



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA PODNIKATELSKÁ

FACULTY OF BUSINESS AND MANAGEMENT

## ÚSTAV MANAGEMENTU

INSTITUTE OF MANAGEMENT

## NÁVRH NA ZLEPŠENÍ MONTÁŽNÍ LINKY

ASSEMBLY LINE IMPROVEMENT PROPOSAL

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Antonín Zedníček

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Vladimír Bartošek, Ph.D.

BRNO 2023

# Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav managementu
Student:	<b>Antonín Zedníček</b>
Vedoucí práce:	<b>Ing. Vladimír Bartošek, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2022/23
Studijní program:	Procesní management

Garant studijního programu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 Sb., o vysokých školách ve znění pozdějších předpisů a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně zadává bakalářskou práci s názvem:

## Návrh na zlepšení montážní linky

### Charakteristika problematiky úkolu:

Úvod  
Cíle práce, metody a postupy zpracování  
Teoretická východiska práce  
Analýza současného stavu  
Vlastní návrhy řešení  
Závěr  
Seznam použité literatury  
Přílohy

### Cíle, kterých má být dosaženo:

Návrh zlepšení produktivity zvolené výrobní linky podniku v souladu s předpovědí objednávek na následující časové období.

### Základní literární prameny:

JUROVÁ, Marie. Výrobní a logistické procesy v podnikání. Praha: Grada Publishing, 2016. ISBN 978-80-247-5717-9.

KERBER, Bill and DRECKSHAGE, Brian. Lean supply chain management essentials: A Framework for Materials Managers. Boca Raton: Taylor & Francis, 2011. ISBN 978-1-4398-4082-5.

KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. Štíhlý a inovativní podnik. Praha: Alfa Publishing, 2006. ISBN 80-86851-38-9.

SVOZILOVÁ, Alena. Zlepšování podnikových procesů. Praha: Grada, 2011. ISBN 978-80-2473938-0.

ŘEPA, Václav. Podnikové procesy: procesní řízení a modelování. Praha: Grada, 2006. ISBN 80247-1281-4.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2022/23

V Brně dne 5.2.2023

L. S.

---

doc. Ing. Vít Chlebovský, Ph.D.  
garant

---

doc. Ing. Vojtěch Bartoš, Ph.D.  
děkan

## **Abstrakt**

Bakalářská práce je zaměřena na zlepšení procesu výrobního podniku v návaznosti na objednávky zákazníků. Nejprve jsou vymezena teoretická východiska zlepšovateľských nástrojů jako je Lean Six Sigma. Následně je představen zpracováváný produkt a firma, jež výrobu zastřešuje. Poté jsou zlepšovateľské nástroje užity k analyzování současného stavu zkoumaného procesu. Výsledkem je návrh nového řešení, které je posléze zhodnoceno a je vyčíslen ekonomický přínos.

## **Klíčová slova**

Montážní linka, zlepšování procesu, Lean Six Sigma, takt linky, štíhlá výroba, objednávky

## **Abstract**

The bachelor's thesis is focused on improving the process of a manufacturing company following customer orders. First, the theoretical starting points of improvement tools such as Lean Six Sigma are defined. Subsequently, the processed product and the company covering the production are introduced. Then, improvement tools are used to analyse the current state of the investigated process. The result is a proposal for a new solution, which is then evaluated, and the economic benefit is calculated.

## **Keywords**

Production line, process improvement, Lean Six Sigma, takt time, lean production, demand

#### Bibliografická citace

ZEDNÍČEK, Antonín. Návrh na zlepšení montážní linky. Brno, 2023. Dostupné také z: <https://www.vut.cz/studenti/zav-prace/detail/149011>. Bakalářská práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta podnikatelská, Ústav managementu. Vedoucí práce Vladimír Bartošek.

### Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená bakalářská práce je původní a zpracoval jsem ji samostatně.

Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem ve své práci neporušil autorská práva ve smyslu Zákona č. 121/2000 Sb. O právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským.

V Brně dne 20.04.2023

---

Antonín Zedníček

## Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat své rodině za podporu v průběhu celého mého studia. Dále bych chtěl poděkovat mým kolegům a nadřízeným za vstřícnost, ochotu a poskytnuté informace. V neposlední řadě bych chtěl poděkovat vedoucímu práce Ing. Vladimíru Bartoškovi, PhD. za trpělivost a cenné rady v průběhu zpracování práce.

# Obsah

Úvod.....	10
Cíle práce, metody a postupy zpracování .....	11
1. Teoretická východiska práce.....	12
1.1. Proces .....	12
1.1.1. Procesní tok.....	12
1.1.2. Činnost, úkol, aktivita.....	13
1.1.3. Produkt a zákazník procesu .....	14
1.1.4. Zlepšování podnikových procesů .....	14
1.1.5. Tvorba hodnoty v procesu .....	14
1.1.6. Enterprise Resource Planning (ERP).....	15
1.2. Lean Manufacturing .....	15
1.2.1. Principy Lean.....	16
1.2.2. Principy Six Sigma .....	19
1.2.3. Lean Six Sigma.....	21
1.2.4. Přehled vybraných metod Lean Six Sigma.....	22
2. Analýza současného stavu .....	28
2.1. Představení společnosti .....	28
2.2. Představení produktu.....	30
2.3. Definování procesu .....	31
2.3.1. Popis činností na jednotlivých pracovištích.....	31
2.3.2. Rozmístění pracoviště.....	32
2.3.3. Požadavek zákazníka .....	33
2.3.4. Požadovaný hodinový výstup .....	34
2.3.5. Počet kusů za hodinu na operátora .....	34
2.4. Měření .....	36

2.4.1.	Procesní časy pracovních činností .....	36
2.4.2.	Současné vybalancování linky .....	38
2.4.3.	Pracovní plocha.....	41
2.5.	Analýza současného stavu procesu .....	42
2.5.1.	Analýza objednávek.....	44
2.5.2.	Analýza hodnoty v procesu.....	46
2.5.3.	Analýza pracovní plochy .....	50
2.5.4.	Shrnutí analytické části .....	51
3.	Vlastní návrhy řešení .....	52
3.1.	Návrh řešení bez nutné investice.....	52
3.1.1.	Návrh vybalancování linky 1 .....	52
3.1.2.	Návrh vybalancování linky 2.....	54
3.1.3.	Shrnutí návrhů bez nutné investice.....	57
3.1.4.	Ekonomické zhodnocení.....	59
3.2.	Návrh řešení s nutnou investicí .....	63
3.2.1.	Návrh na změnu layoutu .....	63
3.2.2.	Návrh na změnu obalové jednotky .....	64
3.2.3.	Cykly časy strojů.....	65
	Závěr .....	66
	Seznam použité literatury .....	68
	Seznam použitých obrázků .....	69
	Seznam tabulek .....	70
	Seznam grafů .....	71
	Seznam zkratk .....	72

## Úvod

Od svého vzniku prošel průmysl ve všech jeho odvětvích dlouhým vývojem a zdokonalování je s ním spojeno od začátku. Od ruční výroby kusů jsme začátkem 20. století dostali až k výrobě masové, z počátku spojené s automobilovým průmyslem. Samostatný výrobní proces se změnil k nepoznání. S příchodem standardizace a postupné automatizace firmy své procesy popisují a vylepšují do čím dál větších detailů. Konkurenční boj firem ve snaze vyrábět rychleji, levněji, s větší přesností a nižší zmetkovitostí dal vzniknout zlepšovatelským nástrojům jako je Lean Six Sigma, které se rychle rozšířily napříč průmyslem.

Období růstu a prosperity však nikdy netrvá věčně a ve světle nepříznivých událostí minulých let nastává zejména v automobilovém průmyslu, do kterého spadá firma, ve která bude tato práce zpracovávána, razantní pokles poptávky a firmy jsou postaveny nové výzvě. Linky, které byly konstruovány na výrobu tisíců kusů využívají jen zlomek své kapacity a dochází k plýtvání zdroji.

V tomto případě se jedná o linku ve společnosti TE Connectivity, která je součástí výrobního procesu konektoru. Linka je v provozu více než deset let a management má pochybnosti, zda současný stav nastavení procesu odpovídá současným objednávkám zákazníků a jestli proces nenabízí prostor pro zlepšení. Odpovědi na tyto otázky se pokusím zjistit v této bakalářské práci.

# **Cíle práce, metody a postupy zpracování**

## **Cíl bakalářské práce**

Primárním cílem mé bakalářské práce je vyhotovení návrhu na zvýšení produktivity montážní linky, který bude korespondovat s předpovědí objednávek na zadané období. Přínos bude měřen ukazatelem hodinového výstupu na operátora. Postup řešení zahrnuje měření a sběr dat o procesu, jejich následná analýza a vyvození závěrů o současném stavu procesu na základě nichž bude navrženo řešení.

Sekundárním cílem této práce bude zaměřit se tok materiálu a rozmístění pracovišť a vypracovat doporučení na možná řešení jako podklad pro rozhodování managementu.

## **Metody a postupy zpracování**

Tato závěrečná práce se bude zabývat zlepšením procesu montážní linky zpracovávající konektory v závislosti na objednávkách na určené časové období ve firmě TE Connectivity Czech s.r.o., kde jsem zaměstnán na pozici Process Engineering Support. Z této pozice také vychází pohled na daný proces a omezení plynoucí z postavení pracovní pozice v hierarchii firmy. Veškeré výsledky této práce tedy slouží pouze jako doporučení pro management, sám nemám oprávnění provést rozhodnutí o implementaci. Při zpracování práce se nejprve zaměřím na teoretická východiska práce. Bude podrobně rozebrán proces a poté budou vysvětleny zlepšovateľské metodiky související s Lean Six Sigma dále budou objasněny její vybrané nástroje.

V analytické části bakalářské práce nejprve představím společnost, kde zkoumaný proces probíhá, poté popíšu produkt, který je výstupem zvoleného procesu. Provedu rozpad procesu na jednotlivé kroky, pomocí měření získám data potřebná k analyzování současného stavu procesu. V návaznosti na to se zaměřím na objednávky zákazníků, jejichž potřeby se proces snaží pokrýt. Výstupem analytické části práce bude soubor informací sloužící jako podklad pro návrhovou část – zlepšení současného stavu procesu. V části vlastní návrh řešení bude zhotoveno několik návrhů na zlepšení procesu, které vyplynou z předešlých částí práce.

# 1. Teoretická východiska práce

## 1.1. Proces

S procesy se každý z nás setkává denně, aniž by si to uvědomoval. Když ráno jedu do školy nebo do práce jedná se o proces přepravy z jednoho bodu do druhého. V souvislosti s podnikáním se často jedná o výrobní procesy a jejich výkonnost či plynulost. S rostoucí složitostí těchto procesů a nastupující automatizací je nutné procesy mapovat, aby zůstala zachována jejich přehlednost a daly se snadno spravovat. [1]

To, že procesy nevnímáme – považujeme je za samozřejmost vede k tomu, že pouze užíváme jejich výsledky a vnímáme problémy, jež přináší, když nenaplnují naše nároky. Z toho vyplývá důležitost porozumění problematice služby, nebo výrobku, jež využíváme. Ne vždy se však jedná o jednoduchý úkol. Problém na výrobní lince může být pro její obsluhu náročné najít, protože procesy bývají velmi složité, příčiny problému mohou být ze začátku skryté a vyplynou na povrch až po usilovném šetření všemožných scénářů. [1]

Proces lze tedy nazvat sérií činností, aktivit, nebo úkolů jejichž vykonávání vede k předem definovanému výsledku. Výsledkem se rozumí vznikající předmět nebo služba, která má hodnotu pro zákazníka procesu. Do procesu značným dílem zasahuje i obsluhující personál, a to jak manuální prací, tak působením intelektu. [1]

### 1.1.1. Procesní tok

V souvislosti s procesy často mluvíme o jejich popisování, tvoření procesních modelů, nebo popisování jejich toků. Při popisování procesu se snažíme shromáždit informace o posloupnosti činností a jejich vzájemných vztazích, zaznamenáváme výkonnostní, časové a kvalitativní parametry a požadavky, případně o podpůrných systémech a nástrojích, které k nim potřebujeme. [1]

Při zkoumání procesu se setkáváme s celou řadou nástrojů, které nám usnadňují analytickou práci. Jedná se o vývojové diagramy, grafy, simulační programy a další statistické nástroje. [1]

*Procesní tok je sled kroků (činností, událostí nebo interakcí), který představuje postupně rozvíjející se proces, zapojuje do spolupráce alespoň dvě osoby a vytváří určitou hodnotu*

*pro zákazníka, jemuž má sloužit, nebo příspěvek pro podnik, v němž se uskutečňuje. [1, s. 15]*

Tato definice popisuje proces z pohledu jeho časového vývoje a zmiňuje spolupráci lidí, kteří v procesu figurují a vytvářejí hodnotu jak z pohledu zákazníka, tak z pohledu organizace, pod jejíž střešou proces probíhá.

Jednodušší procesy mají začátek i konec uvnitř organizace, kde jsou prováděny, a to i v případě, že postupně procházejí více organizačními jednotkami. V souvislosti s rostoucí složitostí některých procesů však mohou začínat už v části dodavatelského řetězce a končit mimo organizaci ve směru k zákazníkovi.

Procesy na sobě mohou být závislé – podmínkou uskutečnění následujícího kroku může být úspěšné dokončení kroku předchozího. Rovněž mohou probíhat paralelně, tedy nezávisle na sobě. [1]

### **1.1.2. Činnost, úkol, aktivita**

Podřazené jednotky procesu jsou činnosti, úkoly nebo aktivity. Ty lze definovat jako měřitelnou jednotku práce s účelem převést vstupy na předem definované jednotky výstupu. Z pohledu procesního managementu se jedná o nejmenší měřitelnou jednotku práce, z nichž má každá následující vlastnosti:

- Určitou dobu trvání
- Logickou souvislost s ostatními činnostmi procesu
- Přiřazené zdroje, které spotřebovává

Problém může spočívat v ohraničení činností, protože je závislé na tom, na jaké úrovni podrobnosti se pohybujeme. V praxi se tedy jednotka činnosti definuje jako co udělá jedna osoba v jednom místě za jeden logický časový úsek. Jedná se tedy o vše, co je možné vykonat bez nutnosti rozhodování, jaký bude další vývoj procesu. To může být dáno nutností použití jiného technologického postupu, nebo nástroje. V rámci hierarchie se zvyšující úrovní procesu klesá úroveň podrobnosti a zvyšuje se počet činností. Musí však být respektovány logické celky procesu nebo například smyčky, které vznikají z důvodů rozhodování, nebo řízení kvality. [1]

### 1.1.3. Produkt a zákazník procesu

Produkt procesu je hlavním smyslem jeho samotné existence. Každý proces potřebuje vstupy, které jsou nutné k uskutečnění transformace. Transformační proces je co nejvíce uzpůsoben tomu, aby výstup na konci přesně odpovídal požadavkům zákazníka. Produkt procesu je tedy hmotným nebo nehmotným výstupem, který je tvořen za účelem pokrytí potřeb nebo přání zákazníka procesu. [1]

Produktem může být hmotný výrobek nebo služba, která představuje hodnotu, zajišťuje funkce, nebo přináší prospěch někomu, kdo má potřebu, přání nebo požadavek, který produkt splňuje. [1]

V případě, že je produkt určen osobám nebo organizacím vně výrobní organizace a zároveň jsou ochotny produkt vyrovnat směnnou hodnotou (např. peněží) jedná se o **externí** zákazníky. [1]

Pokud produkt podléhá dalšímu zpracování, nebo je na něj napojen další proces v rámci organizace, můžeme zákazníka specifikovat slovem **interní**, nebo též **vnitřní**. V takovém případě se běžně neposkytuje přímá úhrada za produkt a hodnotová směna je předmětem vnitřního účtování podniku. [1]

### 1.1.4. Zlepšování podnikových procesů

Zlepšování podnikových procesů je činnost, která se zabývá zkoumáním a popisováním procesů, hledáním příčin souvisejících s neproduktivitou, neplynulým chodem nebo problémy s nízkou kvalitou výstupů. Výsledkem je postupné zvyšování kvality, produktivity a snižování času trvání podnikových procesů za využití eliminace nežádoucích nákladů a činností. [1]

### 1.1.5. Tvorba hodnoty v procesu

Přemýšlíme-li o zlepšování procesů, jedná se o situaci, ve které proces neplní některá z našich očekávání. K rozhodování o konkrétním nápravném řešení musíme dobře znát veškeré požadavky, které na proces máme. Jedná se například o objem a rychlost výroby, kvalitu výrobků nebo služeb – vlastnosti, k nimž vážeme pojem **hodnota**, který se dále dělí podle toho, komu produkt procesu přináší užitek, nebo či potřeby jsou podnětem změny. Pro zákazníka jsou ve většině případů klíčové funkční vlastnosti produktů a také cena, kterou je ochoten za produkt, či službu zaplatit. Podnik chápe jako zdroj hodnoty,

kromě již uvedených, také neustále se měnící tržní podíl a také ziskovost, která odráží proměnlivé ceny nákladů. [1]

Definice hodnoty dle pohledu zákazníka i podniku odráží cíle a konečný stav produktu, kterého chceme dosáhnout. Pokud ale přemýšlíme o zlepšování procesu, musíme se zaměřit na nedostatky a podle nich vybrat metodu, pomocí níž nedostatky eliminujeme. Několik příkladů je uvedeno níže. [1]

- Zvyšování kapacity procesů
- Zlepšování kvality produktů
- Snižování nákladovosti
- Zvyšování předvídatelnosti chování procesů [1]

### **1.1.6. Enterprise Resource Planning (ERP)**

ERP je rámec obchodního modelu, který slouží pro strategické plánování veškerých zdrojů organizace a jejich propojování směřující k realizaci jednotlivých projektů.

