

## Rozhodovanie na základe faktov

Efektívne rozhodovanie je možné iba na základe správnych a presných informácií. Je potrebné ich nájsť, získať, overiť ich správnosť, analyzovať a potom nachádzať možné spôsoby riešenia. Na tento účel slúži celý rad nástrojov, metód a techník. Pozitívnu úlohu zohrávajú informačné technológie a budovanie integrovaných podnikových informačných systémov. Hlavne veľké organizácie sa dnes bez tejto podpory nezaobídu. Dôležitú úlohu má aj ochrana informácií pred poškodením, stratou v dôsledku zlyhania techniky, či ľudí, rovnako ako ochrana pred odcudzením know-how.

Princípy, prostriedky, nástroje, metódy pre zabezpečenie kvality systémov, procesov, produktov, vychádzajú zo skutočnosti, že cieľom riadenia kvality je uspokojovanie požiadaviek/potrieb zákazníkov, pričom tento cieľ je plnený integrálne, teda kvalita je chápaná ako neoddeliteľná súčasť celého reťazca všetkých činností „naprieč“ organizáciou.

Používané metódy môžeme rozdeliť na dvoch oblastí. Do prvej zaraďujeme kvantitatívne, aposteriórne metódy – **metódy hodnotenia procesov a produktov**. Do tejto oblasti patrí aj metrologické zabezpečenie, kalibrácia prístrojov. Zodpovednosť za správnosť a presnosť meraných údajov má Slovenský metrologický ústav. Druhou oblasťou sú metódy expertného hodnotenia, ktoré používame vtedy, ak pripravujeme určitú produkciu, výrobok a snažíme sa vopred zistiť, aké problémy môžu vzniknúť a ako sa im možno vyhnúť. To sú **metódy analýzy procesov a produktov** (apriórne metódy).

## Metódy hodnotenie procesov a produktov

Metódy analýzy variability/stability/spôsobilosti procesov/produktov slúžia na hodnotenie ukazovateľov kvality po stránke kvantitatívnej, t.j. hodnotenie merateľných, porovnateľných parametrov. Metódy z tejto skupiny sú známe ako metódy **SPC** (Statistical Process Control), resp. **SQC** (Statistical Quality Control), teda metódy štatistického riadenia/regulácie kvality procesov. Ich základom je využitie princípu „nemôžeme riadiť, čo nemôžeme merať“ (de Marco: “*We can't control what we can't measure*”). Jedná sa o špecializované metódy pre oblasť kvality, ale aj o klasické štatistické metódy využívané aj v mnohých iných oblastiach.

Môžeme ich rozdeliť podľa úrovne hodnotenia na metódy úvodné, stredne náročné a náročné.

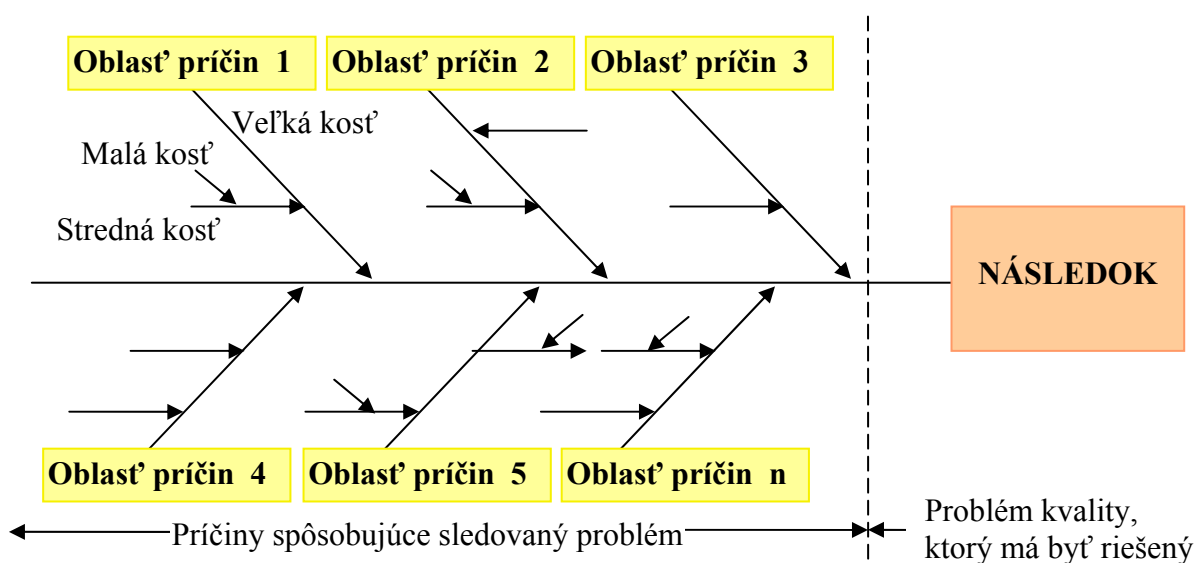
### Metódy úvodné

Metódy úvodné bývajú často označované ako metódy pre tzv. vstupnú úroveň hodnotenia. Sú názorné, vizuálne prehľadné, výpočtovo jednoduché. Do tejto skupiny zaraďujeme **7 starých nástrojov**:

- Diagram príčin a následkov (Cause and Effect diagram),
- Paretov diagram a Lorenzova krivka (Pareto diagram and Lorenz curve),
- Kontrolné tabuľky (Check lists, Tally sheets),

- Histogram (Histogram)
- Bodový diagram (Scatter diagram),
- Stratifikácia (Stratification),
- Regulačný diagram (Control Chart).

**Diagram príčin a následkov** (C-E diagram) vychádza z brainstormingu, resp. panelovej diskusie, z hľadania príčin, pre ktoré určitý následok (negatívne sa prejavujúci v kvalite) mohol vzniknúť. Podľa Ishikawu sa príslušné zobrazenie nazýva aj diagramom rybacej chrbtice (Fishbone Diagram) (Obr. 1). Postupnosť jednotlivých činností či už výrobnými, alebo nevýrobnými systémami sa zobrazuje v diagrame zakresľovaním hlavných, vedľajších a elementárnych vplyvov, ktoré sú v daných oblastiach pre kvalitu vznikajúceho produktu rozhodujúce.



**Obr. 1 Všeobecná štruktúra C-E diagramu**

Ishikawa rozdelil oblasti príčin do tzv. **5M skupín**: **M**aterials (Resources), **M**achines (Equipments), **M**ethods (Technologies), **M**easurements (Monitoring), **M**en (Manpower). Dnes sa však používa zväčša tzv. **7M skupín**, k pôvodným oblastiam sa pridáva – **M**anagement a **E**nvironment a niekedy ešte aj **M**oney a **M**arket.

Do jednotlivých skupín príčin sa, podľa typu analyzovaného systému, zaraďujú spravidla príčiny, vytvárajúce podskupiny – stredné kosti a detaily – malé kosti. Toto členenie môže byť napr. nasledovné (Floreková 1998):

- **Materials:** suroviny, zdroje, energie, polotovary – pri výrobných procesoch, typy, druhy dodávok pri obchodných, distribučných procesoch, dokumenty, informačné zdroje – pri nevýrobných procesoch, resp. pri službách nehmotného typu.
- **Machines:** stroje, zariadenia, výrobné linky (konštrukcia, údržba), dopravné zariadenia, sklady, komunikačné prostriedky, informačné technológie.
- **Methods:** technologické/výrobné/servisné procesy a postupy, automatizácia, ovládanie.

- **Measurements:** prístroje a postupy pre získavanie, vyhodnotenie a analýzu kvantitatívnych údajov, normy, štandardy, predpisy.
- **Management:** organizačné a riadiace štruktúry, informačné zabezpečenie, potreby zákazníkov, vedenie tímov, financie, náklady, ceny, zisky.
- **Manpower:** prijímanie pracovníkov, kvalifikácia, zodpovednosť, výcvik, školenie.
- **Environment:** vplyvy z okolia, ekologické požiadavky, ostatné nezaradené príčiny.

