

# Návrh robotizovaného pracoviště pro obsluhu obráběcího centra

Jana Florešová

---

Bakalářská práce  
2020

 Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta managementu a ekonomiky

---

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně  
Fakulta managementu a ekonomiky  
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Akademický rok: 2019/2020

**ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE**  
(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Mgr. Jana Florešová, DiS.**  
Osobní číslo: **M17511**  
Studijní program: **B6209 Systémové inženýrství a informatika**  
Studijní obor: **Řízení výroby a kvality**  
Forma studia: **Kombinovaná**  
Téma práce: **Návrh robotizovaného pracoviště pro obsluhu obráběcího centra**

## Zásady pro vypracování

### Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

#### I. Teoretická část

- Zpracujte literární rešerši týkající se automatizace ve výrobním procesu.

#### II. Praktická část

- Analyzujte současný stav vybraného výrobního procesu ve zvolené společnosti.
- Na základě analýzy navrhnete vhodnou organizaci práce a řízení výrobního procesu pro robotizované pracoviště.

### Závěr

Rozsah bakalářské práce: **cca 40 stran**  
Forma zpracování bakalářské práce: **Tištěná/elektronická**

**Seznam doporučené literatury:**

JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. 1. vyd. Praha: Grada, 2016, 264 s. ISBN 978-80-247-5717-9.  
KOLÍBAL, Zdeněk. *Roboty a robotizované výrobní technologie*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně – nakladatelství VUTIUM, 2016, 787 s. ISBN 978-80-214-4828-5.  
TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. 1. vyd. Praha: Grada, 2014, 368 s. ISBN 978-80-247-4486-5.  
USTUNDAG, Alp a Emre CEVIKCAN. *Industry 4.0: managing the digital transformation*. 1st ed. Cham: Springer, 2018, 286 s. ISBN 978-3-319-57869-9.

Vedoucí bakalářské práce: **prof. Ing. Felicita Chromjaková, PhD.**  
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Datum zadání bakalářské práce: **6. ledna 2020**  
Termín odevzdání bakalářské práce: **19. května 2020**

L.S.

---

**doc. Ing. David Tuček, Ph.D.**  
děkan

---

**Ing. Eva Juříčková, Ph.D.**  
ředitel ústavu

## PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

### Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen na elektronickém nosiči v příruční knihovně Fakulty managementu a ekonomiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen přípouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považuji se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

### Prohlašuji,

1. že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
2. že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

Jméno a příjmení: .....

.....  
podpis diplomanta

## **ABSTRAKT**

Cílem této bakalářské práce je navrhnout uspořádání robotizovaného pracoviště pro obsluhu obráběcího centra. Obsahem práce je analýza současného stavu pracoviště a požadavků zadavatele projektu. Na základě zjištěných informací je navrženo robotizované pracoviště s ohledem na layout a bezpečnost práce. Uvedené pracoviště nahradí proces manuálního zakládání a vyjímání dílů z a do CNC frézky. Součástí je také výpočet prosté doby návratnosti projektu a produktivity pracoviště.

Klíčová slova: výrobní proces, produktivita, robot, robotizované pracoviště, bezpečnost

## **ABSTRACT**

The aim of this bachelor's thesis is to suggest the arrangement of robotized workplace for machining centre operation. The content of the thesis is the current state analysis and the analysis of the requirements of the project sponsor. Based on the information obtained, a work place is designed with respect to layout and safety at work. This workplace will replace the process of manual loading and unloading of parts to and from the CNC milling machine. Furthermore, the calculation of the payback period of the project and the workplace productivity can be found in the thesis.

Keywords: production process, productivity, robot, robotized workplace, safety

Děkuji prof. Ing. Felicitě Chromjakové, Ph.D. za všechny rady, čas a ochotu při vedení mé bakalářské práce. Mé poděkování patří též Ing. Josefu Gregorovi, PhD. ze společnosti SoliCAD za ochotu spolupracovat, poskytnutí informací a konzultace.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>9</b>
<b>CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE</b> .....	<b>10</b>
<b>I TEORETICKÁ ČÁST</b> .....	<b>11</b>
<b>1 ŘÍZENÍ VÝROBY</b> .....	<b>12</b>
1.1    TYPOLOGIE VÝROBNÍHO PROCESU.....	13
1.2    HODNOCENÍ VÝROBNÍHO PROCESU.....	14
1.2.1    Hospodárnost.....	14
1.2.2    Výrobní kapacita .....	15
1.2.3    SWOT analýza .....	15
1.3    TOK MATERIÁLU VÝROBNÍM PROCESEM.....	16
1.4    ZLEPŠOVÁNÍ PROCESŮ.....	16
1.4.1    Lean production .....	17
1.4.2    Six Sigma .....	18
1.4.3    Lean Six Sigma .....	19
1.5    ÚDRŽBA TECHNIKY VE VÝROBNÍM PROCESU .....	20
<b>2 PRŮMYSL 4.0</b> .....	<b>22</b>
2.1    CHARAKTERISTIKA KONCEPTU PRŮMYSL 4.0.....	22
2.2    DOPADY NA TRH PRÁCE.....	23
<b>3 AUTOMATIZACE A ROBOTIZACE</b> .....	<b>24</b>
3.1    MINULOST A SOUČASNOST AUTOMATIZACE .....	24
3.1.1    Minulost .....	24
3.1.2    Současnost.....	25
3.2    DŮVODY AUTOMATIZACE.....	26
3.2.1    Vynucená automatizace .....	26
3.2.2    Ekonomicky zdůvodněná automatizace .....	26
3.2.3    Další důvody k automatizaci.....	27
3.3    SPOLEHLIVOST V AUTOMATIZACI .....	27
3.4    ASPEKTY PRO POSUZOVÁNÍ ROBOTŮ .....	28
3.5    PERIFERNÍ ZAŘÍZENÍ .....	29
3.6    BEZPEČNOST .....	30
3.6.1    Legislativa .....	30
3.6.2    Nebezpečí průmyslových robotů.....	31
<b>4 ERGONOMIE</b> .....	<b>32</b>
4.1    SYSTÉM ČLOVĚK-TECHNIKA-PROSTŘEDÍ .....	32
4.2    ERGONOMIE PRACOVÍŠTĚ .....	33
<b>II PRAKTICKÁ ČÁST</b> .....	<b>34</b>

<b>5</b>	<b>ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU.....</b>	<b>35</b>
5.1	PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI ZADAVATELE .....	35
5.2	SOUČASNÝ STAV VE SPOLEČNOSTI ZADAVATELE .....	35
5.3	TOK MATERIÁLU VYBRANÝM VÝROBNÍM PROCESEM .....	36
5.3.1	Řezání.....	36
5.3.2	Lisování.....	37
5.3.3	Frézování.....	37
5.3.4	Kontrola a balení .....	39
5.4	POŽADAVKY ZADAVATELE NA OPTIMALIZACI PROCESU .....	39
5.4.1	Odůvodnění projektu.....	40
5.4.2	SWOT analýza .....	40
<b>6</b>	<b>NÁVRH ROBOTIZOVANÉHO PRACOVIŠTĚ.....</b>	<b>42</b>
6.1	PŘEDSTAVENÍ DODAVATELSKÉ SPOLEČNOSTI.....	42
6.2	SPECIFIKACE ČÁSTÍ ROBOTIZOVANÉHO PRACOVIŠTĚ.....	43
6.2.1	Robot .....	44
6.2.2	Podstavec.....	45
6.2.3	Manipulátor .....	46
6.2.4	Bezpečnostní oplocení pracoviště .....	46
6.2.5	Bezpečnostní zámek dveří.....	47
6.2.6	Přípravek .....	48
6.2.7	Dopravník.....	49
6.2.8	Transportní paleta.....	50
6.2.9	Podstavec palety .....	51
6.3	UMÍSTĚNÍ ROBOTU NA PRACOVIŠTĚ V SOULADU S BEZPEČNOSTÍ .....	51
6.4	NÁKLADY NA POŘÍZENÍ ROBOTIZOVANÉHO PRACOVIŠTĚ.....	53
6.4.1	Prostá doba návratnosti .....	54
6.4.2	Produktivita robotizovaného pracoviště.....	55
<b>7</b>	<b>ZHODNOCENÍ NAVRŽENÉHO PRACOVIŠTĚ .....</b>	<b>56</b>
	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>58</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....</b>	<b>59</b>
	<b>SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....</b>	<b>62</b>
	<b>SEZNAM OBRÁZKŮ .....</b>	<b>63</b>
	<b>SEZNAM TABULEK.....</b>	<b>64</b>



## ÚVOD

Pro svou bakalářskou práci jsem si zvolila téma týkající se nahrazení lidské práce robotizovaným pracovištěm. Téma jsem si vybrala z důvodu jeho aktuálnosti v dnešní době jak z pohledu trendu zavádění automatizace, tak problému s pracovní silou ve výrobní sféře.

Cílem této práce je prezentovat, že rozhodnutí zavádět automatizaci ve výrobě je správné a navrhnout pro společnost zadavatele nejvhodnější podobu robotizovaného pracoviště, které bude respektovat všechna pravidla bezpečnosti. Samozřejmostí je také brát ohled na finanční možnosti podniku zadavatele a navrhnout takové řešení, které povede ke snížení nákladů na vybraný výrobní proces.

Bakalářská práce je rozdělena na dvě stěžejní části, a to na teoretickou a praktickou část. Teoretická část se nejprve zaměří na řízení výroby z komplexního pohledu. Dále se bude věnovat Průmyslu 4.0 včetně dopadů na trh práce. Další část popíše samotnou automatizaci a robotizaci. Teoretická část bude uzavřena neméně významnou kapitolou nazvanou ergonomie.

Praktická část se bude věnovat přiblížení společnosti jak zadavatele, tak dodavatele. Bude popsán vybraný proces ve společnosti zadavatele, který obsahuje pracoviště, kterého se bude automatizace týkat. Budou zohledněny důvody proč zavádět automatizaci do výrobního procesu podpořené SWOT analýzou a výpočtem návratností investice. V této části budou také popsány jednotlivé prvky, ze kterých se bude robotizované pracoviště skládat, včetně základního popisu postupu výrobní operace a pravidla pro vstup do vnitřního prostoru robotizovaného pracoviště.

Věřím, že tato práce bude přínosem i pro jiné podniky, které stále váhají nad implementací robotizovaných pracovišť do svých výrobních procesů.

## CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Hlavním *cílem* této bakalářské práce je zhodnotit současný stav na pracovišti frézování a na základě této analýzy navrhnout robotizované pracoviště, které povede k zefektivnění výrobního procesu.

Při tvorbě bakalářské práce je použito několik *metod* za účelem dosažení hlavního cíle. Informace obsažené v teoretické části jsou vytvořeny metodou literární rešerše z různých zdrojů zabývajících se výrobou a jejím zefektivněním prostřednictvím automatizace a robotizace. Teoretická část je základem pro snazší porozumění části praktické.

V praktické části je použito několik metod souvisejících s analýzou současného stavu ve výrobní společnosti. Mezi tyto metody patří hlavně pozorování, dotazování a měření. Tvoří podklad pro vypracování SWOT analýzy. Provedené výpočty souvisí s návratností investice, požadavky na počet vyrobených kusů, počtem výrobních cyklů zrychleného pracoviště, aj.

V další kapitole praktické části jsou navrženy jednotlivé díly robotizovaného pracoviště tak, aby splňovaly kritéria plynulého provozu pro obsluhu CNC frézky a zároveň celý proces zrychlily. Tato část je především výsledkem metody týmové spolupráce.

## **I. TEORETICKÁ ČÁST**

## 1 ŘÍZENÍ VÝROBY

Slovo *řízení* v dnešní době hojně používané ve svém anglickém znění *management*, můžeme použít pro souhrn veškerých činností, které je potřeba podniknout pro zabezpečení správného chodu podniku.

Podle Tomka a Vávrové (2007) má management jako každá jiná definovatelná a hodnotitelná činnost následující prvky:

- úkoly, které je třeba plnit;
- nástroje, které v rámci plnění úkolů používají;
- zásady, které určují kvalitu a efektivnost prováděné činnosti;
- existenci odpovědnosti za důsledky práce.

Řídit podnik znamená účelně propojit jeho tři základní manažerské oblasti: *finance*, *marketing a výrobu*. Všechny tři oblasti přispívají k dosažení společného záměru svým specifickým způsobem. Úspěch moderní organizace nezáleží jen na míře dokonalosti práce jednotlivých útvarů, ale spíše na kvalitě celkové spolupráce. Jde o neustálé hledání náročných kompromisů. (Kavan, 2002)

Kromě výše uvedených útvarů najdeme v podniku řadu jiných oddělení, jejichž velikost a organizace závisí na zaměření a velikosti podniku.

Na pojem *výroba* je možné nahlížet jako na oblast řízení mezi nákupem a odbytem, označení hmotného zboží či označení oblasti hospodářství. (Tomek a Vávrová, 2007)

V této práci budeme na výrobu nahlížet jako na proces, který spotřebovává vstupy (půda, práce, kapitál, informace) a za použití transformačních procesů je přeměňuje na výstupy v podobě zboží či služeb s přidanou hodnotou. Vstupy do výroby jsou zajišťovány oddělením nákupu a výstupy z výroby jsou oddělením odbytu zprostředkovány zákazníkovi.

Výroba nese odpovědnost za produkt, který vyrábí v souladu se zákaznickými požadavky. Pokud je zákazník s produktem spokojen, je ochoten zaplatit cenu produktu v plné výši a naopak. Díky této zpětné vazbě je podnik schopný identifikovat své nedostatky a může zdokonalovat své procesy.

*Řízení výroby* je zaměřeno na dosažení optimálního fungování výrobních systémů s ohledem na vytyčené cíle, přičemž z podnikatelských a manažerských cílů jsou

nejdůležitější cíle strategické. V pojmu výrobní systém jsou zahrnuti všichni činitelé účastníci se procesu výroby. V řízení výroby se především jedná o věcné, prostorové a časové sladění, případně koordinaci činitelů účastnících se výrobních procesů nebo výrobní procesy ovlivňujících. (Keřkovský, 2009)

## 1.1 Typologie výrobního procesu

Keřkovský (2009) uvádí, že uspořádání a struktura konkrétních výrob a jejich řízení (výrobní systémy) závisí na charakteru výrobku (resp. služby), trhu, objemu výroby, charakteru poptávky, použitých technologiích a některých dalších faktorech. Výrobní systémy či procesy pak bývají klasifikovány podle následujících hledisek.

Podle *ekonomického určení výrobku* se rozlišuje výroba:

- hlavní: tvoří hlavní náplň výroby a hlavní zdroj příjmů podniku;
- vedlejší: spočívá ve výrobě polotovarů a náhradních dílů;
- doplňková: zabývá se nakládáním s odpady z výroby;
- přidružená: jedná se o výrobu, která doplňuje výrobu hlavní.

Podle *míry plynulosti výrobního procesu* bývá rozlišována výroba:

- plynulá: probíhá z technologických či jiných důvodů prakticky nepřetržitě;
- přerušovaná: může být po určitých částech výrobního procesu přerušena a pokračovat jindy. (Keřkovský, 2009)

Podle *množství a počtu druhů výrobků* vystupujících z výroby může být výroba:

- kusová: výroba menšího počtu kusů za to ve více možných variantách, označována též někdy jako zakázková výroba;
- sériová: výroba velkého množství stejných nebo podobných výrobků za použití zaměnitelných komponentů (výroba v sériích), označována též někdy jako masová;
- hromadná: výroba velkého množství stejnorodých výrobků.

