



**VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ**

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

**FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

**ÚSTAV AUTOMOBILNÍHO A DOPRAVNÍHO INŽENÝRSTVÍ**

INSTITUTE OF AUTOMOTIVE ENGINEERING

**NÁVRH AUTOMATIZACE PROVOZU LINKY NA MONTÁŽ  
FUNKČNÍ ČÁSTI PÍSTOVÉHO KOMPRESORU**

DESIGN OF AUTOMATION OF ASSEMBLY LINE OPERATION FOR DYNAMIC ASSEMBLY PART OF  
PISTON COMPRESSOR

**DIPLOMOVÁ PRÁCE**

MASTER'S THESIS

**AUTOR PRÁCE**

AUTHOR

**Bc. Michal Hrůza**

**VEDOUCÍ PRÁCE**

SUPERVISOR

**doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.**

**BRNO 2016**



## Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav automobilního a dopravního inženýrství
Student:	<b>Bc. Michal Hruža</b>
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Automobilní a dopravní inženýrství
Vedoucí práce:	<b>doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.</b>
Akademický rok:	2015/16

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 diplomové práce:

### Návrh automatizace provozu linky na montáž funkční části pístového kompresoru

#### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Návrh automatického systému zakládání pístů, automatický výběr kluzných půlkulových ložisek různých velikostí, automatické zakládání bloku a odebírání smontované dynamické části kompresoru. Návrh vhodného uspořádání pracovních strojů a s tím spojený návrh automatizace a optimalizace dopravníkového systému pro dopravu materiálu do linky s předpokladem automatického odebírání.

#### Cíle diplomové práce:

Technická zpráva obsahující:

- popis současného stavu pracovní stanice s operátorem,
- návrh automatizovaného pracoviště s robotem,
- návrh automatického výběru kluzných půlkulových ložisek různých velikostí a jeho zástavbu do stroje s komunikací,
- vyhodnocení z hlediska kvality, produktivity, návratnosti investice.

Výkresová dokumentace ve formě 3 D modelu hlavních uzlů linky. Další výkresová dokumentace dle pokynů vedoucího DP.

#### Seznam literatury:

Bigoš, P., Kulka, J., Kopas, M., Mantič, M.: Teória a stavba zdvíhacích a dopravných zariadení. TU v Košiciach, Strojnícká Fakulta 2012, 356 s., ISBN 978-80-553-1187-6

Shigley, J.E., Mischke, Ch.R. a Budynas, R.G.: Konstruování strojních součástí. Vydalo VUT v Brně, nakladatelství VUTIUM 2010, ISBN 978-80-214-2629-0

Škopán, M.: Hydraulické pohony strojů, elektronická skripta VUT v Brně 2009

Kolíbal, Z.: Průmyslové roboty I. Konstrukce průmyslových robotů a manipulátorů. VUT Brno 1993, 189 s. ISBN 80-214-0526-0

Kolíbal, Z.: Průmyslové roboty II. Konstrukce výstupních hlavíc a periferií. PC DIR 1993, 165 s. ISBN 80-214-0533-3

Polák, J., Pavliška, J. a Slíva, A.: Dopravní a manipulační zařízení I., 1. vyd., Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2001, 99 s., ISBN: 80-248-0043-8

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2015/16

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Václav Pištěk, DrSc.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty



## ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zabývá návrhem automatizovaného pracoviště pro sestavení části kompresoru typu KC88 ve společnosti Valeo. Obsahem práce je řešení studie stávajícího stavu daného pracoviště s operátorem, zjištění aktuálních časů a prováděných úkonů. Na základě zjištěných poznatků navrhnout vhodné uspořádání jednotlivých pracovišť a navrhnout konstrukční řešení hlavních uzlů automatické stanice.

Výsledkem práce je koncepční návrh automatizované stanice s robotem, dopravní systémy, zhodnocení z hlediska návratnosti a úspory času výroby. Součástí je také částečná výkresová a modelová dokumentace stanice.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Automatická stanice, montáž, robot, operátor, manipulátor, dopravník

## ABSTRACT

The topic of this master's thesis is the design of automation assembly station for the completion of part of KC88 compressor in Valeo company. The thesis contains the study of the existing conditions of the old station with operator, measure times and process flow. Based on the findings, the aim is to propose the best solution of workplace arrangement and to design construction solution of the main parts of the automatic assembly station.

The result of this thesis is the design of the automatic station with a robot, transport systems, evaluation in terms of return investment and saving process time. The thesis also includes partial drawings and 3D documentation.

## KEYWORDS

Automatic station, assembly, robot, operator, manipulator, conveyor



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

HRŮZA, M. *Návrh automatizace provozu linky na montáž funkční části pístového kompresoru*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2016. 83 s. Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Miroslav Škopán, CSc.



## ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Miroslava Škopána, CSc. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 27. května 2016

.....

Bc. Michal Hrůza



## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych touto cestou poděkoval svým rodičům, kteří mě během celého studia podporovali nejen z finanční stránky. Velké poděkování patří zejména mé přítelkyni, bez které bych svá studijní léta ukončil již před několika roky. Dále bych rád poděkoval svému vedoucímu diplomové práce panu doc. Ing. Miroslavu Škopánovy, CSc. za vedení a užitečné připomínky při vypracování mé diplomové práce. V neposlední řadě patří poděkování i celému kolektivu ve společnosti Valeo Compressor Europe, s.r.o., který mi po celou dobu dával užitečné rady a těším se na naši budoucí spolupráci v profesním životě.





## OBSAH

Úvod .....	11
O společnosti Valeo.....	11
1 Přehled současného stavu poznání .....	12
1.1 Automatické prostředky.....	12
1.1.1 Jednoučelový manipulátor.....	12
1.1.2 Průmyslový robot .....	13
1.2 Dopravní systémy .....	15
1.2.1 Válečkové tratě .....	15
1.2.2 Deskové (skidové) dopravníky.....	16
1.2.3 Modulární dopravníky .....	16
1.3 Zásobníky a podavače.....	17
1.4 Popis sestavované části kompresoru KC88 .....	17
1.4.1 Písty .....	17
1.4.2 Půlkulové ložisko „shoe“ .....	19
1.4.3 Rotor assy .....	20
1.4.4 Cylinder block .....	21
1.4.5 Dynamic assy.....	22
2 Analýza problému a cíl práce .....	24
2.1 Stávající stanice s operátorem.....	24
2.2 Množství operátorů.....	25
2.3 Přidružené operace.....	25
2.4 Zásobování .....	27
2.4.1 Koše pro písty .....	27
2.5 Vymezení cílů práce .....	27
3 Návrh konstrukčního řešení.....	28
3.1 Návrh uspořádání stanice.....	28
3.2 Dopravní a manipulační systémy.....	33
3.2.1 Dopravníky .....	34
3.2.2 Manipulátory .....	36



3.2.3	Výběr shoe .....	37
3.3	Simulace výrobního procesu .....	38
3.3.1	Modely variant uspořádání stanice .....	39
3.3.2	Vyhodnocení simulace výroby.....	41
4	Výsledné konstrukční řešení .....	42
4.1	Automatické dopravníky .....	42
4.1.1	Dopravník R/A.....	42
4.1.2	Dopravník C/B + D/A .....	45
4.2	Výběr vhodného robota .....	46
4.3	Zakládání pístů .....	47
4.4	Automatický výběr shoe.....	48
4.5	Úchopová hlavice robota.....	50
4.6	Bezpečnostní prvky a zabezpečení stanice.....	53
4.7	Logistika procesu .....	54
4.8	Komunikace.....	57
4.9	Zhodnocení investic a kvality.....	59
4.9.1	Návratnost investice .....	59
4.9.2	Zhodnocení kvality a produktivity .....	63
5	Diskuse.....	65
	Závěr .....	67
	Seznam použitých zkratk a symbolů .....	70
	Seznam obrázků a grafů .....	73
	Seznam tabulek .....	75
	Seznam příloh .....	76



## ÚVOD

Diplomová práce se zabývá návrhem automatizace stanice pro sestavení části pístového kompresoru typu KC88. Zadání bylo zadáno společností Valeo Compressor Europe, s.r.o.

Na základě zadání se věnuji přehledu současného stavu automatizace a možnostem použití různých dopravních a manipulačních prostředků. Dále popisu dané stanice obsluhované operátorem a na základě zjištěných poznatků navrhuji vhodné řešení její automatizace. Ačkoli ze zadání nevyplývá rozšíření automatické stanice, tato práce se věnuje návrhu automatizace právě rozšířené varianty. Rozšíření je realizováno z důvodu navýšení výrobních kapacit a využití snadnější automatizace než by tomu bylo pouze u jedné stanice.

Hlavní cílem diplomové práce je tedy návrh uspořádání hlavních uzlů automatizované stanice a způsoby materiálového toku uvnitř stanice. To zahrnuje návrh dopravy jednotlivých dílů, možnosti využití různých dopravních systémů a vybrání nejvhodnějšího řešení. S tím jsou spojené rámcové konstrukční návrhy daných dopravních a manipulačních prostředků.

V celé práci jsou používány názvy užívané ve společnosti Valeo. Ve velké části případů, se jedná o anglická označení. Při užití daného cizího názvu je vždy vysvětleno o jaký díl či stanici se jedná a je určena případná zkratka pro snadnější zápis.

## O SPOLEČNOSTI VALEO

Valeo Compressor Europe, s.r.o. (dále jen „Valeo“) sídlící v Humpolci je nejmladším zástupcem skupiny Valeo na území České republiky. Závod byl založen v roce 2002 a patří k předním výrobcům kompresorů pro klimatizační jednotky osobních automobilů. V našem moderním závodě jsou používány nejnovější technologie pro obrábění a montáž. Klademe důraz na kvalitu, týmovou spolupráci, flexibilitu. Všem zaměstnancům nabízíme možnost seberealizace a kariérního růstu s dlouhodobou perspektivou. V roce 2014 a 2015 náš závod získal 1. místo v soutěži Zaměstnavatel regionu Vysočina. V současné době máme již přes 1100 zaměstnanců a nadále plánujeme jejich stav zvyšovat. [5]

Mezi zákazníky společnosti patří přední světoví výrobci automobilů (Renault, PSA Peugeot Citroën, Mercedes, Toyota, Volvo, Nissan a další).

Produktem Humpoleckého závodu jsou tři typy kompresorů.

- Pístový klimatizační kompresor KC88/89 s proměnlivým zdvihem (typ s 5/6/7 písty)
- Rotační klimatizační kompresor KC59 (5 lopatkový)
- Rotační klimatizační kompresor KC92 (5 lopatkový)



# 1 PŘEHLED SOUČASNÉHO STAVU POZNÁNÍ

Předmětem této kapitoly je popis a přehled současných možností automatických výrobních linek. Získání informací o možnostech využití různých dopravních a manipulačních zařízení. Důležitou částí je také poznání sestavované části kompresoru typu KC88.

Využitím nejnovějších poznatků elektroniky ve vývoji výrobních prostředků se přibližuje realizace základních změn v postavení a funkci člověka ve výrobním procesu. Systémové řešení výrobní techniky vytváří nové možnosti ve vývoji a nasazení výrobních soustav.[2]

Lidské pracovní úkony budou postupně přejímány automaticky řízenými stroji a automatickými prostředky, pracující podle povelů počítače. Nasazují se pružné výrobní systémy s průmyslovými roboty a manipulátory. Plná automatizace výroby, využití průmyslových robotů a dalších progresivních prvků však přináší celou řadu náročných problémů.[2]

Automatizace výrobních procesů = předmětem tohoto druhu automatizace jsou hlavní a obslužné procesy v různých kruzích výroby. Například automatizace v dolech, hutích, válcovnách, slévárnách, strojírenských a elektrotechnických provozech, apod. Typickými produkty výrobní automatizace jsou:

- automatizované linky,
- pružné výrobní systémy,
- bezobslužné výrobní stroje,
- výrobní robotizovaná pracoviště.

Z technického hlediska automatizace vyžaduje zvládnutí nového druhu údržby, přizpůsobení technologie pro přechod na plynulou výrobu, přizpůsobení technologického zařízení, řešení problému rentability atd. Zároveň automatizace vyžaduje zvýšení úrovně a vzdělanosti pracujících.[1]

## 1.1 AUTOMATICKÉ PROSTŘEDKY

Automatické prostředky slouží ke snížení nebo odstranění lidské práce v automatizovaných provozech. Nahrazují lidskou obsluhu zejména v případech, kdy se jedná o stále se opakující jednoduchou činnost, v nebezpečných prostředích, potřebujeme-li vyšší přesnost uložení a opakovatelnost.

### 1.1.1 JEDNOÚČELOVÝ MANIPULÁTOR

Používají se zejména pro automatizaci manipulačních prací u jednoúčelových strojů a linek pro velkosériovou a hromadnou výrobu. Jsou často integrální částí obsluhovaného stroje. Mají omezenou funkci. Nazývají se často *podavači* nebo *autooperátory*. Název *jednoúčelové*



vystihuje skutečnost, že jsou určeny pro manipulaci s jedním určitým předmětem nebo s předměty geometricky si podobnými.[1]

### 1.1.2 PRŮMYSLOVÝ ROBOT

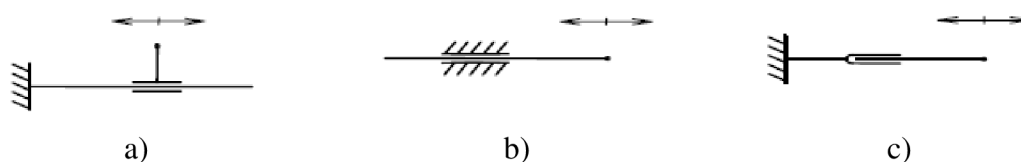
Průmyslový robot je autonomně fungující stroj-automat, který je určen k reprodukci některých pohybových a duševních funkcí člověka při provádění pomocných a základních výrobních operací bez bezprostřední účasti člověka, který je k tomuto účelu vybaven některými jeho schopnostmi (sluchem, zrakem, hmatem, pamětí apod.), schopností samo výuky, samo organizace a adaptace, tj. přizpůsobivost k danému prostředí.[6]

#### KINEMATICKÉ DVOJICE

Akční systém průmyslových robotů a manipulátorů je ve své podstatě pohybovým mechanismem, který sestává z více binárních členů, vázaných mezi sebou prostřednictvím kinematických dvojic (KD). Každé z těchto kinematických dvojic přísluší většinou jeden stupeň volnosti. Při stavbě PRaM se nejčastěji používají kinematické dvojice posuvné (translační) a otočné (rotační). Protože kinematické struktury PRaM je potřebné často znázorňovat v různých postaveních, používají se jejich určitá schematická označení, které vycházejí z jejich konstrukční podstaty.[6]

##### a) Kinematická dvojice translační (T)

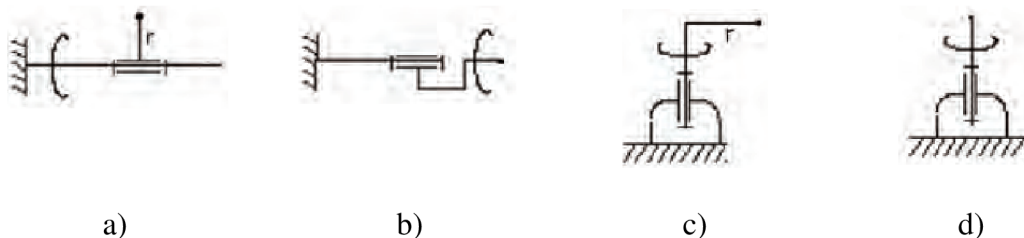
Znázornění této kinematické dvojice je poměrně jednoduché, neboť stačí napodobit lineární posuv dvou těles po sobě. Je však nutno respektovat relativnost možného pohybu posouvajících se těles.



Obr. 1-Schematické znázornění KD: a) suportové, b) smykadlové, c) výsuvné[6]

##### b) Kinematická dvojice rotační (R)

Při znázorňování rotačních KD je nutno respektovat jejich specifika, která představují buď rotaci kolem vlastní osy, nebo rotaci ramene o délce  $r$  kolem mimostředné osy (kloub) a rovněž i směr pohledu (nárys, půdorys, příp. bokorys) na otočný kloub.



Obr. 2 Otočné KD bez omezení úhlu otáčení: a), c) s ramenem "r", b), d) kolem vlastní osy ( $r=0$ )[6]



## ZÁKLADNÍ KINEMATICKÝ ŘETĚZEC PRAM-POLOHOVACÍ ÚSTROJÍ

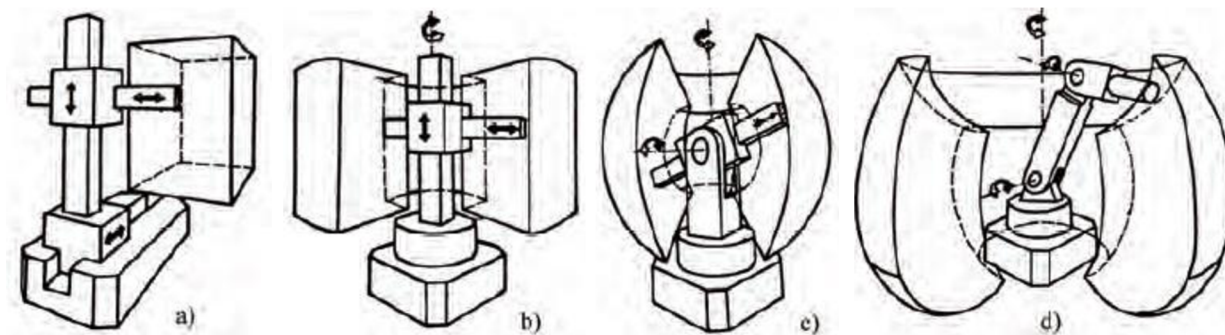
Všechny běžné kinematické struktury základních kinematických řetězců průmyslových robotů jsou struktury se sériovou kinematikou. Je to dáno použitím výše uvedených KD vždy o jednom stupni volnosti, které se posouvají či otáčejí nezávisle na sobě. Výsledný pohyb je složen z řady pohybů v jednotlivých těchto KD. Tak vzniká sériová kinematika nejen u robotických systémů, ale na příklad i u výrobních strojů, u kterých pak převládá struktura, složená převážně z translačních KD, tedy struktura kartézská, zatímco v morfologii průmyslových robotů se rozvinuly i jiné struktury.[6]

Polohovací ústrojí slouží k požadovanému ustavení referenčního bodu  $Br$ . Požaduje-li se jeho postavení a pohyb po přímce (úsečce), nebo křivce (kružnici) postačí k tomu I stupeň volnosti a to buď translační (T), nebo rotační (R), k polohování referenčního bodu  $Br$  v rovině, popřípadě ploše, je zapotřebí již určitého spojení dvou KD. Teprve přidáním třetí KD může pohyb referenčního bodu základního kinematického řetězce (ZKŘ) obsáhnout i určitý prostor, závislý na celkovém spojení KD v ZKŘ. V praxi se na počátku rozvoje robotiky rozšířily čtyři typy spojení KD:[6]

- |  |     |
|--|-----|
| 1. Spojení tří translačních KD:                  | TTT |
| 2. Spojení jedné rotační a dvou translačních KD: | RTT |
| 3. Spojení dvou rotačních a jedné translační KD: | RRT |
| 4. Spojení tří rotačních KD:                     | RRR |

Shodou okolností má struktura těchto čtyř základních spojení charakter postupného nahrazování translací rotacemi a výsledný obsluhovaný prostor je v těchto čtyřech případech:

1. Kvádr (pravoúhlý, kartézský pracovní prostor)
2. Válcový (cylindrický) segment
3. Kulový (sférický) segment
4. Torusový (složený, antropomorfní, angulární) segment



Obr. 3 Znárodnění pracovních prostorů: a)Kartézský (TYP „K“) b)Cylindrický (TYP „C“) c)Sférický (TYP „S“) d)Angulární (TYP „A“)[6]



V závislosti na možnostech uspořádání uvedených v kapitole 3.1. *Návrh uspořádání stanice* jsou vždy pro zakládání do stroje použity průmyslové roboty. Mezi hlavní tři dodavatele, od kterých je vhodný robot poptán, jsou navrženy následující tři:

**KUKA Robotics:** jako průkopník robotické a automatizační technologie patří k vedoucím výrobcům průmyslových robotů v celosvětovém měřítku. Společnost KUKA pokrývá díky svému velkému a jedinečnému výběru průmyslových robotů téměř všechny oblasti nosností a typů robotů. Vhodné řídicí systémy a softwarové balíky pro velké množství aplikací kompletují výrobní portfolio společnosti. [10]

**FANUC:** díky více než 100 modelům přináší nejširší nabídku robotů na světě. Stroje FANUC pokrývají širokou škálu aplikací a průmyslových odvětví. Díky užitečnému zatížení do 2,3 tun, maximálnímu dosahu až 4,7 m, jednoduché integraci a řadě doplňků uzpůsobených na míru konkrétním aplikacím se vyznačují snadnou obsluhou a také vynikající flexibilitou. [11]

**ABB Robotika:** je vedoucím dodavatelem průmyslových robotů, automatizovaných výrobních systémů a s tím spojených služeb. Hlavním cílem je pomáhat výrobcům ve zvýšení produktivity, kvality výrobků a bezpečnosti pracovníků. [12]

## 1.2 DOPRAVNÍ SYSTÉMY

Dopravníky jsou základním článkem dopravy a jsou různého provedení a typu. Tvoří důležitý článek mezi jednotlivými stroji, pracovišti a dílnami. Dpravují polotovary, hotové součásti, nástroje, výrobní pomůcky, montážní celky i odpad.[3]

Nejpoužívanějšími dopravníky jsou:[3]

- Pásové dopravníky,
- vibrační dopravníky,
- podvěsné dopravníky,
- dopravníky v automatických výrobních a montážních linkách,
- válečkové tratě,
- deskové (skidové) dopravníky.

### 1.2.1 VÁLEČKOVÉ TRATĚ

Válečková trať je tvořena soustavou otočných válečků, jejichž osy jsou uloženy v rámu tratě. Dopravované předměty spočívají na válečkách a pohybují se kolmo na jejich osy. Nemusí být pouze přímé, může obsahovat také oblouky v místech změny směru dopravní trasy. V oblouku nahrazujeme válečky valivými tělesy kónickými s povrchovými přímkami v rovině tratě (obvodová rychlost vzrůstá úměrně s rostoucí vzdáleností od středu křivosti oblouku).[3]



Válečkových tratí se používá k mechanizaci vnitropodnikové dopravy jako součásti různých výrobních linek nebo tvoří souvislou dopravní linku ve slévárnách, hutích, při výrobě stavebních hmot apod.[3]

### **GRAVITAČNÍ**

Příčinou pohybu je složka vlastní tíhy předmětu do směru pohybu. Při výpočtu je účelem stanovit takový úhel sklonu tratě  $\beta$ , aby se předměty vlivem vlastní tíhy pohybovaly po trati buď konstantní rychlostí, nebo pohybem rovnoměrně zrychleným s předem stanovenou hodnotou rychlosti v určitých místech tratě.[3]

### **POHÁNĚNÉ**

Válečková trať má válečky s nuceným pohonem, takže hnací silou je stykové tření mezi předmětem s poháněnými válečky. Pohon může být individuální, je-li každý váleček vybaven samostatným motorem, nebo skupinový, je-li hnací motor společný pro určitý počet válečků.[3]

U poháněných tratí může být doprava předmětů šikmo dolů či šikmo vzhůru. Maximální úhel stoupání je poté limitovaná maximální třecí silou mezi dopravovaným předmětem a válečky ve styku sním.

