

**VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMIE A MANAGEMENTU**

Nárožní 2600/9a, 158 00 Praha 5

# **DIPLOMOVÁ PRÁCE**



**MANAGEMENT FIREM**

# VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMIE A MANAGEMENTU

Národní 2600/9a, 158 00 Praha 5

## NÁZEV DIPLOMOVÉ PRÁCE/TITLE OF THESIS

Optimalizace výrobního procesu v konkrétním výrobním závodě

## TERMÍN UKONČENÍ STUDIA A OBHAJOBA (MĚSÍC/ROK)

Leden/2019

## JMÉNO A PŘÍJMENÍ STUDENTA / STUDIJNÍ SKUPINA

Bc. Miloš Kunc/MF21

## JMÉNO VEDOUcíHO DIPLOMOVÉ PRÁCE

Ing. Jiří Klečka, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ STUDENTA

Odevzdáním této práce prohlašuji, že jsem zadanou diplomovou práci na uvedené téma vypracoval/a samostatně a že jsem ke zpracování této diplomové práce použil/a pouze literární prameny v práci uvedené.

Jsem si vědom/a skutečnosti, že tato práce bude v souladu s § 47b zák. o vysokých školách zveřejněna, a souhlasím s tím, aby k takovému zveřejnění bez ohledu na výsledek obhajoby práce došlo.

Prohlašuji, že informace, které jsem v práci užil/a, pocházejí z legálních zdrojů, tj. že zejména nejde o předmět státního, služebního či obchodního tajemství či o jiné důvěrné informace, k jejichž použití v práci, popř., k jejichž následné publikaci v souvislosti s předpokládanou veřejnou prezentací práce, nemám potřebné oprávnění.

Datum a místo: 30.11.2018, Praha

## PODĚKOVÁNÍ

Rád bych tímto poděkoval vedoucímu diplomové práce Ing. Jiřímu Klečkovi, Ph.D. za metodické vedení a odborné konzultace, které mi poskytl při zpracování mé diplomové práce.

# VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMIE A MANAGEMENTU

Národní 2600/9a, 158 00 Praha 5

## SOUHRN

### 1. Cíl práce:

Cílem diplomové práce je optimalizovat problémový výrobní proces brzdového vedení v konkrétním automobilovém závodě XY a implementací principů Lean Six sigma v pěti krocích metody DMAIC definovat zlepšovateské příležitosti. Na základě získaných údajů popsat chování současného procesu, tyto data vyhodnotit a pomocí matematických a statistických nástrojů určit původní problémové výkony. V návaznosti na kořenové příčiny dále navrhnout, zavést a ověřit nápravná opatření vedoucí ke snížení chybovosti a uspokojení zákazníka.

### 2. Výzkumné metody:

V první fázi zpracování práce shromáždil autor potřebné informace o řešené problematice. Formou odborných rešerší byly vyhledány vhodné bibliografie vztahující se k tématům štíhlá výroba (Lean), neustálé zlepšování (continues improvement), Lean Six Sigma, cyklus DMAIC či způsobilost procesu. Cílem první části bylo v teoretické rovině srozumitelně popsat metody používané v části praktické, vysvětlit postupy, matematické a statistické výpočty aby obě hlavní části práce byly provázané dohromady. Při zpracování práce autor používal i podnikové materiály společnosti XY, kde probíhal samotný výzkum, či digitalizované texty z internetu. Praktická část diplomové práce byla vyhotovena s dodržení systematického postupu cyklu DMAIC – po definování problému a zmapování procesních toků bylo po sběru dat využito metod pozorování, komparace, hodnotových rozborů či statistických a matematických metod. Ověřování navrhovaných opatření proběhlo pomocí experimentu – výrobního trialu tzv. pilotu. V cílem průběhu projektu Six Sigma autor používal statistický software Minitab 17, který pomáhá při složitých výpočtech, zpracování dat i přípravě graficky vizuálně pohledných výstupů.

### 3. Výsledky výzkumu/práce:

Ve fázi Define proběhl výběr vhodného Six Sigma na základě rozboru OEE výsledků výrobního střediska Low Volume za duben 2018. Ukázalo se, že snížená výkonnost korespondovala s vysokou zmetkovitostí a nijak nesouvisela se ztrátami za prostoje či rychlost výrobních zařízení. V návaznosti na výsledky Pareta diagramu pojednávajícího o rozpadu vad za měsíc duben 2018 se jako největším kvalitativním problémem jevila chyba „délka dílu“ mimo výkresové specifikace. Z celkového objemu vyrobených dílů 73 163 kusů šlo o 2191 kusů, tedy 8,21 % měsíční výroby. Ve fázi Measure byly po ověření měřicího systému, sběru reprezentativního vzorku dat a jejich vyhodnocení identifikovány kritické procesy X8 (narážení) a X9 (krimpování). Ve třetí fázi Analyze, tým vygeneroval seznamy teoretických příčin problému nezpůsobilého procesu X8. Zpracování Ishikawa diagramu přineslo více než dvacet potenciálních příčin, nicméně každá z nich byla důležitá různou vahou. Pro vyhodnocení důležitosti jednotlivých příčin posloužila matice příčin a následků. Kořenovou příčinou, tzv. příčinou TOP 1 se ukázala s celkových váženým skóre 111 příčina z větve „Stroj“ ve spodní pravé části Ishikawova diagramu – „ztráta tlaku porušeným nebo vadným pneumatickým vedením“. Hypotézy o příčinách byly potvrzeny v závěrečné kapitole fáze Analyze, pomocí regresní analýzy – pozorovaná silná lineární regrese klesajícího trendu se vztahem délka dílu (Y) = 995,1 – 8,227 tlaku nárazení (P). Jinými slovy, při zvýšení P se snižuje Y, a to konkrétně o 0,8227 mm při změně o 0,1 baru. Potenciální řešení byla shromážděna ve fázi Improve pomocí brainstormingu a následně rozřazena do čtyř kategorií do matice přínosů a úsilí. Jak název matice napovídá, hodnotil se přínos opatření a obtížnost realizace. Ze čtyř skupin matice byla okamžitě zavedena opatření s nízkou obtížností realizace ale také vyšším přínosem k uspokojivému vyřešení situace. Cena revitalizace byla vyčíslena na 24 599 Kč. Zavedení opatření z druhé skupiny, skupiny opatření, která měla vysoký přínos ale také vyšší obtížnost realizace předcházela rozhodovací analýza. Pomocí tohoto užitečného nástroje byla prioritizována dvojice Poka–Yoke, kamerové snímání a digitální odměřování. Cena zařízení a technických úprav na nárazecím stroji byla vyčíslena na 210 tis. Kč. V poslední fázi projektu, fázi Control – řídit, byla uvedena standardizace nově nabytých zkušeností v analýze PFMEA. Zavedním nápravných opatření se podařilo snížit rizikové číslo RPN, z hodnoty 192 na hodnotu 48. Změn doznal i kontrolní plán procesu. Nově bylo zavedeno pět kontrolních aktivit, které by vykonávané na pravidelné bázi měly zamezit opakování výskutu s vysokou pravděpodobností.

# VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMIE A MANAGEMENTU

Nárožní 2600/9a, 158 00 Praha 5

## 4. Závěry a doporučení:

Proces se podařilo vylepšit o 95 %. Zmetkovitost z původních 8,21 % klesla na 0,15 %, což při průměrné výrobě 70 000 kusů za měsíc představuje úsporu 590 tis. Kč za šest měsíců. Výrobní proces se podařilo optimalizovat i z pohledu kvalitativních ukazatelů. Na základě porovnání indexů způsobilosti dlouhodobé výkonnosti procesu Ppk se proces změnil z původní hodnoty 0,36 na hodnotu 3,85, kde více znamená lépe a za způsobilý proces lze považovat Ppk na úrovni hodnoty 1,33. Za pozitivní změny lze označit aplikaci nových technologií do procesu výroby brzdového vedení, standardizaci nových pravidel do nitra organizace a zásadní peněžní úsporu za zlepšený výrobní proces. Autorova doporučení se týkají negativního výstupu projektu a sice toho, že problém s délkou nebyl vyřešen se 100 % účinností. V předposlední fázi práce proto byla zmíněna čtveřice doporučení ke zlepšení výrobního střediska z pohledu principů Lean. Na základě zjištění pozorovaných při realizaci projektu Six Sigma autor doporučuje: 1) přestavbu uspořádání strojového parku výrobního střediska s transferem automatické koncovací linky z Francie. 2) realizaci Six Sigma projektu s cílem optimalizovat tok materiálu skladu střediska. 3) realizaci Six Sigma projektu s cílem vytvořit nové standardy z oblasti vizuálního managementu 4) návrh na posílení členů Six Sigma týmů s účinností od 1. 1. 2019.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Six Sigma, DMAIC, výkonnost procesu, způsobilost procesu, brzdové vedení

# VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMIE A MANAGEMENTU

Národní 2600/9a, 158 00 Praha 5

## SUMMARY

### 1. Main objective:

The objective of the thesis is to optimize a problematic brake lines manufacturing process in the specific car factory XY and implementation of Lean Six Sigma principles in five steps using the method DMAIC to define the improvement opportunities. On the basis of gathered data describe the behavior of current process, to evaluate this data and using mathematical and statistical tools to determine the causes of defective performance. Furthermore, in response to the root causes suggest, introduce and verify the measures leading to lowering the error rate and satisfying the client.

### 2. Research methods:

In the first phase of the thesis the author gathered all necessary data about the problematic. Using the form of professional research, the appropriate bibliography connected with the topics of Lean manufacturing, continuous improvement, Lean Six Sigma, DMAIC Cycle and eligibility of the process were found. The objective of the first part was to theoretically and understandably describe the methods used in the practical part, explain progresses, mathematical and statistical calculations for both main parts of the thesis to be linked together. During the processing of the thesis the author also used the business materials of the XY company, where the research itself was conducted or digitalized texts from the internet. The practical part of the thesis was done adhering to systematic progress of the DMAIC Cycle – after defining the problem and mapping the process flows was, after the data collection used the method of observation, comparison, value analysis or statistical and mathematical methods. The verification of suggested measures was done by experiment – production trial, so called pilot test. During the whole project Six Sigma the author was using the statistical software Minitab 17, which helps with difficult calculations, processing data and even the preparation of graphically visually nice outputs.

### 3. Result of research:

In the Define phase the selection of appropriate Six Sigma was conducted on the basis of OEE results of production center Low Volume during April 2018. It was shown that low performance was connected with high scrap rate and was not connected with losses connected with downtime or the speed of production equipment. Connected with the results of Pareto chart about the disintegration of faults during April 2018, the biggest qualitative problem was the fault “the lengths of the part” out of drawing specifications. From the whole production volume of 73 163 manufactured parts it was 2919 so 8.21% of the monthly production volume. In the Measure phase, were after the verification of the measurement system, collection of representative samples of data and their evaluation, the critical processes were identified: X8 (pressing) and X9 (crimping). In the third phase Analyze, the team generated lists of theoretical causes of the problem of unfit process X8. The processing of Ishikawa diagram shown more than twenty possible causes, however every one of them was differently important. For the evaluation of the importance of individual causes, the Cause and Effect Matrix was used. The root cause, so called cause TOP 1, shown to, be with weighted score of 111, the cause from the branch “Machine” in the lower left corner of the Ishikawa diagram – “the loss of pressure because of a broken or faulty pneumatic conduit”. Hypotheses about the causes were confirmed in the final chapter of the phase Analyze, using the Regression analysis – observed strong linear regression of the declining trend connected to the part (Y) = 995, 1 – 8, 227 of the pressing pressure (P). In other words, by increasing P the Y lowers specifically by 0.8227 mm by changing the pressure by 0.1 bar. Possible solutions were gathered in the phase Improve using brainstorming and then divided into four categories to the Impact Effort Matrix. As the name of the Matrix suggests, the benefit of the measures and the difficulty of realization were evaluated. From four groups of the Matrix the one with the low difficulty of realization but higher benefit to satisfactory solution of the situation was immediately introduced. Using this useful tool, the prioritized option was the pair Poka–Yoke, camera shooting and digital measuring. The cost of the equipment and technical adjustments was calculated to be 210 thousand Czech crowns. In the last phase of the project phase Control – to control, was introduced standardization of newly get experiences in the PFMEA analysis. By introducing the remedies, it was managed to lower the Risk Number RPN from the value 192 to value 48. The control plan of the process was changed too. Five new control activities were introduced, which when done on the regular basis should prevent the repetition of the occurrence with high probability.

# VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMIE A MANAGEMENTU

Nárožní 2600/9a, 158 00 Praha 5

## **4. Conclusions and recommendation:**

It was managed to improve the process by 95%. The scrap ratio was from the original one of 8.21% to 0.15% which with the average production of 70 000 pieces per month represents saving of 590 thousand Czech crowns per six months. The manufacturing process was optimized even from the view of qualitative indicators. On the basis of index comparison of long-term performance capabilities PPK the process changed the basic value from 0.36 to value 3.85 where more means better and an adequate process can be considered a process which has PPK of the value 1.33. Positive changes also are new technologies implemented to the process of manufacturing of brake lines, standardization of new rules in the core of organization and significant money saving because of the upgraded manufacturing process. The author's recommendations are about the negative output of the project which was the one that the problem with length was solved with 100% efficiency. Because of that, in the penultimate phase of the thesis is mentioned quarter of recommendation of improvement of the factory from the viewpoint of Lean principles. On the basis of findings observed during the realization of the project Six Sigma the author recommends 1) rebuilding of the arrangement of mechanical equipment of the factory with the transfer of automated slicing line from France. 2) realization of Six Sigma project with the objective to optimize the flow of the material of the factory warehouse. 3) realization of Six Sigma project with the objective to create new standards from the area of visual management. 4) suggestion of strengthening the crewmembers of Six Sigma team with effect since 1. 1. 2019.

## **KEYWORDS**

Six Sigma, DMAIC, process performance, process eligibility, brake line

## **JEL CLASSIFICATION**

L15 – Information and Product Quality • Standardization and Compatibility

L62 – Automobiles • Other Transportation Equipment • Related Parts and Equipment

# VYSOKÁ ŠKOLA EKONOMIE A MANAGEMENTU

Nárožní 2600/9a, 158 00 Praha 5

**Vysoká škola ekonomie a managementu  
Nárožní 2600/9a, 158 00 Praha 5**

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

Jméno a příjmení:	Miloš Kunc
Studijní program:	Ekonomika a management (Ing.)
Studijní obor:	Management firem
Studijní skupina:	MF 21
Název DP:	Optimalizace výrobního procesu v konkrétním výrobním závodě
Zásady pro vypracování (stručná osnova práce):	1 Úvod 2 Teoreticko-metodologická část 2.1 Štíhlá výroba 2.2 Výrobní procesy a jejich optimalizace 2.3 Lean Six Sigma 2.4 Vybrané metody kvality 2.5 Metodika práce 3 Analyticko-praktická část 3.1 Společnost XY 3.2 Popis procesu, popis problémového dílce 3.3 DMAIC 3.4 Zhodnocení a doporučení 4 Závěr
Seznam literatury: (alespoň 4 zdroje)	<ul style="list-style-type: none"><li>• BAUER, M. <i>Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě</i>. Brno : BizBooks, 2012. ISBN 978-80-265-0029-2.</li><li>• BROOK, Q. <i>Lean Six Sigma and Minitab: the complete toolbox guide for business improvement</i>. 4th edition. Great Britain : OPEX Resources, 2014. ISBN 978-0-9546813-8-8.</li><li>• MILLER, I. <i>Kapesní příručka Six Sigma</i>. 3. vydání. Praha : Interquality, 2016. ISBN 978-80-905414-1-2.</li><li>• SVOZILOVÁ, A. <i>Zlepšování podnikových procesů</i>. Praha : Grada, 2011. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.</li></ul>
Harmonogram	<ul style="list-style-type: none"><li>• Zpracování cílů a metodiky do 1. 7. 2018</li><li>• Zpracování teoretické části do 1. 9. 2018</li><li>• Zpracování výsledků do 1. 11. 2018</li><li>• Finální verze do 1. 12. 2018</li></ul>
Vedoucí práce:	Ing. Jiří Klečka, Ph.D.

prof. Ing. Milan Žák, CSc.  
rektor

V Praze dne 29. 6. 2018

Prof. Ing.  
Milan  
Žák CSc.

Digitálně podepsal Prof.  
Ing. Milan Žák CSc.  
DN: cn=Prof. Ing. Milan  
Žák CSc., o=CZ, ou=Vysoká  
škola ekonomie a  
managementu, s.r.o.,  
givenName=Milan,  
sn=Žák,  
serialNumber=CA-  
10390525

# Obsah

1 Úvod .....	1
2 Teoreticko – metodologická část .....	3
2.1 Štíhlá výroba (Lean) .....	3
2.1.1 Definice štíhlé výroby (Lean) .....	3
2.1.2 Historie štíhlé výroby (Lean) .....	3
2.1.3 Vstup Six Sigma .....	4
2.1.4 Současné firmy se štíhlým smýšlením Baťa, IKEA, Apple.....	5
2.1.5 Cíle štíhlé výroby – eliminace plýtvání.....	6
2.1.6 Důležité nástroje štíhlé výroby – nástroje k odstranění plýtvání.....	7
2.2 Výrobní procesy a jejich optimalizace .....	9
2.2.1 Výrobní proces, procesní tok .....	9
2.2.2 Produkt výrobního procesu a zákazník.....	9
2.2.3 Účastníci výrobních procesů .....	10
2.2.4 OEE – celková účinnost výrobního zařízení .....	10
2.3 Lean Six Sigma .....	11
2.3.1 Čtyři kroky k zavedení Six Sigma aneb než se pustíte do zlepšování .....	12
2.3.2 Poznávací procesy .....	15
2.3.3 DMAIC.....	16
2.4 Vybrané metody kvality, statistická regulace procesu.....	25
2.4.1 Pareto diagram.....	26
2.5 Metodika .....	26
3 Prakticko analytická část .....	31
3.1 Společnost XY .....	31
3.1.1 Word Class Manufacturing (WCM) .....	32
3.1.2 Superior Products (nadčasové výrobky).....	32
3.1.3 Voice of the customer (následování přání zákazníka).....	34
3.1.4 Engaged employees (angažovaní zaměstnanci).....	34
3.1.5 Výsledky hospodaření společnosti XY (rok 2017).....	35
3.1.6 Lean přístupy společnosti XY .....	35
3.2 Optimalizace výrobního procesu pomocí projektu Six Sigma Green Belt.....	38
3.2.1 DMAIC.....	39
3.2.2 Fáze Define .....	39
3.2.3 Fáze Measure .....	44
3.2.4 Fáze Analyze.....	47



3.2.5 Fáze Improve.....	49
3.2.6 Fáze Control.....	53
3.3 Zhodnocení a doporučení .....	57
4 Závěr.....	60

Literatura

Seznam příloh

Přílohy

## Seznam zkratek

FMEA	Failure Mode and Effects Analysis
PFMEA	Process Failure Mode and Effects Analysis
DFMEA	Design Failure Mode Effects Analysis
SFMEA	System Failure Mode Effects Analysis
RPN	Risk priority number
MIT	Massachusetts Institute of technology
IT	Information technology
JIT	Just – In – Time
PDCA	Plan – Do – Check – Act
SMED	Single Minute Exchange of Die
VSM	Value Stream Mapping
5S	Seiri (pořádek), Seiso (čistota), Seiton (uspořádání), Seiketsu (pravidla), Shitsuku (udržitelnost)
6S	Seiri (pořádek), Seiso (čistota), Seiton (uspořádání), Seiketsu (pravidla), Shitsuku (sebedisciplína), Safety (bezpečnost)
TQM	Total Quality Management
OEE	Overall Equipment Effectiveness
DPMO	Defect per Milion Opportunities
Cp, Cpk, Cpm, Cpmk	ukazatele způsobilosti procesu
Pp, Ppk	ukazatele výkonosti procesu
USL	upper specification limit
LSL	lower specification limit
CL	center line
SPC	Statistic Process Control
SAP	System Applications Products
MTS	dodavatelská firma z České Republiky
R&R	Repeatibility & Reproducibility
A3	A3 report
DMAIC	Define (definovat), Measure (měřit), Analyze (analyzovat), Improve (zlepšit), Control (řídit)
DFLSS	Define (definovat), Measure (měřit), Analyze (analyzovat), Improve (zlepšit), Control (řídit)
GTS	Global Technology Concil
TPV	dynamicky vulkanizovaná slitina kaučuku a polypropylenu
8D	8D report
VOC	Voice of Customer
COPQ	Costs of Poor Quality
CTQ	Critical to Quality
SIPOC	Supplier Input Process Output Customer
IATF 16949	norma specifikující požadavky na systém managementu kvality
ISO/TS 16949	norma specifikující požadavky na systém managementu kvality
ISO 14001	norma o environmentálním řízení společnosti
WCM	World Class Manufacturing
PACE	Premier Automotive Suppliers to Excellence
GCC	Global Commercial Council
TA	Talented Organization
CoE	Center of Excellence
EBITDA	Earnings before Interest, Taxes

WCO	World Class Operation
BTO	Bulding of Talented Organization
JBS	Job Breakdown Sheets
ELV 25	brzdové vedení vyráběné ve společnosti XY
Zn	zinek
Al	hliník
atd.	a tak dále
tzn.	to znamená
tzv.	takzvaný
Kč	koruna česká
resp.	respektive

## **Seznam grafů**

Graf 1 Hodnocení WCO společnosti XY (pobočka Česká Republika), rok 2017 .....	36
Graf 2 Výkonnost a zmetkovitost výrobního střediska Low Volume – duben 2018.....	IV
Graf 3 Výkonnost a zmetkovitost výrobního střediska Low Volume – týden 41 až 43 ....	XXIV

## Seznam obrázků

Obrázek 1 Působnost společnosti XY na jednotlivých kontinentech.....	31
Obrázek 2 BTO návodka pro výrobní operaci modelování plastové výztuhy .....	37
Obrázek 3 Průběh fází Define .....	39
Obrázek 4 Průběh fází Measure .....	45
Obrázek 5 Průběh fází Analyze.....	47
Obrázek 6 Průběh fází Improve .....	49
Obrázek 7 Průběh fází Define .....	53
Obrázek 8 Organizační struktura společnosti XY .....	I
Obrázek 9 Ukázka BTO školících center .....	II
Obrázek 10 Schéma výrobního závodu se znárorněním výrobního střediska „Low Volume“	III
Obrázek 11 Díl ELV 25 a grafické znárornění komponentů .....	V
Obrázek 12 Projektové zadání.....	VII
Obrázek 13 Costs of poor quality (náklady na kvalitu) .....	VII
Obrázek 14 Časový harmonogram projektu .....	VIII
Obrázek 15 SIPOC diagram výrobního procesu dílu ELV 25.....	IX
Obrázek 16 Hlas zákazníka a CTQ (požadavky na kvalitu) v jednom přehledu – CTQ tree ...	X
Obrázek 17 Analýza systému měření.....	XII
Obrázek 18 Kalkulace způsobilosti procesů X1 – X4.....	XII
Obrázek 19 Kalkulace způsobilosti procesů X5 – X9.....	XIII
Obrázek 20 Ishikawa diagram.....	XIV
Obrázek 21 Matice příčin a následků .....	XV
Obrázek 22 Regrese mezi délkou dílu (Y) a tlakem narážení (P).....	XVII
Obrázek 23 Seznam potenciálních nápravných opatření – výstup z brainstormingu .....	XVII
Obrázek 24 Matice přínosů a úsilí.....	XVIII
Obrázek 25 Rozhodovací analýza – výběr elektronického Poka–yoke .....	XIX
Obrázek 26 Kalkulace způsobilostí procesu X8 a X9 po nápravných opatřeních .....	XX
Obrázek 27 Porovnání způsobilostí pro X8 a X9 „před“ a „po“ .....	XXI
Obrázek 28 PFMEA procesu narážení, 1/2 .....	XXII
Obrázek 29 PFMEA procesu narážení, 2/2 .....	XXIII
Obrázek 30 Současný layout výrobního střediska Low Volume .....	XXV
Obrázek 31 Rozhodovací analýza upřednostňující přestavbu.....	XXVI
Obrázek 32 Navrhovaný layout výrobního střediska Low Volume.....	XXVII

## **Seznam tabulek**

Tabulka 1 Kusovník dílu ELV 25 .....	40
Tabulka 2 Porovnání důležitých kvalitativních ukazatelů „před“ a „po“ zavedení nápravných opatření v procesu X8 – narážení .....	52

# 1 Úvod

Žádný proces není dokonalý, vždy je prostor na zlepšení. V praxi se však bohužel stává, že mnoho firem nezná způsob, jak nedostatky identifikovat. Testované a implementované změny, na kterých je pracováno pak přinášení nahodilé výsledky. Úspory mohou být obrovské, ale je zapotřebí programu neustálého zlepšování, aby bylo zajištěno, že provedené změny nebudou pro procesní operace představovat přítěž. Nejúspěšnější změny usnadňují nebo zpříjemňují práci zaměstnanců. Budou – li navíc šetřit čas a peníze, ze současného procesu lze získat mnohem větší přidanou hodnotu.

Co je neustálé zlepšování?

Neustálé zlepšování je metoda, která pomáhá zajistit, aby procesy (nejenom výrobní) byly co nejúčinnější, nejpřesnější a nejučinější. Toho lze dosáhnout pravidelným zkoumáním a zkodonalováním firemních procesů, potlačováním překážek, využíváním nejlepších řídicích softwarů či využíváním nejučinějších zlepšovateľských metod. Pokud jste někdy slyšeli o Lean, Kaizen, Six Sigma nebo cyklu DMAIC, pak je Vám tato problematika nejspíše známá. Neustálé zlepšování je založeno na právě takových principech a jeho primárním cílem je docílit změn přinášející efektivnější práci a finanční úspory.

Výhody neustálého zlepšování jsou jednoduché, umožňuje neustále zdokonalovat postupy, aby práce byla efektivnější a přesnější. Za předpokladu, že firma své procesy zdokumentovala a dokonale je zná, mělo by pravidelné vylepšování být interním rituálem. Každá operace se provádí stejným způsobem, krok za krokem, proces se neustále opakuje. Předvídat a sledovat určitou míru úspěchu by tedy mělo být automatické – navzdory tomu se tak neděje. Právě to je onen prostor pro zlepšení firemních procesů a metod, ať už prostřednictvím menších vylepšení nebo re – inženýrstvím celého nastavení a sledu operací.

Neustálé zlepšování zajímá v neposlední řadě i zákazníky. V době 21. století musí všechny společnosti, které chtějí získat náskok před konkurencí, udržovat neposkvrněné vztahy se zákazníky a především si udržet jejich důvěru. Proč? Důvěra zákazníků je klíčová složka pro získání nových projektů. Vynikající hodnocení od zákazníka však není něco, co lze měřit. Důvodem je to, že očekávání zákazníků neustále roste. To, co dnes lze považovat za výjimečné, nemusí zítra stačit. Firmy potřebují neustále inovovat a zlepšovat své výrobky a služby, jinak riskují, že zůstanou pozadu. Pro všechny firmy je proto nezbytné vytvořit proces neustálého zlepšování, který zkvalitňuje produkty a služby zákazníkům k jejich spokojenosti a pomáhá v konkurenčním boji. Zákazník, jeho hlas a potřeby by měly pro podnik představovat primární strategický cíl podporovaný především středním a vyšším managementem. V podání metodologie Lean a Six Sigma jde o celofiremní strategii, která aplikována hluboko v srdci organizace představuje klíč k úspěchu každého projektu.

Tato diplomová práce pojednává o optimalizaci výrobního procesu brzdového vedení pro zákazníka Audi. Cílem je problémový výrobní proces vylepšit z pohledu neplnění cílů firmy při hodnocení celkové výkonnosti výrobního střediska tzv. OEE (Overall Equipment Effectiveness).

Teoreticko – metodologická část představuje čtenáři kýžené teoretické vysvětlení k použitým metodikám v části praktické. Důraz je přitom kladen na maximální soulad obou hlavních částí dohromady tak, aby aby nic nechybělo a nic nebylo uváděno zbytečně. Relevantní vysvětlení v odborné ale srozumitelné formě je rozepsáno s cílem poskytnout čtenáři dostatečný přehled o principech neustálého zlepšování, jeho funkci ve firmě, jeho výhodách i nevýhodách.

Zpracování praktické části se opírá o systematický postup zlepšovateľského cyklu DMAIC, kde je v pěti etapách projektu Six Sigma popsáno šestiměsíční bádání od úplného začátku – výběru projektu až po jeho slavnostní uzavření a předání vlastníkům procesu. Autor před začátkem každé z pětice etap Define (definovat), Measure (měřit), Analyze (analyzovat), Improve (vylepšit) a Control (řídít) uvádí posloupnost průběhu fáze v přehledné obrázkové formě. Dohromady je v praktické části popsáno celkem 19 mezikroků každé z hlavních pěti částí cyklu, přičemž každá je velmi důležitá – žádnou by nešlo opomenout. Z větší části nepřerušovaný text je vhodně doplňován odkazy na přílohy, kde jsou detailně krok za krokem seřazeny jednotlivé grafické výstupy projektu.

Finální odstavce práce shrnují závěry projektu, hodnotí výsledky, interpretují finanční úspory. Kromě pozitivních závěrů jsou v části „doporučení“ zmiňována i negativní podněty plynoucí z množství nabytých zkušeností přímo ve výrobě. Autor zde na základě pozorovaných skutečností doporučuje další postup zlepšování z pohledů principů Lean.



## 2 Teoreticko – metodologická část

### 2.1 Štíhlá výroba (Lean)

#### 2.1.1 Definice štíhlé výroby (Lean)

Pojem a filozofie Lean (štíhlý), pojem rovný pojmu štíhlá výroba (v anglickém překladu Lean manufacturing) je obecně považován za osvědčenou organizační filozofii neustálého zlepšování. Institut průmyslového inženýrství South African Journal vydal autorům Coetzee, van der Merwem, van Dyk (2016) článek, v němž dotyční tvrdí, že Lean i přes své nesporné klady dosahuje relativně nízké úspěšnosti implementace. Dle autorů, jde často především o zanedbání lidského aspektu, i když zakladatelé metody na tuto stránku jasně kladly velký důraz. Tento jejich závěr naznačuje, že aplikace Leanu ve společnostech je často v rozporu s poselstvím tvůrců, že by na úkor Leanu neměla být upřednostňována žádná jiná strategie.

Existuje mnoha charakteristik Leanu. Už v roce 1988 John Krafčík napsal v článku pro MIT (Massachusetts Institute of technology) Sloan Management Review, že štíhlá výroba je Lean, protože využívá méně všeho než sériová výroba – polovinou lidského úsilí v podniku, polovinu výrobního prostoru, polovinu investic do nástrojů i polovinu času k vývoji nového produktu. Toto uvedl poté, co jako člen výzkumného týmu zkoumal mezinárodní automobilový průmysl, kde identifikoval exkluzivní chování a výkonnost v organizaci Toyota (Graban, 2013).

Zvažovány byly také názory profesora Likera, který v roce 1997 navrhl aby Lean byl "*filozofií, která po implementaci snižuje čas od objednávky zákazníka k dodávce tím, že eliminuje zdroje plýtvání ve výrobním procesu*" (Bhasin, 2015, s. 2). Zvažovány jsou také názory, že Lean je systematický přístup k identifikaci a odstranění plýtvání prostřednictvím neustálého zlepšování, a to díky tomu, že procesy firem se postupnou prací blíží k dokonalosti (Simon, 2016).

Svozilová (2011, s. 32) doplňuje, že Lean je jednoduché a přímočaré uvažování, běžně nazývané „selský rozum“, s tím, že jeho použití lze nalézt v systematickém uspořádání a logické aplikaci do průmyslové výroby.

Příslušné Lean standardy nachází i široké uplatnění v oblasti služeb, IT nebo administrativy. Řec je například o IT společnostech, které pomocí Lean snižují zbytečné aktivity, jako je počet přenosů hovorů nebo ruší zbytečné IT procesy (Simon, 2016).

#### 2.1.2 Historie štíhlé výroby (Lean)

Hessing (2015) píše, že kořeny Lean lze nalézt v již poměrně dávných dobách moderního managementu. Pojem Lean se začal tvarovat již v roce 1550 v italských Benátkách, nicméně průkopníkem teorie a principů Lean byl **Henry Ford**. V roce 1908 dosáhl obrovského úspěchu výrobou automobilu nazývaného Ford Model T, aby pak v roce 1913 dále experimentoval s procesní normalizací a optimalizací s cílem vyrobit co nejvíce výrobků, za co nejkratší dobu. Dokonce se stal nejbohatším mužem na světě a celá dvacátá léta a třicátá léta 20. století jeho General Motors dominoval na trhu automobilového průmyslu. Nicméně nedostatek rozmanitosti a schopnosti zavést množství změn v masové výrobě, byl příčinou stagnace dalšího rozvoje.

Svozilová (2011, s. 22) k tomu dodává, že pokračovatelem myšlenek Henryho Fordy byli japonští zakladatelé a manažeři společnosti Toyota. Jedním z prvních přispěvatelů ve slavném výrobním systému společnosti byl **Sakichi Toyoda**. Ten už v roce 1918 založil továrskou a tkací společnost Toyoda, kde zaváděl štíhlé systémy výroby s cílem eliminovat veškeré plýtvání. Navrhl koncept Jikoda – automatizace s lidským dotekem (blíže popsáno v kapitole

2.1.5, důležité nástroje štíhlé výroby) a vynalezl automatický tkalcovský stroj, který nejenže nahradil ruční práci, ale také obsahoval Jikoda technické zlepšováky schopné včasné detekce výrobní abnormality, snadné zastavení stroje nebo procesu a s tím spojenou okamžitou fixaci problému. Na Sakiho Toyodu navázal jeho syn, zakladatel a druhý prezident společnosti Toyota Motor Corporation **Kiichiro Toyota**. Pokračoval v otcově pojetí Jikody a rozvinul jeho filozofii o koncept Just – In – Time (JIT). Zaplatil za návštěvu výrobního závodu Ford v Michiganu, aby pochopil koncept Henryho Forda a chod montážní linky, aby pak své poznatky implementoval v Toyotě. JIT je ve své podstatě metoda, při níž materiál přichází i odchází ve správný čas, tedy přesně v ten moment kdy je zapotřebí. Toto platí jak pro materiál nakupovaný, tak pro materiál rozpracovaný mezi interními středisky podniku.

Hessing (2015) rozvádí, že na své kolegy z Toyoty dále navazoval **Taichi Ohno**. Spojil systém Just–In–Time se systémem Jikoda. Inspirován opět v závodě Fordu v roce 1953 vymyslel dnes populární systém kanban (blíže popsáno v kapitole 2.1.5, důležité nástroje štíhlé výroby). Praktikoval Demingovu metodu PDCA do konceptu Kaizen a hnán nezbytností vymyslel se svým kolegou **Shigeo Shingem** techniku rozsáhlé přestavby (Single Minute Exchange of Die – SMED), jejíž aplikace ve výrobě umožňovala flexibilnější cykly dodávek i rychlejší přizpůsobení se množství zákaznických požadavků. Nový systém výroby zahrnoval i samořídící systémy strojového zařízení, čím se výrazně zlepšovala jakost výrobků Toyoty i konkurenceschopnost v boji o přední pozice automobilového průmyslu. Oba se pak podíleli na tvorbě základních filozofií společnosti Toyota, ale především Taichi Ohno je považován za opravdového budovatele principů štíhlé výroby, jak je dnes známe. Identifikoval hlavní cíl neustálého zlepšování – eliminaci plýtvání a definoval, že odpad je vše, co nepřináší zákazníkům přidanou hodnotu (blíže popsáno v kapitole 2.1.4, cíle štíhlé výroby – eliminace Muda, Mura, Muri). Nadále se podílel na stabilním chodu společnosti Toyota a z pozice vrcholového průmyslového inženýra, poradce a obchodníka odstartoval opravdovou revoluce „štíhlé výroby“.

Neuvěřitelně dlouhodobá konzistencnost výkonnosti firmy Toyota společnost proslavila po celém světě. Trvalý úspěch společnosti při implementaci uvedených technik pramení z hlubší podnikatelské filozofie, zakládající se na porozumění lidem a jejich motivačních faktorů. Úspěch firmy pramení z její schopnosti rozvíjet vůdčí potenciál, týmy a kulturu, nalézat strategii či dbát na vytváření dobrých vztahů s dodavateli. V další části práce jsou blíže představeny další úspěšné společnosti, které svým štíhlým smýšlením a přístupem k výrobě válčují konkurenci nejen na trhu automobilovém (Podskřan, 2015, s. 19).

### 2.1.3 Vstup Six Sigma

Na rozdíl od Lean je historie Six Sigma daleko kratší. Jak píše Morgan, Brenig – Jones (2012, s. 16), aplikaci metody vymysleli v 80. letech ve společnosti Motorola, kdy se výkonný ředitel Bob Galvin snažil konkurovat zahraničním výrobcům. Společnost vytvořila plán s cílem dosáhnout desetinásobného zlepšení do pěti let a stát se celosvětově konkurenceschopnou. Název strategie navrhl kvalifikovaný inženýr Bill Smith a netrvalo dlouho aby přístupy Six Sigma zaujaly přední místo v metodologiích užívaných pro zlepšování procesů. Svozilová (2011, s. 24) doplňuje, že takto se Motorola stala vedoucí společností v oblasti kvality, aby v roce 1988 dokonce obržela ocenění kvality Malcolma Baldrige (Malcolm Baldrige National Quality Award).

Töpfer (2008, s. 7) doplňuje, že statistické výpočty používané při analýzách Six Sigma se však opírají až o 200 let staré poznatky mechanika Carla Friedricha Gausse, jehož podoba ve spojení s normálním rozdělením byla vyobrazena na desitimarkových bankovkách v letech 1991–2002. I jeho postupy se v metodologii Six Sigma používají pro identifikaci schopností procesu

vyprodukovat výrobky v předepsaných tolerancích, přičemž je aplikací metody Six Sigma zjišťováno, zda tomu tak je a pokud ne, tak proč. Metoda Six Sigma obsahuje množství kroků a analýz, s cílem optimalizovat výrobní proces, tedy zmenšit jeho variaci a zvýšit způsobilost za použití totožných technologií při nižších výrobních nákladech. Detailním charakteristikám metodologie se dále věnuje kapitola 2.3 – Lean Six Sigma od strany 11.

#### **2.1.4 Současné firmy se štíhlým smýšlením Baťa, IKEA, Apple**

Kromě Toyoty existují stovky úspěšných institucí, které byly i nadále jsou adaptivní (adaptivní = trvale úspěšná organizace se štíhlým smýšlením). Mezi takové lze zařadit například Baťa, Ikea či Apple. Společným znakem těchto organizací je unikátní podnikatelský koncept, systém řízení, neustálé zlepšování a vzdělávání. Podskřan (2015, s. 17) ve své knize tvrdí, že trvalý úspěch štíhlé organizace lze vysvětlit silnou a relativně neměnnou podnikovou kulturou. Pro tyto progresivní podniky jsou charakteristické vlastnosti jako prioritou uchovávaní hodnot či dlouhodobá perspektiva.

##### **Jak to fungovalo u Baťů?**

Zásadami podniku Baťa bylo kulturní prostředí, kde strategické principy jako dodržování pořádku a čistoty představovali základní stavební kameny shodu firmy. Natřením strojů a podlah se například předcházelo hrozeb budoucího selhání, protože i malá kapka oleje nebo signalizovala budoucí problém. Stroje byly nezávisle flexibilní na pohyblivých platformách, poháněné vlastními elektřinými motory. Firma zavedla pravidlo neustálého pohybu materiálu po výrobní hale, tak aby rozpracovaná výroba nepřekážela. Platil přísný zákaz kouření v celém areálu výroby a o bezpečný chod pečoval hasičský sbor, který byl oceňován o to štedřejí, čím méně bylo protipožárních zásahů.

Naprostou zásadním nástrojem úspěchu firmy byla sebekontrola každého zaměstnance a rozsáhlé oddělení kontroly, kde kontroloři s ohledem na zákazníka striktně dbaly na odstraňování zbytečných pohybů pracovníků, prostojů a nedostatků v organizaci práce (Podskřan, 2015, s. 19).

##### **Jaká je podtata podnikání v IKEA?**

Jak píše Podskřan (2015, s. 20) v roce 1996 byl zakladatel společnosti Angvar Kamprad svědkem toho, jak se firma IKEA po padesáti letech svého fungování proměnila ze společnosti zasílající nábytek poštou na maloobchodní velmoc bytového vybavení s více než 120 pobočkami v 26 zemích. Kamprad přišel v rámci své strategie na model jednoduchého a praktického výrobku a zároveň na systém obchodu, který umožňuje udržovat relativně nízkou cenu výrobků. Jeho IKEA vsadila na koncept stavebnice, kterou si zákazníci snadno přepraví a vcelku nenáročně sestaví doma. Tvorbou konceptu přepravovat nábytek v této podobě například IKEA návrháři v roce 2008 snížili náklady na spotřebitele ve výši 135 amerických dolarů tím, že našli způsob jak zdvojnásobit odesílané množství populární pohovky Ektorp, do prostoru, v jakém se odesílala pohovka pouze jedna (Millard, 2015).

Podskřan (2015, s. 21) dále dodává, úspěch nábytku a nábytkových doplňků IKEA je podložen jednoduchým a kvalitním designem dostupným v obrovských předměstských nákupních centrech s velkými parkovacími plochami a doprovázenými obchody ke kulturnímu vyžití. IKEA vyhověla očekávání zákazníků, kteří hledají kvalitní nábytek za rozumnou cenu k okamžitému odebrání. Navíc dodatečné procesy jako montování nábytku doma či doprava pomocí vlastních zdrojů, které standardně dělal výrobce, vytvořil nový pocit v podobě přidané hodnoty v podobě osobního zisku.

To že firma neustále snižuje efektivitu, snižuje ztráty prostoru a zlepšuje zážitky zákazníků zaváděním Lean principů dosvědčuje například i používání světél k označení cest. Ne tradiční pásy nebo barevné označení na zemi. Světelná navigace je úžasným zlepšením stavu, která umocňuje zážitek z nákupu a usnadňuje orientaci v bludišti zvaném IKEA (Millard, 2015).

### **V čem spočívá originalita Apple?**

Podskřan (2015, s. 21) tvrdí, že znakem produktů Apple je fakt, že za stejnou, a někdy i nižší cenu nabízejí lepší provedení a technologie, které konkurenti ještě nemají nebo nemohou nabídnout. To je důvod, proč se výrobcům ultrabooků tak těžko bojovalo a bojuje s Macbook Air: konkurenti mohou za stejnou, nebo vyšší cenu nabídnout horší sestavy bez zajímavého přízvyska Apple.

Apple definitivně změnil a propojil dvě odvětví, která byla doposud oddělena: telekomunikaci, a IT. Podařilo se mu to, co žádnému z výrobců chytrých telefonů, ačkoli se o to usilovně snažila např. Nokia, tedy stát se vědomě naprosto běžnou součástí životů lidí. Nejprve skrze iPhone a pak skrze iPad. Steve Jobs dokázal, že jednoduchost je nejmocnější silou v byznysu a i proto od počátku 90. let 20. století a zrodu prvních počítačů určuje trendy v oblasti telekomunikací a IT (Podskřan, 2015, s. 21).

Shook (2011) přirovnává Steva Jobse k Henrymu Fordovi, protože oba byli nesmírně důležití nejen kvůli konkrétnímu technickému vynálezu. Ještě důležitější je, že Jobs ve své době a společnost Ford v jeho sociálním a technickém postavení v příslušných obdobích pochopili, že jsou schopni sjednotit produkt, proces a dokonce i obchodní model způsobem, který byl osvětou pro jejich zákazníky, ale i celosvětově pro společnost.

Dle vydavatelů a autorů zpravodaje Global Manufacturing pak do první desítky nejúspěšnějším Lean společností lze zařadit např. Nike, Intel, Textron nebo Parker Hannifin (Global Manufacturing, 2014).

### **2.1.5 Cíle stíhlé výroby – eliminace plýtvání**

Jak píše Bhasin (2015, s. 103) cesta směrem k Leanu je neúprosná a dlouhodobá. Úspěch není zaručen a transformace vyžadují dlouhodobý závazek. Autor také podokýká, že minimální časový rámec implementace Leanu je pro společnost průměrné velikosti často uváděn horizont pěti let. To je však reálné, pokud Lean není pouze doplněk každodenních povinností zaměstnanců, ale představuje kompletní přerod smýšlení firmy.

