

UNIVERZITA PARDUBICE  
DOPRAVNÍ FAKULTA JANA PERNERA

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

2012

Jakub Nykodým

Univerzita Pardubice

Dopravní fakulta Jana Pernera

Přehled nástrojů řízení kvality

a jejich využití

Jakub Nykodým

Bakalářská práce

2012

Univerzita Pardubice  
Dopravní fakulta Jana Pernera  
Akademický rok: 2011/2012

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Jakub Nykodým**  
Osobní číslo: **D08322**  
Studijní program: **B3709 Dopravní technologie a spoje**  
Studijní obor: **Provozní spolehlivost dopravních prostředků a infrastruktury**  
Název tématu: **Přehled nástrojů řízení kvality a jejich využití**  
Zadávající katedra: **Katedra dopravních prostředků a diagnostiky**

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

1. Úvod, základní pojmy, historický vývoj
2. Přehled ISO norem v oblasti integrace řízení kvality
3. Audity, legislativní vztahy a souvislosti
4. Struktura normy ISO 9001
5. 7 základních nástrojů řízení kvality a jejich využití v praxi
6. Další analytické metody řízení a zajišťování kvality, praktické příklady
7. Závěr

Rozsah grafických prací:

Rozsah pracovní zprávy:

Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam odborné literatury:

**Nenadál, J. Moderní systémy řízení jakosti. Praha: Management Press, 1998. 283 s. ISBN 80-85943-63-8.**

**TOŠENOVSKÝ, J.; NOSKIEVIČOVÁ, D. Statistické metody pro zlepšování jakosti. Ostrava: Montanex, 2000. 362 s. ISBN 80-7225-040-X.**

**PLURA, J. Plánování a neustálé zlepšování jakosti. Praha: Computer Press, 2001. 244 s. ISBN 80-7226-543-1.**

**internet: [www.ikvalita.cz](http://www.ikvalita.cz)**

Vedoucí bakalářské práce:

**Ing. Jiří Janovský**

Katedra dopravních prostředků a diagnostiky

Datum zadání bakalářské práce: **24. února 2012**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31. května 2012**



prof. Ing. Bohumil Culek, CSc.

děkan

L.S.



doc. Ing. Miroslav Tesař, CSc.

vedoucí katedry

V Pardubicích dne 24. února 2012

Prohlašuji:

Tuto práci jsem vypracoval samostatně. Veškeré literární prameny a informace, které jsem v práci využil, jsou uvedeny v seznamu použité literatury.

Byl jsem poučen s tím, že se na moji práci vztahují práva a povinnosti vyplývající ze zákona č. 121/2000 Sb., autorský zákon, zejména se skutečností, že Univerzita Pardubice má právo na uzavření licenční smlouvy o užití této práce jako školního díla podle § 60 odst. 1 autorského zákona, a s tím, že pokud dojde k užití této práce mnou nebo bude poskytnuta licence o užití jinému subjektu, je Univerzita Pardubice oprávněna ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložila, a to podle okolností až do jejich skutečné výše.

Souhlasím s prezenčním zpřístupněním své práce v Univerzitní knihovně.

V Pardubicích dne 25. 5. 2012

Jakub Nykodým

Děkuji Ing. Jiřímu Janovskému za příkladný přístup, ochotu a pomoc při řešení bakalářské práce. Děkuji také všem členům Katedry dopravních prostředků a diagnostiky za vytvoření příjemného pracovního prostředí.

Zvláštní poděkování pak věnuji mé rodině a blízkým za jejich podporu a trpělivost během mého studia na vysoké škole.

## **SOUHRN**

Tato bakalářská práce se zabývá nástroji a metodami řízení kvality. Stručně shrnuje vývoj v oblasti řízení kvality a způsoby auditování systémů kvality. Součástí práce jsou i ukázky konkrétních aplikací jednotlivých nástrojů a metod.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Kvalita, audity, nástroje a metody řízení jakosti

## **TITLE**

Overview of quality management tools and their use

## **ABSTRACT**

Quality, audits, tools and methods of quality control

## **KEYWORDS**

This bachelor thesis deals with the tools and methods of quality control. Briefly summarizes the developments in quality management and quality systems auditing methods. The work also includes examples of specific applications of individual instruments and methods.

# OBSAH

<b>ÚVOD</b> .....	<b>- 8 -</b>
<b>1 ÚVOD DO PROBLEMATIKY JAKOSTI</b> .....	<b>- 9 -</b>
1.1 ZÁKLADNÍ POJMY .....	- 9 -
1.2 HISTORICKÝ VÝVOJ JAKOSTI.....	- 11 -
<b>2 OTÁZKA TECHNICKÉ NORMALIZACE V SYSTÉMECH JAKOSTI</b> .....	<b>- 14 -</b>
2.1 TECHNICKÁ NORMALIZACE.....	- 14 -
2.2 PŘEHLED NOREM ISO V SYSTÉMECH JAKOSTI.....	- 15 -
2.3 STRUKTURA NORMY ISO 9001.....	- 17 -
<b>3 AUDITOVÁNÍ SYSTÉMŮ JAKOSTI</b> .....	<b>- 20 -</b>
3.1 DRUHY AUDITŮ .....	- 20 -
3.1.1 Certifikace.....	- 21 -
3.2 PRŮBĚH AUDITU.....	- 21 -
3.3 ODBORNÁ ZPŮSOBILOST AUDITORŮ .....	- 24 -
<b>4 NÁSTROJE A METODY ŘÍZENÍ JAKOSTI</b> .....	<b>- 25 -</b>
4.1 SEDM ZÁKLADNÍCH NÁSTROJŮ ŘÍZENÍ JAKOSTI .....	- 25 -
4.1.1 Vývojový (postupový) diagram.....	- 25 -
4.1.2 Diagram příčin a následku (Ishikawův diagram, diagram rybí kosti) .....	- 26 -
4.1.3 Formulář pro sběr dat.....	- 28 -
4.1.4 Paretova analýza.....	- 29 -
4.1.5 Histogram.....	- 31 -
4.1.6 Bodový (korelační) diagram .....	- 34 -
4.1.7 SPC - Statistická regulace procesu.....	- 36 -
4.1.7.1 Regulační diagram .....	- 38 -
4.1.7.2 Způsobilost procesu .....	- 41 -
4.2 DALŠÍ METODY ŘÍZENÍ JAKOSTI.....	- 43 -
4.2.1 Metoda 5S .....	- 43 -
4.2.2 Metoda FMEA - Analýza možnosti vzniku vad a jejich následků.....	- 44 -
4.2.3 Metoda FTA - Analýza stromu vad.....	- 46 -
4.2.4 Metoda ETA - Analýza stromu událostí.....	- 48 -
4.2.5 Metoda POKA - YOKE .....	- 50 -
4.2.6 Metoda 8D Report .....	- 51 -
4.2.7 Metoda Six Sigma .....	- 52 -
4.2.8 Metoda RBD - Analýza blokového diagramu bezporuchovosti .....	- 55 -
<b>ZÁVĚR</b> .....	<b>- 60 -</b>
<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ</b> .....	<b>- 62 -</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ</b> .....	<b>- 65 -</b>
<b>SEZNAM PŘÍLOH</b> .....	<b>- 66 -</b>



## Úvod

V současné době, kde konkurenci nacházíme ve všech odvětvích, hraje kvalita nepřehlédnutelnou roli. Ale víme vůbec co si přesně pod tímto slovem představit? To byl jeden z hlavních důvodů, proč je jako téma práce vybrána otázka kvality a především nástroje a metody jejího řízení.

Nejlépe prosperují podniky, které staví kvalitu na první místo a tím dosahují značných úspěchů. Kvalita produkováných výrobků nebyla dříve pro české podniky prioritou číslo jedna, neboť nebyly zvyklé na tak obrovské konkurenční prostředí, jako je tomu obvyklé v Japonsku, Německu, USA a dalších průmyslově vyspělých zemí. Proto u nás v uplynulých dvou desítkách let došlo k významnému posunu v pohledu a chápání kvality.

Dnes již prakticky každý větší podnik má své vlastní oddělení kvality. Avšak i u menších podniků, které si ať už z finančních či jiných důvodů nemohou tato oddělení dovolit, existují zaměstnanci mezi jejichž specializací mimo jiné patří řízení kvality výrobků a služeb.

Vysoká úroveň kvality poskytovaných výrobků je podstatným konkurenčním faktorem. Každý z nás se denně může setkat s důsledky špatného řízení kvality (např. stav pozemních komunikací). Poskytuje-li podnik příliš mnoho neprodejných výrobků, tak mrhá svými zdroji, které mohl využít někde jinde. Ztráta z poskytování nekvalitních výrobků se projevuje nejrůznějšími způsoby - vyšším rozsahem reklamací, ztrátou tržní pozice, ztrátou zákazníka, snížením zisku atd. Toho by si měl především uvědomit management společnosti a hlavně management kvality při navrhování způsobu pro řízení kvality v podniku. Na celkové kvalitě výrobků se podílí všichni od prezidenta společnosti až po řadového dělníka, proto musí také management kvality zajistit jejich průběžné vzdělávání. Tím budou schopni konstruovat, vyvíjet, plánovat a vyrábět bez vad a hospodárným způsobem.

Hlavním cílem této práce je podat celkový přehled metod používaných v oblasti řízení kvality s ukázkami konkrétní aplikace některých těchto nejrozšířenějších metod, používaných ve výrobních podnicích.

# 1 Úvod do problematiky jakosti

## 1.1 Základní pojmy

**Kvalita** nebo-li **jakost** má v odborné literatuře celou řadu definic.

- Jakost je shoda s požadavky. (Philips B. Crosby)
- Jakost se dá definovat jen v pojmech posuzovatele. (Edward W. Deming)
- Jakost je to, co za ní považuje zákazník. (Armand V. Fegenbaum)
- Jakost je vyjádřením vhodnosti k užívání. (Joseph M. Juran)
- Jakost je ztrátou, kterou výrobek způsobuje společnosti po expedici, nehledě na ztráty způsobené jeho vlastní funkcí. (Genichi Taguchi)

Jako univerzální definici lze použít tu, která byla uváděna v normě ČSN ISO 8402, kde se psalo, že jakost je „*celkový souhrn znaků entity, které ovlivňují schopnost uspokojovat stanovené a předpokládané potřeby*“.[1]

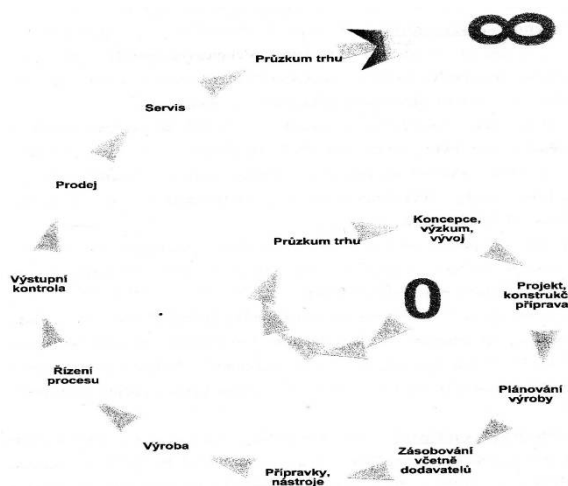
**Entita** - „*cokoliv, co lze jednotlivě uvažovat a posoudit*“[1] (výrobek, služba, činnost nebo proces, organizace nebo osoba a jakákoliv jejich kombinace).

**Výrobek** (produkt) - „*výsledek činností a procesů*“.[1] Může mít podobu služby, hardwaru, softwaru, zpracovaných materiálů či jejich kombinace.

**Znaky entity** častěji nazývané jako **znaky jakosti** - „*požadavky na jednotlivé skupiny vlastností výrobku*“.[1] U výrobků typu technického zařízení máme pod znaky jakosti na mysli funkčnost, estetickou působivost, nezávadnost (zdravotní, hygienickou, bezpečnostní a ekologickou), ovladatelnost, životnost, spolehlivost, udržovatelnost a opravitelnost. Pokud bychom mluvily o jakostních znacích služby nebo procesu, budou se tyto znaky lišit.

Výše uvedená univerzální definice jakosti (dle normy ČSN ISO 8402) sice nezmiňuje přímo zákazníka, je však patrné, že mají být uspokojovány entitou právě jeho potřeby. Uspokojování těchto potřeb není záležitostí pouze výroby, ale všech činností podniku

od marketingového výzkumu trhu, až po poskytování servisu. To lze vyjádřit pomocí **Juranovi spirály jakosti**. Jde vlastně o spirálu zlepšování jakosti, kde se životní cyklus výrobku neustále opakuje a nový vždy začíná na vyšší úrovni.



Obrázek 1 - Juranova spirála jakosti [3]

Avšak nejpoužívanější definici jakosti nalezneme v normě ISO 9000, která říká, že jakost je „*stupeň plnění požadavků souborem inherentních (existujících v něčem trvale) znaků*“.[13]

**Systém managementu jakosti** (dále jen systém jakosti) - „*organizační struktura, pravomoci, odpovědnosti, postupy, procesy, a zdroje potřebné k realizaci managementu jakosti*“.[13] Spadá pod celkový systém managementu organizace.

**Management jakosti** - „*koordinovaná činnost pro vedení a řízení organizace s ohledem na jakost*“.<sup>1</sup>[13] Mezi základní cíle managementu jakosti patří plná spokojenost i loajalita zákazníků a příznivé hospodářské výsledky. K jeho vytvoření a vylepšování můžeme využít tři základní koncepce:

#### 1) **Koncepce na bázi podnikových (odvětvových) standardů**

Mají platnost v rámci podniku, resp. jednotlivých výrobních odvětví. Musí se jimi řídit všichni dodavatelé. Stanovují požadavky managementu jakosti, které jsou náročnější než požadavky uváděné v normách ISO řady 9000. Příklady této koncepce jsou

<sup>1</sup> V praxi se výraz „management“ nahrazuje českým ekvivalentem „řízení“. Avšak norma ISO 9000:2001 má pro výraz „řízení“ anglický ekvivalent „control“. Takže pod spojením „řízení jakosti“ si vzpomínaná norma představuje část managementu jakosti zaměřenou na plnění požadavků jakosti. Výrazy „zabezpečování jakosti“ a „péče o jakost“ jsou v praxi taktéž užívány ve smyslu „managementu jakosti“.

např. ASME kódy pro těžké strojírenství, HACCP standardy pro potravinářské provozy, či předpisy QS 9000 a VDA 6.1 uplatňované v automobilovém průmyslu.

## 2) **Koncepce na bázi norem ISO**

Normy ISO řady 9000 mají univerzální charakter, což znamená, že je lze používat v organizacích bez ohledu na jejich velikost a druh činnosti. Nejsou závazné, ale pouze doporučující. Obsahují soubor minimálních požadavků, který by měl být v organizaci uskutečňován. Aplikace těchto norem je pouze začátek cesty k jakosti.

## 3) **Koncepce na bázi TQM (Total Quality Management)**

Představuje filozofii celopodnikového řízení jakosti. Není založena na předem definovaných požadavcích. V praxi realizována prostřednictvím různých modelů (např. Model Excellence), jejichž společnými rysy je orientace na zákazníka, trvalé zlepšování, účast všech a sociální ohleduplnost. Kritéria těchto modelů sloužící k posuzování úrovně řízení organizace, poskytují podklady pro udělování ceny za jakost. [1], [2]

## **1.2 Historický vývoj jakosti**

Zmínky o jakosti můžeme spatřit už na starověkých památkách. Např. reliéf z egyptských Théb z 2. století před n. l. zobrazuje činnost kontrolora na stavbě pyramidy. To dokazuje, že problematikou jakosti se lidstvo zabývá velice dlouhou dobu. Vždyť i ze starověku pochází její první definice, jejíž autorem je Aristoteles.

Ve středověku hlídala jakost výrobků nařízení řemeslnických cechů. Nepoctivci nedodržující tato nařízení, byli většinou sankcionováni různými represivními metodami (např. nedobrovolným vymáčáním ve studené řece). Posléze se k cechům připojil i stát svými zásahy, aby napomohl rozvoji výroby a obchodu. Později však nabyly zásahy státu spíše ochranných důvodů trhu. Z tohoto období nám zůstalo známé označení MADE IN, kterým dle nařízení britské dolní sněmovny z roku 1887 musely být označeny všechny výrobky importované do Anglie.

K velice intenzivnímu rozvoji jakosti došlo v minulém století. Rozeznáváme zde hned několik etap vývoje zabezpečování jakosti:

### **1. etapa - model řemeslné výroby**

Řemeslník provádí samokontrolu výrobku během jeho výroby. Výhodou byla okamžitá zpětná vazba zákazníka na výrobek, neboť řemeslník obvykle zajišťoval i prodej svých výrobků. Tím si mohl vyslechnout požadavky, na které mohl reagovat. Značnou nevýhodu představovala nízká produktivita práce. Jde o období na přelomu 19. a 20. století.

### **2. etapa - model s technickou kontrolou**

Ve 20. letech minulého století přichází společně s průmyslovou výrobou řada změn. Hlavní v podobě hlubší dělby práce. Z dělnických profesí byli vyčleněni nejzkušenější pracovníci, z nichž se stali techničtí kontroloři odpovědní za jakost. Nastala ovšem situace, kdy dělníci přestali mít zájem péče o jakost, protože to nebylo součástí jejich povinností.

### **3. etapa - model s výběrovou kontrolou**

Ve 30. letech dvacátého století položili Američané Romiga a Shewhart základ statistických metod kontroly. Ty se výrazněji prosadily za druhé světové války, kdy nároky na jakost značně stouply, při zlepšování a plánování jakosti výroby obrovského množství válečného materiálu. V civilní sféře se výrazněji uchytily po válce a to hlavně v Japonsku.

### **4. etapa - model s regulací**

Postupem času začaly Japonci aplikovat statistické metody na další oblasti činnosti podniku. Vznikl základ moderního systému jakosti tzv. Company Wide Quality Control (CWQC). Tento model se používal zhruba od roku 1940 do roku 1960.

### **5. etapa - model TQM (Total Quality Management)**

Prohloubením systému CWQC vznikl tzv. totální management jakosti (TQM). V roce 1960 s ním přišel Američan Feigenbaum, který dnes představuje dynamicky se rozvíjející koncepci.

## **6. etapa - normy ISO řady 9000**

Podle návrhu technické komise ISO/TC 176 byly v roce 1987 vydány normy ISO řady 9000 určené pro řízení jakosti.

### **Současnost - model GQM (Global Quality Management)**

U model GQM došlo k fúzi řízení jakosti s péčí o životní prostředí a bezpečnosti. [2], [4]

## 2 Otázka technické normalizace v systémech jakosti

### 2.1 Technická normalizace

**Technická norma** (dále jen norma) - „požadavky na to, aby výrobek byl vhodný pro daný účel za stanovených podmínek“.[1]

Požadavky a podmínky v ní stanovené, se mohou postupem času značně měnit. Abychom tyto problémové záležitosti odstranili a vzali v potaz i vývoj ve světě, je nutné provádět průběžně revitalizace norem (např. u normy ISO řady 9000 dochází k aktualizaci přibližně každých pět let).

Všeobecně jsou normy nezávazné a mají pouze doporučující charakter. Závaznost norem lze ovšem stanovit právním předpisem ve vymezených případech (jaderná energetika, životní prostředí, zdravotnictví, atd.), případně obchodní smlouvou.

Na mezinárodní úrovni patří k nejuznávanějším orgánům v oblasti technické normalizace Mezinárodní normalizační organizace - ISO (International Standard Organisation) a Mezinárodní elektrotechnická organizace - IEC (International Electrotechnical Commission). Členové těchto organizací si mohou zvolit své zástupce do technických komisí, které vytvářejí návrhy norem, předkládaných k přijetí členům ISO či IEC, k němuž je nutný souhlas minimálně 75% hlasujících členů.

V evropském rámci technické normalizace zaujímají výsadní postavení Evropská komise pro normalizaci - CEN (evropská obdoba ISO)<sup>2</sup>, Evropská komise pro normalizaci v elektrotechnice - CENELEC (evropská obdoba IEC) a Evropský institut pro telekomunikační normy - ETSI.

Český normalizační institut (ČSNI) organizace zřízená Ministerstvem průmyslu a obchodu, zajišťuje tvorbu a vydávání českých norem (ČSN). Po vstupu České republiky do Evropské unie muselo dojít k harmonizaci našich norem s těmi evropskými, popřípadě mezinárodními. Takto převzaté normy (ČSN EN, ČSN ISO a ČSN IEC) obsahují ve svém názvu zkratky organizací, z kterých byly přejímány. [3], [4]

---

<sup>2</sup> Rovněž Česká republika zastupovaná Českým normalizačním institutem (ČSNI) patří mezi řádné členy Evropské komise pro normalizaci (CEN).

## 2.2 *Přehled norem ISO v systémech jakosti*

Normy ISO aplikované v systémech jakosti, lze rozčlenit do následujících skupin:

### a) **Normy ISO řady 9000**

Definují základní požadavky na systém jakosti a pravidla pro jeho certifikaci.

- *ISO 9000: Systém managementu jakosti - Základní principy a slovník*

Popisuje základy systému jakosti a obsahuje definice pojmů souvisejících s jakostí a jejím zabezpečováním.

- *ISO 9001: Systém managementu jakosti - Požadavky*

Stěžejní norma sloužící jako podklad pro navrhování, zavádění a prověřování systému jakosti. Požadavky v ní uvedené představují kritéria pro posuzování schopnosti výrobku splňovat požadavky zákazníka a příslušných předpisů.

- *ISO 9004: Systém managementu jakosti - Směrnice pro zlepšování*

Obsahuje doporučení pro další zlepšování systému jakosti, přesahující rámec normy ISO 9001.

### b) **Doplňkové normy**

Jde především o normy ISO řady 10000, které konkretizují a rozšiřují základní požadavky na jednotlivé části systému jakosti uvedené v normách ISO řady 9000.

