

České vysoké učení technické v Praze

Fakulta strojní

Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie



Bakalářská práce

Nástroje managementu kvality a jejich využití ve strojírenské praxi

Vedoucí práce:

Ing. BcA. Jan Podaný, Ph.D.

Vypracoval:

Ondřej Svatoš

Praha 2015



Prohlášení

Prohlašuji, že jsem svou bakalářskou práci s názvem: „Nástroje managementu kvality a jejich využití ve strojírenské praxi“ vypracoval samostatně pod vedením Ing. BcA. Jana Podaného, Ph.D., s použitím literatury, uvedené v příloženém seznamu.

V Praze 15. 6. 2015

.....

podpis



Poděkování

Děkuji Ing. BcA. Janu Podanému, Ph.D. za odborné vedení, podporu a připomínky při vypracování této bakalářské práce.

Za podporu děkuji také svým přátelům a zejména mojí rodině, která mi umožnila studium na vysoké škole.



Anotace

Tato bakalářská práce je psána formou rešerše. Cílem je zmapovat nástroje a metody, které mají za úkol zlepšovat jakost a udržet ji na požadované úrovni. Práce je rozdělena do čtyř kapitol. První kapitola je věnována definici kvality, managementu jakosti, přínosu kvality pro strojírenství a významným osobnostem v oblasti této problematiky. Ve druhé kapitole jsou popsány nástroje, které se k řízení jakosti používají. Jsou rozděleny do dvou skupin: sedm základních nástrojů a sedm nových nástrojů jakosti. Třetí kapitola se zabývá kvalitou v předvýrobních etapách, která slouží pro minimalizaci rizik. Poslední částí mé bakalářské práce je zhodnocení a přínos jednotlivých nástrojů pro praxi.

Klíčová slova: kvalita, nástroje managementu kvality, zlepšování jakosti, diagramy, předvýrobní etapa



Annotation

The purpose of this study is to map different tools and methods used for improving quality and keeping it on the required level. The thesis itself is written in form of a research and is structured into four parts. First one concerns itself with the definition of quality, quality management, contribution of quality to mechanical engineering and important characters of these topics, while the second chapter describes the tools used for quality management. These are further divided into two groups: Seven basic and seven new quality management tools. The third part occupies itself with quality in stages before production itself, which can help in risks reduction. Finally, the last section of my bachelor's thesis is the evaluation of individual tools in practical use.

Keywords: quality, quality management tools, improvement of quality, diagrams, precompetitive phase



Obsah

Prohlášení

Poděkování

Zadání bakalářské práce

Anotace

Annotation

Seznam použitých zkratk a symbolů 8

Úvod..... 9

1 Kvalita10

1.1 Definice10

1.2 Management jakosti10

1.3 Významné osobnosti11

1.4 Význam pro strojírenství.....11

2 Nástroje kvality managementu12

2.1 Sedm základních nástrojů řízení kvality.....12

2.1.1 Kontrolní tabulky a formuláře13

2.1.2 Histogramy14

2.1.3 Vývojové diagramy15

2.1.4 Paretův diagram16

2.1.5 Bodový diagram.....17

2.1.6 Ishikawův diagram příčin a následků19

2.1.7 Regulační diagramy.....20

2.2 Sedm nových nástrojů řízení kvality22

2.2.1 Afinity diagram.....22

2.2.2 Diagram vzájemných vztahů.....23

2.2.3 Maticový diagram24

2.2.4 Analýza údajů v matici25

2.2.5 Systematický (stromový) diagram27

2.2.6 Diagram PDPC27

2.2.7 Síťový graf.....28

3 Kvalita v předvýrobních etapách30

3.1 Metoda FMEA30

3.2 Metoda Quality Journal33

4 Závěr35

5 Seznam obrázků.....36

6 Seznam použité literatury.....37



Seznam použitých zkratek a symbolů

Symbol/zkratka	Význam
ČSN	Česká technická norma
ISO	Mezinárodní technická norma
EN	Evropská technická norma
DMAIC	Define – Measure – Analyze – Improve – Control
CPM	Critical Path Method (metoda kritické cesty)
PERT	Program Evaluation and Review Technique
PDPC	Process Decision Program Chart
r	Koeficient korelace
X_D	Dolní hranice intervalu (histogram)
X_H	Horní hranice intervalu (histogram)
FMEA	Failure Mode and Effect Analysis
USA	Spojené státy americké
NASA	Národní úřad pro letectví a kosmonautiku
QC Story	Quality Control Process



Úvod

Armand Vallin Feigenbaum pronesl: „*Kvalita je to, za co ji označí zákazník.*“. Zákazník je tedy ten, kdo utrácí své peníze za produkty. V dnešní době, kdy je trh přesycený velkým množstvím produktů různé kvality, se jednotlivé firmy předhánějí v boji o zákazníky. Vítězem se stává ten, kdo nabídne nejvyšší kvalitu. Jinými slovy ten, kdo nejvíce pozitivně ovlivní zákazníka cenou, designem, zárukou, následně poskytnutým servisem, komfortem při používání a poruchovostí nabízeného produktu. Proto manažeři ve svých firmách začali využívat NÁSTROJE MANAGEMENTU KVALITY. Nástroje se začaly zavádět již v druhé polovině 20. století. Jsou to tedy časem ověřené metody, které v praxi nachází své uplatnění. Popis jednotlivých nástrojů a jejich přínos ve strojírenství je hlavním cílem mé bakalářské práce.



1 Kvalita

1.1 Definice [1], [2]

Jakost neboli kvalita je pojem, který se nejvíce používá v oblasti výroby. Můžeme to chápat jako vyhovění potřebám zákazníka, respektive vyhovění jeho přáním a nárokům. Prvopočátky jakosti je možné vysledovat již ve starověku. Nejstarší doložená definice jakosti je přisuzována řeckému filozofovi Aristotelovi, který tvrdil, že kvalita je definována jako kategorie myšlení. Pro účely strojírenství však není tato definice aplikovatelná.

Existuje však mnoho dalších definic, které pojem jakost (kvalita) vymezují a se kterými přišli významné osobnosti v oblasti managementu kvality.

- „*Jakost je způsobilost k užití.*“ (Joseph Moses Juran)
- „*Jakost je shoda s požadavky.*“ (Philip Crosby)
- „*Jakost je to, co za ni považuje zákazník.*“ (Armand Vallin Feigenbaum)

Za obecně uznávanou definici se považuje definice z normy ČSN EN ISO 9000:2006, která říká, že jakost je „**stupeň splnění požadavků souborem inherentních charakteristik**“. Pro snadnější pochopení této definice se ji pokusím vysvětlit.

- výraz **stupeň** dělá jakost měřitelnou
- **požadavek** je potřeba, která je dána spotřebitelem nebo závazným předpisem
- **inherentní charakteristika** je vnitřní vlastnost, která je typická pro daný produkt (výkon pro procesor, vůně pro parfém)

Z těchto definic plyne, že „*jakost představuje komplexní vlastnost výrobků, služeb, informací, lidí i systémů, projevující se určitou mírou schopnosti plnit požadavky, které jsou na ně kladeny. A zároveň je vlastností, která umožňuje různé produkty podobného charakteru rozlišovat a přiřazovat jim rozdílnou hodnotu.*“ [1]

1.2 Management jakosti

„*Management kvality je disciplína, která se zabývá způsoby zajištění kvality z pohledu organizace. Ukazuje, jak řídit kvalitu ve všech fázích výroby nebo poskytování služeb (od výběru dodavatele, marketingu, návrhu a vývoje přes výrobu, skladování až po dodání zákazníkovi).*“ [3] Management kvality musí být chápán jako přirozená věc pro



vedení jak malé, tak velké firmy a má za úkol přispívat k rozvoji firmy a spokojenosti zákazníků.

1.3 Významné osobnosti

Joseph Moses Juran přednášel průmyslové inženýrství na univerzitě v New Yorku se zaměřením na řízení kvality. Napsal knihu „Quality Control Handbook“, díky které byl pozván uníí vědců a inženýrů do Japonska, kde vedl řadu přednášek na téma řízení kvality. Zemřel v roce 2008. [13]

Philip Crosby se řadí mezi přední guruy managementu kvality. Zajímavostí je, že se jako manažer kvality podílel na vývoji rakety Pershing. [14]

Armand Vallin Feigenbaum pracoval jako výrobní ředitel společnosti General Electric a také byl členem poradní skupiny Armády Spojených států. Jeho jméno je dnes známé především díky konceptu totální kontroly kvality (total quality control), v současné době nazývané total quality management. [15]

1.4 Význam pro strojírenství [7]

Jakost neboli kvalita a její udržení po celou dobu procesu se dnes stává nedílnou částí každé větší i menší úspěšné výrobní společnosti. Je mnoho postupů, metodik, nástrojů, jejichž použitím dosáhneme požadované úrovně uspokojení potřeb zákazníka a současně hospodárného výrobního procesu.

