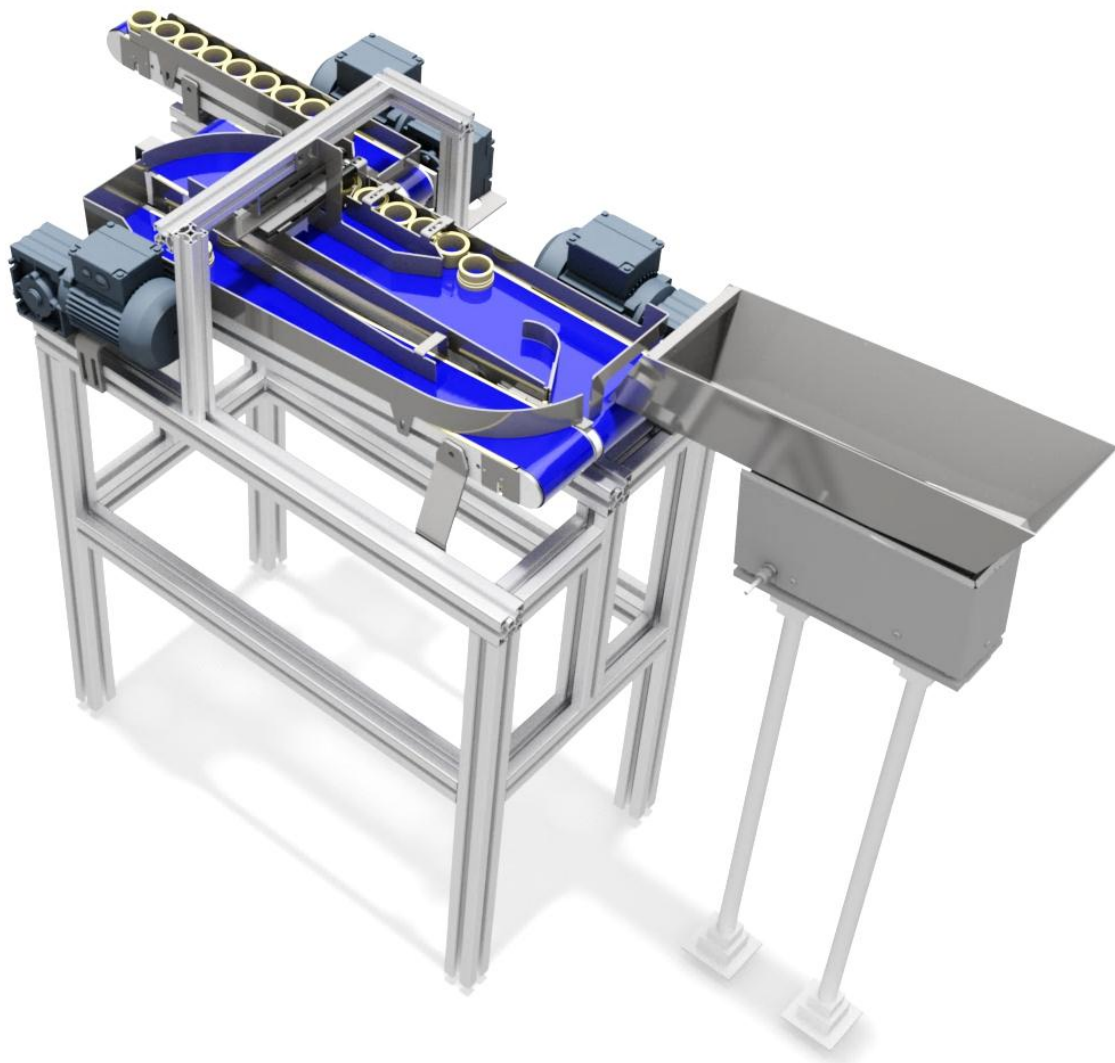
5.10 Konečný návrh celého zařízení, montáž a seřízení

Pro představu konečného návrhu celého zařízení jsou přiloženy obrázky. Jsou vyrenderovány pomocí programu Autodesk ShowCase. Bohužel kvalita není vysoké úrovně, kvůli malému výkonu pracovní sestavy PC. Výkon bohužel nedosahoval k lepším výsledkům renderování a celková kvalita obrázků musela být snížena.

