



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

ZAVEDENÍ ŠTÍHLÉ VÝROBY DO STROJÍRENSKÉHO PODNIKU

THE INTRODUCTION OF LEAN MANUFACTURING INTO AN ENGINEERING COMPANY

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Vojtěch Procházka

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Aleš Jaroš, Ph.D.

BRNO 2019

Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Student:	Bc. Vojtěch Procházka
Studijní program:	Strojní inženýrství
Studijní obor:	Strojírenská technologie a průmyslový management
Vedoucí práce:	Ing. Aleš Jaroš, Ph.D.
Akademický rok:	2018/19

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č. 111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Zavedení štihlé výroby do strojírenského podniku

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Diplomová práce je rozdělena na teoretickou a praktickou část. V teoretické části je charakterizována štihlá výroba a jsou popsány jednotlivé metody štihlé výroby se zaměřením na metodu Lean six sigma. Nosnou částí práce je analýza současného stavu montáže konektorů kabelových svazků a následná optimalizace. Součástí práce je technicko-ekonomické zhodnocení.

Cíle diplomové práce:

1. Charakteristika štihlé výroby.
2. Metody štihlé výroby.
3. Analýza současného stavu montáže konektorů ve výrobním podniku.
4. Úprava montáže pro zvýšení výroby konektorů kabelových svazků.
5. Technicko-ekonomické zhodnocení.

Seznam doporučené literatury:

JUROVÁ, M. Production Management, Brno:VUT 2006, 196 s. ISBN 80-214-2359-5.

KAVAN, M. Výrobní a provozní management. 1.vyd.Praha: Grada Publishing 2002. 424 s. ISBN 80-247-4099-5.

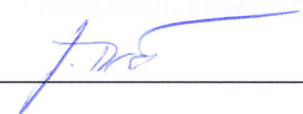
IMAI, M. Kaizen: metoda, jak zavést úspěšnější a flexibilnější výrobu v podniku. 1. vyd. Brno: Computer Press, 2007. ISBN 978-80-251-1621-0.

TOMEK, G. a V. VÁVROVÁ. Řízení výroby a nákup. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2007. ISBN 978-80-247-1479-0.

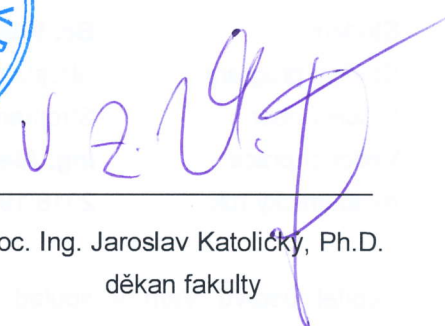
Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19.

V Brně, dne 31. 10. 2018





prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu



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

ABSTRAKT

Práce se zabývá zavedením štihle výroby prostřednictvím metody Lean Six Sigma do strojírenského podniku vyrábějícího kabelové svazky pro automobilový průmysl, převážně pro nákladní vozidla. Cílem projektu je zvýšení výrobní kapacity o 25 %, snížení zmetkovitosti na 3 % a návrh nového layoutu výrobních prostor. Rozpočet tohoto projektu činí 3 milióny korun. K zeštíhlení výroby došlo pomoci metodiky 5S. Aby byly splněny cíle, musely se koupit tři nové stroje. Provedené kroky vedly k úspoře 64 Kč na jednom kusu, což znamená návratnost investice přibližně za 8 měsíců.

Klíčová slova

štíhlá výroba, Lean Six Sigma, kabelový svazek, layout

ABSTRACT

The diploma thesis is focused on implementation of lean production through using Lean Six Sigma method into an engineering company, producing cable harnesses for the automotive industry, mainly for trucks. The aim of the project is to increase production capacity by 25 %, reduce wastage rate to 3 % and design a new layout of production areas. The budget of this project is 3 million CZK. The production was slimmed down using the 5S methodology. To meet the aim of the project, three new machines had to be bought. The steps have resulted in a saving of 64 CZK per piece, which means a return on investment in about 8 months.

Key words

lean production, Lean Six Sigma, cable harnesses, layout

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PROCHÁZKA, Vojtěch. *Zavedení štihle výroby do strojírenského podniku*. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/117502>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce Aleš Jaroš.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma **Zavedení štihlé výroby do strojírenského podniku** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

.....
Datum

.....
Bc. Vojtěch Procházka

PODĚKOVÁNÍ

Tímto děkuji panu Ing. Aleš Jaroš, Ph.D. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování diplomové práce. Dále bych rád poděkoval své rodině za podporu a pomoc.

OBSAH

ABSTRAKT	3
PROHLÁŠENÍ.....	4
PODĚKOVÁNÍ.....	5
OBSAH.....	6
ÚVOD.....	9
1 LEAN SIX SIGMA	10
1.1 Lean	11
1.2 Six Sigma.....	12
1.2.1 Termín „Sigma“	12
1.2.2 Úrovně „sigma“	13
2 DŮLEŽITÉ POJMY A HLAVNÍ ZÁKONY	15
2.1 Klíčové termíny	15
2.1.1 Průběžná doba (Lead time) a rychlost procesu	15
2.1.2 WIP (Work-in-Process, tedy rozpracovanost v procesu).....	15
2.1.3 Zpoždění/čas ve frontě.....	16
2.1.4 Práce s a bez přidané hodnoty.....	16
2.1.5 Složitost	16
2.1.6 Účinnost procesu.....	16
2.2 Zákony Lean Six Sigma.....	16
3 DMAIC	17
3.1 Define – definovat	18
3.1.1 Výběr projektu	18
3.1.2 Výběr týmu	19
3.1.3 Hlas zákazníka	20
3.1.4 SIPOC	21
3.2 Measure – měřit	22
3.2.1 Mapování procesu.....	22
3.2.2 Plán sběru dat.....	22
3.2.3 Analýza systému měření	23
3.2.4 Interpretace dat	24
3.2.5 Způsobilost procesu	25
3.3 Analyze – analyzovat.....	26
3.3.1 Analýza příčin.....	26
3.3.2 Analýza dat	28

3.4 Improve – zlepšit	29
3.4.1 5S	29
3.4.2 Poka-Yoke	31
3.4.3 Obecný systém tahu	32
3.4.4 Vizuální řízení.....	32
3.4.5 Metoda čtyř kroků.....	33
3.5 Control – řídit	34
3.5.1 Udržitelnost zlepšeného stavu a standardizace	34
4 PŘEDSTAVENÍ FIRMY A VÝROBKU.....	35
4.1 Profil firmy	35
4.3 Popis výrobního postupu	36
4.4 Popis pracoviště	37
5 PRAKTICKÁ ČÁST DMAIC CYKLU	38
5.1 Definovat – praktická část	38
5.1.1 Výběr projektu	38
5.1.2 SIPOC	38
5.1.3 Hlas zákazníka	40
5.2 Měření – praktická část.....	40
5.2.1 Mapování procesu.....	40
5.2.2 Plán sběru dat.....	41
5.2.3 Zachycení naměřených časů	42
5.2.4 Způsobilost procesu	43
5.2.5 Odhalené chyby při kontrole.....	44
5.3 Analyzování – praktická část.....	44
5.3.1 Diagram příčin a následků	44
5.3.2 Testování hypotéz	47
5.4 Zlepšit – praktická část	48
5.4.1 5S	48
5.4.2 Návrh zlepšení	51
5.4.3 Návrh nového plánu pracoviště	54
5.5 Řídit – praktická část	55
5.5.1 Kontrolní plán.....	55
5.5.2 Porovnání původních a nových výrobních časů	56
6 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	57
ZÁVĚR	59

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	60
SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	63
SEZNAM PŘÍLOH.....	64

ÚVOD

Moderní zákazník klade na výrobky vysoké nároky v mnoha ohledech, ať už se jedná o kvalitu, funkčnost nebo design, přičemž je ochotný za výrobek zaplatit jen určitou cenu. To přináší pro výrobce nelehkou situaci, jelikož se musí snažit vyhovět přání zákazníků, ale také musí obstát v náročném konkurenčním prostředí ostatních firem na trhu. Je tedy nutné neustále pracovat na vývoji a sledovat nové trendy nejen v oblasti výrobků, ale také hlavně v samotné výrobě, aby výrobce nezačal zaostávat za konkurencí.

Aby byla výroba co nejefektivnější, zavádí podniky tzv. štíhlé výroby. Jejich pomocí dosahují efektivnější výroby, z čehož plyne nárůst kvality, vyráběného množství za stejný čas, omezení plýtvání a další výhody. To má za následek snížení nákladů na výrobu, tedy zvýšení zisku. Na počátku se jednalo o záležitost velkosériových výrob, kde došlo k největšímu zefektivnění a úsporám. Postupně však tento systém začal pronikat i do středních podniků, až kusových výrob, kde také našel své opodstatnění.

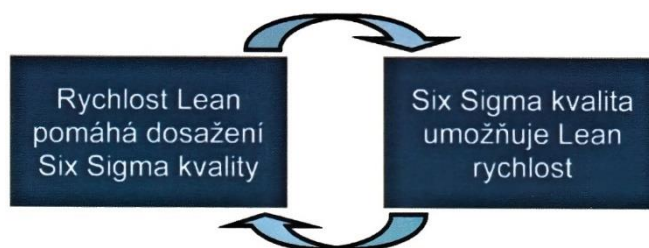
Existuje několik přístupů, jak zeštíhlit výrobu, avšak nejde říct, že jeden by byl lepší než druhý, protože každý podnik je jedinečný, má různé požadavky a také různé možnosti. Na počátku je tedy velmi důležité zvážit čeho má být dosaženo a rozhodnout se pro tu nejvhodnější z metod, která bude zaváděna. Samotné zavádění systému není nikterak rychlá záležitost, trvá měsíce, klidně i více než rok. Nejedná se ani o jednorázovou záležitost, je nutné, aby probíhalo neustále zlepšování s hledáním nových možností, jak docílit ještě lepších výsledků.

Průkopníkem v této oblasti byla automobilka Toyota, která vytvořila systém výroby TPS (Toyota Production Systém), s kterým přišla již v době po druhé světové válce. Zatím co ostatní automobilky se soustředily na velký rozsah výroby, aby vyrobily velké množství levných dílů na obrovských zařízeních, čímž dosáhly úspor a následně zisku. Toyota se vydala jinou cestou, soustředila se převážně na pružnost výrobních linek. To jí přineslo zkrácení průběhové doby, dokázala lépe využít prostor a samotná zařízení a výrobky dosahovaly vyšší jakosti [1].

Výhod, které přináší zavedení štíhlé výroby, si je dobře vědoma i strojírenská firma, která se zabývá výrobou elektrických kabelů, kabelových svazků a přípojek pro užitková vozidla. Rozhodla se tedy aplikovat do svého podniku metodiku Lean Six Sigma, na kterou se zaměřuje další část diplomové práce.

1 LEAN SIX SIGMA

Nástroj Lean Six Sigma byl vytvořen pro zlepšení výrobních i administrativních procesů. Vznikl sloučením dvou různých přístupů Lean (štíhlost) a Six Sigma, což mělo za následek synergický efekt, který umožňuje dosáhnout daných cílů se spoustou výhod a v kratším čase, což vede k maximalizaci dosažených výsledků. Spojení přístupů, které se prolínají a vzájemně doplňují přineslo také to, že je možné metodiku použít na větší spektrum situací a problému. V praxi se nejdříve doporučuje aplikovat přístup Lean, čímž dojde k zamezení hlavního plýtvání, což dále umožní metodice Six Sigma vidět skutečné jádro, kde dochází k problémům [2].



Obr. 1 Doplnování se dvou přístupů [3].

Lean Six Sigma má za úkol primárně zvýšit výnosy snížením plýtvání, variability a množství chyb v každém procesu, jenž je spojen s výrobkem nebo i službou. Přináší nástroje, díky kterým se zvedne morálka zaměstnanců, zvýší se kvalita produktu a s tím spojené uspokojení zákazníka. Jedná se o ukázněný na datech založený přístup, jež se opírá o fakta, a ne žádné domněnky nebo pouhé odhady. Na obrázku číslo 2 jsou graficky znázorněné hlavní vlastnosti, které tvoří Lean Six Sigma [2].

Metodu je možné chápat dvěma způsoby, a to jako filosofií, která vnímá potřeby zákazníka a zabývá se zlepšováním procesů založených na datech. Druhý přístup je metodika, která má strukturovaný plán, jak se vypořádat s problémy pomocí různých metod a nástrojů [4].



Obr. 2 Lean Six Sigma [3]

1.1 Lean

Lean je metoda, která se soustředí na flexibilnější a rychlejší procesy a také se z nich snaží odstranit plýtvání. Za proces se považuje sled činností, které přetváří vstupy na výstupy prostřednictvím lidských, finančních, hmotných a informačních zdrojů. Skládá se z několika postupů, návodů a doporučení, jak by se mělo postupovat. Důležité je navrhnout takový proces, v kterém nebude hrát důležitou roli lidský faktor. Zásoby by měly být ideálně velké, aby nezabíraly velké skladovací prostory a nebylo v nich uloženo zbytečné množství financí, ale současně, aby bylo možné vykrýt drobné výpadky ze strany dodavatelů. Metoda Lean má určité principy a pravidla, která by se měly dodržovat, jak je naznačeno na následujícím obrázku, proces běží neustále dokola, kdy v každém dalším kole řeší menší nedokonalosti nebo nově nastalé problémy [3, 4].

Lean principy [2]:

- Identifikace hodnoty – specifikování hodnoty, která je pro koncového zákazníka rozhodující.
- Zmapování hodnotového proudu – identifikace hodnotového toku produktu, eliminace kroku, které nepřidávají žádnou přidanou hodnotu.
- Vytvoření toku – zavést tok dokumentů, informací a lidí v procesu.
- Zajistit systém tahu – dodávat dle potřeb zákazníka co, kdy a jak si přeje.
- Hledání dokonalosti – neustále hledat slabá místa a možnosti zlepšení.

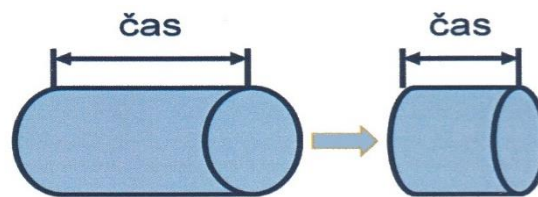


Obr. 3 Lean principy [5].

Hlavní druhy plýtvání jsou [4]:

- Defekty – vadné výrobky, špatné informace.
- Nadměrné zásoby – špatně využitý prostor, uložení kapitálu.

- Nadprodukce – výroba na sklad.
- Čekání – nedochvilnost, zdržování dokumentů, práce v dávkách.
- Doprava – zbytečně dlouhá přeprava výrobků, dokumentů apod.
- Zbytečné pohyby a zpracování – hledání, zbytečné papírování, duplicity, nadbytečná kontrola nebo schvalování.
- Velká rozpracovanost – materiál je zasekaný ve výrobním cyklu.



Obr. 4 Časová úspora [2].

1.2 Six Sigma

Six Sigma byla vyvinutá v 80. letech minulého století společností Motorola, konkrétně je spjatá se spoluvůrcem Billem Smithem. Dává společností jakýsi návod, jak se vyvarovat chybám a eliminovat neshodné kusy ve svých procesech (od přijetí objednávky až po expedici) ještě dříve, než nastanou. Jedná se o disciplinovaný přístup, který se opírá o fakta a data získaná analyzováním procesu. V hojně míře tedy využívá statistických metod pro zjišťování problémů, což nese výhody oproti jiným metodám. Zatím co Lean se soustředí na rychlost a plynutí, Six Sigma se soustředí na faktory, které přispívají ke snížení procesní variability [6, 7].

Nabízí dva přístupy, jejichž názvy tvoří první písmena z anglických slov [6]:

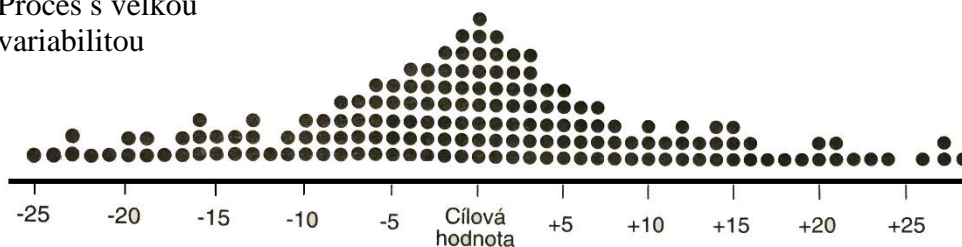
- DMAIC – více využívaná metodika, která se soustřeďuje na zlepšení již zavedených procesů
- DFSS – metodika určená pro návrh nových procesů.

Jelikož podnik, kterým se zabývá tato diplomová práce, disponuje již zavedeným procesem, teoretická i praktická část bude orientována pouze na přístup DMAIC, který bude podrobně rozebrán dále.

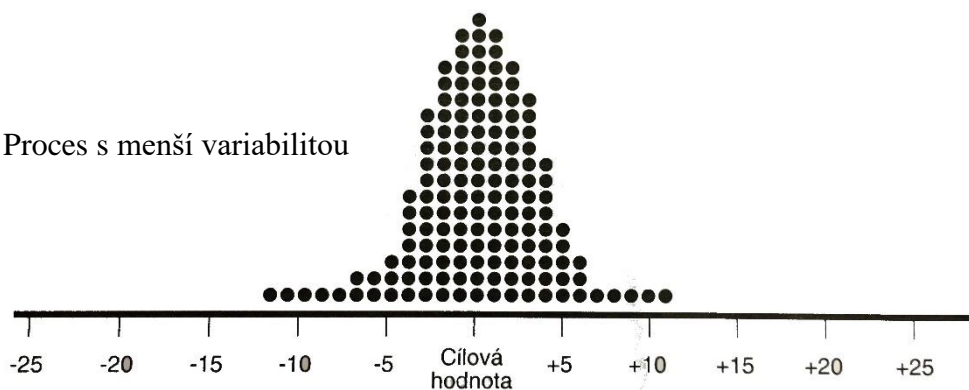
1.2.1 Termín „Sigma“

Každý proces se snaží o dosažení dokonalého cíle jeho výstupu, ať už v podobě nějakého výrobku, služby, či jiného faktoru. Toho je ovšem obtížné dosáhnout, každý výstup je více či méně odlišný, má tedy určitou variabilitu. Výstup se musí pohybovat v určitém pásmu hodnot, která je pro daný proces únosná, jinak se jedná například o neshodný kus. Proto název metody obsahuje řecké slovo „sigma“, které se využívá ve statistice pro označení velikosti variability dat z měřeného parametru, tedy odchylky od cílové hodnoty. Na obrázku 5 jsou znázorněny dva procesy, u kterých je zajímavé si povšimnout, že mohou mít stejnou průměrnou hodnotu cíle, ovšem variabilita je zásadně rozdílná [7].

Proces s velkou
variabilitou



Proces s menší variabilitou



Obr. 5 Variabilita výstupu [2].

1.2.2 Úrovně „sigma“

Sigma se dělí do šesti úrovní, dle počtu defektů. V následující tabulce číslo 1 jsou zaneseny výtěžnosti s jednotlivými úrovněmi sigmy a ukazatelem DPMO.

Výtěžnost – udává na kolik % je proces schopný generovat kvalitní výstupy. Má-li být brána v potaz degradace v dlouhém rozmezí, uvažuje se 1,5 posun směrodatné odchylky [7].

DPMO – zkratka anglického defects per million opportunities, tedy počet defektů na milion příležitostí. Jde o vztah mezi počtem defektů a počtem všech příležitostí, kde mohl nastat, viz vzorec (1.1) [4].

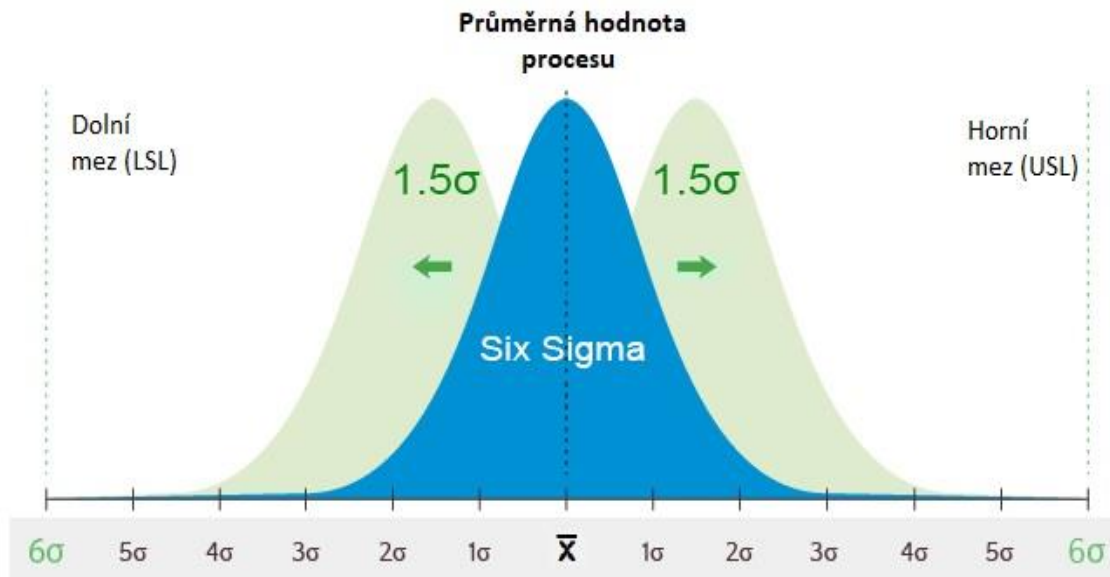
$$DPMO = \frac{D}{N \cdot O} \cdot 10^6 \quad (1.1)$$

Tab 1. Úrovně sigma [6].