Myslím si, že i ve strojírenství tyto nástroje mají velký význam. Díky nim lze například odhalit příčinu vysoké zmetkovosti a následně se jí vyvarovat nebo zrychlit jednotlivé procesy, a tím zvýšit kapacitu výrobních procesů. Samozřejmě každý podnik by si nejprve měl zjistit, zda poměr mezi vynaloženými náklady na kvalitu a reálným přínosem zavedených opatření je pro podnik výhodný. V praxi existují i případy, že bezhlavé zavádění nástrojů není optimální cestou. Velmi často je potřeba objektivní sebekritika, jinými slovy analýza sama sebe a hledání vlastních nedostatků a požadavků zákazníka. Tento postup je spolehlivým základem k zavedení řízení kvality do výrobního systému a procesu.

2 Nástroje kvality managementu

Nástroje kvality tvoří sedm starých neboli také základních nástrojů a sedm nových nástrojů managementu kvality.

V následující části bakalářské práce bych se rád věnoval jednotlivým nástrojům a přiblížil jejich využití v běžné praxi.

2.1 Sedm základních nástrojů řízení kvality [1]

Staré nástroje představují jednoduché, ale efektivní statistické a grafické metody sloužící k analyzování a odhalování problémů. Zároveň tyto metody mají neodmyslitelné místo v rámci cyklu zlepšování výkonnosti procesu, které se uvádí pod zkratkou DMAIC. Pod touto zkratkou rozumíme D – definování (define), M – měření (measure), A – analyzování (analyze), I – zlepšování (improve) a posledním cyklem je C – kontrola (control).

Každý z těchto cyklů má ve výkonnostním procesu svůj význam:

- **D** – slouží k vymezení zákazníka a jeho požadavků na výrobek a k definování cílů projektu a zlepšení
- **M** – je měření současné výkonnosti procesu
- **A** – je fází s cílem stanovit příčiny nízké výkonnosti procesu a výskytu chyb
- **I** – v této klíčové části dochází ke zlepšení na základě analyzovaných a změřených skutečností
- **C** – zjištěný a zlepšený nedostatek je třeba realizovat, tedy udržet zlepšení při životě



Obr. 2.1 Cyklus DMAIC [17]



Skupinu sedmi základních nástrojů pro určování managementu kvality tvoří kontrolní tabulky a formuláře, histogramy, vývojové diagramy, Paretův diagram, bodový diagram, Ishikawův diagram příčin a následků a regulační diagramy. Těchto sedm nástrojů najde největší uplatnění v oblasti měření, zlepšování a kontroly.

Jednotlivým nástrojům budu věnovat následující podkapitoly.

2.1.1 Kontrolní tabulky a formuláře [1], [3]

Kontrolní tabulky a formuláře jsou prvním ze sedmi nástrojů řízení kvality. Účelem je získat kvantitativní informace o nějakém problémovém výrobku. Mohou mít podobu jak papírovou, tak elektronickou, pro zjednodušení a větší přehlednost se používají čárky nebo značky. To dělá zápis jednoduchý a měl by ho tak zvládnout každý pracovník. Využití kontrolních tabulek poskytuje výhodu rychlého vyhodnocení údajů. Tato data pak mohou být dále zpracovávána například dalším z nástrojů, a to Paretovým diagramem.

KONTROLNÍ TABULKA PRŮMĚRU HŘÍDELE		Tabulka č.: 114	
Datum: 4. 8. 1996		Číslo nože: B32	Operátor:
Číslo soustruhu: 32146		Poznámky: výběr. kontrola	
Stupnice (mm)	Záznam	Součet	
<0,4–0,7)	### ///	9	LSL
<0,7–1,0)	### ///	8	
<1,0–1,3)	### ### ### ###	20	
<1,3–1,6)	### ### ### ### ### ### ###	35	USL
<1,6–1,9)	### ### ### ///	18	
<1,9–2,2)	###	5	

Obr. 2.2 Příklad kontrolní tabulky [1]

Tato metoda slouží k:

- systematickému shromažďování údajů pro řízení a zlepšování
- pro hodnocení stávajícího stavu procesu, pro určení směru zlepšování, pro hodnocení provedených opatření

Hlavní oblasti pro využití kontrolních tabulek a diagramů:

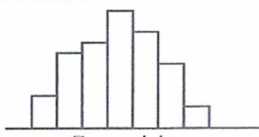
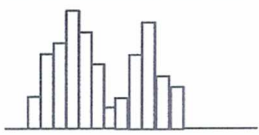
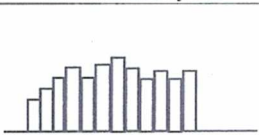
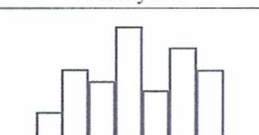
- vstupní, operační a výstupní kontrola produktu
- analýza strojů a zařízení
- analýza vadných produktů atd.

2.1.2 Histogramy [1], [4]

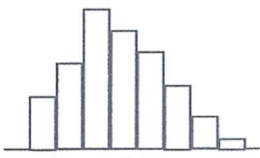
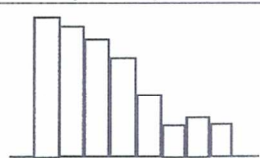
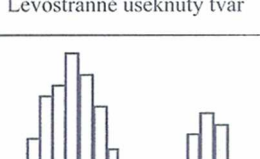
Histogram představuje grafické znázornění intervalového rozdělení četností u jednorozměrného spojitého náhodného znaku. Je to sloupcový graf, u něhož šířka obdélníků odpovídá šířce třídního intervalu a výška sloupců odpovídá četnostem prvků v těchto třídách např. počet výskytu vad. Z histogramů lze zjistit odhad statistických charakteristik polohy, proměnlivosti a souměrnosti statistického souboru. Podle tvaru histogramu můžeme vymezit příčiny odchylek od tvaru histogramu pro Gaussovo rozdělení, kdy je histogram souměrný. Díky své přehlednosti a jednoduchosti řadíme histogramy mezi nejpoužívanější statistické nástroje.

Postup k sestavení histogramu:

- uspořádání dat od nejmenšího po největší
- nalezení minimální a maximální hodnoty
- výpočet variačního rozpětí
- stanovení počtu intervalů
- výpočet šířky intervalů
- volba dolní hranice (X_D) u prvního intervalu
- stanovení dolních hranic (X_D) a horních hranic (X_H) u všech intervalů
- sestavení histogramu

Tvar histogramu	Možné příčiny odchylek tvaru histogramu
 Zvonovitý tvar	Působení náhodných vlivů
 Dvouvrcholový tvar	Smíchání dat ze dvou výběrových souborů (data ze dvou výrobních dávek, dvou výrobních linek, od dvou pracovníků...)
 Plochý tvar	Výsledek součtu několika rozdělení zvonovitého tvaru (nárůst opotřebení nástroje) Neúplný výrobní předpis Nedodržování výrobního předpisu
 Hřebenovitý tvar	Nesprávné zaokrouhlování hodnot Nesprávné zařazování hodnot do tříd Chyby měření

Obr. 2.3 Tvary histogramů 1 [1]

Tvar histogramu	Možné příčiny odchylek tvaru histogramu
 Asymetrický tvar	Působení objektivních fyzikálních zákonů Použití neúplných dat
 Levostranně useknutý tvar	Přesnost a rozlišovací schopnost přístroje Nesprávně zařazená analýza dat (vytřídění neshodných jednotek před měřením znaku jakosti)
 Zvonovitý tvar s izolovanými hodnotami	Chyby při přepisování Chyby při měření

Obr. 2.4 Tvary histogramů 2 [1]

2.1.3 Vývojové diagramy [1], [5]

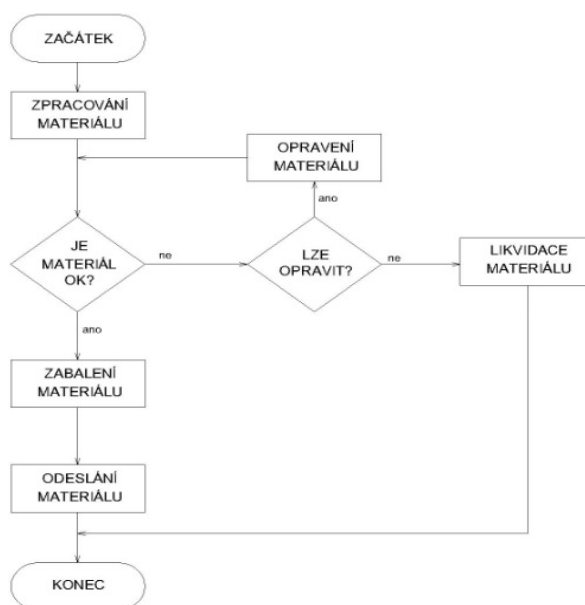
Vývojový diagram je typ diagramu, který slouží ke grafickému znázornění jednotlivých částí existujícího nebo navrhovaného procesu. Diagram musí být orientovaný, s jedním začátkem a jedním koncem. Diagram je strukturován do operačních bloků, které zobrazují činnosti a rozhodovací bloky. Přispívá k lepšímu a snadnějšímu pochopení procesu a vymezuje pracovníkům pomocí matice odpovědnosti míru zodpovědnosti za danou operaci.