ERP systémy jsou tedy nástroje nebo software informačních technologií, které organizacím pomáhají v efektivním plánování zdrojů. Velkou výhodou je možnost automatizovat některé procesní vazby a sdílet informace napříč výrobními jednotkami. [3]

Tento rámec nejlépe funguje v případě výroby na sklad (make-to-stock), kde byl vynalezen. Jeho nevýhody vyplouvají na povrch v prostředí engineer-to-order, make-to-order a ve zpracovatelském průmyslu, protože mnohé z procesů obsažených v rámci jsou zaměřené na kontrolu skladu a tento plánovací systém je nejvíce efektivní v oblastech, kde je více kladen důraz na zákaznický servis než na inventář. [3]

## **1.2. Lean Manufacturing**

Kořeny metodologie Lean lze nalézt v raném období masové výroby (začátek 20. století), kdy se Henry Ford pokoušel přijít na způsob, jak v co nejkratším časovém období vyrobit co nejvíce výrobků, v jeho případě automobilů. Aby toho dosáhl, naslouchal teoriím tehdejších myslitelů Fredericka Taylora, Franka Gilbertha a jejich teorie prosazoval ve své výrobě. Výsledkem bylo seřazení výrobních činností za sebe – vytvoření první výrobní linky. [1]

Jedním z pokračovatelů těchto myšlenek byl Taiiho Ohno, tehdejší manažer společnosti Toyota, který rozdělil dodávky do kratších cyklů a vytvořil menší typové řady, což umožnilo větší flexibilitu a možnost nevyrábět pouze standardní výrobek. [1]

Koncem 20. století přispěl svými publikacemi také James Womack, který přišel s termínem „Lean manufacturing“ (štíhlá výroba), který popsal ve své knize z roku 1996 *Lean Thinking*. Princip štíhlé výroby spočíval ve spojení myšlenek využívaných Toyotou a vytvoření systematického celku, který se nevztahoval pouze na výrobní procesy, ale pokrýval působení celé organizace. To průmyslový svět rychle převzal a dnes jsou principy Lean považovány za standard, jako nástroj ke zlepšování podnikových procesů a rozšiřují se i do oblastí služeb. [1]

### 1.2.1. Principy Lean

Metodologii Lean definují Womack a Jones jako:

*„Lean je sdružením principů a metod, jež se zaměřují na identifikaci a eliminaci činností, které nepřinášejí žádnou hodnotu při vytváření výrobků nebo služeb, jenž mají sloužit zákazníkům procesu.“ [1, s. 32]*

Úkolem Lean je specifikovat hodnotu a identifikovat proudy hodnoty, eliminovat zdroje plýtvání a zajistit „tah“ ve výrobě. Tyto kroky je pak nutné opakovat až do bodu, kdy by bylo veškeré plýtvání odstraněno. [4]

Přístup Lean vychází z následujících principů:



Obrázek č. 1: Lean metodika zavedení Lean principů do procesu [4]

### **Hodnota z pohledu zákazníka procesu**

Potřeba nebo požadavek zákazníka jsou pokryty výrobkem nebo službou, které jsou mu poskytnuty v dohodnutém čase a za cenu, která je pro něj akceptovatelná. [1]

### **Identifikace činností vytvářejících hodnotu**

Zmapování sledu kroků, které se podílejí na tvorbě hodnoty s cílem porozumět toku hodnoty, najít a eliminovat kroky, které v procesu nejsou nutné. Tento princip je nutné aplikovat v rozmezí od návrhu výrobku až po jeho předání zákazníkovi. [1, 4]

### **Zajištění toku**

V tomto smyslu představuje tok i informace, dokumenty a pracovníky od subdodavatelů až po konečného zákazníka, z nichž každý účastník procesu má šanci přispět ke tvorbě hodnoty. [1]

### **Orientace na zákazníka**

Počáteční impulz pro vytvoření produktu nebo služby je konkrétní potřeba zákazníka. Tento přístup nahradil výrobu na sklad, u které nebyl zaručen odběr výrobku a vyrábí se tak pouze tehdy, kdy zákazník výrobek nebo službu požaduje v množství, které požaduje. [1]

### **Hledání dokonalosti**

Cyklický přístup zlepšování procesu. Snaha o eliminaci chyb, snižování nákladů a času potřebnému k výrobě produktu nebo služby s cílem co nejvyšší zákaznické spokojenosti. [1]

#### **1.2.1.1. Druhy plýtvání v procesech**

Plýtvání je jedním z nejčastěji se objevujících výrazů ve spojení s metodikami Lean. V následující kapitole budou nejvýznamnější ze zdrojů plýtvání rozebrány.

#### **Čekání**

Čekání je formou plýtvání, která se může objevit v rámci jakéhokoliv procesu. Jedná se o situaci, kdy operátor dokončí zadanou operaci a než bude pokračovat v práci je nucen vyčkat na dodávku materiálu, která se z nějakého důvodu opozdila. Nemusí jít vždy o chybu dodavatele, dodávka materiálu se může zpozdít například z důvodu nepříznivého počasí, nebo může jít pouze o chybu komunikace mezi skladem a výrobním střediskem. V každém případě se jedná o ztracený čas, po který je výroba pozastavena. [1]



produkt prochází množstvím schvalovacích úrovní, což také může vyvolat úkony, které nejsou pro provedení procesu nutné. [1]

### **Skladování**

Plýtvání formou skladování je běžně se vyskytující případ, který souvisí s plýtváním formou čekání. Ve snaze vyhnout se problémům s pozdní dodávkou materiálu tvoří organizace pojistnou zásobu, kterou kryje vlastními náklady. Z pohledu Lean se jedná o plýtvání, protože skladujeme něco, co nyní nutně nepotřebujeme pro chod procesů. [1]

### **Intelekt**

V posledních desetiletích přibyla na seznam plýtvání podle metodiky Lean položka intelekt. Je založena na tom, že na některé procesy jsou využívány nástroje, které jsou velmi komplikované na obsluhu nebo vyžadují určitou úroveň kvalifikace, aby byla zaručena spolehlivost jejich vykonání. To však přináší náklady spojené s opakovaným zaškolováním. Pokud není možnost tyto procesy automatizovat a tyto náklady odstranit, jedná se o formu plýtvání. [1]

## **1.2.2. Principy Six Sigma**

Historie Six Sigma sahá do sedmdesátých let dvacátého století, kdy provoz společnosti Motorola, která se v té době zaměřovala na výrobu televizorů převzali noví vlastníci. Když do podniku přišli, zjistili, že se potýká s velmi nízkou kvalitou a každý pátý vyrobený kus obsahuje vadu. Jejich cílem se tedy stalo se stejnou technologií, výrobními postupy i dělníky dosáhnout výroby s vyšší kvalitou, při snížení výrobních nákladů.

Dosáhnutí tohoto cíle jim trvalo více, než desetiletí a vznik Six Sigma se datuje na rok 1986. Následně začala být aplikována, a i díky této metodologii se společnost Motorola stala jednou z vedoucích společností z pohledu kvality a zisku. Netrvalo dlouho a do popředí se dostala i Six Sigma, která se stala přední metodologií užívanou pro zlepšování podnikových procesů napříč průmyslem. [1, 2]

V souvislosti se Six Sigma se často setkáváme s pojmem “kvalita,” původně míra dosahování interních parametrů. Six Sigma chápe kvalitu v širším pojetí, jako nástroj ke zvýšení ziskovosti podniku. Tohoto cíle se snaží dosáhnout pomocí zvyšování celkové efektivity procesů a hodnoty dodávané zákazníkům. Six Sigma rozděluje kvalitu na dva pojmy – “potenciální kvalita”, tedy jaké kvality lze dosáhnout a “skutečná kvalita”, neboli kvalita, které proces opravdu dosahuje. To, co se nachází mezi těmito dvěma pojmy

představuje plýtvání, které se Six Sigma snaží eliminovat a pomoci tak podnikům vyrábět efektivněji, levněji a kvalitněji. [1]

V názvu metodologie představuje „Sigma“ vyspělost výrobního procesu, tedy procento výrobků bez vady, které proces vygeneroval. Číslovka řadí proces k určité úrovni vyspělosti, které vychází ze statistických výpočtů. Six Sigma – šestá úroveň vyspělosti procesu odpovídá třem defektům na jeden milion jednotek výstupu. [1]

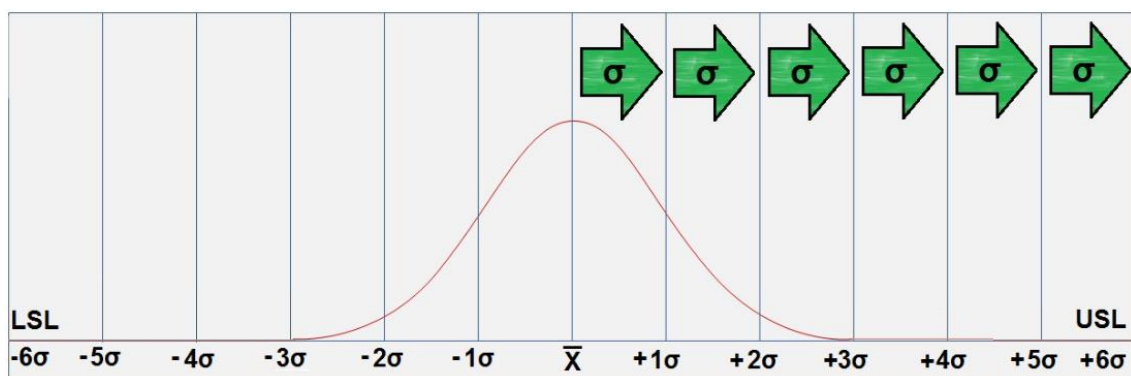
Nezpochybnitelné přínosy v oblastech produktivity práce, zákaznické spokojenosti a ziskovosti zajistily metodologii Six Sigma značnou popularitu a začaly být aplikovány velkými výrobními podniky jako jsou Honeywell, 3M nebo General Electric. Společnost Motorola vyčíslila přínosy používání Six Sigma v letech 1986 až 2002 na dvacet miliard dolarů. [1]

### Úroveň procesu Sigma

Způsob určení procesní sigmy je rozdílný pro jednotlivé druhy dat, které máme k dispozici. U spojitých dat se úroveň sigma počítá jako počet směrodatných odchylek  $\sigma$  od střední hodnoty  $\bar{X}$  k bližší toleranční mezi. [2]

$$Z = \min (USL - \bar{X}; \bar{X} - LSL) / \sigma$$

(1)



Obrázek č. 2: vymezení Six Sigma procesu [2]

Pro zjištění úrovně sigma procesu, kde máme data ve formě atributivního výstupu je nezbytné nejdřív znát DPMO.

### DPMO

Defects Per Million Opportunities – počet defektů za milion příležitostí, tedy kolikrát se z celkového počtu pokusů objeví chyba. [2]

$$DPMO = D / (N * O) * 10^6$$

(2)

D – celkový počet defektů

N – počet ověřovaných jednotek

O – počet příležitostí na jednotku (na jednomu kusu výrobku může být více míst s vadou)

Pomocí DPMO lze pak dopočítat úroveň sigma. [2]

$$\text{úroveň } \sigma = 0,8406 + \sqrt{(29,37 - 2,221 * (\ln (DPMO)))}$$

(3)

Následující tabulka zobrazuje poměr mezi úrovní procesu sigma, DPMO a efektivitou procesu.

Tabulka č. 1: Poměr úrovně sigma, DPMO a efektivitu procesu [2]

Úroveň Sigma	DPMO	Efektivita procesu
1	690000	31 %
2	308000	69,2 %
3	66800	93,32 %
4	6210	99,379 %
5	230	99,977 %
6	3,4	99,9997 %

### 1.2.3. Lean Six Sigma

Jedná se o kombinaci metod Lean a Six Sigma. Obě metodologie prošly od svého vzniku značným vývojem a staly se nástroji k řízení komplexních systémů. Jejich kombinace umožňuje určitou flexibilitu při aplikaci, tedy přizpůsobení konkrétním cílům. [1]

## 1.2.4. Přehled vybraných metod Lean Six Sigma

### 1.2.4.1. Kaizen

Slovo kaizen pochází z japonštiny, kde se skládá ze dvou znaků. Prvním znakem je „kai“ a nese význam změny ve smyslu vyměnit staré za nové. Druhý znak „zen“ v japonštině znamená „dobrý“. Dohromady se tedy dá slovo kaizen přeložit jako změna k lepšímu.

Tato metodika pochází z období po druhé světové válce a souvisí se snahou znovu vybudovat japonský průmysl. [4]

### 1.2.4.2. 5 S

Jedním z typických zlepšovatelských nástrojů je 5 S. Název pochází z japonských slov Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke. Po překladu do češtiny se jedná o třídění, umístování, úklid, standardizaci a udržování. K těmto pěti bodům se v poslední době přidává také bezpečnost a uspokojení. Tyto dva body souvisí s pracovním prostředím, které by mělo být ošetřeno před rizikem úrazu a zajišťovat, aby byla lidská práce využívána efektivně a aby bylo prostředí pro pracovníky přívětivé a motivující.