Pri vytváraní C-E diagramu je veľmi dôležité nezamieňať si príčiny s následkami, nepoužívať tzv. nekorektnú logiku a usporiadať oblasti príčin zľava doprava a tak ich aj odstraňovať, tzn. dodržať „tok“ v systéme, či už hmotný alebo informačný. Správne zostavený a vyhodnotený C-E diagram má dôležitý vplyv pri získavaní kvantifikovateľných údajov.

Metóda **CEDAC** (Cause-Effect Diagnostics with Additional Cards) – **Diagram príčin a následkov s pridanými kartami** skúma vybranú nepriaznivú situáciu na strane následkov z hľadiska vízie a stratégie organizácie, a na strane príčin umožňuje s použitím samostatných kariet navrhovať riešenia na jej zlepšenie. Táto metóda bola vytvorená v rámci hľadania efektívneho systému pre vytvorenie spoľahlivých štandardov (Floreková 1996, Zgodavová et al. 1997).

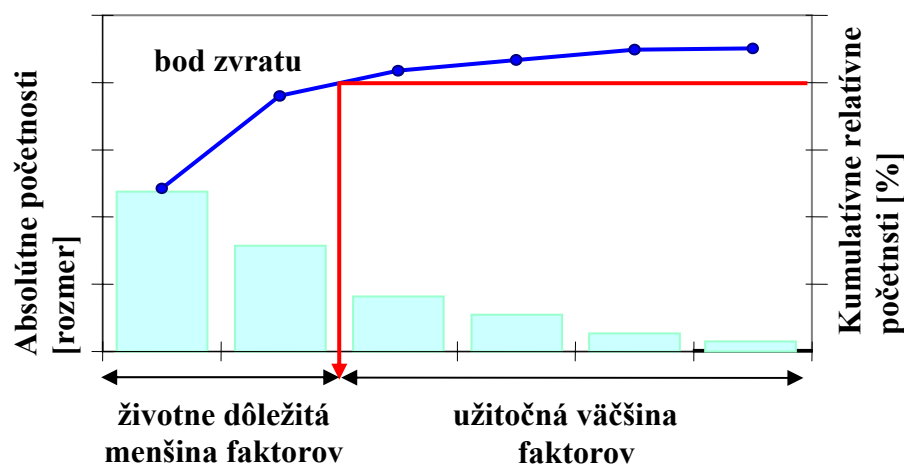
**Paretov diagram a Lorenzova krivka** t.j. stĺpcový diagram a kumuláta skupín príčin, usporiadaných podľa početnosti ich výskytu je založený na princípe 80:20, resp. 70:30 (vital few – trivial many), (životne dôležitá menšina – užitočná väčšina).

Zaraďovanie faktorov do skupín sa môže vykonať buď:

- kvantitatívne
  - podľa početnosti výskytu každého problému/faktora,
  - podľa nákladov na odstránenie príslušného problému/faktora, teda nákladov na „opravu“, zlepšenie procesu, alebo
- kvalitatívne
  - podľa dôležitosti, váhy, ohodnotenia, ocenenia, priradeného príslušnému problému/faktora, teda hodnotovo.

Základný postup Paretovej analýzy je v zásade nasledovný :

- 1) Zakreslenie stĺpcového diagramu absolútnych početností výskytu jednotlivých faktorov.
- 2) Zakreslenie polygónu kumulatívnych relatívnych početností.
- 3) Stanovenie kritéria pre výber životne dôležitých faktorov.
- 4) Výber konkrétneho kritéria (70, 80, 90 %) porovnaním s bodom zvratu, t.j. bodom zlomu Lorenzovej krivky (Obr. 2).



**Obr. 2 Paretov diagram a Lorentzova krivka**

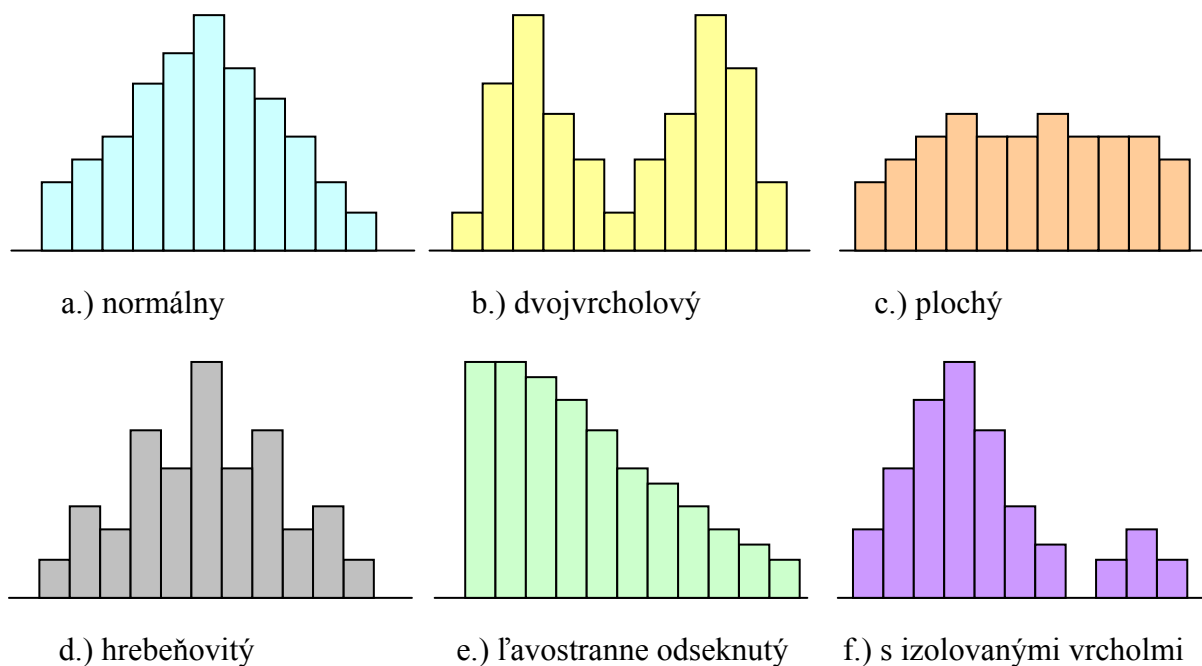
Faktory nachádzajúce sa naľavo od bodu zvratu predstavujú „životne dôležitú menšinu“, ktorej je potrebné sa venovať, t.j. navrhnuť a realizovať účinné nápravné opatrenia na ich odstránenie, resp. aspoň podstatné obmedzenie ich vplyvu. Tým sa odstráni väčšina (70, 80, 90 %) pôvodných problémov. Faktory, ktoré sa nachádzajú napravo od bodu zvratu predstavujú tzv. „užitočnú menšinu“, v danej etape riešenia nie je spravidla potrebné sa s nimi zaoberať. Je ale pravdepodobné, že po odstránení (obmedzení vplyvu) „životne dôležitých faktorov“ z prvej etapy riešenia, sa v druhej etape riešenia z nich stanú nové „životne dôležité faktory“, ktoré bude potrebné riešiť.

**Kontrolné tabuľky** sa využívajú hlavne pri:

- vstupnej, operačnej, výstupnej kontrole kvality polotovarov, súčiastok, surovín,
- analýze strojov a zariadení,
- analýze technologického procesu,
- analýze chybných výrobkov,
- zázname vstupných údajov a výpočte základných charakteristík pre regulačné diagramy.

Kontrolné tabuľky pre záznam údajov majú byť dobre zrozumiteľné a dostatočne prehľadné. Forma kontrolnej tabuľky musí umožňovať využitie zistených údajov pre ďalšie nástroje riadenia kvality bez nutnosti ich prepisovania do iných formulárov.