Vývojové diagramy můžeme rozdělit do tří základních skupin:

- lineární vývojový diagram
- vývojový diagram vstup/výstup
- integrovaný vývojový diagram, který je ze všech tří nejkompaktnější

Vývojový diagram se skládá z pěti základních symbolů. Jsou jimi:

- **šipka** určuje směr zpracování
- **obdélník s popisem** definuje dílčí krok zpracování
- **kosočtverec** značí větvení postupu v závislosti na splnění podmínek
- **obdélník se zaoblenými rohy** symbolizuje počátek nebo ukončení zpracování
- **kruh** je spojkou několika šipek



Obr. 2.5 Příklad vývojového diagramu

2.1.4 Paretův diagram [1], [5], [3]

Paretův diagram je graf, který je kombinací dvou grafů, a to sloupcového a čárového. Je to důležitý nástroj manažerského rozhodování, který umožňuje stanovit priority při řešení problémů s kvalitou. Cílem diagramu je oddělit důležité faktory od méně důležitých a znázornit tak, kam prioritně zaměřujeme úsilí při zlepšování procesu.

Paretův diagram nalezne uplatnění hned v několika oblastech výroby:

- analýza počtu neshodných výrobků
- analýza ztrát spojených s neshodnými výrobky
- analýza časových a finančních ztrát spojená s vypořádáním se neshodných produktů
- analýza reklamací z hlediska ať už finančních ztrát nebo důvodů k reklamaci
- analýza příčin výroby neshodných produktů
- analýza příčin prostoje strojů atd.

Paretovo pravidlo 80/20

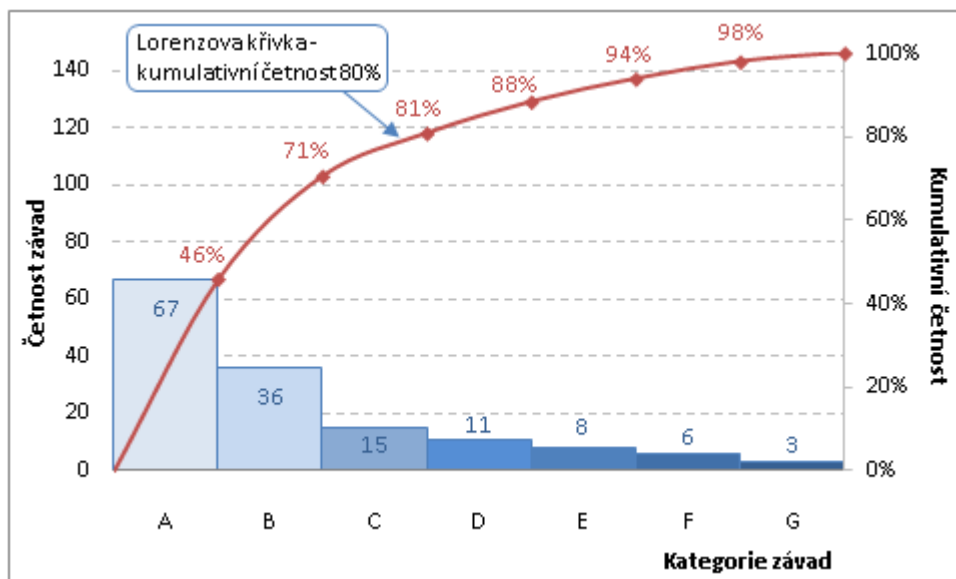
Vilfred Pareto přišel s teorií, že 20% příčin způsobuje 80 % výsledků. Paretovo pravidlo se objevuje ve všech oblastech lidské činnosti, ale hlavně pak v podnikání.

Pro představu uvedu pár příkladů:

- 80 % příjmů podniku pochází od 20 % zákazníků
- 20 % výrobků generuje 80 % zisku
- 20 % možných příčin generuje 80 % problémových situací např. ve výrobě

Postup zpracování Paretova diagramu:

- seřazení údajů sestupně podle četnosti příčin
- výpočet kumulativního součtu četnosti příčin a vyjádření součtu v procentech
- sestrojení sloupcového diagramu dle četnosti jednotlivých příčin
- sestrojení lomené tzv. Lorenzovy křivky znázorňující průběh kumulovaných součtů



Obr. 2.6 Ukázka Paretova diagramu [18]

2.1.5 Bodový diagram [1], [4]

Bodový diagram je grafická metoda znázornění pro studium mezi dvěma proměnnými, např. mezi dvěma znaky jakosti výrobku. To, jak jsou body v diagramu rozmístěny, charakterizuje směr, tvar a míru těsnosti závislosti mezi proměnnými. K výpočtu závislosti slouží regresní a korelační analýza. Cílem regresní a korelační analýzy je popis statistických vlastností vztahu dvou nebo více proměnných.

Sestrojený bodový diagram znázorňuje vzájemnou závislost sledovaných proměnných. V případě, že uspořádání bodů nám umožní proložení přímkou nebo křivkou,



hovoříme pak o závislých veličinách. Pokud jsou body blízko sebe, značí to těsnost jejich vztahu, a pakliže změním jednu veličinu, změní se i druhá.

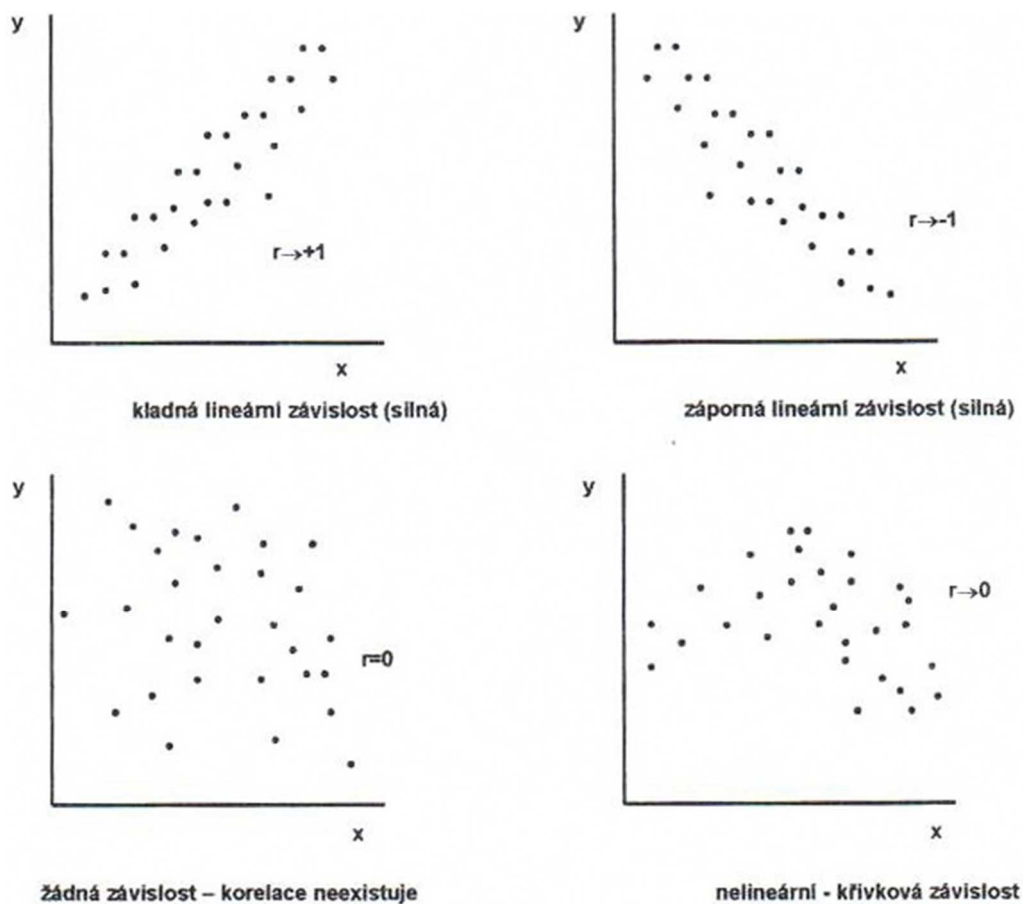
Pro výpočet těsnosti bodů použijeme vzoreček pro lineární regresní a korelační analýzu.

$$r = \frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})(y_i - \bar{y})}{\sqrt{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2 \sum_{i=1}^n (y_i - \bar{y})^2}}$$

Při výpočtech se pohybujeme v intervalu $\langle -1; 1 \rangle$. Interval nám říká, jak silná je těsnost bodů. Čím blíže jsme k horní mezi intervalu, tím je těsnost větší a naopak.