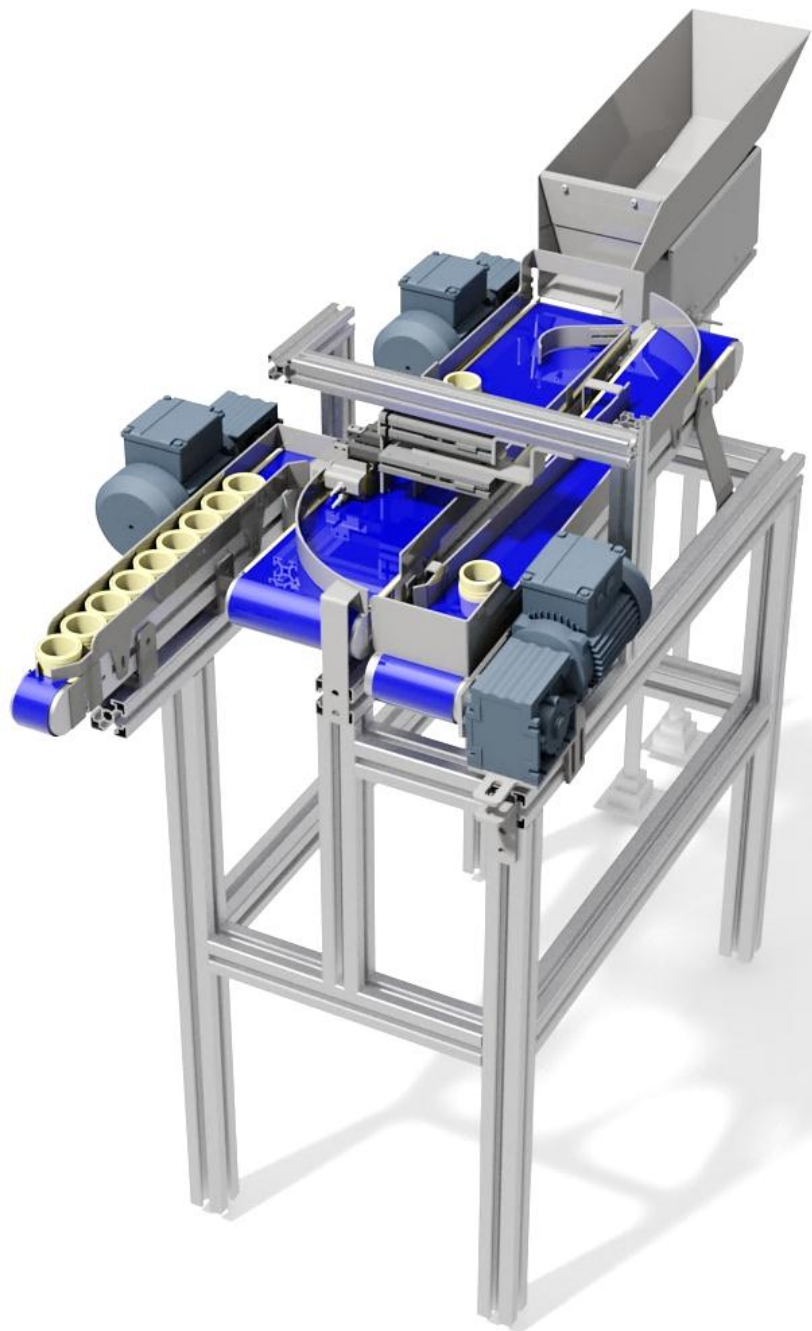
Montáž bude provedena ve firmě EXACTEC, autorem této práce a ostatním personálem. Prvním bodem bude složení celého rámu. Dále se musejí na každý dopravník přichytit držáky dopravníků a vnitřní bočnice obou dopravníků. Které po smontování celého zařízení na rám nebude možno jinak přimontovat. Přimontovat všechny ostatní bočnice. Všechny bočnice se musí seřídít do správné výšky nad dopravníkem, tak aby bočnice neškrtyly o pás (min. výška 0,5mm a více). V dalším bodě se sestaví všechny potřebné součástky pro kontrolní místo (pneumatický válec, oddělovač s držáky a posuvnými plechy, snímače). Tyto součástky přidělat k rámové konstrukci a správně sladit s naváděcími bočnicemi. Dalším krokem je správné nastavení čidel. Díky závitům a maticím na nich se lahko mohou délkově nastavit.