Podle *charakteru technologie* se rozeznává výroba:

- mechanická: v rámci této výroby se nemění vlastnosti látkové podstaty opracovaných materiálů a polotovarů, avšak materiál nebo polotovar mění svůj tvar a jakost;

- chemická: vyvolává změny vlastností látkové podstaty materiálů;
- biologická a biochemická: využívá přírodní procesy, látková podstata materiálů se mění. (Jurová, 2013)

Podle *stupně vývoje a využití výrobní techniky*, se rozlišuje výroba:

- ruční;
- strojní;
- částečně automatizovaná;
- plně automatizovaná. (Tomek a Vávrová, 2014)

Podle *prostorového uspořádání pracovišť* rozlišujeme mezi principem výkonu a principem objektu. Typickými zástupci jsou:

- dílenská výroba: charakterizována také jako technologický princip, pracoviště provádějící stejné typy operací jsou soustředěna prostorově do jedné organizační jednotky (dílny);
- proudová výroba: charakterizována také jako předmětný princip, seřazení strojů odpovídá technologickému postupu daného produktu. (Tomek a Vávrová, 2014)

## 1.2 Hodnocení výrobního procesu

Jedním ze základních cílů většiny výrobních podniků je maximalizace zisku v dlouhém období. Aby tohoto cíle bylo dosaženo, měl by mít podnik své procesy zcela pod kontrolou. Každý výrobní proces má svá specifika a sebemenší odchylka od řízeného stavu může mít dalekosáhle následky, pokud se neodhalí včas.

### 1.2.1 Hospodárnost

Efektivnost, hospodárnost a účinnost jsou vrcholovými kritérii racionality vynakládaných ekonomických zdrojů. Tyto tři ekonomické kategorie jsou vzájemně propojené, vzájemně se ovlivňují, ale i přesto se vyznačují svými specifiky. Vztahují se na výrobní proces, *účinnost* se posuzuje vzhledem ke vstupům, *hospodárnost* se váže na samotný transformační proces a *efektivnost* je spojena s výstupy. (Kucharčíková, 2011)

Hodnotovým cílem ekonomiky výroby je dosažení žádoucího salda mezi zdroji a výsledky výrobního procesu. Tento cíl může být chápán jako *princip hospodárnosti*, který může být zajištěn maximálním výstupem při daném vstupu nebo odpovídajícím výstupem při

minimálním vstupu. Hospodárnost bude ovlivněna zejména, druhem, množstvím, cenou vstupů, stejně tak i dobou jejich použití ve výrobním procesu v důsledku použitých technologií atp. (Jurová, 2016)

### 1.2.2 Výrobní kapacita

**Výrobní kapacitu** charakterizujeme jako maximální objem produkce, který může výrobní jednotka (podnik, závod, dílna, stroj) vyrobit za určitou dobu (obvykle rok, den, hodina). Je to schopnost výkonu zařízení nebo prostředku (stroje či zařízení, dopravního prostředku) za normálních okolností po určitou dobu. Kapacita je definovaná jako možný výstup zařízení (možnost výroby). Je to ovšem ideální, teoretická veličina v podstatě určená produkční funkcí. (Jurová, 2013)

### 1.2.3 SWOT analýza

Princip **SWOT analýzy** spočívá v identifikaci vnitřních silných stránek (**Strenghts**) a slabých stránek (**Weaknesses**) vzhledem k vymezené oblasti (vůči společnosti, segmentu činnosti společnosti, projektu nebo jinému záměru). Dále se zjišťují příležitosti (**Opportunities**) a hrozby (**Threats**) plynoucí z vnějšího prostředí vůči objektu analýzy (obrázek 1).

	Pomocné (dosažení cíle)	Škodlivé (dosažení cíle)
Vnitřní původ (atributy organizace)	<p><b>S</b></p> <p>Silné stránky</p> <p>Strenghts</p>	<p><b>W</b></p> <p>Slabé stránky</p> <p>Weaknesses</p>
Vnější původ (atributy prostředí)	<p><b>O</b></p> <p>Příležitosti</p> <p>Opportunities</p>	<p><b>T</b></p> <p>Hrozby</p> <p>Threats</p>

Obrázek 1 SWOT analýza (vlastní zpracování  
dle Doležal, Máchal a Lacko, 2012, s. 61)

SWOT analýza se provádí nejčastěji s využitím metody brainstormingu v projektovém týmu, pokud není k dispozici nějaký jiný doporučený postup. Velmi důležité je vyvození závěrů z provedené analýzy, uvědomění si silných a slabých stránek, provádění opatření

k využití příležitostí a opatření proti negativnímu působení hrozeb. (Doležal, Máchal a Lacko, 2012)

### 1.3 Tok materiálu výrobním procesem

Kavan (2002) uvádí, že rozhodování o *uspořádání výrobního procesu* jsou v podniku vždy velmi významná, riziková a obávaná ze tří základních důvodů:

- mohou vyvolat podstatné investice a značné tvůrčí úsilí rozhodovatelů;
- vyžadují smysl pro strategii, představitivost, odvalu a podporu mnoha lidí;
- mají velký vliv na náklady a efektivnost, které v záběhovém období narostou.

Logistika výrobního procesu představuje řízení materiálových toků uvnitř podniku. *Materiálová toky* musí splňovat řadu požadavků. Musí být přímočaré, přehledné, bez vracení, bez problémového křížení, co nejkratší apod. Materiálové toky jsou charakteristické směrem, intenzitou a frekvencí. (Jurova, 2016)

V praxi bývá ve výrobě určitý počet pracovních ploch, rozmístěných v závislosti na tvaru budovy a úkolem je účelná dislokace jednotlivých pracovišť. Některá pracoviště by od sebe měla být co nejdéle, jiná naopak co nejblíže, aby se využil kapitál firmy. Uspořádání pracovišť dále ovlivňuje vzdálenost od vstupu do objektu, vzdálenost k nakládacím rampám, nákladové výtahy, okna, patra budov nebo například ocelová výztuž v betonové podlaze pro umístění těžkého stroje. (Kavan, 2002)

### 1.4 Zlepšování procesů

Slovo *produktivita* je slyšet v dnešním světě téměř ze všech stran, je spojováno například s prací, kapitálem, znalostmi či půdou. Ve většině výrobních podniků je zaměstnancům vyplácena mzda, která je složena ze dvou na sobě nezávislých částek. Jedna část fixní, která je pevně daná a druhá část je pohyblivá a většinou závisí na hospodářském výsledku firmy. Důvodem je motivace zaměstnanců k lepším výkonům.

Zvýšení produktivity podniku lze dosáhnout různými způsoby. Pokud se vydáme cestou bez potřeby velkých investic do strojního zařízení, pak využijeme dosavadní interní zdroje podniku. Budeme se snažit optimalizovat organizaci práce a efektivněji využívat potenciál pracovní síly.



Zlepšování procesů v podniku ovšem není pouze záležitostí zvyšování produktivity, ale souvisí také se *zlepšováním kvality*, *zkrácením doby* procesů či *snížením nákladů*. Níže si přiblížíme tři metody, jejichž cílem je lepší, levnější a rychlejší řízení podniku.

#### 1.4.1 Lean production

Cílem metodiky *Lean production* (štíhlá výroba) je zvýšit efektivitu procesů prostřednictvím identifikace a odstranění plýtvání, zvýšení rychlosti procesů a snížení nákladů. Každá lidská činnost, která pohlcuje zdroje, ale nevytváří žádnou hodnotu, je zbytečná a jedná se o plýtvání zdroji. Taiichi Ohno identifikoval sedm základních druhů plýtvání, známé také pod názvem *muda*:

- transport: zbytečná přeprava dílů ve výrobě;
- zásoby: díly čekající na dokončení nebo hotové výrobky čekající na dodání;
- pohyby: zbytečný pohyb pracujících osob;
- čekání: zbytečné čekání pracujících osob na zahájení dalšího kroku;
- nadprodukce, která není nutná;
- přepracování produktu dodatečnými kroky;
- vady produktu. (Womack a Jones, 2003)

Svozilová (2011) zmiňuje také jako druh plýtvání intelekt, který do seznamu plýtvání přibyl až v posledních desetiletích. Může být vysvětlen následovně. Pokud existují nástroje, s jejichž pomocí je možné daný proces se stejnou kvalitou realizovat za pomoci méně kvalifikovaného personálu, pak je udržování vysoce kvalifikovaných operátorů plýtváním.

Metodika Lean production je založena na cyklickém přístupu ke zlepšování procesu. Týmy se soustředí na menší zlepšovateľské kroky a celkové zlepšení je dosaženo v postupných iteracích, které rovněž pomohou eliminovat případné negativní důsledky aplikace pokusných řešení. Lean production předpokládá, že procesy musí být v prvním kroku standardizovány, tedy dokumentovány a ověřeny, že skutečně fungují v souladu se zpracovaným popisem. A to předtím, než je možné přistoupit k jejich zlepšování. Má-li být metodika Lean production skutečně účinná, pak musí prorůst hluboko do myšlení zaměstnanců a musí se stát součástí firemní kultury. (Svozilová, 2011)

Základní principy štíhlé výroby:

- přesné určení hodnoty;
- identifikace hodnotového toku;
- vytvoření plynulého, nepřerušovaného toku;
- systém tahu;
- neustálá snaha o dokonalost. (Womack a Jones, 2003)

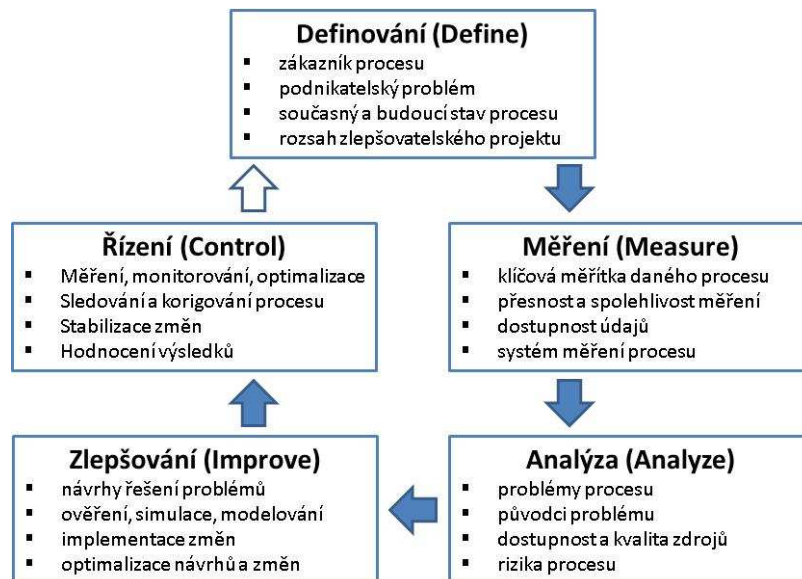
Snahou Lean production je dělat více s méně zdroji. Vynaložíme co nejmenší úsilí, energii, materiály, čas, prostor, zařízení a kapitál a dáme zákazníkům přesně to, co chtějí. Lean production zahrnuje použití řady metod, které zahrnují například:

- **Kaizen**: podstatou je neustálé zlepšování založené na doporučeních zaměstnanců.
- **Kanban**: metoda založená na principu kartiček, které pomáhají řídit výrobu se zaměřením na nepřetržité dodávky.
- **5S**: zvyšování kvality a efektivity procesu pomocí organizace a úklidu pracoviště.
- **SMED**: principy Single Minute Exchange of Die zkracují čas potřebný k přípravě stroje nebo výrobní linky k výrobě jiného produktu.
- **Poka yoke**: mechanismus sloužící k minimalizování chybovosti během výrobního procesu.

#### 1.4.2 Six Sigma

Metodika *Six Sigma* představuje celostní a flexibilní systém zaměřený na dosahování, udržování a maximalizaci podnikatelského úspěchu. Využívá k tomu řadu dílčích metod, které jsou v řízení obvyklé, a zapojení všech pracovníků včetně jejich vzdělávání. Využití těchto metod představuje kvalitativně vyšší hodnotu. Princip je založen na porozumění potřeb zákazníků a neplnění jejich očekávání na základě disciplinovaného využívání faktů, dat a statistické analýzy a zároveň při pečlivém přístupu řízení podniku zaměřeném především na podnikové procesy. (Zuzák a Kónigová, 2009)

Jednou ze základních technik, která stojí za snížením problémů v procesu a zlepšením kvality, je **DMAIC**. Akronym DMAIC (Define, Measure, Analyze, Improve a Control) představuje pět fází řešení problému. Každá fáze obsahuje řadu metod a nástrojů sloužících ke splnění cíle v dané problematice. Fáze metodiky DMAIC jsou zobrazeny na obrázku 2.



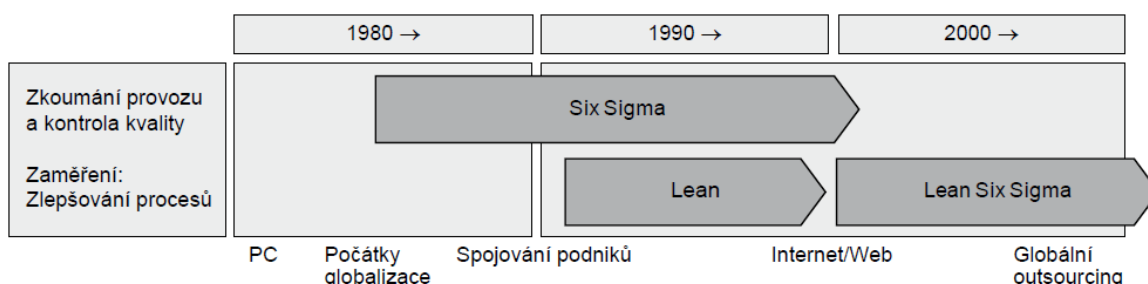
Obrázek 2 Jednotlivé fáze metodiky DMAIC (vlastní zpracování dle Svozilová, 2011, s. 89)

Realizace metod Six Sigma se opírá o tým odborníků pocházejících z různých oddělení podniku. Management přiřadí k projektům ty lidmi, kteří mohou dosáhnout cílů a udržet je.

Využití metodiky Six Sigma má mnohostranný dopad nejen na zvyšování konkurenceschopnosti podniku, ale také je preventivním nástrojem před vznikem neshod mezi podnikem a zákazníky, což vede k zamezení vzniku nerovnováh mezi podnikem a jeho okolím. Sigma jako ukazatel říká, jaký je potenciál neshod, a koncentruje se v něm množství faktorů působících na podnikové procesy. (Zuzák a Kónigová, 2009)

### 1.4.3 Lean Six Sigma

Z názvu *Lean Six Sigma* je na první pohled zřejmé, že tato metodika kombinuje principy Lean production s principy Six Sigma. Tyto dvě metodiky vznikly na různých místech a v různých časech a je možné používat je samostatně (obrázek 3).



Obrázek 3 Vývoj Lean Six Sigma (vlastní zpracování dle Svozilová, 2011, s. 22)

Obecně se Lean production zaměřuje na rychlost procesů (odstraňování plýtvání) a Six Sigma na kvalitu procesů (redukce variability a odstraňování neshodných produktů). Obě iniciativy se navzájem doplňují, a proto se v současnosti zdůrazňuje jejich společné uplatnění. Lean Six Sigma napomáhá redukovat plýtvání prostřednictvím eliminace zásob jakéhokoliv druhu, zvýšit flexibilitu a rychlost práce pracovníků a zařízení. Je tedy jednoznačně lepší, když organizace uplatňuje obě koncepce synchronizovaně. Synchronizovaný přístup přináší rychlejší, lepší a robustnější výsledky. (Fekete, 2012)

## 1.5 Údržba techniky ve výrobním procesu

Pokud chce podnik plnit požadavky zákazníka v plném rozsahu, kvalitě, v domluveném čase a s minimálními náklady musí mít mimo jiné dobře zvládnutou údržbu.

