

Návrh automatizace procesu balení pro zvýšení efektivity práce

Josef Bláha

Bakalářská práce
2020



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta technologická

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta technologická

Ústav výrobního inženýrství

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Josef Bláha**
Osobní číslo: **T17074**
Studijní program: **B3909 Procesní inženýrství**
Studijní obor: **Technologická zařízení**
Forma studia: **Kombinovaná**
Téma práce: **Návrh automatizace procesu balení pro zvýšení efektivity práce**

Zásady pro vypracování

- 1.) Vypracujte literární rešerš na zvolené téma
- 2) Proveďte analýzu současného stavu balení
- 3) Navrhněte vhodné řešení s využitím koncepce Průmysl 4.0
- 4) Proveďte ekonomické vyhodnocení navržené optimalizace

Forma zpracování bakalářské práce: **Tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

BENEŠ, Pavel. Automatizace a automatizační technika: prostředky automatizační techniky. 5., rozš. a aktualiz. vyd. Brno: Computer Press, 2014, 304 s. ISBN 978-80-251-3747-5.

BELAVÝ, Cyril. Základy automatizácie a merania. Bratislava: Nakladateľstvo STU, 2012, 183 s. Edícia vysokoškolských učebníc. ISBN 978-80-227-3839-2.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Jakub Huba, Ph.D.**
Ústav výrobního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **2. ledna 2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **22. května 2020**

L.S.

prof. Ing. Roman Čermák, Ph.D.
děkan

prof. Ing. Berenika Hausnerová, Ph.D.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 10. února 2020

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a dostupná k nahlédnutí;
- 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;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují 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,

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

Ve Zlíně, dne:

Jméno a příjmení studenta:

.....
podpis studenta

ABSTRAKT

Tato bakalářská práce se zabývá návrhem automatizace balicího procesu (výrobní linky) za účelem zefektivnění výrobního procesu. Postupně popisuje teoretický přístup k základním metodám analýzy výroby používaným v praxi výrobních podniků za tímto účelem a také ergonomií pracoviště z pohledu BOZP.

V praktické části je následně detailně analyzován současný stav zkoumaného balení produktu a definování úzkých míst celého procesu. Z těchto výsledků analýzy byl vytvořen návrh automatizace celého procesu včetně kompletního 3D modelu. Poslední etapou práce je reálná cenová kalkulace tohoto řešení a zhodnocení tohoto návrhu z pohledu aktuálně platných norem a výpočet návratnosti investice vzhledem k dosaženým nákladovým úsporám.

Klíčová slova: metody štíhlé výroby, lean, 5 S, PFC, FMEA, MTM, MOST, OEE, SMED, analýza procesu, ergonomie, automatizace, konstrukce jednoúčelového stroje, automatizace balení, optimalizace výrobního procesu.

ABSTRACT

This bachelor thesis deals with the design of packaging process automation (production lines) from the efficiency point of view. There are gradually described as the basic methods of production analysis used on the market as workplace ergonomics from health and safety point of view.

There was analyzed current customer process of packaging and defined bottle necks of complete production process. Based on the results, there was proposed the design of automated device (3D mode) following valid norms. The last stage of the thesis evaluates real costing and return of investment evaluation of proposed solution.

Keywords: lean, 5S, PFC, FMEA, MTM, MOST, OEE, SMED, process analysis, ergonomics, automation, single-purpose machine, packaging automation, production process optimization.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych velice rád poděkoval mému vedoucímu práce Ing. Jakubu Hubovi, Ph.D. za cenné připomínky, a hlavně trpělivost ve všech fázích této bakalářské práce. Dále bych chtěl poděkovat panu Ing. Dušanovi Muzikantovi za poskytnuté rady ohledně technického řešení a předání praktických zkušeností z jeho praxe k jednotlivým zpracovávaným kapitolám. V neposlední řadě bych rád poděkoval panu Radkovi Nekardovi za poskytnutou příležitost pracovat ve firmě Amtech spol. s.r.o. a sbírat zkušenosti v oboru automatizace výroby. Závěrem patří mé díky celé mé rodině, blízkým a všem spolupracovníkům za pozitivní přístup a podporu, kterou mi poskytovali během celého studia.

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

OBSAH

OBSAH	7
1 ÚVOD.....	9
2 PŘEDSTAVENÍ FIRMY AMTECH SPOL. S.R.O.....	10
I. TEORETICKÁ ČÁST.....	11
3 POPIS ZÁKLADNÍCH LEAN METOD PRO ZVÝŠENÍ EFEKTIVITY	12
3.1 METODIKA 5 S.....	12
3.2 PROCESNÍ VÝVOJOVÝ DIAGRAM.....	14
3.3 FMEA	14
3.4 CONTROL PLAN.....	15
3.5 ANALÝZA A MĚŘENÍ PRÁCE.....	15
3.5.1 Přímé měření.....	16
3.5.2 Nepřímé měření	16
3.5.2.1 MTM.....	16
3.5.2.2 Basic MOST	16
3.5.2.3 Porovnání metodik MTM a MOST	18
3.6 VSM.....	21
3.7 BALANCE CHART	23
3.8 OEE.....	25
3.8.1 Dostupnost (anglicky availability) - A.....	26
3.8.2 Výkon (anglicky performance) - P	26
3.8.3 Kvalita (anglicky quality) – Q	26
3.9 SMED	28
3.10 ERGONOMIE	32
4 AUTOMATIZACE A JEJÍ ZKLADNÍ TYPY	34
4.1 POJEM AUTOMATIZACE	34
4.1.1 Jednotlivé typy automatizace.....	34
4.1.1.1 Tvrdá automatizace.....	34
4.1.1.2 Měkká automatizace	35
4.1.1.3 Flexibilní automatizace.....	35
II. PRAKTICKÁ ČÁST	36
5 ROZBOR STÁVAJÍCÍ BALÍČÍ LINKY	37
5.1 POPIS STÁVAJÍCÍHO PROCESU	37
5.1.1 Layout	37
5.1.2 Flowchart současného procesu	38
5.2 OEE SOUČASNÉHO PROCESU.....	38
5.3 BASIC MOST SOUČASNÉHO PROCESU.....	40
5.4 BALANCE CHART SOUČASNÉHO PROCESU	43
5.5 VYHODNOCENÍ SOUČASNÉHO STAVU PROCESU	44
6 NÁVRH NOVÉHO PROCESU BALENÍ.....	45
6.1 AUTOMATIZACE PÁSKOVÁNÍ.....	45
6.1.1 Konstrukční řešení navádění pásky	46
6.1.2 Řešení automatizace procesu	47
6.2 AUTOMATICKÉ ROZLOŽENÍ KARTONOVÉ KRABICE	48

6.3	VLOŽENÍ PRODUKTU DO KRABICE	51
6.4	VLOŽENÍ PŘÍBALOVÉHO ŠROUBU	51
6.5	VLOŽENÍ PŘÍBALOVÉHO MAZIVA.....	52
6.6	VLOŽENÍ PŘÍBALOVÉHO FILTRU	53
6.7	AUTOMATICKÉ SLOŽENÍ PRODUKTOVÉHO LETÁKU	54
6.8	VLOŽENÍ FIXAČNÍCH ELEMENTŮ PRODUKTU V KRABICI	55
6.9	ANALÝZA RIZIKOVÝCH MÍST A JEJICH ZABEZPĚČENÍ	55
6.9.1	Analýza rizik strojního zařízení	55
6.9.2	Riziková pracoviště nového návrhu balící linky.....	56
6.9.2.1	Zásobník krabic a odebírání krabice	56
6.9.2.2	Zásobník sáčků šroubů a maziva	57
6.9.2.3	Výstup produktu z ochranného opocení	57
6.10	ROZLOŽENÍ NOVÉHO PRACOVIŠTĚ.....	57
7	TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	60
7.1	NAVÝŠENÍ EFEKTIVITY	60
7.2	CELKOVÝ FINANČNÍ NÁKLAD NA DANÉ ŘEŠENÍ	61
7.3	ROI (RETURN ON INVESTMENT).....	62
	ZÁVĚR	63
8	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	64
9	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	66
10	SEZNAM OBRÁZKŮ	67
11	SEZNAM TABULEK.....	69
12	SEZNAM PŘÍLOH.....	70
	PŘÍLOHA P I: GANTTŮV DIAGRAM NOVÉHO PROCESU.....	71

1 ÚVOD

Během posledních let je pro všechny výrobní firmy největší výzvou efektivnost nákladů procesu. Z tohoto důvodu, ale i z důvodu tlaku na výslednou cenu výrobku jsou firmy nucené automatizovat nebo alespoň částečně automatizovat své procesy. Nejčastěji se samotné firmy v první řadě zaměřují na stereotypní procesy a procesy, které nepřidávají výslednému produktu hodnotu. I toto je případ, kterému se budu dále věnovat v bakalářské práci.

Tato práce je rozdělena do dvou hlavních částí. V první části práce obsahuje rešerši. Zde jsou rozebrány jednotlivé základní typy lean metod. Tyto metody zde zastupují proces při analýze procesu. Tato analýza je klíčová, pro vhodné zvolení automatizace a správného nastavení celé výroby. V praktické části je obsažena již konkrétní situace. Dle zadání zákazníka bude detailně analyzován proces balení výrobku. Po vyhodnocení analýzy proběhne návrh nového procesu. V závěru teoretické části se zaměřím na celkové vyhodnocení daného návrhu z pohledu efektivity výroby a návratu investice.

2 PŘEDSTAVENÍ FIRMY AMTECH SPOL. S.R.O.

Následující kapitola stručně představuje společnost Amtech spol. s.r.o., ve které jsem realizoval praktickou část své bakalářské.

Firma Amtech byla založena v roce 1993 jako obchodní společnost v oblasti elektrotechniky. Od prvopočátku se zaměřovala na dodávky na části technologických zařízení. Na českém a slovenském trhu AMTECH reprezentuje renomované světové výrobce a dodavatele a pomáhá stále většímu počtu českých a slovenských zájemců automatizovat jejich výrobní a logistické provozy, aby provoz mohl být automatizován dle požadavků. V současné době je firma rozdělena do 3 základních divizí. [1]

První divizí je divize SMT technologií. Tato divize je zaměřena na kompletní dodávky pro potřeby SMT průmyslu. Od komponent pro pájení jako jsou hroty a náhradní díly pájecích robotů až po kompletní technologické zařízení celých linek pro SMT průmysl. Tyto linky se skládají například z osazovacích automatů, optických systémů a pájecích zařízení. [1]

Další divizí je divize robotiky. Tato divize se zabývá zejména distribucí a servisem kolaborativních robotů. Do portfolia této divize patří kolaborativní roboty Universal Robots a Mobile industrial Robots. Roboti firmy Universal robots jsou šestiosé, schopné pracovat v přímém kontaktu s člověkem a jsou proto velmi využívány při operacích vyžadující spolupráci člověka s robotem. Roboti od společnosti Mobile industrial Robots jsou autonomní mobilní robotické vozíky, které nahrazují lidskou sílu v převozu a transportu materiálu v procesu. V roce 2018 společnost představila Personal Agency 4 Robots „personální“ agenturu nabízející pronájem kolaborativních robotů Universal Robots a autonomních mobilních robotů MiR. Nabídka je určena především podnikům, které aktuálně nemají prostředky na investice, nadnárodním firmám s obtížným procesem schvalování investic v zahraničí ale s dostupnými rozpočty na agenturní pracovníky, a také personálním agenturám hledajícím pracovníky pro své klienty.

[1]

Poslední divizí firmy Amtech je divize automatizace. Tato divize je nemladší divizí společnosti a vznikla na základě potřeb zákazníků, kdy zákazník vyžadoval nejen odkup jednotlivých technologií, ale také již sofistikovanější nasazení ve výrobě případně návrh a realizaci komplexní automatizace procesu výroby. Právě v této divizi probíhala má praktická část bakalářské práce, kde jsem řešil konkrétní požadavek zákazníka.

I. TEORETICKÁ ČÁST

3 POPIS ZÁKLADNÍCH LEAN METOD PRO ZVÝŠENÍ EFEKTIVITY

LEAN management neboli management štíhlé výroby představuje více jak 100letý vývoj jednotlivých metod. Tato metodika má kořeny v Japonsku a jeho poválečné době, zejména pak ve firmě Toyota, kde vznikl jako důsledek potřeby hromadné výroby v prostředí s nutností vysoké flexibility. LEAN je založen na principu neustálého zlepšování a monitorování všech procesů. Tato filozofie si dává za úkol zamezit zbytečnému plýtvání, navýšení efektivity, snížit náklady, a to vše za využití různých nástrojů a metod. Některé základní metody jsou popsány v následujících podkapitolách. [2]



Obr. 3.1 Sedm druhů plýtvání [2]

3.1 Metodika 5 S

Cílem metodiky 5 S je vytvoření a udržení organizace na pracovištích výroby. Princip je založen na odstranění plýtvání nevhodně navrženým pracovištěm. Úkolem je tedy návrh takového pracoviště, aby se zde vyskytovali pouze prostředky aktuálně využívané, umístěna v prostorech jim vyhovujícím (vzdáleností od pracovníka, velikostí, orientací). Díky správné organizaci pracoviště tak získáváme lepší přehled o průběhu procesu a lepší vizuální stránku prostředí. [3]

Tato metoda je založena na pěti základních krocích, přičemž S v názvu metodiky je počáteční písmeno japonského slova pro daný krok. Jedná se o slova Seiri (úklid), Seiton (pořádek), Seiso (čištění), Seiketsu (standardizace), Shitsuke (disciplína). Brzy po celosvětovém zavedení této metodiky byl vytvořen také anglický ekvivalent, který stejně jako v japonštině pojmenovává kroky pro implementaci této metody. Jednotlivé kroky pro implementaci tedy jsou: [3,4]

1 S – Seiso (anglicky Sort) – čištění

V první fázi je důležité rozlišit potřebné a nepotřebné předměty pro dané pracoviště. Nepotřebné vybavení a pomůcky je třeba z pracoviště odstranit a zachovat tak jen předměty potřebné. Takto vytríděné předměty již následně nepřekážejí na pracovišti. [4] [3]

2 S – Seiton (anglicky Set in order) – pořádek, srovnání

Z předchozího kroku již máme vytríděné předměty, které jsou nezbytné pro dané pracoviště. Nyní na základě frekvence používání případně na pozici používání je nutné pomůcky umístit. Zpravidla se umísťují přímo k místu jejich využití, případně jsou dále seřazena dle frekvence používání tak, aby nejčastěji používaný předmět byl co nejbližší k danému místu používání. Je nanejvýš vhodné, aby každý předmět měl jasně definované místo uložení. Toto místo je vhodné také označit (Barvou, popiskem, tvarovým výřezem pro právě jeden typ nástroje nebo pomůcky) [4] [3]

3 S – Seiso (anglicky Shine) – čištění

V třetím kroku zapojíme další procesy čištění. Cílem je odstranit veškeré nečistoty na pracovišti (prach, špínu a další cizí předměty). Takto vyčištěné pracoviště dává možnost rychlého odhalení abnormalit na daném pracovišti. Mezi tyto abnormality můžeme zařadit například únik olejů, poškození zařízení či výrobku. [4] [3]

4 S – Seiketsu (anglicky Standartize) standardizace

Předposledním krokem zavedení metodiky je zavedení standardu všech předchozích kroků. Všechny předchozí kroky je třeba provádět předepsaným a stejným způsobem. Vymezení pravomocí a odpovědností pro konkrétní pracovníky a určení pravidel. [3] [4]

5 S – Shitsuke (anglicky Sustain) disciplína/udržení

Páté „S“ je posledním krokem v rámci celého procesu zavedení a udržení. Tento bod sdružuje všechny předchozí a apeluje na jejich dodržování. V rámci udržitelnosti bývají pravidelně nastavené kontroly pracovišť. Je vhodné, aby pracovníci této kontroly byly nezávislími pozorovateli, neboť netrpí takzvanou procesní slepotou a mohou se na celé pracoviště podívat jako nezaujatá osoba. [3] [4]

Největším přínosem 5S metodiky je zvýšení produktivity, přehlednosti a zlepšení kvality procesu výroby. V neposlední řadě také zvýšení bezpečnosti práce na daném pracovišti.

3.2 Procesní vývojový diagram

Vývojový diagram je grafická pomůcka, která výrazně pomáhá pochopit fungování daného procesu. Tento graf velmi často bývá prvotním dokumentem pro nové procesy, analýzu stávajících procesů, vytvoření FMEA a kontrolního plánu. Vývojový diagram mapuje sekvenci všech procesních kroků, jejich navázání a větvení. Primárním cílem je vyjasnění toku činností procesem anebo nalézt problémové místo. Jednotlivé symboly používané ve vývojových diagramech jsou detailně popsány v normě ČSN ISO 5807, která se zabývá zpracováním informací, dokumentačními symboly, konvencemi pro vývojové diagramy. [5]

Při tvorbě vývojových diagramů je vhodné postupovat pomocí pokládání základních otázek:

- 1) Co se stane nejdříve
- 2) Co následuje
- 3) Postup v případě rozhodnutí ANO
- 4) Postup v případě rozhodnutí NE
- 5) Kdo je rozhodující člen

Jako nevhodnou považujeme otázku PROČ neboť odvádí pozornost od popisu procesu.

