

Masarykova univerzita
Ekonomicko-správní fakulta
Studijní obor: Management



**ŘÍZENÍ A ZLEPŠOVÁNÍ VÝROBNÍCH PROCESŮ
POMOCÍ METODOLOGIE SIX SIGMA**

Management and improvement of production processes by
means of Six Sigma

Bakalářská práce

Vedoucí bakalářské práce:
Ing. Radoslav ŠKAPA, Ph.D.

Autor:
Ivana BORKOVÁ

Brno, květen 2009

BIBLIOGRAFICKÁ IDENTIFIKACE

Jméno a příjmení autora:	Ivana Borková
Název bakalářské práce:	Řízení a zlepšování výrobních procesů pomocí metodologie Six Sigma
Název práce v angličtině:	Management and improvement of production processes by means of Six Sigma
Katedra:	podnikového hospodářství
Vedoucí bakalářské práce:	Ing. Radoslav Škapa, Ph.D.
Rok obhajoby:	2009

Anotace:

Cílem práce je analýza zavádění programu Six Sigma v konkrétním podniku. V teoretické části je popsána filozofie metody Six Sigma, koncepci DMAIC a podstata jejího fungování. V praktické části bude analyzována situace v podniku Bosch Diesel s.r.o, definován výchozí stav před zavedením projektu, popsána aplikace teroretických nástrojů a zhodnocení výsledků projektu.

Annotation:

The goal of this work is to analyze the implementation of Six Sigma in a particular company. The theoretical part describes the philosophy of Six Sigma methods, the concept of DMAIC and the basis of its operation. In the practical part will be analyzed the situation in the company Bosch Diesel s.r.o., defined the initial state before the introduction of the project, described the application theroretical tools and evaluation of project results.

Klíčová slova

Řízení výroby, metoda Six Sigma, kritické parametry, fáze projektu, zlepšení procesů.

Keywords

Management of production processes, metodologie Six Sigma, Critical to Quality, phasis of project, improvement of processes.

Prohlášení

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci *Řízení a zlepšování výrobních procesů pomocí metodologie Six Sigma* vypracovala samostatně pod vedením Ing. Radoslava Škapy Ph.D. a uvedla v ní všechny použité literární a jiné odborné zdroje v souladu s právními předpisy, vnitřními předpisy Masarykovy univerzity a vnitřními akty řízení Masarykovy univerzity a Ekonomicko-správní fakulty MU.

V Brně dne 18. května 2009

.....

podpis

Poděkování

Na tomto místě bych ráda poděkovala Ing. Radoslavu Škapovi, Ph.D. za cennou pomoc a odborné rady, kterými mi pomohl k vypracování této bakalářské práce. Své poděkování bych ráda věnovala také firmě Bosch Diesel s.r.o, která mi umožnila uskutečnění projektu.

OBSAH:

Úvod	7
I. Teoretická část	
1. Řízení výroby	9
1.2 Lean – štíhlá výroba	10
1.3 Nástroje a principy Lean	11
2. Metody řízení jakosti	13
2.1 Uplatnění statistických metod	14
3. Filozofie a koncepce Six Sigma	15
3.1 Koncept DMAIC	19
3.2 Proces zavádění Six Sigma	21
3.3 Výběr vhodných projektů	22
II. Praktická část	
1. Firma BOSCH DIESEL s.r.o. – základní údaje	25
2. Oblast aplikace metody Six Sigma, analýza výchozího stavu	27
3. Fáze Define	30
4. Fáze Measure	36
5. Fáze Analyze	39
6. Fáze Improve	42
7. Fáze Control	46
8. Zhodnocení projektu	47
III. Závěr	49
IV. Seznam použité literatury	51
V. Přílohy	53

ÚVOD

K výběru tohoto tématu mě vedla skutečnost, že jsem v loňském roce dostala u svého zaměstnavatele možnost zúčastnit se tréninkového programu Six Sigma Green Belt. K obdržení závěrečného certifikátu byla nutná nejen účast na školení, ale také vybrat a uskutečnit projekt pomocí metodologie Six Sigma s praktickým přínosem pro firmu.

Tato metoda mě velice zaujala a rozhodla jsem se ji použít pro svou práci. Zabývala jsem se analýzou aplikace metodologie Six Sigma ve firmě Bosch Diesel s.r.o.. Jednalo se o zlepšení procesů v oblasti sériových oprav rotačních čerpadel, kde docházelo dlouhodobě k problémům s plněním požadavků zákazníka. Výchozím bodem byla analýza stavu procesu před zavedením projektu. Byly použity metody Six Sigma, Lean Management a princip BPS (Bosch Production System). Cílem práce je ukázat reálný přínos výše zmíněné metody a jeho ekonomické zhodnocení.

Výhod metod Six Sigma využívají mnohé z nejúspěšnějších společností na světě, aby si udržely své konkurenční výhody v neustále se měnícím tržním prostředí. Six Sigma obsahuje širokou škálu nejlepších podnikatelských praktik, tzv. „best practices“, které tvoří základní předpoklady úspěchu a růstu podnikání.¹

V teoretické části mé bakalářské práce jsem se zabývala řízením výroby, je zde popsáno spojení Lean a Six Sigma, zmínila jsem se zejména o principu tahu, který je také v praxi často uplatňován. Další kapitola je věnována řízení jakosti. Hlavní část je věnována seznámení s metodologií Six Sigma. V praktické části jsou analyzovány jednotlivé fáze projektu zavádění metody Six Sigma ve firmě Bosch Diesel v Jihlavě. Následuje ekonomické zhodnocení projektu.

Přínosem mé práce je ukázat výše zmíněnou metodologii, její aplikaci v praxi a to nejen v oblasti výroby a jakosti samotného výrobku, ale také v jiných procesech, jako je plánování a logistika. Tato práce může přispět k dalšímu rozšíření této metodiky v praxi.

¹ Pande P.-Neuman R.-Cavanagh R. Zavádíme metodu Six Sigma

Praktická část obsahuje know-how firmy BOSCH DIESEL s.r.o., s jehož uveřejněním firma nesouhlasí. Proto jsou tyto informace z praktické části odstraněny.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1. Řízení výroby

V konkurenční soutěži se rozhodující pro úspěch podniku v současné době stává cílově orientovaná struktura, plánování a řízení hmotného toku, a to jak od dodavatelů k podniku, tak uvnitř podniku, i z podniku k zákazníkovi. Klíčové postavení má oblast nazývaná řízení výroby. Představuje v podstatě management výroby a část managementu logistiky.

Vlastní proces řízení výroby je třeba chápat jako složitý proces úkolů týkajících se základních rozhodnutí o zaměření výkonů, jejich zabezpečování i rozhodování o ekonomické provedení probíhajících procesů. Stěžejním bodem je plánování výroby, které zahrnuje dlouhodobé plánování koncepce a zdrojů a také konkrétní plánování průběhu výroby.

Výrobní úsek představuje ve výrobním podniku oblast, kde dochází k realizaci úkolů výrobního programu. Východiskem je především odběratelský trh a z něho vyplývající cíle, jak pro strategické, tak pro taktické rozhodování. Obsah a funkce managementu výroby nejsou jednoznačně dané pro jakýkoliv výrobní podnik. Jsou rozdílné zejména podle typologie podniků. Přesto lze vycházet z jedné soustavy základních cílů a nástrojů managementu výroby. Úkoly managementu výroby jsou rozsáhlé a komplexní, jak ukazuje následující tabulka.

Tab.1: Řídící veličiny řízení výroby ²

Strategické řízení výroby	Koncepce výrobku Koncepce zdrojů Ekonomické a sociální důsledky výrobní strategie
Taktické řízení výroby	Výrobní program Kapacity strojní a lidské
Operativní řízení	Vyráběné množství Nákup Termíny Využití kapacit Stavy zásob Dodací pohotovost

² Tomek, Vávrová. Řízení výroby

Základnu pyramidu řízení tvoří operativní management, který se bezprostředně dotýká vykonávacích činností. Souvisí s řízením základních článků určujícího procesu. Je charakteristický tím, že jde o souhrn aplikace nástrojů managementu a aktivit, jejichž úkolem je splnění cílů při optimálním využití zdrojů. Tyto nástroje a systémy jsou uplatňovány podle konkrétní charakteristiky výroby v dané firmě.

Jedním z hlavních úkolů managementu je v současné době zvyšování produktivity. Pro podnik má rostoucí význam jeho schopnost reagovat na prudký růst produktivity vůdčích světových podniků. Tato schopnost se stává podmínkou pro dosažení a udržení konkurenceschopnosti.³

Současné zvyšování produktivity je ve značné míře umožněno zaváděním japonských manažerských technik do podnikových systémů. Prostřednictvím těchto metod je pak firma schopna obstát v současném tržním prostředí, které se vyznačuje nutností použití zrychlených inovací, zkrácením a plnou kontrolou výrobního cyklu, zvýšením flexibility v reakci na potřeby trhu a zákazníka, trvalého zlepšování kvality a snižování veškerých ovlivnitelných nákladů.⁴

Dosažením těchto cílů plní firma důležité kritérium pro rozhodování, a tím je maximalizace zisku. Nástrojem pro splnění tohoto cíle je zavedení systému štíhlé výroby.

1.2 Lean – štíhlá výroba

Koncepce "štíhlé výroby" (lean production, lean manufacturing) pochází z firmy Toyota, kde vznikla v 50.-60. letech 20. století jako alternativa k hromadné výrobě v prostředí, které vyžadovalo vysokou úroveň flexibility a postrádalo finance na nákladné investice. Provádí komplexní organizaci vývoje a výroby produktu, dodavatelů a kontakty se zákazníkem tak, aby při lepším plnění zákaznických požadavků bylo zapotřebí méně lidského úsilí, prostoru, kapitálu a času - a přitom produkty mají mnohem lepší kvalitu než v hromadné výrobě.⁵

Pracovníci v Toyotě neustále snižovali zásoby v celém výrobním řetězci. Každá redukce zásob vedla k tomu, že se postupně vynořily určité problémy, např. nestabilní procesy, dlouhé časy na seřízení stroje, chyby v procesu, nespolehliví dodavatelé, poruchy zařízení apod.⁶

Štíhlá výroba je systémem metod pro odstranění plýtvání ve výrobním procesu, je založena na procesním řízení s cílem eliminovat výrobní ztráty, za něž se považují zásoby, vady,

³ Synek M. a kol. Manažerská ekonomika

⁴ Petřík T. Ekonomické a finanční řízení firmy

⁵ www.leancompany.cz/cojetolean.html

⁶ Koštiuriak J. Neviditelné prvky systému Toyota. Časopis Moderní řízení

poruchy, prostoje, neproduktivní přepravy a kontroly.⁷ Jedním ze základních pilířů metody Lean je odstranit plýtvání. Příkladem plýtvání může být doba nutná pro nastavení výrobní linky – z hlediska zákazníka nedochází k přidávání hodnoty. Pokud doba nastavení při přechodu k výrobě různých produktů trvá příliš dlouho, musí se vyrábět velké dávky, aby byla pokryta poptávka. Nicméně výroba velkých dávek vede k vysoké rozpracovanosti, která skrývá plýtvání. Zvyšují se i náklady na skladování materiálu a hotových výrobků. Náklady na jakost rostou lineárně s rozpracovaným množstvím, které dále způsobuje dlouhé průběžné doby.