**Histogram** je zoskupenie údajov jedného typu do tried a ich zobrazenie stĺpcovými grafmi. Umožňuje odhadnúť variabilitu údajov, náhodnosť, frekvenciu a distribúciu – rozdelenie údajov na základe početnosti ich výskytu. Histogram môže byť vytváraný pre spojitú, kontinuálnu premennú, pri kontrole kvality meraním, alebo pre nespojitú, diskretnú premennú, pri kontrole kvality porovnávaním. Histogram však nie je vhodné vytvárať pre náhodnú premennú, ktorej hodnoty sú závislé na čase. (Pri niektorých procesoch sa odporúča spracovať údaje do histogramu aj do regulačného diagramu.) Typické tvary histogramov sú na Obr. 3.



**Obr. 3 Základné typy histogramov**

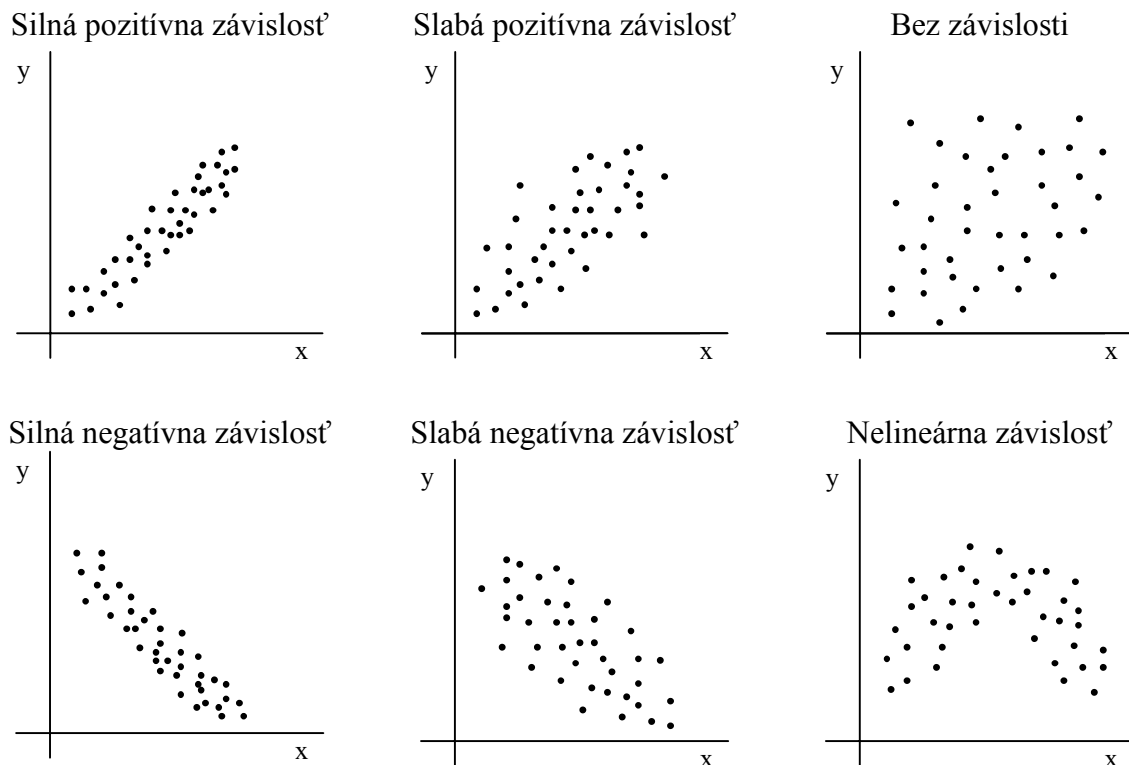
Grafické vytvorenie histogramu je iba vstupnou etapou spracovania. Má síce vysokú vypovedaciu hodnotu o príslušnej náhodnej premennej, ale predsa len je iba orientačný a treba ho doplniť výpočtom základných charakteristík, tabuľkou triedených hodnôt, početností, aby bolo možné zistiť teoretický priebeh frekvenčnej krivky rozdelenia, či distribučnej krivky rozdelenia (Floreková, Benková 2006). Dôležitá oblasť využitia histogramov je pri kontrole spôsobilosti riadeného procesu.

**Stratifikácia** je usporadúvanie záznamov o výskyte chýb/nehôd do skupín, triedenie, vrstvenie údajov, rozloženie hodnôt podľa určitých hľadísk, vhodný podklad pre získanie homogénnych údajov pre ďalšie spracovanie. Cieľom stratifikácie je oddeliť údaje z použitých zdrojov tak, aby bolo možné určiť rýchle a hlavne jednoznačne pôvod každej položky údajov (proces vyhľadávania príčin nehôd a problémov.) Napr. sťažnosť zákazníka je možné stratifikovať:

- podľa toho na čo sa sťažuje (chybný výrobok, nedostatočné množstvo, nesprávna nákladka, poškodený výrobok, oneskorená dodávka),
- podľa zdroja problémov (výroba, sklad, výdaj),
- podľa zodpovedajúceho oddelenia (konštrukcia, výroba, kontrola, distribúcia, sklad, predaj, služby).

**Bodový diagram** je základom konceptu tvorby regresných modelov pre dvojice údajov, resp. trendových závislostí v čase. Pri jeho vytváraní je vhodný nasledovný postup:

- voľba nezávisle premennej  $x$  a závisle premennej  $y$ ,
- vytvorenie dvojrozmerného náhodného výberu hodnôt  $V\{x_i, y_i\}_n$ ,  $i=1, \dots, n$ ,  $n \geq 30$ ,
- zobrazenie dvojíc hodnôt bodmi v pravouhle súradnicovej sústave,
- analýza bodového diagramu (základné typy korelačných závislostí zobrazuje Obr. 4).



**Obr. 4 Základné typy korelačných závislostí**

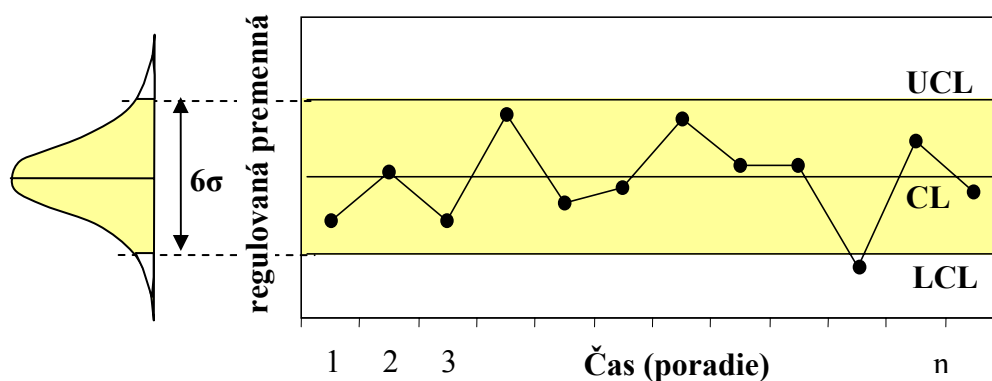
Informáciu získanú z bodového diagramu upresňuje koeficient korelácie  $r_{xy}$  – najčastejšie používaná miera závislosti medzi dvoma premennými. Využíva sa pre náhodný výber, ktorý má dvojrozmerné normálne rozdelenie, ak závislosť medzi premennými  $x$  a  $y$  je lineárna. Hodnoty koeficienta korelácie sa pohybujú v intervale  $<-1, 1>$ . Ak  $r_{xy} = 0$ , vzťah medzi premennými  $x$  a  $y$  je chaotický, neexistuje medzi nimi žiadna závislosť. V prípade kladných hodnôt  $r_{xy}$  hovoríme o pozitívnej, v prípade záporných hodnôt  $r_{xy}$  o negatívnej závislosti. Ak  $r_{xy} = \pm 1$  stáva sa štatistická závislosť funkčnou. Pre nelineárne závislosti sa používa hodnotenie ich závislosti pomocou indexu korelácie  $I \in <0, 1>$  (Floreková, Benková 2006).