3.3 FMEA

FMEA je základní systematické metoda analýzy možností vzniku vad, jejich vyhodnocení dopadu na daný proces nebo výrobek, možnosti jejich odhalení a navržení nápravných opatření. Pro provedení FMEA je potřeba znát detailní informace o požadovaném procesu. Jako vstup pro FMEA využíváme flow chart procesu a konstrukci výrobku. Tato metoda podporuje proces navrhování procesů a výrobku pomocí následujících kroků: [6]

- 1) Vyhodnocení požadavků návrhu a alternativního návrhu
- 2) Zvýšení pravděpodobnosti odhalení možných vad a jejich důsledků již ve fázi vývoje
- 3) Poskytnutí informací pro plánování zkoušek a programu vývoje
- 4) Zpracování seznamu vad s možností vytvoření seznamu priorit zlepšení návrhu.
- 5) Poskytnutí souboru otázek pro realizaci snížení rizik

- 6) Poskytnutí podkladů pro budoucí návrh podobných procesů a výrobků

Díky bodu 6 je tvorba nové FMEA v praxi často nahrazována úpravou již stávajícího obdobného procesu. Celá metoda FMEA je postavena na týmové práci. Tým tvořící tuto analýzu se skládá z představitelů všech oblastí dotčených požadovaným procesem. Tento tým zastřešuje odpovědný inženýr, který přímo a aktivně jednotlivé představitele zapojuje. V praxi se tedy nejčastěji setkáváme s týmem složený, z následujících členů týmu: Inženýři zodpovědní za konstrukci a návrh, výroby, montáže, servisu, jakosti a spolehlivosti. [7] [6]

3.4 Control plan

Control plan neboli kontrolní plán je dokument, který jasně stanovuje kontrolu produktu nebo procesu. Zároveň definuje, kde se tato kontrola zaznamenává. Control plan jako takový je jeden z požadavků normy IATF16 949. Tato norma stanovuje požadavky na jeho obsah i strukturu. Přestože je tato norma pro automobilový průmysl, s control planem se setkáváme i v dalších oblastech výroby. Jako vstup pro Control plan je procesní nebo designová FMEA, flow chart procesu, poučení z podobných procesů a výrobků, zkušenosti a znalosti problematiky. Dle IATF 16 949 je rozdělení do následujících skupin: [8]

- 1) Všeobecné požadavky
- 2) Kontrola produktu
- 3) Kontrola procesu
- 4) Metody
- 5) Reakční plán

3.5 Analýza a měření práce

Tato analýza je jednoduchým a efektivním způsobem zjištění plýtvání a neefektivity procesu. Využívá se pro definování optimálního rozložení pracovního procesu a určení potřebných časů. Zároveň funguje jako vstup pro balance chart. Analýza práce je velmi důležitá pro identifikaci současného pracovního procesu a na základě této analýzy můžeme začít s měřením práce. Měření práce můžeme rozdělit na dvě základní metody. [9]

- 1) Přímé měření
- 2) Nepřímé měření

3.5.1 Přímé měření

U přímého měření se jedné o stanovení spotřeby času za použití stopek, formulářů případně specializovaného softwaru. Přímé měření dělíme dále na dva případy. V případě, že se zajímáme o čas pracovníka, jedná se o pracovní snímek dne. Pokud sledujeme čas operace a procesu, jedná se o chronometráž. [9]

3.5.2 Nepřímé měření

Nepřímé měření neboli metoda předem stanovených časů využívá empiricky stanovených hodnot časů pro jednotlivé pohyby. U nepřímého měření je nejdůležitější provést rozbor operace na základní pohyby. Velikost a detail těchto pohybů závisí na použité metodice nepřímého měření. [9]

3.5.2.1 MTM

Metodika MTM je základní a nejznámější metoda předem stanovených časů. Stala se základem pro většinu z těchto metod. Nevýhodou této metodiky je nutnost detailního popisu všech pohybů. Ve snaze zrychlit stanovení potřebného času vznikly však z MTM další metody, které nejsou již až tak detailní, avšak stále velmi spolehlivé. Jedná se např. o MTM2, UAS nebo MOST. Metoda MTM i jí přidružené metodiky včetně všech metodik MOST pracují s časovou jednotkou TMU. $1\text{TMU} = 0,036\text{sekundy}$. [9]

3.5.2.2 Basic MOST

Basic MOST je v dnešní době nejpoužívanější metoda předem stanovených časů, která se v českých firmách vyskytuje. Vychází ze skutečnosti, že všechny operace výroby (kromě tvůrčího myšlení) jsou přemístěním objektu. Díky tomuto předpokladu umožnila tato metoda vysokou produktivitu analýzy procesu a stanovení potřebných časů. Basic MOST se nyní využívá ve všech odvětvích průmyslu (automobilový, elektronický, strojírenský...). Dle způsobu přemístění dělíme pohyby na 4 základní typy. Dle typu pohybu rozeznáváme také sekvenční modely pro daný pohyb. Základní pohyby a sekvenční model je zobrazen na obrázcích sekvenčního modelu a příkladu použití Basic MOST [9]

Sekvenční modely pro systém Basic MOST		
Aktivita/druh pohybu	Sekvenční model	Parametr
Obecné přemístění	ABGABPA	A - Action distance (Akce na určitou vzdálenost)
		B - Body motion (Pohyb těla)
		G - Gain control (Získání kontroly)
		P - Placement (Umístění)
Řízené přemístění	ABGMXA	M - Move controlled (Přesun řízený)
		X - Processtime (Procesní čas)
		I - Alignment (Vyrovnání)
Použití ručního nástroje	ABGABP*ABPA	F - Fasten (Utáhnout)
		L - Loosen (Uvolnit)
		C - Cut (Dělit)
		S - Surface treat (Povrchová úprava)
		M - Measure (Měřit)
		R - Recor (Zaznamenat)
		T - Think (Myslet)
Použití ručního jeřábu	ATKFLVPTA	T - Transport unloaded (Transport prázdný)
		K - Hook up and unhook (Zaháknutí a vyháknutí)
		F - Free object (Uvolnění objektu)
		L - Loaded mode (Transport naložený)
		V - Vertical Move (Vertikální přemístění)

Obr. 3.2 Sekvenční model Basic MOST [9]

Pořadové číslo	Použití rukou	Popis operace	Sekvence						Frekvence	TMU
			OP	ABG - Získat	ABP - Položit	MXI - Přemístění/Spusťt	Nástroj	ABP - Položit stranou		
		J - Jeřáb	J	ATK - Získat	FVL - Položit		VPT - Položit stranou			
1	P	Uchopit výrobek vzdálený 1 krok a umístit jej na nástroj	OP	A 3 B 0 G 1 1 1 1	A 3 B 0 P 3 1 1 1			A 0 1	1	100
2	O	Upevnit výrobek dvěma otočeními zápěstím	NF	A 0 B 0 G 0 1 1 1	A 0 B 0 P 0 1 1 1	F 6	A 0 B 0 P 0 1 1 1	A 0 1	1	60
3	P	Upevnit výrobek dvěma rázy zápěstím	NF	A 3 B 0 G 1 1 1 1	A 3 B 0 P 1 1 1 1	F 6	A 1 B 0 P 1 1 1 1	A 0 1	1	160
6	L	Spustit cyklový čas trvající 29s	RP	A 1 B 0 G 1 1 1 1	M 1 X 81 I 0 1 1 1			A 0 1	1	840
8	P	Ukončit cyklus uvolněním páky	RP	A 1 B 0 G 1 1 1 1	M 1 X 0 I 0 1 1 1			A 0 1	1	30
9	O	Uvolnit výrobek dvěma rázy zápěstím	NL	A 1 B 0 G 1 1 1 1	A 1 B 0 P 1 1 1 1	L 6	A 1 B 0 P 1 1 1 1	A 0 1	1	120
10	P	Uvolnit výrobek dvěma otočeními zápěstím	NL	A 0 B 0 G 0 1 1 1	A 1 B 0 P 1 1 1 1	L 6	A 0 B 0 P 0 1 1 1	A 0 1	1	80
11	O	Vyjmout hotový výrobek	OP	A 1 B 0 G 1 1 1 1	A 0 B 0 P 0 1 1 1			A 0 1	1	20
12	O	Očistit výrobek vzduchovou pistolí	NS	A 1 B 0 G 1 1 1 1	A 1 B 0 P 1 1 1 1	S 6	A 1 B 0 P 1 1 1 1	A 0 1	1	120
13	P	Odložit hotový kus do přepravy vzdálené 1 krok	OP	A 0 B 0 G 0 1 1 1	A 3 B 0 P 3 1 1 1			A 0 1	1	60
Celková spotřeba času:				0,95	57,19			1590		
				minut	sekund			TMU		

Obr. 3.3 Příklad použití Basic MOST [9]

MOST analýzu sestavíme dle následující postupu:

- 1) Vytvoříme kompletní posloupnost vykonávaných pohybů (popis operace)
- 2) Pro každou operaci zvolíme typ pohybu (obecný, řízený, pomocí ručního nářadí, pomocí jeřábu)
- 3) Zvolíme vhodný sekvenci pohybu
- 4) Pro každý parametr dané operace zvolíme z datakarty vhodný index dle obtížnosti operace
- 5) Určíme časovou potřebu pro danou operaci.

Obecné Přemístění									
ABG Získat		ABP Položit	A Návrat						
index x10	Akce na určitou vzdálenost	A	Pohyb těla	B	Získání kontroly	G	Umístění	P	index x10
0	≤ 2 in. (5 cm)		Žádný pohyb těla		Bez získání kontroly Držet		Bez umístění Držet Hodit		0
1	Na dosah				Uchopit lehký objekt Uchopit lehký objekt Simo		Odložit Volné tolerance		1
3	1 – 2 kroky		Sednout bez ustavení Vstát bez ustavení Sehnout se a napřímít 50 %		Získat Ne-simo Získat těžký/objemný Získat neviděný Získat blokováný Promíchání Rozpojit,Shromáždit		Volné tolerance při nevidění Umístit s ustavením Umístit s lehkým tlakem Umístit s dvojitým umístěním		3
6	3 – 4 kroky		Sehnout se a napřímít				Uložit s péčí Uložit s přeností Uložit neviděný Uložit blokováný Uložit velkým tlakem Uložit s mezipohyby		6
10	5 – 7 kroků		Sednout Vstát						10
16	8 – 10 kroků		Sehnout se a sednout, Vylézt nahoru, Slézt dolů, Vsiát a sehnout se, Dvěřmi						16

Akce na určitou vzdálenost Doplnkové hodnoty				
Index	Kroky	Vzdálen (ft)	A Vzdálen (m)	
24	11-15	38	12	
32	16-20	50	15	
42	21-26	65	20	
54	27-33	83	25	
67	34-40	100	30	
81	41-49	123	38	
96	50-57	143	44	
113	58-67	168	51	
131	68-78	195	59	
152	79-90	225	69	
173	91-102	255	78	
196	103-115	288	88	
220	116-128	320	98	
245	129-142	355	108	
270	143-158	395	120	
300	159-174	435	133	
330	175-191	478	146	

Obr. 3.4 Příklad datakarty pro obecné přemístění [9]

3.5.2.3 Porovnání metodik MTM a MOST

Porovnání těchto metod můžeme provést z několika hledisek:

- a) Z hlediska detailnosti metodiky a jednotlivých kroků
- b) Z hlediska časové náročnosti pro danou metodu
- c) Z hlediska obtížnosti
- d) Z hlediska rozsahu dokumentace
- e) Z hlediska dostupnosti informací o metodě a jejím rozšíření

Pro porovnání metod uvedu vzorový příklad každé metody pro jednoduchý pracovní model. Na základě těchto příkladů provedeme porovnání.

Pracovní operace obnáší čtyři následující kroky:

- 1) Odebrání a založení tělesa výrobku (výrobek uložen v prokladu vzdáleném 50 cm od operátora)
- 2) Odebrání a založení šroubku ze zásobníku (v zásobníku jsou šroubky volně loženy)
- 3) Šroubování pneumatickým šroubovákem (procesní čas 0,5sec.)
- 4) Odebrání hotového výrobku a odložení do pozice pro další zpracování.

Pro tento vzorový příklad byla naměřena stopkami hodnota 8 sec. Tento čas bude použit pro porovnání obou metod.

č.	Popis levá ruka	četnost pohybu	symbol	TMU	symbol	četnost pohybu	Popis pravá ruka
1	Sáhnout pro těleso	1	R50B	18,4	R50A	1	Sáhnout pro těleso
2	Uchopit těleso	1	G1A	2	G1A	1	Uchopit těleso
3	Přemístit těleso výrobku	1	M60B	20,4	M60B	1	Přemístit těleso výrobku
4	Pustit těleso	1	RL1	2	RL1	1	Pustit těleso
5	Sáhnout pro šroub	1	R50C	19,6			
6	Uchopit šroub	1	G4C	12,9			
7	Přemístit šroub	1	M60C	25,2			
8	Pustit šroub	1	RL1	2			
9				18,4	R50B	1	Sáhnout pro šroubovák
10				2	G1A	1	Uchopit šroubovák
11	Přemístit ruku zpět k tělu 50 cm	1	R50E	25,2	M60C	1	přemístit šroubovák
12		0		13,9		1	Šroubování (0,5sec= 13,9)
13				25,2	M60C	1	přemístit šroubovák
14				2	RL1	1	Pustit šroubovák
15	Sáhnout pro výrobek	1	R10A	6,1	R10A	1	Sáhnout pro výrobek
16	Uchopit výrobek	1	G1A	2	G1A	1	Uchopit výrobek
17	Přemístit výrobek na další pracoviště (50 cm)	1	M50B	18	M50B	1	Přemístit výrobek na další pracoviště (50 cm)
18	Pustit výrobek	1	RL1	2	RL1	1	Pustit výrobek
19	Přemístit ruku zpět k tělu 50 cm	1	R50E	16,5	R50E	1	Přemístit ruku zpět k tělu 50 cm
Celková spotřeba času			TMU	233,8	Sekund	8,41	

Tab. 3.1 Vzorový příklad metodiky MTM-1

Pořadové číslo	Použití rukou	Popis operace	Sekvence						A – Návrat	Frekvence	TMU
		OP – obecné přemístění	ABG – Získat	ABP – Položit			Nástr oj	ABP – Položit stranou			
		ŘP – řízené přemístění (Č – Procesní čas)		MXI – Přemístiti/Spustit							
		N – Použití nástroje		ABP – Položit							
J – Jeřáb	ATK – Získat			FVL – Položit							
1	O	Odebrání a založení tělesa výroku	OP	A 1 B 0 G 1 1 1 1	A 1 B 0 P 1 1 1 1				A 1 1	1,00	50
2	L	Odebrání šroubku ze zásobníku a založení	OP	A 1 B 0 G 3 1 1 1	A 1 B 0 P 1 1 1 1				A 1 1	1,00	70
3	P	Odebrání a přesun šroubováku	OP	A 1 B 0 G 1 1 1 1	A 1 B 0 P 1 1 1 1				A 1 1	1,00	50
3	P	Šroubování pneumatickým šroubovákem (0,5sec)	Č	0,00 čas 83 min						1,00	13,8
4	O	Odebrání hotového výrobku a odložení do pozice pro další zpracování	OP	A 1 B 0 G 1 1 1 1	A 1 B 0 P 1 1 1 1				A 1 1	1,00	50
Celková spotřeba času:						0,14	8,41	233,8			
						minut	sekund	TMU			

Tab. 3.2 Vzorový příklad metodiky Basic MOST

Hodnotící prvek	MTM-1	Basic MOST
Počet řádek dokumentace	19	4
Čas [sec]	8,41	8,41
Čas [TMU]	233,8	233,8

Tab. 3.3 Porovnání MTM-1 a Basic MOST

Podle výsledku v tabulce 3, je patrné, že pro vytvoření analýzy časové náročnosti je jednodušší metodika Basic MOST. Je to dáno detailností metodiky MTM, kde jednotlivé pracovní úseky tvoří tak malý prvek, že se již téměř nedají dělit. Nicméně tento fakt nemá na výsledný určený čas tak zásadní vliv. V porovnání mezi metodami vidíme, že výsledná spotřeba času je určená jako totožná.

Výhody MTM analýzy v porovnání s metodou Basic MOST:

- + Detailnější rozbor umožní zkoumaný proces analyzovat do nejmenších pohybů a tím zdokonalit ergonomii pracoviště
- + MTM analýza je nejrozšířenější metodikou analýzy předem stanovených časů
- MTM analýza je obtížnější na zpracování
- Z hlediska spotřeby času je náročnější
- Z hlediska obsahu dokumentace je násobně obsáhlejší

3.6 VSM

Další LEAN metodou je Value stream mapping. VSM je metoda pro mapování toku hodnot procesu. Jako hodnotu považujeme z hlediska štíhlé výroby takové procesy, za které je zákazník ochoten zaplatit. Takovýmito procesům říkáme proces přidávající hodnotu výrobku. Zpravidla se toto mapování využívá v následujících případech: [10]

- 1) Při analýze současného stavu výroby
- 2) V případě návrhu nového procesu výroby nebo nového výrobku
- 3) Při plánování nového rozvržení výroby

Cílem VSM je návrh ideálního stavu hodnotového i informačního toku, včetně plánu na jeho realizaci. Tato metoda je velmi často využívá z hlediska její jednoduchosti. K základnímu zaznamenání skutečnosti a vytvoření VSM stačí pouze papír a tužka, stopky a případně fotoaparát. Následně je potřeba splnit následující 3 kroky:

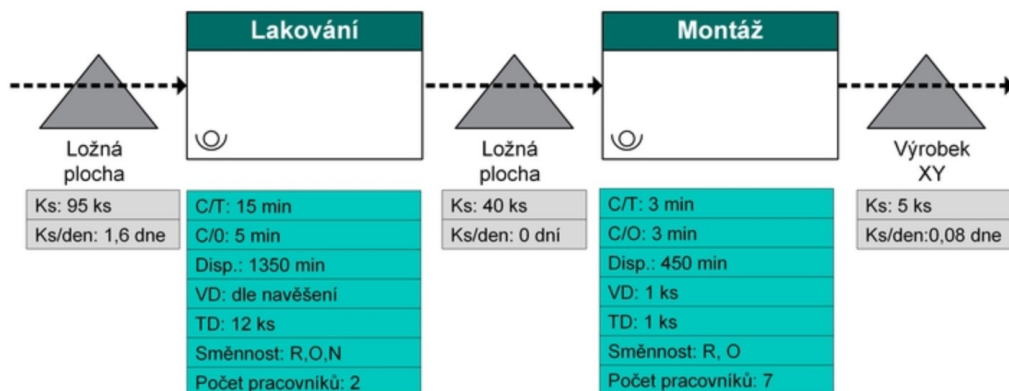
- 1) Definice potřeb zákazníka
 - Např. Měsíční požadavek, Počet pracovních dní/hodin, Takto zákazníka, Takt montáže a doba dodání.
 - Tento krok je pro vytvoření VSM zadáním. Neboť každý výrobce je nucen splnit požadavky zákazníka a zároveň nadvýroba je nežádoucím plýtváním ve výrobě [10]



Obr. 3.5 Schéma potřeb zákazníka [10]

- 2) Vytvoření mapy současného stavu

- Při tvoření mapy postupujeme odzadu, začínáme tedy od dodání k zákazníkovi a postupně doplňujeme informace až po počátek celého procesu. Pokud mapujeme pouze vnitřní proces výroby, jdeme od dodání výrobku na sklad po obdržení materiálu ze skladu. [2]
- V procesu sledujeme všechna data:
 - C/T
 - Směny
 - Přestavbu strojního zařízení
 - Stav zásob
 - Atd.
- Hlavními výstupy jsou:
 - Index přidané hodnoty (Poměr mezi časem kdy je výrobku přidávána hodnota a celkovým časem tvorby výrobku) Udává se v procentech a hodnoty bývají přibližně 1%
 - Přidaná hodnota
 - Lead time (průběžná doba výroby)
 - Přidaná hodnota
 - Nepřidaná hodnota (Např. manipulace, čekání, atd...)
 - Množství meziskladů
 - Informace o velikosti rozpracované výroby



Obr. 3.6 Detail materiálového toku [10]

3) Tvorba budoucí mapy a plánu, jak nového procesu dosáhnout [10]

- Z bodu 2 určíme nedostatky a plýtvání a na jejich základě přizpůsobíme mapy nového procesu.
- Po vytvoření nové mapy je nutné určit jednotlivé kroky, jak požadovaného procesu dosáhnout.



