

ŠKODA AUTO VYSOKÁ ŠKOLA, O.P.S.

Studijní program: B6208 Ekonomika a management

Studijní obor: 6208R088 Podniková ekonomika a management provozu

Praktická aplikace Six Sigma ve společnosti Continental Automotive GmbH

Thanh NGUYEN NGOC

Vedoucí práce: **Ing. et Ing. Martin Foltá, Ph.D.**

Tento list vyjměte a nahrad'te zadáním bakalářské práce

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci vypracoval(a) samostatně s použitím uvedené literatury pod odborným vedením vedoucího práce.

Prohlašuji, že citace použitých pramenů je úplná a v práci jsem neporušil(a) autorská práva (ve smyslu zákona 121/2000 Sb., o právu autorském a o právech souvisejících s právem autorským).

V Mladé Boleslavi dne

Děkuji Ing. et Ing. Martin Foltu, Ph.D za odborné vedení bakalářské práce, poskytování rad a informačních podkladů. Dále děkuji svému mentorovi a zároveň dobrému příteli Christianu Gietlovi za pohotovost při poskytování informací.

Obsah

1	Úvod	8
2	Úvod do Six Sigma	9
2.1	Definice Six Sigma	9
2.1.1	Pojmy v Six Sigma	10
2.2	Vývoj Six Sigma	12
2.3	Důvody pro zavedení Six Sigmy	12
2.4	DMAIC cyklus.....	14
2.4.1	Definuj	15
2.4.2	Měř	18
2.4.3	Analyzuj	22
2.4.4	Zlepšuj	24
2.4.5	Kontroluj	25
3	Aplikace Six Sigma ve firmě Continental	27
3.1	Firma Continental	27
3.1.1	Koncernová struktura.....	27
3.2	Role Six Sigma.....	27
3.3	Školení Six Sigma v Continental Automotive	29
4	Zhotovení případové studie	31
4.1	Projekt „Větrný mlýn“	32
4.2	Definuj.....	33
4.2.1	Základní listina projektu	33
4.2.2	VOC: SIPOC.....	35
4.2.3	VOC: Kano model.....	36
4.2.4	VOC: CTQ/CTC/CTT	37
4.3	Měř	38
4.3.1	Studie opakovatelnosti a reprodukovatelnosti	39
4.3.2	Zhodnocení studie opakovatelnosti a reprodukovatelnosti	46
5	Návrhy praktické aplikace případové studie.....	47
6	Závěr.....	49

Seznam použitých zkratk a symbolů

PDCA	Plánuj – dělej – ověř – jednej (Plan – do – check – act)
DPMO	Vady na milion příležitostí (Defects per million opportunities)
LSL	Dolní tolerační mez (Lower Specification Level)
USL	Horní tolerační mez (Upper Specification Level)
C_p	Způsobilost procesu (Capability process)
DMAIC	Definuj – Měř – Analyzuj – Zlepšuj - Kontroluj
DFSS	Návrh pro Six Sigma (Design for Six Sigma)
DMADV	Definuj – Měř – Analyzuj – Navrhni – Ověř
VOC	Hlas zákazníka (Voice of the customer)
SIPOC	Dodavatel – Vstup – Proces – Výstup – Zákazník
CTX/Q/T	Kritický k X/kvalitě/času
SPC diagram	Regulační diagram
MSA	Analýza systému měření
Gage R&R	Studie opakovatelnosti a reprodukovatelnosti
ANOVA	Analýza odchylek (Analysis of variance)
H_0	Nulová hypotéza (Hypothesis 0)
DoE	Návrh experimentů (Design of Experiments)
5S	Rozděl – Seříd' – Uspořádej – Zdokumentuj - Dodržuj
FMEA	Analýza možného výskytu a vlivu vad
RASID	Zodpovědný – Schvalující – Podporující – Informován –
Vykonávající	
MBB	Hodnost mistrovského černého pásu (Master Black Belt)
BB	Hodnost černého pásu (Black Belt)
RPM	Otáčky za minutu (Rotations per minute)
UCL	Horní regulační mez (Upper control limit)

LCL	Dolní regulační mez (lower control limit)
SD	Směrodatná odchylka (Standard deviation)

1 Úvod

Six Sigma je v managementu kvality velmi známý pojem. Jedná se o metodologii zaměřující se na omezení odchylek v procesu a poskytování bezvadných produktů. Tuto metodologii přijala i společnost Continental, jeden z největších dodavatelů automobilových dílů. Implementace přinesla pro společnost nemalý úspěch, a proto se šíření této metodologie mezi své zaměstnance stalo důležitým prvkem. Školení této filozofie se zakládá na klasickém výkladu a absolvování případových studií a je prováděno zkušenými lidmi.

Cílem bakalářské práce je charakterizovat metodologii štíhlé výroby dle Six Sigma, popsat a zanalyzovat současnou situaci zlepšování dle Six Sigma ve společnosti Continental Automotive GmbH, vytvořit případovou studii za účelem zhotovení Six Sigma školících podkladů a následně navrhnout praktickou aplikaci této případové studie.

V první části se autor práce zaměří na definici a popis základních termínů metodologie Six Sigma. Následně bude také věnovaná pozornost historickému vývoji a přínosům implementace metodologie. Na konci této části je důraz kladen na charakterizaci DMAIC cyklu včetně užití jednotlivých nástrojů ve fázích cyklům podle postupu v Continental.

V druhé části bude představena společnost Continental Automotive GmbH. Popis bude zejména zaměřen na souvislost společnosti Continental s metodologií Six Sigma. Dále bude uvedena hierarchie hodnot Six Sigma aplikovaná v téže společnosti. Autor práce zcharakterizuje školící kurz, představující univerzální návod pro všechny zlepšovací projekty společnosti Continental.

V třetí části této práce, části praktické, bude věnována pozornost koncepci případové studie, jejímž účelem je naučit účastníky školícího kurzu aplikaci jednotlivých nástrojů Six Sigma. Autor případové studie se snaží účastníky kurzu přimět k tomu, aby napasovali nástroje na zadání případové studie. Jedná se především o nástroje z počáteční fáze Definuj a nástroj zvaný Studie opakovatelnosti a reprodukovatelnosti.

Ve čtvrté části se shrnou návrhy na aplikaci případové studie. Vytknou se všechny nedostatky, zmíní se všechna doporučení do budoucnosti a následně budou tyto připomínky oznámeny autoru případové studie.

2 Úvod do Six Sigma

V dnešní době, kdy si zákazníci přejí bezvadnost, není místo pro žádný defekt. Vyhovět zákazníkům a navíc předčít jejich očekávání je jakýmsi nezbytným klíčem v podnikatelské sféře. Six Sigma pomáhá v dosažení tohoto cíle. Tato metoda řízení kvality je komplexní proces, jehož výsledek přináší téměř bezvadné produkty a služby. Přínosy se odrážejí především v redukci odchylek v procesu. Klíčovou myšlenkou tohoto konceptu je přiblížit se, co nejbližší k politice nula vadných produktů – zero defect policy. Označení sigma pochází ze statistiky, jedná se o směrodatnou odchylku od střední hodnoty v daném procesu.

2.1 Definice Six Sigma

Každý institut či literatura definuje Six Sigma různým způsobem, V následujícím lze postřehnout, jak lze tuto metodologii charakterizovat.

Jedná se o metodu, která odstraňuje vady v procesu. K dosažení úrovně kvality Six Sigma může proces nejvýše vykazovat 3,4 vad na milion příležitostí, tzv. 3,4 DPMO – defects per million opportunities. Devane dodává, že základní principy Six Sigma – zlepšování procesů, statistické metody, orientace na zákazníky, zaměření se na procesy a management, zaměřující se na vylepšení zisku – vede k nepřetržitému zlepšení a výraznému nárůstu obrátu. (Devane, 2004)

Pande míní, že metoda Six Sigma je flexibilní a úplný systém dosahování, udržování a maximalizace obchodního úspěchu. Je založena na porozumění a očekávání zákazníků, správném používání dat, faktů a na detailní statistické analýze a na základě pečlivého přístupu k řízení, zlepšování a vytváření nových výrobních, obchodních a obslužných procesů. (PANDE, 2002)

Podle Britského oddělení pro obchod a průmysl (známé pod UK department for trade and industry) je Six Sigma: „Statistická metoda pro dosažení téměř perfektní kvality. Six Sigma analýza se zaměřuje jak na oblast výroby, tak i na oblast služeb v analýzách výrobních a zákaznických orientovaných aktivit.“ (UK Department for trade and industry, 2005)

Tudíž společnými prvky definic jsou především: statistická metodologie, orientace na zákazníka, zlepšování procesů na úroveň 3,4 DPMO.

Díky pochopení klíčových vlastností, překážek a nedostatků metody Six Sigma vede organizace k podpoře svých strategických cílů a k zavádění různých školicích programů a koučování. Efektivita Six Sigma principů a aplikací se odráží v neustálém přetváření firemní kultury. Změny firemní kultury požadují jak čas, tak i angažovanost, aby se pevně vštípili do organizace.

2.1.1 Pojmy v Six Sigma

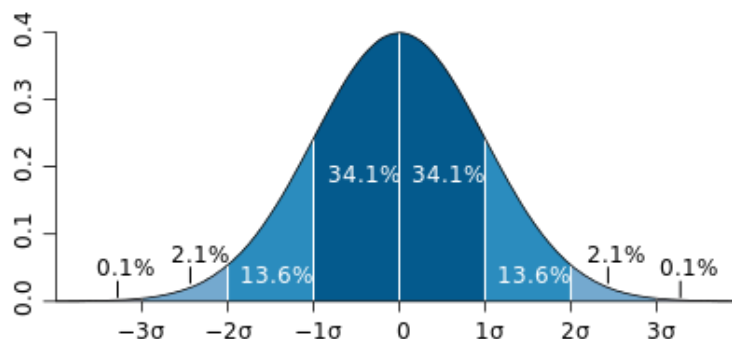
Pro pochopení této metodologie je nezbytné, aby byly vysvětleny základní terminologie vyskytující se v Six Sigma.

Odchylka Sigma

Ve statistice také pod pojmem směrodatná odchylka, měřítko pro rozsah rozdílů naměřené hodnoty od střední hodnoty veličiny. Lze ji spočítat druhou odmocninou rozptylu. Má stejnou jednotku jako veličina naměřené hodnoty. Odchyly jsou pro proces nežádoucí, větší odchylka znamená větší rozdíly od střední hodnoty. V reálném životě nelze zbavit odchylek v procesu, proto se snaží podnik optimalizovat proces, tak aby její výstupy spadaly do vymezeného intervalu.

Normální rozdělení

Neboli Gaussovo rozdělení, obr. 1, představuje statistické procentuální rozdělení hodnot sledovaného znaku do zvonového tvaru. Zvonovitý tvar je symetrický kolem střední hodnoty a zároveň v této střední hodnotě nabývá funkce svého maxima. Zvon je tím užší, čím menší je směrodatná odchylka, což je žádoucí pro kontrolu procesu. Plocha zvonu je vždy rovna 1.



Zdroj: cs.wikipedia.org (2005)

Obrázek 1 Normální rozdělení

Krajní mezní hodnoty

Mezi krajní mezní hodnoty se míní x-ové hodnoty tedy přímo vytyčené přípustné krajní hodnoty zákazníkem např. při servírování půl litru piva je nejméně přípustně naservírovat 0,47 l a nejvýše 0,53l. V praxi se krajní hodnoty pojmenovávají anglicky a to LSL – lower specification limit neboli dolní tolerační mez - a USL – upper specification limit neboli horní tolerační mez. Toto tolerační rozmezí je definováno zákazníkem.

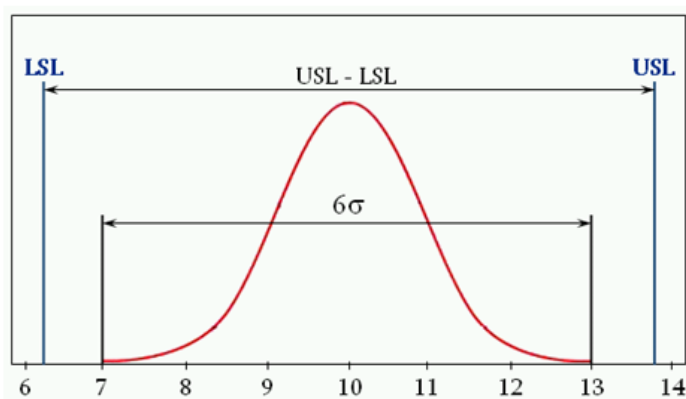
Index způsobilosti procesu

Značí se C_p a vyjadřuje poměr maximálně přípustné variability a skutečně dosahované variability sledovaného znaku jakosti bez ohledu na jejich umístění v toleračním poli. Představuje schopnost procesu trvale poskytovat výrobky vyhovující toleračním mezím, obr. 2.

Rovnice 1

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

Proces se považuje za způsobilý, pokud hodnota indexu je alespoň rovna 1,33 a výše.



Zdroj: elearn.vsb.cz

Obrázek 2 Zobrazení toleračního pole a zobrazení skutečné variability index způsobilosti C_p

2.2 Vývoj Six Sigma

Původně byla vyvinuta ve společnosti Motorola v roce 1986 zaměstnancem Billem Smithem. Filozofií při koncepci Six Sigmy se stala podstata, že zdrojem podnikových problémů tkvěla ve špatné kvalitě jejich problémů a jejich neoptimalizovanými celkovými náklady.

V grafu, viz příloha 1, je zobrazena závislost mezi celkovými náklady a kvalitou definovanou v počtu sigma. Z grafu lze vyčíst, že s rostoucím počtem sigma klesají také celkové náklady pro firmu.

Six sigma dostala v dané době podobu konceptu, což po zavedení zapříčinilo zvýšení kvality u produktů firmy Motorola. Poté se vedení Motoroly rozhodlo, že svou vytvořenou metodu zveřejní, nečež následovala implementace metody i u jiných firem jako je: General Electric, Texas Instruments, Sony, Johnson&Johnson a další. Metoda Six Sigma postupně nabývala na slávě. Motorole přineslo zavedení úspory až 20 miliard dolarů v letech 1986 – 2002. Výše zmíněným firmám přinesly úspory v nákladech dohromady řádově ve stovkách miliard amerických dolarů. (Svozilová, 2011) Six sigma se postupně vyvinula k mezinárodnímu měřítku pro standard v kvalitě. Koncem 2004 existovalo více než 200 učebnic k tématu Six Sigma a Google zaznamenal více než 2 000 000 vyhledávání na tuto metodu. (Gygi, a další, 2005)

2.3 Důvody pro zavedení Six Sigmy

Zavedením Six Sigma se týká nejen zaměstnanců firmy, lze totiž i u externích charakterů např. u dodavatele. Pro úspěšné zavedení je třeba zapojit celý personál a neustálá podpora vedením. Při implementaci musí vedení počítat s finanční investicí a úsilím. V praxi se metodologie využívá zejména tam, kde je nadměrně zvýšená variabilita výstupu procesu. Výsledkem po zavedení této metody často bývají zvýšení produktivity, zvětšení tržního podílu, snížení nákladů ve výrobě a opravách, udržení a získání nových zákazníků a efektivnější navrzení nových produktů. (Svozilová, 2011)

Různé úrovně kvality vykazují různou hodnotu výkonnosti, což lze postřehnout v následující tabulce 1.

Tabulka 1 Výkonnost počtů Sigma

Úroveň kvality – počet odchylek	Výkonnost	Počet vad na milion operací
1	30.9 %	691 462
2	69.2 %	308 538
3	93.3 %	66 803
4	99.4 %	6 210
5	99.98 %	233
6	99.9997 %	3,4

Zdroj: <http://www.ndt.net/article/dgzfp03/papers/v36/v36.htm> (2003)

S rostoucí úrovní sigma se nelineárně a výrazně snižuje počet vad. Pro posouzení a srovnání úrovně kvality je níže uvedená tabulka 2 s jednotlivými praktickými příklady.

