

**ČESKÉ VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V PRAZE**

**FAKULTA ELEKTROTECHNICKÁ**



DIPLOMOVÁ PRÁCE

**POUŽITÍ IŠIKAWOVÝCH NÁSTROJŮ ŘÍZENÍ JAKOSTI  
V RŮZNÝCH TYPECH VÝROB**

**2017**

Autor:

**Eduard Střelka**

Katedra:

**Katedra elektrotechnologie**

Vedoucí práce:

**Doc. Ing. Pavel Mach CSc.**



## I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Střelka** Jméno: **Eduard** Osobní číslo: **312587**  
Fakulta/ústav: **Fakulta elektrotechnická**  
Zadávající katedra/ústav: **Katedra elektroenergetiky**  
Studijní program: **Elektrotechnika, energetika a management**  
Studijní obor: **Elektroenergetika**

## II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

**Použití Ishikawových nástrojů řízení jakosti v různých typech výrob**

Název diplomové práce anglicky:

**Using of Ishikawa's Tools for quality control in different types of production**

Pokyny pro vypracování:

Práce je zaměřena na studium použitelnosti různých typů Ishikawových nástrojů v různých typech výrob (kusová, malosériová, sériová, hromadná).

Obsah práce:

1. Seznamte se s typy Ishikawových nástrojů řízení jakosti výrob.
2. Charakterizujte jednotlivé typy výrob.
3. Analyzujte použitelnost jednotlivých nástrojů s omezením daným potřebným objemem zpracovávaných dat.
4. Analyzujte použitelnost jednotlivých nástrojů v jednotlivých typech výrob.
5. Závěrem posuďte efektivnost jednotlivých nástrojů v jednotlivých typech výrob.

Seznam doporučené literatury:

- [1] Montgomery, D. C.: Introduction to Statistical Quality Control, Wiley and Sons, , N.Y., 2013  
[2] Ryan, P.: Statistical Methods for Quality Improvement, Wiley and Sons, , N.Y., 2011

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

**doc. Ing. Pavel Mach CSc., katedra elektrotechnologie FEL**

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **29.09.2016** Termín odevzdání diplomové práce: **26.05.2017**

Platnost zadání diplomové práce: **28.02.2018**

Podpis vedoucí(ho) práce

Podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

Podpis děkana(ky)

## III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta



## PROHLÁŠENÍ:

Prohlašuji, že jsem předloženou práci vypracoval samostatně a že jsem uvedl veškeré použité informační zdroje v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací.

V Praze dne 24. 5. 2017

Eduard Střelka

.....



## PODĚKOVÁNÍ:

Tímto děkuji vedoucímu diplomové práce doc. Ing. Pavlu Machovi CSc. za trpělivý přístup a cenné rady a připomínky. Dále můj dík patří pánům Václavovi Maškovi, Radimovi Soukupovi a Milanovi Benešovi za poskytnutí reálných dat a pomoc při improvizovaném brainstormingu k vytvoření Išikawova diagramu.





# ABSTRAKT

Diplomová práce s názvem „*Použití Išikawových nástrojů řízení jakosti v různých typech výrob*“ pojednává o použitelnosti sedmi základních nástrojů řízení jakosti v jednotlivých typech výrob rozdělených podle četnosti opakování výrobku. V praktické části práce je demonstrováno použití Išikawových nástrojů na montáži strukturované kabeláže dělené podle objemu instalace.

# ABSTRACT

The thesis named “*Using of Ishikawa's Tools for Quality Control in Different Types of Production*” deals with usability of seven basic tools for quality control in separate types of productions divided on the basis of repetition rates of products. The use of Ishikawa's tools in the course of assembly of the structured cabling divided on the basis of the installation volume is demonstrated in the practical part of the thesis.

# KLÍČOVÁ SLOVA

Jakost, sedm základních Išikawových nástrojů, Išikawův diagram, histogram, Paretův diagram, regulační diagram, korelační diagram, kontrolní tabulka, vývojový graf, kusová výroba, malosériová výroba, velkosériová výroba, hromadná výroba, strukturovaná kabeláž

# KEYWORDS

Quality, seven basic tools of quality, cause-and-effect diagram, histogram, Pareto chart, control chart, scatter diagram, check sheet, flow chart, jobbing production, small-scale production, large-scale production, mass production, structured cabling



# OBSAH

<b>OBSAH</b> .....	<b>9</b>
<b>ÚVOD</b> .....	<b>11</b>
<b>POUŽITÉ ZKRATKY A SYMBOLY</b> .....	<b>12</b>
<b>I. CÍLE PRÁCE</b> .....	<b>13</b>
I.1. Cíle práce:.....	13
I.2. Přístup.....	13
<b>II. SEDM IŠIKAWOVÝCH NÁSTROJŮ ŘÍZENÍ JAKOSTI</b> .....	<b>14</b>
II.1. Išikawův diagram.....	14
II.2. Kontrolní tabulka.....	19
II.3. Histogram.....	21
II.4. Paretův diagram.....	28
II.5. Regulační diagram.....	30
II.6. Korelační diagram.....	32
II.7. Vývojový diagram.....	34
<b>III. TYPY VÝROBY</b> .....	<b>37</b>
III.1. Historický vývoj.....	37
III.2. Rozdělení typů výroby.....	38
III.3. Dělení výroby dle četnosti opakování produktu.....	40
<b>IV. OMEZENÍ NÁSTROJŮ DLE MNOŽSTVÍ ZPRACOVANÝCH DAT</b> .....	<b>43</b>
IV.1. Regulační diagram.....	43
IV.2. Histogram.....	48
IV.3. Paretův diagram.....	49
IV.4. Korelační diagram.....	49
IV.5. Kontrolní tabulky.....	50
IV.6. Išikawův diagram.....	50
IV.7. Vývojový diagram.....	50
IV.8. Vyhodnocení.....	50

<b>V. ANALÝZA JEDNOTLIVÝCH NÁSTROJŮ DLE TYPŮ VÝROBY .....</b>	<b>51</b>
V.1. Išikawův diagram .....	51
V.2. Kontrolní tabulka.....	51
V.3. Histogram .....	51
V.4. Paretův diagram.....	51
V.5. Regulační diagram.....	55
V.6. Korelační diagram .....	55
V.7. Vývojový diagram.....	55
V.8. Vyhodnocení .....	56
<b>VI. POSOUZENÍ EFEKTIVNOSTI NÁSTROJŮ V JEDNOTLIVÝCH TYPECH VÝROB .....</b>	<b>57</b>
VI.1. Išikawův diagram .....	57
VI.2. Kontrolní tabulky .....	57
VI.3. Histogram .....	57
VI.4. Paretův diagram.....	57
VI.5. Regulační diagram.....	58
VI.6. Korelační diagram .....	59
VI.7. Vývojový diagram.....	60
VI.8. Vyhodnocení .....	61
<b>VII. PŘÍKLADY POUŽITÍ 7 ZÁKLADNÍCH NÁSTROJŮ ŘÍZENÍ JAKOSTI V PRAXI .....</b>	<b>62</b>
VII.1. STRUKTUROVANÁ KABELÁŽ.....	62
VII.2. Výroba zapalovacích kabelů.....	73
<b>VIII. ZÁVĚR .....</b>	<b>75</b>
VIII.1. Splnění cílů práce .....	75
VIII.2. Vyhodnocení .....	76
<b>LITERATURA .....</b>	<b>79</b>
<b>SEZNAM OBRÁZKŮ.....</b>	<b>81</b>
<b>SEZNAM TABULEK .....</b>	<b>83</b>
<b>PŘÍLOHY .....</b>	<b>85</b>

# ÚVOD

V posledních měsících je v médiích často diskutovaným tématem nízká roveň českých mezd. Jednou z příčin jejich výše je orientace českého průmyslu na výrobu vyžadující velký podíl málo kvalifikované práce.

Cestou ven z tohoto stavu může být zvyšování jakosti výroby. Příklady tu jsou. Například poválečné Japonsko se z téměř agrárního státu zničeného válkou a s chronickým nedostatkem surovin stalo během dvou desetiletí světovou technologickou špičkou. Nosnou myšlenkou bylo, a svou roli sehrál i již zmiňovaný nedostatek surovin, změnit výrobu z velkého množství levných, ale nekvalitních výrobků na výrobu menšího počtu dražších výrobků vynikající jakosti.

Dnes už je tedy situace poněkud jiná, než byla po válce. Nebývalý úspěch japonských firem vzbudil zvědavost firem z USA a posléze celého světa a začaly se ptát, čím to je. Tím se řízení jakosti prosadilo po celém světě a stalo se i předmětem standardizace. V některých oborech (automotive, letecký průmysl) je po výrobcích přímo vyžadováno statistické řízení jakosti. Lze říci, že od „japonského zázraku“ zažívá řízení jakosti rozkvět a v posledních letech bychom ho dokonce označili za boom. Vychází velké množství monografií, jsou vymyšleny nové metody a zlepšovány ty staré.

O to smutnější je, že i přesto v mnoha firmách, pokud už se zabývají řízením jakosti, se soustředí pouze na splnění formální stránky a aktivně nehledají, co zlepšit, jak to zlepšit, kam se posunout. Přitom ke zlepšení není třeba mnoho. Stačí správně aplikovat i jednoduché nástroje řízení jakosti. Toto si uvědomoval Kaoru Išikawa při sestavování jeho sedmi základních nástrojů řízení jakosti. Tyto nástroje byly vybrány tak, aby byly dostatečně jednoduché, aby je mohl používat téměř každý a zároveň na tolik efektivní, že přinášejí prokazatelné zlepšení jakosti. Ale není to jenom o nástrojích, ruku v ruce s nimi musí jít i ta ochota něco změnit k lepšímu. Taková byla filosofie Kaora Išikawy. Více o něm i jeho filosofii je uvedeno v Příloze 3.

Nebudeme se zde zabývat definicí jakosti, co autor to jiná definice, nicméně v Příloze 2 je filologický pohled na to, jak se vůbec pojem „jakost“ do češtiny dostal.

## POUŽITÉ ZKRATKY A SYMBOLY

$A$	počet bodů ve II. a IV. kvadrantu korelačního diagramu
$B$	počet bodů v I. a III. kvadrantu korelačního diagramu
$c$	náklady měření jednoho vzorku
$CN$	celkové náklady
$CN(n)$	nákladová funkce
$e$	efektivnost
$k_{ef}$	kritérium efektivnosti
$k$	počet tříd (sloupců) histogramu
$MR$	pohyblivý rozptyl (moving range)
$\overline{MR}$	průměr pohyblivého rozptylu
$n$	počet vzorků nebo pozorování, četnost populace
$R$	celkový rozptyl dat
$R_j$	výběrový rozptyl
$S_j$	výběrová směrodatná odchylka
$w$	šířka sloupce histogramu
$\bar{x}_j$	výběrový průměr
$\bar{\bar{x}}$	odhad střední hodnoty výběrových průměrů
$Z$	normovaná hodnota náhodné veličiny
$\mu$	střední hodnota
$\sigma$	směrodatná odchylka
$\hat{\sigma}$	odhad směrodatné odchylky
UCL	horní kontrolní mez (upper control limit)
CL	střední čára (center line)
LCL	dolní kontrolní mez (lower control limit)
UTP	nestíněný kroucený pár

# I. CÍLE PRÁCE

Práce je zaměřena na studium použitelnosti Işikawových nástrojů v různých typech výroby z hlediska počtu vyrobených kusů. Typy výroby jsou:

- Kusová výroba
- Malosériová výroba
- Sériová výroba
- Hromadná výroba.

## I.1. Cíle práce:

- 1.) Seznámení se s typy Işikawových nástrojů řízení jakosti výrob.
- 2.) Charakterizovat jednotlivé typy výrob
- 3.) Analyzovat použitelnost jednotlivých nástrojů s omezením daným potřebným objemem zpracovaných dat.
- 4.) Analyzovat použitelnost jednotlivých nástrojů v jednotlivých typech výrob.
- 5.) Posoudit efektivnost jednotlivých nástrojů v jednotlivých typech výrob.

## I.2. Přístup

Budeme se zabývat posuzováním nástrojů řízení kvality z hlediska opakovatelnosti četnosti výroby, tedy z hlediska statistiky. Při rozhodování co je kusová a co sériová výroba můžeme záhy narazit na problém, kdy finální výrobek je vyroben pouze jeden, ale při jeho výrobě jsou používány tisíce kusů standardizovaných výrobků. Příkladem budiž velká osobní zaoceánská loď. Výroba takové lodi je čistě kusová zakázková výroba. Ale do této lodi je namontováno tisíce stejných sedaček, postelí, ocelové pláty jsou spojovány stovkami kilometrů dlouhými svary atd.

V této situaci si pomůžeme procesním přístupem. Použitelnost nástrojů budeme posuzovat ne na celé výrobě, ale právě na výstupu procesu.

ČSN EN ISO 9000 definuje proces jako jakákoliv činnost nebo soubor činností, při kterých se využívá zdrojů k přeměně vstupů na výstupy.

V moderním managementu jakosti musí být každý proces popsán, určeny jeho hranice, tj. místa, kde dochází k předávání polotovarů mezi procesy. **Každý následující proces se stává zákazníkem procesu předešlého – vnitřní zákazník.**

## II. SEDM IŠIKAWOVÝCH NÁSTROJŮ ŘÍZENÍ JAKOSTI

### II.1. Išikawův diagram

Tento nástroj řízení jakosti je taktéž znám pod názvy Diagram příčin a následků (Cause-and-effect diagram) nebo Diagram rybí kosti (Fishbone diagram). Prof. Išikawa ve své knize 初等実験計画法テキスト(1968) (angl. Guide to Quality Control) popisuje, jak tento diagram a jeho pojmenování jako diagram rybí kosti vzniklo.

*„Jako první potřebujeme odlišit výsledný efekt nebo cíl od příčiny. A tak jsem přišel s nápadem diagramem znázornit vztah mezi následkem nebo cílem a jeho příčinnou v procesu. Tento diagram jsem pojmenoval Diagram příčin a následků. To bylo okolo roku 1950 až 1951. Původně jsem ho použil pouze při vyučování. Později, v roce 1952, když jsem ho představil ve Fukuijské továrně společnosti Kawasaki Steel Corporation (v současnosti JFE Steel Corporation), jsem zjistil, že tento diagram je velice užitečný jako standardizovaný nástroj řízení jakosti. A tak jsem ho začal aktivně doporučovat.*

*O rok nebo dva později, když jsem navštívil továrnu Nippon Soda v Aizuwakamacu v prefektuře Fukušima, doneslo se mi, že místní zaměstnanci ho nazývali ‚Diagram rybí kosti‘. Pomyslel jsem si, že je to velice hezké a snadno srozumitelné pojmenování. Avšak když jsem viděl, jaký diagram vytvořili, tak to připomínalo kostru ryby, která má pouze velké kosti. To nebylo dobré. Takže jsem jim vysvětlil, že diagram rybí kosti musí mít i střední a malé kosti stejně jako ty velké. K výkladu jsem použil příklad tehdy populární Godzilly (ゴジラ) a nakreslil diagram ‚Godzillí kosti‘, jelikož toto monstrum má mnoho kostí včetně velmi malých. Nicméně jsem zůstal u pojmenování ‚rybí kost‘, protože to bylo pěkné a pochopitelné pro lidi pracující v továrně.*

*Když byl dr. Juran na své druhé návštěvě v Japonsku v roce 1960, byl zaujat mým výkladem o diagramu příčin a následků, který zařadil do své příručky řízení jakosti pod jmény ‚Diagram příčin a následků‘, ‚Diagram rybí kosti‘ a ‚Išikawův diagram.‘“ [1, Str. 402]*

### Konstrukce diagramu

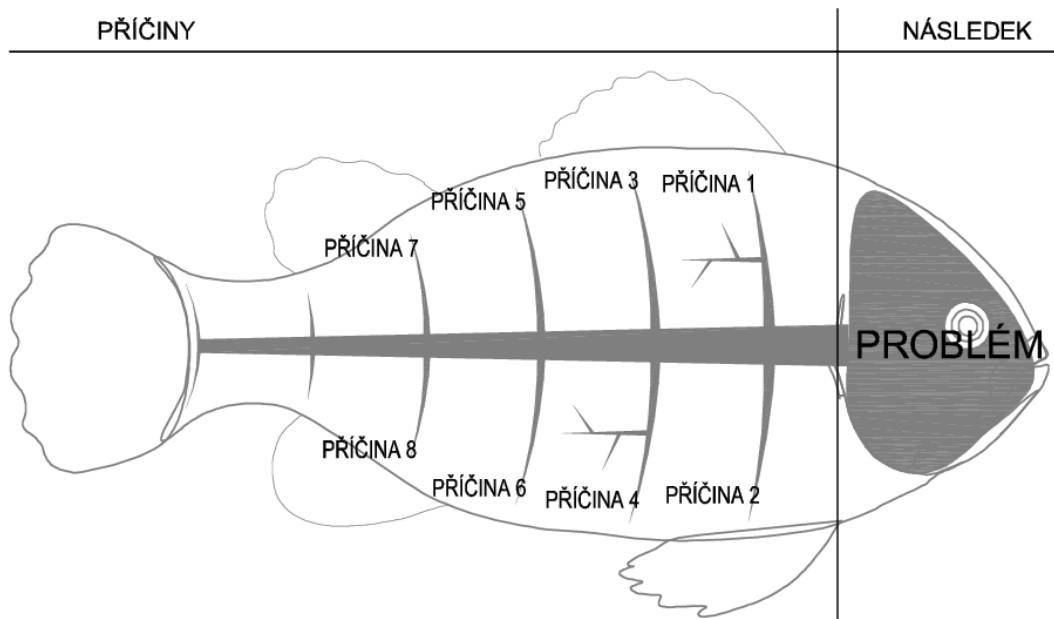
Išikawův diagram používáme, když identifikujeme možné problémy a obzvláště v případech, kdy pracovní tým má tendenci myslet v zajetých kolejích.

Ke konstrukci Išikawova diagramu potřebuje tabuli a křídly, případně fixy, a skupinu odborníků a pracovníků. Prvním krokem je dohodnout se na hlavním problému, ke kterému hledáme příčiny. Tento problém napíšeme do pravého středu tabule, ohraničíme rámečkem a odtud nalevo nakreslíme horizontální čáru, „rybí páteř.“



Dalším krokem je pomocí brainstormingu najít hlavní příčiny problému. Tyto pak píšeme nad a pod horizontální čáru s dostatečným odstupem. Každou hlavní příčinu spojíme s „páteří“ tzv. „velkou kostí.“ Dále se ptáme: „Proč k tomuto dochází?“ ke každé příčině a výstupy brainstormingu zapisujeme jako střední a malé kosti podle toho jak hluboko s touto otázkou jdeme.

Po vyčerpání nápadů pracovní skupiny se soustředíme na ta místa diagramu, kde je napsáno pomálu příčin.

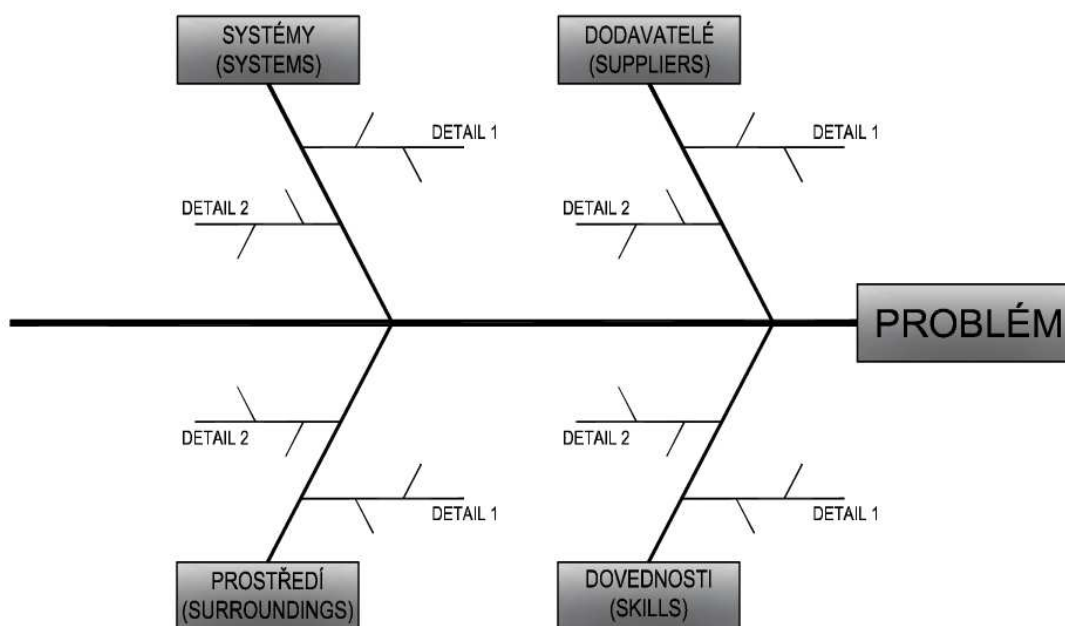


Obr. 1: Diagram rybí kosti

### Typy Işikawových diagramů

Pokud se stane, že uvízneme na mrtvém bodě už při určování hlavních příčin problému, může nám pomoci vzory diagramů podle typu použití.

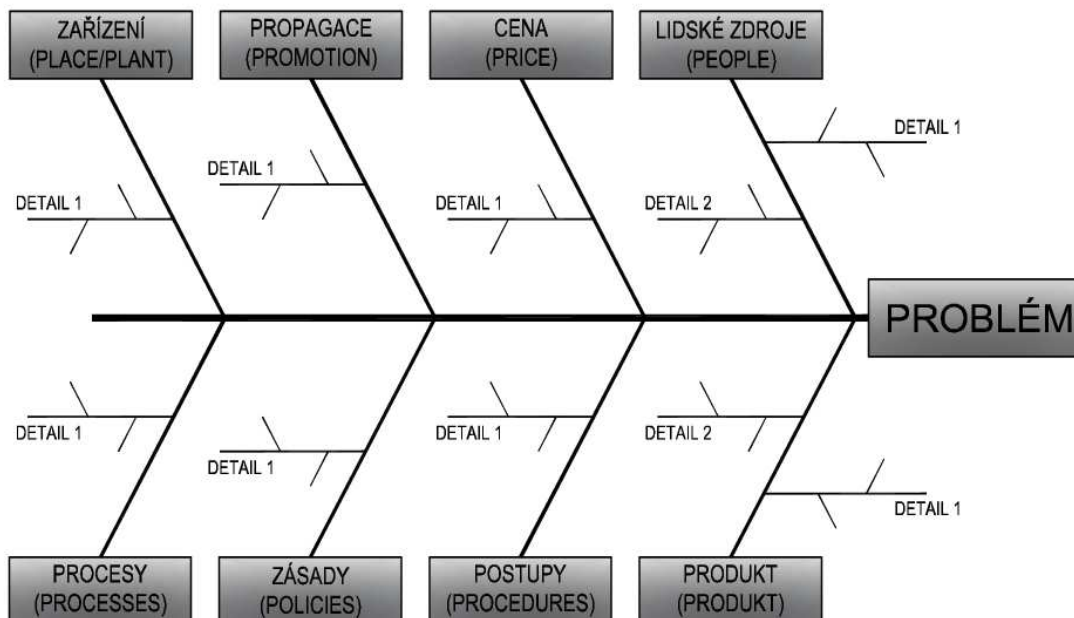
- **4S diagram:**



Obr. 2: 4S diagram

Tento typ bývá obvykle využíván v terciálním sektoru, tedy ve službách.

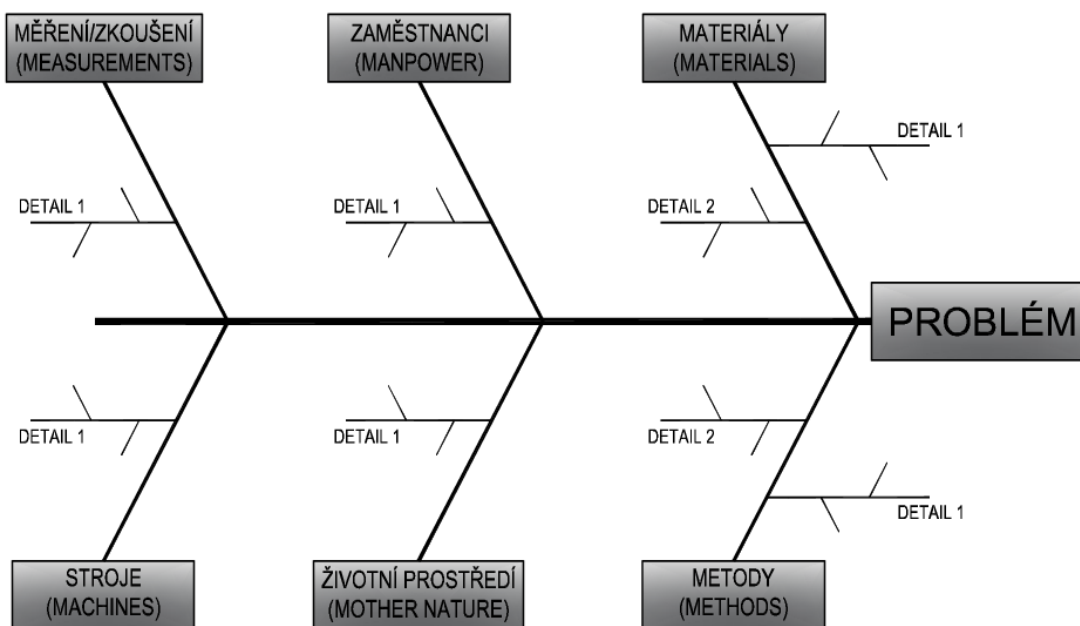
- **8P diagram:**



Obr. 3: 8P diagram

Toto rozdělení se rovněž běžně užívá v průmyslu služeb, ale má širší použití a může se používat v téměř každém typu činnosti.

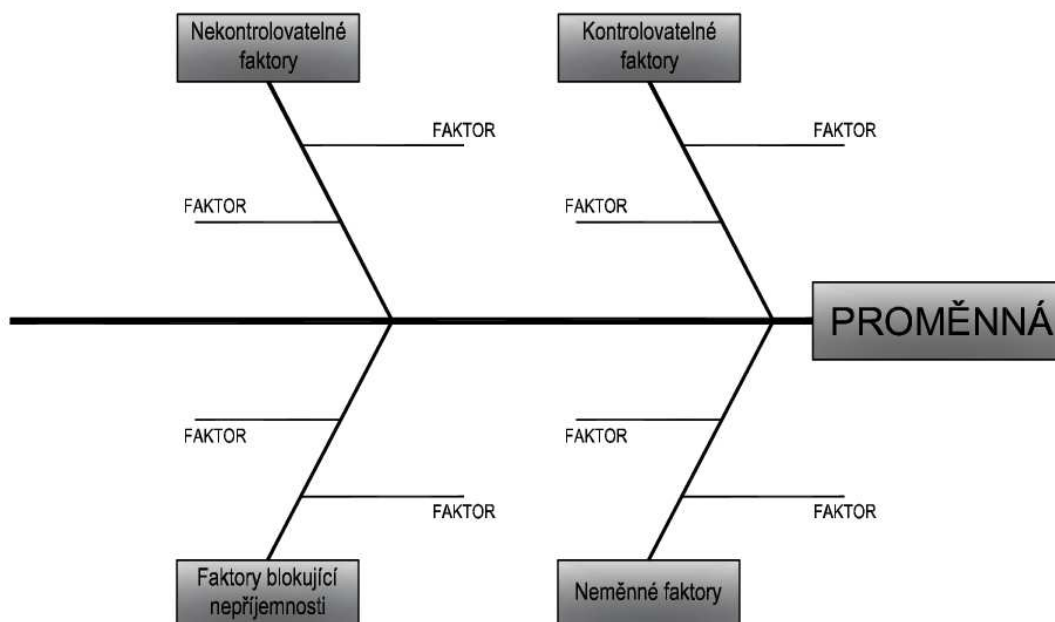
- **6M diagram:**



Obr. 4: 6M diagram

Obvykle je používán ve výrobě. V některých případech se hodí i dvě další kategorie Management/Peníze (Management/Money) a Údržba (Maintenance).