Dalším krokem bude namontování systému na rámovou konstrukci, její následné výškové nastavení. Musí se odzkoušet a dobře sladit systém zvedání šikmého dopravníku, aby měla obsluha nastavení co nejjednodušší.

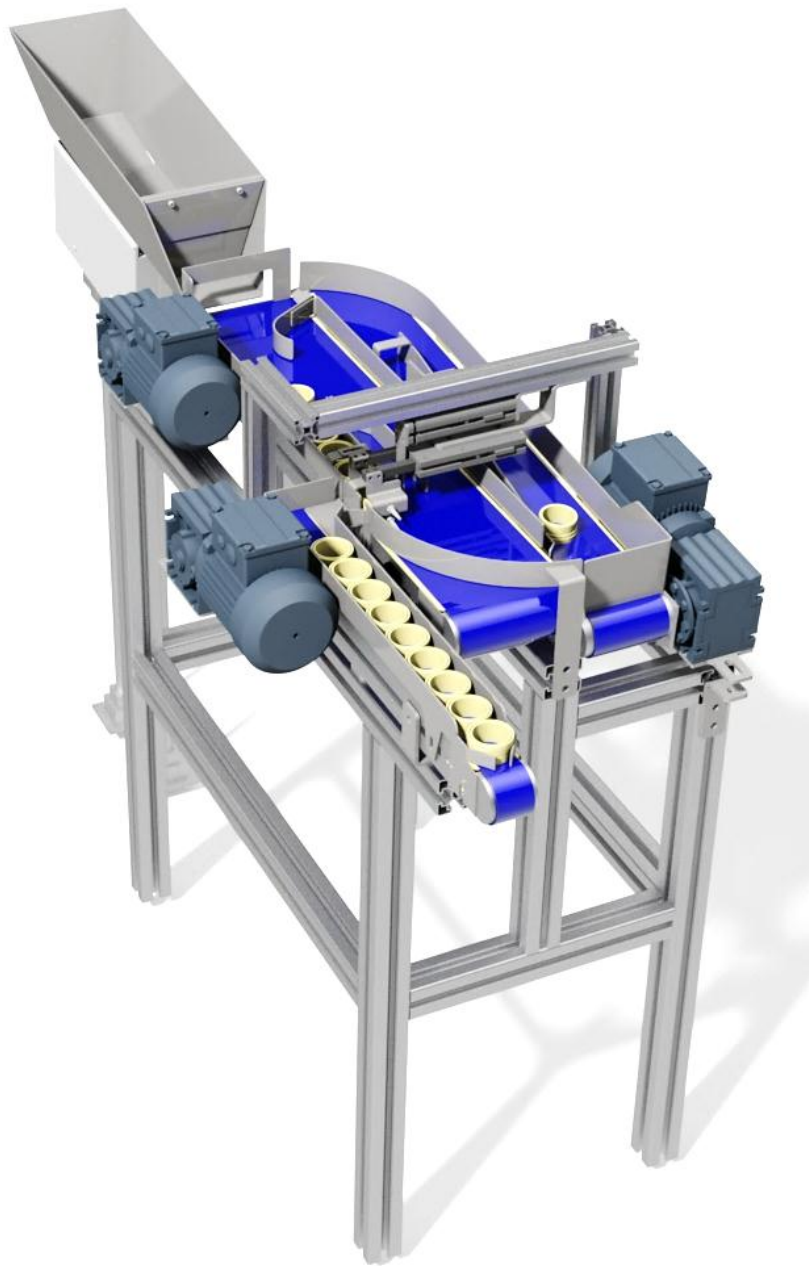
Nastavení a ladění celého systému bude provedeno až po celkové montáži zařízení. Pro nastavení zařízení bude sepsán podrobný návod, aby mohl zákazník následně systém sám pře nastavovat.