Tabulka 2 Porovnání výkonu 6 sigma s 99% výkonností

Příklad procesu	3,8 sigma čili 99%	6 sigma čili 99,9997%
Chirurgické zákroky	5000 chybných operací týdně	1,7 chybných operací týdně
Přistání na hlavním letišti za rok	3500 pozdních přiletů za rok	1 pozdní přilet za rok
Výpadek elektřiny v měsíci	7,2 hodin	8,8 sekund
Rozhodnutí soudu o vině	10 724 nespravedlivě odsouzených na million případů	Méně než 3,4 nespravedlivě odsouzených na milion případů
Předpisy na léky za rok	200 000 chybně předepsaných léků za rok	68 chybně předepsaných léků za rok

Zdroj: (Gygi, a další, 2005)

Z údajů si lze všimnout, že i pouhé procento v kvalitě může mít způsobit signifikantní rozdíl ve výsledku. Pochopitelně s větším počtem vykazovaných chybných produktů se pojí vyšší nákladovost na opravu tabulka č. 3. (Harry, a další, 2000)

Tabulka 3 Náklady na jakost

Náklady na jakost		
Úroveň sigma	DPMO	Náklady na jakost
2	308 537	Neaplikovatelné
3	66 807	25-40% z prodejní ceny
4	6 210	15-25% z prodejní ceny
5	233	5-15% z prodejní ceny
6	3,4	<1% z prodejní ceny
Každý posun o jednu úroveň sigma znamená 10% zvýšení čistého příjmu		

Zdroj: (Harry, a další, 2000), str 17

Firmy v příloze 2, které postřehly efektivitu metody, se rozhodly také pro její implementaci, Tento diagram demonstruje počet známých firem, které přijali tuto filozofii. Lze si všimnout, že počet firem ročně vzrostl exponenciálně, úspěšnost implementace se v tomto případě nezapře. (Töpfer, 2008)

2.4 DMAIC cyklus

Cyklus vychází z původního PDCA cyklu, který vede také ke zlepšení projektu. Při provedení Six Sigma projektu jsou nástroje v cílově orientovaném a systematickém pořadí. Průběh procesu se dělí do 5 fází Definuj –Měř –Analyzuj – Zlepšuj –Kontroluj, tyto kroky se v praxi nazývají DMAIC cyklem. Implementaci cyklu si lze představit např. jako recept pro pokrm, podle kterého se předepsaně postupuje a to bez jakýchkoli odchylek. (Töpfer, 2008)

Existují 2 hlavní strategie při aplikaci DMAIC cyklu. Jednak se firma může snažit o zlepšení procesu pomocí běžného DMAIC cyklu anebo o vytvoření zcela nového procesu. Při koncepci nového procesu nabývá úkol tzv. DFSS – Design for Six Sigma charakteru, jenž využívá mírně modifikovaný cyklus tzv. DMADV cyklus. V příloze 3 se nachází průběh rozhodování mezi DMAIC a DMADV. (Svozilová, 2011)

První 3 fáze jsou identické, avšak čtvrtou fází je Design/Návrh procesu a poslední pátou Validate/Ověřit.

DMAIC cyklus se především zabývá otázkami: „Jak mohu systematicky a efektivně zlepšit proces?“ a „Jak velký je potenciál zlepšení?“

Každá firma využívá vlastní toolbox¹, v němž se demonstruje aplikace DMAIC cyklu. Toolbox pro aplikaci DMAIC cyklu obsahuje jednotlivé nástroje a techniky v daných fázích. Nicméně se někdy stává, že se nepoužijí všechny zmíněné nástroje v určitém zlepšovacím projektu. Toolboxy se v závislosti na charakteru firmy mírně liší, avšak základní struktura je vždy stejná. Každé zlepšení procesu nabývá charakteru projektu, jenž je řešen v týmu, skládající se z vůdce projektu (green belt²) a různými specialisty, který mají vliv na celý proces. Paralelně k projektu a řešitelskému týmu jsou určité role, které buďto mentorují, monitorují či vlastní projekt³. (Herklotz, a další, 2011)

2.4.1 Definuj

Tato počáteční fáze je v DMAIC cyklu klíčová pro pochopení obsahu projektu a to jak pro definování požadavku tak i definici následků. Tato fáze se nesmí podcenit, co se v této fázi nezohlední, je v pozdějších krocích těžko napravitelné. V Definuj fázi se snažíme definovat cíle projektu, potřeby zákazníků a předčít jejich očekávání pomocí měřitelných hodnot.

Proces lze vnímat jako matematickou funkci, kde proměnná X představují vstupy a výstupy procesu pak představují funkční hodnoty Y. (Toutenburg, a další, 2008) Jako příklad je tu vyzobrazené schéma při stavění puzzlí – příloha 4.

V první řadě se vytvoří Základní projektová listina (zobrazen v příloze 5), v němž se vyčlení důležité aspekty jako problém, cíl, členové řešitelského týmu, časový interval a rozsah projektu. Nedílnou součástí je také rozvržení průběh projektu projektovým managementem. Každý Základní projektová listina musí být schválen vlastníkem procesu a projektovým šampiónem. (Paukstat, Tatjana - Continental Corporation)

V následující řadě se řešitelský tým zaměří na požadavky zákazníka. V tomto kroku přání zákazníka transformuje v požadavky, načež se tyto požadavky vypíšu do seznamu a seřadí podle důležitosti. Požadavky se také mohou

¹ Školící program na aplikaci DMAIC cyklu

² Green Belt – úroveň v Six Sigma získaná za vedení projektu

³ Viz str. 25 role Six Sigma

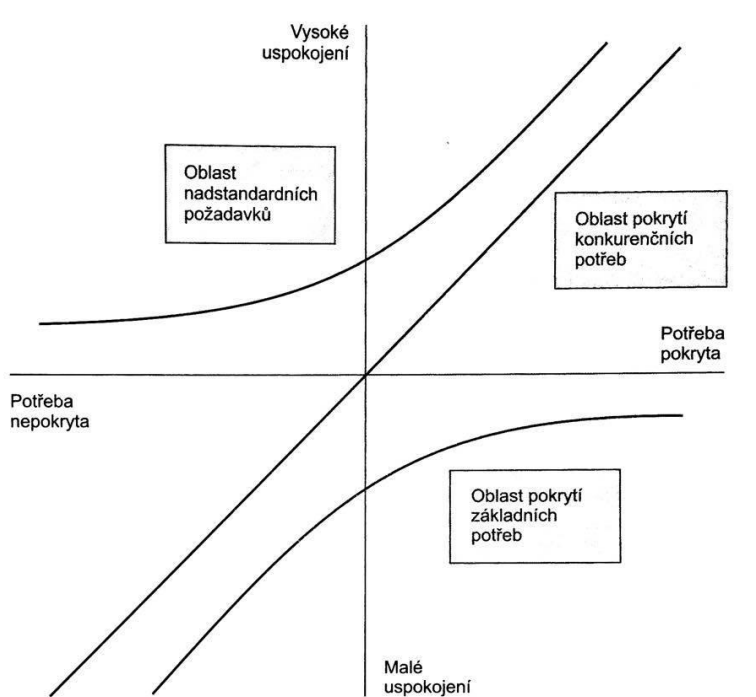
klasifikovat, kritéria a to na základě Stakeholders⁴. Tomuto kroku se nazývá „VOC – Voice of customer“ a využívá nástroje jako je Kano model, CTX a SIPOC.

Podle Töpfera, je spokojenost zákazníka determinována kvalitou služby, k níž přispívají faktory jako je suverenita, spolehlivost, vstřícnost, empatie, materiální zázemí, příloha 6. (Töpfer, 2008)

Kano model

Kano model, obr. 3, klasifikuje požadavky zákazníka do třech kategorií. Svozilová tyto kategorie pojmenovává jako Základní požadavky, výkonnostní požadavky a požadavky přinášející nadšení. Základní požadavky zákazníka bývají tak samozřejmě očekávané, že nejsou ani zákazníkem vyřčené. U nového auta to může být požadavek nebo i předpoklad, aby po zakoupení fungovalo. U výkonnostních požadavků se počítá s lineární závislostí. Zákazník na tomto kritériu bazíruje svůj výběr. Lze se pod tím představit např. spotřeba paliva u auta, čím méně auto spotřebuje, tím více zákazník ušetří. Posledním požadavkem je požadavek přinášející nadšení, které předčí očekávání zákazníka. Zákazník neví o těchto prvcích při momentu obsluhy a je z toho nadšený. Při nepřítomnosti tohoto prvku se zákazník nestává nespokojeným. Např. Zákazník dostane možnost při pořízení nového automobilu přimontování panoramatické střechy za stejnou cenu. (Svozilová, 2011)

⁴ Subjekty, mající vliv či užitek z procesu.



Zdroj: (Svozilová, 2011)

Obrázek 3 Kano diagram

CTX

Zatímco se v Kano modelu vypisovala tvrzení zákazníka, zde se tato tvrzení mění do měřitelných veličin a definuje se tzv. toleranční interval. V překladu znamená CTX kritický k X (critical to X), X zde představuje určitou veličinu. CTQ je specifikovaná metoda, zaměřující se na kvalitu (Q představuje quality). (Paukstat, Tatjana - Continental Corporation) Ilustrační příklad se nachází v příloze 7.

SIPOC

Představuje analýzu ke stanovení procesního rámce. Jedná se o vývojový diagram s 5 elementy, které jsou relevantní k zlepšovacímu projektu. Název se odvozuje z počátečních písmen anglických pojmů. (Töpfer, 2008)

- Supplier (dodavatel): Ten, jenž řídí vstupy do doby procesu,
- Input (vstup): To, co vstupuje do procesu,
- Process (proces): Co a jak se transformuje ve výstupy,
- Output (výstup): To, co je výsledkem procesu,
- Customer (zákazník): Ten, jenž přijímá výsledky procesu.

Vizualizace dat

Aby došlo k zefektivnění práce, je nejdříve nutné neorganizovaný soubor dat vizuálně přetřídít tak, aby se v co nejkratší době dokázala vytěžit hledaná informace. Vizuálně přepracovat data se hodí nejen pro tým, ale i pro všechny strany zainteresované do projektu. Častou vizualizací dat jsou grafy, využívají se histogramy, svíčkové diagramy, koláčový diagram, distribuční funkce a spoustu další. (Paukstat, Tatjana - Continental Corporation)

Před zpracováním projektu je nutné se seznámit se základy analýzy dat, proto se pořádají různá školení pro zacházení se statistickými programy jako jsou např. Minitab. Minitab zjednodušuje komplikované výpočty a rozhodnutí, výčty informací se v tomto programu zobrazí graficky, které jsou lépe stravitelnější než v tabulkové podobě.

2.4.2 Měř

V této fázi tým zevaluje výstupy (Y) procesu a zabývá se měřicími systémy. V Měř fázi se pokládají otázky typu: „Jak velký je vliv měřících systémů na naměřené hodnoty a jak se dá tento vliv zminimalizovat?“ (Paukstat, Tatjana - Continental Corporation)

Hlavním úkolem v Měř fázi spočívá v přípravě všech požadavků na proces a následné měření dle stanovených pravidel. Proto se tu využívá vývojový diagram, který nám proces rozčlení do kroků, v němž jasně definuje kritéria měření. V další řadě se vytvoří plán měření, přičemž přijde k pomoci regulační diagram SPC. Regulační diagramy používá tým nejen v této fázi, ale také i v Kontroluj fázi při určení způsobilosti procesu a hodnocení měřidel. Po stanovení základních požadavků se výstupy Y procesu musí zevaluovat teoreticky, v tomto okamžiku přichází tzv. MSA – Měř system analysis. Tento pojem přináší statistické posouzení, zdali je celý měrný systém tak přesný, aby mohl operovat i s jinými operátory a přístroji. (Paukstat, Tatjana - Continental Corporation)

Po posouzení měrného systému přichází na řadu samotné sbírání dat čili samotné měření. Při měření je důležité, aby byl samostatný proces oddělený a aby operátor nezasahoval do samotného procesu. Získané hodnoty pak porovnáváme s očekávanými a určíme tak současný stav výstupu procesu Y. Kromě toho se data použijí pro výpočty pro současnou způsobilost procesů. Zde tým může

postřehnout k jak velkým a častým odchylkám v procesu dochází a zdali se hodnoty nevymykají horní a dolní mezi. Je-li proces způsobilý, avšak zákazník stále nespokojený, musí se znovu definovat LSL a USL či střední hodnota výstupu.

Analýza systému měření (MSA)

Do češtiny se překládá tato zkratka jako analýza systému měření. Cílem této analýzy je zjistit způsobilost, linearitu, přesnost a stálost měřícího systému. Pokud měřící systém vykáže zvětšené odchylky v systému, může tato skutečnost způsobit vyvozování chybných stanovisek, neboť by se chyba vláčela přes všechny fáze. MSA se nejen využívá v Měř fázi, ale i v Analyzuj fázi. MSA je pojmem nadřazeným, do níž lze čítat spoustu nástrojů jako je např. studie reprodukovatelnosti a opakovatelnosti Gage R&R, studie o systematické odchylce měřícího nástroje a linearity Gage linearity and bias. (Toutenburg, a další, 2008)

Studie linearity a biasu

Jak již název napovídá, jedná se o studii, která se zabývá linearitou měření, tj. jak přesné je měření měřícího systému při změně procesního rozsahu, např. jak přesně je radar schopen vykazovat skutečnou rychlost auta pohybující se při 50 km/h anebo při 200 km/h.

Bias v češtině – odchylka, tj. v jaké míře jsou zachycená měření odchýlena od referenční hodnoty, kterou lze těžko zpochybnit.

$$\text{Bias} = \text{pozorovaný průměr} - \text{referenční hodnota}$$

Jak linearita, tak i bias studie jsou postaveny na stanovení hypotéz a následném ověřování, následně dochází k vytvoření grafu. V praxi se využívá pomoci statistického programu, přičemž je důraz kladen na p-hodnotu⁵ výstupů. (Toutenburg, a další, 2008)

Studie opakovatelnosti a reprodukovatelnosti (Gage R&R)

Studie zabývající se reprodukovatelností a opakovatelností (anglicky gage repeatability and reproducibility) je postavena na podobném principu jako studie linearity a biasu, využívá se zde statistických metod k ověřování hypotéz a

⁵ Pravděpodobnost, že by testovací kritérium dosáhlo stanovené hodnoty, případně by došlo k zamítnutí nulové hypotézy.

vytvoření grafů. Slouží pro zjištění způsobilosti měřidla pro daný účel. Pokud je variace měřidla výrazně menší než variace procesu, považuje se měřidlo způsobilé pro zamyšlený účel. Studie reprodukovatelnosti a opakovatelnosti plní především 3 funkce (M. Borrar, 2009):

- Určí velikost variability způsobenou měřidlem
- Detailní analýza jednotlivých zdrojů variabilit v samotném procesu měření
- Určení způsobilosti měřicího systému pro daný účel

Opakovatelnost

Pod tímto pojmem si lze představit variabilitu způsobenou operátorem, neboť vychází z postupu, kdy jeden a ten samý operátor provádí měření na identickém vzorku pomocí jednoho a toho samého měřidla. Jedná se o variabilitu inherentní, která je náhodně způsobená a lze ji těžko odstranit.

Reprodukovatelnost

Reprodukovatelnost vychází z variability v průměrech měření provedených odlišnými operátory. Měření jsou uskutečněna na stejném výrobku pomocí stejného měřidla. Tento pojem lze označit jako variabilitu „mezi operátory“, detailní schéma viz v příloze 9.

Složky variability

Jak již název napovídá, studie opakovatelnosti a reprodukovatelnosti čili variabilita měřicího systému zahrnuje 2 složky variability. Tudiž lze tento vztah zachytit následujícím vzorcem: (M. Borrar, 2009)

Rovnice 2

$$\sigma_{GRR}^2 = \sigma_{Reprodukovatelnost}^2 + \sigma_{opakovatelnost}^2$$

Vztah variability měřicího systému vzhledem k celkové variabilitě lze zachytit následovně (M. Borrar, 2009):

Rovnice 3

$$\sigma_{Total}^2 = \sigma_{Gage}^2 + \sigma_p^2$$

Označení σ_p představuje variabilitu díl od dílu, která může být způsobena např. už v procesu výroby vedoucí ke vzniku odchylky vzorku od předepsaných standardů. Je obecně žádoucí, aby tato variabilita byla podstatně větší než variabilita měřicího systému, čímž poukazuje na menší podíl vlivu na celkové variabilitě. Podíl variability opakovatelnosti a reprodukovatelnosti se poté určí buďto s metodou založené na rozpětí anebo s pomocí statistického programu např. Minitab metodou ANOVA. Klasifikace měřících systémů se odvíjí od následujících ukazatelů:

Ukazatel poměru variability měřicího systému vůči celkové variabilitě procesu

Rovnice 4

$$\%R \& R = \frac{S_{\text{measurement system}}}{S_{\text{total}}}$$

Ukazatel poměru variability systému měření vůči stanovenému toleračnímu intervalu

Rovnice 5

$$P/T = \frac{6 \cdot s_{\text{measurement system}}}{USL - LSL}$$

Pokud ukazatelé %R&R či %P/T vykazují hodnoty:

- menší než 10%, je měřicí systém přijatelný;
- 10% až 30, může být měřicí systém přijatelný při zohlednění na náklady nápravy a významu měřené veličiny;
- větší než 30%, systém je nepřijatelný a doporučuje se výrazné zlepšení nápravy.

