

Vysoká škola logistiky o.p.s.

**Optimalizace zásobování výrobních linek
pomocí LEAN SIX SIGMA**

(Diplomová práce)

Přerov 2021

Bc. Tomáš Martan, DiS., IEn.



**Vysoká škola
logistiky**
o.p.s.

Zadání diplomové práce

student	Bc. Tomáš Martan, DiS., IEn.
studijní program	Logistika
obor	Logistika

Vedoucí Katedry magisterského studia Vám ve smyslu čl. 22 Studijního a zkušebního řádu Vysoké školy logistiky o.p.s. pro studium v navazujícím magisterském studijním programu určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Optimalizace zásobování výrobních linek s využitím metody LEAN SIX SIGMA**

Cíl práce:

Na základě analýzy současného stavu navrhnout opatření ke zvýšení efektivnosti montážní linky.

Zásady pro vypracování:

Využijte teoretických východisek oboru logistika. Čerpejte z literatury doporučené vedoucím práce a při zpracování práce postupujte v souladu s pokyny VŠLG a doporučeními vedoucího práce. Části práce využívající neveřejné informace uveďte v samostatné příloze.

Diplomovou práci zpracujte v těchto bodech:

- Úvod
- 1. Teoretická východiska štíhlé výroby
- 2. Představení společnosti
- 3. Aplikace vybraných metod
- Závěr

Rozsah práce: 55 – 70 normostran textu

Seznam odborné literatury:

ČUJAN, Zdeněk a Gabriel FEDORKO. Logistika výrobních systémů. Přerov: Vysoká škola logistiky o.p.s., 2020. ISBN 987-80-87179-56-7.

GROS, Ivan a kol. Velká kniha logistiky. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.

SVOZILOVÁ, Alena. Zlepšování podnikových procesů. Praha: Grada Publishing, 2011. ISBN 978-80-247-3938-0.

Vedoucí diplomové práce:

Ing. Leo Tvrdoň, Ph.D., ALog.

Datum zadání diplomové práce:

30. 10. 2020

Datum odevzdání diplomové práce:

13. 5. 2021

Přerov 30. 10. 2020



Ing. Blanka Kalupová, Ph.D.
vedoucí katedry



prof. Ing. Václav Cempírek, Ph.D.
rektor

Čestné prohlášení

Prohlašuji, že předložená diplomová práce je původní a že jsem ji vypracoval samostatně. Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a že jsem v práci neporušil autorská práva ve smyslu zákona č. 121/2000 Sb., o autorském právu, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů.

Prohlašuji, že jsem byl také seznámen s tím, že se na mou diplomovou práci plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 60 – školní dílo. Beru na vědomí, že Vysoká škola logistiky o.p.s. nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro pedagogické, vědecké a prezentační účely školy. Užiji-li svou diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat před tím o této skutečnosti Vysokou školu logistiky o.p.s. prorektora pro vzdělávání.

Prohlašuji, že jsem byl poučen o tom, že diplomová práce je veřejná ve smyslu zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů, zejména § 47 b. Taktéž dávám souhlas Vysoké škole logistiky o.p.s. ke zpřístupnění mnou zpracované diplomové práce v její tištěné i elektronické verzi. Souhlasím s případným použitím této práce Vysokou školou logistiky o.p.s. pro pedagogické, vědecké a prezentační účely.

Prohlašuji, že odevzdaná tištěná verze diplomové práce, elektronická verze na odevzdaném optickém médiu a verze nahraná do informačního systému jsou totožné.

V Přerově, dne 13. 5. 2021



Bc. Tomáš Martan, DiS., IEn.

Poděkování

Rád bych zde poděkoval vedoucímu diplomové práce, panu Ing. Leo Tvrdoňovi Ph.D., Alog., za odborné vedení práce a cenné rady, které mi pomohly tuto práci dokončit. Mé poděkování patří i panu Ing. Karlu Tomkovi, za cenné rady a čas, který se mnou strávil při řešení dané problematiky ve společnosti InTiCa Systems s.r.o..

Anotace

Diplomová práce se zaměřuje na optimalizace procesů ve výrobním závodě pomocí metody Lean Six Sigma. V teoretické části jsou popsány pojmy jako je Lean, Six Sigma či jejich kombinace, a to od historických začátků až po způsoby jejich aplikace. V praktické části diplomová práce obsahuje aplikaci vybraných metod, tedy konkrétně Lean Six Sigma projekt na optimalizaci zásobování výrobních linek ve společnosti InTiCa Systems s.r.o.

Klíčová slova

Lean, Six Sigma, DMAIC, štíhlá výroba, optimalizace, kanban.

Annotation

The diploma thesis focuses on process optimization in a production plant using the Lean Six Sigma method. The theoretical part describes concepts such as Lean, Six Sigma or their combinations, from historical beginnings to the ways of their application. In the practical part of the diploma thesis contains the application of selected methods, namely the Lean Six Sigma project to optimize the supply of production lines in the company InTiCa Systems s.r.o.

Keywords

Lean, Six Sigma, DMAIC, lean manufacturing, optimization, kanban.

Obsah

Úvod.....	11
1 Teoretická východiska štihlé výroby	12
1.1 Lean.....	12
1.1.1 Historie zlepšování procesů.....	13
1.1.2 Základní přístupy a charakteristiky Lean.....	15
1.1.3 Plýtvání a jeho původci.....	15
1.1.4 Základní nástroje Lean.....	16
1.1.5 Typické postupy při aplikaci.....	17
1.2 Six Sigma	18
1.2.1 Historie Six Sigma.....	18
1.2.2 Pojem Six Sigma.....	19
1.2.3 Cíl Six Sigma.....	20
1.2.4 Sigma úroveň procesu.....	21
1.2.5 Základní nástroje Six Sigma.....	22
1.2.6 Strukturované postupy zlepšovateľských iniciativ.....	24
1.3 Lean Six Sigma	24
1.3.1 Porovnání metod Lean a Six Sigma.....	25
1.3.2 Porovnání Lean Six Sigma a ISO	26
1.3.3 Komplexní pojetí procesního zlepšování.....	27
1.3.4 Volby metod v závislosti na prostředí organizace	27
1.3.5 Podmínky úspěchu projektu Lean Six Sigma.....	28
1.3.6 Obvyklé chyby a překážky	29
1.3.7 Projektové role v Lean Six Sigma	30
1.4 DMAIC	31
1.4.1 Definování zlepšovateľských příležitostí	32

1.4.2	Měření procesů pro zlepšení výkonnosti	33
1.4.3	Analýza problémových jevů procesů a poznání jejich příčin	33
1.4.4	Zlepšování parametrů a eliminace závad procesu	34
1.4.5	Řízení budoucího procesu k zvýšení výkonnosti.....	35
2	Představení společnosti.....	36
2.1	Základní informace o společnosti	36
2.2	Portfolio.....	37
2.2.1	Automobilová technika.....	37
2.2.2	Průmyslová technika.....	40
2.2.3	Výrobní technologie a vývoj.....	44
3	Aplikace vybraných metod	45
3.1	D / Define / Definování.....	45
3.1.1	Výběr vhodného projektu a projektového týmu	45
3.1.2	Analýza Stakeholderů	46
3.1.3	Rozsah projektu & Is / Is not analýza	47
3.1.4	SIPOC analýza.....	48
3.1.5	VOC analýza.....	49
3.1.6	CTQ analýza	50
3.1.7	Rizika a přínosy projektu.....	50
3.1.8	Project charter	51
3.1.9	Plán projektu	52
3.2	M / Measure / Měření.....	53
3.2.1	Procesní mapa	53
3.2.2	Brainstorming	54
3.2.3	Ishikawa	54
3.2.4	Afinitní diagram.....	56

3.2.5	Procesní Sigma	57
3.2.6	Průběžné plnění plánu projektu	57
3.3	A / Analyse / Analýza	58
3.3.1	Procesní KPI	58
3.3.2	Snímky pracovního dne	63
3.3.3	Potvrzení kořenové příčiny	64
3.3.4	Analýza stavu zásobování vstupním materiálem.....	65
3.3.5	Analýza stavu lidského faktoru.....	66
3.3.6	Analýza stavu ergonomie procesu	67
3.3.7	Průběžné plnění plánu projektu	68
3.4	I / Improve / Zlepšení	68
3.4.1	Identifikace potenciálních řešení	68
3.4.2	Postup Implementace	69
3.4.3	Optimalizace zásobování vstupním materiálem	69
3.4.4	Optimalizace balení vstupního materiálu	72
3.4.5	Optimalizace vizuálního managementu.....	74
3.4.6	Optimalizace ergonomie procesů.....	76
3.4.7	Optimalizace pracovních postupů.....	77
3.4.8	Průběžné plnění plánu projektu	79
3.5	C / Control / Řízení	79
3.5.1	Trénink operátorů na změnu	79
3.5.2	Vyhodnocení procesních KPI	80
3.5.3	Kalkulace finančního přínosu projektu.....	83
3.5.4	Zhodnocení projektu	84
	Závěr	87
	Seznam zdrojů.....	88

Seznam grafických objektů.....	90
Seznam zkratk	93

Úvod

Neustálé zlepšování je nezbytnou součástí politiky progresivních společností. Bez aplikace nástrojů štíhlé výroby neboli Lean se dnes udržuje konkurenceschopnost jen velmi obtížně. Lean je soubor metod řízení, který je založen na několika základních principech. Primárně jde o snahu celé organizace trvale se zlepšovat ve všech oblastech, setrvat v nastavených změnách, zamezit zbytečnému plýtvání, zvýšit efektivitu a tím získat dlouhodobou a ekonomicky návratnou investici, kdy se primárně bere v potaz co nejlepší uspokojení potřeb zákazníka.

V souvislosti s Lean se obvykle používá pojem Lean Management. Jde o způsob myšlení, filozofii, napříč celou organizací, kterou musí přijmout všechny složky. Lean se často používá s různými přívlasky, podle toho, na jakou oblast má být tato metodologie uplatněna nebo s jakým jiným nástrojem je propojena, jako je to v případě pojmu Lean Six Sigma, a právě na Lean Six Sigma jsem se zaměřil ve své diplomové práci.

V první kapitole jsem popsal, jaká jsou teoretická východiska štíhlé výroby, co je to Lean, co je to Six Sigma, jaká je historie, jaké jsou důvody jejich zavádění, jak postupovat a na co se zaměřit, a jaké mohou být benefity, pokud se implementace zdaří. Dále je zde do většího detailu zpracováno, co je kombinace obou těchto nástrojů, tedy Lean Six Sigma a co je to DMAIC, tedy metoda, jak postupovat při Lean Six Sigma projektu.

Druhou kapitolu jsem věnoval společnosti InTiCa Systems s.r.o., kde byla praktická část této diplomové práce realizována. V kapitole jsem se zaměřil hlavně na portfolio společnosti se zaměřením na automobilový průmysl a pro průmyslovou techniku, hlavně pak komponenty pro fotovoltaické elektrárny.

V poslední, třetí kapitole jsem se věnoval zlepšovatelskému projektu Lean Six Sigma, tedy aplikaci metod popsaných v kapitole první. Cílem projektu je zde zvýšit produktivitu montážních linek ve výrobním závodě.

1 Teoretická východiska štíhlé výroby

Čím se liší metoda zdokonalování firemních procesů Lean Six Sigma od samostatných metod Lean a Six Sigma? Lean, Six Sigma a Lean Six Sigma jsou skutečně tři rozdílné metody, jejichž cílem je řídit firmu lépe, rychleji a levněji, avšak každá z nich se na tento cíl dívá z jiného pohledu. Lean Six Sigma vznikla přirozeným vývojem procesů zlepšování kvality ve výrobních podnicích, které se začaly objevovat v 50. letech (Lean) a v 80. letech (Six Sigma).

Metoda Lean usiluje o odstranění ztrát a zvýšení efektivity procesů tím, že hledá způsoby zlepšení v oblasti rychlosti a nákladů. Cílem metody Six Sigma je odstranit odchylky a omezit vady prostřednictvím zlepšování kvality. Lean používá nástroje jako jsou kaizen, mapování toku hodnot nebo vyvažování pracovní zátěže. Six Sigma pracuje s analytictějšími nástroji jako je Paretova analýza, kontrolní tabulky, statistická analýza nebo DPMO (počet vad na milion příležitostí k vadě).

Lean Six Sigma spojuje metody Lean a Six Sigma dohromady. Kombinuje časově zaměřenou strategii metody Lean s analytickými nástroji Six Sigma. Opírá se o metodologii DMAIC (Define, Measure, Analyse, Improve, Control), která tvoří stěžejní součást Six Sigma a v Lean Six Sigma slouží především pro projekty zdokonalování již existujících procesů. [1] [2] [3] [4] [5]

Detailně jsou všechny zmíněné metody popsány v následujících kapitolách této diplomové práce.

1.1 Lean

Metodologie Lean, jak ji definuje Womack a Jones ve své knize *The Machine That Changed the World*.

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

Z tohoto pohledu tyto činnosti představují v konečném důsledku odpadní produkty nebo plýtvání. Tato metodologie byla původně vyvinuta se zřetelem na zlepšování podnikových procesů v oblasti průmyslové výroby, postupně však našla široké uplatnění

v dalších oborech, a to zejména v oblasti služeb a administrativy. Základní uvažování ve stylu Lean je jednoduché, velmi přímočaré a mnohdy se podobá používání logického myšlení a toho, co běžně nazýváme „selským rozumem“. [1] [5] [6] [7] [8]

Metodologie Lean je založena na cyklickém přístupu ke zlepšování procesu. Lean předpokládá, že procesy musí být v prvním kroku standardizovány, tedy dokumentovány a ověřeny, že skutečně fungují v souladu se zpracovaným popisem, a to předtím, než je možné přistoupit k jejich zlepšování. Lean používá sadu analytických nástrojů a metod. Má-li být Lean skutečně účinná, pak musí prorůst hluboko do myšlení zaměstnanců a musí se stát součástí firemní kultury.

Metodologie Lean se používá tam, kde sledujeme zvýšení výkonnosti procesu a snížení operačních nákladů, které se projeví například ve snížení zásob, zmenšení rozlohy výrobních prostor nebo úsporou práce vynaložené na určitý výkon. Je vyhledávaná tam, kde je potřeba procesy zjednodušit a napřímit, kde je potřeba zkrátit dobu mezi vstupem produktu do procesu a předáním jeho výstupů dalším procesům nebo zákazníkovi procesu. Dalším z klíčových důvodů použití Lean je rozdělení činností v rámci procesu na ty, které produktům přidávají na hodnotě, a na ty, které k postupně vytvářené hodnotě nemají přímý vztah, nepřispívají k její tvorbě, nebo ji naopak zatěžují. [1] [3] [5] [6] [9]

1.1.1 Historie zlepšování procesů

Kořeny Lean můžeme nalézt již v počátcích moderního managementu. Už v období rané masové výroby (kolem roku 1910) průmyslník Henry Ford prosazoval průlomové teorie Fredericka Taylora, Franka Gilbretha či Henryho Gantta (tvůrce Ganttova diagramu). Stejně jako všichni průmyslníci, chtěl i Ford vyrobit co nejvíce výrobků, v jeho případě automobilů, a to za co nejkratší dobu. Gilbreth studoval práci stavebních dělníků, a to zejména z pohledu času a pohybu, a všiml si, že jednotliví zedníci dělají odlišné úkony, přestože v konečném důsledku provádějí stejnou práci. Na základě svých pozorování a zjištěných údajů pak standardizoval postupy a navrhl nejlepší způsob, jak klást cihly a jak postavit lešení, přičemž snížil počet úkonů z původních 18 na 5. Henry Ford seřazením úkonů výroby do jediné výrobní linky, kde se automobily postupně montovaly ve sledu operací, významně přispěl k procesnímu řízení. [8]

Dnešní podniky jsou však postaveny ještě před další problém. V jistém slova smyslu na něj narazil už i Ford, jak naznačuje jeden z jeho slavných výroků na adresu požadavků zákazníků: „*Mohou si přát jakoukoliv barvu, pokud to ovšem bude černá.*“ Jak mohl

očekávat, že kromě různých barev budou zákazníci chtít dokonce i auta různých typů. Fordovi následníci pochopili, že změny jsou nevyhnutelné, a masovou výrobu nahradilo masové přizpůsobování.

Jedním z Fordových „pokračovatelů“ byl manažer výrobní linky ve společnosti Toyota, Taiichi Ohno. V polovině dvacátého století byla společnost na pokraji úpadku a nemohla si dovolit rozsáhlé investice, přitom se však potřebovala posunout od masové výroby ke kratším a mnohem flexibilnějším cyklům dodávek menších typových řad. Hnán nezbytností, Ohno představil ve spolupráci se svým kolegou Shigeo Shingem techniku rychlé přestavby (Single Minute Exchange of Die, SMED). Na nápad přišel po návratu z návštěvy USA, kde pozoroval práci techniků v závodním depu při tradičním závodě Indy 500 v Indianapollis. Vše bylo maximální měrou zjednodušeno a seřazeno do jediného logického sledu. Dalším poznatkem z cesty bylo povšimnutí, že tenčící se zásoba určitého druhu potravin na polici obchodu vyvolala řízenou reakci, tedy jeho doplnění ze skladu. Proč objednávat vše ve velkých dávkách bez ohledu na to, co právě potřebujete, když můžete objednat cíleně po relativně malých množstvích to, co je právě žádáno? Oba poznatky výrazně ovlivnily jeho pozdější zlepšovateľské návrhy. [5] [6] [8]

Dalším myslitelem v oblasti procesního managementu, který světu přinesl termín „štíhlé výroby“, byl James Womack. Ačkoliv měl vzdělání v oblasti politických věd, zabýval se srovnávací studií systémů řízení průmyslu ve Spojených státech, Německu a Japonsku. V roce 1990 publikoval spolu se svým kolegou Danielem Jonesem knihu *The Machine That Changed the World* a poté v roce 1996 další rozšíření knihou *Lean Thinking*. Základní principy, které Womack doporučuje, jsou:

- hodnota – zabývejte se tím, co je důležité pro efektivní fungování vašich procesů,
- hodnotový řetězec – rozlišujte, které kroky jsou přínosné a které ne,
- tok – udržujte sledy pracovních činností neustále v pohybu a eliminujte plýtvání,
- poptávka – neobjednávejte více, než vaši zákazníci poptávají od vás,
- úsilí o dosažení dokonalosti – neexistuje žádná úroveň dokonalosti, na které byste si mohli říci, že je konečná a nepřekonatelná.

Zatímco Ohno ve spolupráci s Toyotou budovali Lean část po části, Womack spojil jednotlivé součásti do jednotného systému, který navíc zahrnoval nejen vlastní výrobní procesy, ale předpokládal rozšíření do celé organizace. Průmyslový svět pochopil výzvu a přijal Lean jako jeden z univerzálních nástrojů zlepšování podnikových procesů, který

byl rovněž s úspěchem ověřen v sektorech služeb, bankovníctví a zdravotnictví. [1] [2] [3] [4] [5] [6]

1.1.2 Základní přístupy a charakteristiky Lean

Všeobecně užívané přístupy Lean vycházejí z následujících principů:

- **Určení hodnoty** z pohledu zákazníka procesu. Hodnota je popsána jako výrobek nebo služba, která pokrývá nějakou potřebu zákazníka, je mu poskytnuta v čase a v ceně, která odpovídá jeho představám.
- **Identifikace činností**, které se podílejí na vytváření hodnoty. Proces je sled kroků, které se na tvorbě hodnoty odrážejí, od návrhu výrobku až po jeho předložení zákazníkovi, od objednávky k dodávce, a od materiálů, ze kterých má být předmět vytvořen, až po finální výrobek.
- **Řízení potřebami zákazníka**. Procesy jsou iniciovány potřebou dodávky konkrétního předmětu nebo služby, zjednodušeně řečeno: vyrábí se to, co zákazník chce, a tehdy, kdy si o to řekne. Tento přístup nahrazuje tradiční výrobu na sklad, následovanou snahou prodat to, co je momentálně k dispozici.
- **Snaha o dosažení dokonalosti** je reprezentovaná všeprostupujícím úsilím o snížení pracnosti, času, nákladů, potřebných prostor, chyb a závad, a to vše při současném vytváření předmětů nebo poskytování služeb navržených ke spokojenosti zákazníka. [1] [2] [3] [4] [5]

1.1.3 Plýtvání a jeho původci

Nejčastějším termínem, který se objevuje v oblasti Lean, je plýtvání (angl. Waste, jap. Muda), které v nějaké míře a formě existuje v každém procesu. Obecně se uvádí 7+1 druhů plýtvání. Poslední druh „Intelekt“, neboli nevyužití potenciálu pracovníků, je uváděn mezi plýtvání až v posledních dvou dekadách. Pro představu, druhy plýtvání, s nimiž se setkáváme v administrativě nejčastěji, jsou například:

- 1) **Čekání**. Dlouhé časové odezvy u schvalovacích procedur, čekání na informaci potřebnou k výkonu rozhodnutí, čekání na zahájení jednání z důvodu pozdních příchodů účastníků.
- 2) **Nadvýroba**. Výkazy a kopie nepoužívané v žádné z následujících operacích, nadměrné rozesílané e-mailové zprávy, výkony prací a úkolů, jež nejsou nikým požadovány.

V průběhu let se v rámci Toyota Production System vyvinulo mnoho metod, které si kladou za cíl implementovat do procesů výše uvedené principy. Mezi nejznámější z těchto metod tedy patří:

- 5S: metoda organizace pracoviště,
- Andon: metoda vizualizace aktuálního stavu,
- Gemba: metoda auditu zaměřeného na hledání příležitostí ke zlepšení,
- Heijunka: metoda plánování výroby pomocí malých dávek,
- Jidoka: metoda sloužící k eliminaci abnormalit,
- Just in Time: metoda eliminace zásob a dodávání „právě včas“,
- Kaizen: metoda neustálého zlepšování,
- Kanban: metoda pro optimalizaci zásobování,
- Poka-Yoke: metoda pro eliminaci chyb,
- Pull / Push system: metoda pohybu hodnot pomocí tahu nebo tlaku,
- Single Minute Exchange of Die: metoda optimalizace seřizování,
- Total Production Maintenance: metoda optimalizace údržby,
- Value Stream Mapping: metoda mapování toku hodnot a identifikaci plýtvání,
- Work balancing: metoda rozložení pracovních úloh mezi výrobní kroky.

1.1.5 Typické postupy při aplikaci

Metodologie Lean se uplatňuje ve dvou typech zlepšovatelství iniciativ. Prvním typem jsou týmová soustředění typu Kaizen, která byla s úspěchem užívána zejména v počátečních obdobích japonskými zlepšovatelství. Přístupy Kaizen vycházejí z předpokladu, že změny v malých a pravidelných přírůstcích, jsou-li dlouhodobě aktivně udržovány, mohou ve svém souhrnu přinést významná zlepšení výkonnosti procesů. Akce Kaizen, často nazývané zrychlené nebo též bleskové zlepšování procesů, se zaměřují na odstranění plýtvání v cílené oblasti procesu, na zvýšení výkonnosti a na její udržení. Mají často formu soustředění skupiny lidí do krátkodobě spolupracujícího týmu v trvání dvou až pěti dnů, zatímco projekty obsahující mapování hodnotových řetězců se většinou zaměřují na koncepční analýzy a na výhledy do budoucnosti.

Druhým typem uplatnění jsou tradiční projektové iniciativy využívající klasický Demingův cyklus PDAC, tedy Naplánuj, Udělej, Zkontroluj, Zasáhni. Tento způsob se s úspěchem využívá zejména u větších zlepšovatelství programů nebo plánování

a řízení změn u komplikovaných procesů a všude tam, kde rozsah projektu a nezbytné přípravy přesahují možnosti realizace v několika dnech.

Zásadním přínosem metodologie Lean do filosofie zlepšování podnikových procesů je soustavné úsilí o dosažení dokonalosti a cyklická aplikace zlepšování. Lean vychází z předpokladu, že neexistuje žádná úroveň dokonalosti, na níž byste si mohli říci, že je dostatečná a že již nemůže být dále zlepšována. Poté, co jste navrhli, implementovali a ověřili výsledky jednoho zlepšovateľského cyklu, je načase, abyste přehodnotili nové potřeby a požadavky vašich zákazníků a své úsilí zaměřili na další zdokonalování, ať již jsou to změny v oblasti zvyšování kapacity procesů nebo odstraňování všeho, co není potřebné a zatěžuje vás náklady, jež mohou být eliminovány. Nejčastěji sledované ukazatele v projektech využívajících výhradně metodologii Lean jsou následující: [1] [5]

- včasnost dodávky,
- obrátkovost skladových zásob,
- výrobní cyklus,
- náklady na jednotku produkce,
- kapacita procesu,
- průtok kritickým místem – úzkým hrdlem procesu,
- kvalita výstupních produktů.