**Regulačné diagramy** (1924 – Shewhart) (Control Charts) sa používajú ako preventívny prostriedok riadenia kvality procesov, u ktorých je problematické odlíšenie kolísania hodnôt vybranej premennej pod vplyvom náhodných a systematických (vymedziteľných) príčin a v ktorých sa predpokladá stabilizovaná – regulovaná úroveň príslušnej premennej v istom časovom úseku, v istom „spolahlivostnom páse“. Pomáhajú zabrániť zbytočnému, resp. nepotrebnému nastavovaniu zariadení, výrobných liniek v prípade, že príslušný proces je stabilný. Okrem toho zabezpečujú priebežné diagnostické údaje o variabilite procesov a umožňujú získavať informácie o spôsobilosti sledovaných procesov.

Základom regulačného diagramu – RD je zobrazenie údajov v dvojrozmernom súradnicovom systéme. Os  $x$ -ová je osou časovou, os  $y$ -ová je osou hodnôt/ údajov. Údaje sa navzájom spájajú do polygónu – priebehového diagramu – časového radu. V diagrame je znázornená aj trojica kritérií (Obr. 5):

- **stredná priamka/čiara** – CL (Central Line),
- **horná regulačná medza/hranica** – UCL (Upper Control Limit),

- **dolná regulačná medza/hranica** – LCL (Lower Control Limit), (ak LCL je záporné číslo, uvažuje sa s LCL = 0).



**Obr. 5 Základná konštrukcia regulačného diagramu**

V regulačných diagramoch je šírka intervalu medzi UCL a LCL daná (zvyčajne) šesťnásobkom štandardnej odchýlky príslušnej štatistickej charakteristiky.

Keďže sa prekroenie regulačných medzí považuje z hľadiska pravdepodobnosti za výnimočný jav, v prípade výskytu ktorého je potrebné okamžite zasiahnuť, nazývajú sa regulačné medze tiež **akčné medze**.

Do regulačného diagramu sa odporúča zakresliť aj **hornú varovnú medzu/hranicu** – UWL (Upper Warning Limit) a **dolnú varovnú medzu/hranicu** – LWL (Lower Warning Limit) vypočítané ako dvojnásobok štandardnej odchýlky od CL (Floreková et al. 1998).

Pri analýze regulačného diagramu sa postupuje v zmysle normy STN ISO 8258 Shewhartove regulačné diagramy. Ak na sledovaný proces pôsobia iba náhodné príčiny, potom sa všetky body polygónu v regulačnom diagrame nachádzajú v intervale  $<LCL, UCL>$  a norma pre takúto situáciu používa označenie „**proces je v štatisticky zvládnutom stave**“. Body mimo regulačných hraníc signalizujú, že proces nie je v štatisticky zvládnutom stave, na proces pôsobia systematické príčiny, ktoré je potrebné identifikovať a odstrániť.

Existujú dva **základné typy Shewhartových regulačných diagramov**, konštruované **pre údaje získavané**:

- 1) **meraním** (premenných veličín) – používajú sa v dvojiciach:
  - a) diagram pre priemer  $\bar{x}$  a diagram pre rozpätie R, resp. diagram pre štandardnú odchýlku s,
  - b) diagram pre individuálne hodnoty X a diagram pre kľzavé rozpätie  $R_k$ ,
  - c) diagram pre medián Me a diagram pre rozpätie R,
- 2) **porovnávaním** (vlastností premenných):
  - a) diagram pre podiel nezhodných jednotiek p alebo diagram pre počet nezhodných jednotiek np,
  - b) diagram pre počet nezhôd/chýb c alebo diagram pre počet nezhôd na jednotku u.

Okrem Shewhartových regulačných diagramov sú k dispozícii ďalšie, ktoré sa podľa spôsobu výpočtu parametrov regulačného diagramu a vyžadovaných vstupných predpokladov delia na:

- **regulačné diagramy pre sledovanie jedného znaku kvality:** diagramy kumulovaných súčtov (CUSUM), exponenciálne vážených kĺzavých priemerov (EWMA) – klasický a dynamický, pre malosériovú výrobu (Short Run) – cieľový a štandardizovaný, s retransformovanými regulačnými medzami, trendový (Benková 2007),
- **regulačné diagramy pre súčasné sledovanie viacerých znakov kvality:** Hotellingov, viacrozmerný diagram kumulovaných súčtov (MCUSUM), viacrozmerný diagram exponenciálne vážených kĺzavých priemerov (MEWMA).

### Analýza spôsobilosti procesov

Okrem zabezpečenia stability procesu pomocou regulačných diagramov je nevyhnutné zabezpečiť aj jeho spôsobilosť, t.j. schopnosť trvalo dosahovať dopredu stanovené kritériá, najčastejšie strednú hodnotu a variabilitu. Spôsobilosť procesu (Process Capability) sa hodnotí pomocou indexov spôsobilosti, ktoré môžeme rozdeliť:

- podľa počtu sledovaných znakov kvality na:
  - indexy pre jeden znak,
  - indexy pre viac súčasne sledovaných znakov kvality,
- podľa charakteru znaku kvality na:
  - indexy pre merateľné znaky (z normálneho, resp. iného rozdelenia),
  - indexy pre nemerateľné znaky (atribúty).

Špeciálny prípad predstavujú indexy počítané v prípade jednostranne neobmedzenej tolerancie, polovičnej tolerancie, tolerancie typu S, či indexy spôsobilosti pre kusovú výrobu (Tošenovský 2007).

Najčastejšie sa používajú indexy spôsobilosti pre údaje z normálneho rozdelenia jedného sledovaného znaku kvality, a to  $C_p$  a  $C_{pk}$ .

**Index spôsobilosti  $C_p$**  je mierou potenciálnej schopnosti procesu zaistiť, aby sledovaný znak kvality ležal vo vnútri tolerančných hraníc. Teda charakterizuje možnosti dané variabilitou procesu, ale nehovorí ako boli tieto v skutočnosti využité. Vypočíta sa podľa vzťahu

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6 \cdot \sigma}.$$

Rozdiel hornej – USL (Upper Standard Limit) a dolnej – LSL (Lower Standard Limit) tolerančnej medze predstavuje predpísané tolerančné pásmo (vôľu ako vyrábať). Pásmo veľkosti 6 štandardných odchýliek ( $\sigma$ ) reprezentuje rozpätie hodnôt, v ktorom sa sledovaný znak kvality skutočne nachádza. (V prípade normálneho rozdelenia sa v ňom nachádza 99,73 % hodnôt.)

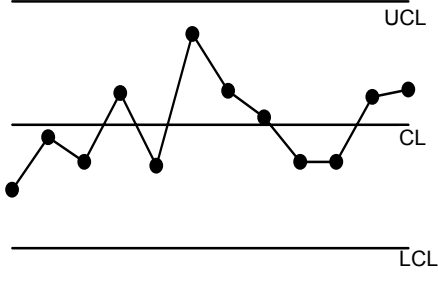
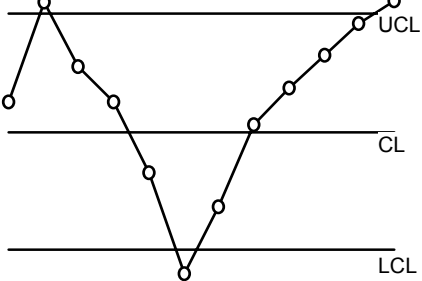
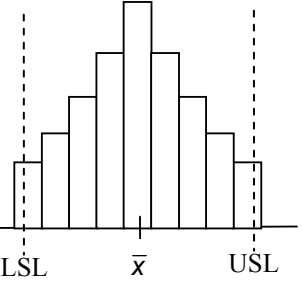
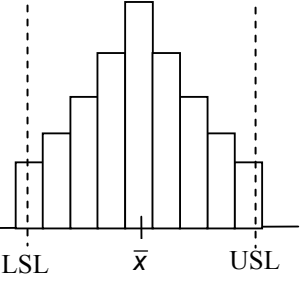
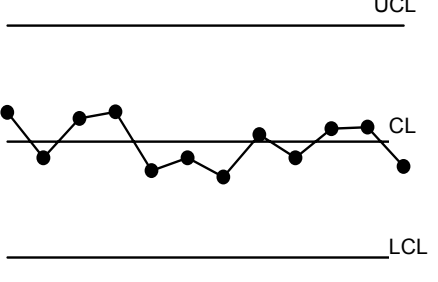
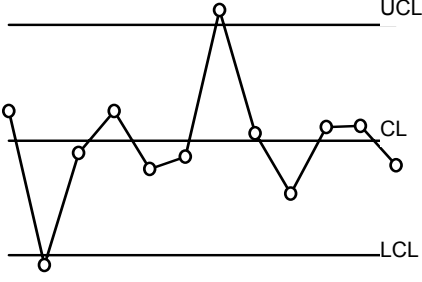
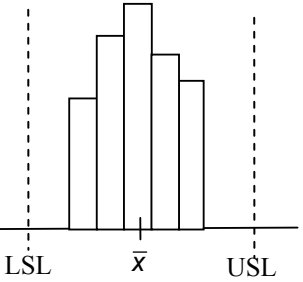
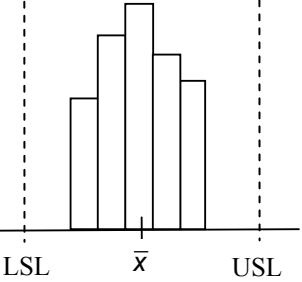
**Index spôsobilosti  $C_{pk}$** , na rozdiel od indexu  $C_p$ , zohľadňuje nielen variabilitu, ale aj umiestnenie strednej hodnoty ( $\mu$ ) sledovaného znaku kvality v tolerančnom poli. Charakterizuje teda skutočnú spôsobilosť procesu dodržiavať predpísané tolerančné medze. V súčasnosti je najpoužívanejšou charakteristikou spôsobilosti procesu. Počíta sa podľa vzťahu