#### **1.2.2 DESKOVÉ (SKIDOVÉ) DOPRAVNÍKY**

Deskové dopravníky se využívají tam, kde je zapotřebí přesunu výrobků různých vlastností a zároveň, kde je zapotřebí větší odolnosti tažného členu vůči teplotě, mechanickému poškození či je třeba ustavit přepravovaný výrobek do požadované polohy. Nejčastěji se využívají k samostatnému použití, pro zástavbu větších dopravních celků či montážních a výrobních linek.[8]

V naší společnosti na většině výrobních linek používáme různých skidů pro dopravu částí či celku kompresorů. Skidy jsou nejvhodnější volbou pro dopravu mezi automatickými stanicemi. V každé určité pozici je možné je zastavit a ustavit právě do takové polohy, která je požadována pro daný stroj a operaci.

#### **1.2.3 MODULÁRNÍ DOPRAVNÍKY**

Jsou výhodným řešením pro použití na výrobních linkách i v expedičních provozech. Používají se především tam, kde není vhodné použít klasický transportní pás. Využití modulárních dopravníků je především pro dopravu lehkého a středně těžkého zboží v různých oblastech průmyslu. Provedení v různých typech materiálu modulárních pásů určuje požadavek na chemickou odolnost prostředí, ve kterém má dopravník pracovat. Velký výběr z mnoha druhů pásů nabízí řešení pro veškerá odvětví průmyslu.[9]





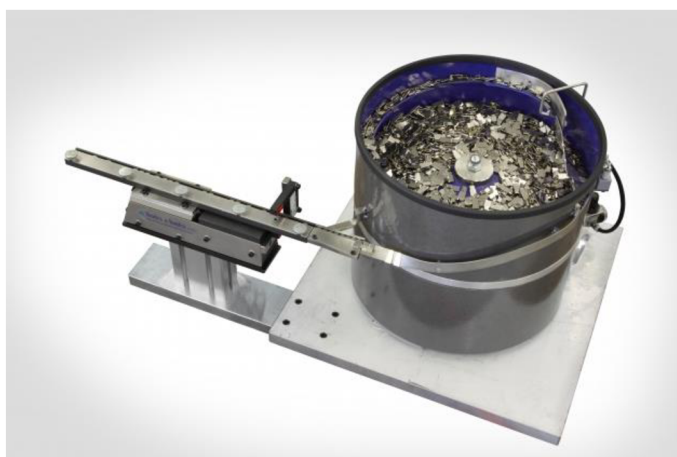
### 1.3 ZÁSOBNÍKY A PODAVAČE

Slouží pro uskladnění materiálu pro pozdější využití či daný uskladněný materiál přímo podává do příslušného stroje.

#### VIBRAČNÍ ZÁSOBNÍKY

Chytrá, jednoduchá, všestranná, tak hodnotí experti vibrační dopravu. Materiál je přemísťován působením setrvačných sil. Základní stavební prvek charakterizující tento druh přepravy se nazývá vibrační dopravník, či podavač. Tyto prvky jsou schopny manipulovat téměř se vším, od prášku po velké kusy kamenů s minimálním opotřebením. [4]

Vibrační dopravník je tvořen žlabem obvykle tvaru širokého písmene U nebo kruhového, který je pružně uložen k základu. Podle daných vlastností pohonu a jeho uložení může být pohyb materiálu na tomto systému značně složitý. [4]



*Obr. 4 Kruhový vibrační zásobník s válcovou nádobou [13]*

### 1.4 POPIS SESTAVOVANÉ ČÁSTI KOMPRESORU KC88

Pro bližší poznání daného typu kompresoru je proveden popis jednotlivých částí, se kterými je během montáže manipulováno.

#### 1.4.1 PÍSTY

Jednou z hlavních částí pístového kompresoru jsou bez pochyby písty, ty převádí energii translačního pohybu pístu na tlakovou energii v plynu chladiva.

Písty jsou vyráběny ze dvou částí, které jsou dodávány od společnosti Kovosvit Mas. Písty jsou vyráběny ze slitiny hliníku a křemíku s následným tepelným zpracováním. Tělo pístu je vyráběno tažením za studena a můstek zápusťkovým kování za tepla. Na *Obr. 5* vidíme stav, ve kterém polotovary pístů přijdou do Valea. Následně jsou obě součásti strojně opracovány, svařeny a následně je nanášena vrstva teflonového povlaku *Obr. 6*.



a)

b)

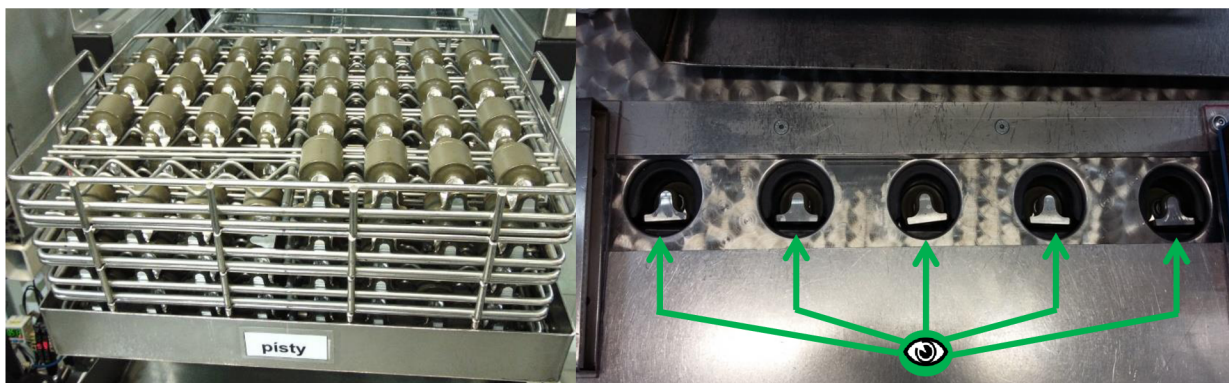
*Obr. 5 Polotovár pístu: a) píst (piston), b) můstek (bridge)[7]*



*Obr. 6 Finální píst s teflonovou vrstvou*

## ZAKLÁDÁNÍ PÍSTŮ

Písty jsou ke stanici dopravovány zásobovači v nerezových koších *Obr. 7:a*). Zakládání pístů je realizováno pomocí operátora, který vkládá daný počet pístů do stanovených otvorů. Operátor musí písty vložit správným směrem a to, stranou pro založení shoe směrem do stroje *Obr. 7:b*). Při špatném založení je nebezpečí poškození pístu či přerušení pracovního cyklu stroje. Po vyprázdnění celého koše jej operátor odebere a vloží na zpětný skluz.



a)

b)

Obr. 7 Zakládání pístů: a)zásobník, b)založení

#### 1.4.2 PŮLKULOVÉ LOŽISKO „SHOE“

Půlkulové ložisko (dále jen “shoe“) Obr. 8, je kluzný element mezi pístem a nakloněnou deskou (dále jen “swash plate/SWP“) a umožňuje translační pohyb pístu při rotaci nakloněné roviny desky. Princip je stejný jako v případě axiálního hydrogenerátoru s nakloněnou deskou.

Vzhledem k výrobním tolerancím je k dispozici 10 různých velikostí těchto ložisek, aby byla vždy zaručena co nejoptimálnější vůle mezi shoe, swash platem a pístem.



Obr. 8 Půlkulové ložisko "shoe"

V Tab. 1 jsou zobrazeny všechny velikosti shoe, které v nynější době ve společnosti Valeo používáme.

Tab. 1 Odstupňování velikostí shoe [mm]

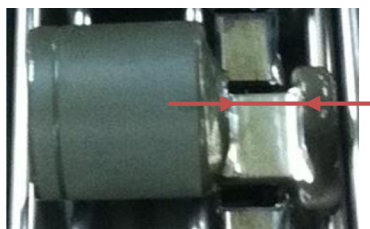
Rank	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
MIN	6,093	6,096	6,099	6,102	6,105	6,108	6,111	6,114	6,117	6,120
MAX	6,095	6,098	6,101	6,104	6,107	6,110	6,113	6,116	6,119	6,122



## VÝBĚR A ZAKLÁDÁNÍ SHOE

Na současné stanici obsluhované operátorem je výběr realizován automaticky pomocí signalizace na panelu a zakládání je manuální. Automatická stanice nejprve změří velikost swash platu a poté postupně měří vnitřní rozměr pístu *Obr. 9*. Následně jsou oba rozměry automaticky porovnány a je vybráno nejvíce vhodné shoe z deseti různých velikostí.

Na panelu zásobníku shoe jsou vždy dvě signalizační diody *Obr. 10*. Při vkládání shoe nezáleží na místě vložení. Dvě diody jsou použity, aby byla možná signalizace dvou stejně velkých shoe v jeden okamžik. Při vložení shoe do pravého otvoru je pak následně umístěno na spodní stranu pístu. Obdobně je tomu i u levého otvoru, kde je poté shoe vloženo na horní stranu pístu.



*Obr. 9 Měření vnitřního rozměru pístu*



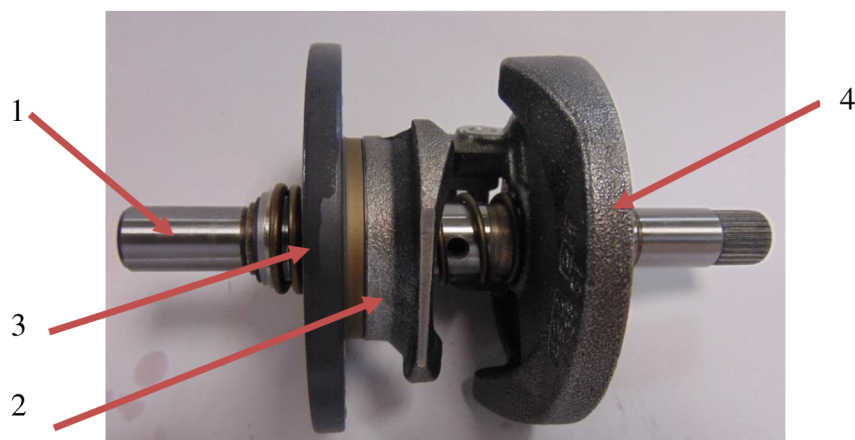
*Obr. 10 Signalizace výběru shoe*

### 1.4.3 ROTOR ASSY

Rotor assy (dále jen „R/A“) je sestava na *Obr. 11*, která se skládá ze čtyřech hlavních částí. Na *pozici 1* se nachází hřídel („shaft“), která slouží pro přenos rotačního pohybu z řemenice



do kompresoru. *Pozice 2* znázorňuje drive hub, který umožňuje náklon swash platu na *pozici 3*. Na *pozici 4* je dále thrust flange, který zastává funkci setrvačníku.



*Obr. 11 Sestava rotor assy*

Celé R/A je ke stanici dopravováno na gravitačním válečkovém dopravníku od předchozí stanice *Obr. 12*. Operátor odebere R/A z dopravníku, odešle zpět jednoúčelový přepravní skid a následně založí sestavu do stanice.



*Obr. 12 Doprava a odebrání R/A*

#### 1.4.4 CYLINDER BLOCK

Jedná se o hlavní část pístového kompresoru. Cylinder block *Obr. 13* (dále jen „C/B“) slouží k vedení pístů a je pracovní komorou k přeměně translačního pohybu pístu na tlakovou energii chladiva.



a)

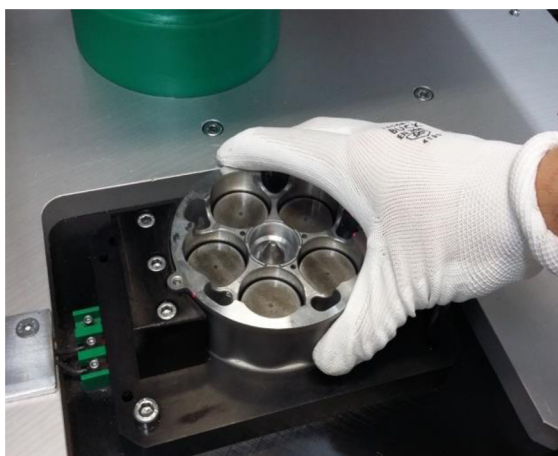


b)

*Obr. 13 Cylinder block*

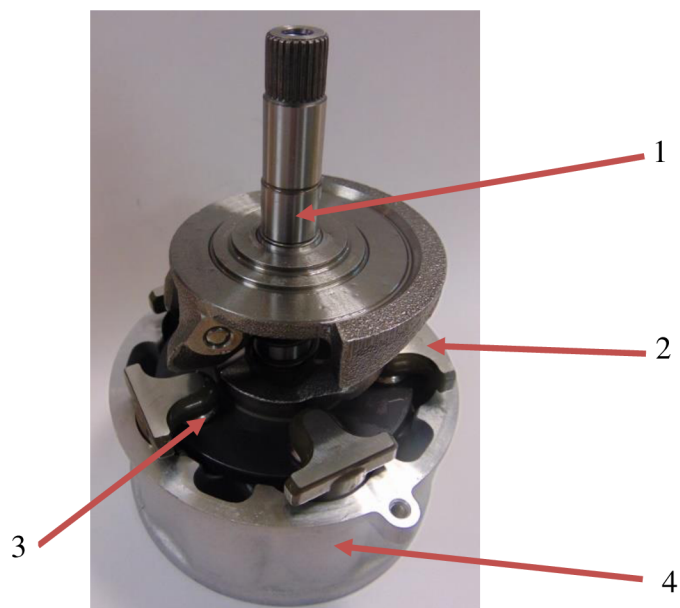
### ZAKLÁDÁNÍ CYLINDER BLOCK

C/B je do stroje zakládán operátorem do určeného přípravku. Směr založení je obrobenou stranou viditelnou na *Obr. 13b)* dolů. Místo a přípravek, do kterého je C/B zakládán je znázorněn na *Obr. 14*, poté operátor stiskne tlačítko pro spuštění pracovního cyklu.

*Obr. 14 Zakládání C/B*

### 1.4.5 DYNAMIC ASSY

Dynamic assy (dále jen „D/A“) je celková výstupní sestava zobrazená na *Obr. 15*. Skládá se z výše uvedených komponentů. Na *pozici 1* je vidět R/A, tato sestava umožňuje plynulé naklonění swash platu a tím proměnlivou změnu zdvihu. Tím je tedy možná regulace cirkulace plynného média v klimatizačním oběhu. Písty jsou na *pozici 2*. Mezi swash platem a pístem je již zmiňované shoe *pozice 3*, které umožňuje vzájemné natočení pístů a swash platu. Tímto spojením je možné otáčení swash platu a tím zdvih pístů. Celá sestava je vsazena do C/B *pozice 4*.



*Obr. 15 Sestava "Dynamic assy"*

Celková sestava se odebírá ze stejného místa, které je určeno pro založení C/B zobrazeno na *Obr. 14*. Po odebrání celé sestavy nalepí operátor na stranu C/B Barcode, který je takovým rodným listem každé D/A, a lze podle něj dohledat veškeré záznamy o operacích a měření, které byly na kompresoru provedeny.



*Obr. 16 Sestava D/A k odebrání*

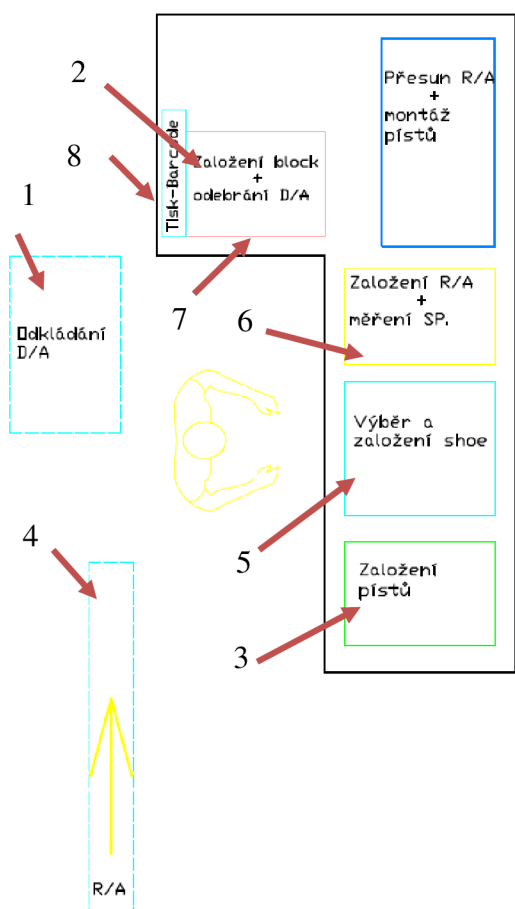


## 2 ANALÝZA PROBLÉMU A CÍL PRÁCE

Jak již ze zadání vyplývá, cílem práce je návrh uspořádání a možné konstrukční řešení automatické stanice a nahrazení lidské obsluhy u ní. Tato kapitola se věnuje podrobnějšímu popisu stávající stanice s operátorem a všech potřebných operací souvisejících s danou stanicí.

### 2.1 STÁVAJÍCÍ STANICE S OPERÁTOREM

Na Obr. 17 je vidět stávající rozmístění dané výrobní stanice. Pro lepší představu je aktuální stanice vyobrazena ve 3D pohledu v příloze P1. Tuto stanici obsluhuje jeden operátor, který vykonává následující pracovní úkony v daném pořadí:



- 1- odebrání C/B
- 2- založení C/B do stanice > stisknutí tlačítka
- 3- založení pístů > obouruční stisknutí tlačítek
- 4- odebrání R/A > položení na odkládací místo
- 5- vkládání shoe
- 6- založení R/A
- 7- odebrání D/A
- 8- odebrání a nalepení Barcode > odložení na pozici 1

Po ukončení poslední operace č. 8 se celý cyklus opakuje. Tento postup je pouze v případě plynulé výroby. V případě, kdy najíždí prázdná stanice či se ukončuje výroba, vypadá pracovní postup lehce odlišně.

Obr. 17 Stávající uspořádání stanice

Bylo provedeno měření časů cyklu stávající stanice, pro budoucí možné porovnání úspory času výrobního cyklu. Podrobné naměřené hodnoty jsou zobrazeny v příloze P2. V Tab. 2 jsou uvedeny průměrné hodnoty z každého měření a následná celková průměrná doba jednotlivých operací a celého cyklu.





Tab. 2 Průměrné hodnoty času cyklu [s]

Datum	Založení pístů	Založení shoe	Založení R/A	Založení C/B	Odebrání D/A+barcode	Celkový čas
04.11.2015	6,47	21,81	6,12	2,81	6,45	43,65
05.11.2015	6,36	21,51	6,11	2,47	5,91	42,35
06.11.2015	6,16	21,39	6,08	2,16	6,50	42,29
11.11.2015	6,53	21,96	5,74	2,83	5,78	42,84
13.11.2015	6,27	22,60	5,54	2,81	6,68	43,88
Průměr	6,36	21,85	5,92	2,62	6,26	43,00

## 2.2 MNOŽSTVÍ OPERÁTORŮ

Při návrhu nového řešení automatické stanice je třeba brát na mysl, aby množství operátorů potřebných pro správné fungování dané stanice nepřesáhlo současný stav. Jak je popsáno v kapitole 3.1 *Návrh uspořádání stanice* při automatizaci uvažujeme zvětšení stanice na dvojnásobnou kapacitu. Z těchto důvodů je důležité, aby vlivem uspořádání nové stanice nedošlo k navýšení počtu operátorů. Nebo nízkému vytížení operátora na některé ze stanic, které jsou předcházející respektive navazující na proces automatické stanice.

Nízké vytížení některého z operátorů vede k prostojům, či zvýšení požadavků na jiného operátora. Vzhledem k tomu, že z pohledu dlouhodobých investic je vždy práce operátora dražší než provoz automatického stroje, je třeba zvážit všechny varianty možného uspořádání. Je třeba mít přehled o všech potřebných úkonech a procesech, které bezprostředně souvisejí s provozem automatické stanice a jejich časech cyklů. Všechny operace, které přímo souvisejí s provozem stanice jsou popsány v následující podkapitole 2.3 *Přidružené operace*.

## 2.3 PŘIDRUŽENÉ OPERACE

Jak je již zmíněno výše, pro správnou funkci automatické stanice je třeba více operací. V této podkapitole jsou popsány jednotlivá přidružená pracoviště a potřebné informace o nich.

### NASTAVENÍ MINIMUM STROKE R/A

Jedná se o stanici, která je poslední v řadě při sestavení R/A. Obsluhu provádí jeden operátor. Operátor posílá hotové R/A po gravitačním válečkovém dopravníku k montážní stanici viz *Obr. 12*. V *Tab. 3* jsou zobrazeny průměrné časy cyklů pro nastavení minimum stroke. Při dodržení času cyklu je teoreticky možné zásobovat automatickou stanici 1,74 kusů za minutu. Dále se do následné simulace musí uvažovat s 10% výpadkem dílů. Tato hodnota je dána statisticky z dlouhodobého sledování.



Tab. 3 Průměrný čas nastavení minimum stroke R/A

Čas [s]	1	2	3	4	5	Průměr
Cyklus stroje	21,54	20,38	20,62	21,36	20,84	20,95
Manipulace operátora	13,96	11,68	15,70	13,42	13,02	13,56
Celkový čas	35,50	32,06	36,32	34,78	33,86	34,50

### LISOVÁNÍ LOŽISKA DO C/B

Stejně jako stanice „*nastavení minimum stroke R/A*“ uvedená výše je i tato stanice předřazena montážní stanici. Obsluhuje ji jeden operátor. Stejný operátor dále obsluhuje stanici uvedenou níže „*kontrola shoe gap*“. Operátor tak věnuje přibližně 60% času na stanici „*lisování ložiska do C/B*“. Dalších 30% času obsluhuje stanici „*kontrola shoe gap*“ a zbylých 10% zastává pozici zásobovače pro stanici „*lisování ložiska do C/B*“. V následující Tab. 4 jsou zobrazeny časy cyklů lisování ložiska do C/B. Rychlost zásobování následující stanice je tedy teoreticky 3,22 kusů za minutu.

Tab. 4 Průměrný čas lisování ložiska

Čas [s]	1	2	3	4	5	Průměr
Cyklus stroje	12,07	12,19	11,96	12,02	12,14	12,08
Manipulace operátora	6,59	6,75	6,76	6,29	6,44	6,57
Celkový čas	18,66	18,94	18,72	18,31	18,58	18,64

### KONTROLA SHOE GAP

Tato stanice jako jediná navazuje na montážní stanici. Obsluhu provádí stejný operátor, který obsluhuje stanici výše „*Lisování ložiska do C/B*“. V Tab. 5 jsou opět zobrazeny časy potřebné k vykonání jednoho cyklu. Rychlost odebrání D/A z montážní stanice je tedy přibližně 1,2 kusů za minutu.

Tab. 5 Průměrný čas kontroly shoe gap

Čas [s]	1	2	3	4	5	Průměr
Cyklus stroje	40,10	38,24	39,71	37,67	39,84	39,11
Manipulace operátora	12,00	12,96	11,05	9,55	8,02	10,72
Celkový čas	52,10	51,20	50,76	47,22	47,86	49,83



## 2.4 ZÁSOBOVÁNÍ

Dalším důležitým prvkem je zásobování dané stanice ostatními součástmi. Mezi doplňované součásti patří shoe a píсты. Kontrola zásoby a případné doplnění probíhá každou hodinu.

Shoe jsou dováženy v nerezových krabičkách. Každá krabička má označení pro danou velikost shoe. Zásobovač poté uloží plnou krabičku do zásobníku, ve kterém může být 5 krabiček dané velikosti shoe za sebou. Do každé krabičky se vejde přibližně 200 kusů shoe.

### 2.4.1 KOŠE PRO PÍSTY

Píсты jsou ke stanici dováženy v nerezových koších. Do těchto košů jsou píсты vloženy na obrobně. Následně jsou koše dány do vodní pračky typu DURR 95W s inhibitorem koroze. Pračka odstraní špony, nečistoty po obrábění a mastnotu. Z pračky vstupují koše na čistou montáž, kde projdou další vizuální kontrolou. Tato kontrola se provádí z důvodu nalezení vad (zbytky malých špon, drobné rýhy na teflonové vrstvě atd.), které na povrchu od emulze a mastnoty nemusí být před praním viditelné. V případě nalezení vadného dílu, jej operátor odebere z koše. Z toho plyne možnost neúplného obsazení pozic v koši, při zásobení stanice.