1.2 Six Sigma

Six Sigma je metodika nebo dnes již možná strategie, kterou vyvinula společnost Motorola. Následně byla ještě upravena společnostmi Honeywell a General Electric. Six Sigma poskytuje společnostem možnosti, jak snížit chybovost či jinou variabilitu ve svých činnostech. Řešení je založeno na systematickém přístupu, který využívá především práci s daty a fakty. Výstupy se z velké části opírají o výsledky statistických metod. V současné době se metodika používá nejen ve všech odvětvích průmyslu, ale také ve službách, a začíná pronikat takřka do většiny komerčních činností, což potvrzuje její význam, důležitost, a hlavně skutečnou funkčnost. [1] [2] [12]

1.2.1 Historie Six Sigma

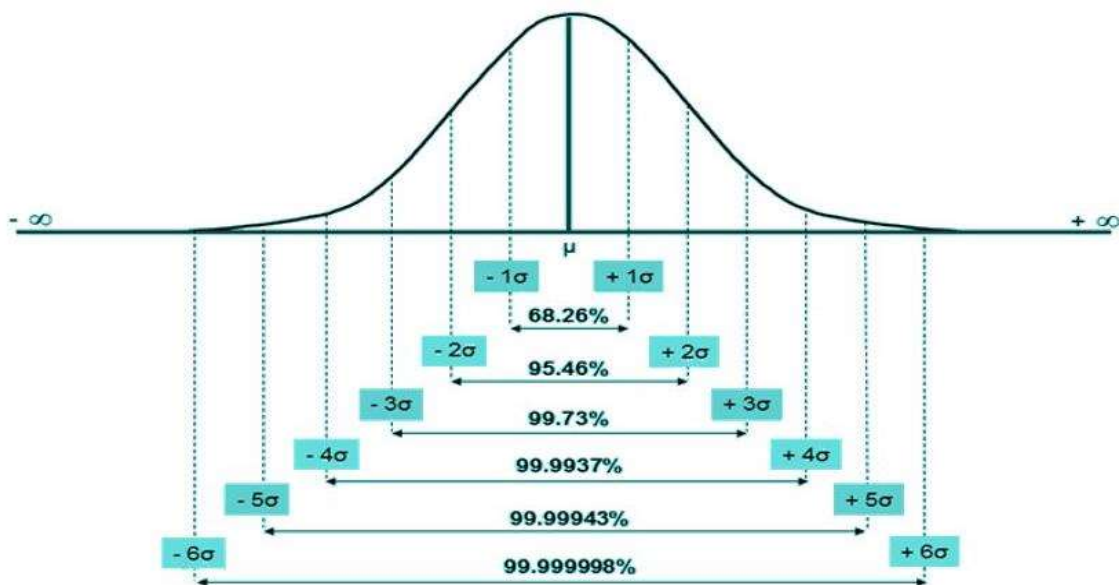
Six Sigma prošla skoro stoletým vývojem, než se dostala do dnešní podoby. Samozřejmě, že hned o začátku se nejednalo o Six Sigma, jak ji známe dnes. Počátky průmyslové racionalizace jsou neodmyslitelně spjaty s průmyslovou revolucí a rozvojem dílen

a manufaktur. Vrcholem těchto snah je již zmiňované spuštění první pásové výroby Henry Fordem v roce 1913. Tento provoz přináší na svou dobu revoluční výsledky, kdy je takto vyrobený automobil dokončen čtyřikrát rychleji a za poloviční náklady. Další významný základ Six Sigmy položil Walter A. Shewhart, když v roce 1924 představil regulační diagramy a následně ve spolupráci s Demingem představuje tzv. PDCA cyklus. Důležitou událostí pro rozvoj průmyslové racionalizace se pak stala druhá světová válka a následná studená válka. Po druhé světové válce dochází k velké a významné spolupráci v této oblasti mezi americkými a japonskými vědci. Zde je nutné zmínit vědce Ishikawu (diagram rybí kosti), Taguchiho (statistické metody) a hlavně Taiichi Ónoho, Šigeo Šingó a Eidži Toyoda, kteří stáli za tvorbou a implementací TPS (Toyota Production Systemu), přímého předchůdce dnešní štíhlé výroby.

Vznik samotné Six Sigmy je datován do roku 1985, kdy Bill Smith zavádí tento koncept ve společnosti Motorola. Když japonští vlastníci převzali v sedmdesátých letech provoz společnosti Motorola vyrábějící televizory Quasar, okamžitě zahájili drastické změny. Když přišli do podniku, z výrobních linek vycházely výrobky, z nichž byl každý pátý vadný. Přijali náročný cíl, a to ten, že se stejnou technologií, dělníky a výrobními vzory chtěli vyrábět výrobky s vyšší kvalitou, a to dokonce při nižších výrobních nákladech. Kvalita se začíná posuzovat na základě měření směrodatných odchylek a variability procesu. Cestu hledali až do poloviny osmdesátých let, kdy vytvořili koncept Six Sigma a zahájili jeho aplikaci. Takto se Motorola stala vedoucí společností v oblasti kvality i zisku, a dokonce v roce 1988 obdržela Národní ocenění kvality Malcolma Baldrige (Malcolm Baldrige National Quality Award) a přístupy Six Sigma tím zaujaly přední místo v metodologiích užívaných při zlepšování podnikových procesů. [1] [2] [12]

1.2.2 Pojem Six Sigma

Samotný termín Six Sigma je založený na statistickém konceptu, že defektní položka může být minimalizována údržbou 6 standardních odchylek, mezi procesním středním průměrem a jeho horními a dolními specifikovanými limity. Six Sigma také bere v potaz tendenci procesu degradovat v dlouhodobém horizontu. Six Sigma proces může tolerovat posun o 1,5 standardní odchylky a stále udržovat bezpečný mantinel mezi procesním průměrem a jeho limity. [13]



Obr. 1.1 Gaussova křivka 6 sigma.

Zdroj: [12].

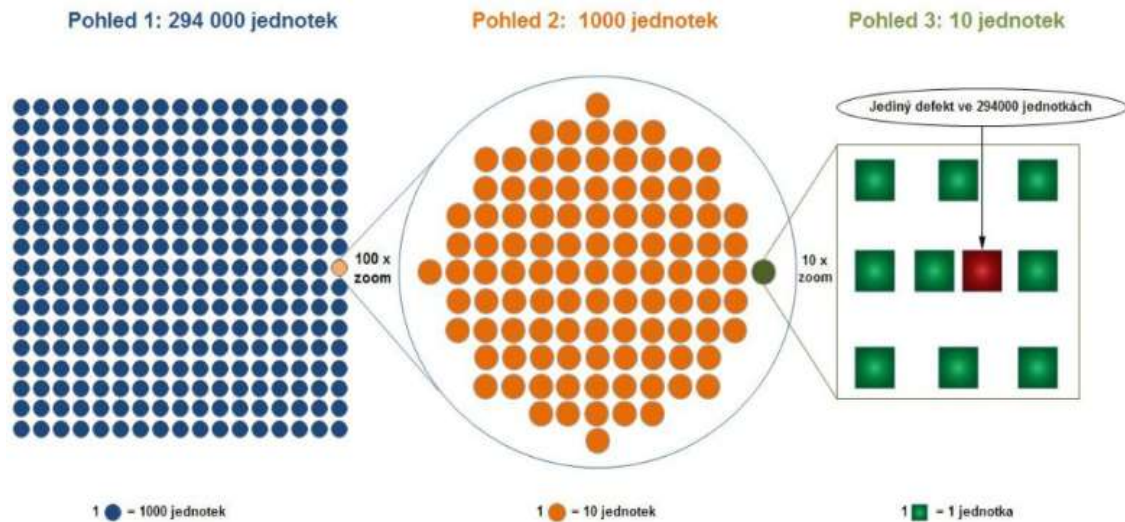
Jednoduše řečeno je Six Sigma metodou efektivního řešení problému. Jejím využitím se redukuje množství vyrobených defektních produktů či poskytnutých služeb a tím zvyšujeme nejen příjmy, ale i zákaznickou spokojenost. Tedy Six Sigma identifikuje příčiny a pomáhá navrhnout efektivní řešení. [12]

1.2.3 Cíl Six Sigma

Cílem metody Six Sigma je zvládat procesy takovým způsobem, že se v nich nebude vyskytovat víc než 3,4 chyby na jeden milion příležitostí. Snaží se co nejvíce snížit procesní variabilitu a hledá faktory, které ji způsobují a které jsou následně zvládnuty. Lean se výhradně zabývá plynutím v procesech, Six Sigma jejich variabilitou. Six Sigma nabízí celkem dva přístupy, a to DMAIC a DFSS. DMAIC je využíván pro zlepšování stávajících procesů a DFSS je využíván u navrhování procesů zcela nových. [13]

Jak již bylo zmíněno, Six Sigma je pojmenována po statistickém konceptu, kdy proces produkuje pouze 3,4 defektu na 1 milion příležitostí (DPMO). Six Sigma může být myšlena jako cíl tam, kde se procesy setkávají s méně defekty, ale zato konzistentně (nízká variabilita). V zásadě Six Sigma snižuje variabilitu, takže produkty nebo služby mohou být doručeny podle očekávání a spolehlivě.

Jak chápat pojem 3,4 defektu na 1 milion příležitostí? Jednoduše stačí 1 milion vydělit 3,4 a dostanu číslo 294177. Chyba neboli defekt se vyskytne pouze jednou v 294117 případech. Pro názornost je příklad zobrazen níže v obrázku.



Obr. 1.2 Grafické znázornění 3,4 ppm.

Zdroj: [12].

Většina procesů má výstup, který nějakým způsobem kolísá. Toto kolísání (variabilita) je pak vyjádřeno směrodatnou odchylkou. Kolísání znamená, že hodnoty výstupu procesu se liší od jeho střední hodnoty. Jsou buď menší, nebo větší. Kolísání čili variabilita je způsobena vstupy a faktory, které proces v jeho průběhu ovlivňují. Je proto nezbytné pochopit důležitost jednotlivých vstupů, faktorů a také vliv jejich možných interakcí. [2] [12]

1.2.4 Sigma úroveň procesu

Způsob, jak určit procesní sigma se liší dle toho, zda se jedná o spojité či atributivní data. U spojitých dat zjišťujeme Sigma úroveň (Z), a pro zjištění úrovně sigma procesu, kde máme atributivní výstup, je nezbytné znát údaj DPMO, který udává počet chyb na milion příležitostí. [12] [14]

Sigma úroveň (Z) se počítá jako počet směrodatných odchylek σ od střední hodnoty X k bližší toleranční mezi.

$$Z = \min \frac{(USL - \bar{X}; \bar{X} - LSL)}{\sigma} \quad (1.1)$$

DPMO je zkratka z anglického Defects Per Million Opportunities neboli defekty na milión příležitostí. Tato charakteristika udává vztah mezi počtem vzniklých defektů v procesu s počtem všech příležitostí, kde se defekt mohl v procesu objevit, kde:

- D – vyjadřuje celkový počet defektů
- N – udává počet ověřených jednotek (ks, které byly prohlédnuty)
- O – je počet příležitostí na jednotku (např. na jednom výrobku jsou dvě místa, kde lze udělat vadu)

$$DPMO = \frac{D}{N \times O} \times 10^6 \quad (1.2)$$

$$\text{úroveň } \sigma = 0,8406 + \sqrt{29,37 - 2,221 \times (\ln(DPMO))} \quad (1.3)$$

Výtěžnost procesu je vztah, který nám udává, z kolika procent je proces schopen vygenerovat kvalitní výstup ($Y = (1 - DPO) \times 100$). Chceme-li brát v potaz degradaci procesu v dlouhodobém horizontu, započítáme posun 1,5 směrodatné odchylky:

$$\text{úroveň } \sigma = 1,5 \times \sigma^{-1} \times \left(\frac{DPMO}{10^6} \right) \quad (1.4)$$

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

Obr. 1.3 Poměr mezi úrovní sigma, DPMO a efektivitou procesu.

Zdroj: [12].

1.2.5 Základní nástroje Six Sigma

Analytické metody Six Sigma se soustředí na vyhledání kvantifikovatelného popisu funkční závislosti jevu a jeho příčin, odhalení trendů v časových řadách a zkoumání příčin

odchylek v chování procesu. Pomáhají rovněž odhalit, zda je problémový jev náhodnou událostí, nebo se jedná o opakovaně se vyskytující problém. Při hledání a sestavování popisných informací o výchozím stavu procesu je obvykle zapotřebí využívat celé řady analytických metod, a to jak běžných procesně dokumentačních, tak dalších grafických a statistických nástrojů, jejichž škála je velmi bohatá.

Six Sigma nabízí kombinaci **grafických metod** používaných pro výchozí úvahy o problémech procesů, a to zejména tehdy, hledáme-li potenciální důvody prodlev, zdroje závad, nadměrných zásob nebo spotřeby práce na opravy a předělávky, **analytických metod** řízené skupinové diskuse, které užíváme při hledání potenciálních závislostí mezi skupinami jevů, **matematických analýz** v podobě běžných tabulkových procesorů, **grafických analýz** datových souborů a popisné statistiky, a **statistických analýz** příčin a důsledků působení jevů. Metody používané v Six Sigma jsou: [1]

- Diagram Afinity: diagram na principu příbuznosti témat,
- Box Plot (krabicový diagram): způsob grafické vizualizace numerických dat,
- Brainstorming: skupinová technika zaměřená na generování co nejvíce nápadů,
- Control Chart (regulační diagram): nástroj statistické regulace procesu (graf),
- CTQ: Analýza znaků jakosti důležitých pro zákazníka,
- Ganttův diagram: graf pro řízení projektů pomocí grafického znázornění,
- Histogram: grafické znázornění distribuce dat pomocí sloupcového grafu,
- IS / IS NOT Analysis: analýza pro určení co je a co není problém,
- Ishikawa / Rybí kost: diagram příčin a následků,
- Matice přínosů a úsilí: analýza poměru nákladů a efektu opatření,
- Paretův diagram: analýza s poměrem 80:20,
- Procesní mapa: model členění všech procesů a činností v organizaci,
- RACI Matrix: matice čtyř základních druhů vztahů,
- SWOT: analýza pro zhodnocení současného stavu,
- SIPOC: analýza pro zmapování vztahů mezi procesem, jeho vstupy a výstupy,
- VOC / Hlas zákazníka: analýza potřeb, očekávání, přání zákazníka,
- Y2X matice: prioritizace kořenových příčin,
- Způsobilost procesu: dlouhodobá schopnost výstupu v rozmezí tolerancí.

1.2.6 Strukturované postupy zlepšovateľských iniciativ

Six Sigma je založena na strukturovaném přístupu ke zlepšovateľským aktivitám – týmy postupují v cyklu DMAIC (angl. Define / Measure / Analyse / Improve / Control) nebo též Definování / Měření / Analyzování / Zlepšování / Řízení, a zaměřují se na hledání příčin nebo též „malých x“, jejichž působením jsou ovlivňovány výsledky, dále též „velké Y“, a to podle základního předpokladu, že $Y = f(x)$. Six Sigma je ucelená metodologie obsahující vizi a filozofii, jež se zaměřuje na zvyšování efektivity procesů prostřednictvím zlepšování kvality jejich výstupů. Zároveň však tato metodologie obsahuje manažerský systém, který vede zlepšovateľské týmy jednotlivými projekty zkoumání, navrhování a implementace procesních změn. Six Sigma však rovněž přináší vědecké metody rozhodování na základě zjištěných faktů a soubory nástrojů, jejichž pomocí můžeme odhalit skutečné příčiny problémů v procesech. [1] [2] [3] [4]

1.3 Lean Six Sigma

Kombinace metod Lean a Six Sigma systematicky využívá výhod obou dříve popsaných metod, Lean i Six Sigma, a to strukturovaný DMAIC proces a řízení zlepšovateľských procesů soustředěných do projektů, širokou škálu analytických a statistických nástrojů na zjištění původu problémů nebo propracované vzdělávací systémy, které přinesla Six Sigma, případně cyklickou aplikaci zlepšovateľských iniciativ, soustředění na potřeby zákazníka a na odstraňování plýtvání. Obě metodologie prošly vývojem od aplikace jednotlivých nástrojů ke komplexnímu systému řízení. Obě mají na zřeteli potřeby a přání zákazníků a obě považují proniknutí do organizační kultury podniku za jednu z velmi důležitých podmínek úspěchu. Vzhledem k tomu, že výsledný komplexologií a jejich metod je natolik rozsáhlý a všeobjímající, je obtížné vyslovit jednoznačnou definici, která by zároveň postihovala koncepty, základní principy, ale současně by byla jednoduchá. Přístupy, které můžeme vysledovat v jednotlivých projektech, se liší. Někdy se může zdát, že se překrývají, jindy je obtížné je systematicky roztrdit. Aplikovaná metodologie se přizpůsobuje konkrétnímu oboru, ve kterém rozvíjíme zlepšovateľské iniciativy, zkušenostem a preferencím zlepšovateľských týmů, konkrétním potřebám a cílům stanovených pro jednotlivé projekty, stejně jako procesní „vyspělosti“ organizace, která se pro její použití rozhodne. V odborné literatuře se setkáváme s celou řadou přístupů a doporučení, struktur a postupů doplněných širokou škálou variant analytických nástrojů. Bez znalosti podmínek vlastního projektu je obtížné stanovit, které

z nich jsou pro řešení problémů ty nevhodnější a které mají šanci na úspěch menší. Při volbě postupů a nástrojů je vhodné mít na paměti zejména to, že jejich uživatelé musí náležitě rozumět jak výchozí situaci, tak musí správně interpretovat výsledky, které použitím nástrojů získají. [1] [2] [3]

1.3.1 Porovnání metod Lean a Six Sigma

Hlavním přínosem obou metodologií sloučených do jediného komplexu je synergie vzniklá ze současného zaměření na výkonnost procesu spolu se stabilní kvalitou jejich výstupů, užitím standardních postupů a analytických nástrojů. Výčet hlavních znaků s jejich křížovým porovnáním, které je uvedeno v tabulce 1.1, ukazuje sílu tohoto komplexu.

Tab. 1.1 Hlavní znaky a porovnání Lean a Six Sigma.

	Lean	Six Sigma
Záměr	Efektivní vytvoření hodnoty, která je definována na základě znalosti požadavku zákazníka.	Efektivní zajištění kvality, která je vymezena kritickými vlastnostmi předmětu (CTs) podle definice zákazníka.
Cesta	Odstranění plýtvání.	Snížení variability.
Předmět zkoumání	Horizontální pohled na zkoumání a souhrnu procesních toků.	Vertikální pohled na vyhledávání a eliminaci problémových míst v procesech.
Hlavní předpoklady	<ul style="list-style-type: none"> • Odstranění plýtvání ovlivní celkovou výkonnost procesu. • Opakovaná malá zlepšení přinášejí jistější úspěchy a méně rizik než jedna rozsáhlá změna. 	<ul style="list-style-type: none"> • Odstranění variability procesu zvýší celkovou kvalitu jeho výstupů. • Poznání vycházející z faktů je obrovskou hodnotou.
Nejvýraznější přínos	Zkrácení doby trvání procesu.	Zvýšená uniformita výstupů procesu.
Další přínosy	<ul style="list-style-type: none"> • Omezení plýtvání. • Zrychlený průchod. • Snížení provozních zásob. • Řízení prostřednictvím měření procesů. • Zvýšená kvalita zajištěná prostřednictvím zlepšování toku činností. 	<ul style="list-style-type: none"> • Omezení variability výstupů. • Stabilita kvality výstupů. • Snížení provozních zásob. • Řízení prostřednictvím měření chybovosti. • Zvýšená kvalita zajištěná prostřednictvím odstraňování rušivých vlivů.
Organizace cyklu projektu	Cyklický/iterativní PDCA/PDSA, <i>Naplánuj-Udělej-Zkontroluj-Zasáhni.</i>	Přímý DMAIC, <i>Definuj-Měř-Analyzuj-Zlepši-Kontroluj.</i>
Organizace týmů	Integrované zlepšovateľské týmy.	Integrované zlepšovateľské týmy s doporučenou strukturou rolí.
Klíčové metody	<ul style="list-style-type: none"> • Mapování a měření procesních toků. • Optimalizace procesních toků. 	<ul style="list-style-type: none"> • Měření výskytů a četností. • Analýzy příčin a důsledků.

Zdroj: [1].

Jak vidíme z tabulky, některé položky se vzájemně velmi blíží, jako je to například v oblasti základního záměru, který zdůrazňuje to, že šance na úspěch má taková organizace, jež klade potřeby svých zákazníků vysoko v žebříčku hodnot. Zatímco cílem

Lean je vytvářet přesně a pouze takové hodnoty, které zákazník požaduje, Six Sigma se orientuje na kvantifikovatelné cíle a zlepšování kvality prostřednictvím snižování chybovosti. Lean je silnější v oblasti zkoumání a celkového zlepšování a zprůchodňování procesních toků, Six Sigma se soustředí zejména na „odstraňování“ problémových míst. Rovněž v oblasti projektového řízení vidíme odlišnost – kroky analytického procesu Six Sigma jsou mnohem podrobněji strukturovány, Lean se spoléhá na cyklické iterativní zlepšovateľské projekty. Lean projekty mají obvykle menší rozsah a nižší rizikovost, mohou lépe reagovat na vlivy změn jednoho procesu na procesy související a v cyklech optimalizovat výsledek. Lean projekty jsou rovněž mnohem úspěšnější v nenásilném pronikání zlepšovateľského ducha do organizační kultury. Má-li podnik v tvrdých podmínkách tržní konkurence uspět, pak musí zvažovat všechny výše uvedené alternativy a nalézt správnou rovnováhu přístupů. Takovou, která se nejlépe hodí ke konkrétním podmínkám podniku, oboru, v němž působí, a kvalifikační a kulturní základně, kterou disponuje. Ke všem výše uvedeným výhodám kombinované metodologie Lean Six Sigma je nutné pro úplnost výkladu podotknout, že další nespornou silou je flexibilita, která, pokud to projekt vyžaduje, umožňuje použití nejvhodnější kombinace nástrojů. [1] [2]

1.3.2 Porovnání Lean Six Sigma a ISO

Tabulka 1.2 porovnává základní znaky, předpoklady a přínosy konceptů zlepšovateľských projektů využívajících Lean Six Sigma a přínosů řízení kvality prostřednictvím implementace norem řady ISO.

Tab. 1.2 Porovnání Lean Six Sigma a ISO.

	Lean Six Sigma	ISO
Zlepšovateľské koncepty	Založené na metodologii.	Založené na standardech.
Nositel zlepšování	Nabízí koncepty a nástroje, které mohou být flexibilně užívány.	Určuje jednotlivé kroky postupů.
Příspěvek k tvorbě kvality	Kvalita je vytvářena prostřednictvím kvalifikovaných osob.	Kvalita je vytvářena prostřednictvím certifikovaných postupů.
Zaměření	Zlepšování, finanční a nefinanční přínosy.	Dokumentace prokazující, že pravidla a instrukce jsou dodržovány.
Směr zkoumání	Vnitřní procesy organizace jsou zlepšovány podle požadavku nebo konkurenčního tlaku z okolí.	Pohled je obrácen dovnitř organizace.
Kontrola a udržování	Dodržování navržených postupů je kontrolováno prostřednictvím výkonostních a kvalifitativních měření.	Stabilita a dodržování postupů je prosazováno systémem auditů a hodnocení.

Zdroj: [1].

1.3.3 Komplexní pojetí procesního zlepšování

V odborné literatuře se setkáváme s celou řadou teoretických přístupů, s množstvím doporučení, struktur, postupů, a v neposlední řadě s obrovským množstvím variant analytických nástrojů. Pohled na Lean Six Sigma se podle hloubky a důrazu může u jednotlivých teoretiků i praktiků lišit. V nejširším filozofickém pojetí je důraz kladen na význam kontinuálního zlepšování podnikových procesů v souladu s hodnotou, kterou podnik cíleně generuje pro své zákazníky a jež je hluboce zakotvena v podnikové kultuře. Klademe-li důraz na programy, pak budeme především sledovat celkové portfolio zlepšovateľských projektů, a to, jak jsou jednotlivé projekty časovány, jak jsou obsazovány a uzavírány. V pohledu jednotlivých projektů pak budeme sledovat vnitřní fáze zlepšovateľských iniciativ, přesněji jak jednotlivé kroky DMAIC navazují a jak vytvářejí podklady pro rozhodování a implementaci navržených změn. Jednotlivé projekty pak budou organizovány buď jednoduše jako sled kroků DMAIC, nebo také mohou obsahovat paralelní větve organizované kolem jednotlivých „akcí Kaizen“. [1] [2]

1.3.4 Volby metod v závislosti na prostředí organizace

Dalším pohledem při přípravě možností postupů a plánování zlepšovateľských iniciativ je povaha produktů organizace ve vazbě na rozsah služeb a provázanost procesů s okolními subjekty. Podnikové procesy se významně liší podle toho, v jaké oblasti působí: zda je to výrobní organizace, v jejíž produkci převládá velkosériová výroba, jako je například automobilový průmysl, nebo zda se zaměřuje na originální řešení jako poskytování služeb, dodávky velkých investičních celků apod. Je logické, že se procesy v obou uvedených příkladech budou lišit.

Připravujeme-li se na projekt zlepšování podnikových procesů s využitím metodologie Lean Six Sigma, pak je vhodné si uvědomit jak společné nebo příbuzné znaky obou metodologických součástí, tak i jejich odlišnosti, jejichž vhodnou kombinací pak můžeme umocnit specifické zaměření použitých metod.