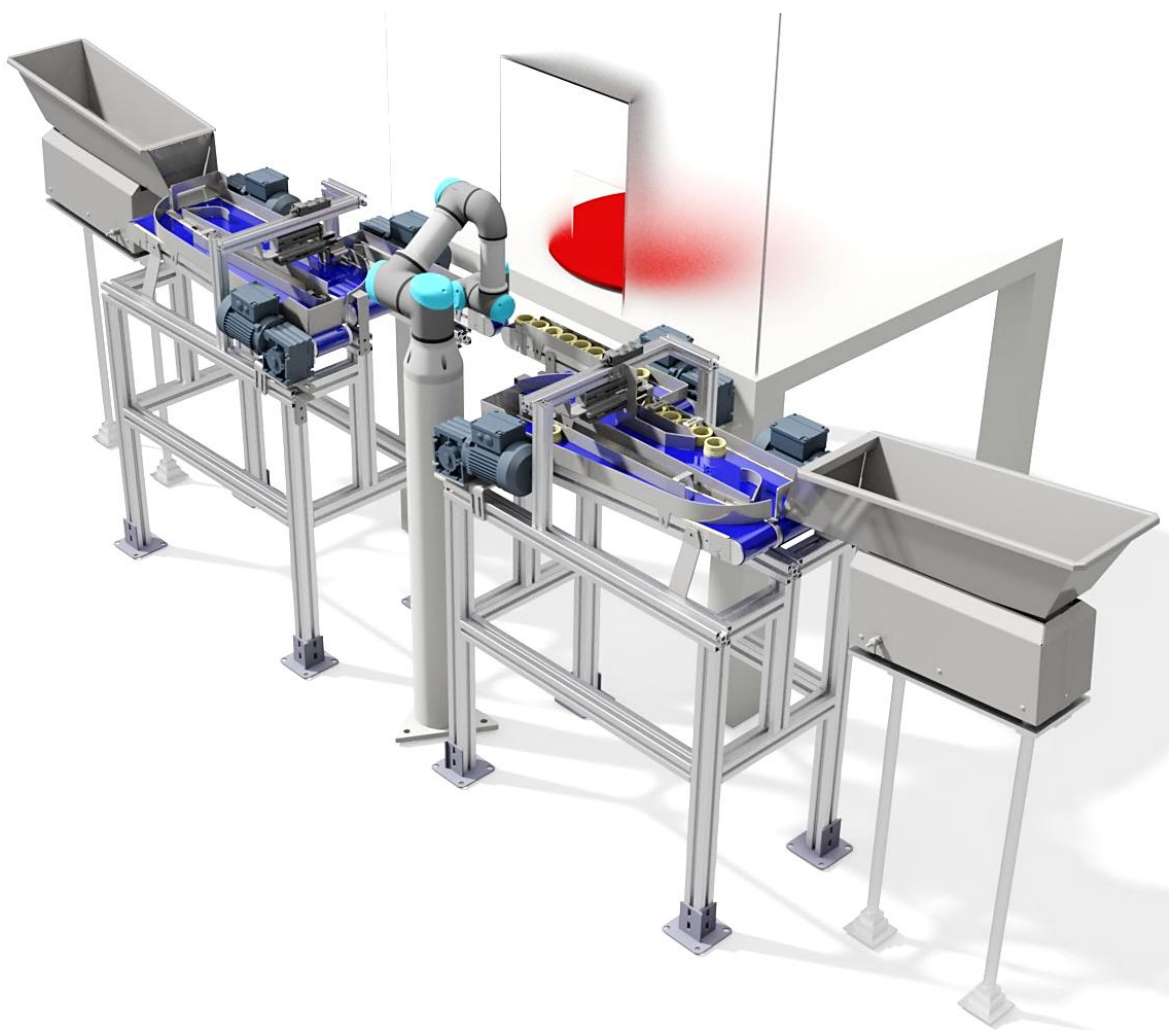
Obr. 62.: Výsledný návrh zařízení – 1 [1]