Pro další návrh zásobování pístů v automatické stanici, je tedy vhodné využití stávajících košů. V případě jejich změny, by musely být výše uvedené operace upraveny, což by vedlo k navýšení celkových nákladů na automatizaci.

## 2.5 VYMEZENÍ CÍLŮ PRÁCE

Hlavní náplní diplomové práce je tedy návrh uspořádání hlavních uzlů automatizované stanice a způsoby materiálového toku uvnitř stanice. To zahrnuje návrh dopravy s R/A, a možnosti využití různých dopravních systémů. Další dopravní prostředek je spojen s C/B a D/A, které mají stejné vlastnosti a tudíž je možné využít stejného manipulačního prostředku. Je tedy třeba navrhnou možné varianty řešení dopravy, výběr nejlepšího řešení a rámcový konstrukční návrh daných dopravníků.

Hlavním uzlem celé automatické stanice je manipulátor respektive robot, který provádí většinu manipulačních operací a nahrazuje tak lidskou obsluhu. Ačkoli je v zadání určeno využití šestiosého robota, jsou dále zpracovány návrhy využívající jednoúčelového manipulátoru. Využitím jednoduchého manipulátoru lze dosáhnout stejné přesnosti a rychlosti manipulace jako s šestiosým robotem. Takovéto řešení je navíc levnější a snazší na údržbu. Výběr vhodného manipulátoru je tedy proveden na základě konstrukčních návrhů uspořádání stanice a zhodnocení kladů a záporů jednotlivých řešení.

Rámcově se tato práce také zabývá návrhem automatického zakládání shoe a pístů. Nedílnou součástí automatické výrobní linky je i logistika procesu a materiálový tok. Ve zjednodušené variantě je tedy zpracován návrh procesu a komunikace části stanice.



### 3 NÁVRH KONSTRUKČNÍHO ŘEŠENÍ

Vzhledem k navýšení výrobní kapacity se do budoucna počítá s rozšířením dané stanice. Z tohoto důvodu jsou návrhy uzpůsobeny již k dané myšlence, že vedle stávající stanice bude ještě jedna totožná, zrcadlově obrácená.

V takovém případě se nám teoreticky zdvojnásobí vstup respektive výstup materiálu do linky respektive z ní. Tato kapitola se věnuje návrhu uspořádání nové automatické stanice z hlediska využití různých možností manipulace. Dále jsou popsány všechny manipulační a dopravní prostředky, které jsou třeba pro správnou funkci stanice ve všech uvedených návrzích uspořádání.

Celá kapitola se věnuje popisu možného řešení uspořádání, návrhu konstrukce jednotlivých manipulačních a dopravních zařízení, která by mohla být využita v konečném konstrukčním řešení.

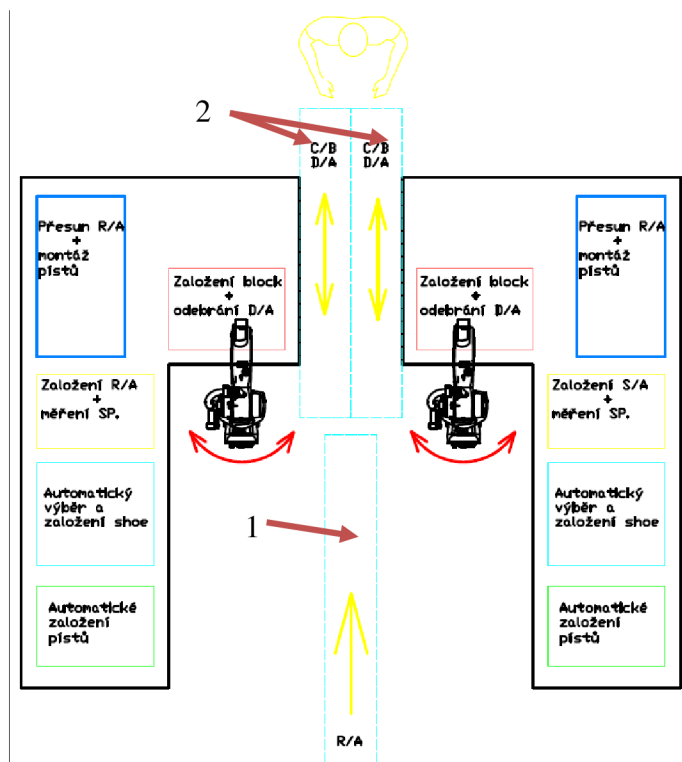
#### 3.1 NÁVRH USPOŘÁDÁNÍ STANICE

Na základě rešeršní části práce a zkušeností výrobních postupů ve společnosti Valeo, jsou navrženy následující možné druhy řešení a uspořádání dané stanice.

Při návrhu uspořádání je vždy postavení stanic stejné. Rozdílné jsou způsoby dopravy materiálu do linky a následně z ní a různé druhy manipulace s materiálem uvnitř stanice.

##### USPOŘÁDÁNÍ I.

První varianta uspořádání se skládá ze dvou šestiosých robotů, kteří obstarávají odebrání vstupního materiálu a zakládání do stroje. Po automatickém dopravníku na *pozici 1* je do stanice dopravována R/A. Robot odebere R/A, a založí ji do stroje. Odebrání provede ten z robotů, který bude v danou chvíli na řadě. Operátor na *pozici 2* vkládá na jednoúčelový dopravník C/B, který je poté opět odebrán jedním ze dvojice robotů a zároveň provádí operaci lisování ložiska do C/B. Zakládání pístů je řešeno jednoúčelovým manipulátorem. Po sestavení D/A, je sestava odebrána příslušným robotem a položena na jednoúčelový dopravník k operátorovy na *pozici 2*, který D/A odebere a nalepí na C/B Barcode.



Obr. 18 Návrh uspořádání I.

**Výhody:**

- Při poškození jednoho ze dvou robotů, je stále možný 50% výstup z linky,
- 2,5 operátora (2 operátoři vstup a výstup materiálu, 0,5 zásobovač (písty + shoe)).

**Nevýhody:**

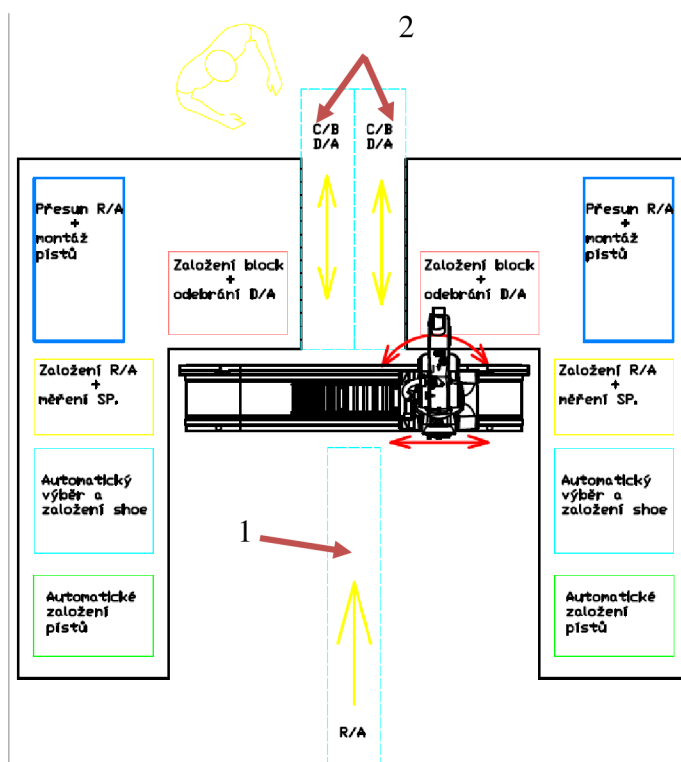
- Vyšší pořizovací cena,
- vyšší náklady na údržbu dvou robotů,
- nutnost tří dopravníků,
- při poruše je nutný specializovaný servis,
- nízká vytiženost jednotlivých robotů.

**USPOŘÁDÁNÍ II.**

U druhé varianty je využito jednoho šestiosého robota, avšak v kombinaci s lineární jednotkou dodávanou od výrobce robota. Tato jednotka umožní přesun robota z jedné strany stanice na druhou a zastane tak práci dvou robotů. Pohyb materiálu uvnitř linky je potom stejný jako u verze uspořádání I. Opět po automatickém dopravníku na *pozici 1* je dopravována R/A. Robot odebere R/A, a založí ji do stroje. Operátor na *pozici 2* vkládá na jednoúčelový dopravník C/B, který je poté odebrán robotem a zároveň tento operátor provádí operaci lisování ložiska do C/B. Zakládání pístů je řešeno jednoúčelovým manipulátorem. Po sestavení D/A, je sestava odebrána robotem a položena na jednoúčelový



dopravník k operátorovy na *pozici 2*, který D/A odebere a nalepí na C/B Barcode. Poté zakládá D/A na další operace.



Obr. 19 Návrh uspořádání II.

### Výhody:

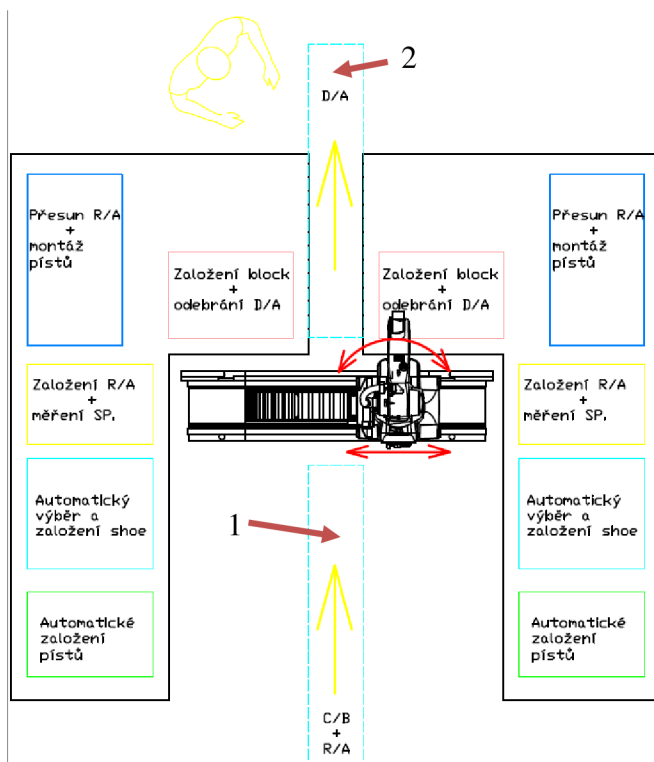
- Vyšší využití robota,
- menší prostoje,
- nižší cena oproti dvou šestiosým robotům,
- 2,5 operátora (2 operátoři vstup a výstup materiálu, 0,5 zásobovač (písty + shoe)).

### Nevýhody:

- Při jakékoli poruše je přerušena výroba,
- nutnost tří dopravníků,
- při poruše je nutný specializovaný servis.

### USPOŘÁDÁNÍ III.

Schéma rozložení třetí varianty uspořádání stanice je obdobné jako varianta uspořádání II. Hlavním rozdílem tohoto uspořádání je vstup C/B spolu s R/A usazené na skidu automatického dopravníku na *pozici 1*. Operátor na *pozici 2* pouze odebrává dokončené D/A, a následně na C/B lepí příslušné Barcodey. Poté zakládá D/A do dalších stanic.



Obr. 20 Návrh uspořádání III.

**Výhody:**

- Vyšší využití robota,
- menší prostoje,
- nižší cena oproti dvou šestiosým robotům,
- nutnost pouze dvou automatických dopravníků.

**Nevýhody:**

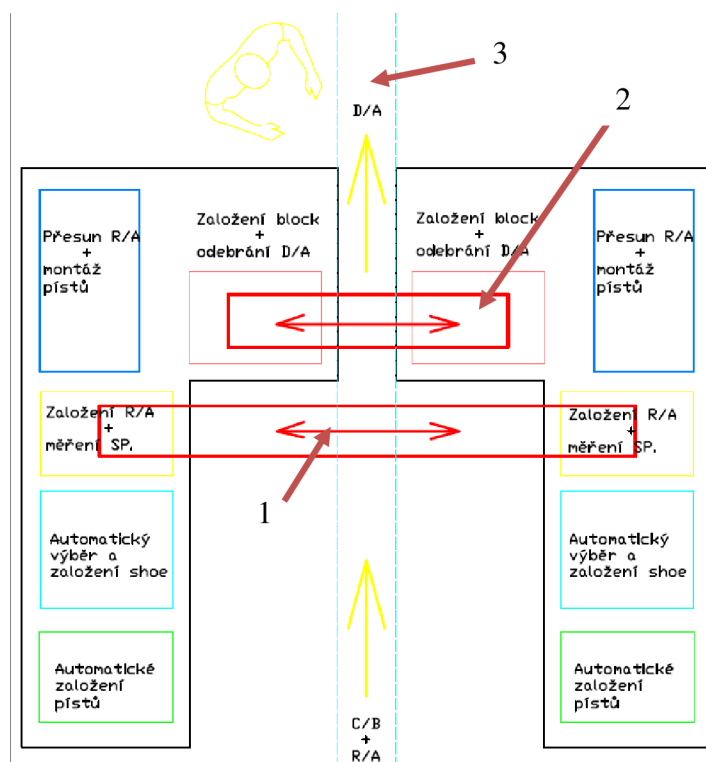
- Při jakékoli poruše je přerušena výroba,
- 3 operátoři (2,5 operátora vkládání materiálu do linky, 0,5 zásobovač- provádí operátor na *pozici 2*),
- při poruše je nutný specializovaný servis.

**USPOŘÁDÁNÍ IV.**

Čtvrté uspořádání je koncepčně naprosto odlišné od předchozích tří variant uspořádání. Hlavním znakem tohoto uspořádání je jeden průběžný automatický skidový dopravník, který prochází celou linkou. Na skid je na vstupu vložen R/A, a C/B. Odebírání těchto dílů je pak uskutečněno pomocí jednoduchých manipulátorů. Přičemž *manipulátor 1* provádí odebrání a založení R/A do příslušné ze dvou stanic. A *manipulátor 2* odebírá a zakládá C/B a následně odebírá D/A. Celek poté vrací zpět na skid. Ve chvíli, kdy D/A na skidu dojde



do koncové pozice je odebrána operátorem na *pozici 3*, který následně nalepí na C/B Barcode a založí sestavu do další stanice.



Obr. 21 Návrh uspořádání IV.

### Výhody:

- Nižší pořizovací cena oproti jednomu či dvou šestiosým robotům,
- pouze jeden průběžný dopravník pro všechny operace,
- snadná údržba bez nutnosti specializovaného servisu.

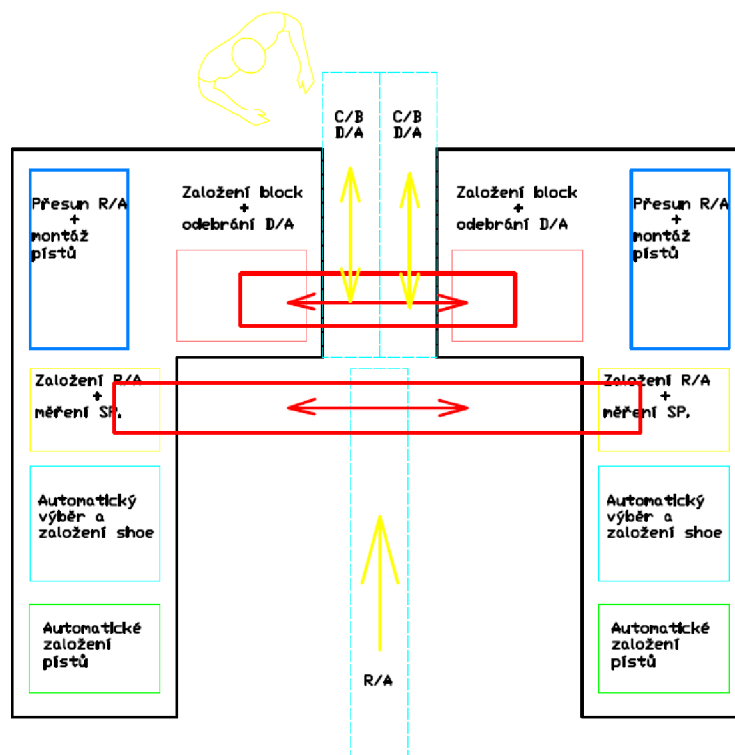
### Nevýhody:

- Při jakékoli poruše je přerušena výroba,
- 3 operátoři (2,5 operátora vkládání materiálu do linky, 0,5 zásobovač- provádí operátor na *pozici 3*).

### USPOŘÁDÁNÍ V.

Poslední z návrhů uspořádání je totožný s návrhy I. a II. avšak je zde použito dvou jednoúčelových manipulátorů stejně, jako je tomu u návrhu IV. Tato varianta uspořádání v sobě kombinuje všechny výhody předešlých návrhů. Materiálový tok je totožný jako u návrhů I. a II. Rozdílné je pouze odebrání vstupujících dílů do stanice, které je prováděno dvojicí jednoúčelových manipulátorů, jako je tomu u návrhu IV.





Obr. 22 Návrh uspořádání V.

#### Výhody:

- Menší prostoje,
- 2,5 operátora (2 operátoři vstup a výstup materiálu, 0,5 zásobovač (písty + shoe)),
- nižší pořizovací cena oproti jednomu či dvou šestiosým robotům,
- snadná údržba bez nutnosti specializovaného servisu.

#### Nevýhody:

- Při jakékoliv poruše je přerušena výroba,
- nutnost tří dopravníků.

### 3.2 DOPRAVNÍ A MANIPULAČNÍ SYSTÉMY

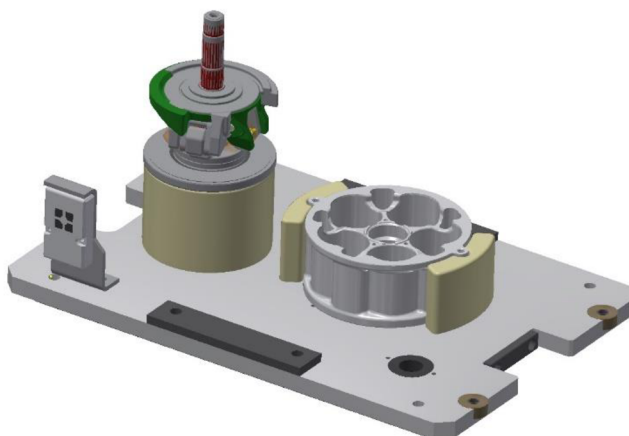
Při všech výše uvedených možnostech uspořádání je nutná větší či menší doprava a manipulace s materiálem. Jednotlivé druhy dopravních systémů, které jsou použity v jednotlivých návrzích, jsou rozebrány v této podkapitole. U všech pěti variant je jako vstupního systému využito automatického dopravníků různých typů a velikostí v závislosti na dopravovaném množství.



### 3.2.1 DOPRAVNÍKY

#### AUTOMATICKÝ SKIDOVÝ DOPRAVNÍK

Skidový dopravník je možné využít u varianty uspořádání III. a IV. U prvních dvou variant lze též využít, avšak s menším využitím. Tažným členem je válečkový řetěz, který je v nepřetržitém provozu. Zastavení skidu na jednotlivých pozicích je uskutečněno pomocí stoperu. Stoper je ovládaný pneumatickým pístem, který je ve své nulové pozici vysunutý a zastaví tak skid. Po ukončení operace je dán signál k uvolnění stoperu a přesunutí skidu na další pozici.



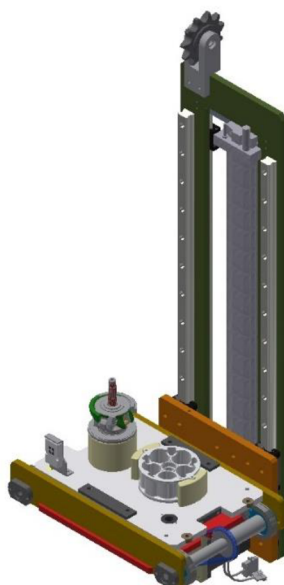
*Obr. 23 Skid pro dopravu R/A + C/B*

#### Výtah skidů

Aby bylo možné mít uzavřený okruh, je vhodným řešením použít na začátku a na konci dopravníku výtah. Ten dopraví skid z horní úrovně na úroveň spodní a vyše směrem zpět k začátku dopravníku, kde proběhne totožná operace, avšak z dolní úrovně do horní.

Aby bylo najíždění respektive vyjíždění skidů z výtahů plynulé a bez komplikací, je nosná deska výtahu vybavena servomotorem. Ten se spustí ve chvíli, kdy skid najíždí na výtahovou desku a na koncové poloze se opět vypne. Po přejetí do spodní úrovně se motor opět spustí v opačném směru, aby skid mohl výtah opustit. Pohyb mezi úrovněmi je uskutečňován automaticky a to využitím senzorů přítomnosti skidu.

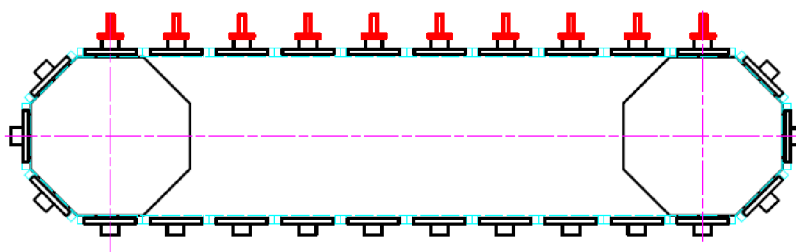
Vratná větev dopravníku může být poháněná či gravitační. Vzhledem k dopravované vzdálenosti je lepší možností využití gravitační válečkové trati. Takové řešení je mnohonásobně levnější a snazší na údržbu než poháněný dopravník.



*Obr. 24 Návrh výtahu skidů*

### **AUTOMATICKÝ MODULÁRNÍ DOPRAVNÍK**

Využitím modulárních dopravníků v kombinaci s krokovým motorem lze dosáhnout vhodné dopravy materiálu. Tento způsob je vhodný zejména pro varianty uspořádání I. a II. Využitím krokového motoru je dosaženo přesné pozice pro další odebírání kusů z dopravníku. Na *Obr. 25* je zobrazeno schéma možného využití a systém dopravy.



*Obr. 25 Schéma modulárního dopravníku*

### **JEDNOÚČELOVÝ DOPRAVNÍK C/B + D/A**

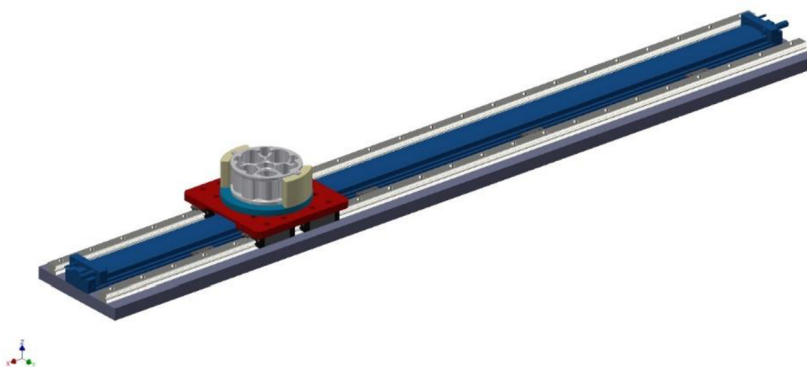
Vzhledem k dopravované vzdálenosti, která se pohybuje v rozmezí 1100 až 1400 mm je možné použít jednoduchých zakládacích desek. Doprava je vždy pouze do krajních poloh a je tedy snadné zaručit správnou koncovou polohu pomocí dorazů. Pohyb desek je zajišťován pomocí pneumatických bezpístnicových válců. Vedení není řešeno pomocí integrovaného vedení v pneumatických válcích avšak samostatným valivým vedením.