#### **Normy ISO řady 10000:**

- *ISO 10001: Management jakosti - Spokojenost zákazníka - Směrnice pro pravidla chování organizace*
- *ISO 10002: Management jakosti - Spokojenost zákazníka - Směrnice pro vyřizování stížností v organizaci*
- *ISO 10003: Management jakosti - Spokojenost zákazníka - Směrnice pro externí řešení sporů organizace*



- *ISO 10005: Systém managementu jakosti - Směrnice pro plány jakosti*
- *ISO 10006: Systém managementu jakosti - Směrnice pro management jakosti projektů*
- *ISO 10007: Systém managementu jakosti - Směrnice pro management konfigurace*
- *ISO 10012: Systém managementu měření - Požadavky na procesy měření a měřicí vybavení*
- *ISO/TR 10013: Směrnice pro dokumentace systému managementu jakosti*
- *ISO 10014: Management jakosti - Směrnice pro dosahování finančních a ekonomických přínosů*
- *ISO 10015: Management jakosti - Směrnice pro výcvik*
- *ISO/TR 10017: Návod na aplikaci statistických metod v ISO 9001*
- *ISO 10019: Směrnice pro výběr poradců v systému managementu jakosti a pro využití jejich služeb*
- *ISO 17000: Posuzování shody - Slovník a základní principy*
- *ISO 19011: Směrnice pro auditování systémů managementu jakosti a systémů environmentálního managementu*

c) **Oborové normy**

Specifikují požadavky normy ISO 9001 pro konkrétní typy organizací.

- *ISO 9100: Letectví a kosmonautika - Systémy managementu jakosti - Požadavky zabezpečování jakosti při návrhu, vývoji, výrobě, instalaci a servisu*
- *ISO 13485: Zdravotnické prostředky - Systémy managementu jakosti - Požadavky pro účely předpisů*
- *ISO/TS 16949: Systémy managementu jakosti - Zvláštní požadavky na používání v automobilovém průmyslu [4]*

## **2.3 Struktura normy ISO 9001**

Norma ISO 9001 se skládá z 8 kapitol. Kapitoly 1 až 3 jsou pouze informativní, zbylé kapitoly 4 až 8 tvoří soubor požadavků kladených na systém managementu jakosti, tj. management, zdroje, realizaci výrobku, procesy měření, analýzy a zlepšování (níže budou tyto kapitoly rozebrány podrobněji). Velký důraz klade norma na dokumentaci jednotlivých procesů.

### **Kapitoly 1, 2 a 3 - Předmět normy, Citované dokumenty, Termíny a definice**

Obsahují specifikace předmětu normy, možné aplikace, související normativní dokumenty, termíny a definice.

### **Kapitola 4 - Systém managementu jakosti**

Stanovuje, že organizace musí vytvořit, dokumentovat, implementovat a udržovat systém jakosti a neustále zvyšovat jeho efektivnost podle požadavků této normy.

Věnuje také pozornost řízené dokumentaci (prohlášení o politice a cílech jakosti, příručka jakosti, postupy a záznamy). Příručka jakosti (vrcholový a základní dokument organizace o jakosti) obsahuje oblast použití systému jakosti, dokumentované postupy vytvořené pro systém jakosti a popis vzájemného působení mezi procesy systému jakosti. Řízení dokumentů spočívá ve vytvoření pravidel pro jejich schvalování, přezkoumání, provádění změn, identifikaci, ochranu a uchování.

### **Kapitola 5 - Odpovědnost managementu**

Udává přehled aktivit vrcholového vedení v systémech jakosti - zajišťování dostupných zdrojů, maximalizace spokojenosti zákazníka, stanovení politiky jakosti, plánování cílů jakosti (musí být měřitelné a v souladu s politikou jakosti), stanovení odpovědnosti a pravomocí a přezkoumávání systému managementu.

Politika jakosti vyjadřuje záměry organizace a obsahuje závazek k plnění požadavků a principu neustálého zlepšování efektivnosti systému jakosti.

## **Kapitola 6 - Management zdrojů**

Klade důraz na zabezpečení kompetence pracovníků, kteří ovlivňují shodu s požadavky na výrobek pomocí vhodného vzdělání, výcviku, dovedností a zkušeností.

Organizace také musí disponovat vhodnou infrastrukturou (pracovní prostory, technické vybavení a podpůrné služby) a pracovním prostředím.

## **Kapitola 7 - Realizace výrobku**

Zabývá se požadavky na realizaci výrobku. Ty začínají u plánování cílů jakosti a požadavků na výrobek, zdrojů, činností souvisejících s ověřováním, validací, monitorováním, měřením, kontrolou a zkoušením.

Dále věnuje pozornost procesům týkajících se zákazníka - určení požadavků na výrobek, jejich přezkoumáváním a komunikací se zákazníkem (zejména zpětná vazba včetně stížností).

Specifikuje požadavky na vstupy, resp. výstupy návrhu a vývoje, kteří musí být systematicky přezkoumáváni, ověřováni a validováni.

Obdobně se prověřuje i nakupovaný výrobek, kde mezi důležité aspekty patří výběr dodavatelů.

Výroba a poskytování služeb musí probíhat za řízených podmínek stejně jako ostatní procesy v organizaci. Řízené podmínky v tomto smyslu zahrnují - dostupnost informací o charakteristikách výrobku, dostupnost pracovních instrukcí, používání vhodného zařízení, používání a implementaci monitorovacího či měřicího zařízení a činnosti při uvolňování výrobku.

## **Kapitola 8 - Měření, analýza a zlepšování**

Soustřeďuje se na aktivity potřebné pro prokázání shody s požadavky na výrobek, udržení shody systému jakosti a využití příležitostí k jeho zlepšení. To obnáší aplikování vhodných metod pro monitorování a měření spokojenosti zákazníka (průzkumy, zákaznická data, pochvaly, reklamace atd.), interní audity nebo metody pro monitorování a měření procesu, případně výrobku.

Jestliže výrobek neodpovídá stanoveným požadavkům, označuje se jako neshodný. V takovém případě musí být výrobek identifikován. Následně s ním zacházíme podle dokumentovaného postupu a kde je to možné přijímáme příslušná nápravná opatření (odstraňují příčiny neshod) či preventivní opatření (zabraňují výskytu potenciálních neshod). [14]

### 3 Auditování systémů jakosti

**Audit** nebo-li **prověrka** - „*systematický, nezávislý a dokumentovaný proces získávání důkazů z auditu a jeho objektivní hodnocení s cílem stanovit rozsah, v němž jsou splněna kritéria auditu*“.[15]

**Kritéria auditu** - „*soubor dílčích politik, postupů nebo požadavků používaných jako reference*“.[15]

Audity systémů jakosti (dále jen audity) používá vrcholové vedení organizace jako nástroj pro kontrolu stavu již zavedeného systému jakosti.

#### 3.1 Druhy auditů

V základu podle toho, kdo využívá závěry plynoucí z auditu, rozlišujeme dva hlavní druhy auditů - audity interní a externí.

U interních auditů někdy také nazývaných jako audity první stranou, to je samotná auditovaná organizace. S ohledem na program auditů existují interní audity plánované a neplánované (mimořádné).

Výsledky z externích auditů naopak využívají jiné organizace (např. odběratelé, certifikační organizace atd.). Dále rozeznáváme externí audity aktivní, kde naši auditoři auditují jiné organizace a audity pasivní, kde je naše organizace auditovaná druhou (odběratel) nebo třetí stranou (certifikační organizace).

Podle objektu auditu dělíme audity na systémové, procesní, výrobové a personální.

Z hlediska rozsahu, v jakém jsou prověřovány oblasti, rozčleňujeme audity na úplné, dílčí (miniaudit, etapový audit), případně následný audit vyhodnocení účinnosti nápravných opatření.

Speciální druh auditů představuje certifikace. Jde o rozsáhlejší způsob auditování systémů jakosti. [2]

### 3.1.1 Certifikace

**Certifikace** - „činnost třetí strany, kterou prokazuje dosažení přiměřené důvěry, že náležitě identifikovaný předmět certifikace je ve shodě s předepsanou normou nebo normativně technickým dokumentem“.[1]

Třetí stranou se myslí nezávislá, celistvá, způsobilá a nestranná akreditovaná organizace (laboratoř, zkušebna, certifikační organizace).

Předmětem certifikace může být systém jakosti, proces, výrobek či služba a personál.

Jako osvědčení o dosažení shody s předepsanou normou nebo normativním dokumentem uděluje akreditovaná organizace tzv. certifikát. Obvykle s platností na dobu tří let. [1], [2]

## 3.2 Průběh auditu

Vlastní audit ať už interní či externí probíhá přibližně v těchto krocích (na základě vlastní zkušenosti):

### **Krok 1 - Oznámení o auditu**

Vedoucí oddělení jakosti naplánuje audity dle ročního plánu auditů, případně na základě rozhodnutí o mimořádném auditu a jmenuje vedoucího auditora pro konkrétní audit. Pošle pozvánku s oznámením o auditu všem odpovědným pracovníkům auditovaných oblastí.

### **Krok 2 - Příprava na audit**

Auditor si připraví a seznámí se všemi potřebnými podklady provedení auditu (zápis z posledního auditu, formuláře, postupy, zásady, kontrolní plány, dispozice pracovišť, požadavky norem, analýza procesů atd.).

### **Krok 3 - Provedení auditu na místě**

Na začátku každého auditu je potřeba seznámit pracovníky auditovaného pracoviště s účelem, rozsahem a postupem auditu. Následně se na základě připravených podkladů provede audit.

#### **Krok 4 - Vytvoření hlášení z auditu**

Vytvoří se záznam z auditu, který má minimálně dvě části - Protokol k auditu jakosti a Checklist (list s prověřovacími otázkami) s bodovým hodnocením.

#### **Krok 5 - Zjištění z auditu**

V případě, že byly při auditu zjištěny neshody, pokračuje se dále dle kroku 7.

#### **Krok 6 - Předání výsledného auditu**

V případě, že při auditu nebyly nalezeny žádné neshody, jsou výsledky auditu odeslány vedoucím auditovaných oblastí a protokol k vyjádření a podpisu.

#### **Krok 7 - Předání výsledků auditu - vytvoření Přehledu neshod a nápravných opatření**

Pokud byly při auditu nalezeny neshody, pak je součástí hlášení z auditu také Přehled neshod a nápravných opatření z auditu. Výsledky auditu jsou zaslány vedoucím jednotlivých oddělení a osobně předloženy k vyjádření.

#### **Krok 8 - Návrh nápravných opatření**

Vedoucí jednotlivých auditovaných oblastí jsou podle doporučení auditora povinni zaslat zpět příčiny neshod, návrh nápravných opatření, termín jejich implementace a jméno odpovědné osoby.

#### **Krok 9 - Kontrola realizace nápravných opatření**

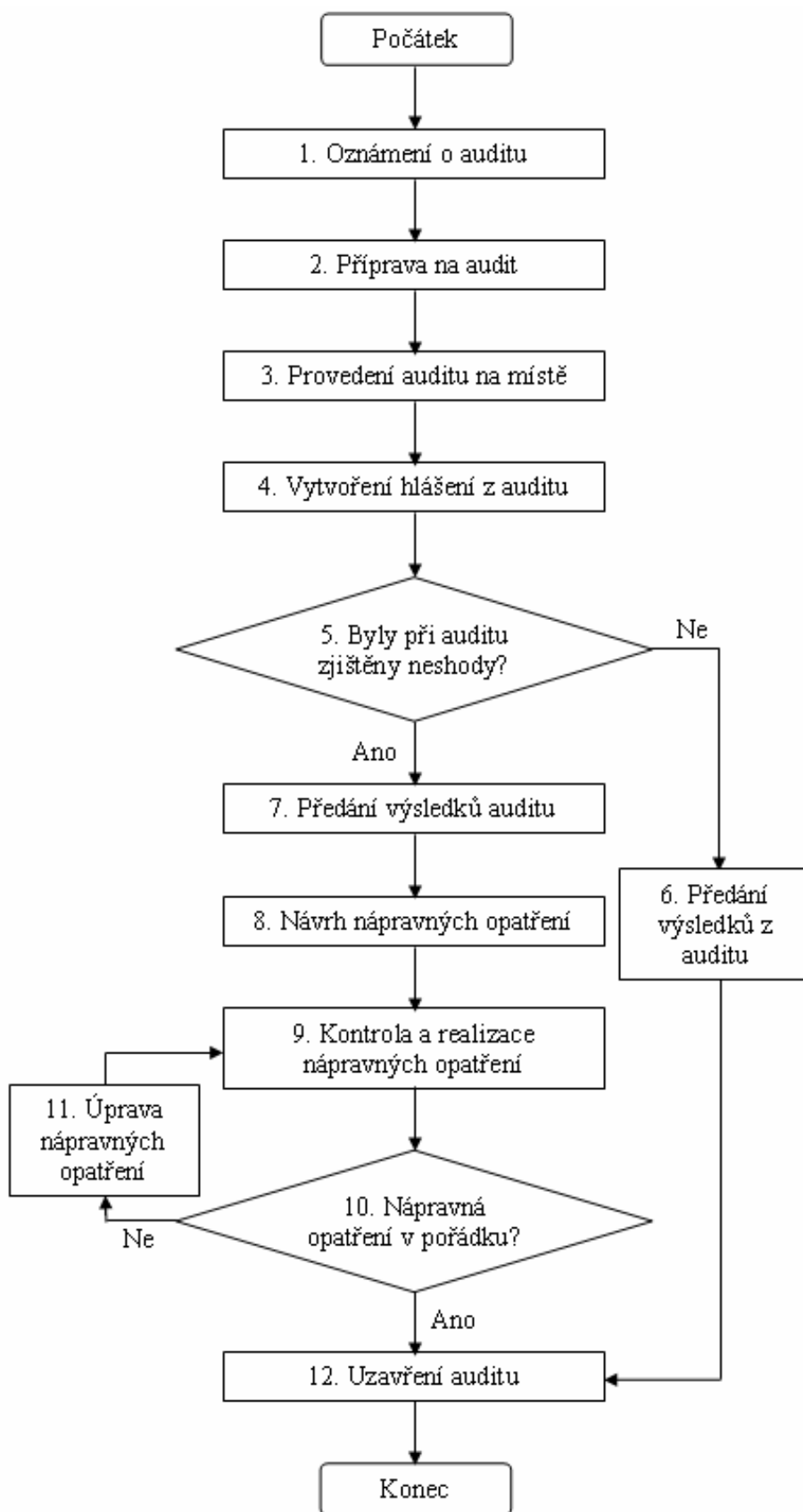
Auditor je zodpovědný za kontrolu realizace nápravných opatření.

#### **Krok 10 a 11 - Úprava nápravných opatření**

Pokud nápravné opatření nezajistilo odstranění zjištěné neshody či nebylo provedeno, zodpovědná osoba navrhne opatření nové a auditor znovu ověří, zda už bylo účinné.

#### **Krok 12 - Uzavření auditu**

Záznamy z auditu se ukládají na oddělení jakosti. Výsledky auditů jsou uschovávány v papírové i elektronické podobě. [15]



Obrázek 2 - Průběh auditu [autor]



### 3.3 Odborná způsobilost auditorů

**Auditor** - „osoba s odbornou způsobilostí k provádění auditů“.[15]

Auditor, jakožto osoba přímo zodpovědná za audit, musí splňovat určité předpoklady odborné způsobilosti, zakládané na:

- Osobních vlastnostech (komunikativnost, přístupnost dalším názorům, objektivnost a nezájatost, etické chování atd.).
- Znalostech a dovednostech v oblasti auditů, dokumentace, organizační situace a právních předpisů.
- Požadavcích na vzdělání, pracovní zkušenosti a dovednosti (viz. tab. 1).

Tabulka 1 - Základní požadavky na auditory [15]

Požadavky	Auditor	Vedoucí auditor
Vzdělání	Minimálně středoškolské	Minimálně středoškolské
Celková doba praxe	5 let	5 let
Celková doba praxe	Minimálně 2 roky z celkových 5 let	Minimálně 2 roky z celkových 5 let
Školení/výcvik auditorů	40 hodin	40 hodin
Zkušenosti z auditu	4 kompletní audity v rozsahu minimálně 20 dnů v posledních 3 letech jako auditor v přípravě pod vedením odborně způsobilého vedoucího týmu auditorů	3 kompletní audity v rozsahu minimálně 15 dnů v posledních 2 letech jako vedoucí týmu auditorů pod vedením odborně způsobilého vedoucího týmu auditorů

Navíc aby auditori neustále rozvíjeli, udržovali a zlepšovali svou odbornou způsobilost dochází k průběžně přezkušování jejich znalosti, dovednosti.

Souhrnné informace o auditech systémů jakosti poskytuje norma ISO 19011, obsahující:

- Zásady řízení programů auditu.
- Návod na provádění externích nebo interních auditů.
- Doporučení odborné způsobilosti auditorů a metody hodnocení auditorů. [15]

## 4 Nástroje a metody řízení jakosti

Nástroje a metody řízení jakosti zpracovávají získaná data do zřetelnější podoby, zprostředkovávají pohled na stav jakosti, analyzují a řeší problémy, napomáhají najít vhodnou cestu ke zlepšování, zjišťují názory zákazníků atd. Zákazník občas dokonce vyžaduje využití konkrétních nástrojů a metod.

V 90. letech minulého století došlo k masivnímu aplikování nástrojů a metod řízení jakosti v systémech řízení jakosti.

### 4.1 *Sedm základních nástrojů řízení jakosti*

Základní nástroje řízení jakosti představují jednoduché statistické a grafické metody, řešící až 95% problémů s jakostí v organizacích. Do skupiny sedmi základních nástrojů řízení jakosti patří vývojový diagram, diagram příčin a následku, formulář pro sběr dat, Paretova analýza, histogram, bodový diagram a regulační diagram.

#### 4.1.1 Vývojový (postupový) diagram

Vývojový diagram graficky zobrazuje posloupnosti a vzájemné návaznosti všech kroků jakéhokoliv existujícího nebo navrhovaného procesu.

Vývojový diagram je nástrojem (obzvláště u složitých a nepřehledných procesů) pro identifikaci problémových míst a nadbytečných činností. Představuje názorné zobrazení procesu, které přispívá k jeho lepšímu a snadnějšímu pochopení. Pracovníkům zapojeným do procesu vymezí jejich postavení a jejich vnitřní zákazníky.

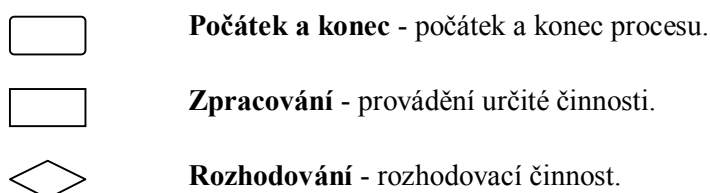
Zpracování vývojového diagramu procesu by mělo být týmovou prací, jehož efektivnost je ovlivněna správnou volbou otázek (např. „Co se stalo nejdříve?“, „Co má následovat?“, „Co se děje, rozhodne-li se ANO?“, „Co se děje rozhodne-li se NE?“, „Odkud přichází výrobek?“, „Kam pokračuje výrobek?“ atd.). Nedoporučuje se otázka typu „PROČ“, protože odvádí pozornost od popisu procesu.

Vývojové diagramy se dělí na tři základní typy - lineární vývojový diagram (viz. obr. 2), vývojový diagram vstup/výstup a integrovaný vývojový diagram.

Praktický příklad vývojového diagramu je uveden v příloze č. 1.

### Doporučený postup zpracování vývojového diagramu:

- 1) Určíme hranice popisovaného procesu. Rozsáhlejší či komplikovanější proces můžeme kvůli lepší přehlednosti rozdělit na dílčí procesy.
- 2) Určíme a uspořádáme jednotlivé kroky procesu (činnosti, rozhodování, vstupy či výstupy).
- 3) Zpracujeme prvotní návrh vývojového diagramu s využitím normalizované grafické symboliky, uvedené v normě ČSN ISO 5807 (viz příloha č. 2).

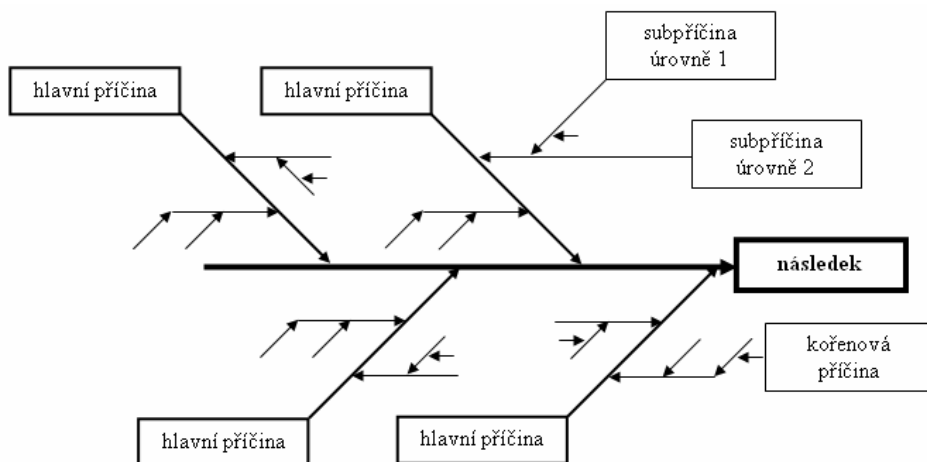


Obrázek 3 - Základní grafické symboly pro zpracování vývojových diagramů [16]

Směr průběhu procesu znázorňujeme pomocí šipek. Při znázorňování odpovědí na otázky v rozhodovacích kosočtvercích je vhodné dodržovat jednotný způsob (např. odpovědi „ANO“ znázorňovat směrem dolů a odpovědi „NE“ směrem doleva).

- 4) Otestujeme a případně poopravíme prvotní návrh ve vztahu ke skutečnému procesu a posléze vypracujeme finální podobu vývojového diagramu. [3], [5]

#### 4.1.2 Diagram příčin a následku (Ishikawův diagram, diagram rybí kosti)



Obrázek 4 - Diagram příčin a následku [autor]

Diagram příčin a následku graficky zobrazuje a utřídí všechny možné příčiny, které ovlivňují daný následek, představující libovolný potencionální problém.

Podle autora Japonce Kaoru Ishikawy, který ho poprvé sestavil v roce 1943, bývá také označován jako Ishikawův diagram či jako diagram rybí kosti podle svého tvaru.

Diagram příčin a následku představuje jednoduchý a snadno pochopitelný nástroj k řešení daného následku, který podrobně zmapovává, čímž se objevují nové náměty vedoucí k netradičním řešením.

Zpracování diagramu příčin a následku se provádí formou brainstormingu.<sup>3</sup>

Praktický příklad diagramu příčin a následku je uveden v příloze č. 3.

