

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**

Katedra technologií a měření

DIPLOMOVÁ PRÁCE

**Optimalizace výrobního toku v konkrétním výrobním
podniku**

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta elektrotechnická

Akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Jan DUDA**
Osobní číslo: **E12N0005P**
Studijní program: **N2612 Elektrotechnika a informatika**
Studijní obor: **Komerční elektrotechnika**
Název tématu: **Optimalizace výrobního toku v konkrétním výrobním podniku**
Zadávací katedra: **Katedra technologií a měření**

Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Popište metody používané pro optimalizaci výrobního toku a řízení kvality v hromadné výrobě.
2. V konkrétním výrobním podniku zmapujte současný stav výrobního toku a řízení kvality.
3. Navrhněte opatření pro optimalizaci výrobního toku a řízení kvality.
4. Navrhněte implementaci navržených opatření do praxe v konkrétním podniku.



Rozsah grafických prací: podle doporučení vedoucího

Rozsah pracovní zprávy: 30 - 40 stran

Forma zpracování diplomové práce: tištěná/elektronická

Seznam odborné literatury:

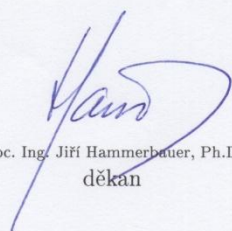
1. Jirásek, J.: Štíhlá výroba. Praha: Grada, 1998, 199 s. ISBN 80-7169-394-4
2. Liker, J., K.: Tak to dělá Toyota. Praha: Management Press, 2007, 392 s. ISBN 978-80-7261-173-7
3. CARDA, A., KUNSTOVÁ R.: Workflow - nástroj manažera pro řízení podnikových procesů. 2.vyd., Grada Publishing, 2003. ISBN: 978-80-247-6250-0

Vedoucí diplomové práce: Ing. Radek Soukup, Ph.D.

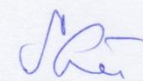
Katedra technologií a měření

Datum zadání diplomové práce: 14. října 2013

Termín odevzdání diplomové práce: 12. května 2014



Doc. Ing. Jiří Hammerbauer, Ph.D.
děkan



Doc. Ing. Vlastimil Skočil, CSc.
vedoucí katedry

V Plzni dne 14. října 2013

Anotace

Tato diplomová práce je zaměřena na optimalizaci výrobního toku v konkrétním výrobním podniku. V teoretické části práce jsou popsány metody a nástroje pro optimalizaci výrobního toku a řízení kvality. Praktická část práce je zaměřena na analýzu a návrh optimalizace stávajícího výrobního toku ve společnosti ACTI PACK CZ a.s. Závěr práce je věnován implementaci navrhovaných řešení v této společnosti.

Klíčová slova

Optimalizace, výrobní tok, štíhlá výroba, řízení kvality, FMEA, TQM, Six Sigma, DMAIC, MSA.

Abstract

This master thesis is focused on optimizing of the production flow in the particular factory ACTI PACK CZ. The theoretical part deals with description of the methods and tools, which are used for production flow optimization and quality management. The practical part is focused on an analysis and optimization of an existing production flow at the ACTI PACK CZ company. The conclusion is devoted to the implementation of proposed corrective measures in this company.

Key words

Optimization, production flow, lean manufacturing, quality management, FMEA, TQM, Six Sigma, DMAIC, MSA.

Prohlášení

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě diplomovou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě elektrotechnické Západočeské univerzity v Plzni. Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce. Dále prohlašuji, že veškerý software, použitý při řešení této diplomové práce, je legální.

V Plzni dne 30.4.2014

Jméno příjmení

.....

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucímu diplomové práce panu Ing. Radku Soukupovi, Ph.D. za cenné profesionální rady, připomínky a metodické vedení práce. Dále bych rád poděkoval společnosti ACTI PACK CZ a. s., jmenovitě panu Luboši Jarošíkovi za čas, ochotu a informace, které mi při vypracování této diplomové práce poskytl. V neposlední řadě bych rád poděkoval své rodině za neutuchající podporu během mého studia.

Obsah

OBSAH.....	8
SEZNAM SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	9
ÚVOD	10
1 ŠTÍHLÁ VÝROBA.....	11
1.1 CO JE ŠTÍHLÁ VÝROBA	11
1.2 HISTORIE ŠTÍHLÉ VÝROBY	12
1.3 CÍLE ŠTÍHLÉ VÝROBY	14
1.4 NÁSTROJE ŠTÍHLÉ VÝROBY	15
2 METODY ŘÍZENÍ KVALITY	20
2.1 METODA FMEA	20
2.2 TQM.....	24
2.3 SIX SIGMA	28
2.3.1 <i>Metrika výkonnosti procesů v Six Sigma</i>	31
2.3.2 <i>Metodologie Six Sigma</i>	32
2.3.3 <i>Statistické nástroje</i>	35
3 PRAKTICKÁ ČÁST	40
3.1 ACTIPACK CZ A.S.	40
3.1.1 <i>Základní údaje o společnosti</i>	40
3.1.2 <i>Představení společnosti</i>	41
3.2 ÚVOD DO PROBLEMATIKY.....	42
4 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	45
4.1 DEFINICE PROBLÉMU	45
4.2 MĚŘENÍ SOUČASNÉHO STAVU	48
4.3 ANALÝZA	51
5 NÁVRHY PRO OPTIMALIZACI.....	58
6 IMPLEMENTACE NAVRHOVANÝCH ŘEŠENÍ.....	60
ZÁVĚR.....	65
POUŽITÁ LITERATURA	66

Seznam symbolů a zkratek

Zkratka	Cizojazyčný popis	Český popis
JIT	Just In Time	Právě včas
5S	Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke	Rozděl, Seříd', Uspořádej, Zdokumentuj, Dodržuj
TPM	Total Productive Management	Strategie přístupu k údržbě
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis	Analýza možných chyb a jejich důsledků
TQM	Total Quality Management	Řízení zaměřené na 100 % kvalitu
EFQM	European Foundation for Quality Management	Evropská nadace pro management kvality
DPMO	Defects Per Million Opportunities	Počet defektů na milion příležitostí
DMAIC	Define, Measure, Analysis, Improve, Control	Definuj, změř, analyzuj, zlepší, kontroluj
DMADV	Define, Measure, Analysis, Design, Verify	Definuj, změř, analyzuj, navrhni, ověř
ANOVA	Analysis of Variance	Analýza rozptylu
DOE	Design of Experiments	Plánování experimentů
SIPOC	Supplier, Input, Process, Output, Customer	Dodavatel, vstup, proces, výstup, zákazník
CTQ	Critical to Quality	Hraniční mez kvality
MSA	Measure System Analysis	Analýza systému měření

Úvod

V současné uspěchané době je důležité, aby výrobní podnik dokázal rychle a pružně reagovat na přání a požadavky svých zákazníků. Na dnešním přeplněném obchodním trhu je obtížné získat nové zákazníky, ale je velmi snadné je ztratit. Jedním z důležitých faktorů v boji s konkurencí o zákazníka, je rychlost a přesnost dodávek zákazníkům s garancí vysoké úrovně kvality dodávaných výrobků. Se zvyšujícím se tlakem na cenu výrobku a s tím spojenými výrobními náklady, musejí dnešní společnosti optimalizovat své výrobní procesy. Zjednodušeně můžeme říci, že se jedná o snahu společností snížit náklady vynaložené na výrobu a zároveň zvyšovat její výkonnosti při zachování vysoké kvality produkovaných výrobků.

Diplomová práce se v první kapitole teoretické části věnuje základním principům, zásadám i historii vývoje štíhlé výroby. Jsou zde uvedeny metody a nástroje pro zavedení štíhlé výroby. Implementací těchto metod a nástrojů lze minimalizovat plýtvání a zvýšit tak konkurenční schopnost podniku.

V druhé kapitole jsou stručně popsány a charakterizovány metody FMEA, TQM a Six Sigma používané pro řízení kvality. Dále jsou zde popsány statistické nástroje ANOVA a DOE, které se používají v těchto metodách.

Praktická část této diplomové práce je zaměřena na analýzu současného stavu výrobního toku a řízení kvality ve společnosti ACTI PACK CZ a.s., sídlící v Janovicích nad Úhlavou. Cílem práce je se pokusit v reálném prostředí výrobní společnosti uplatnit znalosti získané během studia. Na základě skutečností zjištěných analýzou současného stavu byly navrženy opatření pro zlepšení. V závěru práce byl proveden návrh implementace navrženého opatření do praxe ve výrobní společnosti ACTI PACK CZ a.s.

1 ŠTÍHLÁ VÝROBA

1.1 Co je štíhlá výroba

Klasická definice štíhlé výroby zní takto: „Štíhlá výroba znamená vyrábět jednoduše v samořízené výrobě. Koncentruje se na snižování nákladů přes nekompromisní úsilí po dosažení perfekcionismu. Ke každému dni ve výrobě patří principy KAIZEN aktivit, analýzy toků a systémy KANBAN. Toto úsilí vtahuje do změn všechny pracovníky podniku – od vrcholového managementu až po pracovníky ve výrobě.“ [1]

Košturiak a Frolík dále uvádějí tuto definici: „Štíhlost podniku je v tom, že děláme přesně to, co chce náš zákazník, a to s minimálním počtem činností, které hodnotu výrobku nebo služby nezvyšují.“ [1]

Rother uvádí ve své knize definici štíhlé výroby takto: „Štíhlá výroba je paradigma a způsob myšlení ve výrobě. Je to filozofie, která zkracuje průměrný čas eliminací plýtvání tak, aby byly včas dodávány výrobky vysoké kvality při nízkých nákladech.“ [2]

Vaněček, Friebeľ a Štípek ji definují tímto způsobem: „Štíhlá výroba uskutečňuje komplexní organizaci vývoje a výroby produktu, spolupráci s dodavateli a zákazníky tak, aby při lepším plnění zákaznického požadavku bylo zapotřebí méně lidského úsilí, prostoru, kapitálu a času a současně mnohem lepší kvalitu.“ [3]

Tomek a Vávrová (2007) definují štíhlou výrobu jako: „Obrat funkčního myšlení k procesnímu myšlení. Jedná se o způsob řízení založený na poznání ceny času, ceny tempa a ceny rychlosti s cílem dosažení vysoké ekonomie času a vysoké zhodnocení kapitálu a práce.“ [4]

Womack štíhlou výrobu definuje ve své publikaci: „Jestliže štíhlý podnik v porovnání s ostatními využívá ve výrobě méně zdrojů, zejména lidského úsilí, výrobního prostoru, investic do výrobního zařízení a času na přípravu hotových výrobků. Současně pracuje s podstatně nižší úrovní zásob a dosahuje vyšší úrovně kvality a flexibility.“ [5]

Štíhlá výroba – Lean Production nebo také Lean Manufacturing - je systematický přístup, který slouží k identifikaci a zamezení plýtvání formou neustálého zlepšování výrobních procesů. Plýtváním se v konceptu štíhlé výroby rozumí veškeré činnosti, které

nepřináší další přidanou hodnotu. Nejde však pouze o samoučelné redukování nákladů, ale jedná se v první řadě o maximalizaci přidané hodnoty zákazníkovi. [5]

Definici „štíhlosti“ podniku vtipně a hlavně dobře popsali autoři knihy *Funky business* (2008) Kjell Nordström a Jonas Ridderstrale: „*Neexistuje způsob, jak vytvořit nové bohatství jen snižováním nákladů a zbavováním se lidí. Podnik musí přejít od odtučňování a anorexie společnosti k budování svalové hmoty – zbavit se tuků a nechat si narůst svaly. Abychom uspěli, musíme přestat být tak proklatě normální. Budeme-li se chovat jako ostatní, uvidíme stejné věci, přijdeme se stejnými nápady i identickými produkty a službami. V nejlepším případě dosáhneme s normální produkcí normálních výsledků.*“ [6]

Štíhlá výroba je tedy souborem nástrojů a metod, jejímž hlavním úkolem je zvyšovat produktivitu a efektivitu výroby. Jedná se o dlouhodobý proces, který integruje všechny činnosti dohromady. Zaměřuje se na neustálá drobná zlepšení, která jsou často velmi primitivní, ale v konečném součtu mají obrovský efekt. Zároveň je potřeba se zlepšováním užívat i metody plánování a řízení výroby v celém procesu, aby byla výroba co nejefektivnější.

1.2 Historie štíhlé výroby

Prvním, kdo začal vědecky studovat management, byl Frederick W. Taylor a to již v roce 1890. Své odborné poznatky shrnul ve své publikaci, která vedla k formalizaci studií o času, pohybu a stanovení obecných standardů. S myšlenkou rozdělit vykonávanou práci na elementární časové úseky, přišel Frank Gilbreth, který tak navázal na práci Fredericka W. Tailora. Během této doby si také můžeme všimnout prvních zmínek o odstraňování časových prodlev a začátcích studia pohybu jak materiálu, tak i pracovníků. Velkým průkopníkem hromadné výroby byl Henry Ford. Ten jako první přišel s nápadem použít ve své továrně pohyblivou montážní linku. Plynulý pohyb umožňoval vyrábět v ohromném měřítku. Došlo také ke snížení množství pohybů a práce pracovníků. Všechna tato zlepšení vedla ke skvělým ekonomickým výsledkům, kterými předčil Henry Ford všechny ostatní.

Koncepce štíhlé výroby (lean production, lean manufacturing) má své kořeny v Japonsku. Vznikla ve firmě Toyota v 50. – 60. letech 20. století jako alternativa hromadné výroby. V Japonsku po válce chyběl kapitál pro velké investice do rozvoje a inovace firem, byl také velký rozdíl v produktivitě práce. Japonský dělník byl se svou produktivitou na

třetině německého a devítině amerického dělníka. Muselo tedy dojít ke zcela kompletní změně přístupu k dodavatelům a zákazníkům a ke změně organizace vývoje, výroby produktů a služeb tak, aby změny přinesly méně lidského úsilí, prostoru, času a ve finále byl výrobek kvalitnější než v hromadné výrobě.

Hlavním iniciátorem změn byl manažer Toyoty Taiichi Ohno. V roce 1947 dostal od tehdejšího ředitele společnosti Toyota Kiichira Toyody za úkol, aby odstranil z výrobního procesu prostoje a zvýšil jeho produktivitu. Ohno přišel s nápadem, kdy jeden pracovník mohl obsluhovat více strojů různých druhů na jedné výrobní lince. Tím se produktivita dvakrát až třikrát zvýšila. Taiichi Ohno tak ukázal směr budoucího vývoje výrobního systému Toyoty.

Toyota postavila svůj úspěch na dvou základních pilířích výrobního systému. Prvním je JIT (just-in-time), nebo-li výroba (dodávka) právě včas. To znamená, že se díly nebo materiál dostanou na výrobní nebo montážní linku právě v tom čase, kdy jsou skutečně potřeba a v množství, které je zapotřebí. Druhým pilířem je JIDOKA (automation), nebo-li automatizace s lidskou inteligencí. To znamená, že stroj sám rozpozná vadný výrobek nebo produkt od dobrého. V případě problému nebo vadného výrobku se stroj automaticky zastaví a nepokračuje ve výrobě vadných produktů.

JIT a JIDOKA v kombinaci se zamezením plýtvání zdroji jsou filozofií výrobního systému Toyoty. Tato filozofie byla v padesátých a šedesátých letech doplněna Shigeem Shingem o oblast redukce nastavovacích časů (SMED), což umožňuje vyrábět výrobky v menších dávkách. Tuto pružnost výroby dokázaly dobře využít japonské automobilky, které převzaly koncepci štíhlé výroby od Toyoty, během ropné krize v roce 1973 a generovaly zisk i přesto, že došlo k zastavení vývoje průmyslu a hromadná výroba se ukázala jako zcela nevhodná. V sedmdesátých a osmdesátých letech došlo k přenesení a rozvoji získaných poznatků do továren amerických a evropských společností.

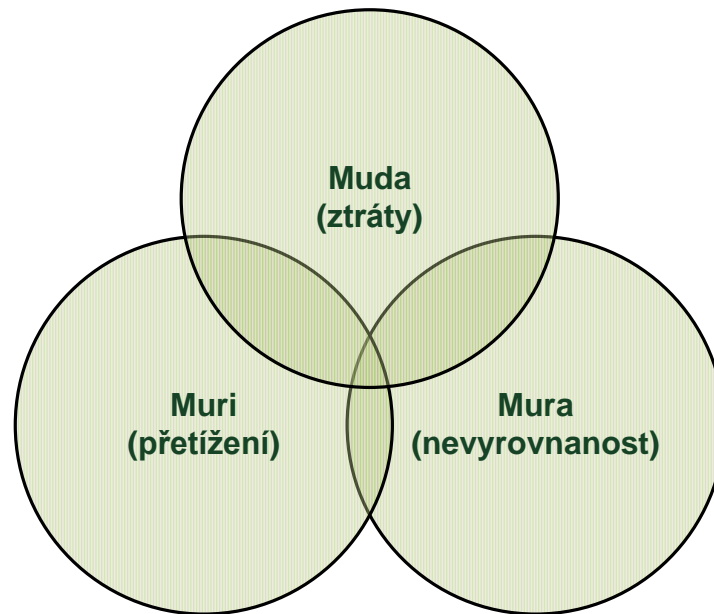
K výraznému rozšíření přispěl i projekt Jamese P. Womacka, který se svými kolegy zkoumal japonské techniky a provedl jejich srovnání s technikami západními. Výsledky projektu shrnul Womack ve své knize „The machine that changed the World: the story of lean production“. V současné době je možné použít „štíhlé řešení“ ve všech oblastech průmyslu a podnikání. [7]

1.3 Cíle štíhlé výroby

Hlavním cílem štíhlé výroby je maximálně uspokojit zákazníka. Proto musí být vybudován optimální výrobní proces, který je vytvořen při co možná nejnižších pořizovacích nákladech, nákladech na seřízení a údržbu, v neposlední řadě také nákladů na obsluhující pracovníky. Abychom byli schopni vyrábět požadovaný produkt včas, v požadované kvalitě a za dobrou cenu, je nutné odhalit a minimalizovat všechny druhy plýtvání.

Ve štíhlé výrobě se rozlišují 3 formy plýtvání [8]:

- 1) **Muda** - v překladu znamená nepřidanou hodnotu nebo plýtvání. To lze dále rozdělit na:
 - Nadvýrobu – vyšší výroba, než je požadováno zákazníkem.
 - Vady – špatně vyrobené díly, opravy, přepracování.
 - Zbytečná doprava nebo přemísťování – přeprava materiálu nebo informace bez přidání hodnoty.
 - Čekání – nedostatek materiálu, porucha stroje, nerovnoměrná výroba.
 - Zbytečný pohyb – pracovníků nebo strojů, který nepřidává hodnotu.
 - Nadbytečné zpracování – provádění procesů, které nejsou potřeba.
 - Nadbytečné zásoby – skladování více materiálu a informací, než je pro proces potřeba.
 - Nevyužitá tvořivost zaměstnanců – plýtvání potenciálu pracovníků.
- 2) **Mura** - v překladu znamená nerovnoměrnost. Výroba je závislá na požadavcích zákazníků, které mnohdy nemůžeme ovlivnit. Proto dochází ke kolísání ve výrobě. Kolísáním se rozumí přetěžování nebo stání výrobního procesu. Naší snahou by mělo být rovnoměrné rozložení výrobní zátěže tak, aby nedocházelo k přetěžování výrobní linky, ale ani k nežádoucím prostojům.
- 3) **Muri** - v překladu znamená přetížení. Týká se jak pracovníků, tak i strojů. U přetěžovaných lidí hrozí daleko častěji nebezpečí úrazu. Stroje jsou často kvůli svému opotřebení a přetěžování náchylnější na poruchy a vyžadují častější údržbu.