Bhasin (2015, s. 104) dále uvádí, že Lean by nikdy neměl být chápán jako technika sloužící pouze k eliminaci plýtvání, ale především by měla být považována za techniku, která se snaží vzniku plýtvání předcházet. Lean by měl být vnímán z pohledu zákazníka a musí být propojen i do marketingu nebo produktového designu aby zákazníci cítili v příslušné organizaci Lean znalosti ve všech sférách podnikání. Zatímco základní pointa Leanu je o eliminaci plýtvání (Muda), je také o odstranění výrobní nevyváženosti (Mura) a neopodstatněného přetěžování (Muri). Nevyváženost často vede k přetěžování a tím vzniká plýtvání. I přes to, v mnoha transformačních procesech bývá neškodné navrhnout, aby organizace v prvních letech zůstala zaměřena na odstraňování odpadů přičemž by se soustředila na příčiny vzniku odpadů na úrovni systému. Krišťák (2015) shrnuje, že Muda, Mura, Muri jsou považovány za bariéry efektivního fungování strategie Just – In – Time.

**Muda** – každá výroba a dokonce i lidská činnost je složena z procesů, které mohou, ale také nemusí přidávat hodnotu konečnému výrobku. Jakýkoli vklad do výrobního procesu, ať už materiály, čas nebo strojové zařízení stojí peníze. Muda je temným, pro ty prostředky, které do procesu nepřinášejí žádnou přidanou hodnotu, tudíž jsou zbytečné. Muda, neboli plýtvání,

se běžně vyskytuje napříč procesem a představuje přehlížené prostředky, které jsou skryty ve zbytečných činnostech nepřidávající hodnotu. Ve výrobním procesu existuje Muda nekonečně mnoho, ale každá ze základních typů (**čekání, zbytečné zásoby, nadměrný transport, zmetky, chyby ve výrobě, nadprodukce nebo zbytečné pohyby**) nepřímo ovlivňuje produktivitu. Heslem a cílem Muda je dlouhodobé odstraňování plýtvání od kohokoliv, kdykoliv a kdekoliv (Bauer, 2012, s. 28).

**Mura** znamená nevyváženost a nerovnoměrnost. Lze říci, že Mura je důvodem existence kterékoliv ze sedmi druhů plýtvání, jinými slovy Mura vede ke tvorbě Muda. Do (2017), Bradbury (2018) uvádějí jako příklad Mura situací, kdy jedno ze stanovišť výrobní linky má větší kapacitu než stanice ostatní. Dochází tak k hromadění materiálu v podobě nepotřebné produkce, čekání a plýtvání. V tomto případě by snahou Lean bylo vyrovnaní pracovního vytížení a sjednocení kapacit stanovišť, tak nedocházelo k nevyváženosti. Vyhnout se takovému stavu lze používáním systému Kanban, Just – In – Time a dalšími nástroji Lean (bližší popsáno v kapitole 2.1.5 – důležité nástroje štíhlé výroby), které omezují nadvýrobu a optimalizují tok materiálu napříč firmou.

**Muri** znamená přetěžování neboli namáhavá práce. Jak uvádějí Do (2017), Bradbury (2018) je zaměřeno se na souvislosti výskytu plýtvání s nadměrným přetěžováním a stresováním zaměstnanců často přehlíženou aktivitou, kdy se management firem zjednodušeně koncentruje na odstranění Muda. Krišťák (2015) klade na důraz, že management nezvládá svoji roli při odstraňování Muri především v situacích, kdy jsou překročeny výrobní kapacity a zkušenosti zaměstnanců neodpovídají požadavkům k provádění odborných činností.

**Překročením kapacit** totiž nedochází ke sladění mezi objednávkami a tím, co je společnost schopna vyprodukovat. Management se v tu chvíli snaží o zvýšení produktivity na úkor lidských možností, čímž dochází k přetěžování zaměstnanců. Důsledkem toho se při dlouhodobém neřešení podobné situace zhoršuje podniková kultura a hromadí se závažná selhání typu častější reklamace nebo neschopnost dodat požadované výrobky včas. Zaměstnanci bývá nestabilní prostředí firmy vnímáno, nicméně zaslepení z krátkodobě vysokých zisků firmy způsobuje, že management rizikovou situaci nevidí.

Jak dále uvádí Krišťák (2015), další problematickou situací je **množství slabě zaškolených lidí** s nedostatečnými schopnostmi. Nedokonalý systém zaškolení či předávání instrukcí od zkušenějších kolegů lze považovat za základní příčiny neefektivity zaměstnanců. Správné využívání lidských zdrojů je pak stále častěji diskutovaným tématem. Dochází k operativnímu řešení množství problémů, stagnuje vývoj a firma se dostává do křeče.

Do (2017), Bradbury (2018) shodně doplňují, že Muda, Mura a Muri jsou vzájemně propojeny a v opravdovém světě není jednoduché najít řešení, jak tyto bariéry efektivního fungování Lean eliminovat. Vzhledem k tomu, že problémy reálného světa jsou dynamické a potřeby zákazníků se stále neustále mění, měly by se také měnit i firemní postupy a přístupy k zavádění Lean. Při navrhování procesů by měla být práce standardizována v zájemné harmonii tří pohledů plýtvání, protože pouze takovým způsobem, lze optimalizovat výrobní strategie a úspěšně implementovat Lean do firemní kultury.

## 2.1.6 Důležité nástroje štíhlé výroby – nástroje k odstranění plýtvání

Bauer (2012, s. 10) tvrdí, že u malých a středních výrobců je Lean neocenitelným systémem, který připravuje cestu pro maximální výkon a minimální množství plýtvání během výrobního cyklu. V následujících odstavcích budou popsány základní Lean nástroje, jež se aplikují do řízení firem s cílem přestavět firemní procesní systém zlepšování. Nejde o elementy, které lze

aplikovat jednotlivě, avšak o ucelenou filozofii řízení, jejíž myšlenka musí být pochopena a dodržována nejen managementem, ale i každým operátorem ve výrobě.

### **Kaizen**

Kaizen je systém, který usiluje o neustálé zlepšování v oblasti kvality, technologie, procesu, firemní kultury, produktivity, bezpečnosti a řízení. Hlavní myšlenkou je, že každý zaměstnanec a každá úroveň organizace může navrhnout zlepšení. Zatímco tyto návrhy často nevedou k zásadním změnám, v průběhu času mohou transformovat v malá zlepšení, které povedou k výraznému snížení ztrát zbytečných zdrojů. V japonštině znamená Kaizen neustálé zlepšování nebo změna k lepšímu. Ve skutečně štíhlých společnostech je to filozofie, která proniká do všech aspektů společnosti. Je to nekončící úsilí o s cílem eliminace plýtvání (Brand, 2012).

### **Kanban**

Jak již bylo zmíněno v kapitole 2.1.3, termín Kanban zavedl v Toyotě Taichi Ono. Termín pochází opět z japonštiny a v doslovném překladu znamená kan – karta, ban – signál. Snahou tohoto systému je co nejdokonalejší harmonizace materiálového toku výroby. To znamená, přizpůsobit každý výrobní proces „výrobě na objednávku“, která pomáhá bez větších vedlejších nákladů zpracovávat zásoby. Aby bylo možné tohoto dosáhnout, už při návrhu konceptu se musí plánovat výrobní kapacity vyváženě s přihlédnutím na tvorbu meziproceních zásob – podskupin, dbát na zajištění pravidelného odběru a to vše propojit s požadavky na finální montáž (Brand, 2012).

Jak píše Šimon, Miller (2014) kanban systém vychází z předpokladu, kdy je možno rozdělit navazující výrobní úseky na kupující a prodavače, za předpokladu, že je předem definován orkub odebírajícího a dodavatele. O tom, jaký materiál budou pracoviště potřebovat informují lístky na přepravních boxech – kanbany, které takto cirkulují napříč celou firmou. Kanban jako takový slouží především k regulaci meziprocenního materiálu a zásob ve výrobě. Jde tedy o způsob zásobování jednotlivých výrobních úseků ve výrobním závodě. Obdobou kanbanu používaného interně ve firmě je systém Just – In – Time (právě včas), tedy zásobování mezi více podnikatelskými subjekty, odběrateli a dodavateli.

### **Value Stream Mapping (VSM) – Mapování toku hodnot**

Brand (2012) popisuje VSM jako vizuální nástroj, který organizace používají k ilustraci, analýze a pochopení toku materiálů od dodavatele k zákazníkovi, jakož i toku informací v rámci organizace. Cílem VSM je identifikovat nedostatky v produkci, nebo které lze eliminovat optimalizací odpracovaného času a nákladů na materiál. Bauer (2012, s. 154) dodává, že nástroj umožňuje vidět na první pohled chyby jako zpoždění v procesu, vysoký Lead – time, vysoké zásoby nebo dlouhé transporty.

### **Total Quality Management (TQM)**

Morgan, Brenig – Jones (2012, s. 77) píše, že TQM je komplexní, celopodnikový přístup, který se snaží zlepšit kvalitu produktů a služeb, které organizace produkuje. Cílem TQM je průběžně vylepšovat a zlepšovat procesy ve fázích Demingova cyklu neboli PDCA cyklu – Plan (naplánuj), Do (otestuj), Check (zkontroluj) a Act (udělej) – podrobněji viz kapitole 2.3.2. TQM klade velký důraz na spokojenost zákazníků a má schopnost zcela zefektivnit změnu způsobu fungování organizace. Jak dodává Bauer (2012, s. 120) jsou známé a osvědčené nástroje a techniky jako např. 5S, standardy kontroly nebo Poka – Yoke (zabránění chybám).

### **Jidoka**

Pojem Jidoka představuje koncept, který se zabývá výrobním pracovištěm (zpravidla stroji) a jejich samosprávnou funkcí. Vychází z logického faktu, že sledování chodu stroje

odpovědnou osobou, nezvyšuje hodnotu produktu, ale zvyšuje náklady. Výrobní zařízení vybaveny systémy konceptu Jikoda jsou sami schopny detekovat nestandardní chování stroje, zastavit chod stroje a informovat obsluhu o nestandardní situaci. Mezi technická opatření, která se často implementují patří např. počítadla pro odpočítávání výrobních dávek nebo instalace dotykových čidel pro rozpoznání chybějícího materiálu (Brand, 2012).

## 2.2 Výrobní procesy a jejich optimalizace

Jak ve své knize uvádí Morgan, Brenig – Jones (2012, s. 34), se slovem proces se v každodenním životě lze setkat velice často. Děti procházejí vzdělávacím procesem, tedy postupně získávají vědomosti programu pro život i povolání. Výrobní procesy, jejich plynulost či výkonost, jsou na programu většiny porad podnikových manažerů. Stále se zvyšující úroveň automatizace a řízení sledů pracovních činností potřebuje specifické procesy mapovat a vtisknout do technologického zázemí, ať již se jedná o moderní nemocnici nebo úřad státní správy.

Procesy všeho druhu nás obklopují v takové bezprostřední blízkosti, že je považujeme za samozřejmost. Jejich podstatu již nevnímáme – to, co nás však trápí nebo nadchne, jsou výsledky, jež užíváme, nebo symptomy problémů, pokud nestačí nárokům, které na ně klademe. Ani pozice manažera nebo přímého účastníka procesu nemusí být dostatečně blízká pro správné porozumění problému, který se může vyskytnout. Manažer nemusí mít potřebné informace a odhalení skutečné příčiny nemusí být vždy jednoduché. Ve většině případů jsou procesy komplikované a splet' problémových vlivů může vytvořit velmi nepřehledné situace. Úspěšné odhalení skrytých příčin se může stát úkolem hodným opravdového detektiva. V další fázi budou stručně vysvětleny termíny a jejich významy, které jsou užity v dalších částech práce (Svozilová, 2011, s. 14).

### 2.2.1 Výrobní proces, procesní tok

Jak již bylo naznačeno, výrobní proces je sledem činností, při nichž je aplikováno aktivní působení personálu, a to jak intelektuální, tak manuální, na postupně vznikající předmět nebo službu, která má přinést nějakou hodnotu pro zamýšleného uživatele – zakazníka procesu. Proces lze definovat mnoha způsoby. Svozilová (2011, s. 14) proces definuje jako „*sérii logicky souvisejících činností nebo úkolů, jejichž prostřednictvím, jsou-li postupně vykonány, má být vytvořen předem definovaný soubor výsledků*“.

Pokud je řeč o procesech, často se zabývá návrhy a popisy procesů, procesními modely a toky. Popisování procesu je činnost, při níž se shromažďují a zaznamenávají informace o sledech pracovních činností a jejich vzájemných vztacích, výkonných procesních rolích, procesních systémech, systémech procesu a nástrojích, časových, výkonostních a kvalitativních parametrech, který má proces plnit. Procesní toky mohou probíhat v přímé návaznosti – každý následující krok je závislý pro uskutečnění kroku předchozího. Mohou však rovněž probíhat paralelně, pokud to povaha jednotlivých toků dovoluje (Morgan, Brenig – Jones, 2012, s. 34)

### 2.2.2 Produkt výrobního procesu a zákazník

Hlavním posláním výrobního procesu je vytvoření nějakého výstupu – produktu výrobního procesu. Každý výrobní proces na začátku přijímá nějaké vstupy, které jsou podrobeny určité transformaci, aby výsledkem byl nějaký výstup – produkt. Svozilová (2011, s. 16) definuje produkt procesu jako „*hmotný nebo nehmotný výstup, který je vytvořen za účelem toho, aby sloužil pokrytí potřeb nebo přání zákazníka procesu*“. Svozilová (2011, s. 14) dále za produkt výrobního procesu považuje jakýkoli hmotný výrobek, službu nebo kombinaci uvedených

položek, která má vlastnosti, jež představují určitou hodnotu, zajišťující určité funkce nebo přináší jiný prospěch někomu, kdo pocítuje potřebu, který tento produkt pokrývá. V případě, že je takový produkt předložen osobám vně podniku, lze o takové skupině lidí hovořit jako o **externích zákaznících**. V případě, kdy odběratelem je následující výrobní proces, tedy produkt dosud neopustil hranice organizace, lze o takovém odběrateli hovořit jako o **interním zákazníkovi**.

### 2.2.3 Účastníci výrobních procesů

Ve světě podnikání, služeb ale i státní správy existuje jen velice málo procesů, které by probíhaly bez účasti lidského personálu. Účastníky výrobních procesů lze dělit dle úlohy jež ve vztahu k procesu mají na zákazníky, dodavatele, sponzory, vlastníky procesu, manažery a operátory (Svozilová, 2011, s. 18)

Svozilová (2011, s. 18) i Morgan, Brenig – Jones (2012, s. 34) shodně píší, že pod pojmem **zákazník** si lze představit někoho, kdo pocítuje potřebu, kterou možno uspokojit určitým hmotným produktem nebo službou, jež je produkována určitým procesem a jehož užívání mu poskytuje určitý prospěch, za který je ochoten poskytnout protihodnotu, většinou v podobě finančních prostředků. **Dodavatel** procesu je někdo, kdo zajišťuje vstupy, které výrobní proces potřebuje k vytvoření výstupu jež by uspokojily zákaznické potřeby. **Sponzor** procesu je dále osoba, jež bývá členem podnikového managementu a má enormní zájem o to, aby proces fungoval bez problémů. Sponzor projektu plní důležitou roli v týmech zlepšovateckých projektů, jímž poskytuje podporu a zprostředkovává styk s okolím. Vlastník procesu je často přímo podnik, který poskytuje zdroje, jež jsou během procesu zpotřebovány a má především zájem o to, aby se zvyšovala nejenom kapacita procesu, ale i rentabilita produkce. **Manažera** lze definovat jako osobu, která řídí proces a je zodpovědný za jeho výsledky, ať v oblasti kvality nebo výkonnosti. **Operátor** procesu je nakonec nesmírně důležitý pracovník, který se výrobního procesu účastní přímo, tedy fyzicky přetváří vstupy na výstupy – vyrábí finální produkt.

### 2.2.4 OEE – celková účinnost výrobního zařízení

OEE (Overall Equipment Effectiveness) – celková účinnost výrobního zařízení je metrika, která určuje procenta plánované doby výroby, která jsou skutečně produktivní. Jak píše Stamatis (2010, s. 25) OEE zohledňuje různé tři dílčí výsledky výrobního procesu – dostupnost, výkonnost a kvalitu. Po zohlednění různých faktorů je výsledek vyjádřen v procentech. Toto procento lze považovat za současnou efektivitu výroby stroje, linky nebo výrobního střediska v průměrné hodnotě ( $OEE (\%) = \text{míra dostupnosti} \times \text{míra výkonu} \times \text{míra kvality}$ ). Kennedy (2018, s. 29) jednotlivé klíčové složky OEE popisuje takto.

**Míra dostupnosti** – dostupnost bere v úvahu ztrátu za prostoje, což zahrnuje všechny události, které zastaví plánovanou výrobu na nezanedbatelnou dobu (typicky na několik minut nebo déle). Vypočítá se jako  $\text{Dostupný čas} = (\text{Plánovaný provozní čas} - \text{prostoje}) \div \text{Plánovaný provozní čas}$ .

**Míra výkonu** – výkon bere v úvahu ztrátu rychlosti, která zahrnuje všechny faktory způsobující, že je rychlost výroby menší než maximální možná rychlost chodu zařízení. Míra výkonu je definovaná vztahem  $\text{Skutečný výstup} \div \text{Teoretický výstup}$ .

**Míra kvality** – kvalita bere v úvahu ztrátu za kvalitu, která zahrnuje faktory vyrobených kusů, které nesplňují výkresové specifikace včetně kusů, které vyžadují přepracování. Vypočítá se jako  $\text{Skutečná výroba} = \text{Počet závad} \div \text{Skutečná výroba}$ .



Oba se pak shodují (Kennedy, 2018, s. 30), (Stamatis (2010, s. 25) v tom, že ukazatel OEE je nástroj, který kombinuje více výrobních problémů a poskytuje informace o procesu. Často také bývá vstupní metodikou, používanou pro pochopení současného stavu procesu a následných analýzách kořenových příčin problémů. Kennedy (2018, s. 30) dále píše, že metodiku OEE lze použít jako nástroj pro zlepšení efektivity procesu nebo pochopení zmetkovitosti. Dále uvádí jak si lze výsledné skóre vysvětlit.

**OEE skóre 100%** je dokonalá výroba: vyráběny jsou pouze díly ve 100 % kvalitě, co nejrychleji, bez zastávky.

**OEE skóre 85%** představuje světovou třídu výrobců. Pro mnohé společnosti je definovaným dlouhodobým cílem.

**OEE skóre 60%** je typické pro diskrétní výrobce, ale naznačuje, že existuje značný prostor pro zlepšení.

**OEE skóre 40%** není vůbec neobvyklé pro výrobní společnosti, které právě začínají sledovat a zlepšovat své výrobní výkony. Jedná se o nízké skóre a ve většině případů může být jednoduše vylepšeno prostřednictvím přímých opatření (například sledováním důvodů zastavení a řešením největších zdrojů výpadků – jeden po druhém).

### 2.3 Lean Six Sigma

Six Sigma není nějaký nový profesní spolek nebo bratrstvo. Ba naopak, existuje celá řada pohledů, co Six Sigma vlastně je. Nenadál (2008, s. 242) popisuje metodu jako filozofii zlepšování orientující se především na předcházení neshod a redukci nákladů. Dodává, že ve filozofie Six Sigma klade na důraz zejména na zlepšování rentability, jejím bezprostředním vedlejším produktem je pak zlepšování kvality a hospodárný provoz výroby. Six Sigma se v porovnání s některými jinými přístupy ke zlepšování orientuje na zapojení především vrcholového managementu a musí být implementována „shora dolů“. Morgan, Brenig–Jones (2012, s. 26) píše, že sigma neboli také směrodatná odchylka je měření variace průměrného rozdílu mezi jakýmkoli specifickým znakem výrobku / hodnotou a celkovým průměrem většího počtu hodnot. Svozilová (2011, s. 24) podotýká, že slovo sigma znamená vyspělost výrobního procesu, tedy jeho výtěžnost – jaké množství vyrobených dílů lze vygenerovat bez vady, přičemž číslovka šest se pak vztahuje k úrovni dosažené vyspělosti.

Boutros, Purdie (2014, s. 154) doplňují, že sigma je řecké písmeno, stejně jako statistická jednotka měření používaná pro definici standardní odchylky sledovaného znaku. V průmyslovém světě je sigma názvem udávajícím, kolik výstupu procesu spadá do požadavků zákazníků. Čím vyšší hodnota sigma je (může nabývat hodnot od 1 do 6) tím méně dochází k chybám, proces je efektivnější a požadavky zákazníka jsou plněny. Töpfer (2008, s. 6) uzavírá, že naprosto nové pojetí Six Sigma je pohled, který si klade za cíl pouze 3,4 defektů na milion případů (vyrobených kusů) či činností zaměřených na poskytování služeb.

Töpfer (2008, s. 6) dále v bližším slova smyslu popisuje, že – vezmeme-li v úvahu Gaussovo normální rozdělení s mezemi tolerance na úrovni 6σ – je třeba zajistit u všech charakteristických znaků procesů a výrobků úroveň kvality ve výši 99,99966% (na základě standardního normálního rozdělení). Dále podotýká, že průměrné výsledky německého průmyslu leží kolem 3,8 σ, což je cca 99,0% kvality na úrovni nulových defektů. To nicméně stále ještě představuje 10, 724 závadných výrobků nebo služeb na milion případů (DPMO – Defect per Million Opportunities). Ještě méně přijatelný je tento počet jako procento úrovně defektu a nabízí jako „citlivá“ měrná veličina větší potenciál pro zlepšení.

K tomuto Nenadál (2008, s. 241) klade na důraz i na závislost mezi způsobilostí procesu a výdaji spojenými s nízkou jakostí. Uvádí, že organizace, které dosahují způsobilosti procesů na úrovni 3  $\sigma$  nebo 4  $\sigma$  směřují na výdaje spojené s nízkou jakostí 25 % až 40 % svých výnosů, zatímco organizace na úrovni 6  $\sigma$  takto vynaloží méně než 5 % svých výnosů. Podle něho totiž označení Six Sigma souvisí s orientací této filozofie na minimalizaci výskytu neshod, kdy cíl je dosáhnout takové způsobilosti procesů, při kterých je střední hodnota sledovaného znaku jakosti od bližší toleranční meze vzdálena alespoň šest směrodatných odchylek. Tato situace by odpovídala očekávanému výskytu neshodných jednotek 0,002 ppm. Ve skutečnosti se však připouští určité kolísání stření hodnoty sledovaného znaku jakosti o  $\pm 1,5$  násobek směrodatné odchylky (minimální vzdálenost k bližší toleranční mezi se tak snižuje z 6  $\sigma$  na 4,5  $\sigma$ ), čemuž odpovídá očekávaný výskyt právě 3,4 defektů na milion případů (3,4 ppm). Tato úroveň odpovídá hodnotám indexů způsobilosti  $C_p = 2$ ,  $C_{pk} = 1,5$  (blíže popsáno v kapitole 2.4.2 – analýza způsobilosti procesů).

Výše zmínění autoři Nenadál (2008, s. 242), (Töpfer (2008, s. 95), Boutros, Purdie (2014, s. 156), Morgan (2012, s. 16), Svozilová (2011, s. 89) se pak shodují v tom, že stěžejními fázemi zlepšovacího procesu v rámci strategie Six Sigma jsou fáze definování, měření, analýza, zlepšování a regulace – **DMAIC**. V rámci fáze **definování** by měly být stanoveny hlavní cíle aktivit zlepšování. Fáze **měření** zahrnuje přezkoumání druhů měření, možností výskytu chyb měřením, druhy shromažďování dat a způsobu jejich vyhodnocování. Ve fázi **analýzy** se praktické problémy převádějí na statistické problémy. Fáze **zlepšování** zahrnuje postup známý jako „návrh pro Six Sigma“, při kterém je analyzovaný proces znovu navržen a upraven tak, aby byl schopen dosahovat jakosti 6  $\sigma$ . Ve fázi **regulace** se neustálým monitorováním procesů prokazuje, že se problémy již nevyskytují.

Charakteristickým rysem strategie Six Sigma je vytvoření infrastruktury, která zajišťuje, aby pro aktivity zlepšování byly k dispozici nezbytné zdroje. Například do realizace zlepšování a změn v rámci programu Six Sigma je určitý podíl zaměstnanců zapojen na plná úvazek. Pro realizaci programu Six Sigma je v organizaci vytvořena zvláštní organizační struktura zaměstnanců, kteří absolvovali specializovaný výcvik (Champion, Master Black Belt, Black Belt, Green Belt).

### 2.3.1 Čtyři kroky k zavedení Six Sigma aneb než se pustíte do zlepšování

Dal – li si podnik závazek na základě pozitivních zkušeností ostatních podniků a vlastních očekávání zavést Six Sigma, začíná proces, jaký by se neměl kvůli složitosti a množství rozhodnutí podceňovat. Složitost je dána tím, že hned do první fáze nebo minimálně do navazujícího Roll – Outu (uvedení na trh) je zapojena velká část podniku, a potřeba nových rozhodnutí je zapříčiněna tím, že při procesu zavádění se musí nejprve postupovat selektivně. Jinými slovy musí být explicitně stanoveno, co je třeba v rámci zavádění Six Sigma vědomě udělat, respektive co se dělat nemá (Töpfer, 2008, s. 178).

#### 2.3.1.1 Zapojení vedení podniku a závazek vedoucích pracovníků

Morgan, Brenig – Jones (2012, s. 67) píší, že oddělení pro řízení kvality je obvykle specializovaná skupina řízená specialistou v oblasti kvality a řízení procesů a je zaměřená na vytváření podmínek pro realizaci opatření kvality a kontrolu kvality. V čele skupiny obvykle stojí šampion procesu nebo Master Black Belt. Jeho úlohou je přinášet vedení podniku doporučení na programové bázi, integraci zlepšovateľských iniciativ a optimalizaci zdrojů. (Svozilová, 2011, s. 80) k tomu dodává, že oddělení pod jeho vedením může rovněž sloužit jako poradenský orgán pro jednotlivé projektové týmy, vedení benchmarkingových projektů a rozvoj best practices.

Otázkou dále zůstává jaké role má hrát vedení organizace při zavádění Six Sigma. Zároveň by se mělo určit, kdy, kde a jak zapojit do procesu Roll – Out. Jakmile padne konkrétní rozhodnutí pro obecné zavedení Six Sigma, mělo by vedení podniku ihned uspořádat první workshop s rozhodujícími pracovníky a vedoucími procesů, na kterém musí dle Töpfera (2008, s. 179) vyjasněny následující otázky:

- Jaké strategické analýzy je třeba provést při přípravách a kde má proběhnout zapojení Six Sigma ?
- Jaká aktivní role připadá vedení podniku při zavádění a realizaci Six Sigma, aby byl záměr správně nasměrován a nastartován ?
- Jak má vypadat vytvoření profesionální Six Sigma organizace ?
- Pro jaký okruh lidí, v jakém časovém horizontu a s jakými hlavními obsahovými body má být v podniku prováděn koncept kvalifikace a komunikace ?
- Jak má konkrétně vypadat utváření Six Sigma formování jednotlivých částí a úrovní podniku ?
- Jak bude v podniku zajištěn profesionální projektový management a controlling ?
- Jaké jsou rozhodující a tím účinné podněty pro zapojení cílených okruhů vedoucích pracovníků do záměru a pro vytvoření „obecné“ Six Sigma kultury?
- Kolik bude potřeba času a nákladů na zavedení Six Sigma v podniku?

Morgan, Brenig – Jones (2012, s. 67) shrnují, že aby vznikl u vedoucích pracovníků správný pocit odpovědnosti, je třeba splnit několik předpokladů. Jako například vytvořit i pro management dostačující stimuly. Překážka, která by se neměla podceňovat, je kultura strachu, která může vzniknout tím, že je Six Sigma od počátku plánovitě spojená s výrazně vyšší průhledností procesu a tím odkrývá problémy.

### 2.3.1.2 Projektové role Six Sigma

Programy, které jsou založeny na principech Six Sigma zdůrazňují zajištění předpokladů úspěchu zlepšovatelství iniciativ prostřednictvím naplnění doporučení kvalifikační struktury. Six Sigma se nespokojuje s pouhým vyškolením nominovaných členů projektových týmů pro výkon specializovaných rolí, ale pamatuje na všeobecná školení podnikové „veřejnosti“, stejně jako na přípravu procesních šampionů nebo sponzorů zlepšovatelství programů. Úspěch je podmíněn přijetím Six Sigma jako vůdčí filosofie podnikového myšlení a kultury. Principy stanovují, že je potřeba správně obsadit projektové týmy, jmenovat a vyškolit talentované a zaujeté odborníky, teprve poté je možné vlastní projekty realizovat (Svozilová, 2011, s. 79).

Morgan, Brenig – Jones (2012, s. 67), (Svozilová, 2011, s. 79) i (Töpfer, 2008, s. 180) shodně píší, že nejvyšším řídicím členem profesionální Six Sigma organizace je Rada Kvality – vedoucí skupina s přímým spojením s vedením podniku. Na řídicí úrovni pod vedením podniku mají **Šampióni** důležitou funkci při výběru a provádění Six Sigma projektů. Jsou v podniku zodpovědní za procesy a výsledky určitých oblastí tvorby hodnot. Jako manažeři definují problém, který budou řešit společně s ostatními členy týmu.

Autoři dále tvrdí, že **Master Black Belt** je nejvyšší rolí projektu s technickými a organizačními odpovědnostmi. Je partnerem Šampióna, protože mu asistuje při výběru projektu a jeho hodnocení a při realizaci Six Sigma tréninku pro zaměstnance. Vybírán je na základě schopností prosadit se ve skupině zkušených Black Beltů. Jeho dlouhodobé zapojení a organizační schopnosti mu pomáhají vést skupinu Black Beltů a být jejich poradcem v praktické realizaci projektových úkolů. Je rovněž vůdčí silou v programu odborných školení, a to jak pro kvalifikované členy zlepšovatelství týmů, tak případně v programech vzdělávání pro veřejnost.

(Töpfer, 2008, s. 181) dále uvádí, že nosná role v každém Six Sigma projektu připadá **Black Beltům**. V podniku, kde se prosadila Six Sigma, platí základní pravidlo, že nejméně 1 %, při nejlepším 2 % zaměstnanců tvoří aktivní Black Belti resp. Master Black Belti kritickou skupinu pro úspěch Six Sigma. Black Belt je role s klíčovým významem ve zlepšovateském projektu. Její nositelé mají kromě znalostí funkčních oblastí, ve kterých působili nebo stále působí, vůdčí roli v jednotlivých iniciativách, zejména však v rozsáhlých projektech. (Svozilová, 2011, s. 80) dodává, že dalšími úkoly pak jsou rozšiřování *best practices (osvědčené postupy)* napříč podnikem a spolupráce s vyšším managementem a Šampionem na identifikaci příležitostí a jejich odborném výběru. Black Belt je obvykle specializovaná role na plný úvazek, často pověřená řízením procesu, a to minimálně po dobu implementace změn.

**Green Belt** je označení pro členy projektového týmu zlepšovatského nápadu, jež mají znalosti a zkušenosti potřebné k tomu, aby projekt realizovali. Ve spolupráci s Black Beltem vyhledávají příležitosti ke zlepšení. Jsou to vedoucí pracovníci, kteří disponují menšími odbornými znalostmi než Black Belti. Spolupracují na poloviční úvazek na Six Sigma projektech a bývají vybíráni z řad středního managementu, často z řad procesního či kvality inženýringu. Dalšími aktéry Six Sigma jsou **Yellow Belti** a **White Belti**, kteří jsou členové projektové skupiny se základními znalostmi Six Sigma nástrojů a postupů. Přebírají odborné a podpůrné úkoly od členů výše postavených a jsou často základními kameny projektového týmu. Platí u nich, že v podniku jich není nikdy dost (Töpfer, 2008, s. 182).

### 2.3.1.3 Školení Six Sigma členů

Základem filosofie kvalifikování pro Six Sigma projekty je seznámení co nejvíce podnikových zaměstnanců s myšlenkou této metody projektového managementu kvality na úrovni nulových defektů (Töpfer, 2008, s. 183). Chce – li podnik jít cestou soustavného zlepšování procesů použitím některé ze základních metodologií nebo kombinované metodologie Lean Six Sigma, pak první fází, kterou je nutné podstoupit, je komplexní **posouzení znalostí a schopností kandidáta**. Druhou fází přípravy na cestu soustavného zlepšování a využití Six Sigma je vypracování strategického plánu odborného doškolení kandidátů zlepšovatských týmů. (Svozilová, 2011, s. 84) píše, že pomocí Six Sigma kvalifikačního konceptu lze prosadit lean metody v celém podniku poměrně rychle. (Töpfer, 2008, s. 184) zdůrazňuje, že otázkami, které je nutné vyjasnit, jsou.

- Jaký je potřeba stupeň kvalifikace ?
- V jakých odvětvích použijeme jaké tréninkové procedury ?
- Kolik potřebujeme kvalifikovaných Six Sigma aktérů ?

(Svozilová, 2011, s. 85) říká, že nástroj mívá formu dotazníků, které účastníci zlepšovatských týmů vyplňují podle instrukcí školitele. Tyto aktivity se plánují ve strategickém plánu školení a odborné přípravě členů zlepšovatských týmů. Měl by obsahovat všechny potřebné znalosti a dovednosti, jichž se členům nedostává nebo které je potřeba posílit, a to jak v oblasti vedení týmů, v odbornosti zlepšování procesů, tak v oblastech, jež na první pohled nemusí přímo s účastí v týmu souviset, mohou však jednotlivcům usnadnit osvojení dovedností, které jim pomohou vykonávat práci efektivněji.

### 2.3.1.4 Výběr vhodných Six Sigma projektů

Pro přímé napojení Six Sigma strategie a pro dosažení podnikových cílů je třeba vyjasnit, co je zvláště důležité pro zákazníky dnes a co bude důležité zítra. Interní směrnice společnosti XY Green Belt Training (2018) definuje pojem zákazník jako podnik nebo osobu, která přijímá

nebo používá produkt či službu, které jsou výsledkem procesů. Lze rozlišovat dva typy zákazníků:

- **interní zákazníci** – navazující interní proces na proces předchozí, produkt či služba může být reklamována v rámci firmy;
- **externí zákazníci** – v případě, že výstupy procesu jsou směřovány a předávány ven z firmy, jde o zákazníka externího, reklamace přichází zvenku.

S ohledem na zákaznické požadavky se priority Six Sigma projektů řadí dle důležitosti podle dosažitelných finančních výsledků, pozitivních účinků na zákazníky, dosažitelných procesních užitků a užitků na zaměstnance. V neposlední řadě je rozhodující i postoj zástupců Change management (řízení změn), kteří projekt hodnotí dle požadavků týkajících se nutných kvalifikací a organizačního přeskupování (Interní směrnice Green Belt Training, 2018).

### 2.3.2 Poznávací procesy

Zlepšování procesů je založeno na poznání – pozorování skutečného světa, rozboru zjištěných skutečností, osvojování znalostí a jejich využívání ke změně stávajícího stavu s cílem dosáhnout budoucího stavu, který má naplnit určité předpoklady nebo požadavky shrnuté do specifických cílů (Svozilová, 2011, s. 88).

#### PDCA / PDSA

Je čtyřfázová metoda pro neustálé zlepšování procesů, produktů nebo služeb a řešení problémů. Zahrnuje systematické testování možných příčin, hodnocení výsledků a implementaci opatření, která se ukázala být účinná.

Čtyři fáze jsou:

*P – Plan (naplánovat):* identifikace a analýza problému, vytvoření úvodních teorií a příčinách a rozhodnutí se, které z nich je třeba testovat.

*D – Do (otestovat):* otestování potenciálních nápravných opatření a měření výsledků.

*C – Check (zkontrolovat)* kontrola výsledků, měření efektivity a rozhodnutí, zda původní teorie byly správné.

*A – Act (vykonat):* pokud bylo opatření úspěšné, může být implementováno do výroby.

#### A3

Zpráva A3, kterou vyvinula Toyota, je 8 – krokové PDCA, které je vyobrazeno na listu o velikosti A3. Je používána pro řešení středně velkých problémů, které lze řešit v časovém horizontu jednoho týdne nebo méně. Zprávy A3 jsou ve světě Lean velmi běžné.

#### DMAIC/DFLSS

DMAIC je základní cyklus pevně spojen s každým zlepšovateľským projektem Six Sigma. Cyklus obsahuje fáze *Define (Definuj)*, *Measure (Změř)*, *Analyze (Analyzuj)*, *Improve (Vylepši)* a *Control (zkontroluj)*. Doba trvání projektu DMAIC může překročit tři měsíce v závislosti na složitosti problému a procesu, který má být vylepšen. Při aplikaci metody DMAIC se používá množství matematických a statistických metod potřebných ke zpracování a rozboru dat. Boutros, Purdie (2014, s. 157) doplňují, že podobný model, známý také jako DFLSS (Design – For – Lean – Six – Sigma), se používá především k vytváření nových procesů nebo ke zlepšení procesů, které značně degradovaly a vyžadují obrovské úsilí ke zlepšení. Projekt DFLSS se zahajuje, je – li zapotřebí nového procesu nebo když stávající proces vyžaduje významné technologické změny. V porovnání s DMAIC neobsahuje fázi Improve, nýbrž fázi Design.

## 8D

Je osmikroková metoda, někdy také přezdívaná jako Global 8D, slouží pro systematické zlepšování a eliminaci neshod výrobních procesů. Používá se pro zjištění kořenových příčin těchto chyb, nastavení nápravných opatření i jejich pozdější validaci. 8D metodika se používá i při řešení interních a zákaznických reklamací. Obdobně může být její zpracování vyžadováno po dodavateli v reakci na odchylky na vstupním materiálu. Je to 8 – krokové PDCA se zaměřením na rychlou reakci na reklamace zákazníků. PSP je v podstatě totožná metoda používaná ovšem v leteckém průmyslu (Interní směrnice Neustálé zlepšování, 2016).

### 2.3.3 DMAIC

DMAIC je zkratka anglických slov Define, Measure, Analyze, Improve, Control v češtině znamenajících Definovat, Měřit, Analyzovat, Vylepšit a Regulovat. Jak píše Morgan, Brenig–Jones (2012, s. 26), jde o pěticí etap, které se aplikují s cílem systematického zlepšování procesů. Projekty řešené postupem DMAIC začínají definováním problému a popisem toho, co má být vylepšeno. Bez dat a podkladů lze pouze odhadovat a spekulovat, tudíž druhá fáze Měřit si klade za cíl posbírat adekvátní data, z nichž může být problém popsán efektivněji. Po sběru dat lze přistoupit k jejich rozboru. Fáze Analyzovat představuje rozbor situace pomocí faktů a dat, která brání výkonnosti procesu a může být tak považována za kořenovou příčinu. Po identifikaci příčiny lze přejít do další vylepšovací fáze, kde by měla být definována opatření vedoucí ke zlepšení procesu, vybráno a implementováno to nejvhodnější. Poslední fáze kontrolovat je obzvláště důležitá. Implementované opatření je totiž nutné validovat a verifikovat, ověřit zda zákazník pocítil rozdíl provedených změn. Pyzdek (2010, s. 238) doplňuje, že metoda DMAIC vznikla v souvislosti s rozvojem neustálého zlepšování, zvyšování úrovně kvality, bezpečnosti a ochrany životního prostředí. Jedná se o zdokonalený PDCA cyklus jehož standardní podoba již nestačila novým nárokům a proto došlo ke vzniku metody DMAIC.

V následující části práce budou podrobněji popsány jednotlivé fáze cyklu DMAIC a s ohledem na praktickou část představeny nástroje nezbytné pro dokončení projektu.

#### **D – Define (definovat)**

Pyzdek (2010, s. 238) a Miller (2016, s. ) se shodují že v první fázi procesu DMAIC se stanovují cíle, popisuje nevyhovující stav a důvody k volbě zlepšovateľského projektu. Definuje se odpovědný tým pracovníků, koordinátor, členové, odborní poradci a vedoucí. Proces, který má být zlepšen musí být srozumitelně popsán od začátku do konce a důvod řešení musí být jasný i pro nezájmované osoby. Cíle, kterých má být projektem dosaženo by měly být jasně určeny stejně jako by mělo být jasně vymezeno, kdo, kdy, proč a do kdy bude na projektu pracovat.

#### **Project Charter (projektové zadání)**

Je dokument, který definuje účel a rozsah projektu. Dokument obvykle obsahuje přehled projektu a rozsah projektu, podrobnosti o týmu a zdrojích a časovou osu realizace. Poskytuje všechny základní informace o projektu a objasňuje cíle zlepšování. Hlavní výhodou projektového zadání je to, že informace jsou srozumitelně sepsané a role řešitelů definované. Jak doplňuje Kiritchenko (2017) dokument pomáhá pochopit i pro osoby nezájmované, čím se projekt zabývá, jaká je jeho struktura a jaký je vztah mezi zúčastněnými osobami. Jakmile se tým ponoří do projektu, je totiž mnohdy snadné ztratit přehled o tom, kdo je za co zodpovědný, jaké termíny musí tým splňovat atd.

Brook (2014, s. 28) dále popisuje, co musí zadání projektu obsahovat. Dle jeho názoru je nezbytné formulovat název projektu, složení týmu řešitelů, definici problému, cíle projektu, ale také závěry z rozborů provedených ve fázi Define, například VOC (Voice of Customer – hlas zákazníka) či COPQ (Cost Benefit analysis – náklady za nekvalitu).

### **Cost of Poor Quality (náklady za nekvalitu)**

Je analýza, která sumarizuje náklady spojené s poskytnutím nekvalitních produktů nebo služeb. L. DUFFY (2013, s. 62–65) definuje čtyři kategorie jako náklady na interní reklamace (náklady spojené s nekvalitou, zjištěné ještě před tím, než výrobky odejdou k zákazníkovi), náklady na externí reklamace (náklady spojené s nekvalitou, zjištěné v procesech zákazníka), náklady na hodnocení a náklady na prevenci (náklady vynaložené na zlepšovateľské projekty cílící na minimalizaci výpadků). Jak dodává Brook (2014, s. 20) jde i o ztráty přehlížené pro svoji běžnost jako například nadbytek zásob, pozdní platby nebo fluktuace zaměstnanců.

### **Critical to quality (CTQ) – kritické ukazatele směrem k zákazníkovi**

Jak popisuje Miller (2016, s. 12) CTQ je nástroj, který slouží k transformaci potřeb zákazníka do měřitelných vlastností produktu a kvality procesu. K vytvoření CTQ je klíčové použití poznatků z VOC analýzy a užití nejen informací reaktivních (stížnosti, reklamace, údaje o záručních i pozáručních opravách) ale i informací proaktivních (strukturované rozhovory, zákaznické portály, informace od obchodních zástupců a servisního oddělení).

### **Supplier Input Process Output Customer (SIPOC) – rozbor vstupů, výstupů procesu**

Miller (2016, s. 17) tvrdí, že ihned na začátku projektu Six Sigma je třeba si ujasnit, kde jsou hranice zlepšovateľského procesu. Jaké jsou základní vstupy a výstupy, kdo je zákazníkem a kdo dodavatelem. Brook (2014, s. 24) doplňuje, že SIPOC je nástroj pro objasnění klíčového procesu, na který se má projekt Six Sigma zaměřit. Dále dodává, že přezkoumání vhodnosti definovaného cíle je často řešeným tématem ve fázi Define, přičemž jde o to, aby se všechny zúčastněné strany shodly na prioritách projektu a společně určily další postup krok za krokem.

### **Voice Of the Customer (VOC) – hlas zákazníka**

Jak tvrdí Brook (2014, s. 21), i při tom nejmenším Six Sigma projektu si řešitelé musí najít prostor na to, aby zjistili, co je pro zákazníka důležité a na co se zaměřuje. V praxi to znamená být se zákazníkem ve spojení aby byl zajištěn přístup k informacím o jeho požadavcích. Miller (2016, s. 13) klade na důraz, že hlas zákazníka je vždy subjektivní, je odrazem jeho vnímání. Proto je přirozené, že se názory zákazníků vzájemně liší a vyvíjí v čase. Pokud jsou rozdíly velké, autor doporučuje potřeby zákazníka segmentovat, protože jiné potřeby může mít vysokoškolák a člověk se základním vzděláním, muži a ženy, lidé z velkoměst či vesnic. Munk (2013) shrnuje, že výstup z VOC musí být především o definování měřitelných ukazatelů, které v budoucnu pomohou ověřit úspěch projektu.

### **M – Measure (měřit)**

Jak píše (Pyzdek, 2010, s. 238), (Miller, 2016, s. 7) ve fázi Measure jsou zásadní postupné kroky, které po jejich splnění sumarizují podklady pro definování následujících cílů. Podstatou fáze je sledování výskytu vad, fyzické měření výstupů z procesu a zaznamenávání dat specifických znaků výrobku, kvůli kterým není proces způsobilý. Cílem fáze je sběr a rozbor dat o současné kondici procesu.