**Cílem údržby** jako obnovovacího procesu, jehož smyslem je systematické odstraňování důsledků fyzického i ekonomického opotřebení jednotlivých prvků i celého systému zařízení, k němuž dochází v důsledku jeho využívání ve výrobním procesu, je zajistit péči o výrobní zařízení na takové úrovni, která by dovozovala bezporuchový chod hlavní výroby a byla při tom co nejefektivnější. (Jurová, 2013)

Jestliže se chceme zabývat **údržbou**, měli bychom začít ztrátami zatěžujícími provoz a výkon strojů i zařízení. Ztráty vznikají jednak na základě způsobu výroby, provozování i údržby daného zařízení a jednak na základě nechtěných lidských chyb. Cílem údržby jakéhokoliv technického zařízení je tyto ztráty snížit nebo úplně vyloučit. Tradiční rozdělení vychází z tzv. **šesti velkých ztrát**, kterými jsou:

- prostoje související s poruchami strojů a neplánované prostoje;
- čas na seřizování a nastavování parametrů (změny a výměny);
- ztráty způsobené přestávkami ve výkonu zařízení, krátkodobé poruchy;
- ztráty rychlosti průběhu výrobních procesů;
- snížení výkonu ve fázi náběhu výrobních procesů, technologické zkoušky;
- kvalitativní důsledky procesních chyb. (Mašín a Vytlačil, 1996)

**Totálně produktivní údržba** (dále jen TPM) je produktivní údržba prováděná na celopodnikové bázi. V dnešní době se přístup TPM využívá ve všech případech, kdy je průmyslová výroba založena na lidských operátorech. Zjednodušená definice upřesňuje koncepci následovně: „*TPM je soubor aktivit vedoucích k provozování strojního parku*

*v optimálních podmínkách a ke změně pracovního systému, který udržení těchto podmínek zajišťuje.*“ (Jurová, 2013)

Přístup TPM je postaven na **pěti pilířích**, mezi které patří:

- aktivity zvyšující celkovou efektivnost zařízení;
- samostatná údržba prováděná operátory;
- systém plánované údržby;
- systém zlepšování stavu strojů a včasného uvedení nových strojů do provozu;
- trénink a vzdělávání operátorů a údržbářů. (Jurová, 2013)

Abychom mohli dosáhnout **cílů TPM** (nulové prostoje, nulové závady a nulové nehody), musíme v dané oblasti provádět takovou prevenci, která by eliminovala výskyt jakéhokoliv případu jednou provždy. TPM proto klade prevenci na první místo a zakládá ji na následujících principech:

- udržování normálních podmínek;
- včasná identifikace abnormalit;
- okamžitá reakce na abnormality. (Mašín a Vytačil, 1996)

## 2 PRŮMYSL 4.0

*Průmysl 4.0* nazývaný také *čtvrtá průmyslová* nebo *digitální revoluce* je charakterizován procesem fúze technologií, které vyčistí hranice mezi fyzickou, digitální a biologickou sférou. Tato revoluce je úplně odlišná od předchozích revolucí, a to především v rychlém nástupu a šíření inovací. Tato revoluce se vyvíjí exponenciálně a ovlivňuje téměř všechny oblasti činností po celém světě.

### 2.1 Charakteristika konceptu Průmysl 4.0

V posledních letech přitáhl Průmysl 4.0 velkou pozornost jak výrobních společností, tak servisních systémů. Na druhou stranu neexistuje žádná určitá definice Průmyslu 4.0 a přirozeně neexistuje jednoznačné využití nově vznikajících technologií k zahájení transformace na Průmysl 4.0. (Ustundag a Cevikcan, 2018)

Průmysl 4.0 *spočívá zejména v integraci* výrobních zařízení, dodavatelského řetězce a systémů služeb, které umožňují vytvoření sítí s přidanou hodnotou. Z toho důvodu jsou pro úspěšnou adaptaci nezbytné nové technologie, jako je analýza velkých dat, autonomní (adaptivní) roboty, kyberneticko-fyzický systém (dále jen CPS), simulace, horizontální a vertikální integrace, průmyslový internet, cloudové systémy, aditivní výroba a rozšířená realita. (Ustundag a Cevikcan, 2018)

Jedním z nejdůležitějších bodů je rozsáhlé využívání průmyslového internetu a alternativních připojení, která zajišťují síťové propojení rozptýlených zařízení. Zapojení všech systémů do sítě a tím pádem vytvoření CPS vede ke vzniku *inteligentních továren*, kde komunikace probíhá přes síť a výroba je téměř autonomní. Základní charakteristiky inteligentních továren odpovídajících konceptu Průmysl 4.0 lze shrnout následovně:

- výrobní procesy jsou optimalizované v rámci celého hodnotového řetězce díky vertikálně i horizontálně integrovaným IT systémem;
- izolované výrobní jednotky jsou nahrazeny plně automatizovanými a vzájemně propojenými výrobními linkami;
- fyzické prototypy jsou nahrazeny virtuálními návrhy;
- flexibilní výrobní procesy umožňují efektivní výrobu i malých výrobních dávek;
- vzájemně komunikující zařízení činí do jisté míry autonomní rozhodnutí v reálném čase a tím zvyšují flexibilitu a efektivitu výrobního procesu;

- výrobní zařízení se samo optimalizuje a konfiguruje v závislosti na parametrech zpracovávaného produktu;
- automatizované logistické zázemí využívající autonomních vozíků a robotů se automaticky přizpůsobuje potřebám výroby. (Mařík, 2016)

## 2.2 Dopady na trh práce

Průmyslu 4.0 bude pro pracovní pozice vyžadovat nový typ odborného vzdělávání, které spojuje technické a lidské znalosti. Samozřejmě nesmí chybět ani neustálá chuť se učit. V mnoha kruzích způsobuje příchod čtvrté průmyslové revoluce neklid. Mnoho lidí se obává, že automatizace a umělá inteligence převezme velkou část pracovních činností. Je tedy zřejmé, že některé pracovní pozice z trhu práce zmizí, protože budou nahrazeny automatizovanými stroji.

Míra industrializace a vázanost pracovní síly v průmyslu může být hodnocena jako příznivý faktor udržující technické znalosti na slušné úrovni, která může být dále aktivována za podmínky doplnění všech nezbytných IT znalostí, přenositelných dovedností, rozvoje inovativního myšlení, podnikavosti, apod. Na druhé straně však vysoký podíl průmyslu může znamenat velkou zranitelnost zde vázané pracovní síly a vysoké nároky na bezproblémové zvládnutí přechodu na platformu Průmyslu 4.0, zejména pokud je průmysl petrifikován velkou zátěží méně technologicky i kvalifikačně náročných výrob. (Mařík, 2016)

Ministerstvo práce a sociálních věcí (dále jen MPSV) se snaží podrobně zmapovat současnou situaci i budoucí trendy na trhu práce, které souvisí s příchodem Průmyslu 4.0 a připravit případné scénáře a opatření, jak na tyto změny adekvátně reagovat. V roce 2016 v této souvislosti MPSV zpracovalo *studii Iniciativa Práce 4.0*, která se konkrétně zabývá očekávanými dopady digitalizace (informatizace a kybernetizace) na oblast trhu práce a na vybrané sociální aspekty. (MPSV, 2020)

Podle studie Iniciativa práce 4.0 (MPSV, 2016) se doposud uskutečněné propočty o zániku a vzniku pracovních míst liší ve vazbě na použitou metodiku. Konkrétně pro Českou republiku je odhadováno, že automatizací je v průběhu následujících 20 let silně ohroženo 10 % pracovních míst a u 35 % pracovních míst dojde k podstatným změnám ve vykonávaných činnostech.

### 3 AUTOMATIZACE A ROBOTIZACE

*Automatizace* je souhrn činností spočívajících v návrhu a realizaci opatření, která umožňují samočinně vykonávat takové duševní činnosti člověka, které jsou spojeny se spouštěním strojů, s výpočty při řízení provozních parametrů strojů, s optimalizací chodu strojů a s jejich zastavováním. Stroj jako mechanické zařízení vyrobené člověkem nahrazuje, usnadňuje, zrychluje a zpřesňuje lidskou práci. (Automatizace a automatizační technika 1, 2012)

Slovo *robot* je postaveno na staroslovanském základu „-rob-“, od kterého je též odvozen výraz „robot“ mající v češtině význam těžké až nepříjemně unavující práce. Český spisovatel Karel Čapek použil toto slovo k označení uměle vytvořených bytostí ve svém dramatu „R.U.R.“ z roku 1920. Čapkovi „Roboti“ byli koncipováni pouze na biochemické bázi. (Kolíbal, 2016)

Od té doby se však začalo tímto slovem označovat jakékoliv automatické i mechanizační zařízení, a to od kuchyňských strojů až po automatické piloty. Konstrukteři a odborníci zahrnují roboty, zejména pak ty průmyslové, mezi neživé stroje, a proto je také podle neživého vzoru „hrad“ skloňují. (Kolíbal, 2016)

#### 3.1 Minulost a současnost automatizace

V dnešní době si pod pojmem automatizace představíme pokročilé technologie, jako je umělá inteligence, strojové učení nebo robotika. Historie automatizačních technologií je ovšem mnohem hlubší, než kterou dnes vidáme na pracovištích. Myšlenka používání automatizační technologie existuje již po staletí, i když za posledních sto let se stala specifitější tak, aby vyhovovala určitým odvětvím.

##### 3.1.1 Minulost

Již 200 let př. n. l. byly v Alexandrii automaticky otevírány a zavírány velké chrámové dveře za pomoci ohně, vody a z nich vzniklé vodní páry. Jednoduché využití protizávaží patřilo ve své době ke skutečně převratným vynálezům. Počátky historie automatizace můžeme pozorovat i na řadě dalších zařízení. Pokrokovým strojem byl takzvaný „samotřas“, který reguloval přísun zrna ve starověkých mlýnech. Modernější regulátor známe i z pozdějších arabských textů z 9. století, stroj měl za úkol ovládat přítok vody do napáječky dobytka. Lidé si už ve starověku představovali také nejrůznější mechanické robotické pomocníky v podobě zvířat. (Žáček, 2015)



Ve středověku se středověku se staly obdivovanými automaty hlavně mechanické hračky. Jejich tvůrci byli zejména zruční hodináři. Hodinový stroj byl ve středověku představitelem vrcholné řemeslnické zručnosti, mechanické dovednosti a složitosti a obsahoval řadu důmyslných regulátorů, neboť uměl ukazovat přesný čas po dobu své životnosti. (Automatizace a automatizační technika 1, 2012)

Za historicky první výrobní automat je považován vibrační podavač obilí, popsany italským technikem Ramellim v roce 1588. Ke skutečnému sestrojení automatických strojů však došlo později, konkrétně v roce 1801, kdy Francouz Ch. Jacquard vynalezl dopřádací stroje, které byly plně využívány při předení. V dalších desetiletích se již objevovaly poloautomatické revolverové soustruhy, papírenský stroj nebo zemědělská mlátička. Stále se však nejednalo o automaty v dnešním slova smyslu. Dělníci museli upínat, vyjímat a přenášet součásti. (Žáček, 2015)

### 3.1.2 Současnost

V průmyslové výrobě jsou široce využívány stroje, které plní určité funkce za člověka. Zmíněné stroje ale obvykle nejsou nazývány roboty, ale automaty. To je dáno především tím, že tyto automaty jednak svým vzhledem člověka velmi málo připomínají a jednak je jejich funkce většinou poměrně úzce specializovaná. Pro vývoj robotů je podstatný vynález číslicového řízení, NC, v polovině 20. století. Výrobní stroje NC ve spojení s manipulátory a průmyslovými roboty s řízením NC vedly k realizaci představ o automatické výrobě. (Kolíbal, 2009)

Po vzniku programovacího jazyka APT v roce 1958 trvalo ještě řadu let, než byla úroveň NC strojů posunuta dále a započal vývoj nové generace CNC strojů. První průmyslový robot byl vyvinut a instalován v továrně FANUC v roce 1974. Od roku 1984 začaly vznikat CNC systémy s grafickými programovacími prostředky. (Žáček, 2015)

Tento vývoj automatizace a robotizace výrobních procesů za účasti NC (CNC, DNC) řízených výrobních strojů s využitím procesů CAD, CAM, CAQ, CAPP vede ke komplexnímu vývoji systému CIM. Přímý vývoj v robotice ovšem sleduje nejfantastičtější směr, a tím je vývoj mobilních, krácejících a humanoidních robotů. (Kolíbal, 2016)

Automatizace zajistila zvýšení růstu společenské produktivity práce. Nová technika ovlivňuje organizaci výroby, člověka staví do nového vztahu k přírodě a technice. Lidé se museli naučit sdílet s roboty stejné pracoviště. Počet robotů ve výrobě šel v jednadvacátém

století prudce nahoru. Zatímco v roce 2003 bylo v Evropě nainstalováno 20 tisíc robotů, v roce 2008 bylo po celém světě instalováno již 200 tisíc robotů. (Žáček, 2015)

## 3.2 Důvody automatizace

Automatizace výrobních strojů obecně přináší tři základní efekty, a to *zvýšení kvality výrobků*, *zvýšení produktivity práce* (výrobnosti) a možnost *zvýšení pružnosti* (flexibility) výroby. Tyto jsou nezbytné pro zachování konkurenceschopnosti, jež je podmíněna pružným uspokojováním zákazníka kvalitními výrobky při jejich nerostoucí ceně. (Němejc, 2002)

Účelem automatizace je úplné nebo částečné vyloučení člověka z procesů, které chceme automatizovat. Důvody, které nás k tomuto rozhodnutí vedou, jsou následující.

### 3.2.1 Vynucená automatizace

Podle Lacka (2000) jsou důvodem vynucené automatizace situace, kdy je náhrada člověka automatem vynucená určitou skutečností. Důvody pro náhradu člověka automatem mohou být následující:

- bezprostřední přítomnost představuje pro člověka nebezpečí, a to i smrtelné;
- člověk svou činností je příčinou chyb;
- přímá účast člověka mu způsobuje fyzickou únavu nebo zdravotní následky;
- člověk není schopen vykonávat danou činnost z hlediska rychlosti, přesnosti či rozsahu;
- automatické řízení vykonává požadované úkony s vyšší jakostí než člověk.

### 3.2.2 Ekonomicky zdůvodněná automatizace

Ekonomicky odůvodněná automatizace vychází z ekonomických hledisek tržní ekonomiky. Použití automatizace může umožnit například:

- snížení výrobních a režijních nákladů;
- zvýšení produktivity práce a objemu výroby;
- pružně reagovat na individuální přání zákazníka;
- firmě realizovat nadstandardní jakost;

- zkrácení doby průběžné doby vývoje a výroby. (Automatizace a automatizační technika 1, 2012)

### 3.2.3 Další důvody k automatizaci

Další důvody proč investovat do automatizace můžeme spatřovat například:

- v řešení problému s nedostatkem pracovní síly;
- v menší náročnosti na pracovní prostor;
- ve zvýšení prestiže výrobce;
- ve zvýšení pohodlí člověka;
- předváděcí akce, zábava. (Lacko, 2000)

Důvodů proč zavádět automatizaci do výroby je velké množství a je jen na vedení v podniku jak se k současnému trendu postaví. Každý výrobce by si měl před zavedením automatizace zhodnotit ekonomické, technické i sociální dopady na svůj podnik.