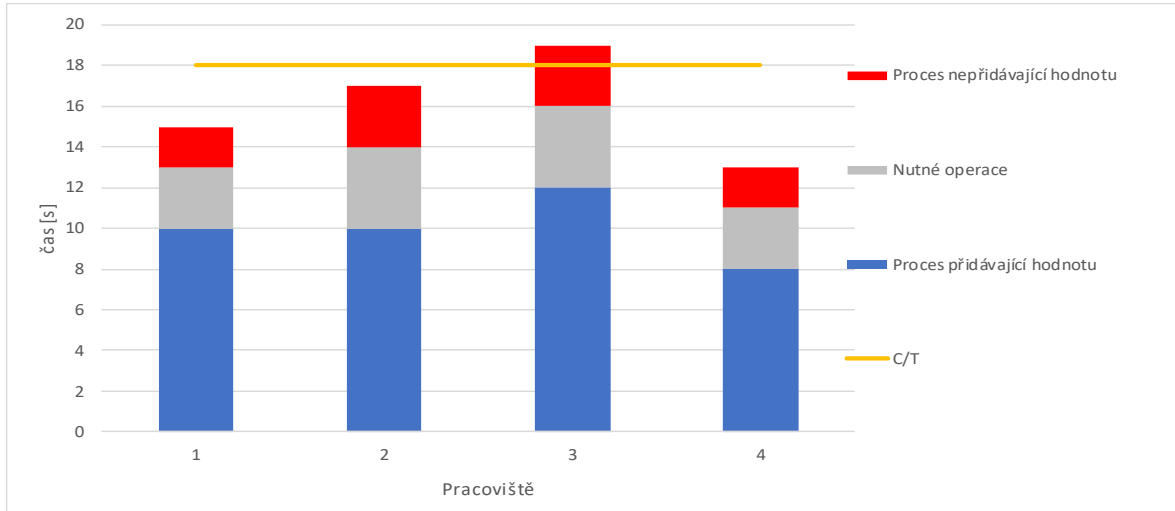
Obr. 3.7 Ukázka celé mapy VSM [10]

3.7 Balance chart

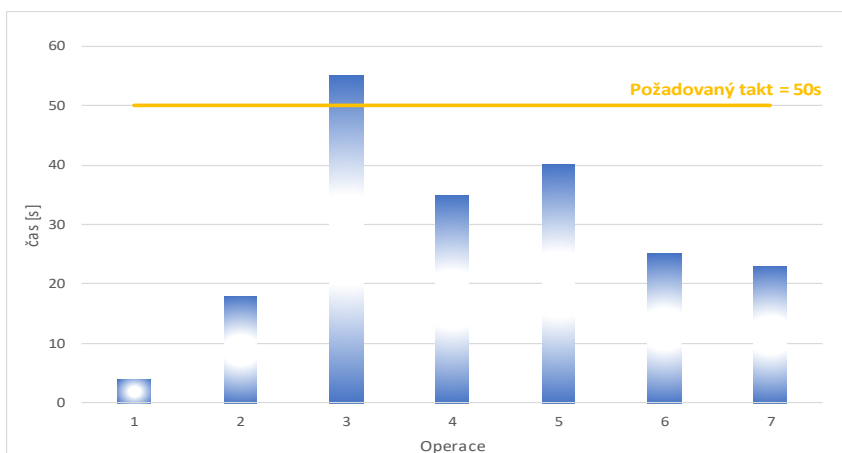
Balance chart nebo také Yamazumi chart je grafické znázornění času cyklu v daném procesu. Jak již anglický název napovídá, tento graf se využívá pro znázornění a následné vybalancování pracovních operací procesu. Procesní úkony jsou znázorněny ve sloupcovém skládaném grafu. Osa Y znázorňuje dobu cyklu, osa X každý krok procesu (případně jednotlivé operátory). Balancování pracoviště můžeme provádět ze dvou důvodů: [11]

- 1) Optimalizace procesního kroku, odstranění nadbytečných procesů či procesů nepřidávající hodnotu. Toto využití je na obr. 3.8
 - Na první pohled zde vidíme, že pracoviště 3, neplní CT zejména kvůli velkému podílu procesu nepřidávající hodnotu. Je důležité tedy toto pracoviště analyzovat a odstranit nadbytečné operace
- 2) Optimalizace výrobního procesu a vyvážení jednotlivých kroků případně redukce pracovníků. Příklad na obr. 3.9 a 3.10

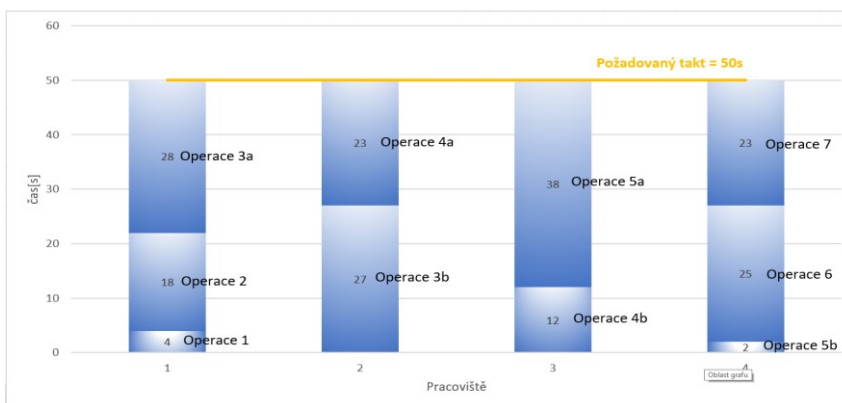
- Na obrázcích 3.9 a 3.10 můžeme vidět příklad využití vybalancování procesu. Díky přerozdělení operačních celků jsme dosáhli zjednodušení a maximálního využití operátorů pro daný proces.



Obr. 3.8 Balanční graf pro analýzu složení procesních kroků



Obr. 3.9 Balanční graf – příklad před vybalancováním



Obr. 3.10 Balanční graf – příklad po vybalancování

3.8 OEE

Celková efektivnost zařízení OEE (z anglického Overall equipment effectiveness) je ukazatel, který spojuje tři základní metriky a shrnuje je do jednoho klíčového ukazatele KPI, který ukazuje skutečný provozní výkon zařízení. OEE je standardem napříč všemi průmyslovými odvětvími. Identifikuje procento času výroby, který je skutečně efektivní. Skóre OEE 100 % znamená, že vyrábíme 100 % dobrých dílu, na 100% výkon (tzn. v minimální taktu) a to vše bez zastavení (se 100 % dostupností). [12]

Z této definice můžeme vyjádřit preferovaný vzorec pro výpočet OEE: [13]

$$OEE = A \cdot P \cdot Q \quad (1)$$

$$\text{neboli: } OEE = \text{dostupnost} \cdot \text{výkon} \cdot \text{kvalita}$$

Pro výpočet OEE můžeme použít i zjednodušený výpočet:

$$OEE = \frac{\text{dobrý počet} \cdot \text{ideální čas cyklu}}{\text{plánovaná doba výroby}} \quad (2)$$

Přestože i u zjednodušeného výpočtu jde o zcela platný výpočet OEE, neposkytuje informace o třech základních faktorech související se ztrátou. Důvod, proč je vhodnější znát tyto tři základní ukazatele je v tabulce

Faktor OEE	1. týden	2. týden
OEE	84,64 %	81,85 %
AVA	91 %	96 %
P	95,3 %	97,2 %
FPY	97,6 %	92 %

Tab. 3.4 Tabulka OEE faktorů a jeho jednotlivé ukazatele

Mezi 1. a 2. týdnem se OEE zvětšilo o 1,21 % a na základě zjednodušeného výpočtu by se mohlo uvažovat o dobrém výsledku. Při preferovaném výpočtu jasně pozorujeme znatelný pokles kvality. Proto se detailně zaměřím na výpočet preferovaný.

Do preferovaného výpočtu vstupují 3 ukazatelé. A to dostupnost, kvalita a výkon.

3.8.1 Dostupnost (anglicky availability) - A

Ukazatel dostupnosti bere v úvahu všechny události, které zastaví plánovanou výrobu.

Výpočet dostupnosti vypadá následovně:

$$AVA = \frac{\text{doba běhu}}{\text{plánovaná doba výroby}} \cdot 100 [\%] \quad (3)$$

Doba běhu je definována jako plánovaná doba výroby snižená o čas zastavení, kde doba zastavení je definována jako veškerý čas, kdy byl proces výroby zastaven neplánovanými zastávkami (např. poruchami) nebo plánovanými zastávkami (např. změna výroby). Plánované zastávky se snažíme redukovat na minimum. K tomuto účelu slouží SMED systém. [13]

$$\text{doba běhu} = \text{plánovaná doba výroby} - \text{zastavení výroby} \quad (4)$$

3.8.2 Výkon (anglicky performance) - P

Ukazatel výkonu je definován jako poměr ideální doby cyklu a doby běhu stroje. Pro výpočet je však jednodušší metoda výpočtu zahrnující počet vyrobených kusů, takt time a dobu běhu. Výpočet pak vypadá následně:

$$P = \frac{\text{počet vyrobený kusů} \cdot \text{normovaný takt time}}{\text{doba běhu}} \cdot 100 [\%] \quad (5)$$

Výkon nikdy nesmí přesáhnout hodnotu 1 (neboli 100 %). Pokud k této situaci dojde, znamená to, že máme špatně nastavený takt time pro výrobu. [13]

3.8.3 Kvalita (anglicky quality) – Q

Ukazatel kvality zohledňuje všechny vyrobené součásti, které nesplňují standardy kvality, včetně dílů, které je třeba opravit a přepracovat. Kvalita u výpočtu OEE se dá nahradit pojmem First pass yield (FPY). Tento pojem definuje počet dobrých kusů, které projdou úspěšně celým výrobním procesem na poprvé neboli bez nutnosti oprav nebo přepracování. FPY je tedy poměrem mezi počtem OK kusů, které prošli na poprvé a celkovým vyrobeným počtem kusů. [13]

Výpočet je tedy následující:

$$Q = FPY = \frac{\text{Počet OK kusů (bez oprav)}}{\text{Celkový počet vyrobených kusů}} \cdot 100 [\%] \quad (6)$$

Příklad výpočtu OEE:

Položka	Data
Délka směny	8 hodin (480 min)
Přestávky	1 x 30 min + 1 x 15 min
Prostoje	43minut
Takt time	2 s
Celkový počet kusů	9 631
Počet NOK kusů	223

Tab. 3.5 Hodnoty pro ukázkový výpočet OEE

Nejprve vypočítáme plánovanou dobu výroby.

Tuto dobu vypočítáme jako dobu délky směny, od které odečteme plánované přestávky

$$\text{Plánovaná doba výroby} = 480 - 45 = 435 \text{ min}$$

Vypočteme dobu běhu.

Tuto dobu vypočítáme dle vztahu (4) tzn:

$$\text{doba běhu} = 435 - 43 = 392 \text{ min}$$

Díky bodu 1 a 2 můžeme vypočítat dostupnost zařízení

Tento ukazatel spočítáme dle vztahu (3)

$$AVA = \frac{392}{435} \cdot 100 = 90,11 \%$$

Nyní vypočteme ukazatel výkonu zařízení

Tento ukazatel spočítáme dle vztahu (5)

$$P = \frac{(9631 - 223) \cdot 2}{392 \cdot 60} \cdot 100 = 79,88\%$$

Jako poslední z klíčových ukazatelů vypočteme hodnotu FPY

Tento ukazatel spočítáme dle vztahu (6)

$$FPY = \frac{9631 - 223}{9631} \cdot 100 = 97,68\%$$

Vzhledem k tomu, že známe již všechny tři klíčové ukazatele můžeme dosadit do vzorce (1) pro výpočet OEE

Tento ukazatel spočítáme dle vztahu (3)

$$OEE = 0,9011 \cdot 0,7988 \cdot 0,9768 \cdot 100 = 70,31\%$$

Na první pohled vidíme, že výsledná hodnota OEE pro tuto směnu je velice nízká, a to zejména díky velmi nízkému výkonu (pouze 79,88 %) a hodnotě dostupnosti (90,11 %). Díky znalosti klíčových ukazatelů jsme schopni definovat jednoduše úzké místo, a to rychle analyzovat.

3.9 SMED

SMED systém (z anglického Single-Minute Exchange of Dies) je systém pro zkrácení času, který je potřebný pro dokončení změny výroby (nastavení stroje na jinou zakázku, výměna nástrojů aj.) název pochází z cíle dosažení této změny na dobu „jediné číslice“ (méně než 10 min). Tento systém má zásadní vliv na výslednou hodnotu jednoho z klíčových ukazatelů OEE, a to dostupnost zařízení. Tzn úspěšně zavedený SMED systém přináší: [14]

- 1) Nižší výrobní náklady
- 2) Možnost výroby menších šarží a tím lepší reakci na požadavky zákazníka
- 3) Snížení velikosti výroby na sklad
- 4) Jednodušší přechod variant výroby

SMED vyvinul japonský inženýr Shigeo Shingo, který byl mimořádně úspěšný v aplikaci metod zrychlení přechodů výroby. Jeho práce vedla k dokumentovanému zkrácení těchto přechodů o 94 % v mnoha společnostech po celém světě.

Prakticky v každé výrobní společnosti se setkáme s přechod výroby na novou zakázku nebo typ. Z toho důvodu by měl být SMED systém standardním nástrojem. Nicméně zavedení SMED systému má své pravidla a neznamená, že zavedení SMED systému by měla být priorita. Jednoduchá zásada pro zavedení SMED systému je zhodnocení, jaké typy prostojů mají podíl na výsledné dostupnosti zařízení. K tomuto vyhodnocení však musíme mít zavedený sběr a pravidelně vyhodnocovat tyto údaje, nejčastěji toto vyhodnocení

probíhá formou OEE a jeho klíčových ukazatelů. Právě u dostupnosti dále se dále rozlišují hlavní dvě složky, které mají zásadní vliv na výslednou hodnotu. Těmito složkami jsou: [14]

1) Neplánované zastávky

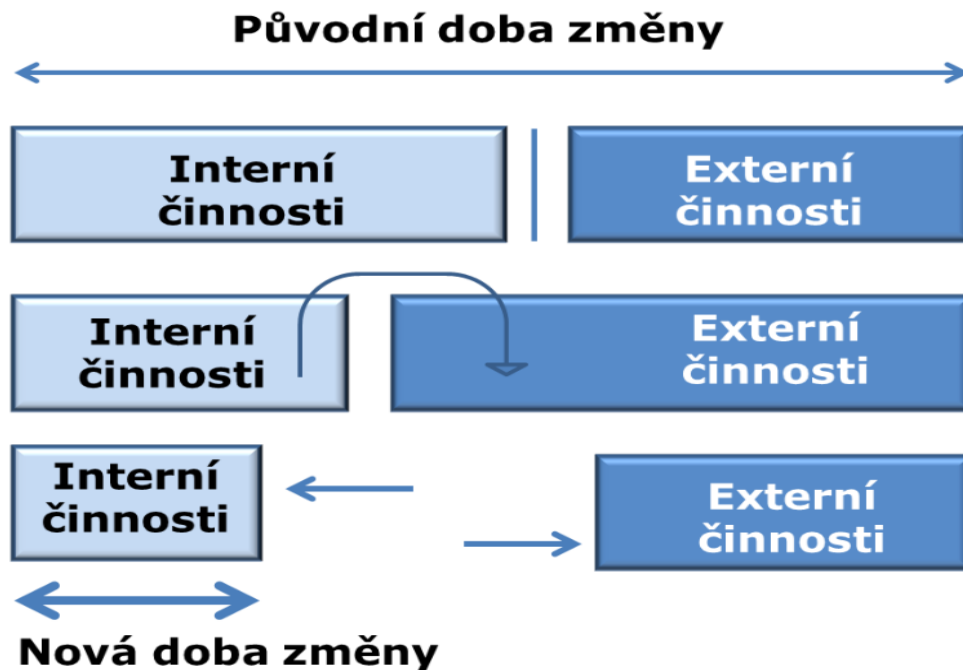
- Poruchy nástrojů, neplánovaná údržba, zastavení z důvodu nedostatku materiálu
 - Minimalizovat poruchy nástrojů a neplánované údržby pomáhá vhodně zvolené a nastavené TPM
 - V případě zastavení z nedostatku materiálu je třeba zajistit lepší proces logistiky například pomocí VSM mapy

2) Nastavení a seřízení

- Jedná se zejména o nastavení a seřízení procesu při přepnutí mezi jednotlivými variantami výroby, zapnutí stroje při začátku dne, doba zahřívání aj.
 - Minimalizovat tyto body pomáhá SMED systém

Před samotným zavedením SMED systému je tedy třeba analyzovat, zastoupení těchto dvou složek ve výsledné ztrátě doby běhu zařízení. V případě, že druhá složka (Nastavení a seřízení) představuje významné procento (minimálně 20 %) celkové ztráty, tak se zavedením SMED systému výrazně přispěje k lepším výsledkům výroby. Pokud je toto procento výrazně nižší, je vhodnější nejprve zvážit zaměření se na program TPM. [14]

Samotné zavedení SMED systému má zpravidla 3 fáze. Tyto fáze jsou zobrazeny na obrázku 3.11, jsou prováděny postupně a celá sekvence může být opakována. Každá z fází se skládá z činností interních, což jsou činnosti, které je nutné provádět při zastaveném stroji (např. seřízení pohyblivých částí stroje) a externích, což jsou činnosti, které je možné provádět kontinuálně během výroby.