### **Doporučený postup sestavení diagramu příčin a následku:**

- 1) Přesně vymezíme následek. Někdy je ovšem snazší postupovat směrem k požadovanému kladnému výsledku než směrem k následku.
- 2) Zjistíme hlavní kategorie příčin následku. Pomocí brainstormingu rozpracujeme jednotlivé hlavní kategorie domýšlením dalších možných úrovní příčin posuzovaného následku na postupně rostoucí úroveň podrobnosti, dokud neodhalíme kořenové (elementární) příčiny, které již nelze dále rozkládat.
- 3) Sestrojíme diagram příčin a následku tak, že:
  - Zakreslíme následek do „hlavy diagramu“, obvykle do pravé části pracovní plochy a zleva dokreslíme „páteř diagramu“.
  - Zakreslíme hlavní kategorie příčin, na větve spojené s „páteří diagramu“. Jako hlavní kategorie příčin u výrobního procesu můžeme užít - materiál, lidé, výrobní zařízení, metoda, prostředí a měření. U služby - koncepce, postup, provoz, lidé, prostředí a měření.
  - Zakreslíme subpříčiny na vedlejší větve diagramu.

---

<sup>3</sup> Brainstorming slouží ke generování návrhů prostřednictvím týmové diskuze (max. 10 členů). Při používání metody brainstorming je nutné dodržovat základní pravidla - diskuzi řídí moderátor, nesmí mluvit více osob najednou, každý se vyjadřuje pouze k řešenému tématu, nesmí hodnotit či kritizovat návrhy ostatních, všechny náměty se musí zaznamenat bez ohledu na realizovatelnost a nesmí trvat déle než 60 min.

- 4) Provedeme analýzu diagramu příčin a následku bodovým ohodnocením všech příčin z diagramu a např. pomocí Paretovy analýzy vybereme rozhodující kořenové příčiny, které mají pravděpodobně nejvyšší vliv na posuzovaný následek a budou vyžadovat další opatření. [3], [5]

#### 4.1.3 Formulář pro sběr dat

<b>PRŮVODNÍ LÍSTEK</b>		Číslo karty:		Kód	
		Pořadové č. průvodního listku:			
Kusy hrubé		Díl č.:			
Kusy vytříděné		Materiál:			
		Šarže:			
Kód průběhu:	Výroba	Třídění	Dod. práce	Montáž	Výst. kont.
	A/B/C/D/E/F/I/	B/C/D/I/	C/D/I/I/I/	D/F/I/I/I/I/	A/B/C/D/E/F/I/
Den:					
Hod:					
Směna / bedna:					
Poznámka:					
Podpis:					
Spec. kontrola:	s/				

Obrázek 5 - Příklad formuláře pro sběr dat [interní dokument podniku]

Formuláře pro sběr dat shromažďují, utřídí a zpřehledňují prvotní data o jakosti a vztahy mezi nimi, relevantní pro aplikování dalších nástrojů a metod řízení jakosti.

Především se formuláře pro sběr dat používají jako nástroje pro záznamy výsledků jednoduchého sčítání různých položek (např. druhů vad), pro zobrazení rozdělení souboru měření a pro zobrazení místa výskytu určitých jevů (např. vad na výrobku).

Formuláře pro sběr dat slouží vždy konkrétnímu účelu, proto není možné vytvořit jejich univerzální formát (konstrukce se podřizuje účelu sběru dat). Existují různé podoby formulářů pro sběr (tabulky, protokoly, záznamníky), většinou mívají papírovou podobu, avšak v dnešní době samozřejmě i elektronickou.

Problém při sestavování formulářů pro sběr dat netkví v tom, jak sbírat data, nýbrž v tom, jak z nich získat vhodné informace. Aby shromažďovaná data poskytovala co nejvhodnější informace o situaci, je nutné vyvarovat se neúplných, opožděných a zkreslených dat.

Základ tvorby formulářů pro sběr dat představuje princip stratifikace, tedy proces přehledného uspořádání dat podle zvolených charakteristik (např. druh vady). Cílem je

oddělení dat od různých zdrojů (přehledně určit původ jednotlivých dat), čímž dojde k urychlení vyhledávání příčin problémů.

### Doporučený postup zpracování formuláře pro sběr dat:

- 1) Stanovíme účel sběru dat (jaké informace mají data poskytnout).
- 2) Určíme údaje potřebné k dosažení daného účelu. Důležitý zdroj informací pro identifikaci potřebných údajů představuje diagram příčin a následku, analyzující všechny možné příčiny řešeného problému.
- 3) Navrhne formulář pro sběr dat, v němž také uvedeme způsob zjišťování a zaznamenávání dat, pracovníka odpovědného za záznam, čas a místo záznamu.

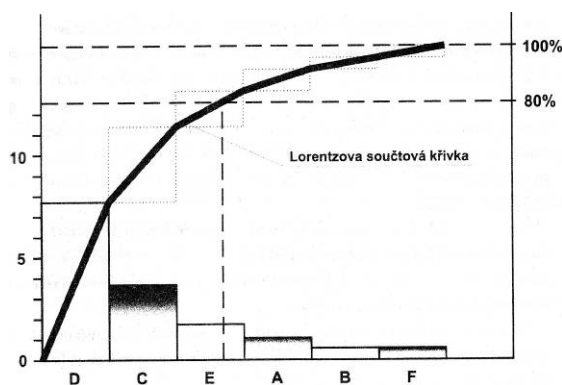
Tabulka 2 - Doporučené symboly pro záznam do formulářů pro sběr dat [autor]

Symbol	Význam
Ležatá čárka (-)	Skutečná nulová hodnota.
Nula (0)	Údaj má menší hodnotu než je polovina jednotky, na kterou se údaj zaokrouhluje.
Tečka (.)	Údaj patrně neexistuje, v okamžiku vyplňování není k dispozici.
Ležatý křížek (x)	Číselný údaj je logicky nemožný.
Hvězdička (*)	Označený údaj je předběžný.
Plus, mínus (+, -)	Značení intervalů.

- 4) Ověříme a případně zrevidujeme vhodnost formuláře pro sběr dat. [3], [5]

#### 4.1.4 Paretova analýza

Paretova analýza, graficky znázorněná Paretovým diagramem, patří mezi jednoduché rozhodovací nástroje řízení jakosti. Napomáhá oddělit významné příčiny problému od méně významných a tím ukázat, kam přednostně zaměřit úsilí při jeho odstraňování.



Obrázek 6 - Paretův diagram [3]

Paretův princip zformulovaný pro oblast řízení jakosti Američanem J. M. Juranem, nese název podle italského ekonoma V. Pareta, který zjistil nepravidelnost rozložení bohatství mezi lidmi, neboť největší podíl bohatství (80%) vlastní relativně malá skupina obyvatel (20%). Podle dr. Jurana má většina problémů v jakosti (80 - 95%) původ v relativně malém podílu příčin (5 - 20%), označovaném jako „životně důležitá menšina“. Zbylá část příčin se označuje jako „triviální většina“, později „užitečná většina“.

Paretova analýza nachází uplatnění v mnoha situacích. Může být nástrojem vyhledávání a definování nejpodstatnějších (nejčetnějších či nejnákladnějších) problémů, při stanovování „životně důležitých menšin“ příčin, způsobujících definovaný problém a nebo při vyhodnocení účinnosti přijímaných nápravných opatření.

Možnosti kvantifikace problému:

- a) Prostá četnost jednotlivých příčin (mají-li stejnou důležitost).
- b) Jednotlivé příčiny mají přiřazené určité váhy (bodové ohodnocení podle závažnosti).

Tabulka 3 - Váhové koeficienty [6]

Stupeň závažnosti	Váha	Charakteristika příčiny
1	5	Lehce odstranitelná, bez vlivu na funkci.
2	10	Lehce odstranitelná.
3	20	Středně složitá funkční příčina.
4	50	Závažná funkční příčina, složitě opravitelná.
5	100	Havarijní stav, ohrožení bezpečnosti osob.

Praktický příklad Paretovy analýzy je uveden v příloze č. 4.

#### **Doporučený postup provedení Paretovy analýzy:**

- 1) Zvolíme problém, který chceme analyzovat (většinou po sestavení diagramu příčin a následku).
- 2) Určíme jednotku měření pro analýzu jako je četnost výskytu, náklady nebo další míry dopadu (bezpečnost či funkčnost).
- 3) Zvolíme časové období určené pro analýzu problému. Zvolená doba musí zohledňovat vlivy průběhu pracovní doby.

- 4) Pomocí formuláře pro sběr dat shromáždíme data nutná pro analýzu problému za zvolené časové období (ať už reálné nebo minulé časového období).
- 5) Vypracujeme tabulku sestupně seřazených příčin podle hodnoty absolutní součtu určené jednotky měření.
- 6) Vypočteme kumulované absolutní součty a kumulované relativní součty v procentech jednotlivých příčin určené jednotky měření. Vypočtené hodnoty doplníme do tabulky.
- 7) Sestrojíme Paretův diagram tak, že:
  - Na vodorovnou osu x vyneseme zleva doprava seřazené příčiny problému z tabulky. Příčiny s nejmenšími absolutními součty můžeme spojit do jedné kategorie nazvané „jiné“ (řadíme vždy jako poslední).
  - Sestrojíme dvě svislé osy y (na každém konci vodorovné osy x jednu). Na levé svislé ose vyznačíme stupnici kumulovaných absolutních součtů a na pravé svislé ose stupnici kumulovaných relativních součtů.
  - Nad jednotlivými příčinami narýsujeme sloupce o výšce rovné hodnotě velikosti absolutního součtu dané příčiny.
  - Sestrojíme tzv. Lorenzovu křivku (křivka kumulovaných relativních součtů).
- 8) Postoupíme příčiny nad hranicí zvoleného kritéria (např. u kritéria 80/20 tvoří hranici mezi „životně důležitou menšinou“ a „užitečnou většinou“ příčin 80% podíl kumulovaných relativních součtů sestupně seřazených příčin) další analýze, abychom zavedli nápravná opatření k omezení vlivu těchto příčin. [3], [5], [6]

#### 4.1.5 Histogram

Prvotní data, poskytovaná formuláři pro sběr dat, dávají jen hrubou představu o sledovaném znaku jakosti. Do srozumitelnější podoby je právě převádí histogram.



Histogram zpřístupňuje a zprůhledňuje nepřehledné záznamy naměřených dat (znaků jakosti či parametrů procesu) o jednom jevu, který vykazuje variabilitu (proměnlivost) a zobrazuje momentální stav.

Histogram je jednoduchý statistický nástroj poskytující informace o tvaru rozdělení souboru naměřených dat a jeho charakteristikách.

Praktický příklad histogramu je uveden v příloze č. 5.

### Doporučený postup sestavení histogramu:

- 1) Vypočteme rozpětí souboru dat  $R$ :

$$R = x_{\max} - x_{\min} \quad (1)$$

kde  $x_{\max}$  a  $x_{\min}$  - maximální a minimální hodnota v souboru

- 2) Určíme počet tříd  $k$ . Obvykle v rozmezí 5 až 20, v závislosti na rozsahu souboru dat. Pro volbu počtu tříd, lze v literatuře nalézt různé empirické vzorce např.:

$$k = \sqrt{n} \quad (2)$$

kde  $n$  - celkový počet hodnot v souboru

$$k = 5 \times \log n \quad (3)$$

Nejčastěji však používáme tzv. Sturgesovo pravidlo:

$$k = 1 + 3,3 \log n \quad (4)$$

Vypočtenou hodnotu zaokrouhlíme na nejbližší vyšší celé číslo. Velmi často však určujeme počet tříd na základě zkušeností (viz. tab. 4).

Tabulka 4 - Počet tříd na základě zkušeností [6]

Počet hodnot v souboru	Počet tříd $k$
< 50	5 - 7
50 - 100	6 - 10
100 - 250	7 - 12
> 250	10 - 20

Počtem tříd zásadně ovlivníme tvar histogramu. Příliš málo tříd má za následek úzký vysoký histogram a naopak příliš mnoho tříd vytváří rozptýlený plochý histogram.

3) Vypočteme šířku třídního intervalu  $h$ :

$$h = \frac{R}{k} \quad (5)$$

kde  $R$  - rozpětí souboru dat

$k$  - počet tříd

Vypočtenou hodnotu zaokrouhlíme na stejný počet desetinných míst jako mají hodnoty ze souboru dat.

4) Určíme dolní  $x_{Di}$  a horní  $x_{Hi}$  hranice tříd. Nejprve určíme dolní hranici první třídy  $x_{D1}$  tak, že zvýšíme přesnost  $x_{\min}$  o jeden stupeň (např. je-li naměřená hodnota  $x_{\min}$  zakončena v setinách, pak hodnota dolní hranice první třídy končí číslicí 5 na místě tisícín). Ostatní hranice tříd určíme přičítáním šířky třídního intervalu  $k$  dolní hranici první třídy (např.  $x_{D1} + h = x_{H1} = x_{D2} + h = x_{H2} = x_{D3} \dots$ ).

5) Vypočteme třídní znaky  $z_i$ :

$$z_i = \frac{(x_{Di} + x_{Hi})}{2} \quad (6)$$

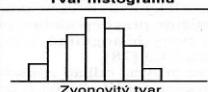

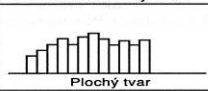

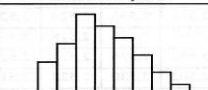
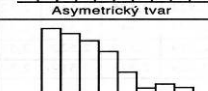
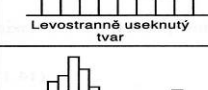
6) Sestavíme tabulku četností obsahující kromě četností jednotlivých tříd, také hodnoty hranic tříd a třídní znaky.

7) Sestrojíme vlastní histogram tak, že:

- Vodorovnou osu  $x$  opatříme hranicemi tříd a svislou osu  $y$  stupnicí hodnot třídních četností.
- Nad každou třídou nakreslíme sloupec o výšce rovné dané hodnotě třídní četnosti.

8) Při analýze histogramu věnujeme pozornost:

- Centrování histogramu - charakterizuje střední hodnotu sledovaného znaku jakosti.
- Šířce histogramu - vypovídá o variabilitě okolo střední hodnoty.
- Tvaru histogramu - při působení pouze náhodných příčin má histogram zvonivý tvar. Každá odchylka histogramu od tohoto základního tvaru umožňuje odhalit vymezené příčiny variability.

Tvar histogramu	Možné příčiny odchylek tvaru histogramu
 Zvonivý 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
 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)
 Zvonivý tvar s izolovanými hodnotami	Chyby při přepisování Chyby při měření

Obrázek 7 - Tvary histogramů [2]

- Způsobilosti procesu - při zakreslených tolerančních mezích (USL a LSL) do histogramu lze odhadnout způsobilost procesu a v případě nezpůsobilosti procesu, umožnit zvážení nápravných opatření pro zvýšení způsobilosti. [5], [6]

#### 4.1.6 Bodový (korelační) diagram

Bodový diagram slouží jako jednoduchý grafický prostředek pro orientační zjištění existence či neexistence závislosti mezi dvěma proměnnými (např. mezi dvěma znaky jakosti výrobku, mezi znakem jakosti výrobku a parametrem procesu apod.). Rozmístění bodů v bodovém diagramu poskytuje prvotní informace o existenci závislosti, jejím tvaru a míře těsnosti.

V praxi běžně dochází k situacím, kdy získávání hodnot regulovaného znaku jakosti je časově, ekonomicky nebo technologicky velice náročné. V takovém případě se poměrně snadno zjistí (např. měřením) hodnoty jiného znaku jakosti, který s původním znakem jakosti koreluje (existuje mezi nimi stochastická závislost)<sup>4</sup>, při zachování věrohodnosti výsledku.

Míru těsnosti stochastické závislosti mezi proměnnými X a Y symbolizuje tzv. koeficient korelace r, mající tvar:

$$r = \frac{s_{XY}}{s_X \times s_Y} \quad (7)$$

kde  $s_X$  a  $s_Y$  - výběrové směrodatné odchylky proměnných X a Y

$s_{XY}$  - odhad kovariance

Pro správné použití koeficientu korelace, musí být splněny dva předpoklady:

1. Soubor, z něhož pochází náhodný výběr, má dvourozměrné normální rozdělení.
2. Závislost mezi proměnnými je lineární (lze vyjádřit regresní přímkou).

Koeficient korelace r nabývá hodnot od -1 do +1. Jestliže je hodnota r rovna -1 nebo 1, pak jde o funkční závislost. V případě, že se hodnota r blíží +1/-1, pak jde o velmi silnou přímou lineární závislost/nepřímou lineární závislost. Čím více se absolutní hodnota r blíží nule, tím více lineární závislost slábne. Je-li hodnota r = 0, pak proměnné X a Y nekorelují (není mezi nimi lineární závislost), ale to však neznamená že mezi proměnnými X a Y neexistuje nelineární závislost.

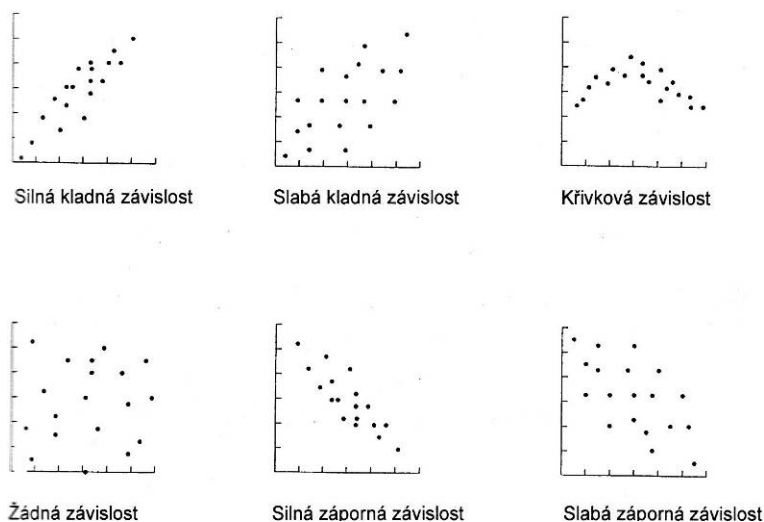
Praktický příklad bodového diagramu je uveden v příloze č. 6.

---

<sup>4</sup> Stochastická závislost na rozdíl od funkční, představuje vztah, kdy nezávislé proměnné X odpovídá více než jedna hodnota závisle proměnné Y. Hodnoty závisle proměnné Y není možné zcela přesně vypočítat, ale pouze odhadnout. Při určování stochastických závislostí se pracuje s náhodným výběrem o rozsahu n dvojic zjištěných hodnot  $(X_i, Y_i)$ , kde  $i = 1, 2, \dots, n$ .

### Doporučený postup sestavení bodového diagramu:

- 1) Shromáždíme minimálně 30 dvojic nezávisle proměnné  $X$  a závisle proměnné  $Y$  ze dvou vzájemně souvisejících souborů dat, jejichž závislost máme zkoumat.
- 2) Sestrojíme vlastní bodový diagram tak, že:
  - Naneseme minimální a maximální hodnoty proměnných na vodorovnou osu  $x$  a svislou osu  $y$ . Obě osy mají být přibližně stejně dlouhé.
  - Vyneseme body, odpovídající jednotlivým dvojicím hodnot. Mají-li dvě dvojice stejné hodnoty, tak buď narýsujeme sousední kruhy kolem zakresleného bodu nebo zakreslíme vedle druhý bod.
- 3) Provedeme analýzu bodového diagramu. Přezkoumáme tvar shluku bodů, abychom zjistily typy a těsnosti závislostí. Vykazuje-li uspořádání bodů na ploše nějaké trendy (lze proložit přímkou nebo křivkou), pak jsou veličiny závislé a průběh ukáže povahu závislosti. Blízkost bodů naznačuje těsnost vztahů. [3], [5]



Obrázek 8 - Základní typy stochastických závislostí [4]

#### 4.1.7 SPC - Statistická regulace procesu

SPC (Statistical Process Control) představuje preventivní přístup k řízení jakosti, kdy pomocí odhalování odchylek sledovaných charakteristik znaku jakosti od požadované průběhu procesu, umožňuje provádět zásahy do procesu, aby jej dlouhodobě udržela ve statisticky stabilním stavu.

V závislosti na sledované charakteristice znaku jakosti se rozlišují dva druhy SPC:

- **SPC měřením (kvantitativní regulace)** - sledovaná charakteristika znaku jakosti má měřitelnou hodnotou. Pracuje se dvěma typy regulačních diagramů, kde první regulační diagram vyhodnocuje průběh středních hodnot sledovaných charakteristik znaku jakosti a druhý průběh variability sledovaných charakteristik znaku jakosti.
- **SPC srovnáním (kvalitativní regulace)** - zjišťuje u kontrolovaných výrobků přítomnost/nepřítomnost určité sledované charakteristiky znaku jakosti. SPC srovnáním vyhodnocuje pouze jeden regulační diagram.

SPC je realizována prostřednictvím pravidelné kontroly (založené na matematicko-statistickém vyhodnocení jakosti výrobků) výstupní veličiny, poskytující informace pro zásahy do procesu, s cílem minimalizovat počet neshod.

Variabilita je přirozenou vlastností jevů, kdy i za relativně stálých podmínek, není možné vyprodukovat dva naprosto totožné výrobky.

Příčiny způsobující variabilitu lze rozdělit na dvě základní skupiny:

- **Náhodné (přirozené) příčiny/vlivy** - jsou inherentními (vlastními) vlastnostmi procesu. Při působí náhodných příčin je proces statisticky stabilní.
- **Vymežitelné (zvláštní, systematické) příčiny/vlivy** - lze je identifikovat a v případě, že je to možné, tak i minimalizovat, případně eliminovat jejich vliv. Vymežitelné příčiny uvádějí proces do statisticky nestabilního stavu.

#### **Doporučený postup statistické regulace procesu:**

- 1) Stanovíme regulovanou veličinu (sledovaná charakteristika znaku jakosti), způsob získávání jejích hodnot a délku kontrolního intervalu, v němž zjišťujeme hodnoty regulované veličiny, rozsah tzv. logické podskupiny a nakonec zvolíme vhodný typ regulačního diagramu.
- 2) Posoudíme statistickou stabilitu procesu, tedy zda je variabilita sledované charakteristiky znaku jakosti způsobena pouze náhodnými příčinami. Je-li to nutné,

tak identifikujeme a odstraníme vymežitelné příčiny, k čemuž využíváme vhodné regulační diagramy.

- 3) U staticky stabilního procesu ohodnotíme jeho způsobilost. U nezpůsobilého procesu realizujeme opatření k dosažení způsobilosti. Po realizaci těchto opatření se opět vrátíme k nepředěšlému kroku.
- 4) Udržíme proces ve statisticky stabilním a způsobilém stavu. Pomocí vhodných regulačních diagramů zjišťujeme možné vymežitelné příčiny nestability, které následně identifikujeme a odstraňujeme. [2], [7]

#### 4.1.7.1 Regulační diagram

Regulační diagram je základním grafickým nástrojem SPC, znázorňující vývoj sledované charakteristiky znaku jakosti v čase, čímž umožňuje odlišit variabilitu procesu způsobenou náhodnými příčinami od variability procesu způsobené vymežitelnými (nežádoucími) příčinami.