$$C_{pk} = \min \left\{ \frac{USL - \mu}{3 \cdot \sigma}, \frac{\mu - LSL}{3 \cdot \sigma} \right\}.$$

Hodnoty  $C_p, C_{pk} \geq 1,33$  signalizujú dobrú spôsobilosť sledovaného procesu.

Pri hodnotení procesu je veľmi výhodné používať kombináciu histogramov a regulačných diagramov, tak ako to ukazuje Obr. 6.



<div>RD</div> <div>H</div>	Stav pod kontrolou	Stav mimo kontroly
Nevyhovuje štandardu		
	 <p>Proces je pod kontrolou, ale spôsobilosť procesu je nevyhovujúca</p>	 <p>Proces nie je pod kontrolou, spôsobilosť procesu je nevyhovujúca</p>
Vyhovuje štandardu		
	 <p>Proces je pod kontrolou. V súčasnosti nevzniká žiadny problém, ale dajú sa zúžiť hranice RD.</p>	 <p>Proces nie je pod kontrolou. Má dostatočnú spôsobilosť, ale nie je stabilný, treba sa zaoberať prekračovaním UCL/LCL, zlepšiť úroveň procesu.</p>

Obr. 6 Hodnotenie procesu pomocou histogramu a regulačného diagramu

## Metódy stredne náročné

Medzi stredne náročné, resp. metódy pre tzv. strednú úroveň hodnotenia patria:

- štatistická prebierka (Acceptance Sampling),
- štatistické rozdelenia,
- testy hypotéz,
- štatistická teória odhadu,
- teória chýb,
- analýza rozptylu (ANOVA – Analysis of Variance),
- plánované experimenty (DOE – Design of Experiments),
- regresná a korelačná analýza – závislosti medzi premennými,
- metódy hodnotenia spoľahlivosti.

Z uvedených metód je špeciálne iba pre oblasť kvality určená štatistická prebierka. Ostatné sa využívajú aj v iných oblastiach.

**Štatistická prebierka** (Acceptance Sampling) sa využíva na vstupnú, medzioperačnú, výstupnú výberovú kontrolu kvality hromadnej produkcie, ak:

- 100 % kontrola je príliš nákladná (veľké dávky),
- 100 % kontrolu nie je možné realizovať (deštruktívne skúšky, kontrola sypkých materiálov, pást, kvapalín, plynov,...),

a náklady spojené s prijatím nezhodného produktu nie sú veľké. Jej cieľom je rozhodnúť o prijatí, alebo zamietnutí určitej dodávky výrobkov na základe preberacieho pravidla, tzv. **preberacieho plánu**, na ktorom sa dodávateľ a odberateľ dopredu dohodnú. Štatistické prebierky je možné rozdeliť z niekoľkých hľadísk:

- podľa charakteru sledovaného znaku kvality:
  - **prebierka porovnávaním**, t.j. posudzovanie kvality dodávky podľa počtu alebo podielu dobrých/zhodných a chybných/nezhodných výrobkov,
  - **prebierka meraním**, t.j. posudzovanie kvality dodávky na základe výberovej charakteristiky vypočítanej z nameraných dát určenej vlastnosti alebo rozmeru,
- podľa počtu výberov, na základe ktorých sa rozhoduje o prijatí, resp. zamietnutí dodávky:
  - **prebierka jedným výberom**,
  - **prebierka dvojnásobným** (viacnásobným) výberom,
  - **sekvenčná prebierka** – postupným výberom.

Správna voľba počtu výberov má vplyv na tzv. hospodárnosť prebierky. Z hľadiska prípravy a vlastnej realizácie je najnáročnejšie prebierka postupným výberom, ale z hľadiska počtu kontrolovaných výrobkov je najhospodárnejšia a teda najvhodnejšia aj pre deštruktívne skúšky (Benková, 2007).

- podľa riešenia zamietnutej dodávky:
  - **prebierka nerektifikačná (bez opravy)** – neprijatá dodávka sa celá vracia dodávateľovi,

- **prebierka rektifikačná (s opravou)** – neprijatá dodávka sa nevracia dodávateľovi, urobí sa kontrola všetkých výrobkov dodávky, nezhodné výrobky sa nahradia zhodnými a ďalej postupuje 100 % správna dodávka.

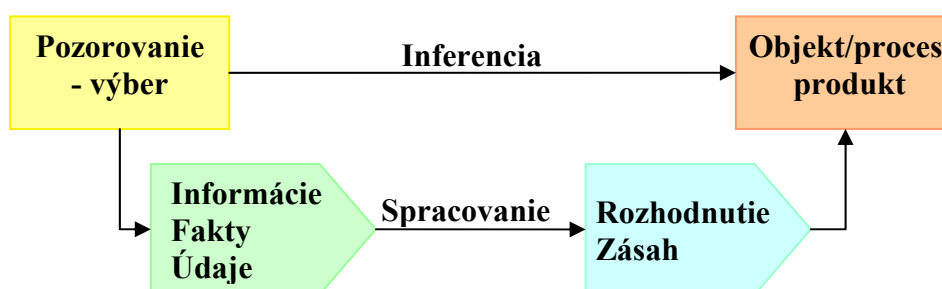
## Metódy náročné

Metódy náročné, resp. metódy pre tzv. hornú úroveň hodnotenia sú spravidla pre špecialistov, a sú to najmä:

- kombinované metódy plánovania experimentov (EVOP – Evolution Optimizing, resp. Evolution Planning),
- viacrozmerná regresná a korelačná analýza,
- viacfaktorová analýza rozptylu (MANOVA – Multivariable Analysis of Variance),
- analýza časových radov (periodogram, frekvenčná analýza),
- zhluková analýza (Cluster analysis),
- diskriminačná analýza.

## Výber vhodnej SPC metódy

Princípom získavania a spracovania štatistických údajov pomocou skupiny metód SPC je, že kvantifikovaný výsledok slúži ako podpora na správne korekčné nápravné rozhodnutie (viď Obr. 7) (Floreková, Benková 2002).