- **Třídění (Seiri)** – učení úrovně potřebnosti úkonů, nástrojů a součástí a následné vyloučení těch, které nejsou v procesu nutné.
- **Umístování (Seiton)** – souvisí s uspořádáním pracoviště a cílem efektivního a plynulého výkonu práce. Veškeré nástroje nutné k provedení procesu musí být jednoduše dostupné a umístěné na určeném označeném místě.
- **Úklid (Seiso)** – navazuje na předchozí dva body a zdůrazňuje důležitost průběžného úklidu pracoviště, tak, aby byl pořádek udržován v průběhu každého procesního cyklu.
- **Standardizace (Seiketsu)** – nutnost přípravy pracovního postupu, ve kterém bude každý z úkonů dokonale opakovatelný, a to za předpokladu obměny obsluhujících pracovníků – zajištění stability procesu
- **Udržování (Shitsuke)** – soustředí se na dodržování zásad stanovených předchozími kroky, musí být pravidelně kontrolovány

### 1.2.4.3. Štíhlé pracoviště

Štíhlí pracoviště spojuje prvky 5 S – optimální uspořádání pracoviště, co nejnížší spotřeba času potřebného na operaci a standardizaci s ergonomickými principy – vytvoření

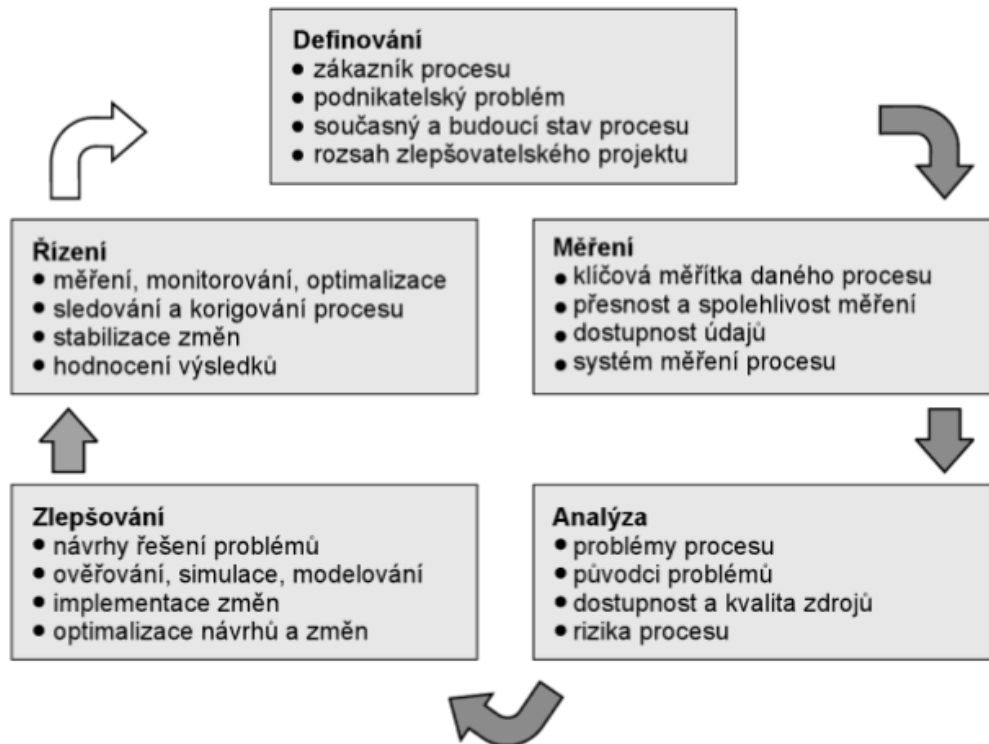
příznivých fyziologických podmínek pro práci v kombinaci s ochranou zdraví pracovníka. To vše je snahou o vytvoření ideálních podmínek pro maximální výkon pracovníka při minimální námaze a zajištění možnosti víceobsluhy. [6]

#### **1.2.4.4. Štíhlý layout**

V mnoha podnicích souvisí zbytečně vynaložené náklady s nesprávně navrženým layoutem, který způsobuje dlouhé materiálové toky, nepřehledné procesy a množství manipulačních činností. Mnohé společnosti vyrábí široký sortiment výrobků a nechat vyrobit samostatnou linku pro každý z nich by bylo nákladné a neefektivní. Proto je dobrým řešením seskupovat výrobu produktů s podobnými charakteristikami do výrobních buněk. Toto řešení kromě značného zjednodušení materiálních toků nese i další výhody. Stroje jsou v buňce umístěny blízko sebe, čímž se redukuje aktivity nepřidávající hodnotu a pokud jsou alespoň z části automatizované je schopen operátor v buňce obsluhovat více strojů najednou. Rozdělení výroby do buněk také umožňuje zmenšovat výrobní dávky, což má za následek snížení skladovací plochy a zjednodušení manipulace s materiálem. [6]

#### **1.2.4.5. DMAIC cyklus**

Základem zlepšování procesů je jejich detailní poznání založené na pozorování, analyzování a měření současného stavu procesu, jenž je podkladem pro stanovení požadovaného budoucího stavu. Pro systematizování jednotlivých kroků nutných k dosažení těchto cílů se využívá Lean Six Sigma metody DMAIC. Zkratka je odvozena od počátečních písmen anglických slov Define, Measure, Analyze, Improve, Control. Následující obrázek zachycuje základní cyklus DMAIC. [1]



Obrázek č. 3: Základní cyklus DMAIC [1]

## D – Define

Úvodní fáze zlepšovateľských projektů přesné vymezení a pojmenování cílů, které budou součástí řešení. Definice problémů musí být dostatečně detailní a konkrétní, aby byla všem účastníkům řešení srozumitelná. Rozsah řešení je nutný řádně ohraničit a zjistit předpoklady metod, které budou použity. V této fázi se hojně využívají modelovací programy, díky kterým můžeme odhalit případná rizika a předejít zbytečným nákladům. K dokumentaci se v této fázi využívají procesní modely, diagramy a mapy činností vytvářejících hodnotu, které napomáhají zpřehlednění souvislostí mezi jednotlivými částmi procesu. [1]

## M – Measure

Měření je v mnohých případech velmi komplikovaná a zdlouhavá část zlepšovateľského procesu. Jedná se o komplexní kontrolní systém, jehož úkolem je pomocí získávání údajů o chování současného procesu zjistit, jaké faktory procesu způsobují nízkou výkonnost nebo kvalitu. Klíčovým prvkem této fáze je jasně definovat měřítka výkonnosti, protože následující fáze data přebírá a opírá o ně rozhodnutí o změnách, které je potřeba udělat.

Měření procesů je vhodné použít také pro sledování účinnosti implementovaných změn a následně na kontrolu celkové optimalizace procesu. [1]

### **A – Analyze**

Analýza je krok DMAIC cyklu, který přímo navazuje na fázi měření. Vyhodnocuje údaje a data nasbírané předchozím krokem a snaží se nalézt příčiny nedostatků současného stavu procesu za pomoci matematických, grafických a statistických nástrojů. Příkladem takové analýzy je například FMEA (Failure Mode and Effect Analysis). Při použití této metody se u každého procesního kroku ptáme, co vše může selhat a v případě, že se tak stane, jaké budou důsledky této skutečnosti. [1]

### **I – Improve**

Tato fáze nastává ve chvíli, kdy jsme odhalili problém s jistotou, že se nejedná o náhodnou událost a potřebujeme vymyslet řešení. Zlepšovatelství má za úkol přicházet s variantami řešení problémů procesu a následně vybrat nejvhodnější z nich. Obsahem tohoto úkolu je stanovovat nové výrobní postupy, navrhovat technologické změny, nebo reorganizovat práci a pracoviště na což se mnohdy využívá metod 5 S. Následně je nutné návrhy řešení implementovat do stávajícího procesu. [1]

### **C – Control**

To, že jsou změny v procesu implementovány neznamená, že je práce zlepšovatelství hotová. Následuje fáze řízení nebo také kontrolování jejímž cílem je stabilizovat nový stav procesu, což je často spojeno s novými operačními nařízeními a tréninkovými metodami pro operátory. Některé údaje vyplynou na povrch až po vytvoření nových rozpočtů s implementovanými změnami. [1]

#### **1.2.4.6. Analýza a měření práce**

*Analýza a měření práce patří mezi základní znalost průmyslových inženýrů a Lean specialistů. Jsou poměrně jednoduchým a zároveň velmi účinným nástrojem v boji proti plýtvání a neefektivnosti v procesech. Pod názvem analýza a měření práce si můžeme představit aktivity vedoucí k definování optimálního pracovního postupu a určení spotřeby času pro jednotlivé činnosti. [5]*

Analýzou práce se rozumí studium metod práce za účelem nalézt zdroje plýtvání a činnosti nepřispívající ke tvorbě hodnoty a následně pracovní postup zjednodušit. Z toho vyplývá, že obsahem analýzy práce je v mnoha případech detailní pozorování prováděné

práce a neustálé hledání způsobů, jak dané operace rychleji, lépe, efektivněji. Mezi analytické nástroje řadíme procesní analýzy, špagetové diagramy nebo mapování toku hodnot. [5]

Měření práce pak spočívá ve snaze co nepřesněji určit časovou náročnost jednotlivých úkonů. K určení časové náročnosti lze použít také hrubý odhad, nebo údaje z historie a vytvořit tzv. systém předem určených časů, jedná se pak o nepřímé měření. V opačném případě můžeme realizovat měření času za pomoci stopek, tzv. přímé měření. [5]

### **Přímé měření**

V oblasti přímého měření existují dva přístupy. První z nich se nazývá snímek pracovního dne a zaměřuje se na pracovníka a sleduje veškerou spotřebu času během jeho směny s cílem získat detailní přehled o aktivitách, které vyvíjí. Snímek pracovního dne se využívá v případě, že potřebujeme získat informace o aktuálním stavu vytiženosti pracovníků, nebo pro definování velikosti přírážky u nepravidelných činností. [5]

Druhým způsobem přímého měření je chronometráž. Chronometráž se používá k určení délky trvání pracovních operací na principu rozčlenění operací do dílčích úseků. Výsledné časy jednotlivých úkonů se zaznamenávají do přehledného formuláře. Výhodou použití této metody je vysoká spolehlivost měření zajištěna možností z každé operace vyřadit extrémní hodnoty. [5]

### **Nepřímé měření**

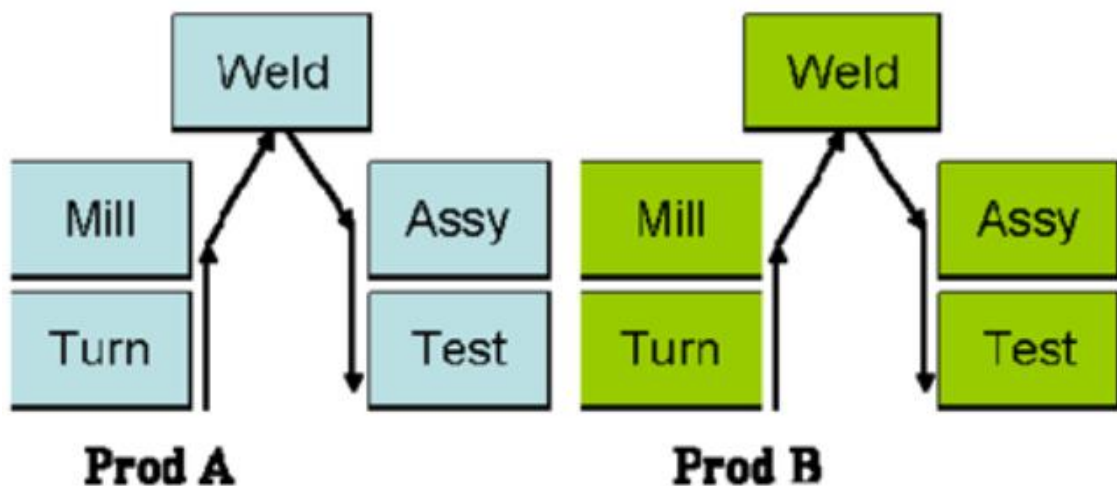
Cílem nepřímého měření je detailní rozbor úkonů procesu na základní pohyby, kterým je na základě jejich náročnosti přidělen index odpovídající určité spotřebě času. Výstupem je systém předem určených časů. Příkladem takového systému je například MTM (Methods Time Measurement). Jeho úskalím je však nutnost velmi detailního popisu veškerých pohybů včetně typu pohybu, vzdálenosti nebo hmotnosti objektů. To je velmi obtížné specifikovat, protože každý operátor může provádět pohyby odlišně. Z toho také vyplývá značná časová náročnost provedení analýzy i složitost celého systému. Snaha o zefektivnění metody MTM vyústila ve vývoj modernějších systémů, které cílily na zvýšení produktivity analýzy se zachováním vysoké přesnosti. [5]

Jedním z takových systémů je MOST (Maynard Operation Sequence Technique), který je systémem analýzy, měření a optimalizace práce sloužící k normování časové náročnosti činností s přesností na setiny vteřiny. [5]

#### 1.2.4.7. One Piece Flow

Tok jednoho kusu (one piece flow) je jedním z klíčových konceptů výrobního systému Toyota, kde pomáhal dosáhnout výroby „just in time“. Tok jednoho kusu znamená pohyb dílu z jedné operace na druhou po jednomu kusu nebo malé sérii, aniž by mezi těmito kroky vnikala nedokončená výroba. Pro ideální funkčnost tohoto systému je nejlepší buňkové uspořádání výroby, kde jsou všechny operace seřazeny v optimálním pořadí a každá buňka je vybavena všemi potřebnými nástroji. Průběh výroby v buňkovém uspořádání výroby je naznačen na následujícím obrázku. [7]

### One Piece Flow Cellular Layout



Obrázek č. 4: Tok jednoho kusu – buňkový layout [7]

K zavedení funkčního systému toku jednoho kusu je nutné splnit několik podmínek. Procesy musí být schopné stabilně vyrábět produkt v dobré kvalitě a musí být opakovatelné, jinak není možné one piece flow aplikovat. Nutná je také vysoká výtěžnost strojů (blíží se ke 100 %), aby během provozu nevznikaly prostoje. Procesy musí být také přizpůsobitelné kolísající poptávce zákazníků nebo takt time. Pokud tyto podmínky nejsou splněny, použití toho systému nebude optimální, nebo je nutné vytvořit vyrovnávací „buffer“ například ve formě supermarketu. [7]

## 2. Analýza současného stavu

### 2.1. Představení společnosti



Obrázek č. 5: Závod TE Connectivity Kuřim [8]

TE Connectivity je přední světová technologická a výrobní společnost, která vyrábí širokou škálu produktů, včetně konektorů, senzorů, antén a kabelů. Produkty společnosti se používají v různých průmyslových odvětvích, jako je automobilový průmysl, letecký průmysl, obrana a lékařství. Po celém světě zaměstnává kolem 75000 lidí a její tržby dosáhly v roce 2022 výše 16,3 miliard USD.[9]

Závod TE Connectivity Czech s.r.o. je jedním z několika výrobních závodů TE v České republice. Závod leží ve městě Kuřim, které se nachází v Jihomoravském kraji, asi 15 kilometrů severně od Brna.