Obr. 1: 3 Mu (převzato [14])

Muda, Mura a Muri jsou někdy zkráceně pojmenovány 3 Mu. Je důležité neustále 3 Mu vyhledávat a odstraňovat je z výrobního procesu.

1.4 Nástroje štíhlé výroby

Pro zavedení štíhlé výroby vznikla celá řada metod a nástrojů, které nám pomáhají omezit plýtvání a maximalizovat procesy přidávající přidanou hodnotu produktu. Pokusím se krátce popsat některé nástroje a metody pro optimalizaci výrobního procesu.

Kaizen

Tato technika má své počátky v Japonsku, kde vznikla v období po 2. světové válce. V překladu lze chápat slovo Kaizen jako zdokonalení. Myšlenkou Kaizen je snaha o neustálé zlepšování a zdokonalování pomocí malých změn. Důležité je do procesu zlepšování zapojit pracovníky na všech úrovních podniku. Návrhy na zlepšení, které přinášejí pracovníci, kteří se bezprostředně podílí na příslušném procesu, bývají zpravidla efektivnější a praktičtější, než návrhy, které jsou navrhovány „od stolu“. Každý přijatý návrh by měl být posouzen a ohodnocen. Cílem toho by mělo být hledání konstruktivního řešení a ne kritizování navrhovaného zlepšení. [8]

JIT (Just-in-time)

Jedná se o technologii vzniklou v 80. letech v Japonsku a USA. Pomocí této technologie je možné snížit hladinu zásob jak ve výrobním procesu, tak i v oblasti zásobování. Filozofií této metody je vyrábět jen to co je nezbytně nutné a s tak nízkými náklady, jak je to jen možné. JIT propojuje nákup, výrobu a logistiku. Smyslem je dodávat malá množství velmi často v co možná nejpozdějším okamžiku. To je velmi náročné na logistiku, protože si podnik drží jen minimální pojistné zásoby. Na dodavatele jsou tím kladeny velmi vysoké nároky. Dodávky musí být velice kvalitní a důležitá je také synchronizace s potřebami odběratele. To vše vede k vytváření úzkého vztahu mezi dodavatelem a odběratelem. Důležitou rolí v tomto vztahu je spolupráce, kooperace a důvěra mezi partnery. Náročnost logistiky je dána tím, že upřednostňujeme spolehlivost a přesnost před rychlostí přepravy. [8]

Základní zásady, s nimiž JIT pracuje:

- Efektivně vyrábět pouze to, co chceme
- Požadována 100% kvalita výrobků
- Zamezení veškerého plýtvání
- Plánovat a vyrábět na zakázku
- Časté dodávky materiálu na výrobu
- Motivování pracovníků
- Dodržování dlouhodobé strategické linie
- Eliminace ztrát

Kanban

Kanban v japonštině znamená karta nebo štítek. Umožňuje harmonizaci materiálových toků ve výrobě a zjednodušuje informační toky. Zlepšuje systém řízení, plnění plánů a v neposlední řadě redukuje stav zásob. Kanban systém vznikl na principu moderního supermarketu ve výrobě s dobře fungujícím informačním systémem. Finální montáži výrobku nebo jeho odbytu, který reaguje na požadavky zákazníků, je podřízen celý materiálový tok.

Podstatou tohoto systému je rozdělení pracoviště na fiktivní kupující a prodávající. Zároveň každý prodáváč je také kupujícím a má svojí KANBAN kartu. Prodáváč ani kupující nemají dovoleno vytvářet zásoby. Jsou přesně určeny okruhy pracovišť, která si navzájem dodávají nebo odebírají buď materiál, nebo hotové výrobky. Kupující pošle svou KANBAN

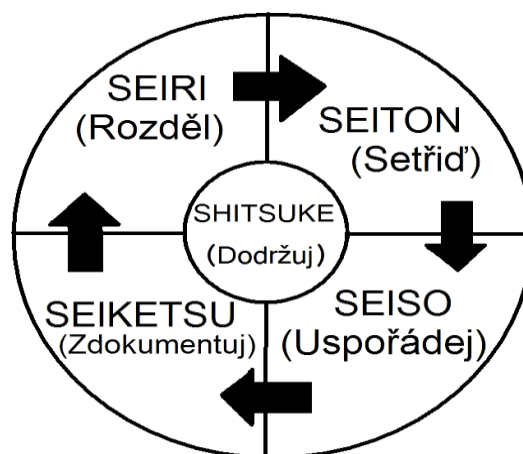
kartu s objednávkou (karta požadavek) prodávajícímu. Prodávající je v přesném množství a požadovaném termínu dodá i s dodací KANBAN kartou (karta dodací list). Dodáváním přesného množství v požadovaném termínu se musí vyrábět beze zmetků, a tak dochází k vzájemné kontrole.

V zásobování pomocí Kanbanu je princip stejný. Je přesně definován prodávající a kupující, mezi kterými je uzavřena dodavatelsko-odběratelská smlouva. Dříve se KANBAN karty vyhotovovaly ve fyzické podobě, v dnešní době dochází k přechodu na elektronické KANBAN karty. Tento systém je vhodný pro podniky produkující velké série s ustáleným odbytem. [8]

5S

Je souborem 5 základních pravidel, která mají pomoci dosáhnout pořádku, efektivity práce a čistoty na pracovišti. Nemusí se aplikovat jen ve výrobě, mohou se použít i v kancelářích. Název metody vznikl z pěti japonských slov [8]:

- 1) **SEIRI** – Rozděl – z pracoviště se odstraní všechny nepotřebné předměty, materiál a věci zabraňující pohybu.
- 2) **SEITON** – Setříd' – označení a setřídění všech potřebných položek na snadno dostupné místo.
- 3) **SEISO** – Uspořádej – logické uspořádání nástrojů pro jejich rychlé použití.
- 4) **SEIKETSU** – Zdokumentuj – zdokumentovat a standardizovat organizaci pracoviště.
- 5) **SHITSUKE** – Dodržuj – dodržování nastavených standardů.



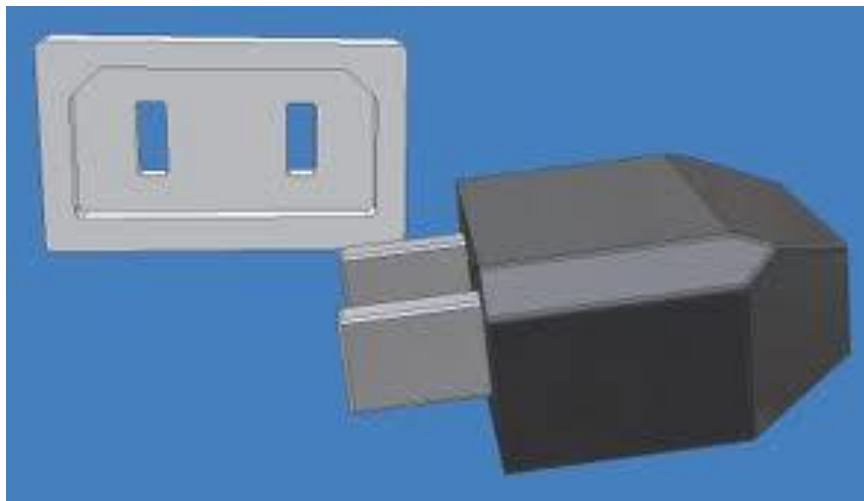
Obr. 2: Kruh 5S (převzato z [8])

Jidoka

JIDOKA nebo-li automatizace s lidskou inteligencí, je jedním z klíčových nástrojů štíhlé výroby. JIDOKA umožňuje, aby se stroj při detekci nenormálního stavu nebo vadného výrobku automaticky zastavil. Cílem je soustředit pozornost na příčiny odchylky v okamžiku, kdy nastane. Jeho odstraněním dojde ke zlepšení, které se zabuduje do procesu, a tím se zabrání, aby tato odchylka od normálního stavu pokračovala dále v procesu. To znamená snížení nároků na operátora. Operátor tak může obsluhovat více strojů. [8]

Poka-yoke

Tato metoda vznikla v Japonsku a v překladu znamená náhodnou chybu. Vychází z toho, že nikdo není bezchybný. Jde o nízko nákladové opatření, které umožňuje vykonat danou činnost pouze jedním možným způsobem. Pomáhá pracovníkům vyhnout se chybám, které vznikly z nepozornosti, použitím špatného dílu, vynecháním dílu nebo jeho špatné orientaci. Většinou jde o mechanické nebo elektronické opatření, které nedovolí obsluze udělat chybu. [8]



Obr. 3: Poka-yoke zařízení (převzato z [15])

SMED (rychlá výměna nástrojů)

SMED (Single Minute Exchange of Die) je jednou z metodik štíhlé výroby pro snižování plýtvání ve výrobním procesu. Jedná se o minimalizaci časů potřebných k přenastavení výrobního procesu z aktuálního produktu na jiný produkt. Pokud minimalizujeme tyto časy, dojde tím ke zvýšení flexibility výroby, ke zkrácení průběžné doby procesu a k možnosti rychleji reagovat na změny v poptávce. Díky zlepšené době reakce

dojde ke snížení objemu zásob. [8]

TPM

TPM (Total Productive Maintenance) je v Japonsku vyvinutý přístup k údržbě. Jedná se o soubor aktivit, které vedou k uvedení a udržení strojového parku v optimálních podmínkách pomocí preventivní a produktivní údržby. Tak by měl mít každý pracovník a stroj čas na odpočinek. Zavedením TPM je možné dosáhnout téměř 100 % využitelnosti strojů a zařízení. Na aktivitách spojených s údržbou strojů a zařízení se podílejí všechna oddělení a všichni pracovníci podniku. [8]

2 METODY ŘÍZENÍ KVALITY

Tato část mojí práce je zaměřena na metody používané při řízení kvality. Byly vybrány metody, které jsou současnými společnostmi často zaváděny a používány. Toto tvrzení je patrné i z následujících zdrojů [1], [5], [12]. Některé jejich techniky a nástroje jsou běžně aplikovány i samostatně bez zavedení celé metody. Normy ISO jsou již běžnou a standardní součástí řízení výroby ve výrobních společnostech, proto zde nebudou popsány požadavky a způsoby zavedení ISO norem, ale spíše metody optimalizační. Stručně proto popíši a charakterizuji následující metody:

- FMEA
- TQM
- Six Sigma

2.1 Metoda FMEA

Analýza možných způsobů a důsledků závad (Failure Mode and Effect Analysis) se řadí mezi základní preventivní metody managementu jakosti. Díky stále těsnějším dodavatelsko-odběratelským vztahům mezi jednotlivými stupni zpracování, se nutně snižuje tolerance k vadám. Zavedením systémů Just in Time, použitím Kanban karet a optimalizací materiálových toků došlo ke snížení stavu zásob tak, že již nezbyvá prostor pro vadné výrobku nebo produkty. Jestliže chceme měřit mezioperační zásoby na hodiny, místo na dny, musíme zajistit, aby každý kus byl v naprostém pořádku. Účelem FMEA je rozeznat v různých etapách tvorby výrobku nebo procesu co nejdříve možnosti vzniku vad. Určit jejich možné následky, ohodnotit rizika a pomocí preventivních opatření jim bezpečně předejít. Metoda FMEA je týmovou analýzou vedoucí ke zlepšení kvality produktu. FMEA je „živým dokumentem“, musí ukazovat skutečný stav, a proto ho musíme neustále aktualizovat. Systémový přístup této metody k prevenci nejakosti nám dovoluje odhalit 70 - 90 % možných vad. [10]

Metoda FMEA byla vyvinuta v šedesátých letech v USA. Původně byla určena pro analýzy spolehlivosti složitých systémů v kosmickém výzkumu (NASA) a jaderné energetice. K největšímu rozšíření této metody došlo v automobilovém průmyslu. Poprvé byla metoda FMEA použita v civilním sektoru firmou Ford v roce 1977, z důvodu špatné kvality projektu

Ford Pinto. V koncernu Volkswagen se FMEA prosadila roku 1984. V praxi se v současnosti uplatňují zejména postupy podle metodiky amerických výrobců automobilů QS-9000:FMEA nebo dle metodiky německého sdružení automobilového průmyslu VDA 4.2, jejichž základní principy se prakticky neliší. [9]

Metoda může být použita na nové nebo už zavedené výrobky nebo procesy. Je také možné aplikovat FMEA analýzu na již probíhající výrobu za účelem jejího zlepšení. Využití ji můžeme i při přesunech technologií, kdy sice nedochází ke změně procesu nebo návrhu, ale dochází ke změně podmínek. Předmětem FMEA v tomto případě je vliv nových podmínek na návrh nebo proces. Cílem metody je eliminovat případné vady, které by v budoucnu mohly znamenat zbytečné problémy a s nimi spojené dodatečné náklady. Nalezením možných příčin vzniku vad se docílí snížení jejich výskytu, a tím se zvyšuje možnost jejich odhalení. Analyticko-systémový přístup metody zlepšuje kvalitu produktu nebo procesu. Metoda zavádí i jistý druh prevence, jenž vede k zefektivnění kontroly. FMEA má i výrazný psychologický efekt. Ten spočívá v posílení spoluzodpovědnosti širšího okruhu pracovníků za navrhovaný výrobek či proces a ve zlepšené komunikaci mezi jednotlivými útvary. [9, 10]

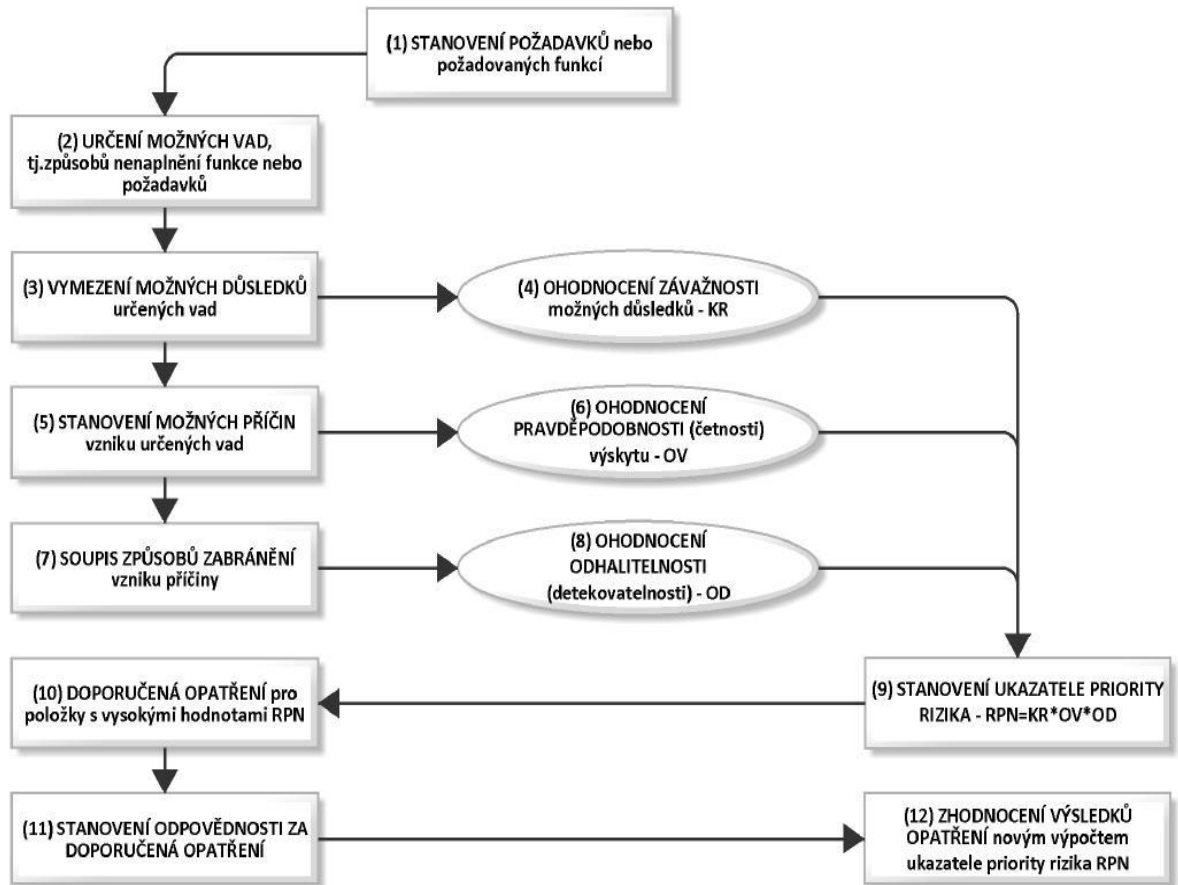
V praxi rozlišujeme tyto druhy FMEA [9]:

- **FMEA konstrukce** – konstrukční FMEA zkoumá všechna myslitelná a možná selhání hodnoceného dílčího nebo celého systému a vychází při tom z jeho funkcí. Potenciální příčiny vad mohou být jak konstrukčního, tak i výrobního charakteru. Pracovní skupinu vede odpovědný konstruktér.
- **FMEA procesu** – vychází z výčtu všech potenciálních vad procesu výroby a montáže a jejich příčin a stanoví nutná nápravná opatření analogicky jako FMEA konstrukční. Pracovní skupinu v tomto případě vede pracovník příslušného oddělení výroby, přípravy výroby nebo zabezpečování jakosti. Zatímco FMEA konstrukce může jako potenciální vadu zkoumat například také chybnou funkci výrobního procesu, možnou příčinu této vady ve výrobním procesu hledá výhradně FMEA procesu.
- **FMEA výrobku nebo systému** – zkoumá konstrukci a výrobní proces výrobku nebo systému vcelku a analyzuje a zlepšuje obojí v jediné FMEA. FMEA výrobku je obvykle řízena a koordinována zákazníkem procesu.

Metodologie provedení FMEA analýzy

Průběh aplikace metody FMEA se skládá ze tří etap a kroků uvedených na Obr. 3 [11]:

- 1) Analýza zhodnocení stávajícího stavu, viz kroky 1 až 9,
- 2) Návrh opatření, viz krok 10 a 11,
- 3) Zhodnocení stavu po realizace navržených opatření, viz krok 12.



Obr. 4: Průběh aplikace metody FMEA (převzato z [11])

Při hodnocení možných vad se zaměřujeme na tři hlediska. Každé je pak hodnoceno body od 1 do 10.

- Míra závažnosti vady
- Pravděpodobnost výskytu vady
- Odhalitelnost vady

Míra závažnosti

Tab. 1: Příklad stupnice pro hodnocení závažnosti (převzato z [11])

Důsledek	Kritéria závažnosti (kritičnost = "KR")	Body
Žádný	Vada nemá na nic vliv.	1
Velmi malý	Vada nemá téměř žádný vliv (méně než 25%).	2
Malý	Vada má jen minimální následky.	3

Velmi nízký	Vada má jen minimální následky (přes 75%).	4
Nízký	Výrobek je funkční, zákazník částečně nespokojený.	5
Střední	Výrobek je funkční, zákazník pociťuje nepohodlí.	6
Vážný	Funkce je plněna, snížená výkonnost. Zákazník je nespokojený.	7
Velmi vážný	Není plněna základní funkce.	8
Kritický s výstrahou	Vada ohrožuje bezpečnost, signalizace indikátorem.	9
Kritický bez výstrahy	Vada ohrožuje bezpečnost, není signalizována.	10

Pravděpodobnost výskytu

Tab. 2: Příklad stupnice pro hodnocení pravděpodobnosti výskytu (převzato z [11])

Pravděpodobnost výskytu	Přiřazená četnost výskytu	Body
Vzácná	$\leq 0,01$ z 1000	1
	0,1 z 1000	2
Nízká	0,5 z 1000	3
	1 z 1000	4
Střední	2 z 1000	5
	5 z 1000	6
Vysoká	10 z 1000	7
	20 z 1000	8
Velmi vysoká	50 z 1000	9
	≥ 100 z 1000	10

Odhalitelnost

Tab. 3: Příklad stupnice pro hodnocení odhalitelnosti vady (převzato z [11])

Odhalení	Pravděpodobnost odhalení	Body
Téměř jistota	Využití prostředků předcházení chybám.	1
Velmi vysoká	Automatické měření s automatickým pozastavením.	2
Vysoká	Vícenásobná měření nebo přejímky.	3
Poněkud vyšší	Kontrola prvního kusu, kontrola kalibrem po seřízení, využití prostředků předcházení chybám.	4
Střední	Kontrola kalibrem nebo změřením všech položek.	5
Malá	Kontrola kalibrem, ruční kontrola, statistické řízení procesu.	6
Velmi malá	Provádí se dvojí vizuální kontrola.	7
Vzdálená	Je prováděna jen vizuální kontrola.	8
Velmi vzdálená	Ruční kontrola, řízení je prováděno náhodnými kontrolami.	9
Téměř vyloučené	Ruční kontrola, nekontroluje se, nebo se nedá odhalit.	10

Ukazatel priority rizika RPN

Hodnota ukazatele priority rizika se udává v rozmezí od 1 do 1000. Čím vyšší je hodnota ukazatele priority rizika, tím je daná příčina více riziková a z toho důvodu je nutné včasné přijetí opatření. Vztah pro výpočet ukazatele priority rizika [11]:

$$\text{RPN} = (\text{KR}) * (\text{OV}) * (\text{OD})$$

,kde: (KR) je závažnost vady,

(OV) je nepravděpodobnost výskytu vady,

(OD) je odhalitelnost vady.