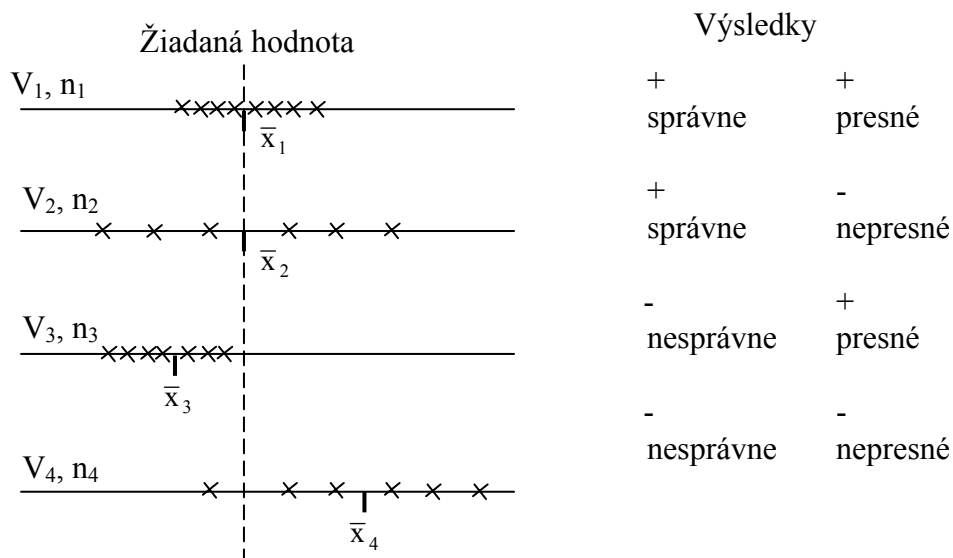
**Obr. 7 Rozhodovanie na základe faktov**

Ďalšou požiadavkou pri kontrole kvality musí byť aj výber vhodnej metódy. Výber je závislý na konkrétnej orientácii, cieľoch podniku. Uplatnenie vhodnej metódy vyžaduje dostatočnú kvalifikáciu všetkých pracovníkov, teda školenia a tréningy pre ich používanie.

Výber metód sa orientuje vždy na faktory, v rámci ktorých vznikajú „miesta variability“, premenlivosti. Vychádza sa zo známeho princípu **7M**, teda skupín zdrojov „nekvality“: **M**aterials – **M**achines – **M**ethods – **M**easurements – **E**nvironment – **M**anagement – **M**en, a v rámci nich sa sleduje:

- **premenlivosť hodnôt** na každom výstupe na základe náhodných príčin, alebo na základe vymedziteľných systematických príčin,

- **identifikácia príčin** a ich včasná eliminácia na podklade pravdivých a systematických záznamov o výsledkoch všetkých zisťovaní, ktoré byť môžu vzhľadom k požadovanej /očakávanej/normovanej hodnote: presné a správne: +/+, nepresné a správne, -/+, presné a nesprávne: +/-, nepresné a nesprávne: -/-, t. j. princíp accuracy and precision (Obr. 8)..



**Obr. 8 Vzťahy presnosti a správnosti dát**

Ako nesprávne označujeme tie hodnoty, ktorých priemer  $\equiv$  ťažisko, sa nezhoduje presne s normovanou hodnotou (štandardom, žiadanou hodnotou ŽH). Odchýlka môže byť spôsobená procesom, alebo porušením zásad pri jeho identifikácii. Ako nepresné označujeme tie hodnoty, ktoré sú veľmi rozptýlené, majú vysokú variabilitu. Táto situácia môže ukazovať na úroveň zvládnutia procesu, ale aj na nepoznanie závislostí medzi príčinami premenlivosti hodnôt a podmienkami, za akých proces prebieha.

Pre rozhodnutie sa o použití určitej štatistickej metódy je dôležitá **klasifikácia údajov** na:

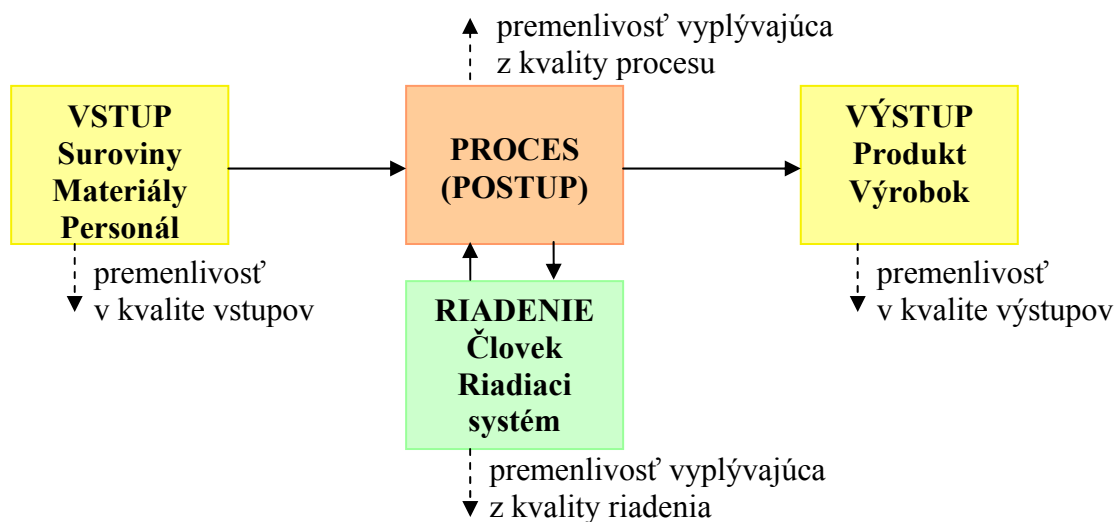
- **poznanie skutkového stavu**, napr. kontrola rozptylu vo vzorkách z procesu, variabilita chýb/nehôd v produkcii/dodávkach,
- **analýzu** počtu nehôd, chýb a príčinami ich vzniku,
- **riadenie procesu**, stanovenie priebehu procesu, porovnávanie skutočných a žiadaných hodnôt, šírky intervalov kolísania hodnôt,
- **kalibrácia, justácia a nastavovanie** parametrov zariadenia, procesu,
- **schválenie/zamietnutie** dodávok/materiálov/produktov/služieb po ich kontrole.

Používanie štatistických metód je možné:

- **rutinne** – vtedy treba, aby postup získavania a spracovania údajov bol dokumentovaný (kto – kedy – prečo – akým spôsobom/akou metodikou – v akom tvare s údajmi pracoval),
- **jednorázovo** – vtedy postačí zdôvodniť potrebu a oblasť použitia príslušného postupu/prostriedku pre spracovanie údajov.

Pre zistenie „problémových“ uzlov, v ktorých sa vyskytuje určitá miera variability (a ich odstránenie), treba spoznať premenné, ktoré túto variabilitu spôsobujú (Obr. 9), zistiť ich

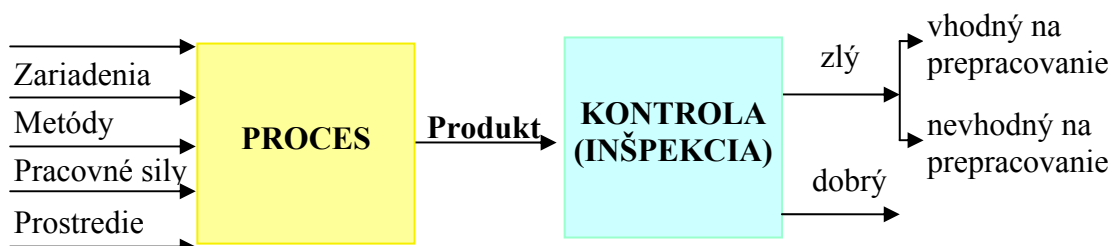
merateľné atribúty, zabezpečiť vhodné meracie zariadenia/prístroje, pripraviť kvalifikovanú obsluhu a tak získať reprezentatívne výsledky meraní. Ich vyhodnotenie, analýza a závery z nej, umožňujú stanoviť štandardy/normy, ktoré je na jednej strane potrebné dodržiavať, kontrolovať, na strane druhej postupne optimalizovať, aby zabezpečili štatisticky zvládnutý a stabilný výrobný proces, resp. neustále zlepšovanie kvality produkcie pri znižovaní nákladov na ňu, resp. pri znižovaní cien za túto produkciu.