Specializuje se na výrobu svorek, konektorů a senzorů pro různé aplikace. Závod má výrobní plochu přes 28 000 metrů čtverečních a zaměstnává téměř 3000 lidí. [10]

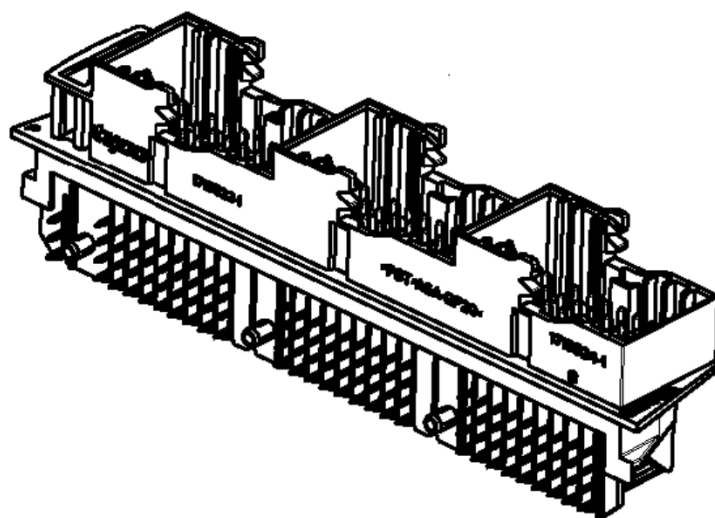
Výrobní procesy jsou vysoce automatizované a závod využívá pokročilé výrobní technologie k efektivní výrobě vysoce kvalitních produktů. Provoz závodu je podporován také globálním dodavatelským řetězcem TE, který zajišťuje, že má přístup k nezbytným surovinám a komponentům.

Kuřimský závod získal několik ocenění a certifikací za systém managementu kvality a životního prostředí. Závod je například certifikován podle norem systému managementu kvality ISO 9001 a ISO 14001 systému environmentálního managementu. Tyto certifikace prokazují závazek závodu vyrábět vysoce kvalitní produkty a zároveň minimalizovat dopad na životní prostředí.

Kuřimský závod TE je také aktivním členem místní komunity. Podporuje různé sociální a kulturní iniciativy a je odhodlán vytvářet pozitivní dopad v regionu. Závod také spolupracuje s místními univerzitami a vzdělávacími institucemi na propagaci STEM vzdělávání a podpoře rozvoje místních talentů.

## 2.2. Představení produktu

Zkoumaný proces se zabývá zpracováním konektoru. Jedná se o konektor, pro zákazníky z automobilového průmyslu, kteří jsou výrobci nákladních automobilů, z interních důvodů je nebudu jmenovat. Konektor v jejich aplikaci slouží k propojení motorové elektroniky s řídicí jednotkou motoru. Z toho vyplývá, že signifikantními charakteristikami produktu jsou pozice a výška kontaktů spolu se zachováním vodivosti a nepřítomnosti zkratu. Protože z interních důvodů nemohu zveřejnit jeho označení, budu výrobek v této práci označovat dle počtu kontaktů – **111pol.**



Obrázek č. 6: 111pol TAB header [10]

Produkt se skládá z plastového odlitku tělesa a určitého počtu kontaktů různé délky dle pozice v tělese. První dvě řady kontaktů jsou povrchově upraveny zlatem, všechny zbylé kontakty stříbrem, aby splňovaly technické požadavky zákazníků.

Veškeré zpracování vstupních komponent zkoumaného procesu se odehrává v závodu TE Kuřim. Plastový výlisek je vyráběn na oddělení Molding, kde je materiál ve formě granulátu roztaven a vstřikován do formy vstřikovacího stroje, čímž nabude požadovaného tvaru a vlastností. Plastové výlisky pak putují na oddělení Semi-automatic hall A, kde jsou pomocí automatického stroje osazeny kontakty, které jsou kupovány od dodavatele ve formě pásek navinutých na cívku a je nutné je nejprve nastříhat – 108 kontaktů pro 111pol. Osazení zbylých kontaktů není na automatickém stroji možné, proto jsou poté přesunuty k montážní lince, která je předmětem zkoumání této bakalářské práce, taktéž na oddělení Semi-automatic hall A.

## 2.3. Definování procesu

Montážní linka se skládá z šesti pracovišť. Manuální pracoviště jsou příprava kontaktů, lisování kontaktů a balení. V případě ohýbání, temování a testování výrobku se jedná o obsluhu stroje. V současném stavu obsluhují linku tři operátoři. První má na starosti přípravu kontaktů, obsluhu manuálního lisu. Druhý obsluhuje ohýbací a temovací stroj. Třetí se věnuje testování výrobků a balení. Operátoři pracují dvanáctihodinové směny, během nichž mají nárok na dvě půlhodinové přestávky.

### Vstupy

Vstupními komponenty procesu lze označit plastové těleso konektoru osazené konektory automatem a kontakty tří délek opatřené příslušnou povrchovou úpravou.

### Výstupy

Výstupem zkoumané linky je balná jednotka obsahující 30 ks výrobku. Pro potřeby této práce však budu považovat za výstup těleso konektoru osazené všemi kontakty, které jsou ohnuté, zatemované a prošly elektrickým testerem, tedy jeden kus.

### 2.3.1. Popis činností na jednotlivých pracovištích

V této kapitole budou slovně popsány pracovní činnosti na jednotlivých pracovištích

#### **Příprava kontaktů**

Proces začíná tím, že operátor položí na stůl před sebe „kazetku“, což je přípravek, který má v sobě tři otvory v řadě, do nichž je třeba vložit kontakty. Každý ze tří kontaktů má jinou délku a jsou seřazené od nejkratšího k nejdelšímu. Poté operátor vloží kontakty do „kazetky“ a „zacvakne“ tak, aby první a třetí řada kontaktu měla stejnou výšku, druhá řada kontaktů je nižší.

#### **Lisování kontaktů**

Operátor zasune „kazetku“ s kontakty do ručního lisu. Následně položí vstupní těleso na vozík lisu a zasune pod lis. Dalším krokem je užití ručního lisu, kde je nutné, aby operátor jednou rukou stlačil bezpečnostní pojistku a druhou rukou nadoraz zalisoval kontakty. Zalisovaný kus odkládá na plato před dalším krokem procesu.

### **Ohýbání**

Operátor otevře bezpečnostní dveře ohýbačky, těleso s nalisovanými kontakty vloží na „vozik“ a zavře bezpečnostní dveře. Následuje automatický cyklus ohýbačky, při němž jsou kontakty ohnuty do požadovaného úhlu. Po ukončení cyklu je nutné otevřít dveře ohýbačky (v průběhu cyklu jsou z bezpečnostních důvodů zamčeny) a kus přemístit do traye před dalším pracovištěm.

### **Temování**

Operátor vloží kus na pojízdný vozík temovačky a zasune do stroje. Vozík i kus je nutné domáčknout do finální polohy, jinak nebude možné stroj spustit. Poté oběma rukama zároveň zmáčkne 2 spínače v jeden okamžik (z důvodu eliminace možnosti zranění operátora strojem). Po zmáčknutí se aktivuje automatický cyklus temování. Temovány jsou všechny piny včetně těch, které jsou osazovány automatem při předchozím zpracování kusu. Následně je kus vložen do traye před el. testerem.

### **Testování na el. testeru**

Do el. testeru je vloženo těleso osazené všemi kontakty. Po uzavření testeru dojde k automatickému otestování zkratu, přítomnosti všech kontaktů, vyhnutí, či špatné pozice pinů. V případě, že je těleso v pořádku, je označeno vrypem, na testeru se rozsvítí zelené světlo a kus je umístěn na pásový dopravník směřující k pracovišti balení. Pokud je na kusu rozpoznána vada rozsvítí se červené světlo a dojde k automatickému vyřazení do červené bedny umístěné pod testerem.

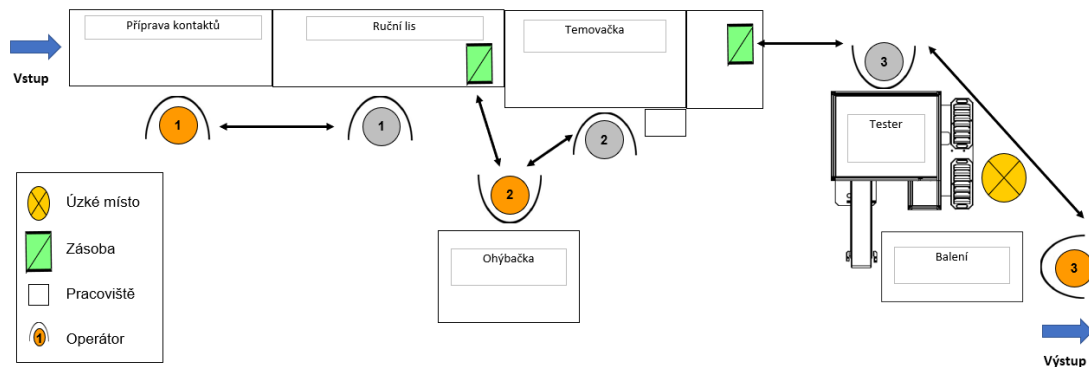
### **Balení**

Hotové výrobky se odebírají z dopravníku a vkládají se do nosiče po 6ks. Nosiče se následně skládají do kartonu po 5ks, v balení je tedy 30ks výrobku. Je nutné dodržet správnou orientaci kusu v nosiči. Naplněný karton je třeba zalepit a opatřit etiketou obsahující informace o jejím obsahu. Krabice se skládají na paletu po 56ks, kde jsou připraveny na přepravu do skladu.

#### **2.3.2. Rozmístění pracoviště**

Na obrázku č.7 je znázorněno rozložení pracoviště v současném nastavení procesu. Naznačeny jsou tam také pracovní pozice jednotlivých operátorů, šipky znázorňují pohyb

vykonávaný při plnění pracovní činnosti. Úzké místo procesu se nachází na pozici práce třetího operátora, zdůvodnění se budu věnovat v dalších kapitolách této práce.



Obrázek č. 7: Rozmístění pracoviště [11]

### 2.3.3. Požadavek zákazníka

Z interních zdrojů se mi podařilo získat předpověď objednávek na 35 měsíců z nichž vyplývá, že součet objednaných kusů za toto období je 446630. Časový úsek z důvodu ochrany interních dat nebudu specifikovat. Na základě požadovaného objemu výroby a časového fondu období lze dopočítat požadovaný takt time zákazníka, požadavek rychlosti výroby jednoho kusu. Pro výpočet časového fondu je nutné znát fakt, že výroba probíhá ve nepřetržitém provozu, po odečtení přestávek operátor pracuje 11 hodin za směnu a každý měsíc je dostupných 28 pracovních dní. Hodnoty budou vypočítány za užití následujících vzorců.

Požadovaný takt time:

$$Takt\ time = (\text{Časový fond období}) / (\text{Požadovaný počet vyrobených kusů}) \quad (4)$$

$$\text{Časový fond} = 3600\ \text{sekund} * 11\ \text{pracovních hodin směny} * 2\ \text{směny za den} * 28\ \text{pracovních dní} * 35\ \text{měsíců} = 77616000\ \text{sekund}$$

$$Takt\ time\ požadovaný = 77616000 / 446630 = 173,78\ \text{sekund} \quad (5)$$

Výsledná hodnota 173,78 sekund znamená nejdelší takt linky, který pokryje potřeby zákazníků.

#### **2.3.4. Požadovaný hodinový výstup**

Na základě znalosti požadovaného takt time je možné vypočítat další důležitý parametr jímž je požadovaný hodinový výstup v počtu kusů.

$$\text{Požadovaný hodinový výstup} = 3600 / (\text{Požadovaný takt time}) \quad (6)$$

Výpočet požadovaného hodinového výstupu:

$$\text{Požadovaný hodinový výstup} = 3600 / 173,78 = 21 \text{ ks} \quad (7)$$

Výsledná hodnota požadavku na hodinový výstup činí 21 kusů. Po vynásobení této hodnoty jedenácti (počet pracovních hodin za směnu) vyjde číslo 231, které odpovídá požadovanému počtu vyrobených kusů za směnu a bude sloužit k dalším výpočtům.

#### **2.3.5. Počet kusů za hodinu na operátora**

Jako ukazatel produktivity procesu jsem zvolil **PPH** (Parts per Person per Hour), počet kusů vyprodukovaných za hodinu na jednoho operátora. Jeho výpočtem bude získána počáteční hodnota produktivity, která později poslouží k porovnání návrhů zlepšení.

Vzorec PPH:

$$\text{PPH} = ((\text{Počet vyrobených kusů za směnu}) / (\text{Časový fond směny})) / \text{Počet operátorů} \quad (8)$$

K výpočtu požadovaného PPH je nutné znát časový fond směny, v tomto případě jedenáct hodin a skutečnost, že linku obsluhují tři operátoři. Poslední potřebnou hodnotou je požadovaný počet vyrobených kusů za směnu, který byl vypočítán v předchozí kapitole s výsledkem 231 kusů.

Výpočet požadovaného PPH:

$$PPH \text{ požadovaný} = (231/11)/3 = 7$$

(9)

## **2.4. Měření**

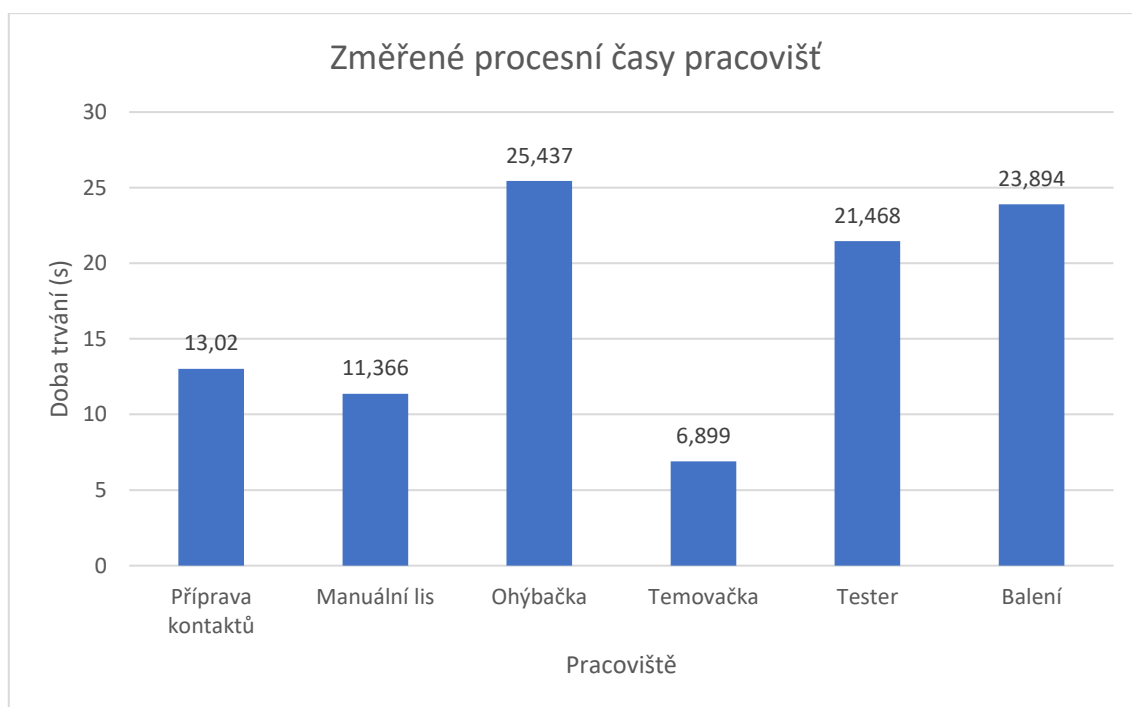
Předchozí kapitola byla věnována definování procesu, popisu pracovních činností a principům fungování výroby. Poté byly pomocí požadavků zákazníka vypočítány údaje, které pomohou pochopit současný stav procesu. Kapitola měření bude zaměřena na sběr dat z výroby s cílem získat reálná data procesních časů činností, které jsou součástí kompletace výrobku. Výstupem kapitoly budou podklady pro výpočet produktivity současného stavu.