### **Data Collection plan (plán sběru dat)**

Brook (2014, s. 47) říká, že po rozhodnutí, jaký sběr dat je třeba provést, jak se bude měřit a kam zaznamenávat, je nutné vypracovat plán sběru dat, který popisuje velikost vzorku, postup měření a frekvenci. Důležité je zvolit realistický počet parametrů, který může být v procesu

skutečně ovlivněn. Miller (2016, s. 27) dodává, že projekty Six Sigma se zpravidla soustředí na taková Y, která jsou výstupem jediného procesu a která je možno ovlivnit projektem v délce nepřesahující šest měsíců. Dále autor upozorňuje, že sběr dat může být velice nákladnou činností. V etapě Measure proto doporučuje, aby byla sbírána data, která jsou opravdu důležitá z pohledu zákazníka a z pohledu procesu. Miller (2016, s. 28) dále prakticky popisuje rozdělení dat na **spojitá a atributivní data**.

### **Analýza způsobilosti procesu**

(Kropáč, 2008, s. 36) definuje způsobilost procesu jako důležitou procesní vlastnost, čímž se rozumí jeho schopnost vyhovovat předem stanoveným kritériím jakosti vyráběného výrobku. Aby byla požadovaná kvalita dodržena, sleduje se při výrobním procesu obvykle to, zda je schopen udžet nominální hodnotu cílového znaku – např. výrobní závod podniká v automobilovém průmyslu a jeho výrobky tvoří železné části karoserií pro automobily. Cílem takového podniku, především tedy managementu kvality bude sledovaný a vyhodnocovaný znak jakosti výkresový rozměr tvaru, tedy délka v milimetrech, výkresový rozměr hmotnosti, tedy hmotnost v gramech. Nehledě na to, v jakém oboru podnik působí, je žádoucí sledovat, zda je proces schopen udžet cílovou hodnotu sledovaného znaku ale i míru variability tzn. to, jak je proces stabilní. Jarošová, Noskiewičová (2015, s. 52) dále rozšiřují, že standardně používané indexy způsobilosti, jsou založeny na vstupech dat normálního rozdělení sledovaného znaku kvality. Nejpoužívanějším nástrojem pro zobrazení sledovaného znaku pak uvádějí, že je **histogram**.

### **Indexy způsobilosti $C_p$ , $C_{pk}$**

(Kropáč, 2008, s. 36) pokračuje, že indexy způsobilosti  $C_p$ ,  $C_{pk}$ , jsou indexy běžně používané k hodnocení způsobilosti procesů. Posuzují reálnou a potenciální schopnost procesu poskytovat výrobky vyhovující specifikačním limitům.

Dle Jarošové, Noskiewičové (2015, s. 52) je nejjednodušším indexem způsobilosti **index  $C_p$** . Při jeho konstrukci se předpokládá, že proces je centrován, tj. střední hodnota  $\mu$  sledovaného znaku je uprostřed tolerančních mezí. Princip konstrukce tohoto znaku spočívá v porovnání délky tolerančního intervalu (LSL, USL) s délkou  $6\sigma$ , což značí, že je porovnávána délka intervalu, kde mají být všechny hodnoty sledovaného znaku s délkou intervalu, kde jsou všechny reálně naměřené hodnoty. Index způsobilosti  $C_p$  je definován vztahem:

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma}$$

Získané hodnoty indexu  $C_p$  lze interpretovat následovně:

- $C_p > 1$ , je dosahovaná přesnost menší než předepsaná, tedy proces je z hlediska sledovaného znaku nezpůsobilý.
- $C_p = 1$ , je dosahovaná přesnost přesně rovna předepsané, proces je z hlediska sledovaného znaku sice způsobilý, ale i malé zvětšení směrodatné odchylky způsobí, že proces bude nezpůsobilý.
- $C_p < 1$ , je dosahovaná přesnost větší než předepsaná, tedy z hlediska sledovaného znaku je proces způsobilý.

Zásadním nedostatkem indexu  $C_p$  je to, že neodráží stav, kdy proces není centrován, tj. když střední hodnota sledovaného znaku není uprostřed tolerančního intervalu.

Jarošové, Noskiewičové (2015, s. 52) dále tvrdí, že pro vyhodnocení způsobilosti procesu, který není vycentrován je lepší použít **index  $C_{pk}$** . Při jeho konstrukci se uvažuje jednak směrodatná odchylka, jednak poloha střední hodnoty vůči jednotlivým hraničním tolerančním intervalu. Index  $C_{pk}$  je definován vzorcem:



$$C_{pk} = \text{Min} \left\{ \frac{USL - \mu}{3\sigma}, \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \right\}$$

Interpretace hodnot tohoto intervalu, jako charakteristiky způsobilosti výrobního procesu, je analogická jako pro index  $C_p$ . Je však nutné podotknout, že minimální hodnota indexu  $C_{pk}$ , při které je proces považován za způsobilý, se s rozvojem technologií zvyšuje a v současné době se obvykle požaduje, aby hodnota tohoto indexu dosahovala nejméně hodnoty 1,33, přičemž v některých firmách, resp. požadavky některých zákazníků (především v automobilovém průmyslu) na způsobilost dodavatelských procesů mohou být ještě přísnější.

(Kropáč, 2008, s. 36) uzavírá, že jestliže je podle hodnot indexů  $C_p$  a  $C_{pk}$  zjištěno, že výrobní proces způsobilý není, je třeba zjistit, zda tato nezpůsobilost je způsobena buď posunem hodnot znaku kvality vůči středu tolerančního intervalu nebo jejich vysokou variabilitou. V prvním případě stačí proces správně seřadit vůči tolerančním mezím, ve druhém případě je k dosažení způsobilosti procesu nutné snížit variabilitu sledovaného znaku kvality. To ale vyžaduje buď radikální zásah do výrobní technologie nebo přesun výroby na jiné pracoviště resp. stroj.

### Indexy výkonnosti $P_p$ , $P_{pk}$ ,

Kropáč (2008, s. 37) a Jarošová, Noskievičová (2015, s. 54) pak podobným stylem problematiku rozvádějí o indexy výkonnosti procesu. Shodují se, že index  $P_p$  je velice podobný indexu  $C_p$  nicméně rozdíl je v určení variability. Index  $P_p$  slouží pro porovnání výkonu procesu, kde definuje, jak sledovaný proces plní požadavky na kolísání  $\sigma_p$  v dlouhodobém horizontu. Index  $P_p$  je definován vzorcem:

$$P_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma_p}, \text{ kde } \sigma_p = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}}$$

Autoři pokračují, že další z indexů  $P_{pk}$  bere na zřetel variabilitu i polohu, nikdy nebude vyšší než  $P_p$  a za dokonalého procesu se jeho hodnota bude rovnat nule. Index  $P_{pk}$  je definován vzorcem:

$$P_{pk} = \text{Min} \left\{ \frac{\mu - LSL}{3\sigma}, \frac{USL - \mu}{3\sigma} \right\}$$

### Analýza systému měření

Jak se lze dočíst v příručce MSA od České společnosti pro jakost (2011, s. 25), nejčastějším způsobem, který se používá k hodnocení systému měření, je analýza opakovatelnosti a reprodukovatelnosti (R&R – Repeatability & Reproducibility Study). Jejím účelem je posouzení variability, kterou do výsledku vnáší použitý systém měření. K její realizaci se přistupuje až tehdy, kdy je ověřeno, že ostatní vlastnosti systému měření jsou vyhovující.

Analýza opakovatelnosti a reprodukovatelnosti umožňuje určit, kolik pozorované variability vzniká v důsledku variability systému měření a jak se na této variabilitě podílí opakovatelnost a reprodukovatelnost, eventuálně zda je variabilita ovlivněna i interakcí pracovníka (pracovník, který je součástí testu, tedy měří výrobky na určitém systému měření např. měřicí šablona a toto měření opakuje) se vzorkem. V praxi existují dva základní typy analýzy opakovatelnosti a reprodukovatelnosti v závislosti datech, na nich je analýza realizována. V případě spojitých dat (hodnotami jsou reálná čísla, např. měření rozměru v mm), jde o analýzu systému spojitých veličin, v případě atributivních (měřidlo pouze porovnává zda výrobek vyhovuje či nevyhovuje, typickými výstupy atributivních dat jsou hodnoty OK a NOK, či OK a OUT).

Vzhledem k provedeným rozborům v praktické části nebude dále metoda analýza systému měření atributivních znaků vysvětlována.

České společnosti pro jakost (2011, s. 27), dále udává, že analýza systému měření spojitých veličin může být provedena dvěma způsoby, metodou “průměr – rozpětí” a metodou ANOVA. Metoda založená na průměru a rozpětí ( $\bar{X}$  &  $R$ ) je způsob, který poskytne odhad jak opakovatelnosti, tak i reprodukovatelnosti systému měření. Způsob dovoluje rozložit variabilitu systému měření na dvě samostatné složky, a to opakovatelnost a reprodukovatelnost, avšak nevyjádří jejich interakci jako například metoda ANOVA. Přípravu studie lze definovat v následujících pěti bodech:

- **Plánování studie**, úvodní posouzení zda např. kalibrace měřidla není ovlivňována operátorem, zda je process měření statisticky stabilní.
- **Určení počtu operátorů a jejich výběr**. Operátoři, kteří sbírají data, by měli být vybráni z těch, kteří přístroj běžně používají přičemž. S ohledem na použitou metodu se zvolí počet operátorů, kteří budou měření opakovat, obvykle postačí 3.
- **Počet měřených vzorků**. Vzorky musí být vybrány tak, aby reprezentovaly celý pracovní rozsah dosahovaných hodnot. Vzorek musí být také identifikovaný (např. vzorek č. 1, 2, 3 apod.), protože měření se budou opakovat.
- **Počet opakování měření**. Počet opakování měření by měl být zvolen tak, aby byly výsledky statisticky průkazné, za častý rozsah opakování používaný v praxi lze určit 5 opakování.
- **Způsob provedení analýzy**. Měření musí být prováděno v náhodném pořadí, operátoři by neměli vědět, jaký vzorek měří a měli by dodržovat naprosto stejný postup měření a dodržovat stejné pracovní podmínky.

Durivage (2015, s. 97) dále popisuje, jak se na základě provedené přípravy provede vlastní měření. V obvyklém případě měření provádějí 3 operátoři na 10 – ti vzorcích, které měří opakovaně stejným měřidlem. Z dosažených výsledků se vyhodnocuje variabilita systému měření, opakovatelnost a reprodukovatelnost. Protože analýza systému měření je v praktické části provedena za pomoci statistického softwaru, bude zde dále uveden matematický postup jak  $\bar{X}$  &  $R$  vypočítat (Durivage, 2015, s. 98 – 101).

### Metoda založená na průměru a rozpětí – výpočet

**Opakovatelnost EV** (často též nazývaná variabilita měřícího zařízení) se vyjadřuje jako 99 % variability systému měření způsobené měřícím zařízením. Pro normální rozdělení je interval vymezující 99 % hodnot rozsah  $5,15 \sigma$ , opakovatelnost je tedy dáno:

$$EV = 5,15 \cdot \sigma_{EV} \quad kde \quad \sigma_{EV} = c$$

kde  $\sigma_{EV}$  je variabilita náledkem měřícího zařízení,  $\bar{R}$  je průměrné rozpětí všech operátorů a  $d_2^*$  je koeficient závisící na počtu opakování měření a na součinu vzorků a počtu operátorů.

**Reprodukovatelnost AV** (často též nazývaná variabilita operátora) se vyjadřuje jako 99 % variability systému měření způsobené vlivem operátora, tedy:

$$AV = 5,15 \cdot \sigma_{AV} \quad kde \quad \sigma_{AV} = \sqrt{\left[ \left( \frac{\bar{X}_{diff}}{d_2^*} \right)^2 - \frac{\sigma_{EV}^2}{nr} \right]}$$

kde  $\sigma_{AV}$  je variabilita následkem operátora,  $\bar{X}_{diff}$  je rozdíl mezi maximálním naměřeným průměrem všech operátorů,  $n$  je počet vzorků,  $r$  je počet opakování měření a  $d_2^*$  je koeficient závisící na počtu opakování měření a na součinu vzorků a počtu operátor – lze zjistit

v příslušných tabulkách. Opakovatelnost a reprodukovatelnost R&R se stanovuje na základě opakovatelnosti EV a reprodukovatelnosti AV:

$$R\&R = \sqrt{(EV)^2 + (AV)^2}$$

Je – li třeba analyzovat systém měření a pokusit se jej zlepšit, snadno lze vyhodnotit jednotlivé příspěvky variability systému měření. Za tímto účelem se stanovují podíly opakovatelnosti a reprodukovatelnosti, zpravidla v procentech, tedy:

$$\%_{EV} = \frac{(EV)^2}{(R\&R)^2} \cdot 100 \quad a \quad \%_{AV} = \frac{(AV)^2}{(R\&R)^2} \cdot 100$$

Durivage (2015, s. 98 – 101) dále píše, že tyto podíly umožňují stanovit, na co se zaměřit při zlepšování systému měření, zda na měřící zařízení (je – li vysoký podíl opakovatelnosti) nebo na operátora (je – li vysoký podíl reprodukovatelnosti). Analýza systému měření se však neprovádí pouze za účelem zlepšování systému měření, ale především za účelem posouzení vhodnosti analyzovaného systému měření. K tomuto účelu hodnota R&R nepostačuje, protože není vztažena k celkové variabilitě.

Pro stanovení celkové variability je třeba stanovit ještě variabilitu mezi vzorky PV. Tu lze stanovit ze vztahu:

$$PV = 5,15 \cdot \sigma_p = 5,15 \cdot \frac{R_p}{d_2^*}$$

Kde  $\sigma_p$  je směrodatná odchylka z naměřených hodnot znaku vzorků,  $R_p$  je rozpětí aritmetických průměrů všech hodnot vzorků a  $d_2^*$  je koeficient závislý na počtu naměřených vzorků. Nyní je již možné vyjádřit celkovou variabilitu TV podle vztahu:

$$TV = \sqrt{(EV)^2 + (AV)^2 + (PV)^2}$$

Nakonec lze vyjádřit složky vztažené k celkové variabilitě, tedy:

$$\% EV = \frac{EV}{TV} \cdot 100, \quad \% AV = \frac{AV}{TV} \cdot 100, \quad \% PV = \frac{PV}{TV} \cdot 100, \quad \% R\&R = \frac{R\&R}{TV} \cdot 100,$$

Nejjednodušším, z těchto stanovených hodnot z hlediska posuzování vhodnosti měření je hodnota R&R, podle níž lze vhodnost systému měření posoudit takto:

- **% R&R ≤ 10 %** = měřící systém je přípustný;
- **% R&R ≤ 30 %** = měřící systém je podmíněně přípustný (vzhledem k důležitosti, nákladům, času apod.), měla by však být přijata nápravná opatření;
- **% R&R ≥ 30 %** = měřící systém je nepřijatelný.

### **A – Analyze (analyzovat)**

Informace a data vyprodukovaná v předchozí fázi je nutné podrobně rozebrat a určit skutečné možnosti pro zlepšení. Pyzdek (2010, s. 238), Miller (2016, s. 7) tvrdí, že základním prvkem fáze Analyze jsou analýzy příčin vzniků problémů, nedostatků a nespokojenosti. Kromě toho, by se mělo cílit i na skutečnosti, zda diskutované příčiny jsou opravdu kořenové. Cílem třetí fáze DMAIC je definování kořenových příčin vzniku defektních kusů tj., jejich pochopení a izolace.

### **Cause&Effect Diagram (Ishikawa) – diagram příčin a následků**

Podle Millera (2016, s. 67) se diagram příčin a následků používá především tam, kde lze očekávat existenci více příčin. Dle názoru Svozilové (2011, s. 161) je diagram příčin a následků nástroj, který umožňuje systematický výzkum vztahů mezi ději a jejich vlivem na další vývoj

procesu. Tvrdí dále, že nástroj je hojně využívaný ve zlepšovateských týmech k zjišťování potenciálních příčin ovlivňující určitý jev nebo stav nedostatečné kvality. Svozilová (2011, s. 161) dále tvrdí, že problém, jehož příčinu hledáme na digramu reprezentuje „hlava ryby“, potenciální příčiny, které jsou postupně připojeny pak reprezentují jednotlivé „kosti ryby“. Podle Millera (2016, s. 67 – 69) pak lze definovat čtyři kroky postupu zpracování Ishikawa diagramu takto:

**Krok č. 1** – identifikace problému a pojmenování jevu, jehož nedostatky zjišťujeme. Problém by měl být popsán logicky a jednoduše.

**Krok č. 2** – vymezení kategorií hlavních vlivů na zkoumaný problém, sepsání všech ostatních jevů jež mohou vznik problému také ovlivňovat.

**Krok č. 3** – sestavení diagramu příčin a následků, ověření zda jsou zastoupeny všechny podstatné kategorie (základními pěti obvykle bývají odvětví člověk, materiál, metoda, materiál a prostředí).

**Krok č. 4** – diskuse o jednotlivých příčinách, vyloučení nepodstatných a určení příčiny kořenové, jejichž existenci a dopad by měl být potvrzen ještě před sestavením plánu na odstranění.

Při hledání příčin problémů je zejména ve skupinových diskusích doporučeno snažit se o ucelený pohled na věc – tedy nezahrnovat do výčtu zkoumaných kategorií velké množství těch, které mohou být již na první pohled nepodstatné, Svozilová (2011, s. 162) udává, že by jich nemělo být více než 6.

### **Regresní diagram**

Berk (2009, s. 44) definuje regresní analýzu jako soubor metod používaných pro odhad vztahů mezi závislou a nezávislou proměnnou a jednou nebo více nezávislými proměnnými. Tvrdí dále, že může být využita i pro určení síly jejich vztahu a modelování budoucích průběhů. McDonough (2013) k tomu podotýká, že pokud je vztah dostatečně silný, pak lze přesně předpovědět hodnoty jedné proměnné na základě hodnot jiné pomocí jednoduchého vzorce. Jak dodává Miller (2016, s. 86 – 87) regrese je postup, který umožňuje vztah mezi dvěma proměnnými vyjádřit čísly.

Chatterjee, S Simonoff (2013, s. 56) zdůrazňují, že regresní analýza zahrnuje několik variant, například lineární, mnohonásobnou lineární či nelineární. Nejběžnější modely jsou jednoduché lineární a mnohonásobné lineární. Nelineární regresní analýza se obvykle používá pro složitější skupiny dat, ve kterých závislé a nezávislé proměnné vykazují nelineární vztah. Níže jsou dále popsány charakteristiky základních typů regresí. Text vychází opět z publikace od autorů Chatterjee, S Simonoff (2013, s. 57 – 59).

### **Jednoduchá lineární regrese**

Jednoduchá lineární regrese je model, který hodnotí vztah mezi závislou proměnnou a jednou nezávislou proměnnou. Jednoduchý lineární model vychází z následujících předpokladů.

$$Y = a + bx$$

*kde:*

*Y – závislá proměnná*

*x – nezávislá proměnná*

*a – parametr, který definuje v jakém bodě přímka protne vertikální osu Y*

*b – regresní koeficient (určuje směr přímky)*

## Mnohonásobná lineární regrese

Při využití vícenásobné regrese se hledají hodnoty závisle proměnné z lineární kombinace více hodnot. Vzorec je podobný jako při regresi jednoduché.

$$Y = a + b_1 x_1 + b_2 x_2 + b_3 x_3$$

kde:

$Y$  – závislá proměnná

$x_1, x_2, x_3$  – nezávislá proměnná

$a$  – parametr, který definuje v jakém bodě přímka protne vertikální osu  $Y$

$b_1, b_2, b_3$  – regresní koeficienty (určuje směr přímky)

## Nelineární regrese

Nelineární regrese je regrese, ve které jsou závislé proměnné modelovány jako nelineární funkce modelových parametrů a jedné nebo více nezávislých proměnných. Lze jí určit vztahem níže.

$$Y = f(x, \beta) + \epsilon$$

kde:

$Y$  – závislá proměnná

$x$  – nezávislá proměnná

$\beta$  – odhady nelineárních parametrů

$\epsilon$  – náhodná chyba

## I – Improve (zlepšovat)

Pyzdek (2010, s. 238) a Miller (2016, s. 7) uvádějí, že podstatou fáze Improve je odstranění příčiny problému a nastavení nových procesních parametrů i optimalizací. Cílem je zvýšená spokojenost zákazníka, ať už je řeč o zákaznících interních či externích. Bonusovým cílem je pak i redukce nákladů směrem k zákazníkovi či jiné přínosy plynoucí ze zlepšení. Zamýšlená opatření by měla být otestována ověřovacími testy, které si kladou za cíl ověřit výsledky a stanoviska týmu řešitelů. Lze tedy říci, že konečným úmyslem by mělo být vymyslet, vyzkoušet a zavést opatření, která povedou k odstranění příčin vzniku vyrobení defektních kusů.

## Rozhodovací analýza

Brook (2016, s. 189) říká, že rozhodovací analýza je strukturovaná technika výběru řešení, která zahrnuje všechny teoretické alternativy. Kombinuje vážená kritéria a seznam možných řešení, která tým řešitelů navrhl. Matice priorit pomáhá vážit výhody a nevýhody každého možného řešení s využitím vážených kritérií a hodnocení týmu, a poskytuje tak dobrou šanci volit nejvhodnějšího řešení. Miller (2016, s. 101) shodně dodává, že jde o nástroj, pomocí něhož lze ve skupině lidí zlepšovatelešského týmu hodnotit jednotlivé alternativy podle více hledisek. Postup při sestavení matice definuje následovně.

**Krok č. 1** – formulace cíle, např. určit kořenovou příčinu problému.

**Krok č. 2** – sestavení seznamu alternativních řešení.

**Krok č. 3** – výběr kritérií hodnocení, např. jaká je pravděpodobnost úspěchu realizace? Jak dlouho by trvala realizace? Kolik by realizace stála? Jaké zdroje by byly zapotřebí k úspěšné realizaci apod.

**Kroč č. 4** – kritéria tým ohodnotí váhami, přičemž každý z členů rozděljuje 10 bodů. Čím je kritérium důležitější, tím více bodů dostane.

**Krok č. 5** – sestavení tabulky, kde jsou ve sloupcích kritéria hodnocení i s přidělenými váhami a v řádcích alternativy řešení.

**Krok č. 6** – za pomoci hodnotící škály např. 1 = málo až 5 = hodně vyhodnotit všechny možné alternativy.

**Krok č. 7** – pronásobení pro každou alternativu všechny váhové faktory všemi škálovými hodnotami a zapsání výsledku do posledního sloupce. Alternativa s nejvyšším skóre definuje nejpravděpodobnější realizovatelné řešení podle stanovených kritérií od členů zlepšovateľského týmu.

### **C – Control (řídít)**

(Pyzdek, 2010, s. 238), (Miller, 2016, s. 7), (Brook, 2014, s. 193) shodně uvádějí, že opakování problému lze předejít v závěrečném kroku. Tvrdí, že ve fázi Control se zavádí standardizace nutných změn k zavedení do procesů a systému společnosti. Úkolem týmu je i přesvědčit se, že změny jsou řádně uplatňovány a zda jsou součástí rutinních činností prováděných každý den. Autoři dále doporučují stanovit období, ve kterém jsou dosažené výsledky sledovány a poté by měl být vyčíslen zisk plynoucí ze zlepšení. Cílem poslední fáze cyklu DMAIC je trvalé zabezpečení zlepšeného stavu a jeho udržení

### **FMEA**

Failure Mode and Effects Analysis, neboli ve zkratce FMEA. V němčině pak Fehlermöglichkeits – und Einfluss – Analyze je metoda k zjišťování hrozících vad a jejich důsledků. V českém jazyce se doslovný překlad nepoužívá, čtyřmístná zkratka se natolik zažila, že najít vhodný překlad by bylo zbytečné a možná nemožné. Jak míní Machan (2012, s. 83) je standardizovaná metoda s předem definovaným postupem konstrukce pro analýzu slabých míst procesu. Nenadál (2008, s. 117) k tomu doplňuje, že metodiku FMEA lze použít jako souhrnou analýzu pro vyhodnocení stupně rizika identifikovaných hrozeb. Dále říká, že FMEA by se měla používat především před startem sériové výroby, ve fázi příprav.

Počátky metody lze nalézt již v 60. letech, kdy se americká armáda pokoušela nalézt způsob, jak předcházet konstrukčním chybám při rozmachu jaderného či kosmického průmyslu. Postupem času se FMEA stala preferovaným nástrojem především v oblasti automobilového průmyslu, kde dnes představuje standardní nástroj řízení jakosti (Stamatis, 2014, s. 13)

V návaznosti na specifika procesu a načasování použití lze dle Machana (2012, s. 84) metodu lze rozčlenit do následujících kategorií:

- PFMEA – procesní FMEA
- DFMEA – konstrukční FMEA;
- SFMEA – systémová FMEA výrobku a procesu;

Jak dále uvádí Machan (2012, s. 84) metodu FMEA lze rozdělit na tři základní fáze realizace.

### **Přípravná fáze**

V první části metodiky FMEA jde o přípravu podkladů pro úspěšné hodnocení rizik. Výhodné je mít tým složený z expertů šikorého zaměření. Lze pak problém pochopit dostatečně do hloubky. V úvodní části je důležité především projednat ono téma a nashromáždit co možná nejvíce relevantních podkladů pro úspěšné zpracování.

### **Průběh metody FMEA**

Jak ve své knize popisuje Nenadál (2008, s. 118), druhá fáze začíná rozbořením současného stavu procesu a vytvořením seznamu hrozících zkratů. U jednotlivých rizik se dále analyzují reálné hrozby s ohledem na zákazníka a jeho spokojenost. Účastníci realizace FMEA se dále s užitím brainstormingu spekuje nad příčinami výroby předeslaných odchylek. Machan (2012, s. 84) k tomu dodává, že příčiny by měly být popsány co nejdetailněji, aby v další konstrukci analýzy nedošlo k nespávným rozhodnutím.

Nenadál (2008, s. 120) i Machan (2012, s. 90) se pak oba shodují v dalším postupu hodnocení. U každé položky se stanoví tzv. RPN (Risk Priority Number), s tím že hodnoty, které může nabývat jsou 1 – 1000. Nenadál (2008, s. 120) doplňuje, že RPN je zkratka pro číslo součinu s pohledu tří faktorů s jakým hrozí. Jde o pravděpodobnost výskytu vady, její význam pro proces zákazníka a pravděpodobnost odhalitelnosti. Machan (2012, s. 90) dále tato kritéria kategorizuje do skupin A (výskyt), B (dopad) a C (odhalitelnost). Píše, že každé kritérium lze členit na stupnici 1 – 10, kde hodnoty blízké jedné znamenají slabou nebo nulovou pravděpodobnost a význam. Naopak výsledek blízko hodnoty deset znamenají téměř jistý výskyt či vysokou pravděpodobnost za všech okolností nastavení procesu.

Nenadál (2008, s. 122) i Machan (2012, s. 92) pak s podobným frázováním tvrdí, že rizikové číslo RPN je zpracováno pro každou definovanou procesní vadu zvlášť, s tím, že největší prioritu k řešení a odstranění dostane právě vada s největším výsledným RPN. Oba dále uvádějí, že pro jednotlivé příčiny či skupiny příčin pak týmy řešitelů musí nastavit taková opatření, jež rizikové číslo RPN dokáží snížit. Snižovat RPN by se podle nich mělo v první řadě u vysokých hodnot za význam. To totiž znamená, že ona posuzovaná vada na výrobku může za určitých okolností způsobit velký problém u zákazníka. Následuje snižování RPN pro výskyt a odhalitelnost.

### **Shrnutí výsledků**

Závěrečná část metodiky FMEA pojednává o přínoedensech nově nabytých informací a zavedených opatřeních. Hodnotí se, jakým způsobem byla opatření efektivní a jak v jaké kondici se proces po dokončení analýzy nachází. Za předpokladu, že tým není s výsledkem spokojen, může být nařízeno FMEA opakovat.

### **Kontrolní plán**

Jak píše Bhargav (2017), kontrolní plány jsou nedílnou součástí metodologie Six Sigma. Brook (2014, s. 209) zdůrazňuje, že pomocí kontrolních plánů se shrnují podrobnosti o řízení procesu, definují se kroky, které je třeba provést k udržení stability a způsobilosti procesu nebo zařízení pracujícího na současné úrovni. Kontrolní plány obsahují popis každého kroku v procesu a parametry, které je třeba kontrolovat, aby se zajistilo, že nedojde k neočekávaným odchylkám od průměrné výkonnosti nebo variability.

## **2.4 Vybrané metody kvality, statistická regulace procesu**

Neexistuje organizace, která nepotřebuje vyrábět výrobky nebo poskytovat služby na vysoké úrovni. Každá odchylka či přešlap vedle jsou velmi nákladné.

Ludvík, Šebestík (2016, s. 188) tvrdí, že existuje velké množství nástrojů, s jejichž pomocí popisuje vedení firem a specialisté z oblasti kvality problémy, stabilizují procesy či vizualizují stavy nejruznějších analýz. Nástroje kvality mají své nenahraditelné místo i v rámci zlepšování procesů. Jde o nástroje používané ve fázi analytické, kontrolní i regulační a většina z nich pracuje s pomocí tvrdých dat, což jsou většinou čísla měřitelná přímo ve výrobě.

### 2.4.1 Pareto diagram

Ludvík, Šebestík (2016, s. 194) se domnívají, že Paretova analýza je jedním ze základních nástrojů pro diagnostiku výrobních nejenom výrobních procesů. Píší, že Pareto diagram je možné využít i v logistice nebo nákupu. U zkoumaných proměnných (výrobky, počty faktur atd.) se konstrukcí diagramu zkoumá pravidlem 80/20. Jde o pravidlo, které lze chápat jako zásadu, že 20 % všech zkoumaných příčin způsobuje 80 % následků a naopak. Pareto diagram se sestavuje v pěti krocích. Řeč je o volbě faktorů, které je třeba zkoumat, sběru relevantních dat, sestrojení Pareto diagramu, určení hranic důležitosti a rozbor výsledků s ohledem na řešený problém

## 2.5 Metodika

Na tomto místě jsou detailně popsány postupy tvorby práce krok za krokem, tak jak autor postupoval ad A do Z.

Teoreticko – metodologická část představuje čtenáři kýžené teoretické vysvětlení k použitým metodikám v části praktické. Důraz je přitom kladen na maximální soulad obou hlavních částí dohromady tak, aby aby nic nechybělo a nic nebylo uváděno zbytečně. Primárním zdrojem se staly relevantní publikace o štíhlé výrobě a neustálém zlepšování Lean, Six Sigma, výrobních procesech a zlepšovateľském cyklu DMAIC vypůjčené z Národní technické knihovny v Praze a krajské městské knihovny v Havlíčkově Brodě. Volbě vhodných publikací předcházelo zpracování odborných rešerší krajskou knihovnou v Havlíčkově Brodě a vyhledávání potřebných zdrojů v online databázích obou knihoven. Menší část informací byla čerpána z webu – online náhledy do databází Národní technické knihovny odborné stránky na internetu.

Konstrukce praktické části se opírá o systematický postup zlepšovateľského cyklu DMAIC – pětietapový Six Sigma projekt. Autor do pětice etap Define (definovat), Measure (měřit), Analyze (analyzovat), Improve (vylepšit) a Control (řídit) zakomponoval celkem 19 mezikroků každé z hlavních pěti částí cyklu, přičemž každá je velmi důležitá – žádnou by nešlo opomenout. Praktická část byla zpracována na základě šestiměsíční realizace Six Sigma Green Belt projektu ve společnosti XY, termín květen – říjen roku 2018. Vybraný projekt byl realizován na výrobním středisku Low Volume, kde cílí na neefektivní výrobní proces brzdového vedení ELV 25 vyráběný pro zákazníka Audi Neckarsulm. Výběr projektu, jeho realizace a průběh krok za krokem specifikuje metoda DMAIC a následující devatenácti dílný postup.

**D – Define (definovat)** – cílem prvního kroku bylo definovat účel a rozsah projektu zpracováním pěti dílčím částí viz níže.

### Výběr projektu

Výběr vhodného Six Sigma projektu probíhal na základě rozboru OEE výsledků střediska Low Volume ze měsíc duben 2018. Z dat v programu Aspentech bylo patrné, že snížená výkonost nebyla spojena s vysokou zmetkovitostí a nijak nesouvisela s počty vyrobených dílů či prostoji. Zpracováním dat z programu SAP (transakce SQ01) a sestrojením Pareto diagramu se jako největší kvalitatitvní problém ukázal defekt „**délka dílu**“. Šlo o **2191 kusů, tedy** z celkového množství **73 163** vyrobených. Tedy zmetkovitost **8, 21 %**.

### Projekt charter

Zpracováním projektového zadání byly do účasti na projektu zapojeni čtyři osoby. Autor práce – inženýr kvality. Petr Dymák – procesní inženýr, supervisor výrobního střediska Michal



Nepejchal a seřizovač Lubomír Prokop. V projektovém zadání byly rozepsány další důležité náležitosti jako např. název a cíl projektu, popis problému či potenciální finanční úspora.

### **Costs of poor quality**

Rozbor o nákladech za nekvalitu přinesl čísla o nucených vynaložených finančních prostředcích. Náklady byly rozpradnuty z pohledu interních, externích, preventivních a extra vynucených tzv. appraisal costs. Celková částka za nekvalitu výrobku ELV 25 resp. neefektivního procesu byla vyčíslena na **879 tis. Kč**.

### **Časový harmonogram projektu**

Na základě interních pravidel firmy XY a instrukce QE\_c\_705\_Cze\_v04 byl zpracován šestiměsíční plán projektu (květen – říjen), s tím že časové penzum práce odpovídalo 20 % pracovní doby každého účastníka projektu.

### **Časový harmonogram projektu**

Poslední částí fáze Define bylo vytvoření procesní mapy SIPOC. Ta identifikuje výstupu procesu, zákazníky procesu, vstupy procesu a procesních dodavatele. Důležitým bodem vypracování diagramu SIPOC byla i definice toretických příčin (X), resp. procesních kroků, které mohou negativním způsobem ovlivňovat zkoumaný jev, což je v případě projektu „ELV 25 – problém s délkou“ délka dílu (Y). Zpracováním diagramu SIPOC se podařilo rozpadnout výrobní proces na devět subprocessů v práci označených jako **X1 – X9**.

**M – Measure (měřit)** – kapitola Measure pojednává o sběru relevantních dat nezbytných pro ověření způsobilosti meziprocesů X1 – X9.

### **Plán sběru dat**

Vytořením plánu o sběru dat se dopředu naplánovalo jakým způsobem se budou data měřit. Pro získání příslušných výstupů z meziprocesů X1 – X9 byla zvolena dvojice měřidel, posuvné měřítko s přesností měření 0 – 150 mm a digitální metr schopný měřit v rozsahu 0 – 6000 mm. Pro získání co nejspolehlivějšího vzorku o výrobní způsobilosti bylo měření opakováno vždy na začátku a na konci výroby. Celkem šlo o 60 (30 kusů na začátku směny, 30 kusů na konci směny) měřených kusů každou směnu, a dohromady o 180 (3 směny) měření každého meziprocesního výstupu X1–X9.

### **Analýza systému měření**

Studie o způsobilosti měřidla musela být provedena před samotným měřením, aby se v případě problému s měřidlem mohl upravit plán sběru dat, tedy zvoleno náhradní měřidlo. Pro provedení studie bylo vybráno 10 ks katší a delší trubky, aby následně byla vyzkoušena obě připravená měřidla. Na těchto vzorcích bylo následně provedeno dvakrát opakované měření, které prováděl autor této práce a procesní inženýr Petr Dýmák. Výsledky byly zapisovány do připraveného formuláře a následně vyhodnoceny ve statistickém softwaru Minitab 17. Z výsledků R & R = 7, 16 a 11, 43 bylo patrné, že měřicí systém je přípustný pro posuvné měřítko 0 – 150 mm a podmíněně způsobilý pro digitální metr 0 – 6000 mm.

### **Ověření způsobilosti procesu**

Po ověření vhodnosti měřidel byla sesbíraná data vyhodnocena v programu Minitab 17 a určeny indexy způsobilosti dlouhodobé výkonnosti procesu Ppk.

### **Identifikace kritických procesů**

Za rizikové meziprocesy byly označeny fáze X8 – narážení a X9 – crimpování. Z dat bylo patrné, že již proces X8 vnáší do celkové délky dílu značnou nestabilitu, přičemž následující proces X9 není schopen tyto odchylky eliminovat.

**A – Analyze (analyzovat)** – třetí část cyklu DMAIC si kladla za cíl vygenerovat seznamy teoretických příčin problému nezpůsobitelného procesu X8, určit příčiny kořenové a přinést přínést k tomuto tvrzení odůvodnění.

### **Ishikawa diagram**

Diagram rybí kosti, neboli diagram příčin a následků představuje jedinečný způsob seskupování a prezentace nápadů z brainstormingu. Jeho zpracování přineslo více než dvacet teoretických příčin z větví stroj, člověk, prostředí, měření, materiál, metoda.

### **Matice příčin a následků**

Aby byla kořenová příčina skutečně odhalena bylo důležité si potenciální příčiny usporádat dle priorit. Pro vyhodnocení důležitosti jednotlivých příčin byla použita matice příčin a následků, jejichž sestavení seřadilo dvacet teoretických příčin od té nejpravděpodobnější až po tu pravděpodobnou nejméně.

### **Určení kořenových příčin**

Kořenovou příčinou, tzv. příčinou **TOP 1** byla s celkových **váženým skóre 111** určena příčina z větve „Stroj“ ve spodní pravé části Ishikawova diagramu. Tým se po opakovaných střetnutích, na základě zkušeností, pozorování procesu a na základě sesbíraných dat shodl na kořenové příčině **„ztráta tlaku porušeným nebo vadným pneumatickým vedením“**. Za ostatní důležité příčiny lze označit příčiny do pozice čtvrté, které shodně dostali 9 bodů za extrémní vliv na délku dílu ELV 25. Jde o **TOP 2 – „nefunkční manometr“** s výslednou vahou 109 a **TOP 3 – „neexistující instrukce pro nastavení tlaku narážení“** s vahou 99 bodů. Stejnou vahou byla vyhodnocena i příčina **TOP 4 – „chybějící Poka–Yoke“**, tedy elektronický nebo mechanický systém, schopný odhalit díl mimo tolerance.

### **Regresní analýza**

Pro zpracování regresní analýzy bylo nutné vytvořit komplexní datovou množinu s dostatečným množstvím vstupů ( $P_1 P_2 \dots P_n$ ), tedy různým nastavením vstupního tlaku. Definovány byly pět kategorií – **8,1, 8,2, 8,3, 8,4 a 8,5 barů**, na jejichž postupné nastavení bylo vyráběno brzdové vedení ELV 25. Výsledkem byla tabulka dat se sto řádky dat o délce tj. dvacet vyrobených kusů na jedno nastavení. Pozorována byla silná lineární regrese klesajícího trendu se vztahem délka dílu (**Y**) = **995, 1 – 8,227 tlaku narážení (P)**. Jinými slovy, při zvýšení P se snižuje Y, a to konkrétně o 0,8227 mm při změně o 0,1 baru. Celkem 95% variace v délce Y lze vysvětlit vlivem P, což lze považovat za úspěch, nicméně zbylých 5% je ovlivněno ještě jinou nezávislou proměnnou. Ideální hodnota pro splnění nominální délky je dle lineární křivky pro hodnotu **Y= 925,2 tlak P o hodnotě 8,45 barů**.

**I – Improve (měřit)** – cílem této fáze bylo určit nápravná opatření, která eliminují problém řešený v předchozích třech fázích a na základě měřitelných a relevantních dat šetří peníze.

### **Seznam potenciálních řešení**

Z brainstormingu za tím účelem svolaným vyplulo dohromady čtrnáct potenciálních řešení na TOP 5 příčin s délkou, ale i opatření na příčiny ostatní.

### **Určení nejdůležitějších řešení**

Přiřazování priorit bylo v matici přínosů a úsilí hodnoceno ze dvou pohledů. Pohled na přínos opatření, tedy jakou vahou při škále hodnocení 0 – 5, kdy 0 = žádný a 5 = vysoký, opatření řeší problém s délkou dílu ELV 25. Druhým pohledem byla identifikace obtížnosti řešení, kdy opět na škále v rozmezí 0 – 5 je posuzována obtížnost realizace. Za důležité byly označeny příčiny z prvních dvou „košů“ tzn. opatření s vyšším přínosem pro eliminaci problému s délkou, ale různou obtížností realizace.

## Rozhodovací analýza

Před samotnou implementací opatření z druhého „koše“ bylo pro správné rozhodnutí zpracovat rozhodovací analýzu. Po stanovení cíle rozhodování bylo nutné určit hodnotící kritéria – jak je předmět rozhodnutí ovlivněn časem, náklady, zákazníky nebo managementem. Kritériím byly dále přiděleny typy „musí = M“ a nebo „Chceme = 1–10 dle důležitosti, kde 1 = nedůležité a 10 = vysoká důležitost. Nezbytné bylo i definovat měřítko v jakém jsou jednotlivá kritéria měřitelná. Šlo o výstup tzv. binárního rozhodnutí ANO/NE, počet měsíců a přesnost zařízení v milimetrech. Dalším krokem rozhodovací analýzy bylo vytvoření alternativ, tedy možných voleb z kterých bude rozhodováno. To jsou již zmíněné laserové, digitální či kamerové odměřovací systémy. Konfrontací alternativ s kritérii „M = musí být“ a „Chceme = skóre 1–10“ tj. vynásobením vah kritérií s přidělenými body za uvažovaný produkt bylo výsledným skóre určeno pořadí vhodnosti jednotlivých zařízení. Se skóre 400 a 380 bylo jako nejlepší řešení určeno kamerové hlídání Keyence a digitální odměřování od firmy MTS.

## Implementace opatření

Zavedení nápravných opatření probíhalo ve dvou vlnách. V první vlně, v týdnu 34 byla okamžitě implementována opatření z prvního „koše“ matice přínosů a úsilí – „repose pneumatického vedení“, „tvorba instrukce pro nastavení tlaku“ a „výměna manometru“. Cena úprav byla vyčíslena na **24 599 Kč**. Ve druhé vlně inovování, v týdnu 35, bylo třeba asistence specializované firmy reps. výrobců jak digitálního odměřování, tak kamerového snímání. Cena zařízení potřebných technických úprav se vyšplhala na **210 tis. Kč**.

## Porovnání před/po

Důležitým krokem fáze Improve bylo porovnání stavů před a po implementaci nápravných opatření. Pilot byl proveden za účelem potvrzení očekávaných výsledků a praktičnosti řešení. Počet vzorků byl definován stejně jako předtím na 180 ks, nicméně výroba již nebyla rozložena do směn. S ohledem na příčinu definovanou jako příčinu strojového charakteru nebylo třeba proměnnou „směna“ do pilotu vnášet. Pilot proběhl v týdnu 39 a trval celé odpoledne. Kusy byly měřeno na ověřených měřidlech z fáze „anýza systému měření“ aby následně mohla být v programu Minitab 17 vypočteny způsobilosti procesů X8 – X9 po nápravných opatřeních. Výrobní proces se podařilo optimalizovat i z pohledu kvalitativních ukazatelů. Na základě porovnání indexů způsobilostí dlouhodobé výkonnosti procesu Ppk se proces změnil z původní hodnoty 0,36 na hodnotu 3,85, kde více znamená lépe a za způsobilý proces lze považovat Ppk na úrovni hodnoty 1,33.

**C – Control (řídít)** – závěrečná fáze projektu Six Sigma se nazývá Control, českými slovy kontrolovat. Šlo v ní o to zajistit, aby dosažené úsilí bylo zdokumentováno a standardizováno v dokumentaci firmy.

## PFMEA

Tým se sešel s cílem standardizovat nová zjištění a definovat nové RPN pro vadu „délka dílu“. PFMEA procesu narážení obsahuje celkem 7 potenciálních chyb/vad procesu, ze kterých potenciální následek „délka dílu mimo toleranci“ byl před opatřeními hodnocen vysokým **RPN = 192**. Aktualizací PFMEA byla do k vadě „délka dílu“ přiřazeno celkem 10 příčin viz již zmiňovaná matice příčin a následků v kapitole Analýze. Zavedená okamžitá opatření a elektronická Poka–Yoke na narážení stroj znamenala po novém propočítání a vyhodnocení rizik z pohledu výskytu a odhalitelnosti zásadní změnu směru k lepšímu. Hodnocení z pohledu závažnosti se samozřejmě nezměnilo, délka dílu mimo toleranci by pro zákazníka znamenala stejný průšvih jako na začátku projektu. Důkazem zlepšení nové **RPN = 48**, které je násobkem osmibodového hodnocení za závažnost, třibodového hodnocení za výskyt a dvoubodového za odhalitelnost.

## Implementace nových standardů v kontrolním plánu

Implementace nových standardů (kontrol) se týkala přímo nově zavedených opatření. Nové měřicí a ověřovací metody byly definovány a v účinnost ve výrobě zavedeny v týdnu 38 a 39. Šlo o tyto procesní/kontrolní mechanismy – nová kontrolní operace nastavených parametrů stlačeného vzduchu na manometru, nová kontrolní operace preventivní údržby, nové měřicí operace zkrácení délek po jednotlivých procesech, nový krok celého procesu – kartáčování a zrušení 100% měření délek externí firmou počínaje od 1.10.2018.