Obr. 3.11 Tři fáze SMED [15]

1) Fáze 1

- Během první fáze dochází k analýze samotné doby změny, definování potřebných kroků a rozdělení na činnosti interní a externí.
 - Je vhodné nejprve pozorovat současný proces beze změn a vytvořit záznam jednotlivých kroků.
 - Rozdělení procesu na 4 základní části:
 1. Příprava materiálu
 2. Inspekce materiálu
 3. Čistění
 4. Kontrola kvality provedené změny [15]

2) Fáze 2

- Během druhé fáze zavedení SMED systému je snaha převést některé interní činnosti na externí. Jedná se zde zejména o kompletní přípravu pracoviště před změnou, využití podpůrných přípravků procesů. Jako podpůrné přípravky a procesy se může považovat:

- předběžná příprava dílů (přehřev formy mimo vstřikovací stroj)
 - využití duplicitních přípravků (jednotlivé varianty mají své přípravky s jednotným upínáním do zařízení)
 - Modulárnost zařízení (např. místo výměny bitu šroubováku, vyměnit celý šroubovák)
 - Úprava bezpečnostních zařízení (např. možnost čištění stroje za chodu výroby)
- Během této fáze je nutné si udržet odstup od zavedených systému a být nakloněn novým možnostem procesu. [15]

3) Fáze 3

- Během třetí fáze dochází ke zkrácení časů jak interních, tak externích činností. Děje se tak zejména pomocí následujících bodů:
 - Úprava upínání (např. ze šroubových mechanismů na rychloupínání)
 - Mechanizace jednotlivých úkonů
 - Eliminace pohybů (např. změnou layoutu)
 - Eliminace úprav (např. více pevných nastavení)
 - Standardizace procesů
 - Zaučení obsluhy [15]

Ukázkovým příkladem téměř dokonalého zavedení SMED metodiky je výměna pneumatiky. Profesionální pracovníci autoservisu jsou bez větších problémů schopni vyměnit pneumatiku za 15 minut. Pokud se podíváme na stejný proces výměny pneumatiky na profesionální týmy Formule 1, tak tato výměna včetně dotankování a dalších procesů trvá přibližně 15 s. Týmy formule 1 zde dotáhli téměř k dokonalosti například následující body:

- 1) Rozdělení na interní a externí činnosti (externě připraví veškerý materiál, nářadí i obsluhu tak, aby ihned po zastavení mohli začít proces výměny)
- 2) Zjednodušili na maximální úroveň všechny jednotlivé procesy (zvednutí formule jedním pohybem, povolení a utažení kol jednou maticí apod...)

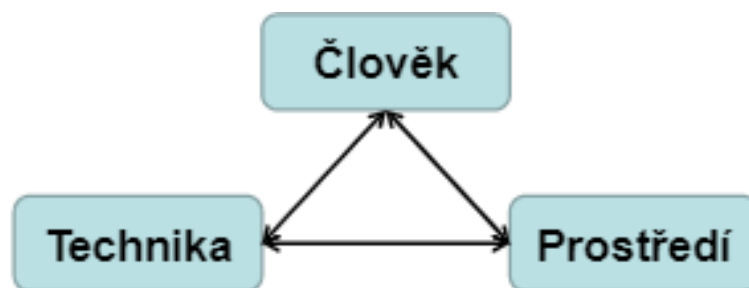
3.10 Ergonomie

Ergonomie je v dnešní době nepostradatelnou částí každého výrobního systému. Zaměřujeme se zejména na dvě základní části, které jsou následující:

- Zdraví člověka
 - Eliminování nevhodných poloh těla
 - Zbytečné manipulace s břemenem
 - Bezpečnost práce – odstranění hluku a vibrací
- Produktivita práce
 - Usnadnění práce,
 - Odstranění zbytečných pohybů
 - Vybudování pracoviště pro jednodušší profesní a osobní růst

Ergonomie je soubor technik, prostředků a v neposlední řadě také znalostí z předchozích zkušeností, díky kterým můžeme navrhnout pracoviště takové, které bude vyhovovat fyzickým, ale i duševním potřebám člověka. [16]

Oficiální definice dle IEA zní: „Ergonomie je vědecká disciplína, optimalizující interakci mezi člověkem a dalšími prvky systému a využívající teorii, poznatky, principy, data a metody k optimalizaci pohody člověka a výkonnosti systému.“ Z této definice tedy vychází, že ergonomie se zabývá vztahem v systému Člověk – Technika – Prostředí (obr. 3.12)



Obr. 3.12

Ergonomie pracoviště je předepsána také několika zákony, nařízeními vlády a normami. Základní výběr z těchto dokumentů je:

- Zákon č. 262/2006 Sb. Zákoník práce – obecná ustanovení
- Zákon č. 309/2006 Sb. - další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci

- Nařízení vlády NV 361/2007 Sb. - podmínky ochrany zdraví při práci
- Nařízení vlády NV 176/2008 Sb. - technické požadavky na strojní zařízení
- Nařízení vlády NV 148/2006 Sb. - ochrana zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací
- ČSN ISO 6385 Ergonomické zásady pro navrhování pracovních systémů
- ČSN EN 614-1 Ergonomické zásady navrhování –terminologie a všeobecné zásady

4 AUTOMATIZACE A JEJÍ ZKLADNÍ TYPY

Následující kapitoly se zabývají problematikou automatizace, jejím základním rozdělením a definicí jednotlivých metod pro analýzu výrobního procesu. V úvodu je základně popsána definice a samotné automatizace, následně jsou další bloky věnovány jednotlivým typům automatizace. Závěr této kapitoly je věnován výběru nejpoužívanějších metod analýzy výrobního procesu. Tato analýza je klíčová pro určení typu a stupni automatizace procesu.

4.1 Pojem automatizace

Některé prvky výrobního procesu budou automatizovatelné, zatímco některé prvky v současné době automatizovatelné nejsou a jsou stále ovládány ručně. Automatizaci můžeme definovat jako technologii, které se zabývá aplikací řešení mechanických, elektronických nebo počítačových systémů, které mají vliv na provoz a řízení výroby. [17]

Zároveň lze automatizace chápat jako proces, kterým se snažíme eliminovat funkci člověka v procesu výroby a snížit tak jeho vliv na výsledný produkt. Cílem by měl být proces, který osvobodí člověka od fyzické, namáhavé a opakující se činnosti. [18]

4.1.1 Jednotlivé typy automatizace

Automatizaci můžeme rozdělit na 3 základní typy. Těmito typy jsou Tvrdá automatizace, Měkká automatizace a flexibilní automatizace.

4.1.1.1 Tvrdá automatizace

Tvrdou automatizací se rozumím takové zařízení (robot, stroj), které je navrženo pro vykonávání jednoho konkrétního úkolu. Typicky vysoce se opakující úkol, jednoduchá operace nebo kombinace jednoduchých operací. Jelikož je toto zařízení navrženo právě na jeden konkrétní úkol, zpravidla se jedná o možnost s nejnižšími výrobními náklady. Často toto zařízení pracuje ve velmi vysokých rychlostech a tím překonává rychlost lidské práce. Je ideální pro práci s velkým objemem a malou variabilitou výroby. Typickým příkladem tohoto řešení jsou jednoúčelové výrobní zařízení. [19]

Nevýhodou těchto zařízení je nemožnost zpracovat větší portfolio výroby, není flexibilní a úprava pro možnost výroby jiného typu výrobku může být velmi nákladná a časově náročná.

4.1.1.2 Měkká automatizace

Měkká automatizace (též pružná) je výsledkem požadavků z procesu výroby na rozmanitější portfolio příbuzných produktů. Toto zařízení je konstruováno tak, aby vyhovovalo výrobě různých konfiguracím výrobků. Zařízení je typicky řízeno počítačem a změna výrobního programu může být stejně jednoduchá, jako spuštění stroje tvrdé automatizace. Záleží na míře, automatizace, se kterou je zařízení konstruováno. Tato změna výroby může obsahovat mechanické úpravy nebo jen přepnutí programu zařízení. [19]

Tyto rozdíly oproti tvrdé automatizaci zpravidla způsobují vyšší pořizovací náklady a obvykle pracují s nižšími rychlostmi výroby. Měkká automatizace je vhodným řešením všude tam, kde je velké množství podobných produktů, které je potřeba vyrábět.

4.1.1.3 Flexibilní automatizace

Třetí a poslední variantou tohoto rozdělení je flexibilní automatizace (nazývaná též programovatelná). Jedná se o rozšíření měkké automatizace a již podle názvu se jedná o zařízení, které je navrženo tak, aby byla možnost toto zařízení libovolně přemísťovat mezi různými výrobními linkami, procesy nebo mezi různými produkty. Typicky zahrnuje robotické rameno v ideálním případě s výměnným uchopovacím zařízením. Toto řešení se konstruuje tak, aby bylo zajištěné jednoduché přeprogramování. Koncept těchto zařízení je připraven pracovat ve velkosériové i malosériové výrobě a vykrývat tak velké rozdíly v kapacitách výroby, objednávek zákazníka nebo aktuální situaci výroby. [19]

Celé toto řešení však s sebou nese větší pořizovací náklady. Pokud však potřebujeme systém, který je schopen reagovat na změny výroby je toto řešení v porovnání několika tvrdých či měkkých zařízení, které při nevyužití kapacit nevyrábí nejlevnější variantou.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 ROZBOR STÁVAJÍCÍ BALÍCÍ LINKY

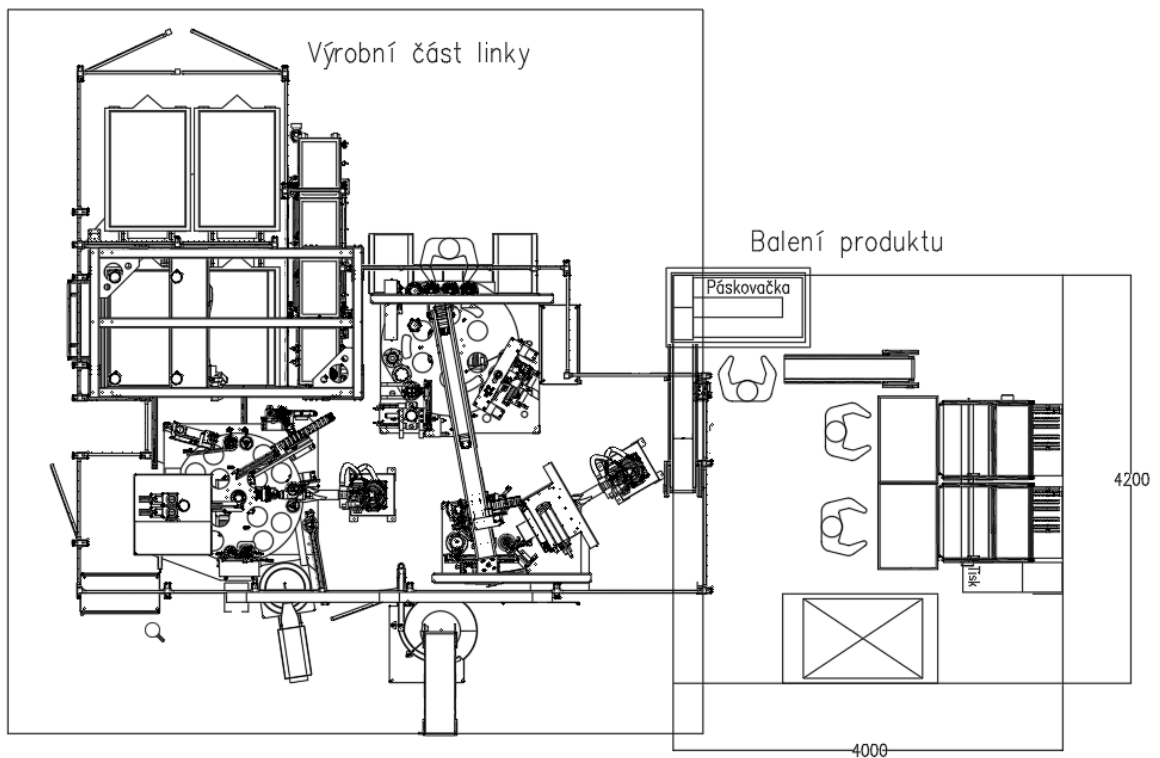
V této kapitole se zaměřím na stávající balící linku, její layout a popis procesních kroků, určíme dosahovanou efektivitu OEE, vytvořím MOST studii pro každé pracoviště, provedu studii času změny výroby a vyhodnotím technická i bezpečnostní úzká místa. Všechny tyto body budou následně fungovat jako vstupy pro optimalizaci a návrh nového procesu a zařízení.

5.1 Popis stávajícího procesu

V této kapitole detailně rozebereme stávající rozložení linky a jednotlivé kroky celého procesu

5.1.1 Layout

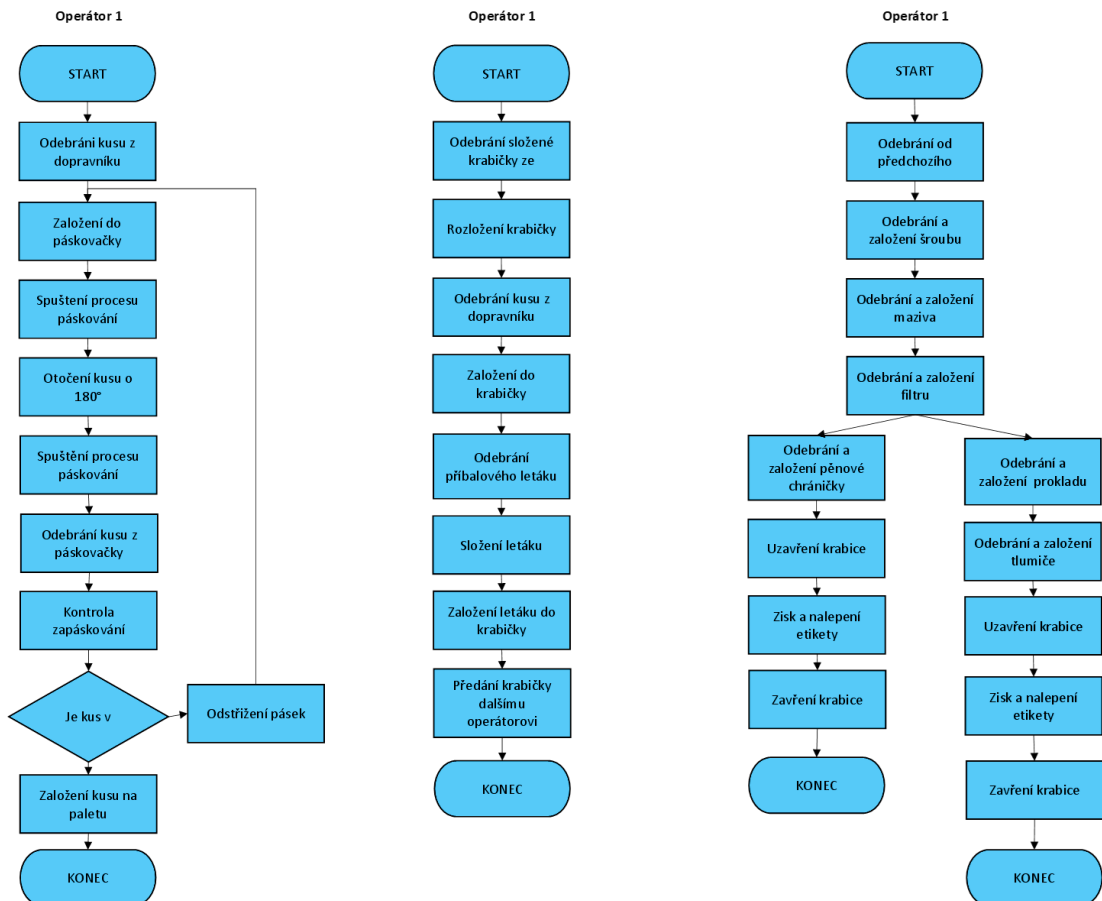
Na obrázku 5.1 je zobrazen současný layout výrobního procesu. Layout je rozdělený na 2 části výrobní část linky a část pro balení produktu. V mojí práci se zaměřuji pouze na proces balení, proto detailně rozeberu jen proces balení, včetně jednotlivých kroků. Část určené pro balení produktu zabírá prostor o rozměrech 4x4,2 m (16,8m²) a je obsluhována třemi pracovníky.



Obr. 5.1 Layout stávajícího procesu

5.1.2 Flowchart současného procesu

Jednotlivé pracovní kroky pro každého operátora jsou zapsány do flowchartu na obrázku 5.2. Téměř všechny operace jsou manuální prováděné operátorem. Výjimku tvoří páskování na semi-automatické páskovačce.



Obr. 5.2 Flow chart stávajícího procesu

5.2 OEE současného procesu

Pro možnost porovnání stávajícího a nově navrženého procesu potřebujeme vyjádřit současné dosahované KPI ukazatele a celkové OEE. Tyto parametry potřebujeme znát pro analýzu současného stavu procesu a nalezení úzkých míst.