V některých případech organizace používají své vlastní metodologie hodnocení faktorů a přínosů projektu. Vyspělost těchto metodologií je zpravidla v relaci s procesní a zlepšovateľskou vyspělostí organizací samotných. Mezi zlepšovateľskými iniciativami Lean Six Sigma a projektovým managementem je velmi úzký vztah, a to zejména proto, že jednotlivé iniciativy jsou standardně organizovány v projektech a případně

seskupovány do programů. Six Sigma přináší nástroje, jež nám pomohou v tom, abychom projekt správně vybrali a naplánovali. [1] [2] [15]

1.3.5 Podmínky úspěchu projektu Lean Six Sigma

Ve všech přístupech vycházejících z metodologie Lean Six Sigma se obecně setkáváme se sedmi základními principy, které předurčují nebo podporují šance na úspěch zlepšovatelství projektů nebo dílčích iniciativ. Jsou to zejména:

- 1) **Orientace na zákazníka.** Deming společně s ostatními představiteli, kteří stáli u zrodu obou přispívajících metodologií, neustále zdůrazňovali význam pozice zákazníka procesu a jím definovaných vlastností výsledku, jehož má proces dosáhnout.
- 2) **Podniková kultura.** Lean Six Sigma na rozdíl od dříve užívaných metodologií, jako je například TQM nebo reengineering, vyznává zlepšování podnikových procesů jako postupný cyklický režim, který je hluboce prostoupen do jádra podnikové kultury stejně jako do manažerských systémů.
- 3) **Zapojení managementu.** Úspěch projektu, do něž je soustředěna zlepšovatelství iniciativa, je osudově závislý na podpoře managementu. Six Sigma obsahuje mechanismy, s jejichž pomocí je intenzifikován zájem managementu.
- 4) **Systematické zlepšovatelství programy.** Six Sigma věnuje značnou pozornost systematickému výběru projektů, prioritizaci témat v rámci programů a měření úspěšnosti jednotlivých projektů nebo iniciativ.
- 5) **Koordinovaný růst know-how.** Jednotlivé zlepšovatelství programy využívají strukturu „beltů“, tedy kvalifikovaných interních konzultantů, kteří jsou součástí každodenního života projektu a kteří se po skončení cílené zlepšovatelství iniciativy vrací do procesu a pomáhají dlouhodobému udržování výsledků projektu v praktickém životě.
- 6) **Strukturovaný metodický přístup.** V porovnání s metodologiemi, které předcházely, Six Sigma vyžaduje, aby projekt ve svém postupu sledoval kroky DMAIC.
- 7) **Rozhodování na základě faktů.** Sdružená metodologie přikládá velký význam měření, a to ať již ve smyslu kvantifikace funkčních potřeb zákazníka, tak i v tradičním finančním pojetí. Všechny projekty musí mít jasně stanovené cíle, aby bylo možné jednoznačně ověřit, zda jich bylo po realizaci projektu

dosaženo, nebo aby bylo možné vyslovit hodnocení. Měřicí systémy musí být dobře navrženy, údaje musí být spolehlivě posbírány, uloženy a vyhodnoceny. Jednotlivé projekty mají přímé vazby na finanční údaje tak, aby bylo možné ověřit účinnost vlastních zlepšovatelství iniciativ měřením jejich nákladů. [1] [9] [11]

1.3.6 Obvyklé chyby a překážky

Typické problémy, s nimiž se v rámci zlepšovatelství iniciativ nebo programů setkáváme, většinou přímo souvisí s podceněním bodů uvedených v předchozí podkapitole. Nejčastěji představují problémy projektů nevhodně nebo nejasně formulované cíle a záměry zlepšovatelství iniciativy a příliš rozsáhlé nebo složité projekty, u nichž je obtížné fázovat kroky. Udržení tempa nebo soustředění na konkrétní problémy může kolísat a případné zklamání z toho, že se viditelné výsledky nedostaví dostatečně brzy, může ohrozit celkové přijetí zlepšovatelství programu. Dalším častým problémem je nedostatek viditelné podpory managementu. Nemá-li zlepšovatelství program podporu nebo podpora není uvnitř zlepšovatelství týmu i mimo něj zřejmá, pak je pozice účastníků iniciativ velmi obtížná, zlepšení jsou implementována jen s těžkostmi, a výsledky, pokud se dostaví, nemívají dlouhodobý vliv na výkonnost nebo dosaženou kvalitativní úroveň.

Jako u každého obecného projektu, i nedostatečně účinné vedení iniciativ se může negativně podepsat na úspěchu projektu. Podceněná příprava vůdčích osobností zlepšovatelství iniciativ, tedy profesionálů v oblasti Lean Six Sigma, facilitátorům výrazně snižuje potenciál, jehož může být programem dosaženo. Nestačí, že provedeme důkladnou analýzu a navrhneme skvělé řešení problému, pokud bude následovat nedůsledná implementace a nedostatečné úsilí věnované udržení změn v procesech. Lidé mívají tendenci sklouznout zpět ke starým zvyklostem, pokud nejsou kontrolováni nebo povzbuzováni. Nepočítá-li se ve zlepšovatelství iniciativách s hlídáním výsledku jednotlivých projektů a akcí, pak se může celý program stát terčem kritiky nebo případného znevažování ze strany odpůrců. Poslední ve výčtu nejčastěji se vyskytujících chyb jsou pak nerealistická očekávání. Stejně jako v několika předchozích případech, pokud nejsou očekávání spojená se zlepšovatelství programem přizpůsobena reálným možnostem podniku v konkrétní situaci a zdrojům, které jsou k dispozici, pak může mít zklamání výrazný vliv na celkové hodnocení potenciálu podobných programů a poškodit podnik na několik generací. [1]

1.3.7 Projektové role v Lean Six Sigma

Principy Six Sigma stanovují, že je potřeba správně obsadit projektové týmy, jmenovat a vyškolit talentované a zaujaté odborníky, a teprve poté je možné vlastní projekty realizovat. Předpokladem fungování tohoto organismu je úzký kontakt s okolím a široké pochopení významu a přínosů těchto iniciativ a jejich uplatnění vně organizace. Projekty s převažujícími přístupy Lean nejsou vždy tak rigorózní. Zatímco Six Sigma klade větší důraz na školení, Lean se více orientuje na podnikovou kulturu a menší cyklicky aplikované zlepšovateľské iniciativy. [1] [2] [4]

Green Belt. Skupina členů projektového týmu, které označujeme Green Belts, jsou členové realizačního týmu zlepšovateľského projektu, kteří již mají znalosti a zkušenosti potřebné k tomu, aby projekt realizovali. Ve spolupráci s Black Beltem vyhledávají příležitosti ke zlepšení, vybírají ty, které jsou účinné a potřebné, a ty potom pomáhají implementovat do praktického života. Jejich úlohou je rovněž přenášet své znalosti a zkušenosti získané v projektech do své každodenní práce a působit tak na rozvoj podnikové kultury.

Black Belt je role s klíčovým významem ve zlepšovateľském projektu. Její nositelé mají kromě znalosti funkčních oblastí, ve kterých působili nebo stále působil, vůdčí roli v jednotlivých iniciativách, zejména však v rozsáhlých projektech. Mají obvykle vyšší kvalifikaci než Green Belt a pomáhají v přípravě a vedení Green Beltů. Black Belt je obvykle specializovaná role na plný úvazek, často pověřená řízením procesu, a to minimálně po dobu implementace změn.

Master Black Belt je nejvyšší rolí projektu s technickými a organizačními odpovědnostmi. Předpokládá se, že zvládá vše, co dělají běžní Black Belt členové projektového týmu, jeho dlouhodobé zkušenosti se však projevují v hlubokém porozumění statistickým analýzám, v praktických znalostech Six Sigma a případně dalších metodologií uplatňujících se ve zlepšovateľských iniciativách, a všeobecně hluboké chápání souvislostí mezi náročnými znalostními oblastmi.

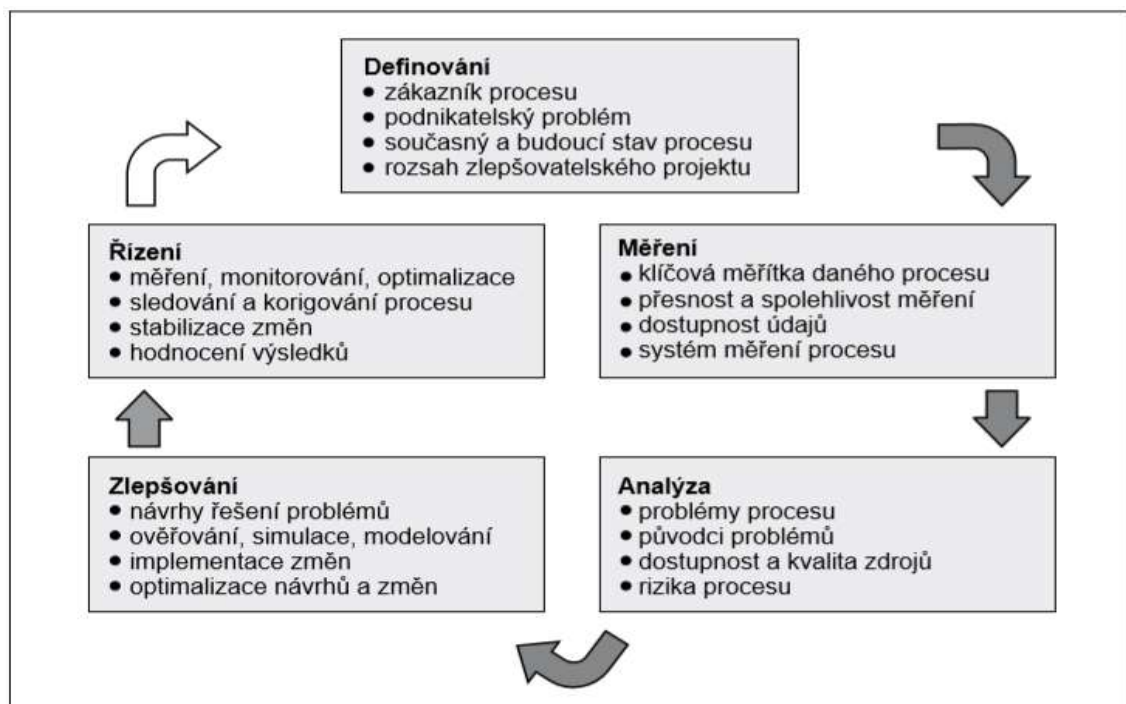
Sponzor je nejvyšším vlastníkem projektu a nejčastěji je zástupcem podnikového managementu. Jeho odpovědností je, aby určil směr projektu, schválil nebo sestavil omezení či doporučení, jež spadají do jeho pravomoci. Sponzor projektu má nezastupitelnou roli jak při ustavení projektu, tak při jeho taktickém řízení tím,

že poskytuje podporu, částečně zprostředkovává jeho styk s okolím a pomáhá mu, a to zejména tehdy, kdy je potřeba odstranit překážky.

1.4 DMAIC

Optimalizování procesů je založeno na poznání, pozorování, analýze zjištěných skutečností, osvojování znalostí a jejich využívání ke změně stávajícího stavu k nějakému budoucímu stavu, který má naplnit určité předpoklady či požadavky shrnuté do definovaných cílů. Ve zlepšovatelských projektech se ve většině případů opakuje několik standardních postupů, které jsou strukturovány a seřazeny do určitých fází ověřených mnoha opakováními. [1] [2] [3] [4]

DMAIC – základní cyklus pevně spojený s každým zlepšovatelským projektem v oblasti Six Sigma a většinou projektů Lean Six Sigma. Cyklus představuje fáze Definování / Měření / Analyzování / Zlepšování / Řízení. Jednotlivé fáze cyklu DMAIC mají specifické cíle, které logicky vymezují, na jaké činnosti jsou zaměřeny. [1]



Obr. 1.4 Základní cyklus DMAIC projektu Six Sigma.

Zdroj: [1].

Definování	Měření	Analýza	Zlepšování	Řízení
<ul style="list-style-type: none"> • Porozumění problému a kvantifikace cílů • Vymezení rozsahu projektu • Alokace zdrojů • Sestavení akčního plánu • Ustanovení komunikačních potřeb • Definice rolí a odpovědností • Porozumění současnému procesu 	<ul style="list-style-type: none"> • Shromáždění potenciálních problémů • Navržení plánu měření • Sestavení pracovních definic hledaných údajů • Návrh nástrojů měření • Sběr a hodnocení dat • Ustavení vstupní základny měření 	<ul style="list-style-type: none"> • Analýza naměřených údajů • Sestavení a ověření hypotéz • Hodnocení procesních odchylek • Stanovení nejdůležitějších příčin problémů • Kvantifikace příležitostí pro zlepšování procesu 	<ul style="list-style-type: none"> • Sestavení návrhů řešení • Vypracování cílového procesního modelu • Formulace akčního plánu • Identifikace možných rizik • Nákladové analýzy a testování • Sestavení implementačního plánu změn 	<ul style="list-style-type: none"> • Implementace a předání řešení • Vypracování plánu řízení procesu • Sestavení nástrojů a indikátorů řízení • Sledování a udržování výkonnosti • Předání do provozu • Shromažďování podkladů pro soustavné zlepšování

Obr. 1.5 Cíle jednotlivých kroků cyklu DMAIC.

Zdroj: [1].

1.4.1 Definování zlepšovateľských příležitostí

Krok „Define / Definování“ se zaměřuje na nalezení a pojmenování cílů zlepšovateľského projektu v přímé souvislosti s pokrytím potřeb zákazníků procesu. Zlepšovateľská iniciativa, která se opírá o metodologii Six Sigma, musí vycházet z jednoznačně definovaných cílů. Většina lidí je zvyklá pojmenovávat cíle zlepšovateľských projektů velmi obecně. Částečně je to způsobeno tím, že nevíme-li přesně, co stojí za nízkou výkonností nebo za špatnou kvalitou, obtížně se nám formuluje, na co konkrétně bychom se měli zaměřit. Stanovíme-li, že cílem projektu je „snížit celkový objem pohledávek“, z pohledu Six Sigma to nebude zadání dostatečně specifické. Bude-li cílem projektu „snížení objemu neuhrazených faktur po více než 30 dnech po splatnosti o 25 %“, budeme takto stanovenému zadání schopni daleko lépe přizpůsobit jak zvolené kroky a metodické přístupy analýzy, tak nástroje kontroly a měření.

Hlavním účelem této fáze je jasné vymezení problému, který bude řešen. Je velmi důležité, aby zadání bylo jasně popsáno, mělo přiměřený rozsah, srozumitelně popsáno problematiku, ohraničení a předpoklady použitých metod. V průběhu zpracování zadání se používá celá řada modelovacích činností určených k popisu současného stavu procesu a analytických a odhadovacích činností, jejichž účelem je vyhodnotit potenciální přínosy projektu a možná rizika. Úplnost popisu současného stavu procesu je doplněna výchozími údaji měření, tedy kvantitativními údaji popisujícími výkonnost procesu nebo kvalitu

jeho výstupů. Mapy toků činností slouží zejména k tomu, abychom lépe pochopili vnitřní souvislosti procesu a mohli je vysvětlit dalším účastníkům, a to jak uvnitř projektového týmu, tak i mimo něj. [1] [2]

1.4.2 Měření procesů pro zlepšení výkonnosti

Úkolem druhého kroku „Measure / Měření“ je získání údajů o chování současného procesu s přihlédnutím na zadání projektu. Obsahuje návrh kontrolního systému měření a soustavu ukazatelů, které umožní sledovat vývoj projektu a to, zda úsilí směřuje k cílům, které byly nastaveny.

Tato druhá část je často komplikovaná a zdlouhavá. Je třeba zjistit, jaké faktory se podílejí na vzniku problému v procesu, co je příčina nedostatečné výkonnosti nebo nízké kvality. Abychom mohli zlepšovat procesy cyklem DMAIC, musíme vědět, co přesně zlepšujeme a v jakém směru. Jednoduše řečeno, musíme vědět, co je špatně a jak moc špatné to je.

Měření má přímou návaznost na fázi následující. K tomu, abychom své následné závěry a rozhodnutí mohli podložit fakty, potřebujeme vybudovat znalosti, které vycházejí ze skutečných hodnot získaných měřeními a sběrem potřebných dat. Informace o výkonnosti procesu před zahájením jednotlivých kroků zlepšovatelství iniciativ a po jejich provedení je velmi důležitým aspektem Lean Six Sigma. Měření procesů je nezbytné k učení se a sledování účinnosti implementovaných procesních změn, stejně jako vytvoření nástrojů pro pozdější kontrolu a optimalizaci procesu. [1] [2]

1.4.3 Analýza problémových jevů procesů a poznání jejich příčin

Dalším krokem po „Measure / Měření“ je Analýza. Jejím úkolem je vyhodnotit údaje, které jsme shromáždili v předchozím kroku, a pomocí matematických, grafických a statistických nástrojů zjistit příčiny, jež způsobují odchylky mezi současnou výkonností procesu a cílovým stavem, který byl nastaven v prvním kroku „Define / Definování“.

Analýza vychází ze současného stavu procesu zaznamenaného souborem údajů měření a jejím záměrem je odhalení trendů a odchylek v chování procesu identifikovaných jako problémová místa procesu. Analýza rovněž může určit, zda se jedná o náhodnou událost, nebo o opakovaně se vyskytující problém. Při hledání a sestavování informací o počátečním stavu procesu je obvykle potřeba využívat celé řady analytických metod, a to jak běžných procesně-dokumentačních, tak i grafických a statistických nástrojů. Pro výchozí úvahy o problémech procesů můžeme použít diagramy, a to zejména tehdy,

hledáme-li důvody prodlev, zdroje závad, nadměrných zásob nebo spotřeby práce na opravy. Účinné bývá zejména hledání příčin a následků sestavováním diagramu „rybí kost“. Potřebujeme-li jít do hloubky a oddělit symptomy od skutečných příčin, pak s výhodou použijeme dotazovací metody. [2]

Je-li naším cílem zlepšení efektivity procesu, pak se budeme opírat zejména o tradiční nástroje Lean, jako jsou hledání zdrojů plýtvání, časové studie a optimalizace činností či produktivní využívání všech zdrojů. Kromě pozorování skutečného provozu je možné provést simulace, jejichž účelem je potvrzení hypotéz. Hodnotící a analytické nástroje musí být vhodně zvoleny podle charakteru dat, která máme k dispozici.

Dalšími metodami pro určení kořenových příčin problémů, jsou statistické analýzy. Jejich pomocí ověřujeme takové hypotézy, u nichž potřebujeme zjistit, zda určitý jev (Y) způsobený množinou příčin (X) dosáhne stejného nebo podobného výsledku, změníme-li prvek nebo skupinu prvků v množině příčin (X). Jako nejčastěji používané statistické metody uvedme alespoň průměr, standardní odchylku, podíl nebo počet závad v jednotce produkce. Statistické metody rovněž poskytují popisné informace o rozložení jednotlivých měření ve vzorku dat, jako je normální nebo gama rozložení.

Pokud jsme měli ve fázi „Measure / Měření“ 20 až 40 sledovaných vstupů, ve fázi analýzy potřebujeme oddělit zhruba třetinu těch, které opravdu stojí za prověření. V následujících krocích se budeme snažit jejich počet dále snížit na rozumné tři až šest klíčových příčin s tím, že ve fázi Kontrolování bychom pak měli sledovat dva až čtyři opravdu kritické veličiny. Uvedená čísla jsou ilustrativní a jsou závislá na rozsahu konkrétního problému a možnostech získání různorodých údajů. [1] [2]

1.4.4 Zlepšování parametrů a eliminace závad procesu

Jakmile je odhalen problém a ověřilo se, že se nejedná o náhodnou událost, může Six Sigma přikročit k hledání řešení, které pomůže problémová místa odstranit. V kroku „Improve / Zlepšování“ se pak zaměřujeme jak na návrh řešení pro problémová místa procesu, tak na výběr těch nejvhodnějších, které pomohou splnit cíl projektu. Součástí je jak navrhování nových postupů, stanovování technologických změn nebo reorganizace práce, tak vlastní implementace zvolených změnových návrhů.

Jak již bylo zmíněno, nástroje Lean používáme tam, kde se zabýváme časem a problémy procesního toku, nástroje Six Sigma pak zejména tam, kde snižujeme chybovost

a upravujeme procesy ve smyslu zvyšování kvality výstupů. Modelujeme-li procesy, vracíme se zpět k diagramům a řízeným diskusím s tím, že nyní již víme přesně, na jaké místo se máme zaměřit, a v jakém směru jej máme upravovat.

Je-li potřeba generovat nové náměty na řešení, pak je možné vrátit se k brainstormingům. Je-li shromážděno několik potenciálních řešení pro problém, pak se musí vyhodnotit a vybrat to, která má největší šanci na úspěch. Několikastupňový charakter projektu nám má pomoci zúžit výběr a cyklický charakter programu nám pomůže optimalizovat jednotlivá řešení tak, aby bylo dosaženo co nejvyšší efektivity.

Při výběru musíme přihlížet jak k náročnosti implementace změny, k její nákladnosti a účinnosti, tak k tomu, jak budou její výsledky udržitelné v praktickém provozu. Musíme mít vždy na paměti, že každý problém má v reálném světě víc možných řešení. V hodnocení je třeba se soustředit na výběr takového, které se nejlépe hodí k eliminaci problému v konkrétních podmínkách a situaci, v jaké se právě organizace nachází. [1]

1.4.5 Řízení budoucího procesu k zvýšení výkonnosti

Poté, co byl proces inovován a změny zavedeny, nastává další krok „Control / Řízení“. Pro ověřování stability zavedených opatření se užívá celá řada matematických a statistických metod.

Abychom dokázali nový stav procesu udržet, je potřeba ho monitorovat a řídit. Je pochopitelné, že se vše nedokáže dostatečně přesně měřit a hodnotit pomocí proaktivních měřítek. Nemáme-li reaktivní měřítka, pak nebudeme znát ani účinnost a správnost závěrů, které bychom vyslovili s pouhou znalostí proaktivních měřítek, a to jakkoli dobře navržených. Řízení procesů má vlastnosti samoučícího se systému a správná rovnováha různých typů měření je pro něj velmi důležitá. Kombinace a vytvoření vhodných analytických a komunikačních nástrojů je pak nezbytnou součástí dobře fungujícího kontrolního systému. [1] [2]

2 Představení společnosti

Společnost InTiCa Systems, ve které je tvořena praktická část této diplomové práce, je předním evropským poskytovatelem a dodavatelem v oblasti vývoje a výroby induktivních komponent, pasivní analogové spínací techniky a mechatronických konstrukčních skupin na trh. Společnost působí v oblastech automobilové technologie a průmyslové elektroniky. [16]



Obr. 2.1 InTiCa Systems AG / logo společnosti.

Zdroj: [16].

2.1 Základní informace o společnosti

InTiCa Systems AG je německá akciová společnost se sídlem v bavorském Passau, která byla založena v roce 2000, tehdy ještě jako InTiCom Systems AG, jako společnost v telekomunikačním průmyslu. Postupně se během let začala zaměřovat na i na oblasti automobilové techniky a průmyslové elektroniky. I to vedlo k přejmenování společnosti na současný název InTiCa Systems AG v roce 2008, přestože v této době 76 % výrobního obrátu společnost dosahovala v oblasti telekomunikací a kabelových sítí. V roce 2006 byl v České republice, konkrétně v jihočeských Prachaticích (místo tvorby praktické části této diplomové práce), otevřen první výrobní závod. O deset let později, v roce 2016, bylo otevřen i druhý výrobní závod v mexickém Silau. V bavorském Passau se nachází centrála závodu a technologické centrum. Společnost má v roce 2020 zhruba 700 zaměstnanců a plánovaný roční obrát okolo 60 mil. €. [16]



Obr. 2.2 InTiCa Systems AG / lokace.

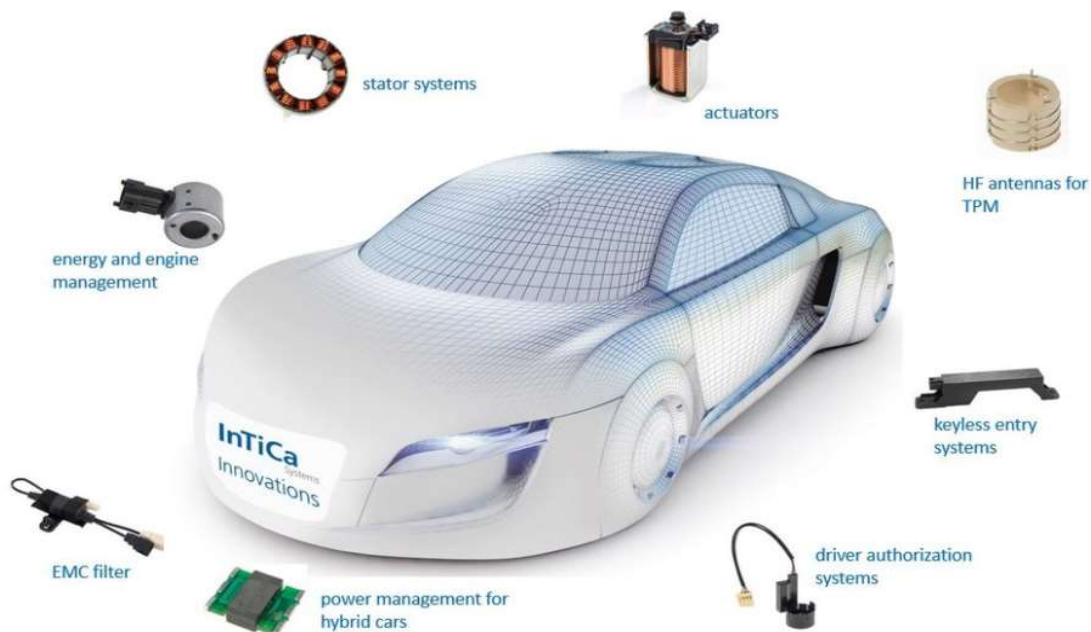
Zdroj: [16].

2.2 Portfolio

2.2.1 Automobilová technika

Společnost InTiCa Systems je již od roku 2003 partner pro různé dodavatele systémů v automobilovém sektoru, obzvláště ve vývoji a ve výrobě induktivních konstrukčních prvků a konstrukčních skupin vyráběných na míru. Společnost se může spolehnout na strukturované procesy, jakož i na rozsáhlé portfolio individuálních řešení.