Úroveň sigma	Výtěžnost	DPMO
1	31 %	690 000
2	69,2 %	308 000
3	93,32 %	66 800
4	99,379 %	6 210
5	99,977 %	230
6	99,9997 %	3,4

Důležité je si povšimnout, že rozdíly ve výtěžnosti se zmenšují s rostoucí úrovní sigma, a to nepoměrně, mezi druhou a třetí úrovní je rozdíl okolo 30 %, naopak čtvrtá až šestá úroveň se pohybuje na výtěžnosti asi 99 % a více. Je to způsobeno tím, že dobře fungující proces se hůře ještě více zlepšuje, a naopak u procesu, který produkuje větší počet defektů, je možné poměrně snadno dosáhnout výrazného zlepšení [2].

Cílem Six Sigma je, aby se v procesu nevyskytovalo více jak 3,4 chyby na milion příležitostí, tedy že defekt se vyskytne jen jednou v 294 117 případech. Defektní položka je omezena pásmem šesti směrodatných odchylek od středního průměru po horní (USL) či dolní (LSL) specifikovaný limit, které jsou pro zákazníka přípustné. Z důvodu degradace procesu v dlouhodobém horizontu Six Sigma proces toleruje posun o 1,5 standardní odchylky, přičemž stále udržuje bezpečný mantinel mezi průměrem a jeho přípustnými mezemi [4].



Obr. 6 Vymezení Six Sigma procesu [7].

2 DŮLEŽITÉ POJMY A HLAVNÍ ZÁKONY

Aby bylo problematice dobře porozuměno, je dobré seznámit se s často používanými termíny a pěticí klíčových zákonů.

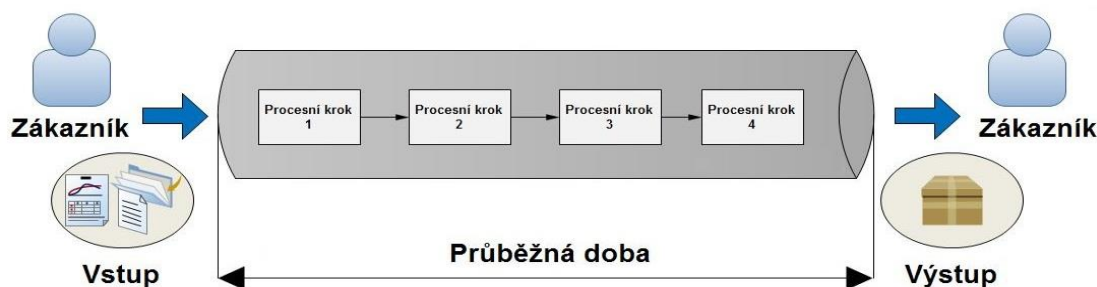
2.1 Klíčové termíny

2.1.1 Průběžná doba (Lead time) a rychlost procesu

Tato doba uvádí čas, za jak dlouho od okamžiku přijetí objednávky dostane zákazník službu či výrobek, jak je možno vidět ve vztahu (2.1). Pro její určení se používá rovnice, která je známá jako Littlův zákon [2].

$$\text{Průběžná doba} = \frac{\text{množství rozpracovaných jednotek v procesu}}{\text{průměrná rychlost dokončení}} \quad (2.1)$$

Z Littlova zákona je patrné, že proces je možné urychlit snížením rozpracovaného množství, a to i za předpokladu, že rychlost na výstupu se nezmění. Rovněž umožňuje odhadnout dobu nutnou k realizaci spočítáním jednotek, které čekají na dokončení a množství položek, které lze dokončit za určitý čas. Rychlost procesu udává, kolik jednotek je dokončeno během časového úseku (den, týden, ...).



Obr. 7 Průběžná doba [8].

2.1.2 WIP (Work-in-Process, tedy rozpracovanost v procesu)

Jedná se o množství jednotek, které se nachází v hranicích procesu, byla na nich započata práce, která ještě není dokončena. Může se jednat například o výrobek, který čeká na další zpracování, nezodpovězení e-mailu nebo telefonátu, faktury čekající na zpracování a další. Platí to i pro odstávky, přepracování kusů nebo odpad. Rozpracovanost sebou přináší plýtvání. Časté příklady plýtvání způsobené rozpracovaností [8]:

- Nadbytečné náklady na kvalitu (přepracování kusů a odpad) se takřka lineárně zvětšují s rozpracovaným množstvím.
- Velká rozpracovanost výrobku sebou přináší čekání, což vede k dlouhé průběžné době. To zapříčiňuje zasekání výroby a s tím spjaté pozdní dodání a nespokojenost zákazníka.
- Aby se vypořádalo s dlouhými průběžnými dobami, je třeba výrobu řádně naplánovat, což je samo o sobě složité.

2.1.3 Zpoždění/čas ve frontě

Pokud proces obsahuje WIP, znamená to, že má rozpracované jednotky, které čekají. Lean Six Sigma říká, že tyto jednotky jsou tak zvané ve frontě a čas, po který se s nimi nic neděje, se nazývá „čas čekání“. Tento čas strávený ve frontě se považuje za zpoždění bez ohledu na to, proč k němu došlo. Jestliže má být proces rychlý a zákazník spokojený, jsou zpoždění nepřijatelná [9].

2.1.4 Práce s a bez přidané hodnoty

Práce s přidanou hodnotou je taková, kdy se provádí určitá činnost, která následnému výstupu přidává hodnotu. Práce bez přidané hodnoty se považuje za plýtvání a jelikož zatím neexistuje stoprocentně efektivní metoda, je cílem alespoň co nejvíce toto plýtvání omezit [2].

2.1.5 Složitost

V Lean Six Sigma má složitost specifický význam, vztahuje se k počtu různých typů výrobků, služeb či vlastností, které musí procesy splnit. Aby byly uspokojeny potřeby zákazníka, musí mu prodejce nabídnout více variant, což s sebou přináší určitou míru složitosti. Velká složitost zvyšuje náklady bez jakékoliv zpětné kompenzace [4].

2.1.6 Účinnost procesu

Účinnost cyklu procesu udává měřítko potenciálu pro zlepšení. V dnešní době většina procesu funguje s účinností okolo 10 %, což na první pohled může působit jako malá hodnota. Hodnoty pod 10 % signalizují, že v procesu je řada možností co zlepšit. Účinnost cyklu procesu je dána vztahem (2.2) [9]:

$$\text{Účinnost cyklu procesu} = \frac{\text{Čas s přidanou hodnotou}}{\text{Celková průběžná doba}} \quad (2.2)$$

2.2 Zákony Lean Six Sigma

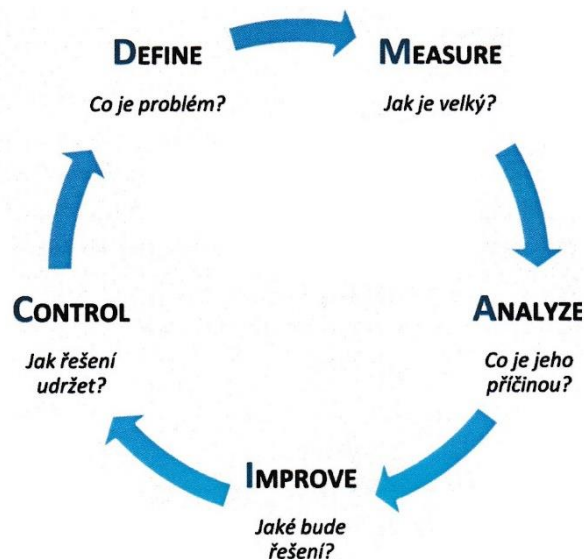
Metodika se řídí pěti hlavními zákony [2]:

- Zákon trhu – zde je nutné sledovat zákaznickovy potřeby, které definují kvalitu a stanovují priority pro zlepšení, a těmto potřebám se přizpůsobovat.
- Zákon pružnosti – vyjadřuje, jak snadno jsou lidé schopni přecházet mezi jednotlivými typy úkolů. Pružnost procesu je úměrná jeho rychlosti. Nepružnost může být vnímána jako dlouhé seřizování, či nutnost hledat chybějící informace.
- Zákon soustředění pozornosti – soustředit pozornost na aktivity, díky kterým je dosaženo nejvíce pokroku
- Zákon rychlosti (Littlův zákon) – říká, že rychlost procesu je nepřímo úměrná množství rozpracovanosti, když rozpracovanost klesá, proces se zrychluje.
- Zákon komplexnosti a nákladů – obecně platí, že čím více je služba nebo výrobek komplexní, tím jsou náklady i rozpracovanost vyšší, a to i v porovnání s nekvalitním procesem. Na začátku zlepšování je tedy dobré zvážit, zda by nemohl být snížen počet variant daného výstupu.

3 DMAIC

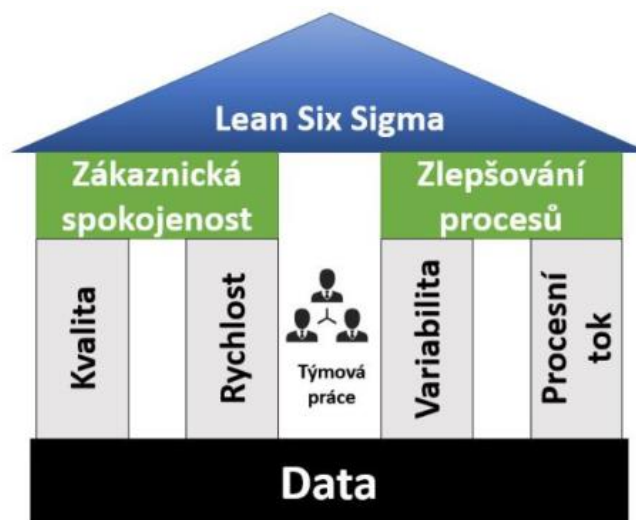
Jedná se o systematickou efektivní metodiku, která je založená na datech a zaměřuje se na řešení problému. DMAIC je akronymem pro fáze, které jsou chronologicky za sebou, zlepšovacího procesu [3]:

- Define – definovat
- Measure – měřit
- Analyze – analyzovat
- Improve – zlepšit
- Control – řídit



Obr. 8 Fáze DMAIC [3].

Jednotlivé fáze jsou mezi sebou propojeny, výstup z předešlé fáze tvoří vstup do té další. Jedná se o týmovou práci, která vede ke zlepšení procesu a spokojenosti zákazníka.



Obr. 9 Schéma vlastností LSS [10].

3.1 Define – definovat

Jedná se o první z pěti částí, jejímž cílem je definovat, jakým problémem se zabývat, co přinese jeho vyřešení a kolik do toho bude nutné investovat času a peněz. V řadě projektů se může jednat o jedinou fázi, když je zjištěno, že vyřešení problému by v porovnání s investicemi nepřineslo nikterak uspokojivý výsledek, tedy investice by byla bez reálné návratnosti [9].

3.1.1 Výběr projektu

Ne všechny optimalizace je vhodné řešit metodikou Lean Six Sigma, výběr projektu se odehrává na úrovni týmu s interakcí klíčových partnerů/sponzorů. Jsou popsány strategické cíle firmy a hledány možnosti, které mohou vést k jejich dosažení. Sponzor (majitel firmy nebo nejvyšší vedení) určí velikost zdrojů v podobě rozpočtu, času a počtu pracovníků, které je ochotný na projekt uvolnit. Je třeba vyjasnit si několik otázek souvisejících s projektem [3]:

- Jaký je problém, kde a jak se vyskytuje?
- Kvalifikace problému, rozsah řešení a jakého cíle má být dosaženo?
- Časový harmonogram?
- Jak se bude měřit úspěšnost?
- Kdo se bude podílet na řešení, jak bude rozdělená zodpovědnost?

Ke správnému definování projektu slouží „Projektová listina“, ve které jsou vypsány základní body. Její složitost se liší dle konkrétního projektu a počtu zúčastněných lidí. Příklad projektové listiny je uveden v následujícím obrázku, další příklad je umístěn v příloze 1.

Název projektu		Organizace: Výrobní oddělení	Projektový Manager:	
		Sponzor: Jméno vlastníka		
		Vlastník procesu: Jméno vlastníka		
Business case (hlavní důvod projektu)		Stanovení problému		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zde je nutné popsat celý problém komplexně v návaznosti na obchodní případ 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zde by se měl popsat problém, který bude předmětem řešení projektu. 		
Cíl projektu		Scope IN	Scope OUT	
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Např. optimalizace procesu a snížení chybovosti <ul style="list-style-type: none"> ▪ Snížit chybovost na 5% 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ To co je součástí projektu 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ A co je už mimo rozsah projektu 	
Odhad nefinančních přínosů	Odhad přínosů	Metriky / KPI		
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Co nám projekt přinese kromě finančních benefitů 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Kolik ušetříme splněním cílů projektu 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Procesní chybovost – KPI 1 ▪ Časy procesních operací – KPI 2 ▪ Počet vyrobených kusů – KPI 3 		
Začátek procesu	Konec procesu	Současná úroveň		Cílová úroveň
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Čím proces začíná 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Čím proces končí 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ KPI 1: ▪ KPI 2: 		<ul style="list-style-type: none"> ▪ KPI 1: ▪ KPI 2:
Interní zákazník	Externí zákazník	Projektový tým		DEFINE: Datum
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Interní zákazníci, kteří ovlivňují vstupy a výstupy procesu 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Externí zákazníci, kteří ovlivňují vstupy a výstupy procesu 	<ul style="list-style-type: none"> ▪ Jméno Příjmení ▪ Jméno Příjmení ▪ Jméno Příjmení ▪ Jméno Příjmení ▪ Jméno Příjmení ▪ Jméno Příjmení 		MEASURE: Datum
Rizika a omezení				ANALYZE: Datum
<ul style="list-style-type: none"> ▪ Zde je nutné vypsát rizika, která mohou omezit projekt 				IMPROVE: Datum
				CONTROL: Datum

Obr. 10 Projektová listina [11].

3.1.2 Výběr týmu

Jedná se o týmový projekt, pro vytvoření funkčního týmu je nezbytné vybrat vhodné osoby, které se budou zabývat řešením projektu. Jednotliví členové jsou vybíráni po vyjasnění cíle, aby bylo možné vybrat nejlepší odborníky z oblastí pro danou záležitost. Při výběru se zohledňují jejich znalosti, dovednosti, časová vytíženost, ale také ochota spolupracovat a účastnit se takového projektu. Aby tým správně fungoval, musí být rovnoměrně zastoupeny role jednotlivých členů, které je možné rozdělit na [3]:

- Myšlenky – inovátor
 - vyhodnocovač
 - specialista
- Akce – usměrňovač
 - realizátor
 - dokončovatel
- Lidská stránka – tmelič týmu
 - koordinátor

Tým by měl ideálně obsahovat 5-8 členů, přičemž můžou být přizvávaní dočasní členové, kteří jsou odborníky v určité etapě projektu. Velké týmy mají z pravidla pomalejší postup, jednotliví členové mají tendenci se méně angažovat, také komunikace a rozhodování je složitější. Jednotliví členové jsou proškolení dle jejich role a zaměření. Lean Six Sigma má specifické personální obsazení, které se dělí podobně, jako v karate barvami pásků, kde jednotlivé barvy odpovídají úrovni zvládnutí [9]:

- **Championi** – je manažer vrcholové úrovně vedení, nese odpovědnost za řízení aktivit Lean Six Sigma. Schvaluje postupy či změny týkající se zaměření nebo rozsahu, komunikuje s generálním ředitelem a informuje jej o postupu. Velké společnosti obvykle mívají championy v rámci jednotlivých divizí.
- **Master Black Belt** – člen, který absolvoval složitější školení, které se soustředilo na řešení závažnějších problémů. Jde o nejvyšší hodnocení v oblasti integrace a rozvoje filosofie a metod Lean Six Sigma. Má za sebou několik úspěšných projektů, nese zodpovědnost za školení a koučování Black Beltů.
- **Black Belt** – jsou to zaměstnanci společnosti, kteří mají za sebou přibližně pětítýdenní školení zaměřené na vedení lidí a řešení problémů. Zde je důležité, že se jedná o lidi, kteří ve společnosti již pracují a znají, jak to v ní funguje. Běžně pracují na projektech na plný úvazek, nesou zodpovědnost za vedení projektových týmů a za splnění cílů.
- **Green Belt** – pracují na své obvyklé pozici a plní své běžné pracovní povinnosti, na částečný úvazek se však podílí i na projektech probíhajících na jejich pracovištích. Mají za sebou kratší školení v trvání asi dvou týdnů. Aby dosáhli daného titulu, jsou většinou požadovány praktické zkušenosti v podobě vedení projektu.

3.1.3 Hlas zákazníka

Hlas zákazníka je důležitý, jelikož jsou zjištěny přímo jeho potřeby, přání a očekávání, na což musí výrobce reagovat a snažit se mu vyhovět, aby dosáhl jeho spokojenosti a udržení. Představa výrobce může být často zkreslená a nemusí se shodovat s tím, co ve skutečnosti chce zákazník nebo co je pro něj důležité. Na zákazníky je dobré obrátit se v době, kdy se rozhoduje o dalším zaměření či zlepšení, hromadí se stížnosti a nespokojenosti nebo je třeba jen identifikovat klíčové faktory spokojenosti zákazníka. Existuje celá řada možností, jak získat zpětnou vazbu od zákazníka, může to být v podobě samotné diskuze, dotazníku, brainstormingu nebo v podobě stížností a reklamací [4].

5 kroků, jak získat hlas zákazníka [3]:

1. Identifikace zákazníka

Určení, o jaký druh zákazníka se jedná:

- Interní – může představovat další oddělení uvnitř společnosti, kam rozpracovaný produkt putuje.
- Externí – spotřebitel, ke kterému putuje výstup.

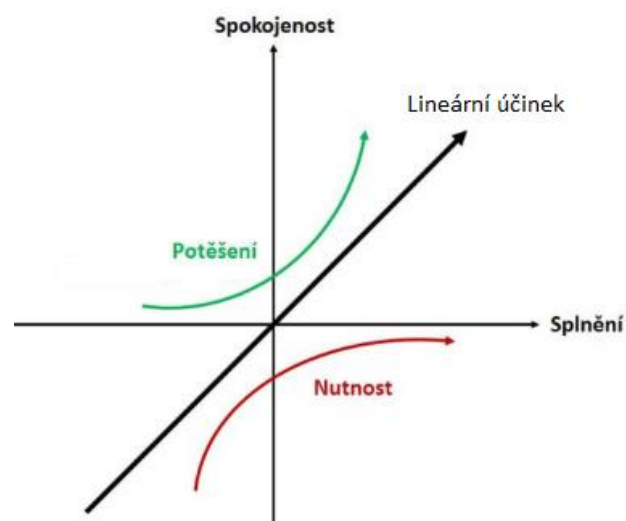
2. Sběr dat od zákazníka

- Aktivní – zákazníci jsou oslovováni formou dotazníku, telefonátu apod.
- Pasivní – informace obdrženy bez vytvoření jakéhokoliv úsilí, může se jednat o reklamace, stížnosti a další podněty přicházející od zákazníka.

3. Rozlišení potřeb zákazníka

Splnění potřeb zákazníka a jeho spokojenost lze vyjádřit „Kano“ modelem, kde:

- Nutnost – při nesplnění nutnosti nebude zákazník nikdy spokojený.
- Potěšení – zvyšují spokojenost zákazníka, je to něco navíc, co při absenci nezpůsobuje jeho nespokojenost.
- Lineární účinek – čím lépe jsou potřeby naplněny, tím roste spokojenost.



Obr. 11 Kano model [3,12].

4. Převedení potřeb na měřitelné parametry

Když už jsou známy potřeby zákazníka, je nutné převést obecnou potřebu na měřitelný parametr. Měřitelným parametrem výstupu se rozumí například jeho rozměry, které jsou požadovány.

5. Stanovení tolerance pro měřitelné parametry.

Posledním krokem je stanovení hranice, která je přípustná a nemělo by dojít k jejímu překročení. Když v předchozím kroku byly jako příklady zmíněné rozměry výstupu, zde se stanovuje, jak moc se mohou lišit od ideální velikosti.