Pro koeficient korelace tedy platí, že:

- $r = 0$ – mezi proměnnými není lineární závislost, což ale neznamená, že závislost neexistuje
- $r > 0$ – mezi X a Y existuje kladná korelace, což znamená, když roste X, roste i Y
- $r < 0$ – mezi X a Y existuje záporná korelace, což znamená, když roste X, klesá Y



Obr. 2.7 Ukázka bodových diagramů [19]

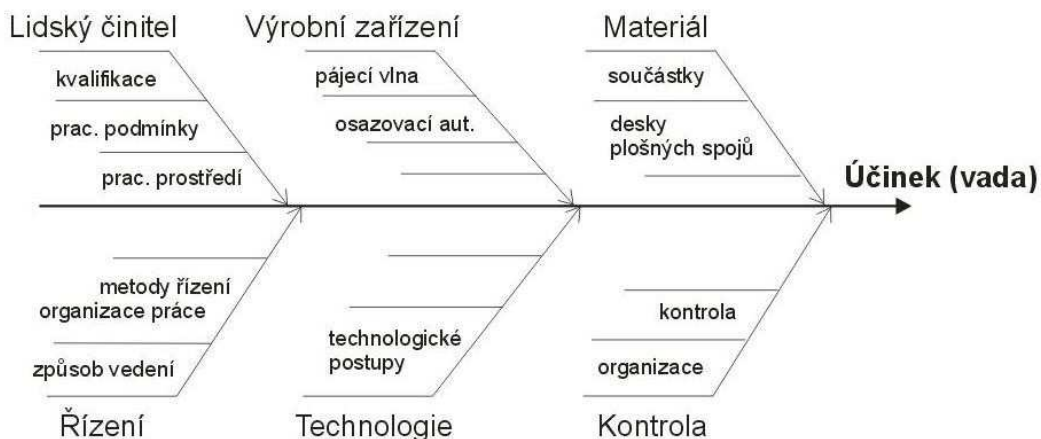
2.1.6 Ishikawův diagram příčin a následků [1], [3]

Ishikawův diagram příčin a následků dostal jméno po svém zakladateli profesoru Kaoru Ishikawy. Někdy se tento diagram také nazývá rybí kost, a to z důvodu jeho specifického vzhledu. Diagram slouží k zobrazení všech příčin, které by mohly vést k určitému následku, ke klasifikaci procesu a vyšetřování příčin. Následkem může být konkrétní situace jako např. nehoda či vada anebo žádoucí stav, kterého chceme docílit.

Ideální metodou pro tvorbu diagramu je forma brainstormingu, který probíhá tak, že „moderátor“ vyzve členy týmu, aby formulovali na kostru všechny možné příčiny. Tento proces se několikrát opakuje, až dojde k vyčerpání všech nápadů. Postupné výsledky se zaznamenávají a nakonec se vyhodnotí. Vyhodnocení diagramu vede ke stanovení nejvíce pravděpodobných příčin.

Postup při sestavení Ishikawova diagramu:

- definice problému, který chceme odstranit
- tým definuje hlavní příčiny následku
- formou brainstormingu se určí nejnižší úroveň možných příčin

Možné příčiny**Obr. 2.8 Příklad diagramu příčin a následků [20]****2.1.7 Regulační diagramy [1], [16]**

Regulační diagramy jsou posledním nástrojem ze sedmi starých nástrojů řízení kvality. Slouží jako nástroj statistické regulace procesu. Je to grafická pomůcka, která pomáhá oddělit náhodné veličiny variability procesu od příčin vymezitelných. Cílem statistické regulace je minimalizace např. zmetkovosti výrobků. Ta je realizována prostřednictvím pravidelné výstupní kontroly. Pravidelná kontrola nám umožňuje včasné zjištění odchylek a pomocí zásahů do procesu je udržovat na požadované úrovni.

Regulační diagram má vždy označenou tzv. akční mez, horní mez (UCL - Upper Control Line), střední mez (CL- Central Line) a dolní mez (LCL – Lower Control Line). Tyto meze jsou určeny buď z historických dat anebo jsou dané cílovou hodnotou určenou předpisem. Statistickou regulaci můžeme podle typu regulované veličiny dělit na regulaci měřením a regulaci pozorováním. Regulace měřením se využívá v případech, kdy je regulovaná veličina spojitého charakteru. Regulace pozorováním se provádí v případě, že regulovaná veličina je diskrétního charakteru.



Nejčastěji používané regulační diagramy měřením jsou:

- regulační diagramy pro výběrový průměr a rozpětí
- regulační diagramy pro výběrový průměr a směrodatnou odchylku
- regulační diagramy pro výběrový medián a rozpětí
- regulační diagramy pro individuální hodnoty a klouzavé rozpětí

Nejčastěji používané regulační diagramy pozorováním jsou:

- regulační diagramy pro podíl neshodných jednotek v podskupině
- regulační diagramy pro počet neshodných jednotek v podskupině
- regulační diagramy pro počet neshod v podskupině
- regulační diagramy pro průměrný počet neshod na jednotku v podskupině

Zakladatelem regulačních diagramů je Walter A. Shewhart.



2.2 Sedm nových nástrojů řízení kvality

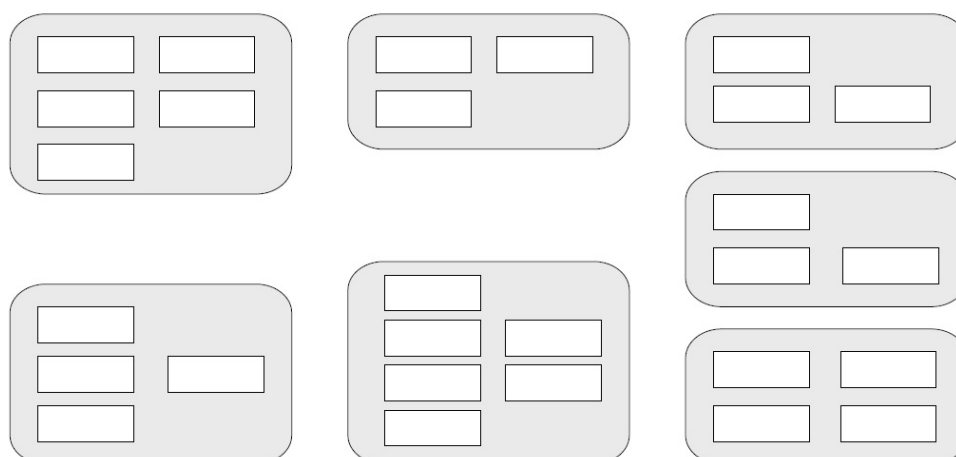
Nové nástroje managementu byly zpracovány japonským sdružením vědců na základě osvědčení z praxe. Slouží k zabezpečování a plánování jakosti. Využití nalezou hlavně při shromažďování, třídění a analyzování informací. Novodobé nástroje kvality jsou zpracovávány v týmech.

2.2.1 Afinitní diagram [1], [3], [4]

Afinitní diagram je také nazýván jako diagram příbuznosti či shlukový diagram. Využívá se pro uspořádání většího množství dat o určitém problému. Tento diagram organizuje data do samostatných příbuzných skupin podle zvolených třídících znaků a pomáhá tak objasnit strukturu řešených problémů. Je velmi účinný především v situacích, kdy selhávají tradiční postupy.

Tvorba afinitního diagramu probíhá v týmu a vyžaduje se především intuitivní myšlení. Tým by měl být složený z odborníků na danou problematiku. Na začátku je nutné definovat problém, který chceme řešit, a napsat ho někam na viditelné místo. Úkolem týmu je pak pomocí brainstormingu tak jako u Ishikawova diagramu získat co nejvíce námětů, jelikož se předpokládá, že čím více námětů budeme mít, tím je větší pravděpodobnost, že mezi nimi budou ty, které mohou zásadně ovlivnit vyřešení problému. Náměty můžeme doplnit i o konzultace s odborníky, pozorování atd. I zde vede brainstorming tzv. moderátor, který po ukončení diskuze vyzve tým, aby kartičky s náměty spárovali do příbuzných skupin. Skupin by mělo být okolo sedmi až deseti, což je ideální počet. Následně se skupiny pojmenují tak, aby jejich název byl co nejvýstižnější, a na základě těchto skupin se sestrojí afinitní diagram.

Použití diagramu je vhodné zejména v případě, kdy je problém složitý a obtížně zpracovatelný. Lze ho velmi dobře využít při hledání odpovědí na otázky typu: "Co všechno můžeme udělat pro zlepšení kvality našich výrobků?", „Jak zvýšit účinnost vzdělávání pracovníků?", „Jaké vlastnosti by měl mít náš nový výrobek?", „Jak dosáhnout lepší motivace pracovníků?" atd.