Důvodem využití samostatného vedení jsou zkušenosti ve společnosti Valeo. Při použití pneumatických válců s integrovaným vedením, dochází po krátké době k vydírání vedení



a tím ztrátě přesnosti či komplikacím při pohybu. Všechny tyto poruchy jsou způsobeny velkým počtem cyklů, které se za jednu směnu (na montáži 1 směna=11,5hod.) mohou pohybovat kolem 2500 cyklů.

Výhodou těchto dopravníků je jednoduchá konstrukce a s tím spojená snadná údržba a nízké výrobní náklady.



*Obr. 26 Jednoúčelový deskový dopravník C/B a D/A*

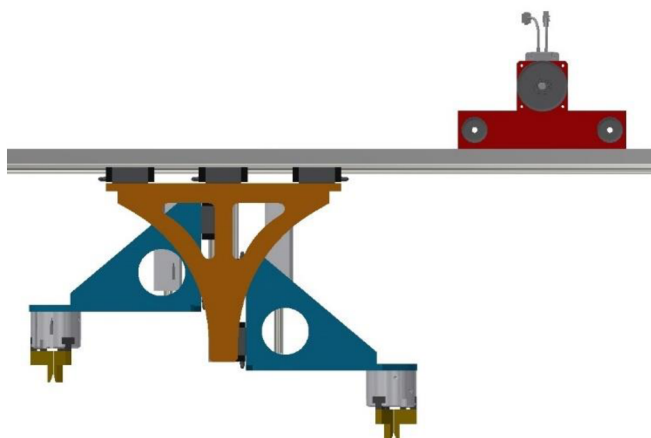
### 3.2.2 MANIPULÁTORY

Pro manipulaci s díly na automatické stanici je možné využít manipulace s materiálem pomocí jednoúčelových manipulátorů. Navzdory zadání, ve kterém je uvedeno využití šestiosého robota. Všechny druhy použitých manipulátorů jsou řešeny pomocí jednoduché konstrukce, která je svařovaná či šroubovaná.

Pohyby zajišťují vždy servopohony nebo pneumatické válce. Pokaždé v kombinaci s vhodným typem vedení, pro zaručení přesnosti uložení daného dílu do stroje.

#### MANIPULACE S R/A+C/B

Konstrukce manipulátorů, které zakládají R/A, C/B a odebírají D/A je téměř shodná. Rozdílné jsou pouze uchopovací hlavice. Tento typ manipulátoru je v obou případech podvěsný. Ukázkou takového manipulátoru pro R/A je zobrazen na *Obr. 27*. Pohyb zajišťují krokové motory, které přes ozubené řemeny přenáší pohyb na pojezdové rámy. Rám je zavěšen na dvojici lineárních vedeních od společnosti MISUMI se třemi jezdcí pro velké zatížení. Správnou pozici odebírání respektive zakládání zajišťují již zmíněné krokové motory. Na pojezdovém rámu je připevněno zdvihací respektive uchopovací zařízení, které nám umožní odebrání respektive založení dílu do stroje. Zdvihací a uchopovací zařízení je zde vždy dvakrát. Hlavním důvodem je omezený prostor v současné stanici.



Obr. 27 Ukázka jednoúčelového manipulátoru s R/A

### MANIPULACE S PÍSTY

Stejně jako v předchozím případě i pro manipulaci s písty je možné využít jednoduchého manipulátoru či robota. Vzhledem k vhodnosti využití stávajících košů, je lepší variantou použití robota oproti jednoduchému manipulátoru. V případě použití manipulátoru, by musely být přepracovány zásobovací koše a další pracoviště, které s nimi pracují.

### 3.2.3 VÝBĚR SHOE

Shoe jsou ke stanici dopravovány zásobovači v již rozsortovaných krabičkách označené daným rozměrem. Je tedy možné využít 10 zásobníků pro dané rozměry shoe. Shoe se musí zakládat vždy správným směrem, aby nedošlo k zaseknutí a tím zastavení stroje.

### VIBRAČNÍ PLNĚNÍ

Princip gravitačního plnění je založen na vložení obsahu krabičky dané velikosti do kuželového zásobníku, ze kterého ve spodní části mohou shoe vstupovat do stroje avšak v různé orientaci. Posun shoe po zásobníku je umocněn drobnými vibracemi zásobníku. Každý z deseti zásobníků je uložen na silentblocích, které zamezují přenášení vibrací dále do stroje. Pro vibrace je použito jednoho budiče pro všechny zásobníky, které jsou vzájemně spojeny. Správný směr založení shoe je pak zajištěn kontrolním mechanismem.

Dalším možným řešením je použití standartního kruhového vibračního zásobníku, který je k dostání od velkého množství výrobců a v různých provedení. V takovém případě by bylo možné vkládat do stroje pouze množství neroztříděných shoe. Ty by následně po vystoupení ze zásobníku ve správném směru byly změřeny a automaticky vloženy do zásobníku pro daný rozměr shoe. Bylo by tak možné ušetřit finance, které se musí zaplatit dodavateli, který shoe sortuje.



Nevýhodou použití standartního kruhového zásobníku je složitý mechanismus následného vkládání shoe do příslušných zásobníků nejen z důvodu prostorového limitu. Také je zde vliv opotřebení nebo poškození shoe z důvodu neustálých vibrací a držení kontaminace v zásobníku. Mezi další nevýhody patří, že statisticky jsou nejvíce využívány shoe v rozměrech 4-7 (platí zde klasické Gaussovo rozdělení) a z tohoto důvodu by nemusela být zaručena 100% dodávka potřebné velikosti shoe. Oproti tomu by mohl být přeplněn zásobník s ostatními velikostmi.

### PLNĚNÍ POMOCÍ VYNAŠEČE SHOE

Výběr shoe je opět řešen pomocí deseti zásobníků, pro každé z jedné velikosti shoe. Princip funkce je znázorněn na *Obr. 28*. Vzhledem k tomu, že shoe **musí** být založeno správným směrem, plní design vynášecího mechanismu zároveň funkci pro nasměrování shoe. Celý mechanismus pracuje s daným tvarem shoe a s tím, že není možné nabrat shoe v obráceném směru. Pokud by se shoe začalo zvedat v nesprávném směru, vypadlo by zpět do zásobníku.



*Obr. 28 Princip zdvihání shoe*

### 3.3 SIMULACE VÝROBNÍHO PROCESU

Cílem této kapitoly je na základě počítačových simulací určit nejvhodnější variantu uspořádání automatické stanice. Simulace toku materiálu je zpracována v programu Plant Simulation 12. Všechny modely jsou zjednodušeny vzhledem k využití omezené studentské verze softwaru.

Plant Simulation slouží k simulaci logistiky a pohybu materiálu, umožňuje analyzovat a vizualizovat výrobní kapacitu a výkonnost pomocí simulace diskrétních událostí. Tímto způsobem je možné rychle identifikovat kritická místa výroby, zkoumat pohyb materiálu a zobrazit využití prostředků v čase u několika variant procesu najednou. [15]

Simulace může být chápána jako napodobení operací nebo systému reálného světa v toku času. S její pomocí se generuje virtuální historie simulovaného systému. Ta pak vykresluje



události, které by se uskutečnily v reálném systému. Samotné řešení je založeno na jednoduchém principu. Pomocí specializovaného simulačního nástroje se vytvoří počítačový model, který se bude chovat stejně jako realita. Na tomto počítačovém modelu se dělají pokusy, které odpovídají na otázky typu: „Co se stane, když...?“ Je tak možné předem otestovat následující změny:

- Přidáme zásobník mezi stroje,
- přidáme paralelní stroj v lince,
- změníme logiku řízení výroby. [16]

### 3.3.1 MODEL Y VARIANT USPOŘÁDÁNÍ STANICE

V první fázi před samotným modelováním jednotlivých uspořádání dochází k zaměření na zhodnocení všech variant z hlediska užitečného využití a technických možností.

Již na počátku této fáze jsou z výběru vyřazeny varianty uspořádání číslo IV. a V. Důvod vyřazení těchto dvou řešení je využití právě jednoúčelových manipulátorů namísto šestiosých robotů. Použitím manipulátorů, by muselo dojít k úpravě stávající stanice ve větším rozsahu než je akceptovatelné. Další vyřazenou variantou je uspořádání číslo III. V tomto uspořádání je již využito šestiosého robota, avšak jako vstupního dopravníku by muselo být využito skidů pro dopravu R/A, a C/B. Stanice „*lisování ložiska do C/B*“ by tak musela být umístěna vedle stanic pro nastavení minimum stroke, kde by bylo složité navrhnout vhodné uspořádání těchto stanic. Dalším záporem je nutnost výtahů skidů, přičemž by se neúměrně zvětšila délka dopravníku.

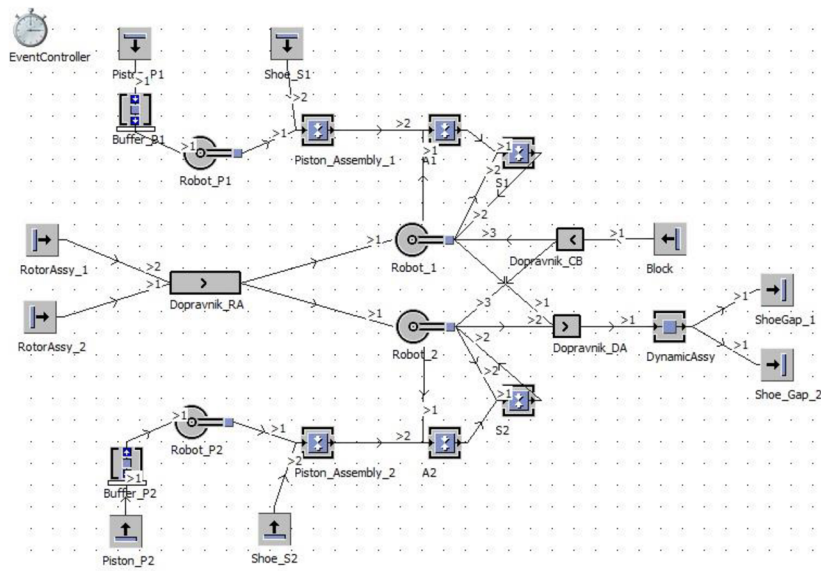
Pro další modelování a určení nejvhodnějšího uspořádání stanic je tedy vybíráno z možností číslo I. a II. Tyto návrhy se od sebe liší pouze ve využití množství šestiosých robotů. Simulace výroby jsou v obou případech nasimulovány na dobu jedné směny, tedy po dobu 11:30 hod.

Již při modelování a postupném zkoušení simulace výroby, bylo zjištěno, že pro správný takt celé stanice je nutné použití dvou stanic „*nastavení minimum stroke R/A*“. V případě užití pouze jedné této stanice je zásobování stanice nedostatečné. Dokonce i při použití dvou stanic nedochází k plnému využití modulárního dopravníku R/A. Další stanicí související s výrobou je „*kontrola shoe gap*“, která je zapotřebí nejméně třikrát. Pro maximální využití celé stanice by tak musely být použity nejméně tři stanice „*nastavení minimum stroke R/A*“. K tomu nejméně dvě stanice „*lisování ložiska do C/B*“ a již zjištěné tři stanice „*kontrola shoe gap*“. Bylo by tak možné dosáhnout vyšší produkce, ale také by to vedlo k navýšení počtu operátorů, nutných pro obsluhu jednotlivých strojů. Z těchto důvodů jsou v simulaci použity dvě stanice pro „*nastavení minimum stroke R/A*“, jedna stanice pro „*lisování ložiska do C/B*“ a dvě stanice „*kontrola shoe gap*“.



### Model a simulace uspořádání I.

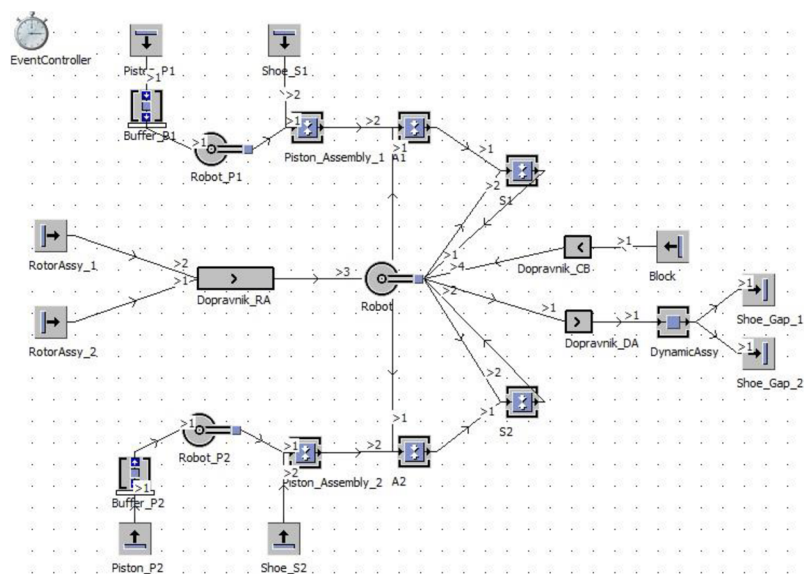
Model uspořádání I. je vyobrazen na *Obr. 29*, jak již z uspořádání vyplývá, je zde použito dvou šestiosých robotů.



*Obr. 29 Model simulace uspořádání I.*

### Model a simulace uspořádání II.

Model uspořádání II. je vyobrazen na *Obr. 30*, kde je využito pouze jednoho šestiosého robota. Z důvodu jednodušší simulace, zde není robot umístěn na lineární jednotce. Toto zjednodušení je kompenzováno nastavením delšího času přesunutí materiálu z jednotlivých pozic do druhých.



*Obr. 30 Model simulace uspořádání II.*

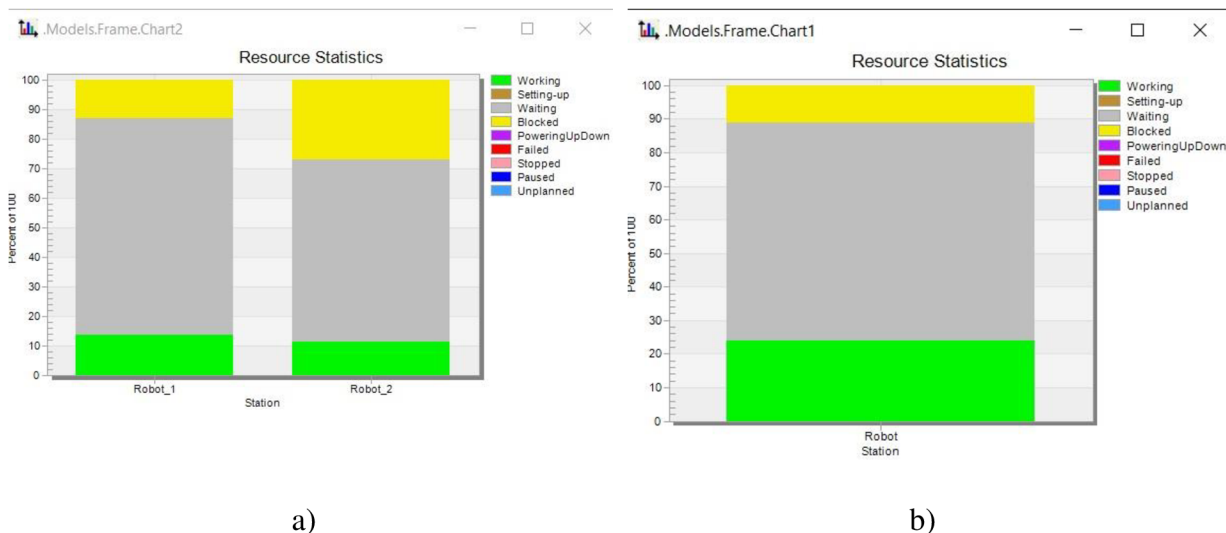




### 3.3.2 VYHODNOCENÍ SIMULACE VÝROBY

Při vyhodnocování simulace se zaměřuji především na množství vyrobených kusů D/A, a na vytížení robotů. Při simulaci je použito počítadlo kusů, které projdou přes stanici DynamicAssy, která následně distribuuje D/A na jednotlivé stanice Shoe\_Gap. Tato stanice má nastavený čas cyklu 0 [s] a nezasahuje proto do chodu stanice, pouze počítá průchozí kusy.

*Obr. 31* vyobrazuje přibližné vytížení robotů při provozu stanice. Je viditelné, že při uspořádání I. *Obr. 31a)* nedosahuje vytížení robotů hodnotu vyšší než 15%. Žlutá barva dále ukazuje hodnotu, kdy je robot blokován, např. není volná pozice pro založení nového dílu. Tyto hodnoty se pohybují mezi 10 až 30 %. Šedá barva v grafu udává dobu, kdy robot musí čekat např. na hotový díl. Ze simulace vyplývá, že čas potřebný pro výrobu jednoho kusu je přibližně 18,3 [s]. Dále *Obr. 31b)* zobrazuje statistiku při uspořádání II. U této varianty dosahujeme využití robota mezi 25 až 30% a hodnota, kdy je robot blokován se pohybuje okolo 10%. Z této simulace vyšel přibližný čas na výrobu jednoho kusu 18,5 [s].



*Obr. 31* Přibližné vytížení robota: a)varianta I., b)varianta II.



## 4 VÝSLEDNÉ KONSTRUKČNÍ ŘEŠENÍ

Na základě možností uspořádání I. až V. jsou v kapitole 3.3 *Simulace výrobního procesu* popsány jednotlivé varianty a zdůvodnění vyloučení některých z nich. Dále jsou zobrazeny modely a simulace toku materiálu u variant, mezi kterými se pro danou automatizaci rozhoduje. V závislosti na výsledcích je zvolena možnost uspořádání číslo II. V této kapitole je dále věnována důkladnému popisu jednotlivých dopravních a manipulačních zařízení, které jsou potřebné pro přepravu respektive manipulaci s částmi kompresoru. V následujících podkapitolách je vždy popsáno, z jakých důvodů je daný druh manipulace vybrán a popis výsledného konstrukčního řešení použitého na automatické stanici.

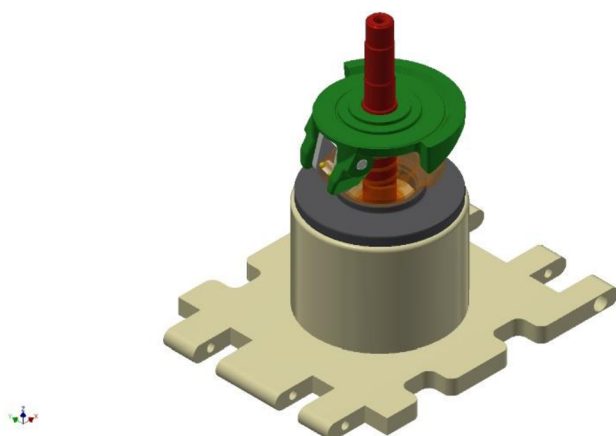
### 4.1 AUTOMATICKÉ DOPRAVNÍKY

Vzhledem k rozložení celé linky a rozdílným částem kompresoru jsou zde použity dva druhy dopravníků. Oba typy jsou navrženy pro velkosériovou výrobu s ohledem na ergonomii, která je popsána v příloze P3.

#### 4.1.1 DOPRAVNÍK R/A

Pro dopravu R/A je zvolena možnost použití modulárního dopravníku. Vyniká jednoduchou konstrukcí a snadným řízením. Není zde potřeba žádných výtahů, které by přemísťovaly skidy mezi jednotlivými úrovněmi, nutnost řešení zpětného pohonu skidů, pozicování atd.

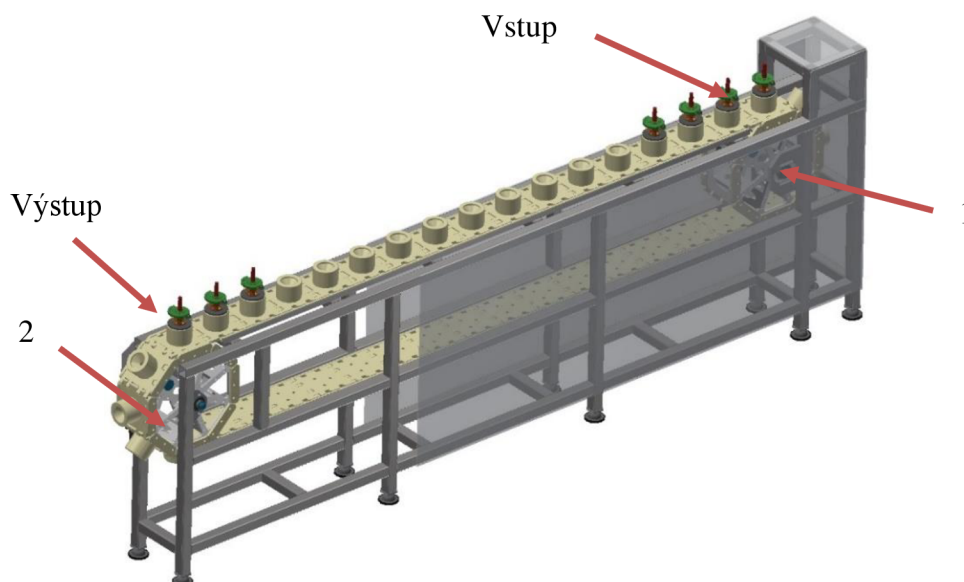
Modulární dopravník tvoří, jak již z názvu napovídá moduly viz. *Obr. 32*. Modul dopravníku je vyroben z POMU. Jedná se o lehký, avšak pevný materiál z umělé hmoty, který se dobře obrábí. Jednotlivé moduly jsou spojeny pomocí čepu, který je navržen tak, aby spoj mezi moduly nespíral a tím neztěžoval jejich ohyb okolo kol.



*Obr. 32 Modul dopravníku R/A*



Rám dopravníku je řešen jako svařenec z tyčí čtvercového respektive obdélníkového profilu v rozměrech 40x40x3 respektive 50x30x3. Délka celého dopravníku je 3850 [mm]. Moduly jsou děleny po 156 [mm]. Jeden modul má hmotnost 463 [g]. Celý dopravník tak najednou pojme 16 kusů. Slouží tak i jako zásobník pro R/A ve chvílích, kdy je provoz automatické stanice omezen nebo zastaven. Výsledný design dopravníku je znázorněn na *Obr. 33*. Pozice odebrání je zaručena přesným krokem, který zajišťuje servomotor se zabudovanou brzdou.



*Obr. 33* Modulární dopravník R/A

Princip provozu je následující. Zakládání R/A na dopravník provádí operátor, který pracuje na stanici *minimum stroke*. Posun modulů dopravníku je v tomto případě velice pomalé a tak není možnost, aby došlo k poranění operátora při otáčení dopravníku. Optickými senzory je detekována přítomnost R/A na první pozici začátku a třech pozicích na konci dopravníku. Ve chvíli, kdy je odebráno R/A z dopravníku na poslední pozici, posune se vše o jeden krok. Pokud by ve chvíli odebrání byla i druhá respektive třetí pozice volná, posune se vše rovnou o dva kroky. Tento systém má na mysli to, že se zásobování R/A od předcházející stanice může opozdit či přerušit a mohlo by tak dojít k nedostatku materiálu a omezení výroby na automatické stanici. Jde také o úsporu času a nižší opotřebení použitých komponent, kdy by se musel dopravník zastavovat vždy po každém kroku.