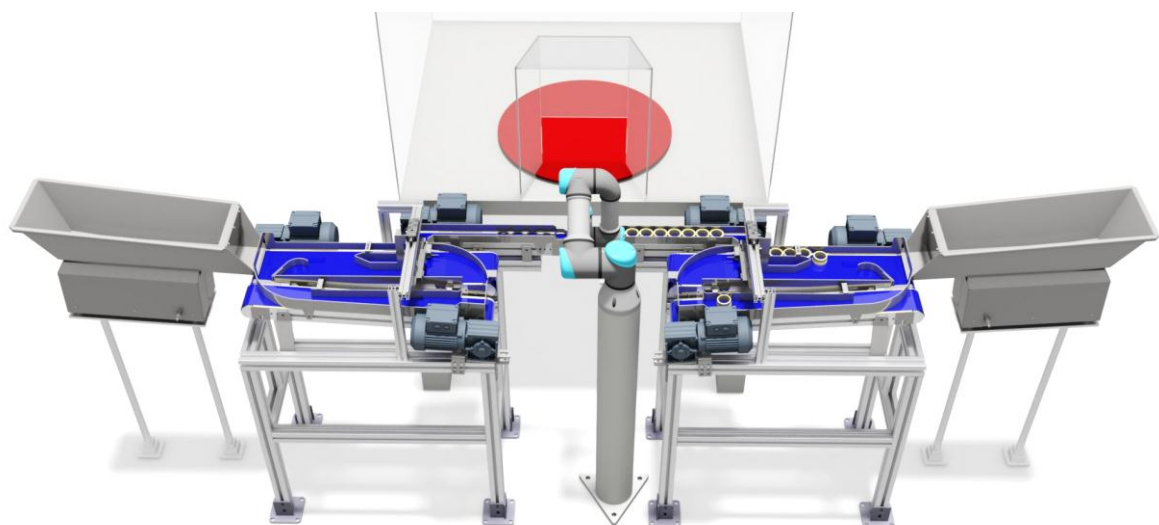
Obr. 63.: Výsledný návrh zařízení – 2 [1]



Obr. 64.: Výsledný návrh zařízení – 1 [1]



Obr. 65.: Výsledný návrh pracoviště – 1 [1]



Obr. 66.: Výsledný návrh pracoviště – 2 [1]

5.11 Cenová rekapitulace, porovnání

Cenová rekapitulace navrženého systému je porovnána se systémem vibračního kruhového zásobníku. Ceny vibračních zařízení je brán pro příklad od firmy **STASTO Automation s.r.o. [17]**.

Tab. 10.: Cenová rekapitulace navrženého systému, cena uvedená v Kč (Korun českých)

Oddělovač HPV 14-40:	11 000 ,-
Dopravníky:	102 200 ,-
Pneumatický válec:	3 000 ,-
Snímače:	6 500 ,-
Rám:	10 000 ,-
Bočnice (plechy):	20 000 ,-
Předzásobník:	83 000 ,-
Cena celkem:	236 000 ,-

Tab. 11.: Cenové porovnání systému s vibračním zásobníkem, cena u vedena v Kč (Korun českých)

Kruhová mísa:	75 000 ,-
Příslušenství mísy:	30 000 ,-
Vibrační motor mísy:	115 000 ,-
Dopravník odběrného místa:	32 000 ,-
Rám:	10 000 ,-
Předzásobník:	83 000 ,-
Cena celkem:	345 000 ,-

Finanční rozdíl druhého systému činí více než 100 000,- Kč, oproti navrženému systému. Cena navrženého systému se může ve finální podobě konstrukce lehce lišit. Z důvodu dosud neznáme přesné ceny plechů, které vyrábí firma Rekuper. Cena je jen orientační. Protože se nejedná o nijak složité plechy, cena by se přes odhadnutou hranici neměla dostat.

Cena druhého systému byla uvedena pouze pro jeden typ. Jedná se o systém hodně využívaný v automatizaci, ale jen pro malé možnosti přenastavení. V našem případě, aby



takový to systém mohl zásobovat karuselový stroj více velikostmi dílů, musí mít více typů zásobníků. Díky tomu se cena může zvednout, až do řádu sta tisíců.

IV. ZÁVĚR

V úvodní části bakalářské práce (teoretická část) byla provedena rešerše zásobovacích systémů pro automatizovaná zařízení v robotice. Vysvětleny jejich principy, výhody a nevýhody. Dále byly představeny jednoduché systémy pro dopravu dílů a jejich přednosti.

Důležitým bodem bylo představení kooperativních robotů, jejich historie vzniku, funkce a přednosti. Byly ukázány různé druhy těchto robotů od různých firem, které jsou dnes k dostání na celosvětovém i českém trhu. V dalším bodě bylo představení firmy Universal Robots a 3 typy kooperativních robotů, které firma doposud uvedla na trh. A také protože jeden z jejich robotů UR3 byl použit v této bakalářské práci.

Hlavním cílem této práce, bylo navrhnutí zásobovacího zařízení plastových dílů a jejich následná orientace pro odebírání robotem do zakládacího karuselového stroje. Bylo provedeno několik typů návrhu tohoto zařízení, z nich jeden byl finální a vhodný k použití. Provedl se návrh pro konstrukci celého zařízení. Prvním krokem bylo promyšlení a navrhnutí systému orientace dílů. Použil se jednoduchý princip přepadu pomocí gravitace, kdy se díly nechají přepadnout přes okraj dopravního systému na níže položený. Díly se následně pomocí cirkulace vrátí do původní pozice. Pro tento účel byl vybrán dopravníkový systém dvou dopravníků, postavených vedle sebe. Kde jeden z nich je nakloněn pod určitým úhlem, na který díl přepadne a následně bude dopraven zpět na počátek.