Portfolio zahrnuje řešení pro elektromobilitu a hybridní techniku, systémy pro oprávnění k jízdě a k přístupu, filtrační a bezpečnostní techniku. [16]



Obr. 2.3 InTiCa Systems AG / portfolio – Automobilová technika.

Zdroj: [16].

E-mobilita / hybridní technika

Společnost InTiCa Systems dodává komponenty jak pro hnací ústrojí v oblasti statorů, tak i pro elektroniku ve formě EMV filtrů, traf a tlumivek.

Aby bylo možné splnit příslušné magnetické požadavky, používají se vždy podle potřeby jak materiály z práškového železa, tak i ferity a metalické slitiny. Z hlediska technologie navíjených spojů se používají vždy podle aplikace dráty kruhového průřezu, dráty s vysokým okrajem, obdélníkové dráty, lanka nebo měděné fólie.

- Cívky statoru: provedené jako jednotlivé cívky s obstríkem nebo bez něho
- Věnc rozváděče: v obstríkaném nebo zalitém provedení

- Výkonová trafo/tlumivky: trafo vysokofrekvenčních transformátorů, elektricky kompenzované tlumivky, tlumivky výškových stavěčů atd. [16]



Obr. 2.4 InTiCa Systems AG / portfolio – E-mobilita / hybridní technika.

Zdroj: [16].

Aktorika

Společnost InTiCa Systems je specializovaná na výrobu nejrůznějších typů cívek a může tak obsluhovat téměř všechny úseky použití v oblastech „regulace – měření – řízení“.

Při elektronické regulaci se používají aktorové cívky nebo takzvané zdvihací magnetické cívky. Zde nabízí jak otevřené typy cívek, tak i zalité a obštríkané aktorové cívky.

- Aktory pro vstřikování motorové nafty: provedení např. s materiály odolnými vůči teplotám (PPS).
- Aktory pro zablokování volantu: zabudování částečně v chráněných oblastech, díky čemuž je možné používat otevřenou formu konstrukce.
- Aktory pro zablokování převodovky: provedení s magnetickým třmenem v otevřené konstrukční formě.
- Aktory pro elektrohydraulické řídicí systémy: otevřená nebo obštríkaná provedení cívky pro systémy Electric Power Assisted Steering. [16]



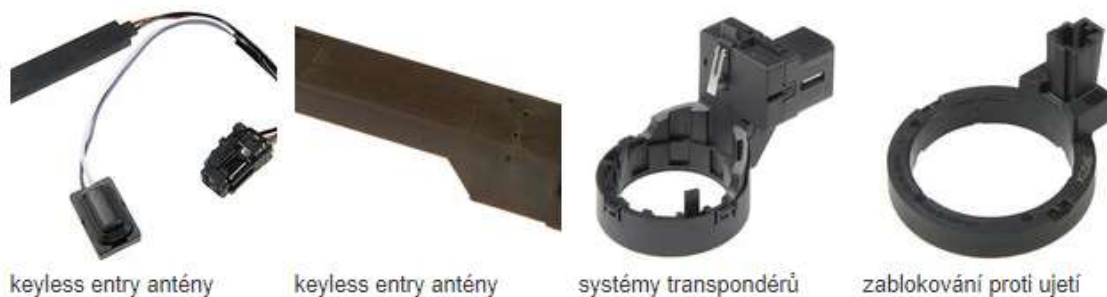
Obr. 2.5 InTiCa Systems AG / portfolio – Aktorika.

Zdroj: [16].

Systémy upravující oprávnění k jízdě a přístupu

Společnost InTiCa Systems nabízí jak anténovou, tak i transpondérovou techniku pro aplikace v oblasti oprávnění k jízdě a k přístupu. Zde má společnost speciální technické know-how v oblasti vývoje elektromagnetických polí.

- Keyless Entry antény: zalité, obstříkané nebo otevřené verze pro různé frekvenční rozsahy s nejrůznějšími rozhraními
- Systémy transpondérů / zablokování proti ujetí: řešení zapouzdřená plastovým krytem nebo obstříkaná [16]



Obr. 2.6 InTiCa Systems AG / portfolio – Systémy upravující oprávnění.

Zdroj: [16].

Filtrační technika

Společnost InTiCa Systems dodává komponenty týkající se řešení (elektromagnetická kompatibilita), která jsou zapotřebí z důvodu pokračující „elektrifikace“ vozidel s hybridním a elektrickým pohonem.

- Odrušovací tlumivky: Common Mode Chokes k potlačení rušivých impulsů
- EMV filtry: LC filtry pro zvláštní požadavky specifické dle zákazníků [16]



Obr. 2.7 InTiCa Systems AG / portfolio – Filtrační technika.

Zdroj: [16].

Bezpečnostní technika

Společnost InTiCa nabízí řešení antén jak v oblasti vysoké, tak i nízké frekvence pro aplikace bezpečnostní techniky, jako např. kontrolní systémy tlaku v pneumatikách.

- HF antény: antény Helix např. pro aplikace 315 MHz a 434 MHz
- TPM antény: feritové antény pro aplikace 125 kHz



Obr. 2.8 InTiCa Systems AG / portfolio – Bezpečnostní technika.

Zdroj: [16].

2.2.2 Průmyslová technika

Společnost InTiCa Systems je specialistou pro vývoj a výrobu induktivních konstrukčních prvků specifických dle zákazníků, jakož i pro mechatronická a modulární systémová řešení pro průmyslovou elektroniku. Trafa, tlumivky, cívky a transformátory společnosti InTiCa Systems se používají ve výkonové elektronice, v EMV filtrech, ve střídačích fotovoltaických elektrárnách, jakož i v automatizační technice a hnacích mechanismech. [16]



Obr. 2.9 InTiCa Systems AG / portfolio – Průmyslová technika.

Zdroj: [16].

EMV-filtry / komponenty

Společnost InTiCa Systems nabízí EMV filtry, které zaručují elektromagnetickou kompatibilitu používaných produktů a jsou dnes nepostradatelnými komponenty v téměř každé elektronické aplikaci.

- CM Chokes: jako osaditelná komponenta nebo s připojovacím kabelem
- Filtrační moduly: zalité nebo přestříkané filtrační moduly dle zákazníků [16]



Obr. 2.10 InTiCa Systems AG / portfolio – EMV-filtry /komponenty.

Zdroj: [16].

Střídače (“fotovoltaika“)

Společnost InTiCa Systems vyvíjí a vyrábí AC-filtrační tlumivky, tlumivky, vysokofrekvenční transformátory a induktivní moduly pro solární střídače. Specializovala se přitom na rozsah výkonu 0-300 kW při frekvenci spínání 16-50 kHz.

- AC filtrační tlumivky: jednotlivé tlumivky nebo zalité moduly v nejrůznějších konstrukčních formách, např. feritová jádra, vinutá jádra atd.
- Vysokofrekvenční transformátory: optimalizované na příslušný frekvenční rozsah
- Induktivní moduly: kombinace různých komponent s interními spoji. [16]



Obr. 2.11 InTiCa Systems AG / portfolio – Střídače (“fotovoltaika“).

Zdroj: [16].

Aktorika

Společnost InTiCa Systems se specializovala na projektování a výrobu magnetických cívek pro rozmanité aplikace.

- Zdvíhací magnety a ventilové cívky: řešení specifická dle zákazníků mimo jiné pro proudové rozdělení u průmyslových strojů [16]



Obr. 2.12 InTiCa Systems AG / portfolio – Aktorika.

Zdroj: [16].

Automatizační technika / technika hnacích mechanismů

Společnost InTiCa Systems nabízí řešení specifická dle zákazníků pro trafa, cívky a transformátory pro měniče frekvence, jakož i pro statorová vinutí pro elektromotory.

- Komponenty pro měniče: Řešení specifická dle zákazníků jako jednotlivé komponenty nebo modulová konstrukce
- Statorová vinutí: provedená jako jednotlivé cívky [16]



Obr. 2.13 InTiCa Systems AG / portfolio – Automatizační technika.

Zdroj: [16].

Filtrační technika

Společnost InTiCa Systems je specialistou pro všechny druhy filtračních produktů xDSL, které se používají v moderních telekomunikačních sítích.

Tyto umožňují provozovatelům systémů současný přenos mluvených i datových signálů na stávajícím dvoudrátovém okruhu mezi účastníkem a službou.

- Odrušovací komponenty: používané jednotlivě nebo jako moduly pro potlačení rušivých impulsů
- EMV filtry: dle zákazníků v různých elektrických a mechanických provedeních
- xDSL odlučovač ADSL, VDSL, VDSL 2: konstrukční skupiny odlučovačů [16]



Obr. 2.14 InTiCa Systems AG / portfolio – Filtrační technika.

Zdroj: [16].

Vysokofrekvenční technika

Společnost InTiCa Systems kompletně přepracovala různé komponenty sítě BK (širokopásmové kabely) pro frekvenční rozsah až do 1,5 GHz a tím stanovila nová měřítka v oblasti elektromagnetické kompatibility. Odbočovače pro širokopásmové, popř. koaxiální sítě: odloučení a rozvod signálů v koaxiální síti do nejrůznějších provedení a pro různé systémy zapojení

- Konektorové systémy pro HF aplikace: komponenty sítě pro různé typy kabelů, jako jsou konektory (KES), spojky, koncové uzávěry, zakončovací odpory [16]



Obr. 2.15 InTiCa Systems AG / portfolio – Vysokofrekvenční technika.

Zdroj: [16].

2.2.3 Výrobní technologie a vývoj

Společnost InTiCa Systems prostřednictvím svého vlastního kompetentního týmu vývojářů a výrobních technologů podporuje své zákazníky, aby našli nejefektivnější řešení pro svoje individuální požadavky a aby ze svých návrhů produktů vyvinuly inovativní produkty úspěšné na trhu.

Zkušení specialisté se průběžně zabývají nejnovějšími technologiemi, společně se zákazníkem vyvíjejí koncepty „šité na míru“ a realizují je v praxi.

Portfolio úkonů zahrnuje jak vývoj nebo převzetí zadání produktu, tak i kompletní výrobu, vždy při zohlednění všech podmínek vztahujících se k elektřině, plastům a vstřikovému lití plastů. [16]

3 Aplikace vybraných metod

V této kapitole je zaznamenána realizace optimalizačního projektu pomocí metody Lean Six Sigma, který je dělen do pěti fází dle metodiky DMAIC, tedy Definování, Měření, Analýza, Zlepšování a Řízení (více kapitolách 3.1 až 3.5). Optimalizační projekt byl realizován ve Společnosti InTiCa Systems, která je představena ve 2. kapitole.

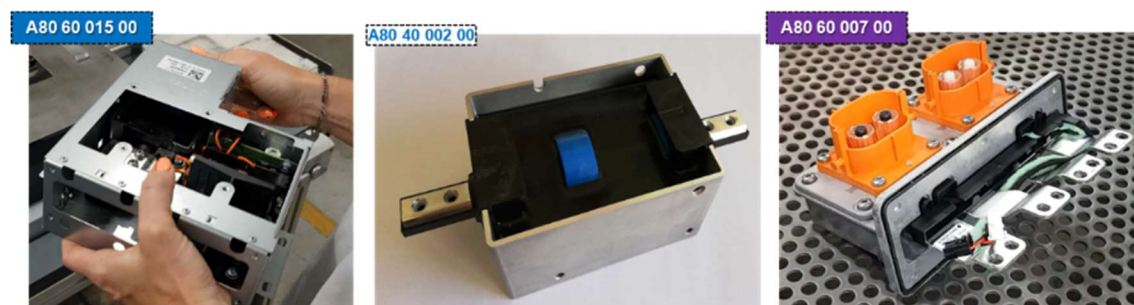
3.1 D / Define / Definování

První fáze, „Define / Definování“, je zásadní pro úspěch projektu. Zlepšovatelský projekt je nutné aplikovat na problém, který ovlivňuje zákazníka, ať už interního, nebo externího, nesmíme znát řešení problému už od začátku a cíle projektu musí být jasně definované. Dále je velmi důležitá podpora vlastníka procesů a sponzora projektu.

To jsou zásadní body, bez kterých není vhodné se do projektu Lean Six Sigma pouštět. Dalšími body, které je potřeba definovat, jsou například jasné vymezení hranic projektu, možná rizika a očekávané přínosy projektu, procesní mapy či projektový tým.

3.1.1 Výběr vhodného projektu a projektového týmu

Na základě výše uvedených pravidel vhodného výběru projektu byly vybrány EMV linky. Pět montážních linek na výrobu výrobků do elektromobilů Daimler. Výstupem z nich je 7 různých typů výrobků a 4 hlavní podsestavy, které vstupují do jiných EMV linek. Jedná se o montáž komponentů z 90 % nakupovaných a z 10 % produkovaných přímo v InTiCa Systems.

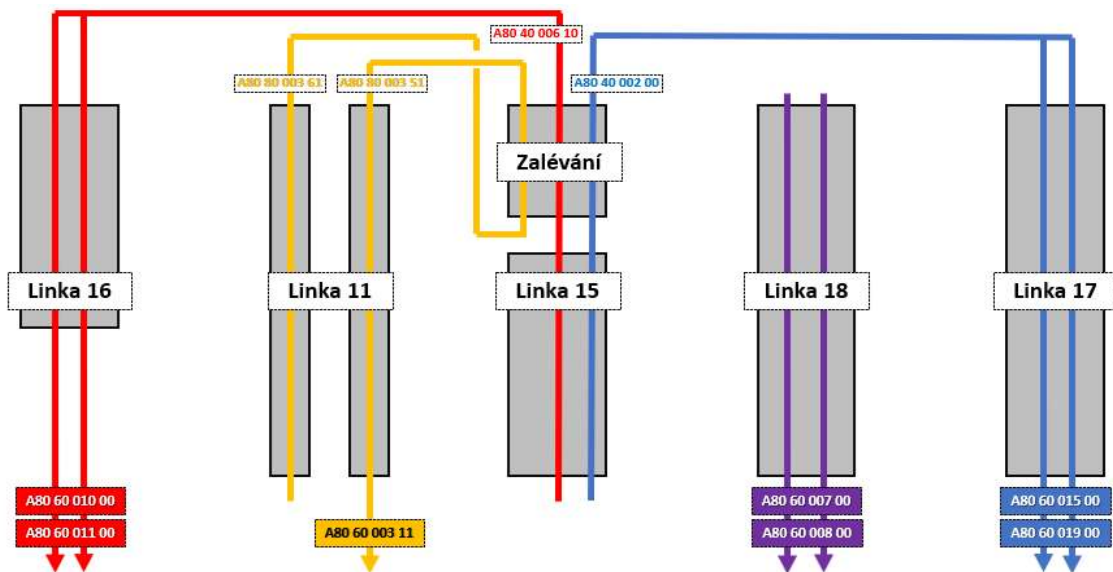


Obr. 3.1 Ukázka EMV filtrů.

Zdroj: vlastní zpracování.

Důvodem, proč byly tyto linky zvoleny jako oblast zájmu je, že se jedná o nové projekty, které přicházejí postupně do plné sériové výroby a vzhledem k tomu, že linky jsou nové,

tak zde nejsou zdaleka všechny procesy doladěny. Počet zde produkováných kusů nedosahuje očekávaného množství, které by pokrylo budoucí požadavky zákazníka, což by mohl být do budoucna velký problém.



Obr. 3.2 Rozdělení EMV filtrů podle místa produkce.

Zdroj: vlastní zpracování.

Na základě vybrané oblasti, na kterou se projekt zaměřuje, byl nominován projektový tým. Jednalo se o členy managementu a pracovníků z různých oddělení odpovědných za chod EMV linek.

Green Belt – Tomáš Martan / Continuous Improvement Engineer

Sponzor projektu – Georg Wasle / Jednatel společnosti

Vlastník procesu – Pavel Řídký / Manager výroby

Členové týmu:

- Karel Tomek / Continuous Improvement Manager
- Jan Hruška / Continuous Improvement Engineer Junior
- Tomáš Novák / Manager logistiky
- Renata Koblencová / Vedoucí skladu
- Filip Borka / Technik kvality

3.1.2 Analýza Stakeholderů

Stakeholder je osoba, která je výrazně ovlivněna projektem, nebo může vaši snahu výrazně ovlivnit, a to oběma směry, proto je důležité provést analýzu jejich postojů

k zamýšlenému projektu a získat jejich podporu. Na obrázku 3.3 je provedená analýza současné a požadované pozice v podpoře realizace projektu. Analýzu jsem provedl formou rozhovoru s managery jednotlivých oddělení. Výstupem bylo zhodnocení, že projekt má vysokou podporu a bylo zapotřebí udělat další schůzku jen s některými z managerů ohledně detailnějšího vysvětlení záměru a definování potenciálního přínosu pro jejich oddělení v případě úspěšné realizace.

Jméno	Manažer	Důležitost (1 - 3 - 9)	Současná pozice „C“ . Budoucí pozice „F“					Důvody rezistence (proč je proti?)
			Zcela proti	Proti	Neutrální	Podpora	Velká podpora	
Gregor Wasle	Jednatel společnosti	9					C / F	100% podpora. Velký tlak na snižování stavu zásob.
Pavel Řídký	Výrobní ředitel	9					C / F	100% podpora. Velký tlak na snižování stavu zásob.
Milan Kynický	Finanční ředitel	3				C	F	Podpora maximální využití strojního parku.
Tomáš Novák	Manager Logistiky	3			C	F		Menší výrobní dávky jsou složitější na plánování.
Soňa Polanecká	Manager Kvality	3			C	F		Náběhové díly po změně s sebou nesou riziko zvýšené zmetkovitosti.
Petr Makovička	Manager Údržby	1			C / F			Oddělení údržby nebude změnou nijak významně zasaženo

C současná pozice **F** žádaná budoucí pozice

Obr. 3.3 Analýza Stakeholderů.

Zdroj: vlastní zpracování.

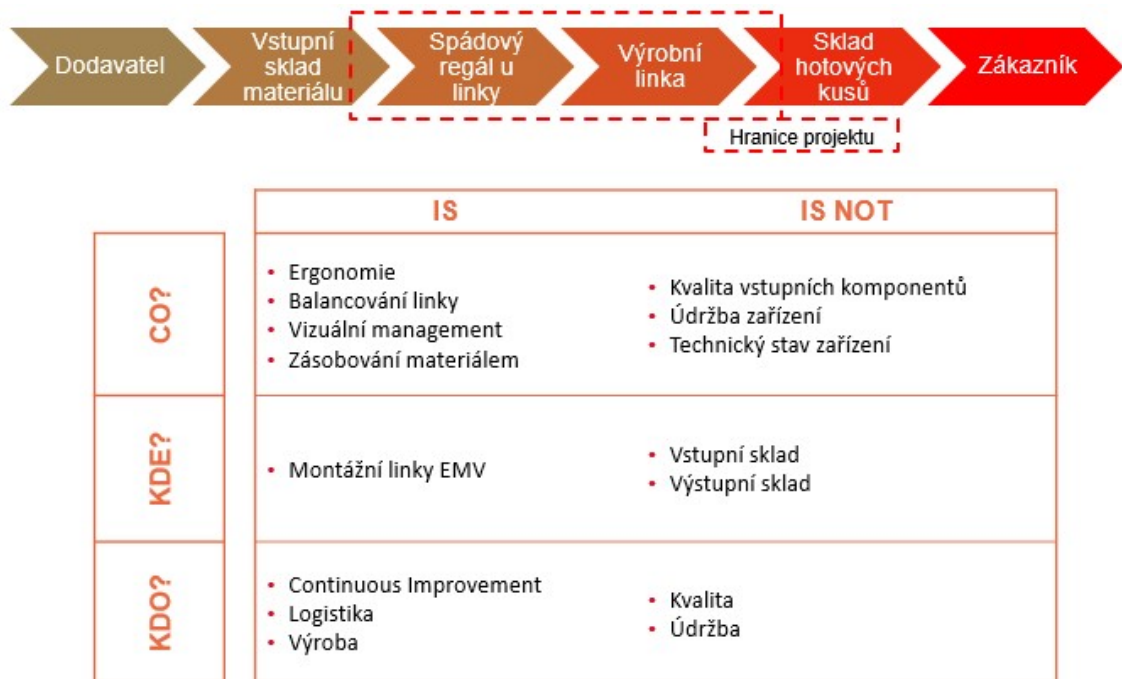
3.1.3 Rozsah projektu & Is / Is not analýza

Aby se předešlo nedorozumění během realizace projektu, je velmi důležité definovat rozsah projektu a vymežit hranice projektu. I když se tyto pojmy zdají jako synonyma, jedná se o dvě rozdílné věci. Obě tyto analýzy jsou graficky znázorněny na obrázku 3.4.

Hranice projektu definujeme pomocí procesní mapy či procesního diagramu. V tomto případě jsem volil zaměření na zásobování linek materiálem a na výrobní linky samotné.

Rozsah projektu neboli analýza Is / Is not blíže specifikuje, čím se budeme v projektu ještě zabývat a čím již nikoliv. Zde jsem volil oblasti, které jsem schopen ovlivnit, konkrétně tedy ergonomii, balancování linek, vizuální management a zásobování materiálem.

Naopak oblasti, které nejsem schopen během Lean Six Sigma projektu obsáhnout, abych udržel optimální rozsah a neřešil příliš mnoho kořenových příčin, jsem vyhodnotil oblasti technického stavu strojů, údržby zařízení a kvality vstupních komponentů.



Obr. 3.4 Rozsah projektu & Is / Is not analýza.

Zdroj: vlastní zpracování.

3.1.4 SIPOC analýza

Dalším krokem ve fázi „Define / Definování“ je analýza SIPOC. SIPOC je akronym počátečních písmen anglických slov Supplier (Dodavatel), Input (Vstup), Process (Proces), Output (Výstup) a Customer (Zákazník). Mapa procesu SIPOC je zobrazení nejvýznamnějších kroků, událostí nebo operací v procesu. Poskytuje nám základ pro identifikaci vstupů a výstupů procesů, dává zjednodušený pohled na celkový proces.

V rámci této analýzy jsem identifikoval tři hlavní procesy:

- výroba EMV filtrů (obecně),
- výroba EMV filtrů na konkrétní lince,
- zásobování EMV linek materiálem.

S I P O C				
SUPPLIER	INPUT	PROCESS	OUTPUT	CUSTOMER
Dodavatelé Logistika	Vstupní materiál	<i>výroba EMV filtrů</i>	Hotové / dobré kusy	Logistiky Zákazník
Předchozí operace	Dobrý kus z předchozí operace v taktu linky	<i>výroba EMV na lince</i>	Dobrý kus z operace pro následující operaci v taktu linky	Následující operace
Logistika Vstupní sklad	Požadavek na doplnění materiálu	<i>Zásobování materiálem</i>	Vstupní materiál dle požadavku	Montážní linka EMV

Obr. 3.5 SIPOC Analýza.

Zdroj: vlastní zpracování.

3.1.5 VOC analýza

Důvodem, proč je VOC (Voice of Customers) - Hlas zákazníka a jeho sběr důležitý, je fakt, že plnění přání zákazníka (v tomto případě interního) bývá základním předpokladem správně cíleného projektu. Aby byl zákazník spokojený, je nutné znát jeho potřeby, očekávání, přání či případně zjistit, zda by nechtěl něco ve stávajícím procesu změnit. Subjektivní představa řešitele může být častokrát odlišná od očekávání zákazníka.

V tomto Lean Six Sigma projektu jsem se zaměřil na optimalizaci interního procesu, tudíž jsem dotazoval interní zákazníky, konkrétně operátory výroby a jejich mistry.



Obr. 3.6 VOC analýza.

Zdroj: vlastní zpracování.

3.1.6 CTQ analýza

Po sběru hlasů zákazníka (VOC) se přistupuje k dalšímu kroku, a to CTQ analýze (Critical To Customer), v té se připomínky zaznamenané ve VOC převádějí na potřeby. Potřeby jsou definované jako ideální stav, který řeší vznešené připomínky. Pokud ale tomuto stavu nepřidělíme konkrétní hodnotu, jsou pouze abstraktním pojmem, a proto potřeby ještě převedeme na CTQ.

Zvolil jsem pět zásadních oblastí a nejčastěji se opakující připomínky a určil jsem tak měřitelné cíle projektu, které se zaměřují na oblasti procesu, zásobování, ergonomie a efektivity.



Obr. 3.7 CTQ analýza.

Zdroj: vlastní zpracování.

3.1.7 Rizika a přínosy projektu

Další analýzy, které v rámci Lean Six Sigma projektu musí proběhnout, je analýza možných rizik a analýza očekávaných přínosů projektu.

Rizika projektu jsou uvedena pro výstrahu a je nutné je brát pravidelně v potaz. V případě jejich výskytu se musí vynaložit co nejvyšší úsilí na jejich odstranění a neohrozit tak průběh projektu.

Přínosy jsou soupisem toho, co se od projektu očekává, aby sponzor byl spokojen a podpořil i další projekty realizované v budoucnu.

Rizika

- Nízká podpora Championa a Stakeholderů
- Nedostatek finančních zdrojů na změny
- Nedostatek lidských zdrojů
- Nedostatek času na realizaci
- Rozsah projektu
- Špatně definované VOC a CTQ
- Jazyková bariéra vůči agenturním pracovníkům
- Dodací termíny spotřebního materiálu spojeného se změnou

Přínosy

- Vyšší produktivita a efektivita
- Plnění požadavků zákazníka bez potřeby extra směn
- Zrychlení procesů
- Eliminace prostojů
- Zlepšení podmínek pro pracovníky na výrobní lince (Ergonomie)
- Snížení chybovosti během montáže
- Nižší Lead Time
- Eliminace plýtvání (čekání, pohyby, defekty, zásoby,..)