### VÝPOČET SERVMOTORU

V této části je proveden výpočet minimálního výkonu a točivého momentu pro správný provoz modulárního dopravníku. Servomotor pohání přes kuželovou převodovku kolo č. 2. Převodovka má převodový poměr  $i=2$  a účinnost  $\eta_{pr}=0,98$ . Při výpočtu uvažují ztráty v uložení jako účinnost s hodnotou  $\eta_{ul}=0,99$ . Materiál modulu je POM, který je veden v uložení rovněž z POMU. Součinitel statického tření kombinace POM/POM je přibližně totožná, jako v případě kombinace silon/silon a má tedy hodnotu  $f_{ss}=0,2$  [14].



### Odpor od tření mezi moduly a dopravníkem

$$F_{om} = 16 \cdot (2 \cdot m_m + m_{R/A}) \cdot f_{ss} \quad (1)$$

$$F_{om} = 16 \cdot (2 \cdot 0,46 \text{ kg} + 0,805 \text{ kg}) \cdot 0,2$$

$$F_{om} = 5,52 \text{ N}$$

kde:  $m_m$  – hmotnost jednoho modulu [kg]

$m_{R/A}$  – hmotnost R/A [kg]

$f_{ss}$  – součinitel smykového tření silon/silon [-]

### Moment setrvačnosti jednoho kola

$$J_{omset} = \frac{1}{2} \cdot m_k \cdot R_k^2 \quad (2)$$

$$J_{omset} = \frac{1}{2} \cdot 6,59 \text{ kg} \cdot 0,19^2 \text{ m}$$

$$J_{omset} = 0,12 \text{ kg} \cdot \text{m}^2$$

kde:  $m_k$  – hmotnost jednoho kola modulárního dopravníku [kg]

$R_k$  – poloměr kola modulárního dopravníku [m]

### Minimální moment servomotoru

$$M_{mot} = \frac{1}{2 \cdot \eta_{př}} \cdot \left( \frac{2 \cdot J_{omset} \cdot \varepsilon_{kr}}{\eta_{ul}} + F_{om} \cdot R_k \right) \quad (3)$$

$$M_{mot} = \frac{1}{2 \cdot 0,98} \cdot \left( \frac{2 \cdot 0,12 \text{ kg} \cdot \text{m}^2 \cdot 3 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}}{0,99} + 5,52 \text{ N} \cdot 0,19 \text{ m} \right)$$

$$M_{mot} = 0,91 \text{ N} \cdot \text{m}$$

kde:  $\eta_{př}$  – účinnost kuželové převodovky [-]

$\eta_{ul}$  – účinnost uložení kola [-]

$\varepsilon_{kr}$  – úhlové zrychlení jednoho kroku [ $\text{s}^{-2}$ ]

Po konzultaci s prodejcem servopohonů a převodovek je zvolen servomotor AKM24D-ACD2CA-00 se zabudovanou brzdou. Jmenovitý brzdový moment má hodnotu 1,42 [Nm]. Výkon servomotoru je 0,54 [kW] a jmenovitý krouticí moment je roven 1,29 [Nm]. Přičemž maximální špičkový krouticí moment může dosáhnout hodnoty 4,76 [Nm]. Servomotor



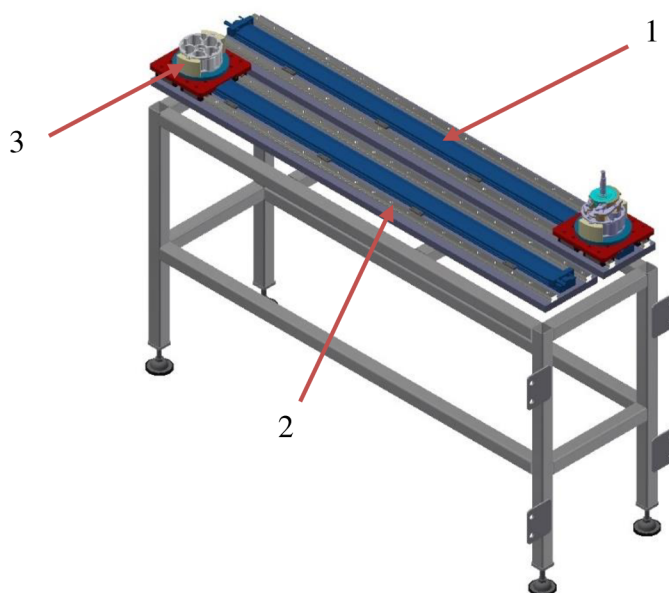
je použit v kombinaci s kuželovou převodovkou pro přerušovaný provoz s označením ATB065-FL1-002-S2. Převodovka má převodový poměr  $i=2$ . Z těchto hodnot je zřejmé, že vybraný pohon zcela postačuje vypočtenému zatížení.

#### 4.1.2 DOPRAVNÍK C/B + D/A

Dopravu C/B a D/A zajišťují dva totožné deskové dopravníky. Stejný typ dopravníku, který plní obdobnou funkci, je použit v naší společnosti, a tudíž je tento systém osvědčen.

Rám je opět řešen jako svařenec z tyčí čtvercového profilu v rozměrech 40x40x3. V tomto případě je však využito umístění mezi stanicemi a rám je připevněn ke stanicím, aby byla zaručena stálost jeho polohy.

Dopravovaná délka je vzhledem k rozměrům stanice 1200 [mm]. Na *Obr. 34* můžeme vidět jednotlivé části dopravníku. Pohyb zajišťuje vždy jeden bezpístnicový válec s mechanickým přenosem síly od společnosti SMC *pozice 1* s označením MY3B20-1200H-M9N. Dále je použito lineární valivé vedení se dvěma jezdcí od společnosti MISUMI *pozice 2* pro vysoké zatížení s označením SX2R-33-1360. Tyto vedení jsou použity u každého z dopravníků dvakrát. Ačkoli by jedno vedení dokonce i s jedním jezdcem vyhovělo silovému namáhání, je zde z důvodu velké opakovatelnosti použita předdimenzovaná varianta. Pro snadné zakládání C/B je na desce připevněno silonové navádění *pozice 3*. Ustavení C/B do správné polohy zajišťují dva montážní piny. Ty vzhledem k asymetrickému uložení zabráňují založení nesprávným směrem.



*Obr. 34 Dopravník C/B+D/A*

Cyklus začíná, když operátor založí C/B na desku dopravníku 1 (na pravé straně). Detekce založení rozpozná přítomnost C/B a přesune desku do stroje. Následně je C/B odebrán



robotem a založen do příslušné stanice. Operátor opět založí C/B avšak na dopravník 2 (na levé straně). Deska dopravníku se automaticky přesune do stroje. Na dopravník 1 je zpět založena sestava D/A, a odeslána zpět k operátorovy. Ten odebere D/A, opět založí C/B a celý cyklus se opakuje. Přítomnost C/B na pozici u operátora je detekována optickými senzory. Stejně je tomu i na pozici ve stanici, kde je zpětné odeslání D/A automatické právě na základě detekce přítomnosti sestavy. Koncové polohy jsou zajištěny pomocí dorazů v kombinaci s oboustrannými hydraulickými tlumiči nárazů pro snížení rázů a tím možného poškození celé sestavy. Vždy po odebrání D/A z dopravníku přilepí operátor na stranu C/B Barcode a založí D/A do stanice měření shoe gap. Jak je již zmíněno, dopravník pracuje automaticky a komunikuje se zbytkem stanice pomocí harting konektoru. Jedná se o průmyslový konektor umožňující snadné a rychlé odpojení nebo připojení celého dopravníku. Bezpečnostní prvky použité na tomto dopravníku jsou popsány v kapitole 4.6 *Bezpečnostní prvky a zabezpečení stanice*.

## 4.2 VÝBĚR VHODNÉHO ROBOTY

Na dnešním trhu je velké množství výrobců robotů. Výběr vhodných robotů pro automatickou je zúžena na tři výrobce. Jsou jimi KUKA Robotics, FANUC a ABB Robotika. Mezi hlavní kritéria výběru patří zejména pořizovací cena potřebných robotů. Dalším hlediskem je porovnání doby mezi pravidelným servisem atd. Toto porovnání je uvedeno v *Tab. 6*.

*Tab. 6 Porovnání výrobců robotů [17]*

Výrobce	Servis 24/7	Náhradní díly v ČR	Preventivní údržba
KUKA	ANO	ANO	10 000 hod - 20 000 hod
FANUC	ANO	ANO	4 600 hod
ABB	ANO	ANO	1x/rok

Z důvodu obchodních podmínek, není společnost Valeo oprávněna zveřejňovat přesné ceny za jednotlivé roboty a jejich příslušenství. Z tohoto důvodu jsou v následující *Tab. 7* uvedeny pouze celkové předběžné ceny na pořízení daných robotů včetně potřebného příslušenství. Všechny ceny jsou uvedeny v eurech.

*Tab. 7 Porovnání přibližné ceny robotů podle výrobce*

Výrobce	Hlavní robot	Robot písty (2x)	Lineární jednotka	Řízení	Celkem [€]
KUKA	xxx	xxx	xxx	xxx	70 000
FANUC	xxx	xxx	xxx	xxx	91 000
ABB	xxx	xxx	xxx	xxx	82 000

Na základě výše uvedených údajů a hodnot jsou pro automatizaci zvoleny roboty od společnosti KUKA Robotics.



### 4.3 ZAKLÁDÁNÍ PÍSTŮ

U všech výše zmíněných variant uspořádání je vždy využito zakládání pístů pomocí samostatného robota. Důvodem je umístění vstupu pístů do stroje a s tím spojené problémy se vzdáleností od hlavního robota.

Pro manipulaci a zakládání pístu do stroje navrhuji využití samostatného šestiosého robota. Použití robota je opodstatněno použitím stávajících košů, pro dopravu pístů do stanice. Při použití jiného druhu manipulátoru by bylo nutné provést návrh a následnou výměnu všech košů, ve kterých jsou písty přepravovány. To by vedlo k dalším problémům u předcházejících stanic pracujících s nynějšími koši. Výroba nových a přesných košů a úprava okolních stanic by navíc znamenala navýšení ceny při realizaci. S tím je spojený i komplikovanější zkušební provoz a odladění případných nedostatků.

Koš je vyroben svařováním nerezové tyče průměru 4 [mm]. Celé koše s písty procházejí před zásobením stanice vizuální kontrolou a je tedy možné, že některé kusy jsou vyřazeny. To má za následek, že některé koše nemají plné obsazení pozic. Odhalení prázdné pozice v koši je možné využitím kamerové detekce, která vždy po uložení nového koše provede ofocení a vyhodnocení obsazenosti pozic. Snadnější a mnohonásobně levnější variantou je použití senzoru sevření čelistí pro uchopení pístů. Princip je takový, že robot odebírá písty vždy ve stanoveném pořadí, viz *Obr. 35*. Ve chvíli, kdy chce uchopit píst na pozici, kde není, dojde k většímu sevření čelistí než při standardní situaci. PLC systém jej vyhodnotí a robot pokračuje na další pozici odebírání. Tento systém je zřejmě pomalejší než varianta využívající kamerovou detekci. V tomto případě však není třeba šetřit čas v takové míře jako ve zbytku stanice. A to z důvodu, že zakládání pístů je prováděno souběžně s ostatními operacemi.



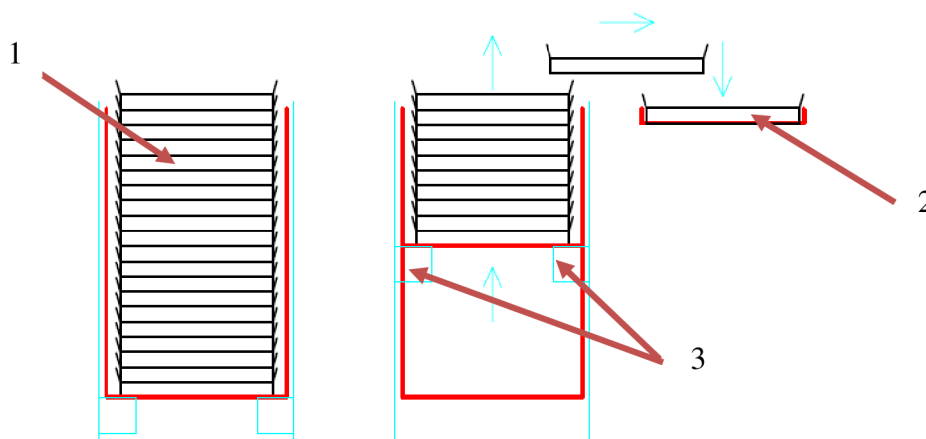
*Obr. 35* Systém odebírání pístů z koše

Koš je dále možno stohovat, tato skutečnost je využita u zásobování stanice. V každém koši je možné přemísťovat maximálně 32 pístů. Vzhledem k výrobním kapacitám automatické stanice je teoretická spotřeba 420 pístů za jednu hodinu provozu. Ze spotřeby tedy vyplývá



minimální počet 14 košů na hodinu provozu. Zásobník zakladače pístů je tedy konstruován na kapacitu 20 košů. Větší zásoba košů zaručuje dostatečné množství pístů i v případech, kdy nejsou koše plně obsazeny, nebo se opozdí zásobování. Při každém zásobování je doplněn maximální počet košů do zásobníku.

Schéma principu funkce zásobníku je zobrazena na *Obr. 36*. Začátek procesu je vždy při plné kapacitě zásobníku *pozice 1*. Robot postupně odebere všechny písty z koše. Následně uchopí samotný koš a přesune jej na zpětný skluz *pozice 2* k zásobovači, který koš odebere. Celý stoh košů se následně posune pomocí dvou elektrických šroubových aktuátorů *pozice 3* se servomotorem od společnosti SMC s označením LEFS32RS3A-1000B-S2A1H. Každý z aktuátorů může být zatížen maximálně 45[kg]. Zakládací deska, na které jsou koše uloženy je současně vedena pomocí čtyř lineárních vedení od společnosti MISUMI. Tato kombinace snižuje zatížení působící na jezdec aktuátoru, který je tak zatížen pouze ve své ose.



*Obr. 36 Schéma principu zásobníku pístů*

#### 4.4 AUTOMATICKÝ VÝBĚR SHOE

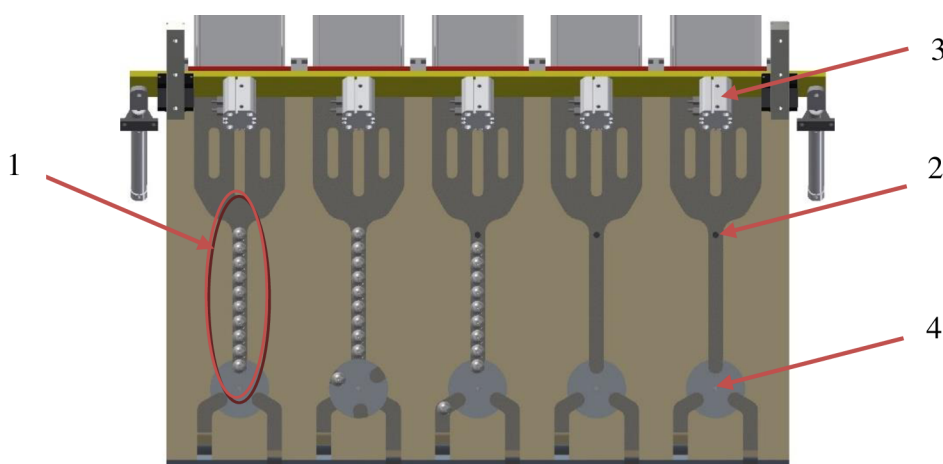
Vzhledem k navrhovaným možnostem vkládání shoe do stroje popsaných v kapitole 3.2.3 *Výběr shoe* je nejjednodušší možností vkládání pomocí vynašeče shoe. Nevýhody druhé možnosti a to využití kruhového vibračního zásobníku jsou již popsány v téže kapitole. V této podkapitole se tedy zabývám popisem principu stroje a celkového flow shoe strojem.

Nejprve je popsáno konstrukční řešení stroje včetně použitých prvků. Hlavní částí je tedy vynašecí zařízení, které je umístěno v každém z deseti zásobníků. Každý z vynašečů horní řady zásobníků je připevněn k hlavnímu zdvihajícímu rámu pomocí miniaturního pneumatického válce od společnosti SMC. Zdvih rámu zajišťují dva pneumatické válce taktěž od společnosti SMC. Celý zdvihací rám je uložen na lineárním vedení od společnosti MISUMI. Vynášení u spodní řady zásobníků zajišťuje vždy jeden pneumatický válec pro jeden zásobník. Z důvodu nedostatku místa, zde nelze využít stejného řešení jako v horní





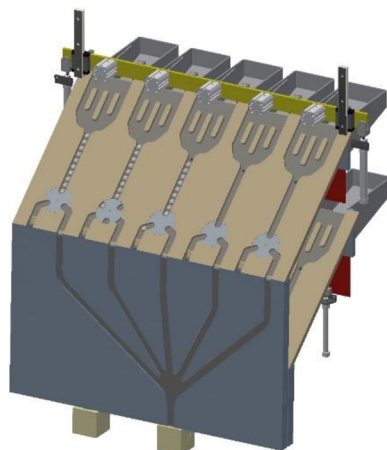
řadě zásobníků. Pro zajištění dostatečného množství shoe je zde přidán další zásobník *Obr. 37 pozice 1* pro každou velikost shoe. Proti přeplnění druhého zásobníku je použit indukční senzor *pozice 2*. Senzor je umístěn v určité výšce. Při naplnění zásobníku dojde k překrytí snímače a tím vyslání signálu k odpojení daného vynášecího rámu miniaturním válcem. Odpojení je řešeno pomocí miniaturního pneumatického válce *pozice 3* či odpojením samostatného válce ve spodní řadě. Posledním prvkem v systému je určení místa vložení shoe. Jak je již popsáno výše, shoe se zakládá do pravé respektive levé strany a tím je umístěno na horní respektive spodní stranu pístu. Místo vložení je tedy určeno pomocí otočného prvku *pozice 4*. V prvku jsou vyfrézované tři komory vždy po 120°. Natáčení otočného prvku zajišťuje vždy jeden miniaturní krokový motor.



*Obr. 37 Schéma zásobníku shoe*

Pro celkovou představu jak celý stroj pracuje, je popsána cesta, kterou shoe projde. Prvním úkonem je naplnění příslušného zásobníku shoe zásobovačem. Poté je uvedeno do provozu vynášecí zařízení v každém ze zásobníků. Při každém zdvihů může být „nabráno“ více či žádné shoe. Ve chvíli, kdy je některý z druhých zásobníků plný, dojde k odpojení daného vynášecího zařízení. Stane se tak pomocí indukčního snímače popsaného výše. Aby nedocházelo k odpojování vždy, když shoe přes senzor pouze přejede, musí dojít k překrytí snímače po dobu minimálně 2 [s]. Nyní je shoe pomocí otočného prvku na *pozici 2* vloženo vpravo respektive vlevo. Při otáčení zabraňuje plný materiál prvku nabrání dalšího shoe. Shoe je tak dopraveno na příslušnou pozici a vše se opakuje. V jednu chvíli mohou být zakládány pouze dvě shoe a to pouze v případě, kdy se jedná o jiné velikosti, přičemž jedna je vložena vpravo a druhá vlevo. V případě, kdy jsou pro daný píst vybrány stejné velikosti shoe vpravo i vlevo, dojde nejprve k vložení vpravo a následně vlevo.

Shoe těsně před vložení do stroje prochází ještě kontrolním prvkem, který kontroluje správnost natočení shoe. V případě, že je shoe zakládáno v obráceném směru automaticky se otočí. Na *Obr. 38* je ukázána celá sestava daného stroje pro zakládání shoe.

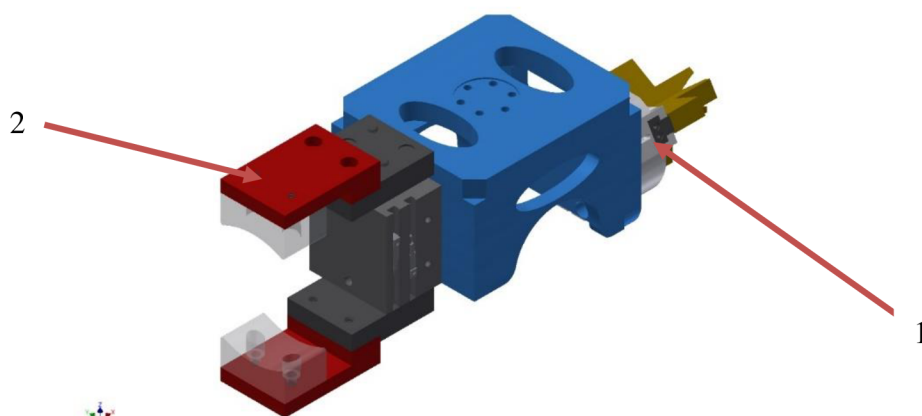


Obr. 38 Sestava pro zakládání shoe

#### 4.5 ÚCHOPOVÁ HLAVICE ROBOTA

Zakládání je řešeno pomocí šestiosého robota s lineární jednotkou, pro umožnění práce na obou montážních stanicích. Pro správné uchopení dílů je třeba speciální úchopová hlavice, která je univerzální v případě změny designu manipulovaných dílů.

Pro uchopení R/A je použito standartní třibodové chapadlo od společnosti FESTO s označením HGDT-25-A-F na Obr. 39 pozice 1. Hlavice je schopna uchopit R/A silou 444 [N] při tlaku 6 [bar]. Zároveň je maximální přípustná síla v ose chapadla 350 [N]. Tyto hodnoty z celá vyhovují zatížení, které vyvolá manipulace s R/A. Celá hlavice se speciálními čelistmi váží 425 [g]. Tento typ chapadla je použit i u nynější montážní stanice s operátorem. Níže je proveden výpočet, který potvrzuje dostatečnou sílu sevření při manipulaci.



Obr. 39 Hlava robota

Manipulaci s C/B a D/A zajišťuje paralelní úchopová hlavice od společnosti SMC s označením MHL2-25D-M9N zobrazena na Obr. 39 pozice 2. Na stranách hlavice jsou dále připevněny bočnice, ke kterým jsou připevněny gumové bloky, které jsou v přímém kontaktu



s C/B. Gumové bloky jsou vyrobeny s rádiusem, který odpovídá velikosti C/B. Důvodem použití hlavice od jiného výrobce je, že daný typ máme použitý na jiné stanici ve výrobním provozu. To znamená menší množství náhradních dílů ve skladu pro případné poruchy a nutnou výměnu. Níže je opět proveden kontrolní výpočet, zda je síla sevření dostatečná při zrychlení respektive zpomalení dopravovaného materiálu.

### VÝPOČET

V tomto výpočtu je provedena kontrola, zda zvolené uchopovací hlavice od jednotlivých výrobců vyhovují. Následující *Tab. 8* zobrazuje hmotnosti jednotlivých částí, se kterými je manipulováno.

*Tab. 8 Hmotnosti částí kompresoru*

Část kompresoru	Hmotnost [g]
R/A	805
C/B	389
D/A	1455

V závislosti na použitém manipulačním zařízení, které v tomto případě je šestiosý robot od společnosti KUKA jsou možná maximální zrychlení při manipulaci rovna  $35 \text{ [m.s}^{-2}\text{]}$ . Tato hodnota je udávána výrobcem jako maximální. V mém případě při navrhování manipulace a výpočtu uvažuji maximální dovolené zrychlení  $a_r=10 \text{ [m.s}^{-2}\text{]}$ .