Počet odlišných kategorií

Součástí studie opakovatelnosti a reprodukovatelnosti je také schopnost systému odlišit počet kategorií vzorků. Obecně platí, čím větší číslo bude, tím lépe pro účel měření.

- Bude - li číslo < 2 , bude těžké oddělit vzorky od sebe,
- bude – li číslo $2 - 5$, může ale i nemusí být pro daný účel dostačující,
- bude – li číslo > 5 , bude to pro většinu účelů dostačující.

Podmínky pro studii

V dnešní době se v sériové výrobě nekontruluje každý kus, neboť by to firmu stálo velké finanční náklady. Studie se provádí na vybraných vzorech, tyto vzory musí být vybrány tak, aby představovali celý pracovní proces. Dalším předpokladem je, že operátoři provádějí nahodile opakovaná měření u samého vzorku anebo pořadí měření vzorků je zcela náhodný. Hlavní myšlenka vychází z toho, že operátoři netuší svých účastí na speciálním testování (M. Borrer, 2009).

2.4.3 Analyzuj

Ve fázi Analyzuj jde především o manipulaci naměřených hodnot a návazně k jejich vedoucím stanovením. Proces se v této fázi zanalyzuje a sestaví se seznam všech faktorů majících na proces. Tyto faktory následně tým rozčlení do dvou skupin a to do ovlivnitelných a neovlivnitelných. Neovlivnitelné se vyčlení a bude se postupovat jen s ovlivnitelnými. Ovlivnitelné faktory se následně seřadí podle účinku a zoptimalizují se tak, aby přinesli kýžený výstup hodnot Y. V této fázi se především pracuje se statickým programem jako např. Minitab. (Paukstat, Tatjana - Continental Corporation)

Prvním krokem v Analyzuj je pohled na proces y Lean⁶ hlediska. Lean Six Sigma nám slučuje 2 hlavní proudy a to Six Sigma, kde se snaží o prevenci a redukci odchylek, a Lean, kde se zaměřuje na redukci ztrát a složitosti. Pomocí Value stream mapping – česky mapování toku hodnot, je tým schopen vizualizovat plýtvání.

V dalším kroce se identifikují vstupy X, který mají výrazný vliv na výstup Y. Součástí toho kroku je brainstorming anebo také známý diagram rybí kosti zhrnující 5 bodů a to: Přístroje, Metoda, Prostředí, Lidé a Materiál.

⁶ Štíhlá výroba

Počet vstupů je v diagramu rybí kosti omezen na ty nejdůležitější. Také pomocí Minitabu, statistického programu, lze vizualizovat vztahy mezi vstupy a výstupy a následně je zinterpretovat.

Po vypsání vstupů X je na řadě samotné testování různých možností za účelem zoptimalizování výkonnosti a výstupu Y, přičemž se tím snaží hledat algoritmickou závislost mezi vstupy a výstupy. Na scénu přichází korelační analýza, ověřování hypotéz a návrh experimentů. (Paukstat, Tatjana - Continental Corporation)

Korelační analýza

Korelace vyjadřuje sílu vztahu mezi 2 proměnnými, využívá přitom tzv. Pearsonův korelační koeficient specifikující těsnost lineární závislosti mezi 2 proměnnými hodnotami. Pearsonův koeficient může nabývat hodnot od -1 až 1, přičemž koeficient -1 představuje ideální zápornou lineární závislost a naopak 1 představuje ideální lineární závislost. Čím jsou hodnoty blíže k nule, tím více postrádají lineární závislost, extrémem je pak koeficient hodnoty 0, který nevyjadřuje žádnou závislost. (Jarošová, 2015)

S korelační analýzou úzce spolupracuje regresní analýza. Hlavním úkolem regresní analýzy je vytvořit určité matematický model, který by vystihl závislost mezi proměnnými. V praxi se pak nejčastěji používá lineární, kvadratický a exponenciální model.

Ověřování hypotéz

Hypotéza je předběžné tvrzení o faktech, jehož pravdivost a spolehlivost lze statisticky ověřovat. Ověření hypotéz tak představuje ustálený postup aplikace metod a nástrojů k podpoře tvrzení o daných faktech. Ověření je prováděno statistickým výběrem z jednoho či více souborů. Skládá se z 6 důležitých kroků tj. vyslovení nulové hypotézy⁷ a alternativní hypotézy⁸, volba testové statistiky, volba hladiny významnosti, konstrukce kritického souboru, výpočet hodnoty testové statistiky a rozhodnutí. (Jarošová, 2014)

⁷ Hypotézu, kterou se snažíme zamítnout

⁸ Hypotéza, podporující naše šetření

Při výběru testové statistiky se zohledňuje spojitost či diskrétnost jak vstupů, tak i výstupů procesu, pro přehlednost bylo zkonstruováno schéma – příloha 8.

Hladinu významnosti volí tým zpravidla 0,05, tzn. tvrzení je z 95% spolehlivé. Pro silnější důkaz čili spolehlivější tvrzení se pak volí hladina významnosti 0,01 se spolehlivostí 99%.

Při konstrukci kritického oboru se vymezí na základě hladiny významnosti interval, do kterého pak má zapadnout výpočtená hodnota testové statistiky pro zamítnutí H_0 . Po vypočtení testové statistiky a porovnání s kritickým oborem se vyvodí závěr, přičemž se řídí pravidlem: „If p is low, H_0 must go!“ – pokud je $p < 0,05$, zamítá se nulová hypotéza. (Paukstat, Tatjana - Continental Corporation)

Návrhování experimentů (DoE)

Po zjištění kritických faktorů mající vliv na výstup Y se s těmito faktory experimentuje, tzn. různé kombinace hodnot faktorů se testují v ortogonálních soustavách⁹. Nemusí se vyzkoušet každá možná kombinace, neboť by to pro firmu znamenalo v některých případech příliš velké časové a finanční vytížení, využívají se tedy frakce ze všech poskytnutých kombinací. Kromě v praxi nejužívanějšího faktoriálního návrhu experimentů, které slouží k identifikaci nejdůležitějších faktorů, existují nadále návrhy pro hledání optimální odezvy, směšové návrhy, optimální návrhy. (Michálek, 2010)

2.4.4 Zlepšuj

Ve fázi zlepšení se sbíhají všechny dosavadně vykonané činnosti za účelem optimalizace. Z pohledu Lean se tým snaží odstranit zbytečnosti v procesu a z pohledu Six Sigma o redukci odchylek. (Paukstat, Tatjana - Continental Corporation)

Jedná se o praktickou fázi, kde aplikujeme poznatky z 3 předchozích fází. Tak jako v předchozích fázích se i zde nabízejí různé techniky či nástroje k provedení Zlepšuj fáze jako např. Kaizen, Poka Yoke, 5S a spousta dalších.

- **Kaizen** – neustále a postupné zlepšování po malých krocích
- **Poka Yoke** – mechanismy preventivně eliminující chyby např. odlišnými tvary zdířek, barevným značením a tónovým oznámením.

⁹ Tabulka, znázorňující jednotlivé experimenty při určité kombinaci úrovně faktorů

- **Perlenkette** – princip pořadí vstupů a výstupů. Tak jak firmě přicházejí zakázky, tak by i v takovém pořadí měli opouštět výroby produkci.
- **Pull princip** – výrobní takt je determinován potřebami zákazníka.
- **Lean procesy** – eliminace nadbytečných činností a flexibilita při adaptaci výroby
- **5S** – pracoviště se snadným přístupem k materiálům a nástrojů díky vizualizačním prvků a disciplínou.

Po výběru potenciálních zlepšujících prvků jsou tyto prvky v rámci brainstormingu prodiskutovány a hodnoceny na základě účinku. Brainstorming není jen fázově definovaná aktivita, brainstorming může vyvolat jakýkoliv člen týmu v jakékoli fázi.

Poznatky z hodnocení jsou setříděny ve SWOT analýze a určí se tak úspěšnosti či neúspěšnosti řešení projektu. Naskýtají se v této situaci různá řešení, týmu pak zbývá vybrat to nejlepší z naskýtaných. Při výběru si lze pomoci tzv. Pugh-tabulkou, ve které jsou zmíněny všechny alternativy a numericky zachycené změny faktoru v jednotlivých alternativách a faktorů.

Je-li vybrána nejlepší možná alternativa, provede se tzv. FMEA – analýza možného výskytu vad.

V dalším kroku probíhá samotná implementace alternativy, první implementace čili první test se nazývá pilotní test. V případě, že jsou výsledky pilotního testu nežádoucí, musí se alternativa přepracovat do té doby, až se dostaneme ke kýženému výsledku. Jako konečným bodem této fáze je sestavení RASID – matice zodpovědnosti, ve které se pevně stanovuje role a jejich kompetence. (Rowlands, a další, 2005)

2.4.5 Kontroluj

V poslední fázi DMAIC cyklu narazíme na Kontroluj fázi, pro řešitelský tým to znamená dlouhodobé udržení aplikované metody zlepšení a zajištění, aby se nadále problém nevyskytl. (Paukstat, Tatjana - Continental Corporation)

Z předchozí fáze Zlepšuj jsme vytěžené poznatky z pilotního testu zakomponovali do “Lessons Learned”, načež tyto poučky se následně zahrnují do kontrolního plánu.

Kontrolní plán zahrnuje:

- regulační diagram, který mapuje a zajišťuje časový vývoj jak vstupu, tak i výstupu,
- prvky vizuálního managementu, zvýrazňující a třídící důležité informace v kontrolním plánu,
- total productive maintenance, okamžitě signalující a pokud možno i automatické řešení či odstranění problémů
- jidoka, jenž se zaměřuje výhradně na chyby. Hlavním znakem jidoky bývá zastavení linky za účelem detekce chyby a její odstranění.

Po sestavení kontrolního plánu nastává implementace metody zlepšení a posouzení se způsobilost procesu, aby se mohl vyvodit závěr. Závěr musí obsahovat 2 důležitá stanoviska:

- Tým musí zhodnotit, zdali zdokumentovat nynější stav projektu a úspěšnost dosažení cíle. Jaký přínos přinesl týmu projekt? Jaké jsou ještě další možnosti zlepšení.
- Tým musí managementu předložit výsledky projektu a informovat vlastníkovi procesu, jak udržet zlepšený stav procesu.

Pokud jsou všechny fáze projektu zdokumentované, je projekt hotový a týmu pak náleží veřejné uznání za dokončený projekt (Paukstat, Tatjana - Continental Corporation).

3 Aplikace Six Sigma ve firmě Continental

Filozofie Six Sigma je v jádru všude stejná, avšak aplikace Six Sigmy se může ve firmách mírně lišit. Lean Six Sigma byla v 2006 ve firmě Continental stanovená jako standradizovaná metoda při řešení projektů.

3.1 Firma Continental

Continental AG je akciovou společností a zároveň koncernem¹⁰ dodavatelem automobilových dílů. Společnost je především proslulá výrobou pneumatik, nicméně v současné době má květnatější portfolio výroby a patří díky tomu mezi 5 největšími dodavateli na světě.

V současnosti zaměstnává zhruba 208 000 zaměstnanců, které se nacházejí na 430 poboček v 55 zemí. V portfoliu nabízí brzdové systémy, systémy a komponenty na pohon, elektroniku vztahující se k vozidlu, všechna infotainment¹¹ řešení, pneumatiky a další elastomerové produkty. S obratem 39,2 miliardami euro se v roce 2015 umístil na 2. místo největší dodavatelů automobilových částí. (Continental Automotive GmbH, 2016)

3.1.1 Koncernová struktura

Koncern Continental se dělí do dvou suverénních firem a to Automotive Group se 3 divizemi a Rubber Groups 2 divizemi. Do Automotive skupiny se čítají divize Chassis & Safety (karoserie a bezpečnost), Powertrain (pohon) a Interiér. Tyto divize jsou soběstačné, centrálně postavené a mají vlastní strukturu tzn. každá divize má vlastní oddíl vývoje, zákaznického servisu, nákupu a kvality, schéma v příloze 10.

3.2 Role Six Sigma

Tak jako se v bojových sportech udělují barevně odlišné pásy, udělují se pásy i v oblasti Six Sigma podle stupně dovedností a zkušeností. Společnost Continental není výjimkou a aplikuje ten samý systém. V příloze 11 se nachází schéma členění a stupňování jednotlivých hodnotí získané v Six Sigma.

¹⁰ Jedna nebo více osob podrobených jednotnému řízení (dále jen "řízená osoba") jinou osobou nebo osobami (dále jen "řídící osoba") tvoří s řídící osobou koncern.

¹¹ Je druh zpravodajství, které podřizuje výběr témat a jejich zpracování účelu vyvolat emoce a pobavit

Role se od sebe liší ve třech oblastech:

- Doba trvání školícího projektu k tématu Six Sigma,
- Zkušenosti při implementaci Six Sigma Projektů
- Podíl pracovní doby věnované k Six Sigma

(Herklotz, a další, 2011)

Management

Management je tým, který iniciuje Six Sigma projekty. Sponzoři popř. Šampióni, představující nezkušenější role v hierarchii, jsou zahrnuti do projektů, aby se zajistilo kýženého úspěchu. Úlohy managementu tkví především ve tvorbě vize, motivace a přesvědčení zaměstnanců.

Během projektu mapuje management projekt a to díky účasti na schůzkách. Management je rovněž zodpovědný za pokroky v oblasti celkové implementace Six Sigma. Není nutné, aby byl management přítomen na každém zlepšovacím projektu, postačí sponzor či šampión ze středního manaementu. (Toutenburg, a další, 2008)

Sponsor popř. Champion

Sponzor popř. Champion alokuje a poskytuje oblasti, ve kterých je možné zlepšení. Stará se o optimální složení týmu. Sponzor je považován jako neutrální osobou při řešení problémů a spíše koordinuje či motivuje zaměstnance. Je zahrnut do rozhodujících otázek a účastní se projektových schůzek.

Master Black Belt

Master Black Belts (MBB) jsou vysoce kvalifikovaní specialisté a předávají své znalosti dále na jiné držitele pásů. MBB představuje trenéra, manažera při změnách a mentora. Stará se rovněž o probíhajících projektech, sdílení informací s Black belty a zlepšování nástrojů používané v Six Sigma. MBB vedou jen strategické a komplexní projekty. Nadále volí a jmenuje budoucí Black belty, které následně trénuje. K jmenování MBB musí být BB nominován jak managementem tak i jiným MBB. (Toutenburg, a další, 2008)

Black Belt

S Green beltem je možné se zúčastnit tréninku pro Black belty (BB), které trvá 10 dnů déle než trénink pro Green belty. Jen po vedení úspěšně zakončeného projektu může Green belt obdržet certifikát Black belta.

Black belt se zodpovídají za dokumentaci projektů, pokroky v projektu a jeho finanční stránku. Black belt disponují vynikajícími analytickými schopnostmi, jsou sběhlí ve statistice a mají přehled o finanční situaci. Mimo jiné je od nich vyžadováno iniciování a provedení změn. Než se člověk může stát Black belt anebo MBB, musí se podrobit hodnocením výkonu práce a osobně se rozvíjet ve vůdčích schopnostech.

(Toutenburg, a další, 2008)

Green Belt

Pro vzdělání k Six Sigma projektového vůdce se uskutečňují tzv. Green-Belt tréninky trvající 10 dní a relevantní k určitému nastávajícímu projektu. Projekty zpravidla trvají 2-3 měsíce. Po úspěšném zakončení tréninku, projektu, prezentaci před managementem a pozitivním hodnocení je osobě udělen certifikát Green belt.