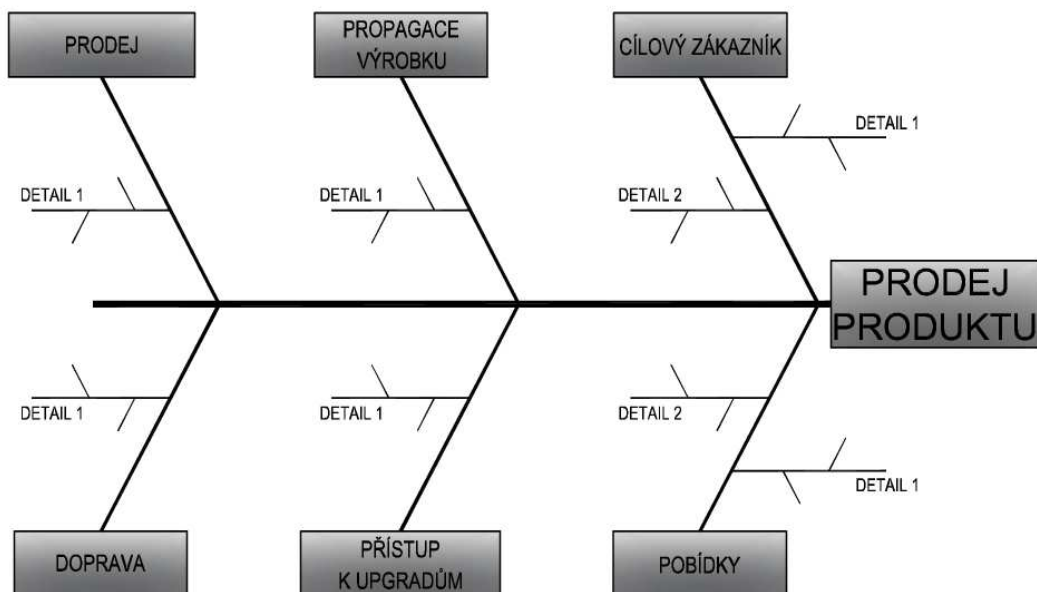
- **Diagram pro experimenty**



Obr. 5: Diagram pro experimenty

Tento diagram používá strukturu potenciálních faktorů pro odpovídající proměnnou při návrhu experimentu.

Samozřejmě je možné kategorie těchto typů libovolně kombinovat nebo používat strukturu úplně jinou. Například pro obchod se bude hodit následující diagram.

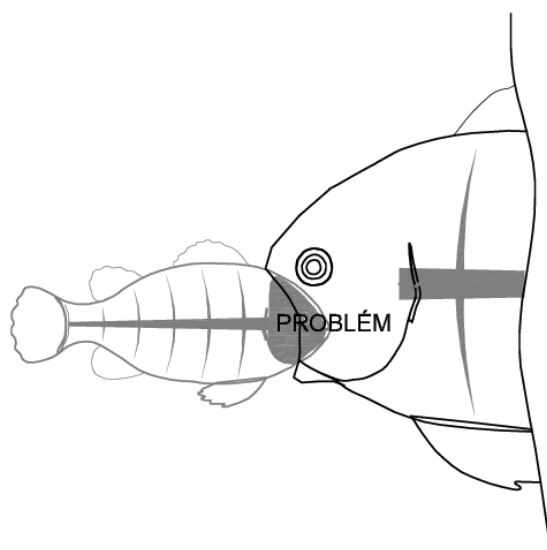


Obr. 6: Diagram rybí kosti pro obchod

### Rozšíření diagramu

Podle stejného principu jakým vytváříme Išikawův diagram, můžeme vyšetřovat i druhým směrem. Máme nějaký problém, ale nezjišťujeme jeho příčiny, nýbrž tento problém budeme chápat jako příčinu a budeme zjišťovat jeho následky.

Můžeme si to představit tak, že ryba následků „sežere“ rybu příčin.



Obr. 7: Diagram následků

## II.2. Kontrolní tabulka

Kontrolní tabulka je obecný nástroj řízení jakosti s širokým použitím. Slouží k získání prvotních historických dat o jakosti. Ačkoliv kontrolní tabulka nemá unifikovanou podobu, měla by být dostatečně jednoduchá, aby ji mohl používat každý, a zároveň dostatečně komplexní, aby se se získanými daty dalo dále pracovat a měly dostatečnou vypovídající hodnotu. A jako u každého sběru dat, je i zde velice důležitá motivace vyplňujících osob, aby zapisovali pravdivé údaje.

Právě správně používané kontrolní tabulky poskytují základní data ostatním statistickým nástrojům řízení jakosti.

Základní myšlenkou kontrolních tabulek je získat všechny možné informace vztahující se k nonkonformitám a neshodným výrobkům. Kontrolní tabulka se využívá, pokud sbíráme data z výrobního procesu, pokud je sbíráme pravidelně nebo podle výskytu nějaké události (např. defekt, problém...) a v případě pokud můžeme data sbírat ze stejného místa nebo je sbírá jedna osoba.

Při tvorbě tabulek je nutné respektovat tři obecné principy:

- 1.) **Princip stratifikace:** jedná se o třídění dat podle zvolených hledisek. Typická hlediska v kontrolních tabulkách jsou druhy vad, poloha nebo místo výskytu vady, stroj, pracovník, časový úsek, technologické parametry, použité měřicí přístroje apod. Cílem je oddělit data z různých zdrojů, aby bylo možné, co nejdříve určit původ každé položky dat. Toto vede k urychlení nalezení příčiny problému.
- 2.) **Princip jednoduchosti a standardizace:** způsob zápisu do tabulky musí být jednoduchý a jednoznačný, aby jej zvládl každý pracovník bez chyb a neumožňoval několikero interpretací při zápisu ani následné analýze.
- 3.) **Princip vizuální interpretace:** značí používání obrázků a symbolů místo dlouhých popisných textů.

### Konstrukce tabulky

- 1) Rozhodnout se jaký problém budeme zkoumat.
- 2) Definovat proces tak, aby byl jednoznačně určen a různé osoby v různých časech tento proces prováděli stejně. Např.: „Hmotnost objektu je číslo, které se objeví na číselníku digitální váhy po položení objektu na váhu.“
- 3) Rozhodnout, kdy se data budou sbírat a jak dlouho.
- 4) Navrhnout formulář (tabulku) tak, aby byl co nejjednodušší.
- 5) Označit všechny sloupce a řádky na formuláři.
- 6) Otestovat kontrolní tabulku v krátkém zkušebním běhu, abychom se ujistili, že sbíraná data se dají lehce dále zpracovávat.
- 7) V každém čase zaměřenou událost nebo problém zapsat do formuláře.

## Typy kontrolních tabulek

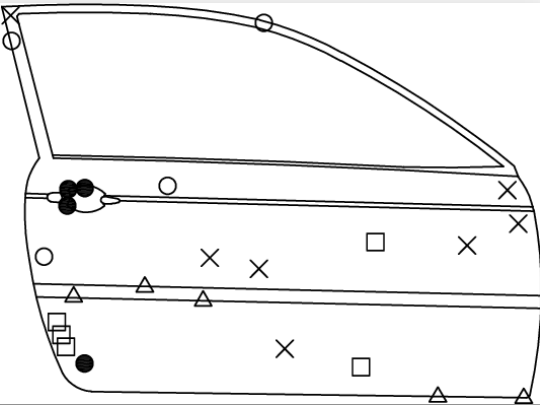
KONTROLNÍ TABULKA #NÁZEV#		Č. TAB.: #číslo#
stoj:	#stroj#	směna: #směna#
šarže:	#šarže#	datum: #datum#
velikost šarže:	#počet#	
operátor:	#jméno#	

Obr. 8: Hlavička kontrolní tabulky

Každá tabulka musí obsahovat identifikační údaje, viz princip stratifikace. Příklad takových identifikačních údajů je uveden na obr. 8.

- Kontrolní tabulka výskytu vad**  
 Nejčastěji se používá při výstupní kontrole nebo meziprocessové kontrole. Typ vady se zaznamená do příslušné kolonky kontrolní tabulky.
- Kontrolní tabulka lokalizace vad**  
 Do této tabulky se zaznamenává místo lokalizace vady na výrobku a četnost výskytu dané vady.

Zamítnutých dveří		
Značka	Typ defektu	Počet
○	Prach v laku	
△	Stékání, prověšení	
□	Bublinky, puchýřky	
×	Skvrny	
●	Špatná adheze	



Obr. 9: Kontrolní tabulka lokalizace vad

- **Kontrolní tabulka rozdělení znaků jakosti či parametru procesu**

V případech, kdy měříme a zaznamenáváme odchylky parametru výrobku od požadované hodnoty, může použít tento typ tabulky. Jeho výhodou je, že výstupem je „graf“ podobný histogramu.

Kontrolní tabulka vrtání otvoru		
průměr [mm]	počet	suma
<120; 122,5)		5
<122,5; 125)		9
<125; 127,5)		18
<127,5; 130)		21
<130; 132,5)		12
<132,5; 135)		4

Obr. 10: Kontrolní tabulka rozdělení znaků jakosti

## II.3. Histogram

Histogram je sloupcový graf, který zobrazuje relativní četnost pozorování v každé z několika tříd (intervalů). Plně zde platí rčení, že jeden obrázek vydá za tisíc slov, a tak dobře zkonstruovaný histogram vydá za tisíc tabulek. Histogram je pouze jednou z grafických metod a jeho výhoda se projeví hlavně u malých souborů dat. Další jeho výhodou je i jeho pochopitelnost a srozumitelnost pro osoby bez statistického vzdělání a to je i jeden z důvodů, proč ho Dr. Išikawa přidal do svých sedmi základních nástrojů řízení kvality.

Sloupce histogramu mívají většinou stejnou šíři, kde základna sloupce odpovídá šířce třídy a výška sloupců většinou vyjadřuje četnost sledované veličiny.

Klíčové při konstrukci histogramu je dobře zvolená velikost třídy, aby nedocházelo ke zkreslení zkoumané distribuce. Obecně hledaný počet intervalů závisí na počtu pozorování a tak existuje několik pravidel jak počet intervalů určit.

**a) Přibližný odhad**

$$k = \sqrt{n}, \quad (1)$$

kde  $k$  je počet intervalů a  $n$  je počet pozorování.

**b) Sturgesovo pravidlo**

$$k = 1 + 3.3 \cdot \log(n), \quad (2)$$

kde symboly  $k$  a  $n$  zůstávají stejné jako v předešlém případě.

**c) Pravidlo mocnění 2**

$$2^{(k-1)} < n \leq 2^k. \quad (3)$$

**d) Podle potřeby**

V některých případech potřebuje předem daný počet intervalů a není důvod se této potřeby nechránit. Tato situace může nastat, pokud máme omezený výběr možností. Vezměme případ, kdy budeme zjišťovat velikost bot v dospělé populaci a řekněme, že na vzorku 2 miliony lidí. Podle přibližného odhadu by nám vyšlo 1414 tříd, podle Sturgesova pravidla 22 tříd a podle pravidla mocniny 2 by to bylo 21 tříd, ale ve skutečnosti podle evropského způsobu číslování máme pouze 19 tříd.

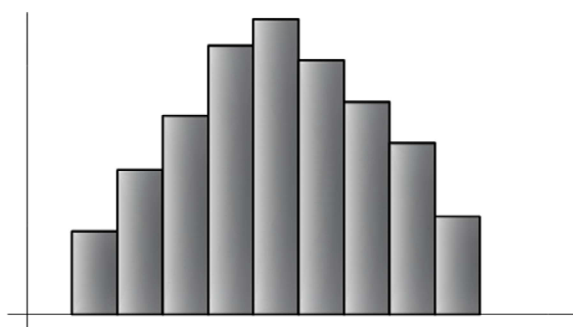
### Konstrukce histogramu

- 1) Sebrat minimálně 50 po sobě jdoucích dat z procesu.
- 2) Najít adekvátní počet sloupců viz předchozí odstavec.
- 3) Vypočítat šířku sloupců podle vzorce  $w = R/k$ , kde  $w$  je šířka sloupce,  $R$  je celkový rozptyl dat (největší hodnota mínus nejmenší hodnota) a  $k$  je počet sloupců.
- 4) Nakreslit graf, popsát osy.
- 5) Zanalyzovat a vyhodnotit graf.



## Analýza histogramu

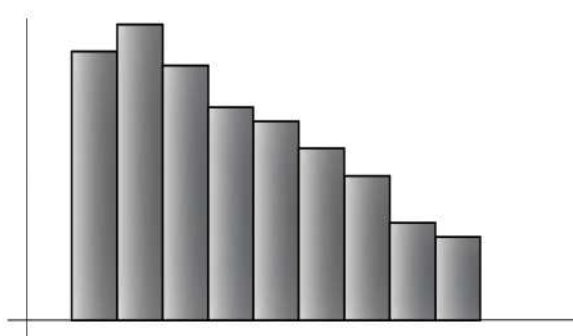
Normální rozdělení má zvonovitý tvar, jeho štíhlost resp. placatost závisí na směrodatné odchylce. Ovšem nenechme zmást jménem „normální“. Mnoho procesů přirozeně nemá normální rozdělení, dost možná většina, přesto jejich rozdělení není nic špatného. Například mnoho procesů má přirozený limit na jedné straně a tak vychází sešikmený histogram jejich rozdělení. A je to normální, myšleno typické, pro takové procesy, dokonce, i když se distribuce nenazývá „normální“.



*Obr. 11: Normální rozdělení*

- **Sešikmený (skosený) graf:**

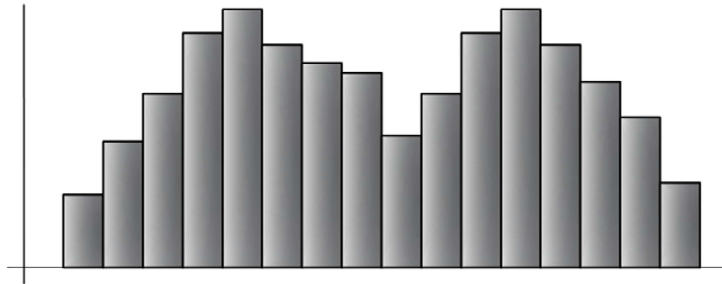
Sešikmená distribuce je asymetrická, jelikož přirozený limit zabraňuje příspěvkům z jedné strany. Příkladem je analýza velmi čistého produktu, kdy čistota nemůže překročit 100 %. Dalším příkladem může být velikost vrtaných děr, kdy průměr vyvrtané díry nemůže být menší než průměr vrtáku.



*Obr. 12: Skosený graf*

- **Dvouvrcholový graf:**

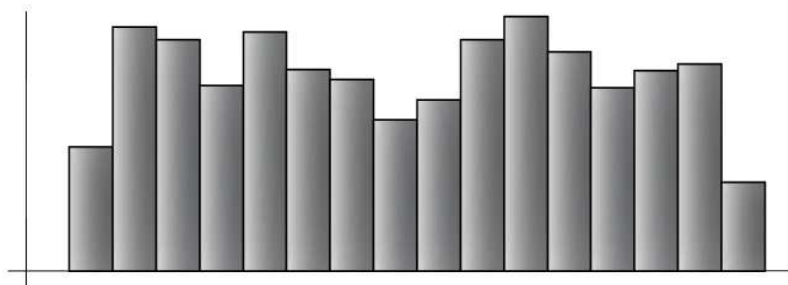
Graf této distribuce vypadá jako hřbet dvouhrbého velblouda. Jedná se o výstup dvou procesů s rozdílnou distribucí v jednom datovém setu. Například distribuce získaná z výrobní linky ve dvou směnách by měla vykazovat známky dvouvrcholové distribuce stejně jako data ze dvou výrobních strojů, od dvou pracovníků apod.



Obr. 13: Dvouvrcholový graf

- **Vícevrcholový graf (Plateau distribution):**

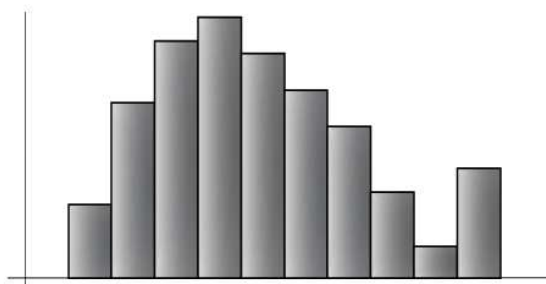
Několik procesů s normální distribucí je v jednom datovém setu. Díky tomu, že toto rozdělení má mnoho vrcholů, připomíná tvarem náhorní plošinu.



Obr. 14 Vícevrcholový graf

- **Graf s okrajovým peakem:**

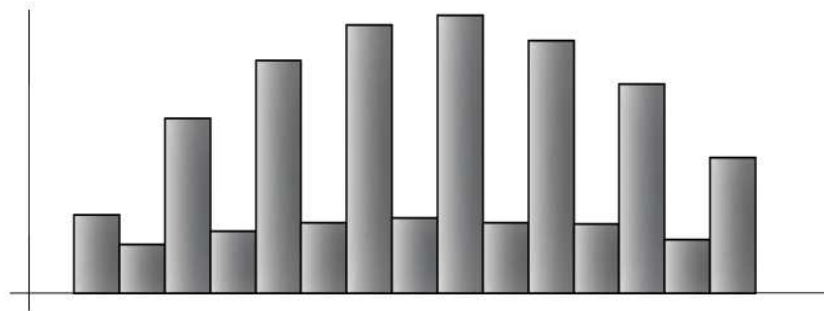
Tato distribuce vypadá jako normální distribuce, ale na jednom konci má velký peak. Většinou je to následkem špatné konstrukce histogramu, kdy poslední třída zahrnuje prvky „větší než ...“



Obr. 15 Graf s okrajovým peakem

- **Kombinovaný graf:**

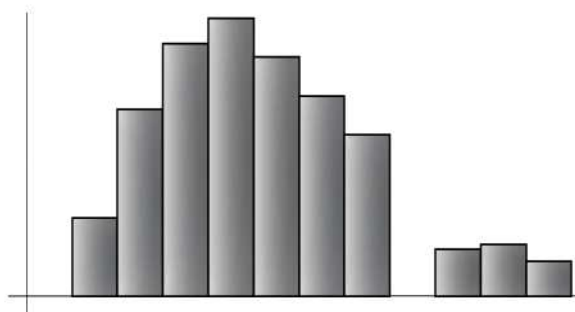
V grafu této distribuce se střídají vysoké a krátké sloupce. Tento typ často vzniká při zaokrouhlování dat a/nebo nesprávné konstrukci histogramu. Například data z měření teploty, která jsou zaokrouhlována na  $0,2^{\circ}\text{C}$ , se ukáží jako kombinovaná distribuce, pokud při konstrukci histogramu zvolíme šířku třídy  $0,1^{\circ}\text{C}$ .



*Obr. 16 Kombinovaný graf*

- **Graf s odlehlými hodnotami:**

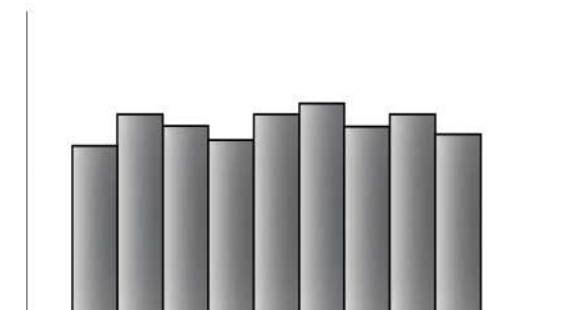
V rozdělení sloupců je minimálně jeden volný sloupec. Tento graf může indikovat vymezené příčiny ovlivňující proces např. dočasné použití jiného nástroje nebo měřidla.



*Obr. 17 Graf s odlehlými hodnotami*

- **Plochý tvar grafu:**

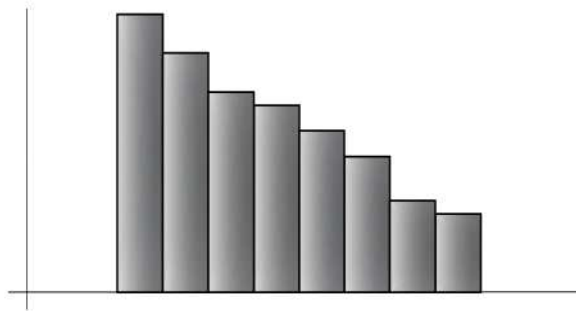
Zpravidla značí, že je proces špatně nastaven.



*Obr. 18: Plochý tvar grafu*

- **Useknutý tvar grafu:**

Signalizuje, že nebyly zahrnuty všechny hodnoty nebo dodavatel udělal předvýběr výrobků a poslal nám výrobky s „lepším parametrem než...“ nebo naopak s horším.

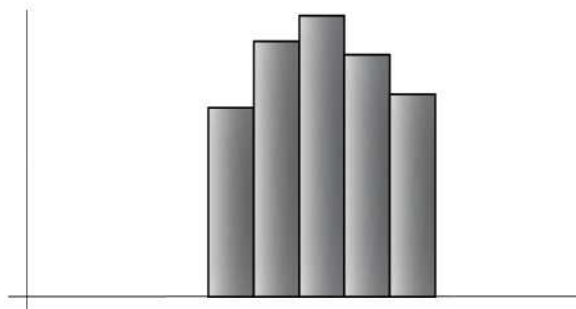


*Obr. 19: Useknutý tvar grafu*

Zvláštním případem useknutého tvaru jsou zkrácený graf oříznutého středu (Truncated nebo heart-cut distribution) a distribuce „žrádlo pro psy“ (Dog Food distribution).

- **Graf oříznutého středu:**

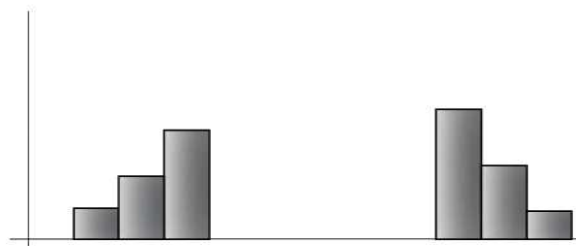
Vypadá jako normální distribuce s uříznutými ocasy. Vzniká tak, že dodavatel vyrábí s normálním rozdělením, ale po výrobě dělá inspekci výrobků a vybírá výrobky, které vyhovují daným požadavkům, takže zákazník dostává výběrové zboží.



*Obr. 20: Graf oříznutého středu*

- **Dog Food distribution:**

Tento proces vzniká stejně jako v předchozím případě, ale zákazník nedostává to zboží, co vyhovuje limitům, ale právě ten zbytek, ty useknuté ocasy normální distribuce.

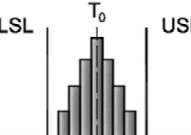
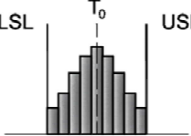
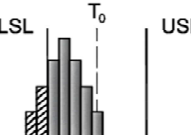
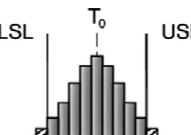
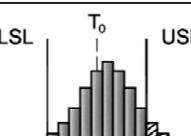


*Obr. 21: Graf „psiho žrádla“*

## Prvotní analýza způsobilosti procesu

Histogram je možné rovněž použít jako prvotní analýzu způsobilosti procesu. V tomto případě zakreslíme specifikace  $USL$  a  $LSL$  (horní a dolní toleranční mez) a střed tolerančního pole  $T_0$ .

Tab. 1: Prvotní analýza procesu pomocí histogramu

SITUACE	OPATŘENÍ
	Nejsou nutné žádné zásahy do procesu.
	Proces se blíží způsobilému procesu. Z krátkodobého hlediska nejsou nutná žádná opatření. Z dlouhodobé perspektivy je nutné proces analyzovat a zdokonalit.
	Jsou produkovány neshodné výrobky, proces není způsobilý. Je třeba seřídít stroj na střed tolerančního pole.
	Proces je na středu tolerančního pole, ale produkuje neshodné jednotky. Má velkou variabilitu. Je nutné přijmout opatření ke snížení variability. Možností je přesnější stroj a podmínky, redefinovat procesy výroby, posouzení, zda toleranční meze nejsou příliš úzké.
	Proces není na středu tolerančního pole a má vysokou variabilitu. Nákup nového výrobního stroje.

## II.4. Paretův diagram

Vilfredo Pareto (15. 6. 1848 – 19. 8. 1923) byl italský ekonom, sociolog a politolog. Při svých ekonomických analýzách významně využíval statistiku a na základě pozorování vyslovil myšlenku, že 80 % bohatství je drží 20% lidí. Američan J. M. Juran (24.12.1904 – 28.2.2008) tento poznatek zobecnil a nazval ho Paretovým principem a na jeho základě zformuloval závěr, že 80 až 95% problémů s jakostí je způsobeno malým počtem příčin (5 až 20%), které nazval „životně důležitou menšinou“. Ostatní příčiny pojmenoval nejdříve jako „triviální většinu“, později jako „užitečnou většinu“. [5, Str. 308]

Paretův diagram jako nástroj řízení kvality je sloupcový graf, kdy délka sloupců zastupuje četnost či náklady (čas nebo peníze) a který je seřazen od největšího sloupce k nejmenšímu. Graf názorně ukazuje významnost jednotlivých událostí (problém, nákladovost, zisk apod.)

Tento nástroj používáme, když chceme analyzovat data o četnosti problémů nebo příčiny v procesu. Pokud je nám známo několik výrobních problémů a chceme se zaměřit na ty palčivé a především když komunikujeme s ostatními o svých datech.

### Konstrukce diagramu

- 1.) rozhodnout jaké kategorie zahrneme do skupin;
- 2.) rozhodnout jaké kritérium je příhodné. Obvyklá jsou četnost, množství, náklady a čas;
- 3.) rozhodnout jaký časový úsek má Paretův diagram pokrývat, jestli jednu směnu, jeden den, týden ...
- 4.) sesbírat data, zaznamenat kategorie v čase;
- 5.) sečíst mezisoučet měření pro každou kategorii
- 6.) zvolit vhodné měřítko. Maximální hodnota bude největší z mezisoučtů z pátého kroku;
- 7.) nakreslit graf a označit každou kategorii;
- 8.) spočítat procenta pro každou kategorii;
- 9.) spočítat a vynést součty;

Následují kroky vlastní analýzy problémů, kdy se zaměřujeme především na ty z životně důležité menšiny.