### Třibodové chapadlo FESTO

Jak je již výše popsáno, chapadlo umožňuje uchopit předmět silou  $444 \text{ [N]}$  při provozním tlaku  $6 \text{ [bar]}$ . Výpočet je proveden pro tyto hodnoty a největší možné zrychlení, uvedené výše. Dalším parametrem, který je třeba znát je materiál čelistí a R/A se kterou je v tomto případě manipulováno. Materiál čelistí je ocel třídy 12 a to konkrétně 12 050 s následným kalením a cementováním povrchu na hodnotu  $36\pm 2 \text{ HRC}$ . Touto povrchovou úpravou tak zamezíme případnému otěru a snadnějšímu opotřebenému chapadel. Materiálem Shaftu, za který je celá R/A uchopena je také z oceli. Z toho vyplývá součinitel statického tření kombinace ocel/ocel  $f_{00}=0,78 \text{ [14]}$ .

### Síla od setrvačných sil R/A

$$F_{S1} = m_{R/A} \cdot (g + a_R) \quad (4)$$

$$F_{S1} = 0,805 \text{ kg} \cdot \left( 9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} \right)$$

$$F_{S1} = 15,9 \text{ N}$$



kde:  $m_{R/A}$  – hmotnost R/A [kg]  
 $g$  – tíhové zrychlení [ $m \cdot s^{-2}$ ]  
 $a_R$  – zrychlení robota [ $m/s^2$ ]

### Minimální síla potřebná pro manipulaci s R/A

$$F_{M1} = \frac{F_{S1}}{f_{oo}} \quad (5)$$

$$F_{M1} = \frac{15,9 \text{ N}}{0,78}$$

$$F_{M1} = 20,4 \text{ N}$$

kde:  $f_{oo}$  – koeficient statického tření suchého povrchu ocel/ocel

Z výpočtu rovnice č. 5 vyplývá, že minimální síla potřebná pro manipulaci s R/A je rovna 20,4 [N]. Což je o 423,6 [N] méně, než umožňuje sevření chapadlem. Zvolené chapadlo tedy několikanásobně převyšuje požadovanou sílu sevření a tím vyhovuje silovému namáhání.

### Paralelní úchopová hlavice SMC

Uvedené paralelní chapadlo umožňuje uchopení objektu maximální silou 131 [N]. Výpočet je opět proveden pro největší zrychlení, kterým bude s objekty manipulováno. Vzhledem k tomu, že paralelní hlavice manipuluje s C/B, a D/A z nichž je D/A podstatně těžší než C/B. Počítáno je tedy s hmotností D/A uvedenou v Tab. 8. Hlavice má uchopovací části vyrobené z tuhé pryže z důvodu snížení možnosti poškození dílu a zároveň zvýšení tření mezi chapadly a dílem. C/B za který je celá sestava uchopena, je vyroben ze slitiny hliníku. Kombinace pryž/hliník bohužel není v žádné dostupné literatuře. Z tohoto důvodu použijí ve výpočtu součinitel statického tření pro kombinaci ocel/hliník, který je roven  $f_{oh}=0,61$  [14].

### Síla od setrvačných sil D/A

$$F_{S2} = m_{D/A} \cdot (g + a_R) \quad (6)$$

$$F_{S2} = 1,455 \text{ kg} \cdot \left(9,81 \frac{\text{m}}{\text{s}^2} + 10 \frac{\text{m}}{\text{s}^2}\right)$$

$$F_{S2} = 28,8 \text{ N}$$

kde:  $m_{D/A}$  – hmotnost D/A [kg]



### Minimální síla potřebná pro manipulaci s D/A

$$F_{M2} = \frac{F_{S1}}{f_{oh}} \quad (7)$$

$$F_{M2} = \frac{28,8 \text{ N}}{0,61}$$

$$F_{M2} = 47,3 \text{ N}$$

kde:  $f_{oh}$  – koeficient statického tření suchého povrchu ocel/hliník

Kontrolní výpočet č. 7 ukazuje, že minimální síla potřebná pro manipulaci s D/A pro dané maximální zrychlení je o 83,7 [N] menší než je schopna vyvinout zvolená úchopová hlavice. Vybraná hlavice tedy vyhovuje danému zatížení.

## 4.6 BEZPEČNOSTNÍ PRVKY A ZABEZPEČENÍ STANICE

Při použití robotů respektive manipulátorů je třeba zajistit bezpečnost obsluhy daných strojů či ostatních operátorů, kteří pracují na okolních stanicích. Oplocení musí být navrženo tak, aby nedošlo k možnosti kontaktu operátora s robotem při jeho pohybu.

Ochranné oplocení bude vytvořeno za pomoci stavebnicového systému Axellent X-Guard, které je již v našem závodě využíváno. Samotné oplocení bude vysoké 2000 [mm]. Přístup do automatické stanice bude možný pomocí dvou branek v přední části stanice. Tyto branky nebude možné otevřít v případě, kdy není uvedena celá stanice do klidového stavu. Další branky budou použity pro zásobování pístů. V případě, kdy zásobovač bude doplňovat zásobník pístů, zastaví pracovní operace pouze u robota zakládající písty na dané stanici. Není tedy třeba uvádět do klidu celou stanici a tím zpomalovat výrobní cyklus. Pro zásobování shoe není třeba speciální zabezpečení. V tomto případě nepříjde zásobovač do kontaktu s žádnou s pohyblivých částí stroje.

Pro všechny výše uvedené branky je využito zámků MGB (Multifunctional Gate Box). Jsou určeny pro zabezpečení dveří ochranných oplocení, zejména na výrobních linkách a na robotizovaných pracovištích. Čtyři LED diody signalizují stav zámku. Zámek má inteligentní závoru, jejíž poloha je detekována prostřednictvím transportéru RFID, který má jedinečný kód. Tímto se předchází nepovolené manipulaci a zároveň splňuje normy EN ISO 13849-1/SIL 3 podle EN 62061.[19]

Dalšími bezpečnostními prvky jsou optické závory, které zastaví příslušný dopravník, pokud by operátor vložil ruku za bezpečnostní oplocení stanice.



## 4.7 LOGISTIKA PROCESU

V této kapitole je popsán proces, který je možné použít na automatické stanici. Při popisu procesu je využito jednoduchých grafických značek. Jednotlivé značky a jejich význam je zobrazen v *Tab. 9*.

*Tab. 9 Použité značky a jejich význam*










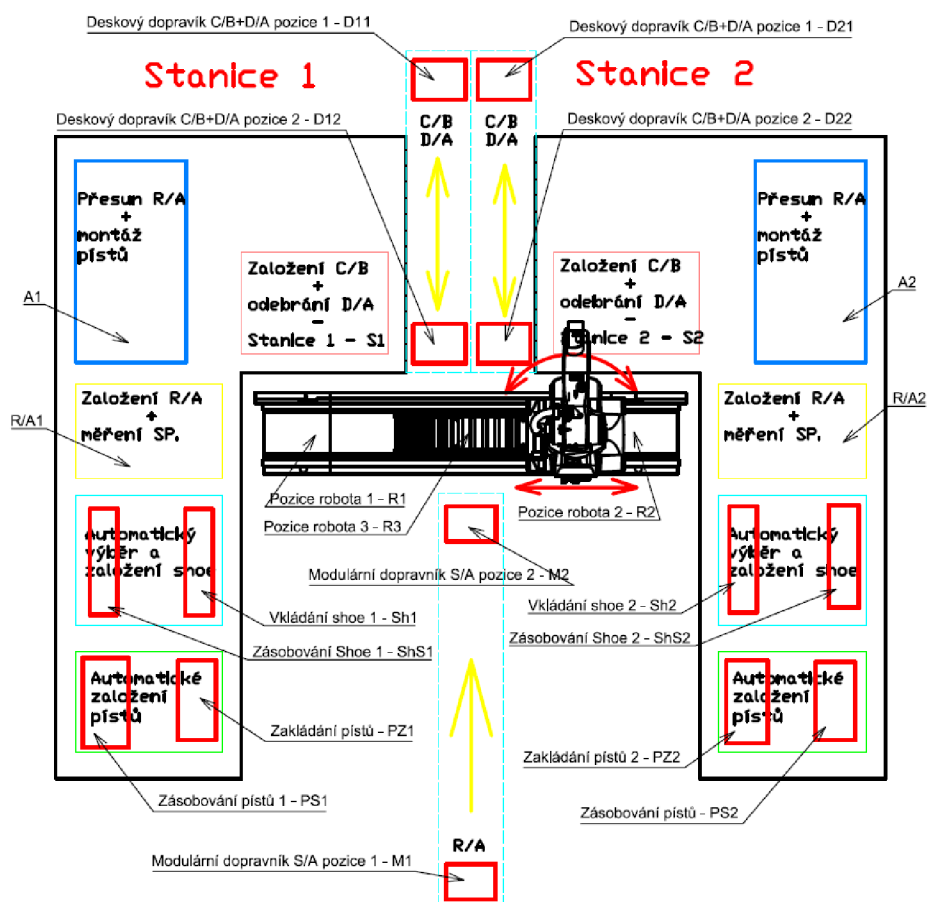
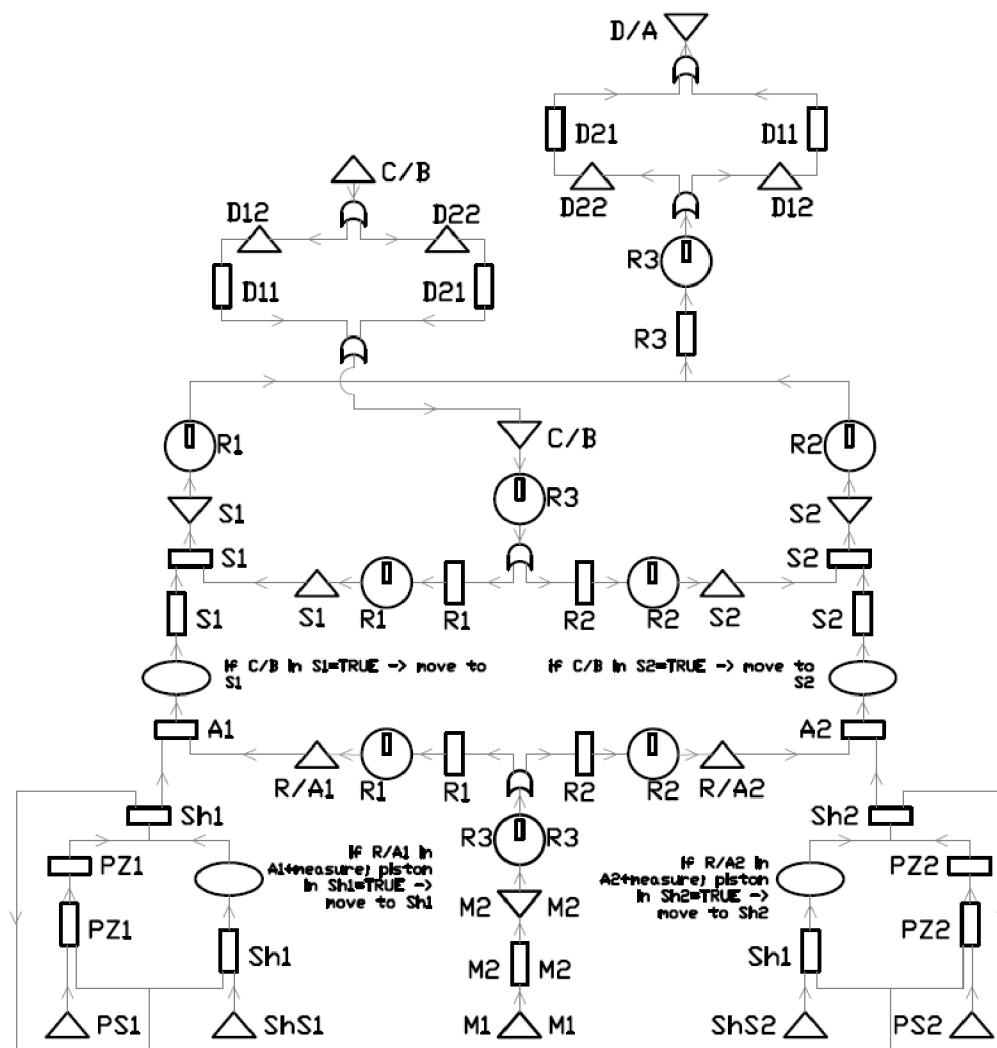
Značka	Význam značky
	Vstup/Zásobování
	Stanice/Operace
	Výstup/Odebrání
	Manipulace/Přemístění
	Rotace hlavy robota
	Pohyb robota
	AND
	OR
	Spoj

Schéma na *Obr. 40* zobrazuje celou automatickou stanici včetně popisů a zkratk, které charakterizují jednotlivé vstupy respektive výstupy. Dále jsou jimi popsány operace, které jsou třeba pro správné dokončení celé sestavy D/A. Pro lepší představu a pochopení celého schématu procesu je celá stanice rozdělena na stanici 1 (vlevo) a stanici 2 (vpravo).



Obr. 40 Schéma stanice s popisem vstupů a výstupů

Níže na Obr. 41 je zobrazeno schéma popisující průběh pohybu jednotlivých částí kompresoru a jeho postupného skládání na obou stranách stanice. Výsledkem je poté výstup D/A na jeho konci. Orientace a rozmístění jednotlivých operací je totožné, jako je tomu na schématu výše.

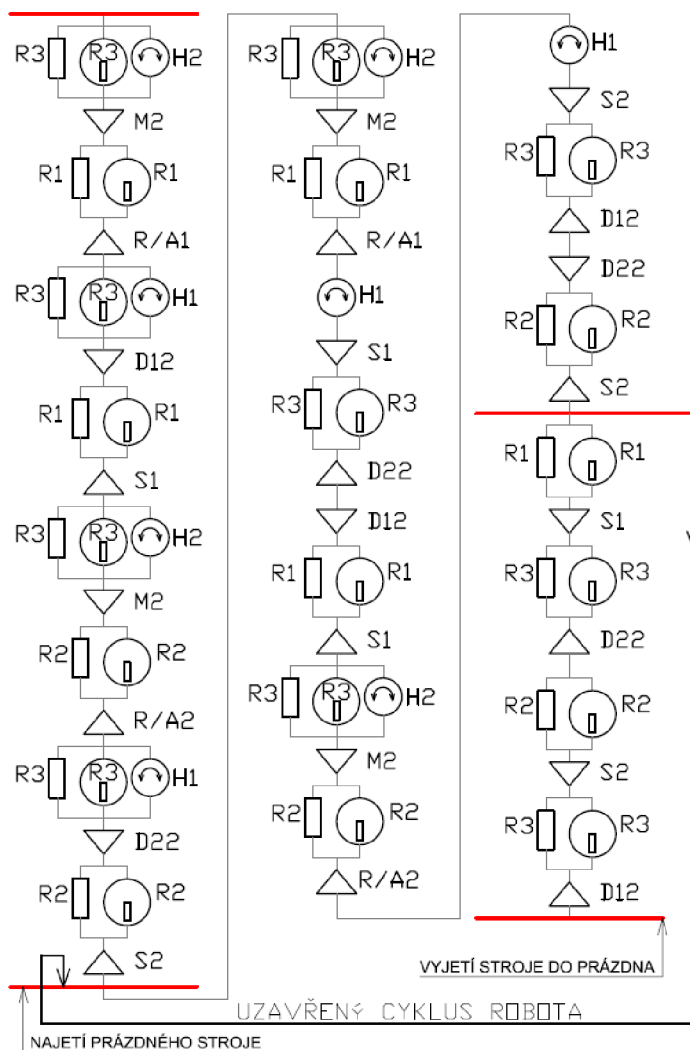


Obr. 41 Schematický návrh procesu

Ve výše uvedeném návrhu procesu výroby jsou již použity určité podmínky, které musí být splněny, aby mohlo proběhnout správné sestavení celého kompresoru. V následující podkapitole 4.8 *Komunikace* je dále popsána komunikace mezi některými hlavními uzly celé automatické stanice.

Dále je zde uvedeno schéma popisující jednotlivé operace Obr. 42, které provádí samotný šestiosý robot KUKA na lineárním jednotce. Ve schématu jsou opět použity značky zobrazené v Tab. 9. Celé schéma obsahuje část potřebnou pro najetí prázdné automatické stanice. Proces poté pokračuje částí, kterou je popsán celý cyklus. Ten se poté opakuje do té doby, pokud nenastane chyba ve výrobě či není rozhodnuto o ukončení výroby. Takový případ popisuje konec schématu jako vyjetí automatické stanice do prázdného stavu.





Obr. 42 Schematický návrh operací robota

Význam více prvků na jednom řádku ve schématu výše poukazuje na více činností, které probíhají paralelně. Jedná se vždy o přesun robota na jiné pracoviště a s tím spojené natočení robota do požadované polohy či otočení úchopové hlavy do správné pozice.

#### 4.8 KOMUNIKACE

Na základě zadání je v této podkapitole popsána možná komunikace uzlu pro zakládání shoe se zbytkem automatické stanice. Jak je již popsáno výše v kapitole 1.4.2 *Půlkulové ložisko „shoe“* je nejprve změřen rozměr swash platu a následně jsou měřeny vnitřní rozměry pístů. Poté jsou vybrány vhodné velikosti shoe tak, aby byla dodržena ideální vůle. V následujících odstavcích je popsán průběh operací, které je třeba provést pro zvolení, výběr a vložení vhodného shoe. Celý proces je rozdělen do tří částí.



## ČÁST PRVNÍ

V první části je pro určení vhodného shoe nutné založit do stroje R/A. Následně je třeba změřit tloušťku swash platu. Musíme si uvědomit, že v rámci již fungující stanice je nastavený určitý sled operací. Z *Obr. 42* je patrné, že pro najetí automatické stanice je třeba založit R/A do stanice 1 respektive 2. Poté dojde k založení R/A opět do obou stanic. Tato skutečnost je způsobena tím, že měření tloušťky swash platu proběhne v krátkém časovém intervalu a poté je R/A přesunuto na část stanice označenou jako A1 respektive A2. Na této části stanice dojde k montáži pístů včetně vybraných shoe. Tím se uvolní pozice R/A1 respektive R/A2 pro další založení R/A, které nám umožní rychlejší výběr shoe.

## ČÁST DRUHÁ

Ve druhé části dochází k vkládání daného počtu pístů. V našem případě se jedná o založení pěti pístů. Zakládání je prováděno vždy, pokud je volný zakládací zásobník bez ohledu zda je vloženo R/A. Tím je ušetřena významná část času cyklu. Po založení příslušného počtu pístů jsou pomocí unašeče přesunuty písky na stanici měření vnitřního rozměru pístu. Po přesunutí začne opětovné vkládání pístů.

## ČÁST TŘETÍ

Třetí část je již zaměřena na samotné vybrání a založení shoe. Samotný princip založení je již popsán v kapitole *4.4 Automatický výběr shoe*. Znázornění postupu měření a výběru vhodného shoe je zobrazeno na vývojovém diagramu na *Obr. 43*.

Stroj na zakládání shoe čeká na informaci a tloušťce swash platu a vnitřního rozměru pístu. Po získání daných informací o rozměrech dojde k vyhodnocení na základě rovnic č. 8. Tím jsou zvoleny vhodné velikosti shoe tak, aby byl doražen co nejpřesnější vypočtený rozměr. Následně je dán příkaz určitému krokovému motoru v daném zásobníku, zda se má otočit vpravo respektive vlevo.

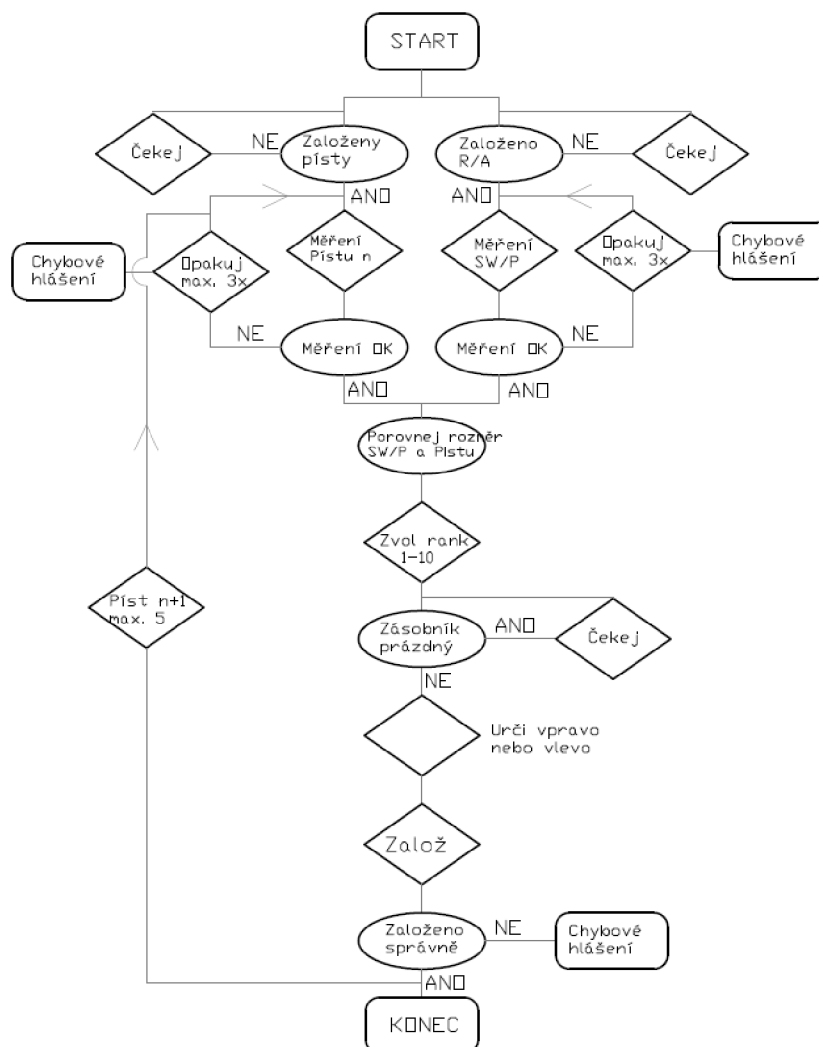
$$R_{Shoe} = \frac{V_P - V_{SWP} - 2 \cdot V_{Id}}{2} \quad (8)$$

Kde:  $R_{Shoe}$  – Velikost potřebného shoe [mm]

$V_P$  – Vnitřní velikost měřeného pístu [mm]

$V_{SWP}$  – Tloušťka swash platu [mm]

$V_{Id}$  – Velikost ideální vůle; v tomto případě 0,022 [mm]



Obr. 43 Vývojový diagram

## 4.9 ZHODNOCENÍ INVESTIC A KVALITY

Rozhodnutí pro rozšíření výrobních kapacit či zavedení automatické výroby je založeno na množství vyráběných produktů. Nedílnou částí rozhodnutí, zda vše uskutečnit je bezesporu výše investic na jejich pořízení, zavedení do výroby a návratnost.

V této kapitole je provedeno zjištění přibližné ceny na pořízení potřebných navržených dopravních systémů. Zakoupení šestiosých robotů včetně příslušenství. Vyčíslení této investice a určení přibližné doby návratnosti těchto investic. Dále je celé řešení zhodnoceno z hlediska kvality výroby.

### 4.9.1 NÁVRATNOST INVESTICE

V souladu s obchodními podmínkami, není možné poskytovat přesné ceny jednotlivých komponent. Následující výpočty tedy obsahují zaokrouhlené ceny komponent na přibližnou hranici. Pro určení přibližné doby návratnosti však tyto údaje postačují.



V následující *Tab. 10* jsou uvedeny přibližné náklady, které je třeba vynaložit na výrobu jednotlivých uzlů automatické stanice. Pro zakládání shoe a pístů jsou uvedené ceny vždy vynásobeny dvěma. Všechny částky jsou opět uvedeny v eurech.