Díly jsou vedeny pomocí bočnic na horním i spodním dopravníku do kontrolního místa, které bylo speciálně navrženo. V tomto místě je pneumatický systém oddělovače a výsuvného válce. Díly jsou v řadě za sebou pouštěny do tohoto místa, překontrolovány sadou snímačů. Špatně orientovaný díl je puštěn k přepadu a dobře orientovaný díl je přesunut pomocí posuvného válce na třetí dopravník. Zde je díl dopraven do odběrného místa. Pro různé druhy velikostí dílů, je naváděcí a kontrolní systém snadno přenastavitelný obsluhou.

V další části byl návrh kompletního rámu sestavený z hliníkových profilů, který nese celé zařízení. Byl proveden výpočet kritického místa průhybu nosníku. Pomocí programu Autodesk Inventor 2017 se provedla celková analýza rámové konstrukce.

Následně byl celý systém namodelován a sestaven ve 3D programu. Byla zhotovena kompletní výkresová dokumentace pro výrobu dílů a sestavení celého zařízení.

V konečné fázi byla provedena cenová rekapitulace zařízení a porovnána se systémem běžně využívaném v automatizaci.

K navrhnutému zařízení bude u karuselového stroje dodáno ještě jedno zařízení pro orientaci a zásobování gumových dílů (těsnění plastového dílu). Zařízení je zrcadlově umístěno vůči zde navrženému zařízení (viz Obr. 65). Obě zařízení se schází v odběrném místě před robotem. Zde oba díly budou současně odebírány uchopovačem. Uchopovač bude připevněn na zápěstí robota. Plastové díly budou uchopeny pomocí elektrických kleští a plastové díly pomocí profilové přísavky. Zařízení pro zásobování gumových dílů bude z 90 % stejně realizováno. Jiné bude jen kontrolní místo. Musí být kvůli malé výšce dílů použity jiné snímače (laserová brána) a také uzpůsobeno jinak výsuvné zařízení. Také bude snížena výška všech bočnic (cca. 10-15 mm). Princip přepadu a zásobování dílů bude zachován.

POUŽITÁ LITERATURA

- [1] AUTOR: Vítězslav Kadlec, vlastní tvorba.
- [2] Oldřich Dlouhý. EXACTEC. [cit. 25.4.2017]. Dostupné z: <http://www.exactec.com>
- [3] Vondra a Vondra s.r.o. [cit. 28.4.2017]. Dostupné z: <http://www.vondra-vondra.cz/cz/katalog>
- [4] Afag Automation AG. [cit. 28.4.2017].
Dostupné z: <https://www.afag.com/en/products/feeding.html>
- [5] Omron Electronics, Adept. [cit. 3.5.2017].
Dostupné z: <http://www.adept.com/products/application-products/anyfeeder/feeder/general>
- [6] Haberkorn s.r.o. [cit. 28.4.2017].
Dostupné z: <http://www.haberkorn.cz/dopravnikove-systemy/>
- [7] FANUC Czech s.r.o. [cit. 5.5.2017].
Dostupné z: <http://www.fanuc.eu/cz/cs/roboty/str%C3%A1nka-sortimentu-robot%C5%AF>
- [8] KUKA Robotics. [cit. 5.5.2017]. Dostupné z: <https://www.kuka.com/cs-cz/produkty,-slu%C5%BEby/robotick%C3%A9-syst%C3%A9my/pr%C5%AFmyslov%C3%A9-roboty/lbr%C2%A0iiwa>
- [9] ABB s.r.o. [cit. 5.5.2017].
Dostupné z: http://new.abb.com/products/robotics/cs/prumyslove-roboty/yumi?gclid=Cj0KEQjwrsDIBRDX3JCunOrr_YYBEiQAifH1FsZFeig1sSDvUuc_b2qI4u0VgXGcJ9PQpUr2gKAhL6oaAIVi8P8HAQ
- [10] Universal Robots A/S. [cit. 5.5.2017].
Dostupné z: <https://www.universal-robots.com/products/>
- [11] Alvaris Profile Systems s.r.o. [cit. 6.5.2017].
Dostupné z: <http://www.alvaris.eu/de/cesko/dopravniky/dopravniky>
- [12] ATC Drašar s.r.o. [cit. 27.4.2017]
Dostupné z: <http://www.drasar.cz/Dopravnikove-systemy/Pasove-dopravniky-mk>
- [13] Bosch Rexroth, spol. s.r.o. [cit. 6.5.2017].
Dostupné z: https://www.boschrexroth.com/irj/portal/anonymous/eShop?guest_user=anonymousDE&display=catalog&bridgeSelectedCatalog=MTN
- [14] FTE automotive Czechia s.r.o. [cit. 25.4.2017]. Dostupné z: <https://www.fte-automotive.cz/>