### **2.4.1. Procesní časy pracovních činností**

Pro získání procesních časů jsem využil videozáznamu pořízeného na mobilní telefon. Na každém pracovišti jsem pořídil záznam deseti opakování pracovního úkonu. Pro větší objem dat jsem tento postup opakovat na ranní a odpolední směně. Měření bylo provedeno za standardních podmínek výroby. Z počátku jsem zpozoroval, že moje přítomnost způsobovala operátorům mírnou nervozitu, v průběhu měření však tento jev vymizel. Následně jsem pomocí opakovaného přehrávání videozáznamu každé pracoviště rozdělil na jednotlivé úkony a pomocí stopek zaznamenal časy trvání. V následující tabulce jsou znázorněna pracoviště, pracovní činnosti pod ně spadající a u každé činnosti průměr naměřených časů. Bližšímu rozboru činností a jejich rozřazení na aktivity přidávající hodnotu, nepřidávající hodnotu a nezbytné aktivity se budu věnovat v následující části bakalářské práce.

Tabulka č. 2: Výchozí procesní časy činností [11]

Pracoviště	Činnost	Průměr měření	Součet pracoviště
Příprava kontaktů	Připraví kazetku na stůl	1,23	13,02
Příprava kontaktů	Vezme kontakt z boxu	0,54	
Příprava kontaktů	Vloží kontakt 1	1,92	
Příprava kontaktů	Vezme kontakt z boxu	0,60	
Příprava kontaktů	Vloží kontakt 2	1,37	
Příprava kontaktů	Vezme kontakt z boxu	0,57	
Příprava kontaktů	Vloží kontakt 3	1,61	
Příprava kontaktů	Přesune kazetku k lisu	1,22	
Příprava kontaktů	Přejde k lisu	3,96	
Manuální lis	Vezme kazetku	0,74	11,37
Manuální lis	Vloží do lisu	2,18	
Manuální lis	Vezme kus	0,77	
Manuální lis	Vloží na vozík	2,91	
Manuální lis	Zajede do lisu	1,00	
Manuální lis	Zalisuje pákou lisu	1,32	
Manuální lis	Odloží kus na plato	1,31	
Manuální lis	Odloží kazetku k předchozímu pracovišti	1,15	
Ohýbačka	Vezme kus z plata	0,76	
Ohýbačka	Otočí se k ohýbačce	1,33	
Ohýbačka	Otevře dvířka ohýbačky	1,23	
Ohýbačka	Vloží kus do ohýbačky	1,26	
Ohýbačka	Zavře dvířka	1,21	
Ohýbačka	Cyklus ohýbačky	17,00	
Ohýbačka	Otevře dvířka	1,22	
Ohýbačka	Vyndá hotový kus a položí na plato k temovačce	1,44	
Temovačka	Vezme kus z plata	0,74	6,90
Temovačka	Vloží na vozík temovačky	1,92	
Temovačka	Zajede do stroje	0,86	
Temovačka	Stiskne tlačítka	0,65	
Temovačka	Cyklus Temovačky	2,00	
Temovačka	Vyndá kus a položí na plato testeru	0,73	
Tester	Přesun kusů k testeru	5,46	21,47
Tester	Vloží kusy do testeru	3,51	
Tester	Cyklus testeru	12,50	
Balení	Přesun k balení	2,95	23,89
Balení	Složí krabici	10,15	
Balení	odebere kus z dopravníku	1,51	
Balení	vloží do traye	2,58	
Balení	vloží tray do krabice	1,07	
Balení	zalepí krabici	4,88	
Balení	nalepí etiketu	0,76	
	*Všechny uvedené časy jsou v sekundách		102,08
	Celkový procesní čas na 1ks		



Graf č. 1: Změřené procesní časy pracovišť [11]

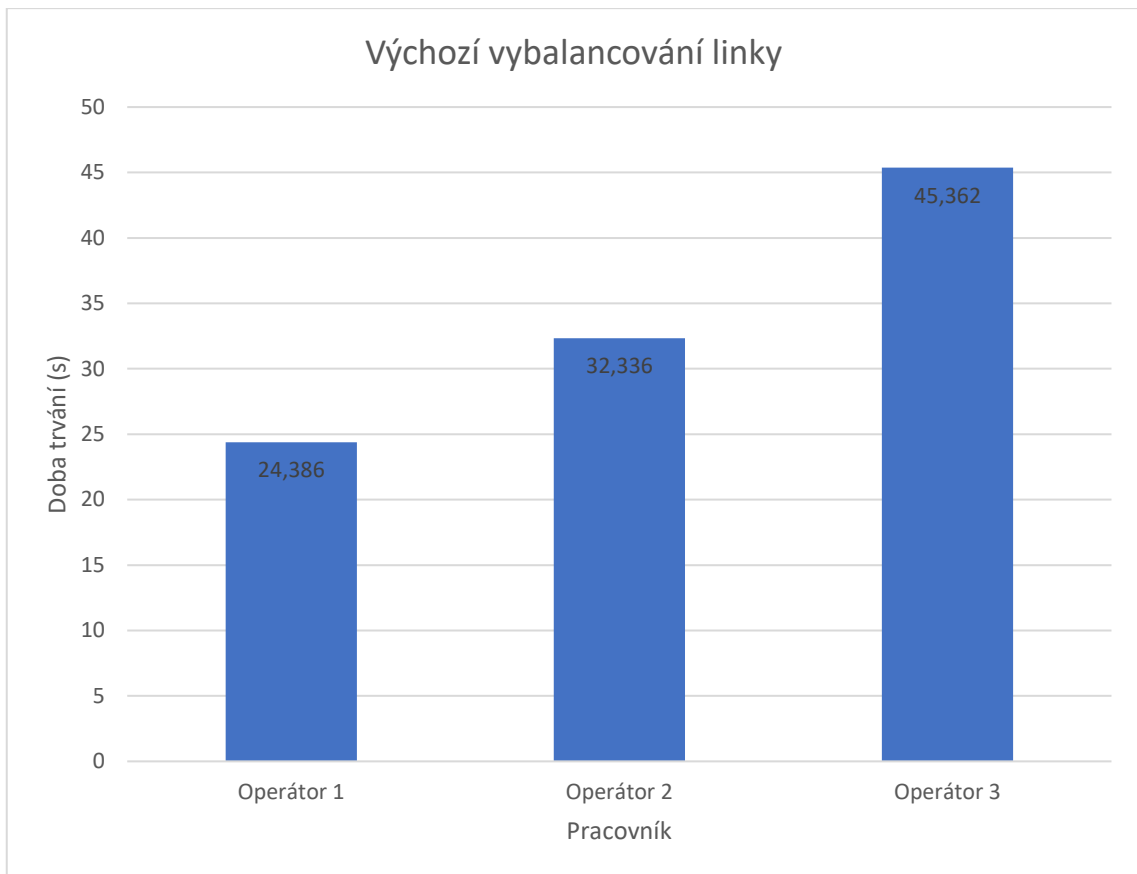
Celkové procesní časy jednotlivých pracovišť jsou znázorněny v grafu č. 1. Z grafu lze vyčíst, že úzkým místem z hlediska procesu je pracoviště ohýbačky. V tabulce č. 2 si lze všimnout, že na výsledném procesním čase této operace má významný podíl strojový cyklus ohýbačky, který na celkovém čase 25,44 sekund přispívá celými 17 sekundami. Podobná situace nastává v případě elektrického testeru, kde z času 21,47 sekundy trvá cyklus testeru 12,5 sekundy. V případě pracoviště balení je časově nejnáročnějším úkonem skládání krabice, které v průměru trvá 10,15 sekundy z celkových 23,89 sekund.

#### 2.4.2. Současné vybalancování linky

Jak již bylo zmíněno, v současném stavu proces obsluhují tři operátoři. První má na starosti přípravu kontaktů a obsluhu manuálního lisu, druhý obsluhuje ohýbací a temovací stroj, třetí se stará o elektrický tester a balení.

Tabulka č. 3: Výchozí procesní časy operátorů [11]

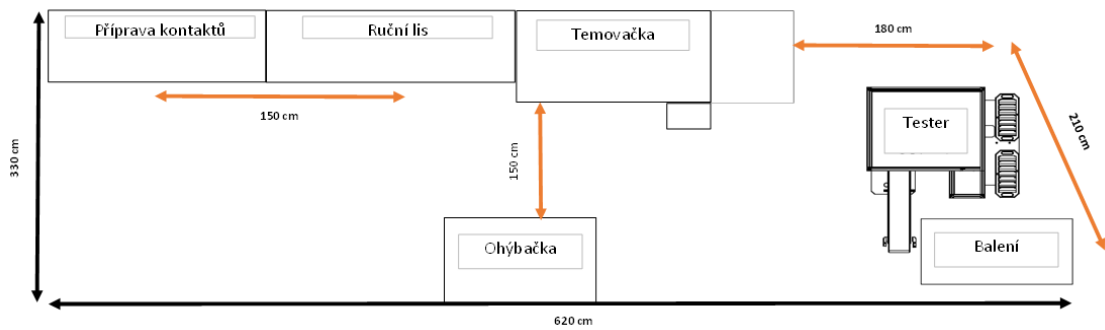
Pracoviště	Činnost	Operátor č.	Průměr měření	Součet operátora		
Příprava kontaktů	Připraví kazetku na stůl	<b>1</b>	1,23	24,39		
Příprava kontaktů	Vezme kontakt z boxu		0,54			
Příprava kontaktů	Vloží kontakt 1		1,92			
Příprava kontaktů	Vezme kontakt z boxu		0,60			
Příprava kontaktů	Vloží kontakt 2		1,37			
Příprava kontaktů	Vezme kontakt z boxu		0,57			
Příprava kontaktů	Vloží kontakt 3		1,61			
Příprava kontaktů	Přesune kazetku k lisu		1,22			
Příprava kontaktů	Přejde k lisu		3,96			
Manuální lis	Vezme kazetku		0,74			
Manuální lis	Vloží do lisu		2,18			
Manuální lis	Vezme kus		0,77			
Manuální lis	Vloží na vozík		2,91			
Manuální lis	Zajede do lisu		1,00			
Manuální lis	Zalisuje pákou lisu		1,32			
Manuální lis	Odloží kus na plato		1,31			
Manuální lis	Odloží kazetku k předchozímu pracovišti		1,15			
Ohýbačka	Vezme kus z plata		<b>2</b>		0,76	32,34
Ohýbačka	Otočí se k ohýbačce				1,33	
Ohýbačka	Otevře dvířka ohýbačky				1,23	
Ohýbačka	Vloží kus do ohýbačky	1,26				
Ohýbačka	Zavře dvířka	1,21				
Ohýbačka	Cyklus ohýbačky	17,00				
Ohýbačka	Otevře dvířka	1,22				
Ohýbačka	Vyndá hotový kus a položí na plato k testu	1,44				
Temovačka	Vezme kus z plata	0,74				
Temovačka	Vloží na vozík temovačky	1,92				
Temovačka	Zajede do stroje	0,86				
Temovačka	Stiskne tlačítka	0,65				
Temovačka	Cyklus Temovačky	2,00				
Temovačka	Vyndá kus a položí na plato testeru	0,73				
Tester	Přesun kusů k testeru	<b>3</b>		5,46	45,36	
Tester	Vloží kusy do testeru			3,51		
Tester	Cyklus testeru		12,50			
Balení	Přesun k balení		2,95			
Balení	Složí krabici		10,15			
Balení	odebere kus z dopravníku		1,51			
Balení	vloží do traye		2,58			
Balení	vloží tray do krabice		1,07			
Balení	zalepí krabici		4,88			
Balení	nalepí etiketu		0,76			
	*Všechny uvedené časy jsou v sekundách					



Graf č. 2: Výchozí vybalancování linky [11]

Již při prvním pohledu na tabulku č. 3 a graf č. 2 je jasné, že úzkým místem současného nastavení procesu je práce operátora č. 3. Součet časů jeho pracovních úkonů činí 45,36 sekund, což je v porovnání s prací operátora č. 1, jehož součet procesních časů je roven 24,39 vteřiny, téměř dvojnásobek. Tato skutečnost odhaluje, že rovnováha mezi jednotlivými operátory není nastaven správně a výroba v současném stavu procesu neprobíhá konzistentně.

### 2.4.3. Pracovní plocha



Obrázek č. 8: Měření pracoviště [11]

Tabulka č. 4: Naměřené vzdálenosti [11]

Pracoviště	Činnosti	Pohybová vzdálenost (cm)
Příprava kontaktů	Přejde k lisu	150
Ohýbačka	Otočí se k ohýbačce	150
Tester	Přesun kusů k testeru	180
Balení	Přesun k balení	210
	<b>Celkem</b>	<b>690</b>

Na obrázku č. 8 jsou vyznačeny naměřené vzdálenosti. Měření bylo provedeno za použití svinovacího metru. Černé šipky značí rozměry celého layoutu, oranžové šipky pohybové vzdálenosti na pracovištích. Podrobnějšímu rozboru se budu věnovat v kapitole Analýza pracovní plochy.

## 2.5. Analýza současného stavu procesu

Tato kapitola se bude zaměřena na rozbor získaných dat v kapitole Měření, data se pokusím kategorizovat a vyvodit závěry ze zjištěných skutečností.

Nejprve je nutné vypočítat důležité ukazatele, které budou sloužit k porovnání s požadavky zákazníků. Z Tabulky č. 3 je patrné, že úzkým místem procesu je práce operátora č. 3, která trvá v průměru 45,4 sekund. Tato hodnota odpovídá propustnosti linky, lze ji tedy označit jako takt time současného stavu procesu. Pomocí takt time je možné dopočítat současný hodinový výstup linky.

Výpočet současného hodinového výstupu linky:

$$\text{Současný hodinový výstup} = 3600 / \text{Takt time linky} \quad (10)$$

$$\text{Současný hodinový výstup} = 3600 / 45,4 = 80 \text{ ks} \quad (11)$$

Výpočtem bylo zjištěno, že hodinový výstup v současném nastavení linky je 80 kusů. Pokud toto číslo vynásobím jedenácti, vyjde výsledná hodnota 880, která reprezentuje počet kusů vyrobených za směnu. Na základě znalosti této hodnoty získám výpočtem ukazatel PPH, který byl v předchozí kapitole vybrán jako ukazatel pro porovnání výkonnosti různých nastavení linky.

Výpočet současného PPH:

$$\begin{aligned} \text{PPH současného stavu} \\ &= ((\text{Počet vyrobených kusů za směnu}) / (\text{Časový fond směny})) \\ & / \text{Počet operátorů} \end{aligned} \quad (12)$$

$$PPH \text{ současného stavu} = (880/11)/3 = 26,67$$

(13)

Tabulka č. 5: Porovnání ukazatelů 1 [11]

Varianta	Požadované	Současné
Počet OP	-	3
Takt	173,8	45,4
ks/hod	21	80
ks/směna	231	880
PPH	7	26,67

Tabulka č. 5 slouží k porovnání požadavků zákazníků a hodnot naměřených v současném stavu procesu. Z vyobrazených dat je patrné, že linka bez sebemenších problémů pokrývá objednávky zákazníků za vybrané období. V počtu objednaných kusů jsou však významné výkyvy, které budou předmětem zkoumání další kapitoly. Současně data ukazují, že nastavení linky přibližně 4x převyšuje zákaznické požadavky. Totéž platí u ukazatele hodinového PPH, který je v této práci měřítkem produktivity.