## Shrnutí výsledků

Před finální kalkulací úspor proběhlo shrnutí projektu – podobně jak je sepsáno v metodice.

## Kalkulace úspor

Kalkulace úspor bude provedena na základě již zpracovaného rozboru Costs of poor kvality (náklady za nekvalitu). Zde byly vyčísleny náklady za interní, externí, preventivní a nutné extra akce na ochranění zákazníka před neshodnými díly. Celkové náklady za šest měsíců činily **879 073 Kč**, kde celkovou částku zatěžovaly v první řadě náklady za externí třízení / přeměňování dílu ELV 25 před odesláním zákazníkovi. Tyto náklady tvořily majoritní část z celkové sumy a šlo o **686 tis. Kč** za šest měsíců. Další vynaložený náklad tvořil čas a úsilí 4 lidí, kteří na projektu pracovali a šlo o tzv. interní náklady, jejichž investice měla vyřešit problém s délkou. Celkový čas 712 hodin lze v peněžním vyjádření interpretovat jako **162 tis. Kč**. Poslední náklad činilo **31 tis. Kč** za reklamaci z jara roku 2018, kterou vlastně všechno začalo. Problém s délkou u zákazníka Audi musela společnost XY řešit z pohledu organizace třídících akcí, extra dopravy a zvýšené administrativní práce. Jak již bylo zmíněno, nápravná opatření, která byla implementována řeší problém s délkou z **95 %** úspěšností a stála firmu **235 tis. Kč**. Po připočtení nákladu za realizaci projektu Six Sigma, jde o **397 tis. Kč**.

Na základě uvedených kalkulací lze konstatovat, že společnost po zavedení nápravných při průměrné šestiměsíční výrobě **70 000 kusů / měsíc** sice nevynaloží **686 tis. Kč** za přeměňování externí firmou (tuto funkci nově obstará digitální odměřování), ale protože úspěšnost opatření je „pouze“ 95 %, zbylých 5 % představuje scrap za díly mimo toleranci, které zachytí digitální odměřování. Při ceně dílu **62,3 Kč** jde při zmíněné průměrné výrobě a výskytu **629 kusů** za 6 měsíců o náklad **39 187 Kč**. Při porovnání stavů před (686 tis. za 6 měsíců) a po (39 tis. za 6 měsíců) jde o úsporu **590 tis. Kč za šest měsíců**, neboli **98,3 Kč za měsíc**. Návratnost vynaložených peněžních prostředků zmíněných v předchozím odstavci je tedy **4 měsíce**.

## Uzavření projektu

Na závěrečném slavnostním předání výsledků vlastníkovému procesu – manažerovi výroby, bylo jednohlasně odsouhlaseno, že projekt byl úspěšný a žádná ze zainteresovaných stran necítila neuspokojení svých potřeb a zájmů s kterými do projektu šli.

Za pozitivní změny byly označeny aplikace nových technologií do procesu výroby brzdového vedení, standardizaci nových pravidel do nitra organizace a zásadní peněžní úsporu za zlepšený výrobní proces. Autorova doporučení se týkala negativního výstupu projektu a sice toho, že problém s délkou nebyl vyřešen se 100 % účinností. V předposlední fázi práce proto byla zmíněna čtveřice doporučení ke zlepšení výrobního střediska z pohledu principů Lean. Na základě zjištění pozorovaných při realizaci projektu Six Sigma autor doporučil: 1) přestavbu uspořádání strojového parku výrobního střediska s transferem automatické koncovací linky z Francie. 2) realizaci Six Sigma projektu s cílem optimalizovat tok materiálu skladu střediska. 3) realizaci Six Sigma projektu s cílem vytvořit nové standardy z oblasti vizuálního managementu 4) návrh na posílení členů Six Sigma týmů s účinností od 1. 1. 2019.

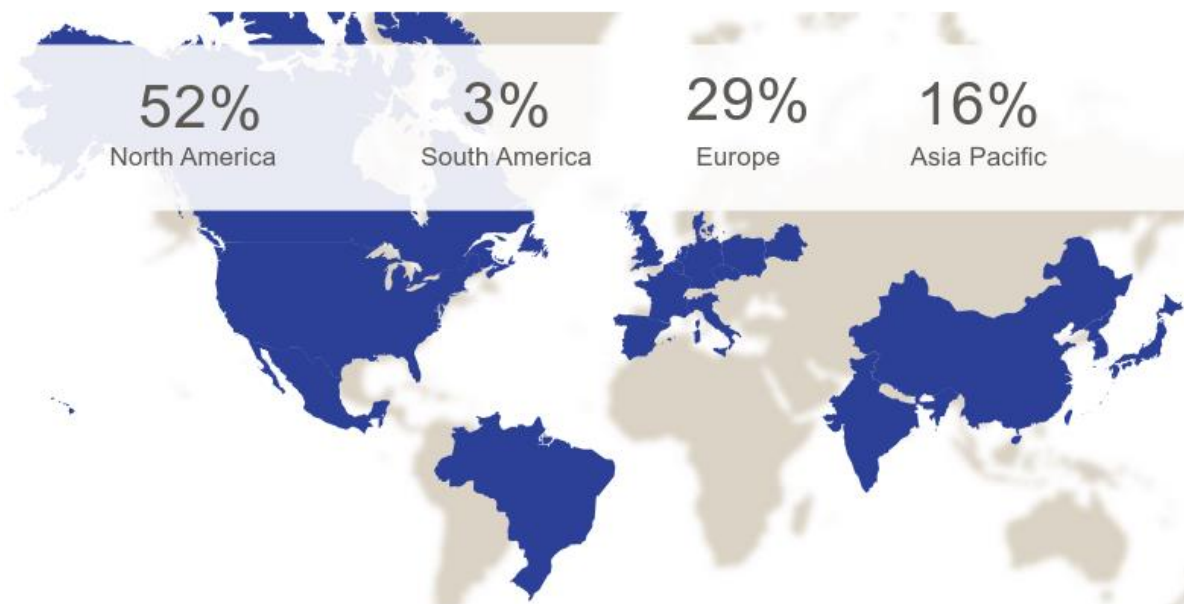
## 3 Prakticko analytická část

### 3.1 Společnost XY

Společnost XY se sídlem v Novi, v americkém státě Michigan je předním světovým dodavatelem systémů a komponentů pro automobilový průmysl. Jak dále popisuje interní dokument firmy (Corporate responsibility report, 2017) organizace se pyšní širokým portfoliem výrobků, které vyrábí a dodává po celém světě. Gumové a plastové těsnění, palivové a brzdové potrubí, hadice pro přenos tekutin a antivibrační systémy jsou základní skupiny výrobků, jež společnost svým zákazníkům může nabídnout. Společnost XY zaměstnává více než **32 000 lidí** ve více než **120 výrobních závodech 20 zemí světa**. Obrázek 1 vyobrazuje rozložení výroby na jednotlivých kontinentech v procentech.

Obrázek 1 Působnost společnosti XY na jednotlivých kontinentech

**Působnost společnosti XY na jednotlivých kontinentech**



Zdroj: Interní dokument společnosti XY, Corporate responsibility report, 2017

Jak se lze dočíst ve výroční zprávě (výroční zpráva společnosti XY, 2017) v České Republice společnost XY sídlí na Vysočině a zaměstnává kolem 800 zaměstnanců. Portfolio výrobků tvoří palivové a brzdové vedení z plastu nebo ocele. Společnost není z pohledu výroby soběstačná a spoléhá se na množství dodavatelů, od kterých nakupuje surový materiál a komponenty. Pobočka v České republice byla do obchodního rejstříku zapsána v listopadu 2017 pod dnes již nepoužívaným názvem Invensys European Holdings S.A dne 6.11. 1998. Současná organizační struktura společnosti je zobrazena v příloze 1 na obrázku 8.

Po otevření tuzemského závodu bylo v první fázi otevření závodu započato s realizací přesunů výrobních zařízení ze západní Evropy. Postupně byly přestěhovány a v provoz uvedeny extruzní linky a montážní linky pro zákazníka Renault. V letech 2000 a 2001 pokračovaly transfery výrobních linek z Německa a úspěšné starty výrob pro zákazníky Sachs a Ford, celý koncern VW, Jaguar nebo BMW. Od prosince roku 2001 společnost nese dnešní název XY a je plnohodnotným výrobním závodem podnikajícím na trhu automobilového průmyslu. Díky transferům technologií je podnik téměř 100% orientován na export do zemí Evropské Unie. Jen

velmi malá část portfolia je vyráběna pro tuzemský trh. V oblasti kvality je společnost certifikovaným dodavatelem dle IATF 16949, který v roce 2018 po dvouletém přechodovém období nahradil ISO/TS 16949. V oblasti environmentálním managementu je společnost akreditována certifikátem ISO 14001 a je tudíž dle legislativních požadavků korektní k posilování životního prostředí a nakládání s odpady. Společnost dosáhla v roce 2017 obrát **3 191 814 tis. Kč** a vytvořila hospodářský výsledek **303 660 tis. Kč** (výroční zpráva společnosti XY, 2017).

**Strategie společnosti je založena na udržitelném základě firemních hodnot se zaměřením na čtyři následující strategické pilíře.**

### **3.1.1 Word Class Manufacturing (WCM)**

CR report v části Word Class Manufacturing (2017) zmiňuje, že prvním pilířem je neochvějný závazek ke strategické vizi pro zvyšování hodnoty společnosti prostřednictvím kultury, inovací a přesného plánu vývoje, designu a výroby. Společnost vytvořila globální stopu s cílem sloužit svým zákazníkům se zaměřením na rychlý růst v Číně, kde od roku 2013 dosud zdvojnásobila svoji působnost. Společnost se zavázala ke globální standardizaci prostřednictvím souboru osvědčených postupů s cílem zajistit bezpečnost, spolehlivost a trvalou excelenci každoročně ve všech oblastech podnikání, přičemž jsou očekávány neustálé inovace a zlepšování.

Úsilí společnosti v oblasti výroby je vedeno globální výrobní radou regionálních viceprezidentů pro výrobu a globálních funkčních vedoucích pod záštitou provozního ředitele. Výrobní rada je zodpovědná za strategie a taktiky, které vedou ke standardizaci a pokroku v oblasti produktivity, kvality a bezpečnosti.

Integrovaný operační systém slouží jako návod obsahující souhrn globálních postupů, standardů, norem a osvědčených postupů pro výrobu a další spojené aktivity. Jak jsou výrobní procesy dále standardizovány, na online operačním systému je tento postup dokumentován. Společnost prosazuje neustálé zlepšování metodikou kaizen při podpoře a zapojení všech zaměstnanců. Cílem osvědčených postupů neustálého zlepšování je identifikovat nejúčinnější výrobní postupy pro každou z obchodních oblastí a koordinovat globální implementaci v rámci příslušných operací. Výsledkem by měla být vyšší bezpečnost, kvalita nebo efektivita z hlediska nákladů.

Na měsíční bázi a celosvětové úrovni jsou pořádány pracovní schůzky s managementem jednotlivých výrobních závodů, regionálními a funkčními vedoucími i výkonnými řediteli, aby byly přezkoumány metriky globálního, regionálního a podnikové zlepšování a aplikace metody **6S (5S + bezpečnost)** v praxi. Výkonnost poboček je každoročně vyhodnocována systémem Diamond Award. V soutěži Diamond Award jsou výrobní závody oceňovány pomocí bodového systému vize WCM v devatenácti kategoriích. Výrobní závody také každoročně soutěží o cenu "**Kaizen roku**", kde je vybírán zlepšován s největším přínosem. Vítězem v roce 2017 byl výrobní závod Goldsboro v Severní Karolíně za projekt, který vyřešil problém s kapacitou stlačeného vzduchu a šetřil náklady a spotřebu energie (CR report, Word Class Manufacturing, 2017).

### **3.1.2 Superior Products (nadčasové výrobky)**

CR report v části Superior Products (2017) dále popisuje, že druhým pilířem společnosti je závazek vůči zákazníkům resp. závazek v podobě poskytovat jim excelentní produkty. Organizace je přesvědčena, že svým zákazníkům poskytuje spíčkové produkty, které překračují jejich očekávání. Aby bylo zajištěno důsledné poskytování produktů zaměřených na zákazníka při plnění jejich současných i budoucích potřeb je jejich zpětná vazba pozorně poslouchána

a firma se podle ní přizpůsobuje. Projekty vývoje, návrhu a výroby produktů jsou standardizovány v nejlepších obchodních postupech v celé organizaci, aby byla zajištěna bezpečnost, kvalita, spolehlivost a trvalá excelence ve všech oblastech podnikání. Důležitá je i inovační kultura společnosti, která zejména v oblasti materiálové vědy dovoluje firmě XY inovovat v oblastech automobilového průmyslu, které nebyly směrem dopředu posunuty dlouhé roky. Jak již bylo zmíněno výše společnost XY vyrábí a svým zákazníkům **dodává těsnící systémy, palivová a brzdová vedení, vedení pro přenos kapalin a antivibrační systémy**, přičemž v každé skupině výrobků má svou patentovanou technologii výroby. V dalších odstavcích jsou autorem představeny unikátní technologické prvky, vyvinuté v laboratořích společnosti.

**Fortex**™ je těsnící technologie snižující hmotnost celého vozidla a zároveň zvyšující bezpečnost, akustické vlastnosti, pohodlí cestujících a aerodynamiku. Nabízí úsporu hmotnosti až o 30% oproti tradičnímu EPDM (termoplastová pryž), přičemž se vyhýbá problémům s kompresí spojeným s TPV (dynamicky vulkanizovaná slitina kaučuku a polypropylenu), což má za následek vynikající těsnící vlastnosti a snížený šum v kabině řidiče. Fortrex™ je nevodivý materiál vykazující pozoruhodně nízké stopové množství uhlíku, v porovnání s TPV jde o rozdíl 22 %, u EPDM dokonce 53 %. Jako dynamická materiálová platforma může být tento materiál upraven pro nekonečné množství aplikací nejen na poli automobilového průmyslu (CR report, Superior Products, 2017).

**MagAlloy**™ je proces pokovování nové generace, který zvyšuje životnost automobilových potrubí. Společnost je schopna vyrábět trubky s dvojitými stěnami, které dodávají trubkách vynikající korozní odolnost a spolehlivost. Při výrobě trubky se povrchová vrstva zinku a hliníku (95 % Zn/ 5 % Al). Před vlastním žárovým zinkováním musí být však trubka pro tuto operaci připravena, jde především o procesy odmaštění a indučního ohřevu s cílem připravit povrch na nános Zn, Al. Po povrchových předúpravách je prováděno nanášení a vysoušení primeru, aby následná vrstva polyamidu lépe přichytila. Výstupem výrobního procesu MagAlloy™ jsou ve finále buďto stočené metráže do svitku, nebo nařezané přízezy na požadované délky (CR report, Superior Products, 2017).

**Armorhose**™ je součástí systémů pro přenos tekutin a výparů pro optimální provoz motorového systému, topení, větrání nebo klimatizace. Portfolio produktů pro přenos tekutin řeší celé spektrum tradičních problémů s teplotami a současně nabízí redukci hmotnosti, zvýšenou odolnost vůči oděru, ochranu proti korozi i výslednou dokonalou estetiku. Technologie Armorhose™ díky zabudované extra vrstvě odolné vůči oděru eliminuje náklady spojené s instalací tradičních antiobrušovacích objímek – návleky např. z nilonu, které standardně navlečené na EPDM či TPV hadice chrání materiál před mechanickým poškozením (CR report, Superior Products, 2017).

**Dynafib**™ je antivibrační technologie pro užití na podvozkových systémech vozidla, využívající kompozitní výztuže vyrobené z jednosměrných uhlíkových vláken UD, používaných taktéž například při konstrukci extra pevných a lehkých bicyklových rámu. Celkově Dynafib nabízí až 30 % snížení hmotnosti a lepší pevnost v tahu ve srovnání s tradičními antivibračními materiály (CR report, Superior Products, 2017).

Jako celý automobilový průmysl i společnost XY se spoléhá na inovace, cílem jsou nová řešení pro výrobky i komponenty, které by měly snižovat hmotnost, pomáhat snižovat emise, zlepšovat konstrukci nebo zlepšovat výkonnost vozidla. Ve společnosti XY kultura inovací prostupuje celou organizační strukturou, aby tvořivá energie vedla ke globálním posunům především o oblasti materiálové vědy. Přístupem společnosti je umožněn každému zaměstnanci přijít se svým inovativním nápadem prostřednictvím webového portálu. Nápady jsou posuzovány radou Global Technology Council (Globální technologická rada) – GTC, kde je

určeno zda je nápad přelomový a zda se jím má cenu zabývat. GTC se skládá z expertů z oblasti průmyslového inženýrství, vědy o materiálech, rozvoje obchodu či výrobní strategie. Při posuzování nápadu se kontrolují přínosy inovace, inovační plán, důležité milníky a komplexní význam pro organizaci. Projekty, která jsou vyhocnoceny jako prospěšné pak procházejí standardním čtyřstupňovým procesem schvalování (koncepce validace, validace návrhu, realizovatelnost výroby, uvedení na trh).

V CR reportu, v části Superior Products (2017) se dále píše, že inovativní projekty cílené na materiály, jako byl např. Fortrex™, mění automobilové zvyky a trendy. Materiál Fortrex™ byl jmenován vítězem ceny PACE 2018. Ocenění PACE (Premier Automotive Suppliers to Excellence) – často uváděné jako "Akademická cena za inovace" v automobilovém průmyslu, bylo společnosti XY uděleno letos během každoročního slavnostního předání cen, 9. dubna v Detroitu. Celkově pak společnost od března roku 2013 úspěšně uvedla na trh 9 zlepšovateľských nápadů, přičemž zisky z těchto inovací překročily na konci roku loňského roku 463 mil. dolarů.

### **3.1.3 Voice of the customer (následování přání zákazníka)**

Dalším důležitým závazkem současné i budoucí strategie společnosti XY je následování přání zákazníků. Spokojenost zákazníků je klíčovým faktorem ve všech obchodních aktivitách. Důležitost spokojenosti zákazníka je proto promítána do inovačních nápadů produktů, které společnost vyrábí a dodává. Po přidělení nového projektu bývá proces náběhu projektu řízen projektovým manažerem, který zahajuje spolupráci s interním systémem pro rozjezd nových projektů (CLauS). Proces CLauS poskytuje globální přístup k řízení projektu od počátečního návrhu až po uvedení do provozu. Od roku 2017 společnost úspěšně nastartovala 42 nových projektů oceněné na 453 mil. dolarů, což je o 16 % více než v roce 2106. V tentýž rok proběhlo i nové zařazení do sledovacího programu Global Commercial Council (GCC), který na měsíční bázi vyhodnocuje a reportuje index spokojenosti zákazníků. Cíl společnosti XY je sledovat celkovou výkonnost a identifikovat kritické otázky, které ovlivňují schopnost rozvíjet podnikání s konkrétním zákazníkem. Jedinečné skóre pro každého zákazníka poskytuje přehled jeho potřeb, obav a umožňuje sladit inovační a investiční rozhodnutí se zákaznickými (CR report, Voice of the Customer, 2017).

### **3.1.4 Engaged employees (angažování zaměstnanci)**

Jak tvrdí zástupci společnosti XY v souhrnné zprávě o prosperitě podniku (CR report, Engaged employees, 2017), zaměstnanci jsou srdcem a duší firmy a klíčovým faktorem úspěchu. Přístup společnosti k Talent Managementu je hluboce zakořeněný ve firemní politice a budoucích hodnotách. Talent Management je strategie využívaná úspěšnými společnostmi, aby lidský potenciál byl co nejlépe využit. Společnost XY nedávno spojila Talent Acquisition (TA) a Talent Management do jednoho centra tzv. Center of Excellence (CoE). Cílem bylo lepší využívání prvků v jednom koncovém procesu, přičemž zmínka je především o identifikaci potřeb talentovaných zaměstnanců, nábor zaměstnanců nových či předávání informací mezi končícími a nově nastupujícími zaměstnanci. Strategie řízení talentů umožňuje pokračovat v rozvoji interního know – how a nabitých zkušeností v celé organizaci. Monitorování obsazování nových pozic talentovanými lidmi, kteří již ve společnosti XY pracují je metrika, která je sledována již od roku 2014. Cílem je obsazovat dvě třetiny vedoucích pozic interními kandidáty, což je cíl, který je v souladu s jinými velikostí srovnatelnými společnostmi. Společnost taktéž projevuje značnou iniciativu v hledání absolventů vysokých škol, kterým nabízí být součástí evropského trainee programu operačních nebo inženýrských stáží. Tento dynamický dvouletý program je navržen tak, aby byl potenciálnímu budoucímu zaměstnanci



umožněn přístup ke všem provozním funkcím ve výrobním hodnotovém řetězci, ale i funkcím z oblasti prodeje, výzkumu a vývoje.

Zaměstnanci společnosti XY své díky zpátky vracejí potřebným prostřednictvím celoročního zapojení v charitativní nadaci vzniklé v roce 2013. Členy nadace spojuje angažovanost v získávání peněz nebo osobní zapojení při charitativních akcích. Společnost XY takto pomocí svých zaměstnanců podporuje více než 100 charitativních organizací v 16 zemích světa, přičemž mezi ně od roku 2013 rozdělila více než 2,5 mil. amerických dolarů (CR report, Enganged employees, 2017).

### 3.1.5 Výsledky hospodaření společnosti XY (rok 2017)

Na konci roku 2017 společnost XY vykázala čistý zisk ve výši 135,3 mil. dolarů, což představuje 7,21 dolaru na akcii při tržbách ve výši **3,62 mld. dolarů**. Tyto výsledky zahrnovaly poplatek ve výši 33,5 mil. dolarů zaúčtovaný ve čtvrtém čtvrtletí související s nedávnou úpravou legislativy o daňové reformě ve Spojených státech. EBITDA marže společnosti XY pro rok 2017 byla **12,5 %**. V porovnání s rokem 2016 jde o nárůst o 0,5 %.

K 31. prosinci 2017 měla společnost XY peněžní prostředky a peněžní ekvivalenty v celkové výši 516,0 mld. dolarů. Na konci roku 2017 činil čistý peněžní tok z provozní činnosti 313,5 mil. dolarů. V porovnání s rokem 2016 jde o pokles o 50,2 mil. dolarů. Volné hotovostní prostředky byly za rok 2017 vyčísleny na **126,7 mil. dolarů**. V porovnání s rokem 2016 jde o pokles o 72,6 mil. dolarů.

Dle vyjádření předsedy a generálního ředitele společnosti XY Jeffreyho Edwardse šlo o další vynikající rok. Z pohledu prodeje, výsledku EBITDA a EBITDA marže jde o rekordní výsledky ukazující na vzrušující příležitosti v budoucnu (výroční zpráva společnosti XY, 2107).

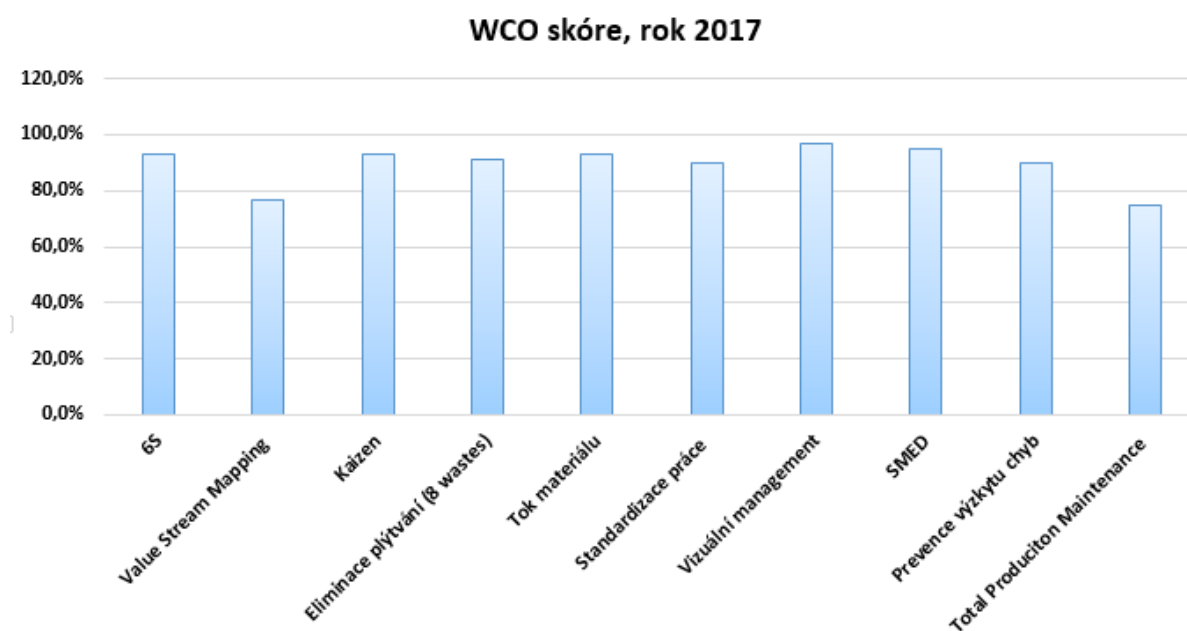
### 3.1.6 Lean přístupy společnosti XY

Lean nástroje a lean politika je ve společnosti XY zakořeněna už od jejího vzniku v 70. letech 20. století. Na základě bohatých zkušeností s Lean nástroji a systémy systémů průběžného zlepšování byl vyvinut systém WCO (World Class Operation), který je společným standardem pro všechna výrobní místa. Stal se nedílnou součástí kultury a vize společnosti, která neustále usiluje o dokonalost.

Hodnocení WCO se stalo nástrojem, který podporuje vývoj systému a také umožňuje monitorovat výkonnost konkrétního závodu z pohledu neustálého zlepšování. Jde o audit Lean Managementu, který je rozdělen do 10 podkapitol. Jak lze vidět na grafu č 1 výsledky neustálého zlepšování jsou auditovány z pohledu 6S, Value Stream Mappingu, Kaizenu, eliminace plýtvání (8 wastes), toku materiálu (Material flow), standardizace práce, vizuálního managementu, SMED, prevence výskytu chyb (Error proofing), a Total Productive Maintenance. Celé hodnocení WCO se skládá ze 150 otázek – 15 pro každou kapitolu, přičemž pro každou otázku je požadována odpověď „Ano“ nebo „Ne“. Za každou otázku je při odpovědi „Ano“ přidělen bod, tedy maximální počet bodů v každé kategorii je 15 (15 bodů = 100%).

Na grafu 1 jsou vyobrazeny výsledky pobočky v České Republice. Na základě těchto dat byla ke konci roku 2017 manažerem oddělení neustálého zlepšování připravena krátkodobá a dlouhodobá strategie zlepšení. Byly určeny tři kritické oblasti, jejichž výsledky nutí k zamyšlení a musí být do dalšího auditu zlepšeny. Výše zmíněné informace vychází z výsledků auditu a informací v interním dokumentu firmy – Global WCO audit, 2017

Graf 1 Hodnocení WCO společnosti XY (pobočka Česká Republika), rok 2017



Zdroj: Interní systém společnosti XY, vlastní zpracování

1) S ohledem na výhody a potenciál komplexního přístupu společnosti Lean Management se společnost XY rozhodla podrobněji popsat požadavky a kritéria každého nástroje Lean. Cílem je aktualizovat hodnocení WCO, které rovněž posílí a urychlí implementaci Lean kultury v rámci organizace. Další etapou bude zavedení nezávislé skupiny externích auditorů, která by měla poskytnout objektivnější výsledky. Cílem je zlepšit efektivitu využívání nástrojů lean uvnitř organizace a přinést podklady pro případné změny osvědčených postupů.

2) Největší slabinou se po vyhodnocení stalo využívání Value Stream Mapping. Zde společnost vidí největší prostor pro zlepšení, protože výhody využívání tohoto nástroje jsou nesporné. Správné využívání Value Stream Mapping přináší vizualizaci toku informací procesu v přehledném studijním materiálu a lze ho považovat za jeden ze základních nástrojů pro navrhování budoucích stavů procesů, efektivnější toky výroby či eliminaci ztrát.

3) Total Production Maintenance je další oblast označená jako prioritní oblast na zlepšení. Velký potenciál lze vidět ve vývoji přístupu k autonomní údržbě. Hlavními cíli zlepšovací strategie bude vytvoření nového standardu pro údržbářské postupy, zlepšení definice a sledování ukazatelů efektivity či denní zapojení výrobních pracovníků.

Standardizace nástrojů Lean Management bude po celý rok 2018 prováděna zpravidla u dle tří výše uvedených priorit. Jak se lze dočíst v interním dokumentu firmy BTO Standard Guideline (2018) dalším prvkem, který by však měl podpořit zlepšovací proces je vytvoření globálních vzdělávacích materiálů tzv. BTO standardů (The Bulding of Talented Organization), které budou založeny na zkušenostech každého zaměstnance. BTO návodka je dokument pro zaměstnance, který prošel vstupním BTO školením ve školících místnostech společnosti XY jejichž podoba je vyobrazena na v příloze 1 na obrázku 9. Jak je vidět na obrázku 2 (příklad návodky pro výrobní operaci modelování plastové výztuhy) návodka BTO na rozdíl od současně používaných Job Breakdown Sheets (JBS), je obohacena o fotografie, symboly či vysvětlivky zvláštních charakteristik. Pracovník ve výrobě bude přesně vědět jakou

posloupnost mají výrobní úkony či jaké budou klíčové body úspěšného dokončení operace. Rezepšány budu i tipy např. na pohodlnou manipulaci s díly a odkaz na bezpečností pomůcky. Jde o podrobný návod o tom, jak provést danou operaci a jaký má být výsledek.

Obrázek 2 BTO návodka pro výrobní operaci modelování plastové výtuhy

Work Instruction (WI)										BTO Work Instruction ENG	
Operation: Molding										BTO-ENG	
Product Name	Product Code	Product Type	Work center	CSO	Total time	Site	Supervisor	Version	Date of publication	Author	Checked by
0012345	0012345	0012345	0012345	0012345	0012345	0012345	0012345	0012345	0012345	0012345	0012345
<b>Essential health and safety requirements</b>											
<b>Prepare header</b>											
<b>Insert header</b>											
<b>Insert AS</b>											
<b>Molde header and AS</b>											
<b>Erase "spiders"</b>											
<b>Pull seal out</b>											
<b>Control</b>											

Zdroj: Interní systém společnosti XY

V dokumentu BTO Standard Guideline (2018) je dále popsána první fáze implementace systému BTO jež zahrnovala čtyři výrobní závody z Polska, Německa, Francie a Itálie. Na pilotním projektu zavedení návodů BTO pracovali pouze zaškolení vedoucí a každý výrobní závod prošel po dokončení auditem lídrů z evropského vedení. Cílem bylo ověřit vytvořenou dokumentaci a dovednosti BTO školitelů. První fáze skončila pozitivním zjištěním, protože se podařilo zvýšit produktivitu práce v průměru o 17,5 %. Implementace systému BTO byla evropským vedením rozdělena celkem do tří fází. Po pilotním projektu v současné době probíhá tzv. druhá vlna implementace – implementace u ostatních výrobních závodů se zaměřením prioritně spadají nové projekty a kritické projekty z pohledu kvality a bezpečnosti. V poslední, třetí fázi zavedení systému BTO bude pozornost zaměřena na bezproblémové tzv. diamantové závody.

Jak již bylo zmíněno výše Lean smýšlení je ve společnosti XY hluboce zakořeněno a jde o jedno ze základních pravidel a směrů, které by měl dodržovat každý zaměstnanec. Kromě nových praktik systému BTO společnost trvá na neustálém zlepšování svých procesů. Už na prvních školeních Six Sigma se účastníci dozvídají o základních přístupech řešení problémů. Zaměstnanci jsou od začátku spolupráce motivováni hledat řešení, podílejí se na tvorbě opatření i samotné implementaci přímo v praxi. Zaměstnanci jsou na školících workshopech vhodně motivováni zkušenými kolegy ze zahraničí a vedení k tomu aby se každodenní výzvy stávali jejich cíli. Za vyčíslitelné úspory plynoucí ze zlepšovatelství návrhů jsou navíc vedoucími oddělení neustálého zlepšování vypláceny odměny. Dle směrnice č. QE c 705 jde při prokazatelné úspoře vyšší než 150 000 Kč až o 4% z této částky. Totožná instrukce také specifikuje níže zmíněné typy využívaných metodik neustálého zlepšování, kterými jsou.

### Lean Project

Lean projekt definuje koordinátor neustálého zlepšování (CI koordinátor) spolu s vedoucím výroby. Určí projekt leadaera, forecast úspor včetně data začátku plánovaných úspor. Projekt leader je zodpovědný za splnění úkolu v daném časovém horizontu. V případě nutnosti určí podpůrný tým a koordinuje jednotlivé akce, které eviduje v akčním plánu. Po ukončení akcí na projektu je zodpovědný za reportování reálných úspor za následujících 12 měsíců. Lean

projekty se zaměřují na redukci významějších vícenákladů a plýtvání a definuje je termín řešení max. 30 dní.

### **Yellow, Green Six sigma projekt**

Six sigma projekt definuje CI koordinátor. Určí zodpovědnou osobu za metriky, cíle projektu a splnění úkolu v daném časovém horizontu. Po ukončení akce je zodpovědný za reportování reálných úspor z projektu po dobu 12–ti následujících měsíců. Six Sigma projekty se zaměřují na komplikované problémy dlouhodobého charakteru z neznámou příčinou. Interně je tato systematická práce podporována vedoucími Black Belty či Master Black Belty. Na její dokončení mají zaměstnanci z řad převším oddělení kvality a proces inženýringu zpravidla max. 6 měsíců s tím, že společnost je zavázána k tomu, aby bylo zaměstnancům umožněno využít 20% své pracovní doby k práci na Six Sigma projektu. Po úspěšném obhájení a prezentaci projektu je vedením společnosti předán certifikát o schopnosti řešit problémy dle metodiky Six Sigma a dotyční se stávají Yellow nebo Green Belty. Po této certifikaci lze pokračovat dále a ucházet se o vyšší mety, postup však zůstává podobný. Pro každý stupeň certifikace ale stoupá náročnost zpracování projektu o nové analýzy a to co stačilo k získání např. certifikátu Green Belt už je na Black Belt málo. Každý zaměstnanec má tedy šanci stát se opravdovým odborníkem, pokud práci na zlepšovatelských projektech věnuje dostatek energie.

### **KAIZEN workshop**

Definuje CI koordinátor na základě dosahovaných výsledků jednotlivých projektů a celé firmy. Stanoví metriky, původní a cílové hodnoty metrik, časový rámec, agendu a tým. CI koordinátor moderuje celou akci a na jejím začátku provede krátké školení Lean metodologie s praktickou hrou. Kaizen Event (Kaizen workshop) je zakončen finální prezentací za účasti managementu. Tato prezentace obsahuje mimo jiné vyčíslení úspor. Časová náročnost Kaizen Eventu je 2–5 dní a tým využívá 100% své pracovní doby denně.

### **KAIZEN – Zlepšovací návrh**

KAIZEN – zlepšovací návrh je návrh, který na známé problémy, systémy, procesy aplikuje inovativní přístupy řešení, či vylepšení, nebo nové myšlenky a tím dochází ke zlepšení. Jde o způsob podání zlepšovatelského návrhu pro každého zaměstnance firmy, přičemž je řeč především o operátorech ve výrobě. Hlavně oni totiž výrobní procesy znají dokonale a na nedořešené věci naráží dnes a denně. Ve společnosti XY byla k podání KAIZEN návrhu zřízena speciální schránka, kam musí být příslušný vyplněný formulář vhozen k evidenci. Po posouzení CI koordinátorem může být návrh schválen a ihned zadána realizace. V případě, že návrh je komplexní avšak není jasné, zda ho přijmout či odmítnout, rozhodnutí přechází na komisi určenou CI koordinátorem a vedoucím výroby.

## **3.2 Optimalizace výrobního procesu pomocí projektu Six Sigma Green Belt**

V této kapitole bude prakticky, krok za krokem, vypracován Lean Six Sigma Green Belt projekt. Po vysvětlení důvodů zvoleného tématu a problému bude pomocí této metodiky v pěti částech poznávacího procesu DMAIC definován problém nutný zlepšení, analyzovány a určeny příčiny snížené výkonosti výrobního procesu s cílem ve finále definovat a implementovat nápravná opatření vedoucí ke zlepšení. Six Sigma projekt bude realizován na výrobním středisku Low Volume, za které autor práce nese odpovědnost z pohledu kvality.

### 3.2.1 DMAIC

V teoretické části byl proces řešení problému pomocí cyklu DMAIC již popsán, nicméně v krátkosti zde budou připomenuty základní cíle a důvody jednotlivých fází. Důležité je totiž pochopit o čem celý zlepšovatelství projekt je. Struktura procesu DMAIC obsahuje pět fází Define, Measure, Analyze, Improve, Control v češtině znamenajících Definovat, Měřit, Analyzovat, Vylepšit a Regulovat. Základní milníky a otázky, na které by mělo být v jednotlivých fázích odpovězeno jsou:

**Define (co je problém ?)** – zjistit, co je pro zákazníka důležité, definovat rozsah projektu. Jak se současný proces chová?

**Measure (sběr dat)** – kvalifikovat momentální výkonnost procesu, odhadnout cíle zlepšení, porozumět příčinám variability.

**Analyse (Proč?)** – identifikovat příčiny (X) a uvést statistické důzazy, že jde skutečně o příčiny, odpovědět si na otázku jak lze příčiny odstranit?

**Improve (navrhnout potenciální řešení)** – implementovat řešení a poskytnout statistické důzazy o tom, že nastavená opatření fungují, definovat nové kontrolní metody aby se situace neopakovala.

**Control (vyřešeno?)** – standardizovat nápravné akce tak, aby zlepšení bylo udržitelné i do budoucna, poskytnout statistické důzazy o tom, že standardizace funguje.

### 3.2.2 Fáze Define

Úvodní část zlepšovatelstvího cyklu DMAIC je velice důležitá. Do fáze „Define“ spadají veškeré plánovací kroky a na její správné přípravě je závislý celý projekt.

Prvním krokem je výběr vhodného projektu, kde by měly být vysvětleny důvody k výběru dané problematiky. Následuje zpracování projektového zadání (Project charter), což je dokument obsahující základní informace o projektu v přehledném dokumentu. Třetím krokem je vypracování rozboru o přínosech projektu resp. co může úspěšné dokončení společnosti přinést, jako finanční úspory z projektu plynou. Důležité je také přesně si rozplánovat jednotlivé akce v časovém harmonogramu viz podkapitola číslo čtyři. Zřejmě nejdůležitější částí první fáze je z pohledu autora vypracování diagramu SIPOC – grafická mapa procesu „tak jak je“, tj. musí být sestavena na základě pozorování v reálném čase. Poslední částí fáze „Define“ zpracování diagramu Voice of customer, kde si musí tým rozumět v tom, kdo jsou interní a externí zákazníci procesu a jaké jsou pro ně kritické body z pohledu kvality. Na následujícím obrázku 3 je graficky znázorněn průběh celou fází krok za krokem.

Obrázek 3 Průběh fází Define



Zdroj: vlastní zpracování

### Výběr projektu

Společnost XY je rozdělena na 25 výrobních středisek, jež se od sebe liší typologií výroby a procesy, které jsou pro každé středisko specifické. Ve společnosti je výkonnost procesů a zařízení měřena pomocí ukazatele OEE (Overall Equipment Effectiveness – celková efektivnost zařízení). Ukazatel OEE identifikuje procento výrobního času, kdy je zařízení

skutečně efektivní. Skóre OEE 100% znamená bezchybnou výkonnost zařízení z pohledu kvality, rychlosti výroby a prostojů. Ve společnosti je OEE vyhodnocováno za každé výrobní zařízení, ale i hromadně za každé výrobní středisko. Středisko Low Volume, na kterém je celkem používáno 16 výrobních zařízení lze rozdělit na dvě menší podstřediska dle průměrů vyráběných brzdových vedení, na podstředisku č. 1 se vyrábí pouze díly o průměru 8 mm, na podstředisku č. 2 pouze díly o průměru 4, 75 mm. Zařízeními střediska jsou dva stroje pro laserový ořez polyamidové vrstvy, dva stroje pro sražení hrany, čtyři stroje pro vytvoření tvaru spojky s protikusem tzv. koncovkačky (vytváří koncovku), ruční narážečka, ohýbačka a stříhačka, jeden hydraulický lis tzv. crimpovačka, jednoruční a dvouruční tester těsnosti a dvě robotizovaná ohýbací centra. Lokalizace střediska je zobrazena v příloze 1 na obrázku 10. Na středisku je v sériové výrobě vyráběn pouze díl „ELV 25“, ostatní výroba představuje více než 20 velice podobných výrobků, avšak díly nejsou vyráběny v sérii, nýbrž pouze nepravidelně pokud je zákazníkem požadována výroba dílů z projektů již skončených, tzv. výroba dílů náhradních. Finálními zákazníky jsou automobilky Audi v Německu, Opel ve Francii nebo Jaguar v Anglii.

### Popis výrobku ELV 25, zmetkovitost

ELV 25 je brzdové vedení (vedení pro přenos brzdové kapaliny ve vozidle) umístěné v podvozkovém prostoru vozů značky Audi. Díl je montován do systémů ABS a dohromady s dalšími podobnými díly tvoří na trase motorový prostor – brzdové třmeny kol brzdovou soustavu. Jak je znázorněno v příloze 1 na obrázku 11 díl se skládá celkem ze sedmi komponentů a dvou dodatkových součástí, které jsou před montáží na vozidlo z dílu odstraněny, slouží pouze jako krytí před mechanickým poškozením. Díl ELV 25 je 925, 2 mm dlouhý a i s dodatkovými krytkami váží 170,8 g. Základními komponenty jsou dvě ocelové trubky o délce 122 mm a 762 mm, průměru 8 mm a tloušťce stěny 0,7 mm. Jsou vyrobeny z materiálu E – Zink (předchůdce MagAlloy™), který je specifický svou vysokou korozní odolností. Trubky jsou z vnější části pokryty polyamidovou vrstvou, tedy na první pohled se může zdát, že jde o díly plastové. Obě trubky jsou k sobě zmontované flexibilní částí tzv. flexou o délce 100 mm. díky které je následná montáž u zákazníka jednodušší – díl není tak „tuhý“. Dalšími komponenty jsou tzv. hylzna (2x), která slouží jako spojka flexy a obou trubek. Na trubky jsou dále navlečeny dva šrouby M12 x 1, za které může být díl namontován na protikusy u zákazníka. V následující tabulce autor popisuje jednotlivé komponenty, jejich výkresové i slangové názvy a další detaily o ceně jednotlivých komponentů na díle a jejich počty.

Tabulka 1 Kusovník dílu ELV 25

Výkresový název komponentu	Slangový název komponentu	Počet kusů na díle	Cena komponentu (Kč)
Flexschl. 7.8 unjacketed 100mm	Flexa	1	15,12
Screw M12x1	Šroub	2	4,78
CRIMPHÜLSE RFC FÜR FLEXSCHLAUCH 7.8	Hylzna	2	3,74
Bouchon bleu M12x1	Krytka	2	1,85
8,00x0,7x122 ±0,75–DW–E_ZINK–PA 12	Kratší trubka	1	2,41
8,00x0,7x762–DW–E_ZINK–PA 12	Delší trubka	1	14,56

Zdroj: SAP systém společnosti XY, vlastní zpracování

Z dat tabulky je patrné, že celková cena dílu je **49, 09 Kč**. Po připočtení nákladů a firemní marže byla prodejní cena dílu vyčíslena na **62, 3 Kč**.

Výběru vhodného Six Sigma projektu probíhal na základě rozboru OEE výsledků. Jak je vyobrazeno na grafu 2 v příloze 1, středisko Low Volume za rok 2018 v měsíci dubnu nesplnilo definovaný cíl managementem firmy OEE min. 85%. Z dat je patrné, že snížená výkonost je spojena s vysokou zmetkovitostí a nijak nesouvisí s počty vyrobených dílů či prostoji. Jak ukazuje graf 2 v příloze 1 zmetkovitost sériové výroby (dílu ELV 25) za duben 2018 byla na středisku vyčíslena na **4,15 %**, přičemž v detailu to znamená přesně **3040 neshodných kusů** za více než **151 tis. Kč**. Celkově bylo vyrobeno **73 163 kusů za 3 650 834 Kč**. Z červencových dat byl jako největší kvalitativní problém označen defekt „**délka dílu**“. Z grafu je patrné, že z celkového objemu šlo o **2191 kusů (8,21 %)** výrobků. Další vady tvořily ve srovnání s hlavním problémem jen nedůležitou část, sestupně – vada „**problém s průměrem**“, celkem **567 kusů (1,23 %)**, vada „**deformace**“ celkem **134 kusů (0,57 %)**, vada „**špatné zalisování**“ celkem **55 kusů (0,50 %)**, vada „**poškozená koncovka**“ celkem **52 kusů (0,13 %)** a nakonec vada „**skrábanec**“ celkem **41 kusů (0,06 %)**.