Obr. 3.8 Rizika a přínosy projektu.

Zdroj: vlastní zpracování.

3.1.8 Project charter

Všechny předešlé kapitoly pak shrne jediný formulář nazvaný Project charter. Jedná se o zakládací listinu projektu, kterou schvaluje sponzor a vlastník procesu. Je zde sepsáno, co se od projektu očekává, kdo je za něj odpovědný a je zde uvedena očekávaná délka realizace.

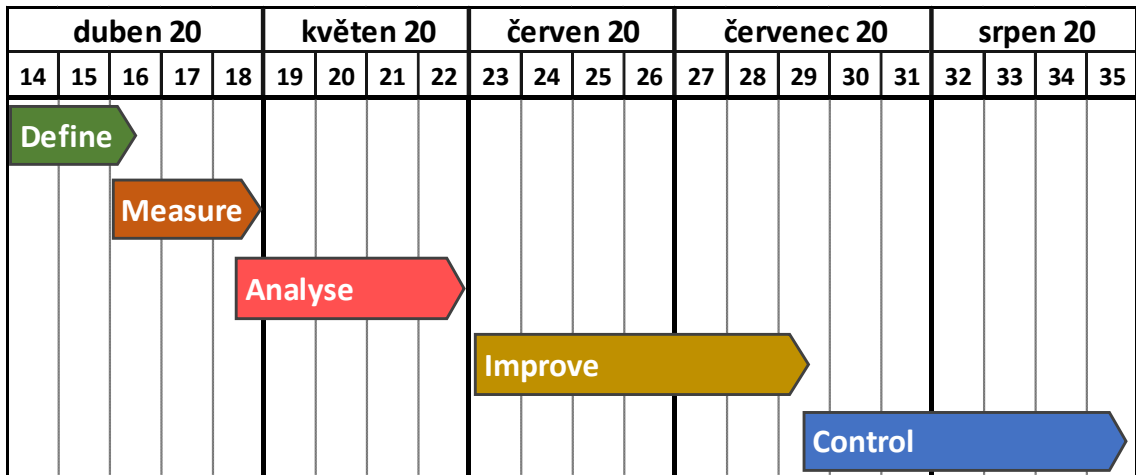
Problém		Rešitelský tým		Jméno	Pozice
Nízká produktivita výrobních linek EMV.		Green / Black Belt:	Tomáš Martan	CI Engineer	
		Vlastník procesu:	Pavel Řídský	Manager Výroby	
		Champion:	Georg Wasle	Jednatel	
		Členové týmu:	Karel Tomek	CI Manager	
			Jan Hruška	CI Engineer Junior	
			Tomáš Novák	Manager Logistiky	
			Renata Koblencová	Vedoucí skladu	
			Filip Borka	Technik kvality	
Business case		Cíl projektu			
Ve společnosti InTiCa Prachatice jsou umístěny nové výrobní linky pro produkty EMV. Výstup z těchto linek je nedostatečný na pokrytí odvolávek zákazníka Daimler.		Zvýšení výstupu (počtu kusů) na všech 5 linkách EMV, alespoň o 35%. Zlepšit vizuální management linek a zlepšit ergonomii pracovišť pro lepší pracovní podmínky.			
V rámci projektu	Mimo rámec projektu	CTQ			
Ergonomie pracovišť	Kvalita vstupních komponentů	> Ozastavení linek z důvodu nedostatku materiálu ze skladu.			
Line Balancing	Technická zařízení linky	> Přehledný layout pracoviště, vizuální management, optimální dávky.			
Zásobování vstupním materiálem	Údržba strojních zařízení	> Nové, přehledné pracovní instrukce.			
Vizuální management		> Materiál v ergonomickém dosahu operátorů na EMV linkách.			
		> Zvýšení produkce kusů v průměru o 35% na EMV linkách.			
Plánovaný začátek projektu	Plánovaný konec projektu	Rizika			
duben 20	srpen 20	Nedostatek zdrojů všech typů (lidé, finance, čas), nízká podpora, dodací termíny, jazykové bariéry.			

Obr. 3.9 Project charter.

Zdroj: vlastní zpracování.

3.1.9 Plán projektu

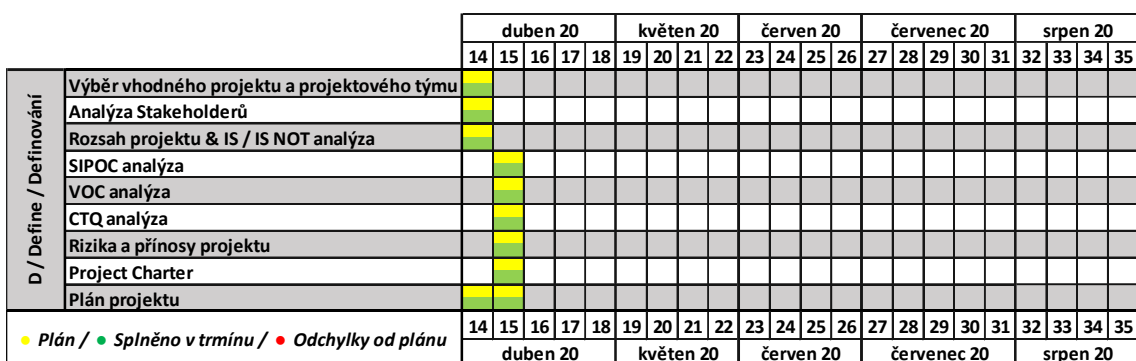
Posledním krokem ve fázi „Define / Definování“ je vytvoření plánu projektu. Optimalizační projekt Lean Six Sigma je plánovaný na 5 měsíců. Na začátku projektu není možné definovat veškeré malé kroky v rámci jednotlivých fází, protože až následné analýzy a zjištění z nich plynoucí nás nasměrují k dalším krokům.



Obr. 3.10 Harmonogram projektu.

Zdroj: vlastní zpracování.

V této fázi, tedy na konci první fáze projektu, jsem schopen zhodnotit pouze detail definování projektu. Tato fáze je relativně rychlá a analýzy nejsou nikterak časově náročné. Nedošlo tak k žádné odchylce od plánovaného termínu a vše jsem stihl dokončit v prvních dvou týdnech Lean Six Sigma projektu. Další fáze projektu jsou již podstatně časově náročnější.



Obr. 3.11 Harmonogram projektu - „Define / Definování“.

Zdroj: vlastní zpracování.

3.2 M / Measure / Měření

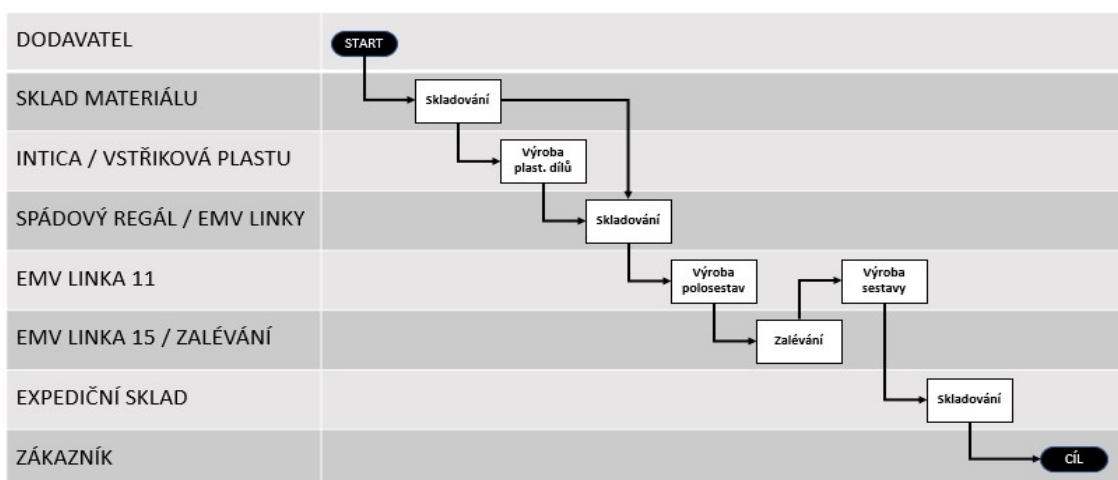
Druhý krok, „Measure / Měření“, je neméně důležitý pro úspěch projektu. Během této fáze je cílem nashromáždit základní data o procesu v podobě procení mapy či mapy toku hodnot. Pomocí analýz jako je brainstorming či analýza příčin a následků hledáme kořenové příčiny, které budeme v následné fázi DMAIC analyzovat.

Během této fáze se také postupně sbírají dlouhodobá data o výrobě. Dlouhodobá, protože je potřeba mít vzorek kvalitních, pokud možno spojitých, dat, o které se můžou analýzy opřít. Ideální délka sběru dat by měla být minimálně 1 měsíc, a to z toho důvodu, že je to dostatečný časový horizont, aby se nám projevíly všechny negativní faktory, které ovlivňují proces (výpadek proudu, personálu, materiálu...).

3.2.1 Procesní mapa

Na začátku měření je důležité mít zmapovaný proces. Proces u EMV linek je poměrně jednoduchý, jedná se o výrobní linky, kde probíhá montáž (86 % nakupovaných komponent a 14 % komponent vlastní výroby) systémem „one piece flow“, tedy tokem jednoho kusu. Lokálně, přímo ve společnosti InTiCa Systems s.r.o., se vyrábí plastové komponenty na vstřikolisech ve vedlejší výrobní hale. Proto jsem volil i jednoduchou mapu procesu namísto složitých, jako je mapa toku hodnot.

Jako příklad procesních map, které jsem v rámci projektu tvořil, je na obrázku 3.12 znázorněna procesní mapa pro artikl A80 60 003 11, která má ze všech EMV filtrů nejsložitější proces výroby. Celkově pak vzniklo sedm takových procesních map.



Obr. 3.12 Procesní mapa A80 60 003 11 – Swim Lane diagram.

Zdroj: vlastní zpracování

3.2.2 Brainstorming

Dalším krokem ve fázi „Measure / Měření“ je analýza kořenových příčin identifikovaného problému, který je v tomto případě: Nízká produktivita na EMV linkách. Abych se dostal ke kořenové příčině či více příčinám, tak bylo potřebné udělat více na sebe navazujících analýz za pomoci řešitelského týmu rozšířeného o několik operátorů z výroby.

Právě účast pracovníků z co nejširšího zastoupení pozic je pro brainstorming zásadní. Během brainstormingu se nadnese problém, tedy: Nízká produktivita na EMV linkách, a účastníci říkají možné příčiny. Žádný nápad není špatně, je důležitá otevřenost a komfort účastníků, aby se nebáli o problémech hovořit.

Vše se zapíše a použije v dalších analýzách. Během brainstormingu v rámci projektu se mi nashromáždilo několik desítek možných příčin a ty nejčastěji opakující se jsem zaznamenal do koláže na obrázku 3.13.



Obr. 3.13 Brainstorming.

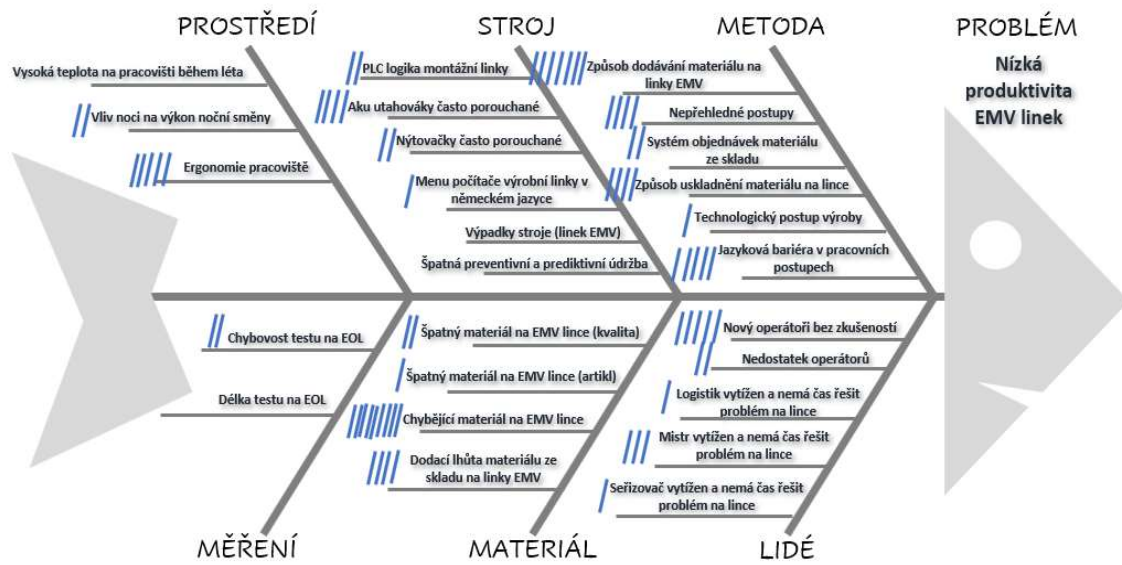
Zdroj: vlastní zpracování.

3.2.3 Ishikawa

Pro lepší přehlednost se možné kořenové příčiny roztřídí pomocí diagramu příčin a následků (Ishikawa nebo slangově „rybí kost“) do šesti kategorií (Prostředí, Stroj, Metoda, Měření, Materiál, Lidé). Kategorie se používají, abychom seskupili podněty,

kteře jsou téměř totožné, nebo se naopak zamysleli, pokud máme některou z těchto uvedených kategorií bez jediného záznamu.

Po rozřídění do kategorií jsem s týmem provedl tzv. **Multivoting**, který slouží ke zředukování množství návrhů na požadovanou úroveň. Spočívá v tom, že sečteme celkový počet možností (n) a každý z účastníků má n/3 hlasů, které rozdělí podle jím preferovaných možností.



Obr. 3.14 Ishikawa.

Zdroj: vlastní zpracování.

Následně se hlasy sečtou a seřadí se možnosti od nejvíce volených po ty nejméně volené. Dále by se již nemělo pracovat s více jak 7-12 možnostmi. Z této analýzy vyšlo, že dále budeme pracovat s těmito možnými kořenovými příčinami:

1. Chybějící materiál na EMV lince (Materiál)
2. Způsob dodávání materiálu na EMV linky (Metoda)
3. Nový operátoři bez zkušeností (Lidé)
4. Ergonomie pracoviště (Prostředí)
5. Jazyková bariéra v pracovních postupech (Metoda)
6. Dodací lhůta materiálu ze skladu na EMV linky (Materiál)
7. Způsob uskladnění materiálu na lince (Metoda)
8. Nepřehledné pracovní postupy (Metoda)

Těmito možným kořenovým příčinám se v terminologii Six Sigma říká „X-ka“. Cílem fáze „Measure / Měření“ je co nejvíce těchto X zředukovat a zúžit tak zaměření projektu

na ty relevantní z nich. Společně s tzv. „Y-ky“, což jsou problémy definované v rámci první fáze během analýz VOC a CTQ, můžou tvořit „Y2X“ matice, ve kterých se porovnává jejich možný vliv mezi sebou.

3.2.4 Afinitní diagram

Pro další možné snížení počtu kořenových příčin a oblastí zaměření v rámci projektu Lean Six Sigma jsem zvolil ještě Afinitní diagram, který pomáhá slučovat myšlenky do logických skupin a konkretizovat tak jejich účel, nebo naopak některé myšlenky upozadit.

Pro tvorbu diagramu jsem použil všechny výstupy z brainstormingu, jen jsem změnil jejich barvu. Žlutě jsem zvýraznil ty, které nám vyšli z diagramu Ishikawa jako ty zásadní. Ostatní výstupy jsem naopak označil šedě, aby bylo lépe vidět, v jakých skupinách se ty zásadní nakumulovaly.



Obr. 3.15 Afinitní diagram.

Zdroj: vlastní zpracování

Z diagramu vyšlo, že cílem následujících kapitol by mělo být zaměření především na oblast lidského faktoru a zásobování materiálem. Třetí oblastí, která už je částečně mimo hranice projektu, je oblast strojního vybavení, v rámci níž, se zaměříme na ergonomii pracovišť.

3.2.5 Procesní Sigma

Pomocí procesní hodnoty Six Sigma určujeme způsobilost procesu. Pod pojmem spočítat způsobilost procesu si představte určení, jak dobře proces splňuje zákaznické požadavky. Procesní Sigma spočteme přes ukazatel DPMO, který je popsán včetně vzorce 1.2 v kapitole 1.2.4.

Zde ale nastala během projektu komplikace, protože pro výpočet potřebujeme znát hodnotu DPMO, která se ve společnosti InTiCa Systems s.r.o. nesleduje. Zaznamenává se pouze % zmetkovitosti. Pro potřeby výpočtu byla na 3 dny do výrobních linek přidána záznamová karta, do které se uváděly i opravy v rámci linky. Protože se během sledovaného období neprodukovaly všechny varianty, tak jsem spojil počet vad, oprav a hotových kusů ze všech linek dohromady a vypočítal tak hodnotu sigma pro EMV linky obecně.

Za tři dny bylo na všech pěti EMV linkách v třisměnném provozu vyprodukováno 5117 kusů. Každou operaci bereme jako příležitost pro vytvoření zmetku a nebereme již v úvahu další dílčí kroky v rámci operace. Takových operací je celkem 33. Zmetkovitost na výstupu se běžně pohybuje mezi 96 až 99 %, ve sledovaném období to bylo 97,3 %, avšak celkový počet defektů včetně oprav byl 793. Z toho vyplývá, že:

- $DPMO = 154\,973$
- $D = 15,50 \%$
- Kusy napoprvé dobré = 84,50 %
- **Procesní sigma = 2,52**

3.2.6 Průběžné plnění plánu projektu

Ani ve druhé fázi projektu „Measure / Měření“ nedošlo ke zpoždění projektu nebo odchylce od časového plánu tak, jak jsem si ho na začátku této fáze stanovil. Všechny aktivity byly uzavřeny během tří týdnů, na které byla tato fáze od začátku plánována. Opět se jednalo o analýzy relativně nenáročné na čas potřebný k jejich realizaci.

		duben 20					květen 20				červen 20				červenec 20					srpen 20				
		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
M / Measure Měření	Mapování procesu																							
	Brainstorming																							
	Ishikawa																							
	Afinitní diagram																							
	Definování kořenových příčin																							
	Procesní Six Sigma																							
● Plán / ● Splněno v trmínu / ● Odchylky od plánu		14	15	16	17	18	19	20	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	
		duben 20					květen 20				červen 20				červenec 20					srpen 20				

Obr. 3.16 Harmonogram projektu - „Measure / Měření“.

Zdroj: vlastní zpracování.

3.3 A / Analyse / Analýza

Třetí fáze projektu Lean Six Sigma se zaměřuje na potvrzení kořenových příčin definovaných v předchozí fázi projektu „Measure / Měření“. Cílem je najít závislosti mezi nimi a vyjádřit je numericky, abychom mohli sledovat jejich vývoj.

V rámci tohoto projektu jsem měl tu výhodu, že záznamy z odpracovaných směn, které obsahují informace jako je:

- počet vyrobených kusů,
- počet odpracovaných hodin,
- počet operátorů na směně,
- počet NOK kusů,

jsou dostupné v elektronické podobě. Jsou to velmi přínosné informace pro projekt a pro průběžné sledování klíčových výrobních ukazatelů. Pro přípravu „Analyse / Analyzování“ fáze to však nebylo dostatečné, a tak kromě získání dat ze systému bylo nutné provést i další analýzy jako jsou analýzy hodnotové, grafické a časové.

V rámci této fáze jsem se tedy zaměřil na detailní spotřebu času v rámci všech operací, na plýtvání hlavně ve formě čekání a na celkovou efektivnost EVM linek.

3.3.1 Procesní KPI

KPI (Key Performance Indicators) jsou hlavní ukazatele výkonosti. Jedná se důležitou metriku, které musí být přiřazena hodnota, jednotka, cíl a v některých případech i časový interval sledování. Díky přesnému vyčíslení hodnoty určíme „kde jsme“ a můžeme definovat cíl, kam se chceme dostat a pravidelně hodnotit progres v jednotlivých oblastech.

V rámci projektu Lean Six Sigma jsem sledoval hned několik klíčových ukazů výkonnosti:

Časová náročnost

Časová náročnost každé jednotlivé operace v rámci EMV linek je velmi důležitá pro zvýšení výkonnosti linky. Musíme v rámci balancování linky porovnat operace mezi sebou a pokud možno je dostat na stejnou časovou náročnost a eliminovat tak čekání.

Celkově jsem musel změřit časovou náročnost 33 operací, abych zaznamenal všech 7 typů EMV filtrů, 4 polosestavy pro tyto filtry na všech 5 výrobních linkách. Volil jsem cestu chronometráží, na obrázku 3.17 naleznete jeden příklad. [17]

ČASOVÁ STUDIE / ZEITSTUDIE																				InTiCa					
Projekt: EMV / Linie 11		Artikl: A80 60 003 61		Hala: 2	Operace: Montáž		Stroj: Linie 11		Operátor: Bediener:		Datum:		Vytvořil: Tomáš Martan		Erstellt von: CIP										
#	Popis činnosti / Aktivitätsbeschreibung	Mezni bod / Grenzpunkt	Pořadové číslo náměru / Seriennummer																	Čas cyklu / Zykluszeit					
			1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.	17.	18.	19.	20.	Průměr / Durchschnitt	Min	Max
1	Set into postion + fix, + A80 60 003 90 > set cables into correct position	Z/S K/E	15,5	15,1	16,9	15,5	13,9	12,9	14,4	15,8	17,4	12,1	16,7	15,4	14,7	18,2	12,3	14,7	16,0	15,7	16,8	18,2	15,40	12,1	18,2
2	screw 4x K51 97 000 16	Z/S K/E	29,7	24,6	22,9	20,7	21,6	21,3	20,3	22,4	23,6	20,8	26,8	24,2	22,4	26,8	25,9	21,7	23,7	28,5	27,6	25,4	24,04	20,3	29,7
3	+1x A80 60 003 98, +2x A80 60 003 97, +2x A80 60 003 96	Z/S K/E	17,8	17,3	17,4	16,8	15,5	16,8	23,4	16,7	19,3	16,5	18,6	17,3	16,8	20,5	20,5	17,6	20,6	21,8	18,7	17,7	18,38	15,5	23,4
4	set wires into correct postion and move into measure machine	Z/S K/E	14,9	19,3	18,2	15,1	18,2	15,0	16,1	17,1	18,3	16,4	17,6	16,7	18,4	15,7	16,7	20,1	15,4	15,0	17,0	18,2	16,96	14,9	20,1
5		Z/S K/E																					#####	0,0	0,0
6		Z/S K/E																					#####	0,0	0,0
7		Z/S K/E																					#####	0,0	0,0
8		Z/S K/E																					#####	0,0	0,0
9		Z/S K/E																					#####	0,0	0,0
10		Z/S K/E																					#####	0,0	0,0
Součet (celkový čas náměru) / Die Summe			77,8	76,5	75,3	68,1	69,3	66,0	74,2	72,0	78,6	65,8	79,8	73,5	72,3	81,2	75,4	74,2	75,6	81,1	80,0	79,4	74,79	65,76	81,18
Faktor výkonu pracovníka / Arbeitsleistungsfaktor			100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%	100%			
Součet X Faktor výkonu pracovníka / Die Summe X Arbeitsleistungsfaktor			77,8	76,5	75,3	68,1	69,3	66,0	74,2	72,0	78,6	65,8	79,8	73,5	72,3	81,2	75,4	74,2	75,6	81,1	80,0	79,4	74,79 s		
Činnosti vykonávané v jiné četnosti opakování (pravidelné) / Aktivitäten in einer anderen Wiederholungsfrequenz durchgeführt (regulär)																	Identifikované plýtvání / Verschwendung								
#	Popis činnosti / Aktivitätsbeschreibung	Typ činnosti / Art der Tätigkeit	Čas / Zeit	Četnost / Häufigkeit	Konkrétní čas / Endzeit	#	Popis činnosti / Aktivitätsbeschreibung	Čas / Zeit																	
1	Raw material manipulation / 100 25 315 11 (1 pc per set)	manipulation																							
2	Raw material manipulation / 303 22 310 27 (1 pc per set)	manipulation																							
3	Raw material manipulation / 303 22 310 28 (1 pc per set)	manipulation																							
4	Raw material manipulation / 303 20 310 29 (1 pc per set)	manipulation																							
5	Raw material manipulation / 303 12 510 15 (1 pc per set)	manipulation																							
6	Raw material manipulation / 303 24 003 21 (1 pc per set)	manipulation																							
7																									
8																									
9																									
10																									
Změkčení normy (pracovní, hygienické a relaxační úlevy) / Erweichungsstandards (Arbeits-, Hygiene und Entlastung)			8%	Suma (průměrná celková délka operace * faktor výkonnosti pracovníka + nestandardní opakované činnosti * změkčení normy) / Betrag (durchschnittliche Gesamtbetriebsdauer * Faktor der Arbeitnehmerleistung + nicht standardmäßige wiederholte Tätigkeiten * Standardabschwächung)													80,77 s								
Časové rozvržení pracovní směny / Zeitzuweisungen der Arbeitsschicht						Vypočet výkonové normy / Berechnung der Leistungsstandards																			
Přestávka / Pause	30 min					Počet ks v jedné dávce / Stückzahl in einer Charge	Plánovaná zmetkovitost / Geplante Ausschuss	Poměrný čas na 1 ks / Relative Zeit für 1 Stück	Počet kusů za směnu / Stückzahl pro Schicht																
Administrativa / Administrative	5 min																								
Úklid, TPM / Reinigung, TPM	10 min					1 ks	2,7%	82,96 s	315 ks																
Čistý pracovní výkon / Nettoarbeitsleistung	435 min																								
Počet sekund čistého pracovního času za směnu / Die Anzahl den Sekunden die Nettoarbeitszeit pro Schicht	26100 s																								

Obr. 3.17 Příklad časové studie / Chronometráž.