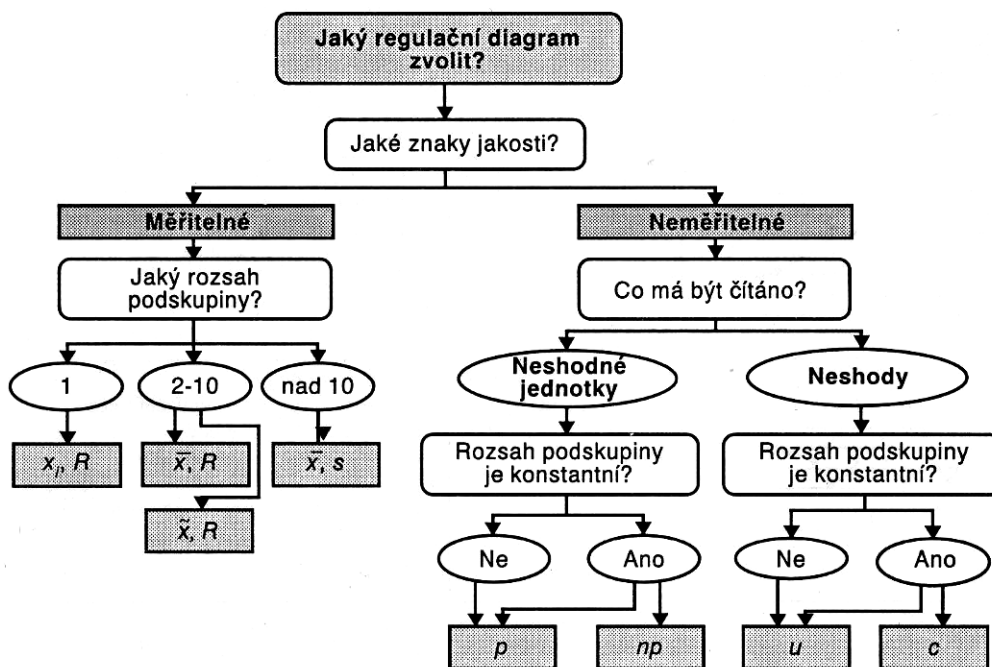
Regulační diagram, poprvé sestavený v roce 1924 Američanem W. A. Shewhartem, je založený na principu rozkladu procesu do podskupin, u nichž variabilitu charakteristik znaku jakosti způsobují pouze náhodné příčiny a variabilitu mezi podskupinami způsobují především vymežitelné příčiny. Takto sestavený regulační diagram odhaluje působení těchto vymežitelných příčin.

Na základě rozložení charakteristik znaku jakosti mezi horní nebo-li UCL (Upper Control Limit) a dolní nebo-li LCL (Lower Control Limit) regulační meze poskytuje regulační diagram informace o statistické stabilitě či nestabilitě procesu. Regulační meze vymezují pásmo, kde s určitou pravděpodobností leží charakteristiky znaku jakosti jednotlivých podskupin za předpokladu, že na proces působí v daném časovém úseku jen náhodné příčiny variability procesu. U Shewhartových regulačních diagramů jsou od sebe regulační meze vzdáleny 6 směrodatných odchylek (odpovídá pravděpodobnosti 99,73%). Referenční hodnotu charakteristik znaku jakosti znázorňuje centrální přímka, nebo-li CL (Central Line). Někdy bývá regulační diagram doplněn o horní a dolní výstražné meze.

Při aplikaci regulačních mezí mohou nastat dva druhy chyb:

- **Chyba I. druhu (riziko  $\alpha$ )** - Proces zůstává statisticky stabilní (nedochází ke změně rozdělení regulované veličiny), ale vypočtené výběrové charakteristiky znaku jakosti leží mimo regulační meze. Dochází k nesprávnému závěru, že proces není statisticky stabilní a tím vnikají zbytečné náklady na odhalení neexistujících vymezených příčin.
- **Chyba II. druhu (riziko  $\beta$ )** - Proces není statisticky stabilní, ale zjištěné výběrové charakteristiky znaku jakosti leží náhodou uvnitř regulačních mezí. Proto je proces považovaný za statisticky stabilní a důsledkem toho vznikají zbytečné náklady spojené s odhalováním zvýšeného počtu neshod. Shewhartovy regulační diagramy rozeznávají pouze chybu I. druhu (riziko  $\alpha$ ).

Jsou-li sledované charakteristiky znaku jakosti měřitelné, tak se pracuje s regulačními diagramy měřením, avšak mají-li charakter diskrétní náhodné veličiny, tak se pracuje s regulačními diagramy srovnáním.




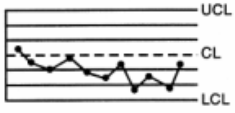
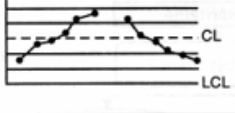
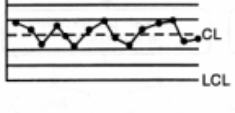

Obrázek 9 - Schéma volby vhodného regulačního diagramu [2]

Praktický příklad regulačního diagramu je uveden v příloze č. 7.



### **Doporučený postup sestavení regulačního diagramu:**

- 1) V určených časových intervalech odebereme stanovený počet výrobků (minimálně 25 skupin o rozsahu 4 nebo 5 výrobků). Jde o tzv. logickou podskupinu.
- 2) U odebraných výrobků zjistíme sledovanou charakteristiku znaku jakosti.
- 3) V jednotlivých logických podskupinách vypočteme výběrovou charakteristiku znaku jakosti v závislosti na typu regulačního diagramu.
- 4) Vypočteme centrální přímkou a regulační meze (viz. příloha č. 8).
- 5) Sestrojíme vlastní regulační diagram tak, že:
  - Vodorovnou osu x opatříme pořadím výběru logických podskupin a svislou osu y hodnotami výběrové charakteristiky znaku jakosti.
  - Zakreslíme centrální přímkou a regulační meze.
  - Vyneseme výběrové charakteristiky znaku jakosti.
- 6) Při analýze regulačního diagramu věnujeme pozornost:
  - Poloze centrální přímkou (střední hodnoty procesu) ve vztahu k požadavkům. Pokud neodpovídá, tak to indikuje proces nezpůsobilý vyhovět požadavkům.
  - Poloze výběrových charakteristik znaku jakosti ve vztahu k regulačním mezím. Body ležící mimo regulační meze, vykazující trendy či náhodná seskupení (viz. obr. 10) musí být odstraněni, protože signalizují statistickou nestabilitu procesu. V takovém případě provedeme analýzu procesu, vyhledáme a odstraníme vymezenou příčinu. Nesmíme zaměňovat regulační meze s mezními hodnotami, vztahujícími se k potřebám zákazníka a ne k variabilitě procesu. [5], [6], [8]

Situace v regulačním diagramu	Popis	Možné vymežitelné příčiny
	Body mimo regulační meze	<i>Regulační diagram (R)</i> - zvětšení rozptylu vlivem změny v prvcích procesu - změna měřidla, kontrolora - vylepšení dat <i>Regulační diagram (<math>\bar{x}</math>)</i> - proces se posunul právě u dané podskupiny - změna měřicího systému
	9 bodů za sebou leží nad CL nebo pod CL	<i>Regulační diagram (R)</i> - zvětšení (zmenšení) rozptylu vlivem změny v prvcích procesu - změna měřidla, kontrolora - vylepšení dat <i>Regulační diagram (<math>\bar{x}</math>)</i> - změna měřidel, způsobu měření - změna prvků procesu
	6 bodů za sebou stoupá nebo klesá (trend)	<i>Regulační diagram (R)</i> - zvětšení (zmenšení) rozptylu vlivem změny v prvcích procesu - změna měřidla, kontrolora - vylepšení dat <i>Regulační diagram (<math>\bar{x}</math>)</i> - opotřebení nástroje
	15 bodů v řadě za sebou leží ve vnitřní třetině pásma mezi regulačními mezemi	<i>Oba regulační diagramy</i> - nesprávně vypočtené regulační meze - nesprávně zakreslené body - nesprávně kalibrované měřidlo - podskupiny obsahují výrobky ze dvou či více strojů s různou úrovní procesu - zlepšení procesu
	8 bodů za sebou leží na obou stranách CL, ale žádnými ve vnitřní třetině pásma mezi regulačními mezemi	<i>Oba regulační diagramy</i> - nesprávně vypočtené regulační meze - nesprávně zakreslené body - nesprávně kalibrované měřidlo - podskupiny obsahují výrobky ze dvou či více strojů s různou úrovní procesu, v jednom výběru jsou výrobky z jednoho stroje - změny v procesu, v metodách měření

Obrázek 10 - Testy seskupení pro vymežitelné příčiny [2]

#### 4.1.7.2 Způsobnost procesu

Způsobnost procesu posuzuje schopnost procesu dodržet předepsaná kritéria jakosti.

K posouzení způsobnosti procesu se používají indexy způsobnosti. Před stanovením způsobnosti musí být proces uveden do statisticky stabilního stavu.

Indexy způsobnosti:

- a) **Index způsobnosti  $C_p$**  - charakterizuje možnou způsobnost procesu (čeho jsme schopni dosáhnout).

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (8)$$

kde USL a LSL - horní a dolní toleranční mez

$\sigma$  - směrodatná odchylka

b) **Index způsobilosti  $C_{pk}$**  - charakterizuje skutečnou způsobilost procesu (čeho jsme skutečně dosáhli).

- Je-li předepsána dolní toleranční mez LSL:

$$C_{pk} = C_{pL} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma} \quad (9)$$

kde  $\mu$  - střední hodnota sledované charakteristiky znaku jakosti

- Je-li předepsána horní toleranční mez USL:

$$C_{pk} = C_{pU} = \frac{USL - \mu}{3\sigma} \quad (10)$$

- Jsou-li předepsány obě toleranční meze USL a LSL:

$$C_{pk} = \min \{C_{pU}, C_{pL}\} \quad (11)$$

c) **Index způsobilosti  $C_{pm}$  (Taguchiho index způsobilosti)** - variabilita charakterizována rozptylem kolem optimální hodnoty, ležící ve středu tolerančního pole.

$$C_{pm} = \frac{USL - LSL}{6\sqrt{\sigma^2 + (\mu - T)^2}} \quad (12)$$

kde  $T$  - cílová hodnota

Proces se považuje za způsobilý, je-li hodnota indexu způsobilosti  $\geq 1,33$ , tzn. pravděpodobnost vzniku hodnoty mimo toleranční pole je nejvýše 0,0063%. Ovšem např. evropské a americké automobilky považují proces za způsobilý při hodnotě indexu způsobilosti  $\geq 1,67$ , tzn. pravděpodobnost vzniku hodnoty mimo toleranční pole je nejvýše 0,00007%. [2], [3]

## **4.2 Další metody řízení jakosti**

### **4.2.1 Metoda 5S**

Metoda 5S představuje doporučení k uspořádání pracovišť, původně vytvořená pro výrobní pracoviště, avšak prakticky použitelná kdekoliv.

Uspořádaná pracoviště minimalizují čas a úsilí potřebné k výkonu pracovní činnosti, čímž se snižují náklady na pracovní proces, způsobené hledáním správného nástroje, materiálu, součástky, podkladů atd.

Označení 5S vychází z počátečních písmen pěti japonských slov, představující pravidla k upořádání pracovišť:

- „Seiri“ = vytřídění předmětu na pracovišti na potřebné a nepotřebné.
- „Seiton“ = uspořádání vytříděných předmětů.
- „Seiso“ = udržování čistoty na pracovišti.
- „Seiketsu“ = vytvoření a zavedení standardů pro pracovní procesy.
- „Shitsuke“ = disciplína dodržování výše zmíněných bodů.

#### **Doporučený postup metody 5S:**

- 1) Projdeme pracoviště a vytřídíme předměty podle frekvence používání na:
  - nezbytné předměty - často používané, nutné k výkonu pracovní činnosti.
  - občas užívané předměty - umístěny v alternativních skladovacích místech, aby v případě potřeby byly snadno dosažitelné.
  - nepotřebné předměty - většinou likvidovány nebo uloženy ve vzdálených skladovacích místech.

Každý vytříděný předmět označíme pro rychlou orientaci např. přiloženou identifikační kartičkou, kde je kromě frekvence používání uveden název operace a procesu, název předmětu, případě další informace.

- 2) Stanovíme limity materiálů, přípravků, pomůcek přítomných na pracovišti. Pro jednotlivé předměty vybereme místo uložení tak, aby byly dobře dosažitelné pro pracovníka. Často správné místo barevně nebo jinak označujeme.
- 3) Udržujeme pořádek na pracovišti pravidelným úklidem. Pořádek pomáhá hledat abnormality, předchází poruchám a pomáhá udržet hodnotu zařízení.
- 4) Pro všechny pracovní postupy vytvoříme a zavedeme standardy, díky kterým má pracovník představu o tom, co, kdy, kdo a proč má dělat, kontrolovat, čistit a udržovat.
- 5) Zkontrolujeme dodržování výše zmíněných bodů, používáním kontrolních dotazníků, stanovováním nových úkolů, cílů a odměňováním nejlepších pracovníků. Při změně procesu musíme metodu 5S aktualizovat. [9], [10], [11]

#### 4.2.2 Metoda FMEA - Analýza možnosti vzniku vad a jejich následků

Metoda FMEA (Failure Mode and Effects Analysis) vyhledává možné vady v předvýrobních etapách (vývoj, konstrukce, plánování procesů atd.) a stanovuje nápravná nebo preventivní opatření pro zmírnění možných následků těchto vad.

Poprvé byla metoda FMEA použita v kosmickém projektu Apollo. Postupem času se rozšířila do ostatních průmyslových odvětví (především automobilového průmyslu a jaderné energetiky).

Metoda FMEA kromě významného snížení počtu vad (o 70 až 90%) a zkrácení doby vývoje nových výrobků, vede k efektivnějšímu využití zdrojů a snížení ekonomických ztrát. Dnes je použití metody FMEA standardizováno v normě ČSN EN 60812 a platí jako nutná metoda pro oblasti řízení rizik, jakosti a bezpečnosti u složitých systémů.

Úspěšná aplikace metody FMEA vyžaduje znalosti odborníků z vývoje, konstrukce, technologie, plánování, výroby, jakosti, zkušeben, ekonomického oddělení, zásobování, servisu a marketingu, z nichž se vytvoří FMEA tým, vedený zkušeným moderátorem.

Typy aplikací metody FMEA:

- **FMEA konstrukce (designová FMEA)** - odhaluje a analyzuje všechny možné příčiny daných vad v konstrukci výrobku, především u návrhu nových výrobků nebo jejich změnách, návrhu použitých jiných materiálů, změnách požadavků, používání výrobku v jiných podmínkách, u problémových výrobků atd.
- **FMEA procesu** - hledá a analyzuje všechny možné příčiny daných vad v průběhu procesu, mající negativní vliv na výsledek procesu.
- **FMEA systému** - oproti předchozím typům vychází z celkové funkce systému.

Existuje také rozšířená verze metody FMEA tzv. metoda FMECA (Failure Modes, Effects and Criticality Analysis), která klade důraz na kritičnost možných vad (viz. bod 6 doporučeného postupu metody FMEA/FMECA).

Praktický příklad metody FMEA je uveden v příloze č. 10.

#### **Doporučený postup metody FMEA/FMECA:**

- 1) Vyšetřovaný objekt definovaný jako systém, rozčleníme na podsystémy (díly výrobku, kroky procesu), vyjasníme požadovanou funkci a provozní podmínky. Posléze zjištěné údaje zaznamenáme do předem připraveného formuláře, kde také uvedeme druhy vad, následky vad, příčiny vad, kritičnost vad a nápravná opatření.
- 2) Zjistíme všechny možné vady (stávající i potenciální), které definujeme jako fyzikální jev (deformace, koroze, opotřebení, vibrace, netěsnost atd.).
- 3) Stanovíme možné následky dané vady na fungování dílčích prvků (lokální následky), tak na funkci celého objektu (konečné následky).
- 4) Určíme možné příčiny, vytvářející danou vadu.
- 5) Zmapujeme zavedené kontrolní postupy, ověřující vhodnost nápravných opatření.

- 6) Vypočteme míru rizika - RPN (Risk Priority Number) pro každou možnou vadu, pomocí činitelů (význam, výskyt a detekce) s dopředu dohodnutou hodnotící stupnicí (viz příloha č. 11), např. od 1 do 10.

$$RPN = Význam \times Výskyt \times Detekce \quad (13)$$

Význam vady posuzuje závažnost možného následku dané vady pro zákazníka. Výskyt vady hodnotí pravděpodobnost vzniku vady vyvolané určitou příčinou. Detekce (odhalitelnost) vady stanovuje pravděpodobnost detekce dané vady před uvedením výrobku na trh.

Vypočtenou míru rizika RPN (nabývající hodnot od 1 do 1000) porovnáváme s mezní hodnotou míry rizika RPN\* (obvyklá hodnota je 125) a usilujeme o zmírnění vad, jejichž RPN > RPN\*. Pozornost, ale také věnujeme všem možným vadám, mající velmi vysoké hodnocení (8 - 10) významu, výskytu nebo detekce vady.

- 7) U možných vad s nejvyšší hodnotou RPN navrhujeme nápravná nebo preventivní opatření pro snížení vlivu jednotlivých činitelů (význam, výskyt a detekce). Nejlepším opatřením je eliminace možné příčiny dané vady. U takto upravených možných vad znovu ohodnotíme jednotlivé činitele, vypočítáme nové hodnoty RPN a provedeme porovnání s původní hodnotou RPN, čímž zjistíme účinnost nápravných či preventivních opatření. [7], [17]

#### 4.2.3 Metoda FTA - Analýza stromu vad

Metoda FTA (Fault Tree Analysis) oproti metodě FMEA představuje deduktivní typ (postupuje od vrcholové události k dílčím událostem) metody, zaměřený na zjištění a grafické zobrazení všech možných příčin, které způsobují či přispívají ke vzniku vady.

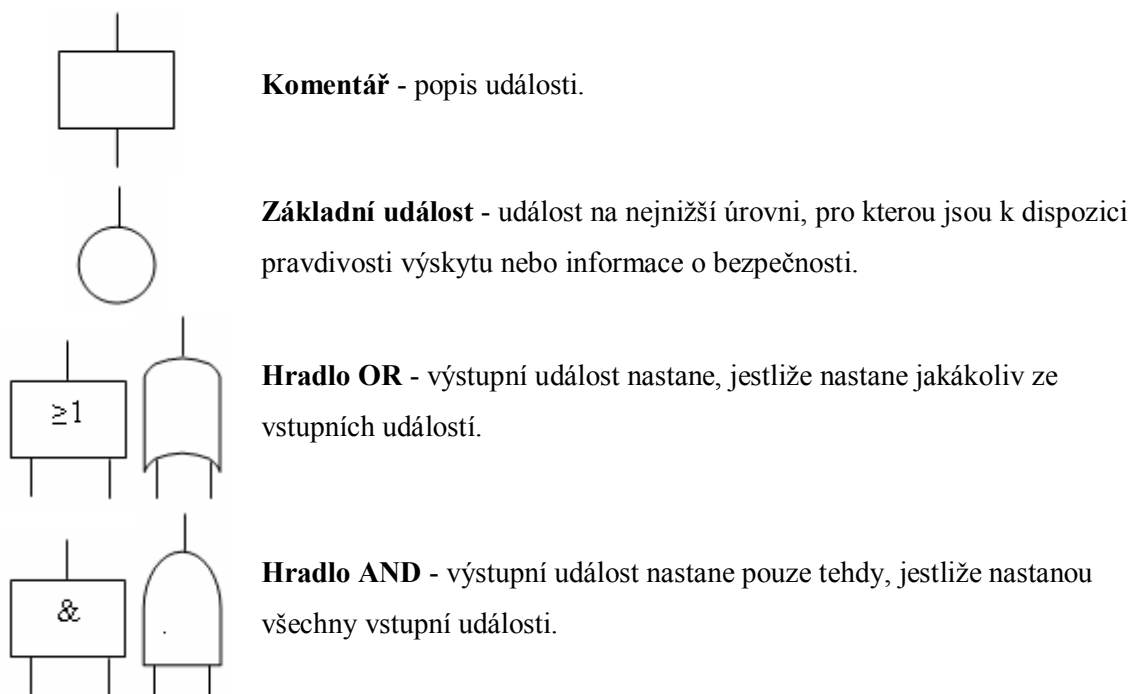
Metodu FTA v 60. letech minulého století vyvinuly inženýři ze společnosti Bell Telephone Laboratories, pro analýzu spolehlivosti a bezpečnosti složitých systémů (především v odvětvích vesmírného výzkumu, letectví a jaderné energetiky).

V současnosti je použití metody FTA standardizováno v normě ČSN EN 61025 a platí jako nutná metoda pro oblasti řízení rizik, jakosti a bezpečnosti u složitých systémů (zejména v automobilovém průmyslu).

Praktický příklad metody FTA je uveden v příloze č. 12.

### Obecný postup sestavení stromu vad:

- 1) Vyšetřovaný objekt definovaný jako systém, rozčleníme na podsystémy (díly výrobku, kroky procesu), vyjasníme požadovanou funkci a provozní podmínky. Posléze definujeme vrcholovou událost (vada a její následky) a zjišťujeme možné dílčí události (příčiny) nejbližších nižších funkčních úrovní.
- 2) Postupně rozkládáme vrcholovou událost na dílčí události nižší úrovně, až na požadovanou nejnižší úroveň tzv. základní (primární) událost. K tomu používáme stromový diagram (strom vad), který vytvoříme pomocí standardizovaných symbolů (viz. příloha č. 13). Popis dílčích událostí (příčin) na jednotlivých úrovních by měl odpovídat na otázky: Co?, Kde?, Kdy? a Proč?.