**Obr. 9 Miesta vzniku variability**

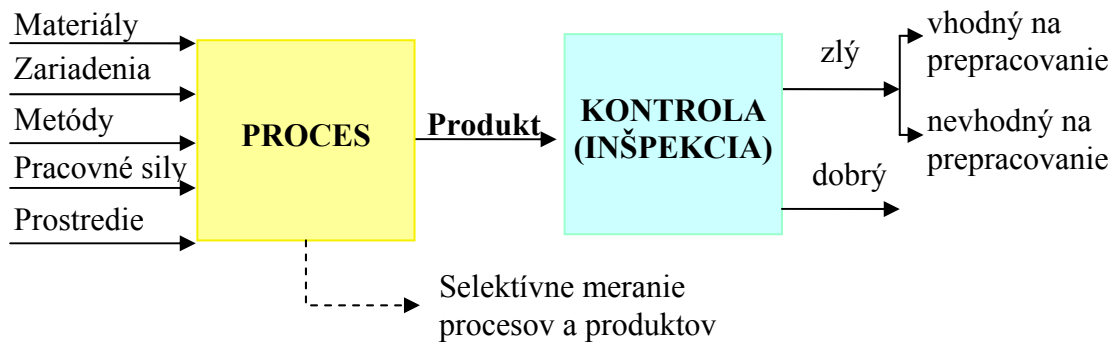
Pri „reťazení súvislostí“ v každom procese je dôležité odlišiť od seba dve fázy kontroly kvality: objavenia (zistenia) problému – **detection** a predchádzania problémom – **prevention** a rozhodnúť sa, ktorý prístup k zabezpečovaniu kvality produkcie zvolíme (Floreková et al. 1999).

Fáza detekcie a následného zásahu (Obr. 10), teda princíp zabezpečenia a kontroly kvality na konci príslušného cyklu, **off-line**, je príliš dlhá, nákladná. Predstavuje tradičný prístup ku kvalite.



**Obr. 10 Fáza detekcie problému v procesoch**

Fáza prevencie spočíva v budovaní kvality priebežne, v zodpovednosti za ňu v súvislosti s celým výrobným/pracovným procesom, nákladmi na produkciu, keď všetky priebežné procesy sú „vlastníkmi“ kvality, v prístupe **on-line** (Obr. 11). V dnešnej dobe je potrebné jednoznačne preferovať preventívny prístup ku kvalite, ktorý v sebe zahŕňa aj prístup detekčný, aj keď tradičný detekčný prístup má v niektorých procesoch svoje opodstatnenie.



**Obr. 11 Fáza prevencie problému v procesoch**

## Metódy analýzy procesov a produktov

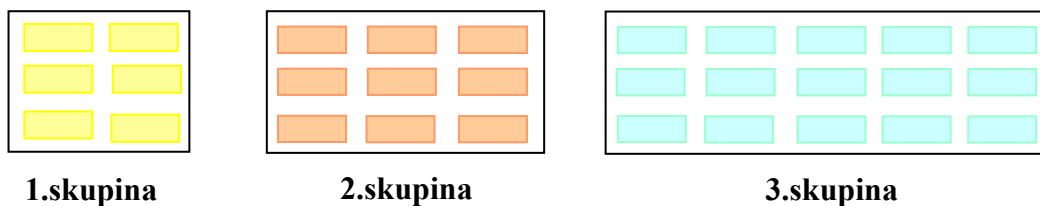
### Sedem nových metód

Jedná sa o graficky názorné a pritom jednoduché metódy s výrazným uplatňovaním tímovej práce, sú určené pre riadiacich pracovníkov v etape návrhov, pri plánovaní kvality. Využívajú sa pre analýzu kvalitatívnych údajov (myšlienky, informácie a pod.), a to:

- pri identifikácii problému:
  - Vývojový diagram (Flow chart),
  - Diagram príbuznosti, Afinitný diagram (Affinity diagram),
- pri návrhu postupu riešenia:
  - Relačný diagram, Graf vnútornej príbuznosti (Interrelationship diagram),
  - Stromový diagram (Tree diagram),
  - Maticový diagram (Matrix diagram),
- pri plánovaní postupu riešenia:
  - Sieťový graf (Net diagram, Arrow diagram),
  - Rozhodovací diagram (Process Decision Program Chart).

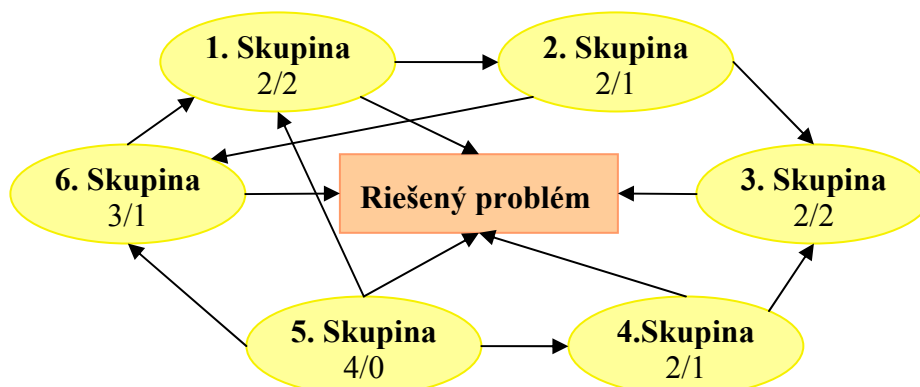
**Afinitný diagram** vychádza z výsledkov brainstormingu, alebo panelovej diskusie a umožňuje názornejšie formulovať možnosti riešenia problémovej situácie. Možno ho odporučiť pri hľadaní odpovedí na otázky typu: Čo všetko môžeme urobiť pre zvýšenie kvality našich výrobkov? Ako zvýšiť účinnosť vzdelávania pracovníkov?

Vytvorenia afinitného diagramu začína zozbieraním všetkých možných informácií, námetov, myšlienok k riešenému problému pomocou brainstormingu a doplnením z ďalších zdrojov, ako sú literárne rešerše, konzultácie s odborníkmi, priame pozorovania, atď. V prvej fáze sa všetky získané námety zapisujú do údajových kariet a v druhej fáze sa zoskupujú do prirodzených skupín. Pomenovaním vytvorených skupín sa vytvorí afinitný diagram (Obr. 12).



Obr. 12 Afinitný diagram

**Relačný diagram** (graf vnútornej príbuznosti) sa zvyčajne používa po vytvorení afinitného diagramu. Slúži k identifikácii logických a príčinných súvislostí medzi jednotlivými skupinami návrhov, ktoré sa vzťahujú k riešenému problému, pomáha pri stanovení priorít pri jeho riešení. Zobrazuje sa pomocou orientovaného grafu typu sieť (Obr. 13). Centrom grafu je riešený problém, okolo ktorého sa nakreslia skupiny návrhov. Zistené logické a príčinné súvislosti sa zobrazia šípkami, smerujúcimi od príčiny k dôsledku. Na základe zistených súvislostí sa spočítajú vystupujúce a vstupujúce šípky. Námet s maximálnym množstvom vystupujúcich šípok je kľúčovou príčinou, a námet s maximálnym počtom vstupujúcich šípok je kľúčový dôsledok (následok), ktorým je potrebné pri riešení problému začať.



Obr. 13 Relačný diagram

**Stromový diagram** znázorňuje možnosti riešenia vetvením do hĺbky, hierarchicky, vertikálne. Zobrazuje sa pomocou grafu typu strom, môže sa kresliť horizontálne, alebo vertikálne. Je to nástroj pre systematickú dekompozíciu určitého celku na jednotlivé časti. Používa sa napr. na: zobrazenie cieľa a možností ako ho dosiahnuť, rozloženie problému na čiastkové problémy.

**Maticový diagram** – tvorí tabuľka, kde vzťah riadky/stĺpce, býva označený symbolmi alebo číslami. Používa sa niekoľko typov maticového diagramu – typ L, typ Y, typ T. Najpoužívanejším typom je **typ L**, zobrazuje vzťah medzi dvoma premennými, (je základným nástrojom metódy QFD). Maticový diagram sa používa pre zobrazenie vzťahov: medzi zákazníkmi a vlastnosťami výrobku, medzi vlastnosťami výrobku a vlastnosťami dielov, medzi vlastnosťami dielov a parametrami procesov, pre pridelenie zodpovednosti za pridelené činnosti (matica zodpovednosti), atď.