3.1.4 SIPOC

SIPOC je akronymem anglických slov Suppliers (dodavatelé), Inputs (Vstupy), Process (proces), Outputs (výstupy) a Customers (zákazníci). Jde o jednoduchý týmový nástroj sloužící k ujasnění účelů a hranic procesu. Mapa procesu SIPOC zobrazuje jakýsi pohled shora na chronologicky jdoucí nejvýznamnější kroky událostí nebo operací v procesu. Diagram SIPOC tvoří několik kroků [13]:

- Pojmenování procesu, ujasnění si jeho cíle.
- Určení začátku a konce procesu – vymezené hranice mezi začátkem a koncem by měly vykrývat oblast, kde se předpokládá výskyt příčiny problému.
- Identifikace hlavních kroků – jde pouze o hlavní kroky v rámci hranic, nezachází se do žádných detailů.
- Seznam výstupů a zákazníků – procesy mají za úkol vytvářet výstupy, a to i pro interní zákazníky, vždy musí být zajištěna dostatečná kvalita.
- Seznam vstupů a dodavatelů.

Na následujícím obrázku je uvedený příklad diagramu z copy centra.



Obr. 12 Příklad diagramu SIPOC [3].

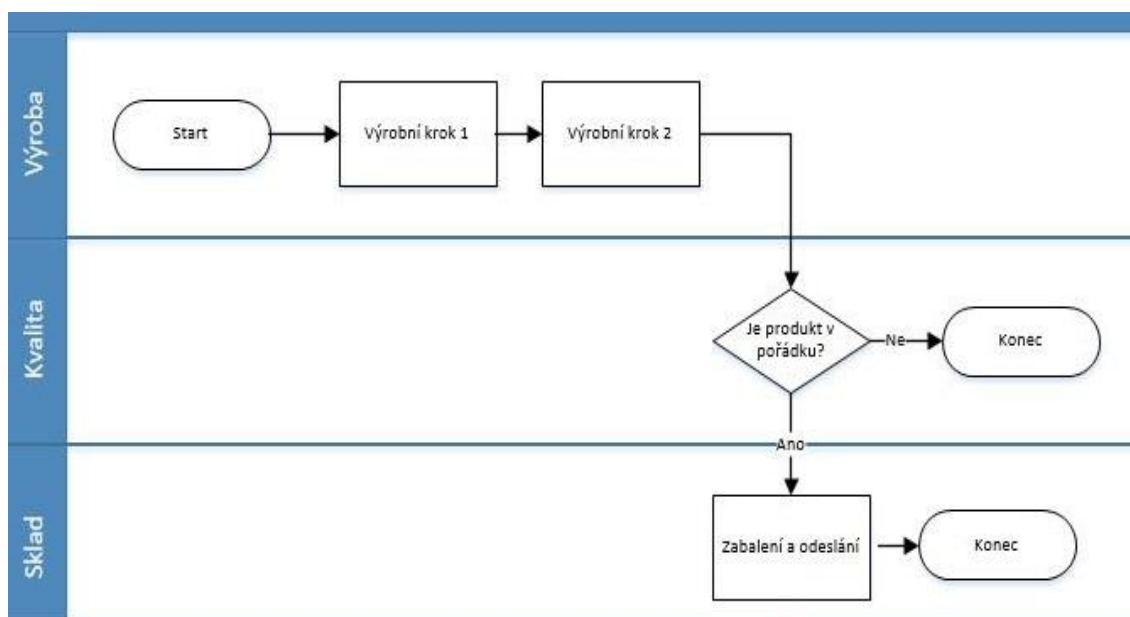
3.2 Measure – měřit

Měřit je druhou fází DMAIC metodiky. Jak již bylo řečeno, Lean Six Sigma je založená na datech, aby byl projekt úspěšný, musí být nasbírána spolehlivá a kvalitní data. Na základě sběru informací a dat se stanoví výchozí úroveň procesu. U dlouhotrvajících problémů jsou často příčiny skryty, ovšem sběr dat a jejich následné vyhodnocení je dokáže spolehlivě vypátrat.

3.2.1 Mapování procesu

Než se začne cokoliv měřit, musí dojít k řádnému zmapování. Je dobré přímo pozorovat, co se odehrává v reálném procesu, aby se co nejvíce zabránilo zkreslení a došlo k získání co nejvěrnější představy, jaké děje se odehrávají a co je ovlivňuje. Tým by měl uspořádat ‚workshop‘, kterého by se měli účastnit lidé přímo z procesu, aby se dosáhlo skutečného zmapování a neuvažovalo se, že zaměstnanci přesně pracují například dle návodek [2].

Ve zmapovaném procesu se sledují hlavně časy jednotlivých operací a časy mezi nimi, kdy dochází k přepravě mezi operacemi nebo k čekání. Dále se zkoumá chybovost, úzká hrdla, hromadí se zásoby, opravy a další. Při mapování procesu se vytvoří vývojový diagram, který zachycuje jednotlivé kroky a dává tak informace o jeho fungování. Existuje celá řada diagramů, například ‚diagram plaveckých drah‘, který má oproti jiným výhodu, v tom, že přehledně zaznamenává i oddělení, které provádí daný krok [4].



Obr. 13 Diagram plaveckých drah [14].

3.2.2 Plán sběru dat

Aby byly odhaleny správné příčiny problému, musí být nasbírána vysoce kvalitní data, proto je dobré mít plán, jak toho dosáhnout a zamezit tak sběru těch neadekvátních, což by nejspíše vedlo pouze k odhalení částečné příčiny problému. Cílem je vyjasnit si, jaká data a jakým způsobem budou zachycována, dále kdo a kdy je bude měřit, aby se dosáhlo smysluplného a věrohodného zachycení. Přesto všechno musí být sběr co nejjednodušší a co

nejméně obtěžovat lidi v procesu. Proto je žádoucí plán sběru dat připravit předem a definovat jeho základní parametry jako [3]:

- Měřený parametr – výchozím bodem je zvážit, jakého cíle má být dosaženo a jaká data jsou pro to nápomocná, přičemž se klade důraz na časovou i finanční náročnost měření.
- Typ dat – měřená veličina je spojitá nebo diskrétní, na základě typu jsou vybírány odpovídající grafické a analytické nástroje. Spojitá data poskytují více informací a jsou přesnější.
- Rozsah výběru – cílem je získat optimální množství dat, aby získané závěry byly dostatečně přesné a zároveň nebylo nasbíráno přílišné množství, které by vedlo pouze ke ztrátě času. Konstanta 1,96 ze vztahu (3.1) a (3.2) představuje interval spolehlivosti 95 %.

Rozsah výběru pro spojitá data:

$$n = \left(\frac{1,96 \cdot s}{\Delta} \right)^2 \quad (3.1)$$

Rozsah výběru pro diskrétní data:

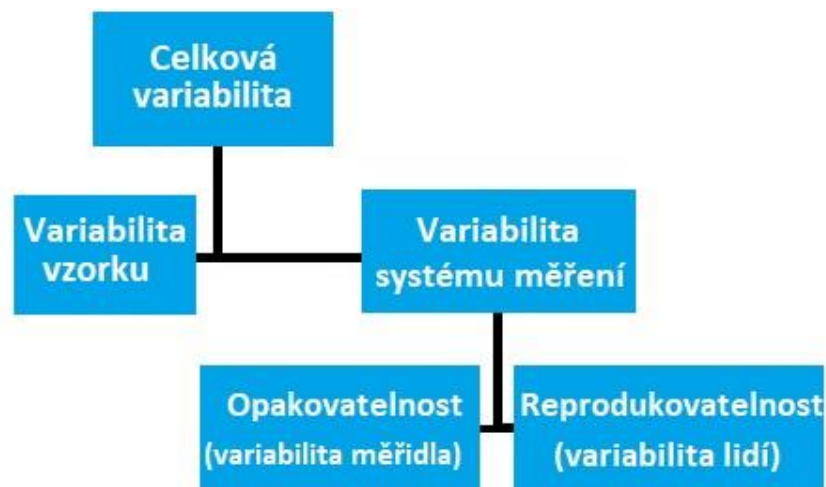
$$n = \left(\frac{1,96}{\Delta} \right)^2 \cdot P \cdot (1 - P) \quad (3.2)$$

- Stratifikace dat – rozdělení hodnot do skupin dle stratifikačního faktoru, tedy zvolené charakteristiky. Cílem je nalézt stratifikační faktory, které nejvíce ovlivňují sledovanou veličinu nebo vnášejí největší variabilitu. Účelem je lokalizovat problém a vysvětlit podmínky jeho existence.

3.2.3 Analýza systému měření

Metoda sloužící k tomu, aby naměřená data mohla být považována za věrohodná a správná. Výsledkem je posouzení kvality naměřených hodnot tím, že se odhalí, jak moc je systém měření schopen poskytovat opakovaně stejné a správné výsledky bez brání v potaz měřidlo, pracovníka nebo postup. Ve studii se posuzuje [15]:

- Opakovatelnost – schopnost dosáhnout stejného výsledku při opakovaném měření za stejných podmínek.
- Reprodukovatelnost – schopnost různých lidí dosáhnout stejného výsledku při měření stejného parametru za shodných podmínek.
- Přesnost – schopnost dosáhnout „správného“ výsledku.
- Stabilita – je celková variabilita v měřeních měření jednoho parametru ve větším časovém úseku nebo získána měřícím systémem na stejném standardu.
- Rozlišitelnost – systém měření by měl detekovat a znázorňovat i nejmenší změny měřené veličiny. Rozlišitelnost menší než 2 udává, že systém nepozná rozdíly mezi dvěma vzorky.

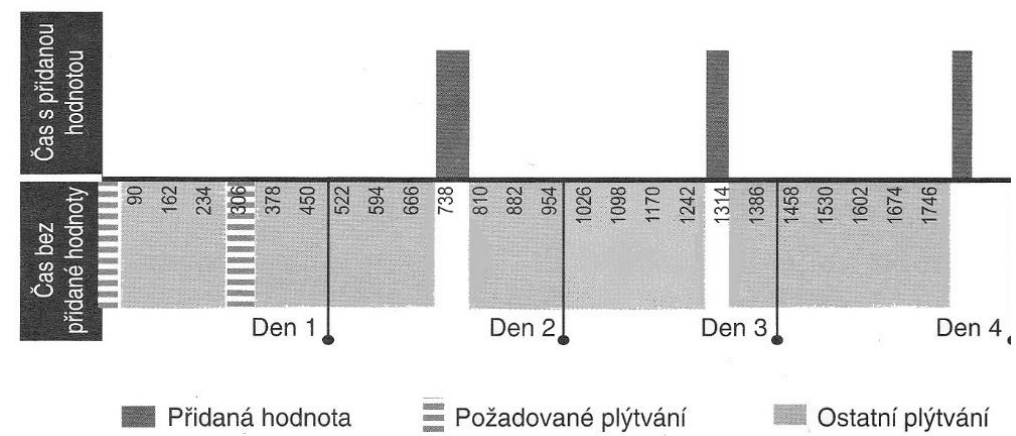


Obr. 14 Zdroje variability [16].

3.2.4 Interpretace dat

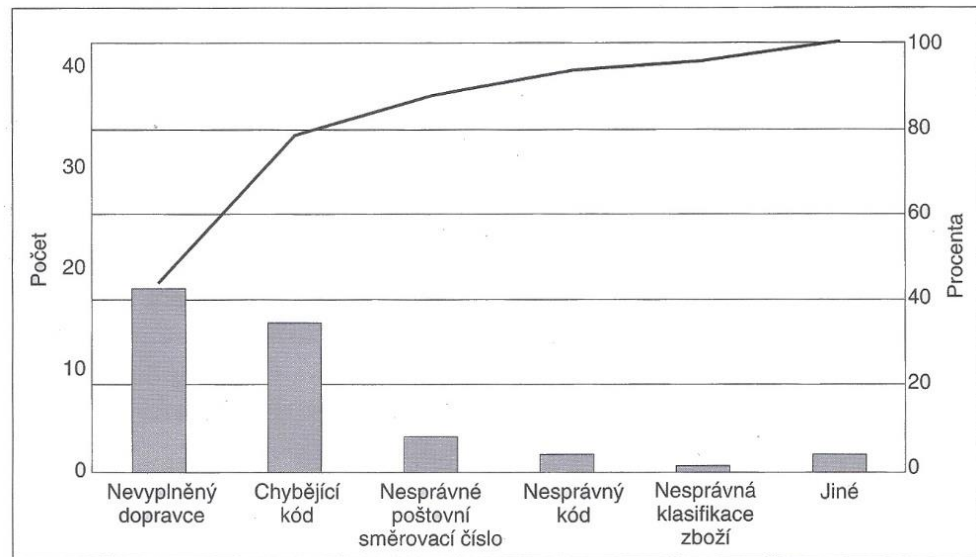
Získaná data je důležité interpretovat pomocí správných prostředků. Grafické vizualizace pomáhají si lépe uvědomit souvislosti a také nakročit ke správné cestě odhalení potíží. Příkladem takových vizualizací může být [4]:

- Mapa hodnot času – graf tvoří časová osa a sloupce, které znázorňují, kdy je přidávána hodnota a kdy nikoliv. Požadovaným plýtváním se myslí čas, který sice nepřidává hodnotu, ale je pro proces důležitý (účetnictví, evidence...).



Obr. 15 Mapa hodnot času [4].

- Paretův diagram – jde o velmi často používaný nástroj, který tvoří sloupcový graf. Paretův princip 80:20 říká, hlavní množství důsledků je kumulováno do malého množství příčin. V následujícím obrázku je příklad diagramu, z kterého plyne, že by se tým měl soustředit na první dva typy chyb, protože jejich vyřešení sníží chybovost o 80 %. Každý sloupec představuje jiný problém a výška sloupce určuje, jak moc problém závisí na konkrétní příčině. Z toho plyne, že vyřešení většiny problému je možné, pokud bude úsilí upíráno k nejvyšším sloupcům [3].



Obr. 16 Paretův diagram [2].

3.2.5 Způsobilost procesu

Způsobilost procesu se vyjadřuje prostřednictvím sigma úrovně a udává schopnost produkovat výstup v rozmezí tolerancí (USL až LSL). Ukazatelem způsobilosti je „index způsobilosti“, který se značí C_p a C_{pk} [17]:

- Index způsobilosti C_p – vyjadřuje poměr mezi tolerancí a variabilitou procesu.

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (3.3)$$

- Index způsobilosti C_{pk} – na rozdíl od C_p bere v potaz polohu procesu vůči tolerancím.

$$C_{pk} = \frac{\min \cdot (USL - \mu; \mu - LSL)}{3 \cdot \sigma} \quad (3.4)$$

Největší hodnota, které mohou indexy způsobilosti C_p a C_{pk} nabývat je 2, a to v případě, kdy se dosáhne úrovně Six Sigma. Pro představu se hodnoty C_p a C_{pk} v automotive odvětví pohybují na úrovni asi 1,3, v případě leteckého průmyslu asi 1,6. Index způsobilosti C_p musí být vždy větší než C_{pk} [17].

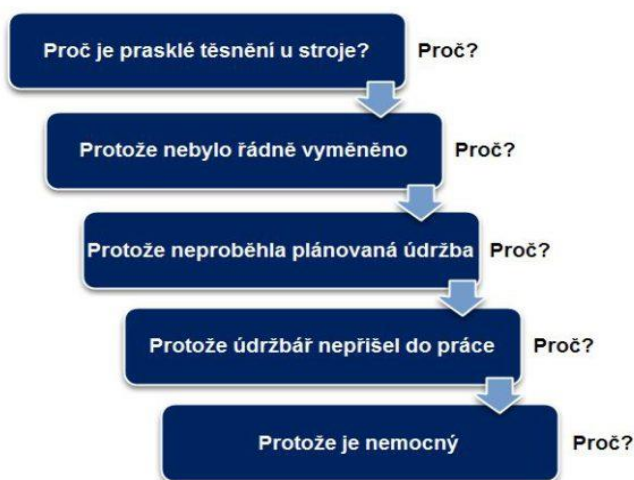
3.3 Analyze – analyzovat

Fáze analyzovat má za úkol odhalit podstatu, proč se problém děje, tedy najít smysl v datech a informacích sesbíraných ve fázi měřit. Je potřebné poznat reálný proces, aby byly pochopeny problémy, jako špatný tok, vysoká rozpracovanost, dlouhé časy, úzká místa a další.

3.3.1 Analýza příčin

V této etapě se soustředí na místa, kde dochází k velké ztrátě času a hledají se nenáhodná seskupení v datech. Tyto kroky vedou k nalezení klíčů k opravdovým příčinám, k nalezení cesty, jak dosáhnout rychlejšího i kvalitnějšího procesu a určují nejkritičtější věci, co ovlivňují řízení procesu. Odstraňování problému probíhá od těch nejvážnějších po drobnější, s výběrem, kde začít, pomáhá celá řada metod od běžného brainstormingu po diagramy příčin a následků [4].

- Brainstorming – týmová metoda, kdy se skupina snaží vymyslet co nejvíc podmětů k danému tématu, přičemž jednotlivé nápady se nesmí kritizovat. Platí pravidlo, že každý nápad může být přínosný. Stimuluje proces tvůrčího myšlení, produkuje se mnoho nápadů v krátkém čase. Dochází k širšímu pohledu vnímání dané věci [2].
- 5krát proč – je velmi jednoduchá technika, která má za úkol bránit ukvapeným závěrům a snaží se navést tým k nalezení kořenové příčiny. Často se používá pro ověření potenciálních výsledků z Paretova diagramu nebo diagramu příčin a následků. Kolikrát proč jde upravit dle konkrétních okolností [18].

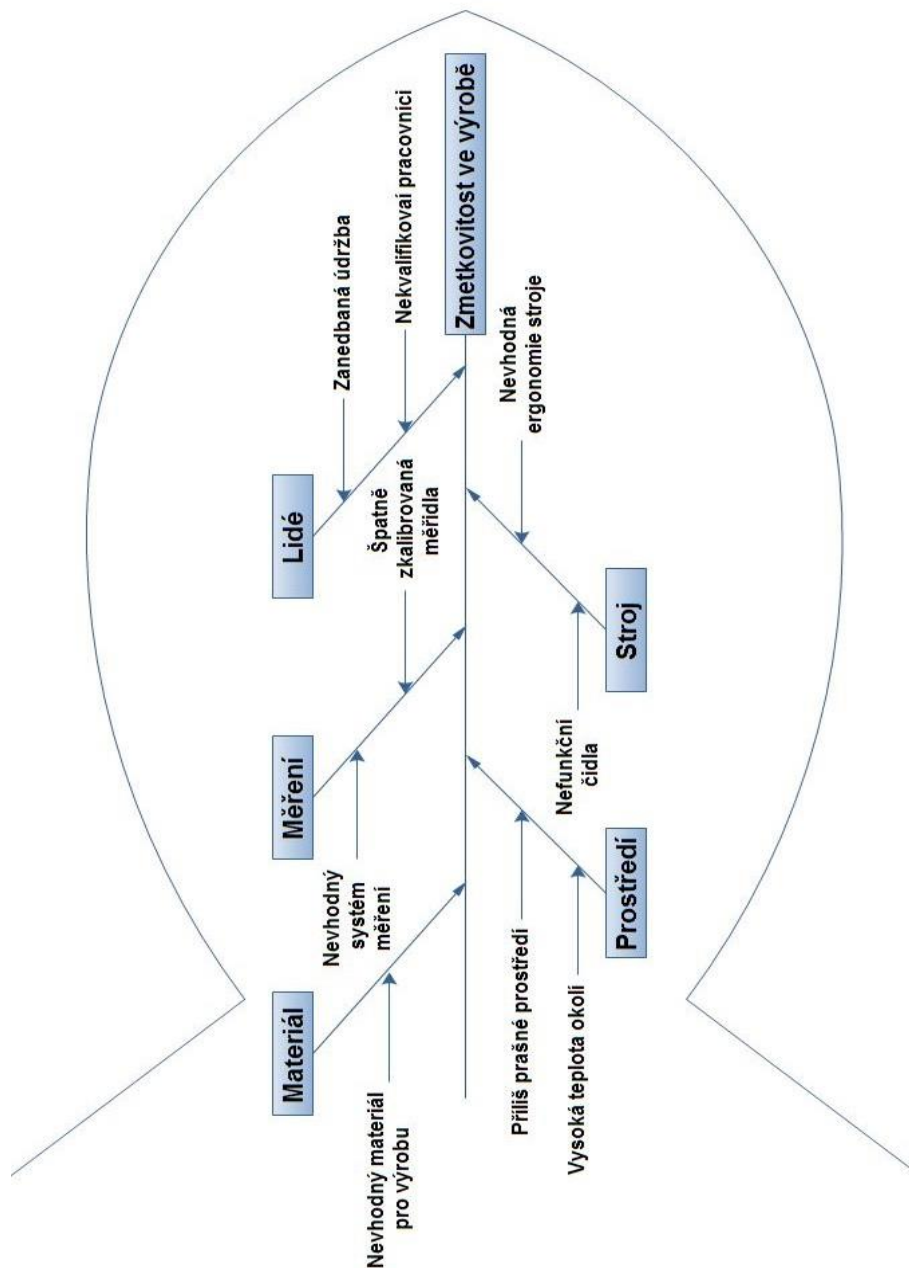


Obr. 17 5krát proč [18]

- Diagram příčin a následků – je možné se setkat s dalšími dvěma názvy a sice dle tvaru, jako diagram rybí kosti nebo podle tvůrce, jako Ishikawový diagram. Je to skupinová technika, která ilustrativně pomáhá porozumění mezi příčinami a následky. Doporučuje se nejprve uspořádat brainstorming pro shromáždění možných příčin a posléze se provede jejich systematické třídění. Diagram se začíná tvořit od „hlavy“, kam se umístí problém, dále se stanovují

hlavní kosti, které mohou problém způsobovat. Hlavní kosti jsou většinou tvořeny metodikou 5M [19]:

- Measure (měření) – bylo měření správně provedeno?
- Machine (stroj) – není stroj poškozený, funguje správně?
- Men (lidé) – vykonal člověk vše správně?
- Material (materiál) – je to ten správný materiál?
- Mother of nature (prostředí) – promítá se nějak prostředí do problému?