## 3.3 Spolehlivost v automatizaci

U každého výrobního stroje hodnotíme především jeho provozní vlastnosti: pracovní takt, pořizovací náklady, nároky na obsluhu, nároky na seřízení a údržbu, vliv na pracovní prostředí, požadavky na pracovní prostor, návaznost na sousední technologické operace, kvalitu provedení technologické operace a spolehlivost. Spolehlivost je jedna z nejdůležitějších provozních vlastností výrobního zařízení podstatně *ovlivňujících ekonomickou efektivnost* jeho nasazení. (Maixner a Kolníková, 1984)

Spolehlivostí automatů a automatických výrobních soustav označujeme schopnost těchto objektů plnit požadované funkce při zachování provozních ukazatelů v daných mezích a v čase podle stanovených technických podmínek. Spolehlivost chápeme jako komplexní vlastnost objektu, zahrnující bezporuchovost, živostnost, opravitelnost atd. (Automatizace a automatizační technika 2, 2014)

Automatizovaný stroj se v libovolném okamžiku nachází zpravidla v některém z následujících stavů:

- bezporuchový provoz;
- obnovování provozuschopnosti;
- čekání na obnovení provozuschopnosti;

- čekání na přísun výrobků od předchozího automatu;
- preventivní údržba;
- organizační prostoje. (Maixner a Kolníková, 1984)

Pro spolehlivost automatického stroje *je rozhodující nejen četnost jeho poruch*, které znemožňují nebo omezují výkon jeho funkce, ale *i rychlost odstranění příslušné závady*, jinak doba trvání opravy. Porucha automatu je děj, který má své příčiny, ale tyto příčiny není zpravidla v našich technických možnostech sledovat a odhalit. Tyto děje se nám proto jeví jako náhodné a musíme s nimi takto pracovat. K dispozici máme dobře propracované metody a prostředky teorie pravděpodobnosti, která odhaluje zákonitosti a vztahy ve zdánlivě neurčitém prostředí. (Automatizace a automatizační technika 2, 2014)

### 3.4 Aspekty pro posuzování robotů

Při posuzování manipulačních zařízení, průmyslových robotů i robotů jako takových se začala zákonitě uplatňovat celá řada aspektů, především:

*Morfologie (stavba) robotu* je odvozena od jeho kinematické struktury v závislosti na použitých konstrukčních prvcích. Významnou avšak nikoliv definující veličinou je počet stupňů volnosti. Běžné průmyslové roboty mívají 5 až 6 stupňů volnosti. (Kolíbal, 2016)

Samotná *velikost a hmotnost* souvisí s konstrukcí daného průmyslového robotu a s jeho budoucím použitím. Čím je menší hmotnost celého robotu a jeho součástí, tím je menší energetická náročnost provozu, a tím je menší tlak na jednotlivé součásti a tím pádem delší životnost celého stroje. Minimální rozměry jsou úzce svázány s minimální hmotností robotu, ale navíc je vytvářen předpoklad pro dosažení co nejlepších manipulačních vlastností. (Pleskot, 2019)

*Hmotnost břemene* je jedním ze základních parametrů, které určují možné použití průmyslového robotu. Je nutné si uvědomit, že do hmotnosti břemene započítávají téměř všichni výrobci také hmotnost úchopového mechanismu, takže čistá hmotnost manipulovaného břemene bude vždy podstatně nižší. (Kolíbal, 2016)

*Dosahovaná přesnost* je důležitým údajem o průmyslovém robotu, je ovšem závislá na jeho zatížení. Proto je nutné sledovat, při jaké hmotnosti břemene je schopen průmyslový robot výrobcem proklamovanou dosažitelnou přesnost skutečně zabezpečit. (Kolíbal, 2016)

**Rychlost pohybů** je další veličinou závislou na druhu použitých pohonů, ale také na okamžitém zatížení robotu, a to ve vztahu k dosažitelné přesnosti. Čím větší bude okamžité zatížení, tím bude obtížnější dosáhnout maximální rychlosti, jakož i přesnosti. (Kolíbal, 2016)

**Způsob pohonu** může mnohdy sehrát rozhodující roli při volbě mezi manipulátorem či robotem. Hlavní funkcí pohonu je přeměna vstupní energie na mechanický pohyb. Mezi požadavky na pohon patří **plynulý rozběh a brždění**. Je důležité, aby přenášený objekt byl bezpečně držen. Při plynulém pohybu je pak nutné vyvinout mnohem menší uchopovací sílu na rozdíl od trhaného pohybu s rázy. Při neplynulém, trhaném pohybu dochází k mnohem rychlejšímu opotřebení jednotlivých součástí robotu, a tím pádem dochází ke snížení životnosti a spolehlivosti stroje. U průmyslových robotů a manipulátorů se používají následující pohony: mechanické, pneumatické, hydraulické, elektrické nebo kombinované. (Pleskot, 2019)

### 3.5 Periferní zařízení

Periferie nebo periferní zařízení (někdy označované jako pomocné manipulační prostředky, nebo také mezioperační mechanismy) **slouží k vykonávání jednoduchých pohybů** s určeným objektem do míst dosahu robotu či manipulátoru, zprostředkovávají pohyb mezi jednotlivými pracovními operacemi, nebo do míst mimo pracoviště robotu a manipulátoru, vytvářejí přirozenou zásobu objektu, mění orientaci, umožňují stěhování a urovnání objektů atd. Dá se říci, že zjednodušují náročnost řídicího systému robotizovaného pracoviště a dále umožňují použít robot nebo manipulátor s menším stupněm volnosti nebo méně náročnými parametry. Spolupráce manipulátoru nebo robotu s periferním zařízením přináší zrychlení manipulačního procesu, ale také vyšší přesnost. (Knoflíček, 2004)

Z důvodu přehlednosti jsou periferní zařízení rozděleny podle několika hledisek. **Podle umístění** v robotizovaném pracovišti rozlišujeme:

- vstupní zařízení;
- mezioperační zařízení;
- výstupní zařízení;
- pomocná zařízení. (Knoflíček, 2004)

Z hlediska určitých charakteristických *rysů konstrukce* je možné stanovit typy několika hlavních skupin periferií. Jsou to:

- dopravní zařízení (pásové, článkové, šnekové, elevátory, podvěsné dopravníky, válečkové, skluzy, hrablové, vibrační);
- otočné stoly a lineární posuvné jednotky;
- podávací zařízení se zásobníkem a násypkou;
- zvedací a podávací zařízení;
- paletizační prvky;
- dopravní vozíky. (Kolíbal, 2016)

*Podle funkce* jsou periferní zařízení rozdělena do třech základních skupin:

- periferie přemísťují objekty tak, že mění polohu těžiště, orientace zůstává stejná;
- periferie mění orientaci objektu, tzn. že se otáčí podle osy ve svém těžišti, ale objekt se nepřemísťuje;
- periferie mění polohu těžiště i orientaci objektu. (Knoflíček, 2004)

### 3.6 Bezpečnost

V dnešním technologicky vyspělém světě jsou výrobní zařízení a procesy stále složitější. Pracovní zátěž zaměstnanců je čím dál tím větší, což v podnicích podstatně zvyšuje riziko pracovních úrazů. Pokročilý vývoj v oblasti průmyslové automatizace však pomáhá podnikům zvýšit bezpečnost výroby a současně zvýšit ziskovost. (Universal Robots, 2019)

Průmyslové roboty a průmyslové systémy robotů ovšem také představují závažná nebezpečí. Nebezpečí spojená s roboty jsou dobře rozpoznatelná, ale zdroje nebezpečí jsou často odlišné pro jednotlivý systém robotu. Rizika spojená s těmito nebezpečími se mohou lišit podle typu použitého robotu a způsobu jeho instalace, programování, provozu a údržby. (ElektroPrůmysl.cz, 2015)

#### 3.6.1 Legislativa

Každý stát má legislativu související s průmyslovou bezpečností odlišnou. Zákony jsou regulovány odpovídajícími organizacemi každé země. Pro výrobce může být pochopení a plnění těchto požadavků náročné, zvláště když pracuje ve více státech. Je tedy důležité této problematice věnovat dostatečnou pozornost a předejít tak nemalým problémům.

Na robotické systémy se vztahuje několik směrnic EU. Zásadní je Směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/42/ES ze dne 17. května 2006 o strojních zařízeních.

Než výrobce nebo jeho zplnomocněný zástupce uvede strojní zařízení na trh nebo do provozu musí:

- zajistit, aby splňovalo příslušné základní požadavky na ochranu zdraví a bezpečnost;
- zajistit, aby byla k dispozici technická dokumentace;
- poskytnout potřebně informace;
- provést příslušné kroky k posouzení shody dle určeného postupu;
- vypracovat ES prohlášení o shodě a zajistit, aby toto prohlášení bylo přiloženo ke strojnímu zařízení;
- připojit označení CE. (Kolíbal, 2016)

### 3.6.2 Nebezpečí průmyslových robotů

Základní povinností výrobce při vývoji nového robotu či robotického systému je identifikace všech nebezpečí, která tato zařízení vytváří. Aby měl konstruktér snazší práci, jsou ve směrnicích a harmonizovaných normách uváděny typické příklady nebezpečí, která se mohou vztahovat k příslušnému zařízení. (Kolíbal, 2016)

Prokazuje se, že nejrizikovější situací je přímý kontakt člověka s průmyslovým strojem při provádění běžné údržby. Mezi profese, které jsou nejvíce ohroženy úrazy na pracovišti, patří: montéři, elektrikáři, seřizovači a mistři. (Universal Robots, 2019)

Roboty musejí být konstruovány a vyrobeny tak, aby nehrozilo nebezpečí mechanické, elektrické, tepelné, vytvářené hlukem, vytvářené vibracemi, vytvářené zářením, vytvářené materiály a látkami nebo nebezpečí ergonomické. Některá jednotlivá relevantní nebezpečí, jež se zdají být nevýznamná, mohou být ve vzájemné kombinaci rovnocenná některému z významných nebezpečí. (Kolíbal, 2016)

## 4 ERGONOMIE

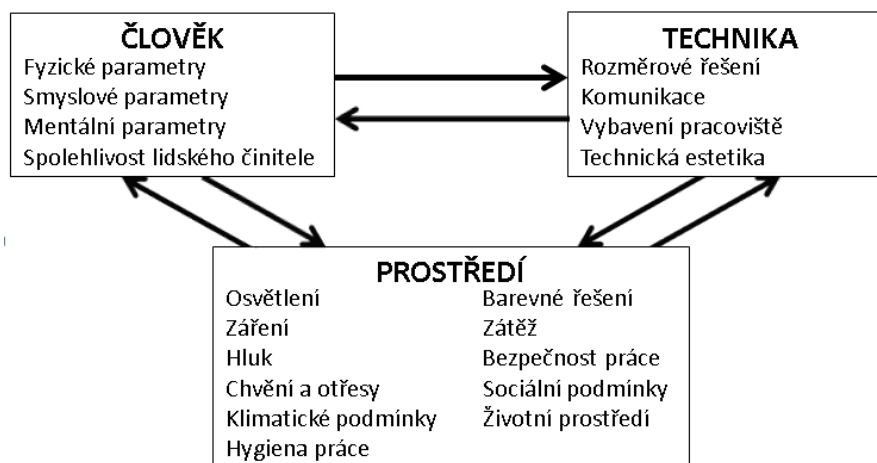
Neustálý pokrok ve vědě a technice stále přináší nové stroje, nové technologie a metody práce. Je tedy velká pravděpodobnost vzniku disproporce mezi požadavky a nároky, které nové činnosti či nová technika vyžaduje a možnostmi, schopnostmi a dovednostmi člověka, když je má vykonávat a obsluhovat. Důsledkem je pak přetížení pracovníka, což se projeví buď jeho únavou, selháním či dokonce havárií celého systému s možným zdravotním poškozením pracovníka. (Chundela, 2013)

Poškození zdraví se může projevit dvojím způsobem, a to náhlým poškozením zdraví (úraz) nebo pozvolným působením škodlivého jevu s následkem nemoci. Za pracovní pohodu se považuje stav, kdy existuje optimální psychofyzická zátěž člověka a zároveň jsou vytvořeny podmínky pro rozvoj jeho osobnosti. (Chundela, 2013)

### 4.1 Systém člověk-technika-prostředí

V dějinném vývoji lidstva je možné najít důkazy o snaze přizpůsobit nástroje a později i stroje fyzické, sensorické i mentální kapacitě (způsobivosti) člověka. Proces přizpůsobení člověka však probíhal více méně živelně a teprve v posledních několika desetiletích se opírá o systematické studium interakcí mezi člověkem a jím používanými prostředky. (Gilbertová a Matoušek, 2002)

Ergonomická hlediska, odvozená nikoliv ze zobecněné a mnohdy subjektivně zatížené empirie, ale podložená soustavným odborným studiem vztahů **člověk-technika-pracovní prostředí** (obrázek 4), se stávají neoddelitelnou součástí celkového hodnocení pracovních systémů. (Gilbertová a Matoušek, 2002)



Obrázek 4 Systém člověk-technika-prostředí  
(vlastní zpracování dle Chundela, 2013, s. 13)



Během vývoje lidstva člověk ke své práci, při které působil na daný předmět, využíval různých zprostředkujících mezičlánků, které měly za úkol zlepšit výsledný efekt jeho snahy. Tyto mezičlánky se během let intenzivně vyvíjely od nástrojů, strojů po komplexní mechanizaci a automatizaci. Z člověka se tak postupně stává pouze řídicí a kontrolní prvek systému. (Chundela, 2013)

## 4.2 Ergonomie pracoviště

*Ergonomie pracoviště* je soubor technik, znalostí a prostředků, které mají za úkol přizpůsobit pracoviště fyzickým a duševním potřebám člověka. Velmi souvisí s *bezpečností a ochranou zdraví při práci*. Několik nezávislých zahraničních studií prokázalo, že kvalitně řešená ergonomie pracoviště má pozitivní vliv na výkonnost pracovníka, snižuje úrazovost a celkově přispívá k větší efektivitě práce. (BOZP.cz, ©2020)

Nevhodné přizpůsobení strojního zařízení lidským vlastnostem a schopnostem se může projevit:

- na fyziologii člověka/obsluhy např. svalově kosterním poškozením, které vyplývá z nevhodné polohy těla, nadměrné nebo opakované námahy;
- na psychofyziologii obsluhy, která může být například vystavena duševnímu přetížení nebo stresu, či je nedostatečně vytížena, což může být následkem provozu, kontroly nebo údržby stroje v mezích jeho předpokládaného používání;
- chybným jednáním člověka. (Kolíbal, 2016)

Požadavky na bezpečnou práci a provoz strojů jsou uvedeny v právních předpisech a normách dále mohou být uvedeny také v návodech k obsluze, místních provozních předpisech, technologických normách či pracovních nebo technologických postupech.

Povinnosti a požadavky na bezpečnost práce na CNC stroji jsou určeny jak pro zaměstnavatele, tak zaměstnance. Je důležité si uvědomit, že se jedná o chování před zahájením práce na stroji, za provozu stroje a také po ukončení práce na stroji. (Bezpečnostpráce.info, 2018)

## **II. PRAKTICKÁ ČÁST**

## 5 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

V této kapitole bude představena společnost zadavatele a popsána její současná situace včetně aktuálních potíží týkajících se pracovní síly, které vedení firmy neustále řeší. Součástí bude layout a popis procesu na obráběcí stanici, která je předmětem této práce. Dále budou formulovány požadavky zadavatele, které mají vést k optimalizaci procesu.

### 5.1 Představení společnosti zadavatele

Společnost zadavatele má dlouholetou tradici v kovovýrobě. Její portfolio je tvořeno jak zakázkovou výrobou pro automobilový a těžební průmysl, tak hromadnou výrobou dílů z profilů či plechů. Areál závodu tvoří skladovací, výrobní, expediční a administrativní prostory na celkové ploše cca 2 600 m<sup>2</sup>.

Společnost se neustále snaží o inovaci svých produktů a procesů, z důvodu udržení si své pozice na trhu a zvyšování konkurenceschopnosti. Je certifikovaným dodavatelem nejen na území České republiky, ale také na území vyspělých států Evropy. Společnost splňuje náročné normy během své produkce, tak i v rámci přístupu k životnímu prostředí. V regionu společnost zadavatele patří ke středně velkému zaměstnavateli, který se aktivně zajímá o své okolí, ve kterém se snaží přispívat ke zlepšování kulturní i sociální situace.

### 5.2 Současný stav ve společnosti zadavatele

V současné době je společnost zadavatele vystavena obrovskému tlaku ze strany trhu na snižování cen dílů dodávaných do automobilového průmyslu. Přestože je podnik vybaven technicky srovnatelně s konkurencí, tak majitel není spokojen s produktivitou práce ve své společnosti. Společnost zadavatele vykazuje nižší produktivitu a tím pádem má vyšší výrobní náklady, než byly původně kalkulovány do cen hotových výrobků.

Dále společnost řeší nedostatek kvalifikovaných operátorů. Operátoři nejsou schopni udržet pracovní morálku celou výrobní směnu, dochází ke ztrátám výkonu. Opakovatelnost procesních úkonů neudrží celou pracovní dobu rovnoměrně. Tyto ztráty produktivity jsou kompenzovány přesčasovými směnami, které díly ještě více prodražují. Ke ztrátě kapacity dochází i vlivem čerpání řádné dovolené, návštěv lékařů, pracovní neschopnosti operátorů, ošetřováním blízkých rodinných příslušníků a vlivem volných dnů, které jsou ustanoveny státem jako státní svátek. Obtížné je vůbec na danou pozici operátora zajistit při stávajících platových podmínkách.

Z uvedených důvodů se zadavatel rozhodl ve své společnosti udělat interní detailní analýzu, kterou byla definována slabá místa při výrobních činnostech. Bylo vytipováno několik pracovišť, kde se úpravami a zlepšeními usnadnila a zrychlila práce operátorů. Méně složité inovace si firma realizovala sama vlastními zaměstnanci.