V návaznosti na cíl práce lze konstatovat, že výše zmíněná data mohou být považována za výstup z rozboru současného stavu a projekt lze definovat jako projekt s cílem optimalizovat neefektivní výrobu na středisku Low Volume. Seznam konkrétních podcílů i s jejich vyčíslením lze nalézt v kapitole CTQ tree.

### **Project charter (projektové zadání)**

Prvním krokem fáze Define je zpracování projekt charter neboli zpracování projektového zadání, které by mělo obsahovat veškeré informace o projektu. Jde o rozpis modelu projektu a definování členů řešitelského týmu. Vhodné je tým sestavit ze členů pokrývajících široké spektrum odbornosti a lidí, kteří jsou do procesu zainteresováni, tedy ho dobře znají a mohou svými znalostmi být pro projekt prospěšní. Pro projekt řešený v této diplomové práci, pro projekt s titulem „**ELV 25 – problém s délkou**“ byly do řešitelského týmu jmenovány čtyři osoby. Autor práce je za díl i za středisko, kde je díl vyráběn, zodpovědný z pohledu kvality – ve společnosti pracuje na pozici inženýr kvality. Dalšími členy jsou procesní inženýr Petr Dymák, supervisor výrobního střediska Michal Nepejchal a seřizovač Lubomír Prokop. Dalšími osobami nepřímo ovlivňující výsledek projektu byly zvoleni Black Belt a vedoucí oddělení Continues Improvement pan Ondřej Kašpar, pan Martin Slavík zaštitující projekt ze své pozice manažera kvalita jako Champion a v neposlední řadě pan Oldřich Kučera – vedoucí výroby jako vlastník projektu. Všichni byly se svojí rolí v týmu seznámeni a na úvodní schůzce rozděleny úkoly a pravomoce. Čas vymezený pro práci na projektu je dán určen interní směrnici „**průžené zlepšování**“ č. QE\_c\_705\_Cze\_v04, kde je doba na realizaci projektu stanovena na 6 měsíce, s tím, že každý ze členů týmu může na projekt obětovat 20% své pracovní doby. Na projektu se pracovalo od začátku května až do konce října tzn. 111 pracovních dní, což znamená asi 178 hodin čistého času při osmihodinové pracovní době. Tyto i další souhrnné informace o projektu jsou sepsány v příloze 2 na obrázku 12.

### **Costs of poor quality (náklady za nekvalitu)**

Náklady za nekvalitu představují ušlé prostředky z důvodu nápravy vzniklé vady na díle ELV 25. Náklady zahrnují všechny laboratorní náklady, náklady na přepracování, náklady na likvidaci či náklady na materiál, které musely být z důvodu nekvality extra vynaloženy tzn. při normální situaci by byly ušetřeny. Následující rozbor vícenákladů byl rozdělen do čtyř kategorií a v plné verzi je k nahlédnutí v příloze 2 na obrázku 13. První kategorii tvoří náklady interní, zde byly vyčísleny náklady za zlepšovatelství projekt Six Sigma Green Belt, na kterém čtyři zaměstnanci firmy pracovali celkem 178 hodin. Náklad byl vykalkulován z hodinové hrubé mzdy každého zaměstnance a celková částka představuje necelých **162 tis. Kč**. Druhou kategorií



tvoří náklady externí, vynaložené při řešení a kompenzaci zákaznické reklamce v dubnu 2018. Společnost XY přesně 19.4.2018 obdržela stížnost od zákazníka Audi přičemž důvodem byla již zmíněná neodpovídající délka dílu ELV 25. Celkové náklady se vyšplhali na necelých **32 tis. Kč**. V detailu šlo o úhradu jednorázově vzniklého vícenákladů (500 Euro) za dodání dílu mimo výkresové specifikace, úhradu nákladů za interní a externí třídící akci, které vykonávali externí firmy a celkem šlo o 6 100 Kč. Zákazník dále požadovat expresní doručení nových kusů, což představovalo extra náklad za taxi dopravu do Německa za 8500 Kč. Dalšími náklady byly ušlé náklady za likvidaci 15 kusů dílů ELV 25, které vzhledem ke své odchylce v délce nebyly v procesu zákazníka zpracovatelné a administrativní náklady za řešení reklamace. Analýza Cost of poor quality může zahrnovat i rozpočet za náklady za preventivní akce vynaložené k vyřešení nestandardní akce. V rozboru o nákladech v této diplomové práci však žádné doporučné, preventivní akce neprobíhaly, proto v této části rozboru je nula. Poslední důležitým nákladem je náklad vynaložený za 100 % přeměňování dílu po výrobním procesu externí firmou a vynaložené náklady za vyhozené díly mimo, které nebyly vyhodnoceny jako díly použitelné. Celkově bylo takto od dubnové reklamace vytrženo celkem 8743 kusů, což při kalkulaci s prodejní cenou dílu ELV 25 znamená více než 552 tis. Kč. Celkové náklady za nekvalitu dílu ELV se za 6 měsíců vyšplahaly na **879 073 Kč**.

### **Časový harmonogram projektu**

Jak již bylo zmíněno v části o zadání projektu, čas vymezený na realizaci projektu je 6 měsíců, přičemž společnost XY se zavazuje k tomu, aby bylo zaměstnancům umožněno využít 20% své pracovní doby k práci na Six Sigma projektu. Na základě těchto informací byl zpracován projektový plán projektu, který definuje časový teoretický výhled na realizaci jednotlivých studií v pětikrokovém cyklu DMAIC. Jak je patrné z přílohy 2 z obrázku 14 projekt odstartoval v květnu a probíhal až do konce října letošního roku.

### **SIPOC**

Pravděpodobně nejdůležitějším krokem v části Define je zpracování digramu SIPOC, čili daigramu, který vymezuje hranice zlepšovateľského procesu. Definuje jaké jsou vstupy a výstupy procesu, kdo je dodavatelem a kdo zákazníkem. Identifikuje všechny důležité prvky procesu před zahájením práce. Po vyhodnocení diagramu SIPOC by mělo být týmu řešitelů jasné, které procesy je třeba dále zkoumat a jaké procesní výstupy měřit. Zpracování diagramu SIPOC začalo identifikací výstupu procesu, zákazníků procesu, vstupů procesu a nakonec určením procesních dodavatelů. Důležitým bodem vypracování diagramu SIPOC je i definice teoretických příčin (X), resp. procesních kroků, které mohou negativním způsobem ovlivňovat zkoumaný jev, což je v případě projektu „**ELV 25 – problém s délkou**“ délka dílu (Y). V příloze diplomové práce byl zpracován SIPOC bez fotografií a dodatečný zkrácený diagram i z fotkami procesních stanic, tedy výrobních zařízení a strojů procesů i jejich výstupů. Základní diagram SIPOC je vyobrazen v příloze 5, dodatkový vývojový diagram s fotografiemi jednotlivých výrobních kroků procesů a jeho výstupů lze nalézt v příloze 2 na obrázku 15. V následujících odstavcích budou popsány jednotlivé procesní kroky dle posloupnosti procesu výroby brzdového vedení ELV 25, s tím, že autorem jsou používány slangové názvy komponentů viz tabulka 1 v kapitole popis výrobku ELV 25, zmetkovitost.

#### **- Proces řezání komponentu kratší a delší trubka (X1)**

Je dodavateľský proces sesterské společnosti se sídlem v Německu. Výstupem řezání je dvojice trubek s délkami a výkresovými tolerancemi  $122 \pm 0,75$  mm (kratší trubka) a  $762 \pm 1,25$  mm (delší trubka) a průměru 8 mm, jejichž povrchová úprava zinku a hliníku zaručuje dlouhodobou korozní ochranu. Povrch trubky je z vnější stranou pokryt vrstvou polyamidu černé barvy, čili trubky na první pohled vypadají jako plastové. Trubky do



společnosti přicházejí v ocelových bednách tzv. bitech po tisících dle potřeb výroby. Výstup z prvního kroku, čili nařezaná kratší a delší trubka byly na základě důležitosti ke vztahu k výsledné délce brzdového vedení označeny jako vstupy procesu (X1) nutné dalšího rozboru – délka trubek totiž ovlivňuje celkovou délku výrobku dílu ELV 25.

#### - **Proces laser ořez**

Prvním interním procesem výroby dílu ELV 25 je proces laser ořez. Jde o proces, při kterém je kratší i delší trubka z každého konce vkládána do stroje, který laserovým paprskem opaluje polyamidovou vrstvu. Cílem tohoto procesu je zbavit trubky plastového nánosu na jejich koncích z důvodů dalšího mechanického opracování – tvorby tzv. F a RFC koncovek. Jelikož proces laser ořez žádným způsobem neovlivňuje délku dílu, nebude tento proces dalším předmětem zkoumání a nebude mu přiděleno žádné x.

#### - **Sražení hrany koncovka RFC (X2) a koncovky F (X3)**

Po laser ořezu je každá z trubek (kratší i delší) mechanicky opracována procesem sražení hrany soustružnickým nožem. Proces „sražení hrany koncovka RFC“ je logicky sražení na straně, kde se bude nacházet koncovka typu RFC – jsou to ty strany trubek, na které je v dalších procesech navlečena flexa. Jelikož sražení hrany bezpochyby může ovlivnit délku trubky a tím i celkovou délku finálního produktu, byl výstup po procesu sražení hrany koncovka RFC označen jako X2. Naprosto totožným procesem jako sražení hrany koncovka RFC je proces sražení hrany koncovka F. Proces „sražení hrany koncovka F“ je sražení na straně, kde se bude nacházet koncovka typu F – je to strana trubky, kde je na finálním výrobku ELV umístěn šroub M12 x 1 č. 1 i 2. Tento typ koncovky je přímým montážním bodem u zákazníka. Podobně jako u procesu předchozího, i zde je výstup z procesu sražení hrany koncovky označen jako další x – X3.

#### - **Koncování koncovky typu RFC (X4) a typu F (X5)**

Proces koncování koncovky typu RFC je proces lisování, při kterém dochází k tvorbě finálního tvaru krajů trubek. I zde je potenciální riziko, že proces koncování ovlivňuje délku trubek a tedy i finálního dílu ELV 25. I pro tento procesní výstup bylo přiděleno další x, tentokrát X4. Dalším procesem je koncování koncovky typu F. Opět jde o proces lisování, při němž je hrana trubky přetvořena do finálního tvaru, tentokrát do tvaru kužele. Podobně jako u procesu předchozího, i zde je výstup z procesu koncování koncovky F označen jako X5 – proces nutný rozboru.

#### - **Výroba flex hadice (X6) a hylzny (X7)**

Flex hadice a hylzny jsou další nakupované komponenty, které společnost XY nakupuje od svých dodavatelů a svým procesem k nim nepřidává žádnou hodnotu. Popisovat zde výrobní procesy komponentů není pro cíl této práce důležité, proto zde bude pouze uvedeno, že délka flexy a tloušťka stěny hylzen (na dílu ELV 25 jsou dvě) mohou být dalšími teoretickými x tedy ovlivňovat finální délku dílu ELV 25. Pro oba komponenty byla tedy přidělena další x, tentokrát X6 pro délku flex hadice a X7 pro tloušťku stěny hylzny.

#### - **Délka finálního dílu ELV 25 po narážení (X8)**

Proces narážení je v celkovém procesu výroby dílu ELV 25 prvním montážním procesem. V procesu narážení se kratší a delší trubka, flexa a dvě hylzny montují do sebe tzv. „narážením“, a vzhled dílu se pomalu blíží finálnímu výkresovému stavu. Není pochyb o tom, že proces narážení by mohl být dalším potenciálním faktorem ovlivňující finální délku dílu tzn. i zde je výstup procesu označen dalším x, tentokrát X8.

## - Délka finálního dílu ELV 25 po crimpování (X9)

Posledním procesem výroby dílu ELV 25 je tzv. proces crimpování. V tomto procesu je dvojice hylzen zalisována do flexy pneumatickým lisem, díl tak dostává konečný tvar a vzhled. Crimpování neboli vytvoření crimpového spoje tzv. crimpu je proces s vytvoření dokonale těsného spoje komponentů trubek a flexy. Tento spoj je poté ještě otestován na stroji ověřujícím těsnost, nicméně nejde o proces přidávající hodnotu dílu, v práci proto nebude zmiňován. I proces crimpování, může mít teoreticky vliv na finální délku dílu ELV 25, i výstup z posledního procesu bude tedy označen dalším x, tentokrát závěrečným **X9**.

Z výše zmíněných dat je patrné, že proces výroby dílu ELV 25 lze rozčlenit na meziprocesy s celkem devíti operacemi, kde jsou produkovány výstupy **X1–X9**, aby na konci celé výroby dohromady vytvořily finální díl. Zpracování digramu SIPOC tedy vedlo k cílenému výsledku, tedy porozumět procesu, definovat jeho dodavatele i zákazníky, definovat jeho vstupy a výstupy a označit důležité faktory, které mohou teoreticky být kořenovými příčinami problému s délkou. Tyto faktory budou dále pobrobně zkoumány měřením v kapitole „Measure“.

### CTQ tree

Nástroje Voice of customer (hlas zákazníka) a Critical to Quality (měřitelné požadavky na kvalitu) lze převést do jednoho přehledu s názvem CTQ tree. Očekávání zákazníka, tedy jeho potřeby jsou vyobrazeny v příloze 2 na obrázku 16, v případě projektu „ELV 25 – problém s délkou“ je požadavek zákazníka délka dílu ELV 25 (Y) ve výkresové specifikaci 925,  $2 \pm 4$  mm a interní požadavek nulový výskyt vady „délka mimo toleranci“ přičemž hlavním cílem je zrušení dodatečného přeměňování dílů za výrobní linkou. Důležité je zde poznamenat, že obě potřeby, zákaznická i interní mohou být uspokojeny zajištěním způsobilého výrobního procesu, tedy jak bylo zmíněno v předcházející kapitole, způsobilými výstupy jednotlivých procesních mezioperací X1–X9.

Kvalitativní požadavky k uspokojení potřeb zákazníka jsou tedy způsobilé meziprocesní kroky, tedy schopnost procesu produkovat výrobky v rozmezích tolerovaných technickými výkresy – tak jak ho zákazník požaduje. V další části zlepšovateľského procesu DMAIC v části „Measure“ budou proto předem definovaným a naplánovaným plánem o sběru dat tyto data sesbírána a následně ověřena vyhodnocením tzv. indexů výkonnosti krátkodobé ( $C_p, C_{pk}$ ) a dlouhodobé ( $P_p, P_{pk}$ ) variability procesu. Pro kalkulaci těchto hodnot je nutno znát spodní (USL) a horní (LSL) toleranční limity, z kterých je způsobilost počítána. Tyto data lze najít v technických výkresech, či příslušných normách. Dohromady s nominálními hodnotami každého měřitelného znaku meziprocesu jde o ukazatel, který musí být měřen a ověřen. Tyto data jsou pro všechny meziprocesy opět zmíněny v příloze 2 na obrázku 16 v části grafu CTQ – kvalitativní požadavky.

### 3.2.3 Fáze Measure

Druhou fází cyklu DMAIC je fáze Measure – měřit. Jak už název napovídá, jde o část zlepšovacého projektu jejíž cílem je zajištění nezbytných údajů o výrobním procesu dílu ELV 25. Sběr objektivních a pravdivých dat, na kterých je úspěch celého projektu postaven jsou zajištěna předem naplánovaným měřením resp. zpracováním tzv. plánu sběru dat. Fáze Measure dále pokračuje ověřením systému měření, tedy ověřením toho, zda zvolené měřidlo odpovídá příslušným požadavkům, je řádně zkalibrováno a je tudíž pro sběr dat způsobilé. Po ověření způsobilosti měřidla následuje hloubkový rozbor nasbíraných dat a identifikace kritických částí procesů, které negativně zasahují do problému s délkou řešeného dílu ELV 25. Průběh druhé fázi cyklu DMAIC je opět graficky znázorněn na obrázku 4.

Obrázek 4 Průběh fází Measure



Zdroj: vlastní zpracování

### **Plán sběru dat**

Dalo by se poznamenat, že sběr dat je jedním z nejdůležitějších kroků celé fáze. Zpracovávat data, která nesouvisí s problémem, nebo jsou dokonce nepravdivá totiž ovoce nepřinese a pro tým řešitelů by se jednalo pouze o ztrátu času. Frekvence, množství a typ dat nutná k rozboru musí tým dopředu promyslet a uvědomit si, zda sesbíraná data mohou vést k úplnému nebo alespoň částečnému odhalení příčiny problému.

Pro měření kratší trubky, flex hadice a hylzen bylo zvoleno posuvné měřítko v rozsahem měření 0 – 150 mm a přesností měření 0,01. Pro měření delší trubky byl pak zvolen digitální metr schopný měřit v rozsahu 0 – 6000 mm, opět s přesností 0,01 mm. Plán sběru dat s ohledem na variabilitu procesu dále specifikuje minimální počet měřených kusů, každou výrobní směnu, celkem od tří nezávislých osob – seřizovačů, kterými je výrobní proces nastavován a uvolňován. Pro získání co nejspolehlivějšího vzorku o výrobní způsobilosti bude měření dále opakováno vždy na začátku a na konci výroby. Celkem jde o 60 (30 kusů na začátku směny, 30 kusů na konci směny) měřených kusů každou směnu, a dohromady o 180 (3 směny) měření každého meziproceného výstupu X1–X9. Jelikož minimální počet dat pro vyhodnocení indexů způsobilosti procesu  $C_p$ ,  $C_{pK}$  nebo  $P_p$ ,  $P_{pk}$  je 30, jde o dostatečně reprezentivní vzorek na jehož základě lze výrobní proces posuzovat a vyhodnocovat.

### **Analýza systému měření**

Abychom data mohla být považována za spolehlivá, je třeba provést studii MSA (Measurement System Analysis) a vyloučit, že zvolená měřidla měří špatně. Pokud by měření bylo ovlivněno např. zainteresovaností osoby, která měření provádí nebo nezpůsobilým, nekalibrovaným či poškozeným měřidlem. Studie musí být provedena před samotným měřením, aby se v případě problému s měřidlem mohl upravit plán sběru dat, tedy zvoleno náhradní měřidlo. Pro provedení studie bylo vybráno 10 ks katší a delší trubky, aby následně byla vyzkoušena obě připravená měřidla. Na těchto vzorcích bylo následně provedeno dvakrát opakované měření, které prováděl autor této práce a procesní inženýr Petr Dýmák. Výsledky byly zapisovány do připraveného formuláře a následně vyhodnoceny ve statistickém softwaru Minitab 17. Výsledky opakovatelnosti, reprodukovatelnosti (studie R&R) jsou přiloženy v příloze 3 na obrázku 17 – vyznačeno červeným obdélníkem. Z výsledků R&R = 7, 16 a 11, 43 je patrné, že měřicí systém je přípustný pro posuvné měřítko 0 – 150 mm a podmíněně způsobilý pro digitální metr 0 – 6000 mm.

### **Ověření způsobilosti procesu**

Způsobilost procesu je důležitý procesní parametr, udávající schopnost procesu vyrobit díl ve výkresových specifikacích, tedy vyhovět CTQ – požadavkům zákazníka. Z úvodních dat je evidentní, že výrobní proces způsobilý není viz. vysoká zmetkovitost dílu ELV 25 díly vyřazené kvůli nevyhovující délce. Cílem této části fáze „Measure“ bylo určit problematický krok výrobního procesu na základě vyhodnocených způsobilostí každého výstupu X1–X9. Indexy způsobilosti se definují na základě průmyslového odvětví a požadavku zákazníka. V automotive a tedy i ve společnosti XY je minimální přípustná způsobilost minimálně 1,33. Data sesbíraná v předchozí části byla vyhodnocena opět v programu Minitab 17 a jsou zpracována v příloze 3 na obrázku 18 a 18. Každý z 12 grafů zobrazuje Gaussovu křivku a rozložení dat v tolerancích

LSL a USL, která jsou pro každý procesní výstup viz CTQ v příloze 7. Důležitou informací v grafu je hodnota „Sample N“ = 180, kde je potvrzeno množství vstupních dat, tedy 180. V pravé části grafů je pak vypočteny indexy krátkodobé i dlouhodobé výkonosti procesů. Protože data byla dle plánu sběru dat rozdělena tj. stratifikována podle příznaků seřizovač, směna a fáze výroby, lze způsobilost procesu hodnotit dlouhodobými indexy výkonosti Pp, Ppk. Výsledky z rozborů způsobilosti přiložené v příloze 9 lze interpretovat následovně.

**X1, kratší trubky** – necentrováný proces s nízkou variabilitou, Ppk 3,63 – proces krácení kratších trubek u dodavatele je proces způsobilý a netřeba ho dále zkoumat.

**X2, delší trubky** – necentrováný proces s nízkou variabilitou, Ppk 2,82 – proces krácení delších trubek u dodavatele je proces způsobilý a netřeba ho dále zkoumat.

**X3(K), kratší trubky po sražení** – necentrováný proces s vysokou variabilitou, Ppk 1,38 – proces srážení kratších trubek ve společnosti XY je proces podmíněně způsobilý (výsledek na hraně), proces netřeba dále zkoumat.

**X3(D), delší trubky po sražení** – necentrováný proces s vysokou variabilitou, Ppk 1,36 – proces srážení delších trubek ve společnosti XY je proces způsobilý a netřeba ho dále zkoumat.

**X4(K), kratší trubky po RFC koncování** – necentrováný proces s vysokou variabilitou, Ppk 1,41 – proces RFC koncování kratších trubek ve společnosti XY je proces způsobilý a netřeba ho dále zkoumat.

**X4(D), delší trubky po RFC koncování** – centrováný proces s vysokou variabilitou, Ppk 1,46 – proces RFC koncování delších trubek ve společnosti XY je proces způsobilý a netřeba ho dále zkoumat.

**X5(K), kratší trubky po F koncování** – centrováný proces s vysokou variabilitou, Ppk 1,54 – proces F koncování kratších trubek ve společnosti XY je proces způsobilý a netřeba ho dále zkoumat.

**X5(D), delší trubky po F koncování** – necentrováný proces s vysokou variabilitou, Ppk 1,55 – proces F koncování delších trubek ve společnosti XY je proces způsobilý a netřeba ho dále zkoumat.

**X6, délka flex hadice** – necentrováný proces s nízkou variabilitou, Ppk 2,34 – proces výroby flex hadice u dodavatele je proces způsobilý a netřeba ho dále zkoumat.

**X7, tloušťka stěny hylzny** – centrováný proces s nízkou variabilitou, Ppk 5,71 – proces výroby hylzny z pohledu tloušťky stěny je proces způsobilý a netřeba ho dále zkoumat.

**X8, délka dílu po naražení** – necentrováný proces s vysokou variabilitou, hodnoty mimo tolerance. Ppk 0,96 – nezpůsobilý proces, který je třeba dále zkoumat!

**X9, délka dílu po crimpování** – necentrováný proces s vysokou variabilitou, hodnoty mimo tolerance. Ppk 0,36 – nezpůsobilý proces, který je třeba dále zkoumat!

### **Identifikace kritických procesů**

Z výše uvedených je patrné, že proces výroby dílu ELV 25 je až do fáze X7 naprosto v pořádku. Kritickými procesy, na které se tým řešitelů musí dále zaměřit, **jsou procesy X8 a X9 – narážení trubek do flex hadice a jejich následné spojení zalisováním**. Z výše uvedených dat je patrné, že již proces X8 vnáší do celkové délky značnou nestabilitu, přičemž následující proces X9 není schopen tyto odchylky eliminovat. Cílem dalších částí zlepšovateľského projektu Six Sigma bude zjistit příčiny této nestability, situaci objasnit a definovat nápravné akce vedoucí k optimalizaci výrobního procesu.

### 3.2.4 Fáze Analyze

Ve třetí fázi Analyze, neboli česky analyzovat, by měly být vygenerovány seznamy teoretických příčin problému nezpůsobitelného procesu X8. Má-li být pravá příčina správně identifikována, je nutné hledat viníky ověřenými metodami. V opačném případě by se mohlo stát, že úsudek týmu řešitelů bude ovlivněn domněnkami na základě zkušeností. V praxi se totiž často stává, že obvyklé podezřelé příčiny nejsou podloženy fakty a brzké uzavírání zlepšovateľských projektů nemusí být správně dotaženo do konce. Vyhnout se takovému předčasnému úsudku bude ve fázi Analyze docíleno systematickým postupem zpracování pěti na sebe navazujících studií. Cílem bádání bude připravit seznamy možných příčin, tyto seznamy zúžit a prioritizovat nejdůležitější možnosti. Využit bude diagram rybí kosti neboli Ishikawův diagram, který slouží k seskupení a prezentaci nápadů z brainstormingu. Ty jsou dále seskupeny v matici, kde dle váženého skóre lze určit příčiny nejvíce pravděpodobné. Správnost úsudku a označení nepochybných příčin lze podložit regresní analýzou. Tyto studie srovnávají variaci Y způsobenou různými faktory X. Posledním nástrojem, který byl ve fázi Analyze použit je rozhodovací analýza. Tu lze použít v případě, kdy je před týmem důležité rozhodnutí a možnost výběru řešení je nejisté. V případě této práce bude rozhodovací analýza využita pro výběr nejlepší alternativy nápravného opatření k řešení problému s délkou dílu ELV 25. Průběh třetí fáze cyklu DMAIC je opět graficky znázorněn na obrázku 5.

Obrázek 5 Průběh fáze Analyze



Zdroj: vlastní zpracování

#### Ishikawa diagram

Diagram rybí kosti, neboli diagram příčin a následků představuje jedinečný způsob seskupování a prezentace nápadů z brainstormingu. Hlavní část diagramu, tzv. „rybí hlavu“ tvoří zkoumaná příčina, jak bylo osvětleno v kapitole 3.2.3, nezpůsobitelný proces X8, narážení. Konkrétní bližší informace o procesu byly na týmové poradě vyvolány zaměřením se na účinné a ověřené okruhy – člověk, zařízení, metoda, materiál, prostředí a měření. Cílem bylo odpovídat na otázky „Proč je výrobní proces X8 – narážení nezpůsobitelný“ z pohledu každé kategorie, tyto informace diskutovat, postupně třídit a následně ty opodstatněné zapisovat do vedlejších částí diagramu tzv. „kostí ryby“. Opakovaným dotazováním se otázky „Proč to považujeme za možnou příčinu?“ bylo cílem dostat se dostatečně hluboko do problematiky a odhalit kořenovou příčinu vzniku. V příloze 8 lze vidět již v elektronické formě zpracovaný diagram příčin a následků vytvořený v meetingové při společných poradách týmu. Potenciální příčiny byly rozepsány v příloze 4 na obrázku 20.

#### Maticе příčin a následků

Aby byla kořenová příčina skutečně odhalena je důležité si potenciální příčiny uspořádat dle priorit. Z Ishikawa diagramu vyplnilo více než dvacet potenciálních příčin, nicméně každá z nich je důležitá různou vahou. Pro vyhodnocení důležitosti jednotlivých příčin byla použita matice příčin a následků. Matice slouží pro určení důležitosti každé jedné příčiny na základě jejich váženého skóre vzhledem k vážícím parametrům. Prvním nejdůležitějším vlivem je samozřejmě vliv na délku dílu ELV 25, který byl ohodnocen vahou 9. Kromě primárního cíle a výstupu jsou v matici dále posuzovány vlivy na sekundární výstupy, konkrétně vliv na ostatní ukazatele výkonosti procesu OEE. Vlivu na prostoje výrobního zařízení a vlivu na rychlost stroje byly přiděleny váhy 5 resp. 1. Po roznásobení a součtu těchto násobků lze výsledky

interpretovat následujícím způsobem. Kořenovou příčinou, tzv. příčinou **TOP 1** byla s celkových **váženým skóre 111** určena příčina z větve „Stroj“ ve spodní pravé části Ishikawova diagramu. Tým se po opakovaných střetnutích, na základě zkušeností, pozorování procesu a na základě sesbíraných dat shodl na kořenové příčině **„ztráta tlaku porušeným nebo vadným pneumatickým vedením“**. Za ostatní důležité příčiny lze označit příčiny do pozice čtvrté, které shodně dostali 9 bodů za extrémní vliv na délku dílu ELV 25. Jde o **TOP 2 – „nefunkční manometr“** s výslednou vahou 109 a **TOP 3 – „neexistující instrukce pro nastavení tlaku nárazem“** s vahou 99 bodů. Stejnou vahou byla vyhodnocena i příčina **TOP 4 – „chybějící Poka–Yoke“**, tedy elektronický nebo mechanický systém, schopný odhalit díl mimo tolerance. V navazujícím odstavci je v krátkosti popsáno jak spolu jednotlivé příčiny souvisí a proč jde skutečně o výčet příčin kořenových. Matice příčin a následků je znázorněna v příloze 4 na obrázku 21.

### Určení kořenových příčin

Jak již bylo zmíněno v kapitole Define – diagram vstupů a výstupů (SIPOC), proces nárazem dílu ELV 25 je prvním montážním procesem. V procesu se kratší a delší trubka, flexa a dvě hylzny montují do sebe tzv. „nárazem“. Jde o proces, který je možné provést pouze za působení určitého tlaku. Tento tlak poskytuje pneumatické vedení, které přivádí stlačený vzduch z kompresorovny. Pomocí pneumatického válce tzv. tlačného média jsou rozpořehovány jednotlivé části nárazecího stolu a komponenty, které jsou v částech stolu fixovány speciálními držáky, jsou pohybem „k sobě“ – nárazem, spojovány silou do sebe. Následkem ztráty tlaku v pneumatickém vedení, tedy příčinou TOP 1 se stal proces nárazem neefektivní. Během kontroly stroje byla vyzorována ztráta tlaku poškozenou spojkou hadic pneumatického vedení, která způsobovala kolísání tlaku ve vedení. Manometr, který tlak monitoruje, nebyl v čase kontroly funkční. I kdyby byl, na pracovišti v čas pozorování procesu neexistovala instrukce, která by definovala jak tento tlak na manometru hlídat. Parametr, který je potřebný pro dokonalé nárazem tedy nebyl pro obsluhu stroje zřejmý. Tři příčiny dohromady znamenaly, že výrobní linka vyrobila díl mimo toleranci. Lze tedy konstatovat, že působení příčin TOP 1 – TOP 3 je příčinou vyrobení dílu mimo toleranci. Absence elektronického systému, tedy příčina TOP 4 je příčina nedetekce, tedy toho proč nebyl díl s délkou mimo toleranci odhalen ihned po vyrobení.

Pro potvrzení zmíněných tvrzení, byla v další části práce vypracována regresní analýza. Popsán byl vztah tlaku nárazem na výslednou délku dílu ELV 25.

### Regresní analýza

Regresní analýza je užitečná statistická metoda, kterou lze použít pro určení míry ovlivnění závislých proměnných s hypotézami. Těm se také odborně říká proměnné nezávislé. V případě problému s délkou šlo v průzkumu o to, určit, jak příčina TOP1 – ztráta tlaku v pneumatickém vedení (označeno „P“ = symbol pro označení fyzikální veličiny tlaku) ovlivňuje výslednou délku dílu (Y). Cílem je odhadnout vztah co nejpřesněji. Pro zpracování regresní analýzy bylo nutné vytvořit komplexní datovou množinu s dostatečným množstvím vstupů ( $P_1 P_2 \dots P_n$ ), tedy různým nastavením vstupního tlaku. Definovány byly pět kategorií – 8,1, 8,2, 8,3, 8,4 a 8,5 barů, na jejichž postupné nastavení bylo vyráběno brzdové vedení ELV 25. Výsledkem je tabulka dat se sto řádky dat o délce tj. dvacet vyrobených kusů na jedno nastavení. Pozorována byla silná lineární regrese klesajícího trendu se vztahem délka dílu (Y) = 995, 1 – 8,227 tlaku nárazem (P). Jinými slovy, při zvýšení P se snižuje Y, a to konkrétně o 0,8227 mm při změně o 0,1 baru. Celkem 95% variace v délce Y lze vysvětlit vlivem P, což lze považovat za úspěch, nicméně zbylých 5% je ovlivněno ještě jinou nezávislou proměnnou. Ideální hodnota pro splnění nominální délky je dle lineární křivky pro hodnotu Y= 925,2 tlak P o hodnotě 8,45 barů. V příloze 4 na obrázku 22 je regresní analýza vyhotovená v programu Minitab 17 k nahlédnutí.

Regresní analýza potvrdila tvrzení o nejzávažnější příčině TOP 1 z matice příčin a následků. Potvrdila, že úsudky a zjištění týmu byly správné, a že ztráta tlaku v pneumatickém vedení ovlivňuje délku dílu. Čím větší tlak, tím lépe jsou komponenty do flexy naražené a měřená hodnoty délky blíží se nominální výkresové délce.

### 3.2.5 Fáze Improve

Improve neboli v češtině vylepšit je čtvrtá fáze cyklu Six Sigma DMAIC. Cílem této fáze je určení řešení, které eliminuje problém řešený v předchozích třech fázích a na základě měřitelných a relevantních dat šetří peníze. Hlavními činnostmi fáze je brainstorming účastníků projektu, testování řešení, která připadají v úvahu a posuzování výsledků provedených změn. Většinu času před zahájením implementace v plném rozsahu tým zamýšlená řešení testuje ve zkušebním provozu výrobními trialy a testy. Logické je vybrat si řešení nejefektivnější, investovaný čas a úsilí do potvrzení vhodnosti zlepšováků tedy nelze považovat jako zbytečný.

Aby vše dávalo smysl fáze Improve je vypracována opět na základě systematického postupu definovaného teoretickou podstatou procesu DMAIC. V prvním kroku bude sestaven seznam potenciálních řešení, která by měla problém s délkou fixovat. Před samotnou implementací bude v dalších odstavcích vypracována také rozhodovací analýza. Ta pomáhá ve chvíli, kdy je před týmem důležité rozhodnutí a výběr toho nejlepšího se zdá být nejistý. Následovat bude část implementace, ve které bude zvolené opatření detailně popsáno a realizováno. Posledním důležitým krokem je ověření účinnosti. Řeč je o porovnání minulého, původního stavu na začátku projektu se stavem po zavedení řešení a opodstatněné porovnání. Protože vstupním rozbohem a pomůckou k identifikování problematického procesu byla studie o způsobilosti procesu, bude i ve fázi „porovnání před/po“ pracováno se způsobilostí procesu. Porovnány tedy budou indexy způsobilosti Pp, Ppk s pozorováním a komentářem jejich rozdílů.

Obrázek 6 Průběh fází Improve



Zdroj: vlastní zpracování

#### Seznam potenciálních řešení

Seznam potenciálních řešení představuje veškerá opatření, která vyplivula při brainstormingu za tím účelem svolaným. Tým dal dohromady čtrnáct potenciálních řešení na TOP 5 příčin s délkou, ale i opatření na příčiny ostatní. Tedy opatření na příčiny, které problém s délkou ovlivňují nepřímo nebo velice okrajově. V příloze 5 na obrázku 23 je simulován kartičkový seznam vytipovaných opatření, tedy seznam, který je standardně výstupem brainstormingu. V meetingové místnosti, na magnetické tabuli se kartičky postupně vyplňují nápady členů týmu, aby na konci této skupinové akce byl zpracován onen kýžený seznam opatření. Jde „pouze“ o přípravu na další krok fáze Improve – určení nejdůležitějších řešení, kdy se za použití matice přínosů a úsilí tyto opatření prioritizují.

#### Určení nejdůležitějších řešení

Přiřazování priorit je prováděno ze dvou pohledů. Pohled na přínos opatření, tedy jakou vahou při škále hodnocení 0–5, kdy 0 = žádný a 5 = vysoký, opatření řeší problém s délkou dílu ELV 25. Druhým pohledem je identifikace obtížnosti řešení, kdy opět na škále v rozmezí 0–5 je posuzována obtížnost realizace. Hodnocení 0 představuje bezproblémovou, rychlou implementaci, zatímco hodnocení 5 říká, že zavést opatření v účinnost nebude úplně jednoduché. Cílem zpracování matice přínosů a úsilí je najít neideálnější variantu a definovat



nejefektivnější řešení na rovině obou pohledů. Jak lze pozorovat v příloze 5 na obrázku 24, řešení, která budou implementována v první řadě, jsou „repose pneumatického vedení“, „tvorba instrukce pro nastavení tlaku“ a „výměna manometru“. Tyto opatření byla vyhodnocena jako opatření, která lze implementovat jednoduše a jejich přínosy pro eliminaci problému s délkou jsou vysoká. Druhou skupinou opatření jsou opatření s vysokým přínosem, avšak jejich realizace představuje vyšší finanční a časové zatížení pro firmu, tudíž budou realizována až na druhém místě. Důležité je zde zmínit, že z trojice opatření „laserové odměřování délky“, „digitální odměřování délky“ a „kamerové hlídání pozice naražení flexy do hylzny“ nemusí být vybrány všechny a navíc výběru ideálního bude v další fázi práce předcházet rozhodovací analýza. Třetí skupinu opatření tvoří opatření, která problému s délkou ovlivňují nepřímo nebo vůbec, avšak jejich implementace zvyšuje hodnotu výrobního střediska z pohledu přístupů Lean – neustálého zlepšování. Opatření jsou na ose přínosy hodnocena skórem blízkým 0 a i jejich obtížnost realizace je nízká. Řeč je o „lepší vizualizaci pracoviště“, „tvorbu plánu preventivní údržby“, „školení seřizovačů a operátorů“, „výrobu nových regálů pro uskladnění surového materiálu“ a „nové držáky pro dokonalé navedení na střed“. Poslední skupinou opatření tvoří akce, jejichž realizace má nízký přínos pro eliminaci problému s délkou a navíc by jejich realizace byla zdoluhavá a obtížná. Tyto akce byly blíže popsány v kapitole zhodnocení a doporučení. „Vylepšení toku materiálu“, „nový layout pracoviště“ a „vylepšení 6S na pracovišti“ nesouvisí s hlavním cílem práce, tudíž v práci jsou rozebrány na rovině úvah a doporučení.

### **Rozhodovací analýza**

Před samotnou implementací opatření z druhého „koše“, bude na tomto místě třeba zmínit rozhodovací analýzu. Tu je dobré použít, když je před týmem důležité rozhodnutí a rozhodnutí nejlepšího řešení je nejisté. Základním účelem rozhodnutí je vybrat dodavatele a konkrétní typ elektronického Poka–Yoke pro zabezpečení procesu proti vyrobení dílu ELV 25 s délkou mimo výkresovou specifikaci. Vybíráno bylo ze tří zařízení od tří různých dodavatelů viz předcházející kapitola. Po stanovení cíle rozhodování bylo nutné určit hodnotící kritéria – jak je předmět rozhodnutí ovlivněn časem, náklady, zákazníky nebo managementem. Kritériím byly dále přiděleny typy „musí = M“ a nebo „Chceme = 1–10 dle důležitosti, kde 1 = nedůležité a 10 = vysoká důležitost. Nezbytné bylo i definovat měřítko v jakém jsou jednotlivá kritéria měřitelná. Šlo o výstup tzv. binárního rozhodnutí ANO/NE, počet měsíců a přesnost zařízení v milimetrech. Dalším krokem rozhodovací analýzy bylo vytvoření alternativ, tedy možných voleb z kterých bude rozhodováno. To jsou již zmíněné laserové, digitální či kamerové odměřovací systémy. Konfrontací alternativ s kritérii „M = musí být“ a „Chceme = skóre 1–10“ tj. vynásobením vah kritérií s přidělenými body za uvažovaný produkt bylo výsledným skóre určeno pořadí vhodnosti jednotlivých zařízení. Celkovým „vítězem“ se stalo kamerové hlídání pozice pro naražení flexy do hylzny od dodavatele Keyence se ziskem 400 bodů. Druhé místo patřilo digitálnímu odměřování of firmy MTS se skóre 380 bodů a třetí, poslední místo obsadilo odměřování laserové se ziskem 342 bodů. Po určení výsledných skóre bylo dále uvažováno nad možnými nežádoucími efekty zvolených alternativ. Ty jsou pro každý produkt totožné a jde o jejich poruchovost. Výpadek zařízení by totiž znamenal návrat k původnímu stavu, tedy narážecí stroj bez Poka–Yoke. I tento faktor hrál v rozhodování zásadní roli. Laserový odměřovač byl totiž poptán u neověřeného dodavatele. Dohromady s vyšší pořizovací cenou byla neproukoumaná spolehlivost zásadním důvodem pro ustoupení od varianty. Celá rozhodovací analýza je k nahlédnutí v příloze 5 na obrázku 25.

### **Implementace opatření**

Zavedení nápravných opatření probíhalo ve dvou vlnách. Okamžitá opatření z první skupiny matice přínosů a úsilí bylo možné realizovat prakticky okamžitě, konkrétně to bylo v týdnu 34



viz plán Six Sigma v příloze 2 obrázek 13. I co se týče nákladů, nebyly tato opatření pro firmu velkou zátěží. K repasi pneumatického vedení bylo použito pneumatické příslušenství ze skladových zásob údržby. Konkrétně šlo o 2 kusy pneumatického válce, jeden regulátor tlaku, tlakový filtr, trubkové a hadicové spojky, tlakové hadice i zmiňovaný manometr – analogový ukazatel stlačeného vzduchu. Všechny komponenty byly skladem ve společnosti XY, nicméně cena této revitalizace byla vyčíslena na **24 599 Kč**. Po repasi pneumatického vedení bylo také nutné vytvořit příslušnou instrukci, která definuje obsluhu, parametry nastavení či četnost a detaily kontroly tlaku. Jak již bylo zmíněno v kapitole regresní analýza, ideální tlak (P), zabezpečující nominální délku dílu ELV 25, resp. správnost naražení byl stanoven na 8 barů. Kontrola dle instrukce bude probíhat vždy na začátku a na konci výrobní směny s tím, že je požadován záznam do formuláře, jako důkaz o tom, že kontrola byla provedena. Seřizovač směny pak svým podpisem stvrzuje, že manometr kontroloval. Instrukce definuje i postup eskalace v případě zjištění nastavení tlaku nesprávného. Ve druhé vlně inovování, v týdnu 35, bylo třeba asistence specializované firmy reps. výrobců jak digitálního odměřování, tak kamerového snímání. K instalaci elektronických zařízení, spárování s řídicím systémem narážečky Siemens a celkově k uvedení do chodu bylo za potřebí následujících technických úprav a akcí (cenové nabídky dodavatelů MTS a Keyence, 2018).

- **Softwarová příprava u dodavatelů**

Naprogramování odměřovacích zařízení pro spárování s řídicím systémem narážečky. Cena přípravy **3 499 Kč**.

- **Digitální odměřování a kamera Keyence – zařízení do výroby + náhradní na sklad**

Kamera Keyence IV 500CA – samoučící kamerový systém s jednoduchým rozhraním pro aplikace kontroly přítomnosti, měření barvy či kontroly kvality – 2 kusy.

Digitální odměřování MTS – odměřovací systém s velkým čtyřčíslovým digitálním displejem, instalace na pneumatický válec, kde hlídá pozici vyjetí/zajetí pístnice, jinými slovy pozici naražení – 2 kusy. Cena zařízení (4 ks) **193 999 Kč**.

- **Mechanická příprava na narážecím stroji – výroba držáků, lyžin**

Výroba držáků pro ukotvení kamery v požadovaném úhlu, výroba lyžin pro ukotvení digitálního odměřování v blízkosti pneumatického válce. Cena úpravy **10 499 Kč**.

- **Zapojení a kalibrace na díl ELV 25.**

Zapojení ke zdroji napětí svazky kabelů a kalibrace měření na díl ELV 25. Cena služby **1 899 Kč**.

- **Montážní příslušenství, kabelové svazky, rekukční spojky**

Montážní materiál. Cena materiálu **1 049 Kč**.

V další kapitole je porovnán stav před/po úpravě na narážecím stroji. Porovnány jsou dlouhodobé výkonosti procesu Pp, Ppk.

### **Porovnání před/po**

Důležitým krokem fáze Improve je porovnání stavů před a po implementaci nápravných opatření. Fakta bez dat nejsou fakta aneb to co není podloženo čísly jako by nebylo. Porovnávají budou indexy způsobilosti vypočítané z dat po výrobním ověřovacím trialu tzv. pilotu. Pilot byl proveden za účelem potvrzení očekávaných výsledků a praktičnosti řešení. Nevýhodou provedení pilotu je ztráta času ve výrobě, nicméně ověřovací zkouška je nezbytným

testem pro ověření zlepšení, a tak vše bylo majitelem procesu – manažerem výroby povoleno. Aby se výstup z pilotu co nejvíce podobal výstupu z plánu sběru dat ve fázi Measure. Díl ELV 25 byl tedy vyráběn opět třemi seřizovači po jednu směnu. Počet vzorků byl definován stejně jako předtím na 180 ks, nicméně výroba již nebyla rozložena do směn. S ohledem na příčinu definovanou jako příčinu strojového charakteru nebylo třeba proměnnou „směna“ do pilotu vnášet. Pilot proběhl v týdnu 39 a trval celé odpoledne. Kusy byly měřeno na ověřených měřidlech z fáze „analýza systému měření“ aby následně mohla být v programu Minitab 17 vypočteny způsobilosti procesů X8 – X9 po nápravných opatřeních. Výsledky z rozborů způsobilosti přiložené v příloze 5 na obrázku 26 lze interpretovat následovně.