2.2 TQM

Koncepce Total Quality Management se začala používat pro celopodnikové řízení jakosti již v sedmdesátých letech v japonských firmách. Postupem času se tento pojem rozšířil i do amerického a evropského prostředí. Mnozí jej spíše považují za filozofii managementu kvality. Koncepce TQM je otevřeným systémem vstřebávajícím všechno pozitivní, co může podnik využít pro svůj rozvoj a prospěch. Není nijak svázaný s normami a předpisy, jako je tomu u konceptu ISO. Jednou z nejvýstižnějších definic TQM je ta podle Corrigan, který hovoří, že je to „filozofie managementu, formulující zákazníkem řízený a učící se podnik k tomu, aby se dosáhlo plné spokojenosti zákazníků díky neustálému zlepšování účinnosti podnikových procesů“. [12]

Total Quality Management se skládá ze dvou rozsáhlých oblastí:

- z metod a postupů,
- z chování a postojů.

Podle [10] je TQM podnikovou strategií, která do centra všech činností v podniku staví spokojenost zákazníka. Cílem strategie je trvalé zlepšování a zdokonalování podniku pro zákazníky, vlastníky a zaměstnance. Propojuje v sobě drastické snížení nákladů na odstraňování chyb se zlepšením služeb zákazníkům, výrazně racionalizuje interní procesy, zvyšuje flexibilitu podniku, snižuje dobu vzniku nového výrobku, umožňuje mnohem větší jistotu v termínech a slouží tak k posílení konkurenceschopnosti podniku.

Interpretace TQM [13]:

„**Total**“ – znamená, že celý podnik, všechny útvary a zaměstnanci musejí být bez

výjimky zapojení do zvyšování jakosti. To platí nejen pro výrobky, ale také pro služby a činnosti.

„**Quality**“ – jakost je schopnost plnit požadavky, stanovené a předpokládané vzhledem k jejímu určení. Z toho vyplývá, že jakost je vždy spojena se specifickými nebo zákazníkem požadovanými požadavky. To opět platí jak pro výrobky, tak i pro služby nebo činnosti. Jakost nelze zaměňovat s druhem nebo třídou.

„**Management**“ – znamená, že se jedná o aktivně prováděný proces. Všechny vedoucí, plánovací, řídicí a kontrolní činnosti působí prostřednictvím osob, které je vykonávají, na neustále zvyšování jakosti a jsou jeho motorem.

Uvedme základní principy TQM [12]:

Princip orientace na zákazníka

Zákazníkem je chápán každý, komu odevzdáváme výsledky vlastní práce. To znamená, že finální spotřebitelé představují pouze jednu ze skupin, tzv. externích zákazníků. V praxi je důležité, aby byly zaznamenány a systematicky zkoumány současné a především budoucí požadavky všech skupin zákazníků a aby byly pružně a efektivně plněny. Následně je analyzováno, zda je zákazník s našimi dodávkami spokojen.

Princip vedení lidí a týmové práce

Zaměstnanci jsou většinou motivováni a podporováni k metodám práce v týmech. Zvláště pak při aplikaci různých metod a nástrojů managementu. Řídicí pracovníci mají za úkol vytvářet takové pracovní prostředí v organizaci, které umožňuje prosazování jiných principů TQM, zejména pak principu orientace na požadavky zákazníka a principu neustálého zlepšování.

Princip partnerství s dodavateli

Budování vzájemně výhodných vztahů důvěry s dodavateli je předpokladem pro požadovanou jakost dodávek samých. K navození důvěryhodných vztahů mohou přispět i takové aktivity jako je poskytování technické pomoci dodavatelům, společné plánování jakosti, motivace dodavatelů, jejich oceňování apod.

Princip rozvoje a angažovanosti lidí

Za nejcennější kapitál organizací jsou považováni způsobilí a vzdělaní zaměstnanci. Základem naplňování tohoto principu jsou rozvoj osobností jednotlivých profesních skupin

a neustálé vzdělávání a výcvik. Pozitivního angažování lidí je poté dosahováno dáváním příležitostí zaměstnancům prokázat a využít své schopnosti ve prospěch společnosti, ve které pracují.

Princip orientace na procesy

Jen za předpokladu dokonale zvládnutého řízení procesů je možné dosáhnout vynikající kvality výstupů (výrobky, služby apod.). Procesem je myšlen soubor dílčích aktivit, které přeměňují hmotné nebo informační vstupy na hmotné a informační výstupy. Každý proces spotřebovává určité zdroje (pracovní síla, stroje, energie apod.) a probíhá v regulovaných podmínkách (normy, přírodní prostředí apod.). Každý proces má svého „vlastníka“, který odpovídá za kvalitu výstupů z daného procesu.

Princip neustálého zlepšování a inovací

Za hnací sílu veškerých kladných změn v organizaci jsou považovány procesy neustálého zlepšování. V dnešní době jsou zákazníky požadovány projekty zlepšování orientované především na:

- radikální snižování rozsahu neshod v dodávkách,
- rozšiřování spektra funkcí výrobků a služeb,
- snižování objemu vnitřních neefektivností v technických i organizačních systémech.

Princip měřitelnosti výsledků

Výstupy procesů organizace musí být spolehlivě měřeny a data následně vyhodnocována, protože jen to je zárukou objektivního rozhodování na všech úrovních řízení. V koncepci TQM se často pro měření výkonnosti a výsledků procesů používá benchmarking.

Princip odpovědnosti vůči okolí

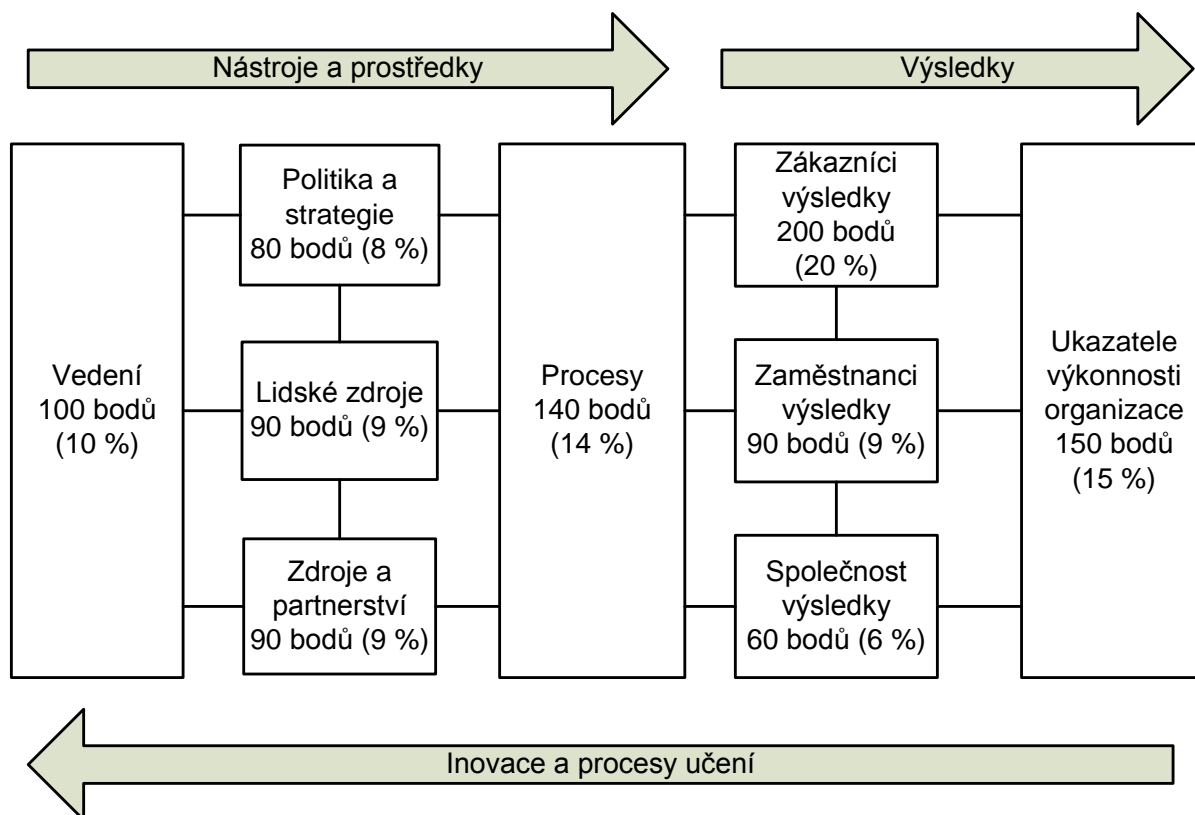
Organizace musí nést přiměřenou odpovědnost za své vazby na okolí (region, životní prostředí, stát apod.). Firmy aplikující tento princip, by se měly zaměřit na rozvoj a podporu regionu, zdravotnictví, školství, kultury, sportu, na ochranu životního prostředí apod.

Po seznámení s hlavními principy TQM můžeme říci, že neobsahují žádné revoluční nebo dosud neznámé prvky. Jedná se „pouze“ o systematické a důsledné dodržování a uplatňování několika metod v rámci podnikové struktury, jasně zaměřených na kvalitu a spokojenost zákazníků. Rozhodující hnací silou je zde přesvědčení a příkladné přijetí těchto

metod managementem. Úspěchy a neúspěchy koncepcí TQM jsou zpravidla výsledkem správné nebo chybějící angažovanosti současného podnikového vedení. Ve firmách existuje sklon, zvláště po zveřejnění norem řady ISO 9000 a zavedení neutrální certifikace, omezit nezbytné zvyšování kvality celého podniku na prosté plnění požadavků ISO. A tím jen na kvalitu výrobků, v naději na úsporu finančních prostředků. Z velké míry je to podporováno i chováním zákazníků, kteří pokládají certifikaci podle ISO za předpoklad další spolupráce. [13]

Model EFQM

V praxi se principy TQM zavádějí pomocí vhodných modelů. Za evropský model TQM je považován tzv. EFQM Model Excellence. Ten byl vytvořený EFQM (European Foundation for Quality Management) v roce 1991, za účelem udělení Evropské ceny za kvalitu. V Evropě se řadí mezi nejuznávanější modely pro řízení kvality a je doporučován jako praktický nástroj pro aplikaci koncepce TQM.



Obr. 5: Model Excellence EFQM (převzato z [11])

Jak je možné vidět z obr. 5, devět bloků modelu EFQM představuje devět základních kritérií, které tvoří základ hodnocení postupu a dosahovaných výsledků organizace. Prvních pět kritérií je označováno jako „Nástroje a prostředky“, protože poskytují návod na to, jak je

možné dosahovat nadprůměrných výsledků. Ve zbylých čtyřech kritériích jsou pak posuzovány dosahované výsledky. Každému ze sledovaných kritérií je přiřazena příslušná procentuální hodnota, vyjadřující relativní důležitost kritéria ve vztahu k celku. Každá organizace musí docílit nadprůměrných výsledků v oblasti spokojenosti a loajality zákazníků i zaměstnanců, ale také i v oblasti vnímání okolím. Tyto jednotlivé výsledky jsou nicméně ovlivňovány realizací vhodně navržených a řízených procesů. Pro tyto procesy jsou uvolňovány adekvátní zdroje, včetně motivovaných a odborně způsobilých zaměstnanců. To vše musí být podpořeno realizací jasné firemní politiky a strategie. Podle analýzy dosahovaných výsledků je poté možné určit směr dalšího učení se a zlepšování. [11, 12]

Model Excellence je v praxi aplikován ve třech základních směrech [12]:

- 1) Slouží jako inspirace pro organizace, které chtějí zdokonalit své manažerské systémy.
- 2) Je základem pro hodnocení firem, které se ucházejí o Evropskou cenu za kvalitu, tedy firem s dlouhodobě nejlepšími výsledky v implementaci principů TQM.
- 3) Slouží pro účely systematického a všezahrnujícího procesu odhalování silných stránek a příležitostí ke zlepšování, tzv. sebehodnocení.

Model Excellence je tedy nástrojem pro zvyšování konkurenceschopnosti organizace. Poskytuje nám měřitelnou perspektivu růstu vytvořenou na základě propojení předpokladů s dosahovanými výsledky a poznání silných stránek i příležitostí ke zlepšení. Přínosem modelu je i transparentnost kritérií, což umožňuje samohodnocení.

2.3 Six sigma

Six Sigma je podnikatelská strategie, která dovoluje organizacím prudce zlepšit jejich úroveň pomocí plánování a monitorování každodenních podnikatelských činností, která minimalizuje výskyt neshod a potřebné zdroje a zvyšuje spokojenost zákazníka. Strategie Six Sigma se zaměřuje především na prevenci neshod, zkrácení průběžné doby výroby a úsporu nákladů. Její uplatnění představuje přísnou, soustředěnou a vysoce efektivní realizaci osvědčených principů a metod managementu kvality. I přes to, že je ve filozofii Six Sigma kladen důraz zejména na zlepšování rentability, jejím bezprostředním vedlejším produktem je zlepšování kvality a hospodárnosti. [16]

Strategie Six Sigma byla poprvé implementována v osmdesátých letech v USA ve firmě Motorola. Ta se snažila uspět v konkurenčním boji s firmami, které nabízely produkty vyšší kvality a nižší ceny. Použití strategie Six Sigma bylo doprovázeno výrazným úspěchem. Firma Motorola získala v roce 1988, jako první velká společnost v USA, národní cenu za jakost Malcolma Baldrige. Tento úspěch výrazně pomohl k rozšíření této koncepce do mnoha známých společností, jako jsou například General Electric, Allied Signal, Ford Motor Company, American Express, Sony, Nokia a další. [11, 16]

Sigma je statistický pojem, jenž představuje úroveň variability vyskytující se v procesu ve vztahu k požadavkům zákazníka nebo ke specifikacím. Čím vyšší je úroveň sigma, tím lépe se proces chová ve vztahu k požadavkům zákazníka. [17]

Tab. 4: Variabilita v Six Sigma (převzato z [17])

Příliš velká variabilita	S obtížemi se produkují výstupy v mezích požadavků (specifikací) zákazníka.	Nízké hodnoty sigma (0 až 2)
Střední variabilita	Většina výstupů splňuje požadavky zákazníka.	Střední hodnoty sigma (2 až 4,5)
Velmi malá variabilita	Prakticky všechny výstupy splňují požadavky zákazníka (méně než 4 vady na milion možností).	Vysoké hodnoty sigma (4,5 až 6)

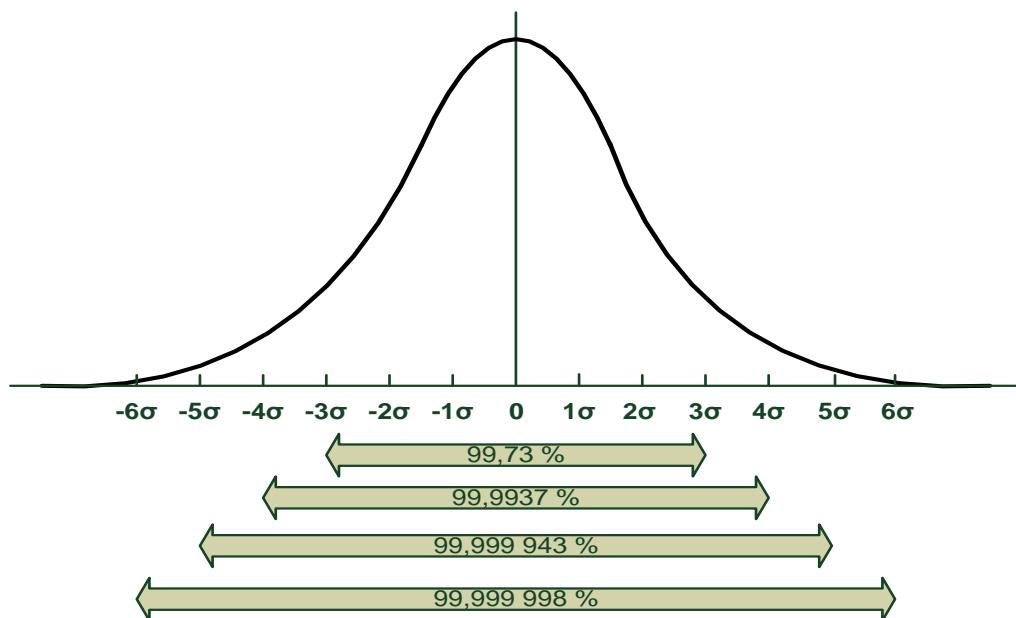
Pokud chceme dosáhnout zvýšení úrovně procesu sigma, musíme snížit úroveň variability a ujistit se, zda je proces vhodně zaměřen. Snížená variabilita poskytuje dle [17]:

- Větší predikovatelnost daného procesu.
- Méně zmetků a přepracování, což znamená snížení nákladů.
- Výrobky a služby, jenž lépe fungují a déle vydrží.
- Spokojenější zákazníci.

V současné době jsou úrovně kvality klíčových procesů v úspěšných firmách odhadovány v rozmezí mezi tři až čtyři sigma. Jestliže však proces funguje na úrovni six-sigma (šest sigma), je variabilita tak malá, že výsledné výrobky a služby jsou v 99,9997 % bez vad.