Obr. 18 Diagram příčin a následků [18].

3.3.2 Analýza dat

Data jsou analyzována prostřednictvím statistických metod, a to za účelem odhalení příčin kde, kdy, jak často a proč se problém vyskytuje. Obyčejně analýza dat startuje grafickou analýzou, jelikož vizuální ztvárnění napomáhá přijít na myšlenku, která se následně prověřuje pomocí statistických testů [4].

- Grafická analýza dat – jak již bylo řečeno, grafická analýza předchází statistickému testování hypotéz. Prostřednictvím vizualizace dat a nalezení podezřelých uskupení dochází k formulování hypotéz. Hlavní cíl grafické analýzy je tedy dostat nápad. Při grafické analýze dat je možné vybírat z několika nástrojů ztvárnění jako [3, 4]:

- Dot plot – bodový graf, ve kterém jsou zobrazena jednotlivá data pomocí bodů na ose. Hodí se spíše pro malé až střední vzorky dat, u velkých datových vzorků bývá nahrazen histogramem.
- Box plot – pomocí něj je možné zobrazit stejná data jako u Bot plotu. Je ideální pro jednoduché grafické ztvárnění rozdílů v poloze dat a v tom, jakou mají variabilitu.
- Histogram – je nástroj pro znázornění distribuce vzorku dat pomocí sloupcových grafů, přičemž jednotlivé sloupce mají stejnou šířku vyjadřující šířku intervalu. Úkolem výšky sloupce je vyjádřit četnost sledované veličiny vyskytující se v daném intervalu. Je dobré zvolit odpovídající šířku intervalu, aby nedošlo ke snížení informační hodnoty.

Existují typické tvary pro určité rozdělení dat, jako například zvonovitý tvar (Gaussovy křivky), exponenciální nebo lineární tvar. Již na první pohled je tedy patrné, jak se nejspíš daný proces chová.

- Statistické testování – neboli také testování hypotéz, kde termín „hypotéza“ pochází z řečtiny a překládá se jako domněnka. Prostřednictvím grafické analýzy nebo odborného odhadu je tedy vytvořen určitý předpoklad, který je následně právě statistickým testováním potvrzen či vyvrácen. Statistický test je postup, který vede k rozhodnutí, jakou ze dvou možných hypotéz bude problém popsán [20]:
 - Nulová hypotéza H_0 – jedná se o triviální tvrzení o neexistenci vztahů, jinak řečeno, že mezi nimi není žádný statistický rozdíl. Například, že neexistuje žádný rozdíl v rychlosti práce mezi dvěma pracovníky, pracovník A vyvrtá díru průměrně za 5s pracovník B také za 5s.
 - Alternativní hypotéza H_1 – je ve sporu s H_0 , tedy mezi testovanými veličinami je statistický rozdíl.

Kritérium pro určení významnosti testu hypotéz je p-hodnota [20]:

- $p \leq 0,05$ pak je hypotéza H_0 zamítnuta a platí H_1 .
- $p > 0,05$ pak se H_0 nezamítá a je považována za pravdivou.

3.4 Improve – zlepšit

Fáze zlepšit má za cíl nalézt možná řešení, jak se vypořádat s kořenovými příčinami problémů nalezených v předchozích fázích. Součástí „zlepšit“ je také vybrat z nalezených možností řešení tu nejvýhodnější a ověřit v tzv. pilotním provozu, zda dané řešení opravdu funguje a významně nebo úplně odstraňuje řešený problém. Tato fáze přináší do procesu větší či menší změnu, je tedy nutné zvážit, co může tato změna přinést za rizika a snažit se, aby byla co nejmenší. Efektivní řešení problému nespočívá jen v opatřeních pro nalezení kořenů problému, ale také v zapojení kreativního myšlení a hledání různých způsobů. V této části bývají uplatňovány techniky štíhlé výroby, které lze požívat současně, jako [3]:

- 5S
- Poka-Yoke
- Obecný systém tahu
- Vizualní řízení
- Metoda čtyř kroků

3.4.1 5S

Metoda 5S se používá pro vytvoření pracoviště, které obsahuje kompletní vybavení pro daný úkol potřebné, ale neobsahuje nic navíc. Hlavním cílem je tedy dosáhnout organizovaného, čistého, a především přehledného pracoviště. Název je odvozený z pěti japonských slov, které představuje následující obrázek [21].



Obr. 19 5S [22].

5S je vhodné zavádět vždy, když jsou pracoviště neuklizené, chaotické a pracovník musí plýtvat čas hledáním. Při řádném dodržení metody a neustálém soustředění se na zlepšení, je možné dosáhnout navýšení produktivity asi o 10 až 15 %. Metoda měla původně 5 kroků, ovšem postupem času vznikly další a sice dva, je tedy možné setkat se i s 6S nebo 7S. První krok navíc představuje bezpečnost práce, snaží se odstranit nebo alespoň zmenšit rizika vzniku úrazu. Sedmý krok se zabývá životním prostředím a jeho ochranou. Vysvětlení 5 základních kroků [3, 21, 22]:

- Seiri – Sort – Vytřídit – náčiní se na pracovišti klasifikuje do tří skupin:
 - Nutné věci – vybavení, které se používá každý den pro práci, musí být zachováno na pracovišti a umístěno tak, aby bylo pro pracovníka co nejlépe dostupné.
 - Občas používané věci – tato skupina věcí musí také zůstat na pracovišti, ovšem musí mít takové místo, aby nepřekážela věcem z prvního bodu.
 - Nepotřebné věci – jedná se o skupinu věcí, které na pracovišti zabírají pouze místo, musí být z něho odstraněny nebo přímo vyhozeny.
- Seiton – Set in order – Uspořádat – věci jsou po prvním kroku vytríděné, pro ty, co nebyly odstraněny a na pracovišti zůstaly je žádoucí najít vhodné jedinečné místo pro snadnou a okamžitou možnost použití. Tomu napomáhají vizuální prostředky pracoviště:
 - Hranice pro rozlišení pracovní oblasti – plocha jednotlivých pracovišť by měla být ohraničená, dále také cesty, jízdní pruhy, nepohyblivé položky atd.
 - Domácí adresa položky – každá položka by měla mít místo označené názvem nebo jiným vhodným způsobem, aby pracovník věděl, kam přesně má vrátit položku po ukončení jejího používání.
 - Označené položky – tento bod je úzce spjatý s předchozím, také každý nástroj by měl být označený.
- Seiso – Shine – udržet pořádek (lesk) – tento bod se soustředí na uklizené a čisté pracovní prostředí. Uklizené a čisté prostředí přispívá ke zvýšení bezpečnosti práce. Je vhodné sestavit úklidový harmonogram, který obsahuje, kdo a jak často musí provést úklid a stanovit, kdo nese zodpovědnost za jeho dodržování.
- Seiketsu – Standardizace – je vytvoření systematického způsobu, jak udržet předchozí 3S. Představuje to, že by všechny činnosti měly být prováděny stejným, správným způsobem, aby bylo docíleno správného výsledku. Vhodné je standardy umístit na pracovišti, což přinese jednoduchou kontrolu, zda jsou dodržovány.
- Shitsuke – Sustain – Udržet a zlepšovat – je krok, který obsahuje kontrolu. Kontroluje, zda jsou splněny všechny předchozí kroky. Je to snaha o udržení výsledku v dlouhodobém smyslu, aby se nezačalo upouštět od zavedených standardů a proces se tak nevracel do výchozího stavu.

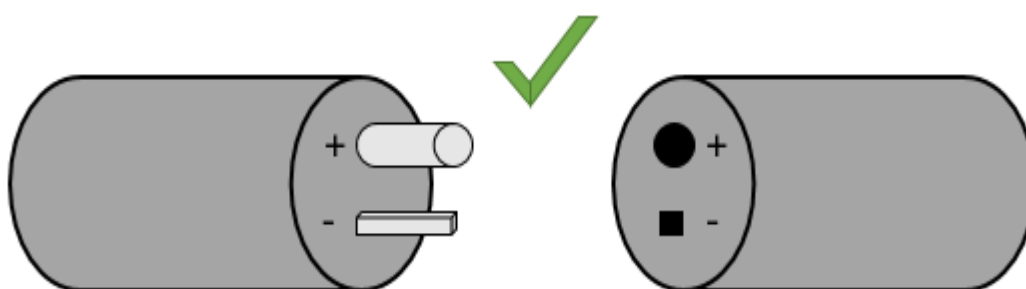
3.4.2 Poka-Yoke

Metoda, která přišla opět z Japonska. Její název je možné volně přeložit jako zabezpečení proti chybám nebo chybu-vzdorný. Je to technika, která se často využívá třeba v automobilovém průmyslu, jelikož zavádí určité mechanismy do výrobního prostředí, které se snaží bránit pracovníkům udělat nějakou chybu. Činnost musí být nastavená tak, aby ji nebylo ani možné vykonat nesprávně, soustředí se tedy na chyby vznikající lidským faktorem jako [2]:

- Zapomnětlivost a chyby z důvodu nepochopení
- Neznalost a nezkušenost
- Vědomá X neúmyslná chyba
- Chyba vzniklá špatnou identifikací
- Zdlouhavost procesu
- Chyba z důvodu chybějící standardizace či předpisu
- Chyby způsobené momentem překvapení

Strategie Poka-Yoke se soustředí převážně na prevenci, nebo na včasné detekování chyb předtím, než se projeví jako neshody. Názorný příklad je na dalším obrázku, je z něj patrné, že zapojení nemůže být provedeno jinak než správně. Následně není nutné ani požadovat výstupní kontrolu, defacto ji provádí samotní pracovníci v procesu v případě, kdy zjistí, že daný úkon nejde vykonat, je jasné, že je něco špatně a nemůžou jej pustit dále. Vyznačuje se třemi základními body [23]:

- Zadržení – najít neshody dříve, než postupují dále v procesu
- Odhalení – najít neshody v rámci operace
- Zamezení – úplně zabránit vzniku neshod



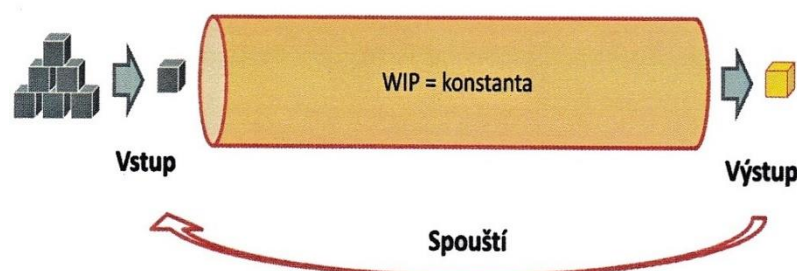
Obr. 20 Poka-Yoke [23].

Poka-Yoke je dobré aplikovat v rutinních a únavných činnostech závislých na pozornosti a myslí pracovníka. Po aplikaci je částečně osvobozena mysl pracovníka. Pracovník nemusí přemýšlet, jestli již vykonané úkony udělal správně, a tak se může více soustředit na produktivnější činnost, což má pozitivní dopad na rychlost a kvalitu. Současně ubude defektů, což přináší méně kontrol, oprav a proces je zrychlený [2].

3.4.3 Obecný systém tahu

Pomáhá uvést procesy do rovnováhy, aby se daly následně analyzovat a aplikovat do nich zlepšující nástroje. Snížení a řízení rozpracovanosti (WIP) dovoluje zaměřit se na problémové oblasti, protože v procesu ubude „věci“, kterými by se muselo zabývat, a současně stabilizuje průběžnou dobu procesu. Snížením a lepším řízením průběžné doby procesu se dosáhne předvídatelnosti, čímž se usnadní plánování a je přesnější [3].

Obecný systém tahu pro řízení rozpracovanosti funguje na jednoduchém systému, kdy do procesu může něco vstoupit teprve po tom, co z něj něco vystoupí [24].



Obr. 21 Obecný systém tahu [3].

Výhody obecných systémů tahu [24]:

- Finanční úspora – uvolní se vázaný kapitál, jelikož se sníží hladina rozpracovanosti a průběžná doba procesu.
- Rychlost – snížení rozpracovanosti má dle Littleova zákona za následek snížení i průběžné doby procesu
- Zlepšení kvality – malá úroveň rozpracovanosti znamená přehledný proces a zrychlení reakcí na vzniklé problémy, u kterých je snaha o co nejrychlejší vyřešení. Klesne možnost vzniku neshodných kusů a dalšího plýtvání.
- Efektivnost – pracuje se jen na tom, co je skutečně potřebné. Materiál se také používá pouze ten, jež se skutečně použít má.
- Snadné řízení – položky, které vstupují do procesu jsou jednoduše pod kontrolou.

3.4.4 Vizuální řízení

Vizuální řízení se zavádí tam, kde může dojít k selhání lidského faktoru. Cílem je řídit pracovníka, aby věděl, kam umístit předměty, učil ho kudy a jak postupovat. Hlavním důvodem pro zavedení je, že se zkracuje čas hledání, zlepšuje se bezpečnost a vzhled pracoviště, což má za následek snížení chybovosti. Je usnadněná kontrola, protože porušení standardu je ihned patrné. Vizuálním prostředkem nejčastěji bývá [25]:

- Systém značek
- Informační nápisy
- Čáry na podlahách
- Barevné rozlišení

3.4.5 Metoda čtyř kroků

Metoda čtyř kroků se soustředí na ušetření času pro seřízení stroje nebo pro výměnu nástroje či jiného příslušenství při přechodu mezi jednotlivými typy výrobku. Je tedy zaměřená na odstranění plýtvání spojeného se změnou. Kratší doba nastavení má spoustu přínosů [3]:

- Zkrácení průběžné doby procesu.
- Redukce velikosti zásob a dávky.
- Zvýšení flexibility a produktivity procesu.
- Redukcí doby nastavení lze lépe reagovat na měnící se požadavky zákazníku.
- Z redukce nastavení je dosaženo úspory, pokud je redukována také velikost dávky.

Jak již název napovídá, metoda se skládá ze čtyř kroků [3, 26]:

- 1. Krok – spočívá ve zdokumentování všech nastavení a činností a jejich rozdělení na:
 - Interní nastavení – musí být provedeno v době, kdy zařízení neběží a je vypnuté, může se jednat například o výměnu nástrojů, příslušenství atd.
 - Externí nastavení – jedná se o činnost, kterou lze provést i za chodu stroje. Jde například o získávání nástrojů nebo příslušenství.

Při prvním kroku by v úvodu měl být vytvořen pracovní list, který bude obsahovat parametry nastavení, časový plán jednotlivých událostí během nastavení a rozdělení událostí na externí a interní. Dokumentování se nejdříve provede při vypnutém stroji na tzv. suchý chod a až následně za provozu. Je také žádoucí vytvořit diagram pohybu pracovníka, aby bylo patrné, jak se musí při nastavování pohybovat a například jestli nemá zbytečně složitou cestu pro nástroj či jiné příslušenství.

- 2. Krok – převod interních činností na externí v případech, kdy je to možné. Zaměření by mělo směřovat na činnost, při které je nutné zastavit proces a zamyslet se, zda musí být vážně zastavený, a jak odstranit toto plýtvání časem. Prostřednictvím brainstormingu se zkoušejí hledat způsoby jako například konvertování interní činnosti na externí. Nabízí se tedy otázka, co udělat, aby měl operátor procesu k dispozici zařízení, informace apod., aniž by musel ukončit činnost přidávající hodnotu.
- 3. Krok – hledají se možnosti, jak zefektivnit interní činnosti, jak každé nastavení, které musí pracovník provádět co nejvíce zefektivnit a urychlit. Zefektivněnost může spočívat třeba v nahrazení matic a šroubů, jejichž neustále povolování a utahování je zdlouhavé, rychloupínacími zařízeními.
- 4. Krok – eliminace dodatečných nastavení a zkušebních chodů. Většinou se provádí po neúspěšném prvním nastavení, může se jednat o dodatečné vystředění součástí a podobně.

3.5 Control – řídit

Řídit je posledním členem cyklu DMAIC. Účelem je zajistit, aby byl stav, který nastal po řadě zlepšujících změn, dlouhodobě udržitelný. Způsob, jak toho dosáhnout, je obsažený ve standardizaci provedených změn, který také obsahuje plán kontrol procesu. Následně je-li vše splněno, může dojít k předání projektu sponzorovi a ukončení projektu [26].

Tato fáze se oproti ostatním tváří jako nedůležitá, opak je ovšem pravdou. Při jejím zanedbání mohou dosažené výsledky z předchozích kroků velmi rychle sklouznout zpět do starých kolejí a celé úsilí projektu tak přijde vniveč. Přestože jdou jednotlivé kroky chronologicky po sobě, může nastat také taková situace, kdy se nedocílí takových výsledků, jak se předpokládalo. Potom bude nutné vrátit se zpět, předefinovat rozsah projektu, provést nová měření apod [4].

3.5.1 Udržitelnost zlepšeného stavu a standardizace

Po objevení správného řešení, jak naložit s problémem následuje řada kroků, které zajistí, že dané řešení po uvedení do provozu bude udrženo a stane se tak novým standardem. Zanedbání dokončovacích kroků může vést k tomu, že i dokonalé řešení se v procesu nezaběhne, tím pádem nedojde k tížené změně. Následovně je vypracovaný projekt ukončený, jenže problém tu je stále, nebo za nějakou dobu se opět vyskytne. Proto i při uzavírání projektu se ujišťuje, zda je jeho zavedená trvale udržitelná. Samotný proces je poté po určitou dobu monitorován, aby se zachytily sebemenší náznaky opětovných problémů, a nedospělo to do výchozího stavu [2].

Aby byl nový stav udržovaný, je třeba provádět kontroly. Ty by měly být v určitém časovém rozmezí opakovány, proto musí být stanovený kontrolní plán. Další důležitou částí je školení, aby každý zaměstnanec věděl, co má změnit, a jak to správně provádět. To se týká jak nových, tak stávajících zaměstnanců.

- Kontrolní plán – v literatuře je možné setkat se také s označením „Diagram řízení procesu“, jedná se o základní nástroj sloužící pro standardizaci a monitorování procesu. Obvykle bývá rozdělený na tři části. První část popisuje nový, optimalizovaný proces formou vývojového diagramu nebo procesní mapy. Druhá část zahrnuje měření, která jsou nutná pro získání dat k hodnocení výkonosti procesu. Poslední část hovoří o opravách v případě výskytu jakýchkoli neshod od požadovaného stavu [27].

Zavedením kontrolního plánu jsou předem stanovené kroky, jak by se mělo postupovat v případě neshod, je tedy jednoznačně dána odpovědnost a jasně stanoveno, kdo co má dělat. Klíčové ukazatele jsou sledovány a jsou na ně přesně dané požadavky, kontrolní plán může také sloužit, jako posudek procesu [27].

Všechny zavedené novinky mají postupně přejít ve standard a stát se tak běžnou součástí procesu. Aby se toho dosáhlo, je dobré udělat řadu kroků. Nejdříve by mělo dojít k aktualizaci procesních map, vývojových diagramů a dokumentaci. Dále je žádoucí vytvořit nové manuály, instrukce, programy, s kterými musí být seznámeni pracovníci. Zaměstnancům musí být změny odůvodněny a vysvětleny, aby je respektovali a také musí dojít k jejich proškolení [28].

4 PŘEDSTAVENÍ FIRMY A VÝROBKU

V této kapitole se nachází stručné představení firmy a vyráběné součástky, kterou se zabývá diplomová práce.

4.1 Profil firmy

Jedná se o nadnárodní společnost, která má pobočky v Evropě, Americe a Asii, mající dlouhou historii v oblasti dodavatele pro automobily, nákladní vozidla, přívěsy, autobusy a speciální vozidla [29].