Položka	Data	Poznámka
Délka pozorovaného období	450 hod	20 pracovních dní, 3směnný provoz, 7,5 hod pracovní doba
Přestávky	0	Započítáno v pracovní době
Prostoje	1835 min	Největší prostoje: Seřízení páskovačky 600 min Čekání na materiál 350 min Čekání na odvoz palety 100 min
Takt time	23 s	
Celkový počet kusů	61 537	
Počet NOK kusů	3867	3800ks Rework na páskovačce

Tab. 5.1 Hodnoty pro výpočet OEE

$$AVA = \frac{450 \cdot 60 - 1\,835}{450 \cdot 60} \cdot 100 = 93,2\% \quad (7)$$

$$P = \frac{61\,537 \cdot 23}{450 \cdot 3\,600} \cdot 100 = 87,4\% \quad (8)$$

$$FPY = \frac{61\,537 - 2\,867}{61\,537} \cdot 100 = 93,7\% \quad (9)$$

$$OEE = 0,932 \cdot 0,874 \cdot 0,953 \cdot 100 = 77,6\% \quad (10)$$

Jak je možné z vypočítaných hodnot vidět, nejnižším KPI ukazatelem je výkon. Na tento ukazatel má největší dopad samotná výkonost operátorů. Vzhledem k množství manuálních a stereotypních operací na pracovišti balení dochází k poklesu soustředěnosti operátorů, což má za přímý následek snížení výkonu. Jelikož je proces balení přímo navázán na hlavní výrobní část linky, dochází i zde k ponížení výkonu a velkým ztrátám.

5.3 Basic MOST současného procesu

Operátor 1												
Pořadové číslo	Použití rukou	Popis operace	O P	Sekvence						A – Návrat	Frekvence	TMU
				ABG – Získat			ABP – Položit					
		OP – obecné přemístění										
		ŘP – řízené přemístění (Č – Procesní čas)	Ř P				MXI – Přemístit/Spustit					
		N – Použití nástroje	N				ABP – Položit	Nást roj	ABP – Položit stranou			
		J – Jeřáb	J				FVL – Položit		VPT – Položit stranou			
1	L	Odebrání kusu a založení do páskovačky	O P	A 1 B 0 G 1	A 1 B 1 P 1					A 1	1,0 0	60
				1 1 1	1 1 1					1		
2	P	Spuštění procesu páskování	Ř P	A 1 B 0 G 1	M 1 X 1 I 1					A 1	1,0 0	60
				1 1 1	1 1 1					1		
3	O	Páskování	Č	čas 0,0 s 92	min						1,0 0	153,3 64
1	L	Otočení páskovaného kusu	O P	A 1 B 0 G 1	A 1 B 1 P 1					A 1	1,0 0	60
				1 1 1	1 1 1					1		
1	L	Spuštění procesu páskování	Ř P	A 1 B 0 G 1	M 1 X 0 I 1					A 1	1,0 0	50
				1 1 1	1 1 1					1		
3	O	Páskování	Č	čas 0,0 s 92	min						1,0 0	153,3 64
1	L	Odebrání kusu a kontrola páskování, odložení kusu	N T	A 1 B 0 G 1	A 1 B 1 P 1	T 1	A 1 B 1 P 1	A 1		A 1	1,0 0	100
				1 1 1	1 1 1	1	1 1 1	1		1		
Celková spotřeba času:							0,38	22,90	636,728			
							minut	sekund	TMU			

Tab. 5.2 Basic MOST operátor 1

Operátor 2											
Pořadové číslo	Použití rukou	Popis operace	Sekvence						A – Návrat	Frekvence	TMU
		OP – obecné přemístění	ABG – Získat	ABP – Položit		Nástroj	ABP – Položit stranou				
		ŘP – řízené přemístění (Č – Procesní čas)		MXI – Přemístit/Spustit							
		N – Použití nástroje		ABP – Položit							
		J – Jeřáb		FVL – Položit				VPT – Položit stranou			
		OP									
1	O	Odebrání krabíčky ze zásobníku	OP	A 1 B 1 G 3	A 1 B 1 P 0			A 1	1,00	80	
				1 1 1	1 1 1			1			
2	O	Složení krabíčky	ŘP	A 1 B 0 G 1	M 3 X 1 I 3			A 1	1,00	100	
				1 1 1	1 1 1			1			
3	L	Odebrání kusu z dopravníku a založení do krabíčky	OP	A 1 B 1 G 1	A 1 B 1 P 3			A 1	1,00	90	
				1 1 1	1 1 1			1			
1	P	Odebrání letáku	OP	A 1 B 1 G 3	A 0 B 1 P 0			A 1	1,00	70	
				1 1 1	1 1 1			1			
3	O	Složení letáku	ŘP	A 1 B 1 G 1	M 3 X 1 I 3			A 1	1,00	110	
				1 1 1	1 1 1			1			
1	P	Vložení letáku	OP	A 0 B 1 G 0	A 1 B 1 P 3			A 0	1,00	60	
				1 1 1	1 1 1			1			
8	P	Předání na další pracoviště	OP	A 1 B 1 G 1	A 1 B 1 P 3			A 0	1,00	80	
				1 1 1	1 1 1			1			
Celková spotřeba času:					0,35		21,22		590		
					minut		sekund		TMU		

Tab. 5.3 Basic MOST operátor 2

Operátor 3														
Pořadové číslo	Použití rukou	Popis operace	Sekvence							A – Návrat	Frekvence var.1	TMU var. 1	Frekvence var.2	TMU var. 2
		OP – obecné přemístění	ABG – Získat	ABP – Položit			Nástr. oř.	ABP – Položit stranou						
		ŘP – řízené přemístění (Č – Procesní čas)		MXI – Přemístit/Spustit										
		N – Použití nástroje		ABP – Položit					VPT – Položit stranou					
		J – Jeřáb		ATK – Získat										
1	L	Odebrání krabice	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 1 P 0				A 1	1,00	50	1,00	50	
				1 1 1	1 1 1				1	0		0		
2	P	Odebrání a založení šroubu	OP	A 1 B 0 G 3	A 1 B 1 P 1				A 1	1,00	80	1,00	80	
				1 1 1	1 1 1				1	0		0		
3	O	Odebrání a založení maziva	OP	A 1 B 0 G 3	A 1 B 1 P 1				A 1	1,00	80	1,00	80	
				1 1 1	1 1 1				1	0		0		
1	L	Odebrání a založení filtru	OP	A 1 B 0 G 3	A 1 B 1 P 1				A 1	1,00	80	1,00	80	
				1 1 1	1 1 1				1	0		0		
1	L	Odebrání a založení pěnové chráničky	OP	A 1 B 0 G 3	A 1 B 1 P 3				A 1	1,00	100	0,00	0	
				1 1 1	1 1 1				1	0		0		
3	O	Odebrání a založení prokladu	OP	A 1 B 0 G 3	A 1 B 1 P 3				A 1	0,00	0	1,00	100	
				1 1 1	1 1 1				1	0		0		
1	L	Odebrání a založení tlumiče	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 1 P 1				A 1	0,00	0	1,00	60	
				1 1 1	1 1 1				1	0		0		
8	L	Uzavření krabice	ŘP	A 1 B 0 G 1	M 3 X 0 I 3				A 1	1,00	90	1,00	90	
				1 1 1	1 1 1				1	0		0		
1	L	Stisk tlačítka	ŘP	A 1 B 0 G 1	M 1 X 0 I 1				A 1	1,00	50	1,00	50	
				1 1 1	1 1 1				1	0		0		
3	O	Tisk etikety	Č	0,01 čas 6 min							1,00	26,672	1,00	26,672
1	L	Odebrání a nalepení	OP	A 1 B 0 G 0	A 1 B 1 P 1				A 1	1,00	50	1,00	50	
				1 1 1	1 1 1				1	0		0		
8	L	Založení krabice na palety	OP	A 1 B 0 G 1	A 1 B 1 P 0				A 1	1,00	50	1,00	50	
				1 1 1	1 1 1				1	0		0		
Celková spotřeba času var. 1:					0,39		23,62							
Celková spotřeba času var. 2:					0,43		25,78		656,672		716,672			
					minut		sekund		TMU		TMU			

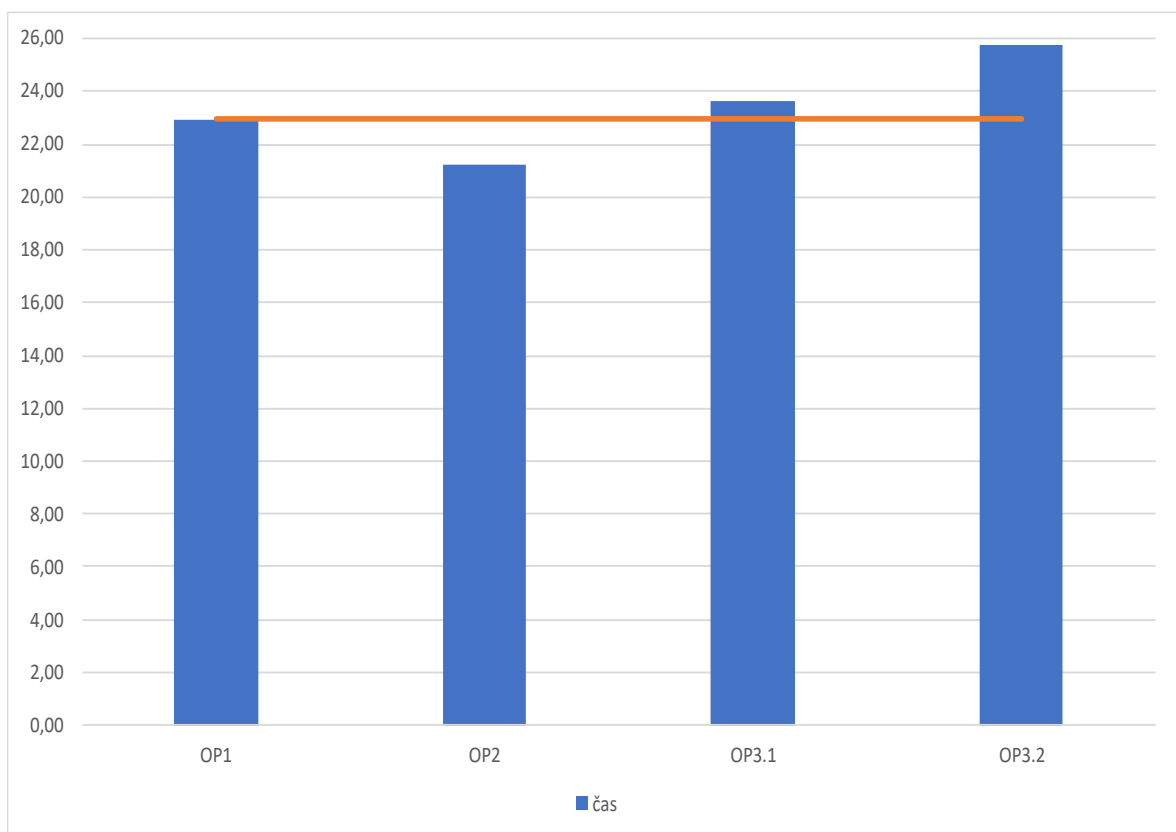
Tab. 5.4 Basic MOST operátor 3

Na základě výsledků z basic MOST, kde jedna ze tří operací překračuje požadovaný takt výroby 23 s (operace 3 pro variantu 1 23,62s a pro variantu 2 25,78s) došlo k přeměření operací také pomocí stopek. Výsledek měření je v tabulce 5.5.

Operátor	Změřený čas (s)
Operátor 1	22,5
Operátor 2	21
Operátor 3 var. 1	23,4
Operátor 3 var. 2	25,1

Z těchto výsledků na první pohled vidíme důvod, proč hodnota výkonu při výpočtu OEE byla tak nízká. Operátor na pracovišti 3 ani při jedné variantě neplní takt výrobní linky. Z toho důvodu je snižován výsledný výstup ze zařízení.

5.4 Balance chart současného procesu



Obr. 5.3 Balance chart současného procesu

5.5 Vyhodnocení současného stavu procesu

Jak je již na první pohled vidět z výsledného OEE, tabulek Basic MOST i balance chartu, současný proces je nevyhovující. Operátor číslo 3 má nevhodně navržený proces a jeho takt brzdí celou výrobu. Stává se tak nejužším místem.

Z pohledu kvality je nejužším místem páskování výrobku, neboť zde 6,3 % výrobků nedosahují požadované kvality a musejí se opravit. Tyto výpadky se také přímo podílejí na snížení výstupu z linky a jedná se tedy o proces který je nutný optimalizovat.

V novém návrhu se tedy zaměříme na tyto body:

- 1) Redukce manuálních operací pomocí mechanizace a automatizace jednotlivých kroků. Zaměříme se na procesy:
 - Páskování
 - Rozložení krabice
 - Založení komponent do krabice. Konkrétně:
 - Produktu
 - Šroubu
 - Maziva
 - Filtru
- 2) Optimalizace procesu páskování pro dosažení vyšší kvality

6 NÁVRH NOVÉHO PROCESU BALENÍ

V této kapitole navrhujeme jednotlivé procesy dle kapitoly 5.5 Vyhodnocení současného stavu procesu. Navrhujeme nové uspořádání části linky pro balení.

Na obrázku je zobrazen obsah požadovaného balení pro vyráběný produkt. Na obrázku není zobrazen leták a fixační prvky (pěnová proložka a kartonový proklad) produktu v krabici.



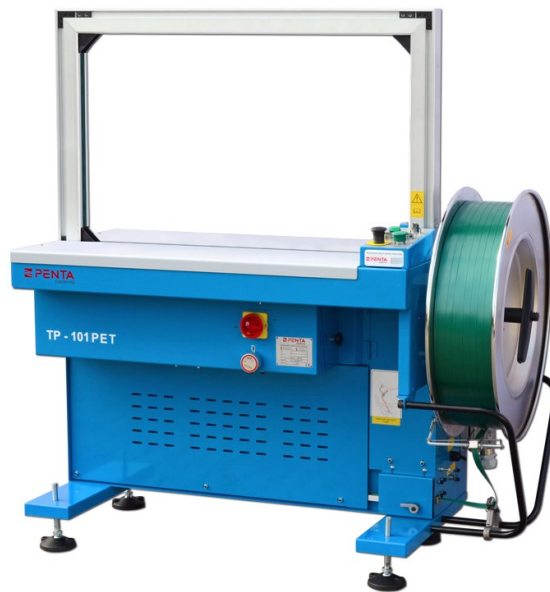
Obr. 6.1 Obsah balení produktu

1- vyráběný produkt; 2- krabice; 3- příbalový filtr; 4- příbalové mazivo;
5- příbalový šroub

6.1 Automatizace páskování

Automatizaci páskování volíme z důvodu redukce operátora číslo 1. Pokud tuto operaci zautomatizujeme, operátor č. 1 již nebude dále potřeba. Druhým důvodem je nedostatečná dosahovaná kvalita v současném procesu.

V současné době probíhá páskování na stroji PENTA 101PET. Tento páskovací stroj je již připraven pro automatizaci a jelikož je tento stroj již schválen zákazníkem pro použití v tomto procesu, je vhodné tento stroj zachovat.

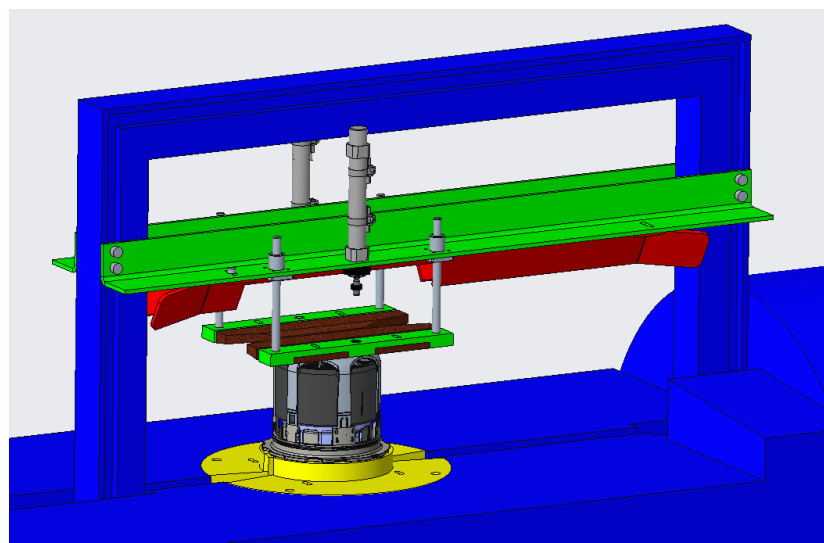


Obr. 6.2 Páskovačka Penta 101PET [20]

Výhoda tohoto zařízení je jednoduché ovládání, Možnost přizpůsobení obvodového rámu na míru. Tento rám je z hliníkových profilů a je možné k němu uchytit další přídatná zařízení.

6.1.1 Konstrukční řešení navádění pásky

Nejčastější vada, vyskytující se v současném procesu, je skluz pásky z požadované pozice. Tuto vadu je možné odstranit pomocí navádění pásky přímo na daný kus. Toto navádění je navrženo tak, že samotný naváděcí element s šikmou stěnou jsou umístěné na pneumatickém válci. Toto uložení nám dává možnost tyto elementy vysunout tak, aby nám nepřekáželi v procesu založení a odebrání z páskovačky.