Tab. 5: Porovnání úrovně kvality (převzato z [19])

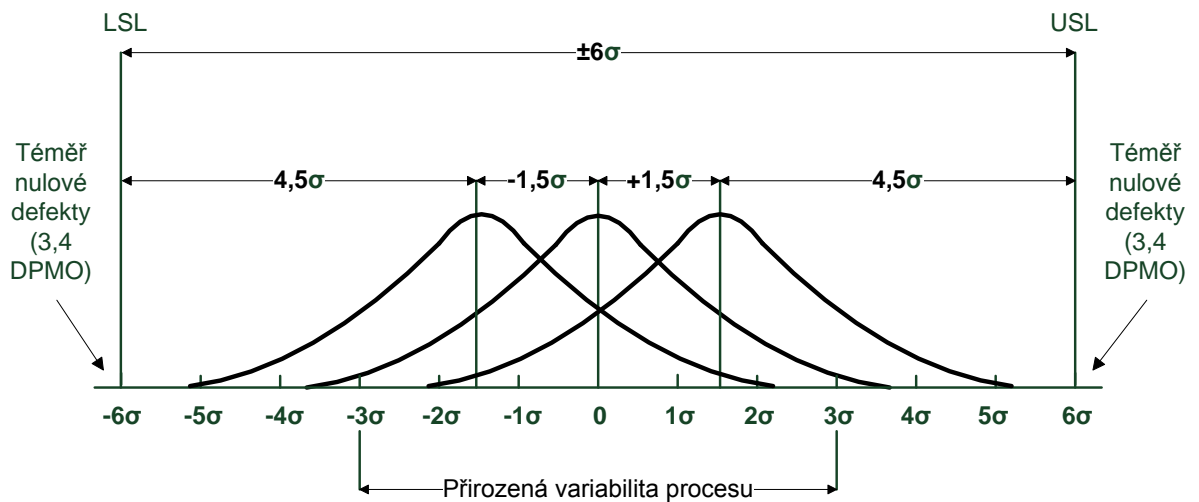
Příklad	Úroveň kvality			
	99 %	4 σ	5 σ	6 σ
Z 300 000 dopisů je doručeno při dané úrovni na špatnou adresu	3000 dopisů	1860 dopisů	69 dopisů	1 dopis
Z 800 000 litrů pitné vody bude při dané úrovni kvality závadné vody	8000 l	4960 l	184 l	2,4 l
Při 500 000 zapnutí daného počítače při úrovni kvality počítač selže	5000 x	3100 x	115 x	1,5 x
K jak dlouhému celkovému výpadku signálu dojde při týdenním vysílání jednoho TV kanálu	1,68 h	1,04 h	139 s	1,8 s



Obr. 6: Grafické vyjádření úrovně sigma (převzato z [17])

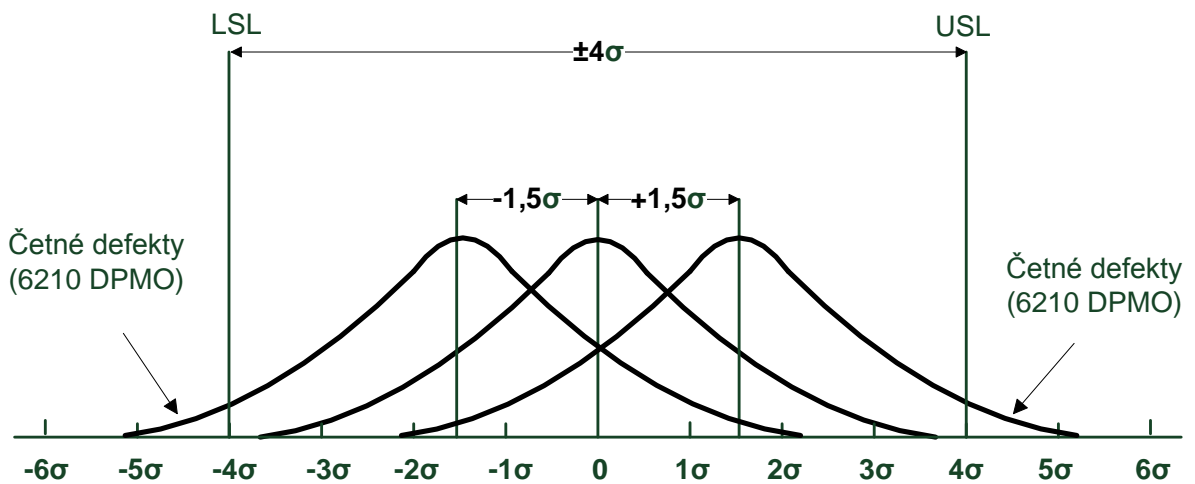
Odborníci na statistiku přišli při snižování variability procesu na jeden problém. Dosahovaná střední hodnota kritického parametru jakosti může, i když je z dlouhodobého hlediska proces stále pod kontrolou, docházet ke kolísání v intervalu $\pm 1,5 \sigma$ od cílové hodnoty. Toto možné posunutí střední hodnoty nalevo nebo napravo od cílové hodnoty má za

následek zvýšení pravděpodobnosti vzniku defektu. [11]



Obr. 7: 6 σ úroveň způsobilosti při posunu $o \pm 1,5 \sigma$ (převzato z [11])

Jak je patrné z obrázku výše, při způsobilosti procesu na úrovni 6 σ a posunutí střední hodnoty kritického parametru o 1,5 σ od cílové hodnoty, lze předpokládat okolo 3,4 defektů na milion příležitostí. Zatímco u procesů se způsobilostí na úrovni 4 σ a posunutí střední hodnoty kritického parametru o 1,5 σ od cílové hodnoty, je možné předpokládat okolo 6210 defektů na milion příležitostí. [11]



Obr. 8: 4 σ úroveň způsobilosti při posunu $o \pm 1,5 \sigma$ (převzato z [11])

2.3.1 Metrika výkonnosti procesů v Six Sigma

Přístup Six Sigma je budován na využití kvantitativních měřítek, které nám ukazují naplnění stanovených cílů. Základním měřítkem je počet defektů. Použití počtu defektů jako

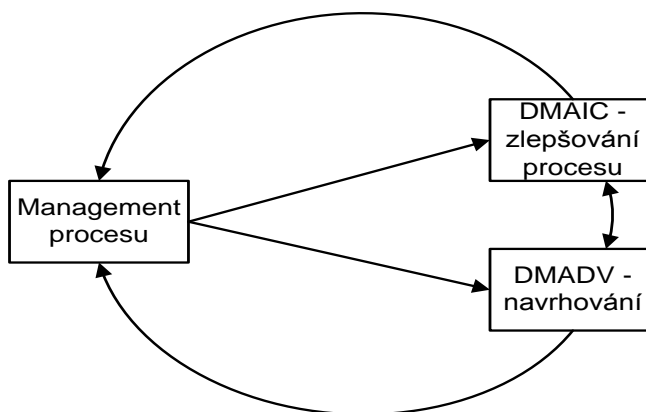
měřítko výkonnosti vychází z myšlenky, že sledování počtu defektů v procesu, službě nebo u výrobků dokáže citlivě odrážet ekonomické aspekty při poměrně jednoduché realizaci. Počet defektů lze snadno převést do peněžního vyjádření, například přepočtem na náklady vynaložené na opravy nebo předělávky. Skutečný podíl defektů v celku se často vyjadřuje v procentech nebo v „počtu vad (defektů) na milion příležitostí“ v anglickém jazyce DPMO (Defects Per Million Opportunities). Jinými slovy řečeno, kolikrát by se objevila vada při procesu, který by se milionkrát opakoval.

Tab. 6: Přehled hodnot Six Sigma (převzato z [11])

Výrobek		DPMO	Hodnota sigma
Dobry	Defekt		
30,9 %	69,1 %	690000	1,0
69,2 %	30,8 %	308000	2,0
93,3 %	6,7 %	66800	3,0
99,38 %	0,62 %	6210	4,0
99,977 %	0,023 %	320	5,0
99,9997%	0,00030 %	3,4	6,0

2.3.2 Metodologie Six Sigma

Aby organizace dosáhla Six Sigma, musí vynikat v řízení stávajících procesů (management procesu), ve zlepšování stávajících procesů (DMAIC) a v navrhování nových procesů, výrobků a služeb (DMADV). Ukázalo se, že nejefektivnějším způsobem, jak dosáhnout svých cílů v Six Sigma je propojení těchto tří metodologií.



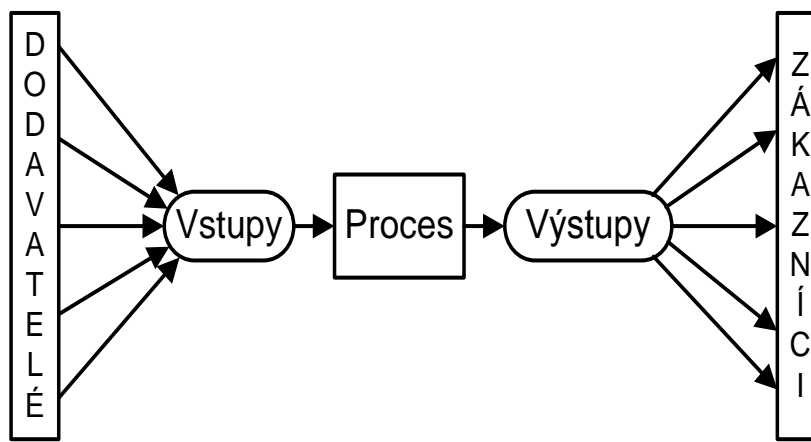
Obr. 9: Princip propojení metodologií Six Sigma (převzato z [17])

Probíhající **management procesu** zahrnuje monitorování a řízení procesů organizace.

Je také zdrojem nových projektů zlepšování a navrhování, ale i systémem, jenž podporuje a udržuje řešení projektů.

DMAIC (Six Sigma Improvement)

Proces zlepšování DMAIC (definování – měření – analyzování – zlepšování – řízení) se používá pro postupné neboli krokové zlepšování stávajících procesů. Výsledkem zlepšení procesů v organizaci jsou zlepšené výrobky a služby. Koncentruje se na snižování variability procesů. Vznikl na základě Demingova PDCA procesu (Plan – Do – Check – Act), ale na rozdíl od metody PDCA je DMAIC proces více zaměřený na hlas zákazníka a jeho potřeby a představy.

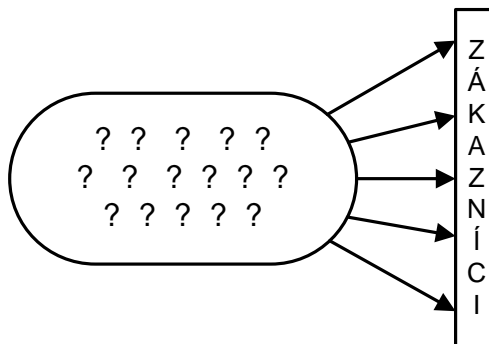


Obr. 10: Schéma DMAIC procesu (převzato z [17])

Postup pomocí metodiky DMAIC bude použit při řešení problému v praktické části diplomové práce. V první fázi se definují cíle, získávají informace, popisuje stav, kterého má být dosaženo. Popisuje se proces, který má být zlepšen. Součástí popisu procesu je i jeho rozsah (začátek a konec procesu, vstupy a výstupy). Součástí správné definice je jasné definování měřitelných i neměřitelných cílů. V druhé fázi potřebujeme získat co nejvíce informací o procesu, který budeme zlepšovat. Tyto informace nám pomohou zúžit rozsah potencionálních příčin problému. Ve třetí fázi je potřeba zjištěné informace podrobně analyzovat a zjistit skutečný potenciál pro zlepšení. Základem je analýza příčin problémů, nedostatků, nespokojenosti apod. Cílem fáze analyzuj je určení klíčových příčin problému, tj. kritických vstupních faktorů, které mají významný vliv na výskyt vad. Čtvrtou fází je zlepšení, základem zlepšení je odstranění skutečné příčiny. Nastavují se nové parametry procesu a jeho optimalizace. Součástí zlepšování by mělo být i zlepšení nákladů a přínosů pro zákazníka. Pátou a poslední fází je kontroluj, v této fázi kontrolujeme, zda nové parametry procesu přinesly zlepšení a pomáhá nám ujistit se, že problém je vyřešený.

DMADV (Six Sigma Design)

Proces navrhování DMADV (definování – měření – analyzování – navrhování – ověřování) se v organizaci používá pouze v případě, že je zapotřebí definovat nový proces, výrobek nebo službu. Proces je také možné použít na stávající proces, výrobek nebo službu, který vyžaduje takovou podstatnou změnu, že proces zlepšování by se jevil jako neadekvátní.



Obr. 11: Schéma DMADV procesu (převzato z [17])

Přestože některé z kroků metodologií DMAIC a DMADV nesou stejné názvy, existují zřetelné rozdíly ve smyslu těchto kroků i v použitých nástrojích. [17]

Tab. 7: Charakteristika kroků DMAIC a DMADV (převzato z [17])

DMAIC	DMADV
Definování projektu: <ul style="list-style-type: none"> – Vypracování jednoznačného vymezení projektu. – Shromažďování základních informací o stávajícím procesu a o potřebách a požadavcích zákazníků. 	Definování projektu: <ul style="list-style-type: none"> – Vypracování jednoznačného vymezení projektu. – Vypracování plánů organizačních změn, plánu managementu rizik a plánů projektu.
Měření současné situace: <ul style="list-style-type: none"> – Shromažďování informací o současné situaci, které poskytují jasnější zaměření úsilí o zlepšování. 	Měření požadavků zákazníka: <ul style="list-style-type: none"> – Shromažďování údajů z „hlasu zákazníka“ (VOC). – Převod VOC na požadavky na návrh (znaky CTQ). – Identifikování nejdůležitějších znaků CTQ. – Podle potřeby vypracování metody řešení v jednotlivých etapách.
Analyzování pro zjištění příčin: <ul style="list-style-type: none"> – Zjišťování základních příčin vad. – Potvrzení těchto příčin na základě údajů. 	Analyzování koncepcí: <ul style="list-style-type: none"> – Vypracování, hodnocení a výběr koncepce, která nejlépe splňuje znaky CTQ v rámci omezení týkajících se rozpočtu a zdrojů.

<p>Zlepšování:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Vypracování, testování a implementace řešení základních příčin. – Využívání údajů pro hodnocení výsledků daných řešení a plánů použitých pro jejich provádění. 	<p>Navrhování:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Vypracování rámcového a podrobného návrhu. – Testování složek návrhu. – Příprava pilotní a úplné aplikace.
<p>Řízení:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Udržování prospěchu, kterého je dosaženo standardizováním pracovních metod nebo procesů. – Předvídání budoucích zlepšení a vytváření plánů pro zachování poučení získaných z úsilí o zlepšení. 	<p>Ověřování výkonnosti návrhu:</p> <ul style="list-style-type: none"> – Provedení pilotního ověření, testování prototypu za provozu a „doladění“ prototypu. – Implementace návrhu. – Převedení odpovědnosti na příslušné pracovníky v organizaci. – Ukončení činnosti týmu.

Přístup Six Sigma je prezentován jako komplexní a flexibilní systém dosahování, udržování a dalšího zvyšování výkonnosti organizace. Poskytuje podnikům způsob, jak předcházet chybám ve všech jejich aktivitách.

Významným přínosem koncepce Six Sigma je, že při hodnocení nevychází pouze ze zprůměrovaných hodnot, kdy ztrácíme odchylky a jejich škodlivý vliv na výkonnost podniku. Management může sledováním odchylek daleko lépe porozumět výkonnosti podniku, než je tomu při sledování obvyklých zprůměrovaných ukazatelů. [18]

2.3.3 Statistické nástroje

ANOVA

ANOVA (Analysis of Variance – analýza rozptylu) je nástroj matematické statistiky, kterou vyvinul R. A. Fisher na začátku 20. století. Analýza variability nám umožňuje posoudit jednotlivé zdroje variability v získaných datech. Pokud získaná data mají charakter normálního rozdělení, můžeme je rozřadit podle faktorů na několik různých úrovní do skupin. Nejčastěji se prošetřuje statistická významnost zvoleného faktoru, který buď ovlivňuje (změnou parametrů) výslednou veličinu, nebo na ní nemá žádný vliv (chyby náhodné).

ANOVA má několik variant, rozdělujeme ji podle počtu faktorů, které budeme v analýze uvažovat. Nejjednodušší je jedno faktorová ANOVA (one-way ANOVA), zde uvažujeme pouze jeden faktor. Dále existuje dvou faktorová ANOVA (two-way ANOVA)

a pokud uvažujeme více faktorů než dva, použije se více faktorová ANOVA (MANOVA), někdy nazývaná jako multi faktorová. [20]

Pro názornost bude popsána jedno faktorová ANOVA.

Obecné vyjádření:

$$X = \mu + (\alpha + \beta + \dots) + (\alpha\beta + \dots) + e \quad (1)$$

kde: μ je měřená hodnota při nulovém vlivu faktoru,

α, β jsou vlivy faktorů na měřenou veličinu,

$\alpha\beta$ je interakce vlivů faktorů,

e jsou náhodné chyby.

Jedno faktorová analýza zkoumá vliv jen jednoho faktoru na výslednou sledovanou veličinu. Posuzuje, zdali je střední hodnota odlišná od ostatních. Podmínkou pro provedení analýzy je normální rozdělení všech souborů a přibližně stejné hodnoty rozptylů. Srovnání míry odchylek se provádí pomocí výpočtu součtu čtverců.

Součet čtverců odchylek mezi průměry:

$$SS_1 = \sum_i^k n_i (\bar{x}_i - \bar{x})^2 \quad (2)$$

Součet čtverců odchylek od jednotlivých hodnot od sloupcového průměru:

$$SS_2 = \sum_i^k \sum_j^{n_i} (\bar{x}_{ij} - \bar{x}_i)^2 \quad (3)$$

Celkový součet čtverců SS:

$$SS_0 = \sum_i^k \sum_j^{n_i} (\bar{x}_{ij} - \bar{x})^2 \quad (4)$$

$$SS_0 = SS_1 + SS_2 \quad (5)$$

Stupně volnosti DF:

$$DF_1 = k - 1 \quad (6)$$

$$DF_2 = N - k \quad (7)$$

$$DF_0 = DF_1 + DF_2 \quad (8)$$

Průměrné čtverce MS:

$$MS_1 = \frac{SS_1}{DF_1} \quad (9)$$

$$MS_2 = \frac{SS_2}{DF_2} \quad (10)$$

Hodnota F:

$$F = \frac{MS_1}{MS_2} \quad (11)$$

Hodnota Fkrit:

MS Excel =FINV(prst; volnost1; volnost2)
Statistické tabulky

Po získání informace z porovnání hodnot F a Fkrit a hodnoty P s hladinou významnosti α , můžeme rozhodnout o tom, zda nulovou hypotézu potvrdíme nebo zamítneme. Nulová hypotéza H_0 nám říká, že výsledné hodnoty jsou ovlivněny jen náhodnými chybami, ne tedy vlivem faktoru. Pro hladinu významnosti se většinou volí hodnota 0,05.

Pokud platí:

$$F > F_{\text{krit}} \text{ a } P < 0,05,$$

tak tuto hypotézu zamítáme oproti hypotéze H_a , kdy jsou výsledky ovlivněny faktorem. Hypotéza H_a se může dále analyzovat. [20]

DOE (Technika plánovaných experimentů)

DOE - Design of Experiments patří mezi silné statistické nástroje, používané pro optimalizaci procesů. Metody DOE vyvinul anglický matematik Sir Ronald Fisher na začátku dvacátých let minulého století. Na konci čtyřicátých let minulého století se japonský inženýr Genichi Taguchi začal zabývat tím, jak zlepšovat kvalitu. Taguchi zjednodušil a standardizoval klasickou metodu DOE tak, aby byla lépe srozumitelná. Tato technika byla úspěšně implementována nejprve v Japonských firmách, v Americe byla uplatňována až začátkem osmdesátých let.

DOE je experimentální strategie, která zkoumá jak jednotlivé faktory a jejich vzájemná interakce působí na výstup procesu. Primárním cílem metody DOE je pomocí

předem promyšlených změn v procesu, najít takovou kombinaci faktorů, která nám umožní získat na výstupu procesu nejvyšší kvalitu výrobku. Podle způsobu definování dělíme faktory na spojité a diskrétní. U spojitéch faktorů můžeme nastavit jejich libovolnou hodnotu ve vymezeném pracovním pásmu (např. teplota, tlak), zatímco u diskrétních můžeme nastavit pouze jednu konkrétní hodnotu, nebo status (např. dodavatel, typ materiálu).