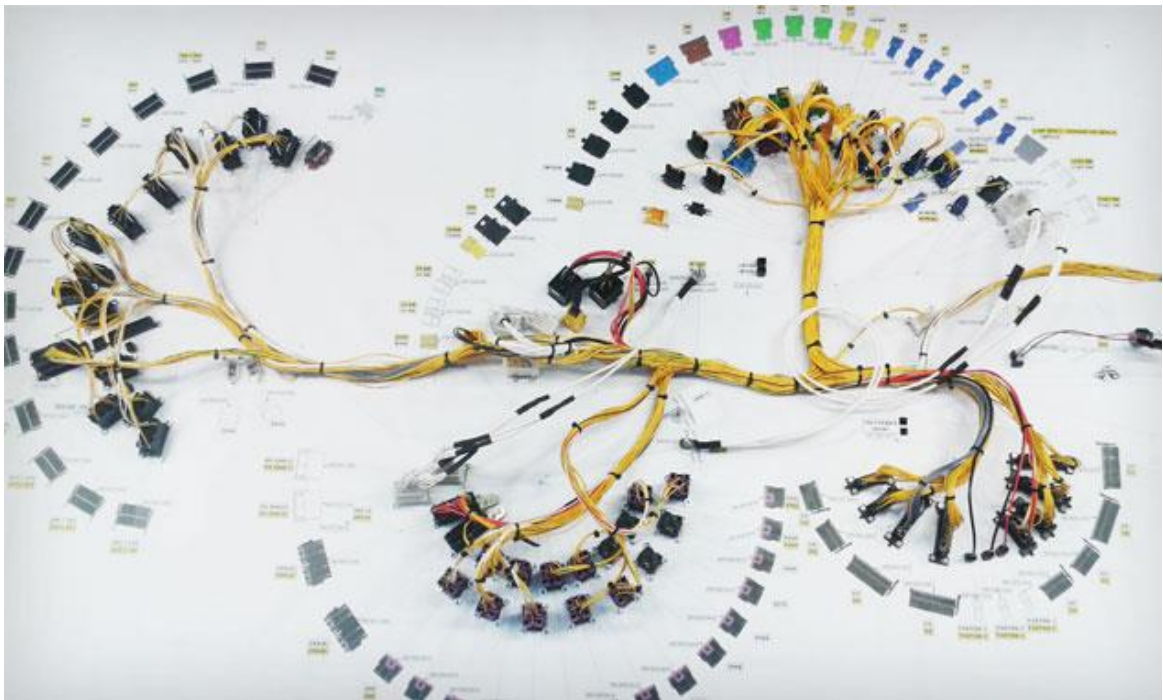
Dělí se na několik různých divizí. Pobočka v České republice zaměstnává asi 100 lidí, kteří se zabývají výrobou produktu pro nákladní vozidla. Jak je možné vidět na následujícím obrázku, portfolio vyráběných produktů tvoří pomocné elektrické přípojky, zástrčky a zásuvky, spojovací boxy a kabelové svazky [29].



Obr. 22 Portfolio výrobků [30].

4.2 Výrobek – kabelový svazek

Výrobek, kterým se zabývá diplomová práce, je kabelový svazek, jenž se používá u nákladních vozidel. Slouží k propojení různých elektronických prvků vozidla mezi sebou. Je sestavený z několika drátů, jejichž konce jsou opatřeny příslušnou koncovkou [31].



Obr. 23 Příklad vyráběné součásti [31].

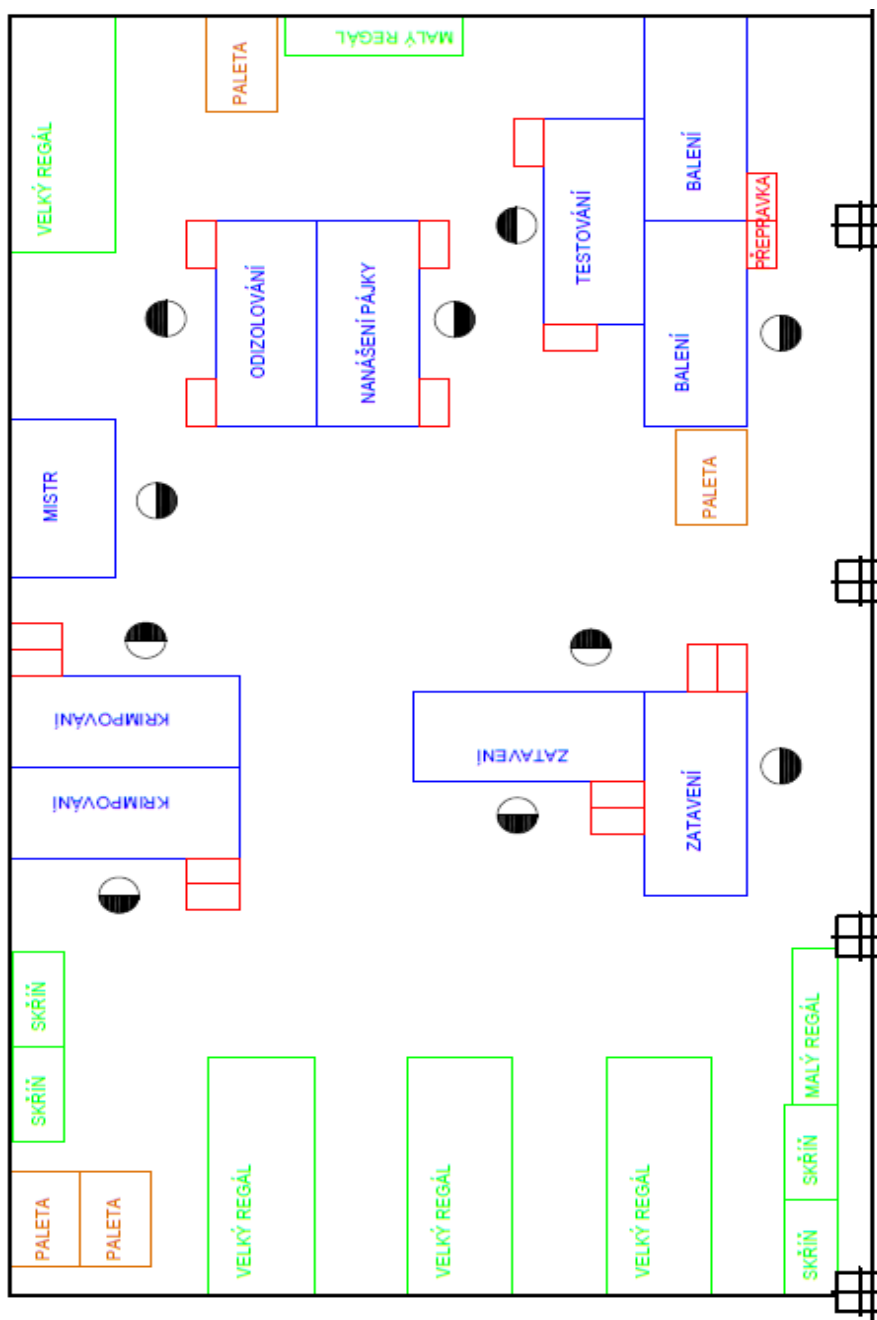
4.3 Popis výrobního postupu

Na pracoviště jsou ve formě hlavních polotovarů dodávány vodiče a konektory. Výroba probíhá na montážní lince v 7 klíčových operacích:

1. Stříhání – vodič je ustřížen v požadované délce pomocí stroje s automatickým odměřováním délky.
2. Odizolování – z konců vodiče je odstraněna izolace
3. Příprava odizolovaných konců drátů pro konektor – na odizolované konce vodičů je nanášena vrstva pájky pro lepší vodivost proudu. Pomocí tohoto kroku je také usnadněná instalace vodiče do konektoru.
4. Krimpování – na konce drátů jsou nasazeny gumičky a nakrimpovány konektory.
5. Zatavení – jednotlivé konektory jsou vloženy do sdružujícího plastového konektoru a zataveny
6. Kontrola – provádí se na specializovaném pracovišti, kde jsou všechny konektory zapojeny a odzkoušena funkčnost.
7. Balení – příprava k expedici spočívá ve smotání a vložení do igelitového pytle.

4.4 Popis pracoviště

Na výrobní lince pracuje celkem 10 pracovníků, kteří vyrábějí 4 500 kusů měsíčně. Rozmístění strojů a jednotlivých pracovišť není úplně ideální, je to způsobeno převážně tím, že od původního návrhu nedocházelo k přestavění, když se koupilo další nebo nějaké modernější zařízení, umístilo se tam, kde bylo místo. Zařízení pro stříhání se nachází na sousedním pracovišti. Podobně se zachází s věcmi, které se již přestaly používat, zůstaly na místě nebo se přesunuly jen do regálu či skříně. Pracoviště také disponuje zbytečně velkým množstvím skladovacího místa v podobě regálů a skříní, čehož zneužívají sousední pracoviště, když potřebují něco uskladnit. Orientační plán pracoviště je na obr. 24.



Obr. 24 Původní plán pracoviště.

5 PRAKTICKÁ ČÁST DMAIC CYKLU

Následující kapitola se zabývá řešeným problémem výroby kabelových svazků. Cíle, postupy a řešení jsou zmíněny v jednotlivých fázích DMAIC cyklu.

5.1 Definovat – praktická část

Jak již zaznělo v teoretické části, jde o první fázi, ve které musí zaznít, proč se vůbec do takového projektu firma pouští a co přinese jeho vyřešení.

5.1.1 Výběr projektu

Firma uzavřela se zákazníkem pětiletou dohodu o dodávání kabelových svazků. Jelikož výrobní kapacity stávající výrobní linky byly dosti vytížené, bylo nutné přijít s něčím, co danou kapacitu zvýší a dokáže ji lépe využít, aby se zvýšila také efektivnost výroby. Zmetkovitost stávající výroby se pohybovala na úrovni 8 %, což byl také důvod ke změně. Aby bylo možné dohodu plnit a došlo k zeštíhlení výroby, rozhodla se firma aplikovat metodu Lean Six Sigma, která je pro daný úkol vhodná.

Sponzor projektu, tedy majitel, se rozhodl na projekt uvolnit 3 milióny korun. Na projektu pracuje 5 hlavních lidí, z čehož je jeden externista, který má zkušenosti s Lean Six Sigma. Ovšem nárazově jsou přizváni specialisté na určité oblasti, případně přímo lidé pracující ve výrobě, kterých se řešený problém týká. Časově je projekt naplánovaný na pět měsíců. Závěrečná úspěšnost projektu bude posuzována dle poklesu neshodných kusů a měsíčního nárůstu vyrobených dílů.

K definování projektu byla vytvořena projektová listina, tedy tab. 2 umístěná na následující straně, která obsahuje základní body projektu.

5.1.2 SIPOC

Pro zachycení nejvýznamnějších kroků byl vytvořen SIPOC diagram.

Tab. 2 SIPOC

Dodavatelé	Vstupy	Proces	Výstupy	Zákazníci
Dodavatelé materiálu	Vodič	Jednotlivé operace jdoucí za sebou od samotného stříhání po přípravu k expedici.	Vytvořený kabelový svazek	Výrobci nákladních vozidel
	Konektor			
Zákazník	Izolace		Neshodné kusy	
	Stroje			
Distributoři energii	Údržba		Odpadní materiál	Prodejci náhradních dílů
	Energie			

Project charter / Projektová listina	
Project name / Název projektu: LSS-výroba svazků	Project type / Typ projektu: DMAIC
Project number / Číslo projektu: 602 74	Department / Oddělení: Montáž
Company / Firma: Strojrenský podnik vyrábějící kabelové svazky	Opportunity statement / Vyjádření příležitosti
Business case / Zdůvodnění projektu	Investice ve výši až 3 mil. Kč; inovace výrobní linky; snížení zmetkovitosti
Zmetkovitost 8%	Nová zakázka – pětiletý kontrakt
Stará nízkokapacitní výrobní linka	Project scope / Rozsah projektu
Nevhodný layout (rozvržení pracovišť a strojů)	Změna layoutu pro montážní linku konektorů, nové stroje
Delší výrobní časy	Metriky – KPI
Goat statement / Stanovení cíle	Procesní chybovost – KPI 1
Snížení zmetkovitosti na 3 %	Časy procesních operací KPI 2
Zvýšení kapacity o 25 % ze stávajících 4 500 ks	Počet vyrobených kusů měsíčně
Snížení poměru pracovnik vs. Počet vyrobených kusů	Team / Tým
Project plan / Projektový plán	Současná / cílová úroveň KPI
Definovat	Role
Měřit	Jméno
Analyzovat	Sponzor: Majitel závodu
Zlepšit	MBB/BB: Ing. Jakub C.
Řídit	Vedoucí: Ing. Petr D.
	Členové: Bc. Petra K.
	David P.
	Jan N.
Začátek projektu	Plánovaný konec projektu
04.02.2019	31.07.2019
	KPI 1 8 % / 3 %
	KPI 2 7 min / 4,5 min
	KPI 3 4 500 / 5 000

Obr. 25 Projektová listina – praktická část.

5.1.3 Hlas zákazníka

Prostřednictvím hlasu zákazníka je získána představa o jeho přáních, společnosti to tedy přináší podněty, kterými se má zabývat. Z pohledu druhu zákazníka se v tomto případě jedná o externího, jelikož daný výrobek putuje k němu a není dále zpracováván v prostorách firmy.

Data jsou sbírána převážně pasivním způsobem, tedy informace se obdrží bez vytvoření nějakého úsilí, a to prostřednictvím reklamací či obdobných stížností. Z pohledu aktivního sběru dat se podnik nezabývá oslofováním zákazníků čistě za účelem získání těchto informací, pouze v případech jednání, například o nových dlouhodobých zakázkách se snaží zjistit nejen nutnosti, ale také potěšení (viz Kamo model v teoretické části), aby byl zákazník co nejvíce spokojený.

Jelikož zákazníkem jsou především automobilové společnosti, což je dosti specifické odvětví z hlediska potřeb, je zde ještě větší nutnost než v jiných odvětvích dodržovat termíny zakázek. Automobilky často využívají zásobování stylem Just-in-time, což lze volně přeložit jako „právě včas“. Jako nutnost se tedy považuje dodržet termín a dodat zboží v potřebné kvalitě. Každý výrobek prochází vizuální kontrolou a testováním. Nejedná se ani o žádnou křehkou nebo snadno rozbítelnou věc, která by se mohla poškodit při transportu. Prakticky se tedy nestává, že by zákazník obdržel nefunkční nebo porušený výrobek. Takové výrobky jsou zjištěny a zajištěny ještě ve výrobních prostorách. Největší riziko chyby zde je, že svazek bude opatřený nesprávným konektorem, což by mohla kontrola přehlédnout, jelikož po ostatních stránkách bude funkční. Jako potěšení může být považováno pružné reagování na případné změny a vstřícné jednání.

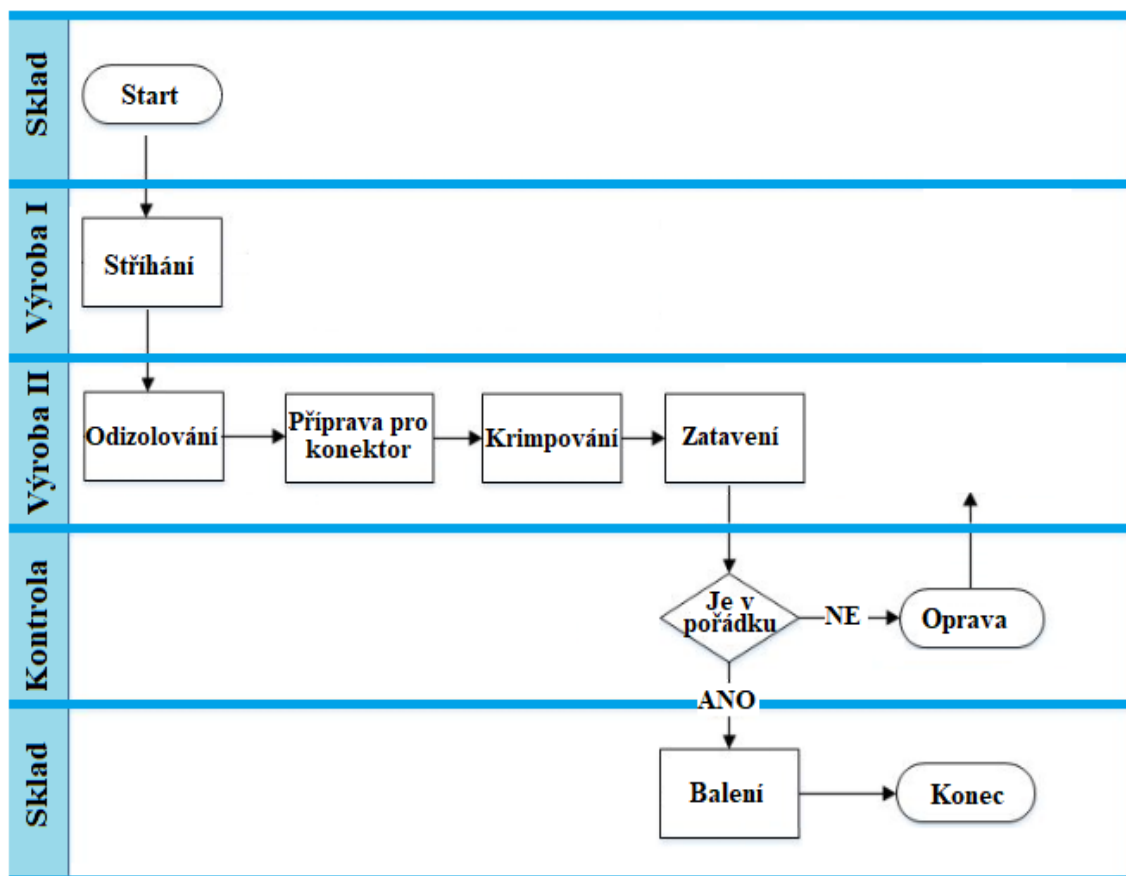
Obecné potřeby zákazníka jsou tedy známé, aby mohlo být sledováno jejich plnění, je nutné je interpretovat na měřitelné parametry. Tím hlavním měřitelným parametrem je z hlediska vysokých nároku na včasné dodání čas. Dalším měřitelným parametrem je počet reklamovaných kusů.

5.2 Měření – praktická část

Tato část je zaměřená, pokud možno, na získání co nejvíce informací. Na základě nasbíraných dat se vyvozují důsledky ohledně výkonnosti a chybovosti procesu. Data musí být vhodně zpracována, jejich následná vizualizace umožňuje snadnější pochopení a odhalení problémů.

5.2.1 Mapování procesu

Aby došlo k získání co nejvěrohodnějších představy o tom, jak daný proces vážně funguje, bylo sledováno samotné dění přímo na hale. S lidmi, kteří pracují na jednotlivých procesech se vedly rozhovory ve snaze zjistit jejich názory a připomínky ke stávajícímu procesu, případně samotné náměty, jak by bylo vhodné nedostatky odstranit. Při mapování procesu hrají největší roli jednotlivé časy. Pro zachycení nejvěrohodnějších údajů probíhalo stopování v reálném provozu. Dalším důležitým zkoumaným faktorem byla chybovost. Proces obsahuje pouze závěrečnou kontrolu, kterou provádí pouze jeden pracovník na směně. Pro zachycení jednotlivých operací byl vytvořen diagram plaveckých drah, který zaznamenává také pracoviště, kde jednotlivé operace probíhají.



Obr. 26 Plavecké dráhy.

V diagramu plaveckých drah byla výroba rozdělena na dvě „plavecké dráhy“, jelikož operace stříhání probíhá v sousední výrobní buňce. Je dobré si také povšimnout, že v dráze kontrola, pokud není výrobek v pořádku, následuje oprava a ne konec. V drtivém případě odhalení nesrovnalostí se jedná o opravitelné vady. Výrobek je označený cedulkou, kde je definováno, o jaký problém se jedná a je poslán zpět o plaveckou dráhu výš, jak naznačuje šipka, kde dojde k odstranění vady.