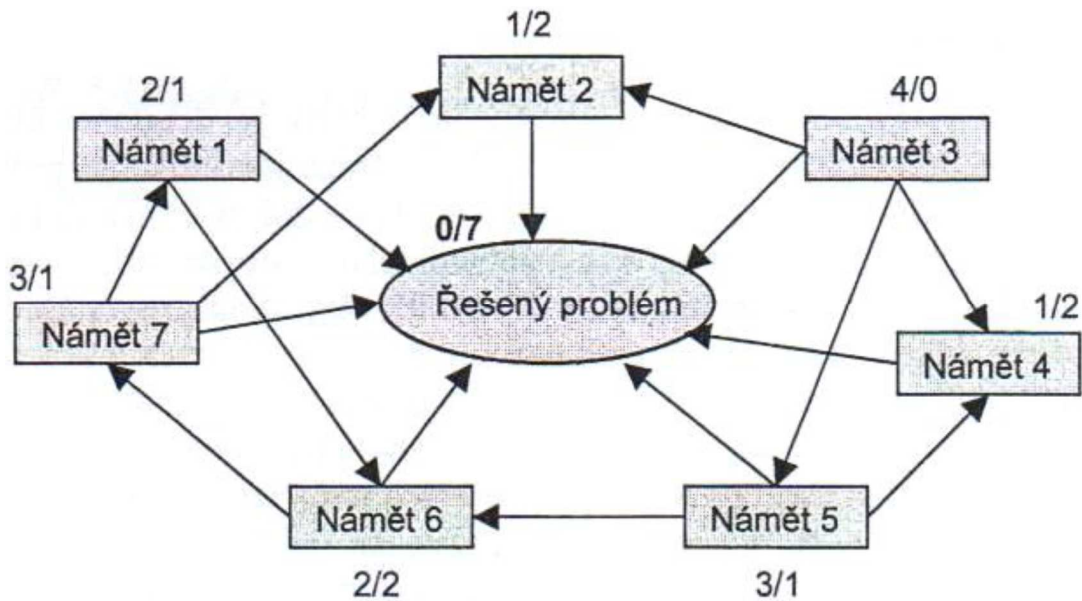
Obr. 2.9 Struktura afinitního diagramu [16]

2.2.2 Diagram vzájemných vztahů [1], [3], [11]

Diagram vzájemných vztahů, někdy též zvaný jako relační diagram, slouží k identifikaci logické nebo příčinné souvislosti mezi jednotlivými náměty, které se vztahují ke zkoumanému problému. Tento nástroj je uplatňován zejména v případech, kdy je potřeba dokonalé pochopení těchto souvislostí.

Prostřednictvím diagramu můžeme nalézt odpovědi na otázky typu: „Kde se má začít při zlepšování jakosti výrobků?“, „Jak spolu a jestli spolu souvisí nízká prodejnost výrobků?“ apod. Jako vstupní data mohou být použity náměty získané při tvorbě afinitního diagramu, ale lze je samozřejmě doplňovat i o data nová.

Tvorba diagramu vzájemných vztahů probíhá v týmu. Princip tvorby je takový, že na pracovní plochu se napíše řešený problém a kolem něj se rozmístí náměty, které se daného problému týkají. Dalším krokem je analyzování příčinné nebo logické souvislosti mezi jednotlivými náměty. Zjištěné vztahy se zobrazují šipkami, které v případě příčinných vztahů směřují od příčiny k následku a v případě logických vztahů od východiska k následku. Dále se stanoví, kolik šipek směřuje k danému námětu a od něj. Je to vlastně vyhodnocení toho, kolikrát byl námět východiskem a kolikrát následkem.



Obr. 2.10 Struktura diagramu vzájemných vztahů [21]

2.2.3 Maticový diagram [1], [11]

Maticový diagram se užívá při spojování různorodé skupiny informací, které se vztahují k určité situaci. Existují čtyři druhy matice rozdělené podle počtu porovnávaných skupin údajů, a to „L“, „T“, „Y“ a „X“. Nejčastěji se užívá matice ve tvaru „L“, zbylé tři matice jsou pouze kombinacemi nejpoužívanější matice. Maticový diagram ve tvaru L je dvojrozměrná matice, která znázorňuje souvislost mezi dvěma oblastmi, skládající se z několika prvků. Oblasti v maticovém diagramu mohou představovat cokoliv. Mohou to být např. činnosti, výrobky, vlastnosti nebo vady.

- **diagram tvaru L** – uspořádání dvou dimenzí a vztahů mezi jejich znaky
- **diagram tvaru T** – uspořádání tří dimenzí
- **diagram tvaru Y** – také uspořádání tří dimenzí, ale na rozdíl od diagramu tvaru T umožňuje zobrazit bilaterální vztahy mezi dimenzemi
- **diagram tvaru X** – využívá se v případě, že máme k dispozici čtyři dimenze a srovnáváme vždy dvojice

		B								
		b1	b2	b3	b4	b5	b6	b7	b8	b9
A	a1									
	a2									
	a3									
	a4									
	a5									
	a6									
	a7									

Obr. 2.11 Maticový diagram tvaru L [1]

2.2.4 Analýza údajů v matici [1], [5], [8], [16]

Použití analýzy údajů v matici je vhodné zejména pro porovnávání různých položek, které jsou charakterizované více prvky. Položkami může být opět jako u maticového diagramu cokoliv. Analýza údajů v matici se používá v případech, kdy už maticový diagram nedokáže poskytnout dostatečné informace. Podstatou analýzy dat v matici je seřazení tzv. mřížky preferencí (matice priorit). Pomocí mřížky preferencí lze určit kritická místa, na které je potřeba se při řešení problému zacílit. Každé vadě objevující se na výrobku se přiřadí významová váha (např. od 1 do 10, kde 10 znamená největší váhu a 1 nejmenší váhu). Touto vahou se vynásobí četnosti a provede se součet. Na základě těchto součtů se poté určí, v jakém pořadí se budou vady odstraňovat.

Pro analýzu údajů v matici se využívá např.:

- Analýza hlavních komponent
- Stanovení vzdáleností mezi vícerozměrnými proměnnými
- Vjemová a poziční mapa
- Plošný diagram

Analýza hlavních komponent

Jejím cílem je redukce původního počtu popisovaných proměnných novými (uměle vytvořenými) veličinami, označenými jako komponenty, které shrnují informaci o původních proměnných za cenu minimální ztráty informace. Tyto komponenty jsou vzájemně nezávislé a jsou seřazeny podle svého příspěvku k vysvětlení celkového rozptylu pozorovaných proměnných. Analýza hlavních komponent může být chápána jako



transformace z původního souřadnicového systému do nového, jehož osy jsou tvořeny hlavními komponentami. Osy procházejí směry maximálního rozptylu, protože podmínka nezávislosti komponent vede ke kolmosti os.

Stanovení vzdáleností mezi vícerozměrnými proměnnými

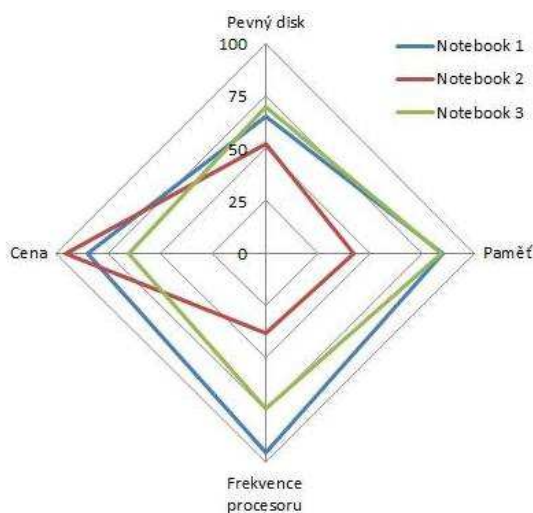
Stanovení vzdálenosti mezi vícerozměrnými proměnnými je způsob, jak analyzovat údaje v matici, kdy se porovnávají vícerozměrné proměnné pomocí vhodně zvolené vzdálenosti.

Mapa - vjemová a poziční mapa

Mapa je názorným grafickým zobrazením polohy posuzovaných položek v rovině na základě hodnot dvou prvků, což znamená omezení. V případě vícerozměrných proměnných je potřeba vybrat dva prvky, které jsou pro cíl rozhodující, anebo zpracovat několik map, které budou danou položku posuzovat z více hledisek.