Green belt se rekrutují z nižšího managementu (nákupčí, mistr nebo inženýr), kteří disponují detailní znalostí o procesu. Často jsou to osoby, kteří aplikovali menší zlepšení v rámci svého pracovního prostředí anebo spolupracují s Black belty. (Toutenburg, a další, 2008)

Yellow popř. White Belt

Zodpovědnost Yellow belt či White belt spočívá v udržení optimalizovaného procesu na denním pořádku. Tvoří jej zaměstnanci ze všech oblastí podniku a již přišli do styku se Six Sigma. Bývají také pomocnou rukou Black Beltů a Green Beltů. Yellow Belt se podrobí 2 dennímu tréninku klíčových informací o Six Sigma. U White Beltů je to jen 1 den. (Toutenburg, a další, 2008)

3.3 Školení Six Sigma v Continental Automotive

Každý Six Sigma zlepšovací projekt je prováděn standardizovaným postupem určen firmou. Aby se řádně dodržel postup při zlepšovacím projektu, musí se každý tým podrobit tréninku, který je postaven na Toolboxu firmy. Toolbox znamená v překladu nástrojová krabička čili souhrnný balíček nástrojů aplikované

v projektu. Aby se uchazeči naučili pracovat s těmito nástroji, zahrnuje toolbox případové studie. Případová studie nabývá dlouhé prezentace s cca 50 snímky, při níž se v prvních snímcích účastníci seznámí s problémem. Další snímky jsou vyhrazené pro nástroje a to následující formou: instrukce pro užití nástrojů a následné řešení daného nástroje.

I v Continentalu se délka tréninků neliší od ostatních firem tzn. pro Green belt je požadováno celých 10 dní, Black belt vyžaduje celkem 20 dní a pro Master black belt to je více než 20 dní, přičemž musí prokázat z minulých projektů vůdčí schopnosti. Jednotlivé dny v kurzu jsou celodenně naplánované. Každý den začíná pro účastníky tak, že si zopakují téma z předchozího dne a snaží se najít spojitost tématu s nadcházejícím projektem. Jelikož je kurz postaven na malém počtu dnu, je od účastníků vyžadována povinná účast.

Continental tvrdí, že jejich výukové programy k udělení certifikátu Green Belt či Black beltu stojí zhruba 3000 € až 5000 €, tudíž se kandidáti volí velmi pečlivě. Účastníku je udělen certifikát až teprve tehdy, když dokázal úspěšně ukončit svůj Six sigma projekt (Paukstat, Tatjana - Continental Corporation).

4 Zhotovení případové studie

V rámci praxe v regensburské pobočce firmy Continental automotive GmbH v interiérové divizi, oddělení Body & Security, měl autor práce možnost být součástí při koncepci projektu. Tento projekt spočívá v zhotovení školících podkladů pro Toolbox. Tento toolbox má pomoci účastníkům školení dosáhnout vytoužený certifikát – Green Belt.

V současné době je školení bazírované na jedné konkrétní prezentaci, která se nazývá „catapult story“. Tato prezentace zahrnuje techniky a nástroje všech 5 fází od Definuj až po Kontroluj. Jelikož je celý soubor všech metodik a nástrojů obsáhlý, musel se vytvořit kompromis s dobou školení. Některá subtémata jsou tedy zkomprimována a potřebují pro pochopení být dále rozvinuta.

Úkolem je zaměřit se na ta subtémata, která nebyla do detailů popsána, a vytvořit případovou studii, která zahrnuje užití těchto subtémat. V tomto případě to bude konkrétní využití nástroje zvané **Studie opakovatelnosti a reprodukovatelnosti a Návrh experimentu**. Případová studie je zkrácená, naleznete v ní jen 3 fáze namísto 5 z DMAIC cyklu a to: Definuj, Měř a Analyzuj.

Tento projekt slouží jako rozšíření k nastávající prezentaci „catapult story“. Tento budoucí projekt nese názvem „Větrný mlýn“. Celá případová studie bude psána v anglickém jazyce, neboť cílovým publikem nejsou jen Němci, ale i ostatním zaměstnancům mezinárodních poboček. Pro zachování autentičnosti jsou veškeré obrázky v původním anglickém jazyce.

Samotná případová studie je dále rozdělena do dvou částí:

1. Část přípravy,
2. Část optimalizace.

V první části případové studie čili v přípravné části bude úkolem uchazečů zajistit všechny podmínky potřebné před optimalizační částí, tj. účastník je povinen aplikovat nástroje nabízené ve fázi Definuj v DMAIC cyklu a provést studii opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřícího zařízení.

Zatímco v druhé části se uchazeči zaměří na různé faktory ovlivňující výstup procesu čili otáčky mlýna a snaží se najít nejideálnější kombinaci faktorů vedoucí

k maximalizaci otáček větrného mlýna. Účastníci jsou povinni používat nástroj zvaný návrh experimentů.

Praktická část bakalářské práce pojednává jen o části přípravné, neboť by zahrnutím druhé části, části optimalizační, došlo k výraznému překročení rozsahu bakalářské práce kvůli obsáhlosti tématu.

4.1 Projekt „Větrný mlýn“

Zadání projektu je velmi jednoduché a věcné:

Náš zákazník, Mr. Brise, žijící na pobřeží si stěžoval na současnou situaci větrného mlýnu, který zakoupil vloni. Generátorem vyrobená energie by měla zásobovat celou jeho domácnost a tím by se stal také nezávislým na dodávce elektrického proudu. Nicméně zásoba energie je nestabilní a dochází občas i k výpadkům proudu. Nadále měl pan Brise původně smýšleno, že by potenciální přebytkovou energii ze svého mlýna dále distribuoval do sousedství, aby si trochu přivydělal. Realita je však jiná, kvůli mizernému výkonu svého větrného mlýnu stěží zvládá zásobovat sebe. Nyní jste vy a váš tým (zaměstnanci firmy KOSMOS) byli nominováni jako vůdci projektu k optimalizaci větrného mlýnu pocházející z vlastní firmy.

Pan Brise odhaduje dosavadní výkon větrného mlýnu na 90 rotací za minutu (dále RPM), není si tím však jistý, neboť přístroj na měření otáček nemá. Při šetření jste zjistili, že stabilní energie k zásobování domácnosti je kolem v průměru 125 RPM, počítáme-li s různými odchylkami. Hodnoty nižší než 95 RPM jsou nestabilní a způsobují výpadky. Aby pan Brise mohl distribuovat energii do sousedství a tím si něco přivydělat, musí mlýn vykazovat nejméně 160 RPM. Brise je ochoten investovat 12 000 USD na optimalizaci svého mlýnu. Váš KOSMOS tým odhaduje náklad 400 USD za provedený pokus, tudíž maximální počet pokusu pro optimalizaci bude 30. V případě, že zbydou peníze, tým jej využije jako bonus ke svým výplatám. Pan Brise očekává výsledek v průběhu jednoho dne, jelikož druhý den již letí na dovolenou.

4.2 Definuj

Jak již bylo naznačeno v teorii, jedná se vůbec o nejdůležitější fázi v celém cyklu, neboť napravit chyby v dalších fázích se pojí s vysokou finanční a časovou námahou.

V předchozích stránkách byl zmíněn fakt, že každý nástroj je informačně podáván párovitě, tzn. nástroj je nejdříve představen v teorii a následně je k dispozici již řešení vyplněné v nástroji.

V prvním kroku bylo úkolem sestavit project charter – základní listinu projektu.

4.2.1 Základní listina projektu

Základní listina projektu vymezuje dobu trvání projektu, členy týmu, finanční rozpočet, cíl projektu, vstupy a výstupy projektu. Zásadou u project charteru, nacházející se v obr. 4, je přimět účastníky, aby popis jednotlivých polí byl krátký, konkrétní, měřitelný a časově ohraničen. V obrázku 4 si lze všimnout zápisu v heslovitých bodech. Uvedené informace se nejen vztahují k současné situaci a usilovanému stavu, ale informují taktéž např. i o rizicích s projektem spojená, o podmínkách při postupování během projektu a také o získaných měkkých dovednostech jako jeden z výsledků projektu. Pokud by se jednalo o časově náročný projekt, mohou být definovány i milníky projektu, aby se zajistil pokrok v rámci projektu. V tomto případě to však není třeba, neboť je celá případová studie nadesignovaná na jeden celý den.

Final Project Charter



Project Description	Mr. Brise bought a KOSMOS Windmill to 1) Power his home autonomously and 2) feed excessive power to the local power grid to earn money. Currently the windmill runs at about 90rpm. The light is flickering and he can not earn money.		
Team members	Mr. Brise (client), KOSMOS team (Optimizer, planner, doer, check), KOSMOS Design Department, Local authorities (set requirements), Power grid company (buying energy)		
Project Objectives (Future Situation)	Improve the setup of the windmill to at least 95RPM Target value is 125 RPM Improve the setup to 160 RPM if possible Do not exceed the budget of 12.000 USD Finish optimization within 1 day		
Risks	No result after 30 trials / conditions even worse Timing not kept Shut down of windmill by local authorities, due to exceeding noise level		
Schedule	Project Start:	1.02.2015	Project End: 1.06.2015
Affected Location/s	I BS SQ1 RGB		

Zdroj: Gietl, Six Sigma Green belt training, (2015)

Obrázek 4 Project charter

Final Project charter



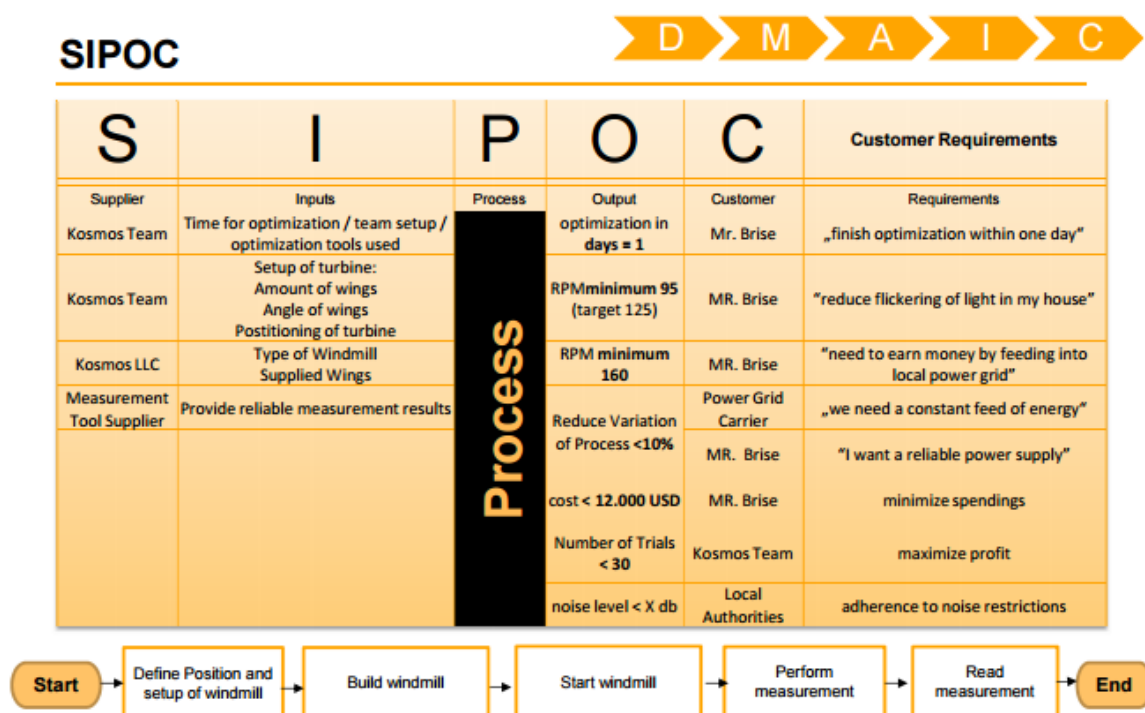
	Hard	Soft
Realized Results e.g. savings, turnover improvement, ppm reduction, saved time, etc.	Financial income by feeding into local grid Savings accomplished by minimizing trials no more backup generator needed	Gained knowledge for future optimizations
Investment	Experiment 400 USD per trial	
Project Scope	Maximizing output of windmill , Minimazing variation of output Components include: Setup of the turbine, positioning within customers property Components don't include: different material of wings, different length of wings, different generator	
Milestones		
Tools/ Methods	Six Sigma tool box	

Zdroj: Gietl, Six Sigma Green Belt training, (2015)

Obrázek 5 Project charter

4.2.2 VOC: SIPOC

Dalším úkolem je sestavit SIPOC obr. 6, který je pod záštitou souboru specifických nástrojů zvané VOC (Voice of customer). SIPOC je vývojový diagram s 5 elementy přispívající ke zlepšení projektu. Elementy tohoto procesu je dodavatel, vstupy, proces, výstupy a zákazník, přičemž element „proces“ se pro přehlednost a informačním účelům rozepisuje na další podbody.



Zdroj: Gietl, Six Sigma Green Belt, (2015)

Obrázek 6 SIPOC diagram

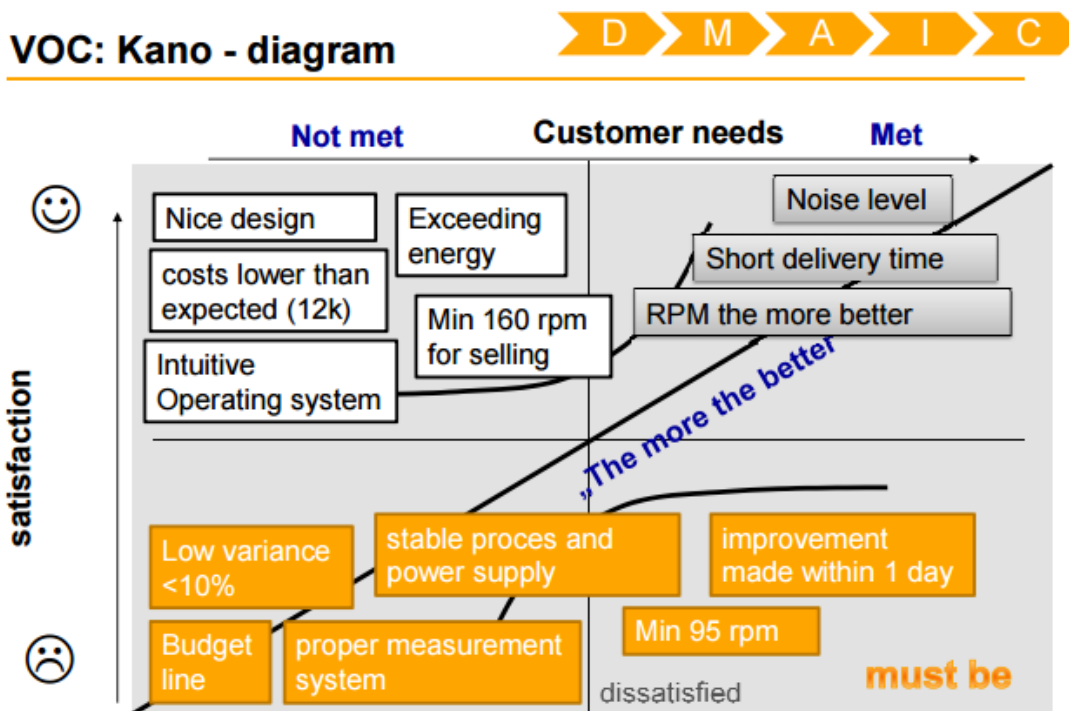
Lze si všimnout, jak je pro každý vstup a výstup vymezen dodavatel a zákazník, tímto způsobem se jasně vytyčí osoba zodpovědná pro vstup a osoba uspokojována. Vstupy a výstupy jsou vyjádřeny ve veličinách, přičemž požadavky „requirements“ je ještě blíže specifikují. Ve sloupci „supplier“ jsou lehce matoucí položky jako Kosmos team a Kosmos LLC (LLC – v překladu společnost s ručením omezeným). Zatímco Kosmos team je schopen ovlivnit výstup větrného mlýnu pomocí optimalizace, Kosmos LLC je pouhým výrobcem mlýnu a zodpovídá jen za funkčnost mlýnu.

Mezi nejdůležitějšími výstupy patří snížení blikání světel, které jsou spojené s nestabilními přísunem energie vedoucí k občasným výpadkům energie. Tento výstup má uspokojit zákazníka neboli pana Brise a je dosahován seřizením větrného mlýnu, za což je zodpovědný Kosmos team.

Poslední položkou ve sloupci „supplier“ je zde dodavatel měřicího přístroje. Ten zodpovídá za přesnost měřicího systému, která bude prověřena v rámci nástroje nazývající se – studie opakovatelnosti a reprodukovatelnosti.