### **5.3 Tok materiálu vybraným výrobním procesem**

Během interní analýzy procesu byl detekován výrobní proces vhodný pro optimalizaci, jejíž realizaci není zadavatel schopen provést pouze z vlastních zdrojů. Tento proces se týká operace frézování, která bude podrobněji popsána v bodě 5.3.3.

Vybraný výrobní proces je zaměřen na výrobu hliníkových výztuží, které jsou montovány na podvozky automobilů. Na každý vůz se montují čtyři kusy. Z dlouhodobého hlediska je to pro firmu důležitý produkt, protože tyto díly se dodávají na velkoobjemovou platformu, která se bude vyrábět několik let.

Proces se odehrává na hale o výměře 420 m<sup>2</sup>. Z pohledu uspořádání pracovišť se jedná o technologické uspořádání, kde jsou v blízkosti technologicky příbuzné stroje. Z hlediska množství a rozmanitosti produkce na obráběcích stroji se jedná o hromadnou výrobu.

Snahou společnosti je vyrábět na principu tahu, aby nedocházelo k hromadění rozpracovaných zásob na hale a vznikl tak plynulý tok výrobním procesem. Aby mohl být výrobek vyroben a dodán zákazníkovi, musí být do společnosti odeslaná tzv. odvolávka prostřednictvím elektronické komunikace. Na základě této odvolávky začne plánování výroby a je vystavena výrobní zakázka.

#### **5.3.1 Řezání**

Skladník na základě příkazu od mistra výroby z pozice skladu vyskladí požadované množství materiálu a převeze ho na vysokozdvížném vozíku k pásové pile. Poloautomatickou pásovou pilu obsluhuje jeden operátor, který zakládá materiál do stroje. Po upnutí pila uřeže tyčový materiál na stanovenou délku, která je nastavená pomocí pevného dorazu. Po skončení operace řezání operátor vyskládá díly do kovové palety po 716 ks, což je zákazníkem stanovené množství pro jedno balení. Všechny další operace opět pracují se stejným počtem dílů. Po naplnění palety manipulát převeze díly na operaci lisování.

### 5.3.2 Lisování

Další operací v pořadí je lisování deseti průchozích otvorů různých průměrů. Operátor odebírá díly po dvou kusech z palety a vkládá je do lisovacího nástroje, který je umístěn ve výstředníkovém lisu. Po stisknutí obouručných start tlačítek dojde na jeden pracovní zdvih k vylisování všech otvorů. Poté operátor odloží díly do kovové palety, která je po naplnění manipulátem přesunuta k operaci frézování.

### 5.3.3 Frézování

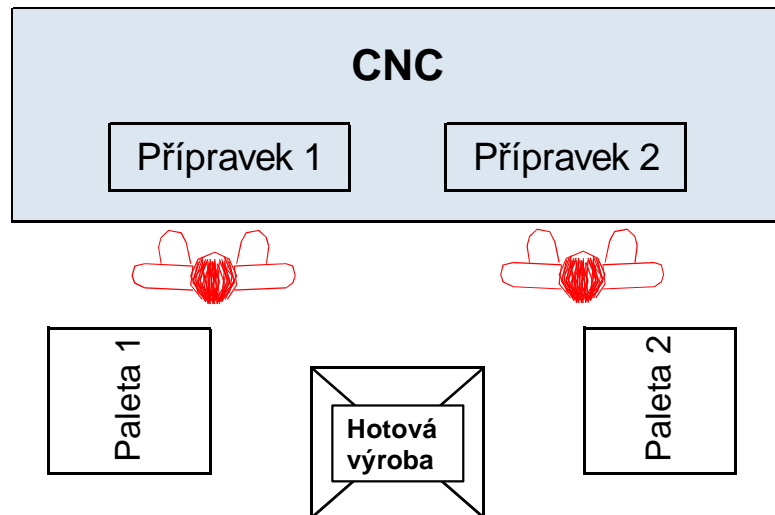
Další operací je frézování zahloubení pro hlavy šroubů. Provádí se okolo již vylisovaných děr. Čtyři krát na každém díle. Na obráběcím centru pracují dvě operátorky, jejichž činnost musí být maximálně synchronizována, protože obě vykonávají stejné pracovní úkony. Jakákoliv odchylka a zpomalení má za následek prodloužení výrobního cyklu. Po automatickém otevření dveří frézky musí operátorky odjistit upínací mechanismus základacích přípravků. Poté každá vyjme tři díly po frézování, které si odloží do vyhrazeného prostoru. Zakládací plochy přípravků musí očistit od třísek po frézování. K čištění se používá proud stlačeného vzduchu. Ze stroje je třískový odpad automaticky odveden na dopravníku do externí palety. Dotykové plochy přípravků musí být bez nečistot, z důvodu přesného upnutí.

Dále musí do základacího přípravku založit nové polotovary a zabezpečit upnutí dílů, které budou obráběny. Tuto činnost musí provést v co nejrychlejším čase do cca 24 s. Zakládání dílů je do Poka-Yoke tvarových základacích přípravků s polohovacími trny, které určují správnou pozici v soustavě obrobek-nástroj. Po opuštění pracovního prostoru stroje jedna operátorka vizuálně zkontroluje prostor stroje a start tlačítkem spustí operaci. Dojde k zavření dveří frézky a automatickému frézování požadovaných tvarů do dílů.

Obráběcí centrum je vybavené vertikálním vřetenem a zásobníkem nástrojů. Zásobník umožňuje uložení potřebných nástrojů vhodných pro frézování zahloubení. Nástrojů je připraven větší počet, pro jejich rychlou výměnu po otupení. Koncový zákazník nesmí dostat díly mimo stanovenou toleranci. Stroj má dva upínací přípravky, na kterých umožňuje postupně obrábět dvě sady dílů po třech kusech při jednom výrobním cyklu.

Zatímco probíhá frézování, tak se operátorky vrací k odloženým dílům. Připravenými hloubkoměry musí změřit hloubku frézovaných otvorů, kvůli ověření stability procesu. Poté tyto díly uloží na paletu pro hotové díly. Každá operátorka má svůj vlastní pracovní prostor s polotovary a jednu společnou paletu s hotovými díly. Jedna z operátorek se stará

o přípravu palet na pracoviště a odvezení hotových dílů z pracoviště, čímž dochází ke ztrátě výrobní kapacity. Po naplnění palety hotovými díly je manipulátem odvezena ke kontrole a přebalení na zákaznickou paletu. Současný layout pracoviště je na obrázku 5.



Obrázek 5 Layout stávajícího pracoviště (vlastní zpracování)

Během výroby platí následující podmínky:

- třísměnný provoz (směna  $x$ ,  $y$  a  $z$ );
- délky směny je 8 hodin včetně přestávek, které činí celkem 30 minut;
- operátor pracuje oběma rukama zároveň;
- 286 pracovních dní pro rok 2020 (s placenými svátky a mimořádnými dny);
- spolehlivost strojů 95 %.

Z obrázku 6 je zřejmé, že čas operace pracoviště by měl být 83,64 s. Celkový strojní čas na **obrábění šesti dílů je 60 s**. Na **obsluhu obráběcího stroje operátorem zbývá 23,64 s**, což znamená vyrobit **1 840 ks/směna**. Podle hodnot poskytnutých společností zadavatele jsou reálné průměrné měsíční hodnoty směn různé:

- směna  $x$  vyrobí 1 710 ks/směna (plnění na 93 %);
- směna  $y$  vyrobí 1 675 ks/směna (plnění na 91 %);
- směna  $z$  vyrobí 1 654 ks/směna (plnění na 90 %).

Po analýze strojového času, obslužného času operátorek a doby manipulace s materiálem se objevil reálný prostor pro zlepšení a optimalizaci procesu, neboť ani jedna směna nedosahuje stanovené normy.

$$\text{Délka cyklu} = \frac{\text{Efektivní výrobní čas za den}}{\text{Požadavek cyklů za den}} * \frac{\text{neplánované}}{\text{prostoje}} = \frac{81\,000}{920} * 0,95 = 83,64 \text{ s}$$

Denní požadavek - celkem	5 520 ks	[a]
Na jeden cyklus stroje se obrobí	6 ks	
Požadavek na počet cyklů stroje	920 cyklů/den	a/6
Počet směn (x, y, z)	3	[A]
Počet kusů za směnu	1 840 ks	a/A
Hodiny za směnu	8 hod	
Minuty za směnu	480 min	
Sekundy za směnu	28 800 s	[B]
Doba přestávek v min	30 min	
Doba přestávek v s	1 800 s	[C]
Efektivní výrobní čas za den	81 000 s	A*(B-C)
Spolehlivost stroje	95 %	
Neplánované prostoje	5 %	

Obrázek 6 Výpočet délky cyklu (vlastní zpracování dle interních materiálů)

### 5.3.4 Kontrola a balení

Poslední operací na díle je odjehlení otvorů a ploch po řezání. Namátková kontrola a proměření celkové délky, průměru otvorů, hloubky zahloubení. Vizuální kontrola stavu komponent, zda neobsahují hluboké vrypy a škrábance. Pokud je vše v pořádku, tak jsou díly zabaleny do zákaznického balení. Paleta s díly je označena expedičním štítkem, který obsahuje informace o dodavateli, počtu kusů, číslo palety, čárový kód atd. Následně je paleta manipulantem přemístěna do expedičního skladu.

## 5.4 Požadavky zadavatele na optimalizaci procesu

Jedná se o komplikovanou a složitou změnu procesu, muselo se tedy připravit zadání na získání cenové nabídky pro externí firmy. Detailní popis s požadavky zadavatel sepsal do dokumentu RFQ a zaslal několika firmám, které vyhledal na internetu.

Předmětem zakázky je pořízení dvou robotů ke stávajícímu obráběcímu centru, čímž dojde k nahrazení dvou operátorek výroby. Robot s uchopovacím mechanismem má zajišťovat vyjímání dílců z přepravní palety a vkládání těchto komponent do zakládacích přípravků na stole stroje. Po dokončení frézovacího cyklu dojde k odebírání dílců robotem s upínacím mechanismem ze zakládacích přípravků na stole CNC frézky. Požadovaná doba cyklu je maximálně 80 s. Cílem je vytvoření plně automatizovaného, samostatného pracoviště, které bude odpovídat všem normám pro bezpečnost práce.

### 5.4.1 Odůvodnění projektu

Po analýze a zhodnocení současného stavu ve společnosti se jako nejúčinnější řešení jeví trvalá optimalizace výrobních procesů a automatizace výrobních cyklů. Nejúčinnějším řešením je nahrazení operátora robotem, jenž garantuje maximální úsporu operátorů a časovou opakovatelnost výrobního procesu. Robotické pracoviště výše uvedené časové odstávky nepotřebuje, může pracovat prakticky v nepřetržitém provozu. Pro správnou dlouhodobou funkci stačí pravidelné servisy, v intervalech stanovených výrobcem. Rychlosti pohonů nesmí být nastaveny na maximální hodnoty, aby nedocházelo k přetěžování mechanismů, čímž se může prodloužit životnost robotu. Ten by se dal po ukončení projektu použít i na jinou aplikaci.

### 5.4.2 SWOT analýza

Pomocí SWOT analýzy představíme silné a slabé stránky vnitřního prostředí podniku. Součástí je také analýza příležitostí a hrozeb, jež plynou pro podnik z jeho okolí po implementaci robotizovaného pracoviště (obrázek 7).

	Silné stránky - Strengths	Slabé stránky - Weaknesses
Vnitřní původ	• vyšší uspokojení zákaznických potřeb 30 %	• náklady na implementaci 35 %
	• snížení nebezpečí úrazu 25 %	• nedostatečná kvalifikace obsluhy 35 %
	• zvýšení produktivity, efektivity a konkurenceschopnosti podniku 25 %	• nedostatečná motivace lidí 30 %
	• snížení nákladů na operátory 20 %	
	Příležitosti - Opportunities	Hrozby - Threats
Vnější původ	• nová technologie 30 %	• změna výrobního portfolia 30 %
	• image organizace u veřejnosti 30 %	• zlepšení nabídky stávající konkurence 25 %
	• dotační programy na technologie i vzdělávání 20 %	• ohrožení ze strany dodavatele zařízení (doba dojezdu technika, náhradní díly) 25 %
	• spolupráce s novými dodavateli 20 %	• zvyšování cen energií 20 %

Obrázek 7 SWOT analýza (vlastní zpracování)

Pokud spojíme silné stránky a příležitosti, dostaneme jasný signál pro uskutečnění projektu. V případě, že jsou slabé stránky bariérou zabráňující využití příležitostí, pak je potřeba tyto problémy odstranit. V našem případě se slabé stránky dají poměrně snadno vyřešit. Náklady na pořízení se dají pokrýt buď úvěrem, nebo čerpáním dotací z Evropské



unie. Také je zde dostatečně dlouhá doba, než bude robotizované pracoviště uvedeno do provozu k rekvalifikaci zaměstnanců či nelezení nových vhodných kandidátů. Motivace zaměstnanců by neměla být podceňována, protože hraje důležitou roli v jejich pracovním výkonu. Z tohoto důvodu je důležité zaměstnance včas informovat o plánovaných změnách a poskytnout jim odpovídající příležitost.

Nastíněné hrozby je možné řešit vybranými nápravnými opatřeními. Při změně výrobního portfolia je možné upravit manipulátor a základací přípravek do CNC frézky na daný typ. Co se týče nákladů na energie, tak i přes jejich navýšení nikdy nepřesáhnou náklady na nahrazené operátory. V případě potíží s robotickým pracovištěm se nabízí řešení v podobě připojení přes tzv. vzdálenou správu ze strany dodavatele. Pokud jde o hrozbu ze strany konkurence, zde je vhodné připravit strategii, jak na ni reagovat, aby nedošlo k negativnímu dopadu na podnik.

## 6 NÁVRH ROBOTIZOVANÉHO PRACOVISTĚ

Jednou z oslovených dodavatelských společností byla také společnost sídlící ve středních Čechách. Zadavatel ji našel prostřednictvím internetových stránek. Tato firma vyhrála výběrové řízení na realizaci projektu. Vedení zadavatelské společnosti oslovila příznivá cena, rychlý termín realizace (cca 5 měsíců od objednání) a vizualizace navrhovaného pracoviště, která byla součástí cenové nabídky.

### 6.1 Představení dodavatelské společnosti

Společnost SoliCAD vstoupila na český trh v roce 2006. Logo společnosti je na obrázku 8. Má pobočky ve dvou lokacích. V Praze je konstrukční kancelář pro návrh robotických pracovišť a obchodní oddělení pro prodej 3D CAD a CAM software. V současnosti má 15 zaměstnanců.



Obrázek 8 Logo (interní materiály)

Druhou lokací je výrobní závod v Benátkách nad Jizerou (obrázek 9), který má 20 zaměstnanců. V Benátkách je administrativní oddělení, dílna s konvenčními stroji pro výrobu většiny dílů, elektro dílna pro montáž rozvaděčů a elektrických sestav, montážní dílna pro sestavování strojů a zařízení.



Obrázek 9 Arál společnosti v Benátkách nad Jizerou (vlastní zpracování)

Společnost SoliCAD se zabývá automatizací výroby. Specialisté se snaží dle přání a zadání zákazníků navrhovat pracoviště, která budou pro zákazníky řešením na míru. Navrhují, designují a vyrábí montážní jednoúčelové stroje, jednoúčelové obráběcí stroje, měřicí a kontrolní stanice, robotická pracoviště, elektro rozvaděče pro jednoúčelové stroje, vstřikovací formy, ocelové konstrukce, dále vyrábí součástky na míru dle 3D modelu.

Nabízí software a hardware pro konstrukční kanceláře a výrobní podniky. Svými produkty pokrývají cyklus výrobku od návrhu v CAD programu a jeho výpočtu až po přípravu obráběcího NC programu CAM softwarem. Pro zastřešení všech výše uvedených činností a přehlednější řízení používají PLM software (SoliCAD.com, 2018b).