Plošný diagram

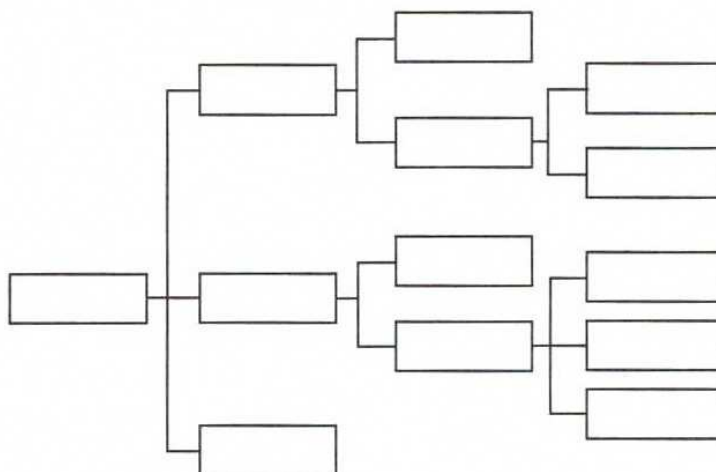
Plošný diagram umožňuje porovnávání vícerozměrných proměnných se třemi a více prvky. Nejčastěji používanými diagramy jsou tzv. diagramy slunečních paprsků. Ty vznikají tak, že se na paprskovitě uspořádané osy, kdy počet paprsků je roven počtu proměnných, vynášejí hodnoty různých prvků a vytyčené úseky se vzájemně spojí. Tak vznikne ohraničená plocha, která charakterizuje vlastnosti proměnné z hlediska všech prvků, které proměnná obsahuje. Pro každou proměnnou vzniká samostatný diagram.



Obr. 2.12 Příklad paprskového diagramu

2.2.5 Systematický (stromový) diagram [1], [5], [11]

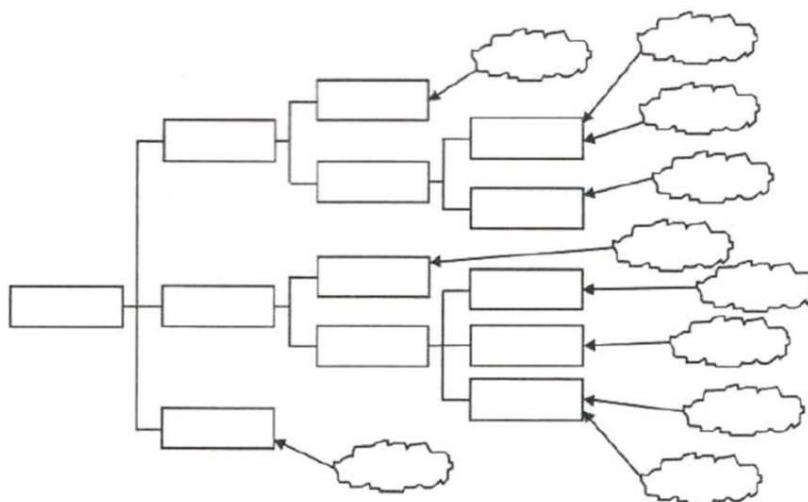
Systematický (stromový) diagram je názorným zobrazením systematického rozložení určitého celku na jednotlivé dílčí části. Představuje logické uspořádání dílčích kroků, jejichž odstranění by mělo zajistit vyřešení problému. Systematický diagram nalezne využití například při rozkladu požadavků zákazníka na konkrétní části, zobrazení logické struktury problému nebo pro systematické uspořádání námětů získaných při zpracování afinitního diagramu nebo diagramu vzájemných vztahů. Z těchto námětů se sestaví stromový diagram přiřazováním námětů, které vždy rozšíří předchozí úroveň, a to až do úrovně elementárních příčin. Použití je vhodné zejména kvůli časté snaze přeskakovat některé úrovně. Výstupy z tohoto nástroje slouží průmyslovému inženýrovi jako podklad pro sestavení plánu, jak lze co nejeфекtivněji řešit daný problém nebo zlepšit konkrétní činnost či proces.



Obr. 2.13 Struktura systematického diagramu [1]

2.2.6 Diagram PDPC [1], [11]

Diagram PDPC, někdy známý též jako rozhodovací diagram, je nástroj, jehož pomocí rozeznáváme možné problémy, které mohou nastat při uskutečňování plánovaných činností, a tak se navrhuje ideální protipatření. Použitím diagramu lze výskyt problémů při provádění plánovaných činností omezit na minimum. Využití nalezne diagram zejména v případech, kdy jde o nové úkoly či podmínky řešení, když je plán činností složitý, je zvýšené riziko vzniku problému anebo, když se nacházíme v časové tísní. Zpracovaný diagram vytváří základ plánu preventivních opatření proti možným problémům a přispívá tak velkým podílem k tomu, že se věci podaří dělat správně a napoprvé.



Obr. 2.14 Struktura diagramu PDPC [1]

2.2.7 Síťový graf [3], [5], [11]

Síťový graf slouží pro stanovení ideálního harmonogramu průběhu celého projektu, který se skládá z většího počtu činností. Projektem je myšleno časově ohraničené úsilí k vytvoření jedinečného produktu nebo služby. Zpracováním síťového grafu získáme informace o tom, jaké máme časové rezervy u dílčích činností a jaká je rezerva pro případ, že bychom se s danou činností opozdili.

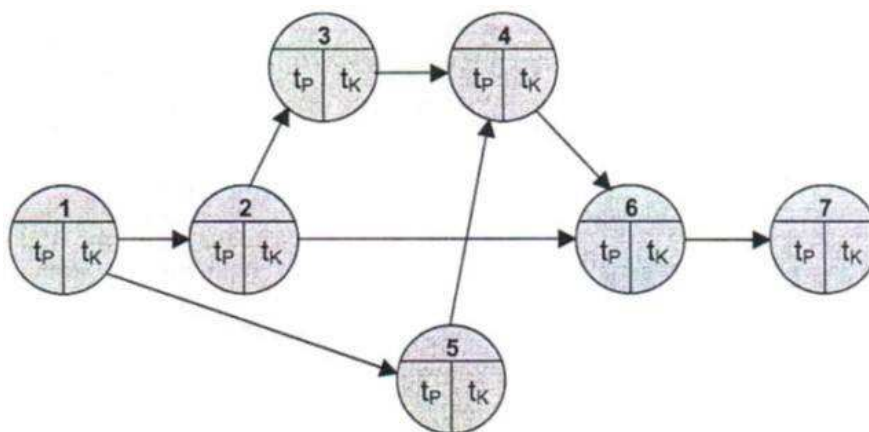
Síťový graf se skládá ze dvou částí, a to uzlů a hran. Uzly vyjadřují zahájení, respektive ukončení činnosti a jsou číslovány. Hrana vyjadřuje činnost a její ohodnocení značí dobu trvání činnosti. Síťový graf má pět důležitých vlastností. Musí být konečný, souvislý, orientovaný, acyklický a ohodnocený.

Metody síťové analýzy

Metody síťové analýzy se uplatňují při řešení časových vazeb mezi jednotlivými prvky složitých projektů. Deterministické modely se řeší pomocí metody CPM (Critical Path Method) - tedy metody kritické cesty. Pro řešení stochastických modelů se užívá technika vyhodnocení a kontroly plánu zvaná jako metoda PERT (Program Evaluation and Review Technique).

Metoda CPM:

Cílem je stanovení doby trvání projektu na základě délky tzv. kritické cesty, což je nejdelší cesta v projektu, která nemá žádné časové rezervy a určuje trvání celého projektu. Je definována jako cesta, která spojuje počáteční uzel s koncovým a obsahuje pouze kritické uzly, tedy ty bez rezerv. Opoždění byt' jen o jeden den na kritické cestě znamená posunutí konce celého projektu. Každá kritická cesta se skládá ze seznamu činností, na které by se měl manažer projektu nejvíce zaměřit, pokud chce zabezpečit včasné dokončení projektu. Tato metoda může sloužit jako nástroj zejména pro odhad doby trvání projektu. Používá se u projektů, kde lze doby trvání odhadnout s vysokým stupněm přesnosti, např. ve stavebním průmyslu. Metodu je možné použít i v oblasti logistiky a dopravy.



Obr. 2.15 Struktura síťového diagramu [21]

Metoda PERT:

Metoda PERT se při sestavování grafu v podstatě neliší od metody CPM. Základní odlišností od metody CPM je, že doba trvání činnosti není přesně známa, ale je dána pouze s určitou pravděpodobností. Tato doba trvání není konstantou, ale náhodnou veličinou s určitým rozdělením pravděpodobnosti.



3 Kvalita v předvýrobních etapách

Vývoj nového produktu není jen o navržení produktu a přípravě jeho realizace. Ale tento vývoj obsahuje řadu dalších činností, které pomáhají zabezpečit produkt a vývoj tak, aby během jeho sériové výroby byly co nejvíce sníženy eventuální nežádoucí problémy. Jedná se také o činnosti, které nám sníží náklady na odstranění případných problémů.