Obrázek 11 - Základní grafické symboly pro sestavení stromů vad [18]

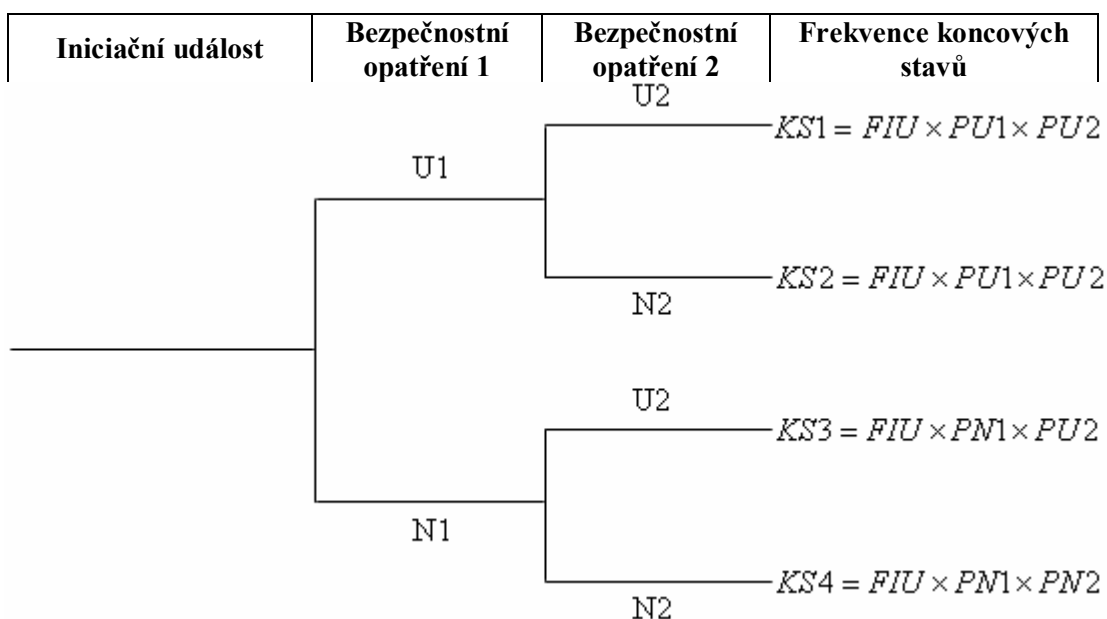


3) V závislosti na cílech analýzy provedeme buď kvalitativní či kvantitativní analýzu sestaveného stromu vad:

- Kvalitativní analýza - přehled všech možných kombinací dílčích událostí, vedoucích ke vzniku nežádoucí vrcholové události.
- Kvantitativní analýza - pravděpodobnost výskytu vrcholové události v provozu. Požadované výchozí údaje pro kvantitativní analýzu jsou intenzity poruch, intenzity oprav, pravděpodobnosti výskytu druhů poruchových stavů atd. [7], [18]

#### 4.2.4 Metoda ETA - Analýza stromu událostí

Metoda ETA (Event Tree Analysis) graficky znázorňuje časový průběh iniciační události (porucha systému, zařízení či lidská chyba), vedoucí k řadě možných koncových stavů (nehod). Oproti metodě FTA postupuje od příčiny k následkům (induktivní typ metody), tedy od dílčí události k vrcholovým událostem, mající účinek na celý systém.



- kde U1 a U2 - úspěšný zásah bezpečnostního opatření 1 a 2  
 N1 a N2 - neúspěšný zásah bezpečnostního opatření 1 a 2  
 FKS1, FKS2, FKS3 a FKS4 - frekvence 1, 2, 3 a 4 koncového stavu  
 FIU - frekvence iniciační události  
 PU1 a PU2 - pravděpodobnost úspěšného zásahu bezpečnostního opatření 1 a 2  
 PN1 a PN2 - pravděpodobnost neúspěšného zásahu bezpečnostního opatření 1 a 2

Obrázek 12 - Strom událostí [autor]

Metoda ETA byla vytvořena po havárii v jaderné elektrárně Three Mile Island v roce 1979.

Dnes je použití metody ETA standardizováno v normě ČSN EN 62502 a platí jako nutná metoda pro oblasti řízení rizik, jakosti a bezpečnosti u složitých systémů.

Typy aplikací metody ETA:

- **Pre-nehodová aplikace** - zabývá se systémy, zabraňující vzniku iniciační události.
- **Post-nehodová aplikace** - užívá se ke zjištění koncových stavů iniciační události.

Praktický příklad metody ETA je uveden v příloze č. 14.

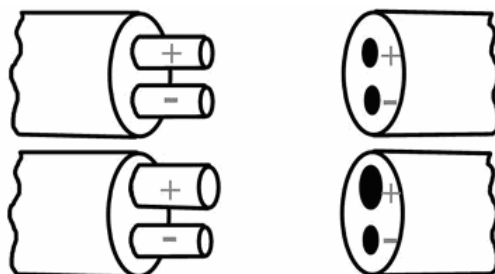
#### **Obecný postup sestavení stromu událostí:**

- 1) Identifikujeme iniciační událost.
- 2) V chronologickém pořadí identifikujeme bezpečnostní opatření, představující zařízení, bariéry a činnosti, které zmírňují, případně brání šíření iniciační události.
- 3) Posoudíme vliv bezpečnostních opatření na průběh iniciační události. Při úspěšném zásahu bezpečnostního opatření sestrojíme horní větev stromu událostí a dolní větev při neúspěšném zásahu.
- 4) U jednotlivých koncových stavů určíme:
  - Pravděpodobnosti koncových stavů - Zjistíme vyhodnocením vývoje pravděpodobnosti iniciační události. Pravděpodobnosti spojené v uzlu musí dávat součet 1. Zdrojem dat pravděpodobností mohou být historické záznamy, provozní a spolehlivostní data, expertní úsudek atd.
  - Frekvence koncových stavů - Vypočítáme vynásobením frekvence iniciační události a pravděpodobností vedoucích od iniciační události k jednotlivým koncovým stavům. Frekvenci iniciační události určujeme z historických záznamů nebo metodou FTA. Součet frekvencí všech koncových stavů musí být roven frekvenci iniciační události. Zjištěné údaje používáme pro identifikaci slabých míst a doporučení pro snížení pravděpodobnosti následků. [19]

#### 4.2.5 Metoda POKA - YOKE

Název metody tvoří složenina z japonských slov „POKA“ = chyby z nepozornosti a „YOKE“ = předcházet. Metoda POKA - YOKE zachycuje a napravuje chyby v místě vzniku, což je mnohem méně nákladné, než když se přemění na vady např. u zákazníka. Metodu navrhl jako součást svého systému nulových vad (Zero Quality Control System) inženýr automobilky Toyota Shingeo Shingo.

Aplikace metody POKA - YOKE zabráňuje výskytu náhodných lidských chyb, pomocí různých jednoduchých technických řešení (světelná a zvuková signalizační zařízení, automatické pojistky pro vypínání strojů atd.) ve výrobku či procesu.



Obrázek 13 - Příklad technického řešení metodou POKA - YOKE [21]

Druhy lidských chyb:

- **Vymezitelné** (lze odhalit zdroj a následně je řešit) - úmysl, nedostatečná kvalifikace, nedostatečná či chybějící technika apod.
- **Náhodné** (neustále se vyskytují a jsou neovlivnitelné) - kladení přehnaně vysokých požadavků, nepozornost, chybějící koncentrace, nevysvětlitelné důvody apod.

**Doporučený postup metody POKA - YOKE:**

- 1) Identifikujeme všechny možné vady pomocí různých záznamů o jakosti (zkouškové a kontrolní protokoly, záznamy o reklamacích apod.) a metod analýz vad (FMEA, FTA).
- 2) Rozhodneme o vhodnosti aplikace metody POKA - YOKE. Vymezitelné chyby redukuje popř. eliminujeme jinými, účinnějšími a osvědčenějšími nástroji.
- 3) Navrhujeme řešení pro zamezení nebo výrazné zredukování výskytu chyb.

- 4) Vyhodnotíme účinnost návrhu zvoleného řešení.
- 5) Ověřený návrh řešení zrealizujeme a zdokumentujeme pro případ budoucího použití. [9], [10]

#### 4.2.6 Metoda 8D Report

Metoda 8D Report, také označována jako Global 8D Report představuje standardizovaný postup komplexního řešení problémů, kdy příčina je neznámá a problém musí být vyřešen co nejrychleji, abychom ochránili zákazníka (interního i externího) od nežádoucích následků.

Na základě rozšíření normy amerického ministerstva obrany z roku 1974, vytvořila metodu 8D Report společnost Ford. Dnes je velice známá zejména v automobilovém průmyslu.

Obdobně jako metoda FMEA používá metoda 8D Report pro záznam zjištěných údajů z jednotlivých kroků předem připravený formulář (viz. příloha č.15). Pro jednotlivé kroky metody 8D Report je zpracován seznam kontrolních otázek, sloužící jako vodítko pro realizaci.

Jednotlivé kroky metody 8D Report („8 Discipline“ = 8 disciplín/kroků):

- D0 (tzv. nultý krok) - Příprava na metodu 8D Report.
- D1 - Vytvoření týmu.
- D2 - Popis problému.
- D3 - Navržení dočasných nápravných opatření.
- D4 - Stanovení a ověření kořenových příčin a „míst úniku“.
- D5 - Výběr a ověření trvalých nápravných opatření a „míst úniku“.
- D6 - Zavedení a validace trvalých nápravných opatření.
- D7 - Prevence výskytu opakovaného problému.
- D8 - Uznání týmových a individuálních příspěvků.

### **Doporučený postup metody 8D Report:**

- 1) Provedeme okamžitá nouzová opatření, chránící zákazníka před následky problému.
- 2) Sestavíme tým (4 až 10 členů) s patřičnými odbornými znalostmi o výrobku nebo procesu, vymezeným časem, pravomocemi, znalostmi vyřešit problém a zavést nápravná opatření, z něhož vybereme odpovědného vedoucího.
- 3) Identifikujeme a detailně popíšeme pomocí kvantifikovaných parametrů problém, čemuž napomáhají vhodně volené otázky, rozpracované ve formuláři.
- 4) Stanovíme, zavedeme a ověříme dočasná nápravná opatření, zamezující dalšímu vlivu problému na zákazníka, dokud nerealizujeme trvalá nápravná opatření.
- 5) Identifikujeme a ověříme kořenové příčiny definovaného problému, např. pomocí diagramu příčin a následku. Dále identifikujeme a ověříme „místo úniku“ (místo v procesu, kde měl být problém měl být detekován, ale nebyl).
- 6) Vybereme nejlepší trvalá nápravná opatření pro odstranění kořenových příčin a „míst úniku“. U vybraných nápravných opatření ověříme jejich účinnost a zda nezpůsobí žádné nežádoucí problémy.
- 7) Odstraníme dočasná nápravná opatření, definujeme a zavedeme trvalá nápravná opatření a na základě monitorování dosahovaných výsledků provedeme jejich validaci.
- 8) Uzpůsobíme systém pro prevenci výskytu problému podobných nebo souvisejících a vytvoříme doporučení pro systematické zlepšení.
- 9) Shromáždíme zkušenosti týmu, zkompletujeme rozpracovanou práci týmu a oceníme, jak práci týmu, tak i jednotlivců. [7], [22]

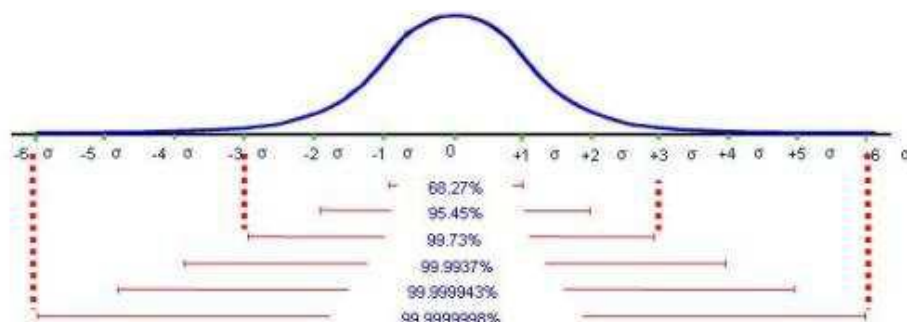
#### **4.2.7 Metoda Six Sigma**

Metoda Six Sigma je filozofie neustálého zlepšování, která kromě minimalizace výskytu neshod a potřebných zdrojů, vede k maximalizaci zisku a spokojenosti zákazníka. Místa

zlepšení se vybírají na základě potřeb a očekávání zákazníka (tzv. hlas zákazníka). Avšak v praxi bývá často hlas zákazníka podceňován, protože se předpokládá, že požadavky zákazníka jsou známy a stačí je pouze shrnout.

Společnost Motorola zavedla metodu Six Sigma v 80. letech 20. století, což vedlo k 68% poklesu počtu vad, 30% snížení výrobních nákladů a úspoře 898 miliónů USD v průběhu 2 let a průměrně k 1 miliónu USD ročně u projektů, realizovaných metodou Six Sigma.

Název metody Six Sigma vychází ze statistického termínu pro popis variability procesů sigma ( $\sigma$ ), označující směrodatnou odchylku. U procesů na úrovni metody Six Sigma je střední hodnota sledovaného znaku jakosti vzdálena od nejbližší toleranční meze (USL či LSL) alespoň  $6\sigma$ , což odpovídá 0,002 DPMO (počet vad na milion příležitostí). Ve skutečnosti dochází ke kolísání střední hodnoty sledovaného znaku jakosti o  $\pm 1,5\sigma$ , tzn. 3,4 DPMO. Ve většině organizací dnes spadá úroveň jakosti do rozsahu 3 až  $4\sigma$ .



Obrázek 14 - Grafické znázornění Gaussovy křivky [12]

### Výpočet hodnoty sigma:

1. Vypočteme hodnotu DPMO:

$$DPMO = \frac{D}{N \times O} \times 1000000 \quad (14)$$

kde D - počet vad

N - počet výrobků

O - počet příležitostí k vadě

2. Převedeme DPMO na hodnotu sigma pomocí převodní tabulky (viz příloha č. 16).

Pozice pracovníků odpovědných za provedení metody Six Sigma:

- **Šampión (sponzor)** - je zástupce vedení organizace, jež plní funkci garanta a propagátora metody Six Sigma v organizaci.
- **Master Black Belt (MBB)** - především rozšiřuje znalosti strategie Six Sigma v organizaci a zajišťují výcvik BB, případně GB. Musí mít znalosti a dovednosti v technikách statistických metod.
- **Black Belt (BB)** - po absolvování výcvikového soustředění vede zlepšující týmy.
- **Green Belt (GB)** - vykonává činnost ve zlepšovacích projektech pouze na částečný úvazek a až po absolvování výcviku o znalostech nástrojů a metod Six Sigma.

#### **Doporučený postup metody Six Sigma:**

Základem metody Six Sigma je použití metodologie DMAIC u existujících procesů nebo metodologie DMADV u návrhu nových procesů. Označení obou typů metodologií vychází z prvních písmen jednotlivých kroků.

Metodologie DMAIC:

- **D = Definování projektu** - definování účelu a rozsahu projektu. Shromáždění dat o stávajícím procesu a o požadavcích a potřebách zákazníků.
- **M = Měření současné situace** - shromáždění dat o stávajícím procesu, poskytující jasnější pohled na úsilí o zlepšování.
- **A = Analyzování pro zjištění příčin** - identifikace vzniku příčin vad. Potvrzení příčin na základě získaných dat.
- **I = Zlepšování** - vypracování, vyzkoušení a implementace řešení na odstranění příčin. Použití dat pro vyhodnocení výsledků řešení.
- **C = Řízení** - udržování zlepšení. Předvídání budoucích zlepšení. Vytvoření plánů pro uchování získaných ponaučení ze zlepšování.

Metodologie DMADV:

- **D = Definování projektu** - definování účelu a rozsahu projektu. Vypracování plánů organizačních změn a plánů projektu.
- **M = Měření požadavků zákazníka** - shromáždění dat z hlasu zákazníka (VOC). Převedení VOC na požadavky na návrh (znaky CTQ). Identifikování nejdůležitějších znaků CTQ. Vypracování metody řešení v jednotlivých etapách.
- **A = Analyzování koncepcí** - výběr nejvhodnější koncepce, nejlépe splňující znaky CTQ v rámci omezení týkajících se rozpočtu a zdrojů.
- **D = Navrhování** - vypracování rámcového a podrobného návrhu. Vyzkoušení složek návrhu. Příprava pilotní a úplné aplikace.
- **V = Ověřování výkonnosti návrhu** - vyzkoušení a „doladění“ prototypu. Převedení odpovědnosti na příslušné pracovníky v organizaci. Ukončení činnosti týmu. [7], [10], [12], [23]

#### 4.2.8 Metoda RBD - Analýza blokového diagramu bezporuchovosti

Metoda RBD (Reliability Block Diagram) popisuje, jak bezporuchovost jednotlivých podsystémů (prvků objektu) ovlivňuje bezporuchovost celého objektu. Předpokladem je, že každý podsystém se může nacházet pouze ve dvou stavech: v bezporuchovém nebo poruchovém stavu.

Mezi znaky bezporuchovosti patří:

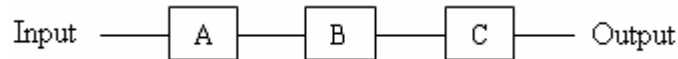
- **Pravděpodobnost bezporuchového provozu  $R(t)$**  - pravděpodobnost, že nedojde k poruše objektu do okamžiku  $t$  od počátku provozu.
- **Pravděpodobnost poruchy  $F(t)$**  - pravděpodobnost, že dojde k poruše objektu do okamžiku  $t$  po uvedení do provozu.
- **Intenzita poruch  $\lambda(t)$**  - pravděpodobnost, že dojde k poruše objektu v následující časové jednotce po zvoleném okamžiku, za předpokladu, že do tohoto okamžiku nedošlo k poruše.



Bezporuchovost objektu je kromě bezporuchovosti jednotlivých podsystémů, také závislá na způsobu funkčního zapojení podsystémů:

a) **Sériové zapojení podsystémů**

U sériového zapojení musí být v bezporuchovém stavu všechny podsystémy, aby byl bezporuchový celý objekt.



Obrázek 15 - Sériové zapojení podsystémů [autor]

- Pravděpodobnost bezporuchového provozu  $R_S(t)$  sériového zapojení podsystémů:

$$R_S(t) = \prod_{i=1}^n R_i(t) = R_A(t) \times R_B(t) \times R_C(t) \quad (15)$$

kde  $R_i(t)$  - pravděpodobnost bezporuchového stavu  $i$ -tého podsystému v čase  $t$

$R_A(t), R_B(t), R_C(t)$  - pravděpodobnost bezporuchového stavu podsystémů A,

B a C v čase  $t$

- Pravděpodobnost poruchy  $F_S(t)$  sériového zapojení podsystémů:

$$F_S(t) = 1 - \prod_{i=1}^n F_i(t) \quad (16)$$

kde  $F_i(t)$  - pravděpodobnost poruchy  $i$ -tého podsystému v čase  $t$

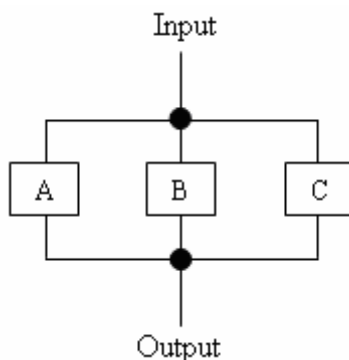
- Intenzita poruch  $\lambda_S(t)$  sériového zapojení podsystémů:

$$\lambda_S(t) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (17)$$

kde  $\lambda_i(t)$  - intenzita poruchy  $i$ -tého podsystému v čase  $t$

### b) Paralelní zapojení podsystémů

Pro bezporuchovost celého objektu stačí, aby byl v bezporuchovém stavu alespoň jeden podsystém.



Obrázek 16 - Paralelní zapojení podsystémů [autor]

- Pravděpodobnost bezporuchového provozu  $R_p(t)$  paralelního zapojení podsystémů:

$$R_p(t) = 1 - \prod_{i=1}^n [1 - R_i(t)] \quad (18)$$

- Pravděpodobnost poruchy  $F_p(t)$  paralelního zapojení podsystémů:

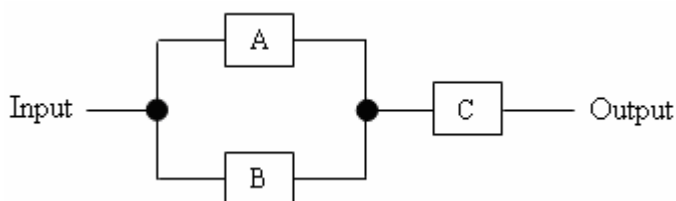
$$F_p(t) = \prod_{i=1}^n F_i(t) \quad (19)$$

- Intenzita poruch  $\lambda_p(t)$  paralelního zapojení podsystémů:

$$\lambda_p(t) = \sum_{i=1}^n \lambda_i \quad (20)$$

### c) Kombinované zapojení podsystémů

Podsystémy jsou zapojeny převážně sériově, na některých místech ovšem i paralelně.



Obrázek 17 - Kombinované zapojení podsystémů [autor]

Vypočítat pravděpodobnost bezporuchového provozu kombinovaného zapojení lze pomocí:

- **Dekompozice systému** - zejména u složitějších objektů se kombinované zapojení podsystemů rozkládá na zapojení sériové a paralelní.

Podsystem A je v paralelním zapojení s podsystemem B:

$$R_p(t) = 1 - \{[1 - R_A(t)] \times [1 - R_B(t)]\} = R_A(t) + R_B(t) - R_A(t)R_B(t) \quad (21)$$

Nově vzniklý podsystem AB je v sériovém zapojení s podsystemem C:

$$R_s(t) = R_C(t) \times R_p(t) = R_C(t) \times [R_A(t) + R_B(t) - R_A(t)R_B(t)] \quad (22)$$

kde  $R_p(t)$  - pravděpodobnost bezporuchového stavu paralelního podsystemu AB v čase t

- **Pravdivostní tabulky** - zobrazuje podsystemy ve všech možných kombinacích s ostatními podsystemy, buď v bezporuchovém (označené 1) nebo poruchovém stavu (označené 0). Pravdivostní tabulka obsahuje N sloupců a  $2^N$  řádků, kde N označuje počet podsystemů.

