



**Fakulta elektrotechnická**  
*Katedra technologií a měření*

**KET/RJTD**

**6. přednáška – Statistická regulace výroby  
(pokračování), Statistická přijímací kontrola**

6. týden

© Tůmová

1



## **4.3.1 Shewhartovy regulační diagramy (ČSN ISO 8258) (pokračování) (str. 69)**

6. týden

© Tůmová

2

### Shewhartovy regulační diagramy srovnáváním (str. 72)



- pro zaznamenání přítomnosti (nebo nepřítomnosti) určité vlastnosti (znaku) na každé jednotce v podskupině a napočítání, kolik jednotek tento znak vykazuje (nebo naopak nevykazuje)
- výsledek - **záznam do 1 diagramu** (předp. rozdělení, které má 1 nezávislý parametr)

6. týden

© Tůmová

3

### ● **binomické rozdělení:**

- diagram pro podíl neshodných jednotek ( $p$ )  
nebo
- diagram pro počet neshodných jednotek ( $np$ )

### ● **Poissonovo rozdělení:**

- diagram pro počet neshod ( $c$ )  
nebo
- diagram pro počet neshod na jednotku ( $u$ )



6. týden

© Tůmová

4

Centrální přímka	Regulační meze akční
$\bar{p}$	$\bar{p} \pm 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n}$
$n\bar{p}$	$n\bar{p} \pm 3\sqrt{n\bar{p}(1-\bar{p})}$
$\bar{c}$	$\bar{c} \pm 3\sqrt{\bar{c}}$
$\bar{u}$	$\bar{u} \pm 3\sqrt{\bar{u}/n}$

*Tvorba diagramů srovnávání –  
základní hodnoty nejsou stanoveny*

6. týden

© Tůmová

5

Centrální přímka	Regulační meze akční
$\bar{p}_0$	$\bar{p}_0 \pm 3\sqrt{\bar{p}_0(1-\bar{p}_0)/n}$
$n\bar{p}_0$	$n\bar{p}_0 \pm 3\sqrt{n\bar{p}_0(1-\bar{p}_0)}$
$\bar{c}_0$	$\bar{c}_0 \pm 3\sqrt{\bar{c}_0}$
$\bar{u}_0$	$\bar{u}_0 \pm 3\sqrt{\bar{u}_0/n}$

*Tvorba diagramů srovnávání –  
základní hodnoty jsou stanoveny*

6. týden

© Tůmová

6

Příklad výpočtu regulačních mezí při kontrole srovnáváním

## REGULAČNÍ DIAGRAM (np)

(počet neshodných jednotek)

Počet neshodných přepínačů během 1 h

j	n	np	p
1	4000	8	0,00200
2	4000	14	0,00350
3	4000	10	0,00250
4	4000	4	0,00100
5	4000	13	0,00325
6	4000	9	0,00225
7	4000	7	0,00175
8	4000	11	0,00275
9	4000	15	0,00375
10	4000	13	0,00325
11	4000	5	0,00125
12	4000	14	0,00350
13	4000	12	0,00300
14	4000	8	0,00200
15	4000	15	0,00375
16	4000	11	0,00275
17	4000	9	0,00225
18	4000	18	0,00450
19	4000	6	0,00150
20	4000	12	0,00300
21	4000	6	0,00150
22	4000	12	0,00300
23	4000	8	0,00200
24	4000	15	0,00375
25	4000	14	0,00350
Σ	100000	269	0,00269

6. týden

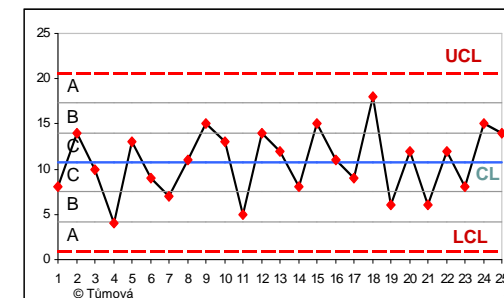
© Tůmová

7

$$\bar{np} = 269 / 25 = 10,76$$

$$UCL_{np} = \bar{np} + 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})} = 20,587$$

$$LCL_{np} = \bar{np} - 3\sqrt{\bar{np}(1-\bar{p})} = 0,933$$





Příklad výpočtu regulačních mezí při kontrole srovnáváním

## REGULAČNÍ DIAGRAM (p)

( podíl neshodných jednotek )