Ve většině dnešních společností jsou na dosažení výše uvedených cílů zaváděny různé systémy: systém řízení jakosti, systém řízení výroby, systém řízení lidských zdrojů, atd. Pokud tyto systémy fungují od sebe odděleně, mnohdy mohou být i kontraproduktivní a fungovat proti sobě. Zavedení jednotného systému štíhlých principů tyto systémy sjednotí, maximalizuje lidské úsilí pro odstraňování plýtvání.

1.3 Nástroje a principy Lean

Nástroje, využívanými v rámci Lean Managementu, jsou:

- 5S - zaměřuje se na plýtvání způsobené nepořádkem na pracovišti
- TPM (Total Productive Maintenance) – zaměřuje se na ztracený čas a náklady vztahující se k odstávkám výrobního zařízení
- Rychlé přenastavení – snižuje čas potřebný ke změně nastavení výrobního zařízení
- Metody zabezpečení proti chybám (Poka Yoke)
- Kanban – pomáhá odstranit nadvýrobu a rozpracované zásoby, klíčový nástroj používaný ve výrobě systémem tahu⁸

Dva nejdůležitější zdokonalovací trendy dnešní doby: zlepšování (s využitím metod 6σ, kterým je věnována další kapitola) a zrychlování procesů (s použitím principů Lean) v sobě kombinuje Lean Six Sigma. Tato metoda poskytuje nástroje na identifikaci a odstranění plýtvání a vyřešení problémů s kvalitou. Je založena na čtyřech pravidlech:

⁷ Synek M. a kol. Manažerská ekonomika

⁸ kol. vydavatelství Productivity Press. Systém tahu ve výrobním prostředí

1/ vysoká kvalita

2/ rychlost

3/ týmová práce

4/ rozhodování založené na datech⁹

Tato pravidla jsem využívala při aplikaci této metody v rámci mého projektu, budou konkrétně vysvětlena v praktické části.

⁹ George M. Rowlands D. Kastle B. Co je Lean Sig Sigma

2. Metody řízení jakosti

Konkurenční prostředí nutí podniky hledat cesty, jak lépe uspokojit potřeby zákazníků, snižovat náklady a zároveň zvyšovat produktivitu. Plynulé zlepšování jakosti se stává nezbytnou součástí obchodní strategie a jedním z hlavních úkolů managementu. Řízení je chápáno jako proces, jehož cílem je pracovat na metodách péče o jakost.

Hovoříme-li o jakosti výrobku, máme obvykle na mysli průmyslové výrobky a stupeň dosahování jejich fyzikálních a chemických vlastností, např. rozměr přesnost, povrchovou úpravu apod. Jakost výrobku by měla zahrnovat i ty charakteristiky, které musí vykazovat výrobek, má-li být využíván pro splnění funkce, kterou očekává zákazník.

Přístup spočívající v zavedení, udržování a neustálém zdokonalování celého systému jakosti, tedy působení managementu jakosti na všechny činnosti organizace (výrobu, účetnictví, finance, obchod, personalistiku aj.) se označuje zkratkou TQM = Total Quality Management. K zajištění požadovaného trendu je třeba přijmout novou filozofii, totiž, že kontrola nevytváří jakost, jakost musí být obsažena ve výrobku. To znamená, že musí dojít ke změnám ve všech činnostech týkajících se produktu. Jakost se musí objevit ve výrobním procesu, stejně tak jako ve službách zákazníkovi, v dokumentaci výrobku, v postupech údržby apod. Řízení jakosti se musí týkat celého podniku.¹⁰

Toto komplexní pojetí řízení kvality můžeme chápat jako spojení dříve nezávislých činností, jakými jsou:

- nákup materiálu
- řízení vlastního toku výrobního procesu
- kontrola
- analýza průběhu výrobního procesu

Metodologický základ řízení jakosti ve výrobním procesu tvoří:

- jakostní normy
- normy práce
- metody měření a měřicí přístroje
- statistické výběrové metody
- regulační diagramy
- kontrolní intervaly

¹⁰ Hindls R. - Hronová S. - Novák I. Analýza dat v manažerském rozhodování

- analýzy příčin nedodržení jakosti
- analýzy výrobního procesu ukazující vztah mezi příčinami a následky¹¹

2.1 Uplatnění statistických metod

Podnik, který chce obstát v konkurenci, musí trvale usilovat o zvyšování jakosti při současném snižování nákladů. Aby mohlo být těchto cílů dosaženo, je možné využít různých metod a nástrojů uplatňovaných v různých etapách výrobního procesu.

K nejdůležitějším metodám patří:

- Diagram příčin a následků – známý jako Ishikavův diagram
- Paretova analýza
- Histogramy
- Plánování experimentů¹²

V předvýrobním procesu jde o zajištění kvality výrobku ve fázi konstrukce. Pokud jde o výrobní proces, moderní přístupy zabezpečování jakosti jsou postaveny na předcházení zbytečných nákladů na odstraňování chyb (oproti tradičnímu způsobu, kdy se kontrolují až výstupy z procesu). Tato prevence může být zajišťována cestou neustálého získávání informací o chování procesu. Nástrojem je statistická regulace procesu. Na základě včasného odhalování odchylek v procesu od předem stanovené úrovně umožňuje realizovat zásahy do procesu a udržovat jej dlouhodobě na přípustné úrovni.

Tato teorie vychází z toho, že na proces a jeho výstupy působí řada vlivů, které způsobují, že nelze vyprodukovat dva zcela totožné výrobky. Tyto vlivy je možné studovat a vytvářet podmínky, aby variabilita procesu byla stabilní a bylo možné předvídat chování procesu v budoucnu. Princip statistické regulace procesu vychází z členění variability na dva druhy: variabilitu vyvolanou náhodnými příčinami a příčinami vymezenými, mezi které patří poškození stroje, změna seřízení nástroje, změna materiálu apod.

Chceme-li realizovat neustálé zlepšování procesu, tak je nutné proces monitorovat s cílem alespoň částečně eliminovat vymezené příčiny.¹³

K významným nástrojům v oblasti zvyšování jakosti patří i Six Sigma, která řadu výše uvedených nástrojů využívá.

¹¹ Hindls R. - Hronová S.- Novák I. Analýza dat v manažerském rozhodování

¹² Tošenovský J. – Noskiewičová D. Statistické metody pro zlepšování jakosti

¹³ Tošenovský J. – Noskiewičová D. Statistické metody pro zlepšování jakosti

3. Filozofie a koncepce Six Sigma

Tento pojem je synonymem tzv. bezchybné jakosti a znamená optimalizaci ucelených procesů s cílem nabídnout zákazníkům optimální produkt při minimalizaci nákladů a přitom ještě trvale zvyšovat podnikový zisk. Tato strategie jakosti, pocházející z USA, získává stále větší význam i v Evropě.¹⁴ Cílem je splnit ve všech důležitých procesech veškeré požadavky zákazníků, tedy tzv. Critical to Quality Characteristics (CTQ) neboli kritické parametry kvality. Ty představují pro podnik faktory úspěšnosti na trhu.¹⁵

Six Sigma poskytuje společností způsob, jak redukovat počet chyb ve všech jejich činnostech eliminováním neshod dříve, než se objeví. Dřívější programy kontroly se zaměřovaly na detekci a nápravu obchodních, průmyslových nebo konstrukčních neshod. Six Sigma nabízí něco víc: Poskytuje specifické metody k přetvoření procesu tak, aby neshody vůbec nevznikly.

Vynálezcem konceptu Six Sigma je Bill Smith, který v roce 1986 zavedl v Motorole posuzování kvality na základě měření směrodatných odchylek proměnlivosti procesů. Koncept nového přístupu k zlepšování procesů byl ředitelem Motoroly přijat a podporován tak, že se záhy stal hlavní filozofií Motoroly.

Pojem Six Sigma má tři významy - může znamenat:

- Manažerskou filosofii, založenou na principu neustálého zlepšování, využívající procesního řízení a prosazující rozhodování na základě naměřených dat. Příkladem uplatnění takové filosofie v praxi jsou společnosti General Electric či Motorola.
- Strukturovaný a vysoce kvantitativně založený přístup ke zlepšování kvality produktů a procesů prostřednictvím týmové práce.
- Dosaženou úroveň kvality produktu nebo procesu, kdy na jeden milion příležitostí připadá maximálně 3,4 chyb (statistický ukazatel počtu vad vzhledem k miliónu možných příležitostí)¹⁶.

Pojem Six Sigma je odvozen z řeckého písmene sigma, což je rozložení hodnot nebo jejich odchylek kolem očekávané hodnoty. Za předpokladu, že každé statistické rozložení lze transformovat do normálního rozložení Gaussovy křivky, sigma popisuje standardní odchylku od očekávané střední hodnoty μ .

¹⁴ Wrana H. Six Sigma als Instrument zur nachhaltigen Steigerung des Unternehmensgewinns. Moderní řízení

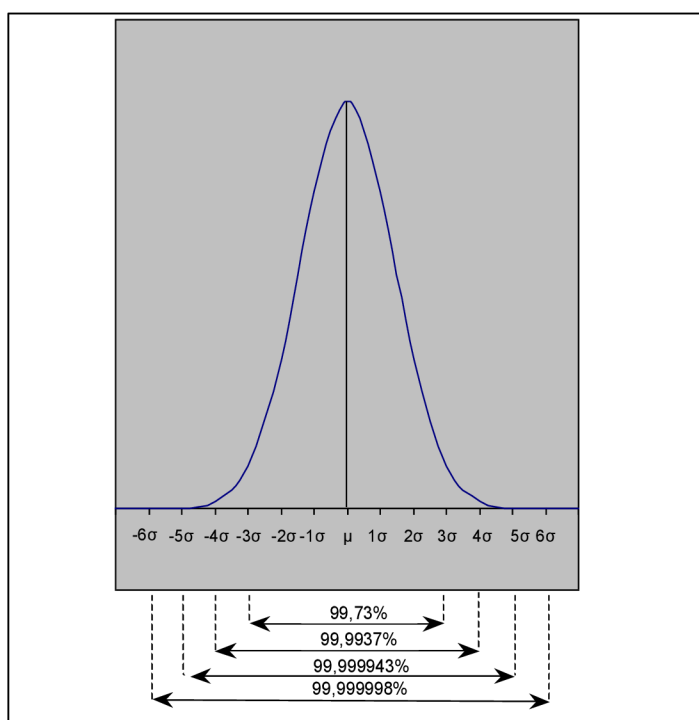
¹⁵ Töpfer A. a kol. Six Sigma koncepce a příklady pro řízení bez chyb

¹⁶ www.sixsigma-iq.cz/COJESIXSIGMA

Plochu pod Gaussovou křivkou lze rozdělit do proužků, přičemž každý proužek matematicky znázorňuje vzdálenost standardní odchylky od očekávané hodnoty, např. 68,26% naměřených hodnot se nachází v intervalu 1 sigma = standardní odchylka

Tvar Gaussovy křivky je určen dvěma charakteristikami. První, charakteristika polohy μ (střední hodnota) nám určuje polohu maximální četnosti výskytu sledované veličiny. Druhá, charakteristika variability σ (směrodatná odchylka) nám definuje „štíhlost“ této křivky.