### 2.5.1. Analýza objednávek

Protože ze získaných dat vyplývá, že linka bez problému pokrývá dlouhodobý požadavek zákazníků a zároveň jej několikanásobně převyšuje, rozhodl jsem se provést detailní rozbor objednávek dle jednotlivých měsíců.



Graf č. 3: Časová řada požadovaného taktu zákazníka [11]

Tabulka č. 6: Rozbor objednávek [11]

Měsíc č.	Objednané množství (ks)	Požadovaný takt (s)
M1	19535	113,5
M2	28795	77,0
M3	30775	72,1
M4	16075	138,0
M5	10410	213,0
M6	8105	273,6
M7	14030	158,1
M8	4110	539,6
M9	11285	196,5
M10	7005	316,6
M11	10405	213,1
M12	8950	247,8

M13	9945	223,0
M14	10410	213,0
M15	10280	215,7
M16	15195	145,9
M17	12895	172,0
M18	10210	217,2
M19	15440	143,6
M20	11355	195,3
M21	10630	208,6
M22	12710	174,5
M23	12615	175,8
M24	10595	209,3
M25	16840	131,7
M26	12160	182,4
M27	11670	190,0
M28	12720	174,3
M29	13665	162,3
M30	11390	194,7
M31	14540	152,5
M32	11355	195,3
M33	11530	192,3
M34	10620	208,8
M35	8380	264,6
<b>Peak</b>	M3	72,1

V grafu č. 3 je vyobrazen trend požadovaného takt time na základě objednaného množství včetně zaznačení úrovně současného takt time. Graf pracuje s logikou, že čím vyšší je takt time, tím déle trvá průchod jednoho kusu linkou. Čím nižší je tedy takt time, tím rychleji linka vyrábí. Na grafu je zřetelně vidět potvrzení předchozí hypotézy, že linka bez problému pokrývá požadavky zákazníků, a to i v nejvytíženějších měsících.

V tabulce č. 6 je obsažen výčet objednaného množství za daný měsíc, na základě, něhož byly podle dříve užitého vzorce dopočítány požadované hodnoty takt time. Z tabulky vyplývá, že zákazník poptává nejvíce kusů v druhém a třetím měsíci výroby, přičemž výsledné hodnoty takt time v těchto měsících jsou v rozpětí 70-80 sekund. V porovnání

se současnou propustností linky 45,4 sekund lze stále konstatovat, že aktuální nastavení je pro danou poptávku předimenzováno.

### **2.5.2. Analýza hodnoty v procesu**

Dalším nutným krokem pro správné porozumění problému je rozebrat všechny pracovní pozice a ke každé operaci přiřadit hodnotu této aktivity. Jedná se o rozdělení na VA (Value Added), NVA (Non-Value Added) a RNVA (Required Non-Value Added), v překladu se jedná o aktivity přidávající hodnotu, aktivity nepřidávající hodnotu a nezbytné aktivity nepřidávající hodnotu.

Tabulka č. 7: Hodnota v procesu [11]

Pracoviště	Činnost	Vztah k hodnotě
Příprava kontaktů	Připraví kazetku na stůl	NVA
Příprava kontaktů	Vezme kontakt z boxu	NVA
Příprava kontaktů	Vloží kontakt 1	VA
Příprava kontaktů	Vezme kontakt z boxu	NVA
Příprava kontaktů	Vloží kontakt 2	VA
Příprava kontaktů	Vezme kontakt z boxu	NVA
Příprava kontaktů	Vloží kontakt 3	VA
Příprava kontaktů	Přesune kazetku k lisu	NVA
Příprava kontaktů	Přejde k lisu	NVA
Manuální lis	Vezme kazetku	NVA
Manuální lis	Vloží do lisu	RNVA
Manuální lis	Vezme kus	NVA
Manuální lis	Vloží na vozík	RNVA
Manuální lis	Zajede do lisu	RNVA
Manuální lis	Zalisuje pákou lisu	VA
Manuální lis	Odloží kus na plato	NVA
Manuální lis	Odloží kazetku k předchozímu pracovišti	NVA
Ohýbačka	Vezme kus z plata	NVA
Ohýbačka	Otočí se k ohýbačce	NVA
Ohýbačka	Otevře dvířka ohýbačky	RNVA
Ohýbačka	Vloží kus do ohýbačky	RNVA
Ohýbačka	Zavře dvířka	RNVA
Ohýbačka	Cyklus ohýbačky	VA
Ohýbačka	Otevře dvířka	RNVA
Ohýbačka	Vyndá hotový kus a položí na plato k temovačce	NVA
Temovačka	Vezme kus z plata	NVA
Temovačka	Vloží na vozík temovačky	NVA
Temovačka	Zajede do stroje	RNVA
Temovačka	Stiskne tlačítka	RNVA
Temovačka	Cyklus Temovačky	VA
Temovačka	Vyndá kus a položí na plato testeru	NVA
Tester	Přesun kusů k testeru	NVA
Tester	Vloží kusy do testeru	NVA
Tester	Cyklus testeru	VA
Balení	Přesun k balení	NVA
Balení	Složí krabici	RNVA
Balení	odebere kus z dopravníku	NVA
Balení	vloží do traye	VA
Balení	vloží tray do krabice	VA
Balení	zalepí krabici	RNVA
Balení	nalepí etiketu	RNVA

Tabulka č. 8: Rozložení hodnoty dle činností [11]

Pracoviště	Podíl VA aktivit	Podíl NVA aktivit	Podíl RNVA aktivit
Příprava kontaktů	33%	67%	0%
Manuální lis	13%	50%	38%
Ohýbačka	13%	38%	50%
Temovačka	17%	50%	33%
Tester	33%	67%	0%
Balení	29%	43%	29%
Celý proces	22%	51%	27%

Tabulka č. 7 obsahuje soupis veškerých aktivit procesu k nimž je přiřazena kategorie na základě vztahu k tvorbě hodnoty. Tabulka č. 8 ukazuje podíl VA/NVA/RNVA u každého pracoviště a také jejich celkový podíl v procesu. Výsledkem je poměr 22 % aktivit s přidanou hodnotou, 51 % aktivit nepřidávajících hodnotu a 27 % nezbytných úkonů.

Tabulka č. 9: Rozložení hodnoty dle činností a jejich času trvání [11]

Pracoviště	Čas VA aktivit	Čas NVA aktivit	Čas RNVA aktivit
Příprava kontaktů	4,9	8,1	0,0
Manuální lis	1,3	4,0	6,1
Ohýbačka	17,0	3,5	4,9
Temovačka	2,0	3,4	1,5
Tester	12,5	9,0	0,0
Balení	3,6	4,5	15,8
Celý proces	41,4	32,4	28,3

\*Všechny uvedené časy jsou v sekundách

V tabulce č. 9 jsem dle vztahu aktivit k hodnotě přiřadil jejich časy trvání na příslušných pracovištích. Výsledným časem aktivit přidávajících hodnotu je 41,4 sekundy, doba provedení aktivit nepřidávajících hodnotu je 32,4 sekund a doba provádění nezbytných úkonů je 28,3 sekund z celkového procesního času 102,08 sekund získaného v předchozích kapitolách.

V průběhu vypracování této kapitoly vyšlo na povrch, že některé z aktivit nepřidávajících hodnotu souvisí s přesunem kusů k dalšímu pracovišti, nebo pohyby operátorů po lince. Podrobněji rozepsané jsou v tabulce č. 10. K usouzení závěru je však nutné provést ještě analýzu pracovní plochy.

Tabulka č. 10: Časy aktivit souvisejících s pohybem operátorů [11]

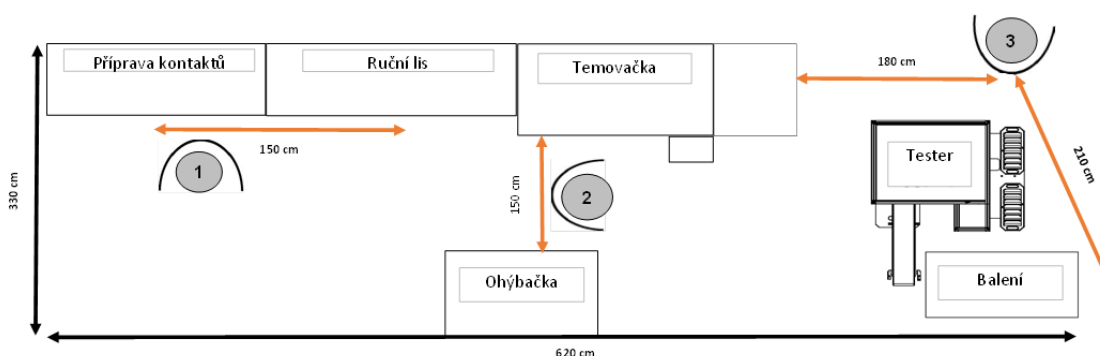
Pracoviště	Činnosti	Doba trvání (s)
Příprava kontaktů	Přejde k lisu	3,96
Ohýbačka	Otočí se k ohýbačce	1,33
Tester	Přesun kusů k testeru	5,46
Balení	Přesun k balení	2,95
	<b>Celkem</b>	<b>13,71</b>

Za zmínku stojí také některé RNVA aktivity. Zejména ty, které na pracovišti balení souvisí s kompletací kartonového obalového materiálu. Vybrané RNVA aktivity jsou zaznamenány v tabulce č. 11. Součet časů souvisejících s kompletací balné jednotky je roven 15,03 sekund na jeden vyrobený kus, což je značná část z doby trvání operace balení 23,89 sekundy.

Tabulka č. 11: Vybrané RNVA aktivity [11]

Pracoviště	Činnost	Vztah k hodnotě	Průměr měření (s)
Balení	Složí krabici	RNVA	10,15
Balení	zalepí krabici	RNVA	4,88
		<b>celkem</b>	<b>15,03</b>

### 2.5.3. Analýza pracovní plochy



Obrázek č. 9: Rozměry linky a pohybové vzdálenosti operátorů [11]

Obrázek č. 9 znázorňuje vzdálenosti související s layoutem a pohybem operátorů v průběhu obsluhy linky. Plocha linky je zobrazena pomocí černých šipek, její rozměry jsou 330 cm na 620 cm. To odpovídá celkové pracovní ploše **20,4 m<sup>2</sup>**, kterou se v návrhu řešení budu snažit zachovat, abych předešel komplikacím spojených s rozmístěním haly. Oranžové šipky znázorňují pohybové vzdálenosti na jednotlivých pracovištích, dále jsou rozepsány v tabulce č. 12.

Tabulka č. 12: Pohybové vzdálenosti dle operátorů a pracovišť [11]

Pracoviště	Činnosti	Pohybová vzdálenost (cm)	Doba trvání (s)	Operátor č.	Součet operátora
Příprava kontaktů	Přejde k lisu	150	3,96	1	3,96
Ohýbačka	Otočí se k ohýbačce	150	1,33	2	1,33
Tester	Přesun kusů k testeru	180	5,46	3	8,41
Balení	Přesun k balení	210	2,95	3	
<b>Celkem</b>		690	13,71		

V tabulce č. 12 je vidět porovnání pohybových vzdáleností s jejich procesními časy. Délka trvání činnosti „Přesun kusů k testeru“ není způsobena pouze pohybovou vzdáleností. Součástí tohoto kroku je přeskládání kusů do nosičů testeru, což má za následek výsledný čas.

K činnostem je následně přiřazen operátor, který ji obsluhuje a v posledním sloupci celkový čas, který musí operátor při vykonávání své části procesu strávit pohybem. V návrhu řešení se pokusím tyto problémy vyřešit pomocí úpravy layoutu.

#### **2.5.4. Shrnutí analytické části**

V analytické části práce jsem nejprve spočítal ukazatele, které odhalily, že ve výchozím stavu linka vyrábí přibližně 4x rychleji než je nutné pro pokrytí objednávek. Také ukazatel produktivity na operátora je více než čtyřikrát vyšší než požadovaný. Tato skutečnost odpovídá nastavení linky na větší objemy objednávek, pro zadané časové období však znamená neefektivní využívání zdrojů.

Další část byla věnována rozpadu objednávek do jednotlivých měsíců. Ani ve třetím měsíci, ve kterém jsou objednávky nejvyšší však nedosahuje požadovaný takt time ani 60 % propustnosti linky. V návrhu řešení se pokusím na tato zjištění reagovat snížením počtu obsluhujících operátorů, čímž by mělo dojít ke zvýšení takt time a úspoře nákladů na obsluhu linky a zároveň ke zvýšení produktivity na operátora.

Dále jsem se v analytické části zabýval zkoumáním tvorby hodnoty v procesu se zjištěním, že proces obsahuje 51 % NVA aktivit. Část z nich je způsobena pohybem operátorů po lince v průběhu provádění pracovní činnosti. Na řešení tohoto problému připravím návrh nového layoutu, kde se přeskupením pracovišť pokusím redukovat nutnost pohybu operátorů po lince.

Dalším nedostatkem, na který zhotovím návrh možného zlepšení je balná jednotka, jejíž skládání značným dílem přispívá celkovému času procesu, poté se zaměřím na cyklus čas strojů.

### **3. Vlastní návrhy řešení**

#### **3.1.Návrh řešení bez nutné investice**

Tato kapitola bude věnována návrhům linky nejprve s obsluhou jednoho operátora, poté s využitím dvou operátorů. Tyto varianty řešení jsem vybral z důvodu snahy o zvýšení takt time a možném vzniku úspory na nákladech na operátora. V podkapitole „Shrnutí návrhů bez nutné investice“ porovnám navržené modely se současným stavem a vyvodím vhodné řešení problému.

##### **3.1.1. Návrh vybalancování linky 1**

V prvním návrhu na vybalancování linky jsem zvolil variantu obsluhy jedním operátorem. V souladu se současným layoutem oproti měřenému nastavení obsluhy linky třemi operátory musí jeden operátor vykonat mnohem více přesunů k dokončení celého výrobního procesu, použiji proto koeficient 0,9, kterým vydělím všechny procesní časy operací ve snaze zmírnit odchylku. Ke koeficientu 0,9 jsem dospěl po rozhovoru s kolegou, z jehož odborného odhadu vyplynulo, že nadbytečný pohyb po lince způsobí úbytek účinnosti jeho práce o 10 %.