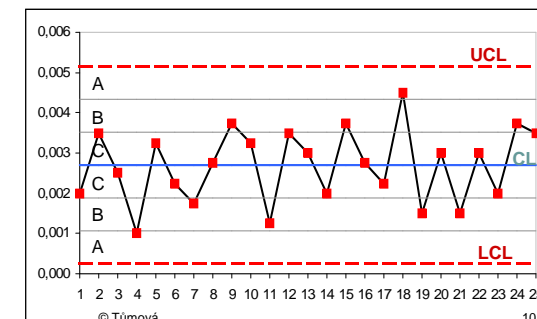
j	n	np	p
1	4000	8	0,00200
2	4000	14	0,00350
3	4000	10	0,00250
4	4000	4	0,00100
5	4000	13	0,00325
6	4000	9	0,00225
7	4000	7	0,00175
8	4000	11	0,00275
9	4000	15	0,00375
10	4000	13	0,00325
11	4000	5	0,00125
12	4000	14	0,00350
13	4000	12	0,00300
14	4000	8	0,00200
15	4000	15	0,00375
16	4000	11	0,00275
17	4000	9	0,00225
18	4000	18	0,00450
19	4000	6	0,00150
20	4000	12	0,00300
21	4000	6	0,00150
22	4000	12	0,00300
23	4000	8	0,00200
24	4000	15	0,00375
25	4000	14	0,00350
Σ	100000	269	0,00269

Počet neshodných přepínačů během 1 h

$$\bar{p} = 0,06725 / 25 = 0,002690$$

$$UCL_p = \bar{p} + 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n} = 0,00515$$

$$LCL_p = \bar{p} - 3\sqrt{\bar{p}(1-\bar{p})/n} = 0,00023$$



Příklad výpočtu regulačních mezí při kontrole srovnáváním

## REGULAČNÍ DIAGRAM (C)

( počet neshod )

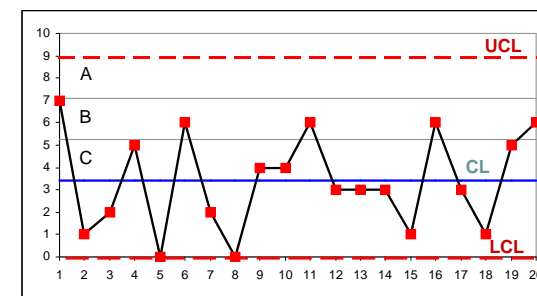
j	c
1	7
2	1
3	2
4	5
5	0
6	6
7	2
8	0
9	4
10	4
11	6
12	3
13	3
14	3
15	1
16	6
17	3
18	1
19	5
20	6
Σ	68

Počet neshod na 20ti páskách délky 4000m

$$\bar{c} = 68 / 20 = 3,4$$

$$UCL_c = \bar{c} + 3\sqrt{\bar{c}} = 8,932$$

$$LCL_c = \bar{c} - 3\sqrt{\bar{c}} = -2,132 \Rightarrow 0$$





Příklad výpočtu regulačních mezí při kontrole srovnáváním

## REGULAČNÍ DIAGRAM (u)

(počet neshod na jednotce)

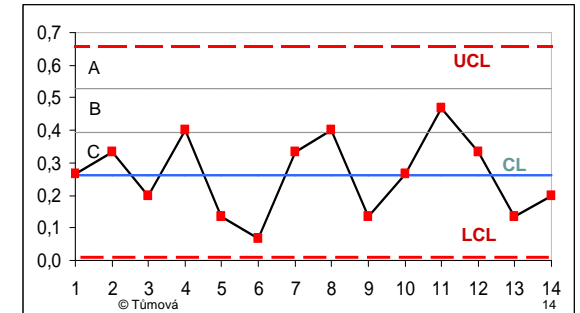
Každou půlhodinu bylo kontrolováno  $n = 15$  pneumatik a zaznamenáván počet neshod

j	n	c	u
1	15	4	0,2667
2	15	5	0,3333
3	15	3	0,2000
4	15	6	0,4000
5	15	2	0,1333
6	15	1	0,0667
7	15	5	0,3333
8	15	6	0,4000
9	15	2	0,1333
10	15	4	0,2667
11	15	7	0,4667
12	15	5	0,3333
13	15	2	0,1333
14	15	3	0,2000
Σ	210	55	3,6667