Graf 1: Grafické znázornění Gaussovy křivky ¹⁷



Sledování odchylek pomůže managementu mnohem důkladněji porozumět skutečné výkonnosti podniku a jeho procesům.¹⁸

Jako matematicko-statistická metoda usiluje o 6σ s 3,4 neshod na milion příležitostí, což je statistický ukazatel počtu vad vzhledem k miliónu možných příležitostí potenciálního výskytu vady ve zpracování produktu či služby.¹⁹ Procentuálně vyjádřeno - 6σ odpovídá úrovni kvality ve výši 99,99966 %. Souvislost s náklady vyjadřuje následující tabulka.

¹⁷ www.bestpractices.cz/praktiky/six_sigma/six_sigma_teor_uprav.doc

¹⁸ Pande P.-Neuman R.-Cavanagh R. Zavádíme metodu Six Sigma

¹⁹ www.ewizard.cz/logistika-slovník

Tab. 2 Úroveň neshod a náklady na nízkou kvalitu²⁰

Sigma úroveň	Neshody na milion příležitostí	Náklady na nízkou kvalitu	% hodnot ležících v intervalu
2	308.537	nepřijatelné	95%
3	66.807	20 - 40% obratu	99,73%
4	6.210	15 - 20% obratu	99,9937%
5	233	5 - 10% obratu	99,99943%
6	3.4.	< 1% obratu	99,999998%

„Tradičně byl proces považován za uspokojivě způsobilý na úrovni 3σ . To znamená, že horní a dolní specifikační mez charakteristiky procesu je vzdálena 3σ od střední hodnoty. Plocha Gaussovy křivky mezi oběma specifikačními mezemi je rovna 99,73% celkové plochy a představuje podíl výrobků vyhovujícím požadavkům specifikace. Plocha mimo tyto meze je rovna 0,27% a představuje nevyhovující výrobky.

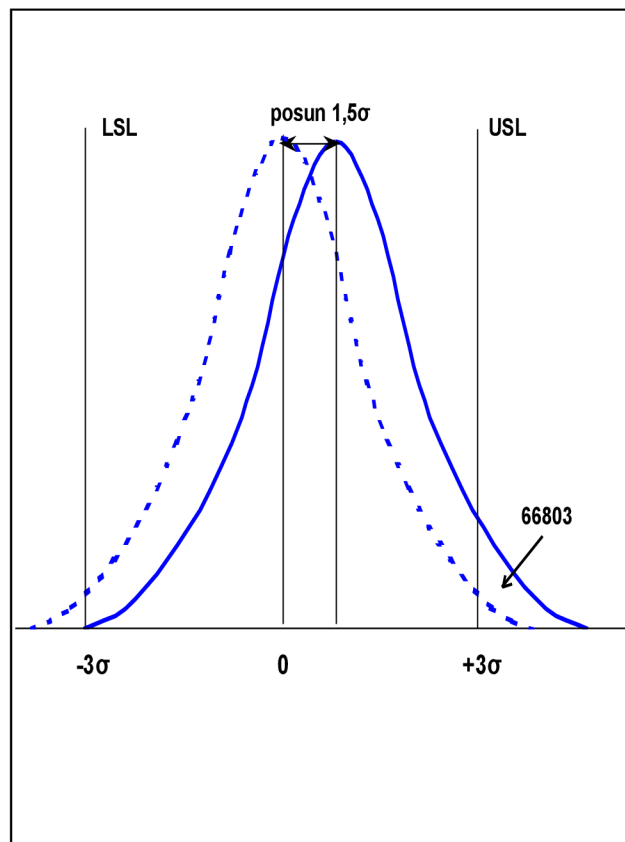
V praxi je téměř nemožné udržet dlouhodobě střední hodnotu charakteristiky procesu přesně ve středu tolerančního pole. Běžný je její posuv o $1,5\sigma$ od ideální hodnoty. Důsledkem tohoto posuvu je pak víc než 66000 vadných výrobků na milion vyrobených. Je jasné, že tradiční pohled na způsobilost procesu je již nepřijatelný.

Koncepcí firmy Motorola bylo dosáhnout takového cíle, že střední hodnota charakteristik výrobních procesů je vzdálena 6σ od obou tolerančních mezí. Pro takto způsobilý výrobní proces je podíl nevyhovujících výrobků pouze 0,002 ppm (2 neshodné výrobky na jednu miliardu vyrobených).“²¹

²⁰ Töpfer A. a kol.: Six Sigma Koncepce a příklady pro řízení bez chyb

²¹ www.bestpractices.cz/praktiky/six_sigma/six_sigma_teor_uprav.doc

Graf 2. Posun střední hodnoty o $1,5\sigma$ ²²



Projekty Six Sigma usilují o zredukování variability, přičemž výchozím bodem jsou požadavky zákazníka. Jde o to, pochopit a objasnit všechny faktory ovlivňující kvalitu, aby se daly rozpoznat a odstranit příčiny míry defektů a nákladů na jejich odstranění. Přínosy metody podle Pandeho jsou následující:

- Six Sigma zabezpečuje trvalý úspěch
- Stanovuje výkonnostní cíl
- Pozvedá význam zákazníka
- Akceleruje tempo zlepšování
- Pomáhá uskutečňovat strategické změny²³

²² www.bestpractices.cz/praktiky/six_sigma/six_sigma_teor_uprav.doc

²³ Pande P.-Neuman R.-Cavanagh R. Zavádíme metodu Six Sigma

3.1 Koncept DMAIC

Six Sigma využívá v projektech metodologii zlepšování DMAIC. Tato zkratka je složená ze slov:

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

Výše uvedená slova jsou názvy jednotlivých fází zlepšování procesů. Tyto fáze jsou vzájemně propojeny a tvoří proces. Výstupy jedné fáze jsou totiž zároveň vstupy fáze následující.

Všechny projekty Six Sigma sledují standardizovaný průběh, který je založen na klasickém Demingově²⁴ cyklu PDCA (Plan, Do, Check, Act). Z tohoto cyklu byl odvozený cyklus DMAIC.

Postup podle těchto fází přinese firmě následující výhody:

- Jasnější porozumění propojenému systému procesů a zákazníků
- Snadnější rozhodování o použití zdrojů za účelem získání nejvyššího možného zisku
- Rychlejší zkrácení délky procesů
- Systematické a přesnější prokázání zisků, ať již v penězích nebo ve spokojenosti zákazníka
- Účinnější infrastrukturu k provedení změn a efektivnímu dosahování výsledků²⁵

Cílem fáze Define je definovat projekt, jeho cíl a rozsah. Poté, co byl projekt vybrán, probíhá definice vlastních problémů na základě analyzovaných kritických požadavků zákazníka (CTQ). Problém je co možná nejpřesněji zformulován v projektovém plánu. Ten obsahuje detaily o pozadí problému a stanovení cíle, které jsou upřesněny pomocí tří kritérií – kvality, nákladů a času. V naší firmě se využívá následující formulář.

²⁴ Edwards Deming (1900-1993) – americký profesor, zabýval se zlepšováním jakosti

²⁵ Pande P.-Neuman R.-Cavanagh R. Zavádíme metodu Six Sigma

Tab.3: Project Charter firmy BOSCH

PROJECT CHARTER					
Název projektu		Oddělení			
Black Belt/Green Belt		Tel./e-mail			
Master Black Belt		Tel./e-mail			
Sponzor		Tel./e-mail			
Datum zahájení		Datum ukončení			
Popis projektu					
Formulace problému					
Proces a vlastník					
Rozsah	Start:				
	Stop:				
	Včetně:				
	Mimo:				
Cíle projektu	Metrika	Základní úroveň	Současná	Cílová	Nárok
Očekávané finanční výsledky					
Přínos pro zákazníka					
Členové týmu					
Požadovaná podpora					
Rizika a bariéry					

Zdroj: interní dokumentace firmy BOSCH DIESEL s.r.o.

Výstupem této fáze je porozumění plánovanému zlepšení a způsobu, jakým bude měřeno. Je vytvořena mapa SIPOC (Supplier-Input-Process-Output-Customer), pomocí níž zmapujeme proces. Je stanoven seznam CTQ výstupů, které jsou důležité pro zákazníka.

Fáze Measure se zaměřuje na sběr věrohodných dat. Pro měření bez chyb se přesnost měřicího systému kontroluje pomocí studie Gage R&R. Použitými nástroji mohou být Paretův diagram, regulační diagramy, matice priorit a další. Výstupem jsou základní data o současném výkonu procesu a je stanovena Sigma-hodnota jako statistický ukazatel pro dosaženou úroveň kvality.

Ve fázi Analyze máme za úkol rozpoznat příčiny jakostních problémů na základě analýzy údajů získaných z procesu v přechozí fázi. Příčiny se ověřují pomocí testování hypotéz. Je třeba stanovit závislost mezi vstupy a výstupy. K tomu se využívá řada nástrojů, jako jsou Ishikawův diagram, FMEA, Design of Experiments.

V popředí fáze Improve stojí hledání a realizace optimálních řešení resp. variant, které odstraňují hlavní příčiny problémů v procesu. Výstupem jsou ohodnocené a otestované

faktory, které by se měly odstranit. Součástí je i plán implementace nových řešení a provedení pilotních zkoušek.