**Sieťový graf** je acyklický graf typu sieť, ktorý sa používa pre časové plánovanie – nadväznosť činností v procese riadenia kvality. Je vhodným nástrojom pre stanovenie optimálneho harmonogramu priebehu zložitých činností a ich následné monitorovanie. Užitočnosť sieťového grafu narastá s počtom čiastkových činností, ktoré je potrebné vykonať

pre dosiahnutie konečného cieľa. Najznámejšia a najpoužívanejšia metóda, využívajúca sieťový graf, je metóda kritickej cesty CPM (Critical Path Method), plánovacie techniky PERT (Program Evaluation and Review Technique) a MPM (Metra Potential Method). V súčasnej dobe patria tieto metódy do metód projektového riadenia (Project Management) (Floreková 1999).

**Rozhodovací diagram** je v podstate stromový horizontálny diagram doplnený o plánované preventívne opatrenia. V prvej fáze spracovania sa zostrojí stromový diagram zvolenej plánovanej činnosti. Po jednotlivých vetvách sa potom pomocou brainstormingu pre činnosti z jeho pravej strany hľadajú odpovede na otázky: Aké problémy môžu pri zaistovaní tejto činnosti nastať? Aké preventívne opatrenia by mali byť naplánované, aby sme sa vyhli týmto problémom?

Plánované preventívne opatrenia sa napíšu vpravo od pôvodných okien stromového diagramu. Aby sa tieto opatrenia odlišili od pôvodnej štruktúry, kreslia sa iným tvarom a dopĺňajú šípkami, smerujúcimi k príslušnej čiastkovej činnosti.

**Maticová tabuľka** sa používa pre hodnotenie kvantitatívnych údajov pre ukazovatele kvality interagujúce medzi sebou. Ako jediná numerická metóda v tejto skupine nástrojov je analógiou k multivariačným metódam. Používa sa na posúdenie vzájomných súvislostí medzi dvomi, resp. viacerými oblasťami problému (jednotlivé výrobky, jednotlivé varianty návrhu, suroviny z rôznych lokalít, jednotliví dodávatelia, pracovníci, a pod.).

**Analýza možností vzniku (kritických) chýb a ich následkov – FMEA** (Failure Mode and Effects (Critical) Analysis) je metodika zlepšovania produktu prostredníctvom predvídania vzniku možných chýb/nehôd, analýzy ich možných účinkov a najmä prijímaní opatrení – korekčných zásahov/odporúčaní. Pretože základom tohto prístupu je prevencia, odporúča sa, aby bola používaná už v predvýrobných etapách. Používa sa teda hlavne pre nové alebo inovované výrobky alebo procesy, ale je ju možné aplikovať aj na súčasné výrobky a procesy. Opakovane by sa mala používať v ďalších fázach vývoja a pri akýchkoľvek zmenách návrhu.

**Hodnotová analýza** je súčasťou **hodnotového manažmentu**, ktorý tvoria štyri aplikačné disciplíny určené na riešenie rôznych úloh (Vlček 2002):

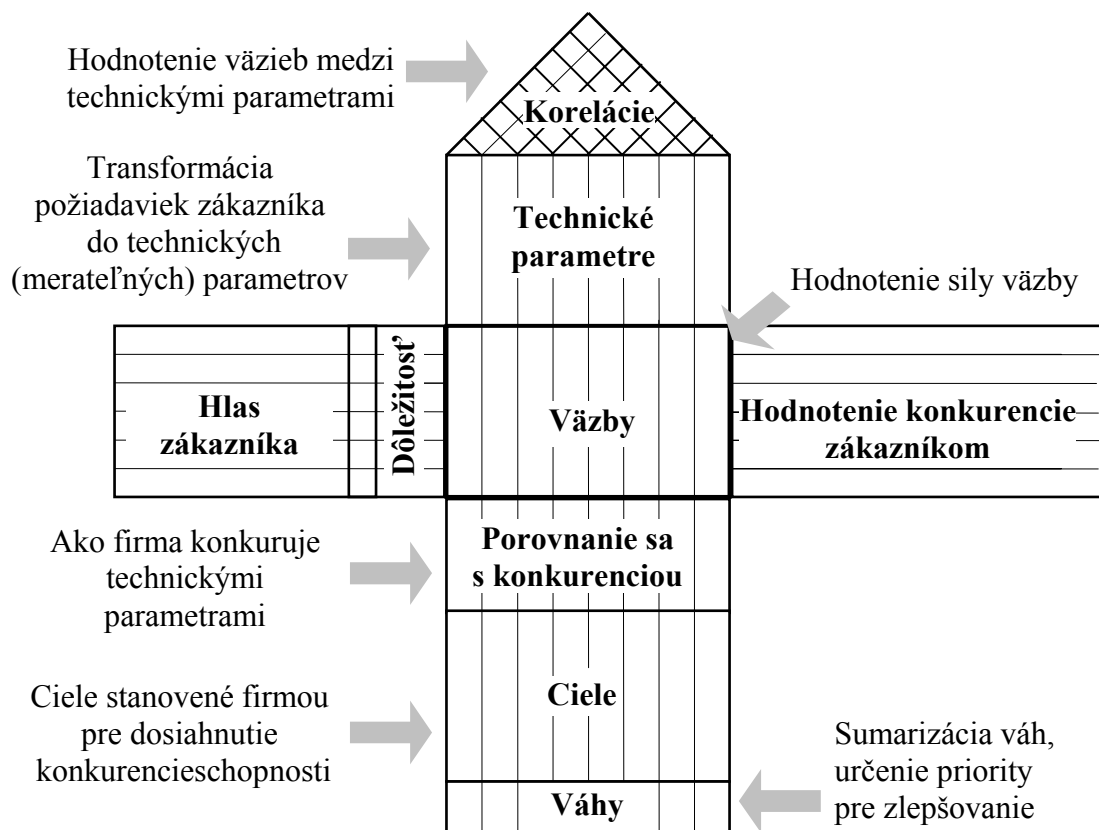
- **hodnotová analýza** – zdokonaľuje existujúci objekt prostredníctvom jeho zlepšených a hospodárnejších funkcií,
- **hodnotové projektovanie** – vytvára nový výrobok, technológiu,...
- **inverzná hodnotová analýza** – efektívne využíva vedľajší produkt, odpad,
- **hodnotová výrobová stratégia** – prognózuje a optimalizuje výrobný program.

**Analýza stromu poruchových stavov – FTA** (Fault Tree Analysis) je deduktívna metóda založená na logickej dekompozícii určitej nebezpečnej, tzv. vrcholovej udalosti na čiastkové až elementárne udalosti. Na základe odhadu pravdepodobnosti výskytu elementárnych udalostí umožňuje stanoviť pravdepodobnosť výskytu analyzovanej nebezpečnej udalosti a v prípade potreby je možné analyzovaný systém optimalizovať tak, aby sa pravdepodobnosť výskytu nebezpečnej udalosti znížila.

**Rozvoj funkcií kvality – QFD** (Quality Function Deployment) je postupnosťou činností, pomocou ktorej tím špecialistov rôznych oblastí prenáša požiadavky zákazníkov do príslušnej



štruktúry každej úrovne/stupňa procesu, v ktorých sa produkt vyvíja/realizuje/vyrába. Používa sa teda na transformáciu požiadaviek zákazníka do technických parametrov výrobu. Autorom QFD je Yoji Akao. „Srdcom“ QFD je tzv. dom kvality (**HofQ – House of Quality**). Jeho štruktúra tvarom pripomína „rozložený“ dom, ktorého jadrom je maticový diagram typu L (Obr. 14), riadky tvoria zákaznícku časť a stĺpce tvoria technickú časť.



Obr. 14 Štruktúra domu kvality