Cílem společnosti je zvýšení efektivity výroby a bezpečnosti práce. Po obdržení poptávky zpravidla proběhne upřesňující konzultace se zákazníkem a zpracuje se návrh technického řešení, který se upraví dle technických požadavků a zvyklostí zákazníka, specifikují se použité komponenty mechanických a elektrických částí. Připraví se cenová nabídka s návrhem konceptu pracoviště včetně 3D simulace. Po podepsání kupní smlouvy se objedná zařízení a zpracuje se technická dokumentace mechanických prvků a navrhne se řídicí systém a ovládání zařízení. Jednoúčelové zařízení se vyrobí, zprovozní a ožíví se SW řídicích systémů. Po dokončení interních zkoušek a testování se provede před předání stroje ve firmě dodavatele se zákazníkem. Zabezpečí se instalace, montáž a oživení zařízení u zákazníka, kde se provedou zkoušky na ověření výrobního taktu a prověří se plnění požadovaných procesních a výrobních parametrů a kvality.

Součástí dokumentace při předávání jednoúčelových strojů je také „Návod na obsluhu zařízení a Návod pro údržbu zařízení“. Na zařízení se vztahuje záruční a pozáruční servis.

## 6.2 Specifikace částí robotizovaného pracoviště

Vedoucímu projektu byl přidělen tým specialistů z několika oddělení, který se podílí na tvorbě a návrhu pracoviště. Konstruktor senior navrhl Layout pracoviště, vytipoval klíčové položky a rozdělil buňku na menší celky mezi jednotlivé týmy. Pověřené osoby rozpracovávají své úkoly. Na pravidelných poradách se konzultuje aktuální situace, stav rozpracovanosti a dbá se na dodržování termínového plánu projektu. Po dokončení 3D modelu a ověření simulace procesu se předají na oddělení nákupu hlavní nakupované komponenty, které tvoří velkou část ceny stanoviště. Nákup se stará o co nejlepší ceny dílů a zajištění dostupnosti k začátku montáže. V podkapitolách budou popsány jednotlivé stěžejní podsestavy.

### 6.2.1 Robot

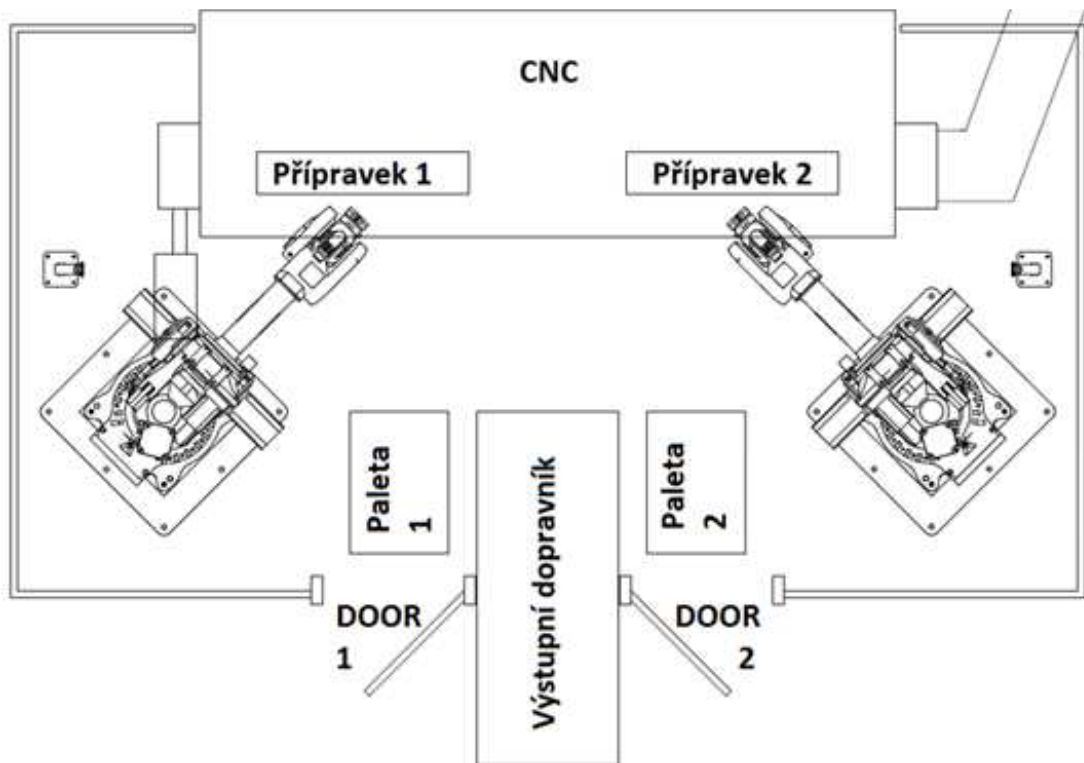
Nejdůležitější a cenově nejnákladnější položkou je robot. Společnost dodavatele navrhuje použít dva šestiosé roboty vyrobené firmou Comau. Robot s označením Comau SMART5 NJ 60-2.2 má nosnost 60 kg. Je pro aplikaci vhodný i s dostatečnou rezervou. Robot má opakovatelnost 0,06 mm dle ISO 9283 a to je pro tuto úlohu dostačující. Pracuje v maximálním horizontálním dosahu 2 258 mm. Robot Smart5 NJ 60 má sníženou hmotnost oproti předchozí modelové řadě. Byla optimalizována velikost pro získání lepšího výkonu a to se projevilo na zkrácení doby cyklu. Vylehčená kinematická konstrukce snížila spotřebu energie, oproti obdobným modelům až o 25 %. V nedílné řadě je v souladu s požadavky v oblasti bezpečnosti a kompatibility. Comau SMART5 NJ 60 (obrázek 10) je ideální pro manipulační operace (SoliCAD.com, 2018a).



Obrázek 10 Comau robot Smart5 NJ 60-2.2  
a parkovací dok (interní materiály)

Práce v pracovišti bude vykonávána dvěma roboty s označením RB1 (Master) a RB2 (Slave). Pracoviště bude řízeno robotem RB1, RB2 bude pouze vykonávat pohyby a předávat informace o svém stavu RB1. Do RB2 budou přivedeny pouze nezbytné senzory pro jeho vlastní provoz (manipulátor, měřicí dok). Jejich pracovní zóny budou

propojeny. Mezi sebou budou komunikovat pomocí Ethernet IP komunikačního rozhraní. Layout navrženého pracoviště je na obrázku 11.

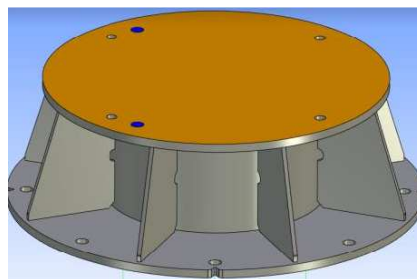


Obrázek 11 Layout robotizovaného pracoviště (interní materiály)

Nezbytnou součástí robotu je také parkovací dok (obrázek 10) pro robotické rameno, který slouží pro zaparkování robotického ramene do základní pozice, například po dokončení cyklu před otevřením dveří bezpečnostní ochranné klece.

### 6.2.2 Podstavec

Z důvodu většího manipulačního rozsahu bude robot umístěn na podstavec (obrázek 12), tím pádem dojde k bezpečnému odebrání všech dílů z palety.

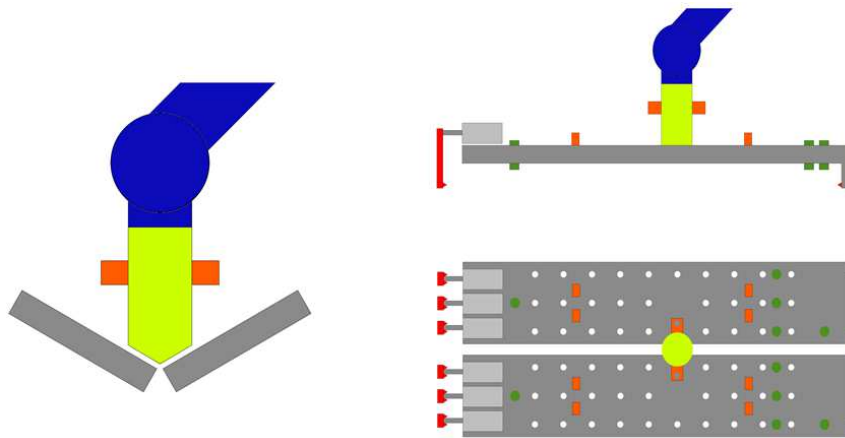


Obrázek 12 Podstavec robotu  
(interní materiály)

Samotný robot má hmotnost 645 kg a bude napevno sešroubován s podstavcem. Podstavy jsou navrženy a budou svařeny ze silného ocelového plechu na základě statického výpočtu. Podstavy budou ukotveny do podlahy v přesně definované poloze tak, aby byla ke všem objektům přibližně stejná vzdálenost.

### 6.2.3 Manipulátor

Rameno robotu bude osazeno třípolohovým manipulátorem (obrázek 13), který první pozicí díly vyjme z palety a přenesení je do základního přípravku stroje. Po dokončení cyklu frézování manipulátor vyjme díly druhou polohou a přenesení je na dopravník. Zde dochází třetí polohou k automatické kontrole dílů.



Obrázek 13 Manipulátor (interní materiály)

Manipulátor je ve třetí pozici vybaven měřicími senzory, kterými se stoprocentně měří hloubka všech frézovaných zahloubení. Měřicí přípravek je osazen senzory a elektronikou. Naměřené hodnoty se budou ukládat do tabulky Excel, kterou bude několikrát za směnu kontrolovat dílenská kontrola, aby se vyhodnotila stabilita procesu. Pokud se měřicí stanicí naměří NOK výsledek, dojde k zastavení frézování a stroj čeká na korekci technikem.

Manipulátor bude obsahovat soustavu pneumatických hadic, vývodů a trysek a při vyjímání dílů z přípravků proudem tlakového vzduchu očistí díly a základací plochy přípravků.

### 6.2.4 Bezpečnostní oplocení pracoviště

Aby mohly roboty pracovat, tak bude součástí nového pracoviště bezpečnostní oplocení (dále jen klec). Klec bude zhotovena ze tří stran pracovního prostoru (obrázek 14). Čtvrtou stranu uzavře z velké části samotné obráběcí centrum. Celkem se jedná o 14 b.m.

bezpečnostního oplocení v provedení Smart Fix ST20 o výšce 2 200 mm. Rámy z profilu 19x19 mm jsou vyplněny drátěnou mříží o průměru 3 mm a jsou k sobě svařeny ve všech bodech. Sloupky 60x40x2200 mm se kotví do podlahy, aby nedošlo k převržení klece manipulační technikou.

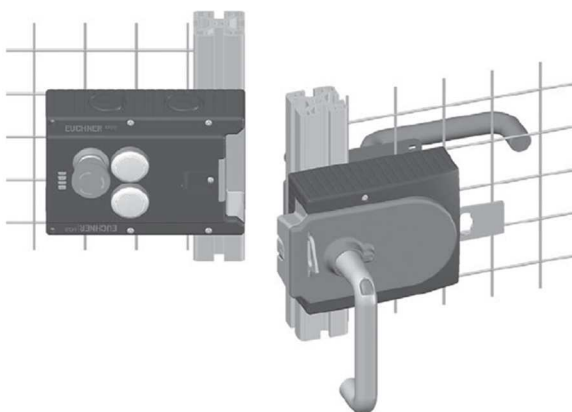


Obrázek 14 Bezpečnostní oplocení pracoviště (interní materiály)

### 6.2.5 Bezpečnostní zámek dveří

Do vymezeného pracovního prostoru při pracovním cyklu nebude mít přístup žádný operátor. Obsluha nebo údržba bude moci vstoupit do pracovního prostoru po stisknutí tlačítka „OTEVŘÍT“ na ovládacím panelu zámku (obrázek 15). K odemknutí dveří dojde po dokončení pracovního cyklu robotů a ustavení do parkovacího doku. Poté bude moci obsluha vstoupit do pracoviště a mohou být provedeny dané úkony. Po opuštění prostoru a zavření dveří se bude prázdný pracovní prostor potvrzovat stiskem tlačítka „ZAVŘÍT“.

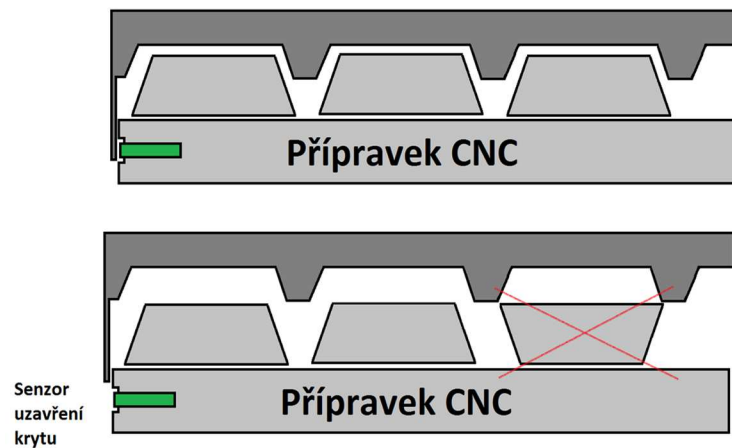
Předtím se obsluha musí přesvědčit, že je pracovní prostor prázdný. Ovládací panel zámku dveří bude zapojen do bezpečnostního okruhu a ten bude řízen nadřazeným bezpečnostním systémem.



Obrázek 15 Bezpečnostní zámek dveří  
(interní materiály)

### 6.2.6 Přípravek

Na stůl frézky budou v definované poloze připevněny zakládací přípravky pro založení dílů. Upnutí dílů proběhne automaticky před obráběním a přípravek se automaticky odepne a otevře po ukončení operace frézování. Tyto přípravky budou osazeny pneumatickými válci se senzory, které detekují polohy, upnuto a odepnuto. Spodní zakládací přípravek a horní upínací mechanismus budou Poka-Yoke (obrázek 16) tzn., že kopírují tvar obráběných dílů a není možno založit díly obráceně. Pokud bude založen některý díl špatně, nedojde k úplnému zavření přípravku a stroj bude detekovat nesplnění všech podmínek pro start cyklu.



Obrázek 16 Přípravek (interní materiály)

Díly se ve spodním lůžku budou polohovat na dva středící trny. Tím bude dáno jednotné osové uložení dílů v přípravcích. Každý díl po založení bude hlídat senzor na přítomnost dílu. Při třískovém obrábění jako je frézování, vrtání, zahlubování dochází k tvorbě třísek. Třísky jsou odpadní materiál, který se může dostat jak na finální díly, tak na upínací plochy přípravku. Na upínací přípravek budou nainstalovány soustavy pneumatických rozvodů se stlačeným vzduchem, který v průběhu frézování odfoukne vytvořené třísky.

V principu stejný rozvod tlakového vzduchu bude obsahovat přítlačná vrchní strana přípravku, ze kterého budou vystupovat trysky. Tyto soustavy rozvodů vzduchu zabezpečí upínací plochy bez nečistot v podobě hliníkových špon. Ty by mohly způsobit nepřesné upnutí dílů a frézování zahloubení by nemělo správnou hloubku podle výkresové dokumentace.



### 6.2.7 Dopravník

Další součástí zařízení bude pásový dopravník o délce 2,5 m (obrázek 17). Dopravník je určen pro přepravu dílů z uzavřeného pracoviště k dalšímu operátorovi. Na dopravník se budou odkládat díly po frézování. Aby nedošlo k odložení dílů na předchozí díly, tak budou na dopravníku umístěny krátké optické závory, které budou kontrolovat plný a prázdný prostor. Všechny díly budou stoprocentně změřeny. Po kontrole měřicími sondami, které budou umístěny ve třetí poloze manipulátoru, se OK díly posunou směrem ven z pracoviště. Podmínkou bude odebrání dílů operátorem z druhého konce dopravníku. Tento operátor bude díly kontrolovat a balit. Na konci dopravníku bude čidlo na přítomnost dílu, které po přijetí dílu na konec dopravník zastaví. Tím nedojde k pádu dílů na podlahu.



Obrázek 17 Dopravník (interní materiály)

Rám dopravníku bude tvořen z hliníkových drážkovaných profilů stavebnicového systému a ohýbaným plechem. Pohon bude třífázový asynchronní elektromotor se šnekovou převodovkou. Rychlost dopravníku se bude nastavovat pomocí frekvenčního měniče. Dopravník bude uchycen v rámu na stojinách a bude přišroubován k ochranné kleci. Prostor pod dopravníkem bude uzavřen výplní, aby se do pracoviště nedostala neoprávněná osoba.