Následuje poslední fáze cyklu, a to fáze Control. V této fázi jde o to, stabilizovat optimalizované procesy, tím zajistit životaschopnost zlepšení. Probíhá kontrola účinků opatření ve vztahu k lepšímu splnění požadavků zákazníka.²⁶

3.2 Proces zavádění Six Sigma

Pro úspěšné provádění projektů Six Sigma je třeba splnit celou řadu požadavků. Především jde o požadavky na návratnost investic, rozdělení rolí, standardizovaný proces, vyhodnocení výsledků a výběr vhodných projektů. Výchozím bodem pro použití vědeckých metod jsou praktické zkušenosti lidí z procesu. Podpůrným nástrojem jsou statistické metody, které nám pomohou určit, co je důležité a čím se máme dále zabývat.²⁷

Je zřejmé, že realizace této metody bude vyžadovat nejprve investici. Důležitým úkolem je určit, jaké budou náklady. Některé nejdůležitější položky rozpočtu pro zavedení Six Sigma zahrnují:

- Přímé mzdové náklady – mzdové náklady jednotlivců vyhrazených na plný pracovní úvazek
- Nepřímé mzdové náklady – čas, který věnují členové týmu na shromažďování a vyhodnocování dat
- Školení a poradenství – školení zaměstnanců v dovednostech metody Six Sigma
- Náklady na realizaci zlepšovacích návrhů – výdaje na zavedení nových procesních postupů

Rozhodující pro úspěšnou realizaci projektů je, jestli bude dosaženo potřebné míry vyškolených Six Sigma aktérů. Školení expertů, zaměřených na vyhodnocování kvality procesů a její řízení v rámci projektů, patří k nejvíce známým stránkám metody Six Sigma. Jde o pozice známé pod názvy „Black Belt“ , „Master Black Belt“ a „Green Belt“ – jde o analogii klasifikace sportovní zručnosti dle barevných pásů.²⁸

Klíčovou součástí procesu zavedení této metody je výběr týmu. Řešení Six Sigma projektu je založeno na využití týmové spolupráce. Na schopnosti vybrat a vést tým často

²⁶ Töpfer A. a kol.: Six Sigma Koncepce a příklady pro řízení bez chyb

²⁷ Töpfer A. a kol.: Six Sigma Koncepce a příklady pro řízení bez chyb

²⁸ Pande P.-Neuman R.-Cavanagh R. Zavádíme metodu Six Sigma

závisí úspěch nebo neúspěch řešeného projektu. Celá řada metod a nástrojů, které Six Sigma využívá, jsou vyloženě týmové a bez práce v týmu ztrácí jejich použití smysl. Členové týmu se vybírají podle čtyř významných kritérií:

- Specializované dovednosti a zkušenosti
- Časové vytížení
- Ochota spolupracovat
- Týmové dovednosti

Efektivita fungování týmu je silně závislá na vhodném složení týmu a vyvážení týmových rolí. Výzkumu týmových rolí se věnoval dr. Meredith Belbin, který prováděl studie chování manažerů z celého světa. Rozlišil jednotlivé týmové role manažerů, tedy určité vzorce chování, které byly základem úspěchu jednotlivých týmů. V každém týmu by měly být zastoupeny osobnosti, které vnášejí do týmu myšlenky (inovátor, vyhodnocovač, specialista), akci (usměrňovač, realizátor, kompletovač) a spolupráci (týmový pracovník, vyhledávač zdrojů, koordinátor).²⁹

Pro úspěšnou aplikaci metody Six Sigma je také velice důležité zapojení vedoucích pracovníků a získání podpory vedení podniku.

3.3 Výběr vhodných projektů

Jasná a přesná definice projektu je nezbytná pro naplánování, provedení a včasné dokončení projektu. Projekty Six Sigma jsou spojeny se strategickými cíli podniku, kterými jsou:

- ✓ Zvýšení spokojenosti zákazníka
- ✓ Zvýšení efektivity procesů

Důležitá jsou kritéria pro výběr projektu. Obvykle se vyhodnocuje následujících pět bodů pro strategické řazení Six Sigma projektů podle důležitosti:

- ✓ Dosažitelné finanční výsledky
- ✓ Pozitivní účinky u zákazníků
- ✓ Dosažitelné procesní užitky
- ✓ Požadavky na zaměstnance, týkající se především zvýšení kvalifikace
- ✓ Change Management – řízení změn v požadavcích týkajících se nutných kvalifikací, změněné postupy, jiné průběhy a organizační přeskupování.³⁰

²⁹ www.belbin.cz/index.php?location=tym_historie

³⁰ Töpfer A. a kol.: Six Sigma Koncepte a příklady pro řízení bez chyb

Obyčejně se doporučuje nezačínat s rozsáhlými a obtížnými projekty, protože s nimi nezačínal ještě nikdo předtím. Na druhou stranu by ale neměly být zpracovávány projekty, jejichž výsledky přijdou v podstatě samy.

Jako podklady pro výběr projektů slouží následující ukazatele:

Tab 4: Podklady pro výběr projektů³¹

VOB – Voice of the Bussiness	Ekonomické ukazatele, rozdíly mezi plánem a skutečností (podíl na trhu, výnosy, zisk, náklady, EVA, ROI atd.)
VOC – Voice of the Customer	Výzkumy spokojenosti zákazníků (proaktivní způsoby zjišťování VOC Stížnosti, reklamace (reaktivní způsoby zjištění VOC)
VOP – Voice of the process	Studie procesů (vady, časy), interní audity
VOE – Voice of the Employees	Výzkumy spokojenosti zaměstnanců, neformální rozhovory, anonymní schránky

Správné projekty zvyšují kvalitu a úroveň služeb z hlediska zákazníka. Snižují délku cyklu na kritické cestě u operací, které jsou úzkým místem. Důležitým kritériem správného projektu je snížení nákladů. Jako finanční výsledek Six Sigma projektu je vždy kvantifikován dosažitelný čistý přínos za 12 měsíců. Vedle úspor nákladů a účinků navýšení obratu a zisku tento výpočet zohledňuje i potřebné zdroje. Jsou to například personální náklady zaměstnanců nebo investice na úspěšné provedení projektu. Pokud má být cíle dosaženo pomocí finančních stimulů, tak jsou to opět nákladové veličiny, které musí být zahrnuty do projektového výsledku. Cílovou veličinou je vzniklé saldo.³²

Doporučení navržená projektem lze jasně vymezit a zavést, výsledky se dostávají rychle a nejsou vyžadovány vysoké investice. Správným projektem lze také dosáhnout snížení celkových zásob.

Six Sigma je postavena na známých jednoduchých metodách, jejichž účelná kombinace dosahuje větší efektivity. Jako téma projektu je vhodné vybrat oblast, ve které nejsou

³¹ školicí prezentace firmy SC&C Partner

³² Töpfer A. a kol.: Six Sigma Koncepce a příklady pro řízení bez chyb

jednoduché metody dostačující ke zlepšení procesu a dále potenciál k úspoře je větší než náklady spojené se Sigma projektem.³³

Protože Six Sigma používá řadu nástrojů, je nutné použít každý z těchto nástrojů ve správný časový okamžik a ke správnému účelu. Správný nástroj použitý ve špatnou dobu způsobuje pouze náklady a nevede k vyřešení problému.³⁴

³³ Gienke H. – Kämpf R. Handbuch Produktion, Innovatives Produktionsmanagement

³⁴ Rehbehn R.- Yurdakul Z.B. Mit Six Sigma zu Business excellence

II. Praktická část

1. Firma BOSCH DIESEL s.r.o. – základní údaje

Společnost BOSCH DIESEL s.r.o. byla založena v roce 1993 jako společný podnik německé firmy Robert Bosch GmbH Stuttgart a jihlavského strojírenského závodu Motorpal. V současnosti je největším výrobním závodem pro vstřikovací systémy Common Rail ve skupině firem Bosch. Výhodou tohoto systému je nižší spotřeba paliva a zároveň nižší emise škodlivých látek. V Jihlavě je v současné době zaměstnáno přibližně 5600 lidí. Podstatnou část výrobního programu firmy tvoří komponenty palivového vstřikovacího systému Common Rail. Své výrobky firma dodává předním celosvětovým výrobcům automobilů a musí proto splňovat nejnáročnější kritéria kvality.

Koncern BOSCH je firma působící ve všech částech světa a je tvořen několika divizemi – skládá se z divize automobilové techniky, průmyslových technologií a z divize spotřebního zboží a techniky budov.

Oblasti podnikání firmy Robert Bosch GmbH Stuttgart ukazuje následující tabulka.

Tab. 5: Oblasti podnikání firmy BOSCH³⁵

Vybavení automobilů	CS-ABS+brzdy
	GS-Benzinové motory
	BE-Vybavení karoserií
	DS-Diesellové vstřikovací systémy
	CM-Přenosné komunikační systémy
	AE-Polovodiče a elektronická zařízení
	AA-Odbyt, služby zákazníkům, kontrola
Komunikační technika	BN-Komunikační systémy
	ST-Zabezpečovací systémy
Spotřební zboží	EW- Elektrické přístroje
	TT-Termoregulační zařízení
	Přístroje pro domácnost
Výroba strojů	AT-Automatizační technika
	VT-Balící stroje CVM

Závod v Jihlavě spadá do divize automobilové techniky, odvětví diesellové systémy.

³⁵ interní dokumentace firmy BOSCH Diesel s.r.o.

Firma vyšla z malé dílny pro „jemnou mechaniku a elektrotechniku“, založené Robertem Boschem (1861-1942) ve Stuttgartu v roce 1886 a která se brzo specializovala na zapalovací zařízení pro motory všeho druhu. Mezinárodní orientace firmy Bosch začala již na konci 19.století, tehdy vznikla první zahraniční zastoupení firmy v Londýně a Paříži. Dnes zahrnuje skupina Bosch 280 dceřinných společností. Z nich se zhruba 250 nachází na území Německa a skupina Bosch je dnes zastoupena ve více než 50 zemích světa. Z 264 závodů skupiny se 206 nachází mimo území Německa.

Aby Bosch zůstal na technologické špičce světa, investuje vysoké částky do výzkumu a vývoje. Technologické kompetence firmy se ukazují ve vysokém počtu přihlášených patentů – firma Bosch vykazuje více než 2800 patentů.

Výroba v Jihlavě probíhá na třech místech. Na závodě I na Humpolecké ulici se provádí opravy rotačních čerpadel VE, radiálních čerpadel VP44 a vstřikovacích jednotek pro nákladní a stavební stroje. Pokud výše uvedené systémy přestanou svými parametry technicky splňovat požadavky pro provoz v naftových motorech, jsou předány do Jihlavy k celkové opravě. Zde je provedena úplná demontáž na jednotlivé součástky, které jsou zkontrolovány a případně nahrazeny novými díly. Čerpadla jsou opět sestavena a seřizena pro opětovné použití na motorech.

Závod II je zaměřen na výrobu svařovaného railu. Rail je další součástí systému Common Rail. Jedná se o zásobník, kam proudí palivo z čerpadla pod tlakem a z kterého je rozváděno k jednotlivým vstřikovacím jednotkám. Dále se zde vyrábí tlakový regulační ventil. Tento ventil reguluje tlak paliva mezi čerpadlem a motorem.

Největší výroba je soustředěna na závodě III, kde se vyrábí hlavní komponenty systému Common Rail, kterými jsou vysokotlaké čerpadlo CP1H, CP3 a CP4. Vysokotlaké čerpadlo zajišťuje plnění railu dostatečným množstvím paliva při požadovaném tlaku, který je 1350 až 1600 bar. Výhody systému Common Rail proti konvenčním systémům jsou nízká spotřeba paliva, tišší chod motoru, nižší emise, širší spektrum užití jak u osobních, tak i u nákladních automobilů.

Pro zajištění kvality svých výrobků uplatňuje firma principy BPS (Bosch Production System), což je prakticky metoda Lean, upravená pro potřeby firmy Bosch. V roce 2005 začala firma aplikovat i metodologii Six Sigma.