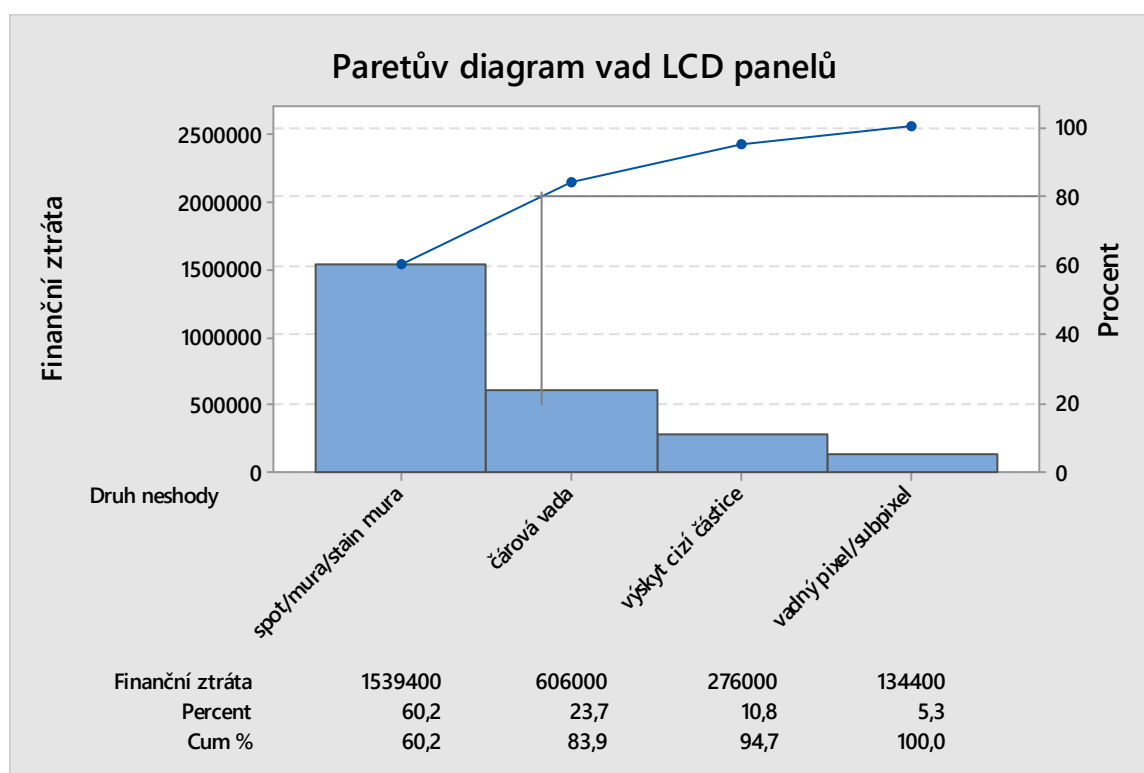
Životně důležité minimum stanovíme na ose x grafu tam, kde sumační křivka faktorů protne hranici 80%. Je-li Paretovo rozdělení ploššího tvaru, nevede uplatnění kritéria 80/20 k vymezení menšiny. V těchto případech volíme kritérium 70/30 nebo 50/50.

## Příklad

Je třeba zjistit a analyzovat finanční ztráty z rozhodujících vad výrobku s cílem tyto ztráty minimalizovat. Za tímto účelem byl proveden sběr historických dat z nejčastějších příčin reklamací (včetně neuznaných) během fiskálního roku. Výsledky ukazuje následující tabulka.

Tab. 2: Finanční ztráty reklamací vad LCD panelů

Druh neshody	Četnost	Finanční ztráta/ks	Finanční ztráta
vadný pixel/subpixel	8960	15,00 Kč	134 400,00 Kč
výskyt cizí částice	230	1 200,00 Kč	276 000,00 Kč
čárová vada	404	1 500,00 Kč	606 000,00 Kč
spot/mura/stain mura	1790	860,00 Kč	1 539 400,00 Kč
Celkem			2 555 800,00 Kč



Obr. 22: Paretův diagram a aplikace kritéria 80/20

Do životně důležitých faktorů tedy spadají skvrny (spot, mura, stain mura) a čárová vada, u nichž finanční ztráty představovaly více než 80%.

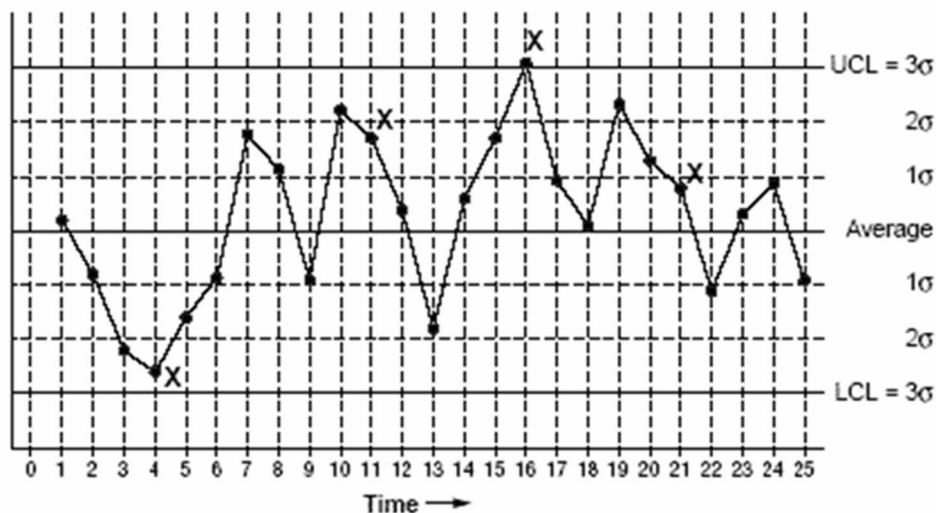
## II.5. Regulační diagram

S ideou regulačního diagramu jako první přišel W. Edwards Shewhart (1891-1967) a tak se určité typy grafů dnes nazývají „Shewhartovy grafy.“ Tento graf používáme k ilustraci toho, jak se proces mění v čase. Data jsou vždy zanášeny do grafu v čase a graf má vždy centrální linii pro průměrnou hodnotu, tzv. upperline pro horní limit a lowerline pro spodní limit (ta nemusí být vždy). Všechny tři čáry jsou získávány z historických dat. Porovnáváním současných dat s těmito čarami potom můžeme usuzovat nakolik je proměnlivost procesu konzistentní (in control) nebo nepředvídatelná (out of control).

Kontrolní graf používáme, když chceme najít a opravit problémy, jakmile se objeví. Dále v případě, že předpokládáme odchylky produktů, pokud požadujeme statisticky stabilní proces, když analyzujeme vzorce variabilit procesu od speciálních příčin (non-routine events) nebo běžných příčin (built into proces), pokud navrhujeme zvýšení kvality k prevenci specifických problémů nebo fundamentálním změnám procesu.

### Konstrukce diagramu:

- 1.) Vybrat si vhodný typ regulačního diagramu pro náš soubor dat. Můžeme tvořit digram pro střední hodnotu, směrodatnou odchylku nebo rozptyl, může ho tvořit z jednotlivých dat nebo z grup, limity můžeme počítat z historických hodnot nebo ze současných apod.
- 2.) Určit vhodnou časovou periodu pro sběr a zobrazení dat.
- 3.) Sesbírat data, zkonstruovat graf a analyzovat data.
- 4.) Vyhledat „out of control signals.“ Jakmile nějaký identifikujeme, označíme ho v grafu a vyšetříme jeho příčinu. Dokumentuje postup vyšetřování, co jsme zjistili, příčinu problému a způsob korekce.
- 5.) Pokračovat v zobrazování dat tak, jak jsou generovány. S každým novým bodem zkontrolovat out of control signal.



Obr. 23: Kontrolní diagram. Převzato z [ 4 ] str. 158.



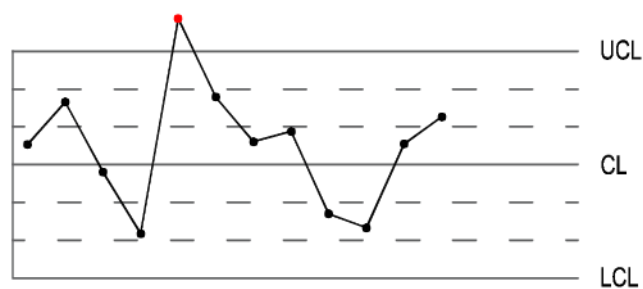
## Analýza diagramu:

Zjišťujeme, zda je či není sledovaný proces statisticky stabilní. Variabilita procesu je tvořena náhodnými a vymežitelnými vlivy.

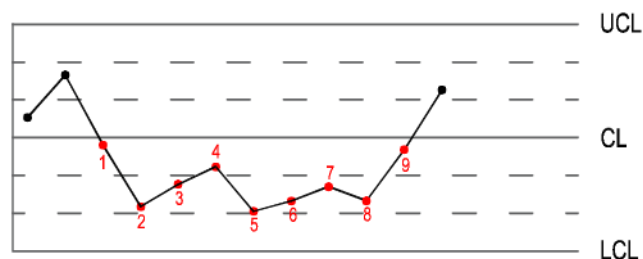
Náhodné vlivy jsou nedílnou součástí jakéhokoliv procesu, jejich velký počet, ale působí v malém rozsahu. Vlivem těchto příčin znaky jakosti kolísají, nicméně tyto fluktuace jsou statisticky stabilní a rozdělení lze předvídat a řídit. Technické a ekonomické důvody vedou k tomu, že tyto vlivy není zcela možné odstranit. Jejich působení může být ovšem omezeno např. použitím kvalitnějších surovin, leších strojů, zodpovědnějších zaměstnanců a lepší kontrolou.

Do vymežitelné skupiny zařazujeme vlivy, z kterých každý sám o sobě může způsobit významnou odchylku. Každý takový vliv může být odhalen a jeho působení minimalizováno nebo odstraněno. Tyto vlivy působí náhle (ulomený nůž obráběcího stroje) nebo postupně (tupící se nůž).

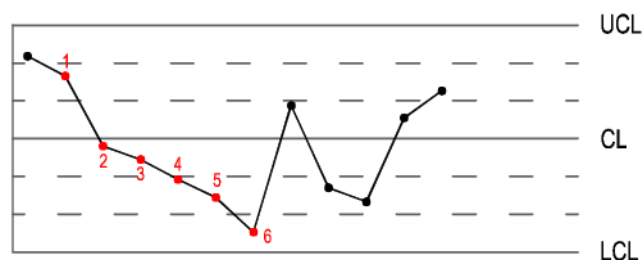
Nestabilitu procesu indikují v diagramu body mimo regulační meze. Existuje několik testů statistické nestability. Ty nejužívanější si ukážeme na následujících obrázcích.



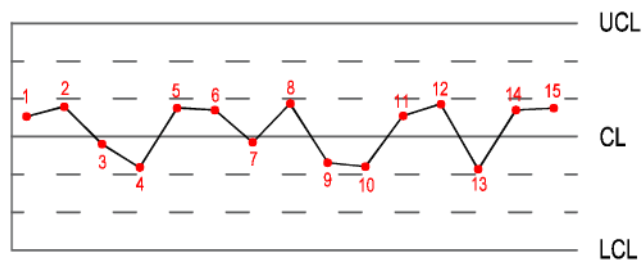
Obr. 24: Kontrolní diagram – test vymežitelných příčin, body mimo regulační meze



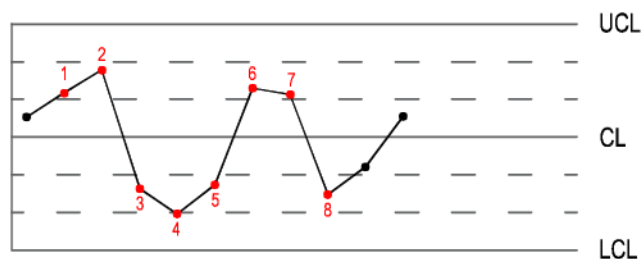
Obr. 25: Kontrolní diagram – test vymežitelných příčin, 9 bodů za sebou leží nad nebo pod CL



Obr. 26: Kontrolní diagram – test vymežitelných příčin, 6 po sobě klesajících nebo stoupajících bodů



Obr. 27: Kontrolní diagram – test vymezitelných příčin, 15 bodů v řadě ve vnitřní třetině regulačního pásma



Obr. 28: Kontrolní diagram – 8 bodů za sebou, z nichž žádný není ve vnitřní třetině regulačního pásma

## II.6. Korelační diagram

Také občas nazývaný X-Y graf. Při konstrukci tohoto grafu vynášíme uspořádané dvojice dat o stejné proměnné na osu x a y. Pokud jsou jednotlivá data spolu ve vztahu, pak se vynesené body zakreslují podél čáry nebo křivky.

Korelační diagram používáme, pokud máme k dispozici data uspořádaných dvojic parametrů, pokud závislá proměnná může mít několik hodnot nezávislé proměnné nebo když se pokoušíme zjistit, zda jsou dva proměnné parametry ve vzájemném vztahu.

### Konstrukce diagramu

- 1) Sesbírat uspořádané dvojice dat, kde předpokládáme nějaký vzájemný vztah.
- 2) Vynést graf, kde nezávislá proměnná bude probíhat vodorovnou osu a závislá proměnná bude zobrazována na ose svislé. Do grafu vykreslit každý bod (jeho poloha je dána souřadnicemi  $[x, y]$ ), pokud padnou nebo více bodů na jedno místo, kreslit je vedle sebe, aby bylo zřetelné, že je na tomto místě více bodů.
- 3) Podívat se jaké je umístění bodu v grafu. V případě, že je zřetelný nějaký vzor, potom je nabíledni, že mezi proměnnými je nějaký vztah. Takže pokud body opisují čáru či křivku, můžeme přestat, data korelují.
- 4) V případě, že žádný zřetelný vzorec nevidíme, rozdělíme body na grafu do 4 kvadrantů. Mějme v grafu X bodů, odpočítáme půlku bodů se shora směrem dolů a zakresleme oddělovací čáru, odpočítáme půlku bodů zleva doprava a nakresleme oddělovací čáru. Tím jsme vytvořili 4 kvadranty. Pokud je počet bodů lichý, kreslíme čáru prostředním bodem.
- 5) Spočítáme body v každém kvadrantu, přičemž nepočítáme body ležící na hranicích kvadrantu.

6) Spočítáme počet bodů v jednotlivých kvadrantech a počty v diagonálních kvadrantech sečteme.

A = počet bodů ve II. a IV. kvadrantu

B = počet bodů v I. a III. Kvadrantu

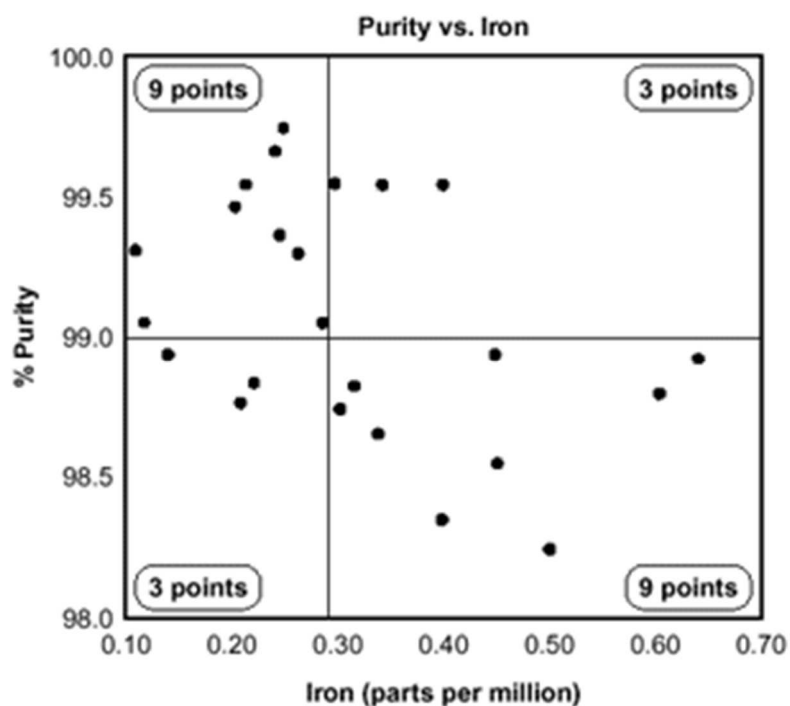
Q = min(A, B)

N = A + B

V následující tabulce otestujeme trend podle celkového počtu bodů N a hodnoty Q. Pokud je Q menší než limit, tak proměnné korelují. Pokud je Q větší nebo rovno limitu, potom je pravděpodobné náhodné rozložení.

Tab. 3: Korelační tabulka. Převzato z [ 4 ] str. 472

N	Limit	N	Limit
1-8	0	51-53	18
9-11	1	54-55	19
12-14	2	56-57	20
15-16	3	58-60	21
17-19	4	61-62	22
20-22	5	63-64	23
23-24	6	65-66	24
25-27	7	67-69	25
28-29	8	70-71	26
30-32	9	72-73	27
33-34	10	74-76	28
35-36	11	77-78	29
37-39	12	79-80	30
40-41	13	81-82	31
42-43	14	83-85	32
44-46	15	86-87	33
47-48	16	88-89	34
49-50	17	90	35



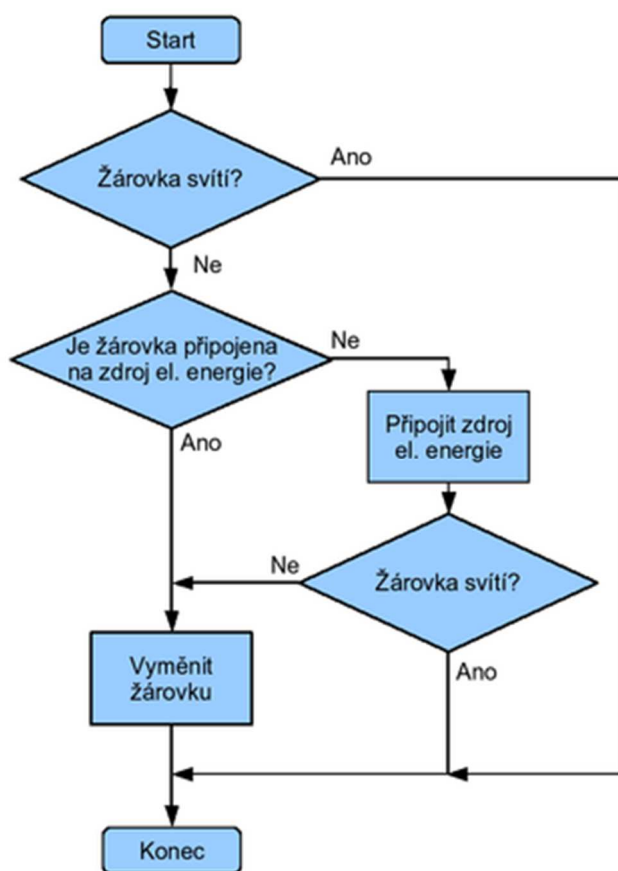
Obr. 29: Příklad korelačního diagramu. Převzato z [ 4 ] str. 473

## II.7. Vývojový diagram

Tento diagram je druhým ze sedmi základních nástrojů, který není založen na statistickém řízení jakosti. Jeho význam je v názorném zobrazení a tím snadnějším pochopení procesů ať již se jedná o organizační strukturu a postupy, pracovní postupy a procedury, manuály apod.

Jedná se vlastně o symbolický algoritmický jazyk, je tvořen přesně definovanými značkami a jejich jednoznačným významem (sémantika) a pravidly, jak tyto značky ve vzájemné souvislosti používat (syntax).

U složitějších procesů se doporučuje, aby vývojový diagram vyvířel team lidí.



Obr. 30: Příklad vývojového diagramu. Převzato z [ 6 ]

## Typy vývojových diagramů

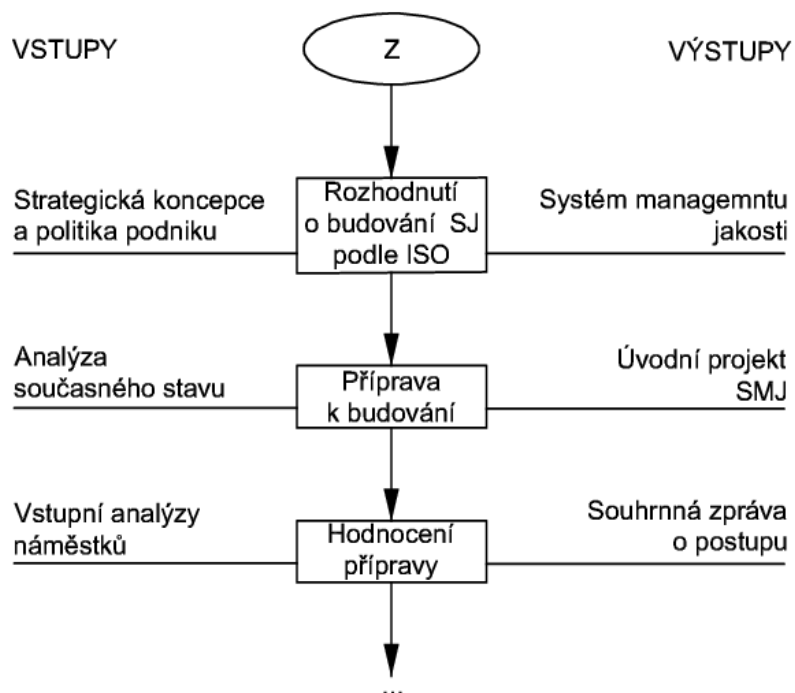
Nenadál (2008) rozděluje vývojové diagramy do třech základních typů.

- lineární vývojový diagram



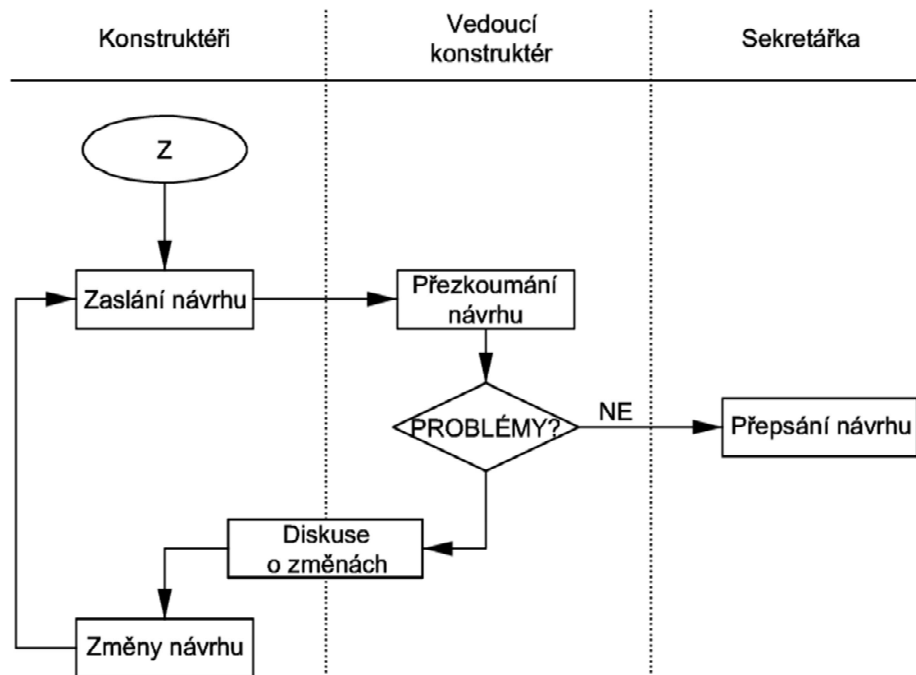
Obr. 31: Příklad lineárního vývojového diagramu. Překresleno z [ 5 ] str. 306

- vývojový diagram vstup/výstup



Obr. 32: Příklad vývojového diagramu vstup/výstup. Překresleno z [ 5 ] str. 306

- integrovaný vývojový diagram



Obr. 33: Příklad integrovaného vývojového diagramu. Překresleno z [ 5 ] str. 307

## Konstrukce diagramu

- 1.) Identifikovat proces, jeho rozhraní s jinými procesy a činnostmi
- 2.) Sestavit tým (výhodné je sestavit tým ze zástupců všech činností účastnících se na procesu a alespoň jednoho člena s odstupem a znalostí řízení procesů)
- 3.) Určit používané symboly a vztahy mezi nimi včetně jejich významu.
- 4.) Zakreslit symbol pro začátek procesu.
- 5.) Identifikovat první činnost („Co se děje jako první?“) a zakreslit symbol a popis.
- 6.) Identifikovat a zakreslit další postup („Co se stane dál?“, „Co se stane, když ...“).
- 7.) Po poslední činnosti zakreslit symbol pro konec.
- 8.) Jednoznačně identifikovat vývojový diagram (název, autor, číslo varianty, datum poslední revize...)

# III. TYPY VÝROBY

## III.1. Historický vývoj

Historie výroby začíná u výroby nástrojů. Již předchůdci Homo Sapiens Sapiens si vyráběly nástroje, dodnes relativně hojně dochované jsou pazourky. Lze předpokládat, že to ještě nebyla výroba specializovaná, řemeslného typu, ale každý lovec si vyráběl pazourek vlastní, případně ten šikovnější vyráběl pazourky i ostatním, ale i tak zůstávalo jeho hlavní činností lov. Tento typ výroby nazýváme individuální výroba.

### Individuální výroba

Výroba není hlavní činností výrobce. Ten si sám zajišťuje materiál, vyrábí výrobek a užívá ho. Tedy sám zastává všechny fáze výrobního procesu.

Tento typ výroby můžeme časovat od předchůdců současného člověka až dodnes a to částečně i ve vyspělých společnostech.

### Řemeslná výroba

Řemeslná výroba se datuje od doby, kdy nějaký jedinec zjistil, že se mu vyplatí vyrábět určitý výrobek pro ostatní a ten měnit za produkty jejich práce. V moderní ekonomii bychom řekli, že začal počítat s opportunity cost.

Dochází ke specializaci výroby a dělbě práce. Vyrábí se v řemeslných dílnách. Zboží je vyráběné pro směnu.

### Průmyslová výroba

Začátek průmyslové výroby se datuje k 16. století, kdy se začínají zakládat manufaktury. Manufaktura byla velká dílna, kde byl zaměstnán velký počet dělníků. Tito dělníci vykonávali jen dílčí úkony v té době ještě bez použití strojů.

S nástupem průmyslové revoluce se začínají ve výrobě uplatňovat stroje.

Dalším velkým zlomem bylo zavedení pásové výroby, s níž jsou spojeny jména Henryho Forda a F.W: Tailora.

### Pružná výroba

Rozvojem výpočetní techniky a robotizace byla umožněna pružná výroba, která vyrábí široký sortiment výrobků na zakázku ve velkém množství.

## III.2. Rozdělení typů výroby

Výrobu lze dělit podle několika hledisek. Pro nás zásadní bude rozdělení podle četnosti opakování výrobku, ale ještě než se k tomu dostaneme, si uvedeme i další způsoby dělení, abychom měli lepší přehled.