4.2.3 VOC: Kano model

Kano model v obr. 7, rovněž spadající do skupiny VOC, rozděluje požadavky do třech kategorií na základní požadavky („Must be“), výkonnostní potřeby („čím více, tím lépe“) a potřeby přinášející nadšení („Nice to have“).



Zdroj: Gietl, Six Sigma Green Belt training (2015)

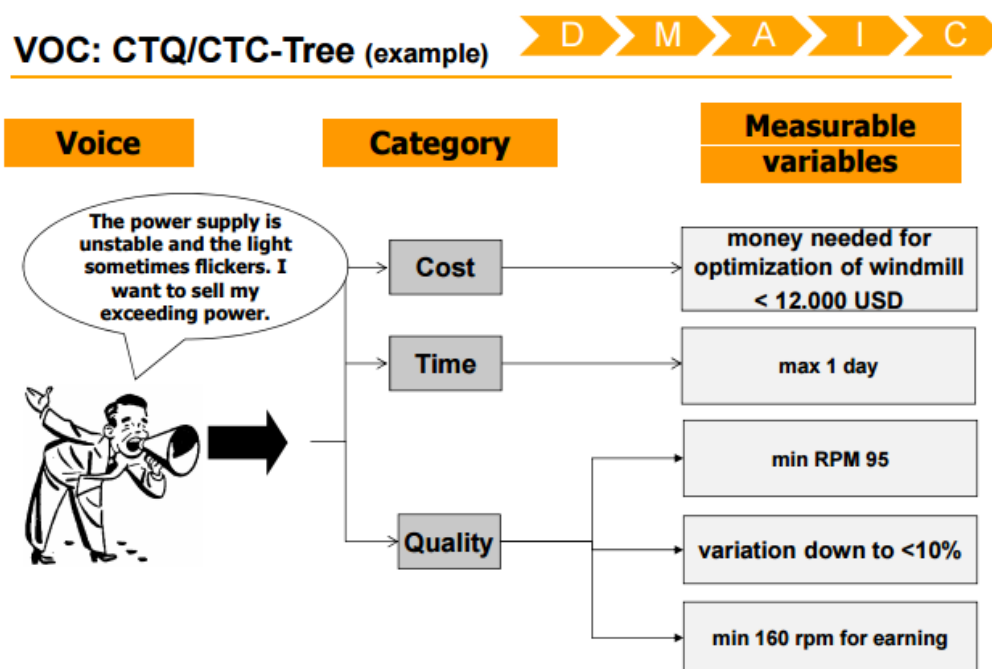
Obrázek 7 VOC: Kano – diagram

V tomto případě jasně spadá požadavek zákazníka dosáhnout minimálně 95 rpm do kategorie „Must be“. Čím více otáček za minutu, tím lépe pro zákazníka představuje kategorii požadavku – „Čím více, tím lépe“. V poslední řadě hezký design větrného mlýnu spadá do kategorie „Nice to have“. Do grafické ilustrace

obr. 7 byly zadány jen nejdůležitější požadavky. Podoby Kano diagramů jsou individuální, avšak měly by v sobě obsahovat stejné kritické požadavky.

4.2.4 VOC: CTQ/CTC/CTT

Tento nástroj, viz. obr. 8, usiluje o interpretaci vyřčených přání do měřitelných jednotek. Na míru tohoto projektu byly použity jen kategorie CTQ – kritický ke kvalitě, CTC – kritický k nákladům a CTT – kritický k času. Např. omezit blikání světel byl v rámci nástroje převeden na požadavek minimálních 95 RPM. Tento požadavek by se vztahoval ke kvalitě větrného mlýnu, tudíž spadá pod CTQ. Dále bylo řečeno, že pan Brise následující den odjíždí na dovolenou, a proto je důležité, aby optimalizace byla provedena v průběhu jednoho dne. Tento aspekt byl zaazen do kategorie CTT.



Zdroj: Gietl, Six Sigma Green Belt training (2015)

Obrázek 8 VOC: CTQ/CTC/CTT

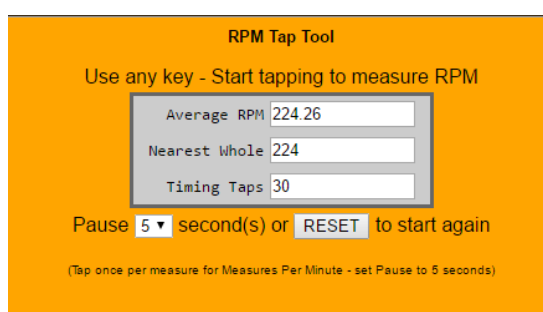
4.3 Měř

V Měř fázi je pozornost věnována měřicímu systému. V první řadě je důležité vymežit si, jakým způsobem lze otáčky měřit a následně ověřit, zdali vůbec tento způsob měření je způsobilým. V teoretické části¹² se na začátku doporučuje zkonstruovat vývojový diagram pro postup při měření, avšak v této případové studii vývojový diagram nebyl vůbec použit, neboť metoda měření otáček byla velmi jednoduchá.

Než se účastníci pustili do nastavení samotného větrného mlýnu, museli si nejdříve zapnout simulátor větrného mlýnu, výňatek ze simulátoru je umístěn v příloze 12, a na něm vyzkoušet metodu měření.

V tomto simulátoru se nachází 8 záznamů různých rychlostí otáček větrného mlýnu, které pan Brise nahrál (záznamy jsou označeny následovně – q, w, e, a, s, d, x, c).

Účastníci byli následně seznámeni s měřícím systémem - programem, který byl speciálně napsaný pro tento účel. Smysl tohoto programu tkví v zobrazení průměrných otáček za minutu pomocí klikání. V příloze 12, je jedna vrtule označena červeným páskem, jakmile tato vrtule provede celé otočení o 360°, účastník školení zaznamená otočení kliknutím. Pochopitelně pro přesnější zobrazení průměrných otáček za minutu se využívá více otáček, tudíž byl minimální počet kliknutí - otáček stanoven na 30, v obr. 9.



Zdroj: Gietl, Six Sigma Green belt training,(2015)

Obrázek 9 Screen měřícího systému – RPM Tap tool program

Poté, co jedinci byli seznámeni s měřícími systémy, se uskupí týmy po 3 členech. Vybere se měřící systém a následně si vyzkouší samotný simulátor. Než se týmy

¹² Viz. Str. 17 - Měř

mohly zaměřit na optimalizaci větrného mlýnu, musí tým provést studii opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřicího systému. Jak již bylo v teorii uvedeno¹³, pro uskutečnění studie je vyžadováno výběr dat, který reprezentuje celý rozsah hodnot v procesu. Je důležité, aby si členové týmu sestavili plán, který zohledňuje pořadí, opakovanost a časový odstup mezi měření, popř. další pomocná kritéria umožňující operátorům pracovat tak, aniž by si byli vědomi své účasti na speciálním testu¹⁴. Po vytvoření plánu nastává samotná realizace plánu, výsledky z implementace se zanalyzují a vybere se jedinec v týmu, který vše odprezentuje. Zadání také naleznete v seznamu příloh a to pod 13.

4.3.1 Studie opakovatelnosti a reprodukovatelnosti

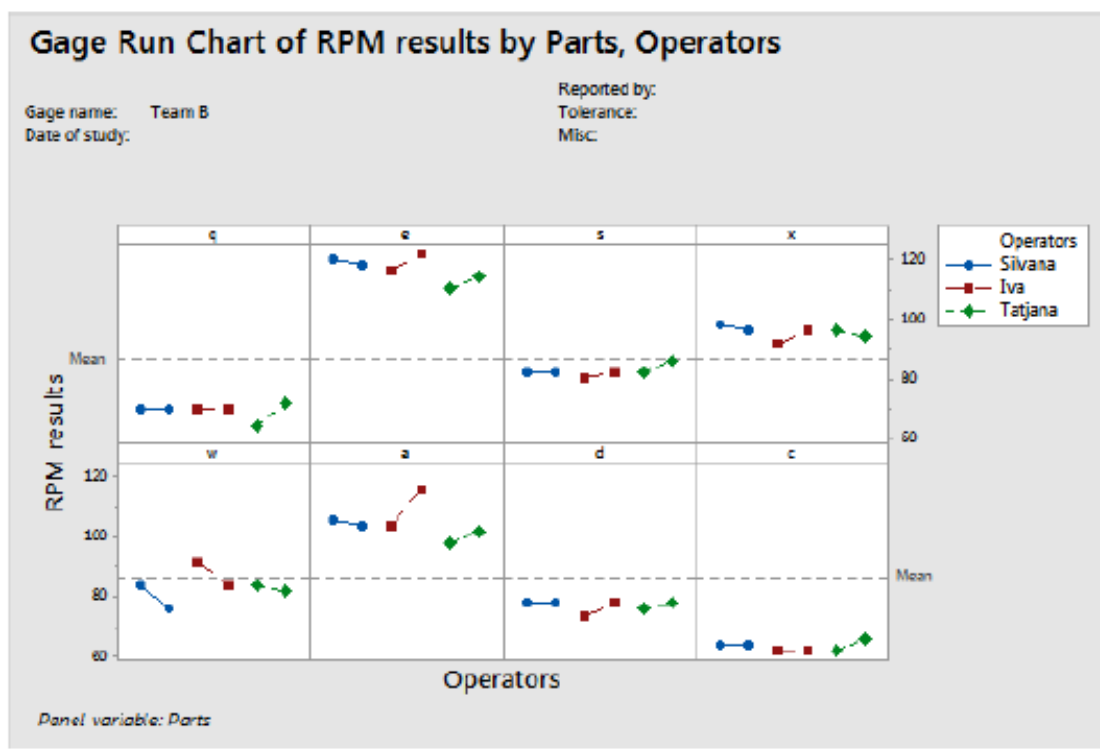
Zmíněný plán v předchozím odstavci se nazývá studie opakovatelnosti a reprodukovatelnosti (anglicky Gage Repeatability & Reproducibility, zkráceně Gage R&R), při níž je měřicí systém podroben ke zkoušce způsobilosti k danému procesu. Různí operátoři zkoumají pomocí identickým měřidlem identický díl neboli je to ten samý záznam pořízený od pana Brise. Pod pojmem Gage R&R plan si lze představit schéma systematizovaného pořadí měření. Ze zadání (příloha 13) lze vyčíst, že existuje 8 záznamů měření. V každém týmu jsou 3 členové a každý z nich provede u jednoho záznamu 2 měření. Po zadání dat do statistického programu do Minitab jsou řešitelům poskytnuty 2 typy výstupu – grafický a tabulkový výstup.

Následující řešení je řešení jednoho týmu, které bylo vybráno pro demonstrační účely. Tým je tvořen operátorkami Silvana, Iva a Tatjana.

¹³ Viz str. 21 – Podmínky studie

¹⁴ Viz str. 21 – Podmínky studie

Grafický výstup

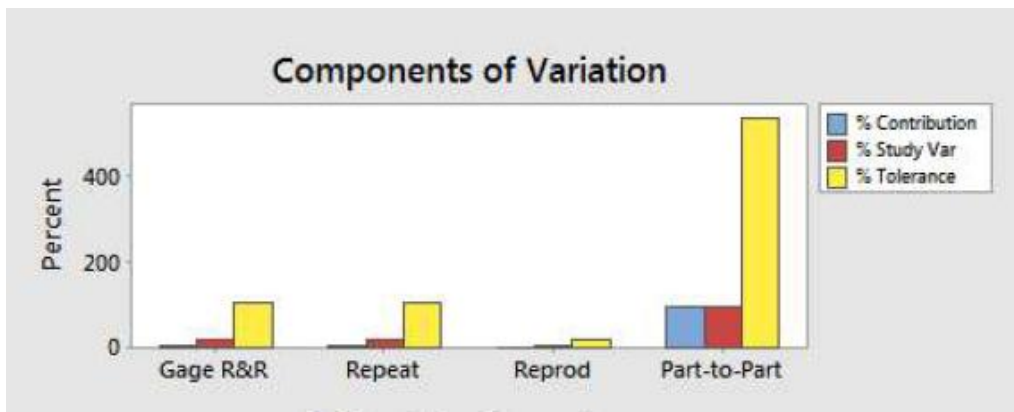


Zdroj: Gietl, Six Sigma Green belt training (2015)

Obrázek 10 Průběhový diagram

Tento výstup z Minitabu obr. 10 se nazývá Gage run chart, česky průběhový diagram. Jednotlivá okna představují záznam, v němž se nacházejí barevně dle operátorů odlišné body představující hodnotu měření. Díky grafickému zobrazení si mají řešitelé všimnout případných určitých vzorů či nekonvenčních formací v měření. Na základě těchto faktů mohou účastníci diskutovat o možných vlivech, které vedly k těmto výstupům. Z grafiky lze např. vyčíst, s jak velkou mírou variability počítají jednotliví operátoři anebo zdali se při zvětšení procesního rozsahu čili s rostoucím počtem otáček zvětší variabilita operátora¹⁵.

¹⁵ viz. str. 18 – Studie linearity



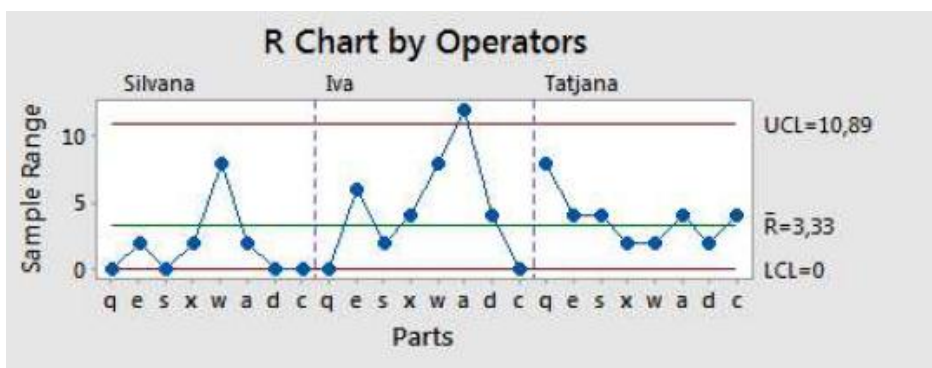
Zdroj: Gietl, Six Sigma Green belt training (2015)

Obrázek 11 Diagram složek variability

Čím menší jsou sloupce Gage R%R než sloupce part-to-part, tím je variabilita způsobená měřicím systémem poměrově menší než variabilita mezi vzorky. V tomto případě, obr. 11, tomu tak je, což je žádoucí.

Podíl složek opakovatelnosti a reprodukovatelnosti je znázorněn sloupci Repeat a Reprod. Při zlepšování měřicího systému se obecně zaměří na složku, která tvoří větší variabilitu v systému. V tomto konkrétním případě by se z těchto dvou složek mělo zaměřit na složku Repeat.

Výrazně vyčnívající žluté sloupce jsou sloupce variability vůči toleračnímu poli. Tyto žluté sloupce mohou být vyšší než ostatní sloupce, avšak nikoli o tak značnou výšku jako v obr. 11 (na obr. 11 jsou sloupce zhruba 4krát vyšší než ostatní). Svědčí to o nesrovnalostech poměru toleračního pole, detailněji se jím bude autor práce zabývat v tabulkovém výstupu.

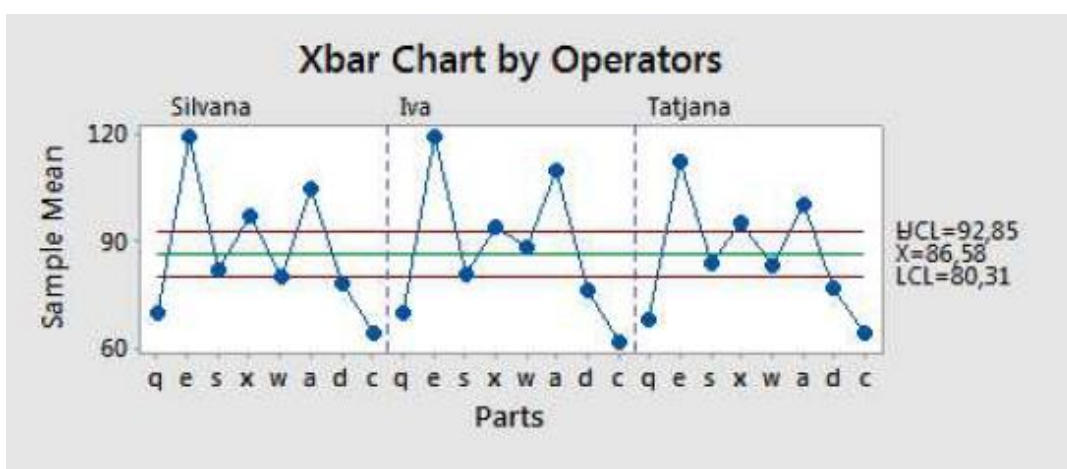


Zdroj: Gietl, Six Sigma Green belt training (2015)

Obrázek 12 Diagram rozpětí

Diagram rozpětí (obr. 12) poukazuje na zvládnutí operace měření. Je klíčový k reprodukovatelnosti, neboť lze z něj vyčíst, zdali provedená měření jsou konzistentní a popř. zdali jsou si variability operátorů podobné.