5.2.2 Plán sběru dat

Jak již bylo zmíněno v projektové listině, plán fáze měřit má stanovenou délku 6 týdnů. Po tuto dobu byly zaznamenány časy jednotlivých operací a také doby čekání, aby mohla být stanovena průběžná doba výroby. Jedná se o spojitou veličinu, jelikož čas může nabývat jakýchkoli hodnot v daném intervalu. Měření prováděly tři náležitě poučené osoby, aby byla vyloučená chybovost jednoho člověka. Měření probíhalo několikrát po sobě v náhodných intervalech. Jelikož podnik pracuje na dvě směny, byl proveden stejný počet měření na ranní i odpolední směně, aby se zjistilo, jestli má směnnost vliv na rychlost práce. Provedlo se 6 měření na každé směně v dostatečných časových rozmezích, přičemž se došlo k závěru, že daný počet měření stačí

Druhým měřeným parametrem byl počet neshodných kusů zjištěný při kontrole. Každý výrobek prochází vizuální kontrolou a testováním funkčnosti prostřednictvím

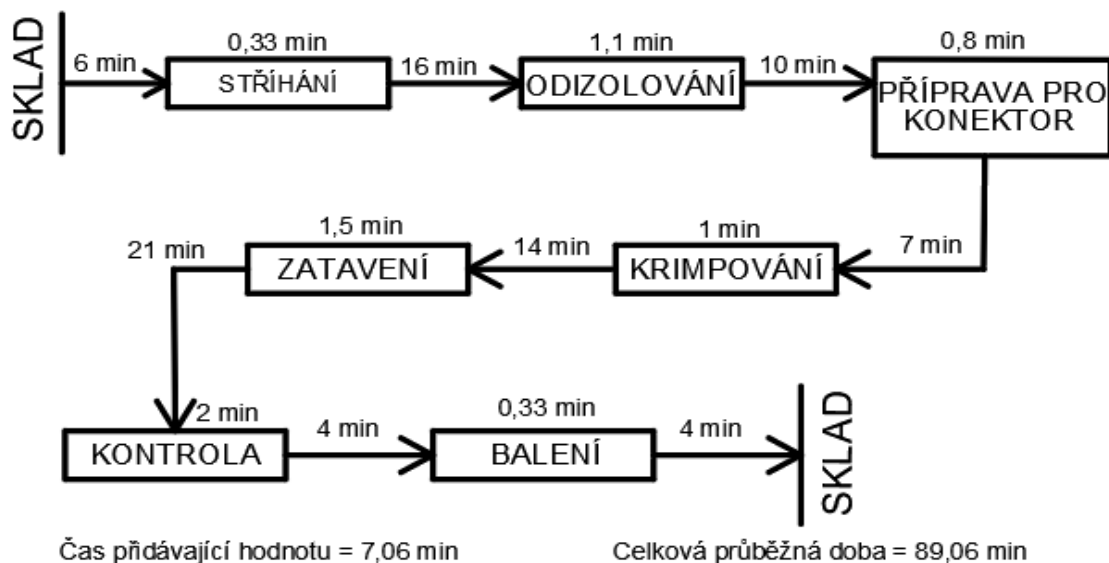
testovací stolice. Kontrolní pracovníci zaznamenávali počet neshodných kusů a také druh vyskytující se chyby. V tomto případě jde naopak o diskrétní veličinu. Pro záznam dat byla vytvořena jednoduchá tabulka, její krátká verze viz tab. 3.

Tab. 3 Záznamový arch.

Jméno:				
Datum:				
Počet neshodných kusů	Druh vady			
	Izolace	Krimp	Konektor	Jiné
1	✗			
...				

Aby nedocházelo ke zbytečnému obtěžování pracovníka přehnaným papírováním, napíše do tabulky pouze na začátku směny své jméno a datum. V případě, že objeví nějakou vadu na výrobku, zatrhne pole, kde jsou vypsány obvyklé vady, v případě jiné vady napíše její druh do kolonky.

5.2.3 Zachycení naměřených časů



Obr. 27 Časy jednotlivých operací.

Na obr. 26 je znázorněn průběh, jak se vytváří výrobek. Obdélníky znázorňují jednotlivé operace, při kterých je na výrobek přidávána hodnota. V blízkosti jednotlivých obdélníků je znázorněn čas jednotlivé operace. Samotné obdélníky jsou propojeny šipkami, které představují přemísťování mezi jednotlivými operacemi. Čas u nich uvedený neznamená pouze čas transportu, ale také dobu čekání.

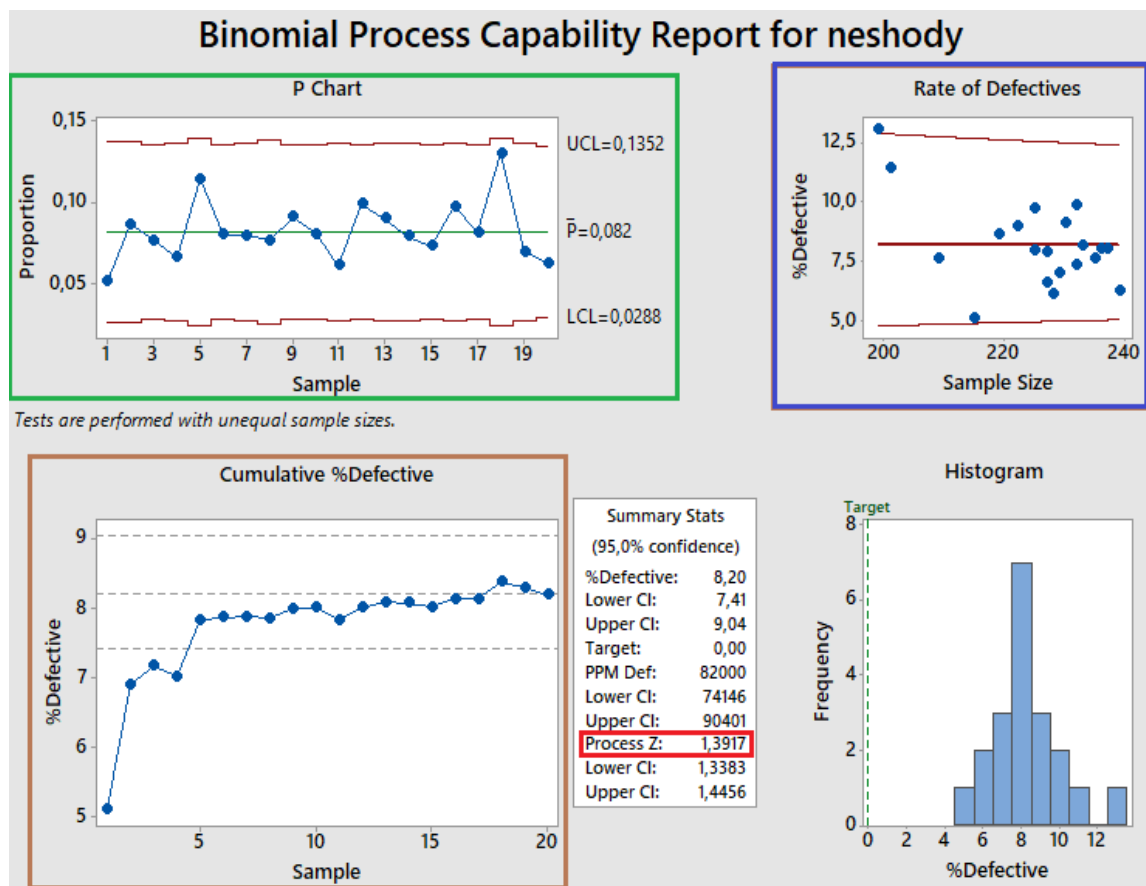
$$\text{Účinnost cyklu procesu} = \frac{\text{Čas s přidanou hodnotou}}{\text{Celková průběžná doba}} \cdot 100 \% =$$

$$\frac{7,06}{89,06} \cdot 100 \% = 7,93 \%$$

Je nutné zmínit, že jednotlivé časy představují průměrnou hodnotu práce nebo čekání. Dle daných časů lze lehce dopočítat, že čas přidávající hodnotu na výrobku tvoří cca 8 % celkového času od uvolnění ze skladu do výroby po odvedení finálního výrobku na sklad. Dané čekání způsobuje vysoký stupeň rozpracovanosti, není to nikterak překvapivé číslo, jelikož je úplně běžné, že více jak 90 % průběžné doby výroby je tvořeno právě časy nepřidávajícími hodnotu.

5.2.4 Způsobilost procesu

V tomto případě je nutné pro určení způsobilosti použít tzv. binomickou způsobilost. Při tomto druhu způsobilosti se sleduje pouze počet vadných kusů z celkového množství. Předpokládá se tedy, že data mají binomické rozdělení pravděpodobnosti, výsledek jevu je dobrý nebo špatný, pravděpodobnost vzniku defektu je stejná pro každý kus a jednotlivé výsledky jsou navzájem nezávislé.



Obr. 28 Způsobilost procesu.

Popis obr. 27:

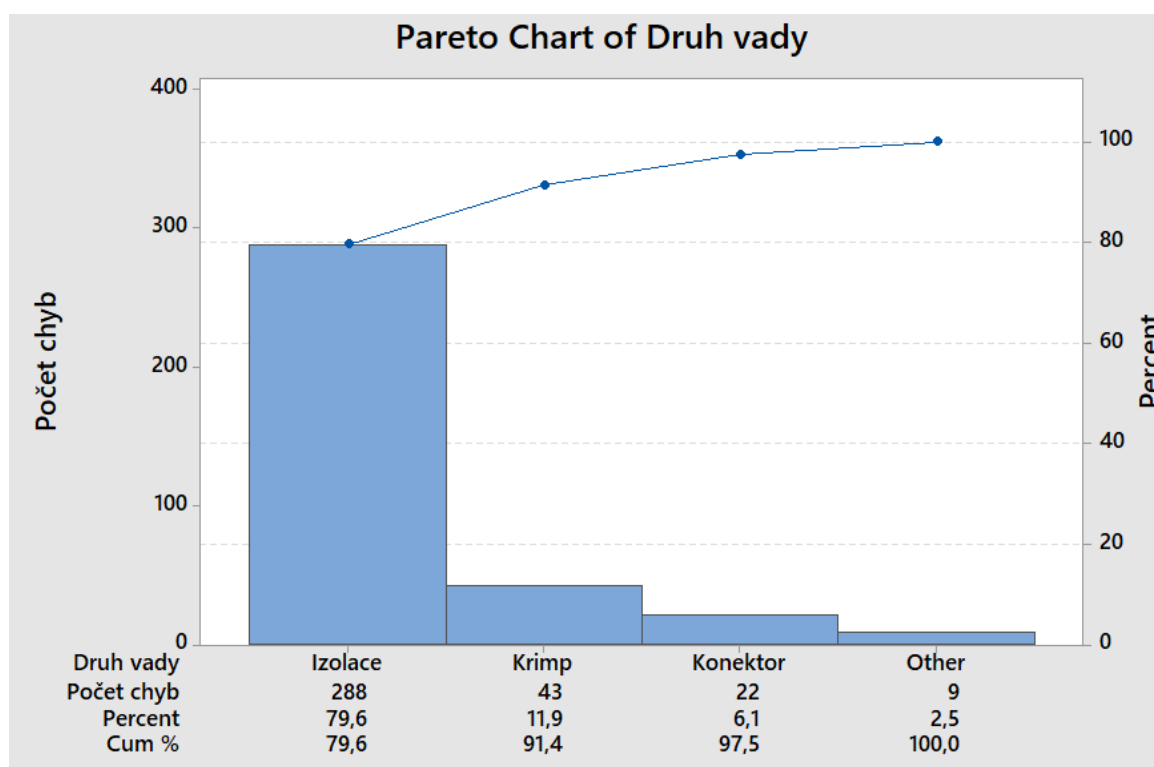
- Zelený rámeček představuje P-diagram, z kterého je patrné, že všechny body se nachází mezi hranicemi UCL a LCL, proces je tedy stabilní
- Modrý rámeček ohraničuje diagram, který ověřuje, že procento neshodných kusů není ovlivněno velikostí kontrolované dávky.

- V hnědém ohraničení se nachází diagram, jehož úkolem je ověřit, zda bylo posbíráno dostatečné množství dat. Konvergují-li data k hodnotě %Defective je odhad parametrů stabilní.
- Hodnota v červeném rámečku Process Z = 1,39 je sigma úrovní binárního procesu.

Sigma procesu je 1,39, je to menší hodnota než požadovaná 2. Proces by se měl prověřit a zlepšit.

5.2.5 Odhalené chyby při kontrole

Pro zachycení chyb, které byly objeveny při kontrole, byl použit Paretův diagram. Je z něj jasně vidět, že nejvíce chyb vzniká z důvodů izolace, a to bezmála 80 %, což měsíčně činí přibližně 290 případů. Izolace je odstraněná ve špatné délce nebo je jinak porušena. Ve fázi zlepšit bude nutné se na tento problém zaměřit a pokusit se jej odstranit.



Obr. 29 Paretův graf – druh vady.

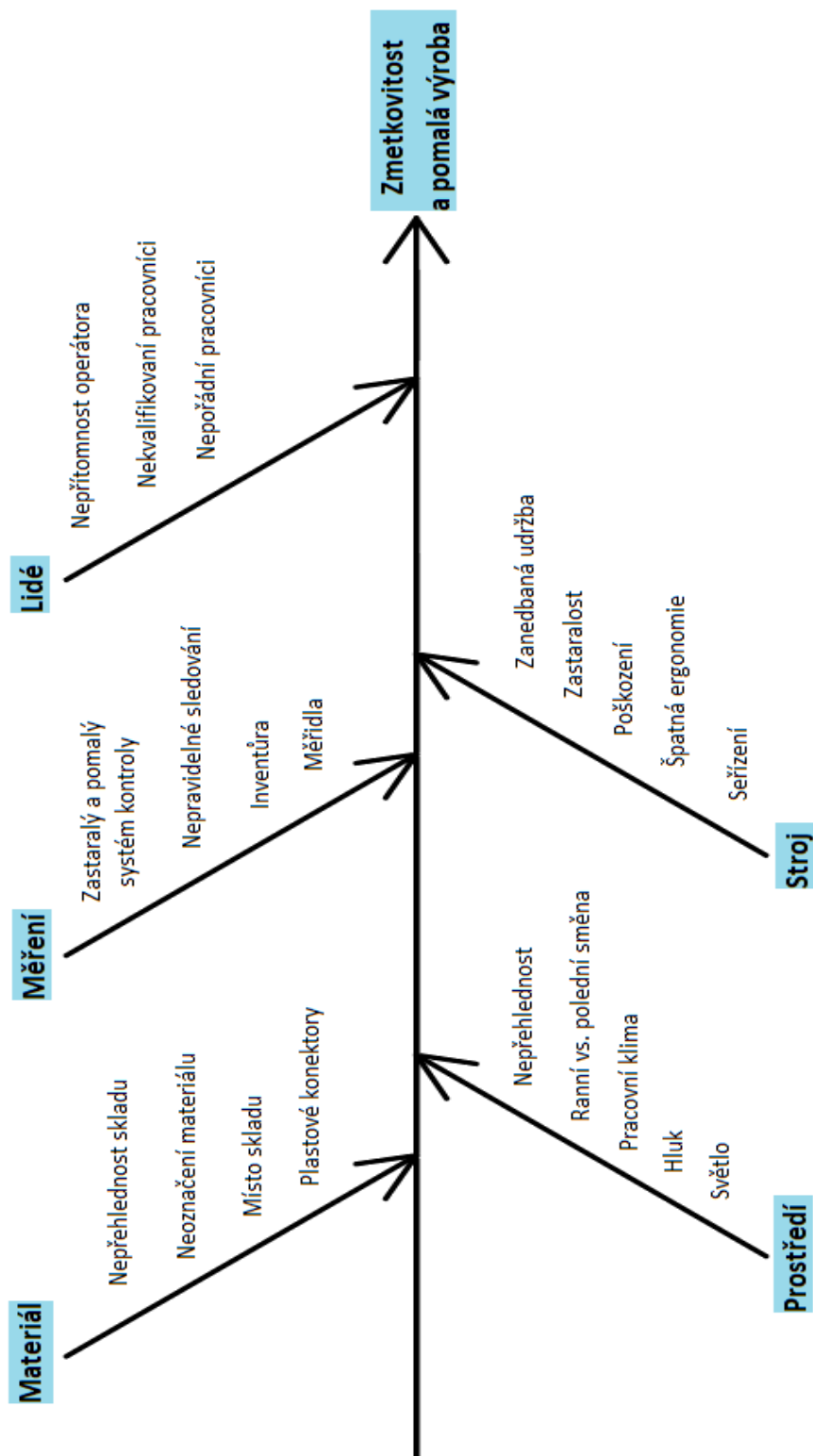
5.3 Analyzování – praktická část

Část analyzování logicky následuje po předchozím měření. Úkolem je interpretovat nasbírané údaje na jejich základě vyvodit důsledky.

5.3.1 Diagram příčin a následků

Prostřednictvím brainstormingu došlo k sepsání možných příčin, proč se při výrobě dosahuje takové chybovosti. Současně se také hledaly možnosti, kde ušetřit čas nebo co by

šlo dělat lépe ve výrobním cyklu. Z nasbíraných postřehů byl vytvořený diagram příčin a následku viz obr. 28.

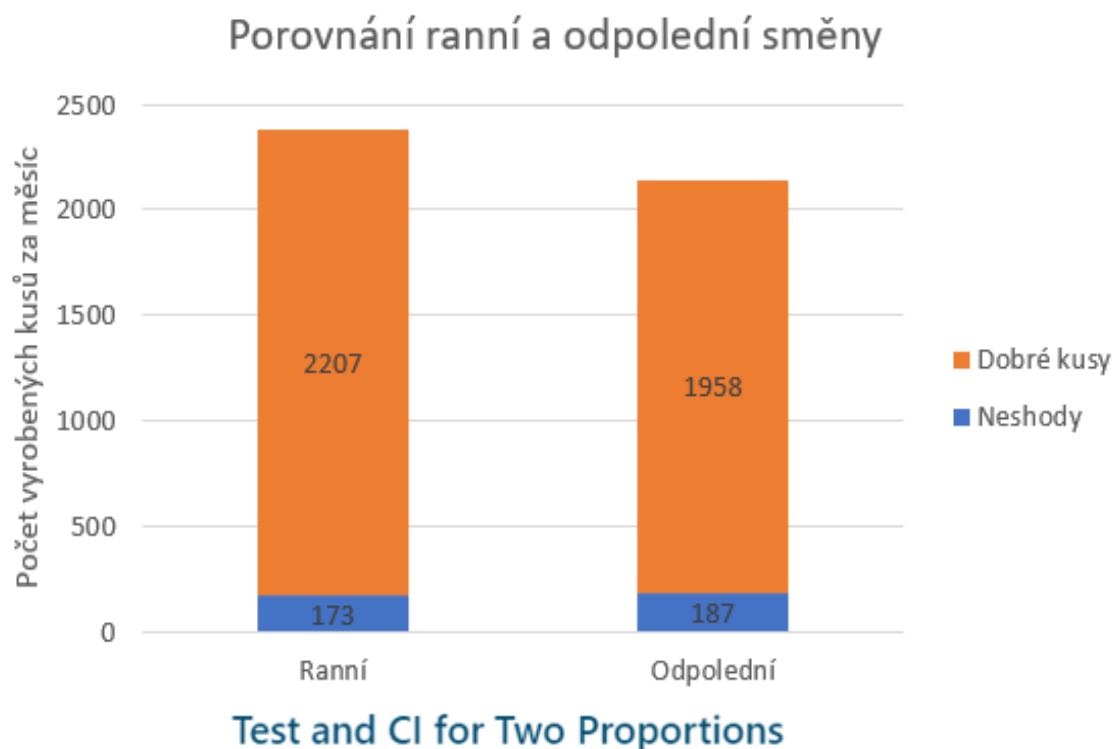


Obr. 30 Diagram příčin a následků – praktická část.

- **Materiál** – z hlediska materiálu je největší problém ve skladování. Společný sklad i pro ostatní výrobní buňky je často chaotický, zaměstnanci nevracejí věci na své místo. Zásobování funguje dobře, nestává se, aby se určitá operace nuceně zastavila z nedostatku vstupního materiálu. Kvalita vstupních materiálů od dodavatelů je na dobré úrovni, ojediněle se vyskytne problém s plastovými konektory, které jsou prasklé nebo jinak poškozené. Nejedná se o častý problém a vzhledem k jejich ceně nemá smysl se tím zabývat.
- **Měření** – samotné měření při kontrole je zastaralé. Probíhá pomocí dřevěného přípravku, do kterého jsou přišroubovány jednotlivé konektory, a měřicího přístroje. Je nutné také nakoupit nová měřidla. Další problém je v nepravidelném sledování stavu zakázek. Často se stává, že se se sledováním průběhu začne, až se blíží termín, do kterého má být zakázka hotová, a pak se přijde na to, že se nestihá, přičemž by tomu šlo zabránit pravidelnějším monitorováním. Konané inventury ruší řadu pracovníků od jejich běžné práce, jelikož se musí zabývat činnostmi spojenými s inventarizací.
- **Lidé** – nepřítomnost operátora představuje největší problém v případě, že se na směnu nedostaví bez předchozího nahlášení nadřízenému. Dochází tak ke značným prostojům. Z hlediska pracovníka je dalším problémem nekvalifikovanost. Jelikož se nejedná o moc záživnou práci, dochází k celkem velké obměně pracovníků. Následně je nutné nové zaměstnance zaškolovat, také vzhledem k aktuální situaci na trhu práce si nelze zaměstnance úplně vybírat. Řada výrobních zaměstnanců je nepořádných nebo dávají věci potřebné k činnosti na místo, které vyhovuje jim, což je problém při střídání směny, kde další pracovník si upraví pracoviště zase podle sebe nebo zbytečně některé věci hledá.
- **Prostředí** – prvním bodem v sekci prostředí je nepřehlednost prostředí. Přepravky na výrobky či palety a další věci nemají vyhrazené přesně své místo. Důsledkem toho vzniká při přesunu rozměrnějších věcí problém, jelikož neuspořádané věci zavazí. Vlivem nepřehlednosti může také docházet ke zbytečným úrazům pracovníka, ve smyslu, že o něco zakopnou a podobně. Dalším faktorem je směnnost, každému pracovníkovi vyhovuje jiná doba práce, což se odráží na jeho pozornosti a výkonech. Obecně platí, že odpolední směny jsou proti těm ranním méně výkonné a produkují větší počet chybných výrobků. Zda tomu je tak i v tomto případě bude řešeno dále. Pracovníci provádí úkony při normálních teplotách, asi na úrovni pokojové, ani pracoviště kontroly nevyžaduje žádnou specifickou pracovní teplotu. Stroje vydávají stereotypní cvakavý zvuk, samotný zvuk není hlasitý, spíše to stereotypní opakování může působit nepříjemně pro ostatní. Pracoviště kontroly vyžaduje lepší osvětlení, z důvodu vizuální kontroly.
- **Stroj** – v případě některých strojů, hlavně těch starších, se objevuje zanedbaná údržba a seřízení. Příkladem je stroj na odizolování, jehož horší stav se podepisuje na zmetkovitosti. V řadě případů si pracovníci stěžovali na ergonomii a uspořádání pracoviště, kde se musí různě natahovat, ohýbat apod., což má vliv na jejich zdraví a pracovní výkonnost.