### Dělení podle rozsahu výstupu výroby (Drucker 2007)

- Výroba na zakázku: jedná se o výrobu na specifický požadavek zákazníka, většinou kusově. Příkladem mohou být rodinné domy, jachty, zakázkové krejčovství apod.
- Pružná hromadná výroba: vyrábí se jeden standardizovaný druh výrobku, který se následně přizpůsobuje vlastním požadavkům zákazníka. Příkladem jsou podvozkové platformy, mechanické části a karoserie, které se osazují rozdílnými motory nebo může jít i o tištěné spoje, kdy na standardizovanou matici jsou vytisknuty a osazeny obvody dle potřeb a přání zákazníka.
- Vázaná hromadná výroba: jde o vysoce standardizovanou hromadnou výrobu s předpokladem na plynulý odběr výrobků.
- Proudová výroba: jedná se o vysoce automatizovanou produkci probíhající bez přerušení, 24 hod denně, 7 dní v týdnu.

### Rozdělení dle vztahu k odbytu

- Zákaznická výroba
- Výroba pro trh

### Rozdělení podle časové spojitosti

- Časově nespojitá výroba
- Časově spojitá výroba

### Dělení podle výrobních dávek

- Jobbing / Job production: výrobky jsou vyráběny individuálně a každý kus je dokončen dříve, než se začne vyrábět kus další.
- Batching / Batch production: skupina výrobků je vyráběna najednou a výroba je dokončena před tím než se započne výroba dalšího bloku. Příkladem je pekárenství, kdy pec má určitou kapacitu a vsázky se pečou postupně.
- Proudová výroba: jsou vyráběny identické standardizované výrobky na výrobní lince.



## Výroba podle vazby vstupní materiál – výstupní produkt

- Výroba typu V: výroba, při které je počet finálních výrobků mnohem větší než počet nakupovaných materiálů. Je využíván totožný technologický postup. Typickými obory jsou ocelářství, textilní průmysl, produkce léčiv.
- Výroba typu A: počet vstupních materiálů výrazně překračuje počet výrobků. Používány jsou různé technologické postupy pro různé díly finálního výrobku. Uplatňuje se např. v těžkém strojírenství, automobilovém a leteckém průmyslu.
- Výroba typu T: výrobek se skládá z omezené množiny komponent. Při výrobě jsou použity zcela odlišné technologické postupy. Typickými ukázkami jsou elektrotechnický průmysl a výroba spotřebního zboží.

## Rozdělení podle způsobu odběru

- Konstrukce na zakázku / ETO (engineer-to-order): produkt je vyvíjen podle přání odběratelů, typický je vlastní vývojové oddělení, výroba i služby. Obvykle je nutné reagovat na průběžně se měnící specifikace produktu v průběhu jeho definice, outsourcing částí projektu na subdodavatele a jejich řízení, časté výkyvy peněžních toků, materiál je nakupován podle specifikací a požadavků zákazníka. Ukázkovým příkladem je stavební průmysl, strojírenský a těžký průmysl.
- Montáž na zakázku / ATO (assemble-to-order): charakteristickými znaky jsou krátká doba potřebná k realizaci finální montáže, modularita výrobků, standardizace součástek, hierarchie plánování (hlavní plán, plán potřeb, produkční plán), plánování zaměřeno více na materiál než na kapacity, větší závislost na dodavatelích, důraz na řízení jakosti, servis a podporu zákazníků.
- Výroba na sklad / MTS (make-to-stock): používána ve výrobních podnicích s nespojitou výrobou, častá skladba výrobku je spotřební zboží – elektronika, domácí spotřebiče, oděvy, sportovní zboží apod.
- Výroba na zakázku / MTO (make-to-order): plánování kapacit je založeno na objednávkách zákazníka. Na rozdíl od konstrukce na zakázku je MTO výrobek vybírán z konečného spektra konfigurací, nebo pouze z definovaného spektra produktů. Znakem je těžko předvídatelná poptávka. Tento model se uplatňuje především v lehkém strojírenství, nábytkářský průmysl a další.
- Dávková a procesní výroba / PBM (process batch manufacturing): vyrábí se velké série výrobků ve výrobních dávkách – výrobky denní spotřeby, nápoje, jídlo, kosmetika a drogistické zboží. Charakteristické jsou krátké výrobní cykly (množství produkce přímo závisí na marketingu, vstupující materiál je často velmi levný, výroba a balení probíhají v řízených linkách, plánování produkce je zaměřeno na kapacity, velké nároky na výstupní kvalitu – časté inspekce jakosti, úzké vztahy celého produkčního řetězce (krátká trvanlivost produktu).

### III.3. Dělení výroby dle četnosti opakování produktu

Výroba se dle četnosti opakování produktu dělí na:

- Kusová výroba
- Sériová výroba:
  - malosériová výroba
  - středněsériová výroba
  - velkosériová výroba
- Hromadná výroba

#### Kusová výroba

Kusová výroba vyrábí velký počet různých druhů výrobků v jednotlivých kusech, nebo v malých množstvích. Opakuje se nepravidelně nebo vůbec. Jde výhradně o výrobu na zakázku (ETO). Ojedinělost opakování výroby stejných druhů výrobků si vynucuje velkou universálnost strojů a vysokou kvalifikaci pracovníků. Jde především o velmi složité výrobky. [7, Str. 11]

Charakteristická bývá úzká vazba mezi výrobcem a zákazníkem včetně přímé zpětné vazby. U menších výrobků celý výrobní proces provádí jedna či několik osob (boty na míru), u větších výrobků se může jednat o celé kolektivy (zaoceánská loď).

Zvláštním segmentem kusové výroby jsou projekty a počítačové programy. Projekt definujeme jako množinu výrobních činností, která směřuje k dosažení unikátního výrobního cíle.

*Kusová výroba z hlediska statistiky:*

Velikost populace: řádově jednotky kusů.

***Nelze používat statistické metody.***

#### Sériová výroba

Zvyšováním počtu výrobků jednoho druhu, zúžením výrobního sortimentu a zvětšením opakovatelnosti výrobního procesu se od kusové výroby dostáváme k výrobě sériové.

Sériová výroba je charakterizována výrobou většího či menšího počtu výrobků stejného druhu. Toto množství, které se zadává do výroby na jednou, se nazývá výrobní dávka a jeho výroba se obvykle opakuje s určitou pravidelností. Opakovanost výroby umožňuje zvýšit specializaci pracovišť. [7, Str. 11]

### Malosériová výroba:

V malosériové výrobě je stále velmi úzký vztah mezi výrobcem a zákazníkem. Výrobky jsou produkovány na zakázku. Jedná se o vyšší počet vyrobených kusů než u kusové výroby. Může jít o jednorázové zakázky nebo zakázky opakující se po delší době. Pro malosériovou výrobu je typický vyšší podíl lidské práce.

Velikost populace: od jednotek po nižší stovky kusů.

***Nelze používat statistické metody.***

### Středně sériová výroba:

Se zvyšujícím se počtem kusů jednotlivých sérií výroby klesá podíl lidské práce. Kromě výroby na zakázku se ve středněsériové výrobě uplatňují významně i jiné typy výroby (výroba na sklad). Typickým problémem je změna seřízení výrobních zařízení před novou sérií.

Podniky se středněsériovou produkcí jsou často schopny a ochotny vyrábět i malosériové dávky dle přání zákazníka.

Velikost populace: vyšší desítky až tisíce kusů.

***Lze použít některé statistické metody.***

### Velkosériová výroba:

Typické pro tuto výrobu je mnohočetná velikost sérií při zachování možnosti v omezené míře měnit výrobní sortiment.

Velikost populace: od řádu tisíců po teoreticky nekonečno.

***Lze používat statistické metody.***

## Hromadná výroba

Jedná se o výrobu s úzkým sortimentem, kde je vyráběno velké množství a stále stejných výrobků. Z důvodů téměř 100% opakovatelnosti výrobních operací dovoluje tento typ výroby rigidní uspořádání výrobních faktorů s nízkými požadavky na kvalifikaci dělníků/operátorů výroby.

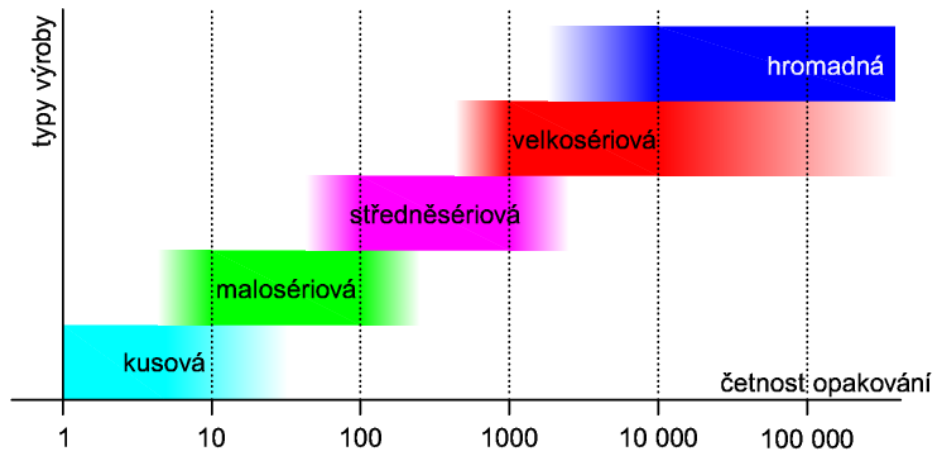
Charakteristickými znaky jsou automatizace dílčích operací, relativně nízké náklady na zaškolení pracovníků a nízká variabilita při změnách výrobního programu. Typickými představiteli hromadné výroby jsou výroby nápojů.

Velikost populace: 1000 až  $\infty$ .

***Lze používat statistické metody.***

## Přehled

Při dělení typů výroby na kusovou až hromadnou není jediným kritériem, i když je zásadním, četnost opakování, ale svoji roli hrají i velikost sortimentu, frekvence přenastavování výrobní linky (např. na jiný rozměr) a způsob výroby.



Obr. 34: Rozdělení typů výrob podle četnosti opakování

My si situaci o něco zjednodušíme a bude ignorovat rozostřené hranice mezi typy výroby a dále se v textu budeme řídit podle následující tabulky.

Tab. 4: Rozdělení typu výroby dle četnosti opakování

Typ výroby	Četnost opakování	
	od	do
Kusová výroba	1	10
Malosériová výroba	10	100
Středněsériová výroba	100	1000
Velkosériová výroba	1000	10000
Hromadná výroba	10000	$\infty$

# IV. OMEZENÍ NÁSTROJŮ DLE MNOŽSTVÍ ZPRACOVANÝCH DAT

## IV.1. Regulační diagram

Regulační diagram sám o sobě statisticky neřídí proces. Řízení procesu je práce pro vlastníka procesu a jím pověřených pracovníků. Kontrolní diagram může pouze indikovat, jestli se proces nedostává mimo regulační meze.

Lepší výsledky dostaneme, pokud regulačním diagramem bude kontrolovat proměnné procesu (např. teplotu a tlak) spíše než proměnné výrobku (např. poloměr a tloušťku). Obecně je záhodno sledovat všechny proměnné procesu, které nezanedbatelně ovlivňují proměnné výrobku.

Pro konstrukci regulačního diagramu můžeme používat data podskupin nebo individuálních pozorování.

### Regulační diagram konstruovaný pomocí podskupin

Před prvním použitím diagramu se doporučuje sesbírat nebo použít historická data obsahující aspoň 20 podskupin. Pokud použijeme historická data, měla by být pokud možno co nejmladší, aby měly dostatečnou vypovídací hodnotu o probíhajícím procesu.

Velikost podskupiny volíme tak, aby se skládala z aspoň 4 až 5 pozorování. Tato pozorování by neměla být namíchána z více populací jako je např. namíchání pozorování od různých operátorů, z různých směn, z různých strojů apod. Vezměme si příklad, kdy atributy jakosti na výrobku měří dva pracovníci. Jeden z pracovníků je zkušený, druhý je čerstvě zapracovaný nováček. Pokud jejich výsledky namícháme, tak se vystavujeme riziku, že nadhodnotíme regulační meze.

Regulačním diagramem lze kontrolovat několik parametrů výroby, nejužívanější je sledování výběrového průměru, výběrového rozptylu a výběrové směrodatné odchylky ad.

- Výběrový průměr

$$\bar{x}_j = \frac{\sum_{i=1}^n x_i}{n} \quad (4)$$

- Výběrový rozptyl

$$R_j = \max(x_1, \dots, x_n) - \min(x_1, \dots, x_n) \quad (5)$$

- Výběrová směrodatná odchylka

$$S_j = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n-1}} \quad (6)$$

Uvedme si pro tyto tři parametry příklad.

Tab. 5: Data pro ilustrativní příklad použití regulačního diagramu (X-chart, R-chart, S-chart)

podsk.	x1	x2	x3	x4	$\bar{x}$	R	S
1	43,560	52,384	45,170	46,589	46,926	8,825	3,844
2	47,462	55,277	53,079	51,124	51,735	7,815	3,316
3	42,815	47,988	53,037	49,017	48,214	10,222	4,207
4	55,568	53,082	40,243	50,558	49,863	15,326	6,732
5	49,602	39,895	42,696	57,790	47,496	17,895	7,984
6	56,970	52,350	44,334	58,048	52,926	13,714	6,238
7	53,348	57,280	51,149	53,114	53,723	6,130	2,568
8	50,776	48,180	45,865	53,159	49,495	7,293	3,161
9	48,830	46,669	44,615	52,744	48,215	8,129	3,476
10	45,113	46,054	47,857	54,839	48,466	9,725	4,398
11	48,995	55,029	45,982	47,027	49,258	9,046	4,045
12	51,493	56,025	50,402	56,419	53,585	6,017	3,082
13	45,403	44,112	51,441	47,422	47,095	7,329	3,202
14	49,154	45,504	44,964	45,978	46,400	4,189	1,882
15	58,128	63,703	57,365	53,598	58,199	10,105	4,170
16	53,176	44,095	52,218	45,637	48,781	9,081	4,582
17	58,721	59,630	42,465	42,983	50,950	17,165	9,508
18	59,034	54,530	47,354	52,440	53,340	11,680	4,847
19	62,238	48,069	51,934	42,775	51,254	19,463	8,229
20	40,787	64,471	50,825	50,272	51,589	23,684	9,746
						11,142	4,961

Dokud není proces statisticky stabilní, doporučuje se nejdříve kontrola pomocí výběrového rozptylu (R-chart). Jednak jsou data nejjednodušeji zpracovatelná „ručně“ a vyhneme se problému kolísání střední hodnoty  $\mu$ . Pro další použití se doporučuje spíše používat výběrový průměr nebo výběrovou směrodatnou odchylku. Důvodem je to, že při výpočtu rozptylu využíváme pouze dvě pozorování.

Střední hodnota  $\mu$ :

Obvykle neznámou střední hodnotu procesu odhadujeme jako průměr výběrových průměrů.

$$\bar{\bar{x}} = \frac{\sum_j^k \bar{x}_j}{k} \quad (7)$$

Směrodatná odchylka procesu  $\sigma$ :

Směrodatná odchylka procesu může být odhadnuta jednak z výběrové směrodatné odchylky  $S$  a pak z výběrového rozptylu  $R$ . Jelikož ovšem nejsme schopni dostat směrodatnou odchylku z průměrů  $k$  skupin, musíme si vzít na pomoc tabulky (viz příloha 1, tab. E), které byly zkonstruovány, aby nám k výsledné směrodatné odchylce procesu stačilo vydělit průměrný rozptyl, resp. průměr z výběrových směrodatných odchylek konstantou. Strážka nad symbolem sigma značí, že se jedná o odhadovanou hodnotu.

$$\hat{\sigma} = \bar{R}/d_2 \quad (8)$$

$$\hat{\sigma} = \frac{11,142}{2,059} = 5,411$$

Pro výběrovou směrodatnou odchylku

$$\hat{\sigma} = \bar{S}/c_4 \quad (9)$$

$$\hat{\sigma} = \frac{4,961}{0,921} = 5,386$$

Vidíme, že i přes malou velikost podskupin je drobný rozdíl mezi oběma odhady. Použijeme-li první odhad, pak odhadneme  $\hat{\sigma}_{\bar{x}}$ .

$$\hat{\sigma}_{\bar{x}} = \frac{\bar{R}/d_2}{\sqrt{n}} \quad (10)$$

$$\hat{\sigma}_{\bar{x}} = \frac{5,411}{\sqrt{4}} = 2,706$$

Regulační meze:

K úspěšné konstrukci regulačního diagramu potřebujeme ještě stanovit regulační meze  $LCL$  a  $UCL$ .

Pro  $R$ -chart určíme horní a dolní mez jako 3-sigma limit jako

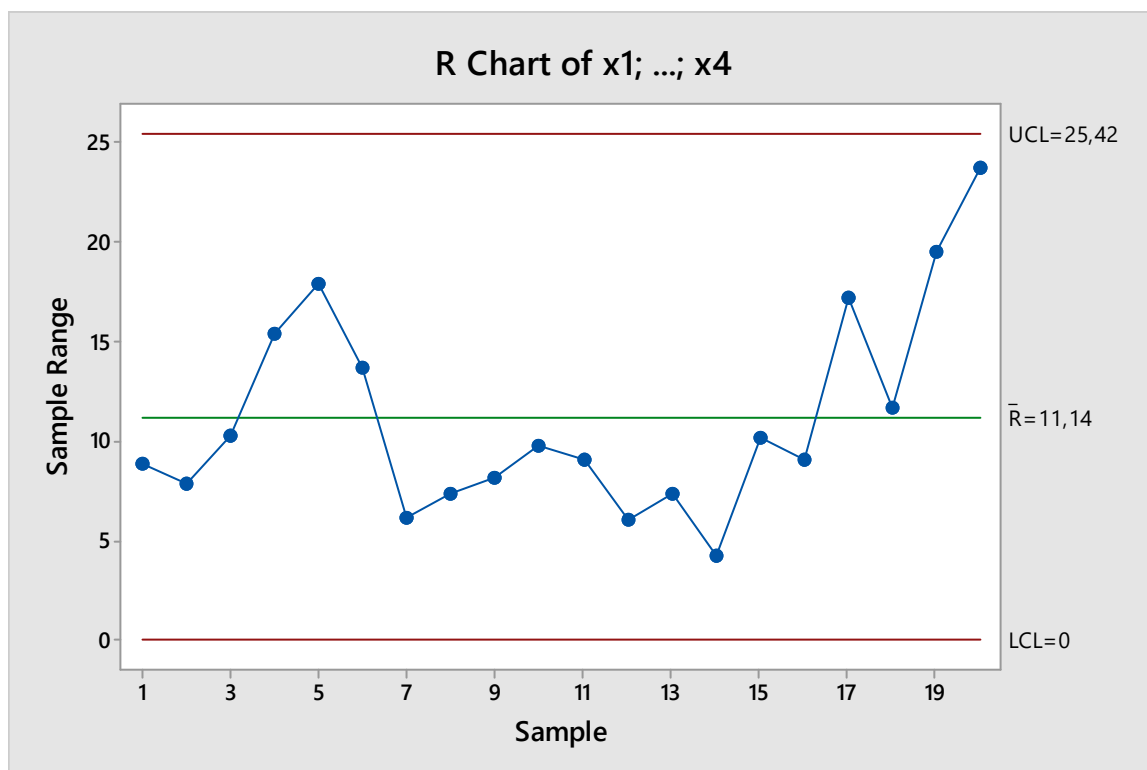
$$\bar{R} \pm 3\hat{\sigma}_R \quad (11)$$

Stejně jako u určení směrodatné odchylky procesu i tady si můžeme vzít na pomoc tabulky. Dolní limit určíme jako  $D_3\bar{R}$  a horní jako  $D_4\bar{R}$ . Koeficienty  $D_3$  a  $D_4$  pro různé velikosti podskupin určíme z tab. E (příloha).

$$LCL = D_3\bar{R} = 0 \cdot 11,142 = 0 \quad (12)$$

$$UCL = D_4\bar{R} = 2,282 \cdot 11,142 = 25,425 \quad (13)$$

Za povšimnutí stojí, že dolní limit je nula a to pro všechny podskupiny do četnosti sedmi. Je to způsobeno tím, že rozptyl nemůže být negativní.



Obr. 35 Ukázkový příklad R-chart

S-chart nakreslíme podle stejného postupu jako R-chart.

Existuje ještě celá řada regulačních diagramů pro různá použití stejně jako celá řada postupu k určení regulačních mezí, ale toto vyjmenovávat není účelem této práce. My jsme si tu uvedly jeden příklad konstrukce regulačního diagramu pro lepší pochopení jeho konstrukce. Pro bližší seznámení je celá řada literatury, např. [2] str. 89 až 224.



## Regulační diagram individuálních pozorování

Ne vždy je vhodné nebo možné používat podskupiny, např. Pokud výrobní linka produkuje pomalu. Pokud by výrobní linka vyprodukovala jeden výrobek každých 30 minut, tak by sestavení podskupiny o mocnosti 4 trvalo 2 hodiny. Za tu dobu by se proces mohl dostat mimo kontrolu. Dalším případem může být, že některá fyzikální měření, např. teplota, snímané v krátkém časovém rozmezí se od sebe nebudou lišit.

Výhoda využití podskupin je v tom, že diagram je citlivější. Předpokládejme, že střední hodnota procesu je posunuta o  $\alpha\sigma$ , kde  $\alpha > 0$ . Regulační meze individuálního pozorování jsou  $\mu \pm 3\sigma$ . Na chvíli předpokládejme, že parametry jsou známé, pravděpodobnost individuálních pozorování nad horní regulační mezí je rovna  $P(X > \mu + 3\sigma)$  přičemž současná střední hodnota je  $\mu + 3\alpha\sigma$ . Pro  $\bar{X}$ -chart (diagram podskupin) potřebujeme určit pravděpodobnost  $P(X > \mu + 3\sigma_{\bar{X}})$ , kde střední hodnota je rovněž  $\mu + 3\alpha\sigma$ . Normovaná náhodná veličina těchto dvou pravděpodobností bude

$$Z = \frac{\mu + 3\sigma - (\mu + \alpha\sigma)}{\sigma} = 3 - \alpha \quad (14)$$

a

$$Z = \frac{\mu + 3\sigma_{\bar{X}} - (\mu + \alpha\sigma)}{\sigma_{\bar{X}}} = 3 - \alpha\sqrt{n} \quad (15)$$

jelikož platí

$$\sigma_{\bar{X}} = \sigma / \sqrt{n} \quad (16)$$

Očividně je  $P(Z > 3 - \alpha\sqrt{n})$  větší než  $P(Z > 3 - \alpha)$  a tak můžeme předpokládat, že pozorování dříve vystoupí z regulačních mezí u podskupinového diagramu než u diagramu individuálních pozorování.

Regulační meze pro  $X$ -chart:

Regulační meze dostaneme z výrazu

$$\hat{\mu} \pm 3\hat{\sigma}$$

Pro určení mezí potřebuje aspoň 100 pozorování. Nejpoužívanější metodou k odhadu s je vytvoření „rozptylu“ tím, že odečítáme předposlední pozorování od posledního. Takovým to postupem vytvoříme tzv. pohyblivý rozptyl (moving ranges), který bude používat stejně jako výběrový rozptyl. Značit ho budeme  $MR$ .

$$\hat{\sigma} = \overline{MR}/d_2 \quad (17)$$

## Použitelnost dle množství zpracovaných dat

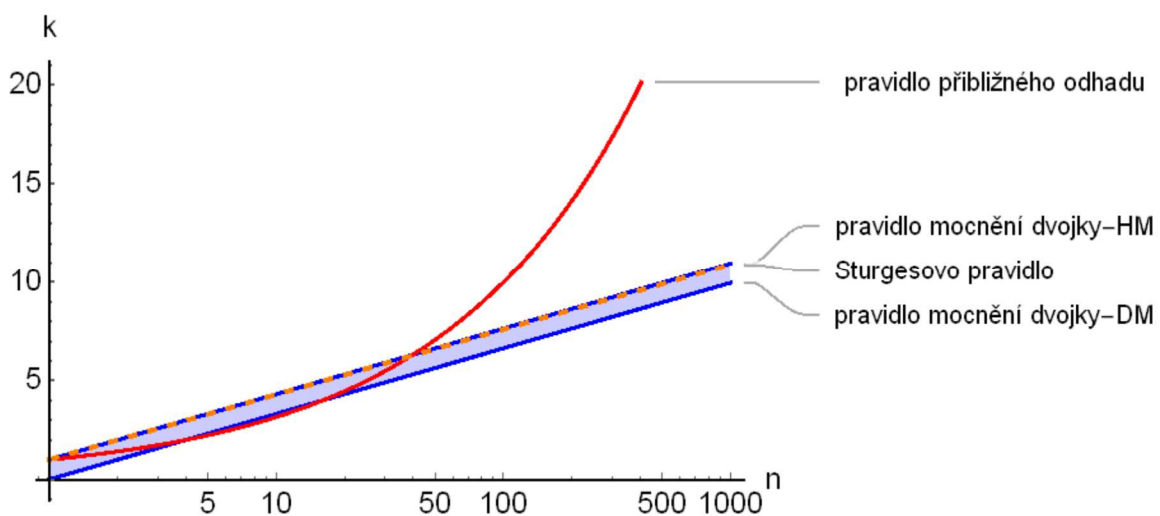
Pro určení regulačních mezí a odhadu střední hodnoty je třeba vyhodnotit data aspoň ze 100 pozorování v případě individuálních pozorování nebo utvořit aspoň 20 podskupin o minimálně čtyřech vzorcích, tj. 80 pozorování. Počet pozorování shora omezen není.

Aby regulační diagram mělo smysl konstruovat, měla by být doba pozorování několikanásobně delší než doba potřebná k nastavení počátečních hodnot diagramu. Více o efektivitě bude uvedeno v další kapitole.

## IV.2. Histogram

### Pravidla pro určení počtu tříd z hlediska počtu pozorování

Říkali jsme si, že při stanovování počtu tříd existují pravidla, jak tento počet určit, ale už jsme si řekli, které pravidlo, kdy uplatnit. Nejdříve si ukažme závislost počtu tříd na počtu pozorování mezi jednotlivými pravidly k určení počtu tříd v následujícím grafu.



Obr. 36 Graf závislosti četnosti pozorování na počet tříd histogramu

Pozn.: v grafu u popisku pravidla mocnění dvojky objevují zkratky HM a DM. Jejich význam je následující – DM = dolní mez, HM = horní mez. Korektně by graf měl být bodový, jelikož jak počet pozorování  $n$ , tak počet tříd  $k$  jsou z oboru přirozených čísel. Pro účely přehlednosti byl zvolen spojitý graf s logaritmickým měřítkem na ose  $n$ .

Připomeňme si ještě ona pravidla. Přibližným odhadem stanovíme počet tříd jako odmocninu z počtu pozorování. Počet tříd podle Sturgesova pravidla určíme jako  $1 + 3,3 \log(n)$  a podle pravidla mocnění dvojky jako  $2^{(k-1)} < n \leq 2^k$ .

Na grafu vidíme, že pravidla až k plus minus 50 pozorováním poskytují stejný počet tříd. Dále se počet tříd určených podle pravidla přibližného odhadu začíná vzdalovat počtu podle zbylých pravidel. Pamatujme si, že pravidlo přibližného odhadu je dobře použitelné do velikosti vzorku 100 pozorování.

### Použitelnost dle množství zpracovaných dat

Histogram by se měl používat od 50 po sobě jdoucích pozorování. Horní hranice není omezena. Co použitelnost histogramu omezuje je účel použití a efektivita a možnosti sofistikovanějších nástrojů.