Tabulka 5 - Pravdivostní tabulka [autor]

Podsystem A	Podsystem B	Podsystem C	Objekt
0	0	0	<b>0</b>
0	0	1	<b>0</b>
0	1	0	<b>0</b>
0	1	1	<b>1</b>
1	0	0	<b>0</b>
1	0	1	<b>1</b>
1	1	0	<b>0</b>
1	1	1	<b>1</b>

Výsledná pravděpodobnost bezporuchového provozu  $R(t)$  se vypočítá součtem součinů řádků, značících bezporuchový stav (označené 1):

$$R(t) = R'_A(t) \times R_B(t) \times R_C(t) + R_A(t) \times R'_B(t) + R_C(t) + R_A(t) + R_B(t) + R_C(t) \quad (23)$$

kde  $R'_A(t)$  a  $R'_B(t)$  - pravděpodobnost poruchového provozu podsystemů A a B v čase t

**d) Zálohové zapojení (tzv. zapojení m z n)**

Představuje zvláštní typ zapojení, u něhož nastane bezporuchový stav objektu při určitém počtu bezporuchových podsystémů (např. ocelové lano).

**Obecný postup sestavení blokového diagramu:**

- 1) Vyšetřovaný objekt definovaný jako systém, rozčleníme na podsystémy (díly výrobku, kroky procesu), stanovíme bezporuchový stav objektu.
- 2) Logicky znázorníme jednotlivé podsystémy prostřednictvím bloků, zobrazující strukturu objektu. Některé bloky mohou představovat dílčí struktury objektů, reprezentující jiné blokové diagramy. Čáry spojující jednotlivé bloky, představují strukturu zapojení podsystémů objektu.
- 3) Určíme bezporuchovost jednotlivých podsystémů.
- 4) Vypočteme celkovou bezporuchovost objektu.
- 5) Provedeme analýzu na základě celkové bezporuchovosti objektu. [20], [24], [25]

## **Závěr**

Práce shrnuje všechny důležité nástroje a metody řízení jakosti, uvádí jejich význam a způsob aplikace.

O důležitosti problematiky řízení jakosti svědčí fakt, že většina metod řízení jakosti má v současnosti normativní podklad založený na dlouholetých zkušenostech podniků z různých výrobních odvětví (převážně automobilového průmyslu). Navíc je nutné brát v potaz různé zákony, kladoucí požadavky na výrobky. V České republice jde např. o zákon 102/2001 Sb. o obecné bezpečnosti výrobků, zákon 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobek, zákon 356/2003 Sb. o chemických látkách a přípravcích, zákon 258/2000 Sb. o ochraně veřejného zdraví a především zákon 59/1998 Sb. o odpovědnosti za škodu způsobenou vadou výrobku, který říká: Dojde-li v důsledku vady výrobku ke škodě na zdraví, k usmrcení nebo ke škodě na jiné věci, odpovídá výrobce poškozenému za vzniklou škodu, jestliže poškozený prokáže vadu výrobku, vzniklou škodu a příčinnou souvislost mezi vadou výrobku a škodou.

V kapitole věnované auditům bylo čerpáno ze zkušenosti s účastí na interním auditu v organizaci, zabývající se výrobou autorádií.

Kapitola „Nástroje a metody řízení jakosti“ uvádí i jednoduchý postup tvorby a ukázkový příklad pro lepší pochopení. Práce shrnuje nejpoužívanější a nejdůležitější nástroje a metody, vybrané na základě mínění autorů odborné literatury a na základě zkušeností autora práce.

V práci uvedené ukázkové příklady jednotlivých nástrojů a metod byly vytvořeny v jednoduchých softwarových programech typu WORD a EXCEL, existuje pro ulehčení jejich tvorby řada specifických softwarových programů jako např. PALSTAT či STATISTICA.

Jakost, jako soubor znaků vložených do výrobku při výrobě, je velice ovlivněna zaměstnanci daného úseku výroby, proto je důležitým faktorem pro řízení jakosti i motivace zaměstnanců. Jejich zlepšující návrhy, vedoucí k omezení zmetkovitosti výroby, mohou přinést značné finanční úspory v řádech milionů korun.

V dnešní době hromadné výroby hraje odvětví řízení jakosti stále významnější roli a dá se předpokládat, že podniky budou přicházet s novými metodami řízení jakosti z důvodu narůstající složitosti technologie výroby a samotných výrobků.

## Seznam použitých zdrojů

- [1] MYKISKA, A. *Spolehlivost v systémech jakosti*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 1995. 103 s. ISBN 80-01-01262-X.
- [2] NENADÁL, J.; NOSKIEVIČOVÁ, D.; PETŘÍKOVÁ, R.; PLURA, J.; TOŠENOVSKÝ, J. *Moderní systémy řízení jakosti*. Praha : Management Press, 1998. 283 s. ISBN 80-85943-63-8.
- [3] ZÍDKOVÁ, H.; ZVONEČEK, F. *Jakost styl života třetí tisíciletí*. Plzeň : Západočeská univerzita, 2001. 139 s. ISBN 90-7082-720-3.
- [4] VEBER, J. a kol. *Řízení jakosti a ochrana spotřebitele*. Praha : Grada, 2002. 163 s. ISBN 80-247-0194-4.
- [5] NOSKIEVIČOVÁ, D. *Statistické metody v řízení jakosti*. Ostrava : VŠB - Technická univerzita, 1996. 99 s. ISBN 80-7078-318-4.
- [6] KOŽÍŠEK, J. *Statistické zabezpečování jakosti*. Praha : Vydavatelství ČVUT, 1995. 123 s. ISBN 80-01-01314-6.
- [7] PLURA, J. *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*. Praha : Computer Press, 2001. 244 s. ISBN 80-7226-543-1.
- [8] NENADÁL, J.; CAJCHANOVÁ, O.; BUŠFYOVÁ, J. *Zabezpečovanie kvality*. Žilina (Slovensko) : Žilinská univerzita, 1997. 167 s. ISBN 80-7100-384-0.
- [9] CHALOUPKA, J. *Jednoduše kvalita*. Praha : Red Cat, 2008. 110 s. ISBN 978-80-254-1346-3.
- [10] TUČEK, D.; BOBÁK, R. *Výrobní systémy*. Zlín : Univerzita Tomáše Bati, 2006. 298 s. ISBN 80-7318-381-1.
- [11] VEBER, J. a kol. *Management - Základy, prosperita, globalizace*. Praha : Management Press, 2005. 700 s. ISBN 80-7261-029-5.

- [12] PANDE, P.; NEUMAN, R.; CAVANAGH, R. *Zavádíme metodu Six Sigma, aneb jakým způsobem dosahují renomované světové společnosti špičkové výkonnosti*. Brno : TwinsCom, 2002. 416 s. 80-238-9289-4.
- [13] ČSN EN ISO 9000 (010300) *Systémy managementu kvality - Základní principy a slovník*. Praha : Český normalizační institut. 2006. 64 s.
- [14] ČSN EN ISO 9001 (010321) *Systémy managementu kvality - Požadavky*. Praha : Český normalizační institut. 2009. 56 s.
- [15] ČSN EN ISO 19011 (010330) *Směrnice pro auditování systému managementu jakosti a/nebo systému environmentálního managementu*. Praha : Český normalizační institut. 2003. 56 s.
- [16] ČSN ISO 5807 (369011) *Zpracování informací. Dokumentační symboly a konvence pro vývojové diagramy toku dat, programu a systému, síťové diagramy a diagramy zdrojů systému*. Praha : Český normalizační institut. 1996. 28 s.
- [17] ČSN EN 60812 (010675) *Techniky analýzy bezporuchovosti systémů - Postup analýzy způsobů a důsledků poruch (FMEA)*. Praha : Český normalizační institut. 2007. 44 s.
- [18] ČSN EN 61025 (010676) *Analýza stromu poruchových stavů (FTA)*. Praha : Český normalizační institut. 2007. 48 s.
- [19] ČSN EN 62502 (010676) *Techniky analýzy spolehlivosti - Analýza stromu událostí (ETA)*. Praha : Český normalizační institut. 2011. 44 s.
- [20] ČSN EN 61078 (010677) *Techniky analýzy spolehlivosti - Blokový diagram bezporuchovosti a booleovské metody*. Praha : Český normalizační institut. 2007. 36 s.
- [21] Levay, R. *POKA - YOKE* [online]. [cit. 28.5.2012]. Dostupné na: <<http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=139>>
- [22] Levay, R. *8D REPORT (GLOBAL 8D)* [online]. [cit. 28.5.2012]. Dostupné na: <<http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=103>>



[23] Michálek, J.; Král J. *Základní informace o metodice Six Sigma* [online]. Národní informační středisko pro podporu jakosti. [cit. 28.5.2012]. 50 s. Dostupné na: <http://isq.cz/npi/7%20-%20Six%20Sigma.ppt>

[24] Famfulík, J.; Míková, J.; Krzyžanek R. *Teorie údržby* [online]. Ostrava : VŠB - Technická univerzita, 2008 [cit. 28.5.2012]. 237 s. Dostupné na: <http://home1.vsb.cz/~krz011/>.

[25] SÖDERBERG, A.; HÉRARD, J.; MORTENSEN, L. *Guideline for Design and Safety Validation of Safety - Critical Functions Realized with Hardware Description Language* [online]. Oslo (Norsko) : Nordic Innovation Centre, 2004 [cit. 28.5.2012]. 73 s. ISSN - 0283-7234. Dostupné na: <http://www.scribd.com/doc/50368707/81/Reliability-Block-Diagram-RBD>.

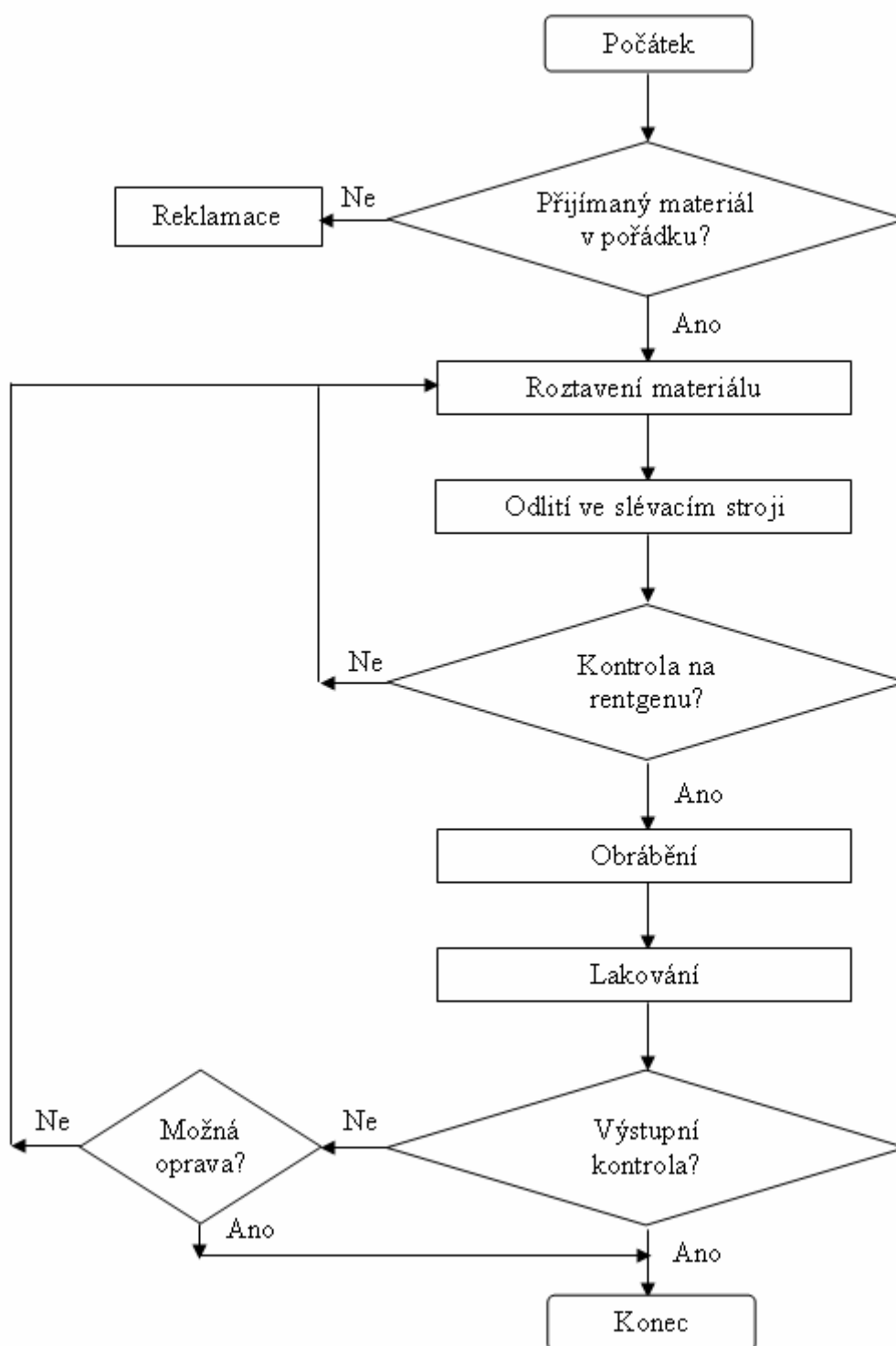
## Seznam obrázků

Obrázek 1 - Juranova spirála jakosti .....	- 10 -
Obrázek 2 - Průběh auditu .....	- 23 -
Obrázek 3 - Základní grafické symboly pro zpracování vývojových diagramů .....	- 26 -
Obrázek 4 - Diagram příčin a následku .....	- 26 -
Obrázek 5 - Příklad formuláře pro sběr dat .....	- 28 -
Obrázek 6 - Paretův diagram .....	- 29 -
Obrázek 7 - Tvary histogramů .....	- 34 -
Obrázek 8 - Základní typy stochastických závislostí .....	- 36 -
Obrázek 9 - Schéma volby vhodného regulačního diagramu .....	- 39 -
Obrázek 10 - Testy seskupení pro vymežitelné příčiny .....	- 41 -
Obrázek 11 - Základní grafické symboly pro sestavení stromů vad .....	- 47 -
Obrázek 12 - Strom událostí .....	- 48 -
Obrázek 13 - Příklad technického řešení metodou POKA - YOKE .....	- 50 -
Obrázek 14 - Grafické znázornění Gaussovy křivky .....	- 53 -
Obrázek 15 - Sériové zapojení podsystémů .....	- 56 -
Obrázek 16 - Paralelní zapojení podsystémů .....	- 57 -
Obrázek 17 - Kombinované zapojení podsystémů .....	- 57 -

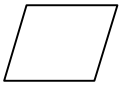




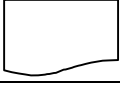
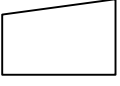
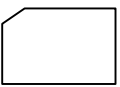



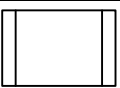
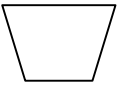

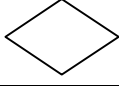
## **Seznam příloh**




- Příloha č. 1** - Příklad vývojového diagramu výroby litého kola
- Příloha č. 2** - Grafické symboly pro zpracování vývojových diagramů
- Příloha č. 3** - Příklad diagramu příčin a následku
- Příloha č. 4** - Příklad Paretovy analýzy
- Příloha č. 5** - Příklad histogramu
- Příloha č. 6** - Příklad bodového diagramu
- Příloha č. 7** - Příklad regulačního diagramu
- Příloha č. 8** - Vzorce pro výpočet centrální přímky a regulačních mezí u regulačních diagramů
- Příloha č. 9** - Přepočítávací koeficienty
- Příloha č. 10** - Příklad formuláře FMEA
- Příloha č. 11** - Hodnotící stupnice metody FMEA
- Příloha č. 12** - Příklad metody FTA
- Příloha č. 13** - Grafické symboly pro sestavení stromů vad
- Příloha č. 14** - Příklad metody ETA
- Příloha č. 15** - Příklad formulář 8D Report
- Příloha č. 16** - Převodní tabulka sigma

Příloha č. 1 - Příklad vývojového diagramu výroby litého kola [autor]

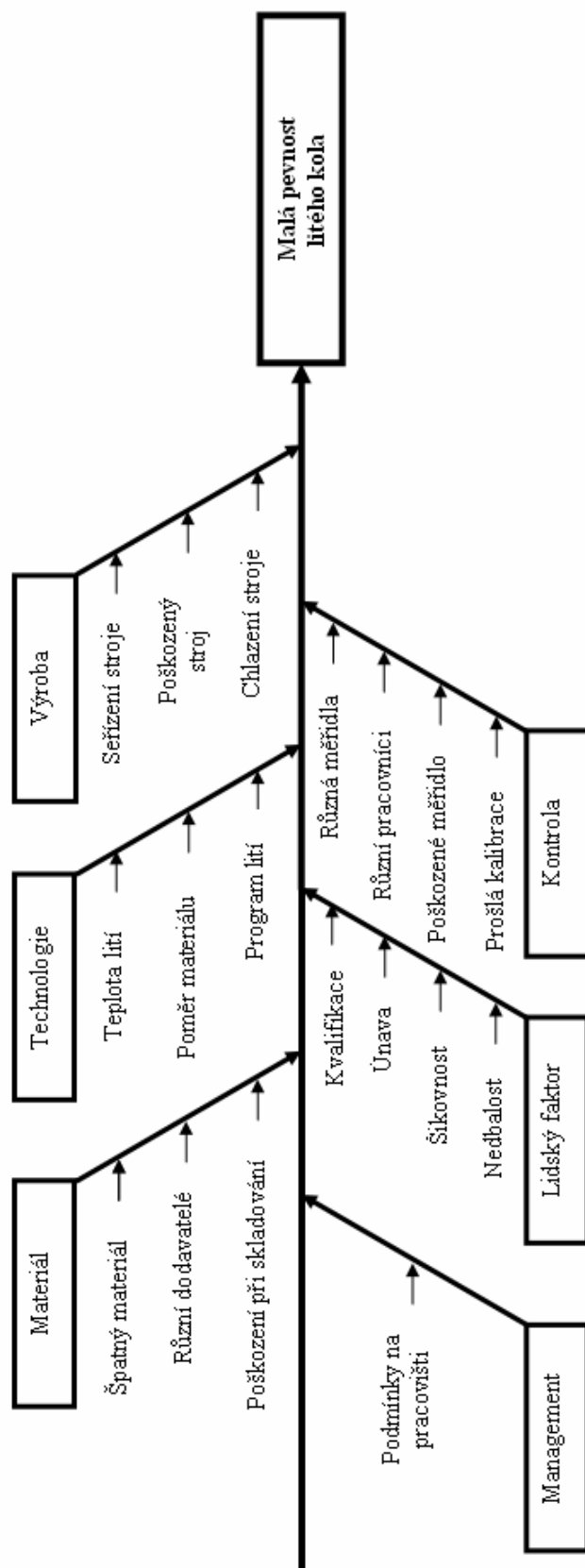


**Příloha č. 2 - Grafické symboly pro zpracování vývojových diagramů [16]**

Symbol	Název symbolu	Význam symbolu
	Data	Nosič dat není specifikován.
	Uložená dat	Data uložená ve formě vhodné pro zpracování, nosič dat není specifikován.
	Vnitřní paměť	Nosičem dat je vnitřní paměť.
	Paměť se sekvenčním přístupem	Data přístupná pouze sekvenčně, nosičem dat je např. magnetická páska.
	Paměť s přímým přístupem	Data přímo přístupná, nosičem dat je např. magnetický disk.
	Dokument	Data čitelná pro člověka, nosičem dat je např. tištěný výstup.
	Ruční vstup	Nosič dat může být různého druhu pro ruční vstup informací v době zpracování, např. klávesnice.
	Štítek	Nosičem dat jsou štítky, např. děrné štítky.
	Děrná páska	Nosičem dat je papírová páska.
	Zobrazení	Na nosiči dat se zobrazují informace použitelné lidmi, např. obrazovky.
	Zpracování	Provádění definované operace.
	Předdefinované zpracování	Pojmenované zpracování, které se skládá z jedné nebo více operací, jež jsou specifikovány jinde.
	Ruční operace	Zpracování uskutečňované člověkem.
	Příprava	Úprava instrukce nebo skupiny instrukcí pro ovlivnění určité následné činnosti, např. nastavení spínače.
	Rozhodování	Rozhodovací operace.

Symbol	Název symbolu	Význam symbolu
	Přenos řízení	Okamžitý přenos řízení z jednoho zpracování do druhého, např. vyvolání programu, vyvolání dat, událost.
	Spojka	Výstup do jiné části téhož vývojového diagramu a pokračování na jiném místě. Odpovídající symboly spojek musí obsahovat stejné jedinečné označení.
	Mezní značka	Výstup nebo vstup z vnějšího prostředí, např. začátek nebo konec procesu.

Příloha č. 3 - Příklad diagramu příčin a následku [autor]

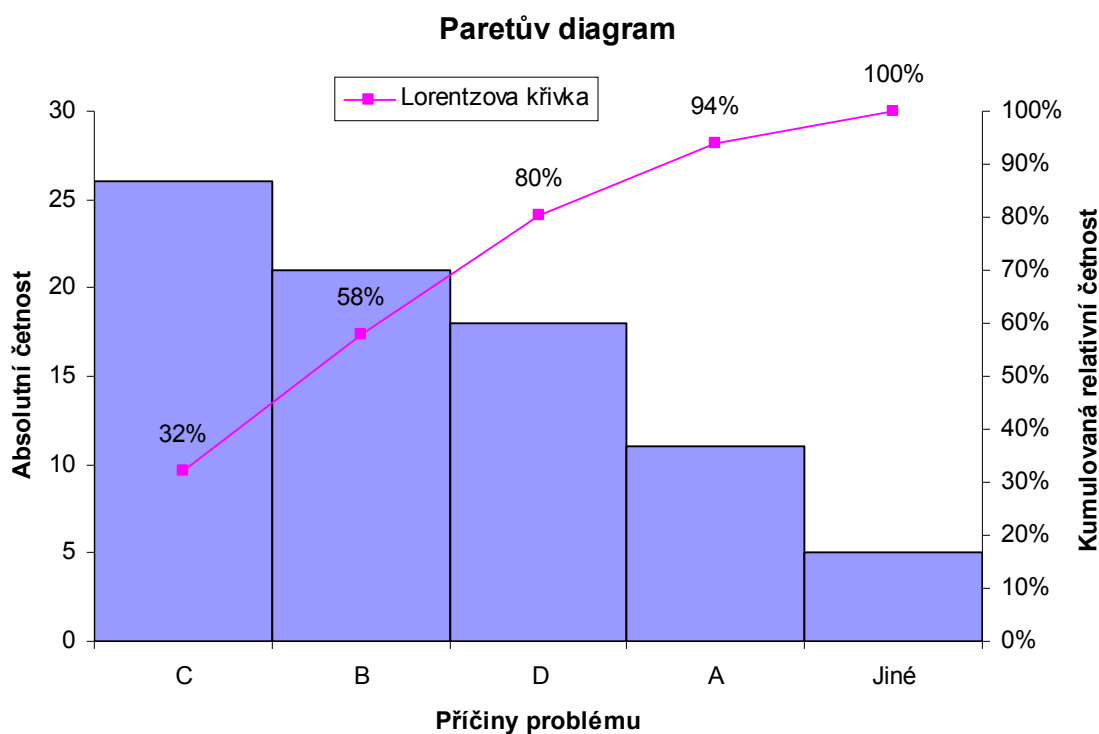


## Příloha č. 4 - Příklad Parety analýzy [autor]

Tabulka 6 - Sestupně seřazené příčiny podle četnosti [autor]

Příčiny problému	Absolutní součty (četnost)	Kumulované absolutní součty	Kumulované relativní součty
C	26	26	32,1%
B	21	47	58,03%
D	18	65	80,25%
A	11	76	93,83%
Jiné	5	81	100%

Vlastní Paretův diagram:



Analýza Paretova diagramu:

U kritéria 80/20 tvoří „životně důležitou menšinu“ příčiny B, C a D, které bychom měli podstoupit další analýze, abychom omezily jejich vliv.