### 6.2.8 Transportní paleta

Přepravní palety pro polotovary jsou navrženy ergonomicky tak, aby robot s mechanickým manipulátorem dokázal vyjmout všechny díly. Tyto palety (obrázek 18) jsou specifické pro tento typ dílů a operace.



Obrázek 18 Transportní paleta  
(interní materiály)

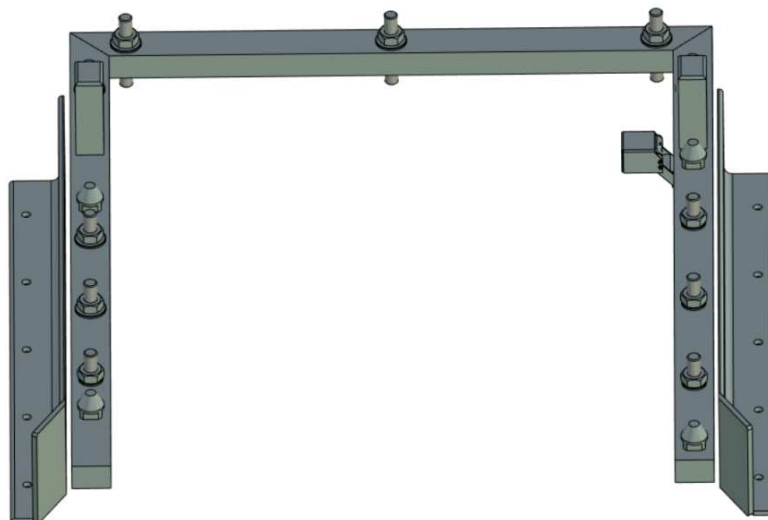
Po operaci lisování otvorů se polotovary ukládají operátorem do palety podle balícího předpisu. Vylisované otvory nejsou osově symetrické, musí být jednotně orientovány, aby je bylo možno vyjmout manipulátorem robotu. Dno palety bude šikmé, gravitací dojde k zarovnání dílů o nižší bočnici. Svislé příčky rozdělují prostor na čtyři sekce, do kterých se vejdou přesně tři díly vedle sebe, které se budou odebírat manipulátorem robotu na jeden zdvih. Manipulátor robotu bude obsahovat senzor pro odměřování vzdálenosti, který umožní rychlé najetí těsně nad díly, pomalejší přesné dojetí a zastavení v pozici nad díly.

Při výrobě se svařováním bude každá paleta lehce deformovat. Tyto rozměrové odchylky se budou zohledňovat při tvorbě trajektorií pro každou paletu. Všechny palety budou obsahovat RFID čipy, které budou obsahovat jedinečné informace. Do manipulátoru se vloží trn s kuželovým zakončením do špičky. V každém sloupcu palety budou další čtyři trny. Najetím špičky trnu manipulátoru na špičky trnů palety se vytvoří souřadnicový systém, který bude specifický podle nedokonalostí pro každou paletu zvlášť a bude uložen do programu. Takovým to způsobem se budou muset změřit všechny palety na obou pracovištích. Při zavezení palet do pracovního prostoru bude přesně známo, která paleta je připravena a kam bude rameno robotu s manipulátorem přesně najíždět. Přítomnost palety bude indikována indukčními senzory.

Paleta bude sloužit jako tzv. oběživo mezi dvěma pracovišti – lisováním a frézováním. Manipulant bude mít za úkol zavážet plné palety do robotizovaného pracoviště a prázdné palety ven z pracoviště.

### 6.2.9 Podstavec palety

Robotické rameno robotu bude vyžadovat palety pokaždé ve stejné pozici. Informace o pořadovém čísle palety a o tvarových odchylkách budou zapsány v RFID čipu. Pro opakovatelnou vzájemnou polohu soustavy robot-paleta se na podlahu přišroubuje naváděcí podstavec (obrázek 19). Manipulant bude zavážet paletu do rámu, který ho navede a čtyři kuželové trny paletu přesně vystředí. Tím bude zaručena vždy stejná vzájemná poloha. Indukční senzory budou detekovat přítomnost palety ve správné pozici. Paletu nelze při navážení otočit, bude využit Poka-Yoke systém.



Obrázek 19 Podstavec palety (interní materiály)

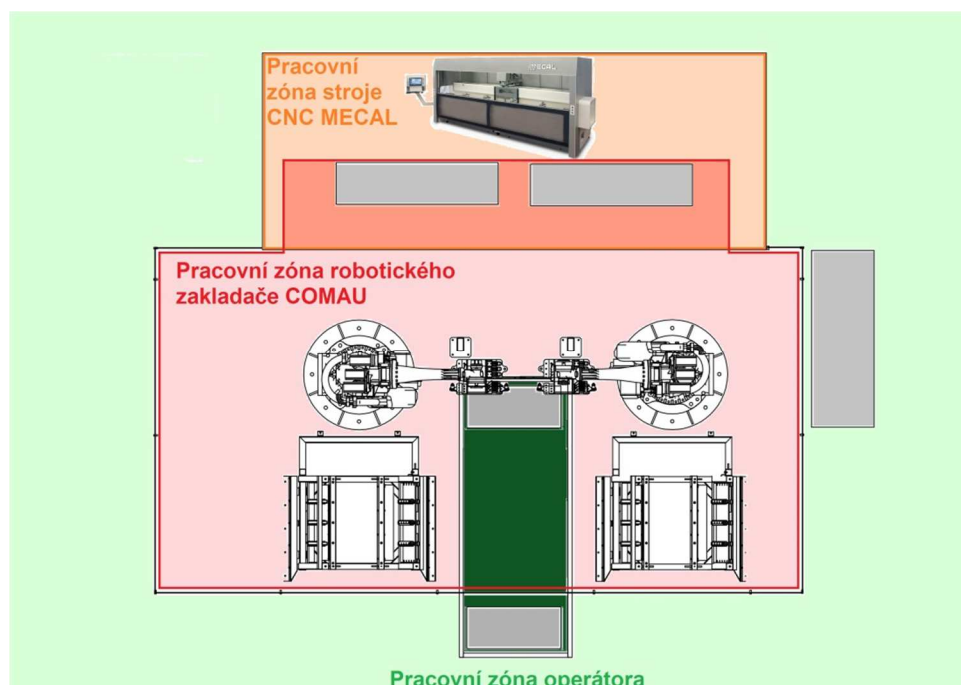
### 6.3 Umístění robotu na pracoviště v souladu s bezpečností

Celé pracoviště bude řízeno pomocí kontroléru robotu. Operátorské rozhraní bude vytvořeno na jeho ovládacím panelu s ovládacími stavy všech hlavních parametrů pracoviště. Obsluha bude moci sledovat probíhající výrobní proces. Pro aktivní řízení pracoviště bude nutné splnit základní požadavek a to být autorizovanou osobou. Přepnutím klíčku na ovládacím panelu z role operátor do role administrátor. Po vyplnění příslušného hesla bude možno pracoviště aktivně ovládat.

Veškeré stavy robotického pracoviště během provozu budou průběžně ukládány do tzv. Log souboru. V historii lze dohledat jednotlivé kroky činností obsluhy na ovládacím panelu.

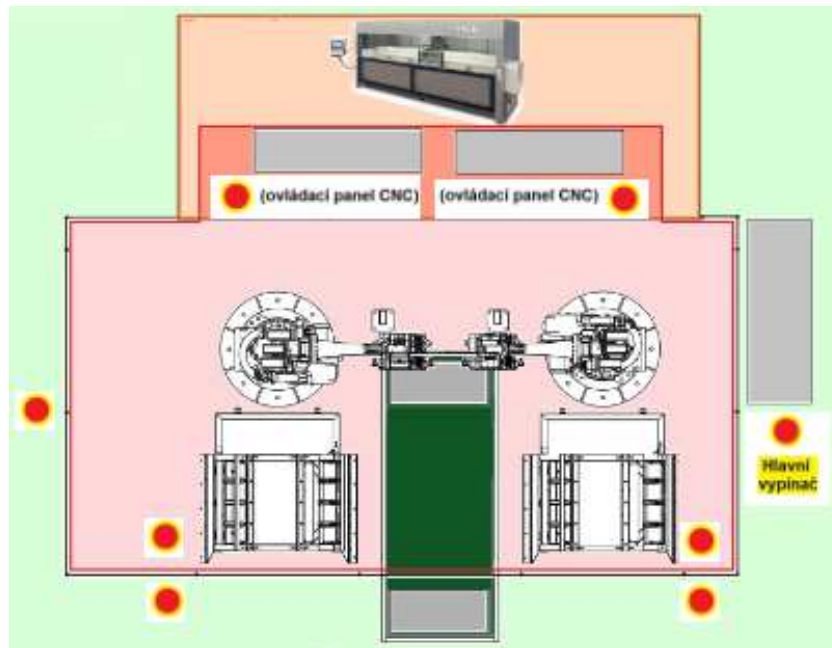
V robotickém pracovišti bude integrovaná kamera, která dokáže nahrávat 8 s před neočekávaným incidentem a 8 s po incidentu, který nastane během nepředpokládaného zastavení pracoviště. Tyto informace o stavech budou sloužit pro interní analýzy prostožů a vzdálenou správu technické podpory.

Pracoviště bude vyrobeno dle odpovídajících bezpečnostních norem, zejména normy pro bezpečnost pracovních strojů. Pracovní zóny robotů jsou zvýrazněny červenou barvou, pracovní zóna CNC frézky je zobrazena oranžově. Frézování probíhá za zavřenými dveřmi stroje v uzavřeném prostoru. Neproškolená obsluha bude mít přísný zákaz vstupu do vnitřního prostoru pracoviště a manipulace s ovládacím panelem. Budou se pohybovat z vnější strany klece pracoviště, v poli označeném světle zelenou barvou (obrázek 20). Pohyby robotů uvnitř pracoviště budou spuštěny z vnější strany klece. Prostor musí být prázdný a bez operátorů během výrobní operace. Start cyklu, stop cyklu a výměnu palet budou provádět proškolení operátoři nebo technik.



Obrázek 20 Pracovní zóny robotizovaného pracoviště (interní materiály)

V případě vzniku nestandardní situace na pracovišti operátor balení nebo nejbližší proškolený operátor zastaví pracoviště pomocí tlačítek „TOTALSTOP“ umístěných na pracovišti (obrázek 21).



Obrázek 21 Rozmístění tlačítek TOTALSTOP (interní materiály)

V případě použití tlačítka nouzové zastavení nebude dokončen celý cyklus operace CNC frézky ani robotického pracoviště. Všechny díly musí být vypořádány jako neshodné díly do červených boxů, protože nemusí být v souladu s výkresovou dokumentací. Tyto díly bude dále analyzovat kvality inženýr nebo dílenská kontrola, kteří je buď vrátí do procesu, nebo je vypořádají jako neshodné díly.

Součástí dokumentace pracoviště bude prohlášení o shodě a elektro revize. Součástí dodávky bude technická výkresová dokumentace, elektrické schéma, pneumatické schéma, včetně soupisu všech doporučených náhradních dílů. Bude zaškolená obsluha podle návodu k obsluze a dokumentace k údržbě zařízení a robotů.

#### 6.4 Náklady na pořízení robotizovaného pracoviště

Jedním z požadavků, které musí dodavatel během průběhu projektu dodržet, jsou náklady. Celková částka za celý projekt je vyčíslena na 3 412 000 Kč. Dodavatel si vypracoval detailní rozpad ceny (tabulka 1). Všechna oddělení dodavatele jsou zodpovědné za svůj rozpočet a vedoucí projektu musí porovnávat skutečné náklady versus plánované náklady.

Zadavatel měl několik možností jak projekt financovat, a to buď použitím vlastních finančních prostředků, leasingu, úvěru nebo požádat o dotace z Evropské unie. Není známo, která varianta financování byla zvolena.

Tabulka 1 Rozpad ceny robotizovaného pracoviště  
(vlastní zpracování dle interních materiálů)

Položka	Cena položky	Podíl na konečné ceně
Robot COMAU SMART5 NJ 220, vč. balného, dopravy do ČR, pojištění	1 897 000 Kč	56%
Základní konstrukční návrh pracoviště, vizualizace, ověření funkčnosti, simulace	55 000 Kč	8%
3D konstrukce gripperů, palety – odebrání dílů, podstavce, návrh, konstrukce	150 000 Kč	
Management projektu	70 000 Kč	
Bezpečnost pracoviště (zámký, instalace a program)	60 000 Kč	6%
Klec a další ochranné prvky	70 000 Kč	
Dopravník a konstrukce	80 000 Kč	
Elektro projekt, podmínky provozu, CE, manuály	195 000 Kč	6%
Zapojení elektro, vč. zapojení 2 rozvaděčů, dopravníku	195 000 Kč	12%
Elektro materiál, čidla, tlakový vzduch, pneumatické válce	200 000 Kč	
Programování robota, periférií, testování gripperů, nastavení měničů, kontrola	200 000 Kč	6%
Montáž, rozběh zařízení, ubytování, školení u zákazníka	200 000 Kč	6%
Doprava zařízení, pojištění přepravy po ČR	40 000 Kč	1%
<b>Celkem</b>	<b>3 412 000 Kč</b>	<b>100%</b>

#### 6.4.1 Prostá doba návratnosti

Prostou dobou návratnosti chápeme jako dobu, za kterou se zadavateli investice vrátí. Nebere se při tom v úvahu vliv jakékoli úrokové míry.

Po realizaci projektu dojde k úspoře dvou pracovních míst, což v konečném důsledku činí úsporu šesti operátorů, protože ve společnosti zadavatele se pracuje v třisměnném provozu. Podle informací z finančního oddělení zadavatele je úspora za jednoho operátora stanovena na 528 450 Kč/rok.

<b>Roční úspora za 6 operátorů</b>	<b>3 170 700 Kč</b>
Investice	3 412 000 Kč
Odpisy (5 let)	682 400 Kč/rok
<b>Návratnost (investice/(saving-odpisy))</b>	<b>1,4 roku</b>

Obrázek 22 Prostá doba návratnosti  
(vlastní zpracování dle interních materiálů)

Z výpočtu na obrázku 22 je vidět návratnost za 1,4 roku, čímž se zadavatelské firmě požadavek návratnosti splnil. Ve skutečnosti dojde k návratnosti o něco dříve, protože ve výpočtu není zohledněn výnos z navýšení denní produkce, protože informace o ceně produktu nebyly poskytnuty.

Ve výpočtu není zohledněna ani spotřeba elektrické energie a stlačeného vzduchu, které jsou potřebné k provozu robotizovaného pracoviště. Dále nejsou zohledněny ceny náhradních dílů a pravidelných servisů.

#### 6.4.2 Produktivita robotizovaného pracoviště

Jedním z požadavků zadavatele bylo zvýšit produktivitu daného pracoviště, podle možností robotů. Dodavatelská společnost provedla 3D simulaci. Součtem všech časů pohybů a součtem doby čekání v jednotlivých pozicích se spočítala doba práce robotického ramena během jednoho cyklu na 20 s, což po přičtení času frézování dělá celkem 80 s. Po zohlednění neplánovaných prostojů se dostaneme na 1 028 cyklů za den. Během cyklu se vyrobí 6 ks najednou, tedy 6 168 ks za den (obrázek 23). V porovnání s původním požadavkem, který činil 5 520 ks za den se jedná o navýšení denní produkce o 11,74 %.

Délka jednoho cyklu	<b>80 s</b>	[A]
Spolehlivost stroje	<b>95 %</b>	
Neplánované prostoje	5 %	
Neplánované prostoje (5% z délky cyklu)	<b>4 s</b>	[B]
Délka cyklu včetně neplánovaných prostojů	<b>84 s</b>	A+B
Počet směn (x, y, z)	<b>3</b>	[C]
Hodiny za směnu	8 hod	
Minuty za směnu	480 min	
Sekundy za směnu	<b>28 800 s</b>	[D]
Efektivní výrobní čas za den	<b>86 400 s</b>	C*D
$\text{Počet cyklů} = \frac{\text{Efektivní výrobní čas za den}}{\text{Délka jednoho cyklu}} = \frac{86\,400}{84} = 1\,028 \text{ cyklů za den}$		
Požadavek na počet cyklů stroje	<b>1 028</b>	[a]
Počet výrobků na cyklus stroje	6 ks	
Počet ks za den	<b>6 168 ks</b>	a*6
Počet kusů za směnu	<b>2 056 ks</b>	(a*6)/C

Obrázek 23 Výpočet produktivity robotizovaného pracoviště (vlastní zpracování dle interních materiálů)

Počet skutečně vyrobených dílů za směnu je však nižší, a proto je reálné navýšení výkonu vyšší. Zde celkové navýšení vychází až na 22,41 %, pro jednotlivé směny je výpočet vidět v tabulce 2.