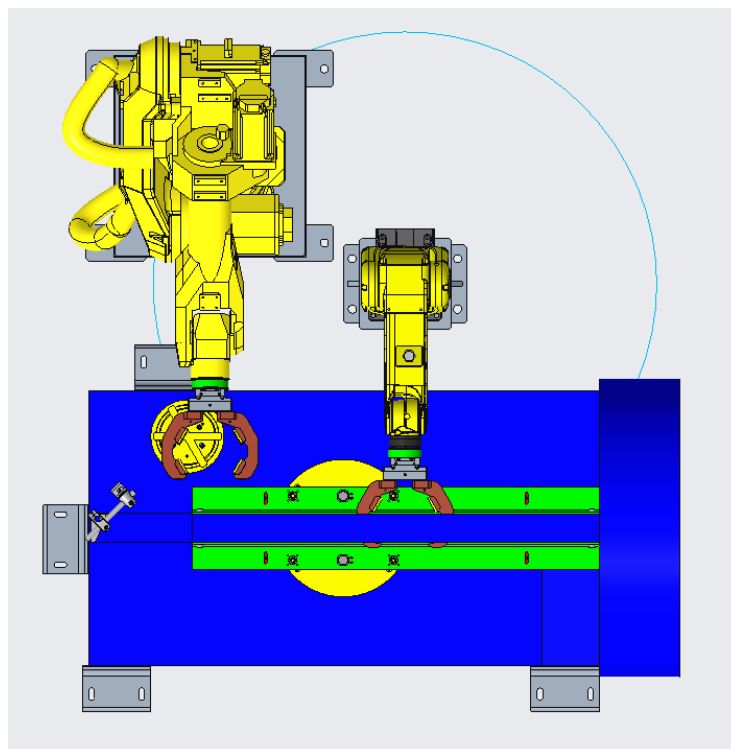
Obr. 6.3 Detail páskovačky s naváděním pásky.

Na obrázku 6.2 je zobrazen detail na přidané navádění pásky páskovačky včetně vyráběného kusu. Na obrázku vidíme výsuvnou část vedené, která je přímo v kontaktu s páskovaným kusem. Touto optimalizací bude zajištěné správné navedení pásky a tím eliminována nejčastější závada při páskování.

6.1.2 Řešení automatizace procesu

V současném procesu zakládá kus na páskování operátor. V nově navrženém řešení bude kus zakládat robotické rameno Fanuc. Nyní je již ve výrobní části rameno Fanuc M-10iA/10M. Toto rameno zajišťuje manipulaci mezi posledním pracovním cyklem odložením na výstupní dopravník. Připadá tedy v úvahu upravit cyklus robota tak, aby zakládal kus na páskování. Umístění páskovačky tedy musí být v dosahu tohoto robota.

Takt procesu robota v současném stavu je 20 s. Požadovaný takt zařízení je max. 23 s. Z tohoto důvodu je potřeba doplnit linku o zařízení, které bude obsluhovat samotné páskování. Jako ideální varianta pro vysokou flexibilitu je doplnění o dalšího šestiosého robota. Vzhledem k omezenému prostoru a volím kompaktní robotické rameno Fanuc LR Mate 200iD/4 s s rádiusem 550 mm. Tento robot je primárně určen pro nízké takty výroby a stísněných prostor. Umístění robota je znázorněno na obr. 6.3



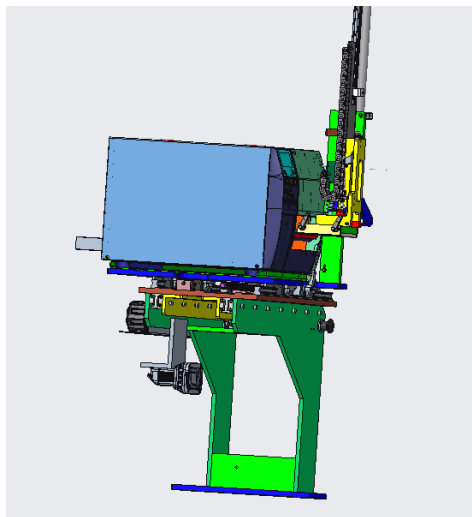
Obr. 6.4 Umístění robota pro páskování

Analýzou, v programu RoboDK (systém pro simulaci pracovního procesu pro robotická ramena) robota pro páskování byl určený takt pro manipulaci, páskování a odložení kusu 11 s. Z tohoto hlediska nám tedy takt vyhovuje. Vzniklou rezervu v taktu tedy využijeme pro další proces automatizace. Dalším proces, který by robot tedy mohl vykonávat je založení zapáskovaného kusu do kartonové krabičky. Tento proces bude řešen v následujících kapitolách. Nejprve se zaměřím na rozložení krabice a automatické vložení letáku.

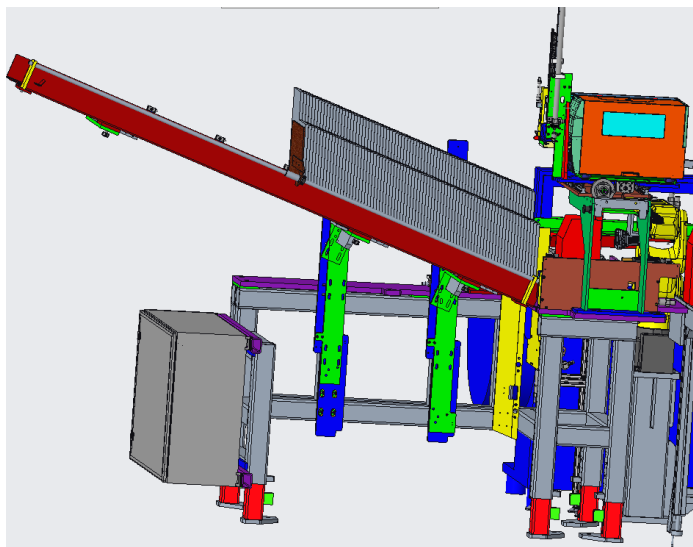
6.2 Automatické rozložení kartonové krabice

Konstrukce kartonové krabice dle FEFCO katalogu je označená jako FEFCO 0713. Jedná se tedy o vícebodově lepený skládací obal z jednoho přířezu a jsou snadno složitelné. Pro rozložení do požadovaného tvaru potřebujeme pouze 1 pohyb a přidržení.

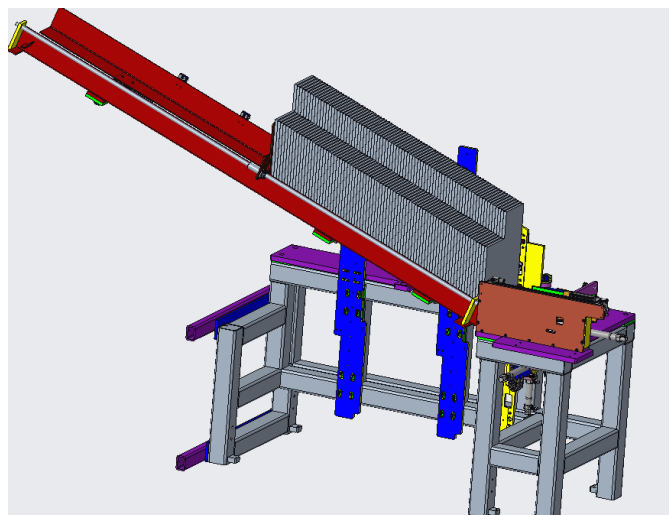
Konstrukční řešení spočívá v aplikování etikety na složenou krabici pomocí automatického aplikátoru etikety (Obr 6.5 a 6.6). Odebrání krabice ze zásobníku (Obr. 6.7) pomocí podtlaku a přísavek (Obr. 6.8), při odtažení ze zásobníku vysunutí formovače krabice. Tímto dostaneme ze složené krabice krabici rozloženou a následně krabici přesuneme tak, abychom do ní mohli založit výrobek pomocí robotického ramena (Obr. 6.9 – 6.11)



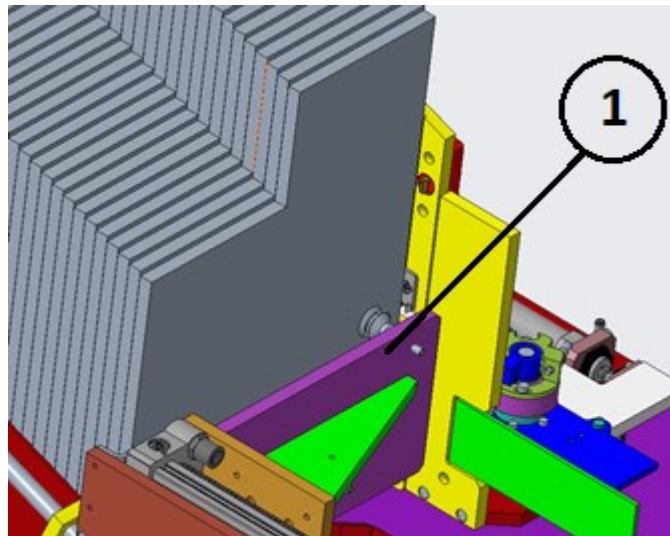
Obr. 6.5 Tiskárna s aplikátorem etikety



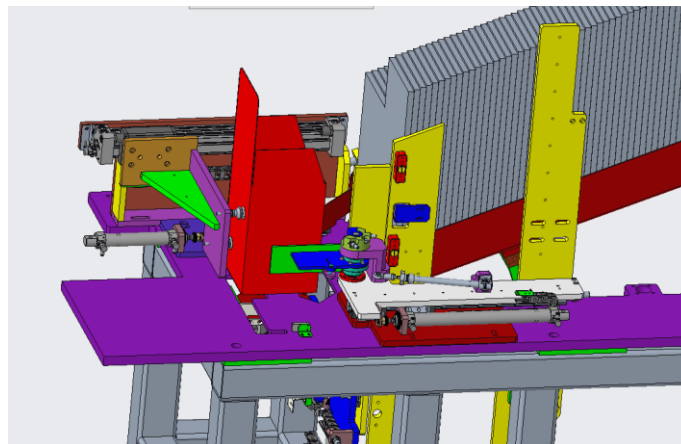
Obr. 6.6 Zásobník krabic s tiskárnou a aplikátorem



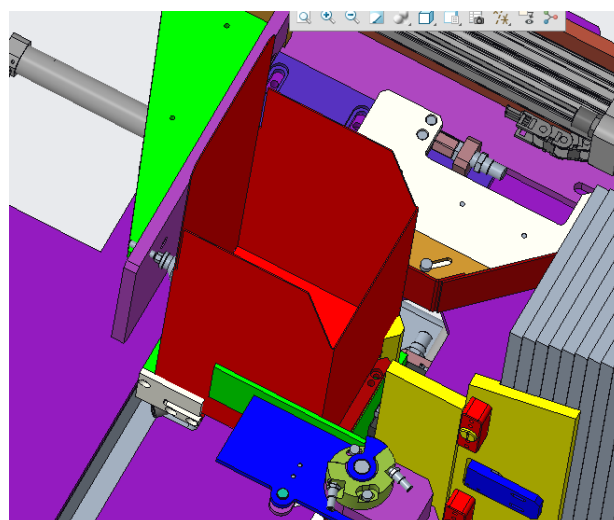
Obr. 6.7 Zásobník krabic



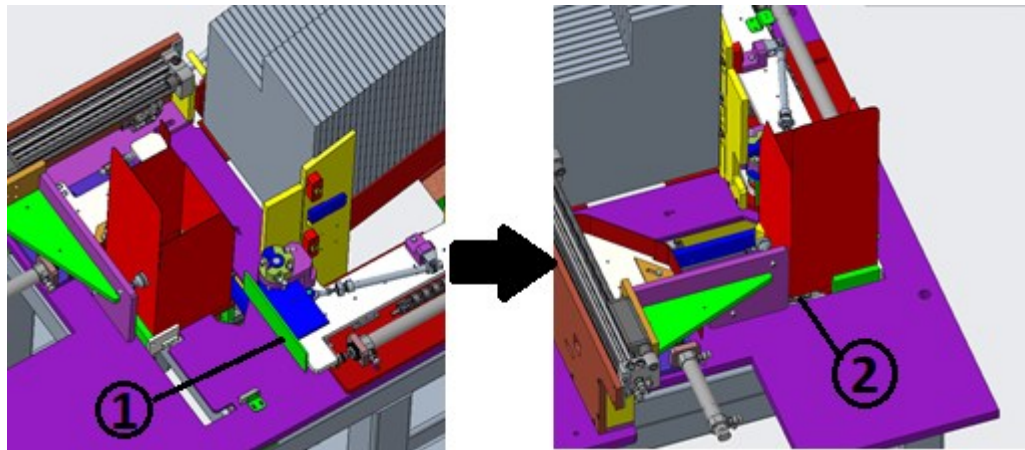
Obr. 6.8 Pozice přísátí krabice
poz.1 – Posuvná deska s přísavkami



Obr. 6.9 Roztažení krabice



Obr. 6.10 Aretace krabice před přesunem



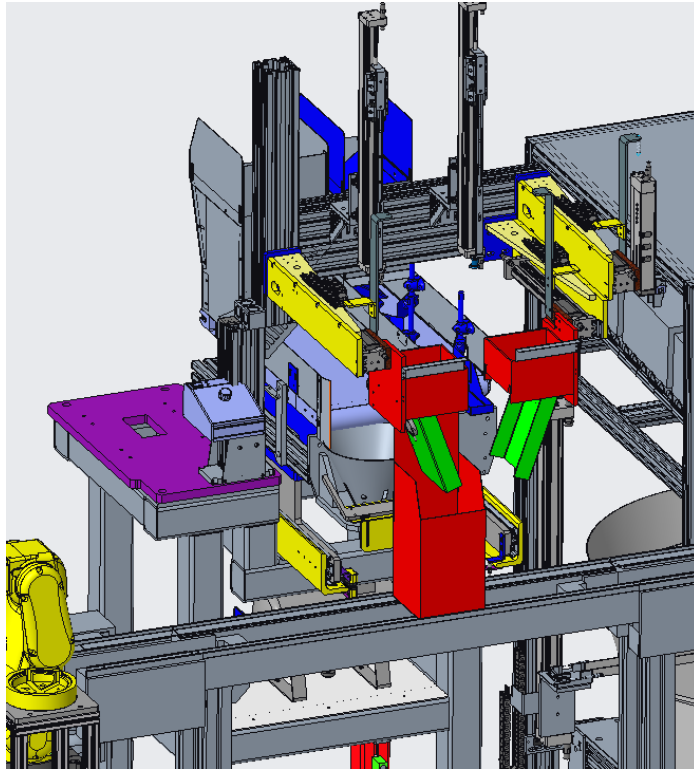
Obr. 6.11 Přesun krabice
 1- Sklopení opěrné desky
 2- přesunutá krabice do zakládacího místa

6.3 Vložení produktu do krabice

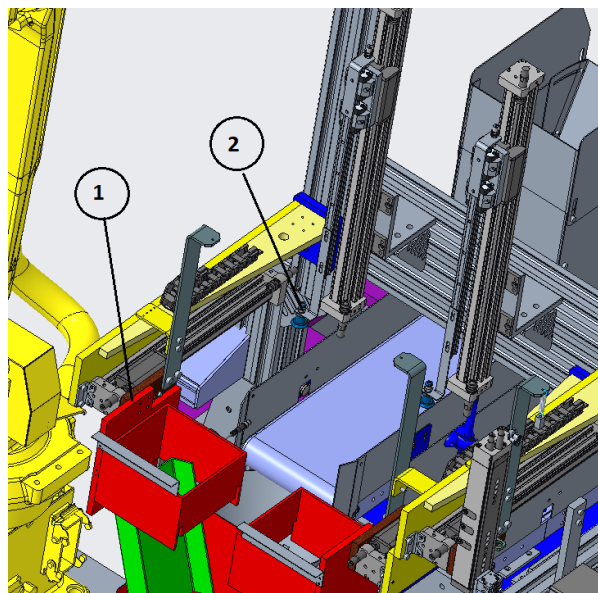
Po vložení letáku do krabice bude tato krabice přesunuta do pozice zakládání produktu. Tento produkt bude vkládán robotem obsluhující páskování. Během založení a manipulace s produktem během páskování robot používá pneumatický uchopovač s na míru vyrobenými prsty. Pro založení je nutné kus uchopit pomocí pneumatické přísavky z horní části produktu. K tomuto přeuchopení je využívána překládací pozice. Následně je produkt založen do krabice. Po vložení produktu do krabice dojde k přesunutí krabice na pásový dopravník. K tomuto přesunu je určen pneumatický válec, který krabici přesune.

6.4 Vložení příbalového šroubu

Příbalový šroub je vložený v sáčku o rozměru 70x100mm. Tento balíček je nutné vložit do krabice. Tato stanice je navržena jako dopravník s předzásobníkem, Na tomto dopravníku budou sáčky dopraveny do odebírací pozice. Odebírací místo má tvar jehlanu, tak aby sáčky měli tendenci shromažďovat se přesně v ose, což je místo odebrání. Následně je sáček odebrán pomocí podtlaku a přísavky a vložen do přesuvného boxu. Po odložení sáčku do přesuvného boxu je box přesunut nad vkládací místo (toto místo je definováno stoperem na dopravníku) a je vyklopeno dno. Toto vyklopení obstarává otočný pneumatický válec. Po vyklopení je sáček se šroubem vhozen do krabice s produktem.