2. Oblast aplikace metody Six Sigma, analýza výchozího stavu

Dostala jsem příležitost aplikovat metodu Six Sigma, a to na závodě I, kde jsou soustředěny sériové opravy rotačních vstřikovacích čerpadel. Můj projekt byl zaměřen na oblast čerpadel VE (Verteiler Einspritzpumpe). Výroba těchto čerpadel již neběží v sérii, dochází pouze ke kusové výrobě nových čerpadel, převážná část je opravována. Na úvod krátce popíši proces, jak tyto opravy probíhají. Jedná se o program Bosch Exchange. Tento výměnný program nabízí spotřebitelům repasované náhradní díly se stejnou zárukou jako u nových dílů. Výhodou je nižší cena a příspěvek k ochraně životního prostředí.

Nefunkční čerpadla jsou z celého světa soustředěna do závodu v Göttingenu v Německu. Zde jsou čerpadla roztríděna, neopravitelné kusy jsou vyšrotovány a zbytek se posílá do Jihlavy. Po zaskladnění si pracovníci objednávají potřebná čerpadla do výroby. Ta probíhá v několika fázích:

- 1) demontáž – čerpadlo je rozebráno, je posouzena kvalita a funkčnost jednotlivých dílů podle hraničních vzorků
- 2) příprava – pracovníci připraví kompletní sadu dílců dle plánu výroby s využitím demontovaných i nových dílců
- 3) montáž – probíhá na montážní lince
- 4) seřízení – čerpadlo je seřízeno na stanici pro následné použití

Jsou zde opravovány dva typy čerpadel:

Dodávky čerpadel jsou realizovány ve dvou oblastech:

- IAM – Independent Aftermarket, jedná se o dodávky do centrálního skladu Bosch v Karlsruhe, odkud jsou čerpadla dle požadavků zákazníků distribuována buď do maloobchodní sítě, servisů nebo přímo spotřebitelům.
- OES – Original Equipment Servis, v tomto případě si čerpadla objednávají značkové servisy Bosch nebo přímo jednotliví výrobci automobilů do svých servisů.

Hodnocení od zákazníka firma dostává na konci každého měsíce. Cíl je stanoven na začátku kalendářního roku a obvykle se pohybuje kolem 95%. Tato hodnota je vypočtena jako podíl počtu včasných dodávek (splněn termín a množství) a počtu všech dodávek v aktuálním měsíci. Měřítkem pro včasnou dodávku je doručení zboží do skladu zákazníka ne dříve než 5 dní před termínem uvedeným v objednávce a ne později než v termín uvedený v objednávce. Tyto objednávky probíhají pomocí přenosů v podnikovém systému SAP.

Projekt Six Sigma byl směřován do oblasti dodávek rotačních čerpadel pro OES. Toto rozhodnutí mělo několik důvodů:

- Nepřehledný proces (různě dlouhá průběžná doba, problémy se vstupním materiálem)
- Zpožděné dodávky k zákazníkovi
- Vysoké náklady na opravu čerpadla
- Trvale nejhorší plnění dodávek na závodě I

Na počátku projektu jsem se zabývala aktuálním stavem. Protože pracuji na pozici plánovačka výroby a jsem zodpovědná za včasné plnění dodávek, zajímala mě především situace v tomto bodě. Zjistila jsem, že dlouhodobě není dosahováno cíle, jak ukazuje následující tabulka.

Tab. 6: Vyhodnocení plnění dodávek v OES

		07/07	08/07	09/07	10/07	11/07	12/07	01/08	02/08
VE	ost.zák.								
VE-VW	VW								
průměr									

Pramen: autorka

S těmito hodnotami úzce souvisí množství nedodaných čerpadel, které se vyhodnocuje týdně, počítá se počet kusů, které nebyly dodány v termínu, který požaduje zákazník, a hodnota v EUR. Protože toho vyhodnocování je poměrně obsáhlé, uvádím pouze výčet za měsíce leden a únor 2008.

Tab: 7: Vyhodnocení počtu a hodnoty nedodaných čerpadel

Leden 2008	počet nesplněných pozic	hodnota v EUR
týden 1		
týden 2		
týden 3		
týden 4		
Únor 2008		
týden 1		
týden 2		
týden 3		
týden 4		

Pramen: autorka

Z výše uvedené tabulky je patrné, že firma by mohla dosáhnout vyššího obratu, pokud by byla všechna čerpadla dodána ve stanovených termínech.

3. Fáze Define

Součástí fáze Define je definování projektu, vyjádření problému, výběr týmu a zmapování procesu pomocí diagramu SIPOC.

Projekt byl tedy definován jako „Zlepšení plnění dodávek v oblasti VE čerpadel“. Problém byl popsán výše. Cílem projektu bylo dosáhnout hodnocení zákazníkem 90%, zkrátit průběžnou dobu čerpadel ve výrobě a snížit hodnotu počtu zpožděných dodávek o 30%. Délka projektu byla plánována na 3 – 4 měsíce. Tyto cíle vychází ze strategických cílů podniku, kterými jsou zvýšení spokojenosti zákazníka a současně zvýšení efektivity procesů.

Jak už bylo také uvedeno, klíčové pro úspěšný Six Sigma projekt je výběr týmu. Protože je tato metoda založena nejen na statistickém měření, ale také na zkušenostech pracovníků, vybírala jsem do svého týmu spolupracovníky, kteří mají velký přehled o výrobě čerpadel. Jedná se o technology a mistry, kteří ve firmě pracují již několik let. Dále jsem zvolila do týmu zástupce oddělení controllingu, aby mi pomohl vyčíslit eventuelní náklady, které by mohly vzniknout v souvislosti se zaváděnými opatřeními.

Při budování týmu jsem narazila na problém, a to byla neochota lidí spolupracovat a měnit procesy, které podle jejich názoru fungují. Také nebyli přesvědčeni o tom, že projekt firmě něco přinese. Dále bylo pro mě velice těžké v praxi vybrat zástupce všech rolí, kteří by podle teorie měli v týmu být. Neznám všechny spolupracovníky natolik dobře, abych mohla posoudit jejich aspiraci na danou roli. Proto myslím, že se složení týmu nepodařilo podle teoretických požadavků.

Každý projekt musí mít definovanou metriku – jednu primární a jednu kontrolní. Je to měření užívané pro vyhodnocování výkonu procesu. Musí být v souladu se stanovením problému, používají se ke sledování pokroku na cestě k dosažení cílů projektu. Kontrolní metrika se uplatňuje z důvodu případných nežádoucích změn procesu. Použila jsem jako primární metriku procenta, která vyjadřují plnění dodávek. Jako kontrolní metriku jsem zvolila sledování počtu nedodaných kusů v EUR.

Součástí fáze Define je zmapování procesu pomocí diagramu SIPOC. Účelem diagramu je ohraničit proces, kterým se budu zabývat, zachytit základní informace, které jsou důležité pro vyřešení projektu a identifikovat hlavní procesní kroky, výstupy z procesu, zákazníky, vstupy do procesu a dodavatele. Diagram SIPOC jsem tvořila tak, že jsem rozložila proces na požadovanou úroveň, vytvořila seznam vstupů a výstupů. Výsledkem byl následující diagram.

Tab. 8: Diagram SIPOC

Dodavatelé	Vstupy	Proces	Výstupy	Zákazník
Dodavatelé materiálu	Materiál Práce	Plánování výroby	Čerpadlo	Zákazník AA: Oblast IAM Oblast OES
Zaměstnanci	Výrobní zařízení Pracovní postupy		Peníze Vystavené faktury	
Dodavatelé energií	Údržba Energie			

Pramen: autorka

Proces, který jsem analyzovala, je ohraničen na jedné straně zaskladněním nefunkčních čerpadel ve skladu, výstupem z procesu jsou zabalená čerpadla, připravená na odeslání do Karlsruhe.

Jako další krok jsem ve spolupráci s týmem sestavila mapu procesu (VSM = Value Stream Map).

Bylo zjištěno, že odhlašování čerpadel nesouhlasí s naplánovaným počtem čerpadel ve výrobě, proces neodpovídá standardním pravidlům, podle kterých se výrobek odhlašuje po montáži. Podle sdělení pracovníků z výroby neprobíhalo odhlašování čerpadel pravidelně a systematicky, v návaznosti na výrobu. S tímto problémem souvisely i chyby týkající se spotřeby materiálu. Nebylo také možné pouze ze systému zjistit, v jaké fázi výroby se čerpadlo nachází. To je důležité pro včasné a rychlé informování zákazníka. Z těchto důvodů byla provedena **další opatření ke zpřehlednění výroby:**

- **Odhlašování čerpadel v systému po každé směně**
- **Denní sledování smontovaných čerpadel**
- **Denní hlášení seřízených a dokončených čerpadel**
- **Odepisování materiálu do příslušných zakázek**

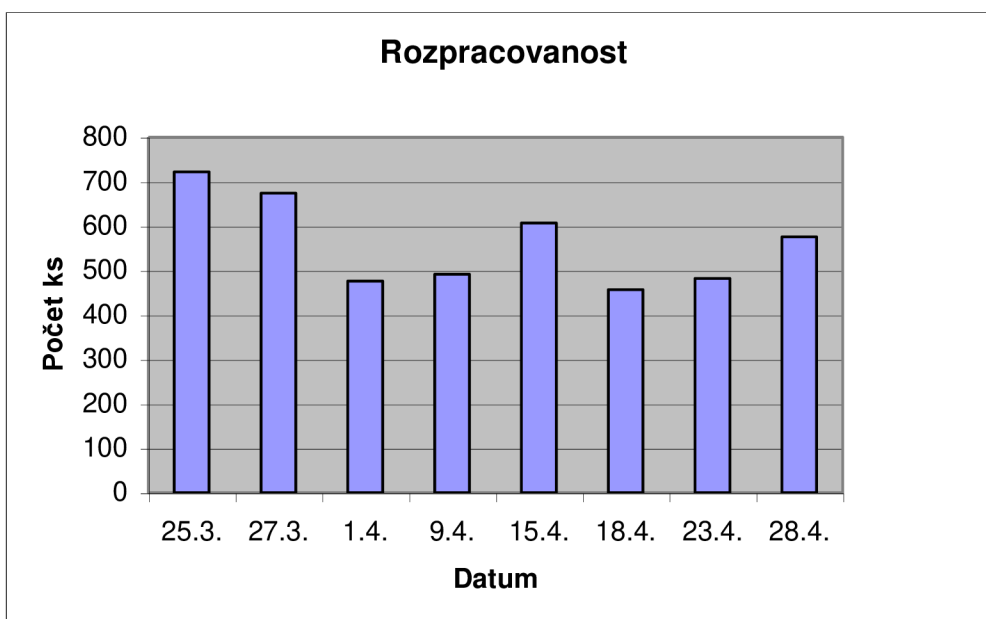
Tato opatření byla efektivní i pro snížení rozpracovanosti (viz kapitola 4).