Tabulka č. 13: Procesní časy s přídavkem na jednoho operátora [11]

Pracoviště	Činnost	Průměr měření	Součet pracoviště	S přídavkem na jednoho operátora	Výsledný součet pracoviště
Příprava kontaktů	Připraví kazetku na stůl	1,23	13,02	1,37	14,47
Příprava kontaktů	Vezme kontakt z boxu	0,54		0,60	
Příprava kontaktů	Vloží kontakt 1	1,92		2,13	
Příprava kontaktů	Vezme kontakt z boxu	0,60		0,66	
Příprava kontaktů	Vloží kontakt 2	1,37		1,52	
Příprava kontaktů	Vezme kontakt z boxu	0,57		0,63	
Příprava kontaktů	Vloží kontakt 3	1,61		1,79	
Příprava kontaktů	Přesune kazetku k lisu	1,22		1,35	
Příprava kontaktů	Přejde k lisu	3,96		4,40	
Manuální lis	Vezme kazetku	0,74	11,37	0,82	12,63
Manuální lis	Vloží do lisu	2,18		2,42	
Manuální lis	Vezme kus	0,77		0,85	
Manuální lis	Vloží na vozík	2,91		3,23	
Manuální lis	Zajede do lisu	1,00		1,11	
Manuální lis	Zalisuje pákou lisu	1,32		1,47	
Manuální lis	Odloží kus na plato	1,31		1,46	
Manuální lis	Odloží kazetku k předchozímu pracovišti	1,15		1,28	
Ohýbačka	Vezme kus z plata	0,76	25,44	0,84	28,26
Ohýbačka	Otočí se k ohýbačce	1,33		1,48	
Ohýbačka	Otevře dvířka ohýbačky	1,23		1,36	
Ohýbačka	Vloží kus do ohýbačky	1,26		1,40	
Ohýbačka	Zavře dvířka	1,21		1,34	
Ohýbačka	Cyklus ohýbačky	17,00		18,89	
Ohýbačka	Otevře dvířka	1,22		1,35	
Ohýbačka	Vyndá hotový kus a položí na plato k temovačce	1,44		1,60	
Temovačka	Vezme kus z plata	0,74	6,90	0,82	7,67
Temovačka	Vloží na vozík temovačky	1,92		2,13	
Temovačka	Zajede do stroje	0,86		0,95	
Temovačka	Stiskne tlačítka	0,65		0,73	
Temovačka	Cyklus Temovačky	2,00		2,22	
Temovačka	Vyndá kus a položí na plato testeru	0,73		0,81	
Tester	Přesun kusů k testeru	5,46		21,47	
Tester	Vloží kusy do testeru	3,51	3,90		
Tester	Cyklus testeru	12,50	13,89		
Balení	Přesun k balení	2,95	23,89	3,28	26,55
Balení	Složí krabici	10,15		11,28	
Balení	odebere kus z dopravníku	1,51		1,67	
Balení	vloží do traye	2,58		2,86	
Balení	vloží tray do krabice	1,07		1,19	
Balení	zalepí krabici	4,88		5,42	
Balení	nalepí etiketu	0,76		0,85	
	*Všechny uvedené časy jsou v sekundách			102,08	
	Celkový procesní čas na 1ks				

Z tabulky č. 13 vyplývá, že procesní čas, který se v tomto případě rovná taktu linky vychází 113,43 sekund. Pomocí takt time lze nyní vypočítat hodinový výstup linky.

Výpočet hodinového výstupu jednoho operátora:

$$\text{Hodinový výstup jednoho operátora} = 3600/\text{takt linky}$$

(14)

$$\text{Hodinový výstup jednoho operátora} = 3600/113,43 = 32ks$$

(15)

Výpočtem bylo zjištěno, že hodinový výstup při obsluze linky jedním operátorem je 32 ks. Po vynásobení jedenácti pro získání počtu kusů vyrobených za směnu vychází číslo 352 ks. S pomocí této hodnoty vypočítám PPH, který bude sloužit jako ukazatel výkonnosti návrhu řešení.

Výpočet PPH jednoho operátora:

*PPH jednoho operátora*

$$= ((\text{Počet vyrobených kusů za směnu})/(\text{Časový fond směny})) \\ / \text{počet operátorů}$$

(16)

$$\text{PPH jednoho operátora} = (352/11)/1 = 32$$

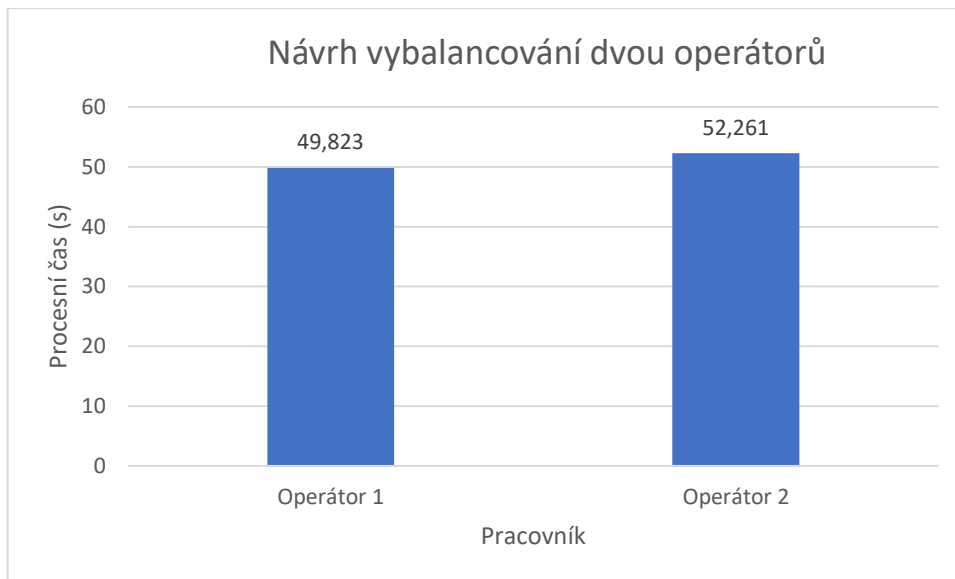
(17)

### **3.1.2. Návrh vybalancování linky 2**

Druhý návrh na řešení vybalancování linky zahrnuje využití dvou operátorů k obsluze procesu. Návrh rozdělení pracovních činností a procesní časy operátorů obsahuje v tabulka č. 14.

Tabulka č. 14: Návrh procesních časů dvou operátorů [11]

Pracoviště	Činnost	Operátor č.	Průměr měření	Součet operátora
Příprava kontaktů	Připraví kazetku na stůl	<b>1</b>	1,23	49,82
Příprava kontaktů	Vezme kontakt z boxu		0,54	
Příprava kontaktů	Vloží kontakt 1		1,92	
Příprava kontaktů	Vezme kontakt z boxu		0,60	
Příprava kontaktů	Vloží kontakt 2		1,37	
Příprava kontaktů	Vezme kontakt z boxu		0,57	
Příprava kontaktů	Vloží kontakt 3		1,61	
Příprava kontaktů	Přesune kazetku k lisu		1,22	
Příprava kontaktů	Přejde k lisu		3,96	
Manuální lis	Vezme kazetku		0,74	
Manuální lis	Vloží do lisu		2,18	
Manuální lis	Vezme kus		0,77	
Manuální lis	Vloží na vozík		2,91	
Manuální lis	Zajede do lisu		1,00	
Manuální lis	Zalisuje pákou lisu		1,32	
Manuální lis	Odloží kus na plato		1,31	
Manuální lis	Odloží kazetku k předchozímu pracovišti		1,15	
Ohýbačka	Vezme kus z plata		0,76	
Ohýbačka	Otočí se k ohýbačce		1,33	
Ohýbačka	Otevře dvířka ohýbačky		1,23	
Ohýbačka	Vloží kus do ohýbačky		1,26	
Ohýbačka	Zavře dvířka		1,21	
Ohýbačka	Cyklus ohýbačky		17,00	
Ohýbačka	Otevře dvířka		1,22	
Ohýbačka	Vyndá hotový kus a položí na plato k temovačce		1,44	
Temovačka	Vezme kus z plata		0,74	
Temovačka	Vloží na vozík temovačky		1,92	
Temovačka	Zajede do stroje		0,86	
Temovačka	Stiskne tlačítka		0,65	
Temovačka	Cyklus Temovačky		2,00	
Temovačka	Vyndá kus a položí na plato testeru		0,73	
Tester	Přesun kusů k testeru		5,46	
Tester	Vloží kusy do testeru	3,51		
Tester	Cyklus testeru	12,50		
Balení	Přesun k balení	2,95		
Balení	Složí krabici	10,15		
Balení	odebere kus z dopravníku	1,51		
Balení	vloží do traye	2,58		
Balení	vloží tray do krabice	1,07		
Balení	zalepí krabici	4,88		
Balení	nalepí etiketu	0,76		
*Všechny uvedené časy jsou v sekundách				



Graf č. 4: Návrh vybalancování dvou operátorů [11]

Z tabulky č. 14 lze vyčíst, že úzkým místem procesu při využití dvou operátorů je práce druhého operátora s procesním časem 52,26 sekundy. Na grafu č. 4, který znázorňuje rozložení práce mezi prvním a druhým operátorem je možné vidět, že rozdíl mezi dobou trvání práce prvního a druhého operátora je menší než tři sekundy. S ohledem na výchozí stav procesu se jedná o významné zlepšení a lze konstatovat, že při zvolení tohoto řešení je vybalancování linky téměř ideální a práce do jisté míry probíhá konzistentně.

Hodnota trvání práce druhého operátora určuje propustnost linky a je možné ji proto označit za takt time, pomocí něž vypočítám hodinový výstup tohoto nastavení linky.

Výpočet hodinového výstupu dvou operátorů:

$$\text{Hodinový výstup dvou operátorů} = 3600 / \text{takt time}$$

(18)

$$\text{Hodinový výstup dvou operátorů} = 3600 / 52,26 = 69 \text{ ks}$$

(19)

Výsledný hodinový výstup navrhovaného řešení s využitím práce dvou operátorů vychází 69ks. Po vynásobení časovým fondem směny, který je v tomto případě 11 hodin vyjde

hodnota 759 ks, což se rovná výstupu linky za směnu. Zbývá pouze dopočítat PPH této varianty řešení.

Výpočet PPH dvou operátorů:

*PPH dvou operátorů*

$$= ((\text{Počet vyrobených kusů za směnu}) / (\text{Časový fond směny})) \\ / \text{počet operátorů}$$

(20)

$$\text{PPH dvou operátorů} = (759/11)/2 = 34,5$$

(21)

### **3.1.3. Shrnutí návrhů bez nutné investice**

Pro shrnutí návrhů řešení bez nutné investice se musím nejprve vrátit k analýze objednávek zákazníků a posoudit možnosti jejich využití. Prioritou je využití nejmenšího možného počtu operátorů, protože „volní“ operátoři mohou být využiti na jiném pracovišti. Vodítkem je takt time 113,43 sekund, což je takt time varianty využití jednoho operátora. V porovnání s požadovaným takt time dle měsíce je možné zhodnotit, zda jeden operátor zvládne pokrýt požadavky zákazníka. Tabulka č. 15 obsahuje model řešení.

Tabulka č. 15: Model řešení [11]

Měsíc č.	Objednané množství (ks)	Požadovaný takt (s)	Vhodné řešení
M1	19535	113,5	1 op
M2	28795	77,0	2 op
M3	30775	72,1	2 op
M4	16075	138,0	1 op
M5	10410	213,0	1 op
M6	8105	273,6	1 op
M7	14030	158,1	1 op
M8	4110	539,6	1 op
M9	11285	196,5	1 op
M10	7005	316,6	1 op
M11	10405	213,1	1 op
M12	8950	247,8	1 op
M13	9945	223,0	1 op
M14	10410	213,0	1 op
M15	10280	215,7	1 op
M16	15195	145,9	1 op
M17	12895	172,0	1 op
M18	10210	217,2	1 op
M19	15440	143,6	1 op
M20	11355	195,3	1 op
M21	10630	208,6	1 op
M22	12710	174,5	1 op
M23	12615	175,8	1 op
M24	10595	209,3	1 op
M25	16840	131,7	1 op
M26	12160	182,4	1 op
M27	11670	190,0	1 op
M28	12720	174,3	1 op
M29	13665	162,3	1 op
M30	11390	194,7	1 op
M31	14540	152,5	1 op
M32	11355	195,3	1 op
M33	11530	192,3	1 op
M34	10620	208,8	1 op
M35	8380	264,6	1 op

Z tabulky č. 15 vyplývá, že k pokrytí zákaznických požadavků ve většině případů stačí využít k obsluze linky jednoho operátora. Pouze v případě druhého a třetího měsíce by jeden operátor nevládl vyrábět dostatečnou rychlostí a je nutné do procesu zapojit dva operátory. V tabulce č. 16 prezentuji porovnání měřitelných výkonnostních ukazatelů jednotlivých nastavení linky.

Tabulka č. 16: Porovnání ukazatelů 2 [11]

Varianta	Požadované	Současné	Návrh 1	Návrh 2
Počet OP	-	3	1	2
Takt (s)	173,8	45,4	113,43	52,26
ks/hod	21	80	32	69
ks/směna	231	880	352	759
PPH	7	26,67	32	34,5

Tabulka č. 17: Zlepšení produktivity dle PPH [11]

	Výchozí stav	Návrh 1	Návrh 2
PPH	26,67	32	34,5
Zlepšení	-	17 %	23 %

Tabulka č. 17 zobrazuje porovnání PPH navrhovaných variant s výchozím stavem procesu. Při použití jednoho operátora se jedná o nárůst produktivity linky na 1 operátora o 17 %, v případě varianty řešení s použitím dvou operátorů o 23 %.

### 3.1.4. Ekonomické zhodnocení

K posouzení výsledného ekonomického přínosu použiji dle interního požadavku úsporu na ceně práce operátorů. Dle interních informací se celkové náklady na hodinu práce operátora rovnají 350 Kč. Nejdříve vyčísím cenu výroby celé zakázky za zkoumané období ve výchozím nastavení procesu. Poté provedu stejný postup pro navrhované řešení.

### 3.1.4.1. Ekonomické zhodnocení výchozího stavu procesu

Tabulka č. 18 obsahuje potřebný čas k dokončení objednávky ve výchozím stavu procesu, který je vypočítán podle následujícího vzorce:

*Čas potřebný na výrobu objednávky*

$$= (\text{počet objednaných kusů} * \text{takt time}) / 3600 (\text{převod na hodiny})$$

(22)

Výsledná cena výroby objednávky byla vypočítána jako:

*Výsledná cena výroby objednávky*

$$= \text{Čas potřebný na výrobu objednávky}$$

$$* \text{náklady na hodinu práce operátora} * \text{počet operátorů}$$

(23)

Tabulka č. 18: Cena výroby ve výchozím stavu procesu [11]

Měsíc č.	Objednané množství (ks)	Čas potřebný k dokončení objednávky (h)	Cena výroby objednávky (kč)
M1	19535	246,4	258676
M2	28795	363,1	381294
M3	30775	388,1	407512
M4	16075	202,7	212860
M5	10410	131,3	137846
M6	8105	102,2	107324
M7	14030	176,9	185781
M8	4110	51,8	54423
M9	11285	142,3	149432
M10	7005	88,3	92758
M11	10405	131,2	137780
M12	8950	112,9	118513
M13	9945	125,4	131688
M14	10410	131,3	137846
M15	10280	129,6	136124
M16	15195	191,6	201207
M17	12895	162,6	170751
M18	10210	128,8	135197
M19	15440	194,7	204451
M20	11355	143,2	150359
M21	10630	134,1	140759
M22	12710	160,3	168302
M23	12615	159,1	167044
M24	10595	133,6	140295
M25	16840	212,4	222990
M26	12160	153,4	161019
M27	11670	147,2	154530
M28	12720	160,4	168434
M29	13665	172,3	180947
M30	11390	143,6	150823
M31	14540	183,4	192534
M32	11355	143,2	150359
M33	11530	145,4	152676
M34	10620	133,9	140627
M35	8380	105,7	110965
		<b>5632,5</b>	<b>5914126</b>

Výsledný čas potřebný na pokrytí objednávky na období 35 měsíců je 5632,5 hodiny. Při hodinových nákladech 350 Kč na operátora je výsledná cena výroby celé objednávky 5 914 126 Kč.

#### 3.1.4.2. Ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení

Stejným postupem jako v případě výpočtu ekonomického zhodnocení výchozího stavu procesu dosáhnou hodnot pro navrhované řešení. Výpočet vychází z tabulky č. 15.