Obr. 6.12 Stanice vložení šroubu



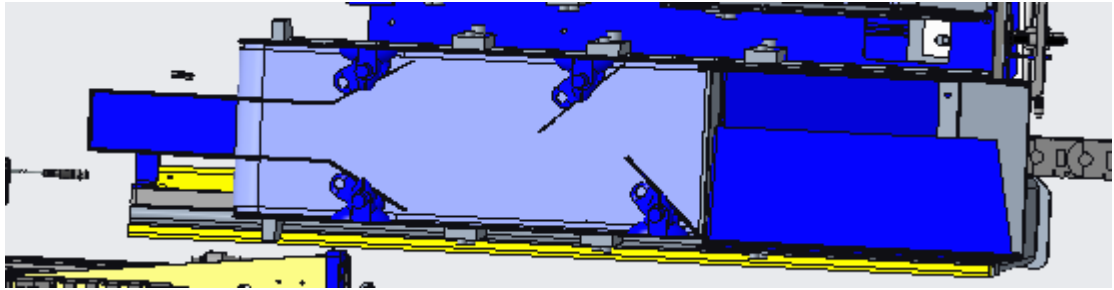
Obr. 6.13 Dávkování šroubu

1- Posuvný box

2- Prísavka pro uchopení sáčku se šroubem

6.5 Vložení příbalového maziva

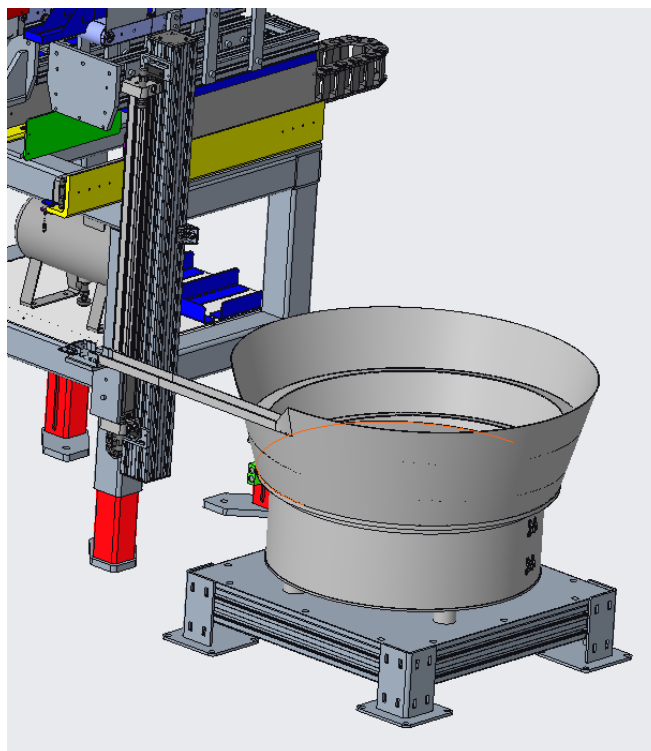
Proces vložení maziva je shodný s procesem vložení příbalového šroubu. Předzásobník a zásobník je doplněn o labyrint tak, aby byly separovány jednotlivé sáčky s mazivem postupně do odebíracího místa.



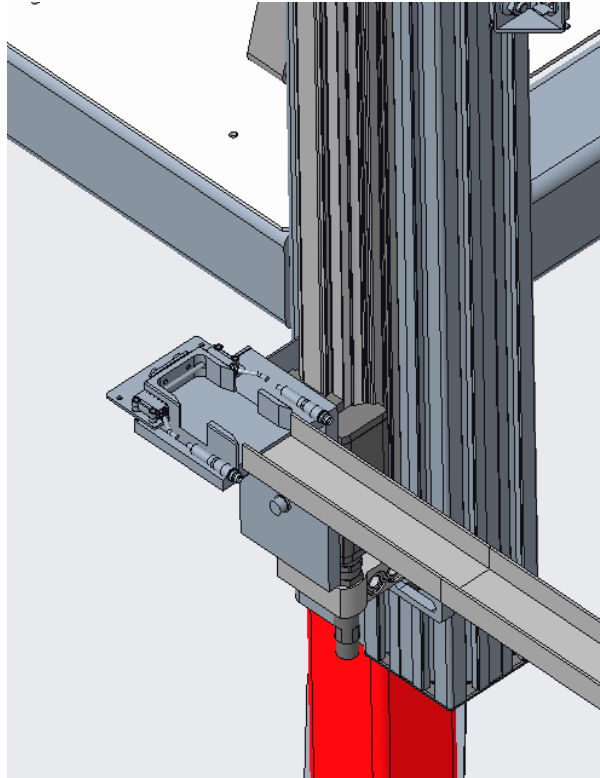
Obr. 6.14 Labyrint pro separaci sáčků s mazivem

6.6 Vložení příbalového filtru

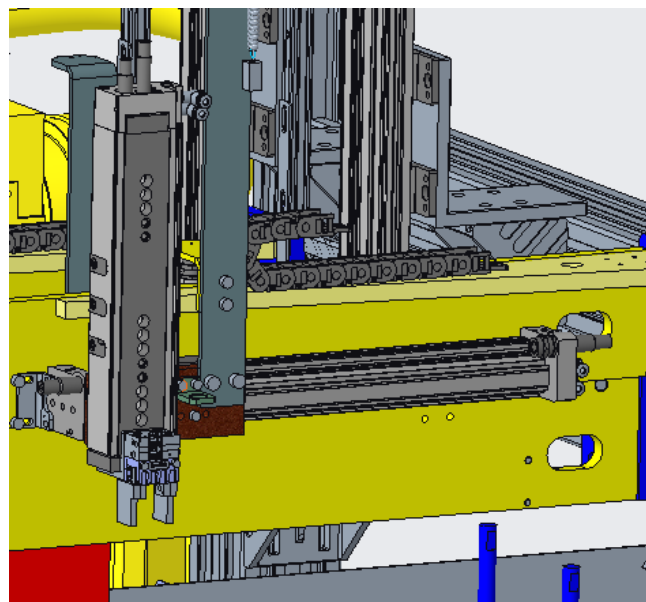
Vzhledem ke svému tvaru jsou filtry nejjednodušeji separovány ve vibračním kruhovém podavači. Tento podavač byl navržen firmou Vondra&Vondra, která se specializuje na výrobu vibračních podavačů. Po odseparování jednotlivých kusů od sebe v kruhovém podavači, dojde k dopravení filtru do odebrací pozice pomocí lineárního podavače. Konečná pozice lineárního podavače je zároveň lůžko, které je umístěné na bez pístnicovém pneumatickém válci a tento kus je dopraven do odebrací pozice. V této pozici dojde k odebrání pomocí pneumatického uchopovače. Tento uchopovač je umístěn na pneumatickém válci, který zajišťuje vertikální pohyb. Pro přesun nad krabici je opět použit bez pístnicový válec s vedením.



Obr. 6.15 Stanice vložení filtru



Obr. 6.16 Transportní lůžko na výstupu z lineární vibrační lišty

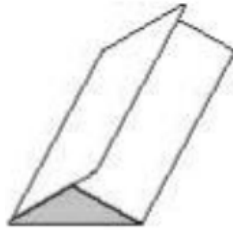


Obr. 6.17 Mechanismus odebrání a vložení filtru

6.7 Automatické složení produktového letáku

Produktový leták je natisknut na papíru A4. Tento leták má být následně automaticky poskládán a vložen do krabice. Složení má být dle diagramu na obrázku 6.5 a následně ještě v půlce. Základní složení dle schématu bude provedeno na automatické skládačce papíru

Martin Yale model 1217 A. Tuto automatickou skládačku již zákazník používá na stávající lince. Přehnutí v půlce a vložení do krabice provede operátor.



Obr. 6.18 Schéma přeložení letáku

6.8 Vložení fixačních elementů produktu v krabici.

Toto vložení již zajišťuje operátor. Jedná se o velmi obtížně automatizovatelný proces. Automatizace tohoto procesu by byla velice nákladná. Proto tento krok spolu s uzavřením krabice a odložením na paletu zajišťuje operátor. Pro kontrolu odebrání vkládaného materiálu ze zásobníku operátorem, je na tomto pracovišti navržen spádový regál. Tento regál je v odebírací pozici opatřen optickou bránou, která kontroluje přerušování optického paprsku při odebírání komponenty. Jedná se o tzv. PTL systém.

6.9 Analýza rizikových míst a jejich zabezpečení

V kapitolách 6.1–6.7 jsou jednotlivé procesy prováděny pomocí pneumatických pohonů, servopohonů a robotů. Jedná se tedy o riziková pracoviště. Z tohoto důvodu je nutné se zaměřit na bezpečnost pracovníků tak, aby nemohlo dojít k úrazu pracovníka.

Z tohoto důvodu je třeba vytvořit analýzu rizik a ES prohlášení o shodě.

6.9.1 Analýza rizik strojního zařízení

Analýza rizik se řídí normou ČSN EN ISO 12100:20100 (EN ISO 12100:2010) Bezpečnost strojních zařízení – Všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení rizika a snižování rizika. Tato mezinárodní norma specifikuje základní terminologii, zásady a metodologii pro dosažení bezpečnosti při konstrukci strojního zařízení

Vzhledem ke skutečnosti, že balení nebude řešeno jako samostatně stojící zařízení, ale jako úprava a doplněk linky stávající, analýza rizik bude vycházet z původní analýzy rizik pro výrobní část a bude rozšířena o část balení.

Hlediska, která mají být uvažována při odhadu rizika

- Vystavené osoby
- Druh, četnost a doba trvání vystavení nebezpečí
- Vztah mezi vystavením a účinky
- Lidské faktory
- Vhodnost ochranných opatření
- Možnost vyřazení nebo obejití ochranných opatření
- Možnost udržení ochranných opatření
- Informace pro používání

Výstupem této analýzy je vyhodnocení všech rizik, které v tomto zařízení mohou nastat. Zároveň obsahuje seznam doporučení pro úpravu.

Pro firmu Amtech tuto analýzu zpracovává externí pracovník, který je specialistou v tomto oboru. Společně s analýzou rizik zpracovává také ES prohlášení o shodě a ostatní dokumenty pro CE certifikaci dle platné legislativy.

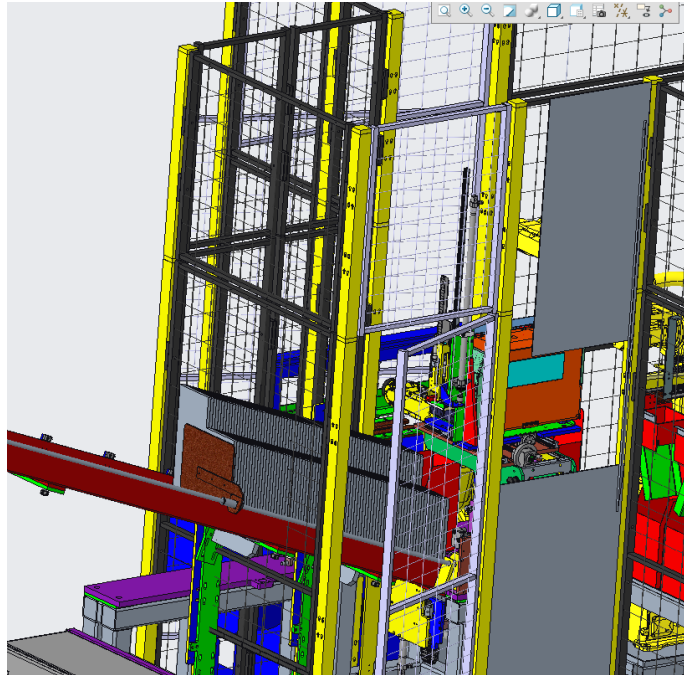
6.9.2 Riziková pracoviště nového návrhu balící linky

Vzhledem k výsledkům z analýzy rizik je nutné se zaměřit na jednotlivé doporučení. Proto je navržené bezpečnostní oplocení na maximální část celého pracoviště tak, aby byla jednotlivá rizika eliminována. Konkrétně se jedná o následující místa:

1. Zásobník krabic a místo odebírání krabice
2. Zásobník sáčků šroubu a maziva
3. Výstup produktu z ochranného oplocení

6.9.2.1 Zásobník krabic a odebírání krabice

Tato část zařízení je schována za ochranným oplocením. Vzhledem k požadavku zákazníka na minimalizaci zastavení výroby z důvodu doplňování materiálu je doplňována pouze zadní část zásobníku, která je vysunuta mimo ochranné oplocení. Oplocení je od nejbližšího nebezpečného pohybu vzdáleno 900 mm.



Obr. 6.19 Ochranné oplocení kolem zásobníku krabic

6.9.2.2 Zásobník sáčků šroubů a maziva

Zásobníky jsou umístěné uvnitř ochranného oplocení. Zásoba v předzásobníku je určena na 24 h výrobu. Každých 24 h je prováděno doplňování materiálu v době, kdy probíhají jednotlivé procesy preventivní údržby a čištění zařízení.

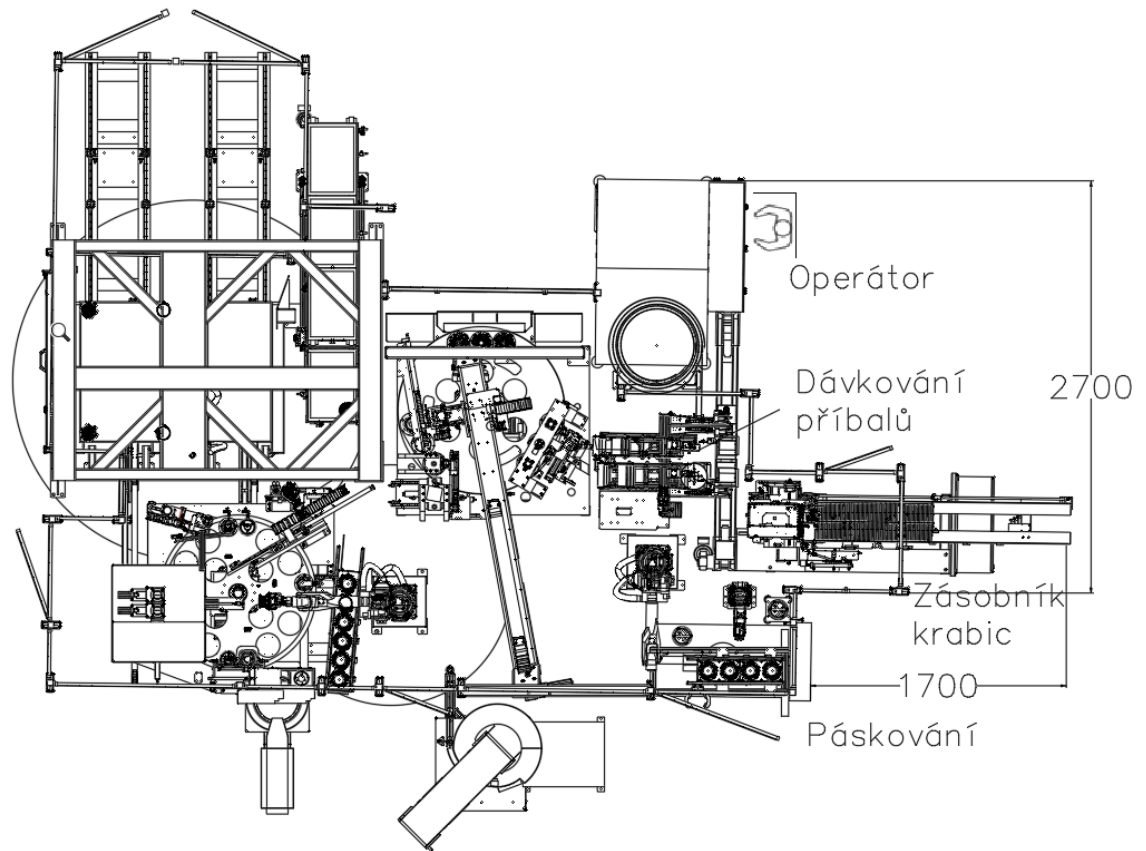
6.9.2.3 Výstup produktu z ochranného oplocení

Ve vzdálenosti 300 mm od výstupu z krabice z bezpečnostního oplocení jsou pneumatické válce. Pneumatické pohony jsou vždy vyhodnoceny jako potenciální riziko, a proto je nutné tento prostor zabezpečit. Proto jsou na výstup navrženy dveře. Ve chvíli, kdy jsou tyto dveře otevřené budou všechny pohyby v dosahu zastavené. Zavírání dveří je pomocí vypuštění vzduchu z pneumatického válce a zavírají se samospádem. Zavřená poloha je snímána pomocí bezpečnostního koncového magnetického čidla. Tímto je zaručeno, že se operátor nedostane do kontaktu s nebezpečným procesem.

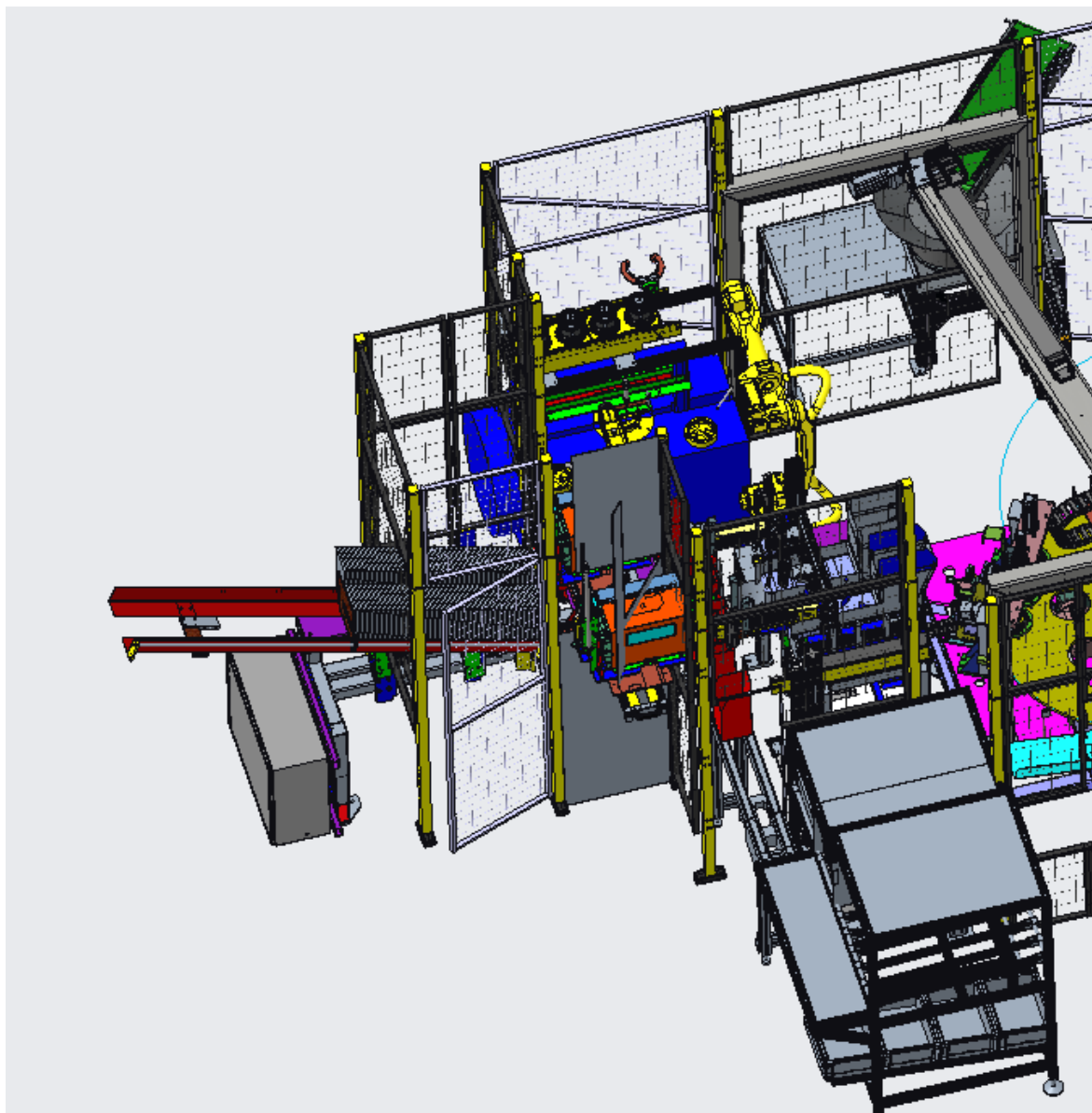
6.10 Rozložení nového pracoviště

Na obrázku je zobrazen nový layout navrženého pracoviště. Již z prvního pohledu je patrná úspora prostoru pro pracoviště balení. Tento rozměr je nyní: 2700x1700mm původní rozměr plochy potřebné pro balení byl 4200x4000 tzn. úsporu potřebného prostoru. Tuto úsporu nicméně v ekonomickém vyhodnocení počítat nebudu. Minimalizovat tuto plochu se

podářilo také proto, že v novém návrhu bylo využito maximum prostoru původní výrobní části.