Pokud budeme studovat, jaký má faktor vliv, musíme provést experimenty se 2 nebo více úrovněmi faktorů. Nejmenší možný experiment je testování pouze jednoho faktoru ve 2 úrovních, to znamená, že musíme provést 2 pokusy. Pokud budeme chtít najít vliv 2 faktorů (A a B) ve dvou úrovních, musíme provést čtyři kombinace pokusů [21]:

$$A_1B_1$$
$$A_1B_2$$
$$A_2B_1$$
$$A_2B_2$$

Jestliže chceme otestovat tři faktory (A, B, C) ve 2 úrovních, musíme provést 8 testů:

$$A_1B_1C_1$$
$$A_1B_1C_2$$
$$A_1B_2C_1$$
$$A_1B_2C_2$$
$$A_2B_1C_1$$
$$A_2B_1C_2$$
$$A_2B_2C_1$$
$$A_2B_2C_2$$

Celkový počet všech možných kombinací získáme tak, že počet úrovní umocníme počtem faktorů, které budeme zkoumat:

$$3 \text{ faktory ve 2 úrovních} \quad 2^3 = 8$$

$$12 \text{ faktorů ve 2 úrovních} \quad 2^{12} = 4096$$

V praxi není možné provádět takovéto rozsáhlé experimenty, jak z hlediska časového, tak i ekonomického. Proto Genichi Taguchi sestavil sadu speciálních tabulek tzv. ortogonální soustavy, dle kterých je možno provádět pouze malou část z celkového počtu možných pokusů. Díky těmto soustavám můžeme provádět nejmenší možný počet experimentů s maximálním množstvím získaných informací. Pro návrhy experimentů se 2 faktory ve 2 úrovních používáme ortogonální soustavy různých velikostí. Nejčastěji se používají soustavy [21]:

L-4 (2^3)	pro 2-3 faktory
L-8 (2^7)	pro 4-7 faktorů
L-12 (2^{11})	pro 8-11 faktorů
L-16 (2^{15})	pro 8-15 faktorů
L32 (2^{31})	pro 16-31 faktorů
L-64 (2^{63})	pro 32-63 faktorů

Tab. 8: Ortogonální soustava L-4 (převzato z [21])

Číslo experimentu	Sloupec		
	1 A	2 B	3 C
1	1	1	1
2	1	2	2
3	2	1	2
4	2	2	1

Existují i mnohem větší soustavy, ale pro praktickou realizaci průmyslových experimentů se zpravidla nepoužívají. Jsou využívány pro počítačové simulace. Pomocí metody DOE jsme schopni identifikovat faktory, které mají vliv na kvalitu a tyto faktory můžeme seřadit tak, abychom zajistili ideální podmínky na výstupu procesu.

3 PRAKTICKÁ ČÁST

3.1 ACTI PACK CZ a.s.

Společnost ACTI PACK CZ a.s. se zaměřuje na výrobu vyfukovaných plastových obalových prostředků pro balení kosmetických, potravinářských, farmaceutických a jiných výrobků. Obaly jsou vyráběny z různých druhů termoplastů – PET, PE-HD, PE-LD, PP, PET-G, PVC, PC. [8]

PET	Polyethylentereftalát
PE-HD	Vysokohustotní polyethylen
PE-LD	Nízkohustotní polyethylen
PP	Polypropylen
PET-G	Polyethylentereftalát glykol
PVC	Polyvinylchlorid
PC	Polykarbonát

3.1.1 Základní údaje o společnosti

Obchodní firma: ACTI PACK CZ a.s.

Sídlo: Janovice nad Úhlavou, Rozvojová zóna 560, PSČ 340 21

IČO: 26338050



Obr. 12: logo společnosti (zdroj [22])

Předmětem podnikání je dle výroční zprávy za rok 2012:

- výroba plastových výrobků a pryžových výrobků
- velkoobchod
- činnost technických poradců v oblasti plastů
- specializovaný maloobchod.

Základní kapitál společnosti činí 20.000.000,-Kč je rozdělen na 200 ks kmenových akcií na jméno o jmenovité hodnotě 100.000,-Kč. Vlastníkem 100 % základního kapitálu je Francouzská společnost ACTI PACK SA.

Firemní marketingové heslo zní: „Standardní nebo speciální obal, vždy máme řešení.“

3.1.2 Představení společnosti

ACTI PACK CZ a.s. je od roku 2006 novým názvem původní společnosti BLOWPACK a.s., která byla založena 15. 10. 2001 v Nýrsku. ACTI PACK CZ se může pyšnit dlouholetými zkušenostmi v technologii vyfukování a vstříko-vyfukování plastových obalů, kterých dosáhla především díky mateřské francouzské firmě ACTI PACK SA a společnosti OKULA Nýrsko a.s., které mají téměř 40-letou tradici v plastové výrobě. Obě tyto společnosti stály u zrodu původní společnosti BLOWPACK. Společnost ACTI PACK SA odkoupila v roce 2003 zbylé akcie společnosti OKULA Nýrsko a.s. a stala se tak 100 % vlastníkem společnosti. Společnost ACTI PACK CZ a. s. je součástí skupiny AXIUM. AXIUM S. A. je obchodní holding, který zastřešuje kromě společnosti ACTIPACK ještě společnosti LOIRE PLASTIC INDUSTRIE a PACKINOV. Firma LOIRE PLASTIC INDUSTRIE se zabývá výrobou plastových uzávěrů, vložek a zátek. Firma PACKINOV se zaměřuje na výrobu plnicích a uzavíracích strojů a robotů. [8]

V roce 2009 došlo k přesunutí výroby společnosti ACTI PACK CZ do nových výrobních prostor v rozvojové zóně v Janovicích nad Úhlavou. Výrobu zajišťuje sedm strojů pro vyfukování plastů a sedm strojů pro vstříko-vyfukování plastů. Ve firmě v současné době pracuje zhruba 65 zaměstnanců. V loňském roce firma vyrobila přibližně 49 miliónů kusů obalů. Od roku 2004 je společnost držitelem certifikátu ČSN EN ISO 9001:2000.



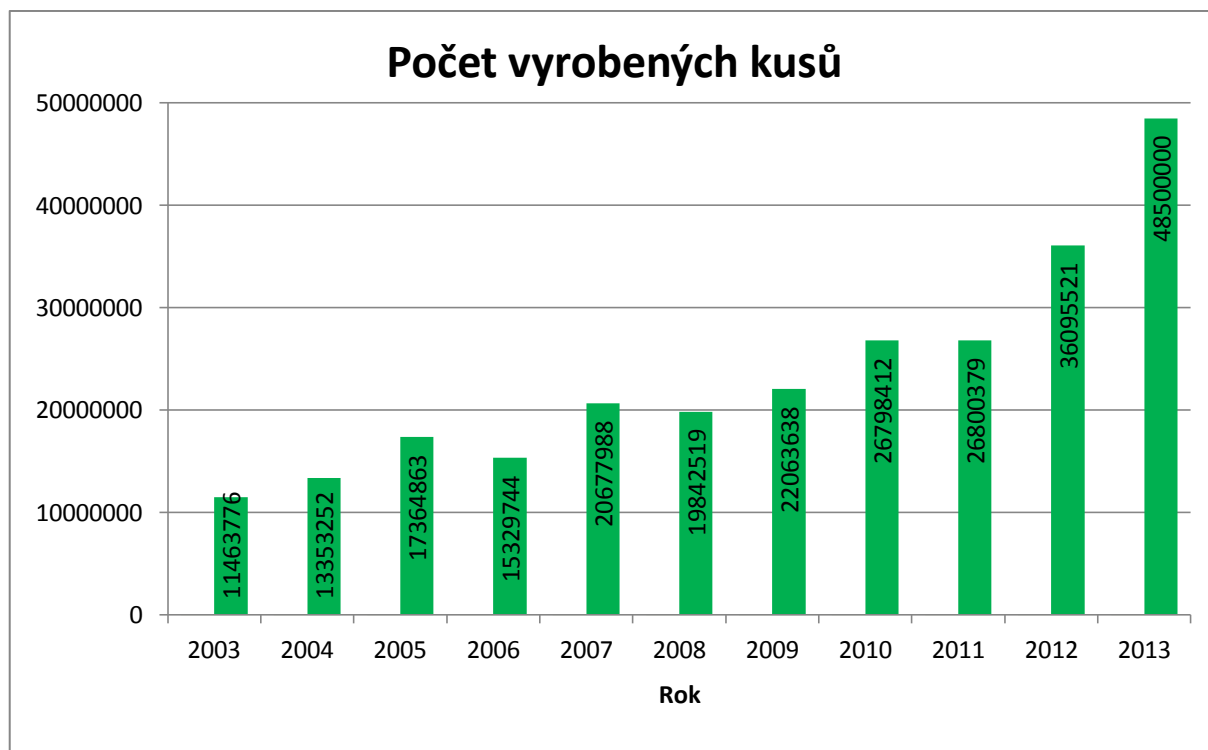
Obr. 13: Výrobní závod v Janovicích nad Úhlavou (zdroj [22])

Jak je již zmíněno výše, společnost ve výrobě používá dvě technologie vyfukování termoplastů. První technologií je extruzní vyfukování. Druhou technologií je vstříko-

vyfukování, při ní si firma z granulátů vyrábí polotovary tzv. preformy. Výhodou této metody je, že je bezodpadová. Mezi základní výrobky firmy patří lahve, dózy a kelímky o objemech 100 až 1500 ml. Firma nabízí tyto výrobky v cca 100 modelech. Hlavní část produkce, přibližně 60 %, je dodáváno do kosmetického průmyslu. Do potravinářského průmyslu je dodáváno přibližně 35 % produkce a zbylých 5 % produkce tvoří výrobky pro farmaceutický průmysl a ostatní. [8]

3.2 Úvod do problematiky

Společnost ACTI PACK CZ vyrobila v roce 2013 celkem 48 500 000 kusů výrobků. Na obrázku č. 14 můžeme vidět celkový vývoj nárůstu výroby v období od roku 2003 do roku 2013. Průměrná zmetkovitost celé výroby za rok 2013 se pohybovala lehce nad hodnotu 3,5 %. Z celkového počtu vyrobených kusů tvoří 3,5 % zmetků zhruba 1 800 000 kusů neshodných výrobků. Do roku 2014 vstoupila společnost ACTI PACK CZ s cílem snížit zmetkovitost pod 3 %.



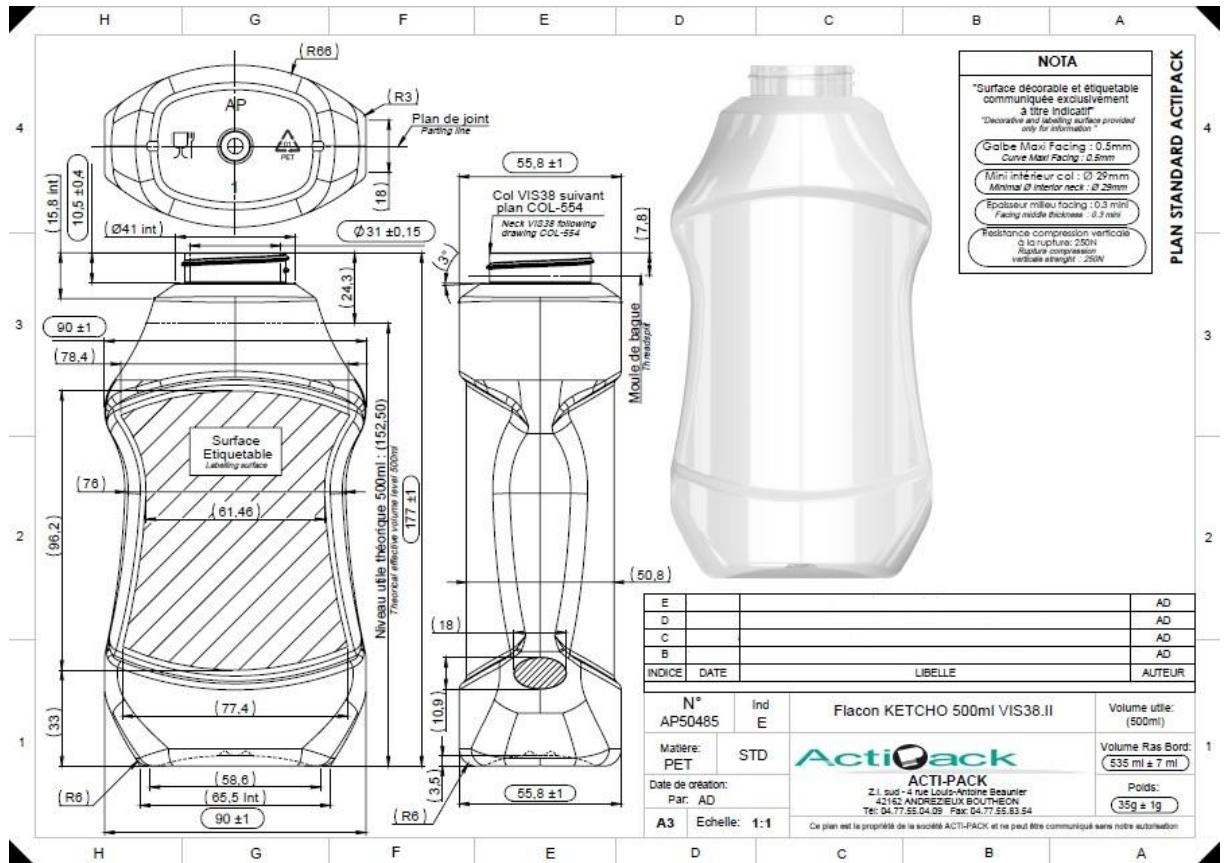
Obr. 14: Grafické vyjádření celkového počtu vyrobených kusů (zdroj [22])

Úkolem zadaným společností ACTI PACK CZ bylo analyzovat současný stav výroby neshodných výrobků produktu Ketcho 500 ml, analyzovat příčiny zmetkovitosti a provést návrhy na optimalizaci výroby tohoto výrobku. Dosáhnout zvýšení efektivnosti výroby a snížit náklady spojené s produkcí neshodných výrobků. Výrobek Ketcho byl vybrán,

protože se jedná o nový produkt pro potravinářský průmysl, který chce společnost v budoucnosti dále rozvíjet a zvyšovat jeho produkci. Dalším důvodem je zájem společnosti o dlouhodobé a spolehlivé partnerství se společností SPAK, která je exkluzivním odběratelem tohoto produktu. Společnost ACTI PACK CZ uzavřela se společností SPAK exkluzivní smlouvu, která ji otevřela dveře na český a rakouský potravinářský trh, v budoucnu by ale ráda pronikla i na německý a francouzský trh. Společnost se v této smlouvě zavázala výhodně vyrábět po určitou dobu produkt Ketcho 500 ml pouze pro firmu SPAK.

VÝROBEK KETCHO 500 ml

Praktická část diplomové práce je zaměřena na analýzu zmetkovitosti výroby produktu Ketcho 500 ml VIS 38 II 35 gr. Jedná se o plastovou láhev o objemu 500 ml s průměrem hrdla 38 mm a váhou 35 gramů. Hrdlo láhve je opatřeno závitem pro šroubovací uzávěr. Plastový obal Ketcho je určen pro balení tekutých potravinářských výrobků, jako jsou hořčice, kečupy, tatarské omáčky, majonézy a marinády. Na přání zákazníka může být k láhvi dodán dávkovací uzávěr, který je patentován a vyráběn dceřinou společností ve Francii. Elastická plastová láhev spolu s dávkovacím uzávěrem umožňuje snadné dávkování plněného produktu. Výrobek Ketcho je vyráběn společností ACTI PACK CZ ve čtyřech barevných provedeních, a to v červené, černé, bílé a průhledné.



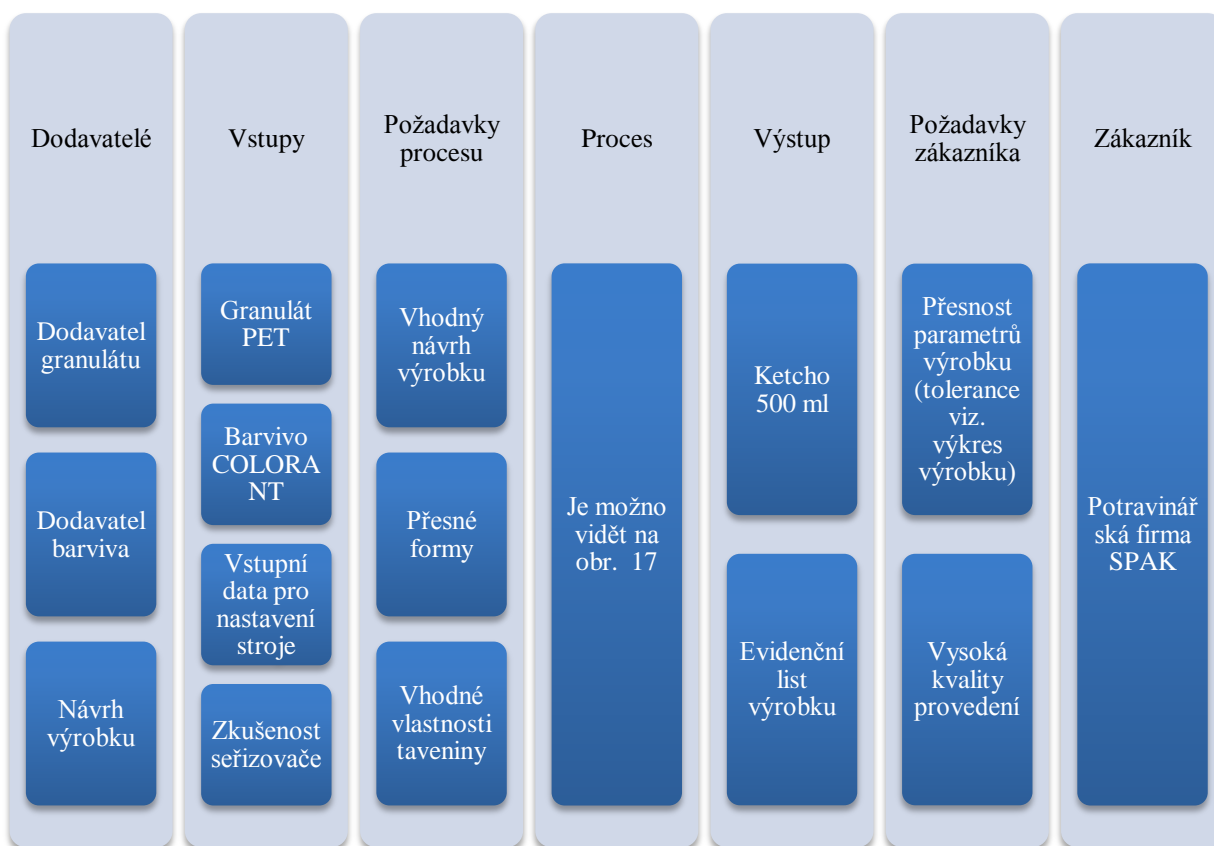
Obr. 15: Výkres výrobku (zdroj [22])

4 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Pro snížení zmetkovitosti při výrobě plastové láhve Ketcho použijeme postup velmi podobný metodice DMAIC, který byl již popsán v teoretické části. Nejdříve pomocí nástrojů SIPOC, CTQ stromu a dalších popíšeme proces výroby, definujeme problém, který je nutné odstranit a cíle, kterých při tom chceme dosáhnout. Poté z dat naměřených během výroby ve společnosti ACTI PACK CZ provedeme analýzu a navrhujeme opatření ke zlepšení. Pokud by se společnost rozhodla uvedené návrhy implementovat do praxe, měla by po jejich zavedení proběhnout ještě kontrola a vyhodnocení, zda bylo dosaženo zlepšení.