**X8, délka dílu po naražení** – necentrováný proces s nízkou variabilitou, hodnoty v toleranci. Ppk 1,86 – způsobilý proces, změna k lepšímu evidentní.

**X9, délka dílu po crimpování** – centrováný proces s nízkou variabilitou, hodnoty mimo tolerance. Ppk 3,85 – způsobilý proces, změna k lepšímu evidentní.

Z výsledků je patrné, že nastavení tlaku na konstantní hodnoty a hodnoty optimální určené v regresní analýze poskytují výstup (délka dílu ELV 25) po procesu X8 – naražení kolem 923 mm. Jak již bylo zmíněno v kapitole „ověření způsobilosti procesu“ díl se po procesu X9 – crimpování „natahuje“ o cca 2 mm a dostává se tak na takřka nominální hodnoty délky kolem 925 mm. Důkazem je Ppk po posledním procesu o hodnotě 3,85, což lze považovat za vynikající výsledek a takřka dokonalý proces. Zlepšení je patrné i na ukazatelích PPM, tedy počtu neshodných kusů na milion dodaných. Zde by se mohlo zdát, že výsledky jsou až neuvěřitelné, nicméně nulové hodnoty mimo tolerance ve fázi „po“ znamenají skutečně nulové PPM. Následující tabulka 2 shrnuje důležité informace z přílohy 5 obrázku 26 a 27, tedy to jak se proces změnil z pohledu důležitých kvalitativních ukazatelů.

Tabulka 2 Porovnání důležitých kvalitativních ukazatelů „před“ a „po“ zavedení nápravných opatření v procesu X8 – naražení

Brzdové vedení ELV 25, "před" a "po"		PŘED	PO
X8 - naražení	Průměrná měřená délka (mm)	926,45	923,55
	Stabilita	nestabilní	stabilní
	Ppk	0,96	1,86
	IPPM	11033	0
X9 - crimpování	Průměrná měřená délka (mm)	928,53	925,51
	Stabilita	nestabilní	stabilní
	Ppk	0,36	3,85
	IPPM	298123	0

Zdroj: data z fází Measure a Porovnání „před/po“, vlastní zpracování

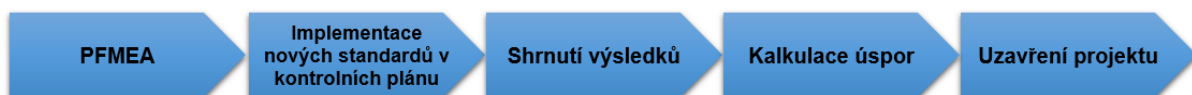
Po potvrzení zlepšení lze přejít v dalších částech práce ke rekapitulaci výsledků, standardizaci nových pravidel či kalkulaci úspor projektu. Částí uzavření projektu bude pětifázový DMAIC cyklus u konce, nicméně v kapitole hodnocení a doporučení bude dále pojednáváno o dalších

možnostech zlepšení nejen konkrétního procesu výroby, ale i zlepšeních z pohledů toku materiálu, úsporu místa výrobního střediska či 6S a vizuálního managementu.

### 3.2.6 Fáze Control

Zavěrečná fáze projektu Six Sigma se nazývá Control, českými slovy kontrolovat. Půjde v ní o to zajistit, aby dosažené usilí bylo zdokumentováno a poučení z výsledků plynoucí vryto do interních standardů společnosti. Standardizace prováděná takovýmto způsobem je nezbytná a neměla by být opomíjena. V opačném případě hrozí, že projekt sice přinese procesní změny, ale reálně mnohé poběží dle starých pravidel. Nazmar by tak přišlo úsilí, čas a peníze do projektu vložené. I v poslední fázi cyklu DMAIC bylo postupováno dle příslušných teoretických doporučení. Jednotlivé kroky fáze Control jsou opět popsány níže na obrázku 7. Jelikož je dobré mít procesní rizika i případné trable z nich plynoucí zmapované, byla v první části posledního procesu aktualizována PFMEA i kontrolní plán. Oba nástroje jsou si navzájem blízké a informace uváděné v nich jsou propojené. Závěrečné kapitoly pojednávají o splnění či nesplnění cílů projektu, reálných úsporách po zavedení nápravných opatření a slavnostním uzavření projektu resp. předání výsledků majiteli procesu – výrobnímu manažerovi.

Obrázek 7 Průběh fází Define



Zdroj: vlastní zpracování

#### PFMEA

PFMEA je preventivní nástroj, který slouží k identifikaci a upřednostnění možných příležitostí pro preventivní opatření. Prvním krokem je identifikace potenciálních vad, jejich projevů a následků v případě, že se díly dostanou až k zákazníkovi. Příčiny a jejich následky jsou ve PFMEA posuzovány a hodnoceny ze tří pohledů – závažnost, výskyt, odhalitelnost. Každé z těchto potenciálních událostí je pro celkové vyhodnocení přidělena váha 1–10 dle typických ratingových stupnic PFMEA. Po roznásobení je vypočteno celkové RPN – rizikové číslo. Čím je rizikové číslo vyšší, tím více je zákazník ohrožen. V praxi obecně platí, že na vadu ohodnocenou  $RPN > 100$ , je třeba je zaměřit a definovat nápravné akce. O analýze PFMEA, jejím teoretické podstatě a detailním postupu zpracování se autor zmiňuje v teoretické části práce v kapitole 2.3.3 – DMAIC.

Jelikož PFMEA je „živý“ dokument, jeho aktualizace se dle interních směrnic společnosti provádí vždy jednou za měsíc, či v případě reklamace neprodlěně po definování nápravných akcí. Aktualizace PFMEA proběhla na začátku týdne 37. Tým se sešel s cílem standardizovat nová zjištění a definovat současné RPN pro vadu „délka dílu“. PFMEA procesu narážení obsahuje celkem 7 potenciálních chyb/vad procesu, ze kterých potenciální následek „délka dílu mimo toleranci“ je hodnocen vysokým  $RPN = 192$ . Aktualizací PFMEA byla do k vadě „délka dílu“ přiřazeno celkem 10 příčin viz již zmiňovaná matice příčin a následků v kapitole Analýze. Zavedená okamžitá opatření a elektronická Poka–Yoke na narážení stroj znamenala po novém propočítání a vyhodnocení rizik z pohledu výskytu a odhalitelnosti zásadní změnu směru k lepšímu. Hodnocení z pohledu závažnosti se samozřejmě nezměnilo, délka dílu mimo toleranci by pro zákazníka znamenala stejný průsvih jako na začátku projektu. Důkazem zlepšení nové  $RPN = 48$ , které je násobkem osmibodového hodnocení za závažnost, tříbodového hodnocení za výskyt a dvoubodového za odhalitelnost. Dle hodnotících tabulek

FMEA lze závažnost, výskyt a odhalitelnost vady „délka dílu“ definovat následovně. PFMEA je k nahlédnutí připojena v příloze 6 na obrázku 28 a 29.

*Závažnost = 8 bodů:* Ztráta primární funkce (vozidlo je nepojízdné, neovlivňuje bezpečný provoz vozidla). Hodnota 8 byla k závažnosti přiřazena s tím, že není počítáno s montáží na vozidlo. Dle zkušeností týmu a informací získaných při řešení reklamace na jaře 2018 je každý díl zákazníkem odhalen už v procesu ohýbání, kde z důvodu délky mimo toleranci zastavuje výrobu. V případě detekce až na vozidle, na montážní lince automobilky Audi, či dokonce až u finálního zákazníka – řidiče, používajícího vozidlo, by hodnocení za závažnost muselo být vyšší. Při ohrožení bezpečnosti vozidla totiž doporučená hodnotící kritéria FMEA specifikují hodnocení 9 nebo 10.

*Výskyt = 3 body:* Počet případů na počet vozidel – malý (1 ze 100 000 případů).

*Odhalitelnost = 2 body:* Automatické Poka–Yoke ve výrobní lince (narážecí stroj), které zabrání vyrobení neshodného dílu.

Na základě výše zmíněného lze považovat zavedená nápravná opatření jako efektivní. Ostatních šest příčin z matice příčin a následků nijak ke snížení RPN nepřispěly. Akce na jejich vyřešení totiž nebyla definována. Důvodem je to, že jde o příčiny, které délku dílu ovlivňují nepřímo nebo vůbec. Autorem však byl v závěrečné kapitole doporučen další postup řešení těchto minoritních problémů. Kapitola pojednává především o změně uspořádání výrobního střediska – novém strojovém rozestavení a efektivnějším toku materiálu.

### **Implementace nových standardů v kontrolním plánu**

Ve světě řízení jakosti je kontrolním plánem písemné shrnutí procesu. Jsou zde popsány kroky (měření, kontrola parametrů strojů aj.), které je třeba na pravidelné bázi provádět, aby byl zajištěn chod procesu dle požadavků zákazníka. Kontrolní plány společnosti XY jsou řízeny v programu Palstat a typicky obsahují sedm položek řízení procesu: procesní krok – název, znaky výrobku nebo procesu, klasifikace speciálních znaků (zda jde např. o bezpečnostní díly), specifikace měrného bodu a tolerance, název měřidla a metodu měření, četnost měření a popis toho, kdo akci provádí a kam výstup z ní zapisuje. Kontrolní plán pro proces samozřejmě existoval už od na počátku rozjezdu výrobního střediska, nicméně je nutné opět provést jeho aktualizaci podobně jako v případě PFMEA. Implementace nových standardů (kontrol) se totiž přímo nově zavedených opatření. Nové měřicí a ověřovací metody byly definovány a v účinnost ve výrobě zavedeny v týdnu 38 a 39. Jde o tyto procesní/kontrolní mechanismy.

- Nová kontrolní operace nastavených parametrů stlačeného vzduchu na manometru. Dle výsledků regresní analýzy je optimální hodnota tlaku 8,45 barů. Prováděno vždy na začátku a na konci směny se zápisem do formuláře.
- Nová kontrolní operace preventivní údržby. Definováno ověřování správné funkce kamerového snímání pozice naražení i digitálního odměřování. Zařízení budou validována 1 x týdně na předem připravené referenční vzorky – díly, které jsou dopředu vyrobeny o nominální délce. Obě zařízení musí měření provést dle tolerancí deklarovaných výrobcem. Zápis do formuláře „výstup z preventivní údržby“.
- Nové měřicí operace zkrácení délek po jednotlivých procesech – výchozí stav (vstupní materiál) po sražení, po nakoncování dle údajů zmíněných v kapitole CTQ tree. Proces je uvolněn (výroba odstartována) po proměření 5 ks zkrácení na kratší trubce po každém procesu. Měření pouze kratší trubky dostačuje, proces je totožný i pro trubku delší, navíc s kratší trubkou se lépe manipuluje a k měření délek postačuje posuvné měřítko. Opět zápis do příslušného formuláře.
- Nový krok celého procesu. Počínaje od 1. 10. 2018 obě trubky (delší i kratší) vstupující do výrobního procesu dílu ELV 25 musí nově projít kartáčováním hran. Bylo zjištěno,

že dodavatel nedodává trubky v dokonalé vizuální kondici. Reklamační řízení bylo spuštěno neprodleně, nicméně tahanice ohledně odpovědnosti byla zdoluhavá. Do odvolání byla proto v kontrolním plánu specifikována nová operace kartáčování/čištění trubek od špon ulpělých na hranách. Okartáčovaná trubka lépe konstří na indukčním čidla srážecího stroje – proces srážení je tím bez zastavování a zbytečných prostojů.

- Zrušení 100% měření délek externí firmou počínaje od 1. 10. 2018. V předcházejících kapitolách byla efektivita nápravných opatření ověřena. Přeměrování finálních dílů po jejich vyrobení je zbytečné. Tuto funkci nově obstará digitální odměřování.

Zmíněné akce by měla zabezpečit, že výrobní proces bude způsobilý i v budoucnu. Četnost měření či kontroly je nastavená tak, že v případě procesní odchylky bude proces zastaven okamžitě. Proces lze označit za dostatečně robustní, o čem svědčí i „nové“ PFMEA rizikové číslo na řešený problém s délkou **RPN = 48**.

### **Shrnutí výsledků**

Na základě výsledků jednotlivých etap zlepšovateľského projektu Six Sigma a pětikrokového cyklu DMAIC je možné konstatovat, že optimalizace výrobního procesu brzdového vedení byla zdařilá. V porovnání se stavem, kdy byl problém identifikován se po šestiměsíčním systematickém bádání podařilo identifikovat příčiny výroby mimo tolerance a nastavit efektivní nápravná opatření.

Cesta k prezentovaným výsledkům začala fází **Define – definovat**, kde probíhal samotný výběr projektu, zpracování úvodních studií o přínosech a teoretických finančních úsporách. Výběr vhodného Six Sigma projektu probíhal na základě rozboru OEE výsledků výrobního střediska Low Volume za leden až duben 2018. Ukázalo se, že snížená výkonost byla spojena s vysokou zmetkovitostí a nijak nesouvisela se ztrátami za prostoje či rychlost výrobních zařízení. V návaznosti na výsledky Pareta diagramu pojednávajím o rozpadu vad za měsíc duben 2018 se jako největším kvalitativním problémem jevila chyba „**délka dílu**“ mimo výkresové specifikace. Z celkového objemu vyrobených dílů **73 163 kusů** šlo o **2191 kusů**, tedy **8,21 %** měsíční výroby. Na základě těchto zjištění byl hlavní cíl projektu definován formulací „najít příčinu variability a zavést nápravná opatření vedoucí ke zlepšení, snížit zmetkovitost“.

Druhou fází cyklu DMAIC byla fáze **Measure – měřit**. Cílem druhé fáze bylo vypracovat plán sběru dat, tyto data shromáždit a porozumět jejich významu. Pro zabezpečení pravdivého a relevantního vzorku byl před samotným měřením ověřen měřicí systém. Měření nezkalibrovaným a nezpůsobilým měřidlem by mohlo přinést nepravdivý obraz o díle a procesu. Ukázalo se, že obě zamýšlená měřidla – posuvné měřítko a digitální metr jsou měřidla vhodná. Po ověření způsobilosti měřidla následoval hloubkový rozbor nasbíraných dat a identifikace kritických částí procesů, které negativně zasahují do problému s délkou řešeného dílu ELV 25. Data z jednotlivých kroků, v práci označených jako **X1–X9**, byla vyhodnocena v programu Minitab 17. Protože data byla dle plánu sběru dat rozdělena tj. stratifikována podle příznaků seřizovač, směna a fáze výroby, mohla být způsobilost procesu hodnocena dlouhodobými indexy výkonnosti Pp, Ppk. Za kritické, nezpůsobilé procesy byly označeny procesy **X8 narážení** a **X9 crimpování**, přičemž původ variability byl pozorován již v procesu **X8**.

Ve třetí fázi **Analyze**, neboli česky **analyzovat**, byly vygenerovány seznamy teoretických příčin problému nezpůsobilého procesu X8. Zpracování Ishikawa diagramu přineslo více než dvacet potenciálních příčin, nicméně každá z nich byla důležitá různou vahou. Pro vyhodnocení důležitosti jednotlivých příčin byla použita matice příčin a následků. Kořenovou příčinou, tzv. příčinou **TOP 1** byla s celkových **váženým skóre 111** určena příčina z větve „Stroj“ ve spodní pravé části Ishikawova diagramu. Tým se po opakovaných střetnutích, na základě zkušeností, pozorování procesu a na základě sesbíraných dat shodl na kořenové příčině „**ztráta tlaku**“.

**porušeným nebo vadným pneumatickým vedením**“. Za ostatní důležité příčiny byly označeny příčiny do čtvrté pozice matice příčin a následků, které shodně dostali 9 bodů za extrémní vliv na délku dílu ELV 25. Šlo o **TOP 2 – „nefunkční manometr“** s výslednou vahou 109 a **TOP 3 – „neexistující instrukce pro nastavení tlaku narážení“** s vahou 99 bodů. Stejnou vahou byla vyhodnocena i příčina **TOP 4 – „chybějící Poka–Yoke“**. Hypotézy o příčinách byly potvrzeny v závěrečné kapitole fáze Analýze, pomocí regresní analýzy. Pozorována byla silná lineární regrese klesajícího trendu se vztahem délka dílu (Y) = 995,1 – 8,227 tlaku narážení (P). Jinými slovy, při zvýšení P se snižuje Y, a to konkrétně o 0,8227 mm při změně o 0,1 baru.

Předposlední fáze projektu Six Sigma, fáze **Improve – vylepšit** si kladla za cíl určit řešení, které eliminuje problém řešený v předchozích třech fázích. Potenciální řešení byla shromážděna pomocí brainstormingu a následně rozřazena do čtyř kategorií do matice přínosů a úsilí. Jak název matice napovídá, byl zde hodnocen přínos opatření a obtížnost realizace. Ze čtyř skupin matice byla „okamžitě“ zavedena opatření s nízkou obtížností realizace ale také vyšším přínosem k uspokojivému vyřešení situace. Šlo o „repasi pneumatického vedení“, „tvorbu instrukce pro nastavení tlaku“ a „výměnu manometru“. Cena revitalizace byla vyčíslena na **24 599 Kč**. Zavedení opatření z druhé skupiny, skupiny opatření, která měla vysoký přínos ale také vyšší obtížnost realizace předcházela rozhodovací analýza. Pomocí tohoto užitečného nástroje byla prioritizována dvojice Poka–Yoke, kamerové snímání a digitální odměřování. Instalace zařízení proběhla v týdnu 35 za asistence specializovaných firem. Cena zařízení a technických úprav na narážecím stroji byla vyčíslena na **210 tis. Kč**. Opatření z třetí a čtvrté skupiny zavedena nebyla pro jejich nulový nebo nízký přínos k vyřešení problému s délkou. Jak již bylo nastíněno v předcházejících kapitolách, o těchto dodatečných akcích je pojednáno v závěrečné kapitole práce.

Důležité bylo porovnat stav před a po zavedení opatření. Porovnávány byly indexy způsobilosti vypočítané z dat po výrobním ověřovacím trialu tzv. pilotu. Pilot byl proveden za účelem potvrzení očekávaných výsledků a praktičnosti řešení. V návaznosti na výsledky Pp, Ppk i ostatních důležitých kvalitativních ukazatelů „před“ a „po“ lze konstatovat, že zavedená opatření byla zdařilá. Proces je nyní stabilní, délka dílu ELV 25 po posledním procesu X9 takřka na nominální hodnotě 925,2 mm, Ppk kolem 3,2 a ukazatel PPM (počet zmetků na milion dodaných dílů) na nule. Porovnání proběhlo i na úrovni zmetkovitosti, jejich snížení byl halvní cíl projektu. Z Pareto diagramu zpracovaného z výrobních dat za období v týdnu 41 až 43 je patrné, že zmetkovitost klesla výrazně. Celkově bylo v tomto období vyrobeno **35 455 kusů za 2 208 847 Kč**. Po vyhodnocení zmetků je z grafu 3 v příloze 6 patrné zásadní snížení výskytu vady „**délka**“. Z celkového objemu šlo pouze o **51 kusů (0,15 %)**. V porovnání s původním stavem v dubnu se tak z vady „**délka**“ až vada na třetím místě Pareta diagramu. Zlepšení je to o **takřka 95 %**.

V poslední fázi projektu, fázi Control – řídit, byla uvedena standardizace nově nabytých zkušeností v analýze PFMEA a plánu řízení kvality, kontrolním plánu. Zavedním nápravných opatření se podařilo snížit rizikové číslo **RPN**, z hodnoty **192** na hodnotu **48**, kde největší zásluhu mělo zavedení automatických Poka–Yoke. Změn doznal i kontrolní plán procesu. Nově bylo zavedeno pět kontrolních aktivit, které by vykonávané na pravidelné bázi měly zamezit opakování výskytu problému s délkou s téměř nezpochybnitelnou jistotou. Po shrnutí výsledků (právě čtete) následují poslední dvě kapitoly „kalkulace úspor“ a „uzavření projektu“.

### **Kalkulace úspor**

Kalkulace úspor bude provedena na základě již zpracovaného rozboru Costs of poor kvality (náklady za nekvalitu). Zde byly vyčísleny náklady za interní, externí, preventivní a nutné extra akce na ochranění zákazníka před neshodnými díly. Celkové náklady za šest měsíců činily

**879 073 Kč**, kde celkovou částku zatěžovaly v první řadě náklady za externí třízení / přeměňování dílu ELV 25 před odesláním zákazníkovi. Tyto náklady tvořily majoritní část z celkové sumy a šlo o **686 tis. Kč** za šest měsíců. Další vynaložený náklad tvořil čas a úsilí 4 lidí, kteří na projektu pracovali a šlo o tzv. interní náklady, jejichž investice měla vyřešit problém s délkou. Celkový čas 712 hodin lze v peněžním vyjádření interpretovat jako **162 tis. Kč**. Poslední náklad činilo **31 tis. Kč** za reklamaci z jara roku 2018, kterou vlastně všechno začalo. Problém s délkou u zákazníka Audi musela společnost XY řešit z pohledu organizace třídicích akcí, extra dopravy a zvýšené administrativní práce. Jak již bylo zmíněno, nápravná opatření, která byla implementována řeší problém s délkou z **95 % úspěšností** a stála firmu **235 tis. Kč**. Po připočtení nákladu za realizaci projektu Six Sigma, jde o **397 tis. Kč**.

Na základě uvedených kalkulací lze konstatovat, že společnost po zavedení nápravných při průměrné šestiměsíční výrobě **70 000 kusů / měsíc** sice nevynaloží **686 tis. Kč** za přeměňování externí firmou (tuto funkci nově obstará digitální odměřování), ale protože úspěšnost opatření je „pouze“ 95 %, zbylých 5 % představuje scrap za díly mimo toleranci, které zachytí digitální odměřování. Při ceně dílu **62,3 Kč** jde při zmíněné průměrné výrobě a výskytu **629 kusů** za 6 měsíců o náklad **39 187 Kč**. Při porovnání stavů před (686 tis. za 6 měsíců) a po (39 tis. za 6 měsíců) jde o úsporu **590 tis. Kč za šest měsíců**, neboli **98,3 Kč za měsíc**. Návratnost vynaložených peněžních prostředků zmíněných v předchozím odstavci je tedy **4 měsíce**.

### **Uzavření projektu**

Ač by se mohlo zdát, že závěrečná část je nedůležitá, opak je pravdou. Z nově nabytých zkušeností a informací o procesu je třeba vzít si ponaučení. Za pozitivní změny lze označit aplikaci nových technologií do procesu výroby brzdového vedení, standardizaci nových pravidel do nitra organizace a poměrně zásadní peněžní úsporu za zlepšený výrobní proces. Pozorována avšak byla i negativní odhalení plynoucí z množství času strávených ve výrobě. V průběhu času se tým postupně dozvídal, jak věci „tam dole“ reálně fungují a jak nejsou např. dodržována základní pravidla firmy, o kterých by se z kanceláře mohlo přemýšlet jako o věcech naprosto jasných. Tak či onak, na základě shrnutých výsledků lze konstatovat, že projekt byl doveden do konce a hlavní cíl byl splněn. Na závěrečném slavnostním předání výsledků vlastníkovému procesu – manažerovi výroby, bylo jednohlasně odsouhlaseno, že projekt byl úspěšný a žádná ze zainteresovaných stran necítila neuspokojení svých potřeb a zájmů s kterými do projektu šli.

### **3.3 Zhodnocení a doporučení**

Zdárné dokončení zlepšovateľského projektu přineslo firmě hmatatelnou finanční úsporu 590 tis. Kč za 6 měsíců. Závěr, který z jistého úhlu pohledu lze označit za úspěšný však pro některé účastníky řešitelského týmu nebyl dostačující. Zavedená opatření vyřešila problém s délkou z 95 %, nicméně nad zbylými 5 % visí otazník. Na základě provedených rozborů a především na základě nových poznatků o procesu se jako příčina těchto 5 % ukazuje míchání materiálu ve výrobě, nicméně v tuto chvíli se jedná o nepotvrzenou hypotézu. Faktem zůstává, že ač se společnost široké veřejnosti prezentuje jako světový lídr trhu automobilového průmyslu, sonda do hlubin výroby a realizace projektu Six Sigma odhalila množství nedokonalostí. A řeč není o ničem jiném, než o fungování Lean principů v praxi.

Hodnocení toku materiálu je interně prováděno vždy jednou měsíčně a výsledky za rok 2018 nikdy neklesli pod 90 %, což lze považovat za bezproblémový výsledek, cíl společnosti je totiž 85 %. Pro ověření tohoto stavu bylo středisko Low Volume podrobena nezávislým hodnocením dle WCO formuláře pro tok materiálu a výsledek byl pouhých 80 %. Z patnácti otázek cílených na tok materiálu výrobního střediska byly tři odpovědi, tři zjištění hodnoceny jako stav neuspokojivý. Testování slabých míst a zpracování opodstatněného výstupu lze vnímat i jako

podklad pro autorovi doporučení o přestavbě střediska z pohledu uspořádání strojového parku, umístění regálu, tok materiálu a 6S.

### **Vždy je co zlepšovat**

Středisko Low Volume, na kterém je celkem používáno 16 výrobních zařízení lze rozdělit na dvě menší podstřediska dle průměrů vyráběných brzdových vedení, na podstředisku č. 1 se vyrábí pouze díly o průměru 8 mm, na podstředisku č. 2 pouze díly o průměru 4,75 mm. Zařízeními střediska jsou dva stroje pro laserový ořez polyamidové vrstvy, dva stroje pro sražení hrany, čtyři stroje pro vytvoření tvaru spojky s protikusem tzv. koncovacky (vytváří koncovku), ruční narážečka, ohýbačka a stříhačka, jeden hydraulický lis tzv. crimpovačka, jednoruční a dvouruční tester těsnosti a dvě robotizovaná ohýbací centra. Strojový park se i s místem na surový a rozpracovaný materiál rozkládá na ploše na ploše 480 m<sup>2</sup>, při plném stavu na něj pracuje celkem 16 operátorů, mistr a seřizovač a při ideální efektivitě výroby vyprodukuje až 80 000 kusů dílů měsíčně. Současný layout je k nahlédnutí v příloze 7 na obrázku 30.

### **Doporučení I – nový layout s automatickou koncovací linkou**

Na základě zjištění pozorovaných při realizaci projektu Six Sigma lze za hlavním nedostatek považovat neschopnost zásobovat všechny čtyři koncovací stroje pouze ze dvou laserů. Výrobní kapacity strojů pro první výrobní proces – ořez PA vrstvy nedostačují kapacitám srážek a koncováček. Následkem je snížení plynulosti výroby a nevyužívání strojového potenciálu na maximum. Přesunutí automatické nevyužité koncovací linky ze sesterské společnosti ve Francii by tento problém řešilo. Automatické koncovací centrum je stroj, který zvládne všechny tři předmontážní operace (laser ořez, srážení, koncování) a jediným vstupem jsou trubky v rovném stavu. Revitalizace pracoviště by představovala zvýšení maximálního výrobního objemu o 24 % na maximální vyrobitelné množství 105 000 ks měsíčně. Počet strojů a operátorů potřebných pro výrobu by se snížil ze současných šestnácti na třináct. Nové koncovací centrum by však představovalo větší náklady za energie a větší nároky na prostory. V porovnání se současným stavem by se jednalo o dalších 32 m<sup>2</sup> zastavěné plochy.

Alternativy „současný stav“ a „doporučení I“ byly konfrontovány rozhodovací analýzou v příloze 7 na obrázku 31, na základě které lze nový layout s automatickou koncovací linkou doporučit k implementaci. Ten je k nahlédnutí v příloze 7 na obrázku 32.

### **Doporučení II – uspořádání skladu střediska a nový systém zásobování**

Za sekundární nedostatek označit chaotický pohyb materiálu a nelogicky uspořádané stroje s ohledem na umístění regálů pro surový materiál nebo rozpracovanou výrobu. Zásobování těchto meziskladů při realizaci výstupního výrobního testu – pilotu neprobíhalo dle objednávek a seřizovači na středisko dostávali z centrálního skladu více materiálu než by potřebovali. Důsledkem bylo přezásobení střediska a hromadění nepotřebného materiálu ve výrobě. Na středisku pak často docházelo k přeskokování FIFO (materiál by měl být zpracováván v pořadí, v jakém na středisko přišel) a zdlouhavému hledání správného materiálu.

Na základě nově nabytých poznatků při realizaci projektu Six Sigma se doporučuje využít metodiky cyklu DMAIC s cílem zlepšit stávající uspořádání skladu a systém zásobování. Dílčí cíle a požadované výstupy projektu by měly zahrnovat inovaci současných rozpadajících se regálů s vytvořením dostatečně velkého skladovacího prostoru pro krátké a dlouhé trubky v kovových bednách i dopravníkové regály pro skladování papírových krabic s menšími komponenty jako jsou flexy nebo šrouby. Projekt by měl pomýšlet i na zlepšení z pohledu vizualizace jednotlivých skladovacích pozic, čímž by mohlo být například barevné značení specifické pro každého zákazníka nebo typ (délka, váha) materiálu.



### **Doporučení III – vizuální management, dokumentace**

Na pracovišti byly dále pozorovány rezervy v signalizaci zastavení strojů pomocí automatického systému, který by na zastavenou výrobu upozornil přímo zaměstnance údržby. Stroje tak byly mnohdy odstaveny zbytečně dlouhou dobu a výroba nebyla dokonale efektivní. Podnětem ke zlepšení lze označit i současnou vizualizaci výrobních návodů, pro které neexistuje jasně definovaná vývěsná plocha. Dokumentace nebyla v čas realizace projektu na očích operátorům a ti často vůbec nevěděli, podle čeho by se měli řídit, jaké procesní operace jsou pro výrobek nejdůležitější či jaké jsou zákaznické požadavky. Menší Six Sigma projekt by opět mohl tento problém s dokumentací vyřešit. Autor práce by jako hlavní cíl doporučil definovat a vytvořit plán zavedení návodů BTO v závodě v České Republice a jejich využití v plném rozsahu napříč závodem pro veškeré výrobní, kontrolní či údržbářské činnosti. Sekundární cíl by představoval vytvoření nového standardu umístění výrobní dokumentace ve výrobě a standardizovat ho pro celý závod nebo alespoň minimálně pro podobné procesy.

### **Doporučení IV – Six Sigma týmy**

Na základě výše zmíněného lze konstatovat, že prostoru ke zlepšení je ve společnosti XY mnoho a zlepšovat nejenom procesy výrobní by se mělo opravdu neustále. Vzhledem k tomu, kolik změn doznal proces výroby brzdového vedení za dlouhých šest měsíců lze spekulovat nad tím, jestli současné množství aktérů zapojených do Six Sigma programu je dostatečné. K 1. 11. 2018 bylo od začátku roku zdárně dokončeno pět Six Sigma projektů (včetně projektu zmíněného v této práci) s tím, že další čtyři byly rozpracované ale jejich termín dokončení již vypršel. Tuto situaci si lze vysvětlit tím, že do programu jsou zapojeni procesní inženýři a inženýři kvality, jejichž denní vytížení je zpravidla velmi vysoké. Efektivní dokončování projektů pak kolabuje na nedostatku času k investigaci a práci na projektu. Autor práce při slavnostním předání projektu a závěrečné diskusi vznesl návrh na vytvoření specializovaných Six Sigma týmů, které by počínaje od 1. 1. 2019 pracovali na neustálém zlepšování firemních procesů. Výhodou by byla podstata vytvořené pracovní pozice a náplň pracovní činnosti, tedy přímé zaměření na neustálé zlepšování. V porovnání se současným stavem, kdy interní směrnice Six Sigma dovoluje pouze dvouhodinové každodenní úsilí, by nově vytvořený tým pracoval na projektu celých 8 hodin. Na základě těchto informací lze konstatovat, že doba pro realizaci Six Sigma projektu by se zkrátila 4x. Návrh byl schválen jako podnět k diskusi na poradě managementu a o dalších detailech má být rozhodnuto na úrovni vrcholového vedení nejpozději 1. 12. 2018.

## 4 Závěr

Cílem diplomové práce bylo optimalizovat problémový výrobní proces brzdového vedení v konkrétním automobilovém závodě XY. S užitím principů Lean Six sigma měl být v pěti krocích cyklu DMAIC popsán proces, nashromážděna pravdivá a relevantní data, tyto data vyhodnocena a pomocí matematických a statistických nástrojů určeny původy problémové výkonnosti. Na základě nabytých poznatků měly být dále určeny kořenové příčiny a zavedena nápravná opatření vedoucí ke snížení zmetkovitosti a zvýšení výkonnosti procesu.

Cesta k níže prezentovaným výsledkům začala zpracováním teoreticko – metodologické části. Kýžené teoretické vysvětlení k použitým metodikám v části praktické bylo v odborné ale srozumitelné formě rozepsáno s cílem poskytnout čtenáři dostatečný přehled o principech Lean.

Konstrukce praktické části proběhla na základě systematického postupu zlepšovateľského cyklu DMAIC – pětietapového Six Sigma projektu. Autor do pětice etap Define (definovat), Measure (měřit), Analyze (analyzovat), Improve (vylepšit) a Control (řídit) zakomponoval celkem 19 mezikroků každé z hlavních pěti částí cyklu, přičemž každá je velmi důležitá – žádnou nešlo opomenout. Praktická část byla zpracována na základě šestiměsíční realizace Six Sigma Green Belt projektu ve společnosti XY, v termínu květen – říjen roku 2018. Vybraný projekt byl realizován na výrobním středisku Low Volume, kde cílil na neefektivní výrobní proces brzdového vedení ELV 25 vyráběný pro zákazníka Audi Neckarsulm.

Proces se podařilo vylepšit o 95 %. Zmetkovitost z původních 8,21 % klesla na 0,15 %, což při průměrné výrobě 70 000 kusů za měsíc představuje úsporu 590 tis. Kč za šest měsíců. Výrobní proces se podařilo optimalizovat i z pohledu kvalitativních ukazatelů. Na základě porovnání indexů způsobilosti dlouhodobé výkonnosti procesu Ppk se proces změnil z původní hodnoty 0,36 na hodnotu 3,85, kde více znamená lépe a za způsobilý proces lze považovat Ppk na úrovni hodnoty 1,33. Za pozitivní změny lze označit aplikaci nových technologií do procesu výroby brzdového vedení, standardizaci nových pravidel do nitra organizace a zásadní peněžní úsporu za zlepšený výrobní proces. Autorova doporučení se týkaly negativního výstupu projektu a sice toho, že problém s délkou nebyl vyřešen se 100 % účinností. V předposlední fázi práce proto byla zmíněna čtveřice doporučení ke zlepšení výrobního střediska z pohledu principů Lean. Na základě zjištění pozorovaných při realizaci projektu Six Sigma autor doporučil: 1) přestavbu uspořádání strojového parku výrobního střediska s transferem automatické koncovací linky z Francie. 2) realizaci Six Sigma projektu s cílem optimalizovat tok materiálu skladu střediska. 3) realizaci Six Sigma projektu s cílem vytvořit nové standardy z oblasti vizuálního managementu 4) návrh na posílení členů Six Sigma týmů s účinností od 1. 1. 2019.

# Literatura

## Monografie

*Analýza systémů měření (MSA): příručka*. 4. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2011, 231 s. 978-80-02-02323-5

BAUER, Miroslav. *Kaizen: cesta ke štíhlé a flexibilní firmě*. Brno : BizBooks, 2012. ISBN 978-80-265-0029-2.

BERK, Richard A. *Regression analysis: a constructive critique*. Thousand Oaks, Calif. : Sage Publications, 2009. ISBN 0761929045.

BHASIN, Sanjay. *Lean Management Beyond Manufacturing: A Holistic Approach*. Bern: Springer International Publishing Switzerland, 2015. ISBN 978-3-319-17409-9.

BOUTROS, Tristan, PURDIE, Tim. *The process improvement handbook: a blueprint for managing change and increasing organizational performance*. New York : McGraw-Hill Education, 2014. ISBN 978-0-07-181766-0.

BROOK, Quentin. *Lean Six Sigma and Minitab: the complete toolbox guide for business improvement. 4th edition*. Great Britain : OPEX Resources, 2014. ISBN 978-0-9546813-8-8.

DURIVAGE, Mark Allen. *Practical attribute and variable measurement systems analysis (MSA): a guide for conducting gage R&R studies and test method validations*. Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press, 2015. ISBN 978-0873899154.

CHATTERJEE, Samprit, SIMONOFF, Jeffrey S. *Handbook of regression analysis*. Hoboken, New Jersey : Wiley, 2013. ISBN 9780470887165.

JAROŠOVÁ, Eva, NOSKIEVIČOVÁ, Darja. *Pokročilejší metody statistické regulace procesu*. Praha : Grada, 2015. ISBN 978-80-247-5355-3.

KENNEDY, Ross Kenneth. *Understanding, measuring, and improving overall equipment effectiveness: how OEE drives significant process improvement*. Boca Raton, FL : Taylor & Francis, CRC Press, 2018. ISBN 9781138054202.

KROPÁČ, Jiří. *Statistika C: statistická regulace, indexy způsobilosti, řízení zásob, statistické přejímky*. 2., přeprac. vyd. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2012. ISBN 978-80-7204-789-5.

LUDVÍK, Filip, ŠEBESTÍK, Jiří. *(NE) KVALITA aneb pravdivý příběh kvality*. Hradec Králové : TZ-one, 2017. ISBN 978-80-7539-049-3.

MACHAN, Jaroslav. *Metody kvality užívané ve fázi vývoje výrobku – aplikace v automobilovém průmyslu*. 2., přeprac. a rozš. vyd. Praha : České vysoké učení technické, Fakulta dopravní, 2012. ISBN 978-80-87042-50-2.

MILLER, Ivan. *Kapesní příručka Six Sigma*. 3. vydání. Praha : Interquality, 2016. ISBN 978-80-905414-1-2.

MORGAN, John, BRENIG–JONES, Martin. *Lean six sigma for dummies*. 2nd ed. Chichester : Wiley, 2012. ISBN 978–1–119–95370–8.

NENADÁL, Jaroslav. *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. Praha : Management Press, 2008. ISBN 978–80–7261–186–7.

PODSKĽAN, Adrián. *Adaptivní organizace: inspirace od Bati po Jobse na cestě k firemní dlouhověkosti*. Praha : Management Press, 2015. ISBN 978–80–7261–336–6.

PYZDEK, Thomas. *The Six Sigma handbook: a complete guide for green belts, black belts, and managers at all levels*. 3rd ed. New York : McGraw–Hill Companies, 2010. ISBN 9780071623384.

STAMATIS, D. H. *The OEE primer: understanding overall equipment effectiveness, reliability, and maintainability*. Boca Raton, [FL] : CRC Press, 2010. ISBN 978–1–4398–1406–2.

STAMATIS, D. H. *The ASQ pocket guide to failure mode and effect analysis (FMEA)*. Milwaukee, Wisconsin : ASQ Quality Press, 2014. ISBN 9780873898881.

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

TÖPFER, Armin. *Six Sigma: koncepce a příklady pro řízení bez chyb*. Brno : Computer Press, 2008. ISBN 978–80–251–1766–8.