Aby mohli příslušní odpovědní pracovníci ve výrobě provádět odepisování materiálu do zakázek, nechala jsem zřídit oprávnění do odpovídající transakce v podnikovém informačním systému. Tím se zamezilo chybám v reálné spotřebě materiálu a odstranily se cenové odchylky u jednotlivých zakázek.

4. Fáze Measure

Cílem fáze Measure je zaměřit se na sběr informací o současné situaci. Jak už bylo výše uvedeno, identifikovala jsem úzké místo ve výrobě, které prodlužuje průběžnou dobu. Toto místo je fáze výroby po montáži čerpadel, kde byla zjištěna velká rozpracovanost. Zajímalo mě, jestli se jedná o náhodný stav nebo má tento problém dlouhodobý charakter. Proto jsem přibližně měsíc sledovala stav čerpadel nacházejících se na výrobní hale. Jak je vidět z tabulky, situace se zlepšila, ale nicméně počet kusů činil průměrně 560 čerpadel.

Graf 4: Sledování počtu ks ve výrobě



Pramen: autorka

Sestavila jsem seznam čerpadel a pracovníci z výroby mě informovali o důvodech, proč je konkrétní výrobek nedokončen.

Tab. 10: Příčiny nedokončených výrobků

Materiál	Celkem	

Pramen: autorka ve spolupráci s pracovníky výroby

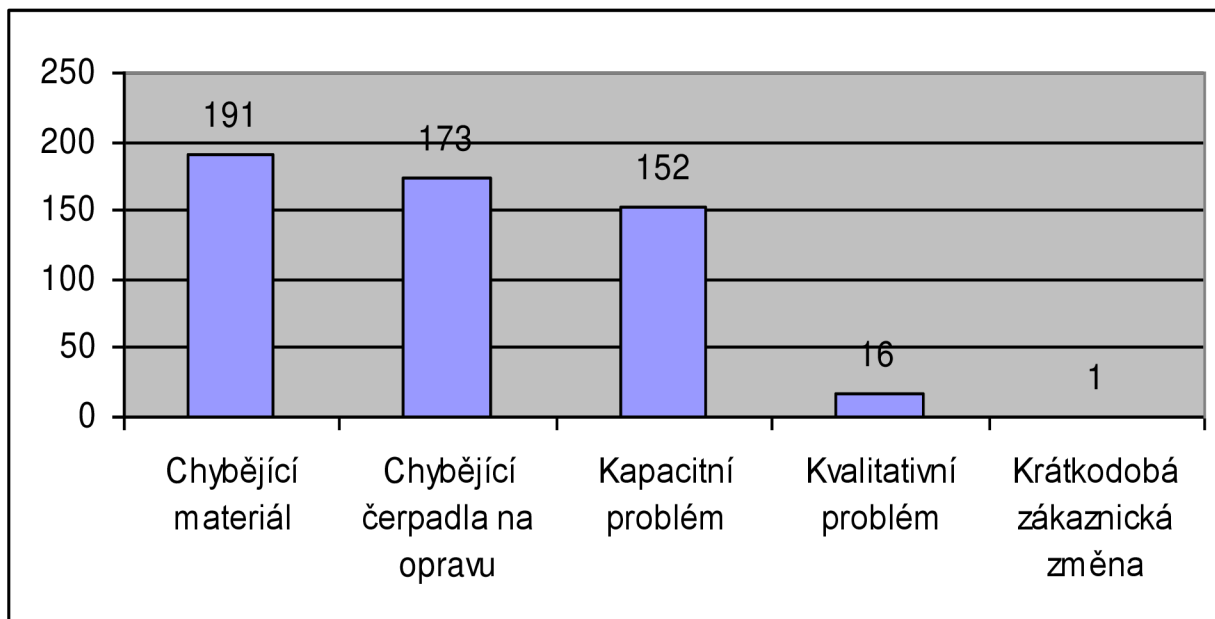
Ve spolupráci s týmem jsme stanovili dílčí cíl, a to snížit rozpracovanost. Aby bylo možné analyzovat proces, musí být provedena identifikace měřených parametrů na vstupu, v procesu i na výstupu. Sledovala jsem parametry, o kterých jsem byla přesvědčena, že ovlivňují výstup z procesu, tzn. včasné dodání na zákazníka.

Vstupní proměnné:

- Materiál dle kusovníku
- Kvalita materiálu
- Dodržování dodací lhůty zákazníkem
- Disponibilita čerpadel pro demontáž

Z dlouhodobého sledování důvodů zpožděných pozic, které vedeme na našem oddělení, jsem provedla Pareto analýzu, ze které vyplývá, které příčiny byly nejčastějším důvodem zpožděných dodávek.

Graf 5: Pareto analýza zpožděných dodávek



Pramen: autorka

Provedení výše uvedených analýz mi pomohlo orientovat se správným směrem a nezabývat se nepodstatnými příčinami. Tímto postupem jsem zúžila počet vstupních proměnných a zaměřila se na ty, které způsobují největší počet neshod.

5. Fáze Analyze

V tomto okamžiku jsme došli do fáze, kdy bylo nutné uspořádat příčiny, které byly zjištěny v předchozí etapě. K tomuto kroku jsem využila diagram příčin a následků, v týmu jsme provedli brainstorming a tím jsme získali následující schéma.

Schéma 3: Ishikawův diagram

Pramen: autorka

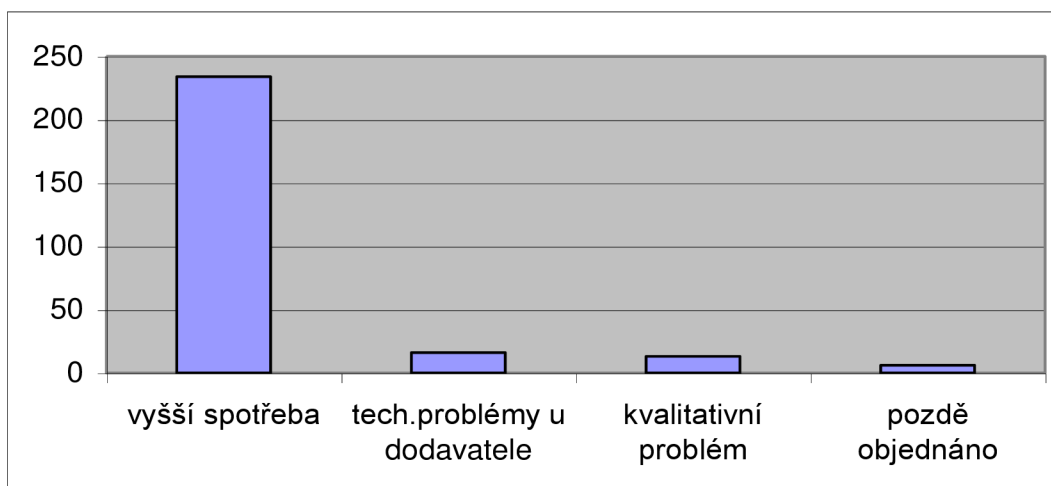
Bylo definováno pět oblastí, ve kterých se soustředí nejvýznamnější příčiny defektů našeho procesu. Jsou jimi: stroje, personál, plánování, proces a materiál.

Rozhodla jsem se dále pracovat s vyznačenými příčinami, a to z důvodu možnosti jejich ovlivnění ze strany mé nebo firmy. I další uvedené příčiny nejsou zanedbatelné, například nedostatek Altware (= čerpadel na opravu) je velmi významný, bohužel proces nefunguje tak, že bychom mohli množství dodaných čerpadel ovlivnit. Dále stojí za zmínku dlouhé dodací lhůty dodavatelů materiálu. Je to velký problém z toho důvodu, že tato výroba není sériová, často se vyrábí i jeden kus a je velice obtížné poptat na výrobu právě jednoho kusu materiál. Na dodávky materiálu se čeká v průměru 8 až 10 týdnů. Ani tuto skutečnost ovšem nemohu ovlivnit, proto jsem ji při dalším postupu nebrala v úvahu. Zaměřila jsem se ale na to, abych ve všech případech, které jsou způsobeny těmito vlivy, **informovala zákazníka včas o zpoždění termínu dodávky.**

Toto proaktivní jednání zákazník uvítal. V mnoha případech se podařilo dosáhnout odsunutí termínu do budoucna, takže nedošlo k negativnímu hodnocení. V situaci, kdy zákazník nedodrží domluvenou dodací dobu (8 týdnů) a objednává krátkodobě, na což jsme nebyli schopni vždy flexibilně zareagovat, jsem se snažila vyjednat akceptovatelný termín dodání pro obě strany.

Dalším krokem v této fázi bylo analyzovat, proč materiál chybí. Pro stanovení důvodu jsem opět provedla Pareto analýzu. Údaje pro provedení jsem získala z firemního systému .

Graf 5: Příčiny chybějícího materiálu



Pramen: autorka

Ve více než 200 případech byla zjištěna odchylka skutečné spotřeby a spotřeby nastavené v systému. Společně s týmem jsme se rozhodli, že se dále budeme zabývat právě touto vyšší spotřebou materiálu. Materiál může chybět např. i kvůli chybě logistiky, pokud je pozdě zpracována objednávka od zákazníka a díly nejsou včas objednány. Nastávají i případy, že díly od externích dodavatelů neprojdou vstupní kvalitativní kontrolou, jsou zablokovány a reklamovány. Procento těchto případů není významné, proto jsem se jejich analýzou nezabývala.

Rozhodla jsem se postupovat tímto způsobem – nejdříve jsem zjistila, které dílce nejčastěji chybí. Vycházela jsem z evidence pracovníků ve výrobě, kteří sledují počet dílců, odepsaných do jednotlivých zakázek.

Tab. 12 Analýza spotřeby materiálu³⁶

TTNr.	Počet dílců	Počet čerp.	Spotřeba v %	Spotřeba podle kusovníku
0 281 x				
0 281 x				
0 281 x				
0 281 x				
0 281 x				
0 281 x				
0 281 x				
0 281 x				
0 281 x				

³⁶ Čísla dílců nejsou na přání firmy uváděna kompletní

TTNr.	Počet dílců	Počet čerp.	Spotřeba v %	Spotřeba podle kusovníku
2 467 x				
2 467 x				
2 467 x				
2 467 x				
2 467 x				
2 467 x				
2 467 x				
2 467 x				
2 467 x				
2 467 x				
2 467 x				
2 467 x				
2 467 x				
2 467 x				

Pramen: autorka

Je vidět, že ve většině případů je hodnota, nastavená v SAPu překročena. To má negativní dopad nejen na objednávání dílců, které jsou objednávány přesně podle této kvóty a je jich potom nedostatek, ale větší spotřeba se promítne i do ceny čerpadla.

V této fázi projektu jsem identifikovala kořenovou příčinu zpožděných dodávek, a to překračování v systému nastavené spotřeby materiálu. Ukázalo se, že všechny ostatní problémy nejsou tak významné, jak jsme si před zahájením projektu mysleli.