U operátorky Iva si lze všimnout, že je jeden bod nad UCL¹⁶. Může to signalizovat skutečnost, že je pro Ivu problém provést přesná měření, konkrétně u záznamu A. V diagramu průměru, lze zjistit, že operátorka Iva vskutku naměřila relativně vysokou hodnotu. Operátorky Silvana a Tatjana zůstaly vevnitř regulačních mezí, tzn. operátorka Iva mohla operovat s neobvyklou metodou při měření. Tato skutečnost mohla způsobit větší opakovatelnost než reprodukovatelnost obr. 11.



Zdroj: Gietl, Six Sigma Green belt training (2015)

Obrázek 13 Diagram průměrů

Pro potřeby Gage R&R je interpretace z diagramu průměrů obr. 13 odlišná než v ostatních případech. Diagram průměrů ukazuje operátorově odděleně chronologické hodnoty průměrů. Regulační meze, značené červenými čarami, jsou vypočteny s pomocí opakovatelnosti.

Pokud se měřicí systém má přijmout, musí být opakovatelnost výrazně menší než variabilita mezi vzorky, což má za následek, že je většina hodnot mimo regulační meze. Průměry, jež se vyskytují mimo regulační meze, pak poukazují na variabilitu mezi vzorky. Jedná se o příznivý výsledek, neboť je měřicí systém schopen

¹⁶ Horní regulační mez

přesně rozeznat jednotlivé vzorky od sebe. Z obr. 13 je tedy patrné, že se jedná o schopný systém s dostatečnou rozlišitelností vzorků.

Vedle grafické analýzy Gage R&R, existuje také tabulkový výstup, obr. 14. Na rozdíl od grafické analýzy, lze z tabulkového výstupu uváděna v číslech vyvodit jednodušeji a přesněji závěry. Domněnky z grafického výstupu lze v tabulkovém výstupu potvrdit.

Tabulkový výstup

Gage R&R

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	12,883	3,83
Repeatability	12,469	3,71
Reproducibility	0,413	0,12
Operators	0,413	0,12
Part-To-Part	323,247	96,17
Total Variation	336,130	100,00

Process tolerance = 20

Zdroj: Gietl, Six Sigma Green belt training (2015)

Obrázek 14 Tabulkový výstup studie opakovatelnosti a reprodukovatelnosti

V prvním sloupci tohoto tabulkového výstupu, obr. 14, se nachází položka „Source“, která se do češtiny překládá jako „Zdroj“ čili zdroj variability.

- Total Gage R&R – Celková variabilita systému měření zahrnuje 2 subkategorie:
- Repeatability – příspěvek opakovatelnosti tj. jeden a ten samý operátor hodnotí jedním a tím samým měřidlem jednu a ten samý záznam;
- Reproducibility – příspěvek reprodukovatelnosti tj. různí operátoři hodnotí stejnými měřidly tu samou charakteristiku na stejných záznamech, v závislosti na vlivu na reprodukovatelnosti je tento bod dále rozšířen o položku Operators (podíl operátora na reprodukovatelnosti) a

Part*Operators (podíl interakce operátora a záznamu na reprodukovatelnost);

- Operators – Vlastní podíl operátora, v našem případě je reprodukovatelnost tvořena operátory, v tomto případě je položka Part*Operator vynechána, neboť neměla významný vliv;
- Part-to-Part – Variabilita mezi jednotlivými záznamy
- Total Variation je pak kumulativní hodnotou všech předchozích položek, neboť se jedná o celkovou variabilitu procesu s variabilitou měřicího systému včetně.
- Process tolerance – námi stanovené tolerační pole

Tyto položky jsou rozšířeny o 2 další sloupce, přičemž v následujícím sloupečku nalezneme hodnoty jednotlivých položek v jednotkách charakteristiky a ten další, a zároveň v této tabulce i posledním sloupečkem, popisuje procentuální rozložení variability položek. Poslední sloupeček čili %Contribution of VarComp vykazuje čísla 96,17% u položky Part-to-Part, lze to interpretovat následovně: Ze zkoumané variability procesu se připisuje 96,17% variabilitě mezi vzorky čili mezi záznamy. To je žádoucí, neboť je variabilita měřicího systému vzhledem variabilitě mezi vzorky výrazně malá.

Zbývající 3,83% z vyzkoumané variability lze připsat variabilitě měřicího systému, kterou lze dále rozčlenit na vliv opakovatelností 3,71%, vliv reprodukovatelností 0,12%. Jak již z grafické analýzy bylo patrné, opakovatelnost je poměrně velká k reprodukovatelnosti, je zde prostor k zlepšení.

V poslední položce lze nalézt process tolerance, Autor případové studie si ji stanovili na 20. Jedná se o rozpětí mezi mezi USL a LSL ve variabilitě.

Source	StdDev (SD)	(6 × SD)	(%SV)	(SV/Toler)
Total Gage R&R	3,5892	21,535	19,58	107,68
Repeatability	3,5312	21,187	19,26	105,94
Reproducibility	0,6429	3,858	3,51	19,29
Operators	0,6429	3,858	3,51	19,29
Part-To-Part	17,9791	107,874	98,06	539,37
Total Variation	18,3338	110,003	100,00	550,02

Number of Distinct Categories = 7

Zdroj: Green, Six Sigma Green Belt training (2013)

Obrázek 15 Tabulkový výstup studie opakovatelnosti a reprodukovatelnosti

Druhá tabulka, obr. 15, zahrnuje ty samé položky, avšak je rozšířena o jiné sloupce:

- SD – směrodatná odchylka;
- 6xSD – přirozená variabilita měřicího systému (rozpětí 6ti násobku směrodatné odchylky) představuje to 99,7% dat z normálního rozdělení;
- %SV (%R/R) – ukazatel poměru variability měřicího systému vůči celkové variabilitě procesu;
- SV/Toler (%P/T) – ukazatel poměru variability měřicího systému vůči toleračnímu rozpětí.

Důležitá je jedna konkrétní hodnota, jež je definovaná v položce „Total Gage R&R“ a sloupci %SV. Měřicí systém vykazuje hodnotu 19,58%. Tato hodnota představuje podíl chyby, kterou systém vnáší do měření procesu. Toto číslo spadá do druhé kategorie způsobilosti měřících systémů vykazující hodnotu 10% - 30%¹⁷. Měřicí systém byl podmíněně přijat, přičemž byly zohledněny náklady aparátu a význam měřené veličiny.

Nicméně v posledním sloupci, ve sloupci SV/Tolerance, se objevila hodnota u položky Total Gage R&R čili podílu variability měřicího systému vůči toleračnímu poli relativně vysoká – 107,68%. Znamená to, že je měřicí systém nedostatečný a nemá se používat ke sledování požadavku zákazníka. Je to způsobeno stanovení úzkého toleračního pole - process tolerance = 20. Spíše než vyřazení měřicího systému ze způsobilosti z pohledu zákazníka, spočíval nedostatek v chybném

¹⁷ viz str. 25 - 1.5.2. Měř

stanovení toleračního pole. Přirozená variabilita systému je rovna 21,535 (6xSD), zatímco hodnota tolečního procesu je rovna 20, což svědčí o nepřiměřeném stanovení toleračního pole.

Pod tabulkou dat, obr. 15, zobrazuje Minitab počet odlišných kategorií vzorků, který je schopen měřicí systém v rámci naměřených dat od sebe odlišit. Minitab zaznamenal číslo 7, systém je tedy schopen vykazovat 7 odlišných kategorií vzorků.

4.3.2 Zhodnocení studie opakovatelnosti a reprodukovatelnosti

Ve studii opakovatelnosti a reprodukovatelnosti prozkoumávali účastníci školení způsobilost měřicího systému čili programu, který byl speciálně napsaný pro účel studie. Program byl použit na 8 záznamech různých rychlostí větrného mlýnu 3 operátory, jež prováděli měření dvakrát.

Jako demonstrační výstup byl vybrán tým Silvano, Iva a Tatjana. Výsledek u tohoto týmu vyšel žádoucí, konkrétně s podílem 19,58% variability měřicího systému na celkové variabilitě procesu. Tato hodnota spadá do druhé kategorie měřících systémů. Vzhledem k toleračnímu poli je měřicí systém nepřijatelný s 107,68% poměru přirozené variability měřicího systému vůči toleračnímu poli, avšak spíše než nezpůsobilost spočívala chyba nejspíše ve stanovení toleračního pole. Doporučuje se tolerační pole rozšířit alespoň na hodnotu 60 RPM, aby vyšlo číslo SV/Tolerance přibližně stejně jako číslo %SV v položce Total Gage R&R. Po zavedení této úpravy by byl měřicí systém podmíněně přijat i zákazníkem.

U opakovatelnosti je stále prostor k zlepšení, operátorka Iva měla dle analýzy potíže s prováděním shodných opakovaných měření.

Počet vykázaných odlišných kategorií vzorků je relativně vysoký, což je také žádoucí, systém dokázal rozlišit 7 různých kategorií vzorků. Měřicí systém byl přijat vzhledem k významnosti úlohy a finančním nákladům.

5 Návrhy praktické aplikace případové studie

Po absolvování této případové studie by účastník kurzu měl především získat znalosti o aplikaci nástrojů fáze Definuj a o aplikaci studie opakovatelnosti a reprodukovatelnosti. Jelikož je celá studie v anglickém jazyce, předpokládá se, že se bude používat nejen na německém území, ale i na ostatních pobočkách Continental celosvětově. Nicméně pokud by výuka byla provedena lokálním instruktorem mezi lokálními zaměstnanci firmy, lze zvažovat rovněž její přeložená verze pro překročení jazykové bariéry.

Autor této případové studie, Christian Gietl, smýšlel o první výuce na území České republiky ve Frenštátě. Rozhodně by Česká republika neměla být konečným místem pro aplikaci případové studie. Jako dalším místem by mohla být pobočka v Mexiku v Mexiku city, neboť je s ní regensburská pobočka úzce v kontaktu.

Autor práce přispěl k této případovou studii zásadně ve formulování zádání za účelem užití nástrojů. Rovněž si autor práce připisuje zásluhu za zhotovení řešení určitých nástrojů, především nástrojů fáze Definuj. Při komplexnějších úlohách, jako je např. studie opakovatelnosti a reprodukovatelnosti anebo návrh experimentů, byl autor práce zapojen jen diskusní formou. Přípravná část případové studie účastníka kurzu plně připraví na všechny požadavky optimalizační části případové studie, u níž bude stěžejní nástroj zvaný návrh experimentů. Aby byl přechod z jedné části do druhé části plynulejší, mohou se již v přípravné části účastníci kurzu zabývat základními definicemi z nástrojů optimalizační části.

Účinnost implementace případové studie ve výuce by měli ohodnotit samotní účastníci kurzu anebo nositelé vyšších hodností v Six Sigma, minimálně Master Black Belt. Na základě komentářů a hodnocení by mohly být provedeny menší změny. Dle úspěšnosti by bylo možnou změnou i rozsah počtu účastníků na kurzu, který by se mohl i zdvojnásobit, neboť jsou úlohy a následná aplikace nástrojů velmi jasně a jednoduše popsána.

Jediný nedostatek, který lze případové studii vyhradit, je stanovené toleračního pole. Je relativně malé, neboť rozpětí naměřených dat poměrně rozsáhlé, což má za následek dedukce nezpůsobilosti měřícího systému z pohledu zákazníka. Tudíž se doporučuje tolerační pole rozšířit minimálně na 60 RPM, aby byl měřící

system přijat i ze strany zákazníka. Tato informace byla dále přeána autoru případové studie, který hodlá v budoucnosti poupravit zadání případové studie.

Jedná se o kvalitně zpracovanou případovou studii, spíše než negativa vyhrazená k studii se tu vyskytují možnosti k budoucímu vylepšení. Studie opakovatelnosti a reprodukovatelnosti vyžaduje velké úsilí na pochopení, autoru případové studie lze doporučit přímo ukázkou aplikace Gage R&R v Minitabu v reálném čase. Při zohlednění poskytovaného velmi krátkého času na výuku lze ukázkou v reálném čase provést na úkor jednoho či dva nástroje z fáze Definuj.

Možností na zlepšení případové studie by bylo mnoho, avšak spíše než opravnou funkci by plnily funkci kosmetickou. Od přidání animovaných videí či sestavení reálného mlýnu až po užití přesnějšího automatizovaného měřícího systému na měření otáček by bylo bezpochyby pozitivním přídavkem k případové studii, avšak při zohlednění zinvestovaného času a financí by se spíše než pozitivum jednalo o zbytečnost.

Mimo to, se nevyskytuje žádný jiný důvod, proč by se neměla tato případová studie aplikovat i na dalších jiných pobočkách Continental po celém světě. Všechny připomínky a návrhy byly sděleny autoru případové studie.

6 Závěr

Úkolem této bakalářské práce nebyl jen teoretický popis metodologie Six Sigma, ale i koncepce případové studie pro aplikaci Six Sigma ve společnosti Continental automotive.

V první kapitole je zejména věnována pozornost detailním popisem DMAIC cyklu, jenž tvoří kostru většinu zlepšovacích projektů. Většina zdrojů o DMAIC cyklu byla čerpána z podnikové knihy, tudíž lze očekávat detailní charakterizaci podnikového pohledu na zlepšovací projekty ve všech fázích cyklu.

Druhá kapitola představuje čtenáři společnost Continental automotive. V této kapitole se vyskytují základní informace jako např. sídlo společnosti, hlavní činnost společnosti, organizační struktura apod. Mimo jiné byly rozepsány kompetence hodnotí Six Sigma a kritéria, která dělí zaměstnance do těchto hodnotí. Rovněž se zde autor práce zaměřil na školení metodologie vevnitř společnosti, neboť každé zlepšení ve společnosti vychází ze základů školících podkladů.

V třetí kapitole se vyskytuje praktická část. Byla zde popsána nově zhotovená případová studie pro účely školení Six Sigma. Konkrétně se jedná jen o její první část čili část přípravná. Díky níž se účastníci řádně připraví na druhou a finální část, části optimalizační, která není součástí této bakalářské práce, neboť by kvůli své informační obsáhlosti způsobila výrazné překročení povoleného rozsahu bakalářské práce.

Veškerá pozornost v praktické části byla venována nástrojům. Vyskytují se zde 4 nejužívanější nástroje fáze Definuj z DMAIC cyklu a to: Project charter, VOC: SIPOC, VOC: Kano diagram, VOC: CTQ/CTC/CTT. V těchto nástrojích byly jasně definované cíle a podmínky projektu, jednotlivé vlivy mající na proces a potřeby zákazníka.

Dalším nástrojem je studie opakovatelnosti a reprodukovatelnosti, zaměřující se na způsobilost měřícího systému. Pod drobnohledem byl jednoduchý program napsaný jen pro účel měření otáček větrného mlýnu – the RPM tap tool. Měřící program přispívá se svou variabilitou 19,58% na celkové procesní variabilitě, což je podmíněně přijatelné. Nicméně vzhledem ke specifikacím zákazníka je měřící systém nezpůsobilý. Poměr přirozené variability měřícího systému vůči toleračnímu poli je roven 107,68%, avšak spíše než nezpůsobilost měřícího

systemu spočívala chyba v chybném stanovení toleračního pole. Po vyhodnocení těchto informací byl měřicí systém i přesto přijat a sledán podmíněně způsobilým.