4.1 Definice problému

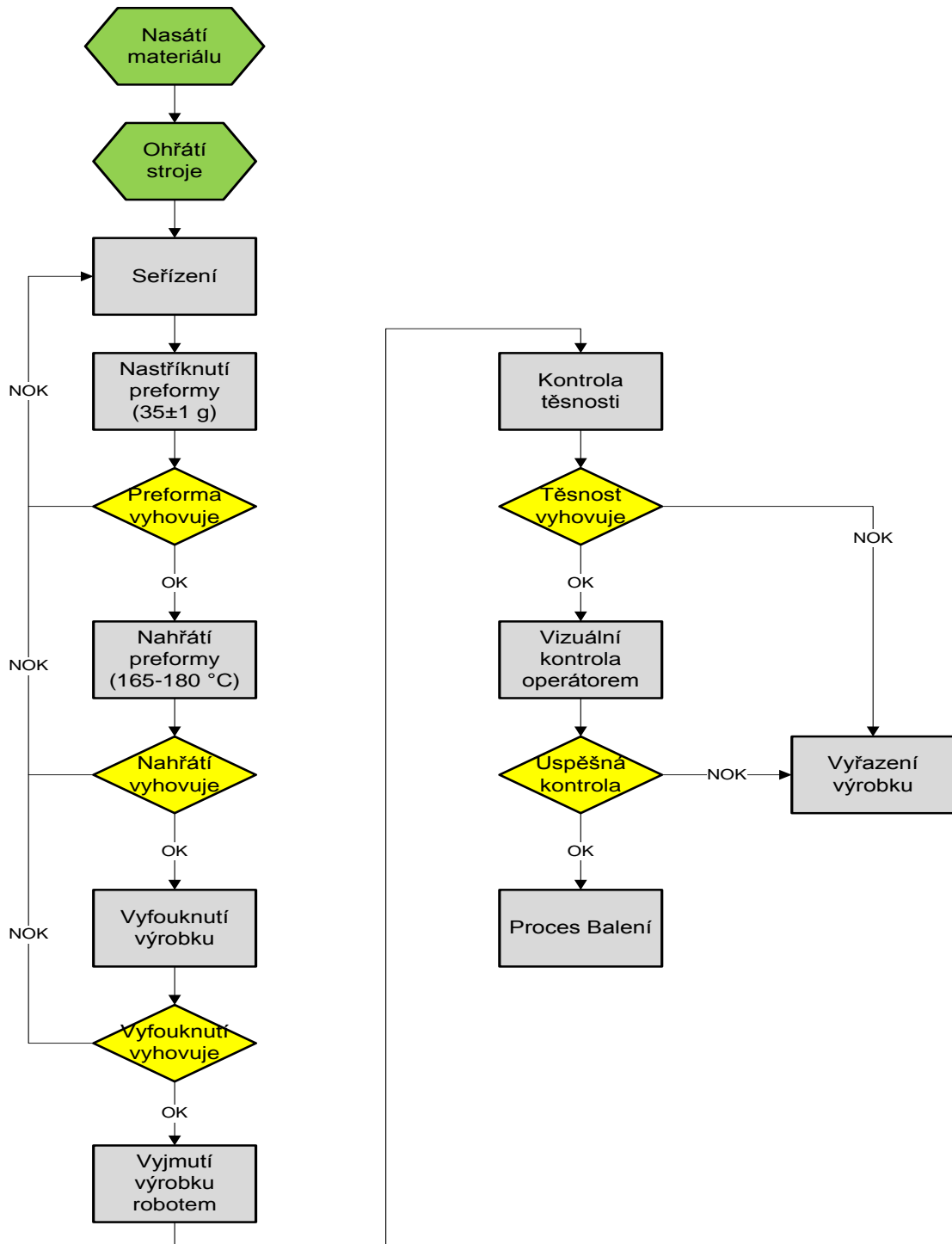
Jak již bylo napsáno výše, problémem bylo snížení zmetkovitosti výroby produktu Ketcho 500 ml. Cílem je navrhnout opatření vhodná pro snížení počtu neshodných výrobků pod 3 %.



Obr. 16: Diagram SIPOC

Z diagramu SIPOC je zřejmé, kdo patří mezi interní a vnější dodavatele, zákazníky a jaké jsou jejich požadavky na proces. Hlavními požadavky na výrobní proces jsou přesné

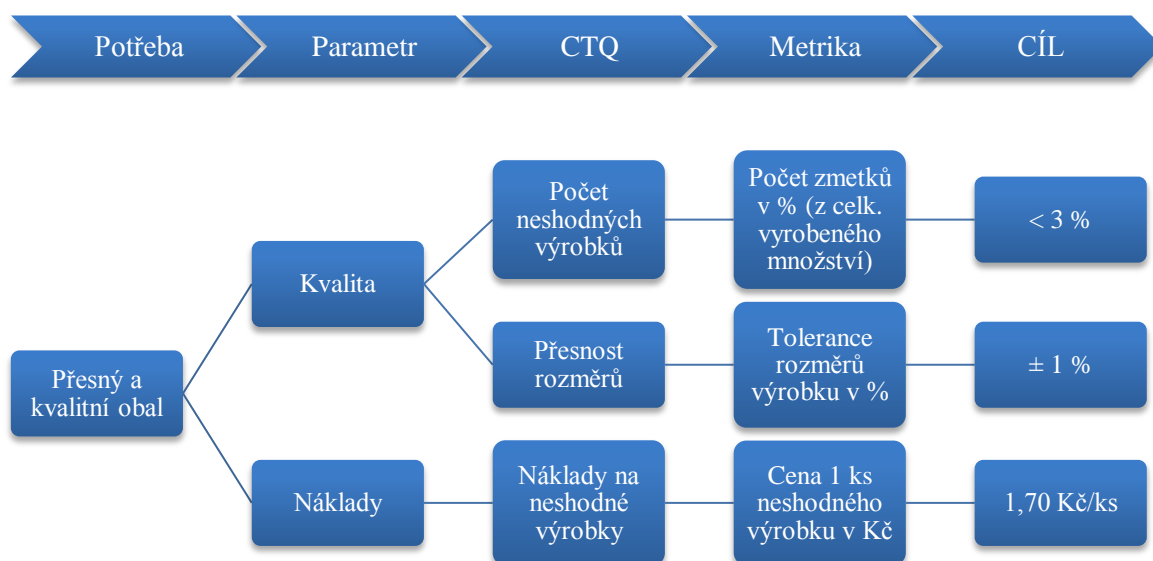
formy pro nástřík a vyfouknutí preformy a dále je nutné zajistit kvalitní taveninu. Ta je vytvářena z kvalitního granulátu a barviva na vstříko-vyfukovacím stroji ASB 50. Důležitý je i samotný návrh konstrukce výrobku. Požadavky zákazníka jsou především zaměřeny na kvalitu zpracování a vysokou přesnost rozměrových parametrů výrobku. Proces výroby produktu Ketcho je z důvodu nedostatku místa v diagramu SIPOC uveden na samostatném obrázku.



Obr. 17: Proces výroby produktu Ketcho 500 ml

Výrobní proces probíhá na vstříko-vyfukovacím stroji ASB 50. Po nasátí materiálu a smícháním s barvivem v extruderu se do vstříkovací formy nastříkne na speciální ocelový trn tavenina. Tím se vytvoří polotovar tzv. reforma, a to včetně dna a kompletního hrdla. Poté se trn s preformou nahřeje a přenesení do formy pro vyfouknutí. Následuje vyfouknutí vzduchem do tvaru tvarové dutiny formy, ochlazení a ztuhnutí plastu, otevření formy a sejmutí z trnu robotem a celý cyklus se opakuje. Po vyjmutí výrobku robotem přichází na řadu kontrola těsnosti pomocí testeru a vizuální kontrola operátorem výroby. Pokud je hotový výrobek v pořádku a prošel kontrolami, je zabalen dle balicího plánu výrobku. Pokud nesplnil požadavky kontroly je výrobek vyřazen.

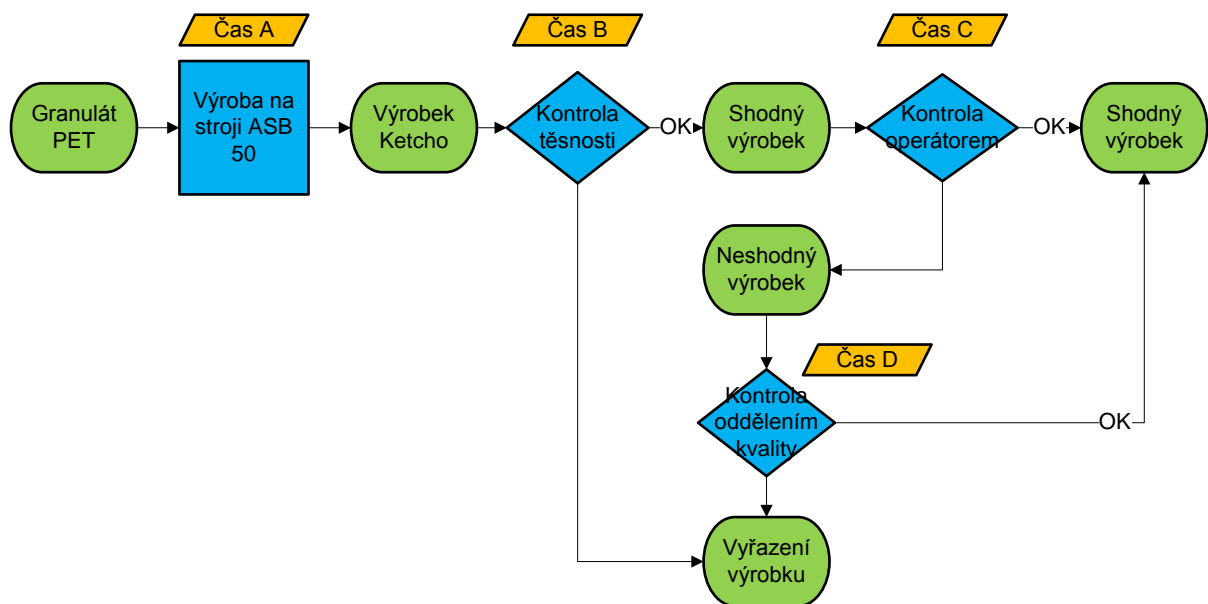
Pro určení prioritních znaků procesu byl použit strom CTQ – Critical to Quality. Na obrázku níže můžeme vidět, které parametry sledujeme u dané potřeby. Jsou zde určeny metriky pro sledování daných požadavků a cíle, kterých chceme u procesu dosáhnout.



Obr. 18: CTQ strom

Mapa toku hodnoty na obr. 19 nám ukazuje tok materiálu výrobou a jeho přeměnu na přidanou hodnotu. Modře vybarvené obrazce znázorňují úkony, kterými výrobek prochází. Oranžově jsou označeny časy potřebné pro provedení daného úkonu. Je-li výrobek vyroben správně podle technologického postupu a projde nejprve kontrolou těsnosti pomocí testeru a následně vizuální kontrolou prováděnou operátorem výroby, je čas vynaložený na výrobu roven součtu časů A+B+C. Pokud neprojde kontrolou těsnosti je výrobek vyřazen, aniž by následovala kontrola operátorem. Pokud není operátor výroby schopen rozhodnout o shodnosti výrobku ani při porovnání s referenčním vzorkem výrobku, následuje kontrola

a posouzení shodnosti výrobku pracovníkem oddělení kontroly kvality. Tím se prodlužuje doba výroby o čas D, který je nutný k provedení kontroly pracovníkem kontroly kvality. Tato kontrola protahuje výslednou dobu procesu. Společnost používá vyřazené výrobky na výrobu regenerulátu. Neshodné výrobky jsou rozřezány neboli granulovány ve speciálním stroji. Společnost využívá regenerulát pouze u některých svých výrobců, jako procentuální příměs do originálního materiálu, ale pouze v řádu desetin procent, aby zůstala zachována vysoká kvalita výrobku. U výrobku Ketcho 500 ml se regenerulát jako příměs do originálního materiálu nepoužívá. Tento proces likvidace vyřazených výrobků je ekologický, ale stojí společnost nemalé finanční náklady a zvyšuje cenu neshodného výrobku.

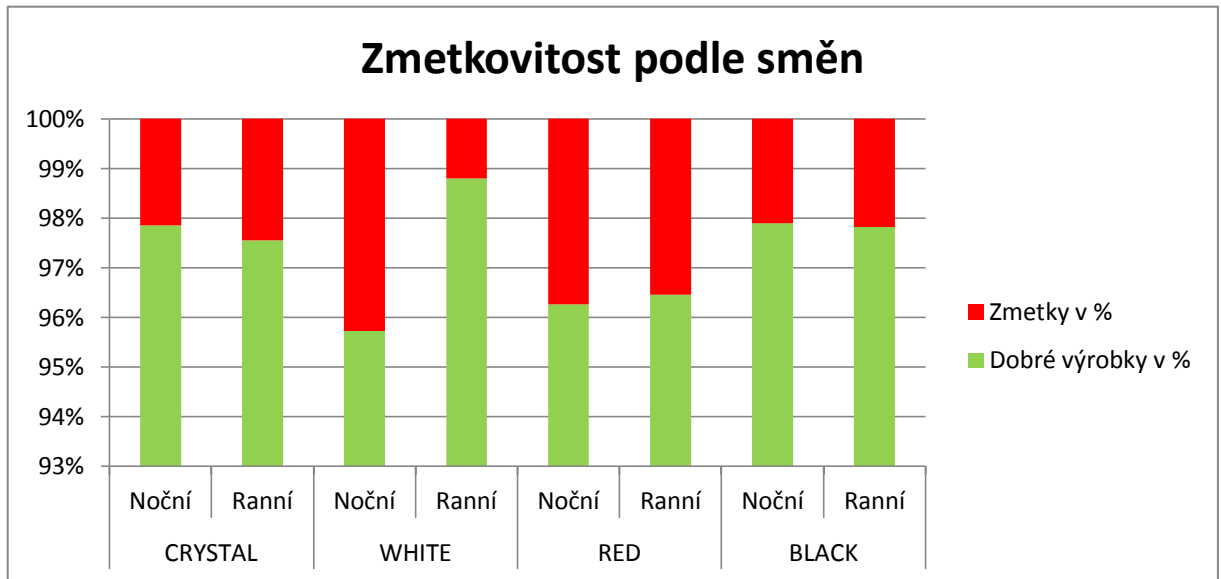


Obr. 19: Mapa toku hodnoty

4.2 Měření současného stavu

Důležitým zdrojem informací pro analýzu je evidenční list výrobku. Do evidenčního listu výrobku operátor výroby zaznamenává údaje o výrobku, mezi které patří datum výroby, směna, jméno operátora, vyrobené množství, počet neshodných výrobku, dobu cyklu, atd. Operátor zapisuje do evidenčního listu počet neshodných výrobků a druh vady výrobku. Mezi sledované druhy vad patří netěsnost láhve, „vlasy“ (vytaženiny po vyfouknutí) a bubliny, stříbření, odření, napálení, propadliny nebo slabá stěna, nečistota v materiálu, vstříkovací bod není ve středu, špatná preforma a jiné (spadlé na zem, nedobarvené).

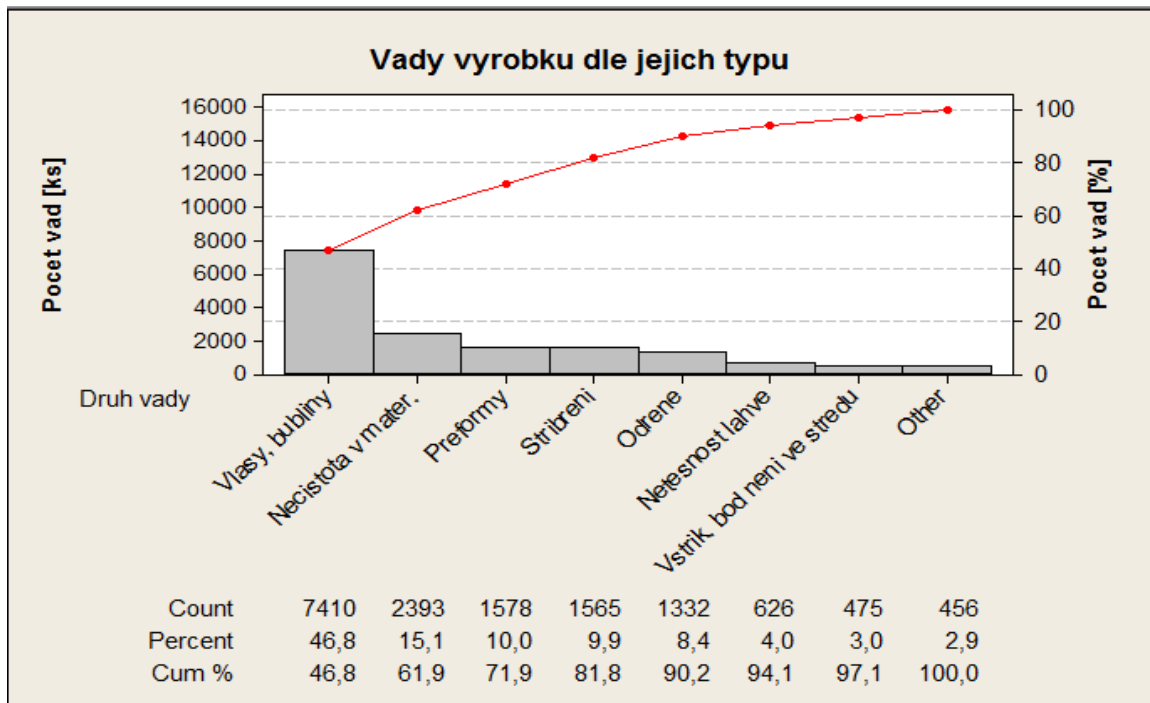
Výrobek Ketcho je vyráběn ve dvousměnném provozu, v němž se zaměstnanci vzájemně střídají ve dvou směnách v rámci 24 hodin po sobě jdoucích. Proto byl sestaven i graf zmetkovitosti podle směn.



Obr. 22: Graf zmetkovitosti dle směn

Z grafu na obr. 22 je patrné, že byla překročena hranice 3 % neshodných výrobků při výrobě červeného a bílého provedení výrobku. Při výrobě červeného provedení výrobku je zmetkovitost ranní směny 3,54 % a noční směny 3,73 %. Při výrobě bílého provedení výrobku činila zmetkovitost noční směny 4,27 %. Zmetkovitost u ostatních provedení výrobku a směn se pohybovala pod hranicí požadovaných 3 %.

Evidenční listy výrobku nám také poskytly informace o četnosti jednotlivých vad neshodných výrobků. Pomocí Paretova principu byl sestaven Paretův diagram, který nám znázorňuje jednotlivé vady a jejich četnost. Paretův diagram obr. 22 nám ukázal, že 46,8 % vad tvoří „vlasy“ (vytaženiny po vyfouknutí) a bubliny, 15,1 % vad zastupují nečistoty v materiálu, 10 % vad jsou špatné preformy a 9,9 % vad je stříbření (špatný lesk výrobku). Tyto čtyři vady tvoří v kumulovaném součtu 81,8 % vadných výrobků z celkového počtu neshodných výrobků.