Obr. 6.20 Layout nového rozložení



Obr. 6.21 Pohled na pracoviště balení

7 TECHNICKO – EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

V následujících kapitolách technicko – ekonomického zhodnocení jsou vyhodnoceny jednotlivé přínosy nově navrženého procesu. Cílem nového návrhu bylo zvýšení efektivity balicího procesu. V rámci technického zhodnocení byl zhodnocen jejich vliv na efektivitu výsledné produkce. Ekonomické zhodnocení se následně zabývá posouzením nákladů na pořízení vzhledem k návratnosti celého projektu.

7.1 Navýšení efektivity

V grafu v příloze 1 (Ganttův diagram nového procesu) vidíme, že první kus po rozjetí výroby je hotový za 96 s. Následně každých 14 s je hotový další kus. Takt cyklu $t_c=14$ s vzniká v důsledku nejpomalejší operace (rozložení krabice a vložení letáku) s přičtením transportu na dopravníku. Vzhledem k situaci, že v zařízení je implementován jen jeden dopravník, který transportuje všechny krabice najednou. Je výsledný takt shodný s taktům tohoto dopravníku. Při současném stavu výroby byl takt celé výroby ovlivněn nejpomalejším pracovištěm balení. Tento čas nyní je 25,4s.

Nyní můžeme porovnat teoretický nárůst produkce E za jednu produkční hodinu

$$E_h = \frac{\text{produkční čas}}{\text{takt cyklu}} - \frac{\text{produkční čas}}{\text{původní takt cyklu}} \quad (11)$$

$$E_h = \frac{3600}{14} - \frac{3600}{25,4} = 257,14 - 141,73 = 115,41 \text{ ks/h} \quad (12)$$

Z tohoto výpočtu vidíme, že teoretický nárůst výroby by činil 115,41ks/h. Vzhledem k faktu, že takt cyklu výrobní části činí 23 s, reálný nárůst produkce musíme počítat s taktům výrobní části. Tzn:

$$E_h = \frac{3600}{23} - \frac{3600}{25,4} = 156,52 - 141,73 = 14,76 \text{ ks/h} \quad (13)$$

Reálný nárůst výroby tedy činí 14,76ks/h.

Porovnání potřebných pracovních hodin pro pokrytí poptávky (815 000 ks/rok).

Potřebné hodiny v původním návrhu

$$P_{h1} = \text{poč. prac.} \cdot \frac{\text{Počet kusů poptávky}}{\text{hodinová efektivita}} = 3 \cdot \frac{815\,000}{141,73} = 17\,251,11 \text{ h} \quad (14)$$

$$\text{Potřebné hodiny v novém návrhu} \quad (15)$$

$$\text{Potřebné hodiny v novém návrhu } P_{h2} = \frac{815\,000}{156,52} = 5207 \text{ h} \quad (16)$$

7.2 Celkový finanční náklad na dané řešení

V této kapitole rozebereme finanční stránku nového návrhu. V tabulce jsou uvedené jednotlivé skupiny částí, ze kterých je poskládáno nové řešení.

Položka	Poznámka	Cena (CZK včetně DPH)
Obráběné díly včetně povrchových úprav	Konstrukce, držáky válců, uchopovač robota, upevňovací desky...	675 532
Komponenty pneumatiky	Pneumatické válce, vakuové ejektory, přísavky, hadice, pneumatické ostrovy...	575 380
Elektro-komponenty	Servomotor s řízením, skříň rozvaděče, karty pro PLC (vstupy a výstupy), senzorka ...	970 000
Nakupované položky ostatní	Vibrační podavač, dopravníky, robotické rameno, bezpečnostní oplocení	1 178 526
Konstrukční práce	Design, tvorba výkresové dokumentace ...	167 000
Montáž a programování	Mechanická montáž zařízení, programování	132 000
Instalace u zákazníka	Instalace u zákazníka včetně ubytování týmu pracovníků a transportu zařízení	276 000
Celková částka (Cn)		3 974 438

Tab. 7.1 Cenová kalkulace nového návrhu

7.3 ROI (Return On Investment)

V rámci ekonomického vyhodnocení úpravy procesu je využité základní posouzení návratnosti investice na základě vyčíslení pořizovacích nákladů. Vzhledem k faktu, že zákazník má pevně nastavený požadovaný roční počet dílů, bude tato návratnost počítána pomocí úspory v nákladech na práci operátorů. Dle informací poskytnutých firmou je náklad na člověka 420 000 CZK/rok. Při přepočtu na hodinový náklad na člověka při standartním počtu pracovních dní za rok (250) a pracovní směně 7,5 h:

$$C_{\check{c}} = \frac{420\,000}{250 \cdot 7,5} = 224 \text{ CZK/h} \quad (17)$$

Ušetřené pracovní hodiny/rok jsou tedy následující:

$$U_h = P_{h1} - P_{h2} = 17\,251,11 - 5\,207 = 12\,044,11 \text{ h/rok} \quad (18)$$

Po implementaci nového návrhu balení jsou ušetřené hodinové náklady na operátory za rok:

$$U_c = 12\,044,11 \cdot 224 = 2\,697\,880,64 \text{ CZK/rok} \quad (19)$$

Z tohoto vypočteme celkovou návratnost projektu:

$$ROI = \frac{C_n}{U_c} = \frac{3\,974\,438}{2\,697\,880,64} = 1,473 \text{ roku} \quad (20)$$

Celková návratnost projektu je tedy 1,473 roku (17,676 měsíců)

ZÁVĚR

Cílem této práce bylo navrhnout automatizaci současného procesu balení při výrobě produktu filtrační patrony. Tento návrh spočíval v mechanizaci a automatizaci jednotlivých procesů. Konkrétně jsem se v této práci zabýval procesy složení krabice a vložení jednotlivých komponent jako nejužších míst celého procesu balení.

Práce je rozdělená na dvě části. Teoretickou a praktickou. V teoretické části byly představeny základní analýzy procesu výroby pro zvýšení efektivity, základní typy automatizace a část statě jsem věnoval ergonomii práce.

V praktické části jsem se věnoval analýze současného stavu s využitím části metod uvedených v teoretické části. Na základě zjištění z této analýzy jsem pokračoval v návrhu nového konceptu výroby.

Koncepční návrh byl zpracován do 3D studie celého zařízení. V tomto návrhu jsou rozpracovány jednotlivé části balící stanice včetně bezpečnostních oplocení a krytování. Návrh těchto bezpečnostních komponent vychází z mých zkušeností se stavbou výrobních zařízení.

Výsledkem tohoto návrhu je redukce dvou operátorů ve výrobě, což představuje výrazné ušetření nákladů na výrobu. Potvrzení této redukce nákladů vyplývá z výpočtu ROI. Celková výše potřebné investice pro realizaci nového konceptu balící stanice je 3.974.438CZK. Následkem redukce výrobních operátorů je návratnost této investice 17,7 měsíce. Pro zjednodušení výpočtu návratnosti nebyly do výpočtu zahrnuty následující položky: Úspora plochy výrobního prostoru, režie, logistika, zásobování a teoretický nárůst efektivity a tím způsobený možný nárůst produkce. Teoretický nárůst produkce nebyl do výpočtu návratnosti zahrnut z důvodu fixního potřebného množství vyráběných kusů, neboť finální zákazník má pevně nastavené množství odebíraných kusů.

8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

1. amtech.cz. amtech.cz. [Online] [Citace: 22. 01 2020.] www.amtech.cz.
2. KOVÁČOVÁ, Natália. 7 forem plýtvání ve výrobě a jak je odstranit. Trilogiq. [Online] 09. 01 2018. [Citace: 13. 02 2020.] <https://trilogiq.cz/7-forem-plytvani-ve-vyrobe-a-jak-je-odstranit/>.
3. STROUHAL, Jiří. Ekonomika podniku. Praha : Institut certifikace účetních, 2012. ISBN 978-80-86716-83-1.
4. VALA, Jiří. Zvýšení bezpečnosti na pracovišti zavedením metody 5S. BOZP info. [Online] 09. 03 2017. [Citace: 13. 02 2020.] <https://www.bozpinfo.cz/zvyseni-bezpecnosti-na-pracovisti-zavedenim-metody-5s>.
5. DURDILOVÁ, Ivana. Vývojové diagramy. Uzlabina2. [Online] 2012. [Citace: 17. 02 2020.] <http://uzlabina2.aspone.cz/algorithmus2.aspx>.
6. Analýza možných způsobů a důsledků závad (FMEA). Praha : Česká společnost pro jakost, 2001. ISBN 80-02-01476-6.
7. Analýza možných vad a jejich důsledků (FMEA). Praha : Česká společnost pro jakost, 1995. ISBN 80-02-01198-8.
8. STOJANOVIC, Strahinja. How to Develop a Control Plan According to IATF 16949. IATF 16949 Blog. [Online] 27. 09 2017. [Citace: 05. 01 2020.] <https://advisera.com/16949academy/blog/2017/09/27/how-to-develop-a-control-plan-according-to-iatf-16949/>.
9. Ing. Jaroslav Dlabač, Ph.D. Analýza a měření práce. api.cz. [Online] 25. říjen 2019. [Citace: 23. 12 2019.] <https://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>.
10. Mgr. BEJČKOVÁ, Jana. Zmapujte hodnotový tok pomocí metody VSM. Academy of Productivity and Innovations. [Online] 14. 06 2017. [Citace: 17. 02 2020.] <https://www.e-api.cz/25849n-zmapujte-hodnotovy-tok-pomoci-metody-vsm>.
11. Yamazumi chart – Yamazumi board. sixsigmablackbelt. [Online] 07. 06 2016. [Citace: 20. 02 2020.] <https://www.sixsigmablackbelt.de/yamazumi-chart-yamazumi-board/>.
12. WHAT IS OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS? OEE.com OEE made easy by Vorne. [Online] Vorne Industries Inc., 2002-2019. [Citace: 20. 02 2020.] <https://www.oee.com/>.
13. Calculating OEE. oee.com oee made easy by Vorne. [Online] Vorne Industries Inc, 2002-2019. [Citace: 20. 02 2020.] <https://www.oee.com/calculating-oe.html>.

14. SMED (Single-Minute Exchange of Dies). Lean production lean made easy by Vorne. [Online] Vorne Industries Inc. , 2011-2019. [Citace: 17. 03 2020.] <https://www.leanproduction.com/smed.html>.
15. SMED - Metoda zkracování časů přetypování výrobních zařízení. QMprofi. [Online] 03. 04 2015. [Citace: 17. 03 2020.] https://www.qmprofi.cz/33/smed-metoda-zkracovani-casu-pretypovani-vyrobnich-zarizeni-uniqueidgOkE4NvrWuOKaQDKuox_Z1RtTEXmaxdI9s-4764yV7U/.
16. Lada, Ing. Ondřej. Základy ergonomických studií. DOCPLAYER. [Online] 06. 06 2012. [Citace: 15. 04 2020.] <https://docplayer.cz/16206225-Zaklady-ergonomickych-studii.html>.
17. Automation in production systems. BrainKart.com. [Online] 17. 11 2016. [Citace: 12. 01 2020.] https://www.brainkart.com/article/Automation-in-Production-Systems_6373/.
18. Cambridge. Cambridge Ddictionary. [Online] Cambridge University Press, 2019. [Citace: 17. 12 2019.] <https://dictionary.cambridge.org>.
19. Shakely, Andrew L. Hard vs. Flexible Automation. Nutec Group. [Online] 19. 12 2014. [Citace: 20. 12 2019.] <https://www.nutecgroup.com/news/hard-vs-flexible-automation>.
20. Páskovací stroj TP-101 PET. P. [Online] PENTA SERVIS. [Citace: 01. 04 2020.] <https://www.pentaservis.cz/produkt/paskovaci-stroj-tp-101-pet/>.

9 SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ZKRATKA	VYSVĚTLENÍ
SMT	Z angl. Surface mount technology (česky povrchová montáž)
MiR	Z názvu výrobce Mobile industrial robots
FMEA	Z angl. Failure Mode and Effect Analysis (česky poruchový režim a analýza následku)
ČSN	Česká státní norma
ISO	International Organization for Standardization (Mezinárodní organizace pro normalizaci)
MTM	Z angl. Methods time measurement (česky metoda měření času. Patří do skupiny tzv. metod předem stanovených časů)
MOST	Z angl. Maynard Operation Sequence Technique (česky Maynardova technika postupnosti. Metoda normování času. Patří do skupiny tzv. metod předem stanovených časů)
VSM	Z angl. Value stream mapping (česky mapování toku hodnot)
OEE	Z angl. Overall equipment effectiveness (česky celková efektivnost zařízení)
AVA	Z angl. Availability (česky dostupnostzařízení)
FPY	Z angl. First pass yield (česky průchodnost napoprvé – procentuální podíl vyrobených kusů bez jakékoliv vady)
SMED	Z angl. Single Minute Exchange of Dies (česky Metoda zkracování časů přetypování výrobních zařízení)
PTL	Z angl. Pick to light (vizuální systím zobrazení pracovních kroků operátorovi)
ROI	Z angl. Return On Investment (česky návratnost investice)

10 SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 3.1 Sedm druhů plýtvání [2]	12
Obr. 3.2 Sekvenční model Basic MOST [9].....	17
Obr. 3.3 Příklad použití Basic MOST [9].....	17
Obr. 3.4 Příklad datakarty pro obecné přemístění [9].....	18
Obr. 3.5 Schéma potřeb zákazníka [10].....	21
Obr. 3.6 Detail materiálového toku [10].....	22
Obr. 3.7 Ukázka celé mapy VSM [10]	23
Obr. 3.8 Balanční graf pro analýzu složení procesních kroků.....	24
Obr. 3.9 Balanční graf – příklad před vybalancováním.....	24
Obr. 3.10 Balanční graf – příklad po vybalancování.....	24
Obr. 3.11 Tři fáze SMED [15].....	30
Obr. 3.12	32
Obr. 5.1 Layout stávajícího procesu	37
Obr. 5.2 Flow chart stávajícího procesu	38
Obr. 5.3 Balance chart současného procesu	43
Obr. 6.1 Obsah balení produktu.....	45
Obr. 6.2 Páskovačka Penta 101PET [20].....	46
Obr. 6.3 Detail páskovačky s naváděním pásy.	46
Obr. 6.4 Umístění robota pro páskování.....	47
Obr. 6.5 Tiskárna s aplikátorem etikety.....	48
Obr. 6.6 Zásobník krabic s tiskárnou a aplikátorem	49
Obr. 6.7 Zásobník krabic	49
Obr. 6.8 Pozice přísátí krabice poz.1 – Posuvná deska s přísavkami	50
Obr. 6.9 Roztažení krabice	50
Obr. 6.10 Aretace krabice před přesunem	50
Obr. 6.11 Přesun krabice 1- Sklopení opěrné desky 2- přesunutá krabice do základacího místa.....	51
Obr. 6.12 Stanice vložení šroubu.....	52
Obr. 6.13 Dávkování šroubu 1- Posuvný box 2- Přísavka pro uchopení sáčku se šroubem.....	52
Obr. 6.14 Labyrint pro separaci sáčků s mazivem.....	53
Obr. 6.15 Stanice vložení filtru.....	53
Obr. 6.16 Transportní lůžko na výstupu z lineární vibrační lišty	54
Obr. 6.17 Mechanismus odebrání a vložení filtru	54
Obr. 6.18 Schéma přeložení letáku.....	55

Obr. 6.19 Ochranné oplocení kolem zásobníku krabic.....	57
Obr. 6.20 Layout nového rozložení	58
Obr. 6.21 Pohled na pracoviště balení	59

11 SEZNAM TABULEK

Tab. 3.1 Vzorový příklad metodiky MTM-1	19
Tab. 3.2 Vzorový příklad metodiky Basic MOST	20
Tab. 3.3 Porovnání MTM-1 a Basic MOST	20
Tab. 3.4 Tabulka OEE faktorů a jeho jednotlivé ukazatele	25
Tab. 3.5 Hodnoty pro ukázkový výpočet OEE	27
Tab. 5.1 Hodnoty pro výpočet OEE	39
Tab. 5.2 Basic MOST operátor 1	40
Tab. 5.3 Basic MOST operátor 2	41
Tab. 5.4 Basic MOST operátor 3	42
Tab. 7.1 Cenová kalkulace nového návrhu	61

12 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Ganttův diagram nového procesu

PŘÍLOHA P I: GANTTŮV DIAGRAM NOVÉHO PROCESU