Zdroj: vlastní zpracování.

Chronometráž spočívá v tom, že se operace rozdělí na jednotlivé kroky, natočí se několik opakování, v tomto případě jsem prováděl 20 opakování, a vypočte se průměrná časová náročnost, minima i maxima. Dále připočítáme pravidelné činnosti, které neprobíhají při každém kuse, odečtou se časy na přestávky, procenta za zmetkovitost a hygienické změkčení a vyjde nám časová náročnost i teoretický výstup z této operace.

Protože lidé nejsou stroje, jejich výkonost je bohužel ovlivněna mnoha vlivy. Proto se do výpočtu normy používá tzv. hygienické změkčení normy, kde se uvažuje náročnost podmínek. Formulář, který jsem zavedl ve společnosti InTiCa Systems s.r.o., má celkem 10 kategorií s rozsahem změkčení 0 až 3 %. Nejčastějším důvodem změkčení norem je fyzická zátěž, směnnost, hluk či monotónnost činnosti.

Změkčení normy (pracovní, hygienické a relaxační úlevy) v % / Erweichungsstandards (Arbeit, Hygiene und Entlastung) in %		
Fyzická zátěž / Physisch Belastung	0%	Pracovní činnost bez fyzické zátěže / Arbeitsstätigkeit ohne physische Belastung
	1%	Občasná fyzická zátěž u žen do 5 kg a u mužů do 15 kg (např. 1x za 30 ks) / Gelegentliche physische Belastung für Frauen bis 5 kg und für Männer bis 15 kg (z. B. 1x für 30 Stück)
	2%	Občasná fyzická zátěž u žen nad 5 kg a u mužů nad 15 kg (např. 1x za 30 ks) / Gelegentliche physische Belastung bei Frauen über 5 kg und bei Männern über 15 kg (z. B. 1x pro 30 Stück)
Monotónní činnost / Monotone Arbeit	0%	Pracovní činnost s maximálně 250 opakování za směnu / Arbeit mit maximal 250 Wiederholungen pro Schicht
	1%	Pracovní činnost s maximálně 750 opakování za směnu / Arbeit mit maximal 750 Wiederholungen pro Schicht
	2%	Pracovní činnost s maximálně 2000 opakování za směnu / Arbeit mit maximal 2000 Wiederholungen pro Schicht
Zátěž teplem nebo chladem / Die Last mit Hitze oder Kälte	0%	Stálá pracovní teplota (max + 5 °C odchylna od pokojových 20 °C) / Konstante Arbeitstemperatur (max. + 5 °C Abweichung von Raumtemperatur 20 °C)
	1%	Zvýšená pracovní teplota (max + 10° odchylna od pokojových 20° C) / Konstante Arbeitstemperatur (max. + 10 °C Abweichung von Raumtemperatur 20 °C)
	2%	Snížená pracovní teplota (max - 10° odchylna od pokojových 20° C) / Konstante Arbeitstemperatur (max. - 10 °C Abweichung von Raumtemperatur 20 °C)
Zraková zátěž / Visuelle Belastung	0%	Běžné světelné prostředí bez vizuálních kontrol / Gemeinsame Lichtumgebung ohne visuelle Kontrolle
	1%	Vizuální kontrola za pomoci osvětlení / Sichtprüfung mit Beleuchtung
	2%	Vizuální kontrola za pomoci lupy či mikroskopu / Sichtprüfung mit einer Lupe oder Mikroskop
Hluk / Lärm	0%	Pracovní prostředí do 70 db (60 db = hlasitý hovor) / Arbeitsumgebung bis zu 70 db (60 db = laute Konversation)
	1%	Pracovní prostředí od 70 do 90 db (75 db = výrobní prostředí) / Arbeitsumgebung von 70 bis 90 db (75 db = Produktionsumgebung)
	2%	Pracovní prostředí od 90 do 110 db (100 db = sbíjecí kladivo) / Arbeitsumgebung von 90 bis 110 db (100 db = Preilufthammer)
Vibrace / Vibrationen	0%	Pracovité bez vibrací / Vibrationsfreie Arbeitsplätze
	1%	Pracovité s občasnými vibracemi zařízení, které jsou přeneseny na tělo pracovníka / Arbeitsplätze mit einigen Vibrationsvorrichtungen, die auf den Arbeiter Körper übertragen werden
	2%	Pracovité s pravidelnými vibracemi zařízení, které jsou přeneseny na tělo pracovníka / Arbeitsplätze mit regelmäßiger Vibrationsvorrichtungen, die auf den Arbeiter Körper übertragen werden
Pracovní poloha / Arbeitsposition	0%	Práce v dobrých ergonomických podmínkách / Arbeiten unter guten ergonomischen Bedingungen
	1%	Práce v nestandardní, neergonomické poloze do 30 minut z pracovní doby / Arbeiten in einer nicht standardmäßigen, nicht ergonomischen Position innerhalb von 30 Minuten der Arbeitszeit
	2%	Práce v nestandardní, neergonomické poloze do 120 minut z pracovní doby / Arbeiten in einer nicht standardmäßigen, nicht ergonomischen Position innerhalb von 120 Minuten der Arbeitszeit
Psychická zátěž / Psychische Belastung	0%	Pracovní činnost bez psychické zátěže / Arbeiten ohne psychischen Stress
	1%	Pracovní činnost ve více směnném provozu / Arbeit im Mehrschichtbetrieb
	2%	Pracovní činnost vyžadující rozhodnutí (výstupní kontrola) / Arbeit, die eine Entscheidung erfordert (Endkontrolle)
Prach / Staub	0%	Bezprašné prostředí (laboratoř) / Staubfreie Umgebung (Labor)
	1%	Pracovité se zvýšenou prašností / Arbeitsplatz mit erhöhter Staubbelastung
	2%	Pracovité s velmi zvýšenou prašností / Sehr staubiger Arbeitsplatz
Chemické látky / Chemikalien	0%	Pracovité zcela bez přítomnosti chemických látek / Arbeitsplatz völlig frei von Chemikalien
	1%	Pracovité v nepřímém kontaktu s chemickými látkami (oleje, maziva) / Arbeitsplätze in indirektem Kontakt mit Chemikalien (Öle, Schmierstoffe)
	2%	Pracovité v přímém kontaktu s chemickými látkami s odsáváním / Arbeitsplätze in direktem Kontakt mit Chemikalien mit Absaugung
	3%	Pracovité v přímém kontaktu s chemickými látkami bez odsávání / Arbeitsplätze in direktem Kontakt mit Chemikalien ohne Absaugung

Obr. 3.18 Formulář pro výpočet hygienického změkčení normy.

Zdroj: vlastní zpracování.

Dostupnost

Dostupnost strojního zařízení se vypočítá jako: **Skutečný čas výroby / plánovaný čas výroby**. Dostupnost tedy nejvíce ovlivní výrobní ztráty způsobené prostoji opravami nebo poruchami strojů. Uvádí se v procentech.

Dostupnost jsem měřil ze směnového záznamu a zde uvedených prostojů a ze snímku pracovního dne, kde se projeví i prostoje nevykázané standardní cestou, například prostoje z důvodu nedostatku informací, chyb v procesu nebo manipulace s materiálem, které operátoři vnímají jako součást své práce.

Výkon

Výkon strojního zařízení, nebo v tomto případě operátora linky, se vypočítá jako: **Skutečné množství vyrobených výrobků / Normované množství výrobků**. Nejvíce

pak výkon ovlivní ztráty využití normované kapacity zařízení, nevybalancovaná linka nebo špatně nastavená norma operace. Uvádí se v procentech.

Výkon jsem měřil pomocí směnového záznamu a zde uvedených počtu vyrobených kusů za směnu. Zde jsem musel ještě zohlednit počet operátorů na lince a počet odpracovaných hodin, protože s nižším počtem operátorů na lince jejich výkon logicky klesá.

Kvalita

Kvalita procesu se vypočítá jako: **Množství shodných výrobků / Množství vyrobených výrobků**. Tento ukazatel tedy ovlivňuje ztráty z nekvality výrobků (vady a poškození). Taktéž se uvádí v procentech.

I kvalitu jsem měřil pomocí směnového záznamu a zde uvedeného počtu vyrobených kusů za směnu a neshodných kusů za směnu.

Tyto tři poslední ukazatele, tedy Dostupnost, Výkon a Kvalita tvoří základ pro výpočet často používané výrobního ukazatele **OEE (Overall Equipment Effectiveness)**, tedy celková efektivnost zařízení a výroby. Ukazatel OEE vznikne součinem všech tří výše uvedených ukazatelů a taktéž se uvádí v procentech. Logicky tak výsledné číslo je menší než nejnižší činitel. OEE se používá jako nejsnadnější výrobní ukazatel, který nám řekne o celkové efektivnosti zařízení pomocí jediného čísla.

Náklady

Pro následné zhodnocení přínosu projektu je nutné vyčíslit náklady „před a po“. Pro tento projekt jsem zvolil porovnání mzdových nákladů na vyrobení jednoho kusu od každého z artiklů.

Průměrná hodinová sazba na hodinu práce operátora je stanovena na 18,36 € (mzda, odvody, prémie, OOPP...). Mzdový náklad na jeden vyrobený kus jsem tak vypočítal pomocí rovnice:

$$\text{Náklady na 1 vyrobený kus} = \frac{\text{Hodinová sazba} \times 8 \text{ hodin} \times \text{počet operátorů na lince}}{\text{Průměrný vyrobený počet kusů za směnu}} \text{ (€)} \quad (3.1)$$

Náklady za jednotlivé artikly se pohybují v rozmezí 0,79 až 5,70 € za vyrobený kus.

Naměřené hodnoty za všechny procesní KPI ukazatele jsou uvedeny v tabulce 3.1.

Tab. 3.1 Procesní KPI / fáze „Measure / Měření“

Artikl	Linka	Časová náročnost (s)					Dostupnost	Výkon	Kvalita	OEE	Mzdové náklady na 1 ks
		Op. 1	Op. 2	Op. 3	Op. 4	Zalévání					
A80 60 003 61	11	71,02	82,96	N/A	N/A	N/A	80%	67%	98%	53%	€ 1,61
A80 60 003 51	15	N/A	N/A	N/A	N/A	30,79	88%	69%	99%	60%	€ 0,79
A80 60 003 11	11	N/A	N/A	92,25	94,7	N/A	78%	63%	98%	48%	€ 1,74
A80 40 006 10	15	52,65	55,27	N/A	N/A	22,98	83%	62%	98%	50%	€ 1,78
A80 60 010 00	16	68,65	65,74	43,78	N/A	N/A	81%	69%	99%	55%	€ 1,60
A80 60 011 00	16	66,37	67,08	45,12	N/A	N/A	79%	66%	99%	52%	€ 1,68
A80 40 002 00	15	53,13	58,78	N/A	N/A	23,32	84%	57%	99%	47%	€ 1,94
A80 60 015 00	17	97,36	73,48	89,54	132,85	N/A	78%	69%	96%	52%	€ 4,29
A80 60 019 00	17	97,36	73,48	89,54	132,85	N/A	75%	70%	97%	51%	€ 4,20
A80 60 007 00	18	97,64	152,68	118,62	135,54	N/A	69%	74%	97%	50%	€ 3,97
A80 60 008 00	18	116,59	174,25	134,69	140,62	N/A	65%	69%	96%	43%	€ 5,70

Zdroj: vlastní zpracování.

Z tabulky je na první pohled patrná nízká úroveň OEE. Pro ukazatel OEE se obecně uvádějí čtyři úrovně pro benchmark v oblasti výroby.

- **OEE 100 % / Dokonalé** – Ideální výroba. Bez prostojů, optimální rychlostí a v dokonalé kvalitě.
- **OEE 85 % / World Class** – Úroveň světové třídy. Dlouhodobý cíl pro mnohé výrobní společnosti.
- **OEE 60 % / Typické** – Typická úroveň. Značný prostor pro zlepšení.
- **OEE 45 % / Nízké** – Ne neobvyklé. Velký prostor pro velké zlepšení prostřednictvím jednoduchých opatření.

V rámci Lean Six Sigma projektu jsem naměřil OEE na EMV výrobních linkách v rozmezí 43 až 60 %, což nám ukazuje na velký potenciál pro zlepšení tohoto ukazatele.

Další zásadní ukazatel, který je za očekáváním, je **výkon**. S hodnotami v rozmezí 57 až 74 % je zde evidentně problém, který je potřeba odhalit. Problém může být některý z druhů plýtvání, nejčastěji pak různé druhy čekání. Proto jsem jako další krok fáze „Measure / Měření“ přistoupil k snímkům pracovního dne.

3.3.2 Snímky pracovního dne

Snímkem pracovního dne se rozumí metoda nepřetržitého pozorování, zaznamenávání a hodnocení spotřeby pracovního času pracovníka nebo skupiny pracovníků během celé směny. Touto metodou se se odhalí, jakou činností doopravdy operátor tráví směnu a v jakém poměru tyto činnosti jsou.

Pořizování snímků pracovního dne je velmi časově náročné, obzvláště když je potřeba provést snímek na 33 operacích, pozorovatel je schopen sledovat a zapisovat maximálně dva operátory. Protože je potřeba udělat snímek dne na operacích v rámci jedné linky v jeden den, pomáhali mi s tímto měřením kolegové z oddělení Continuous Improvement Processes.

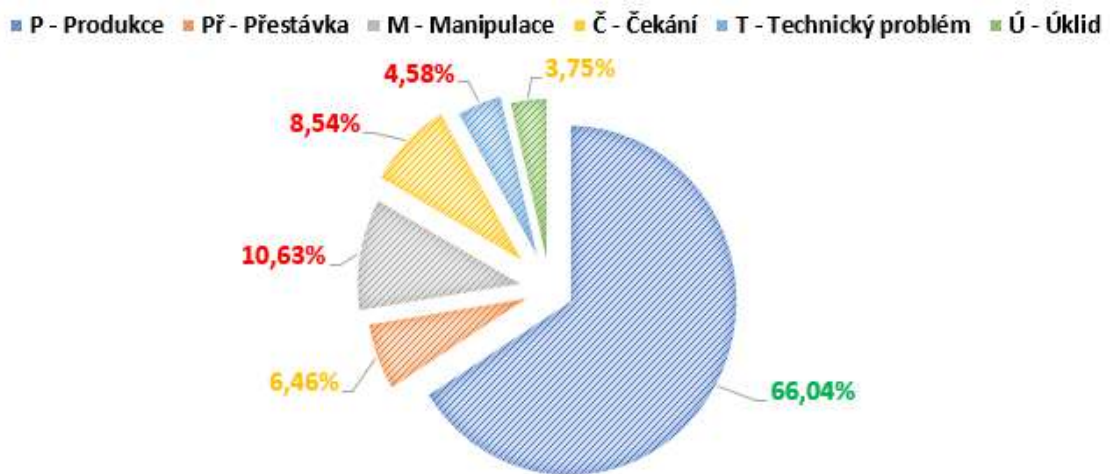
Snímky jsou dělány s přesností na minuty, což nám pro potřeby následné analýzy stačí. Každé činnosti je přiřazen symbol, který ji pomůže zařadit do jedné z kategorií, která se nakonec mezi sebou porovnávají. Na obrázku 3.19 je přepis takového měření na lince 17.

Snímek pracovního dne					InTiCa <small>Systems</small>
Datum: 21.4.2020			Směna: Ranní		Pracoviště: Linka 17 / Op. 2
Pozorovatel: Martan T.			Pozice: CI Engineer		Pozorovný: Op. č. 2142
ČAS			POZNÁMKY		
Od:	DO:	Počet hod.	Symbol:	Popis:	
6:00	6:17	0:17	M	Manipulace s vstupním materiálem, příprava pro výrobu	
6:17	6:22	0:05	Č	Čekání na první kus z první operace	
6:22	6:55	0:33	P	Produkce kusů	
6:55	7:03	0:08	T	Technický problém na lince, nutný zásah seřizovače	
7:03	7:51	0:48	P	Produkce kusů	
7:51	8:14	0:23	Č	Čekání na materiál ze skladu	
8:14	8:22	0:08	M	Manipulace s vstupním materiálem, příprava pro výrobu	
8:22	9:04	0:42	P	Produkce kusů	
9:04	9:13	0:09	T	Technický problém na lince, nutný zásah seřizovače	
9:13	9:44	0:31	P	Produkce kusů	
9:44	10:15	0:31	Př	Přestávka	
10:15	10:29	0:14	P	Produkce kusů	
10:29	10:41	0:12	M	Manipulace s vstupním materiálem, příprava pro výrobu	
10:41	11:37	0:56	P	Produkce kusů	
11:37	11:42	0:05	T	Technický problém na lince, nutný zásah seřizovače	
11:42	12:04	0:22	P	Produkce kusů	
12:04	12:17	0:13	Č	Čekání na materiál ze skladu	
12:17	12:31	0:14	M	Manipulace s vstupním materiálem, příprava pro výrobu	
12:31	13:42	1:11	P	Produkce kusů	
13:42	14:00	0:18	Ú	Úklid pracoviště, předání směny	

Obr. 3.19 Formulář: Snímek pracovního dne.

Zdroj: vlastní zpracování.

Kategorií činností jsem zvolil šest. Produkce je kategorie, která nám přináší hodnotu (v grafickém znázornění v podobě koláčového grafu mají činnosti přidávající hodnotu zelený popis dat) a cílem je, aby byla co nejvíce zastoupená ve snímku pracovního dne. Kategorie Přestávka a Úklid jsou činnosti, které nepřidávají hodnotu, ale v rámci pracovní směny zde musejí být (v grafu činnosti se žlutými popisy dat). Zbylé tři kategorie, tedy Manipulace, Čekání a Technický problém nepřinášejí hodnotu a jsou nežádoucí činnosti (v grafu činnosti s červenými popisy dat). Mělo by být cílem každé společnosti takové činnosti eliminovat na minimum, ideálně je pak odstranit úplně.



Obr. 3.20 Graf – Formulář: Snímek pracovního dne / Linka 17 - Op. 2.

Zdroj: vlastní zpracování.

Na obrázku 3.20 je graf z této analýzy. Je z něj patrné, že téměř 24 % času, který má být věnovaný produkci, je zatížen nežádoucími činnostmi.

3.3.3 Potvrzení kořenové příčiny

Ve fázi „Measure / Měření“, v kapitole 3.2.3, jsme si pomocí Ishikawa diagramu a multivoltingu definovali užší okruh potenciálních kořenových příčin. Z chronometráží a snímků pracovního dne, které jsem popsal v kapitolách 3.3.1 a 3.3.2 a následného afinitního diagramu je patrné, že cílem následujících kapitol ve fázi „Improve / Zlepšování“ by mělo být v první řadě zaměření na oblast zásobování vstupním materiálem a v druhé řadě na lidský faktor spojený s výrobou na EMV linkách. Třetí oblast, na kterou se zaměříme v projektu, je ergonomie pracovišť.

3.3.4 Analýza stavu zásobování vstupním materiálem

První oblastí pro zlepšení je definováno zásobování materiálem na výrobní linky EMV. V rámci hledání kořenové příčiny byly s touto oblastí spjaty hned čtyři body z osmi hlavních potenciálních příčin problémů, které nám na výrobních linkách snižují produktivitu a efektivitu práce. Konkrétně to pak jsou:

- číslo 1 Chybějící materiál na EMV lince (Materiál)
- číslo 2 Způsob dodávání materiálu na EMV linky (Metoda)
- číslo 6 Dodací lhůta materiálu ze skladu na EMV linky (Materiál)
- číslo 7 Způsob uskladnění materiálu na lince (Metoda)



Obr. 3.21 Analýza stavu zásobování vstupním materiálem - květen 2020.

Zdroj: vlastní snímek.

Stav „před“ je zcela nevyhovující. Polovina materiálu na výrobních linkách nemá lokaci pro uložení. Nejsou nastaveny objednávací množství ani intervaly mezi dodávkami. Celý proces probíhá formou vizuální kontroly stavu materiálu prováděné mistrem, sepsáním “nákupního seznamu“ a předáním informace na logistiku skrz emailovou komunikaci.

Následně má logistika reakční čas zhruba 2-4 hodiny na dodání materiálu na konkrétní linku. Je tedy potřeba dobré predikce a neustálého přepočítávání potřebného množství od každého z komponent potřebných pro výrobu aktuálně vyráběného artiklu.

Pokud nastane ve výrobě EMV filtrů nečekaný problém a například kvůli technickým problémům musí být jedna linka zastavena, není možné operátory přemístit ihned na jinou linku, protože zde není připraven dostatečný počet materiálu.

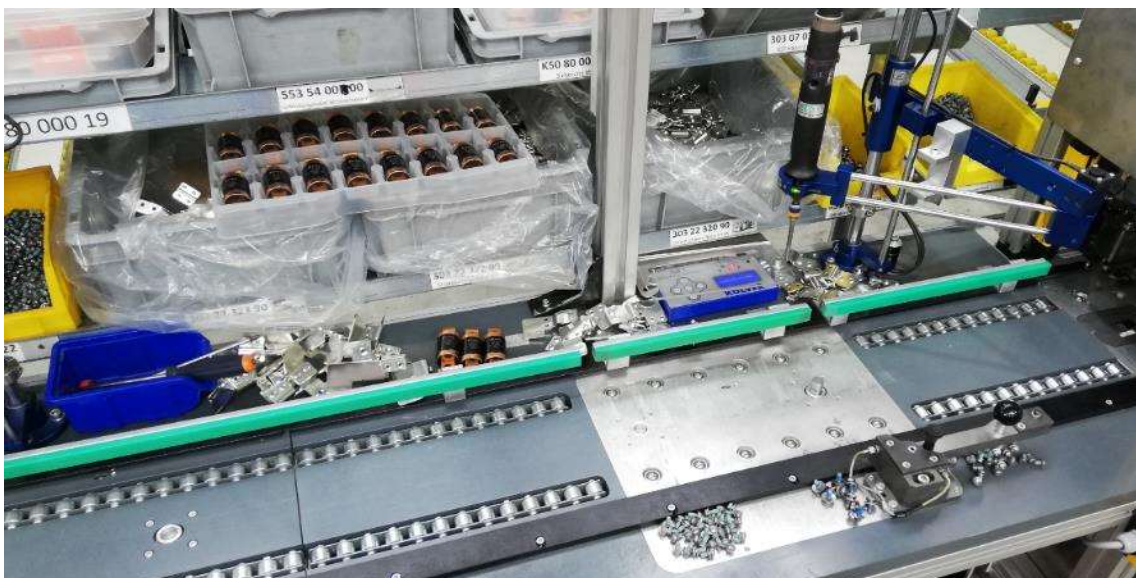
Druhým faktorem je, že technologové zodpovědní za tento proces, sídlí v mateřském závodě v bavorském Pasově. Pracovní návody jsou původně v německém jazyce a následně jsou přeloženy do češtiny a angličtiny. Je zde prostor pro chyby v překladu, a navíc nám to nepomůže u operátorů, kteří neovládají ani jeden ze tří uvedených jazyků, a takových operátorů byla jasná většina. Pracovní postupy jsou navíc založené v šanonu na kraji výrobní linky, takže je nemá operátor na očích. Navíc postrádají vizualizace a obrázky komponentů pro lepší představivost a pochopení instrukcí.

3.3.6 Analýza stavu ergonomie procesu

Třetí oblastí pro zlepšení je ergonomie pracoviště. V rámci hledání kořenové příčiny byla ergonomie často zmiňována a nemůžeme jí v projektu upozadit. Konkrétní potenciální kořenová příčina je:

- číslo 4 Ergonomie pracoviště (Prostředí)

Stav „před“ bych označil jako “nedotažený do konce“. Jsou zde například umístěny spádové regály pro snadnější přístup k materiálu během montáže, ale už není vyřešena konkrétní poloha konkrétního materiálu. Operátoři si často vyndávají materiál přímo na montážní linku, aby se pro něj nemuseli při každém cyklu natahovat. I toto si vyžádá menší úpravu a racionalizaci pracoviště pro lepší ergonomii a vyšší výkonost operátorů zde pracujících.



Obr. 3.23 Analýza stavu ergonomie procesu - květen 2020.

Zdroj: vlastní snímek.

si vyžádá největší analýzu a bude pravděpodobně časově nejnáročnější ze všech provedených zlepšení. Vyžádá si také velkou spolupráci s oddělením logistiky.

Druhou oblast vlivu lidského faktoru na výrobu, kde se jedná hlavně nezkušenost operátorů a jazykovou bariéru, budeme s kolegy řešit v rámci této fáze „Zlepšení“ úpravou a co největším zjednodušením pracovních postupů tak, aby byly srozumitelné pro všechny nově příchozí i stávající operátory.

V poslední oblasti týkající se ergonomie linek je v plánu racionalizace spádových regálů na všech pracovištích se zaměřením na ideální rozmístění jednotlivých vstupních materiálů a úprava (snížení) regálů pro lepší dostupnost i operátorů nižšího vzrůstu.

3.4.2 Postup Implementace

Jako první se rozběhla optimalizace zásobování výrobních linek vstupním materiálem EMV. Analýza byla náročná a v prvních dvou až třech týdnech vzala v projektovému týmu veškerou volnou kapacitu, kterou mohl tým věnovat tomuto projektu.