### **Elektronický článek**

ANTONY, Jiju, SNEE, Ronald, HOERL, Roger. Lean Six Sigma: yesterday, today and tomorrow. *International Journal of Quality & Reliability Management* [online]. 2017, 1073–1093 [cit. 2018–07–04]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2016-0035>

BHARGAV, G. Six Sigma Control Plan – Needs and Strategies. *Simplilearn.com* [online]. 2017 [cit. 2018–07–05]. Dostupné z: <https://www.simplilearn.com/six-sigma-control-plan-rar124-article>

BRADBURY, Joel. Muda, Mura, Muri. *Kaizen Institute Blog* [online]. 2018 [cit. 2018–08–09]. Dostupné z: <https://www.kaizen.com/blog/post/2018/05/09/muda-mura-muri.html>

BRAND, Steven. 5 Necessary Lean Manufacturing Tools. *Cmtc.com* [online]. 2017 [cit. 2018–08–08]. Dostupné z: <https://www.cmtc.com/blog/5-necessary-lean-manufacturing-tools>

COETZEE, R., van der MERWE, K., van DYK, L. Lean implementation strategies: how are the Toyota Way principles addressed?. *South African Journal of Industrial Engineering*, 27(3), 79–91. Dostupné z: <https://dx.doi.org/10.7166/27-3-1641>

DARESTANI, Soroush Avakh, NASIRI, Mina. Statistical process control: Fuzzy –S control chart and process capability indices in normal data environment. *International Journal of Quality & Reliability Management* [online]. 2016, 2–24 [cit. 2018–07–04]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1108/IJQRM-08-2013-0130>

DO, Doanh. What is Muda, Mura, and Muri? *Theleanway.net* [online]. 2017 [cit. 2018-08-09]. Dostupné z: <https://theleanway.net/muda-mura-muri>

DUFFY, Grace L. The ASQ Quality Improvement Pocket Guide: Basic History, Concepts, Tools, and Relationships. *ASQ Quality Press* [online]. 2013, 62-65 [cit. 2018-07-05]. Dostupné z: <http://asq.org/learn-about-quality/cost-of-quality/overview/overview.html>

ELIAS, Simon. Why Lean Thinking is Valuable to the Service Industry. *Leancompetency.org* [online]. 2016 [cit. 2018-08-09]. Dostupné z: <https://www.leancompetency.org/lcs-articles/lean-thinking-valuable-service-industry/>

Global Manufacturing. Top 10: Lean manufacturing companies in the world. *Manufacturingglobal.com* [online]. 2014 [cit. 2018-08-19]. Dostupné z: <https://www.manufacturingglobal.com/top-10/top-10-lean-manufacturing-companies-world>

GRABAN, Mark. The Term “Lean Production” is 25 Years Old – Some Thoughts on the Original John Krafcik Article. *Leanblog.org* [online]. 2013 [cit. 2018-08-09]. Dostupné z: <https://www.leanblog.org/2013/09/the-term-lean-production-is-25-years-old-my-thoughts-on-the-original-article/>

GRAVES, Allen. Critical to quality tree. *Sixsigmadaily.com* [online]. 2013 [cit. 2018-07-05]. Dostupné z: <https://www.sixsigmadaily.com/critical-to-quality-tree/>

HESSING, Ted. Data Collection Plan. *Sixsigmastudyguide.com* [online]. 2013 [cit. 2018-07-05]. Dostupné z: <https://sixsigmastudyguide.com/data-collection-plan/>

HESSING, Ted. History of Lean. *Sixsigmastudyguide.com* [online]. 2015 [cit. 2018-07-06]. Dostupné z: <https://sixsigmastudyguide.com/history-of-lean/>

KIRITCHENKO, Kira. 8 Most Important Six Sigma Tools to Help Drive Change. *Tallyfy.com* [online]. 2017 [cit. 2018-07-05]. Dostupné z: <https://tallyfy.com/six-sigma-tools/>

KRIŠŤAK, Josef. : Přetížení. *Ipaczech.cz* [online]. 2015 [cit. 2018-08-26]. Dostupné z: <https://www.ipaczech.cz/cz/tipy-a-triky/pretizeni>

MCDONOUGH, Michele. The Basics of Regression Analysis. *Brighthubpm.com* [online]. 2013 [cit. 2018-07-05]. Dostupné z: <https://www.brighthubpm.com/six-sigma/58252-introduction-to-regression-analysis/>

MILLARD, Maggie. The Subtle Presence of Lean Practices in IKEA. *Kainexus.com* [online]. 2015 [cit. 2018-08-19]. Dostupné z: <https://blog.kainexus.com/improvement-disciplines/lean/the-subtle-presence-of-lean-practices-in-ikea>

MUNK, Jared. Failure modes and effects analysis (fmea) and six sigma. *Sixsigmadaily.com* [online]. 2015 [cit. 2018-07-05]. Dostupné z: <https://www.sixsigmadaily.com/failure-modes-and-effects-analysis-fmea-and-six-sigma/>

MUNK, Jared. Applying voice of the customer to operations. *Sixsigmadaily.com* [online]. 2013 [cit. 2018-07-05]. Dostupné z: <https://www.sixsigmadaily.com/applying-voice-of-the-customer-to-operations/>

PARKER, Michael. Normal Distribution and Normality. *Leansigmacorporation.com* [online]. 2013 [cit. 2018-07-05]. Dostupné z: <https://www.leansigmacorporation.com/normal-distribution/>

PEPPER, M. P. J., SPEDDING, T. A. The evolution of lean Six Sigma. *International Journal of Quality & Reliability Management* [online]. 2010, 138–155 [cit. 2018-07-04]. Dostupné z: <https://doi.org/10.1108/02656711011014276>

SHOOK, John. Was steve lean? *Lean.org* [online]. 2011 [cit. 2018-08-19]. Dostupné z: <https://www.lean.org/shook/DisplayObject.cfm?o=1925>

ŠIMON, Michal, MILLER, Antonín. Kanban – výroba tahem. *Systemonline.cz* [online]. 2014 [cit. 2018-08-08]. Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/rizeni-vyroby/kanban-vyroba-tahem.htm>

USHAMI, Fahad. What is a Pareto Chart? *Pmstudycircle.com* [online]. 2015 [cit. 2018-07-05]. Dostupné z: <https://pmstudycircle.com/2015/06/pareto-chart/>

## **Další zdroje**

Interní směrnice společnosti XY – směrnice č. QE c 705

Interní směrnice společnosti XY – Green Belt training, 2018

Interní směrnice společnosti XY – Neustálé zlepšování, 2016

Interní dokument společnosti XY – Corporate responsibility report, 2017

Interní dokument společnosti XY – výroční zpráva společnosti XY, 2017

Interní dokument společnosti XY – CR report (Word Class Manufacturing, 2017)

Interní dokument společnosti XY – CR report (Superior Products, 2017)

Interní dokument společnosti XY – CR report (Voice of the customer, 2017)

Interní dokument společnosti XY – CR report (Enganged employees, 2017)

Interní dokument společnosti XY – BTO Standard Guideline, 2018

Interní dokument společnosti XY – Global WCO audit, 2017

Interní systém společnosti XY – cenová nabídka dodavatele MTS, 2018

Interní systém společnosti XY – cenová nabídka dodavatele Keyence, 2018

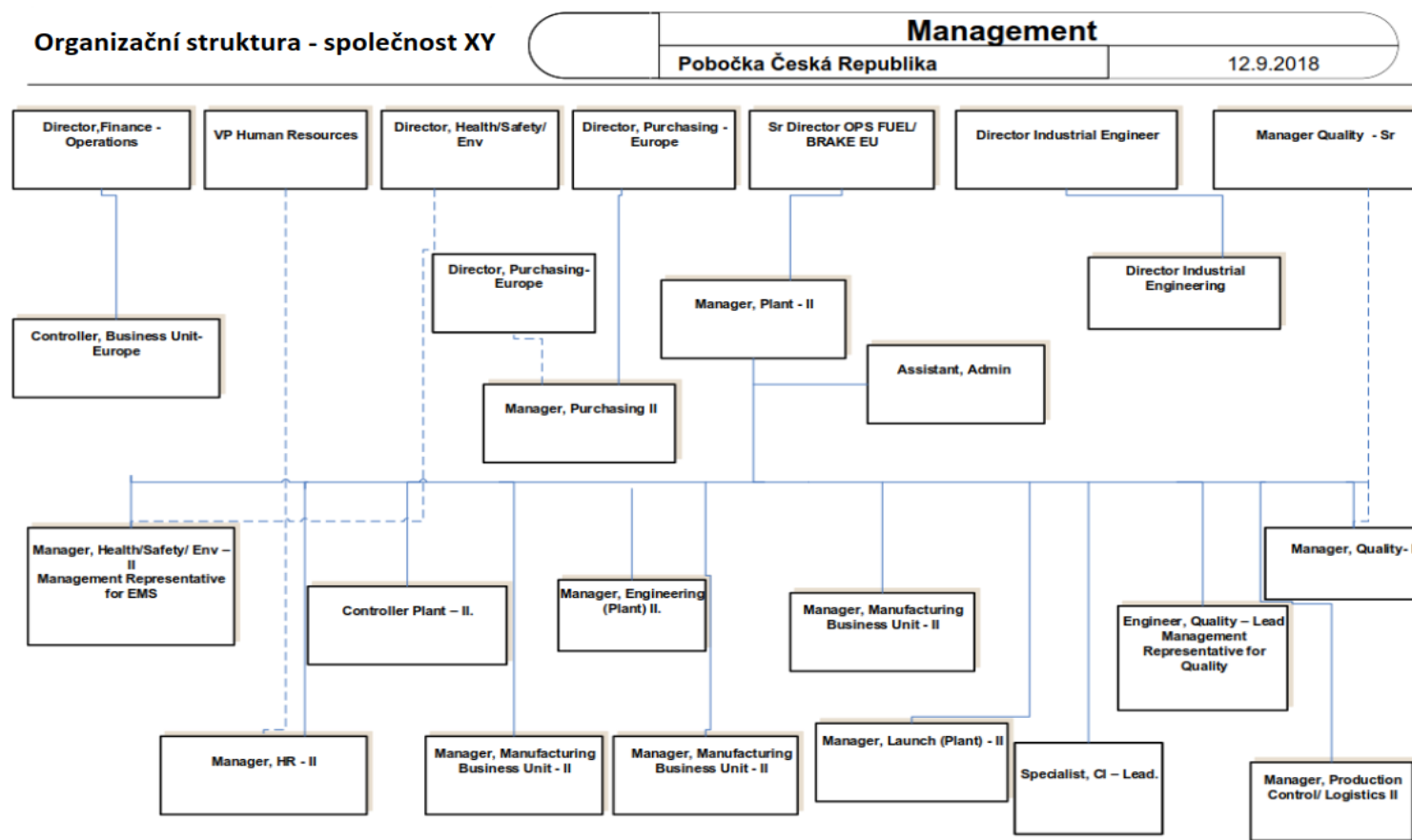
## **Seznam příloh**

Příloha 1 Informace o společnosti XY .....	I
Příloha 2 Přílohy k fázi Define.....	V
Příloha 3 Přílohy k fázi Measure.....	XI
Příloha 4 Přílohy k fázi Analyze .....	XIV
Příloha 5 Přílohy k fázi Improve .....	XVII
Příloha 6 Přílohy k fázi Control .....	XXII
Příloha 7 Přílohy k doporučení.....	XXV

# Přílohy

## Příloha 1 Informace o společnosti XY

Obrázek 8 Organizační struktura společnosti XY



Zdroj: Interní systém společnosti XY, vlastní zpracování

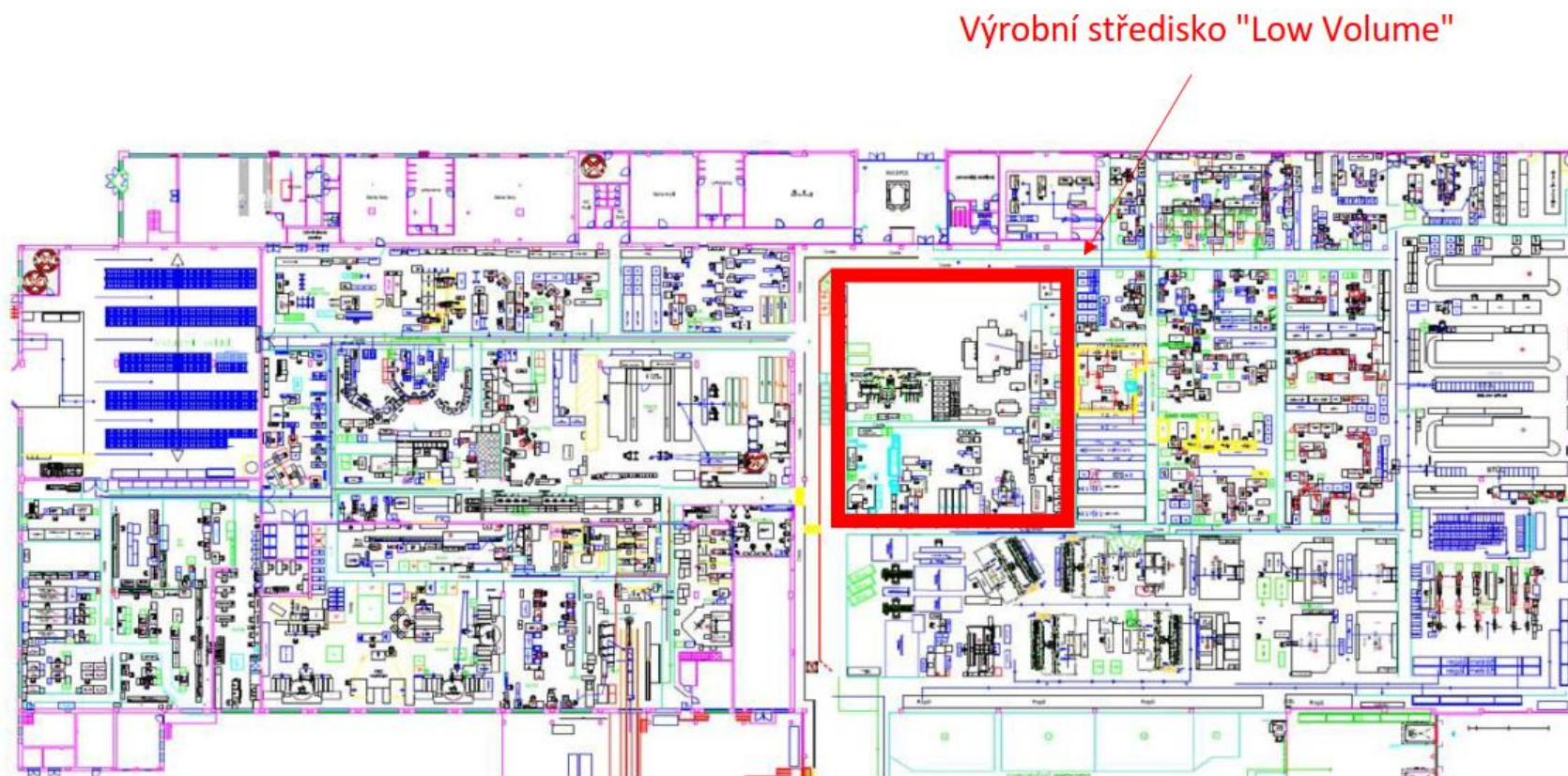


Obrázek 9 Ukázka BTO školících center



Zdroj: Interní systém společnosti XY, vlastní zpracování

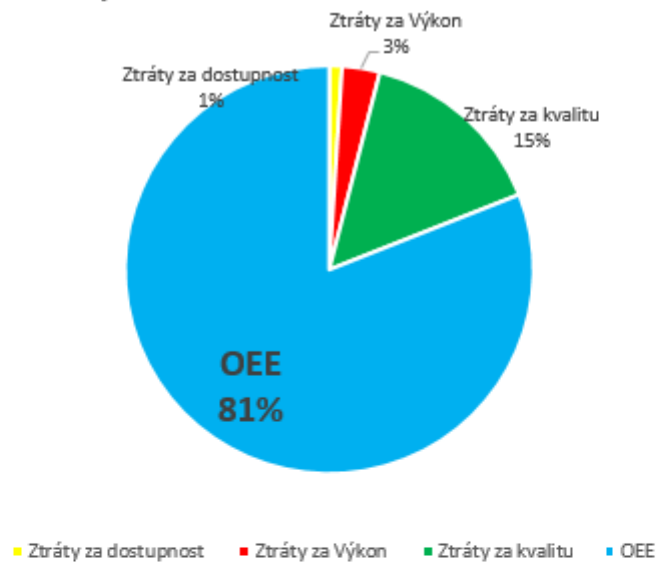
Obrázek 10 Schéma výrobního závodu se znárorněním výrobního střediska „Low Volume“



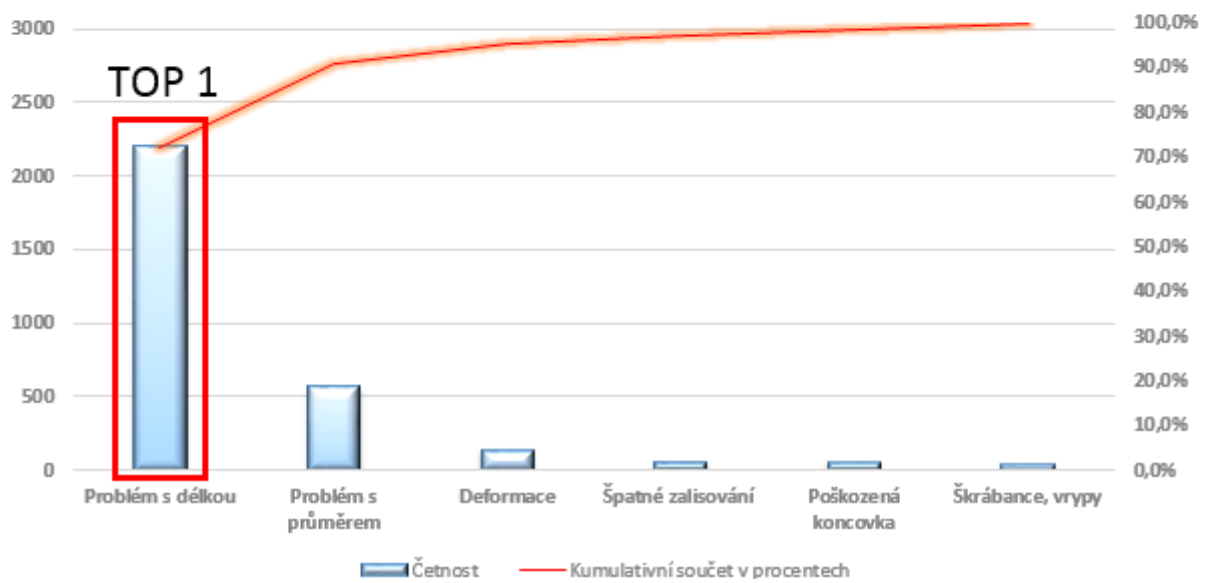
Zdroj: Interní systém společnosti XY, vlastní zpracování

Graf 2 Výkonnost a zmetkovitost výrobního střediska Low Volume – duben 2018

**Výkonnost výrobního střediska Low Volume - duben 2018**



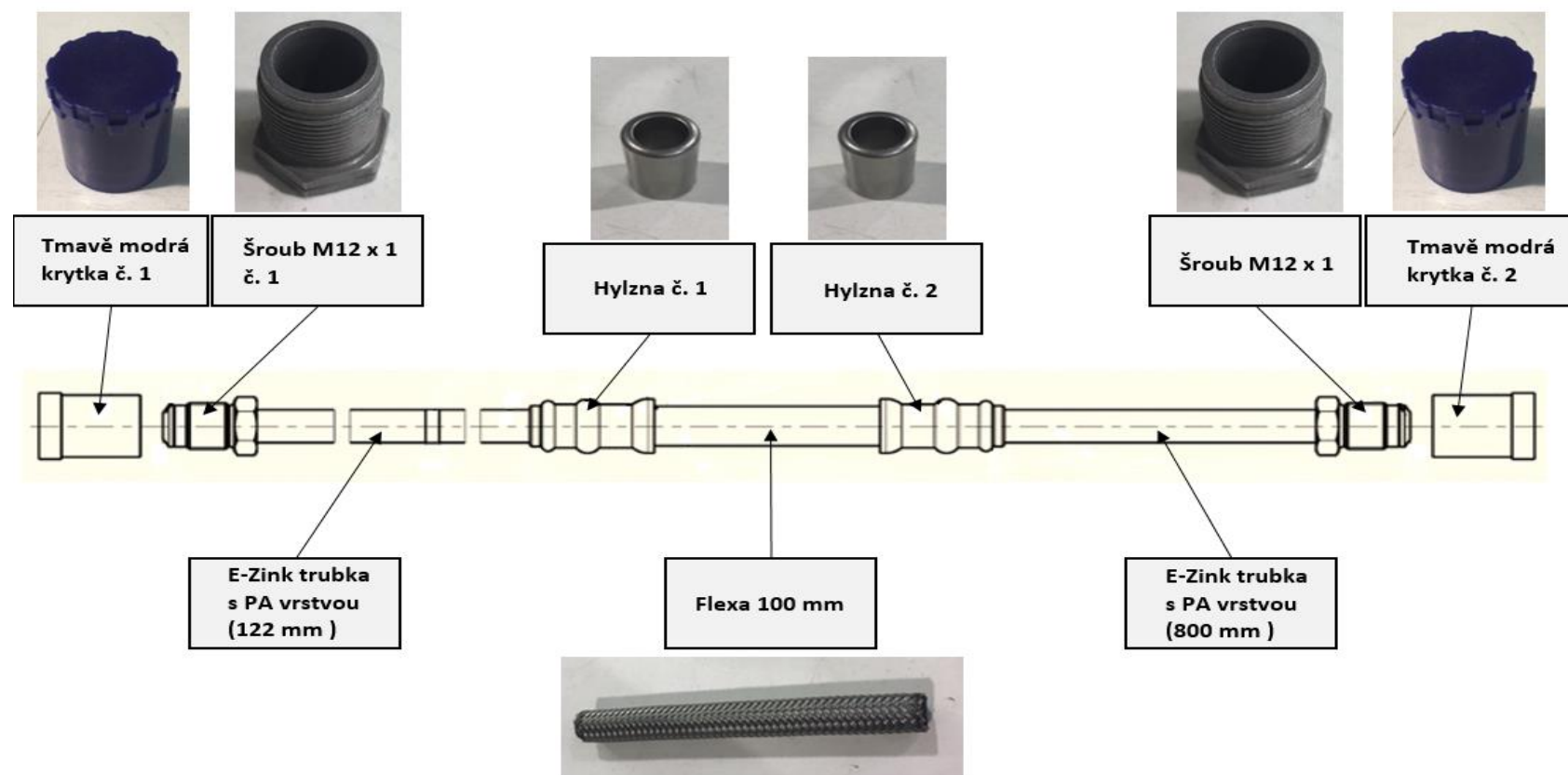
**Str. 177 Low Volume, zmetkovitost duben 2018**



Zdroj: Interní systém společnosti XY, vlastní zpracování

## Příloha 2 Přílohy k fázi Define

Obrázek 11 Díl ELV 25 a grafické znázornění komponentů



Zdroj: Interní systém společnosti XY, vlastní zpracování

Obrázek 12 Projektové zadání

Název projektu	Délka dílu ELV 25 – 925, 2 ± 4 mm	Závod	Společnost XY - ČR
Vedoucí projektu	M. Kunc	Telefon	-
Master Black Belt	O. Kašpar	Začátek	Květen 2018
Šampión	M. Slavík	Konec	Říjen 2018
<b>Popis problému</b>	<b>Celková délka dílu (Y) ELV 25 vyráběného pro zákazníka Audi mimo specifikace – reklamace a vysoká zmetkovitost výrobního střediska</b>		
Cíl	Najít příčinu variability a zavést nápravná opatření vedoucí ke zlepšení, snížit zmetkovitost		
Výrobní středisko	Low Volume		
Proces	Řezání trubek, laser ořez, srážení hrany, koncování, montáž (narážení a krimpování)		
Začátek procesu	Řezání trubek na potřebné délky – výrobní proces dodavatele		
Konec procesu	Dodání k zákazníkovi Audi Neckarsulm		
Vlastník projektu	O. Kucera		
Projekt	Audi C8 #101864		
Produkt nebo služba	Brzdové vedení č. ELV 25 – 925, 2 ± 4 mm,		
Zákazníci	Extrení – Audi Neckarsulm, interní – finální kontrola délky dílu ex. firmou		
Roční úspora	Při nulové zmetkovitosti 686 tis Kč. za 6 měsíců		

Zdroj: Interní systém společnosti XY, vlastní zpracování



Obrázek 13 Costs of poor kvality (náklady na kvalitu)

<b>Cost of poor quality (náklady za nekvalitu)</b>					
<b>Popis problém: ELV 25, problém s délkou</b>					<b>Typ nákladu: interní</b>
Specifikace vícepráce / vynucené činnosti	Čas (hod.)	Cena /hod.	Cena vícepráce / vynucené činnosti (Kč. )	Cena materiálu (Kč.)	Celkové náklady za chybu (Kč.)
	178	250	44500	0	44500
6 sigma Green Belt projekt	178	250	44500	0	44500
(6 měsíců, 4 lidi)	178	220	39160	0	39160
	178	190	33820	0	33820
<b>Celkem</b>					<b>161 980 Kč</b>
<b>Popis problém: ELV 25, problém s délkou</b>					<b>Typ nákladu: externí (reklamační)</b>
Specifikace vícepráce / vynucené činnosti	Čas (hod.)	Cena /hod.	Cena vícepráce / vynucené činnosti (Kč. )	Cena materiálu (Kč.)	Celkové náklady za chybu (Kč.)
Třízení u zákazníka	14	350	4900	0	4900
Třízení interně	8	150	1200	0	1200
Jednorázový vícenáklad za reklamaci	0	0	0	13000	13000
Likvidace 15 ks dílů ELV 25	0	0	0	935	935
Extra doprava do Německa	0	0	0	8 500	8500
Administrativní náklady zákazníka	2	400	800	0	800
Ostatní (příprava 8D, čas QE)	5	250	1250	0	1250
<b>Celkem</b>					<b>30 585 Kč</b>
<b>Popis problém: ELV 25, problém s délkou</b>					<b>Typ nákladu: prevence</b>
Specifikace vícepráce / vynucené činnosti	Čas (hod.)	Cena /hod.	Cena vícepráce / vynucené činnosti (Kč. )	Cena materiálu (Kč.)	Celkové náklady za chybu (Kč.)
<b>Celkem</b>					<b>0 Kč</b>
<b>Popis problém: ELV 25, problém s délkou</b>					<b>Typ nákladu: Appraisal costs - třízení</b>
Specifikace vícepráce / vynucené činnosti	Čas (hod.)	Cena /hod.	Cena vícepráce / vynucené činnosti (Kč. )	Cena materiálu (Kč.)	Celkové náklady za chybu (Kč.)
Přeměňování každého dílu ELV 25 (ex. agentura), výroba květen - říjen	893	150	133950	552 558	686507,6
<b>Celkem</b>					<b>0 Kč</b>
<b>Celkem Kč. - int., ext., prev., appraisal</b>					<b>879 073 Kč</b>

Zdroj: Interní systém společnosti XY, vlastní zpracování

Obrázek 14 Časový harmonogram projektu

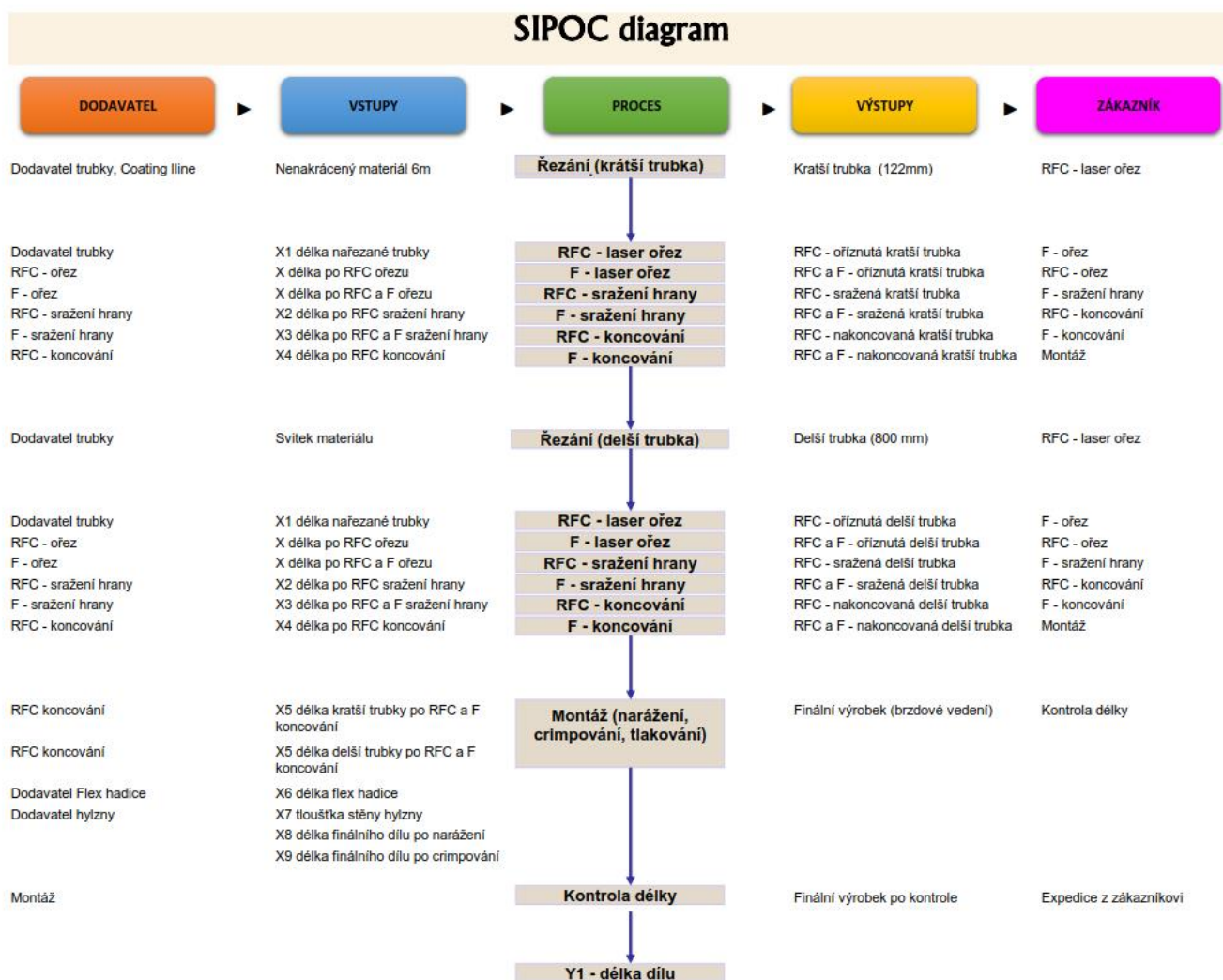
Projektový vedoucí: Miloš Kunc

Projektový tým: Petr Dymák, Michal Nepejchal, Lubomír Prokop

Název projektu	Průběh projektu	Rok 2018																											Status			
		Měsíc	Květen					Červen					Červenec					Srpen					Září			Říjen				o/●		
		Týden	18	19	20	21	22	22	23	24	25	26	26	27	28	29	30	31	32	33	34	35	35	36	37	38	39	40	41	42	43	44
<b>6 sigma project plan</b>	<b>Define</b>	Plán																													25%	
	Výběr projektu	Plán	■																												25%	
	Project charter	Plán		■																											25%	
	COPQ - náklady za nekvalitu	Plán			■																										25%	
	Časový harmonogram projektu	Plán				■																									25%	
	Cost of poor quality	Plán					■																								25%	
	SIPOC	Plán						■																							25%	
	Voice of the customer, Critical to quality	Plán							■																						25%	
	<b>Measure</b>	Plán								■																					25%	
	Plán sběru dat	Plán									■																				25%	
	Analýza systému měření	Plán										■																			25%	
	Ověření způsobilosti procesu	Plán											■																		25%	
	Identifikace kritických procesů	Plán												■																	25%	
	<b>Analyse</b>	Plán													■																25%	
	Ishikawa diagram	Plán														■															25%	
	Matice příčin a následků	Plán															■														25%	
	Určení kořenových příčin	Plán																■													25%	
	Regresní analýza	Plán																	■												25%	
	<b>Improve</b>	Plán																		■											25%	
	Seznam potenciálních řešení	Plán																			■										25%	
	Určení nejdůležitějších příčin	Plán																				■									25%	
	Rozhodovací analýza	Plán																					■								25%	
	Implementace řešení	Plán																						■							25%	
	Porovnání před/po	Plán																							■						25%	
	<b>Control</b>	Plán																								■					25%	
	FMEA a kontrolní plán	Plán																									■				25%	
Implementace nových standardů v kontrolním plánu	Plán																										■			25%		
Shrnutí výsledků	Plán																											■		25%		
Kalkulace úspor	Plán																												■	25%		
Uzavření projektu	Plán																												■	25%		

Zdroj: Interní systém společnosti XY, vlastní zpracování

Obrázek 15 SIPOC diagram výrobního procesu dílu ELV 25

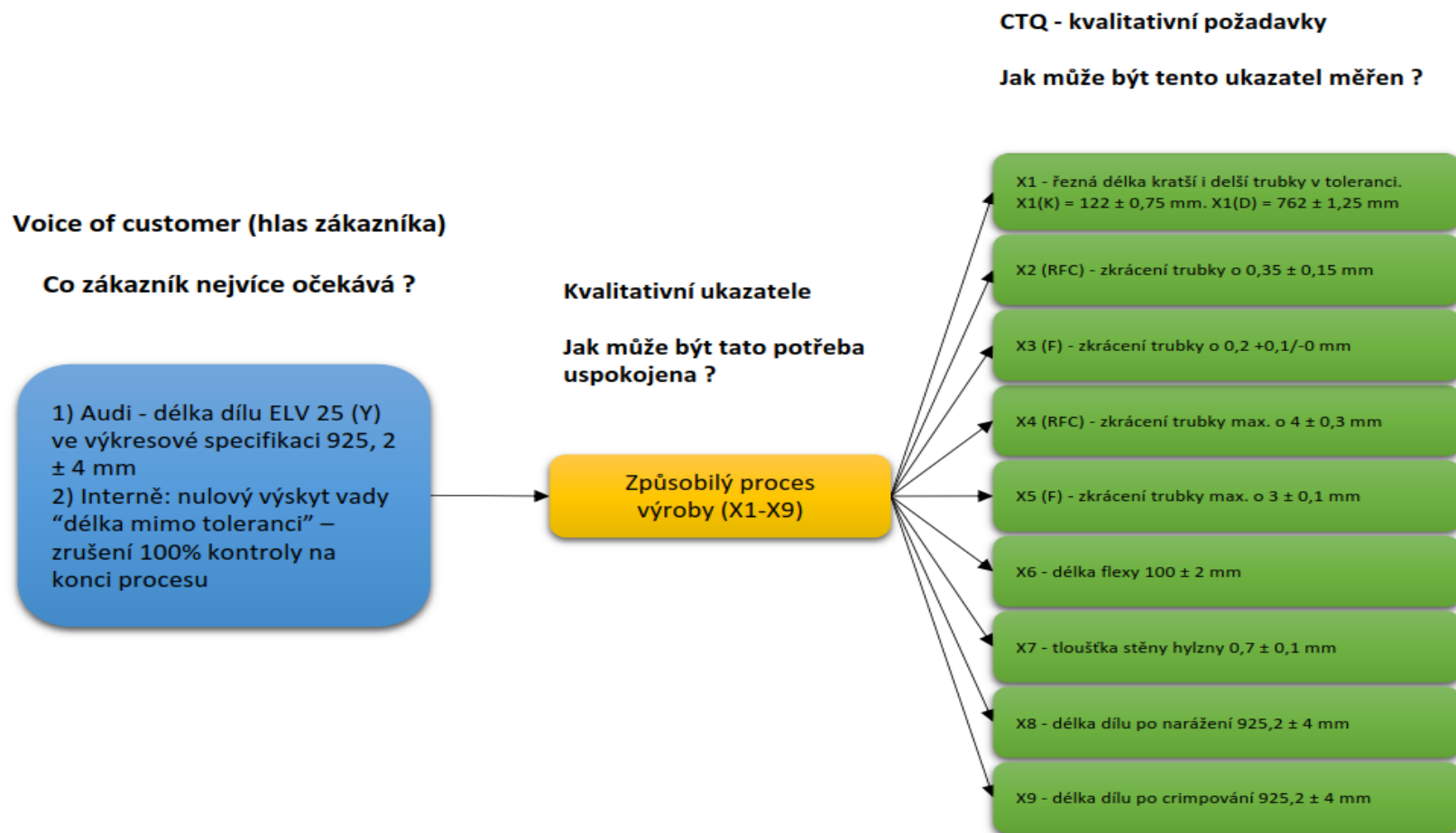


Zdroj: Interní systém společnosti XY, vlastní zpracování



Obrázek 16 Hlas zákazníka a CTQ (požadavky na kvalitu) v jednom přehledu – CTQ tree

## CTQ tree

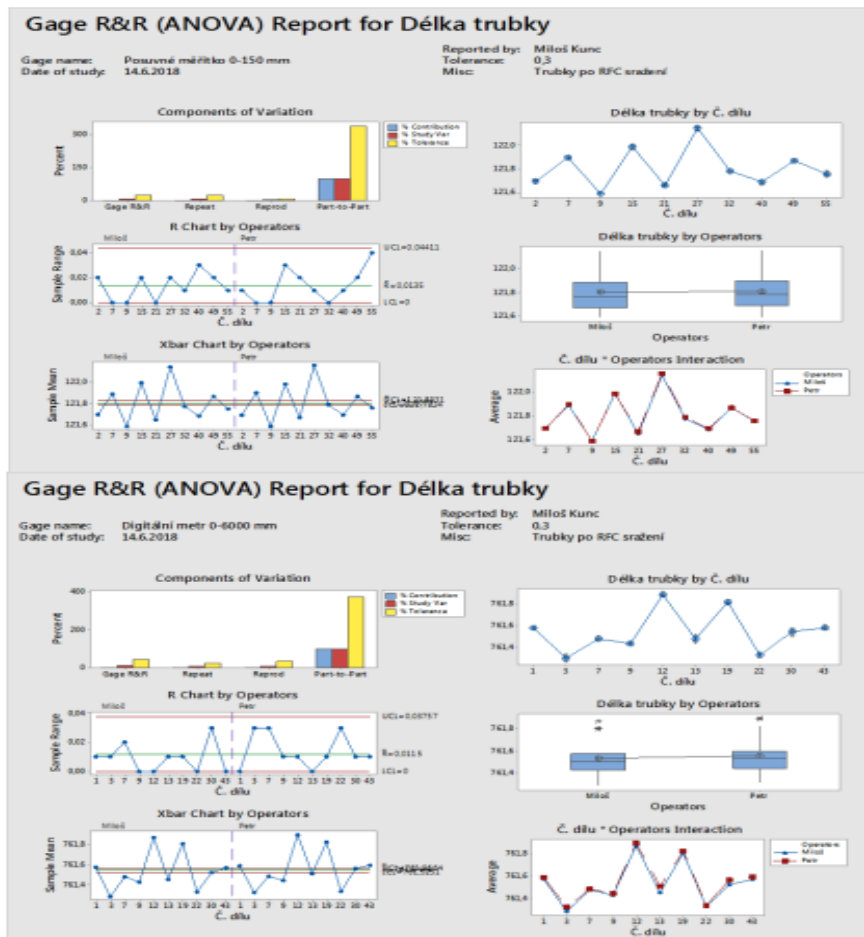


Zdroj: Interní systém společnosti XY, vlastní zpracování

## Příloha 3 Přílohy k fázi Measure

Obrázek 17 Analýza systému měření

### Analýza systému měření



### Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0,0004581	1,31
Repeatability	0,0001663	0,47
Reproducibility	0,0002918	0,83
Operators	0,0002918	0,83
Part-To-Part	0,0345966	98,69
Total Variation	0,0350547	100,00

Process tolerance = 0,3

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 × SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0,021403	0,12842	11,43
Repeatability	0,012895	0,07737	6,89
Reproducibility	0,017082	0,10249	9,12
Operators	0,017082	0,10249	9,12
Part-To-Part	0,186001	1,11601	99,34
Total Variation	0,187229	1,12337	100,00

### Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0,0001473	0,51
Repeatability	0,0001328	0,46
Reproducibility	0,0000145	0,05
Operators	0,0000145	0,05
Part-To-Part	0,0285952	99,49
Total Variation	0,0287425	100,00

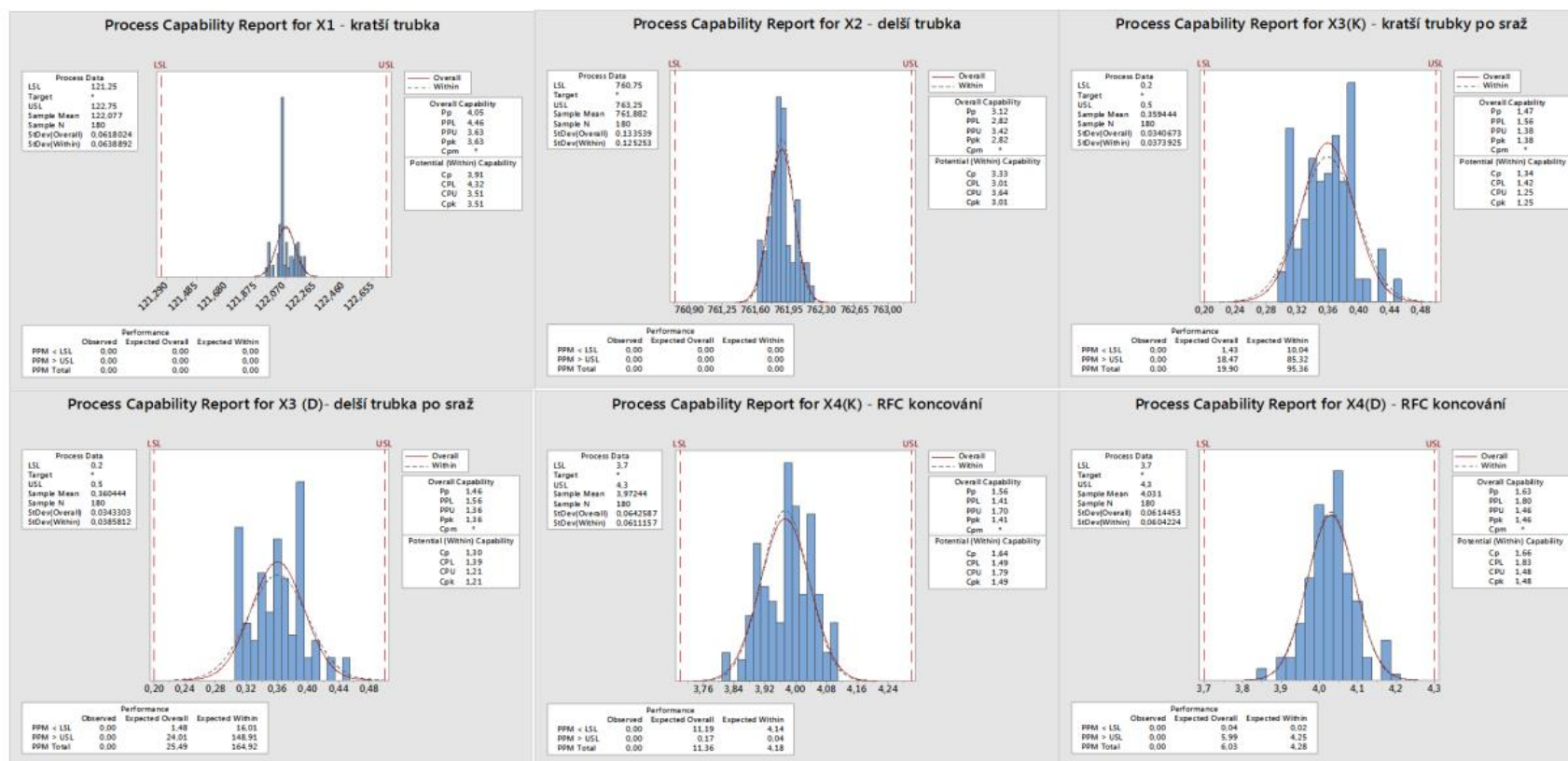
Process tolerance = 0,3

Source	StdDev (SD)	Study Var (6 × SD)	%Study Var (%SV)
Total Gage R&R	0,012138	0,07283	7,16
Repeatability	0,011526	0,06915	6,80
Reproducibility	0,003806	0,02283	2,24
Operators	0,003806	0,02283	2,24
Part-To-Part	0,169101	1,01461	99,74
Total Variation	0,169536	1,01722	100,00

Zdroj: Interní systém společnosti XY, vlastní zpracování

Obrázek 18 Kalkulace způsobilosti procesů X1 – X4

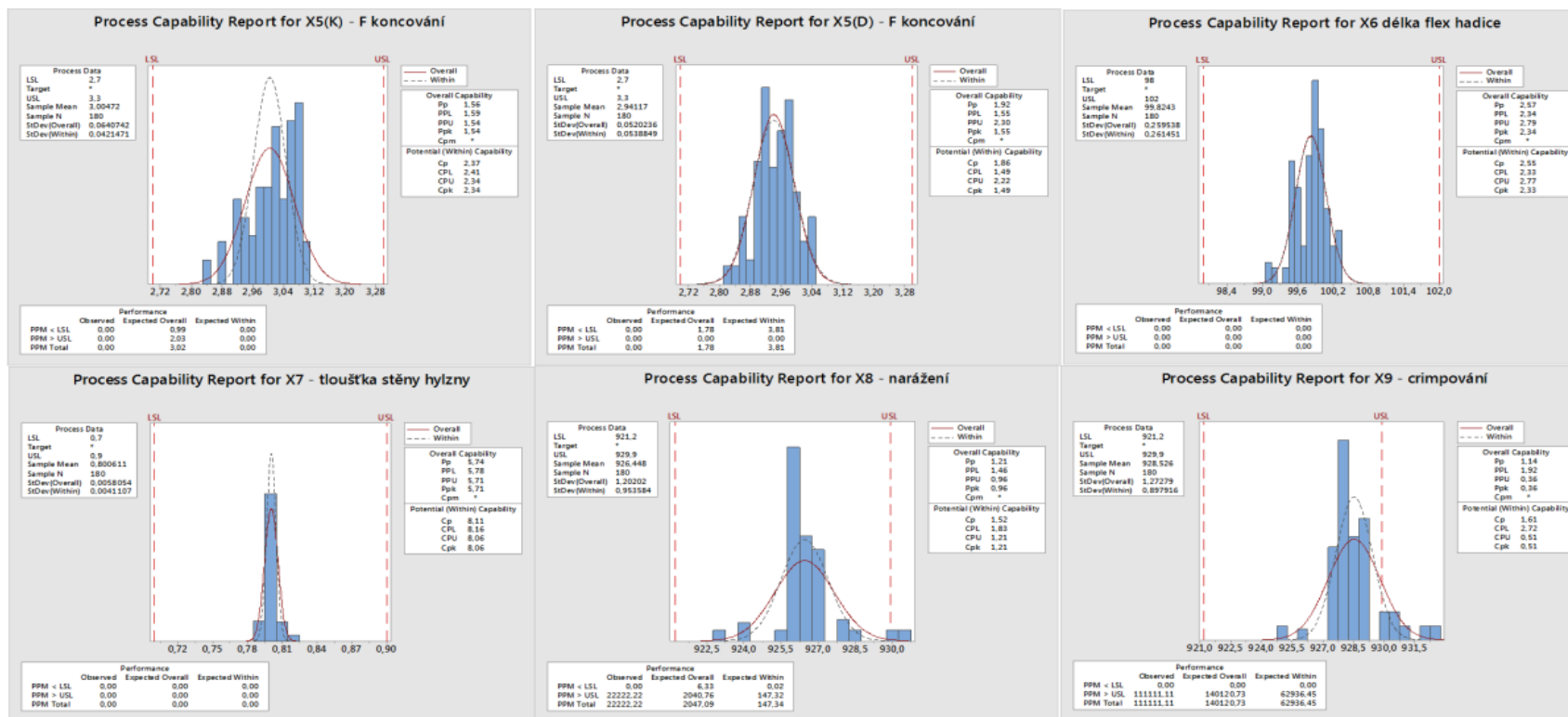
### Kalkulace způsobilosti procesů X1 - X4