5.3.2 Testování hypotéz

Testování hypotézy, zda má směna vliv na počet zmetků. Vstupní data jsou uvedena níže v obr. 30.



Method

p_1 : proportion where Sample 1 = Event
 p_2 : proportion where Sample 2 = Event
 Difference: $p_1 - p_2$

Estimation for Difference

Difference	95% CI for Difference
-0,0144904	(-0,030343; 0,001362)

CI based on normal approximation

Descriptive Statistics

Sample	N	Event	Sample p
Sample 1	2380	173	0,072689
Sample 2	2145	187	0,087179

Test

Null hypothesis	$H_0: p_1 - p_2 = 0$	
Alternative hypothesis	$H_1: p_1 - p_2 \neq 0$	
Method	Z-Value	P-Value
Normal approximation	-1,79	0,073
Fisher's exact		0,078

Obr. 31 Porovnání ranní a odpolední směny.

Na první pohled se zdá, že je mezi směnami rozdíl, zda je významný se určí pomocí P-hodnoty. P-hodnota vyšla 0,073, tedy $0,073 > 0,05$, z čehož plyne, že hypotéza H_0 na hladině významnosti 5 % se nezamítá a považuje se za pravdivou, tedy mezi ranní a odpolední směnou není statisticky významný rozdíl.

5.4 Zlepšit – praktická část

Jde o předposlední fázi, ve které je úkolem udělat takové činnosti, které povedou ke splnění cílů, jenž byly stanoveny v úvodní fázi. Pro dosažení cílů bude použita metoda štíhlé výroby nebo jejich kombinace. Dále bude zpracován nový návrh pracoviště s rozmístěním strojů a také bude zvažováno pořízení nových zařízení.

5.4.1 5S

5S se jeví jako velice vhodná technika štíhlé výroby pro tento případ. Po jednotlivých pracovištích se povalují věci, přičemž řada z nich je nepotřebná. Jsou neorganizována a nepřehledná, což přispívá jak ke zvýšené zmetkovitosti, tak i pomalejší výrobě, navíc to může vést i k nehodám čili poškození stroje nebo úrazu pracovníka. Jak již bylo řečeno v teoretické části, metoda je založena na pěti krocích:

- Seiri – Sort – Vytrídít – samotní pracovníci dostali úkol, aby svá pracovní místa upravili dle pokynů. Nutné věci, které používají každý den, musí zůstat zachovány a být co nejlépe dostupné. Věci, které používají nepravidelně, umístit do pozadí, aby nezavazely těm často používaným. Na závěr nepotřebné věci, které se postupem času nahromadily, odstranit z pracoviště. V případě, že se jedná o cenné věci nebo je možné jejich potencionální využití v budoucnu, tak je přesunout do hlavního skladu na určené místo, v opačném případě je vyhodit. Příklad, jak pracoviště vypadalo před úpravou a po ní, je znázorněn na obr. 31.

Předtím



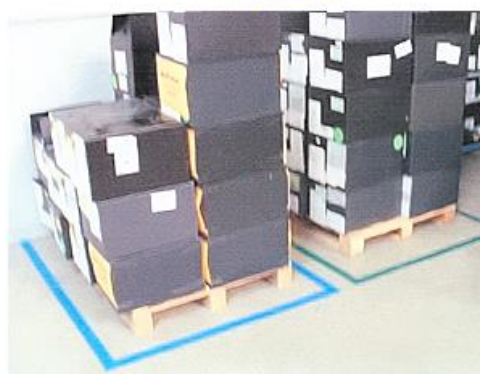
Potom



Obr. 32 Vytrídít.

- Seiton – Set in order – Uspořádat – po prvním kroku zůstaly na pracovištích jen potřebné věci, které je teď nutné vhodně uspořádat. Aby se zabránilo navracení se do dřívějšího chaotického stavu, byly použity vizualizační prvky, jak lze vidět na obr. 32, a to jak pro pracoviště, tak také například pro skladovací místa, kde je umístěná paleta apod.

Zavedlo se pravidlo, že na každé přepravce, uvnitř které je rozpracovaná výroba nebo materiál, bude přilepený štítek s informacemi. Dříve samozřejmě byly přepravky také označovány, ale způsobem, kdy do nich byl vložený papír, takže se občas stávalo, že papír někde vypadl nebo byl zaházený vodiči. To také sťažovalo hledání ve skladu, kde pracovník musel bednu povytáhnout z regálu, aby se podíval na papír, co je uvnitř.

**Předtím****Potom**

Obr. 33 Uspořádat.

- Seiso – Shine – udržet pořádek (lesk) – aby bylo možné dosahovat lepších výsledků, musí být pracoviště uklizená a čistá. Čisté pracoviště má zásadní vliv na bezpečnost práce, jakási prevence před úrazy a také před poškozením zařízení. Proto byl vypracovaný úklidový harmonogram a bylo určeno, kdo nese zodpovědnost za jeho dodržení. Každý pracovník je povinen na konci směny uvést své pracoviště do původního uklizeného stavu. V případě, že tak neučiní, mistr si jej zaznamená a při opakovaných problémech budou vyvozovány důsledky. Společné prostory a prostory cest mají na starosti uklízečky, které mají takový harmonogram vytvořený už z dřívějška.

Aby bylo možné čistotu udržovat, bylo nutné lépe uspořádat a modernizovat místa určené pro odpadky a uklízení náčiní. Staré popelnice na igelitový pytel a koště opřené o vedlejší pracoviště byly nahrazeny samostatně stojícími jednotkami, které obsahují odpadkový koš i košťata a další uklízení pomůcky.



Obr. 34 Udržet pořádek.

- Seiketsu – Standardizace – z důvodu udržitelnosti předchozích třech činností a zajištění, aby dané činnosti byly prováděny správně, se provedlo několik opatření. Prvním z nich bylo, že ke každému stroji byla přiložena kopie manuálu, jak s ním správně zacházet. Řada pracovišť byla vybavena tabulemi, na které si mohou pracovníci dělat poznámky a umísťovat na ně příkazy, aby je měli stále na očích a mohli se jimi řídit.
- Shitsuke – Sustain – Udržet a zlepšovat – v současné době je zatím proces v průběhu zavádění změn. Kontroly jsou tedy plánovány předběžně do budoucna, jakým způsobem by je bylo nejlépe aplikovat. Po zavedení se počítá s intenzivním kontrolováním, jelikož je to pro pracovníky změna a chvíli bude trvat, než si nový způsob práce osvojí a může se lehce stát, že budou mít tendenci vracet se k původnímu zažitému stylu. Takové případy je třeba co nejdříve podchytit.

Je také možné, že přijdou nápady na další změny, jež přinesou usnadnění a zrychlení práce. Nebo se také zjistí, že změna je horší, než to bylo předtím a bude nutné vymyslet nápravu.

5.4.2 Návrh zlepšení

Jak již zaznělo dříve, ve výrobě se nachází některé stroje vyžadující opravu, modernizaci či razantní obměnu. Při návrhu na samotné projektové listině se nemluví jen o nových strojích, ale také o změně rozmístění jednotlivých pracovišť na hale.

Může se tedy zdát nelogické, že prvním krokem ve fázi zlepšit je zavedení metody 5S do dosavadního uspořádání pracovišť a strojů. Ovšem bylo tak rozhodnuto, protože schvalování nákupu nových strojů, následovné vytvoření jejich specifikované poptávky, samotná koupě a dodání zabere více času, než se původně plánovalo. Navíc aplikací metody 5S nejde skoro nic zkazit, jelikož nevyžaduje žádné větší investice a je převážně založená na tom naučit pracovníky lépe vykonávat činnost. Zároveň bude také jednodušší provést přesun pracovišť, jelikož z nich již budou odstraněny nepotřebné věci, budou ucelená a uspořádaná. Vedení to přinese také zpětnou vazbu, jak se projeví samotné zavedení této metody, na počtech vyrobených kusů a neshod.

V tomto návrhu budou tedy vybrány stroje, které je třeba obměnit a bude navrhována jejich náhrada. Po výběru těchto strojů bude v další podkapitole vyhotoven návrh nového rozmístění pracovišť. Náklady na pořízení těchto strojů obsahuje kapitola 6 Ekonomické zhodnocení.

Návrh nových strojů:

- Prvním návrhem na pořízení stroje je stroj, který dokáže skloubit dvě činnosti, a to stříhání a odizolování. Došlo by tak k vyřešení dvou problémů najednou, protože stříhání doposud probíhá ve vedlejší buňce a druhým kladem by bylo zbavení se starého odizolovacího stroje, který způsoboval velký počet neshod.

Schleuniger PowerStrip 9550

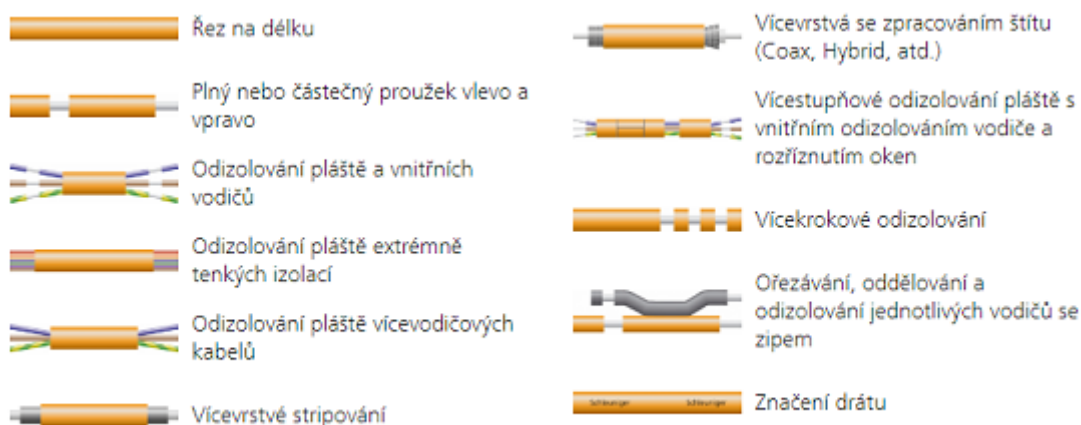
Jde o zařízení, které se vyznačuje velkou přesností, výkonem. Skládá se z modulární konstrukce, což nabízí široké spektrum přizpůsobení, aby došlo k naplnění přání zákazníku, což znamená moudrou investici, jelikož se dokáže přizpůsobit dnešním i budoucím potřebám [32].



Obr. 35 Stříhací a odizolovací stroj [33].

Hlavní charakteristiky stroje jsou [32]:

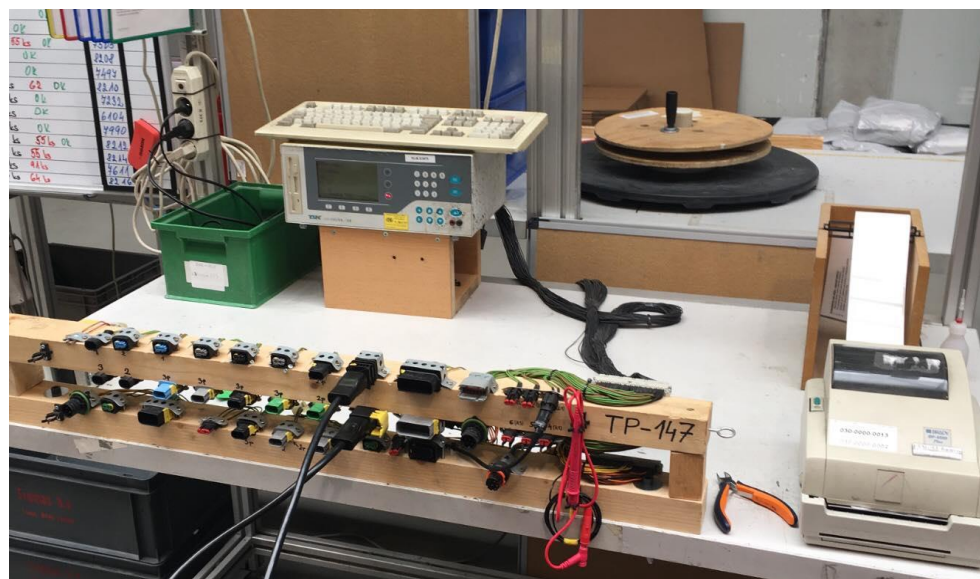
- Modulární architektura nabízející vysokou flexibilitu.
- Široká škála aplikací.
- Snadné programování a intuitivní ovládnání 10“ dotykovým displejem.
- Vysoká přesnost a rychlost výroby.
- Široká škála rozhraní a periférii.



Obr. 36 Možnosti zpracování [32].

Jelikož je stroj automatizovaný, postačuje k jeho ovládnání jeden pracovník, další informace o stroji jsou uvedeny v příloze 2.

- Další pracoviště, kde jsou třeba udělat radikální změny, je oddělení kvality. Kde již při prvním pohledu na obr. 37 je jasné, že by si dané pracoviště zasloužilo modernizaci.



Obr. 37 Současná kontrola kvality

V tomto případě, jelikož se jedná o kabelový svazek do nákladních automobilů, kde je 24 V soustava, je nutné vybírat z nízkonapěťových testerů kabelů / kabelových svazků.

Cirris CR – nízkonapěťový tester kabelů / kabelových svazků

Jedná se o tester, který bude doplněn o počítač či notebook s příslušným programovým vybavením. Přednosti tohoto modelu jsou [34]:

- Kompaktnost
- Schopnost rychlého nízkonapěťového testování
- Nízké náklady a zároveň vysoká efektivita
- Rychle vytváření testovacích programů
- Testy přizpůsobeny dle zákazníka
- Možnost rozšíření pro velké svazky až do 32 000 bodů (256 bodů/box)
- Rychle oznámení – grafické i zvukové upozornění na chyby

Pracoviště bude vybaveno novým testovacím pultem, který bude ergonomický pro obsluhu, a také lepším osvětlením. Předpokládá se dvoutřetinová úspora času proti stávajícímu způsobu testování.

- Posledním pracovištěm, kde se nachází úzké místo, je pracoviště, kde probíhá zatavení koncovky a zapouzdrnění jednotlivých vodičů, jako jejich ochrana před jejich poškozením, vlhkostí a dalšími nečistotami z okolí. Je tedy nutné je dovybavit o další stroj, jako vhodný se jeví:

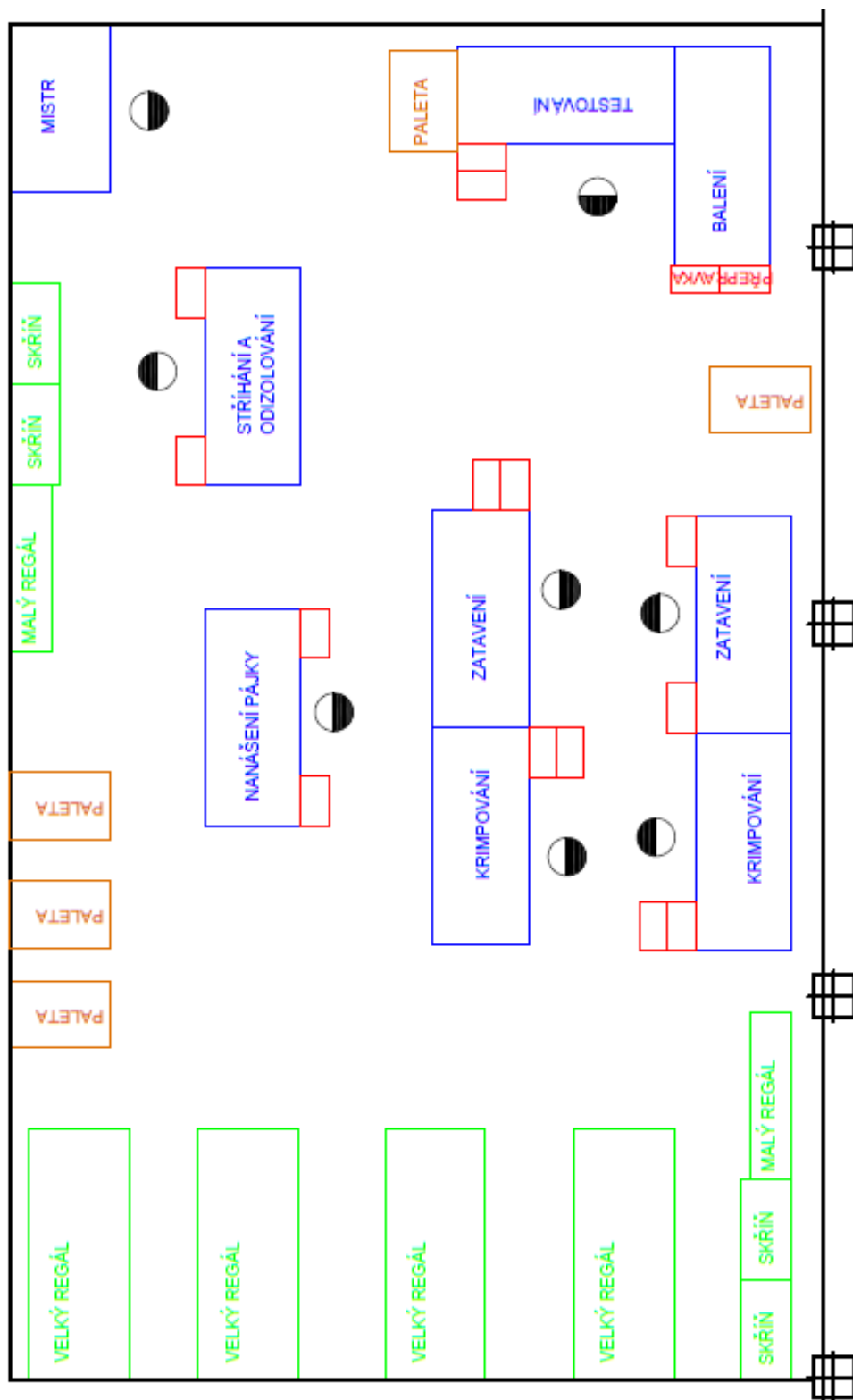
Optimel OM 755

Tento model v sobě ukrývá kompaktní design, komfortní ovládání a velkou flexibilitu. Lze sestavit z různých komponent a jejich kombinací, dle požadavku zákazníka. Tavná jednotka zahrnuje dvojitě pístové čerpadlo, což umožňuje optimální zpracování malých a středních hmotností. Upínací síla je až 12 kN, formovací plocha je určena pro výrobky do 3 000 mm². Řízení probíhá prostřednictvím systému Siemens S7-1200 vybaveným dotykovým panelem, což přináší komfortní a jednoduché ovládání [35].



Obr. 38 Zatavovací stroj [35]

5.4.3 Návrh nového plánu pracoviště



Obr. 39 Nový layout

V návrhu nového layoutu je třeba si povšimnout, že nyní na výrobní lince pracuje 8 pracovníků, což je v porovnání s výchozím stavem o 2 méně. Je to dáno díky novému automatizovanému stříhacímu a odizolovávajícímu stroji a také díky modernizované kontrole, kdy pracovník kontroly prověří výrobek a současně jej připraví k expedici. Do nového návrhu byly zakomponovány nově nakoupené stroje a pracoviště bylo upraveno podle 5S metodiky.

5.5 Řídit – praktická část

Řídit je závěrečnou částí projektu, jejímž hlavním úkolem je, aby stav dosažený díky předchozím zlepšením byl trvale udržen. Podcenění této fáze může vést k opětovnému vrácení se do předešlé situace, která byla před zahájením projektu. Může také nastat situace, kdy se zjistí, že cílů nepůjde dosáhnout, v takovém případě bude třeba se vrátit zpět a například změnit rozsah projektu nebo provést nový měření a podobně.

Samotný projekt se v současnosti nachází na počátku této fáze, je tedy příliš brzy na jakékoliv závěry, ovšem již po krátkém testovacím provozu jde vidět citelné zlepšení a vše nasvědčuje tomu, že se projekt zdařil a očekávané cíle budou dosažitelné.