V předvýrobní etapě, neboli během plánování kvality existuje několik metod, které snižují potencionální problémy, které by mohly nastat během výrobního procesu. Při studování těchto metod mě zaujaly dvě, a to metoda FMEA a metoda Quality Journal, které bych rád ve své práci přiblížil.

3.1 Metoda FMEA [1], [16]

Metoda FMEA je týmovou analýzou možností vzniku vad zkoumaného návrhu. Aplikací této metody lze odhalit až 90 % možných neshod. Metoda byla vyvinuta v 60. letech 20. století v USA a byla původně určena pro analýzu spolehlivosti složitých systémů v kosmonautice – byla vyvinuta NASA pro projekt zvaný Apollo. V pozdějších letech našla tato metoda využití i v dalších oblastech, a to zejména v automobilovém průmyslu. V tomto odvětví je aplikace FMEA striktně vyžadována.

FMEA nalezne uplatnění zejména pro nové nebo inovované výrobky či procesy, ale lze ji aplikovat i na ty stávající. FMEA je metodou, kterou je zapotřebí aplikovat v týmu, jelikož právě to je její velkou výhodou. Týmová práce využívá znalostí a zkušeností celé řady odborníků od vývoje až po marketing. Pro efektivní práci týmu je zapotřebí zkušený moderátor.

FMEA návrhu výrobku či procesu probíhá v několika fázích:

- analýza a hodnocení současného stavu
- návrh opatření
- hodnocení stavu po realizaci opatření

Výsledky metody se průběžně zapisují do formuláře FMEA, který je živým dokumentem dokládajícím nepřetržitou péči o jakost.



Mezi hlavní přínosy metody můžeme řadit např. možnost ohodnotit riziko možných vad a na základě toho stanovit opatření ke zlepšení, možnost optimalizovat návrh nebo vytváření cenné informační databáze o výrobku nebo procesu.

Metody FMEA naleznou uplatnění zejména ve dvou základních aplikacích:

- FMEA návrhu produktu, která zkoumá rizika možných vad u navrhovaného produktu
- FMEA procesu, která analyzuje rizika možných vad v průběhu navrhovaného procesu

FMEA návrhu produktu

Pomocí této metody se již v etapě návrhu odhalují veškeré nedostatky, které by předpokládaný návrh mohl mít a ještě před jeho schválením realizovat opatření, která by tyto nedostatky odstranila.

Analýza a hodnocení současného stavu

Práce v týmu při návrhu produktu začíná tím, že autor řešení podrobně seznámí členy týmu s požadavky zákazníka a s navrhovaným řešením. Poté je produkt systematicky rozčleněn na jednotlivé součásti a postupně se provádí vlastní analýza.

Prvním krokem analýzy je vypracování přehledu všech možných vad, které by mohly v průběhu životnosti produktu nastat. Další součástí analýzy je analýza stávajících kontrolních postupů, které jsou využívány k ověření vhodnosti navrhovaného řešení před uvolněním do realizační fáze.

Vady se hodnotí na základě bodové stupnice tzv. trestných bodů. Na základě počtu přidělených trestných bodů tým posuzuje, na kolik je možná vada pro zákazníka závažná a podle toho se postupuje při jejich eliminaci.

Návrh opatření

Na základě nejrizikovějších možných vad navrhují členové týmu vhodná opatření, která by toto riziko snížila. V případě možných nebezpečných následků by tato opatření měla být prioritně zaměřena na snížení významu. Situaci, kdy se nejedná o nebezpečné následky, je prioritou snižování pravděpodobnosti výskytu vady a až poté zvyšování odhalitelnosti vady.



Hodnocení stavu po realizaci opatření

Poslední etapa analýzy probíhá po realizaci opatření. Tým opět hodnotí rizika jednotlivých možných vad, na které se příslušná opatření zaměřovala. Hodnotící stupnice musí být stejná jako při použití současného stavu. Do formuláře jsou zaznamenávána provedená opatření a daná bodová hodnocení. Posouzení změn příslušných hodnot rizikových čísel umožňuje ohodnotit účinnost jednotlivých opatření. Aby byla příslušná rizika přijatelná, mělo by dojít k poklesu rizikového čísla pod kritickou hodnotu. Pokud se to u některých vad nepodaří je potřeba navrhnout účinnější opatření a znovu propočítat hodnoty rizikových čísel.

FMEA procesu

Využívá se před zahájením výroby nových nebo inovovaných výrobků a obvykle následuje až po FMEA návrhu produktu, jelikož na ní navazuje a využívá jejího výsledku. Postup při analýze procesu je obdobný jako při návrhu produktu s tím rozdílem, že příčiny možných vad produktu tým nehledá v navrhovaném řešení, ale v navrhovaném postupu realizace. Za provedení FMEA procesu je zodpovědný pověřený pracovník vývoje technologie, který týmu předkládá návrh procesu realizace produktu. Návaznost jednotlivých operací by měla být znázorněna pomocí vývojového diagramu.

Analýza a hodnocení současného stavu

Ve FMEA procesu se postupně analyzují dílčí operace procesu, které na sebe navazují. Úkolem týmu je identifikovat všechny vady, které mohou v průběhu výrobního procesu nastat. Ke každé možné vadě tým stanoví příčiny, které by ji mohly vyvolat. Tyto příčiny se hledají v nedostacích procesu. Stejně jako u návrhu produktu se i zde provádí hodnocení významu pomocí bodové stupnice. Při posuzování pravděpodobnosti odhalení vady zkoumáme účinnost používaných kontrolních postupů pro odhalení možné vady předtím, než produkt nebo jeho součást opustí místo výroby či montáže.

Návrh opatření

U vad, které přesahují kritickou hodnotu, je úkolem týmu navrhnout vhodná opatření pro minimalizaci rizik. Soubor doporučených opatření předkládá odpovědnému pracovníkovi ke schválení.



Hodnocení stavu po realizaci opatření

Po provedení opatření se opětovně hodnotí riziko vad, na které byla opatření zaměřena. Nově zjištěné hodnoty umožňují posoudit účinnost opatření.

3.2 Metoda Quality Journal [16], [22]

Metoda Quality Journal je jedním z několika systematických přístupů ke zlepšování kvality. Jde o metodu řešení problému v několika krocích, která byla převzata z japonského přístupu zvaného QC Story. V metodě Quality Journal jde o systematický postup zlepšování procesů, které jsou uskutečňovány v sedmi krocích:

- 1) Identifikace problému
- 2) Sledování problému
- 3) Analýza příčin problému
- 4) Návrh a realizace opatření k odstranění příčin
- 5) Kontrola účinnosti opatření
- 6) Trvalá eliminace příčin
- 7) Zpráva o postupu řešení problému a plánování budoucích aktivit

1) Identifikace problému

V prvním kroku zlepšování je zapotřebí získat a zpracovat co nejvíce informací o existujících problémech, které nám umožní stanovit si priority a vymezit nejdůležitější problém. Pomocí kvantitativních údajů vymezíme stávající stav výskytu problému a na základě tohoto popisu stanovíme stav cílový. Konečný stav by měl být technicky realizovatelný a ekonomicky efektivní tzn., že přínosy by měly být vyšší, než vynaložené náklady na zajištění cílového stavu.

2) Sledování problému

Problém musí být sledován ze všech možných hledisek, díky kterým by mohl vzniknout. Těmito hledisky mohou být provozní změny parametrů strojů, vliv lidského faktoru nebo např. teplota a vlhkost. Sledování problému by mělo probíhat přímo na místě, kde vzniká. To nám poskytuje řadu informací, které by z nashromážděných údajů nemusely být zřejmé.



3) Analýza příčin problému

Analýza příčin problému je uskutečňována ve dvou fázích, a to ve fázi hypotéz a ve fázi testování hypotéz. Pro první fázi je ideálně přizpůsoben Ishikawův diagram příčin a následků, o kterém jsem se zmiňoval již v předešlé kapitole. Hypotézu, která nám vzejde z Ishikawova diagramu, je zapotřebí potvrdit testováním. Testování hypotézy probíhá uskutečněním experimentu nebo shromážděním nových dat, která nám umožní ověřit skutečné působení příčin a stanovit intenzitu jejich vlivu.

4) Návrh a realizace opatření k odstranění příčin problému

Při návrhu a realizaci opatření je zapotřebí zvážit, zda je pro nás výhodnější okamžité opatření, kterým odstraňujeme vzniklý problém nebo opatření, které se na odstranění příčin problému zaměřuje. Vzhledem k tomu, že okamžité opatření ve většině případů nezabrání opakování problému, je vhodnější využít postupy, které daný problém odstraní. Realizaci opatření by mělo předcházet důkladné posouzení a výběr optimální varianty a návrhy zpracovat v týmu pomocí afinitního diagramu. Ke každému návrhu by měly být uvedeny jejich výhody/nevýhody a podrobné zhodnocení z různých hledisek. Důležité je mít jistotu, že realizace řešení nezpůsobí nový problém, a proto je vhodné navrhovaná opatření vyzkoušet pomocí experimentu.