6. Fáze Improve

Po celou dobu průběhu projektu jsem sledovala, jak se vyvíjí parametry, které bylo naším cílem zlepšit. Vyhodnocení jsem prováděla vždy na konci měsíce. Po zavedení výše popsaných opatření se sledované ukazatele změnily takto.

Tab. 13: Vyhodnocení plnění dodávek

		leden	únor	březen	duben
VE	ost.zák.				
VE-VW	VW				
průměr					
Zpoždění v EUR					

Pramen: autorka

Fáze Improve má za cíl návrhy a implementace nových řešení. V souvislosti s chybějícími dílci jsme v této fázi ve spolupráci s ostatními členy týmu navrhli **dlouhodobé sledování výpadku dílců při demontáži**. Byl navržen formulář, který obdrželi všichni pracovníci na demontáži a bylo jejich úkolem zapisovat počet demontovaných čerpadel, typ čerpadla a počet vyřazených kusů u definovaných dílců. Účelem byla analýza příčin poškození definovaných dílců a zjištění, které vlivy působí na to, že Altware není možné znovu použít.

Definovala jsem díly, jejichž cena tvoří podstatnou část ceny čerpadla a proto je jejich dodatečné pořízení nákladné.

Sledované dílce:

Společně s technologem jsem definovali několik příčin vyřazování dílců, jako např, koroze magnetického ventilu, velká vůle vrtání skříně čerpadla, poškozená příruba skříně, mechanické poškození regulačního členu apod.

Tato analýza byla prováděna za účelem vyhodnocení vlivu jednotlivých pracovníků, respektive směn. Chtěla jsem zjistit, jestli při noční směně není výpadek dílců vyšší než při denní směně. Dále bylo důležité zjistit eventuální sezónní vliv, proto jsme předpokládali

minimálně roční trvání tohoto sledování. Altware může vykazovat i mechanické poškození, ke kterému může dojít během třídění v závodu v Göttingenu nebo během přepravy.

Pracovníci zapisovali zjištěná data do tabulek, ze kterých technolog na konci každého měsíce provedl grafické vyhodnocení, toto vyhodnocení je velmi rozsáhlé, jako ukázkou uvádím pouze dva příklady.

Graf 6: Analýza poškození materiálu

Pramen: technolog oddělení VE

Po šesti měsících sběru dat jsem zadala tato data do statistického softwaru, abychom získali přesné výsledky. Po diskusi s kolegy z oddělení kvality jsme vyloučili sledování vlivu pracovníků, a to z důvodu, že jednotliví pracovníci demontují různé typy čerpadel, které přichází v odlišném stavu, a i jeden typ může být jednou v dobrém stavu a jindy v horším, což pracovník nemůže nijak ovlivnit.

Abychom zjistili tento vliv, musela by se provést studie Gage R&R (studie opakovatelnosti a reprodukovatelnosti), přičemž by se zaměstnancům dalo altware, u kterého bychom dopředu věděli, na jaké příčiny mají dílce vyřadit. V praxi je tato studie těžko proveditelná.

V systému byl proveden srovnávací test, porovnávali jsme měsíce duben a červenec, jestli je tam statisticky významný rozdíl ve výpadku dílců na korozi a mechanické poškození. U všech dílců vyšel rozdíl v porovnávaných měsících, pouze u koroze úhloměrného kříže není tento rozdíl statisticky významný. V dubnu se tedy vyřazovalo více dílců, jak na korozi, tak na mechanické poškození, než v červenci. To může ukazovat na vliv počasí. Například u magnetů se v dubnu muselo vyhodit 58% dílců, zatímco v červenci pouze 13%.

Graf 7: Statistické vyhodnocení poškození Altware

Pramen: statistický software Minitab

Dalším navrženým opatřením, které by mělo vést ke zlepšení procesu spotřeby materiálu, byla pravidelná schůzka oddělení logistiky, výroby a oddělení správy kmenových dat. Toto oddělení má oprávnění zadávat a měnit data v kusovnících. Účelem by mělo být přizpůsobení dat v systému reálným potřebám dílny, to znamená pokud dochází dlouhodobě k překračování nastavené kvóty u určitých dílců, je nutné zvýšit procentuální podíl v kusovníku. Musí to platit i naopak – u některých materiálů se může podíl demontovaných částí zvyšovat. Pokud se neupraví kusovník, tak by potom systém generoval další požadavky na objednání, docházelo by ke zbytečnému objednávání nových dílců a zvyšoval by se stav na skladě. Proto je nutné procentuální podíl nových komponent v systému snížit.

Schůzku jsem navrhla proto, že jsem chtěla předejít neefektivnímu navyšování skladových zásob materiálu, které se negativně projevuje v plnění strategických cílů podniku.

7. Fáze Control

Fáze Control předpokládá standardizaci zavedených opatření. Rozhodla jsem se pravidelně po půl roce aktualizovat mapu procesu, abych měla pod kontrolou rozpracovanost a průběh procesu. **Zavedli jsme standardizovaný postup pro odhlašování čerpadel v systému a evidenci počtu smontovaných kusů** v tabulkách, které jsou uloženy na společném disku. Pracovníci ve výrobě byli o těchto postupech proškoleni a je pravidelně prováděna kontrola dodržování postupů.

Toto opatření vedlo ke zpřehlednění a systematizaci procesu výroby čerpadel. Získala jsem kontrolu nad tím, kolik čerpadel se nachází v procesu, jaká je aktuální rozpracovanost. Tím bylo umožněno flexibilnější informování zákazníka o plnění dodávek a zvýšena jeho spokojenost.

Další důležitou analýzou je dlouhodobé sledování výpadku dílců při demontáži. Tyto informace pomáhají při vyhodnocování jednotlivých vlivů. Do budoucna se plánuje i zahájení jednání se závodem v Göttingenu ohledně fyzické manipulace s čerpadly, aby se předešlo mechanickému poškození.

Opatření byla zavedena s podporou mých nadřízených i vedení závodu. Aby se stav, kterého jsme dosáhli, opět nezhoršil, zabezpečila jsem pravidelné sledování i po skončení projektu. Přes počáteční neochotu týmu se podařila všechna opatření implementovat a ukázalo se, že jejich zavedení a dodržování vedlo k úspěchu.

8. Zhodnocení projektu

Projekt Six Sigma zaměřený na zlepšení plnění dodávek byl úspěšně ukončen v měsíci květnu 2008. Cíl, jenž byl definován na počátku projektu – dosáhnout plnění dodávek v oblasti rotačních čerpadel 90% - byl splněn. V souvislosti s dobrými výsledky byl následně navýšen na 96%, tohoto cíle bylo dosaženo v červenci 2008.

Rekapitulace opatření ve výrobě a v logistice:

- Odhlašování čerpadel v systému po každé směně – výsledkem byl přehlednější tok materiálu, odhlašování materiálu do příslušných zakázek, plynulý informační tok
- Denní hlášení smontovaných čerpadel – přehled o využití montážní linky
- Denní hlášení seřízených a dokončených čerpadel – podklad pro informování zákazníka o termínu dodání
- Zřízení oprávnění v systému SAP pro dílenské pracovníky na dodatečné odhlašování materiálu – dosáhli jsme tím odepisování chybějícího materiálu do správné zakázky a vyvarovali se tím odchylek v cenách jednotlivých čerpadel
- Plánování dle kapacity stanic – zabránilo se hromadění čerpadel před stanicemi, zkrátila se průběžná doba výroby
- Plánování s ohledem na přeseřizování stanic – přispělo ke snížení rozpracovanosti
- Proaktivní jednání ze zákazníkem – dohoda o odsunutí požadovaného termínu dodání
- Evidence spotřeby materiálu u typů EDC – slouží k cenové analýze, vyhodnocení úsporového potenciálu
- Flexibilní změna kmenových dat v kusovníku čerpadla – odráží skutečný stav spotřeby materiálu, nedochází k cenovým a skladovým odchylkám
- Sledování výpadku dílců z Altware – podklad pro analýzu stavu nefunkčních čerpadel
- Proaktivní informování zákazníka o termínech plnění

Ekonomické zhodnocení projektu není jednoznačné, nedá se přímo vyčíslit úspora, kterou by každý Six Sigma projekt měl firmě přinést. Mohu pouze konstatovat snížení počtu nedodaných kusů. Další vývoj sledovaných ukazatelů ilustruje tato tabulka.

Tab. 14: Vyhodnocení plnění dodávek

		05/08	06/08	07/08	08/08
VE	ost.zák.				
VE-VW	VW				
průměr					
hodnota zpož.čerp.					

Pramen: autorka

Významným a pozitivně hodnoceným výsledkem byl pokles zásob. Pokles rozpracovanosti při srovnatelném objemu výroby znamenal snížení operativních zásob.

Těžko vyčíslitelnou hodnotu má zlepšení procentuálního hodnocení plnění dodávek, které se zvýšilo. Díky tomuto zlepšení je v současné době závod v Jihlavě jedním z nejlépe hodnocených závodů v rámci divize dieselových systémů.

Samozřejmě byly s tímto projektem spojeny i určité náklady. Nejvýznamnější položkou byly náklady na školení, které bylo realizováno externí specializovanou firmou. Jiné investice v souvislosti s projektem nebyly plánovány, veškerá opatření se provedla v rámci pracovní doby. Je vidět, že přínos několikanásobně překračuje vložené prostředky.

Jak už jsem uvedla, projekt měl ve svém průběhu velkou podporu ze strany vedení oddělení logistiky. Výsledky byly pozitivně přijaty i ekonomickým ředitelem firmy a díky tomuto projektu mi byl udělen certifikát Green Belt.

III. Závěr

V bakalářské práci jsem se zabývala analýzou zavádění metodologie Six Sigma v podniku BOSCH DIESEL s.r.o. Cílem práce bylo popsat jednotlivé kroky projektu na zlepšení plnění dodávek rotačních čerpadel VE a ekonomicky zhodnotit přínos projektu.

Jádro teoretické části tvoří kapitoly věnované filozofii a koncepci Six Sigma, procesu zavádění, výběru správných projektů a konceptu DMAIC. Podniky jsou v současné době díky konkurenčnímu tlaku nuceny věnovat se procesům neustálého zlepšování, proto jsem se věnovala i objasnění štíhlé výroby, známé pod pojmen Lean. Právě tento princip je pro podniky výhodné kombinovat s metodologií Six Sigma pro prokazatelná zlepšení firemních procesů.

Praktickou část jsem rozdělila na kapitoly podle jednotlivých fází cyklu DMAIC. Problémem, kterým jsem se zabývala, byly zpožděné dodávky k zákazníkovi a určení příčin tohoto stavu. Již během jednotlivých fází projektu byla realizována opatření na zlepšení procesu výroby čerpadel. Ukázalo se, že zavedení výše popsaných opatření, zejména pravidelná úprava kusovníků, nebylo pro firmu nákladné, zato vysoce efektivní. Na počátku se ukazatel plnění dodávek pohyboval na úrovni 73%, po ukončení projektu se dostal na hodnotu 96%. Toto zlepšení se pozitivně projevilo na spokojenosti zákazníka. Dalším významným bodem bylo snížení hodnoty včas nedodaných čerpadel. V procentuálním vyjádření se jedná o zlepšení o 27%.