Na začátku čtvrtého týdne „Improve / Zlepšování“ fáze se souběžně rozběhly další tři optimalizace se zaměřením na dodavatelské balení vstupního materiálu, vizuální management a ergonomii pracovišť všech EMV linek. V posledních dvou týdnech této fáze projektu se rozběhl i poslední dílčí projekt se zaměřením na pracovní postupy.

Detailní postup a popis procesu zavádění jsem popsal v několika následujících kapitolách.

3.4.3 Optimalizace zásobování vstupním materiálem

Pro optimalizaci zásobování vstupním materiálem jsme zvolili cestu zavedení kanbanu mezi výrobními linkami a skladem vstupního materiálu. Nejprve bylo nutné doplnit do analýzy potřebné informace, které jsme nezaznamenali v předchozích fázích. Tabulku, kterou jsem pro tuto potřebu vytvořil, bychom mohli rozdělit do sedmi oblastí. Na začátku jsem zanesl data:

- pracoviště spotřeby (linka, pracoviště),
- informace o komponentech (artikl, název, druh),
- kusovník (spotřeba dle výrobku),
- informace o balení (dodavatel, počet kusů v jednotce, druh odpadu).

Následně jsme provedli testy a pomocí digitální váhy jsme prověřili, kolik kusů od každého artiklu se vejde, do jaké přepravní jednotky, a kolik takových přepravních

Všechny tyto údaje usnadňují činnost doplňování vstupního materiálu. Na obrázku 3.26 je příklad takové karty.

Kanbanová karta 	Číslo výrobku A80 60 010 75	Název Platine vorne EB311	Množství 60
 	Balení KLT 400 x 300 x 50 mm	Ztráta této kanbanové karty bude brána jako logistická reklamacie! Prázdné KLT s touto kartou vracíme zpět do kanbanového regálu.	
	Dodavatel Sklad	Umístění Linie 16	Spotřebitel Pracoviště 1
Vytvořeno: 07.07.2020		Vytvořil: TMAR	
			Počet karet 10
			Okruh 1
			Verze: 1

Obr. 3.26 Kanbanová karta.

Zdroj: vlastní zpracování.

Celý systém funguje na principu, že operátor na EMV lince spotřebovává materiál ze spádového regálu umístěného před sebou a po odebrání posledního kusu vezme prázdnou přepravní jednotku a umístí ji do nejvyššího patra regálu, kde je opačný sklon spádu. Odtud si přepravku odebere pracovník logistiky, který byl vyčleněn pouze pro zásobování těchto pěti linek a odveze si přepravní jednotku do skladu, kde pomocí informací z kanbanové karty doplní materiál a zaveze jej zpět na linku a vrátí do spádového regálu na konkrétní pozici.



Obr. 3.27 Spádový regál - Linka 17.

Zdroj: vlastní snímek.

Samozřejmostí je, že se manipulát logistiky nevrací do skladu pouze s jednou přepravní jednotkou, ale obejde vždy minimálně jednu celou výrobní linku. Za směnu pak takových

okruhů stihl pět až osm, podle toho, kolik přepravních jednotek a kolik materiálu bylo spotřebováno.

V první dnech a týdnech se ještě objevovaly nedostatky systému, a tak byla množství v přepravních jednotkách v několika případech změněna. Stále ale docházelo k tomu, že materiál na lince došel, a to i takový, který by měl mít zásobu na 8 a více hodin. Po poradě s pracovníky logistiky jsme přišli na to, že příčina je odlišné pořadí doplňování materiálu v rámci různých směn. Například manipulant na ranní směně začal doplňovat materiál „zleva doprava“ a manipulant na odpolední směně „zprava doleva“. Intervaly mezi doplnění materiálu tak v některých případech byly 2 hodiny a v některých 12 hodin. Z tohoto důvodu jsem pro pracovníky logistiky vytvořil podrobný harmonogram „jízdni řád“, abych sjednotil pořadí napříč směňami a zajistil tak stejné intervaly mezi dodávkami materiálu. Pracovník tak věděl, že má během druhé hodiny své směny doplnit určité materiály na určité lince. Také jsem již zmínil, že u 8 % artiklů se nám nepodařilo dostat do linky množství materiálu, které by bylo zásobou na celou směnu. Tyto artikly jsem pak zanesl do harmonogramu vícekrát, aby se nestalo, že se výrobní linka zastaví z důvodu nedostatku vstupního materiálu.

3.4.4 Optimalizace balení vstupního materiálu

Další oblastí, kterou jsem se v rámci vstupního materiálu zabýval, byla optimalizace balení materiálu. V několika případech si operátoři na linkách, a následně pak pracovníci logistiky, stěžovali na způsob balení od zákazníků. Stížnosti byly na příliš velký či naopak příliš malý počet ks v balení. Například jeden typ drobných šroubků byl volně ložen v kartonové krabici v počtu 25 000 ks, nebo naopak hliníkové odlitky byly v počtu 9 ks v kartové krabici včetně plastových prokladů.

Problémy byly, že buďto byl špatný přebalovací poměr, nebo vznikalo příliš zbytečného odpadu během spotřeby či přebalování do kanbanových jednotek. Celkem jsem vytipoval 13 artiklů, ke kterým jsem sepsal připomínky a požadavky na změny do prezentace a předal na oddělení projektu a nákupu.

Na obrázku 3.28 je příklad takovéto analýzy, ve které se jedná o dva téměř totožné komponenty, které jsou spravovány na stejném pracovišti linky 18. Každý má ale jiného dodavatele a každý dodavatel má odlišný přístup balení. Zde je i komplikací, že používají jiný materiál na proložení dílů a na pracovišti tak vzniká několik druhů odpadů. Z obrázku

je patrné, že vertikální uložení dílů v podání dodavatele EDAC ve srovnání s horizontálním uložením od dodavatele HA-BE si nejenže vyžádá menší nároky na rozměry kartonové krabice, ale i pobere o 50 % více kusů.



Part dimensions (mm): 17 height **190** length 76 width
 Box dimensions (mm): 220 height 270 length **250** width
 Quantity: **54** pcs
 Protection: black plastic spacers



Part dimensions (mm): 17 height **200** length 76 width
 Box dimensions (mm): 220 height 270 length **360** width
 Quantity: **36** pcs
 Protection: Transparent shaped plastic spacers

303 26 011 90

Gehäuse Adapterplatte vorne

Supplier: HA-BE
 Box: Karton 365x270x220
 Pcs: 36
 EMV: Linie 18



- We also get very similar parts from the EDAC supplier, who walks stored vertically instead of horizontally. In this way, 33% more pieces fit in the cardboard box.
- Our goal is to have these pieces either in a liner that can be inserted into our KLT (internal dimensions 366 x 266 mm)
- The aim is also to unify the type of waste with the article 303 26 012 96

Obr. 3.28 Analýza balení Adapterplatte

Zdroj: vlastní zpracování.

Výsledkem byla žádost o změnu balícího předpisu u komponentů od dodavatele HA-BE a podobné návrhy u dalších 12 artiklů. Bohužel takové zásahy do balení si vyžadují delší časový horizont řešení, než byl rozsah tohoto projektu, takže do ukončení nebyl žádný z návrhů a požadavků plně realizován, avšak již probíhala jednání ze strany oddělení nákupu a projektů.

3.4.5 Optimalizace vizuálního managementu

Optimalizace vizuálního managementu spočívala hlavně v označení všech materiálů co největším počtem informací v co možná nejjednodušší podobě. Aby se operátoři lépe orientovali v materiálu a věděli, který použít, nebo případně rozeznali záměnu materiálů ve spádovém regálu, byly regály doplněny o nové polepy pozic, které obsahují číslo artiklu, název artiklu, umístění na lince a obrázek.

U některých artiklů i tak mohlo dojít k záměně, protože nás limitovala černobílá tiskárna štítků. Proto jsem u komponentů, které jsou výrazné barvou, přidal jejich barvu i k obrázku, abych orientaci ještě zjednodušil.

Další problém, který jsme v rámci této optimalizace chtěli odstranit, byla právě možná záměna komponentů při montáži na linkách 16 a 18, kde se vyrábějí téměř totožné výrobky, ale liší se v komponentech. Abychom se vyhnuli nutnosti přestavby obsahu spádového regálu při změně typu výroby, byl umístěn veškerý materiál pro oba typy do regálu a během výroby jedna třetina „leží ladem“. Hrozí tak riziko, že operátor sáhne po špatném materiálu.



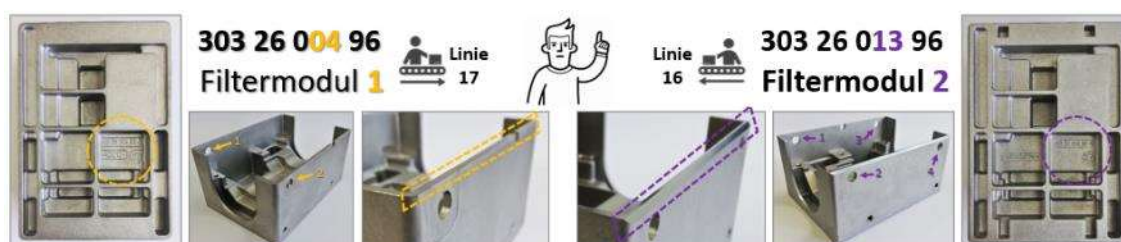
Obr. 3.29 Vizuální management - označení pozic.

Zdroj: vlastní snímek.

Zde jsem jako vizuální pomůcku použil kulečnickové koule. Výrobky se mezi operátory zkráceně označují podle třetího ze čtyř součíslic v názvu výrobku, tedy „sedmičky“ a „osmičky“ v případě linky 18 a „desítky“ a „jedenáctky“ v případě linky 16. Když jsem

hledal způsob vizuálního rozlišení, tyto čísla mě právě přivedla na myšlenku kulečnickových koulí, takže jsem přidal ikony do kanbanových karet a na popisky pozic ve spádových regálech. Operátor se tak nemusel tolik soustředit na artiklová čísla nebo názvy materiálu, ale pouze bral materiál označený třeba modrou kulečnickovou koulí, jako je to vidět na kanbanové kartě na obrázku 3.26.

Dále nám docházelo k záměně materiálu na lince 11, přesněji ke snadné záměně dvou hliníkových komponentů, které si byly velmi podobné. I zde jsem umístil přímo na spádový regál jednoduchou instrukci srozumitelnou ve všech jazycích. Takovéto jednobodové lekce pomáhají v orientaci na lince hlavně novým operátorům.



Obr. 3.30 Vizuální management - instrukce proti záměně komponentů.

Zdroj: vlastní zpracování.

Jelikož upravit regál bylo časově náročné, zapojil se do přestaveb celý projektový tým, abychom linky zbytečně dlouho neblokovali. Na obrázku 3.31 můžete vidět i úpravu ergonomie pracovišť, které je popsáno v následující kapitole 3.4.6.



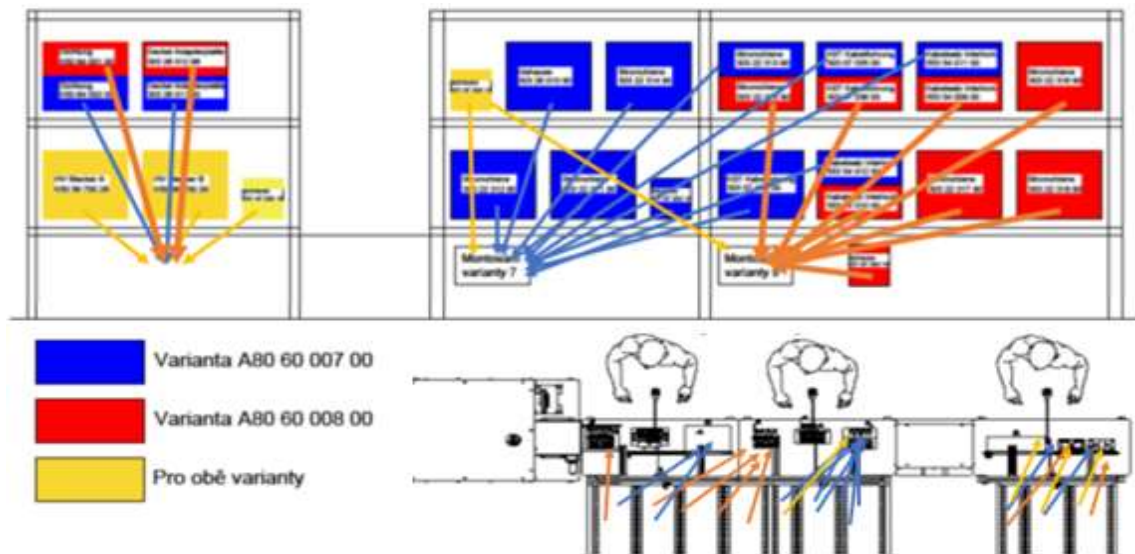
Obr. 3.31 Úprava vizuálního managementu a ergonomie spádových regálů.

Zdroj: vlastní snímek.

3.4.6 Optimalizace ergonomie procesů

Mezi operátory na výrobních linkách EMV patří převážně ženy a většinou menšího vzrůstu. Obzvláště těm dělalo potíže dosáhnout na materiál uložený ve druhém patře spádových regálů a musely se pro něj neúměrně natahovat nebo dokonce používat provizorní stoličky či stupínky.

Druhým problémem, který jsme si dali za cíl odstranit bylo, že pozice materiálu ne vždy odpovídala místu spotřeby. Některý materiál byl umístěn i 2 metry daleko a operátoři se tak museli natahovat jeden přes druhého.



Obr. 3.32 Analýza ergonomie pracovišť.

Zdroj: vlastní zpracování.

Cílem tedy bylo dostat správný materiál na správné místo a v co největší možné míře snížit spádové regály, aby přístup pro materiál byl komfortní i pro operátory nízké vzrůstem.

Zde se musel brát v potaz hlavně druh přepravní jednotky, respektive výška a váha komponentů umístěných v přepravní jednotce. Hliníkové komponenty se primárně umísťovaly do spodního patra spádového regálu, zatímco plastové komponenty, kabely či platiny se umísťovaly do horního patra spádového regálu. Jak je vidět na obrázku 3.33, na některých pracovištích se podařilo horní patro snížit až o 20 cm. To výrazně snížilo ergonomickou zátěž pracoviště a operátoři si změnu pochvalovali.

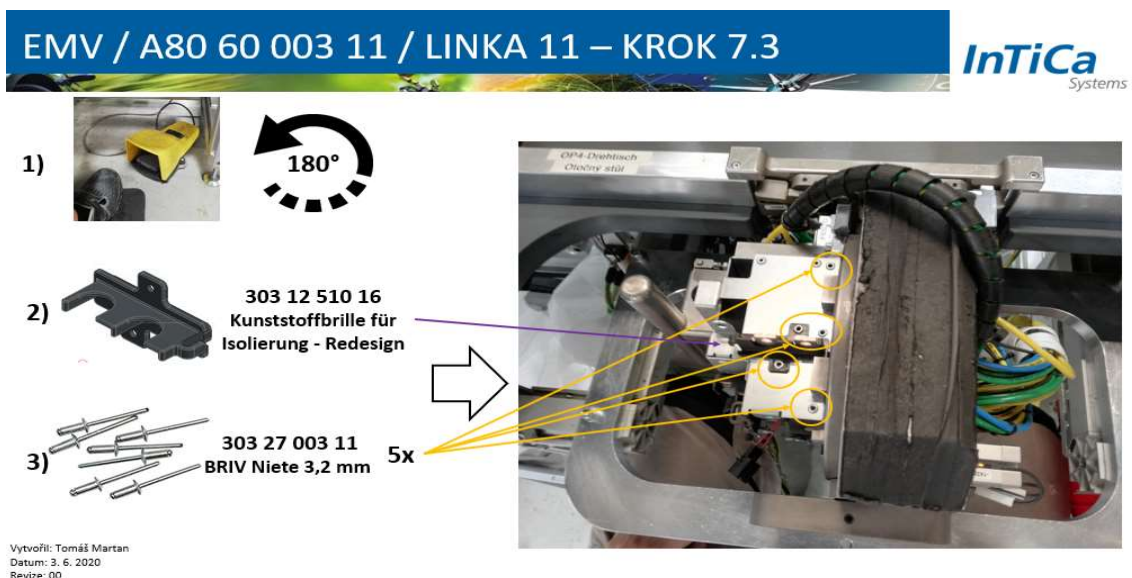


Obr. 3.33 Snížení druhého patra regálů.

Zdroj: vlastní snímek.

3.4.7 Optimalizace pracovních postupů

Jak jsem již zmínil v předchozích kapitolách, pracovní postupy nebyly ideální, spíše naopak. Postrádaly obrázky, vizualizace a byly plné odborného textu, který se dvakrát překládal z původního německého jazyka do českého a anglického jazyka a mohlo zde docházet k chybným překladům a interpretacím. Navíc dobrá polovina operátorů nemluvila žádným z uvedených jazyků a činnosti se tak učili pomocí překladu nebo odpozorování.

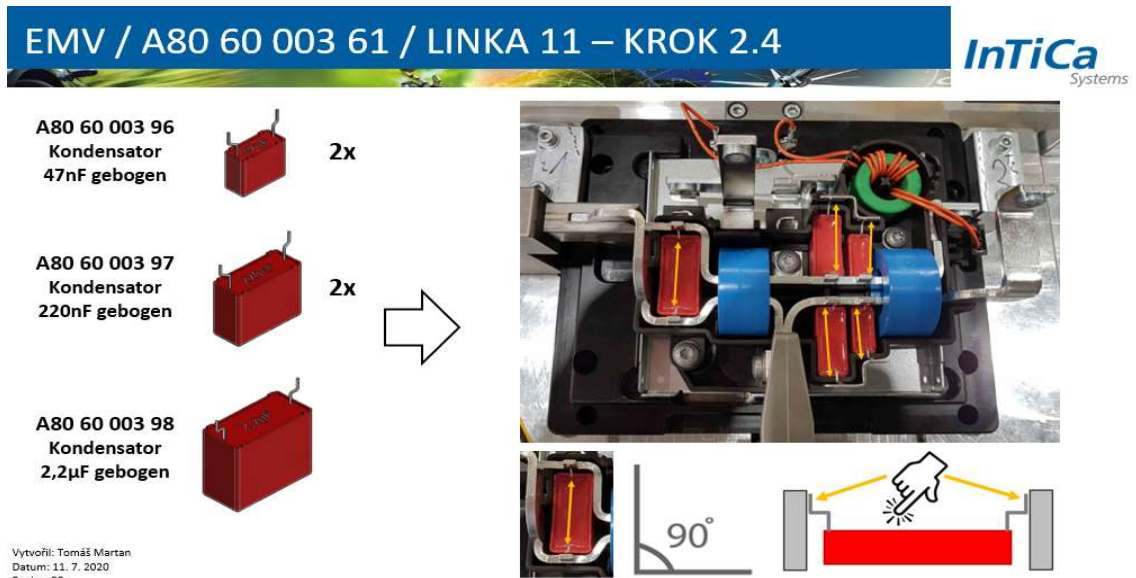


Obr. 3.34 Nové pracovní postupy (linka 11 - krok 7.3).

Zdroj: vlastní zpracování.

Proto jsme vytvořili s kolegy z oddělení Continuous Improvement Processes nové pracovní návody, které sloužily pro potřeby zaškolení nových operátorů. Jednalo

se o prezentace, které pokud možno neobsahovaly text, pouze názvy a čísla artiklů potřebných pro výrobu. Tyto prezentace byly promítány formou nekonečné smyčky na obrazovky umístěné na výrobních linkách.



Obr. 3.35 Nové pracovní postupy (linka 11 - krok 2.4).

Zdroj: vlastní zpracování.

Následně jsme realizovali druhý krok, a to video návody pracovních kroků. Pro ještě lepší představu, jak postupovat byly všechny operace natočeny a taktéž přidány na obrazovky na pracoviště, kde si je mohli operátoři pustit, pokud si nebyli jisti správností postupu. Používali je taktéž mistři při zaškolování nových operátorů na EMV linkách.



Obr. 3.36 Video návod (linka 17).

Zdroj: vlastní zpracování.



Obr. 3.38 Test funkčnosti nově nastavených procesů - Projektový tým Six Sigma.

Zdroj: vlastní snímek.

Školení pracovníků na EMV linkách pod vedením technika kvality bylo zaměřeno hlavně na pracovní postupy, týmovou práci, odstranění plýtvání, hlavně v podobě čekání a na systém, jakým funguje kanbanový okruh a co je potřeba udělat pro to, aby na linkách nedošel vstupní materiál.



Obr. 3.39 Trénink operátorů na změny.

Zdroj: vlastní snímek.

3.5.2 Vyhodnocení procesních KPI

Po dvou týdnech nově nastavených procesů uběhl dostatek času na to, aby si všichni pracovníci zažili nová pravidla a nové procesy. Nově by tak jejich pracovní činnost měla probíhat o něco snadněji, rychleji a neměli by být postiženi tolika prostoji v podobě čekání na vstupní materiál. Postup měření KPI je totožný jako během analýzy v kapitole

3.3.1, takže zde již tentokrát nebudu uvádět postupy výpočtů. Všechny údaje jsou pak zaneseny do aktualizované tabulky 3.2.

Tab. 3.2 Procesní KPI / fáze „Control / Řízení“.

Artikl	Linka	Časová náročnost (s)					Dostupnost	Výkon	Kvalita	OEE	Mzdové náklady na 1 ks
		Op. 1	Op. 2	Op. 3	Op. 4	Zalévání					
A80 60 003 61	11	68,42	76,62	N/A	N/A	N/A	92%	90%	98%	81%	€ 1,21
A80 60 003 51	15	N/A	N/A	N/A	N/A	30,17	93%	91%	99%	84%	€ 0,59
A80 60 003 11	11	N/A	N/A	88,17	90,56	N/A	88%	87%	98%	75%	€ 1,26
A80 40 006 10	15	51,24	52,7	N/A	N/A	24,05	94%	91%	99%	85%	€ 1,21
A80 60 010 00	16	65,04	65,15	42,14	N/A	N/A	88%	91%	99%	79%	€ 1,22
A80 60 011 00	16	66,37	67,08	45,12	N/A	N/A	93%	87%	99%	80%	€ 1,26
A80 40 002 00	15	51,03	54,67	N/A	N/A	23,12	94%	91%	99%	85%	€ 1,21
A80 60 015 00	17	94,71	72,67	86,55	123,12	N/A	90%	88%	97%	77%	€ 3,34
A80 60 019 00	17	92,73	74,71	85,03	125,45	N/A	87%	89%	97%	75%	€ 3,30
A80 60 007 00	18	93,67	137,18	114,6	127,68	N/A	86%	92%	98%	78%	€ 3,19
A80 60 008 00	18	114,38	158,64	126,74	129,49	N/A	82%	91%	97%	72%	€ 4,32

Zdroj: vlastní zpracování.

Časová náročnost

Časová náročnost na všech pracovištích se výrazně nezměnila. Na některých pracovištích zůstala víceméně stejná (v rozmezí sekundy do plusu i mínusu), na zhruba polovině pracovišť se zlepšila (snížila) časová náročnost již výrazněji.

Celkově se v průměru všech operací na všech EMV linkách snížila o 4,63 %, což by nasvědčovalo zlepšení ergonomie a lepší orientaci ve vstupním materiálu uloženém ve spádových regálech.

Dostupnost

Dostupnost už se zvýšila výrazněji, proto ji zde rozvedu do větších detailů po jednotlivých linkách a uvádím zde průměr za všechny výrobky, které se na konkrétních linkách produkují.

- Linka 11 – dostupnost se zvýšila z původních 79 % na 90 %.
- Linka 15 – dostupnost se zvýšila z původních 85 % na 94 %.
- Linka 16 – dostupnost se zvýšila z původních 80 % na 91 %.
- Linka 17 – dostupnost se zvýšila z původních 77 % na 89 %.
- Linka 18 – dostupnost se zvýšila z původních 67 % na 84 %.

Celkově se pak dostupnost, tedy čas, kdy výrobní linka produkuje, versus čas, kdy bylo v plánu produkovat výrobky, zvedla z původních 78 % na současných 90 %. Největší vliv na to má nový způsob zásobování linek vstupním materiálem pomocí metody kanban. Výpadky produkce z důvodu chybějícího materiálu se již téměř nevyskytují.

Výkon

Výkon je ukazatel, který se zvýšil ze všech nejvíce, proto jej opět rozvedu do větších detailů po jednotlivých linkách a uvádím zde průměr za všechny výrobky, které se na konkrétních linkách produkují.

- Linka 11 – výkon se zvýšil z původních 65 % na 89 %.
- Linka 15 – výkon se zvýšil z původních 63 % na 91 %.
- Linka 16 – výkon se zvýšil z původních 68 % na 89 %.
- Linka 17 – výkon se zvýšil z původních 70 % na 89 %.
- Linka 18 – výkon se zvýšil z původních 72 % na 92 %.

Zde se nejvíce projevila korelace mezi ukazatelem dostupnost a ukazatelem výkon. Jakmile se nám zásadně zvednul čas dostupný na produkování kusů na linkách společně s nižší časovou náročností na operace, logicky nám vyšel vyšší výkon na všech EMV linkách.

Kvalita

Kvalita je ukazatel, který byl na relativně vysoké úrovni již na začátku projektu, i zde však došlo k mírnému zlepšení hodnot, které mohlo být zapříčiněno vyššími zkušenostmi operátorů nebo zafungovaly přehlednější pracovní postupy, to bohužel nelze jednoznačně určit. Protože zvýšení kvality nebylo výrazné a zaokrouhlení na procenta rozdíl téměř smažou, tak uvádím, že se hodnota zvýšila z původních 97,8 % na 98,2 %.