5) Kontrola účinnosti opatření

Jak jsem již zmínil, realizované opatření je vhodné posoudit už při jeho zavedení, ale důležitá je i následná kontrola s určitým časovým odstupem, který se pohybuje v rozmezí týdnů až měsíců. Existují však i opatření, u kterých je možné efektivnost vyhodnotit až po několika letech.

6) Trvalá eliminace příčin

V případě, kdy realizace opatření způsobila zlepšení, je nutné zajistit trvalé zakotvení provedených změn do procesu. Pokud se tak nestane, hrozí nebezpečí, že se vše vrátí do původního stavu. Vhodným způsobem jak udržovat zlepšený stav je např. zavedení statistické regulace procesu.

7) Zpráva o řešení problému a plánování budoucích aktivit

V poslední fázi zlepšování kvality se zpracovává zpráva o průběhu řešení vzniklých problémů, která je podložena konkrétními daty a rozbory. Vyhodnocují se zde dosažené výsledky, ale shrnují se i problémy, které se zatím nepodařilo odstranit. Najdeme zde také návrhy činností, které je potřeba uskutečnit pro dořešení těchto problémů.



4 Závěr

Cílem bakalářské práce bylo shrnutí a přiblížení jak starých, tak nových nástrojů managementu kvality a jejich využití pro strojírenskou praxi. Práce byla psána formou rešerše a byla členěna do několika kapitol s tím, že největší část zabírá charakteristika jednotlivých nástrojů.

Nástroje managementu kvality jsou prospěšné především díky tomu, že v konečné fázi eliminují počet vyrobených neshod, a tím přispívají např. ke snížení nákladů na materiál, který by byl ve většině případů znehodnocen. Avšak mohou mít na firmu i negativní dopad, pokud se podnik soustředí především na jejich užití. V tomto případě se stávají kontraproduktivní a nadělají více škody než užitku.

Z těchto nástrojů bych rád vyzdvihl Paretův diagram, který umožňuje stanovit priority při řešení problémů s kvalitou a říká, že 20 % příčin způsobuje 80 % výsledků. Toto pravidlo tak může v mnohém usnadnit firmám práci. Když se např. budou soustředit na 20 % stěžejních zákazníků, vygeneruje jim to 80 % zisku.

Dalším nástrojem, který stojí za zmínění je diagram PDPC neboli rozhodovací diagram. Tak jako všechny ostatní nové nástroje, i tento je realizován formou brainstormingu. Diagram řeší kritické abnormality, které mohou nastat během plnění úkolů. Nástroj využíváme k efektivnímu naplánování projektu se stanovenými protiopatřeními.

Třetím a zároveň posledním nástrojem, který bych na závěr rád zmínil, je metoda FMEA, která je využívána v předvýrobních etapách a týká se zlepšování kvality před samotným výrobním procesem. Cílem tohoto nástroje je již ve fázi vývoje nového výrobku stanovit všechny možné vady, které by mohly souviset s daným výrobkem či procesem a pro nejrizikovější vady uskutečnit preventivní opatření.

Proces zvyšování kvality by neměl být považován za jednorázovou činnost, která po dosažení plánovaných cílů končí. Naopak by měl být chápán jako nepřetržitý proces, ve kterém by dosažený zlepšený stav byl východiskem pro další zdokonalování.



5 Seznam obrázků

Obr. 2.1 Cyklus DMAIC.....	12
Obr. 2.2 Příklad kontrolní tabulky	13
Obr. 2.3 Tvary histogramů 1	14
Obr. 2.4 Tvary histogramů 2	15
Obr. 2.5 Příklad vývojového diagramu	16
Obr. 2.6 Ukázka Paretova diagramu	17
Obr. 2.7 Ukázka bodových diagramů	19
Obr. 2.8 Příklad diagramu příčin a následků	20
Obr. 2.9 Struktura afinitního diagramu	23
Obr. 2.10 Struktura diagramu vzájemných vztahů.....	24
Obr. 2.11 Maticový diagram tvaru L	25
Obr. 2.12 Příklad paprskového diagramu.....	26
Obr. 2.13 Struktura systematického diagramu	27
Obr. 2.14 Struktura diagramu PDPC.....	28
Obr. 2.15 Struktura síťového diagramu	29



6 Seznam použité literatury

- [1] NENADÁL, Jaroslav. *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. Vyd. 1. Praha: Management Press, 2008, 377 s. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [2] ČSN EN ISO 9000. *Systémy managementu kvality – Základní principy a slovník*, Český normalizační institut Praha, duben 2006. 64 s.
- [3] SPEJCHALOVÁ, [Dana. *Management kvality*. Vyd. 3. Praha: Vysoká škola ekonomie a managementu, 2011. ISBN 80-867-3068-9.
- [4] KOŽÍŠEK, Jan. *Ekonomická statistika a ekonometrie*. Vyd. 2., přeprac. Praha: Vydavatelství ČVUT, 2005, 175 s. ISBN 80-010-3229-9.
- [5] JANÍČEK, Přemysl a Jiří MAREK. *Expertní inženýrství v systémovém pojetí*. 1. vyd. Praha: Grada, 2013, 592 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4127-7.
- [6] TOMEK, Gustav a Věra VÁVROVÁ. *Integrované řízení výroby: od operativního řízení výroby k dodavatelskému řetězci*. 1. vyd. Praha: Grada, 2014, 366 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-4486-5.
- [7] RŮŽIČKA, Tomáš. *Kvalita ve strojírenství a základní možnosti jejího zajištění. MM Průmyslové spektrum*. Praha: Vogel Publishing, 2005, (6). ISSN 1212-2572. Dostupné také z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/kvalita-ve-strojirenstvi-a-zakladni-moznosti-jejeho-zajisteni.html>
- [8] PLÁŠKOVÁ, Alena. *Jednoduché nástroje řízení jakosti II.: výstup z projektu podpory jakosti č. 5/16/2004*. Vyd. 1. Praha: Národní informační středisko pro podporu jakosti, 2004, 68 s. Průvodce řízením jakosti. ISBN 80-020-1690-4.
- [9] NETOLICKÝ, Petr, Ivana MAZÍNOVÁ a Witte NEJDEK. *Plánování kvality v předvýrobních etapách a vzdělávání. MM Průmyslové spektrum*. Praha: Vogel Publishing, 2011, (6). ISSN 1212-2572. Dostupné z: <http://www.mmspektrum.com/clanek/planovani-kvality-v-predvyrobnich-etapach-a-vzdelavani.html>
- [10] KOŽÍŠEK, Jan a Barbora STIEBEROVÁ. *Management jakosti I*. Vyd. 3., přeprac. V Praze: České vysoké učení technické, 2010, 227 s. ISBN 978-80-01-04568-8.
- [11] KOŽÍŠEK, Jan a Barbora STIEBEROVÁ. *Management jakosti II*. 3., přeprac. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2010, 197 s. ISBN 978-80-01-04656-2.
- [12] MLČOCH, Lubomír. *Řízení kvality a strojírenská metrologie*. 1. vyd. Praha: SNTL, 1987, 220 s.
- [13] *Management Mania: Joseph Moses Juran* [online]. [cit. 2015-06-05]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/joseph-moses-juran>



- [14] *Management Mania: Philip B. Crosby* [online]. [cit. 2015-06-05]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/philip-b-crosby>
- [15] *Management Mania: Armand Vallin Feigenbaum* [online]. [cit. 2015-06-05]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/armand-vallin-feigenbaum>
- [16] PLURA, Jiří. *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*. Vyd. 1. Praha: Computer Press, 2001, 244 s. ISBN 80-722-6543-1.
- [17] KUNDRATA, Jiří. *Iteuro* [online]. 2012 [cit. 2015-06-06]. Dostupné z: <http://blog.iteuro.cz/2012/12/devet-manazerskych-selhani-v-oblasti.html>
- [18] LORENC, Miroslav. *Lorenc* [online]. [cit. 2015-06-06]. Dostupné z: <http://lorenc.info/3MA381/graf-paretova-analyza.htm>
- [19] TICHÁ, Šárka. *Strojírenská metrologie*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006, 86 s. ISBN 978-80-248-1209-0.
- [20] *SMT centrum* [online]. 2010 [cit. 2015-06-06]. Dostupné z: <http://www.smtcentrum.cz/system-rizeni-vyroby/analyza-a-napravne-opatreni/>
- [21] BRADÍK, Josef. *Řízení a zabezpečování jakosti*. Vyd. 1. Brno: Zdeněk Novotný, 2003, 149 s. ISBN 80-214-2460-5.
- [22] *Ikvalita* [online]. 2010 [cit. 2015-06-12]. Dostupné z: <http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=136>