[15] Balluff CZ s.r.o. [cit. 3.5.2017].

Dostupné z: http://www.balluff.com/local/cz/productfinder/#?data=selection%5Bca%5D%3DA0001%26selection%5Bcg%5D%3DG0102%26selection%5Bproduct%5D%3DF01201%26selection%5Bproduct_variant%5D%3D

[16] Festo s.r.o. [cit. 3.5.2017]. Dostupné z: https://www.festo.com/cat/cs_cz/products

[17] STASTO Automation s.r.o. [cit. 18.6.2017].

Dostupné z: <https://www.stasto.cz/katalog/komponenty-pro-automatizaci-polohovaci-a-montazni-zarizeni-hlinikovy-profilovy/podavaci-technika-zasobniky.aspx>

[18] REKUPER SYCHROV s.r.o. [cit. 5.6.2017]. Dostupné z: <http://www.rekuper.cz/>

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1.: Kuželová mísa (násypka) od firmy Vondra a Vondra [3].....	5
Obr. 2.: Vibrační kruhový pohon od firmy Afag [4].....	5
Obr. 3.: Válcová mísa (násypka) od firmy Vondra a Vondra [3].....	5
Obr. 4.: Rozměry pohonu BF50 [4].....	6
Obr. 5.: Lineární pohon od firmy Afag [4].....	7
Obr. 6.: Lineární vedení v kompletu s kruhovým zásobníkem od firmy Vondra a Vondra [3]	7
Obr. 7.: Předzásobník od firmy Vondra a Vondra [3].....	8
Obr. 8.: Any Feeder systém se Scara robotem od společnosti Adept [5].....	8
Obr. 9.: Pásový dopravník se třemi druhy uložení pohonu od firmy Haberkorn [6]	10
Obr. 10.: Modulární dopravník od firmy Habekorn [6]	10
Obr. 11.: Válečkový dopravník s pohonem válečků od firmy Haberkorn [6].....	10
Obr. 12.: Paletkový dopravníkový systém od firmy Haberkorn [6].....	10
Obr. 13.: Robot CR-7iA/L od firmy FANUC [7].....	13
Obr. 14.: Robot LBR iiwa 14 R820 od firmy KUKA [8].....	13
Obr. 15.: Robot YuMi od firmy ABB [9].....	13
Obr. 16.: Robot UR3 od firmy Universal Robots [10]	15
Obr. 17.: Robot UR5 od firmy Universal Robots [10]	16
Obr. 18.: Robot UR10 od firmy Universal Robots [10]	18
Obr. 19.: Porovnání velikosti robotů UR3,5,10 [10].....	18
Obr. 20.: Robot UR5 + kontrolér + pendant [10]	18
Obr. 21.: Karuselový automatizovaný lisovací stroj se zakládacím přípravkem [1].....	23
Obr. 22.: Zakládací přípravek [1]	23
Obr. 23.: Plastový díl [1]	23
Obr. 24.: Gumový díl (Těsnění) [1].....	23
Obr. 25.: 3D náčrt vibračního zásobníku [1]	25
Obr. 26.: Vnitřek vibrační mísy [1]	25
Obr. 27.: Pohled na vnitřní držáky šroubovice [1]	25
Obr. 28.: Návrh č.2 - dopravníkový systém [1].....	26
Obr. 29.: Návrh č.2 – bližší náhled [1]	27
Obr. 30.: Návrh č.2 - přední pohled [1]	27
Obr. 31.: Layout pracoviště a velikost použitelného místa před strojem [1].....	28
Obr. 32.: Dopravník GUF-P 2000 šířky pásu 50 mm s motorem od firmy MK-Technology [12]	32
Obr. 33.: Dopravník GUF-P 2000 šířky pásu 150 mm s motorem od firmy MK-Technology [12]	32
Obr. 34.: Sestavení dopravníků vůči sobě pro návrh rámu [12].....	33
Obr. 35.: Hliníkový profil 45x45L od firmy Bosch Rexroth [13].....	34
Obr. 36.: Rozměry profilu 45x45L od firmy Bosch Rexroth [13]	34
Obr. 37.: Pomocný 3D náčrt pro vygenerování rámu [1].....	35
Obr. 38.: Vygenerovaný rám [1]	35
Obr. 39.: Úhelníkový držák profilů [13].....	35
Obr. 40.: Pravoúhlý držák profilů pro drážku 10 [13].....	35
Obr. 41.: Maximální průhyb boční a spodní profilu [13]	36
Obr. 42.: Rozložení sil působících na rám [1].....	37
Obr. 43.: Vygenerovaná simulace zatížení rámu – průhyb nosníků [1]	38