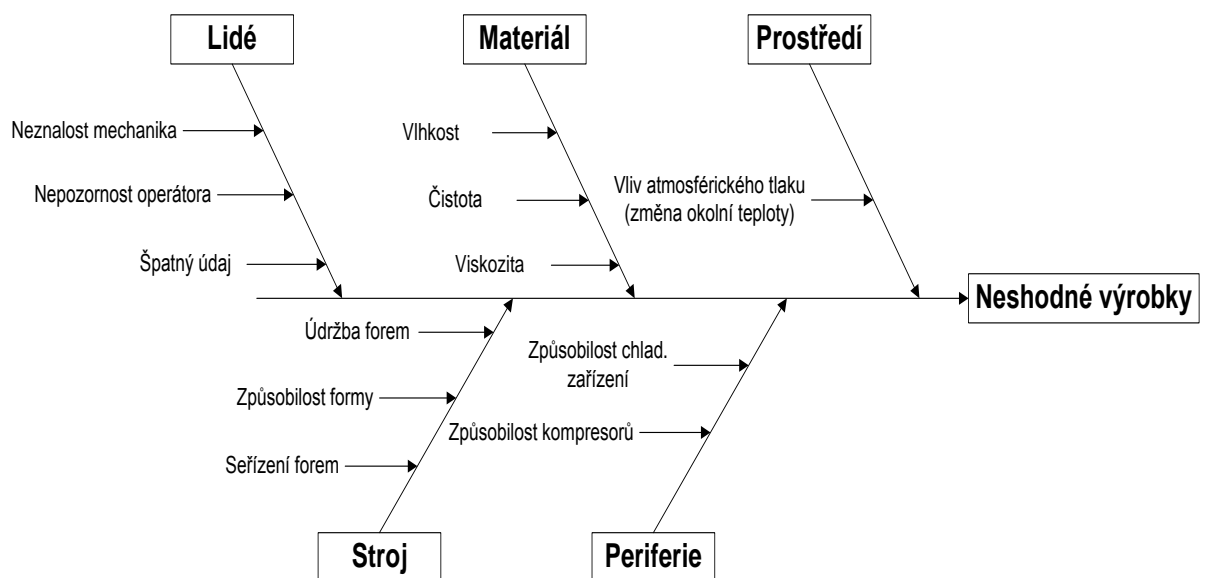


Obr. 23: Paretův diagram

4.3 Analýza

Tato část se bude věnovat datům získaným v předchozí části. Budeme v nich hledat a zkoumat příčiny vad a problémů, které vedou k produkci neshodných výrobků.

Pro přehledné zobrazení jednotlivých vlivů na výrobu neshodných výrobků Ketcho 500 ml jsme sestavili diagram příčin a následků. Obr. 24



Obr. 24: Diagram příčin a následků

Analýza měřicího systému

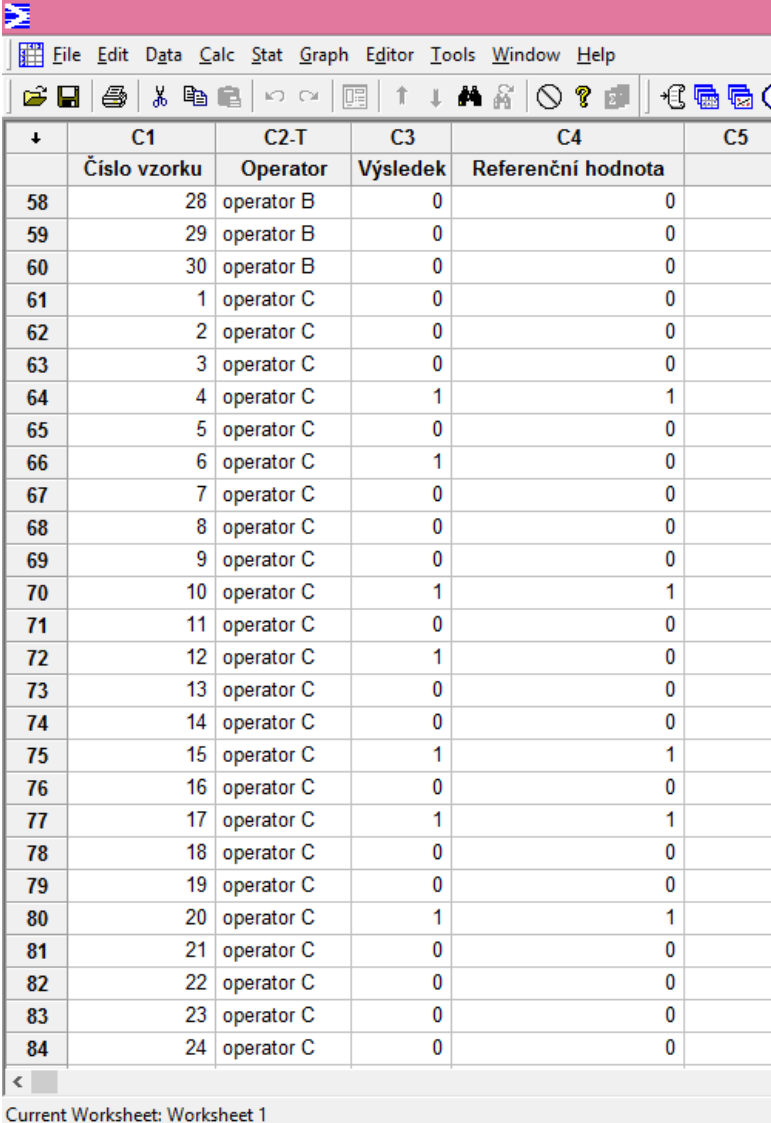
Po diskuzi s vedoucím výroby a vedoucím kvality ohledně možných příčin a následků výroby neshodných výrobků, jsme se zaměřili na operátory výroby. Jako jedna z příčin zmetkovitosti byla určena i nepozornost operátora. Jedná se především o špatnou klasifikaci hotového výrobku. Operátor musí být schopen během krátkého časového úseku rozhodnout, zda se jedná o dobrý nebo vadný výrobek. Proto byla provedena analýza měřicího systému MSA (Measurement System Analysis), kdy bylo vybráno třicet lahví výrobku Ketcho 500 ml, a mezi ně bylo zařazeno 6 vadných výrobků. Úkolem operátora bylo vizuálně zkontrolovat všech třicet lahví v náhodném pořadí a určit jaké výrobky by vyřadil. Operátor také musel uvést důvod vyřazení. Test probíhal za podmínek, které simulovaly normální provozní prostředí. Bylo vybráno pět operátorů a každý operátor provedl test třikrát.

Získaná data jsou atributivního charakteru (dobrý výrobek/ vadný výrobek), jde tedy o kvalitativní data. Ty nám říkají pouze to, zda hotový výrobek splňuje kritéria daná zákazníkem. Data byla přenesena a zpracována ve statistickém softwaru Minitab. Tento statistický nástroj je pro jeho snadné a intuitivní ovládání velice rozšířený a používaný v oblasti řízení kvality. Aby data mohla být přenesena do Minitabu, museli jsme výsledkům přiřadit číselné označení:

0 – dobrý (shodný) výrobek

1 – vadný (neshodný) výrobek.

Na obr. 25 jsou zobrazena data zadaná do softwaru Minitab. V prvním sloupci C1 (Číslo vzorku) jsou zapsána čísla jednotlivých vzorků, která jsou testována. Ve druhém sloupci C2-T (Operator) jsou zapsáni jednotliví operátoři provádějící test. Ve třetím sloupci C3 (Výsledek) jsou zanesena rozhodnutí jednotlivých operátorů, zda-li je daný vzorek dobrý (v tabulce symbolizován číslem 0) nebo vadný (v tabulce symbolizován číslem 1). Ve čtvrtém sloupci C4 (Referenční hodnota) je uvedena skutečnost, zda se jedná o dobrý nebo o vadný výrobek.

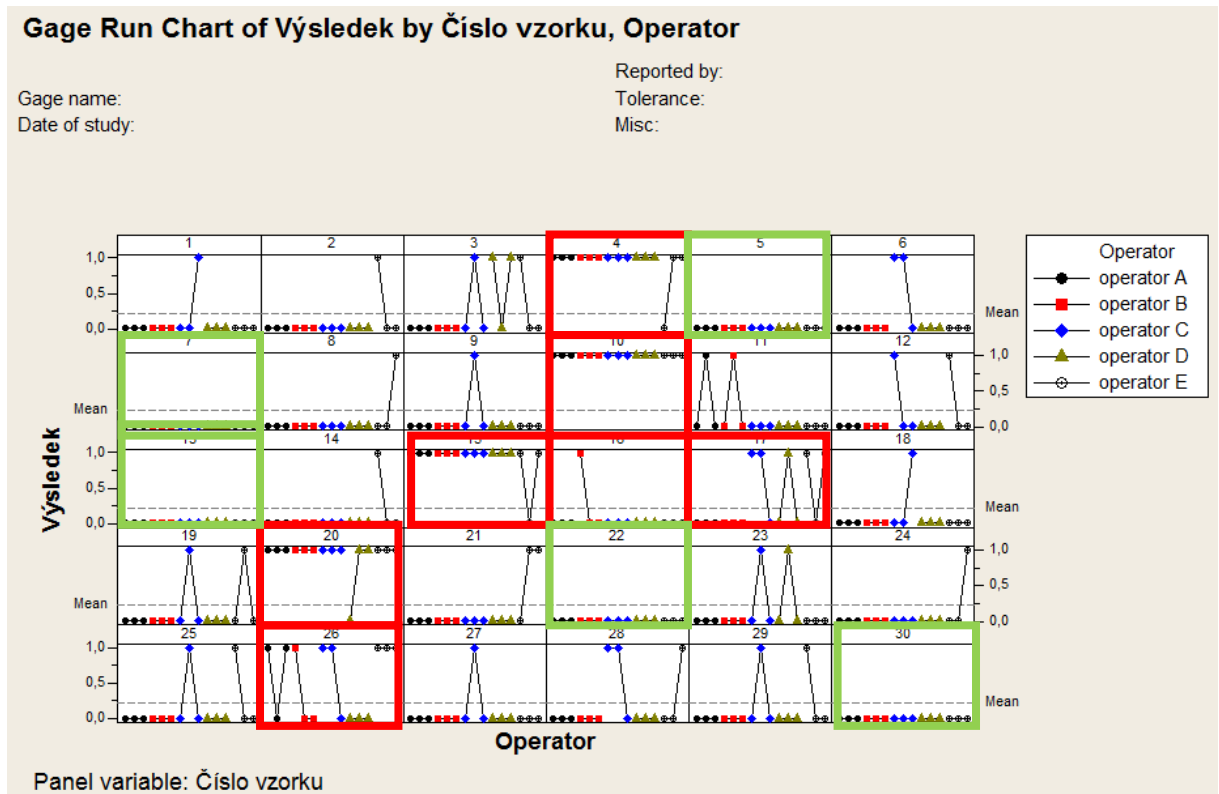


↓	C1	C2-T	C3	C4	C5
	Číslo vzorku	Operator	Výsledek	Referenční hodnota	
58	28	operator B	0	0	
59	29	operator B	0	0	
60	30	operator B	0	0	
61	1	operator C	0	0	
62	2	operator C	0	0	
63	3	operator C	0	0	
64	4	operator C	1	1	
65	5	operator C	0	0	
66	6	operator C	1	0	
67	7	operator C	0	0	
68	8	operator C	0	0	
69	9	operator C	0	0	
70	10	operator C	1	1	
71	11	operator C	0	0	
72	12	operator C	1	0	
73	13	operator C	0	0	
74	14	operator C	0	0	
75	15	operator C	1	1	
76	16	operator C	0	0	
77	17	operator C	1	1	
78	18	operator C	0	0	
79	19	operator C	0	0	
80	20	operator C	1	1	
81	21	operator C	0	0	
82	22	operator C	0	0	
83	23	operator C	0	0	
84	24	operator C	0	0	

Current Worksheet: Worksheet 1

Obr. 25: Data vložená do Minitabu

V minitabu byl vytvořen průběhový graf Gage Run Chart, ze kterého je rychle viditelná úspěšnost operátorů při hodnocení. V grafu není bohužel zobrazena referenční hodnota, ale jelikož známe označení vadných výrobků, můžeme snadno posoudit, který operátor vyřadil dobrý výrobek a který nevyřadil vadný výrobek (čísla vadných vzorků: 4, 10, 15, 17, 20 a 26). Také můžeme sledovat, jak se shodují rozhodnutí operátorů v jednotlivých měřeních a shodu rozhodnutí mezi jednotlivými operátory.



Obr. 26: Gage Run Chart - průběhový diagram

Z grafu je patrné, že operátoři poznávali a vyřazovali vadné vzorky správně (červeně označené vzorky), ale v mnoha případech vyřadili i hodně dobrých výrobků, což není dobré a přináší společnosti ztráty. Zeleně jsou označeny vzorky, u kterých se operátoři shodli, že jsou dobré. Nulová hodnota v diagramu značí rozhodnutí operátora, že výrobek je dobrý a jedničková hodnota značí, že výrobek je vadný.

Opakovatelnost operátorů (Within Appraisers)

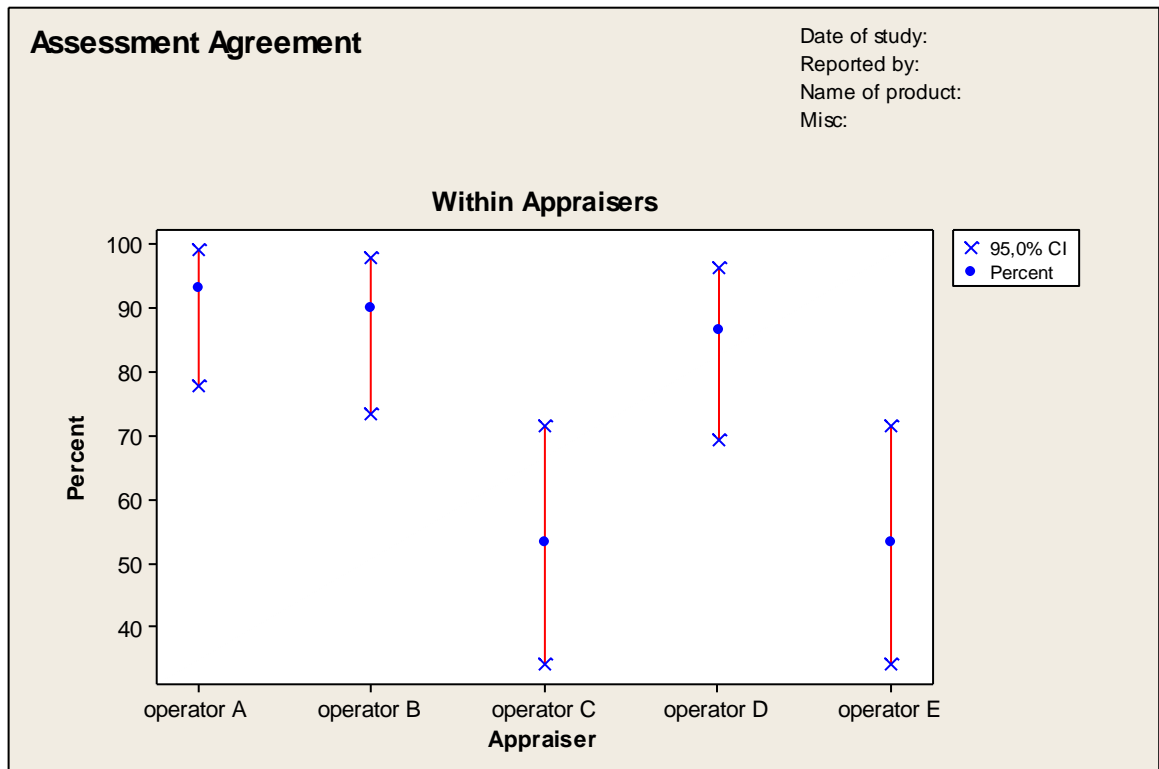
Pomocí nástroje Attribute Agreement Analysis jsme získali výsledky pro hodnocení opakovatelnosti operátorů.

Within Appraisers

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
operator A	30	28	93,33	(77,93; 99,18)
operator B	30	27	90,00	(73,47; 97,89)
operator C	30	16	53,33	(34,33; 71,66)
operator D	30	26	86,67	(69,28; 96,24)
operator E	30	16	53,33	(34,33; 71,66)

Na obr. 27 je možno vidět shodu jednotlivých operátorů. Nejpresnější byl operátor A, ten se shodl při posuzování kvality vzorků při všech třech pokusech s 93,33 % přesností. Druhý byl operátor B s 90 % přesností a třetí operátor D měl shodu 86,67 %. To ovšem neznamená, že se jejich rozhodnutí shodovalo s referenční hodnotou. Nejhůře dopadli operátoři C a E, ti měli nejméně shodná posouzení kvality. Oba operátoři měli shodu pouhých 53,33 %.



Obrázek 27: Attribute Agreement Analysis - opakovatelnost operátorů

Shoda operátorů s referenční hodnotou (Each Appraiser vs Standart)

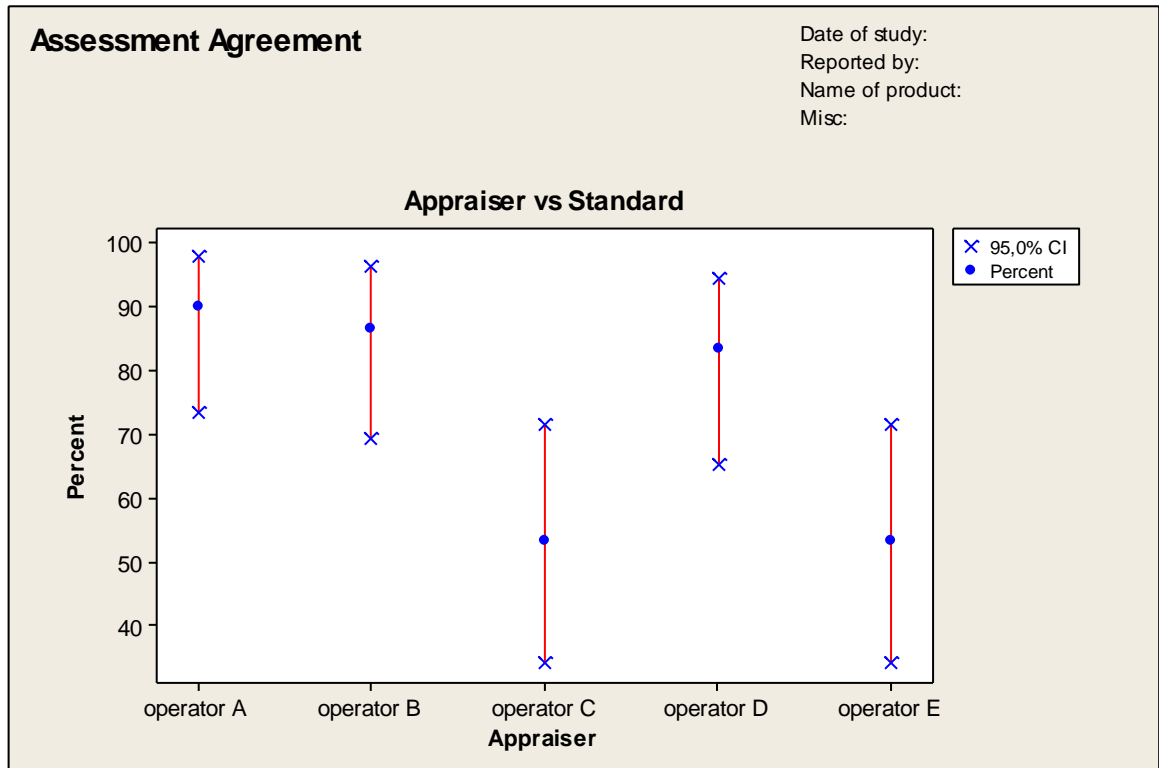
Toto porovnání nám ukáže přesnost jednotlivých operátorů. Jinak řečeno, v kolika případech se operátorovo rozhodnutí shodovalo s referenční hodnotou.

Each Appraiser vs Standard

Assessment Agreement

Appraiser	# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
operator A	30	27	90,00	(73,47; 97,89)
operator B	30	26	86,67	(69,28; 96,24)
operator C	30	16	53,33	(34,33; 71,66)
operator D	30	25	83,33	(65,28; 94,36)
operator E	30	16	53,33	(34,33; 71,66)

Zde je vidět opět procentuální vyjádření, v červeném rámečku, shody rozhodnutí operátora o kvalitě vzorku s referenční hodnotou. Operátor A se shodoval s referenční hodnotou v 90 %, operátor B v 86,67 %, operátor D v 83,33 %. Operátoři C a E, s nejhorší opakovatelností, se shodli s referenční hodnotou pouze 53,33 % přesností.