Zdroj: Interní systém společnosti XY, vlastní zpracování

Obrázek 19 Kalkulace způsobilosti procesů X5 – X9

### Kalkulace způsobilosti procesů X5 - X9

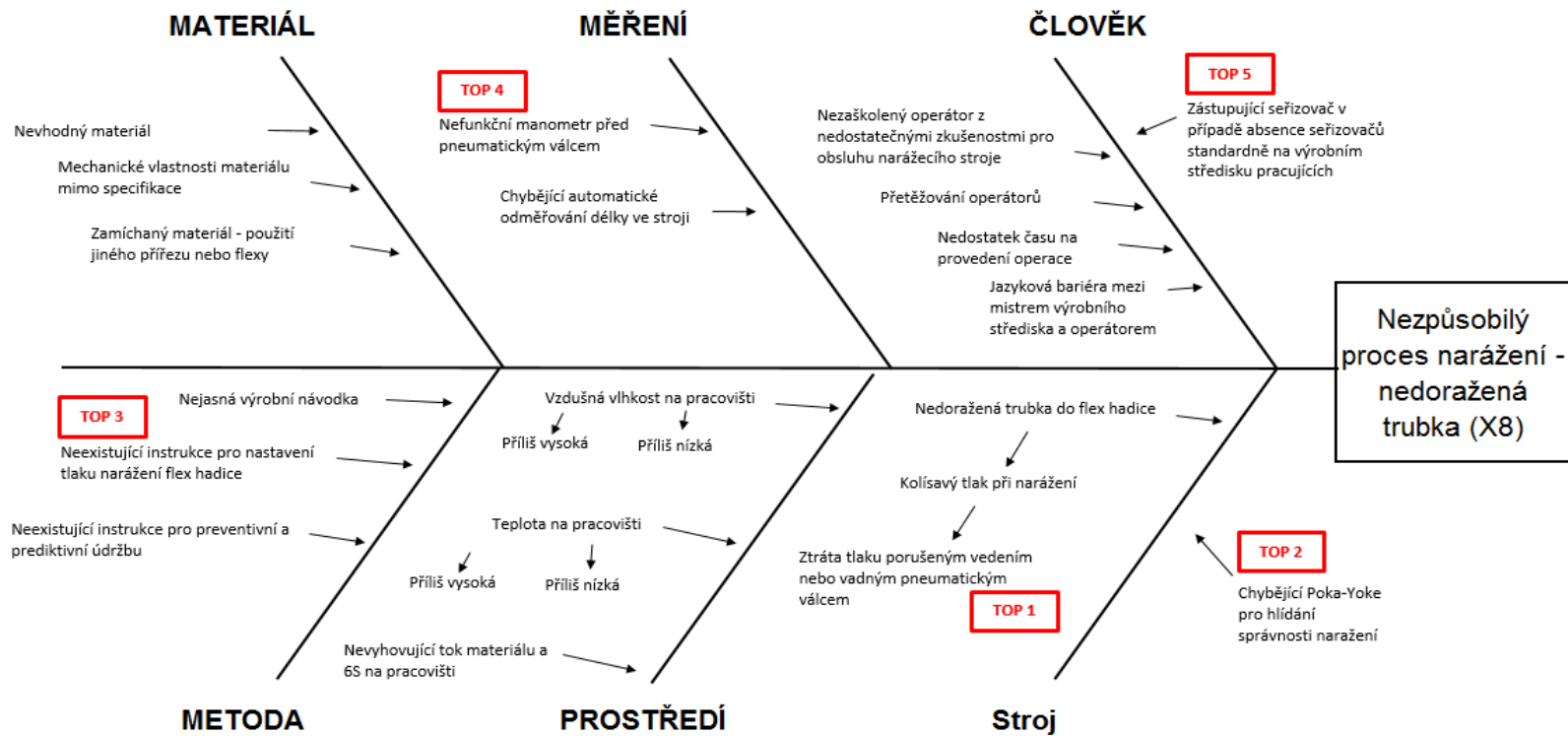


Zdroj: Interní systém společnosti XY, vlastní zpracování

## Příloha 4 Přílohy k fázi Analýze

Obrázek 20 Ishikawa diagram

### Ishikawa diagram



Zdroj: Interní systém společnosti XY, vlastní zpracování

Obrázek 21 Matice příčin a následků

## Matice příčin a následků

Příčina č.		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
Vstup - procesní proměnné	Váha	Ztráta tlaku	Nefunkční manometr	Neexistující instrukce pro nastavení tlaku narážení	Chybějící Poka-Yoke	Zástup za seřizovače	Zamíchýný materiál	Nejasná výrobní návodka	Nedostatek času na provedení práce	6S a tok materiálu	Vzdušná vlhkost na pracovišti (nízká/vysoká)
	Výstup/měření										
Vliv na kvalitu (délka dílu ELV 25 v toleranci)	9	9	9	9	9	5	7	3	5	3	1
Vliv na dostupnost - prostoje	5	5	5	3	3	7	4	7	3	5	1
Vliv na výkon - rychlost stroje	1	5	3	3	3	7	1	9	1	7	1
<b>Celkem</b>		<b>111</b>	109	99	99	87	84	71	61	59	15

**Vliv příčiny na procesní výstup:**

9 - extrémní

7 - vysoký

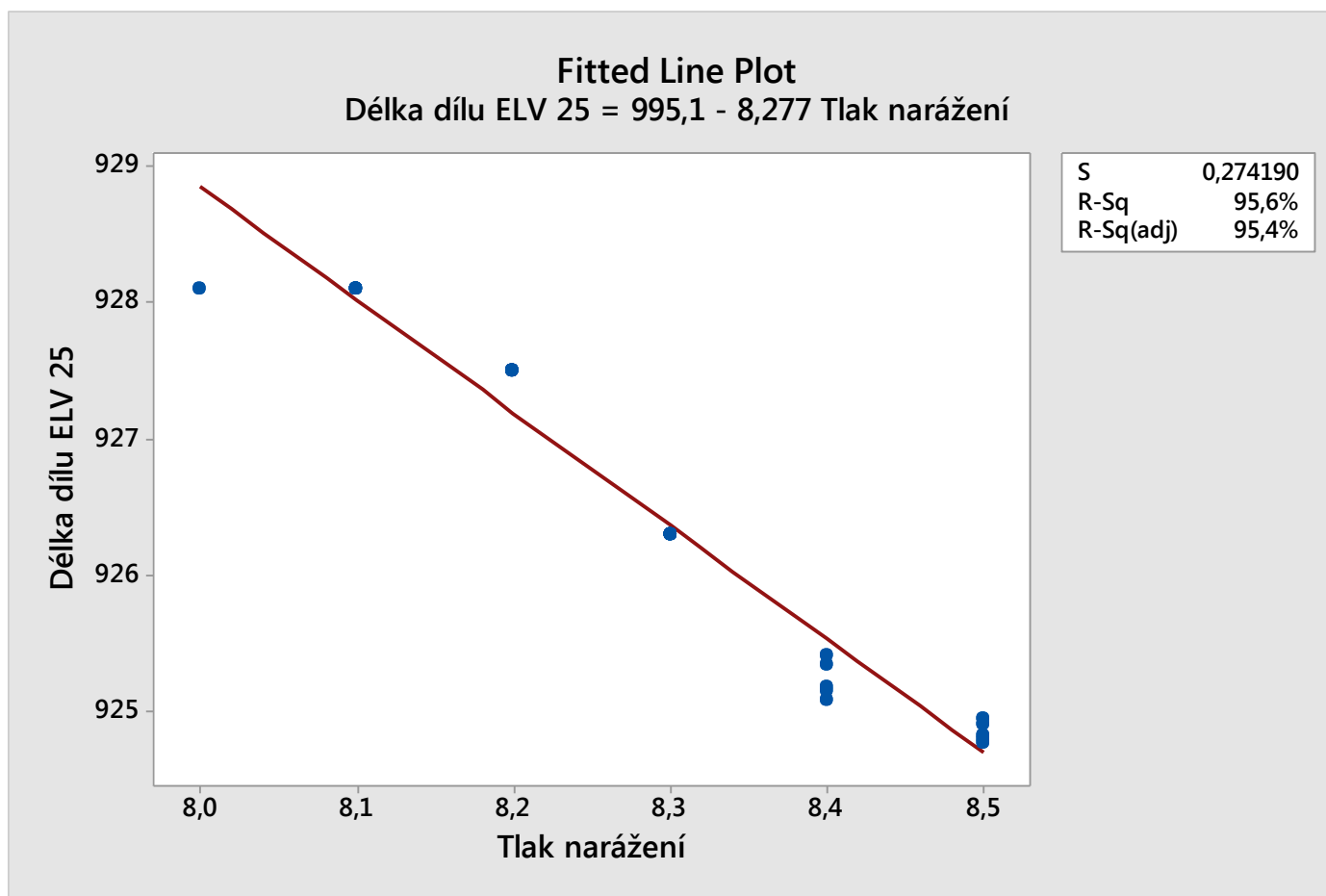
5 - střední

3 - zanedbatelný

1 - žádný

Zdroj: Interní systém společnosti XY, vlastní zpracování

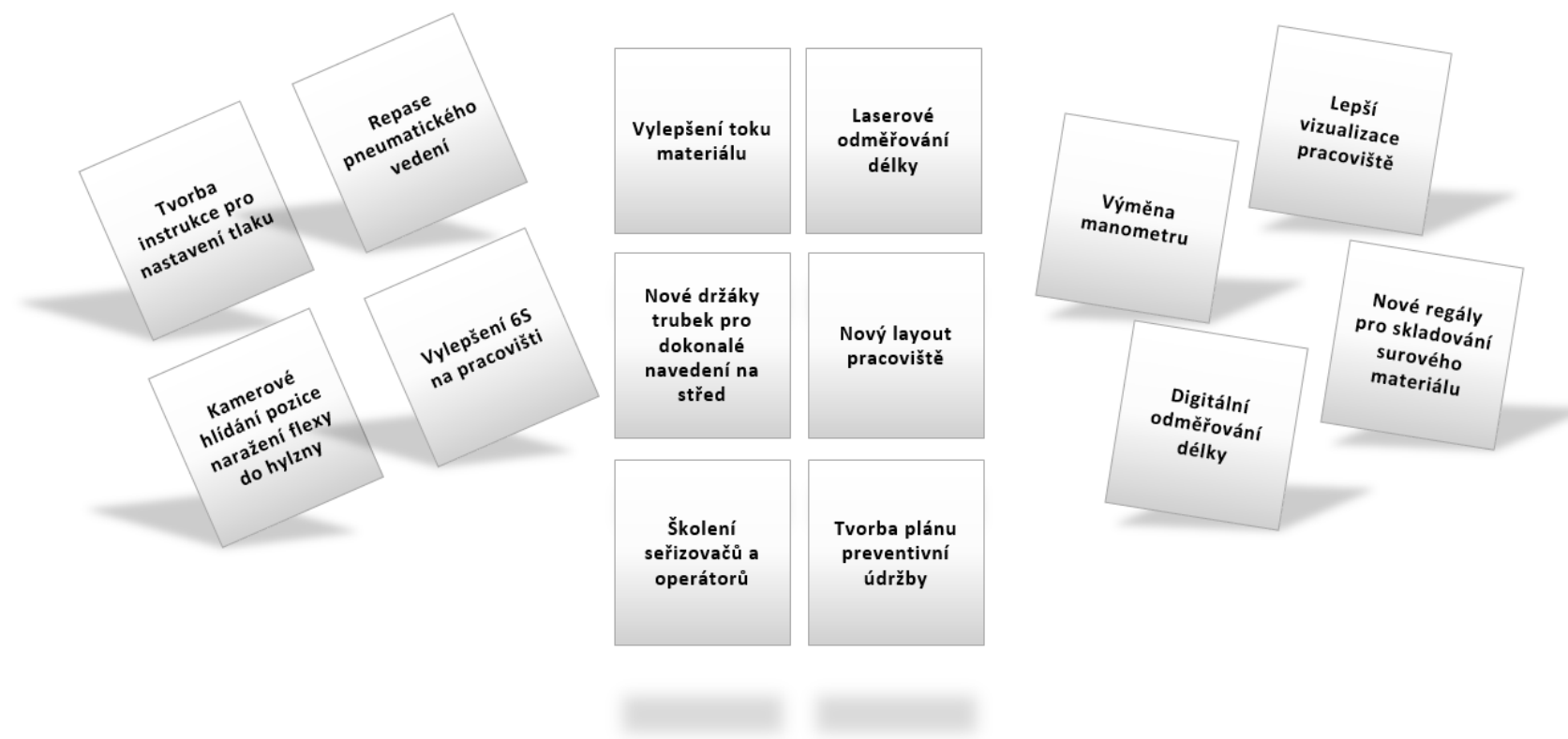
Obrázek 22 Regrese mezi délkou dílu (Y) a tlakem narážení (P)



Zdroj: Interní systém společnosti XY, vlastní zpracování

## Příloha 5 Přílohy k fázi Improve

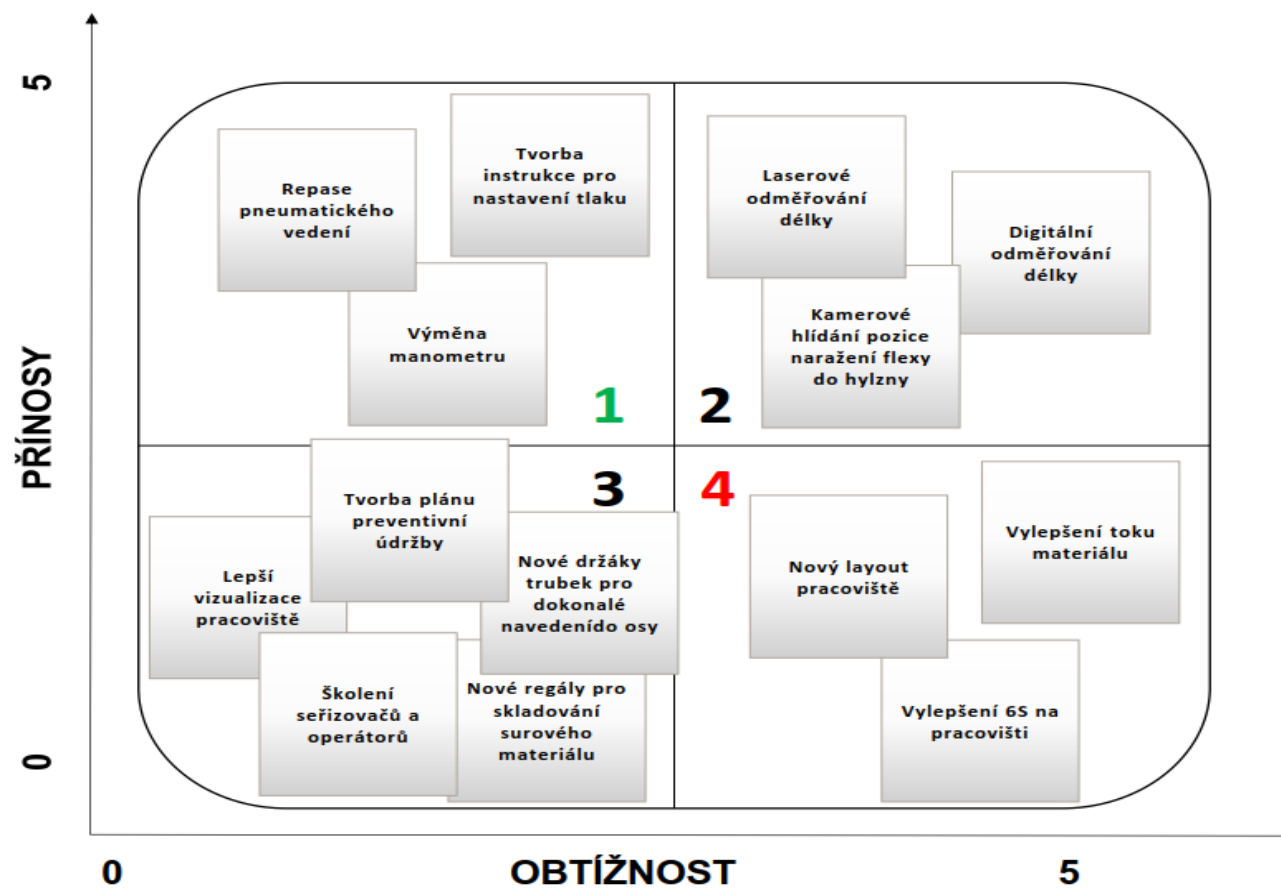
Obrázek 23 Seznam potenciálních nápravných opatření – výstup z brainstormingu



Zdroj: Interní systém společnosti XY, vlastní zpracování



Obrázek 24 Matice přínosů a úsilí



Zdroj: Interní systém společnosti XY, vlastní zpracování

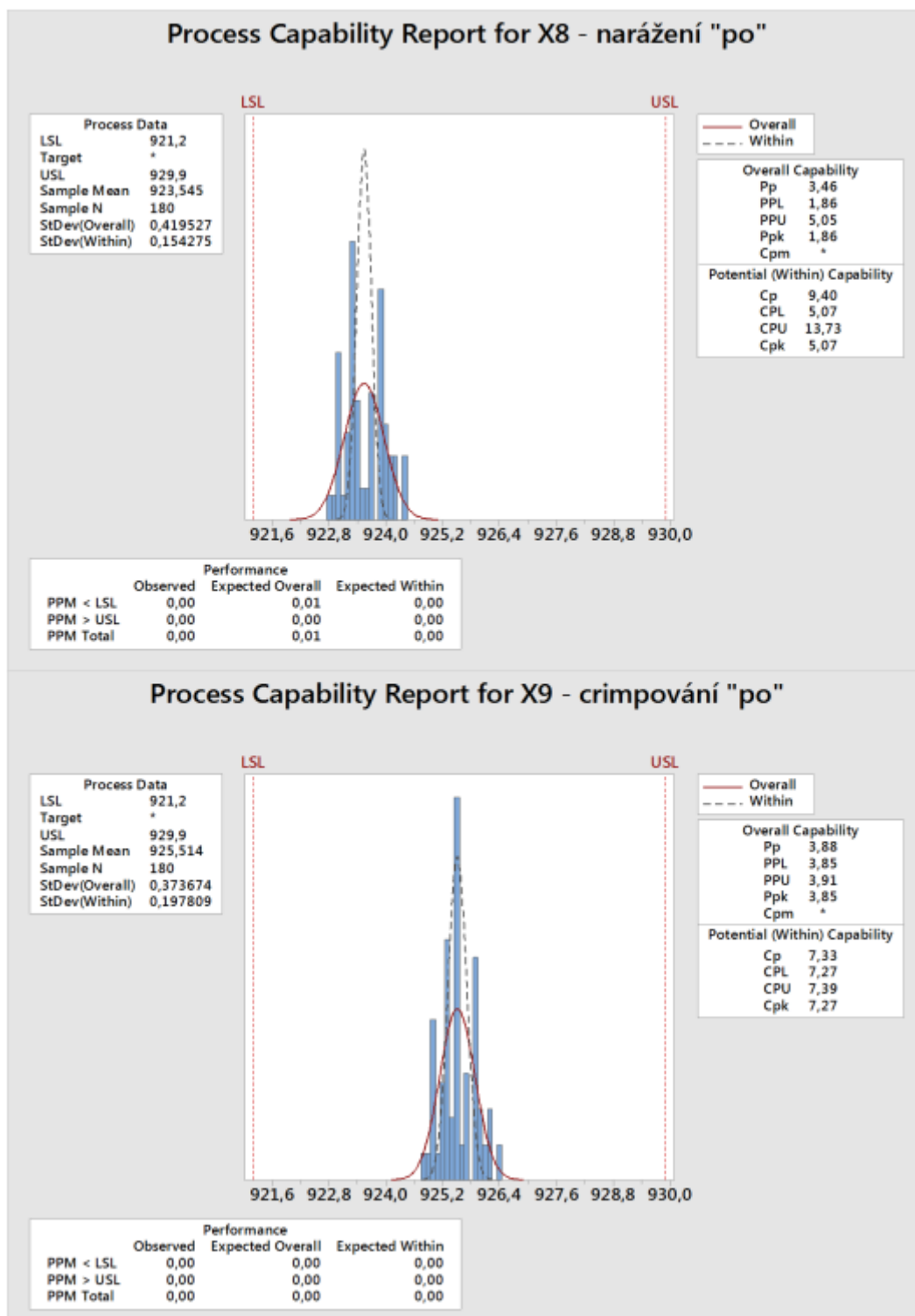
Obrázek 25 Rozhodovací analýza – výběr elektronického Poka–yoke

Rozhodovací analýza											
Ujasnění účelu				Alternativy a jejich vyhodnocení							
Definice rozhodnutí				Vytvoření alternativ							
Jaký je základní účel tohoto rozhodnutí ? Jaký konkrétní výběr musí být učiněn ?				Celkem <b>342</b>		Celkem <b>380</b>		Celkem <b>400</b>			
<b>Vybrat nejefektivnější elektronické Poka-Yoke pro na problém s délkou</b>				Výsledek: 3 Alternativa č. 1		Výsledek: 2 Alternativa č. 2		Výsledek: 1 Alternativa č. 3			
Stanovení cílů - kritérií Jaké krátkodobé a dlouhodobé výsledky potřebujeme ? Jaké zdroje musíme/smíme využít / ušetřit ? Jaké cíle nejsou jasné ? Jaká musíme respektovat omezení ? Jaké existují limity -maxima, minima ? Zapišujte stručně a výstižně			Katego- rizace Musíme	Laserové odměřování délky - laser		Digitální odměřování délky - snímač MTS		Kamerové hlídání pozice naražení flexy do hylzny - kamera Keyence			
Cíle - kritéria			Měritko	M nebo CH: Váha		skóre	Vážené skóre	skóre	Vážené skóre	skóre	Vážené skóre
Efektivní Poka-Yoke na problém s délkou			Ano/Ne	M	Ano	x		Ano	x	Ano	X
Co nejnižší cena			KČ	9	25-35 tis. Kč	8	<b>72</b>	20 tis. Kč	10	<b>90</b>	10 <b>90</b>
Ověřený dodavatel s výbornými preferencemi			Ano/Ne	8	Ne	5	<b>40</b>	Ano	10	<b>80</b>	Ano 10 <b>80</b>
Zařízení kompatibilní s řídicím systémem Siemens			Ano/Ne	M	Ano	X		Ano	X	Ano	X
Co nejdelší záruční doba			Měsíce	7	48	10	<b>70</b>	48	10	<b>70</b>	48 10 <b>70</b>
Servisní služby dodavatele			Měsíce	6	neomezeně	10	<b>60</b>	neomezeně	10	<b>60</b>	neomezeně 10 <b>60</b>
Co nejpřesnější odměřování/snímání			mm	10	0,001 mm	10	<b>100</b>	0,01 mm	8	<b>80</b>	0,001 mm 10 <b>100</b>
Úvaha nad riziky				Úvaha nad riziky		Úvaha nad riziky		Úvaha nad riziky		Úvaha nad riziky	
Legenda k úvaze nad riziky Zápis ve formátu "Kdyby něco" (pravděpodobnost), "pak následek" (závažnost) P - Pravděpodobnost (Vysoká, Střední, Nizká) Z- Závažnost (Vysoká, Střední, Nizká)				Kdyby ... Porucha zařízení <input type="checkbox"/> S		Kdyby ... Porucha zařízení <input type="checkbox"/> N		Kdyby ... Porucha zařízení <input type="checkbox"/> N		Kdyby ... Riziko vyrobení dílu mimo specifikace <input type="checkbox"/> V	
Kdyby ... Riziko vyrobení dílu mimo specifikace <input type="checkbox"/> V				Kdyby ... Riziko vyrobení dílu mimo specifikace <input type="checkbox"/> V		Kdyby ... Riziko vyrobení dílu mimo specifikace <input type="checkbox"/> V		Kdyby ... Riziko vyrobení dílu mimo specifikace <input type="checkbox"/> V		Kdyby ... Riziko vyrobení dílu mimo specifikace <input type="checkbox"/> V	
Kdyby ... Riziko vyrobení dílu mimo specifikace <input type="checkbox"/> V				Kdyby ... Riziko vyrobení dílu mimo specifikace <input type="checkbox"/> V		Kdyby ... Riziko vyrobení dílu mimo specifikace <input type="checkbox"/> V		Kdyby ... Riziko vyrobení dílu mimo specifikace <input type="checkbox"/> V		Kdyby ... Riziko vyrobení dílu mimo specifikace <input type="checkbox"/> V	
Pak ... Riziko vyrobení dílu mimo specifikace <input type="checkbox"/> V				Pak ... Riziko vyrobení dílu mimo specifikace <input type="checkbox"/> V		Pak ... Riziko vyrobení dílu mimo specifikace <input type="checkbox"/> V		Pak ... Riziko vyrobení dílu mimo specifikace <input type="checkbox"/> V		Pak ... Riziko vyrobení dílu mimo specifikace <input type="checkbox"/> V	

Zdroj: Interní systém společnosti XY, vlastní zpracování

Obrázek 26 Kalkulace způsobilostí procesu X8 a X9 po nápravných opatřeních

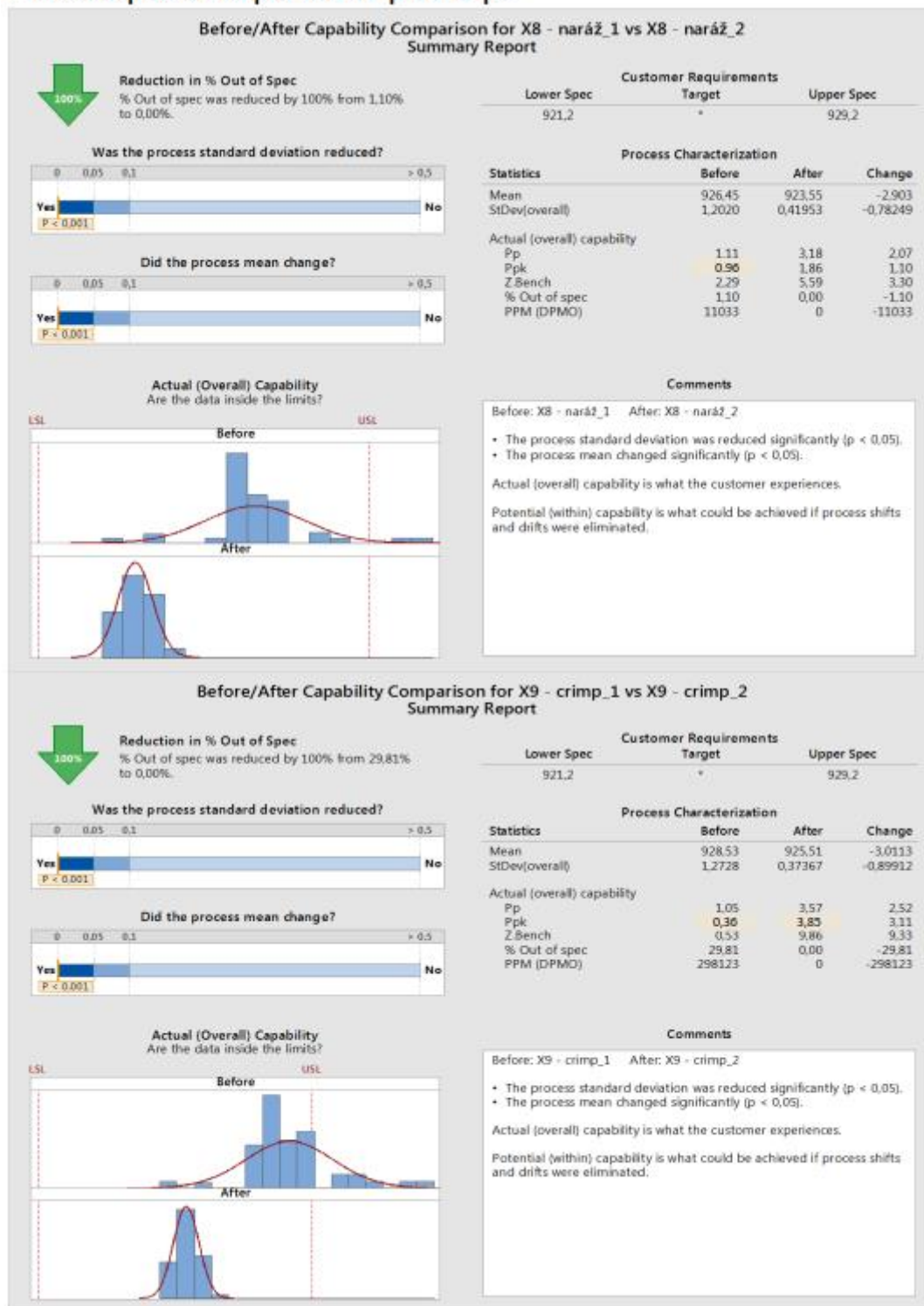
**Kalkulace způsobilosti procesů X8 - X9 po zavedení nápravných opatření**



Zdroj: Interní systém společnosti XY, vlastní zpracování

Obrázek 27 Porovnání způsobilostí pro X8 a X9 „před“ a „po“

### Porovnání způsobilostí pro X8 a X9 "před" a "po"



## Příloha 6 Přílohy k fázi Control

Obrázek 28 PFMEA procesu narážení, 1/2

### POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS PROCESS FMEA

1/2

Funkce procesu - požadavky	Potenciální projev vady	Potenciální následek vady u zákazníka	Závažnost	Klasifikace	Pravděpodobná příčina	Výskyt	Stávající kvalitativní řízení procesu		Odhaltelnost	RPN	Doporučená opatření	Zodpovědnost, datum zavedení	Závěry opatření				
							Prevence	Detekce					Zavedené akce	Závažnost	Výskyt	Odhaltelnost	RPN
Narážení flex hadice	Nedokonalé narážení flexy do trubky	Délka dílu mimo toleranci, reklamace od zákazníka.	8		Ztráta tlaku	6	Six Sigma project	100% kontrola délky externí firmou	4	192	Repase pneumatického vedení	21.8.2018	Repase pneumatického vedení	8	3	2	48
					Nefunkční manometr		Six Sigma project	100% kontrola délky externí firmou			Výměna manometru, pravidelná kontrola	22.8.2018	Výměna manometru, pravidelná kontrola				
					Neexistující instrukce pro nastavení tlaku narážení		Six Sigma project	100% kontrola délky externí firmou			Vytvoření instrukce pro nastavení tlaku narážení	22.8.2018	Vytvoření instrukce pro nastavení tlaku narážení				
					Chyějící Poka-Yoke		Six Sigma project	100% kontrola délky externí firmou			Kamerové snímání a digitální odměřování	30.8.2018	Kamerové snímání a digitální odměřování				
					Zástup za seřizovače		Six Sigma project	100% kontrola délky externí firmou			Doplnění stavu seřizovačů na středisku						
					Zamíchaný materiál		Six Sigma project	100% kontrola délky externí firmou			Zlepšení skladování a toku materiálu						
					Nejasná výrobní návodka		Six Sigma project	100% kontrola délky externí firmou			Aktualizovat výrobní dokumentace						
					Nedostatek času na provedení práce		Six Sigma project	100% kontrola délky externí firmou			Proměřit cyklus čas a prověřit náročnost operace						
					6S a tok materiálu		Six Sigma project	100% kontrola délky externí firmou			Zlepšení skladování a toku materiálu						
					Vzdušná vlhkost na pracovišti (nízká/vysoká)		Six Sigma project	100% kontrola délky externí firmou			Bez opatření						

Zdroj: Interní systém společnosti XY, vlastní zpracování

Obrázek 29 PFMEA procesu narážení, 2/2

**POTENTIAL FAILURE MODE AND EFFECTS ANALYSIS**  
**PROCESS FMEA**

2/2

Narážení flex hadice	Deformace	Funkční vada	6	Nedodržení pracovních instrukcí - operátor	2	Vizuální kontrola na předcházející operaci	Vizuální kontrola operátorem	5	60	Bez opatření							
	Škrábanec, otlak	Nesplnění požadavku zákazníka	4	Nepozornost operátora, ostré hrany uvnitř	2	Vizuální kontrola na předcházející operaci	Vizuální kontrola operátorem	5	40	Bez opatření							
	Rozpletený výplet flex hadice	Rozpletení flex hadice, v extrémním případě netěsnící díl	7	Chyba ve výrobním procesu dodavatele	3	100% kontrola na vstupu do firmy	Reklamační řízení s dodavatelem	4	84	Bez opatření							
	Chybějící hylzna	Nelze vyrobit kompletní díl	3	Nedodržení pracovních instrukcí - operátor	2	Pravidelné školení operátorů na pracovní instrukce	Vizuální kontrola operátorem	3	18	Bez opatření							
			3	Komponent není skladem	2	Supply chain management	Reklamační řízení s dodavatelem	3	18	Bez opatření							
	Chybějící trubka	Nelze vyrobit kompletní díl	3	Nedodržení pracovních instrukcí - operátor	2	Pravidelné školení operátorů na pracovní instrukce	Vizuální kontrola operátorem	3	18	Bez opatření							
			3	Komponent není skladem	2	Supply chain management	Reklamační řízení s dodavatelem	3	18	Bez opatření							
	Chybějící flexa	Nelze vyrobit kompletní díl	3	Nedodržení pracovních instrukcí - operátor	2	Pravidelné školení operátorů na pracovní instrukce	Vizuální kontrola operátorem	3	18	Bez opatření							
			3	Komponent není skladem	2	Supply chain management	Reklamační řízení s dodavatelem	3	18	Bez opatření							

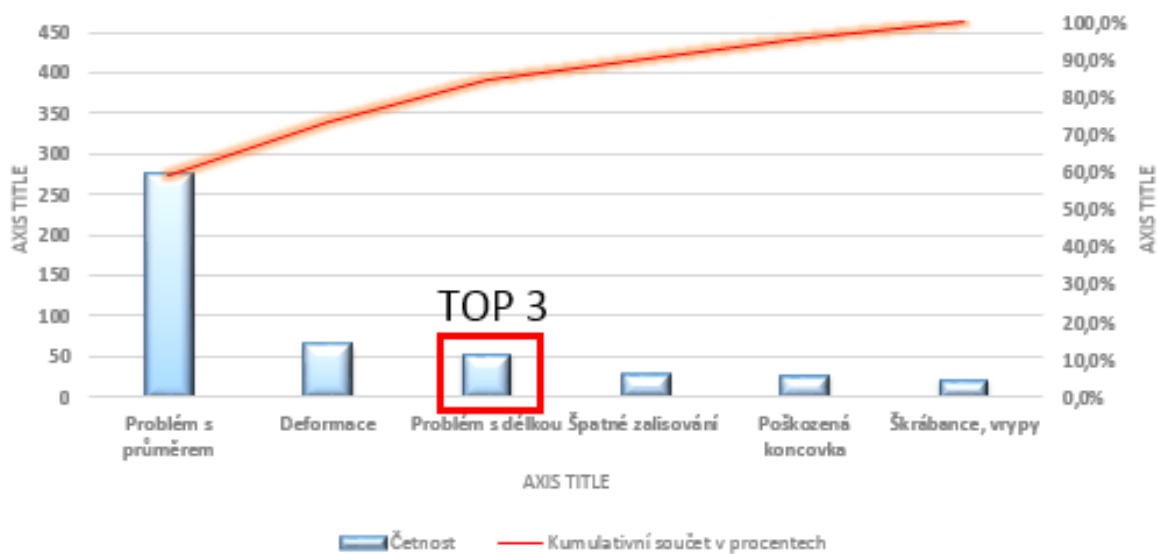
Zdroj: Interní systém společnosti XY, vlastní zpracování

Graf 3 Výkonnost a zmetkovitost výrobního střediska Low Volume – týden 41 až 43

### Výkonnost výrobního střediska Low Volume - týden 41 - 43



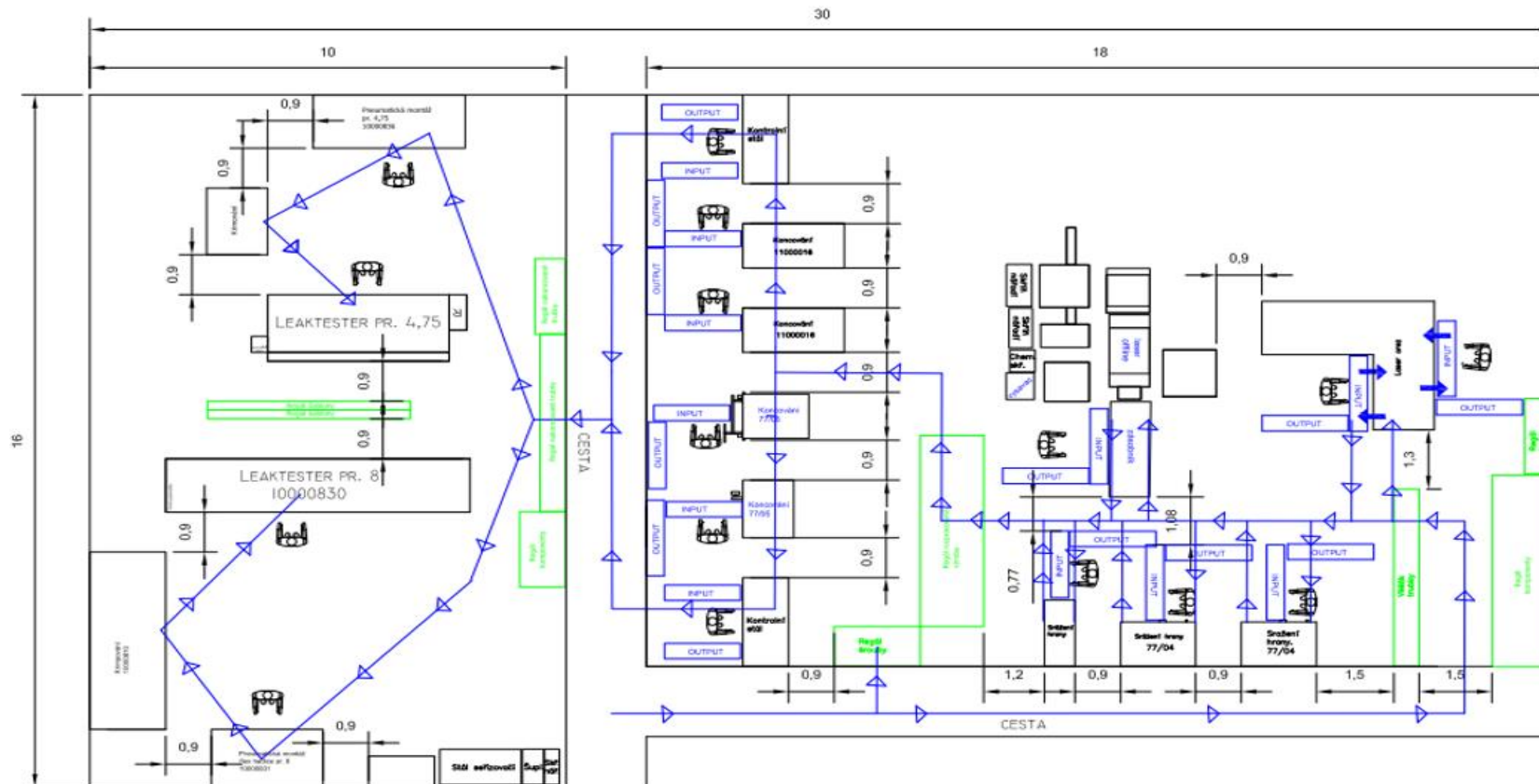
### Str. 177 Low Volume, zmetkovitost týden 41 - 43



Zdroj: Interní systém společnosti XY, vlastní zpracování

## Příloha 7 Přílohy k doporučení

Obrázek 30 Současný layout výrobního střediska Low Volume



Zdroj: Interní systém společnosti XY, vlastní zpracování

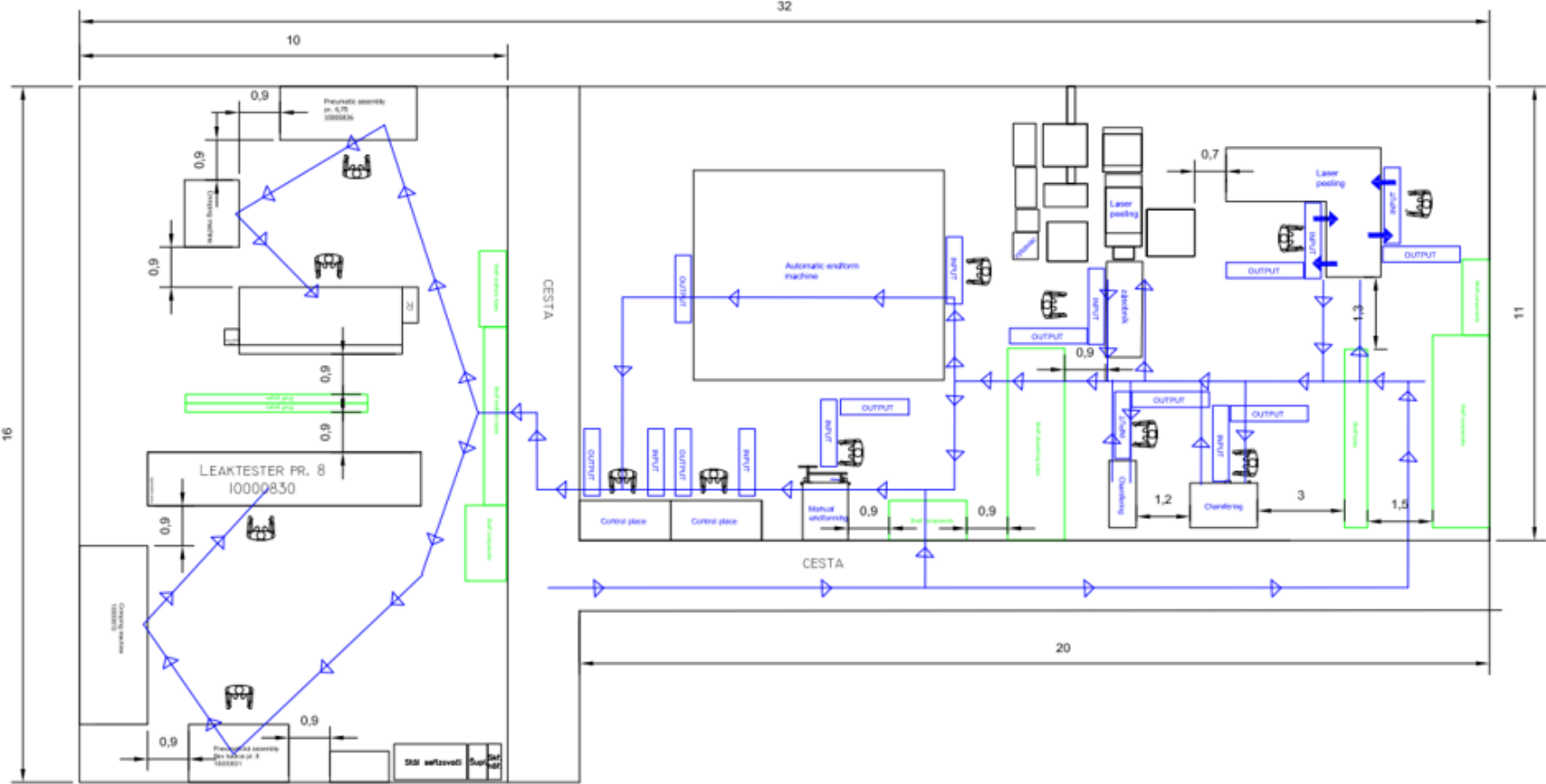


Obrázek 31 Rozhodovací analýza upřednostňující přestavbu

Rozhodovací analýza											
Ujasnění účelu				Alternativy a jejich vyhodnocení							
Definice rozhodnutí				Vytvoření alternativ							
<p><i>Jaký je základní účel tohoto rozhodnutí ? Jaký konkrétní výběr musí být učiněn ?</i></p> <p><b>Vybrat nejefektivnější elektronické Poka-Yoke pro na problém s délkou</b></p>				<p>Výsledek: 2 Alternativa č. 1</p>		<p><b>476</b></p>		<p>Výsledek: 1 Alternativa č. 2</p>		<p><b>554</b></p>	
<p><b>Stanovení cílů - kritérií</b></p> <p><i>Jaké krátkodobé a dlouhodobé výsledky potřebujeme ? Jaké zdroje musíme/smíme využít / ušetřit ? Jaké cíle nejsou jasné ? Jaká musíme respektovat omezení ? Jaké existují limity -maxima, minima ? Zapíšte stručně a výstižně</i></p>			<p>Katego- rizace</p> <p>Musíme</p> <p>Chceme + Váha</p>	<p><b>Současný stav</b></p>			<p><b>Navrhovaná přestavba</b></p>				
Cíle - kritéria		Měřitko	M nebo CH: Váha	Skóre		Vážené skóre		Skóre		Vážené skóre	
Bezpečné pracoviště		Ano/Ne	M	Ano		Ano		Ano			
Regály co nejbliže strojům		m	7	max. 4m		8	56	max. 2m		10	70
Co nejmenší zastavěná plocha		m2	8	480		10	80	312		8	64
Co nejnižší náklady na provoz		KW	10	4x 30 KW		10	100	160 KW		8	80
Co nejmenší pohyb materiálu během výroby		Počet stanic	6	16		8	48	13		10	60
Automatická koncovací linka		Ano/Ne	5	Ne		0	0	Ano		10	50
Co nejmenší počet operátorů		Počet op.	9	16		8	72	13		10	90
Zajištění FIFO		Ano/Ne	4	Ano		10	40	Ano		10	40
Výrobní možnosti střediska		kusy	10	80 000 ks měsíčně		8	80	105 000 ks měsíčně		10	100
Úvaha nad riziky				Úvaha nad riziky				Úvaha nad riziky			
<p>Legenda k úvaze nad riziky</p> <p>Zápis ve formátu "Kdyby něco" (pravděpodobnost), "pak následek" (závažnost)</p> <p>P - Pravděpodobnost (Vysoká, Střední, Nizká)</p> <p>Z - Závažnost (Vysoká, Střední, Nizká)</p>				<p>Kdyby ... Navýšení výroby nad 80 000 ks/ měsíc</p> <p>Pak ...</p> <p>Ohrožen zákazník</p> <p>Kdyby ...</p> <p>Pak ...</p>		<p><b>P</b></p> <p><b>N</b></p>	<p><b>Z</b></p> <p><b>V</b></p>	<p>Kdyby ... Neschopnost obsluhovat a udržovat složitý stroj</p> <p>Pak ...</p> <p>Kdyby ...</p> <p>Pak ...</p>		<p><b>P</b></p> <p><b>N</b></p>	<p><b>Z</b></p> <p><b>N</b></p>

Zdroj: Interní systém společnosti XY, vlastní zpracování

Obrázek 32 Navrhovaný layout výrobního střediska Low Volume



Zdroj: Interní systém společnosti XY, vlastní zpracování