Ve čtvrté kapitole byly sepsány všechny připomínky a návrhy k případové studii. Autor práce se domnívá, že po aplikaci případové studie v českém Frenštátě budou dalšími, kteří se setkají s touto studií, zaměstnanci Continentalu mexické pobočky. Autor práce dále navrhuje změny provádět na základě hodnocení a zpětných vazeb účastníků kurzu. Jediným nedostatkem spočívá v chybně stanoveném toleračním poli, doporučuje se tolerační pole rozšířit alespoň na 60 RPM. I přesto se jedná o kvalitně zpracovanou případovou studii. Pokud by se měli provádět úpravy, jistě by se nejednaly o zásadní.

Přínosem této práce bylo zhotovení případové studie pro školící kurz Six Sigma. Dále byl poskytnut pohled společnosti Continental na DMAIC cyklus, který je přítomen v každém zlepšovacím projektu. Byla také provedena literární rešerše na téma Six Sigma. Mimo jiné se v řešení nástrojů případové studii odráží autorova schopnost kritického pohledu na problematiku.

7 Citovaná literatura

Continental Automotive GmbH. 2016. Continental Automotive GmbH. *Continental Automotive GmbH.* [Online] 2016. http://www.continental-automotive.de/www/automotive_de_de/general/about_us/about_us_de.html.

Devane, T. 2004. *Integrating Lean Six Sigma and High-Performance Organizations: Leading the charge toward dramatic, rapid and sustainable Zlepšujment.* místo neznámé : Pfeiffer, 2004.

Gygi, Craig, Williams, Bill a DeCarlo, Neil. 2005. *Six Sigma for DUMMIES.* místo neznámé : Wiley-VCH Verlag GmbH & Co. KGaA, 2005. 1.

Harry, Mikel a Schroeder, Richard. 2000. *Six Sigma: The Breakthrough Management Strategy Revolutionizing the World's Top Corporations.* Frankfurt : Campus Verlag, 2000. 9780385494373.

Herklotz, Henrik, Jochem, Roland a Geers, Dennis. 2011. *Six Sigma leicht gemacht: Ein Lehrbuch mit Musterprojekt für den Praxiserfolg .* místo neznámé : Symposion Publishing, 2011. 393970783X.

Jarošová, Eva. 2015. Korelační analýza prezentace. 2015.

—. 2014. Statistické testy prezentace. 2014.

M. Borrer, Conie. 2009. *The certified quality engineer handbook.* Wisconsin : ASQ Duality Press Milwaukee , 2009. 978-0-87389-745-7.

Michálek, Jiří. 2010. Navrhování a vyhodnocení experimentů. [Online] 3. 12 2010. http://www.crr.vutbr.cz/system/files/brozura_05_1012_2.pdf.

PANDE, P. S., CAVANAGH, R. R., NEUMAN, R. P. 2002. *Zavádíme metodu Six Sigma: aneb jakým způsobem dosahují renomované světové společnosti špičkové výkonnosti.* Brno : TwinsCom, 2002.

Paukstat, Tatjana - Continental Corporation. Green Belt toolbox Continental. *DMAIC Roadmap - Definuj/Měř/Analyzuj/Zlepšuj/Kontroluj.* Regensburg : autor neznámý.

Rowlands, David, Kastle, Bill a George, Michael. 2005. *Co je Lean Six Sigma?* Praha : Computer Press, 2005.

Svozilová, Alena. 2011. *Zlepšování podnikových procesů.* Praha : GRADA, 2011.

Töpfer, Armin. 2008. *Six Sigma koncepce a praktické příklady pro bezchybné řízení.* Praha : Computer Press, 2008.

Toutenburg, Helge a Philipp, Knöfel. 2008. *Six Sigma: Methoden und Statistik für die Praxis.* místo neznámé : Springer, 2008. 978-3540851370.

UK Department for trade and industry. 2005. London : s.n., 2005.

8 Seznam obrázků a tabulek

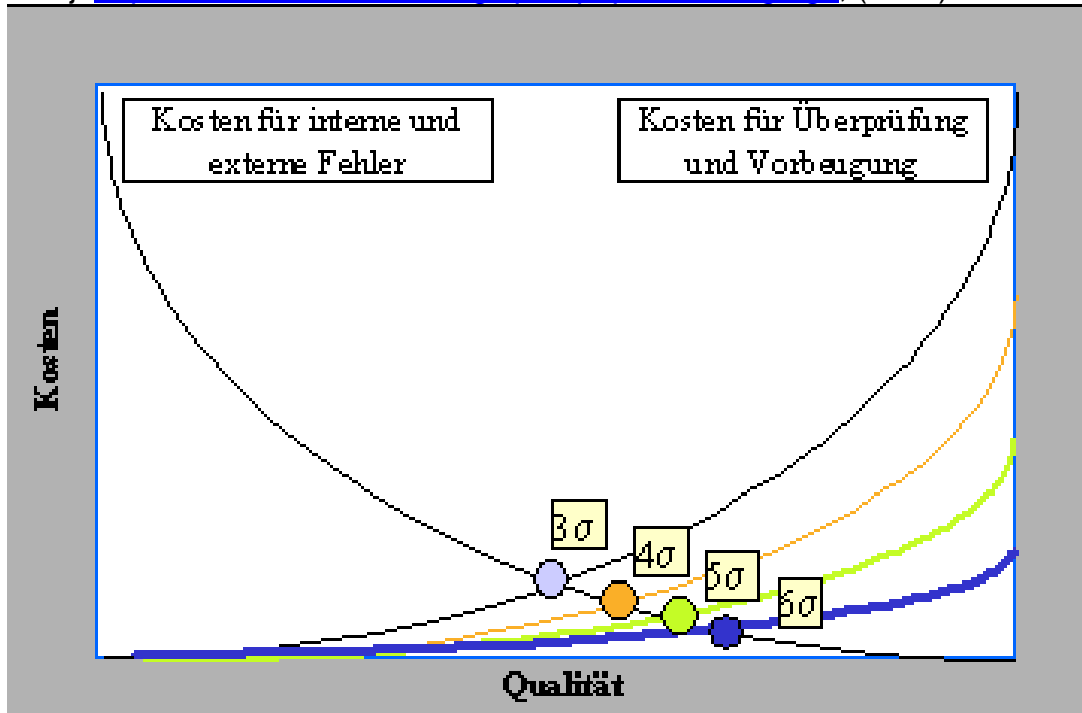
Obrázek 1 Normální rozdělení.....	10
Obrázek 2 Zobrazení toleračního pole a zobrazení skutečné variability index zůsobilosti Cp.....	11
Obrázek 3 Kano diagram	17
Obrázek 4 Project charter	34
Obrázek 5 Project charter	34
Obrázek 6 SIPOC diagram.....	35
Obrázek 7 VOC: Kano – diagram.....	36
Obrázek 8 VOC: CTQ/CTC/CTT	37
Obrázek 9 Screen měřicího systému – RPM Tap tool program	38
Obrázek 10 Průběhový diagram.....	40
Obrázek 11 Diagram složek variability	41
Obrázek 12 Diagram rozpětí	41
Obrázek 13 Diagram průměrů	42
Obrázek 14 Tabulkový výstup studie opakovatelnosti a reprodukovatelnosti.....	43
Obrázek 15 Tabulkový výstup studie opakovatelnosti a reprodukovatelnosti.....	45

9 Seznam příloh

Příloha 1 Závislost celkových nákladů na kvalitě.....	55
Příloha 2 Uvádění Six Sigma do praxe.....	5156
Příloha 3 Výběr koncepčního přístupu	52
Příloha 4 Schéma vstupů, procesů a výstupů	5355
Příloha 5 Project Charter	5456
Příloha 6 Vlivy spokojenosti zákazníka	55
Ошибка! Закладка не определена.	
Příloha 7 CTX.....	55
Příloha 8 Výběr testové statistiky	5756
Příloha 9 Reprokovatelnost zkoumaná mezi operátory nebo měřidly	
58Ошибка! Закладка не определена.	
Příloha 10 Struktura firmy.....	5855
Příloha 11 Členění a stupňování hodnot v Six Sigma.....	5956
Příloha 12 Simulátor větrného mlýnu	59
Příloha 13 Zadání k studii opakovatelnosti a reprovatelnosti.....	60

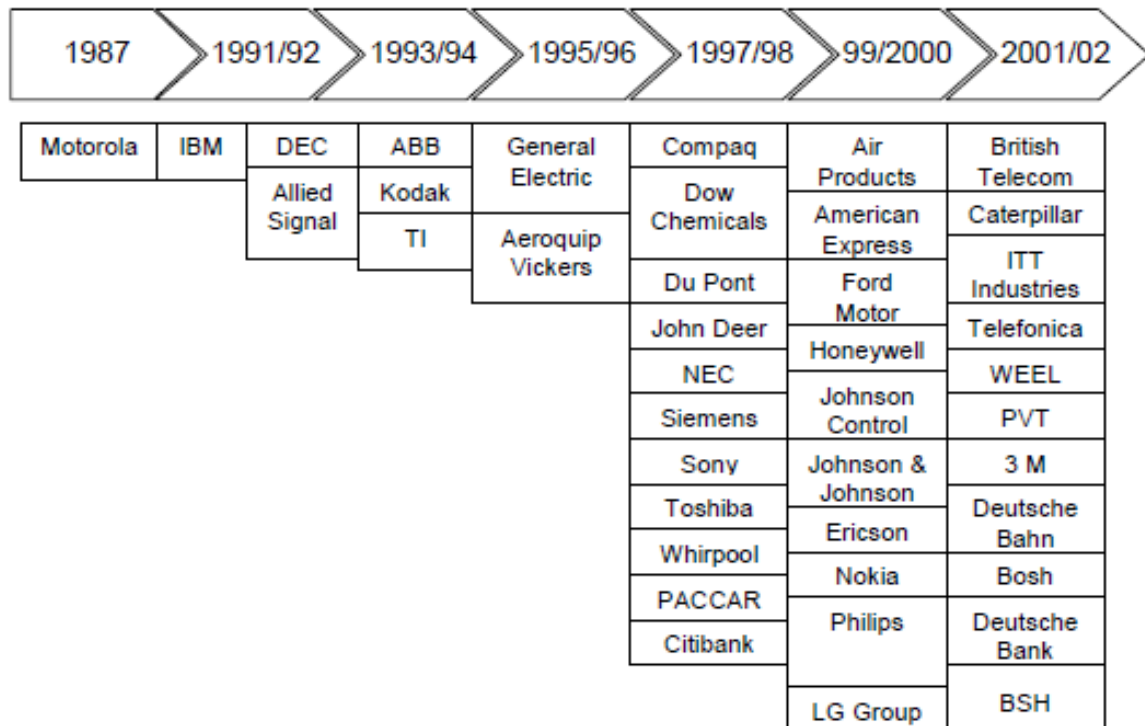
Příloha 1 Závislost celkových nákladů na kvalitě

Zdroj: <http://www.ndt.net/article/dgzfp03/papers/v36/fig2.gif>, (2003)



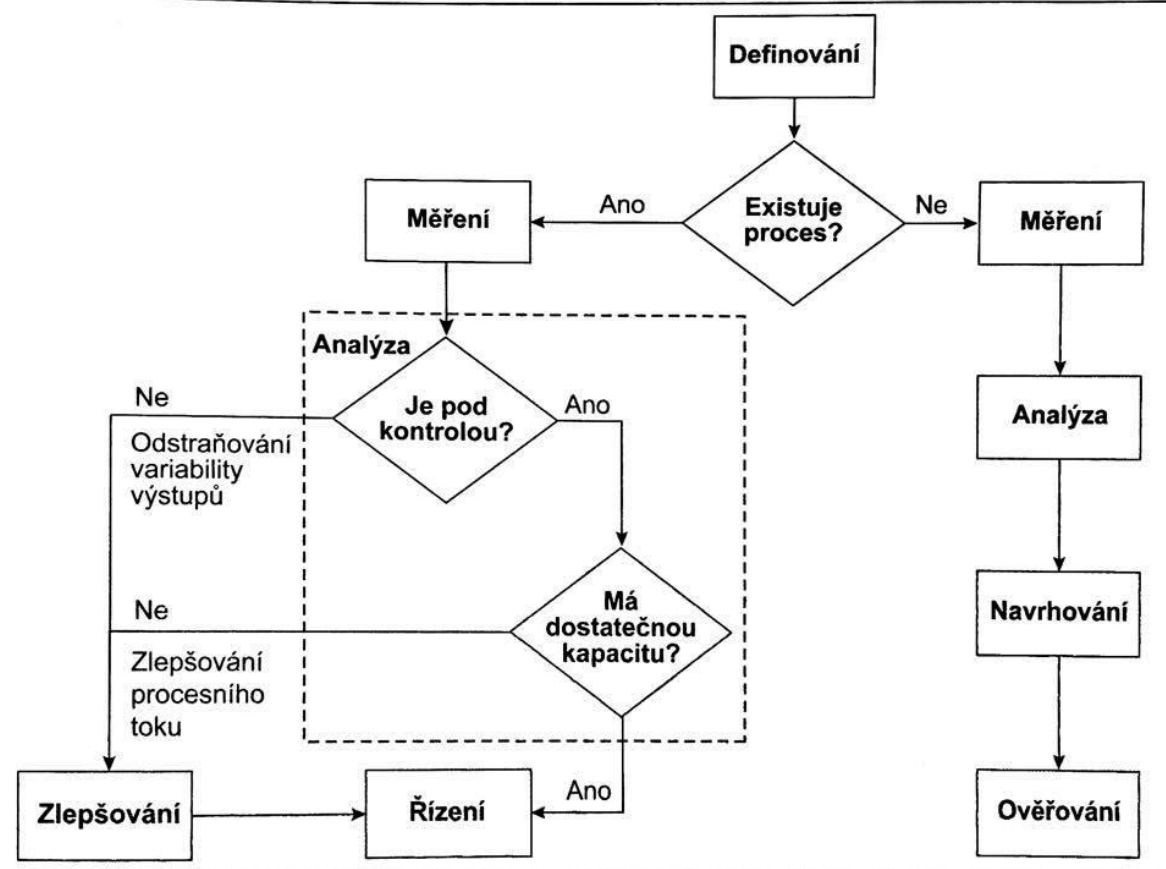
Příloha 2 Uvádění Six Sigma do praxe

Zdroj: (Töpfer, 2008)



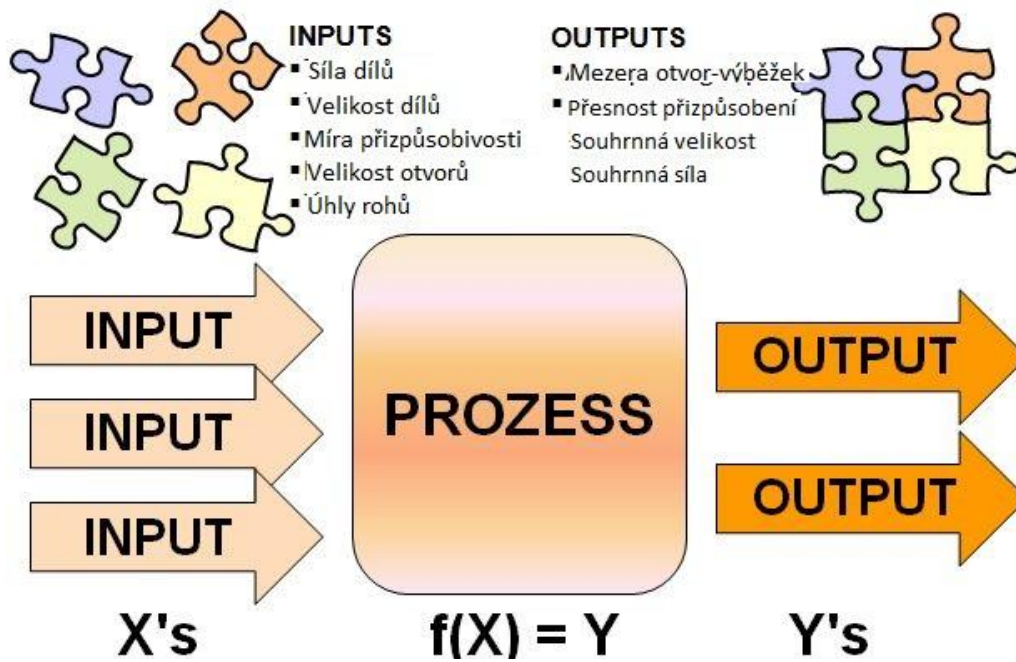
Příloha 3 Výběr koncepčního přístupu

Zdroj: (Svozilová, 2011)