*Tab. 10 Přibližné náklady na jednotlivé uzly stanice*

Stanice	Dopravník C/B	Dopravní R/A	Zakládání shoe (2x)	Zásobník pístů (2x)	Hlavice robotů
MISUMI	700	100	400	800	200
SMC	1 100	-	600	11 400	200
Senzorika	500	500	2 500	800	1500
Rám stroje	1 000	2 000	7 000	5000	800
Motor/pohon	-	1 500	5760	-	-
Řízení	2 500	3 000	8 000	5000	500
Ostatní prvky	500	800	2 000	500	600
Bezpečnostní oplocení stanice	2000				
Celkem [€]	6300	7900	26260	23500	3800
	69760				

### Celková investice

Celkové investiční náklady pro zavedení automatizace dané stanice se skládá ze součtu nákladů na pořízení robotů (uvedené v kapitole 3.2.2) a nákladů na pořízení jednotlivých uzlů stanice uvedené v *Tab. 10*. Další plusovou částkou je manipulace se stávajícími stroji a instalace automatických uzlů do výroby. Tato částka je přibližně stanovena na 2000 [€].

$$IN_{Cel} = N_{Rob} + N_{UZ} + NP \quad (9)$$

$$IN_{Cel} = 70\,000\text{€} + 69\,760\text{€} + 2\,000\text{€}$$

$$IN_{Cel} = 141\,760\text{€}$$

Kde:  $N_{Rob}$  – Náklady na pořízení robotů [€]

$N_{UZ}$  – Náklady na jednotlivé uzly stanice [€]

$NP$  – Manipulace a instalace uzlů [€]

### Odpisy investice

Společnost Valeo využívá lineární odpisy investice pro robotizované pracoviště. Robotizované pracoviště se odpisuje po dobu 8 let. Výpočet hodnoty odpisu na jeden rok je uveden v rovnici č.10.



$$IN_{OD} = \frac{IN_{Cel}}{T_{OD}} \quad (10)$$

$$IN_{OD} = \frac{141\,760\text{€}}{8\text{rok}}$$

$$IN_{OD} = 17\,720 \text{ €/rok}$$

Kde:  $T_{OD}$  – Doba odpisů [rok]

### Náklady na provoz automatické stanice

Do těchto nákladů jsou započítány náklady na energie, které vzrostou vzhledem k většímu množství stanic pracujících s elektrickou energií. Dalšími náklady jsou potřebné opravy a pravidelné údržby robotů a uzlů automatické stanice. Výše těchto nákladů jsou stanoveny společností Valeo.

$$N_{PS} = N_R + N_{El} + N_{Op} \quad (11)$$

$$N_{PS} = 2\,000\text{€} + 2\,000\text{€} + 4\,000\text{€}$$

$$N_{PS} = 8\,000 \text{ €/rok}$$

Kde:  $N_R$  – Náklady na údržbu robotů [€/rok]

$N_{El}$  – Náklady na energie [€/rok]

$N_{Op}$  – Náklady na opravy uzlů automatické stanice [€/rok]

### Doba návratnosti

Pro výpočet návratnosti je uvažována rozšířená stanice, která je obsluhována za pomoci dvou operátorů. Je to tedy situace, kdy bychom pouze rozšířili současnou stanici na dvě totožné. Cílem automatizace je náhrada obou operátorů robotizovaným pracovištěm. Výroba na této stanici probíhá v současné době v nepřetržitém režimu čtyř směn po 12 hodinách. Pro bližší představu je uvedena doba návratnosti pro různé kombinace směnného provozu. Celý výpočet se skládá z několika dílčích výpočtů.

Měsíční náklady na jednoho zaměstnance jsou 1300 [€]. Pro další výpočet uvažujeme dva zaměstnance. Roční náklady na dva operátory na jedné směně tedy činí 31 200 [€]. Rovnice č.12 uvádí výpočet návratnosti pro nepřetržitý čtyř směnný provoz.



$$DN = \frac{IN_{Cel}}{N_{Op} \cdot P_{Sm} - N_{PS} - IN_{OD}} \quad (12)$$

$$DN = \frac{141\,760\text{€}}{31\,200\text{€} \cdot 4 - 8\,000\text{€} \cdot 4 - 17\,720\text{€}}$$

$$DN = 1,89 \text{ roku}$$

Kde:  $IN_{Cel}$  – Celková investice [€]

$N_{Op}$  – Roční náklady na dva operátory na jedné směně [€]

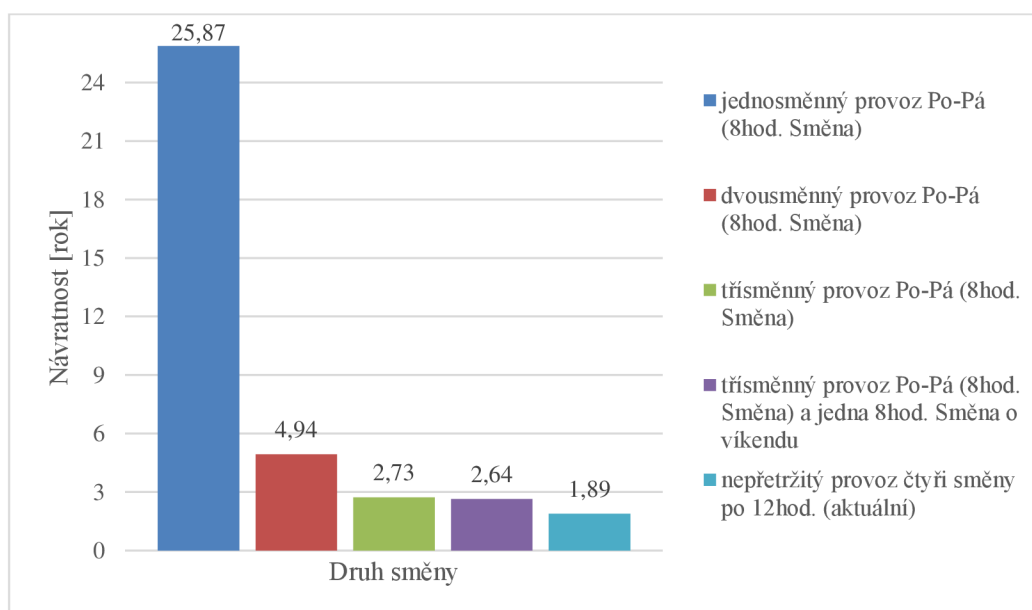
$P_{Sm}$  – Počet směn [-]

$N_{PS}$  – Náklady na provoz strojů [€]

$IN_{OD}$  – Odpisy investice [€]

Přibližná doba návratnosti investice pro jiné druhy směn udává *Graf. 1*. Do doby návratnosti není uvažováno navýšení výrobních kapacit a tím i vyššího příjmu, který by měl za následek snížení doby návratnosti.

*Graf. 1 Porovnání přibližné doby návratnosti v závislosti na druhu směny*



Z grafu je patrné, že při aktuálním provozu výroby, je přibližná doba návratnosti investic velice příznivá a to v délce 1,89 roku. Naopak jak můžeme vidět, pokud bychom danou automatizaci aplikovali na jednosměnný provoz, návratnost daných investic by neúměrně narostla.



#### 4.9.2 ZHODNOCENÍ KVALITY A PRODUKTIVITY

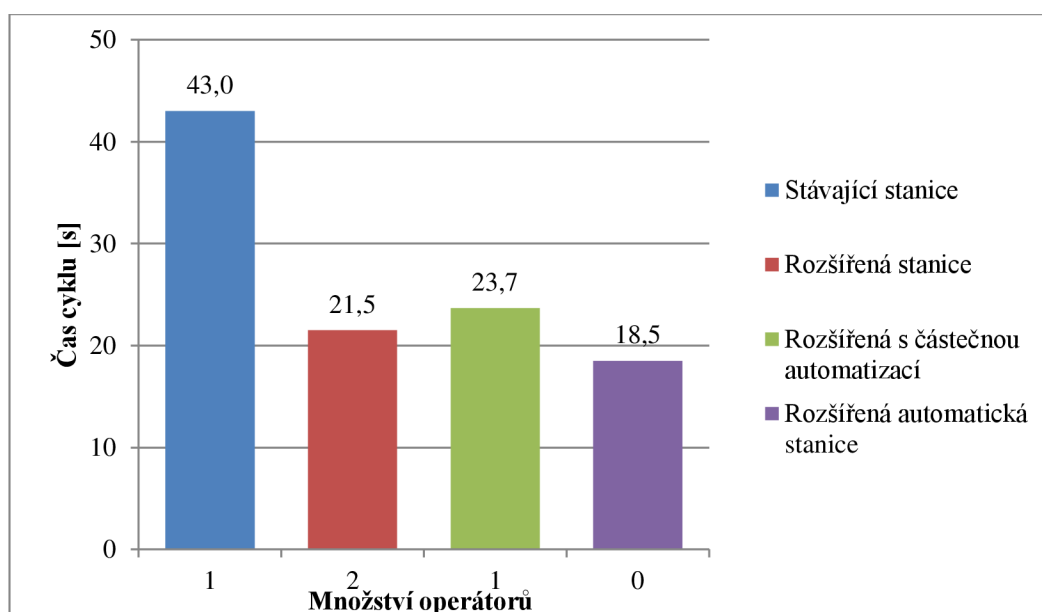
Cílem zavádění robotizovaných pracovišť je zvyšování produktivity práce při snižování úplných vlastních nákladů, úspora pracovních sil a zvýšení kultury lidské práce. Trvale se zvyšující požadavky na zrychlování pracovních činností již člověk přestává stačit a monotónní výrobní činnost vede k možným chybám a tím zpomalení či dokonce zastavení výroby.[20]

Nahrazení lidské obsluhy plně automatickou výrobou má tedy zásadní vliv na rychlost a kvalitu výroby. Dalším aspektem je fakt, že v současné průmyslové výrobě je stále rostoucí cena lidské práce.[20]

Výsledkem automatizace je tedy vyšší kvalita výrobků. Je to způsobeno šetrnou manipulací s materiálem pomocí robotů či automatických dopravníků a tím zamezení či minimalizaci možnosti poškození daného dílu. Dále je snížena možnost kontaminace dílů například lidským potem, který je velice agresivní a mohl by způsobit znehodnocení obrobeného dílu.

Dalším kladem automatické výroby je možné snížení časů cyklu a tím navýšení výrobních kapacit. *Graf. 2* zobrazuje přibližné časy cyklů na výrobu jednoho kusu části kompresoru KC88 při různých variantách uspořádání a automatizace. Přibližné časy cyklů pro částečnou a plnou automatizaci pocházejí z počítačové simulace v programu Plant Simulation. Při variantě s částečnou automatizací je myšlen jeden operátor vykonávající zakládání C/B a R/A, a následné odebrání D/A. Tyto úkony vykonává na obou částech stanice. Nahrazuje tak funkci robota na lineární jednotce.

*Graf. 2 Porovnání času cyklu na jeden kus při různé variantě stanice*





Z výše uvedeného grafu je patrné, že zavedení automatizace na stávající stanici má příznivý vliv na čas cyklu a tím na produktivitu. S tím je spojené možné navýšení výrobních kapacit a zvýšení zisků z prodeje výrobků.





## 5 DISKUSE

V této kapitole je zpětně nahlédnuto na diplomovou práci. Dochází ke kritickému zhodnocení a popisu výhod a úskalí daného řešení.

Hlavní částí této práce se zabývá návrhem a popisem jednotlivých dílčích skupin prvků potřebných pro danou automatizaci stanice. Jak je již popsáno v kapitole 3.3 *Simulace výrobního procesu* bylo ze všech navrhovaných variant uspořádání zvoleno řešení číslo II. Hlavní nevýhodou tohoto řešení je bez pochyby využití pouze jednoho robota pro zakládání dílů, kdy v případě jeho poruchy bude zastavena celá stanice. Je tedy otázkou zda není vhodnější zvolit variantu I. a využít tak dvou robotů. Tato myšlenka je ve Valeu preferována právě z důvodu, že při poruše jednoho z robotů bude nadále možný alespoň 50% výstup ze stanice. V dnešní době je dodržení dodacích lhůt velmi důležité a proto není vhodné, aby se výroba zastavila. Přičemž investice na pořízení dvou robotů nejsou závratně vyšší oproti jednomu robotu s lineární jednotkou. Hlavním cílem a myšlenkou bylo navrhnout co nejoptimálnější využití všech strojů a co největší vytížení robota. Z těchto důvodů jsem zvolil právě variantu číslo II.

Další částí jsou dopravní systémy uvnitř stanice. Vstupní dopravník je zvolen jako modulární. Je to způsobeno i volbou lineární jednotky, kdy je zamezeno využití skidového dopravníku. Ten by bylo možné využít právě u varianty s dvěma roboty. Nebylo by tam nutné konstruovat a zavádět do výroby další typ dopravníku. Oproti tomu, by bylo v tomto případě využití skidového dopravníku značně nevýhodné, vzhledem k dopravované délce, malému množství zastávek a celkovým zástavbovým rozměrům. Další nevýhodou je vyšší cena a nákladnější údržba oproti modulárnímu dopravníku. Využití deskového dopravníku pro vstup respektive výstup materiálu ze stanice je z dříve uvedeného zřejmé. Vyznačuje se již zmíněnou jednoduchostí a spolehlivostí.

Část stanice pro vkládání shoe by mohla být řešena více způsoby. Konstrukční návrh v mé práci vychází z myšlenky co nejjednoduššího řešení průchodu shoe strojem. Například distribuce shoe vpravo respektive vlevo by mohla být řešena odklopnou zarážkou, kde by následné místo vložení zajišťoval proud vzduchu. Musel by tak být z každé strany přiveden tlakový vzduch, který by nasměroval shoe správným směrem. Toto řešení lze považovat za velice komplikované a zahrnuje mnohem více prvků, které je třeba řídit ve správném čase. V případě vynášení shoe ze zásobníku pomocí vynašeče se domnívám, že snadnější a účinnější řešení není. Hlavní problém by mohl nastat na začátku druhého zásobníku viz. *Obr. 37 pozice 1*. Zde by mohlo vlivem velkého množství sklouzávajících shoe dojít k zaseknutí v zúženém místě. Tato skutečnost bude zjištěna po vyrobení prototypu vynašeče a zásobníku. V případě, že by docházelo k zasekávání shoe, je řešením změna designu horní části zásobníku. Například snížením počtu cest, kudy shoe může sklouzávat, změny sklonu drážky zásobníku ze svislé orientace na mírně zešikmenou, atd.



Posledním z automatických prvků stanice je zakládání pístů. Prvotní myšlenka řešení tohoto problému byla návrh konstrukce tříosého manipulátoru, který by zakládal všech pět pístů najednou. Byl by tak ušetřený čas potřebný pro založení. Nevýhodou tohoto konceptu je v nutnosti nahrazení stávajících košů pro přepravu pístů do stanice. Důsledky změny košů jsou již popsány v kapitole 4.3 *Zakládání pístů*. Využitím šestiosého robota tyto problémy odpadají. Avšak řešení je v postupném vkládání pístů. Nevýhodou robota jsou větší zástavbové prostory a vzhledem k postupnému zakládání i nutnost větší rychlosti pohybu, která by mohla mít nepříznivý vliv na zbytek stanice ke které je robot připevněn.

Zavádění navrhované automatizace do výrobního procesu bude následující. V první fázi bude od dodavatele dodána totožná výrobní stanice obsluhovaná operátorem. Stejná, ze které se vychází v této práci avšak zrcadlově obrácená. Všechny dopravní systémy zůstanou v nezměněném stavu. Tato stanice je tak obsluhována dvěma operátory, přičemž každý operátor obsluhuje jednu stanicí. Další fází bude záměna dopravních systémů za automatické dopravníky navržené v kapitole 4.1 *Automatické dopravníky*. Po odladění všech nedostatků a chyb, které by mohly zapříčinit přerušení výroby, bude následovat implementace automatického vkládání shoe na obou stanicích. Stanici stále obsluhují dva operátoři. Další fází bude nahrazení manuálního vkládání pístu robotem s automatickým zásobníkem. V průběhu zkušební výroby bude stanicí obsluhovat již pouze jeden operátor, který tak nahradí funkci robota s lineární jednotkou. Poslední fází automatizace je tedy zavedení hlavního robota s lineární jednotkou, který nahradí stávajícího operátora. Po ukončení zkušební výroby bude stanice předána vedení výroby jako odzkoušená a schopná provozu.

Návrh celé automatické stanice je přizpůsoben snadné změně pro případ, kdy by se namísto pětípístého kompresoru typu KC88 začal vyrábět typ se šesti písty. V takovém případě postačuje u deskového dopravníku pouze vyměnit zakládací silonový díl, který je tvarem a velikostí přizpůsoben jinému kompresoru. Dalším krokem je přepnutí řídicího systému na programy přizpůsobené výrobě šestípístého kompresoru.



## ZÁVĚR

Závěr této diplomové práce je věnován shrnutí výsledků, kterých bylo dosaženo. Celé zadání bylo určené společností Valeo Compressor Europe, s.r.o. Ačkoli ze zadání nevyplývá rozšíření stávající stanice, celý návrh automatizace je koncipován právě pro rozšířenou variantu. Byly provedeny návrhy možných řešení automatizace zadané stanice a koncepční návrhy jednotlivých dopravních a manipulačních zařízení.

Pro automatizaci byla zvolena varianta uspořádání II., která využívá jako hlavní manipulační zařízení s díly jednoho šestiosého robota s lineární jednotkou. Tento druh uspořádání byl zvolen především z důvodu vytížení robota a nižší ceny. Vytížení robota bylo zjištěno pomocí počítačové simulace v programu Plant Simulation. Z této simulace byl určen čas, který je potřebný pro výrobu jednoho kusu části kompresoru KC88. Hodnota času cyklu je přibližně 18,5 [s]. Při takovémto výrobním taktu je možné vyrobit přibližně 1 885 kusů za jednu směnu. To při aktuálním nepřetržitém čtyřsměnném provozu znamená přibližně 1 293 232 vyrobených kusů za rok.

Jako vstupní zařízení je zvolen automatický modulární dopravník, který je poháněn servomotorem v kombinaci s kuželovou převodovkou s převodovým poměrem  $i=2$ . Dalším vstupním ale zároveň výstupním dopravníkem je automatický deskový dopravník využívající pohonu bezpístnicovým válcem od společnosti SMC.

Další částí automatizace je nahrazení manuálního vkládání pístů a shoe do stanice. Zakládání pístů je řešeno za pomoci samostatného šestiosého robota pro každou ze stanic. Pro koše pístů je zde použit automatický zásobník, kdy při vyprázdnění a odebrání vrchního koše dojde ke zdvižení zbylých košů v zásobníku, právě o vzdálenost jednoho koše. Zakládání shoe je pak řešeno za pomoci vynášecího zařízení, které zároveň slouží k určení správné orientace shoe ve stroji. Samotné určení místa založení zprostředkovávají mini krokové motory s kruhovým zakladačem.

V poslední části práce došlo k výpočtu přibližné návratnosti celé investice pro danou automatizaci. Při určování celkové ceny investice se vycházelo z cenových nabídek od jednotlivých dodavatelů dílů. Ostatní částky byly stanoveny na základě statistických údajů ve společnosti Valeo. Konečná doba návratnosti je tak přibližně 1,89 roku.

V předešlé kapitole *Diskuse* je pak zhodnoceno celkové řešení a provedení automatizace s popisem její následné implementace do výrobního procesu.



## POUŽITÉ INFORMAČNÍ ZDROJE

- [1] KOLÍBAL, Zdeněk. Průmyslové roboty. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1993, 189 s. ISBN 80-214-0526-0.
- [2] Kolíbal, Z.: Průmyslové roboty II. Konstrukce výstupních hlavíc a periférií. PC DIR 1993, 165 s. ISBN 80-214-0533-3.
- [3] GAJDŮŠEK, Jaroslav a Miroslav ŠKOPÁN. Teorie dopravních a manipulačních zařízení. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické, 1988, 277 s.
- [4] Dopravní a manipulační technika: nové trendy a technologie : kurz zajišťuje Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Institut dopravy, Národní strojírenský klastr, 2010. , Vyd. 1. Brno : Akademické nakladatelství CERM. ISBN 978-80-7204-712-3
- [5] Valeo Compressor Eurome, s.r.o., [online]. 2016 [citováno 2016-1-17]. Dostupné z: < <http://www.valeogroup.cz/cs/valeo-in#site-4> >
- [6] Blecha, P., Kolíbal, Z.:Mechatronika-Modul 10:Robotika. Vysoké učení technické v Brně
- [7] Interní firemní materiály Valeo Compressor Europe, s.r.o.
- [8] TRAMONTA CHRUDIM, s.r.o., [online]. 2016 [citováno 2016-1-22]. Dostupné z: <<http://www.tramontachrudim.cz/deskove-dopravniky-chrudim.php>>
- [9] ATYKO, spol. s.r.o., [online]. 2016 [citováno 2016-1-26]. Dostupné z: <<http://www.atyko.cz/cs/dopravniky-atyko/typy-dopravniku/modularni-dopravniky>>
- [10] KUKA Robotics, [online]. 2016 [citováno 2016-2-15]. Dostupné z: <[http://www.kuka-robotics.com/czech\\_republic/cs/](http://www.kuka-robotics.com/czech_republic/cs/)>
- [11] FANUC, [online]. 2016 [citováno 2016-2-15]. Dostupné z: <<http://www.fanuc.eu/cz/cs/roboty>>
- [12] ABB Robotika. [online]. 2015 [citováno 2016-2-15]. Dostupné z: <<http://new.abb.com/products/robotics/cs>>
- [13] Vondra a Vondra, s.r.o., [online]. 2016 [citováno 2016-3-2]. Dostupné z: <<http://www.vondra-vondra.cz/cz/>>
- [14] E-Konstrukter.cz, Odborný informační portál pro strojní konstruktéry, [online]. 2016 [citováno 2016-3-24]. Dostupné z: < <http://e-konstrukter.cz/> >



- [15] Plant Simulation, Siemens PLM Software, [online]. 2016 [citováno 2016-4-3]. Dostupné z: <[http://www.plm.automation.siemens.com/cz\\_cz/products/tecnomatix/manufacturing-simulation/index.shtml](http://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/products/tecnomatix/manufacturing-simulation/index.shtml)>
- [16] ULRYCH, Zdeněk a RAŠKA Pavel. *Simulace výrobních linek*, Portál SystemOnLine, [online]. 2016 [citováno 2016-4-3]. Dostupné z: <<http://www.systemonline.cz/clanky/simulace-vyrobnich-linek.htm>>
- [17] FRANČE, Pavel. VALEO AUTOKLIMATIZACE K. S. *Roboty pro Valeo Rakovník*. Interní prezentace. 2010.
- [18] SKŘEHOT, Petr. *Ergonomie pracovních míst a pracovní podmínky zaměstnanců se zdravotním postižením*. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2009, 181 s. [online]. 2016 [cit. 2016-04-9]. ISBN 978-80-86973-91-3. Dostupné z: <http://www.mpsv.cz/files/clanky/9133/ERGONOMIE.pdf>
- [19] Haberkorn Ulmer s.r.o., Ochranná oplocení X-Guard, [online]. 2016 [citováno 2016-17-4]. Dostupné z: <<http://www.haberkorn.cz/files/file/ochranna-oploceni/x-guard.pdf>>
- [20] Automatizace a automatizační technika 4 , Computer press



## SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

€	[EUR]	Jednotka měny EURO, k 5.5.2016 je hodnota 1€ = 27,03 Kč
A1	[-]	přesun R/A a montáž pístů 1
A2	[-]	přesun R/A a montáž pístů 2
$a_r$	[m.s <sup>-2</sup> ]	maximální dovolené zrychlení
C/B	[-]	Cylinder block (část pístového kompresoru)
D/A	[-]	Dynamic assy (sestava části pístového kompresoru)
D11	[-]	deskový dopravník 1 C/B a D/A pozice 1
D12	[-]	deskový dopravník 1 C/B a D/A pozice 2
D21	[-]	deskový dopravník 2 C/B a D/A pozice 1
D22	[-]	deskový dopravník 2 C/B a D/A pozice 2
DN	[rok]	doba návratnosti
$F_{M1}$	[N]	minimální síla potřebná pro manipulaci s R/A
$F_{M2}$	[N]	minimální síla potřebná pro manipulaci s D/A
$f_{oh}$	[-]	součinitel statického tření kombinace ocel/hliník
$F_{om}$	[N]	odpor tření mezi moduly a dopravníkem
$f_{oo}$	[-]	součinitel statického tření kombinace ocel/ocel
$F_{S1}$	[N]	síla od setrvačných sil R/A
$F_{S2}$	[N]	síla od setrvačných sil D/A
$f_{ss}$	[-]	Součinitel statického tření kombinace POM/POM
$g$	[m.s <sup>-2</sup> ]	tíhové zrychlení
$i$	[-]	převodový poměr
$IN_{Cel}$	[€]	celková investice
$IN_{OD}$	[€]	odpisy investice
$J_{omset}$	[kg.m <sup>2</sup> ]	moment setrvačnosti jednoho kola
KC88	[-]	označení typu celého kompresoru
KD	[-]	kinematická dvojice
M1	[-]	modulární dopravník R/A pozice 1
M2	[-]	modulární dopravník R/A pozice 2
$m_{D/A}$	[kg]	hmotnost D/A
$m_k$	[kg]	hmotnost jednoho kola dopravníku
$m_m$	[kg]	hmotnost jednoho modulu



$M_{\text{mot}}$	[N.m]	minimální moment servomotoru
$m_{\text{R/A}}$	[kg]	hmotnost R/A
$N_{\text{EI}}$	[€]	náklady na energie
$N_{\text{Op}}$	[€]	náklady na opravy uzlů stanice
$N_{\text{Op}}$	[€]	roční náklady na dva operátory při jedné směně
$NP$	[€]	manipulace a instalace uzlů
$N_{\text{PS}}$	[€/rok]	náklady na provoz automatické stanice
$N_{\text{R}}$	[€]	náklady na údržbu robotů
$N_{\text{Rob}}$	[€]	náklady na pořízení robotů
$N_{\text{UZ}}$	[€]	náklady na jednotlivé uzly stanice
$PRaM$	[-]	průmyslový robot a manipulátor
$PS1$	[-]	zásobování pístů 1
$PS2$	[-]	zásobování pístů 2
$P_{\text{Sm}}$	[-]	počet směn
$PZ1$	[-]	zakládání pístů 1
$PZ2$	[-]	zakládání pístů 2
$R/A$	[-]	Rotor assy (část pístového kompresoru)
$R/A1$	[-]	založení R/A a měření SWP 1
$R/A2$	[-]	založení R/A a měření SWP 2
$R1$	[-]	pozice robota 1
$R2$	[-]	pozice robota 2
$R3$	[-]	pozice robota 3
$RFID$	[-]	radio frequency identification
$R_k$	[m]	poloměr kola modulárního dopravníku
$R_{\text{Shoe}}$	[mm]	velikost potřebného shoe
$S1$	[-]	založení C/B a odebrání D/A 1
$S2$	[-]	založení C/B a odebrání D/A 2
$Sh1$	[-]	zásobování shoe 1
$Sh2$	[-]	zásobování shoe 2
$ShS1$	[-]	vkládání shoe 1
$ShS2$	[-]	vkládání shoe 2
$SWP$	[-]	Swash plate (část pístového kompresoru)
$T_{\text{OD}}$	[rok]	doba odpisů



---

$V_{Id}$	[mm]	velikost ideální vůle mezi shoe a SWP
$V_P$	[mm]	vnitřní velikost měřeného pístu
$V_{SWP}$	[mm]	tloušťka SWP
ZKŘ	[-]	základní kinematický řetězec
$\varepsilon_{kr}$	[m.s <sup>-2</sup> ]	úhlové zrychlení jednoho kroku
$\eta_{př}$	[-]	účinnost převodovky
$\eta_{ul}$	[-]	ztráty v uložení





## SEZNAM OBRÁZKŮ A GRAFŮ

Obr. 1-Schematické znázornění KD: a)suportové, b)smykadlové, c)výsuvné[6] .....	13
Obr. 2 Otočné KD bez omezení úhlu otáčení: a), c)s ramenem "r", b), d) kolem vlastní osy (r=0)[6] .....	13
Obr. 3 Znázornění pracovních prostorů: a)Kartézský (TYP „K“) b)Cylindrický (TYP „C“) c)Sférický (TYP „S“) d)Angulární (TYP „A“)[6].....	14
Obr. 4 Kruhový vibrační zásobník s válcovou nádobou [13].....	17
Obr. 5 Polotovar pístu: a)píst (piston), b)můstek (bridge)[7].....	18
Obr. 6 Finální píst s teflonovou vrstvou .....	18
Obr. 7 Zakládání pístů: a)zásobník, b)založení .....	19
Obr. 8 Půlkulové ložisko "shoe" .....	19
Obr. 9 Měření vnitřního rozměru pístu.....	20
Obr. 10 Signalizace výběru shoe .....	20
Obr. 11 Sestava rotor assy .....	21
Obr. 12 Doprava a odebrání R/A.....	21
Obr. 13 Cylinder block .....	22
Obr. 14 Zakládání C/B .....	22
Obr. 15 Sestava "Dynamic assy" .....	23
Obr. 16 Sestava D/A k odebrání .....	23
Obr. 17 Stávající uspořádání stanice .....	24
Obr. 18 Návrh uspořádání I. ....	29
Obr. 19 Návrh uspořádání II. ....	30
Obr. 20 Návrh uspořádání III. ....	31
Obr. 21 Návrh uspořádání IV. ....	32
Obr. 22 Návrh uspořádání V.....	33
Obr. 23 Skid pro dopravu R/A + C/B.....	34
Obr. 24 Návrh výtahu skidů .....	35
Obr. 25 Schéma modulárního dopravníku.....	35
Obr. 26 Jednoučelový deskový dopravník C/B a D/A .....	36
Obr. 27 Ukázka jednoučelového manipulátoru s R/A.....	37
Obr. 28 Princip zdvihání shoe .....	38
Obr. 29 Model simulace uspořádání I. ....	40
Obr. 30 Model simulace uspořádání II. ....	40
Obr. 31 Přibližné vytyžení robota: a)varianta I., b)varianta II. ....	41
Obr. 32 Modul dopravníku R/A .....	42
Obr. 33 Modulární dopravník R/A .....	43
Obr. 34 Dopravník C/B+D/A .....	45
Obr. 35 Systém odebírání pístů z koše .....	47
Obr. 36 Schéma principu zásobníku pístů.....	48



Obr. 37 Schéma zásobníku shoe .....	49
Obr. 38 Sestava pro zakládání shoe .....	50
Obr. 39 Hlava robota.....	50
Obr. 40 Schéma stanice s popisem vstupů a výstupů .....	55
Obr. 41 Schematický návrh procesu .....	56
Obr. 42 Schematický návrh operací robota.....	57
Obr. 43 Vývojový diagram .....	59
Obr. 44 Optimální polohy trupu při práci vzhledem k časovému intervalu (Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.) .....	PŘÍLOHA P3
Obr. 45 Sklon hlavy vzhledem k časovým intervalům /Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.).....	P3
Obr. 46 Poloha horních končetin vzhledem k časovému intervalu /Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.) .....	PŘÍLOHA P3
Graf. 1 Porovnání přibližné doby návratnosti v závislosti na druhu směny .....	62
Graf. 2 Porovnání času cyklu na jeden kus při různé variantě stanice.....	63



## SEZNAM TABULEK

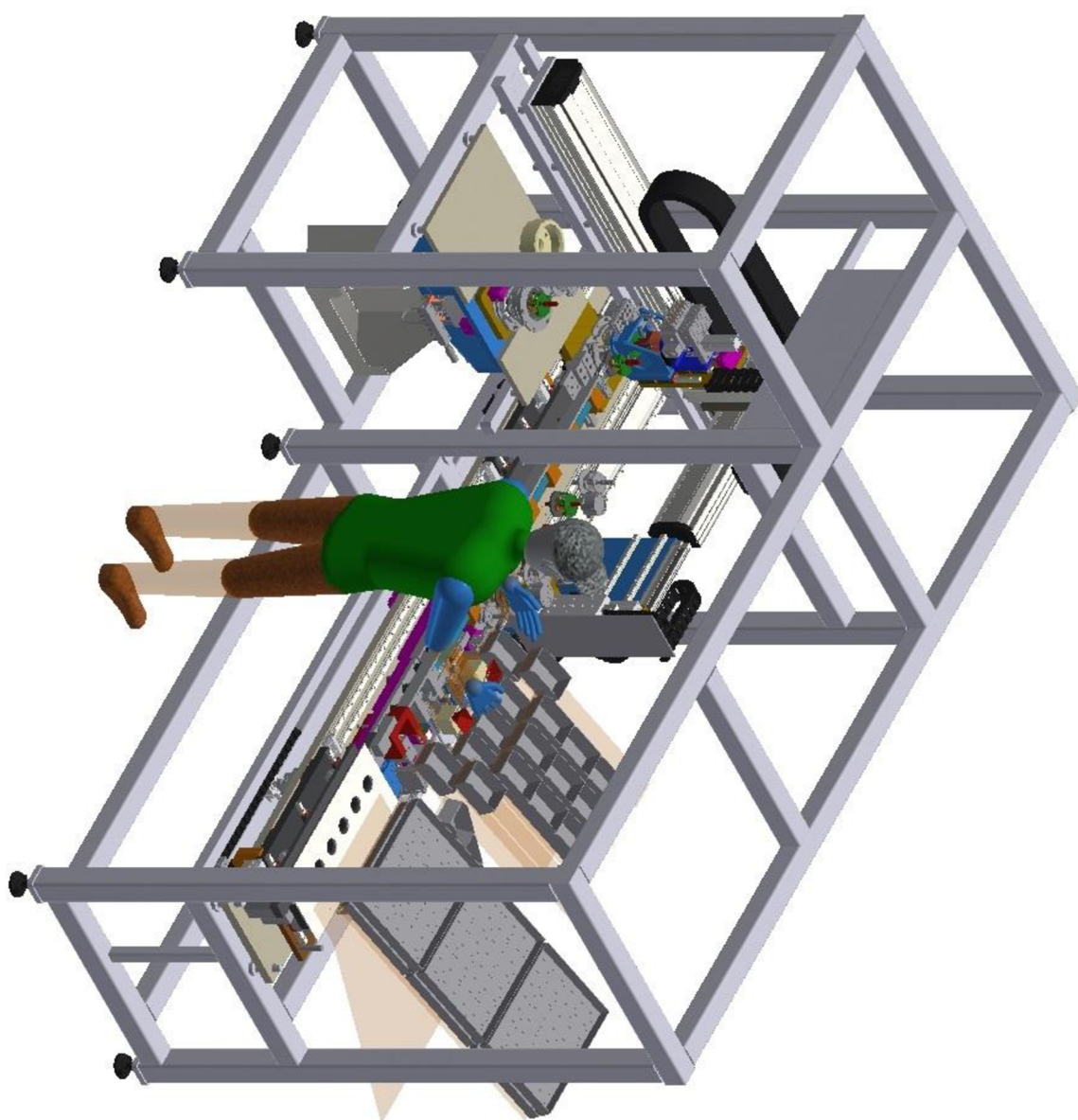
Tab. 1 Odstupňování velikostí shoe [mm] .....	19
Tab. 2 Průměrné hodnoty času cyklu [s] .....	25
Tab. 3 Průměrný čas nastavení minimum stroke R/A .....	26
Tab. 4 Průměrný čas lisování ložiska .....	26
Tab. 5 Průměrný čas kontroly shoe gap .....	26
Tab. 6 Porovnání výrobců robotů [17] .....	46
Tab. 7 Porovnání přibližné ceny robotů podle výrobce .....	46
Tab. 8 Hmotnosti částí kompresoru.....	51
Tab. 9 Použité značky a jejich význam .....	54
Tab. 10 Přibližné náklady na jednotlivé uzly stanice .....	60
Tab. 11 Průměrné časy cyklů - 4.11.2015 .....	PŘÍLOHA P2
Tab. 12 Průměrné časy cyklů - 5.11.2015 .....	PŘÍLOHA P2
Tab. 13 Průměrné časy cyklů - 6.11.2015 .....	PŘÍLOHA P2
Tab. 14 Průměrné časy cyklů - 11.11.2015 .....	PŘÍLOHA P2
Tab. 15 Průměrné časy cyklů - 13.11.2015 .....	PŘÍLOHA P2



## SEZNAM PŘÍLOH

Model	P1	3D model aktuální stanice s operátorem vytvořený v programu Autodesk Inventor Professional 2017	
Podrobné hodnoty časů cyklů	P2	Tabulky s průměrnými hodnotami časů cyklů měřené při různých směnách	
Ergonomie	P3	Normy a ergonomie pro navrhování strojních zařízení obsluhované operátorem	
Výkresová dokumentace	P4	Hlavice robota	DP_2016_001_00-1
		Hlavice robota-kusovník	DP_2016_001_00-2
		Rám hlavice	DP_2016_002_00
		Základní deska	DP_2016_002_01
		Bok R/A	DP_2016_002_02
		Bok C/B	DP_2016_002_03
		Výztuha	DP_2016_002_04
		Čelist C/B	DP_2016_002_10
		Pryž čelisti C/B	DP_2016_002_11
		Čelist R/A	DP_2016_002_12
Výsledné řešení	P5	Vizuální ukázka konečného řešení automatické stanice + 3D model celé stanice vytvořený v programu Autodesk Inventor Professional 2017	

Všechny přílohy jsou taktéž k dispozici na přiloženém kompaktním disku. 3D model celé stanice je vzhledem k velké velikosti k dispozici pouze na přiloženém DC.





V následujících tabulkách jsou uvedené podrobné naměřené hodnoty časů cyklu. V každém popisku je uveden den, kdy bylo měření provedeno. Pro lepší přehled o časech, bylo měření provedeno u tří různých směn, kdy danou stanici obsluhoval vždy jiný operátor.

Tab. 11 Průměrné časy cyklů - 4.11.2015

č.m.	Založení pístů	Založení shoe	Založení R/A	Založení C/B	Odebrání D/A+barcode	Celkový čas
1	6,97	19,88	6,66	3,73	4,78	42,02
2	6,96	23,60	6,73	2,62	6,99	46,90
3	6,06	20,81	5,89	2,37	7,75	42,88
4	6,63	20,99	6,32	2,42	6,03	42,39
5	7,04	22,22	5,88	3,72	6,02	44,88
6	6,21	19,78	6,21	2,16	6,18	40,54
7	6,35	24,97	5,51	2,25	6,70	45,78
8	5,60	21,81	5,72	2,69	6,90	42,72
9	5,96	21,25	5,97	2,20	9,76	45,14
10	6,91	22,81	6,30	3,90	3,37	43,29
<b>Průměr</b>	<b>6,47</b>	<b>21,81</b>	<b>6,12</b>	<b>2,81</b>	<b>6,45</b>	<b>43,65</b>

Tab. 12 Průměrné časy cyklů - 5.11.2015

č.m.	Založení pístů	Založení shoe	Založení R/A	Založení C/B	Odebrání D/A+barcode	Celkový čas
1	5,88	21,32	6,31	2,01	6,31	41,83
2	6,44	19,68	5,79	2,69	6,61	41,21
3	7,63	21,42	5,75	2,79	5,82	43,41
4	6,26	23,48	6,78	2,20	6,31	45,03
5	6,66	21,49	5,08	2,32	7,30	42,85
6	5,95	22,28	6,85	2,53	4,33	41,94
7	5,87	20,71	6,36	2,39	5,73	41,06
8	7,19	20,96	5,74	2,53	5,86	42,28
9	6,20	23,23	6,24	2,42	4,59	42,68
10	5,47	20,53	6,16	2,83	6,24	41,23
<b>Průměr</b>	<b>6,36</b>	<b>21,51</b>	<b>6,11</b>	<b>2,47</b>	<b>5,91</b>	<b>42,35</b>

Tab. 13 Průměrné časy cyklů - 6.11.2015

č.m.	Založení pístů	Založení shoe	Založení R/A	Založení C/B	Odebrání D/A+barcode	Celkový čas
1	5,62	21,50	5,88	2,24	6,31	41,55
2	6,11	21,16	5,61	2,02	7,80	42,70
3	6,14	20,63	6,31	1,98	7,48	42,54



4	5,93	21,78	6,45	2,02	5,18	41,36
5	5,76	21,41	5,96	2,36	6,73	42,22
6	6,17	20,78	6,57	2,04	6,30	41,86
7	6,46	22,10	5,23	1,86	6,70	42,35
8	8,53	21,03	6,96	2,30	5,98	44,80
9	5,83	22,75	5,02	2,52	6,05	42,17
10	5,06	20,74	6,81	2,29	6,48	41,38
Průměr	6,16	21,39	6,08	2,16	6,50	42,29

Tab. 14 Průměrné časy cyklů - 11.11.2015

č.m.	Založení pístů	Založení shoe	Založení R/A	Založení C/B	Odebrání D/A+barcode	Celkový čas
1	7,14	20,53	7,22	2,87	5,21	42,97
2	5,84	23,88	5,19	3,54	6,13	44,58
3	7,32	22,54	4,56	2,17	6,15	42,74
4	6,92	19,45	7,58	2,61	6,20	42,76
5	5,38	22,82	4,47	3,08	5,19	40,94
6	8,39	19,56	8,07	2,25	5,51	43,78
7	5,64	22,03	5,14	2,17	5,54	40,52
8	6,45	23,43	5,13	3,13	5,78	43,92
9	6,30	22,04	5,36	3,46	5,68	42,84
10	5,93	23,32	4,65	3,01	6,41	43,32
Průměr	6,53	21,96	5,74	2,83	5,78	42,84

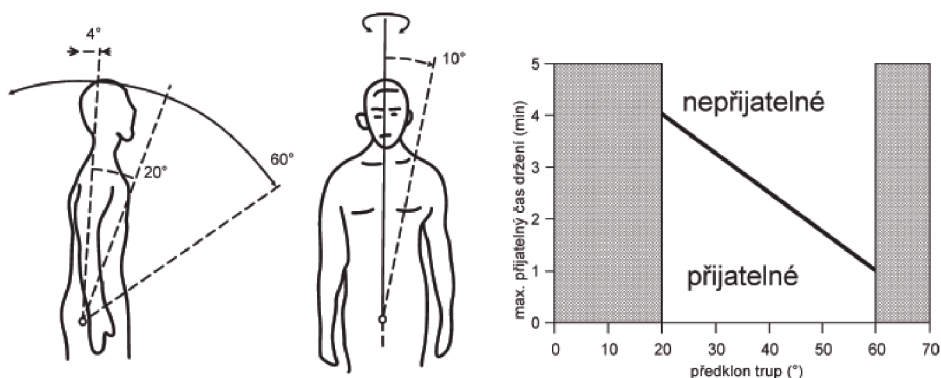
Tab. 15 Průměrné časy cyklů - 13.11.2015

č.m.	Založení pístů	Založení shoe	Založení R/A	Založení C/B	Odebrání D/A+barcode	Celkový čas
1	6,59	21,85	5,56	2,27	6,85	43,12
2	5,46	23,92	5,75	2,49	4,90	42,52
3	6,95	21,55	6,07	3,02	6,67	44,26
4	6,53	21,04	6,03	2,78	6,48	42,86
5	5,83	22,87	4,73	2,84	6,11	42,38
6	6,52	23,26	6,50	2,85	6,63	45,76
7	6,15	24,51	5,50	2,77	7,20	46,13
8	5,81	21,47	5,02	3,22	7,99	43,51
9	6,71	22,85	4,82	2,59	7,45	44,42
10	6,10	22,67	5,38	3,26	6,47	43,88
Průměr	6,27	22,60	5,54	2,81	6,68	43,88



Pracovní polohou rozumíme polohu těla, v níž je daná práce vykonávána. V jakékoliv pracovní poloze musí být zajištěna dostatečná stabilita těla a je nutné zabránit nadměrnému zatěžování muskuloskeletálního systému a dále je nutné volit takové pracovní polohy, které jsou ze zdravotního hlediska vyhovující.

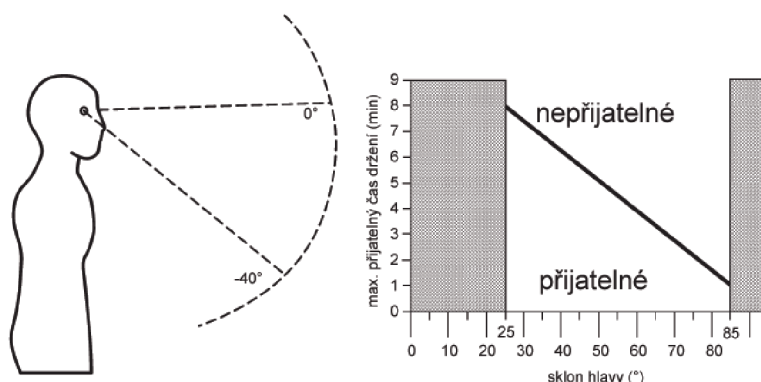
Pracovní polohu můžeme všeobecně rozdělit na polohu vsedě, vstoje, v kleče nebo jejich kombinaci. Poloha vleže je spíše výjimečná.



Obr. 44 Optimální polohy trupu při práci vzhledem k časovému intervalu (Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.)

Při práci, která vyžaduje změnu pracovní polohy, musí být umožněna dostatečná volnost a plynulost pohybů, přičemž se zapojují určité svalové skupiny. Pracovní pohyby je vhodné provádět nerušeně a plynule dle technologického/pracovního postupu.

Poloha hlavy/krku musí být při práci taková, aby nedocházelo k nevhodným záklonům či předklonům, viz Obr. 45.



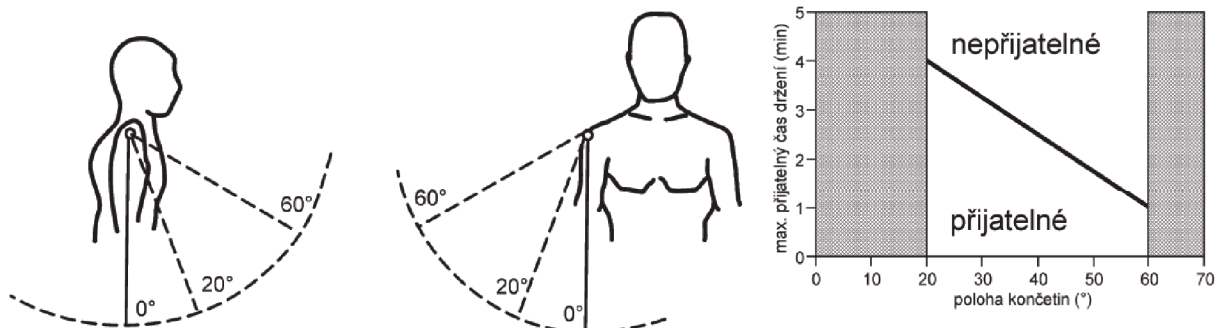
Obr. 45 Sklon hlavy vzhledem k časovým intervalům /Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.)

Trvalá práce vstoje nebo vsedě, jsou práce v nucené poloze. Nucené polohy jsou v ergonomii definovány jako fyziologicky nepříznivé polohy. Znemožňují totiž žádoucí změny poloh a jsou příčinou nadměrného zatížení některých částí těla vlivem statického namáhání svalů.





Při jednotlivých pracovních činnostech je poloha horních končetin různá. Musí se proto dbát na to, aby dané pracovní úkony nebyly prováděny v nevhodné fyziologické poloze a nebyla překračována doba, po kterou zle tyto úkony provádět, viz *Obr. 46*.



*Obr. 46 Poloha horních končetin vzhledem k časovému intervalu /Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.)*