## IV.3. Paretův diagram

Paretův diagram je grafická pomůcka, která najde uplatnění především, pokud potřebuje přesvědčit nadřízeného nebo obchodní partnery o potřebě investovat do zlepšení procesu a kam tyto investice nasměrovat. A jako přesvědčovací nástroj se může stejně dobře uplatnit v kusové jako v hromadné výrobě.

To co je pro konstrukci Paretova diagramu limitující je dostatečný počet odhalených problémů nebo jejich příčin. Z jedné příčiny paretův graf nestrojíme a ani by to z hlediska efektivity práce nemělo smysl.

## IV.4. Korelační diagram

Pro konstrukci a vyhodnocení korelačního diagramu potřebuje soubor naměřených dvojic. Z těchto naměřených hodnot bude jedna nezávisle proměnná a druhá závisle (?) proměnná. Nezávisle proměnná je nějaký parametr procesu, který můžeme aspoň v určitém intervalu hodnot řídit. Závisle proměnnou je nejčastěji atribut jakosti výrobku. Příkladem mohou dvojice teplota-rezistivita, tlak-pevnost, relativní vlhkost- nasákavost apod.

K získání takových dvojic nám poslouží experiment. V experimentech si nastavíme nějaký parametr procesu (např. teplota) a změříme parametr jakosti výrobku (např. rozměr, modul pružnosti, rezistivitu ...). Jak říká známá poučka: „Jedno měření, žádné měření“, takže měření pro nastavený parametr procesu opakujeme (min. 3 měření, lépe 10). Z průměrné hodnoty naměřených znaků jakosti a hodnoty získáme uspořádanou dvojici dat, kterou vynášíme do grafu.

Minimální počet takto získaných hodnot, jak napovídá korelační tabulka č. 3 na str. 33, je 10. Tedy minimální počet zpracovaných dat je 30. Horní limit je dle tabulky 90 uspořádaných dvojic. Budeme-li uvažovat, že každý znak jakosti je zpracován z 10 pozorování vyjde nám potřebný počet dat jako  $90 \times 10 = 900$  pozorování. Pro očividné závislosti není horní počet pozorovaných dat omezen.

## IV.5. Kontrolní tabulky

Kontrolní tabulky jsou sice stále statistickým nástrojem, ale např. tabulka lokalizace vad lze využívat už od výroby jednoho kusu.

Interval použití: 1 ks až nekonečně ks.

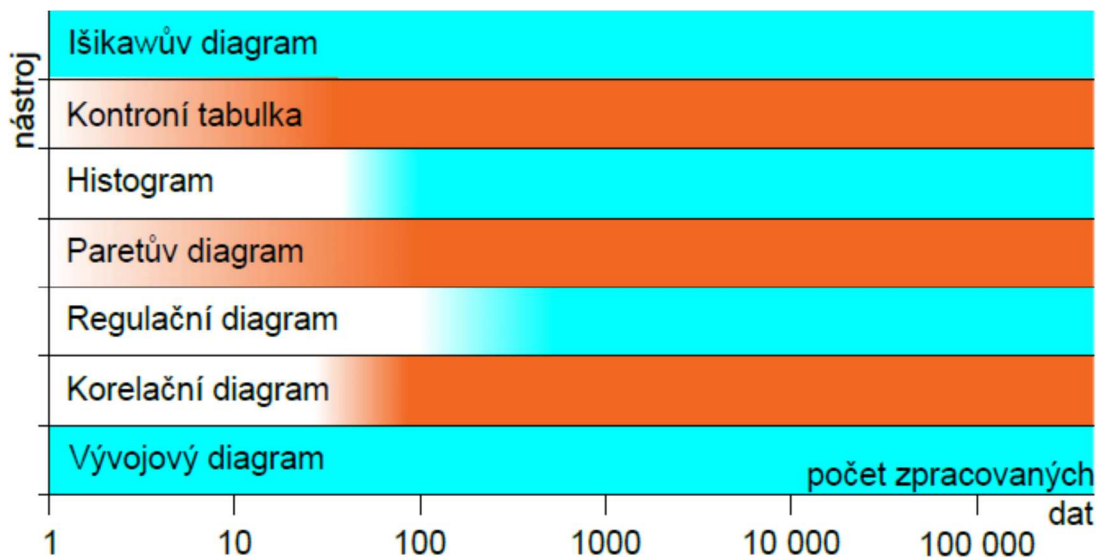
## IV.6. Išikawův diagram

Išikawův diagram není statistický nástroj a tedy jeho použití není závislé na počtu zpracovaných dat.

## IV.7. Vývojový diagram

Pro vývojový diagram platí to samé, co pro Išikawův diagram.

## IV.8. Vyhodnocení



Obr. 37: Použitelnost jednotlivých nástrojů z hlediska zpracovaných dat

## V. ANALÝZA JEDNOTLIVÝCH NÁSTROJŮ DLE TYPŮ VÝROBY

Z použitelnosti jednotlivých nástrojů podle počtu zpracovaných dat vyplývá i použitelnost těchto nástrojů z hlediska použití v různých druzích výroby dle četnosti opakování výrobku. V dalším textu budeme dle cílů práce hodnotit jednotlivé nástroje podle použitelnosti v kusové výrobě, malosériové výrobě, středněsériové výrobě, velkosériové výrobě a hromadné výrobě a to především z faktoru četnosti opakovatelnosti výrobku, jak je uvedeno v Tab. 4: Rozdělení typu výroby dle četnosti opakování.

### V.1. Išikawův diagram

Išikawův diagram je použitelný a používá se u všech druhů výrob. Samozřejmě častější použití bývá ve výrobě s větším finančním objemem produkce, kde částí vedení podniku je management řízení jakosti. V těchto podnicích je mnohem větší pravděpodobnost zaměstnání člověka znalého tohoto nástroje a pracujícího na pozici, kde ho může prakticky využívat.

### V.2. Kontrolní tabulka

Kontrolní tabulku je možné používat ve všech druzích výrob. Ovšem použití v kusové a malosériové výrobě je výjimečné. I když i tam a zvláště s rozvojem pružné výroby mají svoje místo.

### V.3. Histogram

Histogram se používá převážně pro malé soubory dat (50 až 200 pozorování). V kusové výrobě je nepoužitelný, v malosériové výrobě je jeho použití na hraně. Histogram se ke svému hlavnímu účelu (budeme-li jeho hlavním účelem chápat zjištění či ověření tvaru distribuce) používán ve středněsériové výrobě. Ale může sloužit i ve velkosériové a hromadné výrobě jako prvotní vodítko před nasazením sofistikovanějších metod a testů na rozpoznání distribuce nebo jiných nástrojů řízení jakosti.

### V.4. Paretův diagram

Má smysl především v podnicích se složitějším systémem managementu a v podnicích často komunikujících s obchodními partnery ohledně jakosti a nákladů výroby.

Mějme proces, ve kterém známe pravděpodobnosti výskytu vady a to podle jednotlivých vad. Tyto pravděpodobnosti si označme  $p_1$  až  $p_5$  pro nejčastěji se vyskytující vady. Ptáme se, kolik je třeba vyhodnotit výrobků, abychom mohli zkonstruovat Paretův diagram o alespoň pěti vadách.

K výpočtu využijeme binomické rozdělení. Pravděpodobnost toho, že jev nastane při jednom pokusu je  $p$ ; pravděpodobnost toho, že tento jev při daném pokusu nenastane je  $q = 1 - p$ . Podle pravidla o násobení pravděpodobností nezávislých jevů  $P(AB) = P(A)P(B)$  je pravděpodobnost toho, že jev nastane  $k$  krát po sobě a nenastane  $(n - k)$  krát po sobě, je  $p^k(1 - p)^{n-k}$ . Jelikož nám nejde o to, ve kterých specifických případech nastal jaký děj, musíme uvedenou pravděpodobnost ještě vynásobit počtem příznivých případů  $k$  z celkového počtu  $n$  případů. Výsledná pravděpodobnost je

$$p_k^{(n)} = \binom{n}{k} p^k (1 - p)^{n-k} \quad (18)$$

Tento vzorec určuje pravděpodobnost, že jev (s individuální pravděpodobností) nastane při  $n$  pokusech právě  $k$  krát a  $(n - k)$  krát nenastane.

My ovšem potřebujeme zjistit pravděpodobnost, že daný jev nastane alespoň jednou. Tedy budeme počítat

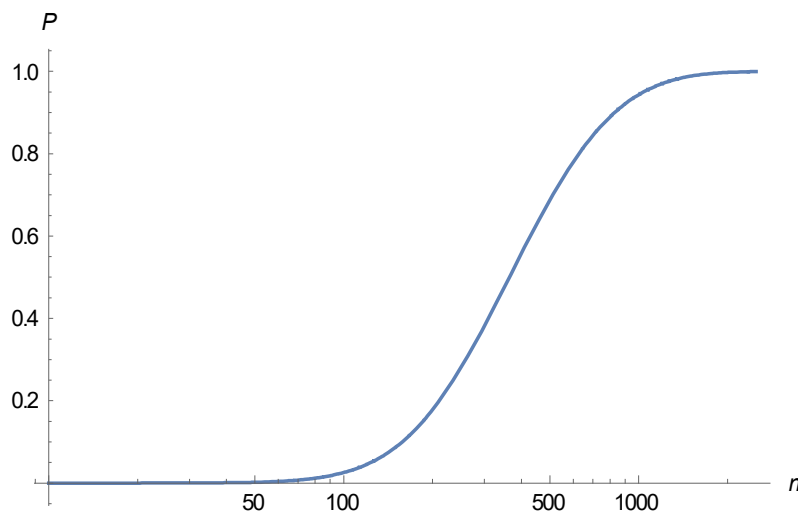
$$p_{alespoň\ 1}^{(n)} = 1 - \binom{n}{0} p^0 (1 - p)^{n-0} = 1 - (1 - p)^n \quad (19)$$

Chceme, aby se každá z vad z námi kontrolovaných výrobků objevila alespoň jednou. A předpokládejme, že vady jsou na sobě nezávislé a může se vyskytovat více druhů vad na jednom výrobku. Tím bychom splnili podmínky pro násobení pravděpodobnosti nezávislých jevů a naši hledanou pravděpodobnost vyjádříme jako součin dílčích pravděpodobností.

$$p_{celk}^{(n)} = p_{1\ alespoň\ 1}^{(n)} \cdot p_{2\ alespoň\ 1}^{(n)} \cdot \dots \cdot p_{5\ alespoň\ 1}^{(n)} \quad (20)$$

Pro proces s parametry  $p_1 = 0,015$ ,  $p_2 = 0,01$ ,  $p_3 = 0,007$ ,  $p_4 = 0,005$ ,

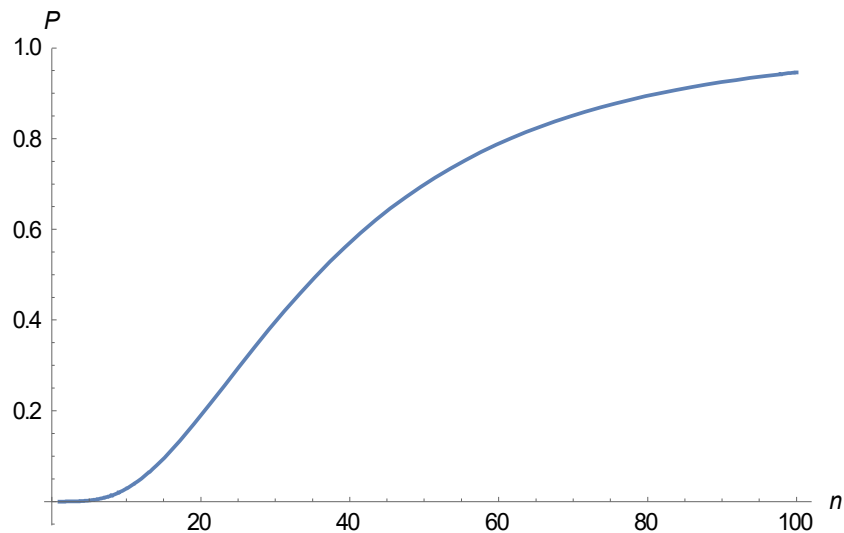
$p_5 = 0,003$  si počet nutných zkontrolovaných výrobků pro námi požadovanou pravděpodobnost možnosti zkonstruování Paretova diagramu odečíst.



Obr. 38: Distribuční funkce pro sestavení Paretova diagramu o 5 různých vadách s parametry procesu  $p_1 = 0,015$ ,  $p_2 = 0,010$ ,  $p_3 = 0,007$ ,  $p_4 = 0,005$  a  $p_5 = 0,003$

Z grafu můžeme vyčíst, že při 80% pravděpodobnosti potřebujeme zkontrolovat už více jak 500 výrobků.

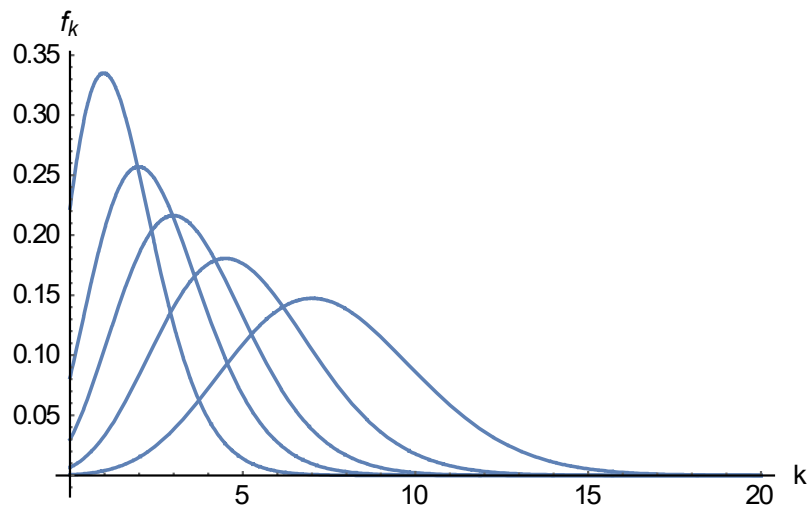
Podívejme se, jak by graf vypadal, kdyby vadovost byla 10 krát větší.



Obr. 39: Distribuční funkce pro sestrojení Paretova diagramu o 5 různých vadách s parametry procesu  $p_1 = 0,15$ ,  $p_2 = 0,10$ ,  $p_3 = 0,07$ ,  $p_4 = 0,05$  a  $p_5 = 0,03$

Vidíme, že i při takto hrůzostrašné vadovosti výroby, bychom k sestrojení Paretova diagramu o pěti různých vadách potřebovali cca 70 výrobků při 80% pravděpodobnosti. Toto zjištění diskvalifikuje použití Paretovva diagramu pro porovnávání nesouhlasných výrobků pro malé datové vzorky.

Ještě než toto téma opustíme, se podívejme, jak by pro první zvolenou vadovost nejpravděpodobněji vypadal Paretův diagram pro 500 vzorků. Nejdříve je potřeba zjistit kolikrát se daná vada ve vzorku objeví. To odhadneme tak, že najdeme, kde má maximum hustota pravděpodobnosti jednotlivých vadovostí.



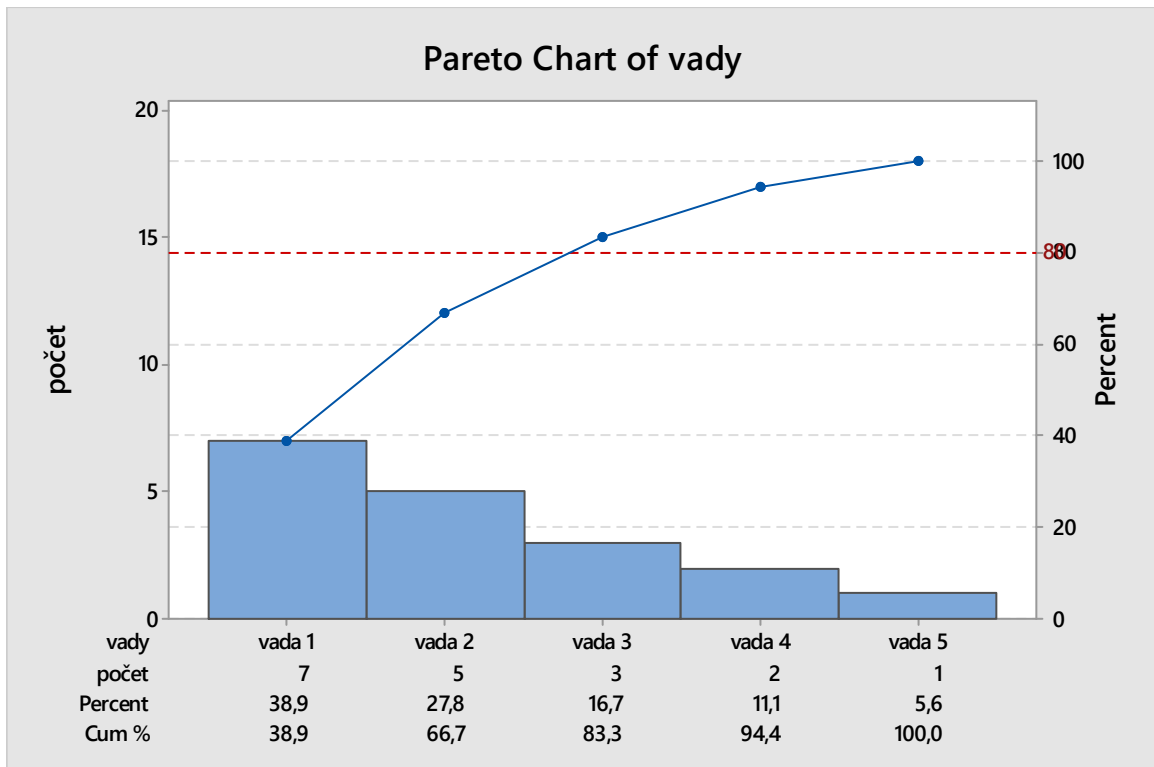
Obr. 40: Hustota pravděpodobnosti binomického rozdělení pro dílčí pravděpodobnosti  $p_1 = 0,15$ ,  $p_2 = 0,10$ ,  $p_3 = 0,07$ ,  $p_4 = 0,05$  a  $p_5 = 0,03$  (seřazeno zprava)

V následující tabulce jsou uvedeny maximální hustoty pravděpodobnosti  $p_k$  a kde toto maximum nastává, tedy nejpravděpodobnější počet  $k$ . Ten je následně zaokrouhlen na celá čísla.

Tab. 6: Nejpravděpodobnější počet vad podle druhů ze vzorku 500 kontrolovaných výrobků při známé vadovosti

	$p_k$	$k$	$\approx k$
$p_1 = 0,015$	0,147	7,009	7
$p_2 = 0,010$	0,181	4,502	5
$p_3 = 0,007$	0,216	2,995	3
$p_4 = 0,005$	0,260	2,000	2
$p_5 = 0,003$	0,335	0,976	1

A výsledný Paretův diagram bude vypadat následovně.



Obr. 41: Nejpravděpodobnější Paretův diagram při známé pravděpodobnosti jednotlivých vad

Za životně důležité bychom označili první tři vady.



## V.5. Regulační diagram

Regulační diagram už přímo vyžaduje určitý objem výroby. Už jenom určení jeho počátečních hodnot vyžaduje minimálně 100 pozorování, a aby měl smysl, je třeba vyrábět aspoň 500 ks. Regulační diagram tedy nachází uplatnění ve středněsériové, velkosériové a hromadné výrobě.

U menších opakovatelností výroby řídí proces většinou zkušený pracovní dle svého odhadu. To sebou většinou přináší, že reguluje proces častěji než by tomu tak bylo, kdyby byl řízen až na podněty z regulačního diagramu.

## V.6. Korelační diagram

Korelační diagram má stejně jako histogram použití v malosériové a středněsériové výrobě s tím, že ho lze používat i ve velkosériové a hromadné, ale tam se spíše uplatní robustnější nástroje zjišťování závislostí mezi naměřenými daty.

Určitý význam a možné použití je i v kusové a malosériové výrobě, pokud jde výrobu pružnou. Vezměme si příklad obráběcího stroje CNC, který bude zpracovávat stejný materiál, ale jiný rozměr nebo tvar. V případech, kdy rozměr a tvar nebudou mít vliv na sledovaný znak jakosti, můžeme korelační diagram použít.

## V.7. Vývojový diagram

Vývojový diagram je pravděpodobně nejužívanějším nástrojem řízení jakosti a užívá v celém spektru druhů výrob. Najdeme nesčetně příkladů, kdy je používán v hromadné výrobě k definici procesů, toku materiálu apod. A stejně tak je hojně využíván i v kusové výrobě. Příkladem budiž práce programátorů, těžko si představit typičtější ukázkou kusové výroby, kterým dokonce norma ČSN ISO 5807, *Zpracování informací. Dokumentační symboly a konvence pro vývojové diagramy toku dat, programu a systému, síťové diagramy a diagramy zdrojů systému*, předepisuje značky a symboly vývojového diagramu.

## V.8. Vyhodnocení

Tab. 7: Vyhodnocení použitelnosti 7 základních nástrojů řízení podle Išikawy pro různé typy výroby z hlediska opakovatelnosti výrobku

		Typ výroby				
		kusová	malosériová	středněsériová	velkosériová	hromadná
Nástroje řízení jakosti	Išikawův diagram	✓	✓	✓	✓	✓
	Kontrolní tabulka	✗	✓	✓	✓	✓
	Histogram	✗	✓	✓	✓	✓
	Paretův diagram	✗	✗	✓	✓	✓
	Regulační diagram	✗	✗	✓	✓	✓
	Korelační diagram	✗	✗	✓	✓	✓
	Vývojový diagram	✓	✓	✓	✓	✓

Symbol ✓ značí, že nástroj je pro daný typ výroby použitelný, symbol ✗ znamená, že nástroj je pro daný typ nepoužitelný nebo pouze ve speciálních případech, které do hodnocení nezahrnujeme.

# VI. POSOUZENÍ EFEKTIVNOSTI NÁSTROJŮ V JEDNOTLIVÝCH TYPECH VÝROB

## VI.1. Išikawův diagram

Efektivnost Išikawova diagramu stojí a padá na tom zjistit pokud možno všechny zásadní příčiny problému. K tomu je třeba sestavit správný tým, používat metody brainstormingu a správně moderovat jeho tvorbu. Neméně důležité je přenést výstupy získané tvorbou diagramu a napravit ty příčiny, které jdou.

Kritériem efektivity není typ výroby, a proto z tohoto hlediska posoudit nelze. Išikawův diagram může být efektivní ve všech typech výroby.

## VI.2. Kontrolní tabulky

Kontrolní tabulky mají smysl až od většího množství zpracovávaných dat. Pokud je zpracovávaných dat málo a na projektu pracuje malý kolektiv nebo jedinec, tak je schopen si data pamatovat pracuje s nimi mimoděk i bez tabulek. Tabulky se uplatní u větších výroby, když se na výrobě podílí větší kolektiv a když je potřeba získaná data uchovávat.

Ač je tu souvislost s velikostí zpracovávaných dat, tak měřítkem efektivity tabulek není jejich počet, ale jak je s nimi dále nakládáno.

## VI.3. Histogram

Obecně lze říci, že čím více dat tím lépe. Kvůli přehlednosti by počet tříd neměl přesáhnout 20. Dosazením do Sturgesova pravidla 220 tříd nám vyjde 572 tis. vzorků.

V tomto případě je zajímavější relativní efektivnost, kdy bychom histogram porovnávali s jinými metodami. V tomto případě bychom zjistili, že histogram je nejefektivnější pro malé datové soubory cca 50 až 200 vzorků. Od více vzorků je výhodnější používat robustnější a sofistikovanější nástroje jako jsou např. testy distribucí.

Histogram je nejefektivnější pro malosériovou a středně sériovou výrobu. Ve velkosériové a hromadné výrobě lze použít také, a také efektivně, ale pouze jako pomocný nástroj pro „nástřel“ nebo jako pomocný nástroj pro další statistické metody řízení jakosti.

## VI.4. Paretův diagram

Efektivita Paretova diagramu je v tom nakolik je názorný a dokážeme pomocí něho přesvědčit své obchodní partnery případně nadřízené o nutných změnách. Kromě omezení v kusové a malosériové výrobě, viz předchozí kapitola, není efektivita tohoto nástroje závislá na typu výroby.

## VI.5. Regulační diagram

Regulační diagram není jednorázový nástroj, ale vyhodnocuje kontinuálně sbíraná data v čase. Co se velikosti dat týče, existuje pro něj omezení pouze zdola.

Definujme si jeho efektivnost nákladovou funkcí. Mějme nákladovou funkci na sestrojení diagramu

$$CN(n) = c n_0 + c (n + n_0), \quad (21)$$

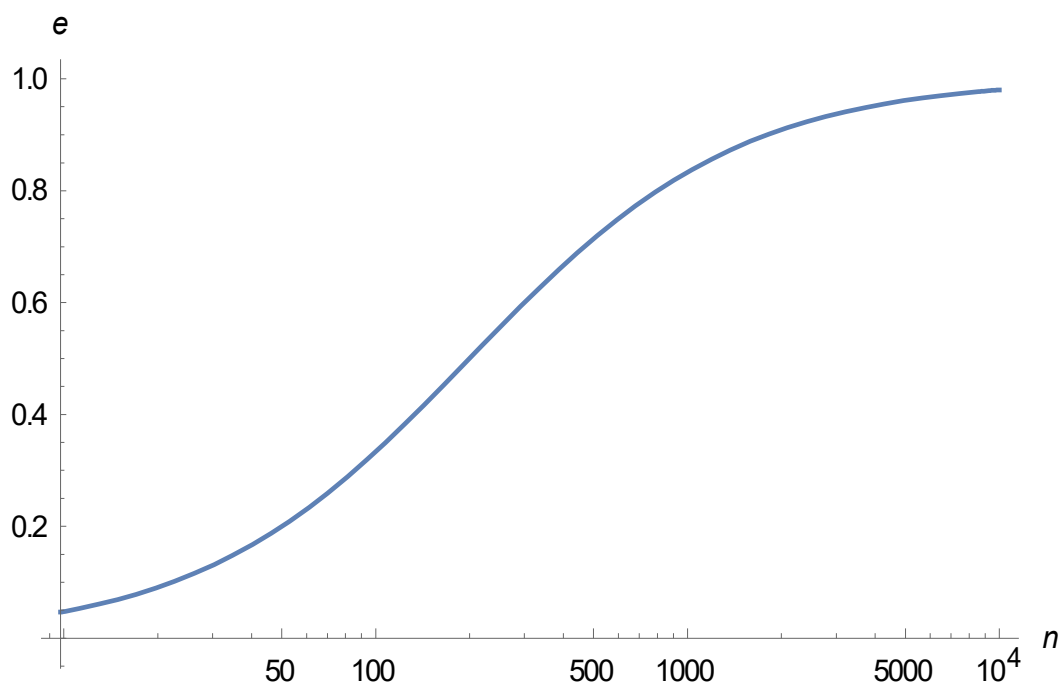
kde  $CN$  jsou celkové náklady,  $c$  jsou náklady na získání dat z jednoho výrobku (peníze a čas),  $n_0$  je počet získaných dat pro určení počátečních parametrů regulačního diagramu (pro nás 100) a  $(n + n_0)$  je celkový počet získaných dat.

Označme si efektivnost písmenem  $e$  a definujme si ji jako

$$e = \frac{1}{CN(n)/n}. \quad (22)$$

Pakliže bude uvažovat  $c = 1$ , bude tento výraz „normalizovaný“ a bude platit následující tvrzení.