Příloha 4 Schéma vstupů, procesů a výstupů

Zdroj: PAULKSTAT, Roadmap



Příloha 5 Project Charter

Zdroj: PAULKSTAT, Roadmap

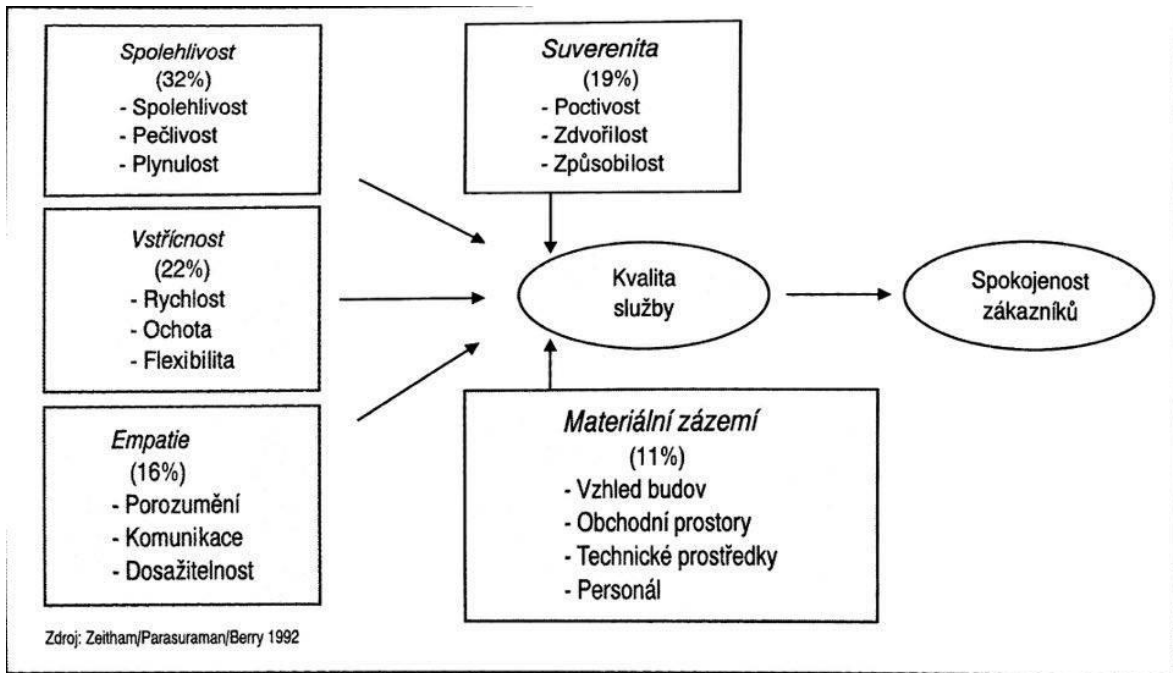
Project Charter
"Insert Project Title here"

Project Description		Realised Results e.g. savings, turnover improvement, ppm reduction, saved time, etc.	Hard & Soft Facts
Primary Target Area (e.g. for Q,BIC projects)		Investment	... €
Project Objectives (Future Situation)		Project Metrics	
Schedule	Project start	Milestones (DMAIC)	
Affected Location/s	Project End:	Methods/Tools of C.A.P.S	
Team Members			
Process Owner			
Champion		Project Leader	

"Insert Organization Unit here"

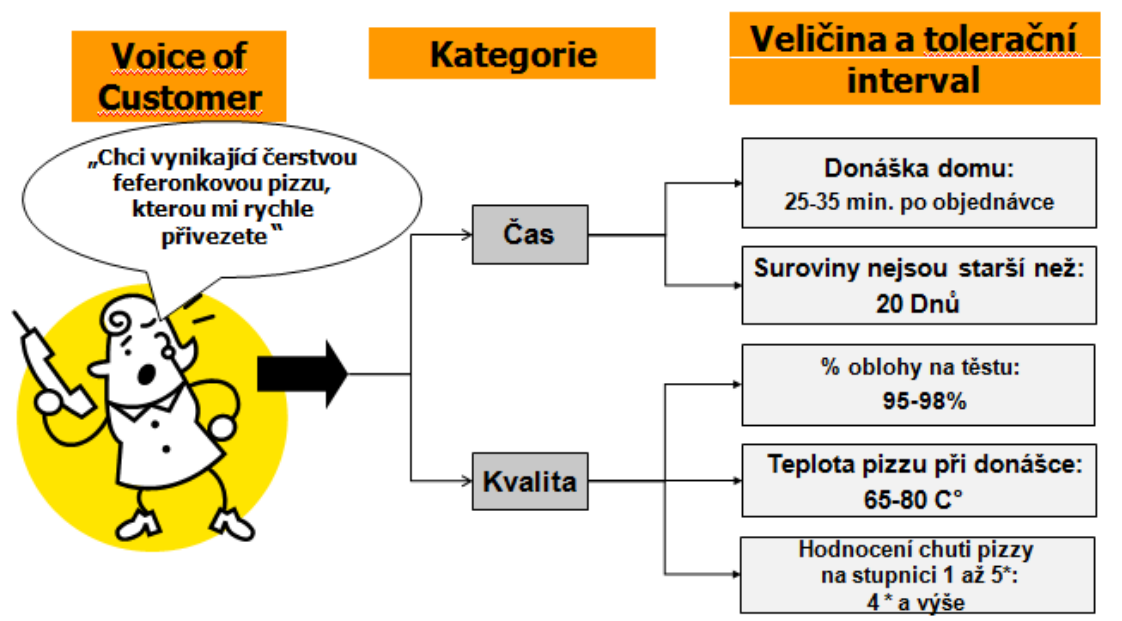
Příloha 6 Vlivy spokojenosti zákazníka

Zdroj: TÖPFER, 2008



Příloha 7 CTX

Zdroj: PAULKSTAT, Roadmap



Příloha 8 Výběr testové statistiky

Zdroj: PAULKSTAT, Roadmap



Kterou testovou statistiku?

Y = f(X)
Y = Output
X = Input

Y spojité

Y diskrétní

Střední hodnota Odchylka

Standardní statistický postup 1-výběrový-t-Test	Standardní statistický postup 1 Odchylka
Párový t-Test	Standardní statistický postup 2 Odchylky
Standardní statistický postup 2-výběrový-t-Test	ANOVA Stejně odchylky
ANOVA One-Way	

Podíl Poisson-rozdělení

Standardní statistický postup 1 podíl	Standardní statistický postup 1-výběr.-Poisson-Rate
Standardní statistický postup 2 podíly	Standardní statistický postup 2-výběr.- Poisson-Rate
Tabulka Chi-Quadrat	

1 výběr

X diskrétní

2 výběry

>2 výběry

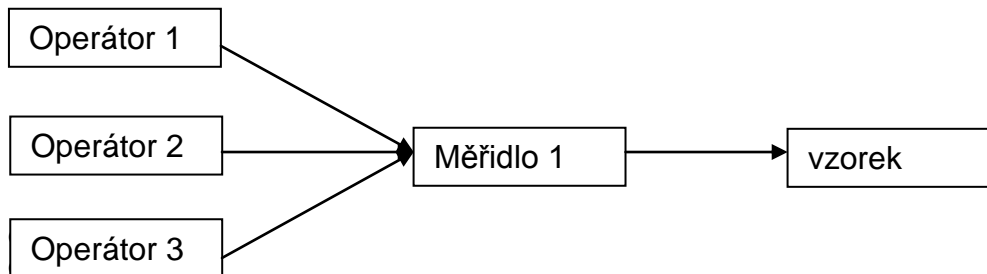
X spojité

Binární logistická regrese

Regresní funkce

Příloha 9 Reprodukovatelność zkoumaná mezi operátory nebo měřidly

Zdroj: Variabilita „mezi operatory“



Příloha 10 Struktura firmy

Zdroj: www.continental-corporation.com

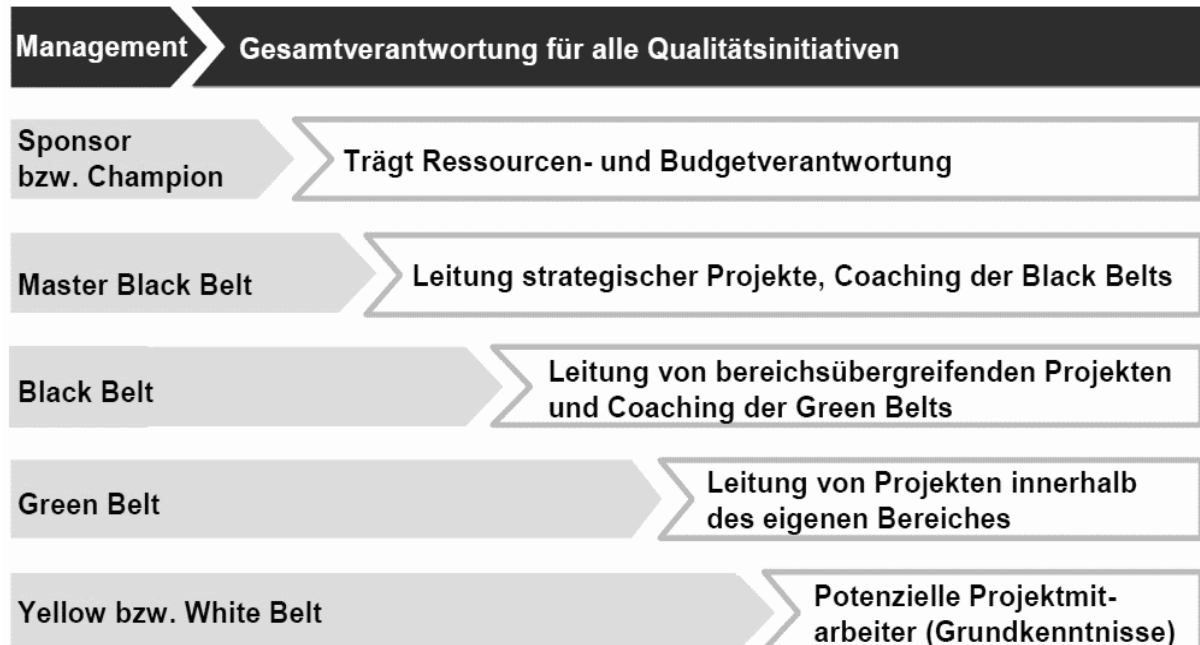
Konzernstruktur im Überblick

Continental-Konzern				
Umsatz: 39,2 Mrd €; Mitarbeiter: 207.899				
Automotive Group Umsatz: 23,6 Mrd €; Mitarbeiter: 115.888			Rubber Group Umsatz: 15,7 Mrd €; Mitarbeiter: 91.603	
Chassis & Safety Umsatz: 8,4 Mrd € Mitarbeiter: 40.062	Powertrain Umsatz: 7,1 Mrd € Mitarbeiter: 35.364	Interior Umsatz: 8,2 Mrd € Mitarbeiter: 40.462	Reifen Umsatz: 10,4 Mrd € Mitarbeiter: 48.955	ContiTech Umsatz: 5,4 Mrd € Mitarbeiter: 42.648
<ul style="list-style-type: none"> > Vehicle Dynamics > Hydraulic Brake Systems > Passive Safety & Sensorics > Advanced Driver Assistance Systems 	<ul style="list-style-type: none"> > Engine Systems > Fuel & Exhaust Management > Hybrid Electric Vehicle > Sensors & Actuators > Transmission 	<ul style="list-style-type: none"> > Instrumentation & Driver HMI > Infotainment & Connectivity > Intelligent Transportation Systems > Body & Security > Commercial Vehicles & Aftermarket 	<ul style="list-style-type: none"> > Pkw-Reifen-Erstausrüstung > Pkw-Reifenersatz-geschäft EMEA > Pkw-Reifenersatz-geschäft The Americas > Pkw-Reifenersatz-geschäft APAC > Nutzfahrzeugreifen > Zweiradreifen 	<ul style="list-style-type: none"> > Air Spring Systems > Benecke-Kaliko Group > Compounding Technology > Conveyor Belt Group > Elastomer Coatings > Industrial Fluid Systems¹ > Mobile Fluid Systems¹ > Power Transmission Group > Vibration Control

¹ Ab 1. Januar 2016.

Příloha 11 Členění a stupňování hodnotí v Six Sigma

Zdroj: <http://sixsigma.siegfried-seibert.de/uploads/SixSigmaInfo/Six-Sigma-Rollenmodell.png>



Příloha 12 Simulátor větrného mlýnu

Zdroj: Gietl, Six Sigma Green belt training (2015)

Conti Windmill Simulator Interface D M A I C

- › The simulator shows a spinning windmill with three rotors
- › To help you follow the rotation, one of the rotors is red and there's also a black mark on the center
- › Use your keyboard to navigate through the main menu (controls indicated in brackets)

for (1) press **1** on your keyboard
for (r) press **r** ...

Continental 4 April 2016
Christian Gietl, © Continental AG 14

Příloha 13 Zadání k studii opakovatelnosti a reprodukovatelnosti

Zdroj: Gietl, Six Sigma Green belt training (2015)

Conti Windmill Simulator Task



- › Get together in **teams of three** (two where necessary)
- › **Start the Continental Windmill Simulator** in Gage R&R Mode by selecting (1) in the main menu (min. 1 simulator running each team)
- › **Choose your measurement system** (Stopwatch or RPM Tap Tool)
- › **Create a work instruction** for your measurement (write it down step by step, define roles)
- › Try a few samples in the simulator (by pressing q, w, e, a, s, d, x, c) and check your measurement method. Refine the work instruction if necessary and freeze it
- › In your team, **create a Gage R&R plan** in Minitab (**Gage Study Crossed**)
- › Choose **3 operators, 8 samples** and **2 replications**
- › **Perform a Crossed Gage R&R Study, analyze it and choose one person to present the results to the other participants**



i: results shall be recorded with 1 decimal point

TIME: 90'



ANOTAČNÍ ZÁZNAM

AUTOR	Nguyen Ngoc Thanh		
STUDIJNÍ OBOR	6208R088 Podniková ekonomika a management provozu		
NÁZEV PRÁCE	Praktická aplikace Six Sigma ve společnosti Continental Automotive GmbH		
VEDOUCÍ PRÁCE	Ing. et Ing. Martin Folta, Ph.D.		
KATEDRA	KLRK - Katedra logistiky a řízení kvality	ROK ODEVZDÁNÍ	2017
POČET STRAN	50		
POČET OBRÁZKŮ	15		
POČET TABULEK	3		
POČET PŘÍLOH	13		
STRUČNÝ POPIS	<p>Cílem bakalářské práce je charakterizovat metodologii štíhlé výroby dle Six Sigma, popsat a zanalyzovat současnou situaci zlepšování dle Six Sigma ve společnosti Continental Automotive GmbH, vytvořit případovou studii za účelem zhotovení Six Sigma školících podkladů a následně navrhnout praktickou aplikaci této případové studie.</p> <p>Při koncepci případové studie se postupovalo podle specifických metod, které jsou používány ve firmě Continental automotive.</p> <p>Případová studie byla úspěšně zhotovena a je připravena na užití.</p>		
KLÍČOVÁ SLOVA	Six Sigma; DMAIC cyklus; Continental automotive; nástroje		
PRÁCE OBSAHUJE UTAJENÉ ČÁSTI: Ne			

ANNOTATION

AUTHOR	Nguyen Ngoc Thanh		
FIELD	6208R088 Business Management and Production		
THESIS TITLE	Practical application of Six Sigma within the company Continental Automotive GmbH		
SUPERVISOR	Ing. et Ing. Martin Folta, Ph.D.		
DEPARTMENT	KLRK - Department of Logistics and Quality Management	YEAR	2017
NUMBER OF PAGES	50		
NUMBER OF PICTURES	15		
NUMBER OF TABLES	3		
NUMBER OF APPENDICES	13		
SUMMARY	<p>The objective of this thesis is to characterize the Six Sigma methodology; describe and analyse the current situation of Six Sigma improvement projects within Continental Automotive GmbH; design a case study for Six Sigma training purposes; and propose its practical application.</p> <p>While concepting the case study, particular methods, used within Continental Automotive, were applied.</p> <p>The case study was successfully designed. Furthermore, it is ready to use.</p>		
KEY WORDS	Six Sigma; DMAIC cycle; Continental automotive; tools		
THIS INCLUDES UNDISCLOSED PARTS: No			