Mohlo by se zdát, že po uplynutí této poslední fáze je konec, konec bude, ale pouze pro projekt samotný. Jinak neustále zlepšování a vynakládání úsilí je nekonečný cyklus, který se pořád opakuje. To naznačovalo již DMAIC schéma v teoretické části šipkami, které šly neustále dokola. Na závěr bude vypracované shrnutí projektu, které bude obsahovat skutečné výsledky, kterých bylo dosaženo a ty budou prezentovány sponzorovi projektu.

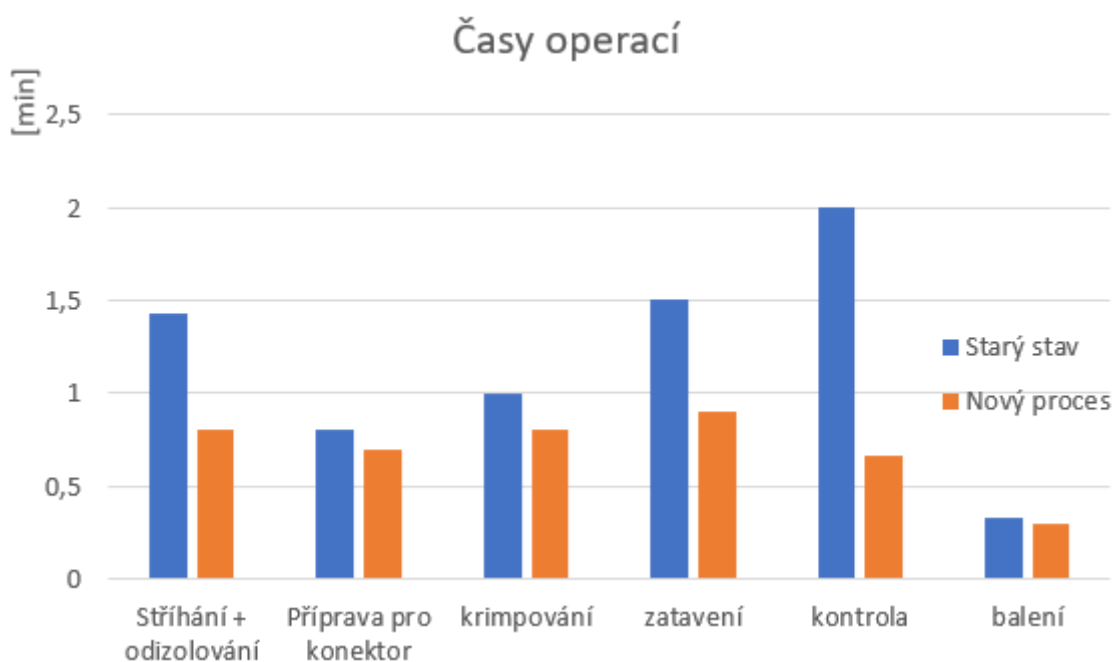
5.5.1 Kontrolní plán

K tomu, aby bylo dosaženo zadaných cílů, je třeba novou výrobu sledovat, aby v případě zjištění nějakých problémů bylo možné co nejdříve jednat a napravit je. Po zavedení nového zvyku se plánuje časté kontrolování a měření, jelikož pracovníci jsou zvyklí na starý způsob práce a mohlo by se snadno stát, že se k němu začnou zase vracet. Je potřebné, aby si od začátku navykli na správný postup a s plynoucím časem se z toho stal jejich standard.

- Kontrolní plán neshod – jako doposud, každý výrobek musí projít závěrečnou kontrolou. Díky modernizovanému pracovišti kontroly má operátor ulehčenou a urychlenou práci. Neshodné kusy jsou zaznamenávány nově do počítače, stejně tak, jako ty, co prošly kontrolou v pořádku. Mistr a vedení má tedy okamžitý přehled o vyrobených kusech v časovém horizontu, stejně tak o neshodách, což jim umožňuje operativněji zakročit v případě potřeb, než když byly neshodné kusy zaznamenávány papírovou formou, která musel být následně vyhodnocována.

5.5.2 Porovnání původních a nových výrobních časů

Jak již zaznělo výše, tato fáze je teprve v počátcích, proto uvedené časy jsou spíše odhadní. Jak je z obr. 40 na první pohled patrné k nezásadnější změně došlo u modernizovaných pracovišť. Pro potřeby srovnání času byly původní časy stříhání a odizolování sečteny, i když se jedná o zvlášť vykonávané práce, jelikož v novém případě je koná zároveň jeden stroj. Výrazný pokrok zaznamenalo pracoviště kontroly, jehož čas se zrychlil přibližně na třetinu v porovnání s předchozí kontrolou.



Obr. 40 Srovnání času operací

6 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Tato část obsahuje porovnání výchozího stavu se stavem, který nastal po provedení řady změn. Polotovary, co vstupují do procesu se nikterak nezměnily, jejich cena je nadále stejná, proto v tomto zhodnocení nebudou vůbec uvažovány. Do ekonomického zhodnocení budou vstupovat náklady na zaměstnance, dále náklady na pořízení nových strojů a ostatní náklady. Sponzor projektu stanovil rozpočet ve výši 3 000 000 Kč. Průměrné náklady na hodinu práce pracovníka činí 250 Kč. Bude se uvažovat, že došlo k naplnění cílů a počet vyráběných kusu měsíčně vzrostl o 25 %.

- Investice

Schleuniger PowerStrip 9550	1 650 000 Kč
Cirris CR	135 000 Kč
Optimel OM 755	820 000 Kč
Ostatní investice	320 000 Kč
<hr/>	
Celkem	2 925 000 Kč

- Srovnání nákladu starý vs. nový proces

Uvažuje se, že průměrná mzda pracovníka činí 250 Kč/hod, a že pracovník odpracuje 160 hodin měsíčně.

	Starý proces	Nový proces
Počet pracovníku na směnu	10	8
Počet směn	2	2
Počet vyrobených kusů za měsíc	4 500 ks	5 625 ks

$$N_p = F_m \cdot m = 160 \cdot 250 = 40\,000 \text{ Kč} \quad (6.1)$$

$$N_{ss} = N_p \cdot p_s \cdot s = 40\,000 \cdot 10 \cdot 2 = 800\,000 \text{ Kč} \quad (6.2)$$

$$N_{sn} = N_p \cdot p_n \cdot s = 40\,000 \cdot 8 \cdot 2 = 640\,000 \text{ Kč} \quad (6.3)$$

$$P_s = \frac{N_{ss}}{Q_s} = \frac{800\,000}{4\,500} = 177,8 \text{ Kč/ks} \quad (6.4)$$

$$P_n = \frac{N_{sn}}{Q_n} = \frac{640\,000}{5\,625} = 113,8 \text{ Kč/ks} \quad (6.5)$$

Náklady na 1 pracovníka za měsíc	40 000 Kč/měs.	40 000 Kč/měs.
Náklady na pracovníky za měsíc	800 000 Kč/měs.	640 000 Kč/měs.
Uvažované náklady na kus	177,8 Kč/ks	113,8 Kč/ks



Obr. 41 Porovnání nákladů

- Návratnost investice

$$P_r = P_s - P_n = 177,8 - 113,8 = 64 \text{ Kč} \quad (6.6)$$

$$Q_0 = \frac{Fn}{P_r} = \frac{2\,925\,000}{64} = 45\,704 \text{ ks} \quad (6.7)$$

$$t_n = \frac{Q_0}{Q_n} = \frac{45\,704}{5\,625} = 8.13 \text{ měsíců} \quad (6.8)$$

Rozdíl nákladů 64 Kč

Návratnost na kusy 45 704 ks

Doba návratnosti 8 měsíců a 4 dny

Investice by se měla vrátit asi po 8 měsících čili 45 704 kusech výrobku.

ZÁVĚR

Osvojení si metod, které vedou ke zkrácení doby výroby, snížení zmetkovitosti, tedy obecně k vyšší efektivnosti, lze v současnosti chápat téměř jako nutnost. Podniky potřebují obstát v tvrdé konkurenci, především pokud se jedná o automobilový či letecký průmysl.

Diplomová práce se zabývala zavedením metody Lean Six Sigma do strojírenského podniku, který se zabývá výrobou kabelových svazků převážně pro nákladní vozidla, tedy automobilový průmysl. Hlavní důvod, který vedl majitele provozu k tomuto činu, byl nový dlouhodobý kontrakt. Aby bylo možné ho splnit, musel současný výrobní proces projít řadou změn.

Při zavádění změn se pracovalo přesně podle metody, tedy vykonávaly se jednotlivé fáze DMAIC cyklu. V úvodní části bylo samotné definování projektu a cílů, které mají být splněny. Majitel se s vedením domluvil, že na tento projekt uvolní 3 milióny korun, a stanovili cíle v podobě poklesu neshod z dřívějších 8 % na 3 %. Další cíl byl navýšení výrobní kapacity o 25 %, a návrh nového layoutu. Pro správné definování cílů, kterých má být dosaženo, byla vytvořena projektová listina.

Druhá fáze zahrnovala měření procesu z hlediska výrobních časů a počtu neshodných kusů. Časy i počty neshod byly graficky ztvárněny pro přehlednost. Došlo se k závěrům, že práce přidávající hodnotu na výrobku tvoří přibližně 8 % z celkového času. Bylo také zjištěno, že za největší množství neshod, které byly odhaleny při kontrole, může izolace nebo přesněji stroj na odizolování.

Následující třetí část nesoucí název Analyzování zahrnovala především analyzování naměřených výsledků z předešlé fáze. Bylo uspořádáno několik brainstormingu, které vždy přinesly pohled na problém z několika směrů a také řadu nápadů, jak jej vyřešit. Provedl se test hypotézy, zda je významný statistický rozdíl mezi ranní a odpolední směnou, ovšem tato hypotéza nebyla zamítnuta.

Fáze zlepšení následovala ihned po analyzování. Jako nejvhodnější metoda štíhlé výroby pro tento případ byla zvolena metodika 5S, která byla následně implementována do provozu. Samotné zavedení by ovšem nestačilo pro dosažení zadaných cílů, muselo tedy dojít částečně k obměně strojového parku. Problémové stroje způsobující zmetkovitost, dlouho dobu práce či jiné problémy byly nahrazeny novými. Došlo k zakoupení automatizovaného stroje zvládajícího střihání i odizolování. Dokoupen byl také stroj pro zatavení a došlo k modernizaci kontrolního pracoviště. Po nákupu strojů došlo k novému uspořádání pracovišť.

V posledním kroku cyklu došlo k plánování činností, které povedou k udržitelnosti zlepšeného stavu. Tato část také obsahuje porovnání původních a nových výrobních časů.

Hlavním poznatkem ekonomického zhodnocení je fakt, že investice nepřekročila stanovený rozpočet, 75 tis. Kč zůstalo dokonce nevyužito. Zavedením nových strojů a pracovních standardů došlo ke snížení nákladů na jeden kus o 64 Kč, návratnost investice je předpokládána přibližně na 8 měsíců.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

1. LIKER, Jeffrey K. *Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce*. Praha: Management Press, 2007. Knihovna světového managementu. ISBN 978-80-7261-173-7.
2. GEORGE, Michael L., Dave ROWLANDS a Bill KASTLE. *Co je Lean Six Sigma?*. Brno: VERA COLOR, c2005. ISBN 80-239-5172-6.
3. *Lean Six Sigma*. Brno, 2015.
4. GEORGE, Michael L. *Kapesní příručka Lean Six Sigma: rychlý průvodce téměř 100 nástroji na zlepšování kvality procesů, rychlosti a komplexity*. Brno, c2010. ISBN 978-80-904099-2-7.
5. Principles of lean. *Lean enterprise Institute* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://www.lean.org/WhatsLean/Principles.cfm>
6. Six Sigma. *Lean Six Sigma* [online]. [cit. 2019-05-15]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/six-sigma/>
7. Six Sigma. *Six Sigma College* [online]. Düsseldorf [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.six-sigma-college.de/the-six-sigma-background/?lang=en>
8. Lean. *Lean Six Sigma* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/lean/>
9. PARK, Sung H. *Six Sigma for quality and productivity promotion*. Tokyo: Asian Productivity Organization, 2003. ISBN 92-833-1722-X.
10. DMAIC. *Lean Six Sigma* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/dmaic/>
11. Výběr projektu. *Lean Six Sigma* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/vyber-projektu/>
12. VOC (Voice of Customers) – Hlas zákazníka. *Lean Six Sigma* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/voc-hlas-zakaznika/>
13. SIPOC Diagram: Definition and Steps. *Tallyfy* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://tallyfy.com/sipoc-diagram/>
14. Mapování procesu. *Lean Six Sigma* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/mapovani-procesu/>
15. MSA – Analýza systému měření. *Lean Six Sigma* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/msa-analyza-systemu-mereni/>

16. MSA-Analýza systému měření. *Česká statistická společnost* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://www.statspol.cz/cs/wp-content/uploads/2013/05/request2006/prezentace/bednar.pdf>
17. Analýza způsobilosti. *Česká společnost pro jakost: Národní informační středisko pro podporu jakosti* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: https://www.csq.cz/fileadmin/user_upload/Spolkova_cinnost/Odborne_skupiny/Statisticke_metody/sborniky/2005/06_-_4_-_Zpusobilost.pdf
18. Analýza příčin. *Lean Six Sigma* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/analyza-pricin/>
19. Metoda 5M. *Management mania* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/metoda-5-m>
20. HOLČÍK, Jiří a Martin KOMENDA. *Matematická biologie: e-learningová učebnice* [online]. Brno: Masarykova univerzita, 2015 [cit. 2019-05-16]. ISBN 978-80-210-8095-9.
21. 5S, 6S, nebo dokonce 7S. *Svět produktivity* [online]. 2012 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/clanek/5s-6s-nebo-dokonce-7s.htm/>
22. 5S. *Lean Six Sigma* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/5s/>
23. What is Poka Yoke?. *PDCAhome* [online]. 2013 [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://pdcahome.com/english/124/poka-yoke-a-method-to-create-a-safe-design/>
24. Lean management ve výrobě. *BusinessInfo.cz* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.businessinfo.cz/cs/clanky/lean-management-ve-vyrobe-2824.html>
25. Poka-Yoke, vizualizace.... *Lean Six Sigma* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/poka-yoke-vizualizace/>
26. SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.
27. Udržitelnost a standardizace. *Lean Six Sigma* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/udrizitelnost-a-standardizace/>
28. Control – Phase 5 (of 5) of Lean Six Sigma. *GoLeanSixSigma* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://goleansixsigma.com/control-phase-5-of-5-of-lean-six-sigma/>
29. Maehler Kaege-home. *Maehler Kaege* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://www.maehlerkaege.com/home>
30. Trucks & Buses. *Maehler & Kaege* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://www.maehlerkaege.com/markets/trucks-buses>

31. Customized products. *Maehler & Kaege* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://www.maehlerkaege.com/harness>
32. PowerStrip 9550: Cut & Strip Machine. *Schleuniger* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.schleuniger.com/global/en/products/cut-strip/powerstrip-9550>
33. SCHLEUNIGER POWERSTRIP 9550. *E-tronics* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <http://www.e-tronics.ie/p/-schleuniger-powerstrip-9550/9550>
34. Cirris Systems: Cirris CR. *SENO* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.seno.cz/cs/cirris-systems.html>
35. Specialised machine system for Low Pressure Moulding: Series 600/ 700. *Optimel: Schmelzgußtechnik GmbH* [online]. [cit. 2019-05-16]. Dostupné z: <https://www.optimel.de/machine-system/?L=1>
36. The Project Charter. *EPM Expert Program Management* [online]. [cit. 2019-05-17]. Dostupné z: <https://expertprogrammanagement.com/2017/05/the-project-charter/>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Označení	Legenda	Jednotka
5S	Sort, Set in order, Shine, Standardize, Sustain	
C_p a C_{pk}	Index způsobilosti	[-]
DFSS	Design for Six Sigma	
DMAIC	Define, Measure, Analyze, Improve, Control	
DPMO	Defects per million opportunities	[-]
F_m	Měsíční fond pracovních hodin	[h]
F_n	Fixní náklady (investice celkem)	[Kč]
H_0	Nulová hypotéza	
H_1	Alternativní hypotéza	
D	Celkový počet defektů	[-]
LSL	Dolní mez	
m	Náklady na hodinu práce zaměstnance	[Kč/h]
N	Počet kontrolovaných jednotek	[-]
N_p	Náklady na 1 pracovníka za měsíc	[Kč]
N_{sn}	Měsíční náklady na novou směnu	[Kč]
N_{ss}	Měsíční náklady na starou směnu	[Kč]
n	Minimální požadovaný rozsah výběru	[-]
O	Počet příležitostí na jednotku	[-]
P	Odhad podílu defektů	[-]
P_n	Uvažovaná náklady na kus nový provoz	[Kč]
P_s	Uvažovaná náklady na kus starý provoz	[Kč]
P_r	Rozdíl v nákladech	[Kč]
p_s	Počet lidí na staré směně	[-]
p_n	Počet lidí na nové směně	[-]
Q_0	Bod zvratu	[ks]
Q_n	Počet vyrobených kusů za měsíc nový provoz	[ks]
Q_s	Počet vyrobených kusů za měsíc starý provoz	[ks]
s	Směnnost	[-]
SIPOC	Suppliers, Inputs, Process, Outputs, Customers	
TPS	Toyota Production System	
t_n	Doba návratnosti	[měs.]
USL	Horní mez	
WIP	Work in proces	
Označení	Legenda	Jednotka
Δ	Úroveň požadované přesnosti	
σ	Směrodatná odchylka	

SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 Příklad Project Charter / Projektové listiny
Příloha 2 Technické parametry – PowerStrip 9550

PŘÍLOHA 1

Příklad Project Charter / Projektové listiny [36].

Project Charter Example			
Project Name	IVR Project		
Project Sponsor	Dave Sponsor	Project Manager	Alice Michaels
Date of Project Approval	8th Mar 2015	Last Revision Date	17th Apr 2015
Project Description	To introduce a new automated telephone system to ensure all calls get answered.		
Scope	A IVR system will be introduced to assist the sales team in taking orders, and also to ensure no orders are missed. The system is only to help the sales team at this stage, other teams such as support are out of scope.		
Business Case	To increase orders per sales team member by 20% from current levels. To reduced unhandled calls to 0%. To increase customer satisfaction by 10 points.		
Constraints (in priority order)	Time	4 months	
	Budget	4 developers + 1 sales team rep	
	Scope	TBD	
	Quality	Prioritize time & budget over quality	
Project Deliverables	An IVS system to assist the sales team + training for the sales team + support during the first operational month of the system.		
Benefits (measurable results)	See KPIs below + business case above		
	KPI	Baseline	Goal
	Orders per sales person pd	20	24
	Unhandled calls pd	11	0
	Customer satisfaction	17	27
Steering Committee	CEO	Project Team	Sales Rep
	Finance Director		4x developers TBD
	Sales Director		
Key Stateholders	Name	Success Criteria	
Risks	No team members have any previous experience of IVR setup, so there is a chance we've hugely underestimated the work involved.		

PŘÍLOHA 2

Technické parametry – PowerStrip 9550 [32].

Průměr suroviny	16 mm (0,63 ")
Průřez vodiče	Maximální 70 mm ² (2/0 AWG)
Délka obrobku	Standardní režim: 70 - 999,999 mm (> 2,8 ") Krátký režim: <70 mm (2,8")
Délka pásky	999,999 mm (39,370 ")
Délka vytažení	Levá strana: Max. 115 mm (4,5 ") Pravá strana: max. 240 mm (9,5")
Rychlost podávání	4 m / s (13 ft / s)
Čepel kazety	SmartBlade pro kotouče o síle 20 mm a 16 mm (kompatibilní s PowerStrip 9500, OmniStrip 9450 a EcoStrip 9320)
Typ čepele	20 mm mřížka: V-čepele, radius a lopatky, lopatky s více poloměry, univerzální řezací jednotka, speciální čepele 16 mm mřížka: V-čepele, radius a lopatky, multi-radiusové čepele, speciální čepele> pouze kompatibilní s SmartBlade
Rozhraní	Ethernet, USB, RS232, rozhraní před / po zpracování, hotstamp, inkjet, foot pedál, NV1xxx
Zdroj napájení	Standard: 115 VAC 50/60 Hz Volitelně: 208-230 VAC 50/60 Hz
Připojení stlačeného vzduchu	6 bar (90 psi) (vyžaduje se pouze při použití volitelné sady pro vypuzování vzduchu pro přerušování zpětného rázu)
Rozměry (L x Š x V)	910 x 780 x 400 mm (36 x 31 x 16 ") Bez samostatné dotykové obrazovky
Hmotnost	S: 131 kg (288 lbs.) M: 138 kg (304 lbs.) SR: 147 kg (324 lbs.) MR: 154 kg (340 lbs.)
Shoda CE	PowerStrip 9550 plně vyhovuje všem směrnicím CE a EMC zařízení, které se týkají mechanické a elektrické bezpečnosti a elektromagnetické kompatibility.