Nástroj nazveme efektivním, pokud se  $e \rightarrow 1$ , a naopak neefektivním, pokud  $e \rightarrow 0$ .



Obr. 42: Graf efektivnosti kontrolního diagramu

Ještě bychom si mohli definovat *kritérium maximální efektivity*  $k_{ef}$  jako interval, kde změna počtu kontrolních jednotek téměř nezmění efektivitu kontrolního diagramu, tedy

$$\frac{\Delta e}{\Delta n} = \frac{de}{dn} \rightarrow 0. \quad (23)$$

Výraz  $de/dn$  znamená derivaci efektivity  $e$  podle  $n$ . Provedme.

$$\frac{de}{dn} = -\frac{c n}{(c n_0 + c(n + n_0))^2} + \frac{1}{c n_0 + c(n + n_0)} \quad (24)$$

Víme, že derivace je směrnici křivky v daném bodě. Tím můžeme definovat meze maximální efektivity sklonem křivky a tedy ve stupních nebo radiánech, dle libosti.

$$k_{ef} = \arctg \left( -\frac{c n}{(c n_0 + c(n + n_0))^2} + \frac{1}{c n_0 + c(n + n_0)} \right) \quad (25)$$

Můžeme si stanovit, že chceme pracovat s regulačním diagramem, pokud

$$k_{ef} \in \langle -10^\circ; 10^\circ \rangle.$$

## VI.6. Korelační diagram

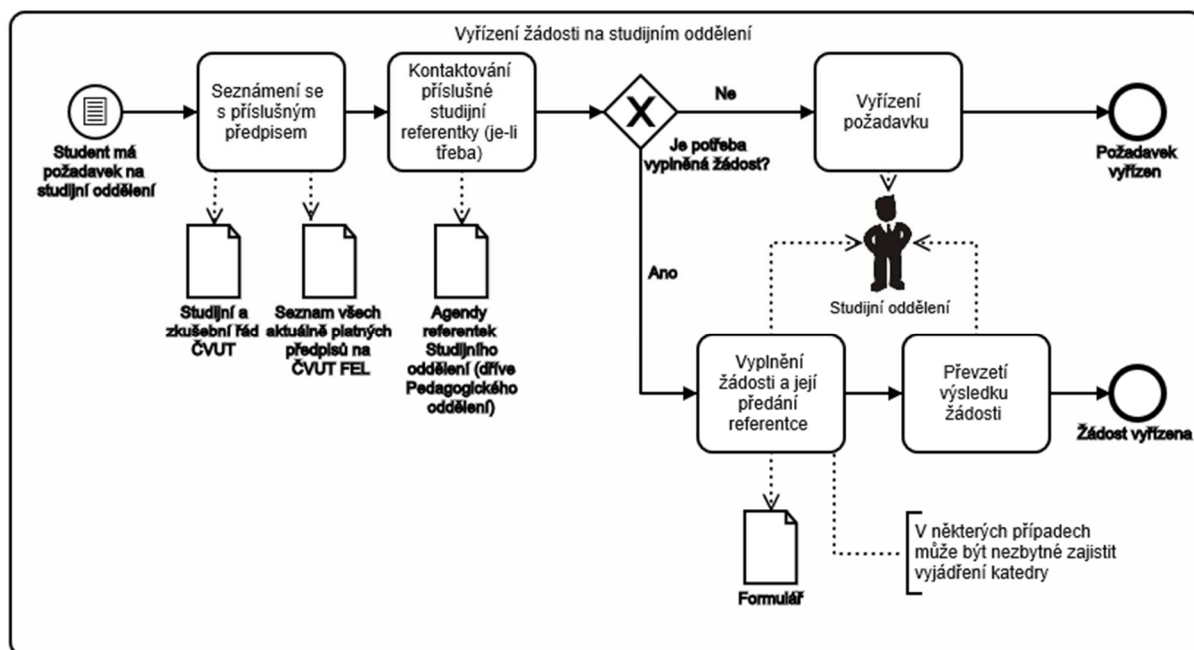
Korelační diagram je na tom s efektivností podobně jako histogram, ale navíc jeho použití je omezeno shora. Efektivnost je velice dobrá pro menší datové soubory a je jedno zda tyto soubory máme z malosériové výroby nebo výroby hromadné.

Pro větší datové soubory stoupá použitelnost nástrojů, jako je bodový diagram, lineární, logistická regrese apod.

## VI.7. Vývojový diagram

Vývojový diagram lze efektivně využívat v každém typu výroby od kusové po hromadnou. Uplatní se zejména při definování postupů složitých procesů (vývoj softwaru, definování procesu výroby mikročipů apod.), u stanovení postupu při události, která se stává slovy Dr. Chocholouška „jednou za dvacet let“ nebo pro stanovení pracovních postupů na pozicích, kde nejsou kladeny vysoké nároky na inteligenci zaměstnanců (pokyny typu: měříš šířku – vezmi si posuvné měřítko atd.).

Vzhledem k výše řečenému se lze jenom dohadovat, do které kategorie zařadit studenty FEL ČVUT, pro něž je určen následující procesní diagram.



Obr. 43: Vyřízení žádosti na studijním oddělení. Převzato z [ 8 ]

## VI.8. Vyhodnocení

Tab. 8: Vyhodnocení efektivity 7 základních nástrojů řízení podle Išikawy pro různé typy výroby z hlediska opakovatelnosti výrobku

		Typ výroby				
		kusová	malosériová	středněsériová	velkosériová	hromadná
Nástroje řízení jakosti	Išikawův diagram	😊	😊	😊	😊	😊
	Kontrolní tabulka	😞	😐	😊	😊	😊
	Histogram	😞	😊	😊	😐	😐
	Paretův diagram	😞	😞	😐	😊	😊
	Regulační diagram	😞	😞	😐	😊	😊
	Korelační diagram	😞	😊	😊	😐	😐
	Vývojový diagram	😊	😊	😊	😊	😊

Význam symbolů:

- 😊 Nástroj je efektivní a lze doporučit jeho použití
- 😐 Nástroj lze použít, ale není vysoce efektivní nebo je efektivní, ale pro daný datový soubor existují lepší nástroje pro zvolené použití.
- 😞 Nástroj je neefektivní nebo nelze použít.

# VII. PŘÍKLADY POUŽITÍ 7 ZÁKLADNÍCH NÁSTROJŮ ŘÍZENÍ JAKOSTI V PRAXI

## VII.1. STRUKTUROVANÁ KABELÁŽ

Jako příklad z praxe si uvedeme montáž strukturované kabeláže do administrativní budovy. Konkrétně se zaměříme na montáž metalických kabelů.

### Jaký je to typ výroby?

Hned na začátku výkladu se dostáváme takřikajíc do úzkých. Z námi zkoumaných definic se může jednat o následující:

- Kusová výroba – kabely jsou jinak dlouhé, konektorovány jsou zvlášť a ručně pomocí speciálních kleští (připustíme-li, že kabely do jedné podlahové krabice jsou stejně dlouhé, což lze, tak můžeme hovořit o současné o statistickém o četnosti 1 až 16 ks, výjimečně i víc)
- Malosériová výroba – kabely tažené z jedné kanceláře jsou většinou pokládány v jednom svazku, vedou stejnou kabelovou trasou, z tohoto hlediska by mohly tvořit jeden datový celek (na jedno pracovní místo bývá požadováno 2 až 4 datová připojení, máme tedy populaci o četnosti 8 až 40 ks)
- Středněsériová výroba – kabeláž pro fitout celého nebo části podlaží administrativní budovy pokládá, jedná skupina montážníků v jeden čas (počet připojených datových zásuvek na jedno podlaží v rozmezí 100 až 500 ks)
- Velkosériová výroba – strukturovanou kabeláž do celého objektu často zajišťuje jedna firma, je záhodno, aby byla celá kabeláž stejné technologie (např. Cat. 5 nebo Cat. 6) a projektoval to stejný tým lidí (celkový počet datových připojení se pohybuje u běžných administrativních staveb v řádech tisíců)
- Hromadná výroba – pokud budeme posuzovat montáž několika podobných budov, budeme dostávat k počtům desetitisíců datových přípojních bodů.

Je třeba mít stále na paměti, že typ výrob podle četnosti opakování produktu, nezáleží pouze na četnosti, ale jsou tam i jiné faktory. Pro aplikaci nástrojů jakosti při montáži metalické strukturované kabeláže přiřadíme jednotlivým druhům výroby příslušnější označení, viz výše. Pro přehled ještě tabulka přiřazení.

Tab. 9: Přiřazení jednotlivým typům výroby k velikosti montáže

Typ výroby	kusová	malosériová	středněsériová	velkosériová	hromadná
Montáž	datová zásuvka	kancelář	fitout	celý objekt	areál, více objektů
Typický počet kusů	2	25	100	2000	10000



## Metalická strukturovaná kabeláž

Metalická strukturovaná kabeláž využívá k přenosu signálu čtyři kroucené páry. Topologie sítě bývá většinou hvězda, kdy je každá datová zásuvka napojena do switche.



Obr. 44: Ukázka topologie sítě pro jeden přípojný bod. Převzato z [ 9 ]

Při montáži strukturované kabeláže se instaluje pouze datová infrastruktura, tz. od datové zásuvky k patch panelu. Patch kabely a aktivní prvky (např. switch, server apod.) bývají dodávkou nájemce.

Mezinárodní standardy a normy dělí konkrétní dílčí prvky strukturované kabeláže na kategorie (pouze EN a ISO/IEC standard) a třídy, kdy je posuzována celá trasa (EN, ISO/IEC i TIA/EIA). Evropská norma je EN (ČSN) 50173-1 a americká je TIA/EIA 568. Porovnání rozdělení viz následující tabulka.

Tab. 10: Definice kategorií a tříd dle standardů

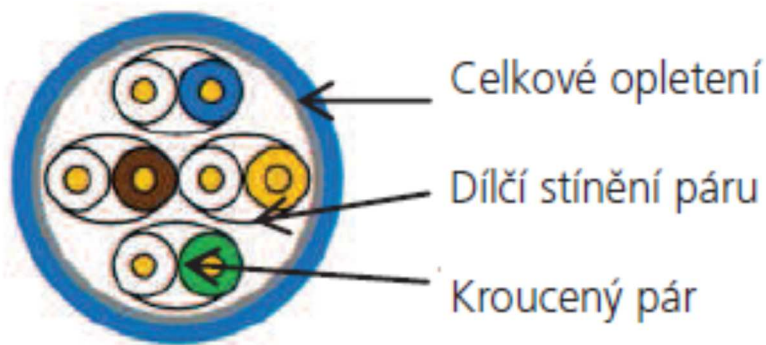
Norma				ISO/IEC	EN	TIA/EIA	
Platnost				mezinárodní	Evropa	Amerika	
Kategorie	5	Třída	D	Přenosové pásmo [MHz]	100	✓	✓
	5e		-		100	-	✓
	6		E		250	✓	✓
	6 <sub>A</sub>		E <sub>A</sub>		500	✓	-
	6A		-		500	-	✓
	7		F		600	✓	-
	7 <sub>A</sub>		F <sub>A</sub>		1000	✓	✓

Nejčastěji používána kabeláž v administrativních budovách je kategorie 5 a 6. Přenosové rychlosti a protokoly dle ČSN EN 50 173-1 uvádí následující tabulka.

Tab. 11: Přenosové rychlosti dle ČSN EN 173-1

Třída	Popis	Přenosová rychlost	Typ protokolu	Přístupová metoda
D	Fast Ethernet	100 Mbit/s	IEEE 802.3u	CSMA/CD 100BASE-TX
	Gigabit Ethernet	1 Gbit/s	IEEE 802.3ab	CSMA/CD 100BASE-T
E <sub>A</sub>	10 Gigabit Ethernet	10 Gbit/s	IEEE 802.3an	10GBASE-T

Schématický řez kabelem Cat. 5 může vypadat následovně.



Obr. 45: Schématický řez kabelem UTP Cat. 5. Převzato z [ 10 ] str. 8

Kabely Cat. 6 mají navíc páry odděleny platovým distančním křížem.

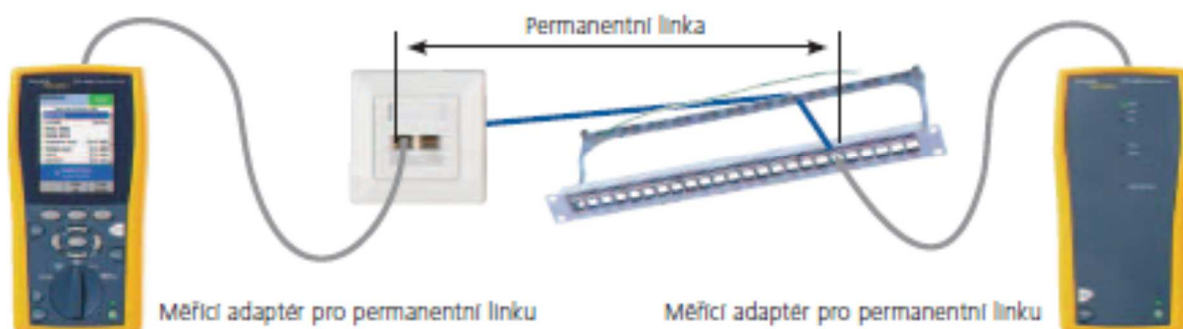
Kabely zapojují do konektorů RJ 45 podle obrázků.



Obr. 46: Barevné schéma zapojení jednotlivých vodičů a párů. Převzato z [ 13 ] str. 8

## Kontrolní tabulka

Při předání díla investorovy musí všechny datové linky fungovat. Funkci ověřujeme měřením každého kabelu, resp. datového kanálu (permanentní linka + komponenty). Každý kabel je na obou koncích štítkovaná a byl snadno identifikovatelný.



Obr. 47: Metoda měření permanentní linky bez propojovacích kabelů a patch kabelů. Převzato z [10] str. 7

Investorovi se předává dílo včetně měřicího protokolu, který dokazuje, že všechny linky jsou funkční. Než se tak stane je třeba nefungující linky opravit. Kterou máme opravit, nám řekne měřicí protokol (tento se investorovi do rukou nedostane).

ID kabelu	Souhrn	Limit testu	Délka	Světla výška	Datum / Čas
1.001	PROŠEL	TIA Cat 6 Perm. Link	24.8 m	1.2 dB (NEXT)	27.03.2014 13:39
1.002	PROŠEL	TIA Cat 6 Perm. Link	25.0 m	2.4 dB (NEXT)	27.03.2014 13:40
1.003	NEPROŠEL	TIA Cat 6 Perm. Link	28.8 m	-0.8 dB (NEXT)	27.03.2014 13:41
1.004	PROŠEL	TIA Cat 6 Perm. Link	28.5 m	3.8 dB (NEXT)	27.03.2014 13:42
1.005	PROŠEL	TIA Cat 6 Perm. Link	35.6 m	2.8 dB (NEXT)	27.03.2014 13:43
1.006	PROŠEL	TIA Cat 6 Perm. Link	35.8 m	5.9 dB (NEXT)	27.03.2014 13:43
1.007	PROŠEL	TIA Cat 6 Perm. Link	28.5 m	5.7 dB (NEXT)	27.03.2014 13:44
1.008	PROŠEL	TIA Cat 6 Perm. Link	28.8 m	7.4 dB (NEXT)	27.03.2014 13:45
1.009	PROŠEL*	TIA Cat 6 Perm. Link	37.4 m	0.0 dB (NEXT)	27.03.2014 13:45
1.010	PROŠEL	TIA Cat 6 Perm. Link	37.4 m	4.1 dB (NEXT)	27.03.2014 13:46
1.011	NEPROŠEL	TIA Cat 6 Perm. Link	37.4 m	-0.3 dB (NEXT)	27.03.2014 13:47

Obr. 48: Ukázka obsahu úvodního (rekapitulačního) listu měřicího protokolu

Výstřížek výstupu měřicího protokolu můžeme vidět na předchozím obrázku. Kromě celkového souhrnu se tiskne i měření pro každou linku zvlášť, viz následující strana.



**ID kabelu: 1.063**

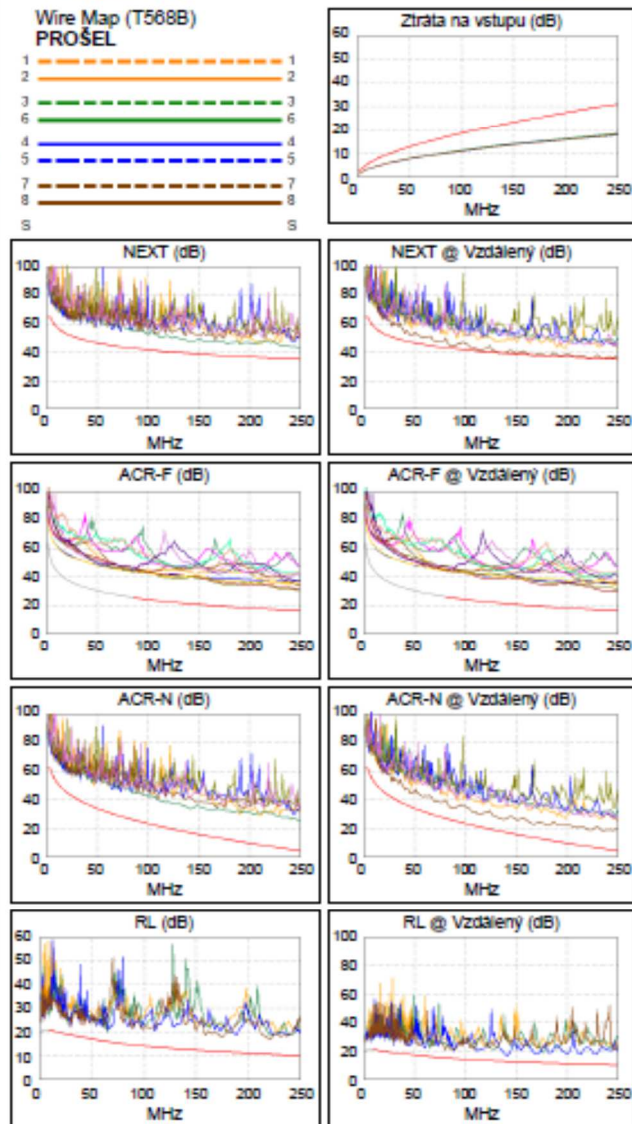
Datum / Čas: 27.03.2014 14:25:29  
Světlá výška -0.7 dB (NEXT 36-45)  
Limit testu: TIA Cat 6 Perm. Link  
Typ kabelu: GigaSPEED 1071  
Datum kalibrace: 31.01.2012

Operátor: VEGACOM  
Verze softwaru: 2.5200  
Verze limit: 1.7000  
NVP: 69.0%

**Shrnutí testu: NEPROŠEL**

Model: DTX-1800  
S/N hlavní jednotky: 9269031  
S/N vzdálené jednotky: 9269032  
Hlavní adaptér: DTX-CHA001  
Vedlejší adaptér: DTX-PLA002

Délka (m), Limit 90.0	[Pár 45]	56.5
Zpoždění propagace (ns), Limit 498	[Pár 12]	288
Zpoždění Skew (ns), Limit 44	[Pár 12]	15
Odpor (ohmy)	[Pár 12]	8.2
Ztráta na vstupu Odchylka (dB)	[Pár 36]	12.8
Frekvence (MHz)	[Pár 36]	250.0
Limit (dB)	[Pár 36]	31.1



**Nejhorší Okraj Nejhorší Barevný tón**

NEPROŠEL	Hlavní	SR	Hlavní	SR
Nejhorší pár	12-45	36-45	12-45	36-45
NEXT (dB)	7.6	-0.7 *n	7.9	-0.2
Frekv. (MHz)	141.5	168.0	248.5	235.0
Limit (dB)	39.4	38.3	35.4	35.8
Nejhorší pár	12	45	12	45
PS NEXT (dB)	8.6	1.5	8.9	1.7
Frekv. (MHz)	191.0	168.0	244.5	235.0
Limit (dB)	34.7	35.7	32.9	33.2

PROŠEL	Hlavní	SR	Hlavní	SR
Nejhorší pár	36-45	45-36	36-45	45-36
ACR-F (dB)	14.0	13.6	14.3	13.8
Frekv. (MHz)	234.5	234.5	246.0	246.0
Limit (dB)	16.8	16.8	16.4	16.4
Nejhorší pár	36	36	36	36
PS ACR-F (dB)	15.6	15.6	15.6	15.6
Frekv. (MHz)	248.5	246.5	248.5	246.5
Limit (dB)	13.3	13.4	13.3	13.4

N/A	Hlavní	SR	Hlavní	SR
Nejhorší pár	12-78	36-45	12-45	36-45
ACR-N (dB)	13.0	8.2	21.1	12.5
Frekv. (MHz)	5.1	86.8	248.5	235.0
Limit (dB)	58.4	25.7	4.4	5.8
Nejhorší pár	12	36	12	36
PS ACR-N (dB)	11.9	10.2	22.0	14.3
Frekv. (MHz)	5.1	87.0	248.5	235.0
Limit (dB)	56.1	23.1	1.8	3.1

PROŠEL	Hlavní	SR	Hlavní	SR
Nejhorší pár	78	45	78	45
RL (dB)	3.9	4.2	6.3	4.2
Frekv. (MHz)	29.3	141.0	221.5	141.0
Limit (dB)	18.7	12.5	10.5	12.5

\* Měření je v mezích přesnosti nástroje.

LinkWare Verze 8.1



Obr. 49: Měřicí protokol pro konkrétní permanentní linku

Co měříme (pouze vybrané charakteristiky):

- Délka [m]: měří se délka kabelu v metrech
- Zpoždění propagace [ns]: měří čas, který potřebuje signál, aby dorazil z jednoho konce kabeláže na druhý. Používá se pro výčet délky kabeláže.
- Zpoždění Skew [ns]: určuje zpoždění signálu mezi nejrychlejším a nejpomalejším párem vedení.
- Wire map: slouží ke kontrole správnosti zapojení jednotlivých párů v datové zásuvce a patch panelu. Zároveň je kontrolována průchodnost kabelu.
- Ztráta na vstupu [dB]: měření ztráty na vstupu ve frekvenčním rozsahu.
- NEXT (Near End Crosstalk) [dB]: přeslech signálu na blízkém konci, kolik rušivého signálu se dostává z jednoho páru datového kabelu do jiného páru na stejném konci kabelu.
- PS NEXT (Power Sum NEXT) [dB]: výkonový součet při kombinaci všech párů, je měřen signál ze tří párů a přeslech se měří ve zbývajícím páru.
- ACR (Attenuation to Crosstalk Ratio) [dB]: odstup přeslechu na blízkém/vzdáleném konci.
- RL (Return Loss) [dB]: zpětný odraz signálu z důvodu rozdílné impedance vedení.

#### Vyhodnocení měřicího protokolu dle velikosti montáže:

Měřicí protokol (kontrolní tabulka) lze použít a používá se vždy při předání díla nezávisle na množství pokládaných kabelů.

Tab. 12: Použitelnost měřicího protokolu pro různé rozsahy montáže

datová zásuvka	kancelář	fitout	celý objekt	areál, více objektů
✓*	✓	✓	✓	✓

\* Pozn.: u instalací datových zásuvek nemá smysl ze statistického hlediska a pouze slouží k prokázání funkčnosti.

#### Išikawův diagram

Z měřicího protokolu nám několik kabelů neprošlo, v tomto případě konkrétně 36 z 85, a my potřebujeme zjistit množné příčiny tohoto stavu a napříští se mu vyvarovat. K zjištění (odhadu) příčin nám poslouží Išikawův diagram, který sestavíme v týmu lidí (např. vedoucí montážní čtyry, projektant, přípravář, technik kontroly jakosti) s využitím brainstormingu.

Ukázka možného diagramu je na následující stránce.

#### Vyhodnocení Išikawova diagramu dle velikosti montáže:

Išikawův diagram může být dobrou pomůckou nezávisle na rozsahu montáže.

Tab. 13: Použitelnost Išikawova diagramu pro různé rozsahy montáže

datová zásuvka	kancelář	fitout	celý objekt	areál, více objektů
✓	✓	✓	✓	✓

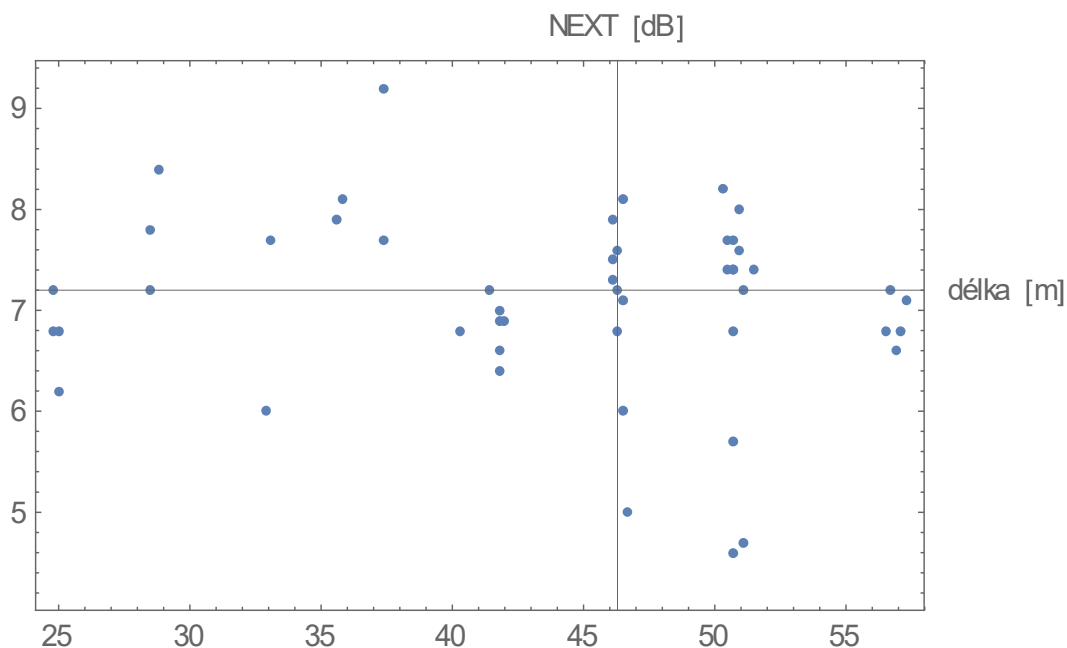


## Korelační diagram

K dalším statistickým nástrojům bychom potřebovali větší datový vzorek než je datová zásuvka nebo kancelář. Už při návrhu pracujeme s jednou veličinou, která je velice snadno zjiřitelná, předvídatelná a regulovatelná a tou je délka.

Takže se zkusíme podívat, jestli nejsou některé z naměřených parametrů závislé na délce kabelu. V tomto případě pro nás může být dostatečným vzorkem už větší kancelář, pokud se délky kabelů liší. My v našem případě budeme odhadovat závislosti na vzorku z fitoutu celé pobočky (část podlaží) s vlastním serverem.

Pro určení závislostí budou použity jen linky, které prošly.