**Příloha č. 5 - Příklad histogramu [autor]**

Tabulka 7 - Data [autor]

Pevnost oceli [MPa]									
959	913	992	950	955	966	949	908	957	972
948	949	973	963	966	973	968	929	964	971
971	997	966	960	948	980	953	957	971	962

Vypočet rozpětí souboru dat R:

$$R = x_{\max} - x_{\min}$$

$$R = 997 - 908$$

$$\underline{\underline{R = 89MPa}}$$

Určení počtu tříd k:

$$k = 1 + 3,3 \log n$$

$$k = 1 + 3,3 \log 30$$

$$\underline{\underline{k = 5,875 \cong 6}}$$

Vypočet šířky třídního intervalu h:

$$h = \frac{R}{k}$$

$$h = \frac{89}{6}$$

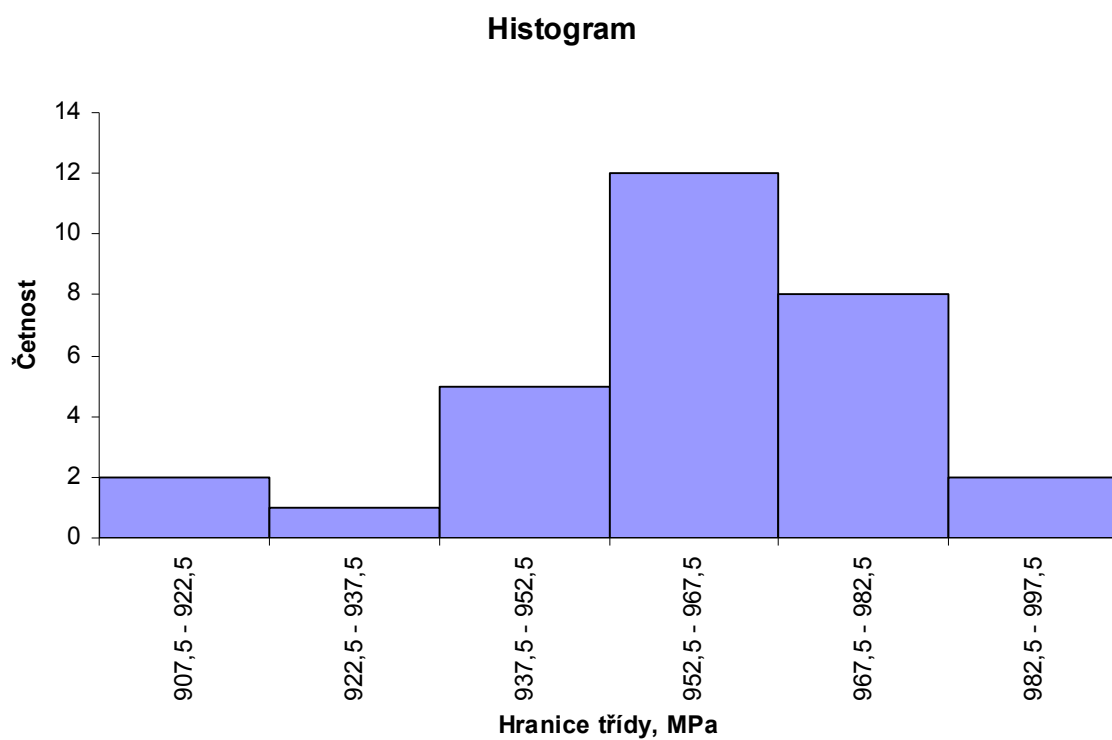
$$\underline{\underline{h = 14,833 \cong 15}}$$

Tabulka 8 - Tabulka četností [autor]

Číslo třídy	Hranice třídy [MPa]	Třídní znak $z_i$ [MPa]	Četnost $n_i$
1	907,5 - 922,5	915	2
2	922,5 - 937,5	930	1
3	937,5 - 952,5	945	5
4	952,5 - 967,5	960	12
5	967,5 - 982,5	975	8
6	982,5 - 997,5	990	2

Pozn.:  
Výpočty hranic tříd a třídních znaků byly provedeny dle vzorců z doporučeného postupu pro sestavení histogramu (viz. kapitola 5.1.5)

Vlastní histogram:



Analýza histogramu:

Histogram má asymetrický tvar, vypovídající např. o použití neúplných dat, případně o působení fyzikálních zákonů. Zvýšená četnost v levé krajní třídě může být způsobena např. chybou při přepisování či měření dat.

**Příloha č. 6 - Příklad bodového diagramu [autor]**

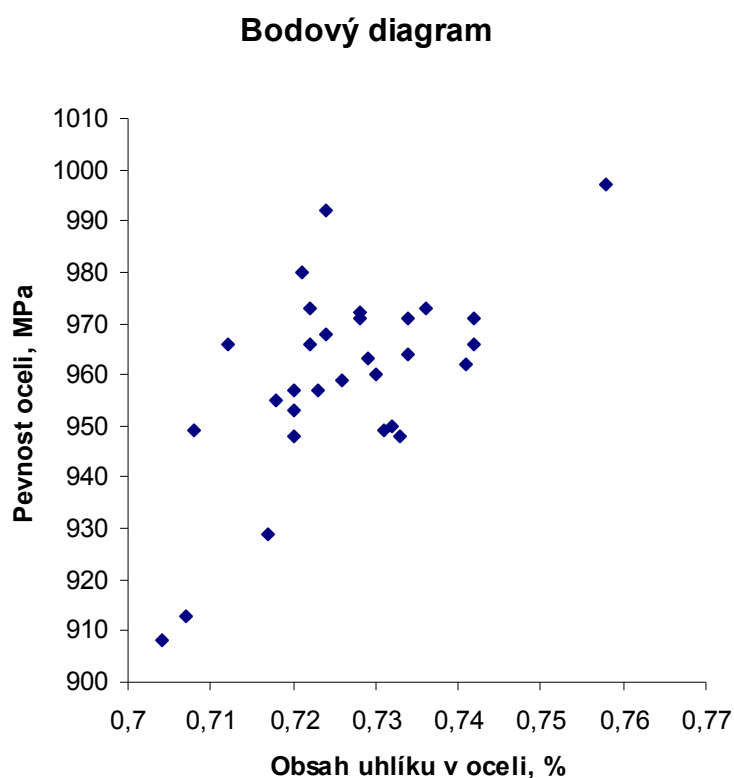
Tabulka 9 - Data nezávisle proměnné X [autor]

Obsah uhlíku v oceli [%]									
0,726	0,707	0,724	0,732	0,718	0,722	0,731	0,704	0,72	0,728
0,733	0,708	0,722	0,729	0,742	0,736	0,724	0,717	0,734	0,734
0,728	0,758	0,712	0,73	0,72	0,721	0,72	0,723	0,742	0,741

Tabulka 10 - Data závisle proměnné Y [autor]

Pevnost oceli [MPa]									
959	913	992	950	955	966	949	908	957	972
948	949	973	963	966	973	968	929	964	971
971	997	966	960	948	980	953	957	971	962

Vlastní bodový diagram:



Výpočet koeficientu korelace r:

$$r = \frac{s_{XY}}{s_X \times s_Y}$$

$$r = \frac{0,136}{0,012 \times 18,967}$$

$$\underline{\underline{r = 0,625}}$$

Analýza bodového diagramu:

Uspořádání bodů na ploše bodového diagramu vykazuje trend, tzn. mezi nezávisle proměnou X (obsah uhlíku v oceli) a závisle proměnou Y (pevnost oceli) existuje jistá závislost. Výpočtem koeficientu korelace  $r$  bylo potvrzeno, že jde o silnější kladnou lineární závislost.

Příloha č. 7 - Příklad regulačního diagramu [autor]

Tabulka 11 - Data [autor]

Logická podskupina 1	Logická podskupina 2	Logická podskupina 3	Logická podskupina 4	Logická podskupina 5
9,719mm	10,031mm	9,888mm	10,350mm	10,565mm
9,975mm	9,851mm	10,006mm	9,848mm	9,827mm
9,912mm	10,884mm	10,134mm	10,501mm	9,866mm
10,401mm	10,538mm	9,337mm	10,878mm	10,493mm
10,028mm	9,101mm	9,380mm	9,979mm	9,917mm
$\bar{x}_1 = 10,007\text{mm}$	$\bar{x}_2 = 10,081\text{mm}$	$\bar{x}_3 = 9,749\text{mm}$	$\bar{x}_4 = 10,311\text{mm}$	$\bar{x}_5 = 10,133\text{mm}$
$R_1 = 0,682\text{mm}$	$R_2 = 1,783\text{mm}$	$R_3 = 0,797\text{mm}$	$R_4 = 1,029\text{mm}$	$R_5 = 0,738\text{mm}$
Logická podskupina 6	Logická podskupina 7	Logická podskupina 8	Logická podskupina 9	Logická podskupina 10
10,635mm	10,876mm	10,179mm	9,228mm	9,989mm
10,360mm	10,420mm	10,245mm	10,278mm	9,181mm
9,543mm	10,561mm	9,524mm	10,138mm	9,877mm
10,115mm	10,710mm	9,369mm	9,265mm	9,141mm
10,628mm	10,835mm	9,878mm	10,222mm	9,279mm
$\bar{x}_6 = 10,256\text{mm}$	$\bar{x}_7 = 10,680\text{mm}$	$\bar{x}_8 = 9,839\text{mm}$	$\bar{x}_9 = 9,826\text{mm}$	$\bar{x}_{10} = 9,494\text{mm}$
$R_6 = 1,092\text{mm}$	$R_7 = 0,456\text{mm}$	$R_8 = 0,876\text{mm}$	$R_9 = 1,049\text{mm}$	$R_{10} = 0,848\text{mm}$
Logická podskupina 11	Logická podskupina 12	Logická podskupina 13	Logická podskupina 14	Logická podskupina 15
9,981mm	9,697mm	10,630mm	10,069mm	9,783mm
9,936mm	9,598mm	10,565mm	9,897mm	9,473mm
9,535mm	10,523mm	9,824mm	9,878mm	10,318mm
9,804mm	10,380mm	10,158mm	10,822mm	9,398mm
9,477mm	9,700mm	9,558mm	10,814mm	10,132mm
$\bar{x}_{11} = 9,747\text{mm}$	$\bar{x}_{12} = 9,980\text{mm}$	$\bar{x}_{13} = 10,147\text{mm}$	$\bar{x}_{14} = 10,296\text{mm}$	$\bar{x}_{15} = 9,821\text{mm}$
$R_{11} = 0,505\text{mm}$	$R_{12} = 0,924\text{mm}$	$R_{13} = 1,072\text{mm}$	$R_{14} = 0,944\text{mm}$	$R_{15} = 0,919\text{mm}$
Logická podskupina 16	Logická podskupina 17	Logická podskupina 18	Logická podskupina 19	Logická podskupina 20
10,036mm	10,213mm	9,553mm	9,602mm	9,893mm
9,662mm	10,144mm	10,545mm	10,422mm	10,058mm
9,842mm	9,384mm	10,369mm	9,896mm	9,687mm
9,363mm	9,692mm	9,661mm	10,629mm	10,088mm
10,249mm	10,321mm	9,898mm	9,747mm	10,284mm
$\bar{x}_{16} = 9,830\text{mm}$	$\bar{x}_{17} = 9,951\text{mm}$	$\bar{x}_{18} = 10,005\text{mm}$	$\bar{x}_{19} = 10,059\text{mm}$	$\bar{x}_{20} = 10,002\text{mm}$
$R_{16} = 0,886\text{mm}$	$R_{17} = 0,937\text{mm}$	$R_{18} = 0,992\text{mm}$	$R_{19} = 1,028\text{mm}$	$R_{20} = 0,597\text{mm}$
Logická podskupina 21	Logická podskupina 22	Logická podskupina 23	Logická podskupina 24	Logická podskupina 25
9,391mm	9,745mm	10,610mm	10,348mm	9,789mm
9,824mm	9,569mm	9,421mm	10,445mm	9,689mm
10,805mm	9,448mm	10,323mm	9,749mm	10,060mm
10,485mm	9,630mm	9,606mm	10,442mm	10,045mm
9,445mm	10,001mm	10,682mm	9,942mm	10,179mm
$\bar{x}_{21} = 9,990\text{mm}$	$\bar{x}_{22} = 9,678\text{mm}$	$\bar{x}_{23} = 10,128\text{mm}$	$\bar{x}_{24} = 10,185\text{mm}$	$\bar{x}_{25} = 9,952\text{mm}$
$R_{21} = 1,414\text{mm}$	$R_{22} = 0,552\text{mm}$	$R_{23} = 1,261\text{mm}$	$R_{24} = 0,695\text{mm}$	$R_{25} = 0,490\text{mm}$

Výpočet centrální přímky:

$$CL_{\bar{x}} = \bar{x} = \frac{(\bar{x}_1 + \dots + \bar{x}_j + \dots + \bar{x}_k)}{k}$$

$$CL_{\bar{x}} = \bar{x} = \frac{(10,007 + \dots + 9,952)}{25}$$

$$CL_{\bar{x}} = \bar{x} = 9,608mm$$

$$CL_R = \bar{R} = \frac{(R_1 + \dots + R_j + \dots + R_k)}{k}$$

$$CL_R = \bar{R} = \frac{(0,682 + \dots + 0,490)}{25}$$

$$CL_R = \bar{R} = 0,883mm$$

Výpočet regulačních mezí:

$$UCL_{\bar{x}} = \bar{x} + A_2 \bar{R}$$

$$UCL_{\bar{x}} = 9,608 + 0,577 \times 0,883$$

$$UCL_{\bar{x}} = 10,117mm$$

$$LCL_{\bar{x}} = \bar{x} - A_2 \bar{R}$$

$$LCL_{\bar{x}} = 9,608 - 0,577 \times 0,883$$

$$LCL_{\bar{x}} = 9,098mm$$

$$UCL_R = D_4 \bar{R}$$

$$UCL_R = 2,114 \times 0,883$$

$$UCL_R = 1,867mm$$

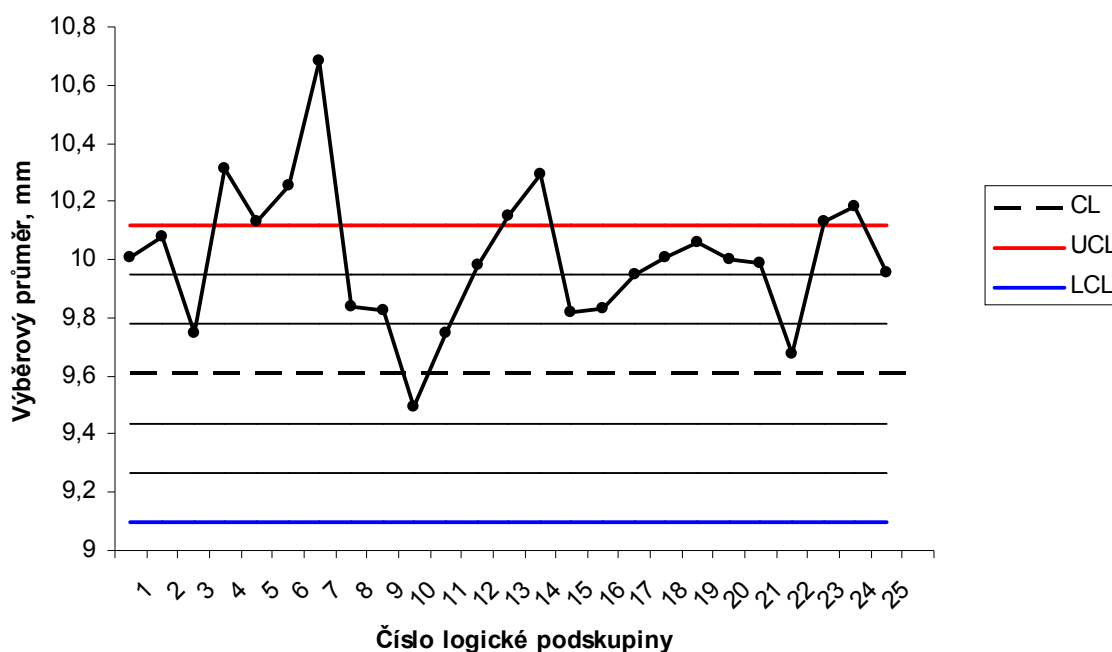
$$LCL_R = D_3 \bar{R}$$

$$LCL_R = 0 \times 0,883$$

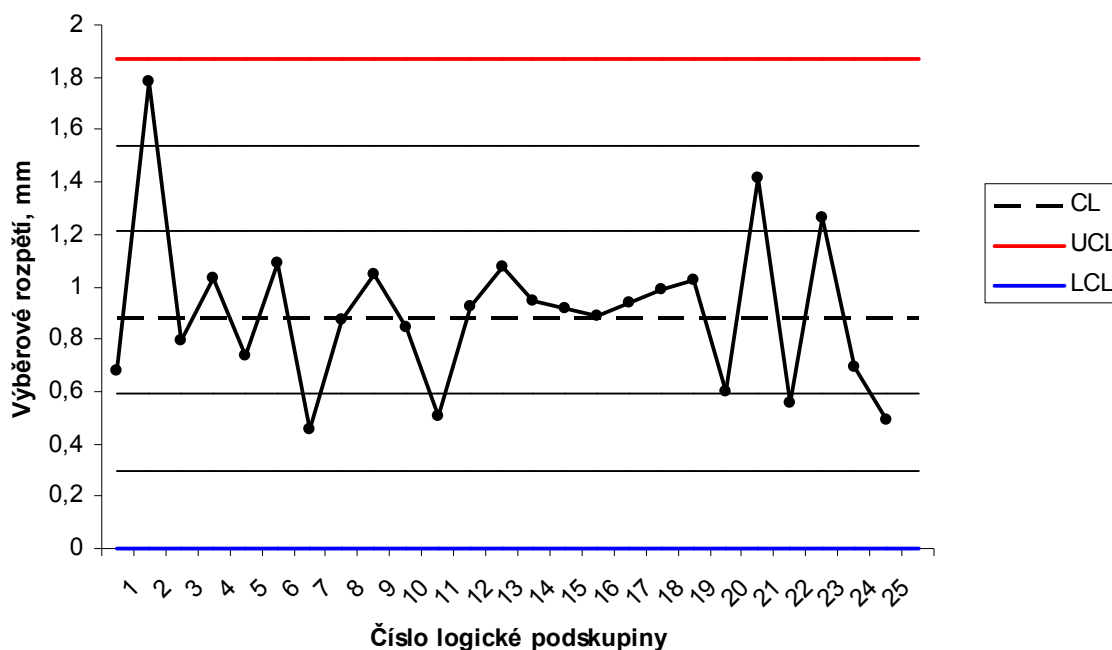
$$LCL_R = 0mm$$

Vlastní regulační diagram:

Regulační diagram výběrového průměru



## Regulační diagram výběrového rozptylu



Analýza regulačního diagramu:

Regulační diagram, vyhodnocující průběh výběrového průměru, vykazuje nestabilitu procesu způsobenou body (celkem 8 bodů) ležícími mimo horní regulační mez a body (9 a 15 bodů) ležícími za sebou nad centrální přímkou. Poloha bodů mimo horní regulační mez značí např. změnu měřicího systému. Umístění bodů za sebou nad centrální přímkou, může být způsobeno např. změnou měřidel, způsobu měření či prvků procesu. Celkově je proces posunut směrem k horní regulační mezi.

Regulační diagram, vyhodnocující výběrové rozpětí, nevykazuje žádné body mimo regulační meze, trendy či náhodná seskupení, což značí statisticky zvládnutý (stabilní) proces.