Tabulka č. 19: Cena výroby při užití navrhovaného řešení [11]

Měsíc č.	Objednané množství (ks)	Čas potřebný k dokončení objednávky (h)	Cena výroby objednávky (kč)
M1	19535	615,5	215430
M2	28795	418,0	292605
M3	30775	446,8	312725
M4	16075	506,5	177274
M5	10410	328,0	114801
M6	8105	255,4	89381
M7	14030	442,1	154722
M8	4110	129,5	45325
M9	11285	355,6	124450
M10	7005	220,7	77251
M11	10405	327,8	114745
M12	8950	282,0	98700
M13	9945	313,4	109673
M14	10410	328,0	114801
M15	10280	323,9	113367
M16	15195	478,8	167569
M17	12895	406,3	142205
M18	10210	321,7	112595
M19	15440	486,5	170271
M20	11355	357,8	125222
M21	10630	334,9	117227
M22	12710	400,5	140165
M23	12615	397,5	139117
M24	10595	333,8	116841
M25	16840	530,6	185710
M26	12160	383,1	134099
M27	11670	367,7	128696
M28	12720	400,8	140275
M29	13665	430,6	150696
M30	11390	358,9	125608
M31	14540	458,1	160346
M32	11355	357,8	125222
M33	11530	363,3	127152
M34	10620	334,6	117116
M35	8380	264,0	92414
		<b>13060,4</b>	<b>4873796</b>

Z tabulky č. 19 vyplývá, že při užití navrhovaného řešení bude výroba objednávky na období 35 měsíců trvat 13060,4 hodiny a výsledná cena práce na vyrobení celé objednávky je 4 873 796 Kč.

### 3.1.4.3. Shrnutí ekonomického zhodnocení

Závěrečné porovnání ceny výroby objednávky je obsaženo v tabulce č. 20. Navrhované řešení je při vyčíslení ceny výroby objednávky na hodinové náklady na operátora o 1 040 330 Kč levnější. Tato hodnota je rovna peněžní úspoře 18 % za dané období.

Tabulka č. 20: Porovnání ceny výroby objednávky [11]

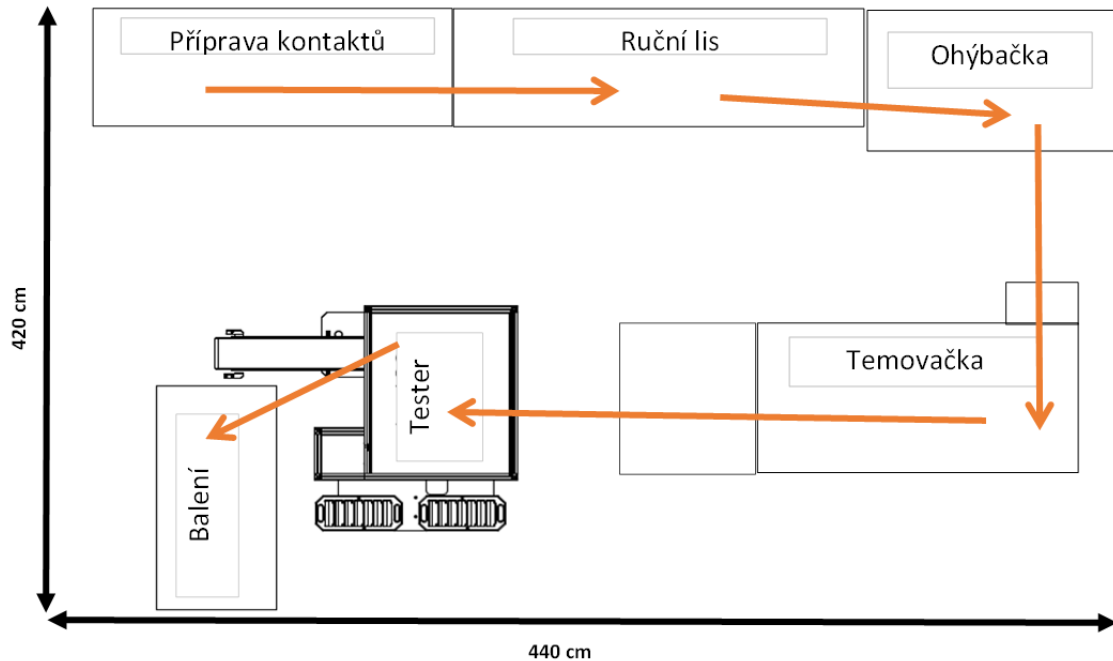
Varianta	Cena výroby objednávky (Kč)
Výchozí stav procesu	5914126
Navrhované řešení	4873796
Rozdíl	1040330

## 3.2. Návrh řešení s nutnou investicí

Pro pochopení rozdělení návrhů řešení je nutné si uvědomit, že na problém je nahlíženo z pohledu procesního inženýra ve velké korporaci. S tím souvisí skutečnost, že pravomoci a přístup k některým datům jsou omezeny. Následující návrhy řešení jsou spojené s nutností investice, komunikace s jinými odděleními či závody, nebo musí nejprve projít schvalovacím procesem dle standardů firmy, proto je není možné hned implementovat a představují pouze doporučení na další možné zlepšení zkoumaného procesu pro management. Ze své pozice také nemám přístup ke všem potřebným datům pro ekonomické vyhodnocení těchto návrhů.

### 3.2.1. Návrh na změnu layoutu

Z analytické části práce vyplývá, že současná podoba layoutu vytváří nutnost přesunů rozpracovaných kusů a operátorů po lince. Zhotovil jsem tedy návrh layoutu, kde jsou pracoviště srovnána ve tvaru písmene „U“, která by měla minimalizovat přesunové vzdálenosti a obzvláště při obsluze linky jedním operátorem zrychlit takt výroby.



Obrázek č. 10: Návrh layoutu [11]

Na obrázku č. 10 je zobrazen návrh na změnu layoutu. Oranžové šipky znázorňují směr toku materiálu. Rozměr linky 420 cm je složen z 90 cm širokého stolu, 150 cm mezerou mezi stolem a hranou testeru, 180 cm od hrany testeru po hranu pracoviště balení. Druhý rozměr 440 cm je dán součtem délek stolů pracovišť „příprava kontaktů“, „ruční lis“ a „ohýbačky“. Výsledná plocha layoutu tedy vychází na 18,48 m<sup>2</sup>, což je o necelých 10 % méně než původních 20,4 m<sup>2</sup>. K implementování by bylo nutné projednat technologickou proveditelnost tohoto postavení strojů a také ergonomii, aby nedocházelo k nerovnoměrnému zatěžování operátorů.

### 3.2.2. Návrh na změnu obalové jednotky

Ve výchozím stavu procesu jsou hotové výrobky balené do trayů po 6ks, které jsou poté po 5 ks na sebe skládány do kartonové krabice. V kapitole Analýza hodnoty v procesu jsem dospěl k zjištění, že skládání kartonové krabice se významnou částí podílí na celkovém čase pracoviště. Řešení by mohla představovat změna balné jednotky na plastové KLT, které se ve firmě běžně využívá.

Je ale nutné vzít v potaz, že výrobek, který je výstupem ze zkoumané linky není konečný výrobek, neboť pokračuje na jiné oddělení, kde jsou montovány další komponenty. Pro implementaci tohoto návrhu by bylo proto nutné projednat s managementem navazujícího

oddělení důvody zvolení kartonu jako obalové jednotky, případně prostudovat interní balící specifikace.

### **3.2.3. Cyklus časy strojů**

V předchozích částech práce bylo zjištěno, že z hlediska procesu je neuzšíím místem linky pracoviště ohýbání, kde strojní cyklus ohýbačky dosahuje délky 17 sekund z celkových 25,44 sekund. Pro další zrychlení procesu by proto bylo dobré zaměřit se na program tohoto stroje a zjistit, jestli by mohl vyrábět rychleji. Znalost programu strojů však není v mé kompetenci, bylo by proto nutné se spojit se seřizovači a tuto práci jim zadat. Podobně by šlo postupovat také v případě el. testeru, jehož cyklus čas je 12,5 sekundy na jeden vyrobený kus.

## Závěr

Primárním cílem této práce bylo vytvoření návrhu na zlepšení produktivity linky, která je součástí výroby konektoru v souladu s předpovědí objednávek ve firmě TE Connectivity Czech s.r.o. Sekundárním cílem práce bylo nalézt další nedostatky tohoto procesu a vypracovat návrhy řešení.

V teoretické části bakalářské práce jsem se zabýval definicí procesu, způsoby sběru dat o procesu a vybraným metodám jejich zlepšování, zvyšování efektivity, kvality a zároveň snižování nákladů.

V analytické části byla nejprve přestavena dříve zmíněná firma a produkt, na jehož výrobě se zkoumaný proces podílí. Poté byl definován proces, jeho vstupy a výstupy, popsáno současné rozložení pracoviště a byl vypočítán požadavek zákazníka z předpovědí objednávek. Následně proběhlo měření, z něhož vyplynuly průměrné časy trvání jednotlivých aktivit procesu a údaje o současné produktivitě a vybalancování linky. V další části této kapitoly byly vypočítány ukazatele produktivity linky, ze kterých bylo patrné, že v současném stavu linka vyrábí několikanásobně rychleji, než zákazník požaduje. V důsledku toho byly poté podrobně rozebrány objednávky, byla provedena analýza hodnoty v procesu a analýza pracovní plochy, z nichž vyplynuly nedostatky současného stavu procesu.

Návrhová část byla rozdělena do dvou částí. První z nich je návrh zlepšení bez nutné investice, která byla zaměřena na vybalancování linky a volbu ideálního počtu operátorů pro plnění zákaznických požadavků s cílem co nejnižších nákladů na výrobu. Návrh zlepšení s nutnou investicí se týkal změn layoutu a rozložení pracoviště se snahou redukovat vybrané aktivity nepřidávající hodnotu.

Jako návrh zlepšení bez nutné investice byly představeny návrhy na vybalancování linky s použitím jednoho a dvou operátorů. V případě využití jednoho operátora se podařilo dosáhnout zlepšení produktivity dle PPH o 17 %, u návrhu řešení s dvěma operátory o 23 %. Tyto návrhy byly porovnány s výsledky analýzy objednávek s výsledkem, že k pokrytí zákaznických objednávek stačí, s výjimkou dvou měsíců jeden operátor. Na základě těchto skutečností byl vytvořen model řešení, podle nějž bylo vypočítáno ekonomické zhodnocení navrhovaného řešení. Výsledná úspora nákladů na práci operátorů vyšla za dané období 1040330 Kč.

Do návrhů řešení s nutnou investicí byl zahrnut návrh nového layoutu, ve kterém byly pracovní pozice přeskupeny do tvaru „U“ s cílem redukovat vzdálenost nutnou k obsluze linky. Dalším návrhem řešení byla změna balné jednotky z kartonu na KLT, která by vedla k výraznému snížení procesního času pracoviště balení. Poslední návrh řešení se týkal cyklus času strojů, které ze jména na pracovišti ohýbačky představovali více než polovinu doby trvání pracoviště.

Tyto návrhy by vyžadovaly k implementaci posouzení technologické proveditelnosti, investici, nebo komunikaci s dalšími odděleními. Slouží proto jako podklady pro rozhodování managementu.

Na základě výsledků lze konstatovat, že bylo dosaženo primárního i sekundárního cíle práce.

## Seznam použité literatury

- [1] SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 2011, 223 s. ISBN 978-80-247-3938-0.
- [2] Six Sigma. Lean Six Sigma; *Vyšší kvalita, výkonnost a zákaznická spokojenost* [online]. [cit. 2022-12-21]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/six-sigma/>
- [3] KERBER, Bill a DRECKSHAGE, Brian. 2011. *Lean supply chain management essentials: A Framework for Materials Managers*. Boca Raton: Taylor & Francis Group, 2011. ISBN 978-1-4398-4082-5.
- [4] Six Sigma. Lean Six Sigma; *Vyšší kvalita, výkonnost a zákaznická spokojenost* [online]. [cit. 2022-12-21]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/lean/>
- [5] DLABAČ, Jaroslav. *Analýza a měření práce* [online]. API – Akademie produktivity a inovací, 29.10.2015 [cit. 2023-01-25]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>
- [6] KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 2006. Management studium. ISBN 80-86851-38-9.
- [7] Achieving one-piece flow. *Reliable Plant* [online]. Copyright © 2023 Noria Corporation [cit. 26.01.2023]. Dostupné z: <https://www.reliableplant.com/Read/14703/one-piece-flow>
- [8] Reference *IZOKRAT, spol. s.r.o.* [online]. [cit. 13.3.2023]. Dostupný z: <https://www.izokrat.cz/reference/>
- [9] Revenue *Macrotrends* [online]. [cit. 2023-04-07]. Dostupné z: <https://www.macrotrends.net/stocks/charts/TEL/te-connectivity/revenue>
- [10] Interní zdroje
- [11] Vlastní zpracování

## Seznam použitých obrázků

Obrázek č. 1: Lean metodika zavedení Lean principů do procesu [4] .....	16
Obrázek č. 2: vymezení Six Sigma procesu [2].....	20
Obrázek č. 3: Základní cyklus DMAIC [1] .....	24
Obrázek č. 4: Tok jednoho kusu – buňkový layout [7].....	27
Obrázek č. 5: Závod TE Connectivity Kuřim [8] .....	28
Obrázek č. 6: 111pol TAB header [10] .....	30
Obrázek č. 7: Rozmístění pracoviště [11].....	33
Obrázek č. 8: Měření pracoviště [11].....	41
Obrázek č. 9: Rozměry linky a pohybové vzdálenosti operátorů [11] .....	50
Obrázek č. 10: Návrh layoutu [11] .....	64

## Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Poměr úrovně sigma, DPMO a efektivity procesu [2].....	21
Tabulka č. 2: Výchozí procesní časy činností [11] .....	37
Tabulka č. 3: Výchozí procesní časy operátorů [11].....	39
Tabulka č. 4: Naměřené vzdálenosti [11].....	41
Tabulka č. 5: Porovnání ukazatelů 1 [11] .....	43
Tabulka č. 6: Rozbor objednávek [11] .....	44
Tabulka č. 7: Hodnota v procesu [11] .....	47
Tabulka č. 8: Rozložení hodnoty dle činností [11] .....	48
Tabulka č. 9: Rozložení hodnoty dle činností a jejich času trvání [11] .....	48
Tabulka č. 10: Časy aktivit souvisejících s pohybem operátorů [11] .....	49
Tabulka č. 11: Vybrané RNVA aktivity [11] .....	49
Tabulka č. 12: Pohybové vzdálenosti dle operátorů a pracovišť [11].....	50
Tabulka č. 13: Procesní časy s přídavkem na jednoho operátora [11].....	53
Tabulka č. 14: Návrh procesních časů dvou operátorů [11] .....	55
Tabulka č. 15: Model řešení [11] .....	58
Tabulka č. 16: Porovnání ukazatelů 2 [11] .....	59
Tabulka č. 17: Zlepšení produktivity dle PPH [11] .....	59
Tabulka č. 18: Cena výroby ve výchozím stavu procesu [11] .....	61
Tabulka č. 19: Cena výroby při užití navrhovaného řešení [11].....	62
Tabulka č. 20: Porovnání ceny výroby objednávky [11] .....	63

## Seznam grafů

Graf č. 1: Změřené procesní časy pracovišť [11].....	38
Graf č. 2: Výchozí vybalancování linky [11].....	40
Graf č. 3: Časová řada požadovaného taktu zákazníka [11].....	44
Graf č. 4: Návrh vybalancování dvou operátorů [11] .....	56

## **Seznam zkratek**

ERP – enterprise resource planning

DPMO – defects per million opportunities

FMEA – failure mode and effects analysis

MTM – methods time measurement

MOST – maynard operation sequence technique

STEM – středisko empirických výzkumů

PPH – parts per person per hour

VA – value added

NVA – non-value added

RNVA – required-non value added

OP - operátor