Tím, že jsem začala situaci ve výrobě monitorovat, došlo k eliminaci chyb, které zapříčinily nesrovnalosti v reálné spotřebě materiálu. Pracovníci na středisku VE byli více pod kontrolou a zřízením oprávnění v podnikovém informačním systému jsme nastavili pravidla pro standardní fungování informačního toku. Dokázali jsme identifikovat úzké místo procesu, zkrátit průběžnou dobu výroby a zjistit hlavní příčinu problému – chybějící materiál z důvodu špatně nastavených dat v systému.

Aplikací nástrojů Six Sigma, zlepšením obrazu firmy v očích zákazníka a zlepšením sledovaných ukazatelů se cíl práce podařilo naplnit. Překážkou byla v počáteční fázi neochota některých členů týmu spolupracovat a podílet se na návrzích a postupech, které by vedly ke stanovenému cíli. Díky tomu, že se poměrně brzy dostavily dobré výsledky, podařilo se tuto překážku překonat.

Strukturovaný postup podle jednotlivých fází cyklu, podpora nadřízených, týmová práce – to vše přispělo k tomu, že principy Six Sigma se podařilo úspěšně implementovat do praxe. Ukázalo se, že pomocí této metodologie se dá řídit i proces plánování výroby. I přesto, že opravy rotačních čerpadel je poměrně složitá oblast, ať už z důvodu velmi širokého spektra výrobků nebo z důvodu výroby malých sérií, podařilo se proces zmapovat, najít kořenovou příčinu problému, tuto příčinu eliminovat a splnit tak stanovený cíl.

IV. Seznam použité literatury

GIENKE H. – KÄMPF R. Handbuch Produktion, Innovatives Produktionsmanagement: Organisation, Konzepte, Controlling, vyd. Hanser Verlag, 2007. 1230 str. ISBN 3446410252

GEORGE M. – ROWLANDS D. – KASTLE B. Co je Lean Six Sigma. Vyd. V licenci McGraw-Hill, New York, vydala spol SC&C Partner s.r.o. Brno 2005. 94 str. ISBN 80-239-5172-6

HINDLS R. - HRONOVÁ S.- NOVÁK I. Analýza dat v manažerském rozhodování, 1. vyd. Grada Publishing Praha 1999. 360 str. ISBN 80-7169-255-7

KOŠTIURIAK J. Neviditelné prvky systému Toyota. Časopis Moderní řízení. Měsíčník HN. Číslo 10 říjen 2008 vyd. Economica. ISSN 0026-8720

PANDE P.S.- NEUMANN R.P.- CAVANAGH R.R.: Zavádíme metodu Six Sigma aneb jakým způsobem dosahují renomované světové společnosti špičkové výkonnosti. Vyd.TwinsCom s.r.o. Brno, 2002. 416 str. ISBN 80-238-9289-4

PETŘÍK T. Ekonomické a finanční řízení firmy. 1.vyd. Praha. Grada Publishing a.s. 2005. 371 str. ISBN 80-247-1046-3

REHBEHN R.- YURDAKUL Z.B. Mit Six Sigma zu Business excellence: Strategien, Methoden, Praxisbeispiele. 2 vyd. Wiley-VCH, 2005. 278 str. ISBN 3895782610

ŘEPA V. Podnikové procesy. Procesní řízení a modelování. 2. vyd. Grada Publishing Praha. 2007. ISBN 8024722526

SYNEK M. a kol. Manažerská ekonomika. 2. přepracované a rozšíř. vyd. Grada Publishing Praha Praha 2000. 475 str. ISBN 80-247-9069-6

TOMEK G. – VÁVROVÁ V. Řízení výroby. 2. rozšíř. a doplněné vyd. Praha: Grada Publishing a.s. Praha 2000. 408 s. ISBN 80-7169-955-1.

TÖPFER A. a kol. Six Sigma koncepce a příklady pro řízení bez chyb.1. vyd. Computer Press Brno 2008. 508 str. ISBN 978-80-251-1766-8

TOŠENOVSKÝ J. – NOSKIEVIČOVÁ D. Statistické metody pro zlepšování jakosti. Montanex a.s. Ostrava 2000. 362 str. ISBN 80-7225-040-X

VÝVOJOVÝ TÝM nakl. Productivity Press. Systém tahu ve výrobním prostředí. Vyd. V licenci McGraw-Hill, New York, vydala spol SC&C Partner s.r.o. Brno 2005. ISBN 978-80-904099-0-3

WRANA H. Six Sigma als Instrument zur nachhaltigen Steigerung des Unternehmensgewinns. Moderní řízení, měsíčník HN. číslo 1. leden 2002. vyd. Economica. ISSN 0026-8720

Internetové zdroje:

www.leancompany.cz/cojetolean.html
www.sixsigma-iq.cz/COJESIXSIGMA
www.bestpractices.cz/praktiky/six_sigma
www.ewizard.cz/logistika-slovník
www.belbin.cz
www.aa.bosch.cz
www.bosch.cz

Interní materiály firmy Bosch

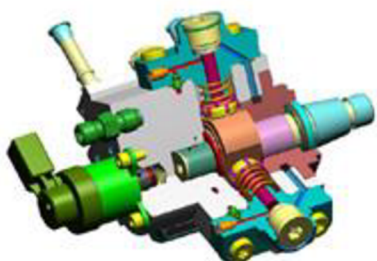
IV. PŘÍLOHY

1. Závod I, Humpolecká ulice



2. Ukázky výrobků firmy BOSCH DIESEL

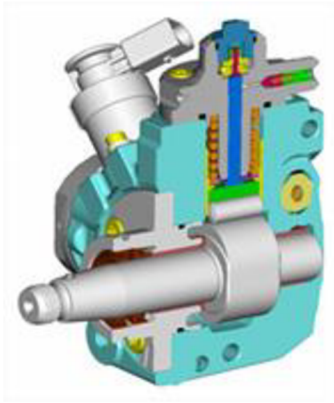
Vysokotlaké dieselové čerpadlo CP1H



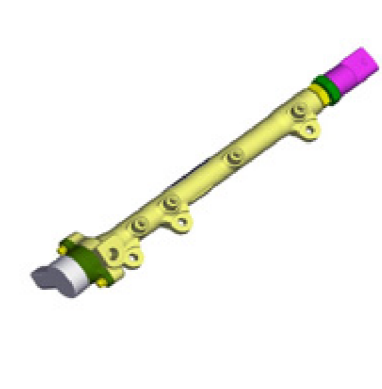
Vysokotlaké dieselové čerpadlo CP3



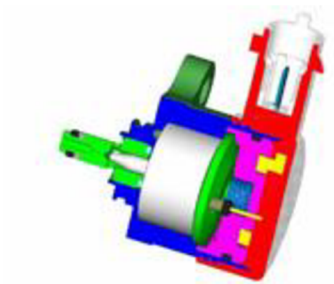
Vysokotlaké dieselové čerpadlo CP4



Vysokotlaký zásobník RAIL pro systém Common Rail

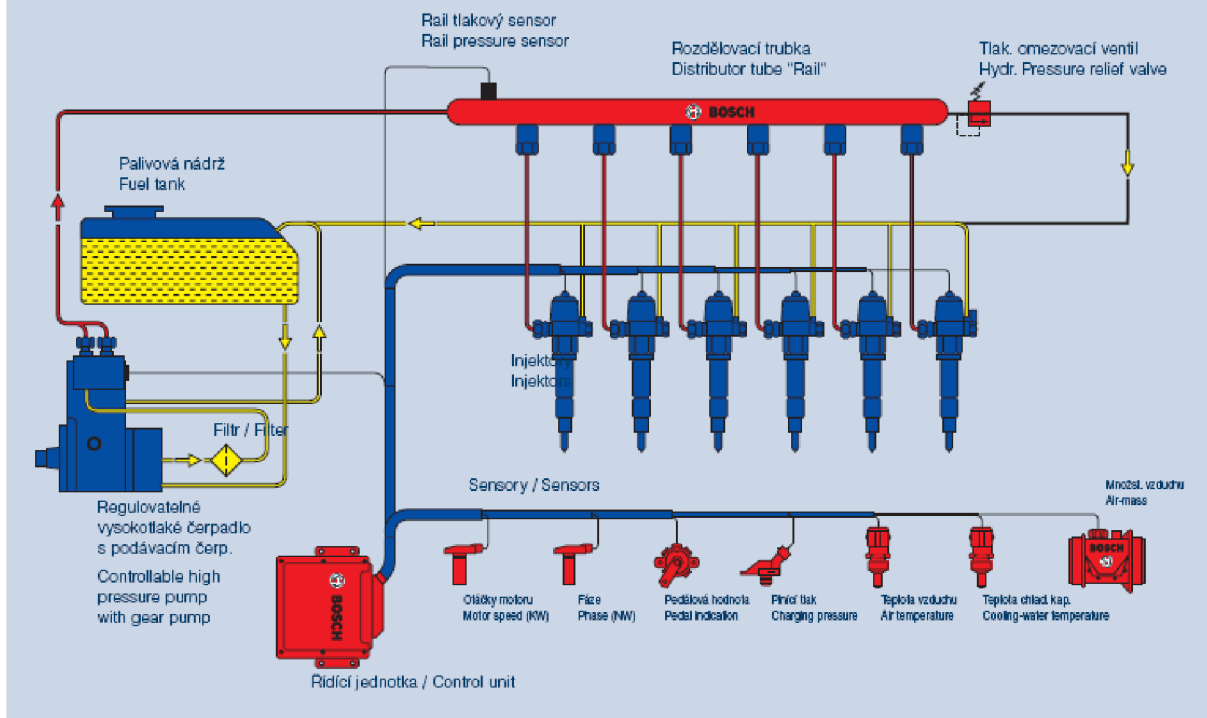


Tlakový regulační ventil DRV



3. Ukázka systému Common Rail

System Common Rail / System Common Rail



4. Použité zkratky

VE – Verteiler Einspritzpumpe	rotační vstřikovací čerpadlo
KSM linka – Kleine Serie Montage	malosériová montážní linka
IAM – Independent Aftermarket	nepřekládá se do češtiny
OES – Original Equipment Servis	nepřekládá se do češtiny
SIPOC – Supplier-Input-Process-Output-Customer	dodavatel-vstup-proces-výstup-zákazník
VSM - Value Stream Map	mapa hodnotového toku
EDC – Electronic Diesel Control	nepřekládá se do češtiny
KMM - Kontinuerlich arbeitendes Mengen-Messgerät	nepřekládá se do češtiny
KFMG - Kontinuerlich Fördermenge Mess-Gerät	nepřekládá se do češtiny

5. Ukázka struktury čerpadla