Obr. 44.: Výsuvný systém s pneumatickým válcem od firmy Festo – pozice 1 [1].....	39
Obr. 45.: Výsuvný systém - pozice 2 [1].....	39
Obr. 46.: Kontrolní místo [1].....	39
Obr. 47.: Dobře orientovaný díl v kontrolním místě [1]	40
Obr. 48.: Špatně orientovaný díl v kontrolním místě [1]	40
Obr. 49.: Uzavřené kontrolní místo – pozice oddělovače 1 [1].....	40
Obr. 50.: Otevřené kontrolní místo – pozice oddělovače 2 [1]	40
Obr. 51.: Pneumatický válec ADNGF 12-85 od firmy Festo [16]	41
Obr. 52.: Funkce pneumatické oddělovače HPV od firmy Festo [16]	41
Obr. 53.: Pneumatický oddělovač HPV od firmy Festo [16]	42
Obr. 54.: Předepsané max. hodnoty momentů výrobcem [16].....	42
Obr. 55.: Sestava s bočnicemi, bez zobrazení rámu [1]	43
Obr. 56.: Sestava s bočnicemi, bez zobrazení rámu [1]	43
Obr. 57.: Sestava s bočnicemi, se zobrazeným rámem [1].....	44
Obr. 58.: Sestava s bočnicemi, se zobrazeným rámem [1].....	44
Obr. 59.: Předzásobník NVD4/10 od firmy Afag [4].....	46
Obr. 60.: Předzásobník NVD4/10 – specifikace [4].....	46
Obr. 61.: Umístění předzásobníku NVD4/10 od firmy Afag [1]	47
Obr. 62.: Výsledný návrh zařízení – 1 [1]	48
Obr. 63.: Výsledný návrh zařízení – 2 [1]	49
Obr. 64.: Výsledný návrh zařízení – 1 [1]	50
Obr. 65.: Výsledný návrh pracoviště – 1 [1]	51
Obr. 66.: Výsledný návrh pracoviště – 2 [1]	51



SEZNAM TABULEK

Tab. 1.: Specifikace kruhových násypek, typ NV od firmy Vondra a Vondra [3].....	4
Tab. 2.: Specifikace pohonu BF50 od firmy Afag [4].....	5
Tab. 3.: Rozměry pohonu BF50 od firmy Afag [4].....	5
Tab. 4.: Specifikace Lineárních pohonů, Typ B od firmy Vondra a Vondra [3]	7
Tab. 5.: Specifikace Kontroléru [10]	19
Tab. 6.: Specifikace Kontrol Panelu (Pendant)	19
Tab. 7.: Specifikace profilu 45x45L []	34
Tab. 8.: Hodnoty zdvihu/síly válce ADNGF [16]	41
Tab. 9.: Parametry předzásobníku NVD4/10 [4].....	46
Tab. 10.: Cenová rekapitulace navrženého systému, cena uvedená v Kč (Korun českých).52	
Tab. 11.: Cenové porovnání systému s vibračním zásobníkem, cena u vedena v Kč (Korun českých).....	52



SEZNAM PŘÍLOH

Příloha č.1.: Zpráva o analýze rámové konstrukce (20 listů)

Příloha č.2.: Kompletní výkresová dokumentace pro výrobu dílů zařízení (34 listů)