Obr. 28: Attribute Agreement Analysis - shoda operátorů s ref. hodnotou

Shoda mezi operátory (Between Appraisers)

Shoda mezi operátory je pouhých 20 %, což je velmi nízká hodnota. V praxi je možné se s takto nízkými hodnotami setkat. Tento jev je dán počtem operátorů a počtem hodnocených prvků. Ale je žádoucí zvýšit tuto hodnotu a sjednotit tak pohled operátorů při posuzování kvality vzorku.

Between Appraisers

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
30	6	20,00	(7,71; 38,57)

Matched: All appraisers' assessments agree with each other.

Shoda všech operátorů s referenční hodnotou (All Appraisers vs Standart)

Shoda všech operátorů s referenční hodnotou určuje přesnost rozhodování všech operátorů najednou. Všichni operátoři se shodli s referenční hodnotou pouze v 20 % případů. To je opět hodně nízká hodnota. Cílem společnosti by mělo být zvýšit hodnotu tohoto ukazatele.

All Appraisers vs Standard

Assessment Agreement

# Inspected	# Matched	Percent	95 % CI
30	6	20,00	(7,71; 38,57)

Matched: All appraisers' assessments agree with the known standard.

5 NÁVRHY PRO OPTIMALIZACI

Z výsledků provedeného testu operátorů je zřejmé, že operátoři správně vyřazovali špatné výrobky. Ale je nutné také ukázat na fakt, že operátoři vyřazovali i výrobky, které oddělení kontroly kvality označilo jako dobré. Tato špatná klasifikace hotových výrobků operátory výroby přináší společnosti jistě nemalé finanční ztráty. Proto je potřeba snížit variabilitu rozhodování jednotlivých operátorů při klasifikaci hotových výrobků. Společnost by se měla zaměřit především na zlepšení a eliminaci vyřazování dobrých výrobků operátory.

Osobně bych doporučil vedení společnosti zaměřit se na tyto způsoby optimalizace klasifikace hotových výrobků:

- **Školení operátorů**
- **Pravidelné testování a ověřování znalostí operátorů**
- **Vytvoření katalogu vad**

Školení operátorů

Prvním návrhem je zlepšit a systematizovat školení operátorů. Z výsledků testování operátorů je patrné nedostatečné proškolení pro posouzení kvality výrobku. Školení by mělo být zaměřeno na zvýšení hodnoty shody mezi operátory, aby tak došlo ke sjednocení subjektivního pohledu jednotlivých operátorů. Dalším cílem školení by mělo být zvýšení hodnoty shody s referenčním vzorkem. Operátoři by byli proškoleni zkušenými pracovníky oddělení kontroly kvality v problematice rozpoznávání vad hotových výrobků. Služebně starší a zkušenější operátoři výroby by také měli předávat své znalosti a zkušenosti nabyté praxí mladším operátorům. I to by jistě přispělo ke zlepšení dovednosti rozpoznat správně shodný a neshodný výrobek.

Pravidelné testování a ověřování znalostí operátora

Dalším návrhem je zavedení pravidelného testování operátorů. Pravidelné testování a ověřování znalostí operátorů by mělo vést spolu s proškolením operátorů ke zvýšení profesní úrovně pracovníků výroby. Ta je důležitá i z hlediska rotace operátorů u výrobních strojů vyrábějících různé druhy výrobků. Vedoucí pracovníci výroby a kontroly kvality by tak pravidelně získávali informace o tom, jak operátoři klasifikují hotové výrobky. Z těchto informací může oddělení kontroly kvality společnosti dále určovat zaměření jednotlivých budoucích školení, či upravovat formu pravidelného testování a ověřování znalostí operátorů.

Vytvoření katalogu vad

Vytvořením katalogu vad by vznikl celopodnikový dokument, kde by byly zaznamenány a popsány vady a chyby vyskytující se u vyráběných produktů. Katalog by měl pomoci hlavně operátorům při klasifikaci hotových výrobků. Sloužit by jim měl především jako pomůcka nebo manuál při rozhodování o shodnosti výrobků s požadovanou jakostí výrobků během vizuální kontroly. Společnost dodává své produkty mnoha zákazníkům a každý zákazník má své specifické požadavky na kvalitu. Zákazníci balící do obalových produktů společnosti ACTI PACK CZ potravinářské či farmaceutické výrobky mají jistě náročnější požadavky na kvalitu daných obalů. Vyžadují přesné a opticky dokonale vypadající láhve, či flakonky. Zatímco zákazník, který používá obaly pro balení například hnojiv pro rostliny, je schopný tolerovat občasné vlas, odřeninou, nebo nečistotu v materiálu. Je důležité tyto specifické požadavky jednotlivých zákazníků správně v katalogu chyb pomocí popisů a fotografií ilustrovat.

Společnost by založením katalogu vad získala přehled o chybách a vadách vyskytujících se u vyrobených produktů. Mělo by se jednat o živý dokument společnosti, který by byl stále doplňován a aktualizován, jak podle potřeb společnosti, tak i přání zákazníků.

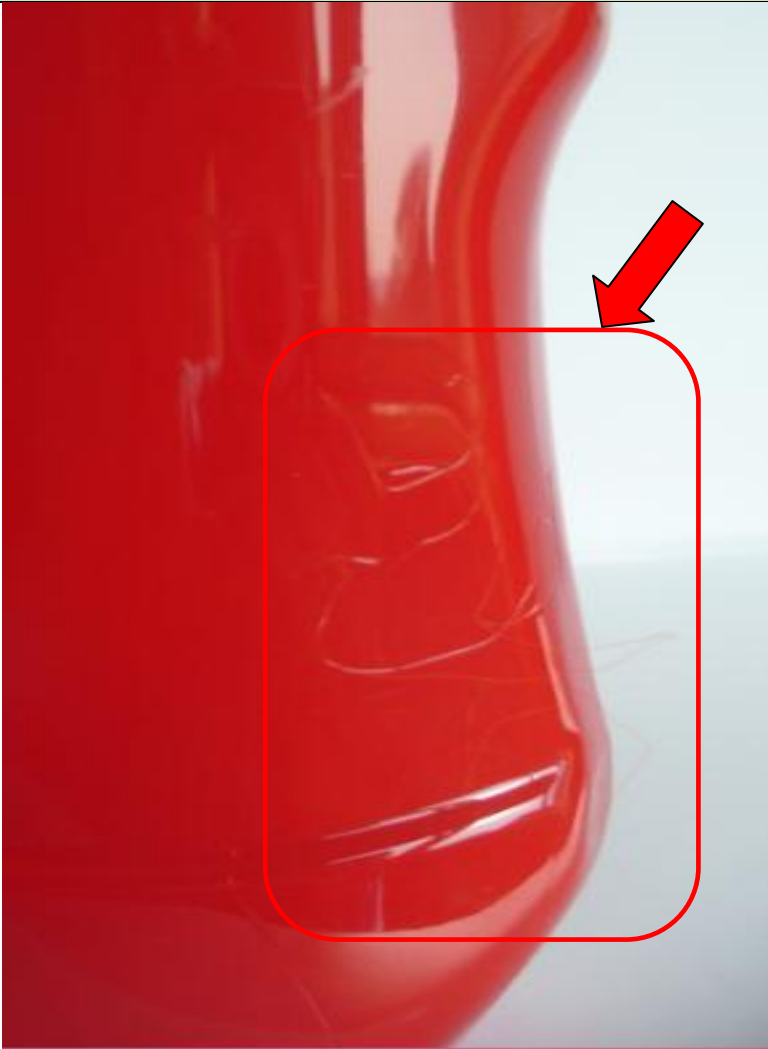
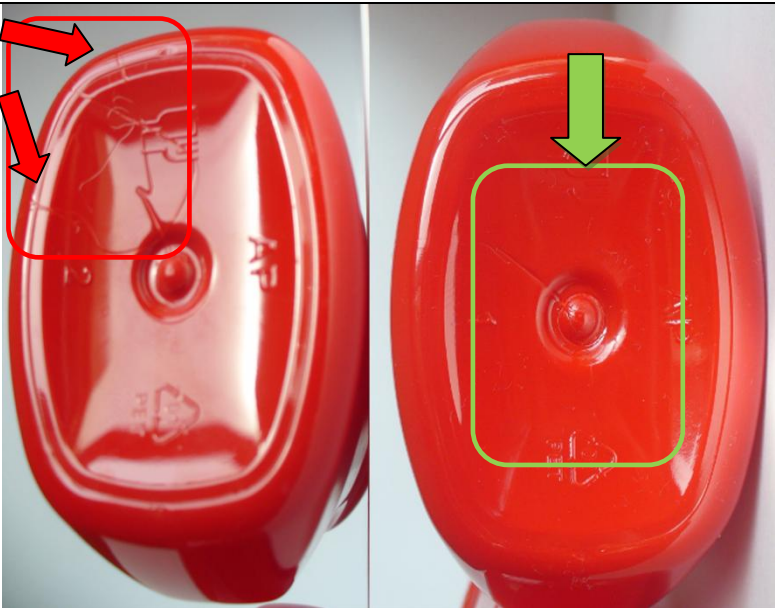
Pro vyhodnocování dat naměřených během výroby by bylo vhodné začít používat statistické nástroje DOE a ANOVA, které by jistě pomohly lépe řídit kvalitu výrobního procesu. Velkou vypovídající hodnotu o naměřených datech přináší také Paretova analýza, která může sloužit vedení i jako zpětná vazba na provedené změny. Při zavádění nových výrobků nebo procesů by bylo přínosné zjišťovat hrozící rizika pomocí metody FMEA, která představuje systematický přístup k prevenci nekvality. Výhodou je jednoduchá aplikace této metody.

6 IMPLEMENTACE NAVRHOVANÝCH ŘEŠENÍ

Pro ukázkou implementace navrženého řešení byl vytvořen návrh části katalogu vad pro výrobek Ketcho 500 ml RED. Při vizuální kontrole operátoři vyřazují výrobky, které vykazují zjevné vady tvaru a povrchu. Mezi zjevné vady tvaru patří přetoky, nedostříknuté výrobky, propadliny, otřepy nebo vrásnění. Mezi povrchové vady patří stříbření, matná místa, nerovnoměrný lesk, vlas po vyfouknutí (vytaženina) a další. Pro lepší identifikaci vad jsou v katalogu uvedeny fotografie vad vyskytujících se u vyráběných výrobků a někdy i fotografie referenčního vzorku pro srovnání.

Katalog vad	
Produkt: KETCHO 500ml RED	
Název vady: Nedostříknutý výrobek	Kód vady: PET-1
	<ul style="list-style-type: none"> - červeně: označena ukáзка nedostříknutého hrdla výrobku - vlevo standardní hrdlo - nedostříknutý výrobek je nutné vyřadit
Název vady: Netěsnost láhve	Kód vady: PET-2
	<ul style="list-style-type: none"> - jedná se o díry, praskliny nebo mikrotrhliny - vada by měla být odhalena při kontrole těsnosti - netěsné výrobky je nutné vyřadit

Produkt: KETCHO 500ml RED	
Název vady: Nedofouklý výrobek	Kód vady: PET-3
	<ul style="list-style-type: none">- červeně: špatně dofouklé místo pod hrdlem láhve- zeleně: správně dofouklý výrobek- nedofouklý výrobek je nutné vyřadit
	<ul style="list-style-type: none">- červeně: špatně vyfouklá spodní část láhve- zeleně: správně vyfouklá spodní část láhve- nedofouklý výrobek je nutné vyřadit

Produkt: KETCHO 500ml RED	
Název vady: „Vlas“ (vytaženina po vyfouknutí)	Kód vady: PET-4
	
<ul style="list-style-type: none"> - červeně: označena ukázka „vlasu“ - pokud je „vlas“ na povrchu nebo hrdle výrobku je nutné ho vyřadit 	
	
<ul style="list-style-type: none"> - pokud je „vlas“ na dně delší než 1,5 cm a zasahuje přes hranu dna láhve červeně vyznačeno, výrobek je nutné vyřadit - pokud „vlas“ na dně láhve není delší jak 1,5 cm a nepřesahuje zeleně označenou část dna, považuje se výrobek za shodný se standardem 	

Produkt: KETCHO 500ml RED	
Název vady: Neprobarvený výrobek	Kód vady: PET-5
	<ul style="list-style-type: none">- červeně: označena ukázka neprobarvené láhve- zeleně: standardní barva láhve- špatně probarvené výrobky je nutné vyřadit
Název vady: Deformace tvaru láhve	Kód vady: PET-6
	<ul style="list-style-type: none">- červeně: označena ukázka možné deformace tvaru láhve- zeleně: standardní tvar láhve- deformované výrobky je nutné vyřadit

Pro ukázkou byla provedena obecná kalkulace nákladů na výrobu neshodného výrobku. V odvětví výroby pomocí vstříko-vyfukování se zmetkovitost pohybuje v řádu 2 - 5 %. Pokud by došlo pomocí navržených opatření ke zlepšení o 1 %, což je založeno na reálných předpokladech, z provedené kalkulace je patrné snížení počtu neshodných výrobků a nákladů na jejich výrobu. Při zmetkovitosti výroby 4 % je průměrně cena neshodného výrobku 2,30 Kč/ks. Pokud se sníží zmetkovitost na 3 %, klesne cena neshodného výrobku na 1,70 Kč/ks.

Tab. 9: Kalkulace nákladů

Při vyrobených kusech [ks]	Počet neshodných výrobků při dané zmetkovitosti [ks]		Náklady na výrobu neshodného výrobku [Kč]	
	4 %	3 %	2,30 Kč	1,70 Kč
1 000	40	30	92	51
10 000	400	300	920	510
100 000	4 000	3 000	9 200	5100
500 000	20 000	15 000	46 000	25 500
1 000 000	40 000	30 000	92 000	51 000

Společnost ACTI PACK CZ v roce 2013 vyrobila celkem 48 500 000 kusů výrobků. Pokud by se společnosti podařilo snížit zmetkovitost o 1 %, snížil by se celkový počet neshodných výrobků přibližně o 250 000 kusů. Při celkové průměrné ceně neshodného výrobku 2 Kč/ks by došlo k úspoře 500 000 Kč.

ZÁVĚR

Diplomová práce se zabývá optimalizací výrobního toku ve společnosti ACTI PACK CZ a.s. Z pohledu struktury je práce rozdělena na teoretickou a praktickou část.

V teoretické části práce byl popsán princip, historie a hlavní cíle štíhlé výroby. Byly zde také charakterizovány nástroje a metody štíhlé výroby, které pomáhají omezit plýtvání a zvyšovat efektivnost procesů přidávajících přidanou hodnotu vyráběnému produktu. V následujícím úseku teoretické části pak byly popsány vybrané metody, které jsou v současnosti používané pro řízení kvality nejen ve výrobních firmách. U jednotlivých metod byly uvedeny metodiky a jejich nástroje. V závěru teoretické části byly stručně popsány dva statistické nástroje metody Six Sigma.

Začátek praktické části je věnován představení společnosti ACTI PACK CZ a.s. Úkolem zadaným touto společností, a tedy i hlavním cílem praktické části, bylo provést analýzu současného stavu výroby neshodných výrobků produktu Ketcho 500 ml a podat návrhy na zlepšení. Pomocí nástrojů metody DMAIC (popsanou v teoretické části) byl definován problém zmetkovitosti výroby, změřen současný stav a provedena analýza současného stavu výroby neshodných výrobků.

Během analýzy naměřených dat byla provedena i analýza měřicího systému, která odhalila velmi špatnou klasifikaci hotových výrobků operátory výroby během vizuální kontroly. Proto za velice důležité považují sjednotit subjektivní hodnocení jednotlivých operátorů při klasifikaci hotových výrobků pomocí školení operátorů zkušenými kontrolory kvality. Dalším návrhem na zlepšení je zavedení pravidelného testování operátorů. Tímto by byla zajištěna zpětná vazba, kdy by vedení společnosti mělo k dispozici pravidelné informace o tom, jak operátoři výroby klasifikují hotové výrobky. V závěru praktické části byl vytvořen návrh katalogu vad, který by mohl být implementován do praxe společnosti. Stal by se jistě velkým přínosem pro společnost a dobrým pomocníkem pro operátory při vizuální kontrole hotových výrobků.

Přednesené návrhy a doporučení na zlepšení by ve společnosti ACTI PACK CZ a.s. vedly ke snížení zmetkovitosti výroby a tím by došlo i ke snížení nákladů na výrobu neshodných výrobků. Toto by vedlo i ke zvýšení efektivity výroby a k větší ziskovosti. Toto je patrné z vytvořené kalkulace v závěru práce.

Použitá literatura

- [1] KOŠTURIÁK, J., FROLÍK, Z. a kol.: *Štíhlý a inovativní podnik*. Alfa Publishing, 2006. ISBN 80-86851-38-9
- [2] ROTHER, M., SHOOK, J.: *Learning to see*. Brookline, Lean Enterprise Institute, 2003. ISBN 09-667-8430-8
- [3] VANĚČEK, D., FRIEBEL, L., ŠTÍPEK, V.: *Operační management*. EF JU v Českých Budějovicích, 2010. ISBN 978-80-7394-196-3
- [4] TOMEK, G., VÁVROVÁ, V.: *Řízení výroby a nákupu*. 1. vydání. Grada, Praha, 2007. ISBN 978-80-247-1479-0
- [5] WOMACK, J.P., JONES, D.T.: *Lean thinking*. Simon & Schuster, New York, 1996. ISBN 0-684-81035-2
- [6] NORDSTRÖM, K.A., RIDDERSTRALE, J.: *Funky business*. Grada, Praha, 2008. ISBN 978-80-247-2601-4
- [7] *LEAN company: Lean slovník* [online]. 2006 [cit. 23.2.2012]. Dostupné z WWW: www.leancompany.cz
- [8] DUDA, J.: *Možnosti řízení zásob v malých a středních podnicích*. Plzeň, 2012. Bakalářská práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta elektrotechnická
- [9] *LB quality* [online]. 2010 [cit. 24.11.2013]. Dostupné z WWW: <http://www.lbquality.cz/>
- [10] WOLF, D.F.: *FMEA Analýza možností vzniku vad a jejich následků*. Česká společnost pro jakost, Praha, 1993. ISBN 80-02-00968-1
- [11] NOVOTNÝ, R.: *Řízení jakosti*. Brno: VUT v Brně, 2001. ISBN 80-214-2719-1
- [12] NENADÁL, J.: *Moderní systémy řízení jakosti: quality management*. 2. vydání. Management Press, Praha, 2002, ISBN 80-7261-071-6
- [13] FREHR, H.U.: *Total Quality management*. UNIS, Brno, 1995. ISBN 3-446-17135-5
- [14] LIKER K.J.: *Tak to dělá Toyota*. Management Press, Praha, 2008. ISBN 978-80-7261-173-7
- [15] *Ing. Vladimír Volko: Slovníček zvyšování výkonnosti podniku*[online]. 2009 [cit. 25.11.2013]. Dostupné z WWW: <http://www.volko.cz/info/slovník_pojmu.php>
- [16] PLURA, J.: *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*. Computer Press, Praha, 2001. ISBN 80-7226-543-1
- [17] GINN, D.: *Návrh Six Sigma*. Česká společnost pro jakost, Praha, 2007. ISBN 1-57681-047-3X

- [18] VEBER, J.: *Management kvality, prostředí a bezpečnosti práce*. Management Press, Praha, 2010. ISBN 978-80-7261-210-9
- [19] PANDE, P.S., NEUMAN, R.P., CAVANAGH, R.R.: *Zavádíme metodu Six Sigma*. TwinsCom, Brno, 2002. ISBN 80-238-9289-4
- [20] Otyepka, M., Banáš, P., Otyepková, E.: *Základy zpracování dat*. [online]. 2007 [cit. 9.12.2013]. Dostupné z WWW: <<http://fch.upol.cz/skripta/zzd/chemo/chemo.pdf>>
- [21] BLECHARZ, P.: *Základy metody DOE*. Repronis, Ostrava, 2005. ISBN 80-7329-106-1
- [22] Interní zdroj firmy