Procesní Sigma

Snížila se však nutnost opravovat výrobky během výroby, takže jsem opět přepočítal procesní sigma. Do výroby byly opět přidány záznamové karty, do kterých byly uváděny opravy výrobků i během procesu montáže. Protože se opět během sledovaného období neprodukovaly všechny varianty, tak jsem spojil počet vad, oprav a hotových kusů ze všech linek dohromady a vypočítal tak hodnotu sigma pro EMV linky obecně.

Za tři dny bylo na všech pěti EMV linkách v třisměnném provozu vyprodukováno 5816 kusů, a celkový počet defektů včetně oprav byl 276. Z toho vyplývá, že:

- Hodnota DPMO se snížila z původních 154 973 na aktuálních 47 455.
- Počet defektů D se snížil z původních 15,50 % na aktuálních 4,75 %.
- Hodnota kusů napoprvé dobrých se zvedla z původních 84,50 % na aktuálních 95,25 %
- **Procesní sigma se zvedla z původní hodnoty 2,52 na aktuální hodnotu 3,17.**

Náklady

Náklady jsou pro nás důležité pro konečnou kalkulaci přínosu projektu. Stále počítáme s průměrnou hodinovou sazbou 18,36 €, ze které počítáme mzdové náklady na jeden vyrobený kus od každého typu výrobku. Snížení časové náročnosti, a hlavně vyšší dostupnost linek a z toho plynoucí vyšší výkonnost, nám přináší nižší hodinové náklady.

Konkrétně pak:

- U A80 60 003 61 se snížil mzdový náklad z 1,61 € na 1,21 € / ks (-24,8 %).
- U A80 60 003 51 se snížil mzdový náklad z 0,79 € na 0,59 € / ks (-25,3 %).
- U A80 60 003 11 se snížil mzdový náklad z 1,74 € na 1,26 € / ks (-27,6 %).
- U A80 40 006 10 se snížil mzdový náklad z 1,78 € na 1,21 € / ks (-30,5 %).
- U A80 60 010 00 se snížil mzdový náklad z 1,60 € na 1,22 € / ks (-23,8 %).
- U A80 60 011 00 se snížil mzdový náklad z 1,68 € na 1,26 € / ks (-25,0 %).
- U A80 40 002 00 se snížil mzdový náklad z 1,94 € na 1,21 € / ks (-37,6 %).
- U A80 60 015 00 se snížil mzdový náklad z 4,29 € na 3,34 € / ks (-22,1 %).
- U A80 60 019 00 se snížil mzdový náklad z 4,20 € na 3,30 € / ks (-21,4 %).
- U A80 60 007 00 se snížil mzdový náklad z 3,97 € na 3,19 € / ks (-19,6 %).
- U A80 60 008 00 se snížil mzdový náklad z 5,70 € na 4,32 € / ks (-24,2 %).

V následující kapitole provedu kalkulaci přínosu projektu na základě hodinových sazeb a dlouhodobých odvolávek.

3.5.3 Kalkulace finančního přínosu projektu

Celková efektivita strojních zařízení se zvedla a snížil se tak mzdový náklad na všechny typy produktů vyráběných na EMV linkách, ale musíme kalkulovat i nové výdaje, které Six Sigma projekt přinesl.

Projekt vygeneroval tři nové pozice operátorů logistiky, které se starají o zásobování na všech třech směnách. Hodinová sazba na přímého i nepřímého zaměstnance je zde

stejná, a to již zmíněných 18,36 €. Každý pracovník odpracuje za rok zhruba 2 000 hodin, takže se jedná o 6 000 hodin za rok při pokrytí všech 3 směn.

Náklad na operátory logistiky = $18,36 * 3 * 2\,000 = 110\,160$ € / rok

Úspory plynoucí z vyšší produktivity, respektive z nižších mzdových nákladů na 1 vyrobený ks jsem zanesl do tabulky 3.3.

Tab. 3.3 Kalkulace úspory plynoucí z projektu.

Artikl	Linka	Mzdové náklady na 1 ks ANALYSE	Mzdové náklady na 1 ks CONTROL	Roční odvolávky (ks)	Mzdové náklady na rok ANALYSE	Mzdové náklady na rok CONTROL	Roční úspora
A80 60 003 61	11	€ 1,61	€ 1,21	145000	€ 233 450,00	€ 175 450,00	-€ 58 000,00
A80 60 003 51	15	€ 0,79	€ 0,59	145000	€ 114 550,00	€ 85 550,00	-€ 29 000,00
A80 60 003 11	11	€ 1,74	€ 1,26	145000	€ 252 300,00	€ 182 700,00	-€ 69 600,00
A80 40 006 10	15	€ 1,78	€ 1,21	115000	€ 204 700,00	€ 139 150,00	-€ 65 550,00
A80 60 010 00	16	€ 1,60	€ 1,22	75000	€ 120 000,00	€ 91 500,00	-€ 28 500,00
A80 60 011 00	16	€ 1,68	€ 1,26	45000	€ 75 600,00	€ 56 700,00	-€ 18 900,00
A80 40 002 00	15	€ 1,94	€ 1,21	150000	€ 291 000,00	€ 181 500,00	-€ 109 500,00
A80 60 015 00	17	€ 4,29	€ 3,34	80000	€ 343 200,00	€ 267 200,00	-€ 76 000,00
A80 60 019 00	17	€ 4,20	€ 3,30	70000	€ 294 000,00	€ 231 000,00	-€ 63 000,00
A80 60 007 00	18	€ 3,97	€ 3,19	100000	€ 397 000,00	€ 319 000,00	-€ 78 000,00
A80 60 008 00	18	€ 5,70	€ 4,32	65000	€ 370 500,00	€ 280 800,00	-€ 89 700,00

Zdroj: vlastní zpracování.

Vzhledem k odvolávaným objemům výrobků v řádech desetitisíců až statisíců kusů jsou zde potenciální úspory velmi vysoké, konkrétně se jedná o částku 685 750 €.

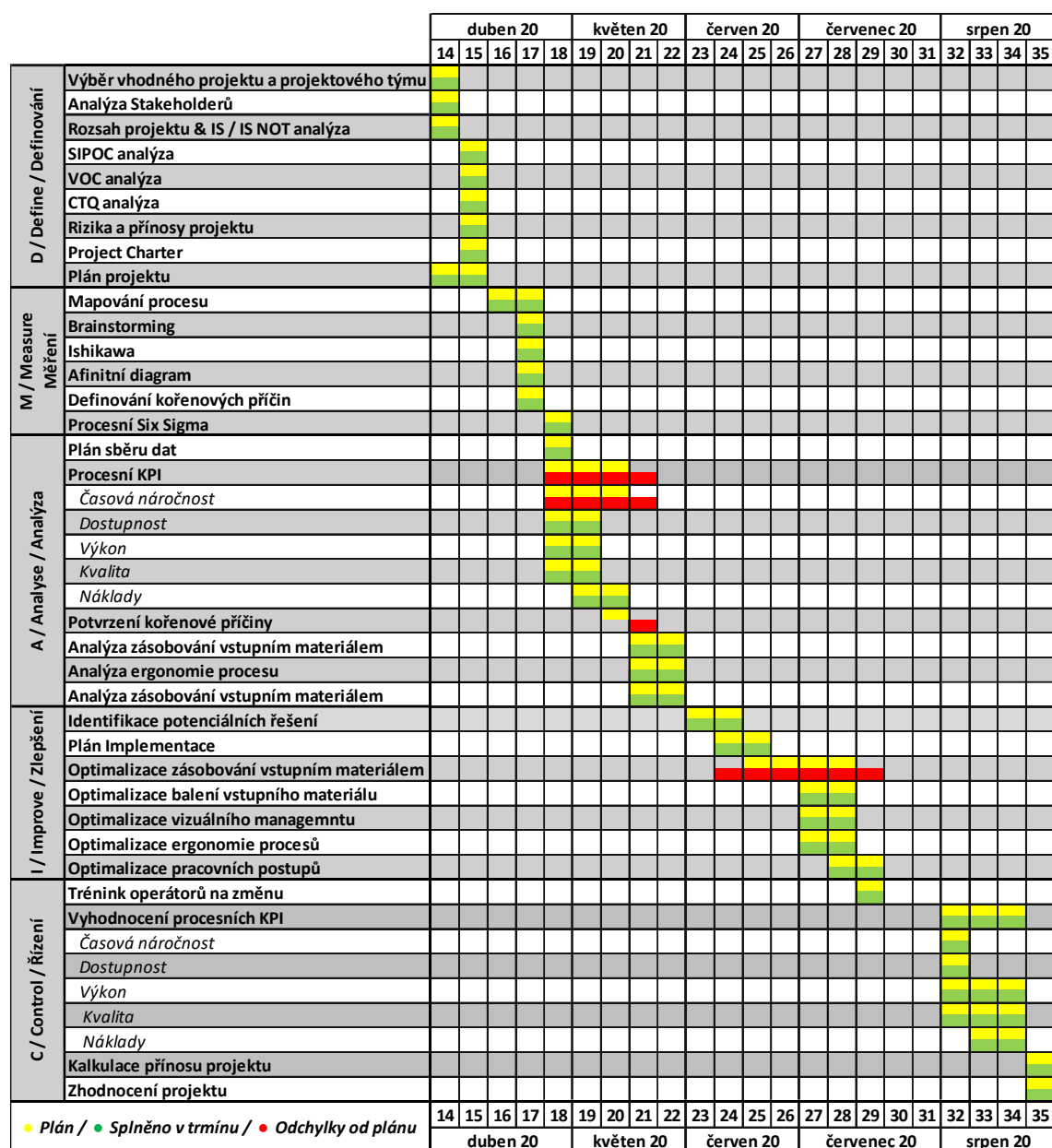
Pokud odečteme náklady na operátory logistiky, vyjde nám **celková roční úspora 575 590 €**, musíme ale spíše hovořit o zbytečně nevynaložených nákladech na mzdy zaměstnanců v době čekání (v prostojích) za 1 rok.

3.5.4 Zhodnocení projektu

V rámci zlepšovateľského projektu Lean Six Sigma jsme si v rámci celého projektového týmu vyzkoušeli **systematický přístup k řešení problémů** ve výrobě. Všichni členové tušili, v čem by mohl být problém, ale až detailní měření a dobře cílené analýzy nám pomohly jasně určit kořenové příčiny a odhalit nám to, na co se máme zaměřit.

Celkově účast na projektu Lean Six Sigma některým účastníkům poskytla nový pohled a nový přístup k řešení problémů, a to členové týmu hodnotili jako pozitivum. **Týmová práce** jim zase ukázala, že na řešený problém nejsou sami v rámci své pozice, ale v rámci společnosti jsou pracovníci se stejným zájmem a když se spojí, jde všechno snáze.

Pro připomenutí, cílem projektu bylo zvýšit produktivitu na EMV linkách o alespoň 35 %, zlepšit pracovní prostředí ze stránky ergonomie a vizuálního managementu. Po všech změnách se výkonnost (výstup hotových kusů z linky) zvedla z původních 66,7 % na následných 89,8 %. To sice pořád není stav, aby se plnily požadované normy, ale velmi se mu přiblížil. **Produktivita se tak zvedla** o 34,63 %, což jsme hodnotili jako splnění cíle.



Obr. 3.40 Harmonogram projektu.

Zdroj: vlastní zpracování.

Dalším bodem, který hodnotím jako velké pozitivum, je dokončení projektu v rámci plánovaných pěti měsíců. Tato délka se ukázala jako optimální. Pokud bychom udělali

projekt neúměrně krátký se zaměřením na rychlé a okamžité změny, tak bychom mohli dojít k ukvapeným závěrům a vydat se na nesprávnou cestou. Pokud bychom naopak projekt analyzovali příliš dlouho a natahovali bychom ho, mohli bychom přijít o podporu sponzora a zainteresovanost členů projektového týmu. Na obrázku 3.40 je zobrazen harmonogram za celý projekt.

Největším pozitivem se může zdát horentní úspora vyčíslená na 575 900 € za rok. Zde ale musím upozornit, že se nejedná o úsporu jako takovou, ale spíše o potenciál nevynaložit tyto mzdové náklady zbytečně. V této fázi je naprosto zásadní udržet nastavený stav a vyvarovat se prostojům. Každý prostoj teď bude znamenat snížení této částky. Tato částka je tak vysoká, protože se jedná o mzdy pro operátory na pěti linkách v třísměnném provozu, tedy zhruba 50 operátorů výroby. Výše této částky “otevřela oči“ některým zaměstnancům společnosti a ukázala jim, jak moc jsou prostoje ve výrobě nežádoucí a jak důležité je zaměřit se na odstraňování jakéhokoli z osmi druhů plýtvání.

Závěr

Cílem diplomové práce bylo pomocí projektu Lean Six Sigma zvýšit produktivitu montážních linek EMV ve společnosti InTiCa Systems s.r.o. v jihočeských Prachaticích. Zhodnocení zlepšovateľského projektu bylo obsahem poslední podkapitoly diplomové práce 3.5.4, takže bych se nerad opakoval v podrobnostech. Připomenu jen, že tzv. teoretickou část práce tvoří první dvě kapitoly popisující teoretická východiska štihlé výroby a obecnou charakteristiku společnosti, kde se projekt realizoval. Teoretická část se ve třetí kapitole zaměřuje na aplikaci vybraných metod.

Podnětem pro zvolení tohoto tématu diplomové práce byla skutečnost, že jsem na metodu Six Sigma na úroveň Green Belt absolvoval u společnosti ICG Capability s.r.o. odborné školení. Tato společnost již 30 let zajišťuje školení v oblasti Lean, Six Sigma, designu, inovací, projektového a procesního managementu.

Rozsahem použitých metod a jejich správnou aplikací jsem dovedl projekt až do zdárného konce, kdy se podařila velká změna, a to nejen v organizaci práce, ale i v myšlení všech zainteresovaných osob při nahlížení na prostoje ve výrobě. Vypracování projektu a jeho následná obhajoba u školící společnosti je cestou k další, vyšší úrovni znalostí v této oblasti, a to formou zaškolení se na Six Sigma Black Belt.

Metoda Lean Six Sigma díky vedení projektu formou DMAIC má jasně danou strukturu a stačí se jí držet. Pokud splníte všechny náležitosti a metody použijete správně a ve správném rozsahu, tak by Vás úspěch neměl minout. Vyžaduje si to ale důslednou činnost hlavně od pozice Green Belta, který celý projekt vede.

Seznam zdrojů

- [1] SVOZILOVÁ, Alena. Zlepšování podnikových procesů. Grada Publishing, a.s. Praha 2011. ISBN 978-80-247-3938-0.
- [2] PANDE, Peter S. NEUMAN, Robert P. CAVANGH, Roland R. Zavádíme metodu Six Sigma. TwinsCom, s.r.o. Brno 2002. ISBN 80-238-9289-4.
- [3] MAŠÍN, Ivan. VYTLAČIL, Milan. Nové cesty k vyšší produktivitě. Institut Průmyslového Inženýrství. Liberec 2000. ISBN 80-902235-6-7.
- [4] ASKIN, Roland. GOLDBERG, Jeffrey. Design and Analysis of Lean Production Systems. John Wiley & Sons, Inc. 2002. ISBN 0-471-11593-2
- [5] COTE, David M. Winning Now, Winning Later. HarperCollins Focus, Nashville Tennessee 2020. ISBN 978-15995-1021-7.
- [6] MANN, David. Creating a Lean Culture (Third edition). CRC Press, Boca Raton, Florida 2015. ISBN 978-1-4822-4323-9.
- [7] Roos, Daniel, Ph.D.; Womack, James P., Ph.D.; Jones, Daniel T.: The Machine That Changed the World: The Story of Lean Production, Harper Perennial 1991, ISBN 978-0060974176.
- [8] KOŠTURIÁK, Ján. FROLÍK, Zbyněk, a kolektiv. Štíhlý a inovativní podnik. Alfa Publishing, s.r.o. Praha 2006. ISBN 80-86851-38-9.
- [9] GROS, Ivan. *Velká kniha logistiky*. Vydání: první. Praha: Vysoká škola chemicko-technologická v Praze, 2016. ISBN 978-80-7080-952-5.
- [10] PAVELKA, Marcel. Úspěch 1/2012. Naučit se vidět a odstraňovat plýtvání (str 15-17). Akademie Produktivity a Inovací, s.r.o. Želevec 2012. ISSN 1803-5183.
- [11] ČUJAN, Zdeněk a FEDORKO, Gabriel. *Logistika výrobních systémů*. Vydání: první. Přerov: Vysoká škola logistiky o.p.s. v Přerově, 2020. ISBN 987-80-87179-56-7.
- [12] Webový portál Lean Six Sigma,
Dostupné na: <https://lean6sigma.cz/six-sigma/>
- [13] VÁCHAL, Jan. VOCHOZKA, Marek, a kolektiv. Podnikové řízení. Grada Publishing, a.s. Praha 2013. ISBN 978-80-247-4642-5.
- [14] BELL, Steve. Lean Enterprise Systems: Using IT for Continuous Improvement. John Wiley & Sons, Inc. 2006. ISBN 978-0-471-67784-0.

- [15] PERNICA, Petr. Logistický management, Teorie a podniková praxe. RADIX, Praha 1998. ISBN 80-86031-13-6.
- [16] Webový portál společnosti InTiCa Systems AG
Dostupné na: <https://www.intica-systems.com/>
- [17] DLABAČ, Jaroslav. Úspěch 1/2012. Analýza a měření práce (str 11-14). Akademie Produktivity a Inovací, s.r.o. Želevčice 2012. ISSN 1803-5183.

Seznam grafických objektů

Seznam obrázků

Obr. 1.1	Gaussova křivka 6 sigma.....	20
Obr. 1.2	Grafické znázornění 3,4 ppm.....	21
Obr. 1.3	Poměr mezi úrovní sigma, DPMO a efektivitou procesu.....	22
Obr. 1.4	Základní cyklus DMAIC projektu Six Sigma.	31
Obr. 1.5	Cíle jednotlivých kroků cyklu DMAIC.....	32
Obr. 2.1	InTiCa Systems AG / logo společnosti.....	36
Obr. 2.2	InTiCa Systems AG / lokace.	36
Obr. 2.3	InTiCa Systems AG / portfolio – Automobilová technika.	37
Obr. 2.4	InTiCa Systems AG / portfolio – E-mobilita / hybridní technika.	38
Obr. 2.5	InTiCa Systems AG / portfolio – Aktorika.	38
Obr. 2.6	InTiCa Systems AG / portfolio – Systémy upravující oprávnění.....	39
Obr. 2.7	InTiCa Systems AG / portfolio – Filtrační technika.....	39
Obr. 2.8	InTiCa Systems AG / portfolio – Bezpečnostní technika.....	40
Obr. 2.9	InTiCa Systems AG / portfolio – Průmyslová technika.....	40
Obr. 2.10	InTiCa Systems AG / portfolio – EMV-filtry /komponenty.	41
Obr. 2.11	InTiCa Systems AG / portfolio – Střídače (“fotovoltaika“).	41
Obr. 2.12	InTiCa Systems AG / portfolio – Aktorika.	42
Obr. 2.13	InTiCa Systems AG / portfolio – Automatizační technika.....	42
Obr. 2.14	InTiCa Systems AG / portfolio – Filtrační technika.....	43
Obr. 2.15	InTiCa Systems AG / portfolio – Vysokofrekvenční technika.....	43
Obr. 3.1	Ukázka EMV filtrů.....	45
Obr. 3.2	Rozdělení EMV filtrů podle místa produkce.....	46
Obr. 3.3	Analýza Stakeholderů.....	47

Obr. 3.4 Rozsah projektu & Is / Is not analýza.....	48
Obr. 3.5 SIPOC Analýza.....	49
Obr. 3.6 VOC analýza.....	49
Obr. 3.7 CTQ analýza.....	50
Obr. 3.8 Rizika a přínosy projektu.....	51
Obr. 3.9 Project charter.....	51
Obr. 3.10 Harmonogram projektu.....	52
Obr. 3.11 Harmonogram projektu - „Define / Definování“.....	52
Obr. 3.12 Procesní mapa A80 60 003 11 – Swim Lane diagram.	53
Obr. 3.13 Brainstorming.....	54
Obr. 3.14 Ishikawa.....	55
Obr. 3.15 Afinitní diagram.	56
Obr. 3.16 Harmonogram projektu - „Measure / Měření“.....	58
Obr. 3.17 Příklad časové studie / Chronometráž.....	59
Obr. 3.18 Formulář pro výpočet hygienického změkčení normy.....	60
Obr. 3.19 Formulář: Snímek pracovního dne.....	63
Obr. 3.20 Graf – Formulář: Snímek pracovního dne / Linka 17 - Op. 2.....	64
Obr. 3.21 Analýza stavu zásobování vstupním materiálem - květen 2020.....	65
Obr. 3.22 Analýza stavu zásobování vstupním materiálem - květen 2020.....	66
Obr. 3.23 Analýza stavu ergonomie procesu - květen 2020.....	67
Obr. 3.24 Harmonogram projektu - „Analyse / Analyzování“.....	68
Obr. 3.25 Analýza Kanban.....	70
Obr. 3.26 Kanbanová karta.....	71
Obr. 3.27 Spádový regál - Linka 17.....	71
Obr. 3.28 Analýza balení Adapterplatte.....	73
Obr. 3.29 Vizuální management - označení pozic.....	74

Obr. 3.30	Vizuální management - instrukce proti záměně komponentů.	75
Obr. 3.31	Úprava vizuálního managementu a ergonomie spádových regálů.	75
Obr. 3.32	Analýza ergonomie pracovišť.....	76
Obr. 3.33	Snížení druhého patra regálů.	77
Obr. 3.34	Nové pracovní postupy (linka 11 - krok 7.3).....	77
Obr. 3.35	Nové pracovní postupy (linka 11 - krok 2.4).....	78
Obr. 3.36	Video návod (linka 17).	78
Obr. 3.37	Harmonogram projektu - „Improve / Zlepšování“.	79
Obr. 3.38	Test funkčnosti nově nastavených procesů - Projektový tým Six Sigma.....	80
Obr. 3.39	Trénink operátorů na změny.....	80
Obr. 3.40	Harmonogram projektu.....	85

Seznam tabulek

Tab. 1.1	Hlavní znaky a porovnání Lean a Six Sigma.	25
Tab. 1.2	Porovnání Lean Six Sigma a ISO.	26
Tab. 3.1	Procesní KPI / fáze „Measure / Měření“ 62	62
Tab. 3.2	Procesní KPI / fáze „Control / Řízení“ 81	81
Tab. 3.3	Kalkulace úspory plynoucí z projektu. 84	84

Seznam zkratek

€	euro
§	paragraf
%	procento
σ	sigma
5S	metoda organizace pracoviště
AC	Alternating Current
ADSL	Asymmetric Digital Subscriber Line
AG	Aktiengesellschaft (akciová společnost)
Atd.	a tak dále
cm	centimetr
CTQ	Critical to Quality
č.	číslo
DFSS	Design for Six Sigma
DMAIC	Define, Measure, Analyse, Improve, Control
DPMO	Defects per million opportunities
EMV	Elektromagnetische verträglichkeit (elektromagnetická kompatibilita)
GDPR	General Data Protection Regulation
GHz	gigahertz
ISO	International Organization for Standardization
JIT	Just in Time
KES	Keyless Entrance systém
KHz	kilohertz
KLТ	Kleinladungsträger (označení pro Euro kontejner)
KPI	Key Performance Indicators
ks	kus

MHz	megahertz
mil.	milión
např.	například
NOK	označení pro neshodu "Not Okay"
o.p.s.	obecně prospěšná společnost
Obr.	obrázek
OEE	Overall Equipment Effectiveness
OOPP	Osobní ochranné pracovní prostředky
op.	operace
PDAC	Plan, Do, Act, Check
PDCA	Plan, Do, Check, Act
PPM	Parts per milion
PPS	Polyfenylsulfid
RACI	Responsible, Accountable, Consulted, Informed
s	sekunda
s.r.o.	společnost s ručením omezeným
Sb.	sbírka
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output, Customer
SMED	Single Minute Exchange of Die
SWOT	Strengths, Weaknesses, Opportunities, Threats
Tab.	tabulka
TQM	Total Quality Management
TPS	Toyota Production System
tzv.	tak zvaně
USA	United States of America
VDSL	Very High Speed Digital Subscriber Line

VOC	Voice of customer
VŠLG	Vysoká škola logistiky
xDLS	Digital Subscriber Line

Autor (vypracoval)	Bc. Tomáš Martan, DiS., IEn.
Název DP	Optimalizace zásobování výrobních linek pomocí LEAN SIX SIGMA.
Studijní obor	Logistika a řízení výrobních procesů
Rok obhajoby	2021
Počet normostran	63
Počet příloh	0
Vedoucí DP	Ing. Leo Tvrdoň, Ph.D., ALog.
Anotace	Diplomová práce se zaměřuje na optimalizace procesů ve výrobním závodě pomocí metody Lean Six Sigma. V teoretické části jsou popsány pojmy jako je Lean, Six Sigma či jejich kombinace, a to od historických začátků až po způsoby jejich aplikace. V praktické části diplomová práce obsahuje aplikaci vybraných metod, tedy konkrétně Lean Six Sigma projekt na optimalizaci zásobování výrobních linek ve společnosti InTiCa Systems s.r.o.
Klíčová slova	Lean, Six Sigma, DMAIC, kanban, štíhlá výroba, optimalizace, zásobování, projekt
Místo uložení	ITC (knihovna) Vysoké školy logistiky v Přerově
Signatura	