Obr. 51: Korelační diagram závislosti délky a přeslechu signálu na blízkém konci. Pozn.: počátek os grafu byl posunut na medián délek a přeslechů, tedy „délka“ značí vodorovnou osu, „NEXT“ označuje osu svislou

Počet bodů v I. a III. kvadrantu:  $A = 10 + 10 = 20$

Počet bodů ve II. a IV. kvadrantu:  $B = 11 + 10 = 21$

$\text{Min}(A, B) = \text{Min}(20, 21) = 20$

Počet započitatelných pozorování  $N = A + B = 41 \Rightarrow$  limit je 13

Test:  $20 > 13$ ...**hodnoty nekorelují.**

Jelikož spolu délka kabelu a přeslech signálu na blízkém konci nekorelují, lze usuzovat, že přeslech je ovlivněn především zapojením konektoru nebo délkou odstranění izolace. Tak jako tak, půjde o chybu při konektorování, s největší pravděpodobností. Těchto chyb bylo v měřicím protokolu zdaleka nejvíc.

### Vyhodnocení korelačního diagramu dle velikosti montáže:

Jak již bylo řečeno, s přibývajícimi daty se spíše uplatní sofistikovanější metody, ale stále je možnost sáhnout po nástroji jednodušším.

Tab. 14: Použitelnost Išikawova diagramu pro různé rozsahy montáže

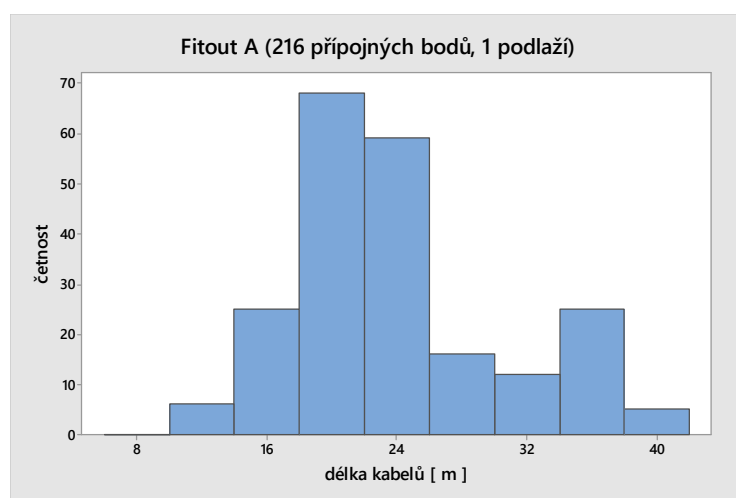
datová zásuvka	kancelář	fitout	celý objekt	areál, více objektů
-	✓	✓	✓	✓

### Histogram

Pokud bychom chtěli pracovat s většími soubory dat, je nezbytné ověřit, jestli sledované parametry pocházející z různých zdrojů (např. 2 fitouty v různých podlažích administrativní budovy) mají stejné rozložení. K tomuto účelu nám může posloužit histogram. U strukturované kabeláže se přímo nabízí porovnávat různé fitouty podle délky kabelů, ale můžeme porovnávat podle čehokoliv, co nás zajímá a máme to naměřeno.

Tato metoda není vhodná pro porovnávání datových zásuvek a kancelářů. Jednak je to malý soubor a pak se délka kabeláže zásadně liší kancelář od kanceláře v závislosti na tom, jak daleko jsou od serverovny.

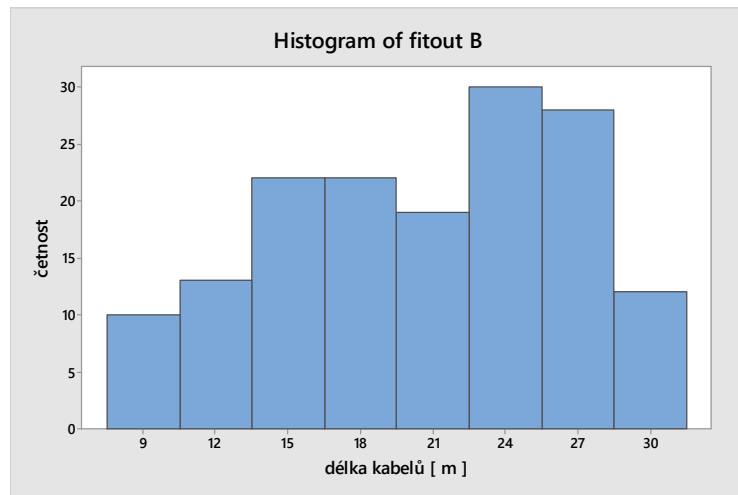
Porovnáám si rozdělení několika fitoutů.



Obr. 52: Histogram fitoutu A v administrativní budově I

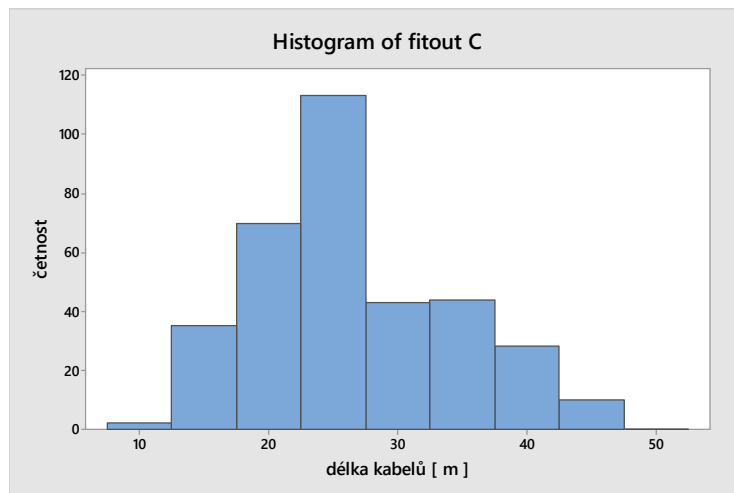
Variable	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
fitout A	216	0	23,139	0,470	6,913	10,000	18,000	22,000	28,750	40,000





Obr. 53: Histogram fitoutu B v administrativní budově II

Variable	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
fitout B	156	0	20,609	0,482	6,019	8,000	16,000	21,000	26,000	31,000



Obr. 54: Histogram fitoutu C v administrativní budově I.

Variable	N	N*	Mean	SE Mean	StDev	Minimum	Q1	Median	Q3	Maximum
fitout C	345	1	26,571	0,405	7,529	9,000	21,000	26,000	32,000	45,000

U všech fitoutů můžeme vidět nejčastější délku kabelů okolo 25 m, fitouty A a C (různá podlaží stejného objektu) vidíme ještě podobnost v tom, že při délce cca 35 m se v histogramu objevuje druhý vrchol.

Analýzou histogramů bychom mohli tvrdit, že spojovat různé fitouty v rámci jednoho objektu do větších statistických celků je možné, při spojování mezi různými objekty bychom měli být opatrnější a pečlivě zhodnotit všechny posuzované parametry závislé na délce. Ale například nejvíce chyb v kabeláži je zapříčiněno při zapojování konektorů, kde není závislost na délce kabelu.

### Vyhodnocení histogramu dle velikosti montáže:

Histogram je možné používat až na montáže velikostí fitoutů.

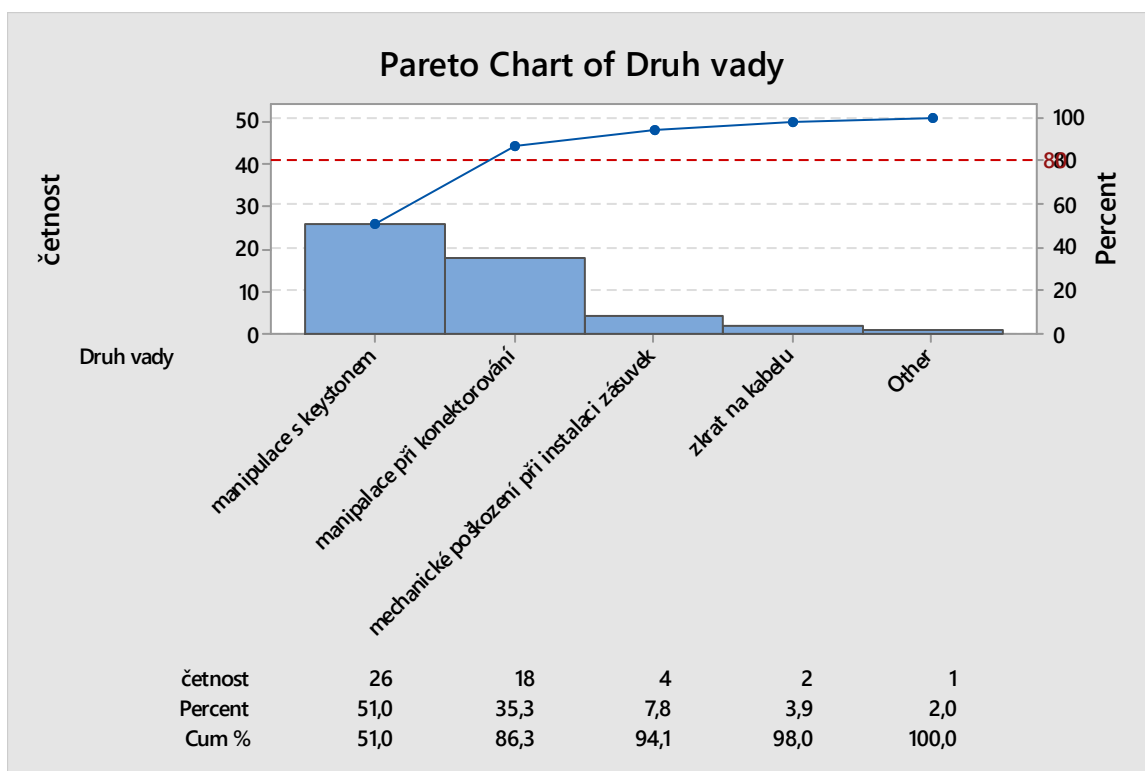
Tab. 15: Použitelnost histogramu pro různé rozsahy montáže

datová zásuvka	kancelář	fitout	celý objekt	areál, více objektů
-	-	✓	✓	✓

### Peretův diagram

Vady díla byly rozříděny do následujících kategorií

- Přerušný kabel
- Zkrat na kabelu (nejpravděpodobnější příčina je vytečení izolace vyvolené vysokým tlakem – chybějící chránička, malý poloměr ohybu)
- Mechanické poškození při instalaci do zásuvky
- Chybná manipulace s kabelem při konektorování (prohozené páry, špatné rozpletení – porušení principu asymetričnosti, zkrat při konektorování)
- Chybná manipulace s keystone (špatné nasazení, špatná síla při prořezávání – velká, malá).



Obr. 55: Peretův diagram pro vady při instalaci kabeláže

Z grafu vidíme, že bychom si při nápravě problému měli soustředit problém konektorování kabelu, jelikož životně důležité faktory oba souvisejí s konektorováním.

Řešením by mohlo být např. používání samozařezávacích keystonů.

### Vyhodnocení Paretova diagramu dle velikosti montáže:

Paretův diagram byl sestaven z několika fitoutů o celkovém množství přípojných bodů 683. Při posuzování vadovosti je třeba si ještě uvědomit, že každý kabel má dvě koncovky.

Tab. 16: Použitelnost Paretova diagramu pro různé rozsahy montáže

datová zásuvka	kancelář	fitout	celý objekt	areál, více objektů
-	-	-	✓	✓

### Regulační diagram

Používat regulační diagram při této činnosti není možné. Jednak k instalaci kabelů dochází postupně, ale kabely jsou měřeny najednou, tz. chybí tam časová závislost.

Další možností by bylo konstruovat regulační diagram na objekty, kdy jednotlivé fitouty by představovaly podskupiny. Tento přístup ovšem naráží na to, že jenom na stanovení regulačních limitů je třeba 20 pozorování. Instalovat strukturovanou kabeláž ve 20 budovách je pro firmu práce na několik let. Za tu dobu se může razantně změnit technologie.

Tab. 17: Použitelnost regulačního diagramu pro různé rozsahy montáže

datová zásuvka	kancelář	fitout	celý objekt	areál, více objektů
-	-	-	-	-

## VII.2. Výroba zapalovacích kabelů

Jelikož jsme u strukturované kabeláže nemohli uvést regulační diagram, tak se zmíníme ještě o výrobě zapalovacích kabelů mezi rozdělovačem a zapalovacími svíčkami.

Výrobce vyrábí celý sortiment těchto kabelů a dodává od automobilek po individuální zájemce. Typy výroby jsou tedy pokrytu od kusové po velkosériovou.

Jelikož se jedná o obor automotive, jsou zde od zákazníků kladeny vysoké požadavky na statistickou kontrolu jakosti výroby. Ze sedmi Išikawových nástrojů výrobce aktivně využívá dva a to regulační diagram a vývojový/procesní diagram.

### Regulační diagram

Ilustrativní příklad použití regulačního diagramu si ukážeme na prosu sekání kabelu na požadované délky. Obr. viz následující strana.

Jedná o diagramy typu  $R$  a  $\bar{x}$ . Podskupina se skládá z 5 měření. Délka je měřena ocelovým metrem s přesností na milimetry. Pro určení mezí regulace slouží prvních 50 pozorování.

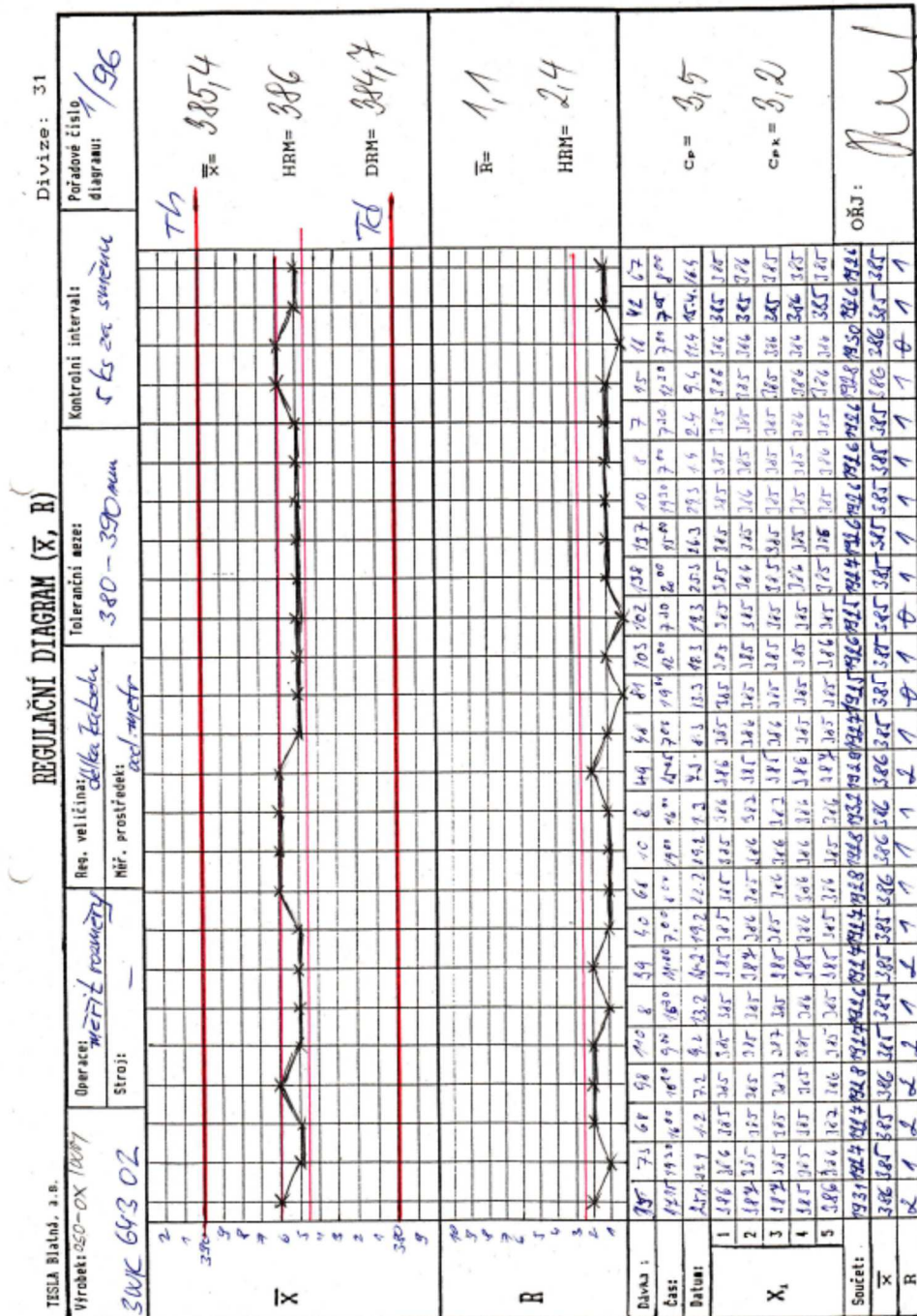
Vyhodnocení regulačního diagramu dle typu výroby:

Kvůli určení mezí je ve výrobě zapalovacích kabelů regulační diagram používán až od velikosti výroby nad 250 ks.

Tab. 18: Použitelnost Paretova diagramu pro různé rozsahy montáže

Kusová výroba	Malosériová výroba	Středněsériová výroba	Velkosériová výroba
-	-	✓	✓

Obr. 56: Ukázka regulačního diagramu pro kontrolu délek zapalovacích kabelů



# VIII. ZÁVĚR

## VIII.1. Splnění cílů práce

Práce lze rozdělit na několik logických částí. A to vytyčení cílů, přípravná teoretická část, teoretická část a praktická část.

V první části jsme si vytyčili cíle práce a zvolili při posuzování vhodnosti nástrojů k jednotlivým druhům výrob procesní přístup a definovali vnitřního a vnějšího zákazníka.

V přípravné teoretické části jsme se seznámili se sedmi základními nástroji řízení jakosti a možným rozdělením typů výrob. Z hlediska práce nejpodstatnějším dělením typů výrob bylo na výrobu kusovou, malosériovou, středně sériovou, velkosériovou a hromadnou. Abychom byly vůbec schopni konkretizovat vhodnost použití nástrojů v typech výrob, zvolili jsme z několika faktorů charakterizující každý druh výroby jeden jako rozhodující a to četnost opakování výrobku.

V teoretické části již došlo k analýze jednotlivých nástrojů a to nejdříve podle potřebného objemu dat. Tím jsme se nám nástroje rozdělily na statistické a nestatistické. Mezi statistické nástroje patří regulační diagram, histogram, Paretův diagram, korelační diagram a kontrolní tabulky. K nestatistickým nástrojům patří vývojový diagram a Išikawův diagram.

Poté jsme zhodnotili jednotlivé nástroje z hlediska použitelnosti pro jednotlivé typy výrob. U Paretova diagramu jsme spočítali při známé vadovosti počet potřebných kusů, aby bylo možno tento diagram sestavit a to na základě binomické distribuční funkce. Díky tomu jsme určili vhodné typy výrob.

Dále jsme analyzovali efektivnost jednotlivých nástrojů. U regulačního diagramu jsme si efektivnost definovali pomocí reciproké hodnoty nákladové funkce a ukázali, že by bylo možné, a to i ve složitějších případech, než je lineární nákladová funkce, posuzovat efektivnost podle vysloveného kritéria efektivnosti.

V praktické části jsme pro ověření teoretických předpokladů zvolili známou oblast montáže strukturované kabeláže. A to na konkrétním příkladu v administrativní budově. Jde o ideový návrh, jak by taková aplikace nástrojů jakosti mohla vypadat, protože firma u montáže nepoužívá ani jednu ze základních metod řízení jakosti. Po krátkém teoretickém úvodu jsme si přiřadili zapojování prvků nebo prostor k dříve definovaným typům výrob. Kdy připojení datové zásuvky/podlahové krabice jsme přiřadili ke kusové výrobě, zapojení kanceláře k malosériové výrobě, zapojení fitoutu ke středněsériové výrobě, budovu k velkosériové a areál k hromadné.

Dále už bylo přistoupeno k aplikaci jednotlivých nástrojů.

Vzhledem k tomu, že na daný typ výroby (montáže) nešlo použít regulační diagram, tak pro ukázkou byl přiložen reálný regulační diagram z výroby zapalovacích kabelů.

## VIII.2. Vyhodnocení

V praktické části jsme si ověřili správnost teoretických předpokladů a použitelnost jednotlivých nástrojů pro různé typy výroby vychází stejně.

Tab. 19: Porovnání použitelnosti jednotlivých nástrojů teoretické předpoklady vs. praktické ukázky

	Kusová	Malosériová	Středněsériová	Velkosériová	Hromadná
Išikawův diagram	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓
Kontrolní tabulka	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓
Histogram		☐	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓
Paretův diagram		☐	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓
Korelační diagram		✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓
Regulační diagram	☐	☐	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓
Vývojový diagram	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓	✓ ✓

✓ nástroj lze použít – teoretický předpoklad

✓ nástroj lze použít – praktický příklad

I přes potvrzení teoretických předpokladů na praktické ukázce námi vytvořená tabulka použitelnosti sedmi základních nástrojů podle typu výroby může sloužit pouze jako návod a nelze ji brát dogmaticky. Na jednom nebo dvou příkladech nelze vystavět statistiku a pokoušet se o to by nebylo korektní. Při definování typů výroby jsme se zaměřili pouze na jeden faktor z mnoha a ani při nejlepší snaze jsme nemohli v daném rozsahu zhodnotit všechny možnosti použití všech nástrojů.

Jediné dva nástroje lze bez výjimky použít na všechny typy výrob a to jsou Išikawův a vývojový diagram. Použitelnost všech ostatních nástrojů musíme posuzovat individuálně. Například při posuzování použitelnosti regulačního diagramu pro náš příklad strukturované kabeláže jsme museli konstatovat, že i přes dostatečný počet instalovaných kabelů daný nástroj nelze použít kvůli časové nesouslednosti.





## LITERATURA

- [1] Editorial Committee of Reminiscences of Ishikawa. 1993. *Kaoru Ishikawa—The man and quality control* (in English). Tokyo: Union of Japanese Scientists and Engineers (JUSE) Publishers.
- [2] Ryan, T. P. 2011. *Statistical Methods for Quality Improvement, Third Edition*. New York: John Wiley and Sons. ISBN 978-1-118-05809-1.
- [3] Montgomery, Douglas. C. 2009. *Introduction to Statistical Quality Control, 6th Edition*. New York: John Wiley and Sons. ISBN 978-0-470-16992-6.
- [4] Tague, Nancy R. *The Quality Toolbox, Second Edition*. Milwaukee, Wisconsin: ASQ Quality Press. 2005. ISBN 0-87389-639-4.
- [5] Nenadál, Jaroslav et al. *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. Vyd. 1. Praha: Management Press, 2008. 377 s. ISBN 978-80-7261-186-7.

### On-line zdroje:

- [6] Bruce Shorty na projektu Wikipedie v jazyce čeština – Na Commons přeneseno z cs.wikipedia., Volné dílo, <https://commons.wikimedia.org/w/index.php?curid=9024401>
- [7] NOVÁK, Josef a kol. *Organizace a řízení, učební text. Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava. Ostrava 2007. [online]*  
Dostupné online: <http://projekty.fs.vsb.cz/414/organizace-a-rizeni.pdf>
- [8] Centrum znalostního managementu, FEL ČVUT. ČVUT>Služby>Vyřízení žádosti na studijním oddělení. [online]  
Dostupné online: <https://procesy.cvut.cz/bpm/process.xhtml?pid=384&tenant=7>
- [9] *Základy strukturované kabeláže*. Napsáno pro ELKOV elektro a.s. Aktualizováno 23. 1. 2015 [online]  
Dostupné online: <http://www.ladinn.cz/ostatni/technika/SKS.html>

### Firemní literatura, katalogy apod.:

- [10] Schrack technik. *Datové produkty. K-DATA-CZ6*.
- [11] LAN-TEC. *Strukturovaný kabelážní systém - příručka. [online]*  
Dostupné online: [https://www.variant.cz/soubory-ve-skladu/Karty/Spol\\_Zarazene/01-MANU%C3%81LY%20CS/SKS%20prirucka%20-%20man-a4.pdf](https://www.variant.cz/soubory-ve-skladu/Karty/Spol_Zarazene/01-MANU%C3%81LY%20CS/SKS%20prirucka%20-%20man-a4.pdf)

### Normy a standardy:

- [12] ČSN EN 50173-1 *Informační technologie - Univerzální kabelážní systémy - Část 1: Všeobecné požadavky a kancelářské prostředí*



# SEZNAM OBRÁZKŮ

Obr. 1: Diagram rybí kosti .....	15
Obr. 2: 4S diagram .....	16
Obr. 3: 8P diagram .....	16
Obr. 4: 6M diagram .....	17
Obr. 5: Diagram pro experimenty .....	17
Obr. 6: Diagram rybí kosti pro obchod .....	18
Obr. 7: Diagram následků .....	18
Obr. 8: Hlavička kontrolní tabulky .....	20
Obr. 9: Kontrolní tabulka lokalizace vad .....	20
Obr. 10: Kontrolní tabulka rozdělení znaků jakosti .....	21
Obr. 11: Normální rozdělení .....	23
Obr. 12: Skosený graf.....	23
Obr. 13: Dvouvrcholový graf.....	24
Obr. 14 Vícevrcholový graf .....	24
Obr. 15 Graf s okrajovým peakem .....	24
Obr. 16 Kombinovaný graf .....	25
Obr. 17 Graf s odlehlými hodnotami .....	25
Obr. 18: Plochý tvar grafu.....	25
Obr. 19: Useknutý tvar grafu.....	26
Obr. 20: Graf oříznutého středu .....	26
Obr. 21: Graf „psího žrádla“ .....	26
Obr. 22: Paretův diagram a aplikace kritéria 80/20 .....	29
Obr. 23: Kontrolní diagram. Převzato z [ 4 ] str. 158. ....	30
Obr. 24: Kontrolní diagram – test vymežitelných příčin, body mimo regulační meze.....	31
Obr. 25: Kontrolní diagram – test vymežitelných příčin, 9 bodů za sebou leží nad nebo pod CL .....	31
Obr. 26: Kontrolní diagram – test vymežitelných příčin, 6 po sobě klesajících nebo stoupajících bodů.....	31
Obr. 27: Kontrolní diagram – test vymežitelných příčin, 15 bodů v řadě ve vnitřní třetině regulačního pásma.....	32
Obr. 28: Kontrolní diagram – 8 bodů za sebou, z nichž žádný není ve vnitřní třetině regulačního pásma.....	32
Obr. 29: Příklad korelačního diagramu. Převzato z [ 4 ] str. 473.....	33