Tabulka 2 Navýšení výkonu po realizaci robotizovaného pracoviště (vlastní zpracování)

Směna	Průměrná produktivita operátorů [ks/směna]	Průměrná produktivita robot. pracoviště [ks/směna]	Navýšení výkonu [%]
x	1 710	2 056	20,23
y	1 675	2 056	22,75
z	1 654	2 056	24,30
<b>Celkem</b>	<b>5 039</b>	<b>6 168</b>	<b>22,41</b>

## 7 ZHODNOCENÍ NAVRŽENÉHO PRACOVIŠTĚ

Společnost zadavatele se snaží udržet stávající zákazníky a pokud možno získat i nové zákazníky. Z toho důvodu se neustále snaží inovovat stávající produkty a procesy a zavádět produkty a procesy nové. Neustálý vývoj a změny na trhu podniky nutí, aby včas reagovali na poptávky stále náročnějších zákazníků.

Inovace lze provádět v rámci společnosti samotné vlastními zdroji nebo si lze poplatit nabídku o realizaci inovace jinou specializovanou společností. Po důkladné poradě vedení zadavatelské společnosti bylo rozhodnuto o optimalizaci pracoviště na zakládání a vyjímání dílů do CNC frézky. Hlavním úkolem bylo nahrazení dvou operátorek robotickým pracovištěm a vytvoření uzavřené pracovní buňky podle norem bezpečnosti práce, které nakonec provádí externí firma.

Na základě výběrového řízení, byla vybrána společnost SoliCAD specializující se na oblast průmyslové automatizace a robotizace s cílem zvýšení efektivity výroby a bezpečnosti práce.

Před zahájením přípravných prací, které předcházejí realizaci projektu návrhu robotizovaného pracoviště, bylo nutné si osobně projít prostory původního pracoviště, kde má být robotizované pracoviště realizováno. Byl pořízen layout stávajícího zařízení, včetně rozvodů elektrické energie, rozvodů stlačeného vzduchu a všech rozměrů prostoru. Nedílnou součástí bylo zmapování pohybu osob, tras materiálu a manipulačních prostředků sledovaným prostorem.

Cenným zdrojem informací byl mimo nezávislého pozorování dění na pracovišti také osobní rozhovor s osobami z provozu. V našem případě to byli operátoři výroby, mistr výroby, pracovníci údržby a technologické přípravy výroby. Součástí bylo také zajištění veškeré dostupné dokumentace týkající se produktu.

Na pravidelných poradách ve firmě dodavatele bylo upřesněno, jaké požadavky na pracoviště má zadavatel projektu a jakou funkci musí robotizované pracoviště plnit. Všem členům týmu byla zřejmá jejich úloha a zodpovědnost na projektu.

Na základě analýzy současného stavu na pracovišti a podrobném rozboru manipulovaného produktu (tvar, rozměry, hmotnost, materiál) bylo navrženo řešení obsahující simulaci v programu Visual components. V materiálech je popsán průmyslový robot, manipulátor,



periferní zařízení a základní bezpečnostní prvky. Projekt se v současné době nachází v etapě realizace.

Pokud se zaměříme na ekonomické hledisko projektu, plyne z toho skutečnost, že implementací robotizovaného pracoviště se podaří společnosti zadavatele realizovat úsporu v podobě šesti operátorů. Pokud tuto úsporu porovnáme s náklady na pořízení robotizovaného pracoviště, vychází prostá doba návratnosti investice na 1,4 roku. Z tohoto důvodu je pro společnost zadavatele tato inovace velmi výhodná, protože samotný objem produkce se zvýší o 11,74 % oproti původnímu stavu, na který byla vytvořena kalkulace. Průměrný reálný měsíční výkon operátorů je však ve skutečnosti nižší než kalkulovaný požadavek, tudíž dojde ke zvýšení produkce až o 22,41 % a k výraznému snížení nákladů na výrobu dílů.

Na daný produkt má společnost zadavatele kontrakt na dalších pět let, z dlouhodobého hlediska se bude tento projekt řadit mezi vysoce profitabilní.

## ZÁVĚR

Tato bakalářská práce se zabývala zefektivněním výrobního procesu prostřednictvím návrhu na implementaci robotizovaného pracoviště. Cílem práce bylo navržení co nejvhodnější podoby automatizovaného pracoviště s ohledem na pravidla bezpečnosti a vynaložené náklady.

Z hlediska ekonomického kritéria se podařilo najít správné řešení s uspokojivou dobou návratnosti investice. Zvýšením automatizace se tak sníží tlak koncových zákazníků na kvalitu, termíny dodávek a ceny dílů.

Ve výrobním cyklu daného dílu se snížil počet operátorů. Tím došlo k finanční úspoře nákladů na výrobu jednoho dílu. Tito operátoři byli využiti na jiných pozicích při náběhu nového projektu.

Pro obsluhu robotizovaného pracoviště byla zaškolená obsluha, což pro ni představuje zvýšení kvalifikace a možnost dalšího karierního postupu. Tato obsluha bude řešit situace, které bude vyžadovat správa robotizovaného pracoviště. Pro obtížnější poruchy lze využívat externí servis, jenž má možnost přes vzdálenou správu vylepšovat proces na dálku.

Ve společnosti vzniká prostor pro optimalizaci další procesů, protože tímto projektem se otevírají zadavateli další možnosti.

**SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY**

*Automatizace a automatizační technika 1: Systémové pojetí automatizace*, 2012. 1. vyd. Brno: Computer Press, 217 s. ISBN 978-80-251-3628-7.

*Automatizace a automatizační technika 2: Automatické řízení*, 2014. 1. vyd. Brno: Computer Press, 241 s. ISBN 978-80-251-4106-9.

Bezpečnostpráce.info, 2018. *Bezpečnost práce na soustruhu a CNC stroji. Nejdůležitější povinnosti a požadavky na BOZP* [online]. 1. leden 2018 [cit. 2020-05-24]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostprace.info/povinnosti/bezpecnost-prace-na-soustruhu-a-cnc-stroji/>

BOZP.cz, ©2020. *Slovník pojmů z oblasti BOZP a PO. Ergonomie pracoviště* [online]. [cit. 2020-04-26]. Dostupné z: <https://www.bozp.cz/slovník-pojmu/ergonomie-pracoviste/>

DOLEŽAL, Jan, Pavel MÁCHAL a Branislav LACKO, 2012. *Projektový management podle IPMA*. 2. aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada, 528 s. ISBN 978-80-247-4275-5.

ElektroPrůmysl.cz, 2015. *Konstrukce a ochranná opatření průmyslových robotů a robotických zařízení* [online]. 1. září 2015 [cit. 2020-06-11]. Dostupné z: <https://www.elektroprumysl.cz/automatizace/konstrukce-a-ochranna-opatreni-prumyslovych-robotu-a-roboticky-zarizeni>

FEKETE, Milan, 2012. *Efektivní produkční systém*. 1. vyd. Bratislava: Kartprint, 131 s. ISBN 978-80-89553-09-9.

GILBERTOVÁ, Sylva a Oldřich MATOUŠEK, 2002. *Ergonomie: optimalizace lidské činnosti*. 1. vyd. Praha: Grada, 239 s. ISBN 80-247-0226-6.

CHUNDELA, Lubor, 2013. *Ergonomie*. 3. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 173 s. ISBN 978-80-01-05173-3.

JUROVÁ, Marie, 2013. *Výrobní procesy řízené logistikou*. 1. vyd. Brno: BizBooks, 260 s. ISBN 978-80-265-0059-9.

JUROVÁ, Marie, 2016. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. 1. vyd. Praha: Grada, 264 s. ISBN 978-80-247-5717-9.

KAVAN, Michal, 2002. *Výrobní a provozní management*. 1. vyd. Praha: Grada, 424 s. ISBN 80-247-0199-5.

KEŘKOVSKÝ, Miloslav, 2009. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 2. vyd. Praha: C. H. Beck, 137 s. ISBN 978-80-7400-119-2.

KNOFLÍČEK, Radek, 2004. *Roboty a pružné výrobní systémy* [online]. Brno: FSI VUT [cit. 2020-05-16]. Dostupné z: <https://adoc.tips/roboty-a-prune-vyrobni-systemy-studijni-opora.html>

KOLÍBAL, Zdeněk, 2009. Minulost a budoucnost robotů. *Automa: časopis pro automatizační techniku* [online]. 15(5) [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: [https://automa.cz/cz/casopis-clanky/minulost-a-budoucnost-robotu-2009\\_05\\_39014\\_4718/](https://automa.cz/cz/casopis-clanky/minulost-a-budoucnost-robotu-2009_05_39014_4718/)

KOLÍBAL, Zdeněk, 2016. *Roboty a robotizované výrobní technologie*. 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně – nakladatelství VUTIUM, 787 s. ISBN 978-80-214-4828-5.

KUCHARČÍKOVÁ, Alžbeta, 2011. *Efektivní výroba: využijte výrobní faktory a připravte se na změny na trzích*. 1. vyd. Brno: Computer Press, 344 s. ISBN 978-80-251-2524-3.

LACKO, Branislav, 2000. *Automatizace a automatizační technika 1. Systémové pojetí automatizace*. 1. vyd. Praha: Computer Press, 97 s. ISBN 80-7226-246-7.

MAIXNER, Ladislav a Zora KOLNÍKOVÁ, 1984. *Spolehlivost automatických výrobních systémů*. 1. vyd. Praha: Státní nakladatelství technické literatury. 257 s.

MARŠÍK, Vladimír, 2016. *Průmysl 4.0: výzva pro Českou republiku*. 1. vyd. Praha: Management Press, 262 s. ISBN 978-80-7261-440-0.

MAŠÍN, Ivan a Milan VYTLAČIL, 1996. *Cesty k vyšší produktivitě: strategie založená na průmyslovém inženýrství*. 1. vyd. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 254 s. ISBN 80-902235-0-8.

MPSV, 2016. *Studie Iniciativa Práce 4.0* [online]. [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: [https://www.mpsv.cz/documents/20142/848077/studie\\_iniciativa\\_prace\\_4.0.pdf/62c5d975-d835-4399-e26b-d5fbb6dca948](https://www.mpsv.cz/documents/20142/848077/studie_iniciativa_prace_4.0.pdf/62c5d975-d835-4399-e26b-d5fbb6dca948)

MPSV, 2020. *Práce 4.0* [online]. [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: <https://www.mpsv.cz/web/cz/prace-4.0>

NĚMEJC, Jiří, 2002. Některé otázky a problémy automatizace strojírenské výroby. *Automa: časopis pro automatizační techniku* [online]. 8(8) [cit. 2020-05-20]. Dostupné z: [https://www.automa.cz/cz/casopis-clanky/nektere-otazky-a-problemy-automatizace-strojirenske-vyroby-2002\\_08\\_28543\\_2260/](https://www.automa.cz/cz/casopis-clanky/nektere-otazky-a-problemy-automatizace-strojirenske-vyroby-2002_08_28543_2260/)

PLESKOT, Alois, 2019. *Základy automatizace*. 1. vyd. Praha: Informatorium, 174 s. ISBN 978-80-7333-136-8.

SoliCAD.com, 2018a. *Smart5 NJ* [online]. [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: [http://solicad.com/c/comau\\_stredni-zatez-smart5nj](http://solicad.com/c/comau_stredni-zatez-smart5nj)

SoliCAD.com, 2018b. *Software a hardware* [online]. [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <http://solicad.com/i/software-a-hardware>

SVOZILOVÁ, Alena, 2011. *Zlepšování podnikových procesů*. 1. vyd. Praha: Grada, 223 s. ISBN 978-80-247-3938-0.

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, 2007. *Řízení výroby a nákupu*. 1. vyd. Praha: Grada, 378 s. ISBN 978-80-247-1479-0.

TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ, 2014. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. 1. vyd. Praha: Grada, 368 s. ISBN 978-80-247-4486-5.

Universal Robots, 2019. Průmyslová automatizace podstatně snižuje rizika pracovních úrazů. *Vše o průmyslu* [online]. 20. srpen 2019 [cit. 2020-06-10]. Dostupné z: <https://www.vseoprumsly.cz/inspirace/trendy/snizovani-rizika-pracovnich-urazu-dilem-automatizace.html>

USTUNDAG, Alp a Emre CEVIKCAN, 2018. *Industry 4.0: managing the digital transformation*. 1st ed. Cham: Springer, 286 s. ISBN 978-3-319-57869-9.

WOMACK, James P. a Daniel T. JONES, 2003. *Lean thinking: banish waste and create wealth in your corporation*. 1st Free Press ed., rev. and updated. New York: Free Press, 396 s. ISBN 0-7432-4927-5.

ZUZÁK, Roman a Martina KÖNIGOVÁ, 2009. *Krizové řízení podniku*. 2., aktualiz. a rozš. vyd. Praha: Grada, 253 s. ISBN 978-80-247-3156-8.

ŽÁČEK, Michal, 2015. Historický vývoj automatizace? Poznejte 12 zásadních dat. *FactoryAutomation.cz | Časopis o automatizaci a robotice* [online]. 17. března 2015 [cit. 2020-05-16]. Dostupné z: <https://factoryautomation.cz/historicky-vyvoj-automatizace-poznejte-12-zasadnich-dat/>

**SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK**

3D	Three-Dimensional
5S	Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke
APT	Automatically Programmed Tool
CAD	Computer Aided Design
CAM	Computer Aided Manufacturing
CAPP	Computer Aided Poces Planning
CAQ	Computer Aided Quality
CIM	Computer Integrated Manufacturing
CNC	Computer Numerical Control
CPS	Cyber-Physical System
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control
DNC	Direct Numerical Control
ISO	International Organization for Standardization
IT	Information Technology
NC	Numeric Control
NOK	Not Okay
OK	Okay
PLM	Product Lifecycle Management
RFID	Radio Frequency Identification
RFQ	Request For Quotation
SMED	Single Minute Exchange of Dies
SW	software
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
TPM	Total Productive Maintenance

**SEZNAM OBRÁZKŮ**

Obrázek 1 SWOT analýza .....	15
Obrázek 2 Jednotlivé fáze metodiky DMAIC .....	19
Obrázek 3 Vývoj Lean Six Sigma .....	19
Obrázek 4 Systém člověk-technika-prostředí .....	32
Obrázek 5 Layout stávajícího pracoviště.....	38
Obrázek 6 Výpočet délky cyklu.....	39
Obrázek 7 SWOT analýza .....	40
Obrázek 8 Logo .....	42
Obrázek 9 Arál společnosti v Benátkách nad Jizerou.....	42
Obrázek 10 Comau robot Smart5 NJ 60-2.2 a parkovací dok .....	44
Obrázek 11 Layout robotizovaného pracoviště .....	45
Obrázek 12 Podstavec robotu .....	45
Obrázek 13 Manipulátor .....	46
Obrázek 14 Bezpečnostní oplocení pracoviště .....	47
Obrázek 15 Bezpečností zámeček dveří.....	47
Obrázek 16 Přípravek .....	48
Obrázek 17 Dopravník.....	49
Obrázek 18 Transporní paleta.....	50
Obrázek 19 Podstavec palety .....	51
Obrázek 20 Pracovní zóny robotizovaného pracoviště.....	52
Obrázek 21 Rozmístění tlačítek TOTALSTOP .....	53
Obrázek 22 Prostá doba návratnosti .....	54
Obrázek 23 Výpočet produktivity robotizovaného pracoviště .....	55

**SEZNAM TABULEK**

Tabulka 1 Rozpad ceny robotizovaného pracoviště .....	54
Tabulka 2 Navýšení výkonu po realizaci robotizovaného pracoviště .....	55