**Příloha č. 8** - Vzorce pro výpočet centrální přímký a regulačních mezí u regulačních diagramů [5]

<b>Regulační diagramy měření</b>			
<b>Typ regulačního diagramu</b>	<b>Rozsah logické podskupiny</b>	<b>Centrální přímký</b>	<b>Regulační meze</b>
Regulační diagram pro výběrový průměr ( $\bar{x}$ ) a výběrové rozpětí ( $R$ )	< 10 (obvykle 3 až 5)	$CL = \bar{x} = \frac{(\bar{x}_1 + \dots + \bar{x}_j + \dots + \bar{x}_k)}{k}$	$UCL = \bar{x} + A_2 \bar{R}$ $LCL = \bar{x} - A_2 \bar{R}$
		$CL = \bar{R} = \frac{(R_1 + \dots + R_j + \dots + R_k)}{k}$	$UCL = D_4 \bar{R}$ $LCL = D_3 \bar{R}$
Regulační diagram pro výběrový průměr ( $\bar{x}$ ) a výběrovou směrodatnou odchylku ( $s$ )	$\geq 10$	$CL = \bar{x} = \frac{(\bar{x}_1 + \dots + \bar{x}_j + \dots + \bar{x}_k)}{k}$	$UCL = \bar{x} + A_3 \bar{s}$ $LCL = \bar{x} - A_3 \bar{s}$
		$CL = \bar{s} = \frac{(s_1 + \dots + s_j + \dots + s_k)}{k}$	$UCL = B_3 \bar{s}$ $LCL = B_4 \bar{s}$
Regulační diagram pro výběrový medián ( $\tilde{x}$ ) a výběrové rozpětí ( $R$ )	< 10 (obvykle 3 až 5)	$CL = \tilde{x} = \frac{(\tilde{x}_1 + \dots + \tilde{x}_j + \dots + \tilde{x}_k)}{k}$	$UCL = \tilde{x} + \tilde{A}_2 \bar{R}$ $LCL = \tilde{x} - \tilde{A}_2 \bar{R}$
		$CL = \bar{R} = \frac{(R_1 + \dots + R_j + \dots + R_k)}{k}$	$UCL = D_4 \bar{R}$ $LCL = D_3 \bar{R}$
Regulační diagram pro individuální hodnoty ( $x$ ) a klouzavé rozpětí ( $R_{kl}$ )	1	$CL = \bar{x} = \frac{(\bar{x}_1 + \dots + \bar{x}_j + \dots + \bar{x}_k)}{k}$	$UCL = \bar{x} + E_2 \bar{R}_{kl}$ $LCL = \bar{x} - E_2 \bar{R}_{kl}$
		$CL = \bar{R}_{kl} = \frac{(R_1 + \dots + R_j + \dots + R_{k-1})}{k-1}$	$UCL = D_4 \bar{R}_{kl}$ $LCL = D_3 \bar{R}_{kl}$
<p>Pozn.:</p> <p><math>x_j</math> - výběrový průměr j-té logické podskupiny</p> <p><math>R_j</math> - výběrové rozpětí j-té logické podskupiny</p> <p><math>s_j</math> - výběrová směrodatná odchylka j-té logické podskupiny</p> <p><math>\tilde{x}</math> - výběrový medián j-té logické podskupiny</p> <p>k - počet logických podskupin</p> <p><math>A_2, A_3, \tilde{A}_2, B_3, B_4, D_3, D_4, E_2</math> - přepočítávací koeficient (viz. příloha č. 9)</p>			



### Regulační diagramy srovnáním

Typ regulačního diagramu	Rozsah logické podskupiny	Centrální přímka	Regulační meze
Regulační diagram pro podíl neshodných jednotek v podskupině ( $p$ )	Proměnlivý	$CL = \bar{p} = \frac{\sum np}{\sum n}$	$UCL = \bar{p} + 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$ $LCL = \bar{p} - 3\sqrt{\frac{\bar{p}(1-\bar{p})}{n}}$
Regulační diagram pro počet neshodných jednotek v podskupině ( $np$ )	Konstantní	$CL = n\bar{p} = \frac{\sum np}{k}$	$UCL = n\bar{p} + 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$ $LCL = n\bar{p} - 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$
Regulační diagram pro počet neshod v podskupině ( $c$ )	Konstantní	$CL = \bar{c} = \frac{\sum c}{k}$	$UCL = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}}$ $LCL = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}}$
Regulační diagram pro průměrný počet neshod na jednotku v podskupině ( $u$ )	Proměnlivý	$CL = \bar{u} = \frac{\sum c}{\sum n}$	$UCL = \bar{u} + 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$ $LCL = \bar{u} - 3\sqrt{\frac{\bar{u}}{n}}$
Pozn.: n - rozsah logické podskupiny k - počet logických podskupin			

Příloha č. 9 - Přepočítávací koeficienty [5]

Rozsah logické podskupiny	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	E <sub>2</sub>	$\tilde{A}_2$
2	1,880	2,659	0,000	3,267	0	3,267	2,659	1,88
3	1,023	1,955	0,000	2,568	0	2,574	1,772	1,19
4	0,729	1,628	0,000	2,266	0	2,282	1,457	0,80
5	0,577	1,427	0,000	2,089	0	2,114	1,290	0,69
6	0,483	1,287	0,030	1,970	0	2,004	1,184	0,55
7	0,419	1,182	0,118	1,882	0,076	1,924	1,109	0,51
8	0,373	1,099	0,185	1,815	0,136	1,864	1,054	0,43
9	0,337	1,032	0,239	1,761	0,184	1,816	1,010	0,41
10	0,308	0,975	0,284	1,716	0,223	1,777	0,975	0,36
11	0,285	0,927	0,321	1,679	0,256	1,744		
12	0,266	0,886	0,354	1,646	0,283	1,717		
13	0,249	0,850	0,382	1,618	0,307	1,693		
14	0,235	0,817	0,406	1,594	0,328	1,672		
15	0,223	0,789	0,428	1,572	0,347	1,653		
16	0,212	0,763	0,448	1,552	0,363	1,637		
17	0,203	0,739	0,466	1,534	0,378	1,622		
18	0,194	0,718	0,482	1,518	0,391	1,608		
19	0,187	0,698	0,497	1,503	0,403	1,597		
20	0,180	0,680	0,510	1,490	0,415	1,585		
21	0,173	0,663	0,523	1,477	0,425	1,575		
22	0,167	0,647	0,534	1,466	0,434	1,566		
23	0,162	0,633	0,545	1,455	0,443	1,557		
24	0,157	0,619	0,555	1,445	0,451	1,548		
25	0,153	0,606	0,565	1,435	0,459	1,541		

Příloha č. 10 - Příklad formuláře FMEA [autor]

<b>Formulář FMEA</b>																	
Projekt: Lité kolo FMEA č.:			Tým FMEA:			Datum provedení:			Datum revize:								
			Vedoucí týmu:														
Funkce	Možná vada	Možné konečné následky	Význam	Možné příčiny	Výskyt	Stávající kontrolní opatření	Detekce	RPN	Doporučená opatření	Odpovědnost, termín realizace	Provedená opatření	Význam	Výskyt	Detekce	RPN		
Bezpečnost	Vzduchové bubliny v kole	Prasknutí kola	10	Studený materiál, vysoká teplota	3	Kontrola na rentgenu	3	60							60		
Bezpečnost	Špatné rozměry	Nepoužitelnost	8	Špatné obrobení, hnutá kokila	2	Výstupní kontrola	4	72	Proškolení obsluhy a seřizovačů			8	1	4	32		
Bezpečnost	Deformace kola	Netěsnost ráfku, nevyváženost	8	Neopatrné zacházení	1	Výstupní kontrola	2	16							16		
Vzhled	Špatně nanesený lak	Neprodejnost	7	Špatné odmaštění, nevhodný lak či postup lakování	5	Výstupní kontrola	2	70	Změna postupu a použití jiného laku			7	2	2	42		
Vzhled	Optická vada	Neprodejnost	7	Špinavá kokila	4	Výstupní kontrola	1	28							28		
							RPN =		246						RPN po provedení nápravných opatření =		178

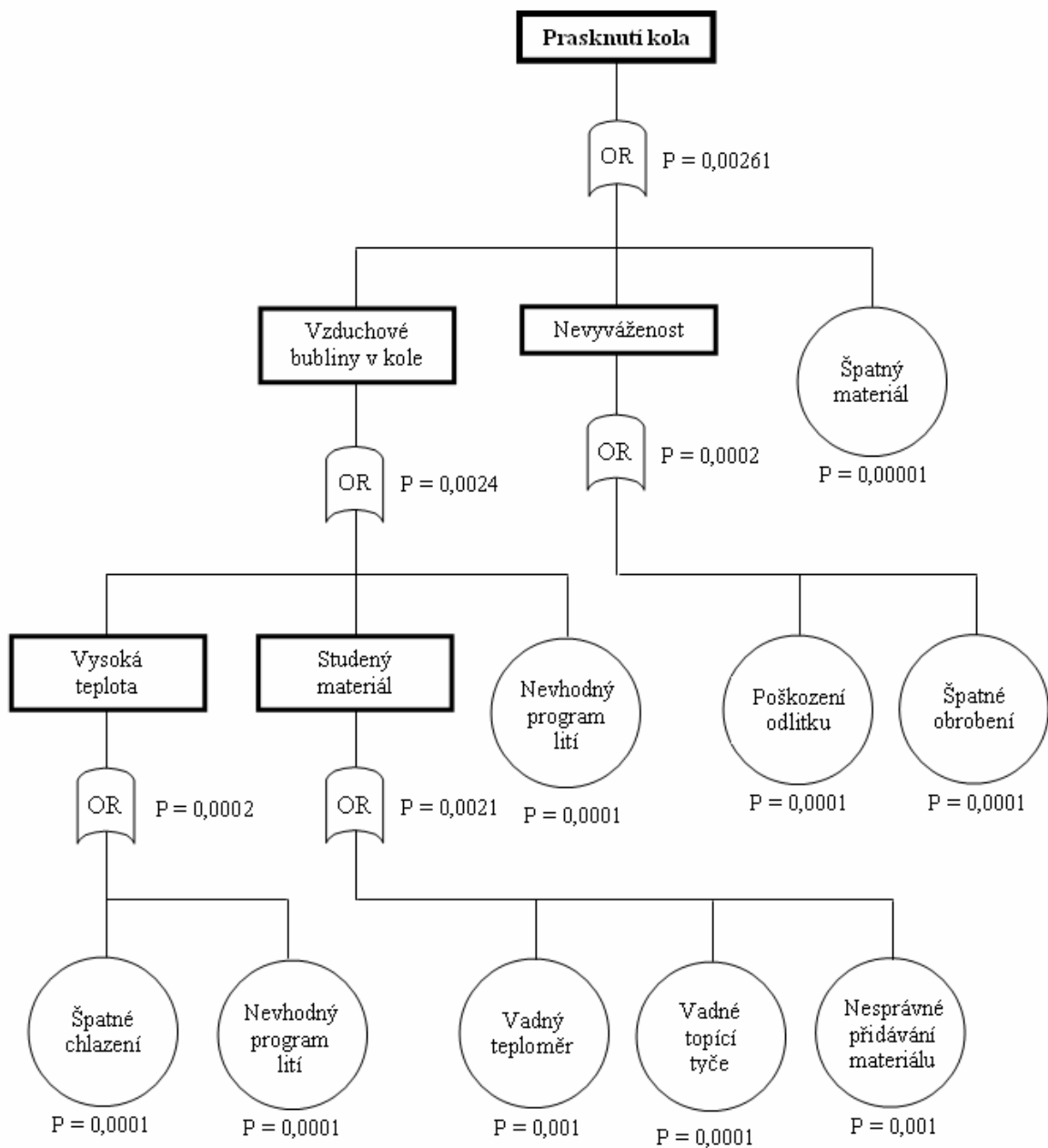
**Příloha č. 11 - Hodnotící stupnice metody FMEA [17]**

<b>Hodnocení významu možné vady</b>		
<b>Následek vady</b>	<b>Význam vady</b>	<b>Hodnocení</b>
Žádný	Žádný zjistitelný následek.	1
Velmi malý	Skřípající a chřastící výrobek není ve shodě s požadavky na správné uložení a opracování. Vadu zpozorují nároční zákazníci (méně než 25%).	2
Malý	Skřípající a chřastící výrobek není ve shodě s požadavky na správné uložení a opracování. Vadu zpozoruje 50% zákazníků.	3
Velmi nízký	Skřípající a chřastící výrobek není ve shodě s požadavky na správné uložení a opracování. Vadu zpozoruje většina zákazníků (více než 75%).	4
Nízký	Výrobek je provozuschopný, ale části zajišťující pohodlí jsou provozuschopné se sníženými technickými parametry. Zákazník je poněkud nespokojen.	5
Střední	Výrobek je provozuschopný, ale části zajišťující pohodlí nejsou provozuschopné. Zákazník je nespokojen.	6
Vážný	Výrobek je provozuschopný, ale se sníženou výkonností. Zákazník je velmi nespokojen.	7
Velmi vážný	Výrobek není provozuschopný (ztráta základní funkce).	8
Nebezpečný s varováním	Velmi vysoká klasifikace závažnosti. Vada, která na sebe upozorňuje varováním, ovlivňuje bezpečnost výrobku a/nebo znamená nesoulad s vládními vyhláškami a nařízeními.	9
Nebezpečná bez varování	Velmi vysoká klasifikace závažnosti. Vada, která na sebe neupozorňuje varováním, ovlivňuje bezpečnost výrobku a/nebo znamená nesoulad s vládními vyhláškami a nařízeními.	10

<b>Hodnocení výskytu možné vady</b>		
<b>Pravděpodobnost výskytu vady</b>	<b>Hodnocení</b>	<b>Četnost</b>
Velice slabá: vada je nepravděpodobná	1	$\leq 0,010$ na tisíc výrobků
Nízká: poměrně málo vad	2	0,1 na tisíc výrobků
	3	0,5 na tisíc výrobků
Střední: občasné vady	4	1 na tisíc výrobků
	5	2 na tisíc výrobků
	6	5 na tisíc výrobků
Vysoká: opakující se vady	7	10 na tisíc výrobků
	8	20 na tisíc výrobků
Velmi vysoká: vada je téměř nevyhnutelná	9	50 na tisíc výrobků
	10	$\geq 100$ na tisíc výrobků

<b>Hodnocení detekce možné vady</b>		
<b>Detekce</b>	<b>Pravděpodobnost detekce vady při posuzování návrhu výrobku</b>	<b>Hodnocení</b>
Téměř jistá	Při posuzování návrhu výrobku se bude téměř jistě detekovat možná příčina vady a následná vada.	1
Velmi vysoká	Velmi vysoká naděje, že se při posuzování návrhu výrobku bude detekovat možná příčina vady a následná vada.	2
Vysoká	Vysoká naděje, že se při posuzování návrhu výrobku bude detekovat možná příčina vady a následná vada.	3
Středně vysoká	Středně vysoká naděje, že se při posuzování návrhu výrobku bude detekovat možná příčina vady a následná vada.	4
Střední	Střední naděje, že se při posuzování návrhu výrobku bude detekovat možná příčina vady a následná vada.	5
Malá	Malá naděje, že se při posuzování návrhu výrobku bude detekovat možná příčina vady a následná vada.	6
Velmi malá	Velmi malá naděje, že se při posuzování návrhu výrobku bude detekovat možná příčina vady a následná vada.	7
Slabá	Slabá naděje, že se při posuzování návrhu výrobku bude detekovat možná příčina vady a následná vada.	8
Velice slabá	Velice slabá naděje, že se při posuzování návrhu výrobku bude detekovat možná příčina vady nebo následná vada.	9
Absolutně nejistá	Při posuzování návrhu výrobku se nebude detekovat možná příčina vady ani následná vada nebo posuzování návrhu výrobku neexistuje.	10

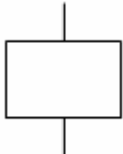
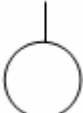


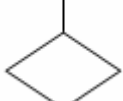

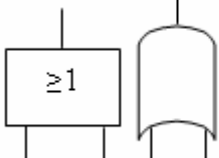
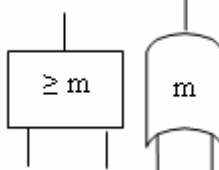
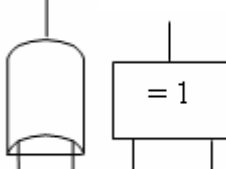
**Příloha č. 12 - Příklad metody FTA [autor]**

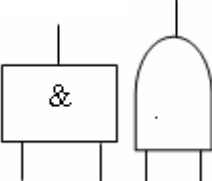
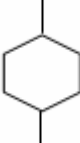
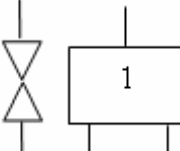


**Měřítko pravděpodobnosti**

1 z 10	Časté
1 ze 100	Pravděpodobné
1 z 1000	Málo se vyskytující
1 z 100 000	Nepravděpodobné
1 z 1 000000	Velmi pravděpodobné

**Příloha č. 13 - Grafické symboly pro sestavení stromů vad [18]**

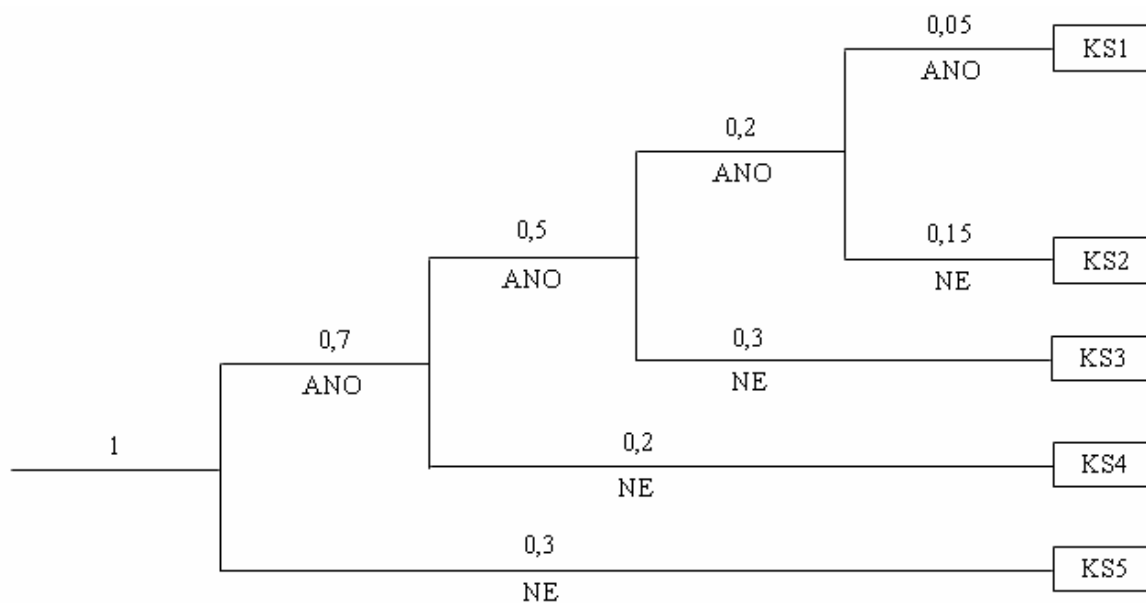
Značka	Název značky	Popis značky
	Komentář	Popis události.
	Základní událost	Událost na nejnižší úrovni, pro kterou jsou k dispozici pravdivosti výskytu nebo informace o bezpečnosti.
	Podmínková událost	Událost, která je podmínkou výskytu další události, když obě musejí nastat, aby nastal výstup.
	Neaktivní událost	Základní událost. Která reprezentuje neaktivní poruchu; událost, která není bezprostředně detekována, ale která by měla možná byla detekována při dodatečné kontrole nebo analýze.
	Nerozvíjená událost	Základní událost, která reprezentuje část systému, která nebyla dosud rozvíjena (informace pro rozvíjení této události nejsou k dispozici).
	Hradlo TRANSFER	Hradlo naznačující, že je tato část systému rozvíjena v jiné části nebo jiné straně diagramu.
	Hradlo OR (nebo, logický součet)	Výstupní událost nastane, jestliže nastane jakákoliv ze vstupních událostí.
	Hradlo MAJORITY VOTE (majoritní hradlo)	Výstupní událost nastane, jestliže nastane m nebo více vstupních událostí z celkového počtu n vstupních událostí.
	Hradlo EXCLUSIVE OR (nonekvivalence, vzájemná vylučnost)	Výstupní událost nastane, jestliže nastane jedna, ale ne jiná vstupní událost.

Značka	Název značky	Popis značky
	Hradlo AND (a, i, logický součin)	Výstupní událost nastane pouze tehdy, jestliže nastanou všechny vstupní události.
	Hradlo INHIBIT (blokování)	Výstupní událost nastane pouze tehdy, jestliže nastanou obě vstupní události, z nichž jedna je podmínková.
	Hradlo NOT (negace)	Výstupní událost nastane, pouze tehdy, jestliže nenastane vstupní událost.



**Příloha č. 14 - Příklad metody ETA [autor]**

<b>Prasknutí kola</b>	<b>Nehoda</b>	<b>Ublížení na zdraví</b>	<b>Těžké ublížení na zdraví</b>	<b>Usmrcení</b>
-----------------------	---------------	---------------------------	---------------------------------	-----------------



**Popis jednotlivých koncových stavů:**

- KS1 - nehoda s následkem usmrcení s pravděpodobností 5%.
- KS2 - nehoda s těžkým ublížením na zdraví s pravděpodobností 15%.
- KS3 - nehoda s lehkým ublížením na zdraví s pravděpodobností 30%.
- KS4 - nehoda bez ublížení na zdraví na s pravděpodobností 20%.
- KS5 - bez nehody s pravděpodobností 30%.

**Příloha č. 15 - Příklad formulář 8D Report [22]**

<b>Formulář 8D Report</b>	
Místo:	Začátek projektu:
Název dílu/procesu:	Datum aktualizace:
Číslo dílu/procesu:	
<b>D0 Nouzová opatření:</b>	
<b>D1 Členové týmu:</b>	
<b>D2 Popis problému:</b>	
<b>D3 Dočasná nápravná opatření k izolaci problému:</b>	
<b>D4 Kořenové příčiny a místa úniku:</b>	
<b>D5 Trvalá nápravná opatření:</b>	
<b>D6 Implementace trvalých nápravných opatření:</b>	
<b>D7 Preventivní opatření:</b>	
<b>D8 Poděkování týmu:</b>	

Příloha č. 16 - Převodní tabulka sigma [23]

% hodnot ležících v intervalu	DPMO	Hodnota Sigma	% hodnot ležících v intervalu	DPMO	Hodnota Sigma
6,68	933 200	0,0	<b>99,38</b>	<b>6 200</b>	<b>4,0</b>
8,455	915 450	0,125	99,565	4 350	4,125
10,56	894 400	0,25	99,7	3 000	4,25
13,03	869 700	0,375	99,795	2 050	4,375
15,87	841 300	0,5	99,87	1 300	4,5
19,08	809 200	0,625	99,91	900	4,625
22,66	773 400	0,75	99,94	600	4,75
26,595	734 050	0,875	99,96	400	4,875
<b>30,85</b>	<b>691 500</b>	<b>1,0</b>	<b>99,977</b>	<b>230</b>	<b>5,0</b>
35,435	645 650	1,125	99,982	180	5,125
40,13	598 700	1,25	99,987	130	5,25
45,025	549 750	1,375	99,992	80	5,375
50,00	500 000	1,5	99,997	30	5,5
54,975	450 250	1,625	99,99767	23,35	5,625
59,87	401 300	1,75	99,99833	16,7	5,75
64,565	354 350	1,875	99,999	10,05	5,875
<b>69,15</b>	<b>308 500</b>	<b>2,0</b>	<b>99,99966</b>	<b>3,4</b>	<b>6,0</b>
73,405	265 950	2,125			
77,34	226 600	2,25			
80,92	190 800	2,375			
84,13	158 700	2,5			
86,97	130 300	2,625			
89,44	105 600	2,75			
91,545	84 550	2,875			
<b>93,32</b>	<b>66 800</b>	<b>3,0</b>			
94,79	52 100	3,125			
95,99	40 100	3,25			
96,96	30 400	3,375			
97,73	22 700	3,5			
98,32	16 800	3,625			
98,78	12 200	3,75			
99,12	8 800	3,875			