Obr. 30: Příklad vývojového diagramu. Převzato z [ 6 ].....	34
Obr. 31: Příklad lineárního vývojového diagramu. Překresleno z [ 5 ] str. 306 .....	35
Obr. 32: Příklad vývojového diagramu vstup/výstup. Překresleno z [ 5 ] str. 306 .....	35
Obr. 33: Příklad integrovaného vývojového diagramu. Překresleno z [ 5 ] str. 307.....	36
Obr. 34: Rozdělení typů výrob podle četnosti opakování.....	42
Obr. 35 Ukázkový příklad R-chart.....	46
Obr. 36 Graf závislosti četnosti pozorování na počet tříd histogramu.....	48
Obr. 37: Použitelnost jednotlivých nástrojů z hlediska zpracovaných dat.....	50
Obr. 38: Distribuční funkce pro sestrojení Paretova diagramu o 5 různých vadách s parametry procesu $p_1 = 0,015$ , $p_2 = 0,010$ , $p_3 = 0,007$ , $p_4 = 0,005$ a $p = 0,003$ .....	52
Obr. 39: Distribuční funkce pro sestrojení Paretova diagramu o 5 různých vadách s parametry procesu $p_1 = 0,15$ , $p_2 = 0,10$ , $p_3 = 0,07$ , $p_4 = 0,05$ a $p = 0,03$ .....	53
Obr. 40: Hustota pravděpodobnosti binomického rozdělení pro dílčí pravděpodobnosti $p_1 = 0,15$ , $p_2 = 0,10$ , $p_3 = 0,07$ , $p_4 = 0,05$ a $p = 0,03$ (seřazeno zprava) .....	53
Obr. 41: Nejpravděpodobnější Paretův diagram při známé pravděpodobnosti jednotlivých vad .....	54
Obr. 42: Graf efektivnosti kontrolního diagramu .....	58
Obr. 43: Vyřízení žádosti na studijním oddělení. Převzato z [ 8 ] .....	60
Obr. 44: Ukázka topologie sítě pro jeden přípojný bod. Převzato z [ 9 ] .....	63
Obr. 45: Schématický řez kabelem UTP Cat. 5. Převzato z [ 10 ] str. 8 .....	64
Obr. 46: Barevné schéma zapojení jednotlivých vodičů a párů. Převzato z [ 13 ] str. 8 .....	64
Obr. 47: Metoda měření permanentní linky bez propojovacích kabelů a patch kabelů. Převzato z [10] str. 7.....	65
Obr. 48: Ukázka obsahu úvodního (rekapitulačního) listu měřicího protokolu .....	65
Obr. 49: Měřicí protokol pro konkrétní permanentní linku .....	66
Obr. 50: Išikawův diagram pro nefunkční permanentní linku .....	68
Obr. 51: Korelační diagram závislosti délky a přeslechu signálu na blízkém konci. Pozn.: počátek os grafu byl posunut na medián délek a přeslechů, tedy „délka“ značí vodorovnou osu, „NEXT“ označuje osu svislou.....	69
Obr. 52: Histogram fitoutu A v administrativní budově I .....	70
Obr. 53: Histogram fitoutu B v administrativní budově II.....	71
Obr. 54: Histogram fitoutu C v administrativní budově I. ....	71
Obr. 55: Paretův diagram pro vady při instalaci kabeláže .....	72
Obr. 56: Ukázka regulačního diagramu pro kontrolu délek zapalovacích kabelů.....	74

# SEZNAM TABULEK

Tab. 1: Prvotní analýza procesu pomocí histogramu .....	27
Tab. 2: Finanční ztráty reklamací vad LCD panelů .....	29
Tab. 3: Korelační tabulka. Převzato z [ 4 ] str. 472.....	33
Tab. 4: Rozdělení typu výroby dle četnosti opakování .....	42
Tab. 5: Data pro ilustrativní příklad použití regulačního diagramu (X-chart, R-chart, S-chart) .....	44
Tab. 6: Nejpravděpodobnější počet vad podle druhů ze vzorku 500 kontrolovaných výrobků při známé vadovosti .....	54
Tab. 7: Vyhodnocení použitelnosti 7 základních nástrojů řízení podle Išikawy pro různé typy výroby z hlediska opakovatelnosti výrobku .....	56
Tab. 8: Vyhodnocení efektivnosti 7 základních nástrojů řízení podle Išikawy pro různé typy výroby z hlediska opakovatelnosti výrobku .....	61
Tab. 9: Přiřazení jednotlivým typům výroby k velikosti montáže .....	62
Tab. 10: Definice kategorií a tříd dle standardů .....	63
Tab. 11: Přenosové rychlosti dle ČSN EN 173-1 .....	63
Tab. 12: Použitelnost měřicího protokolu pro různé rozsahy montáže .....	67
Tab. 13: Použitelnost Išikawova diagramu pro různé rozsahy montáže .....	67
Tab. 14: Použitelnost Išikawova diagramu pro různé rozsahy montáže .....	70
Tab. 15: Použitelnost histogramu pro různé rozsahy montáže.....	72
Tab. 16: Použitelnost Paretova diagramu pro různé rozsahy montáže.....	73
Tab. 17: Použitelnost regulačního diagramu pro různé rozsahy montáže.....	73
Tab. 18: Použitelnost Paretova diagramu pro různé rozsahy montáže.....	74
Tab. 19: Porovnání použitelnosti jednotlivých nástrojů teoretické předpoklady vs. praktické ukázky.....	76



# PŘÍLOHY

PŘÍLOHA 1: Konstanty pro regulační diagram

PŘÍLOHA 2: Kde se v češtině vzala jakost

PŘÍLOHA 3: Kaoro Išikawa, život a filosofie

# PŘÍLOHA 1: Konstanty pro regulační diagram<sup>1</sup>

**Table E Control Chart Constants**

n	For Estimating Sigma		For $\bar{X}$ Chart (Standard Given)		For $\bar{X}$ Chart (Standard Given)		For R Chart (Standard Given)		For R Chart (Standard Given)		For s chart (Standard Given)		
	$c_4^*$	$d_2$	$A_2$	$A_3^*$	A	$D_3$	$D_4$	$D_1$	$D_2$	$B_3$	$B_4$	$B_5^*$	$B_6^*$
2	0.7979	1.128	1.880	2.659	2.121	0	3.267	0	3.686	0	3.267	0	2.606
3	0.8862	1.693	1.023	1.954	1.732	0	2.575	0	4.358	0	2.568	0	2.276
4	0.9213	2.059	0.729	1.628	1.500	0	2.282	0	4.698	0	2.266	0	2.088
5	0.9400	2.326	0.577	1.427	1.342	0	2.115	0	4.918	0	2.089	0	1.964
6	0.9515	2.534	0.483	1.287	1.225	0	2.004	0	5.078	0.030	1.970	0.029	1.874
7	0.9594	2.704	0.419	1.182	1.134	0.076	1.924	0.205	5.203	0.118	1.882	0.113	1.806
8	0.9650	2.847	0.373	1.099	1.061	0.136	1.864	0.387	5.307	0.185	1.815	0.179	1.751
9	0.9693	2.970	0.337	1.032	1.000	0.184	1.816	0.546	5.394	0.239	1.761	0.232	1.707
10	0.9727	3.078	0.308	0.975	0.949	0.223	1.777	0.687	5.469	0.284	1.716	0.276	1.669
15	0.9823	3.472	0.223	0.789	0.775	0.348	1.652	1.207	5.737	0.428	1.572	0.421	1.544
20	0.9869	3.735	0.180	0.680	0.671	0.414	1.586	1.548	5.922	0.510	1.490	0.504	1.470
25	0.9896	3.931	0.153	0.606	0.600	0.459	1.541	1.804	6.058	0.565	1.435	0.559	1.420

\*Columns marked with an asterisk are from The American Society for Quality Control Standard A1, Table 1, 1987. Reprinted with permission of the American Society for Quality Control. The balance of the table is from Table B2 of the A.S.T.M. *Manual of Quality Control of Materials*. Copyright American Society for Testing Materials. Reprinted with permission.

<sup>1</sup> Převzato z Ryan, T. P. 2011. *Statistical Methods for Quality Improvement*, Third Edition. New York: John Wiley and Sons. ISBN 978-1-118-05809-1. Str. 641.





## PŘÍLOHA 2: Kde se v češtině vzala jakost

Co je to jakost? Předlohou slova jakost je latinské slovo *qualitas* a řecké *poiotês*. Podívejme se však na článek Františka Oberpfalcera (1926) o vniku slova jakost.

„Slovo *qualitas* utvořil Cicero, když potřeboval pro svá filosofická díla ekvivalent za řecké *poiotês*, jež pochází asi od Platona nebo od některého sofistů řeckého. U Platona značí *poiotês* skutečnost, že něco je takové a takové. Je to substantivum utvořené od adjektivního *poios*, které samo je jmennou odvozeninou od neurčitého zájmena a mělo v řečtině význam kvalitativní (jako naše jaký). Platon užíval často neurčitého *poios* samostatně, vymanil je z podřízenosti příklonného zájmena neurčitého a tak mohl dospět k utvoření substantiva podle vzorů jako *homoiotês* podobnost k *homoiôs* podobný, nebo *heteroiotês*, *alloiotês* různost k *heteroiôs*, *alloiôs* různý. Latina měla staré adj. *qualis*, ale neurčitý význam u něho byl jen *graecismus*. Proto nás nepřekvapuje, že Cicero, který si v tvoření nových slov vedl velmi opatrně, se značnými rozpaky zaváděl novotu *qualitas*... Ale slovo to se rychle ujalo v mluvě vzdělaných vrstev římských a po Ciceronovi ho užívají všichni prozaikové. Lidová mluva latinská ho však neznala, jako ani řecké *poiotês* nepřešlo v obecný *usus*. Proto je mají románské jazyky dnešní jen jako výpůjčku z latiny, která byla jazykem středověkých vzdělanců. Do franštiny bylo zavedeno *qualité* od XII. stol. a francouzská forma se stala vzorem v severní Evropě. Angličtina přejala latinská abstrakta na *-tas* v podobě *franc. -té*, změněného v *-ti*, odtud *quality*; němčina má od XVI. stol. tvar *Qualität*.

...  
Slované si pro tento potřebný pojem moderní vzdělanosti zavedli názvy vlastní, ale napodobili při tom věrně Cicerona, jež *qualitas* připojil ke *qualis*.

Tolik o slovech *qualitas* — jakost. Zbývá ještě dodat, že Řekové k *poiotês* připojili později *posotês* (*posos* = jak veliký), jež je po prvé dosvědčeno u Aristotela. Podle tohoto vzoru si zavedli Latináci *quantitas* za doby Augustovy; u lat. *quantus* předpokládaný význam neurčitý schází úplně... *Quantitas* se také stalo nutným inventářem všech kulturních jazyků. U nás je překládají kolikost (F. L. Čelakovský psal také: „abyste zde nějakou kolikost dní pobyl“, viz Kott IV, 642), lužičtí Srbové říkají *kelkosć*, Poláci *ilość*, Rusové *količestvo*, Malorusové (*s*)*kilkist atd.*“<sup>1</sup>

Dále ve svém článku Oberpfalcer cituje Tomáše ze Štítného, který ve svém díle „Řeči besední“ píše:

„Když má slušnou barvu aneb *cos bud' takového*, ješto v tom bývá libost čichóm, nebo ješto bude tiem dobré něco. Toť miením, ješto latině *qualitas* slove, i neumiemť česky vyřéci toho.“

Z citovaného textu a z dnešního významu slova kvalita bychom mohli předjímat, že *qualitas* znamená nějaké lepší vlastnosti (slušnou barvu, libost čichóm). To by ovšem nebyl úplně správný výklad, neboť Tomáš ze Štítného dále píše:

„Aby, ktož má hbitější rozum a čte v mých kněhách, rozuměl, coj to, ješto forma slove, a coj *qualitas*. Jednoť jest postava a jako obraz, a druhé, ješto učiní takový ten obraz neb tu postavu, ež bude biely neb černý, krásný nebo škaredý, libú věc neb nelibú. Neb to dvě také krásu uvodí: postava a ta věc, ež takovou učiní postavu.“

Tady již vidíme, že slovo *qualitas* mělo význam souhrnu vlastností, které dělaly věc takovou jaká je, a nehraje roli, zda bychom takovým vlastnostem přiřadili pozitivní nebo negativní konotaci (krásný nebo škaredý).

<sup>1</sup> OBEERPFALCER, František. Jakost. Naše řeč, ročník 10 (1926), číslo 7, s. 193-200. Dostupné online: <http://nase-rec.ujc.cas.cz/archiv.php?art=2303> [Cit. 2017-03-27]

Abychom nezůstávali pouze u nepřeloženého latinského slova *qualitas*, tak v dalším textu Řečí besedních píše Tomáš ze Štítného i český ekvivalent:

*„To, ješto kakost slove v tělesné věci neb v duchovní, nenie v bohu: nenie biely neb černý neb barvený neb lesknutý...“*

Slovo *kakost* nebylo běžné a předpokládá se, že vniklo jen nápodobou latinského „*qualitas*“, které je utvořeno k adjektivnímu neurčitému zájmenu „*qualis*“ a stejně přeložené *kakost* vs. *kaký*. Vztažné zájmeno „*kaký*“ bylo vytlačeno zájmenem „*jaký*“ a s jeho zánikem zašlo i podstatné jméno „*kakost*“ a na jeho místo vstoupilo slovo „*jakost*“.

*„Zdá se, že s počátku, dokud obě uvedená jména podstatná byla vedle sebe, mluva spisovná si je významově rozlišovala v tom smyslu, že kakost značilo qualitas a jakost quantitas. Toto rozlišení se objevuje v slovnících prešpurském a brněnském a v Letopisech trojanských: jakost i kakost bojujících ‚quantitas et qualitas‘. Není to ničím odůvodněno, leda tím, že i pojem quantitas dělal zčeštění obtíže...“<sup>2</sup>*

### **Jakost a kvalita**

Z výše uvedeného zjišťujeme, že se do našeho jazyka dostalo z původního latinského *qualitas* hned dvakrát. Nejdříve jako *kakost* vývojem transformované na *jakost* a poté jako *kvalita*. Nyní se podíváme, jaký je rozdíl, je-li *jaký*, mezi těmito slovy.

Z hlediska řízení organizací jsou tato slova synonyma. V praxi se pojem *jakost* používá převážně v oblasti výroby, ať už v procesu, tak ve finálním výrobku (kvalitní výrobek). Pojem *kvalita* se používá ve všech ostatních oblastech řízení organizace a v sektoru služeb. Toto rozdělení jde snadno vidět i v obecné řeči, kdy všichni, pokud chtějí dobře referovat o obsluze restaurací, řeknou, že tam byla kvalitní obsluha. *Jakostní* obsluha se nepoužívá. Zde se jedná o službu. V případě výrobků je situace jiná, tam se lze setkat jak s hodnocením kvalitní výrobek stejně jako *jakostní* výrobek.

*Jakost* na rozdíl od *kvality* se používá i ve smyslu třídy, významem německého slova *die Klasse* (I. a II. *Jakost*).

Zmiňme se ještě o drobném rozdílu ve vnímání, kdy *kvalitu* vnímáme jako něco, co by mělo být hlavním znakem jakéhokoliv výrobku, tedy chceme, aby každý výrobek byl kvalitní. Pojem *jakostní* výrobek vnímáme jako výběrový.

My v dalším textu bude přednostně používat pojem *jakost*, ale pojmy budeme bez rozdílu chápat jako synonyma.

---

<sup>2</sup> OBEERPFALCER, František. *Jakost*. Naše řeč, ročník 10 (1926), číslo 7, s. 193-200. Dostupné online: <http://nase-rec.ujc.cas.cz/archiv.php?art=2303> [Cit. 2017-03-27]

## PŘÍLOHA 3: Kaoro Išikawa, život a filosofie

Na zahajovacím ceremoniálu výročního setkání Americké společnosti pro řízení kvality (American Society for Quality Control), zkráceně ASQC, konaném v Torontu 8. května roku 1989 přednesl tehdejší prezident společnosti W.A. Golomski pietní řeč za Kaora Išikawu. Po jejím přednesení všichni z téměř třech tisíc účastníků uctili památku Dr. Išikawy minutou ticha.

Tato pocta říká mnohé o tom, že Dr. Išikawa byl významnou postavou řízení kvality nejenom v rodném Japonsku ale i na celém světě. Mimo jiné byl prvním cizincem, který byl zvolen členem Americké společnosti pro řízení kvality (1986).

Kaoru Išikawa se narodil r. 1915 Ičiru a Tomiko Išikawových. Jako nejstarší syn doslova vyrůstal s vysokým očekáváním svých rodičů a celé rodiny (8 bratrů a jedna sestra). Jak vzpomíná jeho bratr Rokuro Išikawa (prezident Japonské komory obchodu a průmyslu, předseda Kajiman Corp.):

*„Jak si zřetelně pamatuju, když přišla zpráva od našeho strýce Nobua Sekiho, toho času profesora na Technické fakultě Tokijské university, že můj bratr udělal přijímací zkoušku na Fakultu aplikované chemie, byli rodiče dojata k slzám. Žádné podobné reakce jsme se u rodičů při stejné zprávě od sourozenců již nedočkali. Na nejstaršího bratra měli rodič obrovské očekávání.*

*Jelikož nás chlapců bylo hodně, rodiče zkoušeli k udržení pořádku v rodině tím, vychovávali Kaora jako vzor pro ostatní bratry a sestru. A můj nejstarší bratr tato očekávání vyplňoval, dokončil studia s vynikajícími akademickými výsledky, stal se váženým členem společnosti, oženil se s krásnou, vřelou a chytrou ženou (Keiko) a založil šťastnou rodinu.“<sup>1</sup>*

Po absolutoriu vysoké školy Kaoru Išikawa absolvoval zkrácený tří měsíční důstojnický kurz pro inženýry a strávil dva roky v námořnictvu. Po přeřazení do zálohy byl přidělen k firmě Nissan Chemical, kde pracoval na nízkoteplotní karbonizaci uhlí. Išikawa byl zodpovědný za konstrukci suché destilační pece. Lze spekulovat, že právě tato práce ho nasměrovala k řízení jakosti, jak potvrzuje jeho tehdejší kolega Kendži Suda (bývalý ředitel Nissan Liquid Fuel).

*„Problémy suché destilace spočívaly v nestabilních dodávkách elektrického proudu během posledních fází války a těsně po ní, výpadky způsobené nálety a tajfuny, a selhání přepravníků na uhlí a koks. Hlavní podmínky pro provoz destilačních pecí byly teplota a tlak. Jakkoliv jsme kontrolovali teplotu, stabilní katalýzu uhlí a zahřátého plynu výsledek nemohl být garantován. Třistatunová pec firmy Nissan, která byla navržena německou společností Lurgi, měla zabudované dva ventilátory, jež stabilizovaly teplotu plynu, ale snadno se rozbily vlivem vysoké teploty. Zaměstnanci Lurgi byli posláni, aby nám ukázali, jak vyměnit ventilátory za provozu, ale tento pokus selhal. Kvůli opakovaným poruchám se zanášely výtoky a to vedlo ke zhoršování kvality téru a semi-koksu.*

*Toho času nejvíce diskutované téma Kaory Išikawy byl stabilní chod destilační pece. V tomto jsem mu nemohl být nápomocen, ale myslím, že odtud pochází jeho vášeň pro celoživotní dílo.“<sup>2</sup>*

<sup>1</sup> IŠIKAWA, Rokuro. Editorial Committee of Reminiscences of Ishikawa. 1993. Kaoru Ishikawa—The man and quality control (in English). Tokyo: Union of Japanese Scientists and Engineers (JUSE) Publishers. Str. 116.

<sup>2</sup> SUDA, Kendži. Editorial Committee of Reminiscences of Ishikawa. 1993. Kaoru Ishikawa—The man and quality control (in English). Tokyo: Union of Japanese Scientists and Engineers (JUSE) Publishers. Str. 36

Po skončení války byl přemluven prof. Šingem Andem, aby nastoupil jako asistent na Tokijskou universitu, kde začal učit a pracovat v Andově laboratoři.

*„Když se na to zpětně dívám, tak Dr. Išikawa byl jediný, kdo opustil laboratoř profesora Šinga Andy, aby si založil svou vlastní.“<sup>3</sup>*

Uvedme si jak jeden jeho výrok připomíná jeho student Kacuši Ogawa (ředitel pobočky petrochemických výrobků Showa Shell Sekiyu).

*„Příležitostně profesor říkal ‚Pochybuji o všech datech.‘ postupně jsem přišel na to, že to není klíčové jen v řízení kvality ale v managementu obecně, ale nejprve jsem si myslel, že nás učí strašnou věc, protože jako profesor Tokijské university nás pobízí, abychom pochybovali, místo abychom věřili. Po získání pozice v ropné společnosti a nějaké praxi jsem si přeformuloval jeho slova takto: ‚Když vidíš šoupě, předpokládej, že netěsní.‘“<sup>4</sup>*

V r. 1958 získal na Tokijské univerzitě doktorát. Jeho disertační práce byla „Vzorkování uhlí“. Po odchodu z Tokijské university byl Dr. Išikawa dlouholetým presidentem Musašihó technologického institutu, který se později transformoval na Tokijskou městskou universitu. Již během působení na Tokijské universitě se stal instruktorem řízení kvality a stal se členem JUSE, členem komise a víceředsedou Demingovy ceny a dalších komisí zabývajících se řízením kvality, vzorkováním, statistickou přejímkou apod. Propagoval řízení kvality doma v Japonsku i po celém světě, vedl kurzy, vydával přednášky a knihy, zkoumal, ale především to byl rozený praktik.

Po kratší životopisné vsuvce si povězme, kdo byl cílovou skupinou jeho sedmi základních nástrojů řízení jakosti. Dr. Išikawa věřil, že lidi jsou dobří a rád přenechával iniciativu mladým studentům a podřízeným. Tato jeho filosofie se promítala i do řízení jakosti, kdy spolu se svými kolegy zaváděl tzv. „Japonskou cestu“, která se lišila od amerického řízení jakosti, kde řízení jakosti prováděli specialisté. V japonské cestě je podstatné, že řídit jakost mají všichni zaměstnanci od nejvyššího vedení po poslední dělníky. Proto prof. Išikawa při sestavování sedmi základních nástrojů dbal jednak na to, aby byly funkční, ale i na to, aby byly dostatečně jednoduché, aby je mohl používat kdokoliv.

A že tímto směrem nepřemýšleli jenom v Japonsku, dokazuje citát podnikové psycholožky Lilian Gilberth.

*„Potkali jsme se s Lilian na mnoha konferencích a všiml si, že jejím častým tématem bylo ‚zlepšování od shora dolů‘. Její pohled na věc byl jasný. Říkala, že zlepšování od shora umožňuje organizacím vybudovat krásný, čistý a jednoduchý systém, který je báječný v každém aspektu až na jediný – nefunguje!“<sup>5</sup>*

Že Dr. Išikawa dbal při kurzech na pochopitelnost a jednoduchost přednášeného ilustruje vzpomínka jeho zetě (ředitel NEC Corp.):

*„Bylo to, když můj tchán přišel do mé společnosti učit řízení jakosti. Jelikož byl vedoucí figurov řízení kvality, očekával jsem zajímavou a přínosnou lekci, ale na druhou stranu jsem se obával, jestli jsme na požadované úrovni. No, první den jsem byl spolu s ostatními posluchači*

<sup>3</sup> SUMIDA, Takenori. Editorial Committee of Reminiscences of Ishikawa. 1993. Kaoru Ishikawa—The man and quality control (in English). Tokyo: Union of Japanese Scientists and Engineers (JUSE) Publishers. Str. 106.

<sup>4</sup> OGAWA, Kacuši. Editorial Committee of Reminiscences of Ishikawa. 1993. Kaoru Ishikawa—The man and quality control (in English). Tokyo: Union of Japanese Scientists and Engineers (JUSE) Publishers. Str. 151.

<sup>5</sup> GRAHAM, JR., Ben S.. Keynote Address at Workflow Canada [online]. 10 June 1996. Dostupné online: <http://www.worksimp.com/articles/keynoteworkflowcanada.htm>

*jedno ucho. Ale lekce od začátku do konce byla neočekávatelně lehce pochopitelná. Večer jsem mu s mírně odmítavým postojem řekl ‚Bylo to takové elementární‘. On na to řekl ‚Přednášky o řízení jakosti často obsahují složité matematické vzorce a někteří lidé si myslí, že dobrý učitel je ten, který učí obtížně pochopitelným konceptům. Ale to nikomu nepomůže. Důležité je, aby každý pochopil, jak udělat jeho společnost lepší. Někteří učitelé lehce naštvou a chovají se povyšně, ale to také nefunguje. To důležité je jak předat svoji myšlenku ... ‘‘<sup>6</sup>*

Ale ke správně fungujícímu systému řízení jakosti je potřeba jednoznačná podpora nejvyššího vedení. Ze zkušenosti říkal, že pokud přijde do podniku, kde vrcholové vedení se od řízení jakosti distancuje a deleguje ho na podřízené, tak výsledek nikdy není příznivý. Mnoho jeho spolupracovníků a studentů vzpomíná na jeho legendární hlášku, že

*„... přesvědčit podřízené z vás udělá jenom polovičního chlapa, ale přesvědčením i nadřízených se z vás stane chlap celý.“<sup>7</sup>*

Přes artikulaci základních nástrojů jakosti nebyl Dr. Išikawa příznivcem manuálů řízení jakosti.

*„... prof. Išikawa nevěřil, že řízení jakosti je něco, s čím se dá dosáhnout dobrých výsledků jednoduchým následováním manuálu, vstupní podmínky a okolnosti se mění případ od případu a každý podnik potřebuje navrhnout ten nejlepší způsob, který bude vyhovovat jejich podmínkám. Jinak budou lidé svázáni předpojatými formalitami. Z tohoto důvodu měl prof. Išikawa negativní pohled na takové manuály a nemůžeme popřít, že tento postoj měl brzdicí efekt na každou snahu v této oblasti.“<sup>8</sup>*

Jakou váhu Dr. Išikawa přikládal sedmi základním nástrojům řízení jakosti, ilustruje vzpomínka jeho diplomanta Tošira Uehary.

*„Příčina mého vstupu na pole řízení kvality byla obdržená pomoc z laboratoře prof. Išikawy pro moji diplomovou práci. Profesorova laboratoř byla známá pro ověřování teorií skutečnými daty z podniků. Já se k nim přidal a začal pracovat na zlepšení přesnosti výroby dílů pro uchycení čoček v továrně na výrobu kopírek. Nebyl problém získat data, proces výroby byl pod kontrolou, ale stále bylo příliš mnoho defektů. Hledal jsem pravou příčinu použitím celého spektra statistických metod, co jsem se dříve naučil. V domnění, že se v analýze ubírám nesprávným směrem, jsem se se zoufalstvím zeptal profesora, ale ten mi s úsměvem odpověděl ‚90% všech problémů lze vyřešit vývojovým diagramem, histogramem a regulačním diagramem. Potom bys měl ověřit, co dělají dělníci a jak jsou řízeni, protože příčiny defektů přiřaditelné dělníkům jsou omezeny nejvýše jednou pětinou.“<sup>9</sup>*

---

<sup>6</sup> KUROKAWA, Jasuši. Editorial Committee of Reminiscences of Ishikawa. 1993. Kaoru Ishikawa—The man and quality control (in English). Tokyo: Union of Japanese Scientists and Engineers (JUSE) Publishers. Str. 125

<sup>7</sup> JODŽI, Aoko. Editorial Committee of Reminiscences of Ishikawa. 1993. Kaoru Ishikawa—The man and quality control (in English). Tokyo: Union of Japanese Scientists and Engineers (JUSE) Publishers. Str. 56.

<sup>8</sup> ŠIMIZU, Šoiči. Editorial Committee of Reminiscences of Ishikawa. 1993. Kaoru Ishikawa—The man and quality control (in English). Tokyo: Union of Japanese Scientists and Engineers (JUSE) Publishers. Str. 81

<sup>9</sup> UEHARA, Toširo. Editorial Committee of Reminiscences of Ishikawa. 1993. Kaoru Ishikawa—The man and quality control (in English). Tokyo: Union of Japanese Scientists and Engineers (JUSE) Publishers. Str. 160