$$\bar{u} = 3,6667 / 14 = 0,262$$

$$UCL_u = \bar{u} + 3\sqrt{\bar{u}/n} = 0,665$$

$$LCL_u = \bar{u} - 3\sqrt{\bar{u}/n} = -0,187 \Rightarrow 0$$



## 4.3.2 a 4.3.3 (str. 75)

### Přehled dalších norem SPC <sup>(1)</sup>

- **ČSN ISO 7873:1995** Regulační diagramy pro aritmetický průměr s výstražnými mezemi
- **ČSN ISO 7966:1995** Přejímací regulační diagramy
- **ČSN 010266:1987** Zvláštní typy statistické regulace – Metoda kumulovaných součtů
- **ISO/TR 7871:1997** Diagramy pro metodu kumulovaných součtů – Návod k řízení jakosti a analýze pomocí metody CUSUM



## Přehled dalších norem SPC <sup>(2)</sup>

- **ČSN ISO 11462** Směrnice pro uplatňování statistické regulace procesu (SPC)
  - část 1: 2002 Prvky SPC
  - část 2: 2011 Katalog nástrojů a postupů
- **ČSN ISO 7870** Regulační diagramy
  - 1: 2010 Všeobecné pokyny
  - 3: 2014 Přejímací regulační diagramy
  - 4: 2014 Regulační diagramy CUSUM



## Přehled dalších regulačních diagramů SPC <sup>(3)</sup>

- Regulační diagramy s rozšířenými mezemi
- REGULAČNÍ DIAGRAMY TYPU EWMA  
(exponenciálně vážené klouzavé průměry)
- Regulační diagramy CCC



6. týden

© Tůmová

17



## 4.4 Hodnocení způsobivosti procesu (pokračování)

(str. 77)

6. týden

© Tůmová

18

### 4.4.1 Ukazatel způsobivosti výrobního procesu (opak. – str.77)

- ČSN ISO 8258 - způsobivost výrobního procesu se určí

$$PCI = \frac{UTL - LTL}{6\sigma}$$

Kde (UTL – LTL) = rozdíl tolerančních mezí

(UCL – LCL) = 6 σ = rozdíl regulačních mezí

6. týden

© Tůmová

19

### 4.4.2 Ukazatele způsobivosti

(dříve pojem „indexy způsobivosti“ - str. 79)

#### Ukazatel způsobivosti $C_p$ (procesu)

- charakterizuje možnosti procesu dané jeho variabilitou

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

kde USL ... horní toleranční mez

LSL ... dolní toleranční mez

σ ... směrodatná odchylka

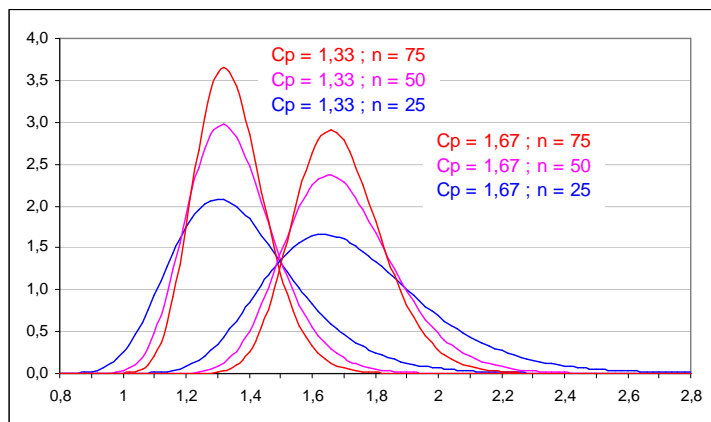
6σ = UCL – LCL ...šířka regulačních mezí

6. týden

© Tůmová

20

Tvary hustoty odhadu  $\hat{C}_p$  pro různé počty pozorování;  
odhad  $s_n$



6. týden

© Tůmová

21

## ukazatel způsobilosti $C_{pk}$

- zohledňuje variabilitu i umístění hodnot znaku v tolerančním poli,
- charakterizuje skutečnou způsobilost procesu dodržovat předepsané toleranční meze
- je-li předepsána jen horní toleranční mez

$$C_{pk} = C_{pU} = \frac{USL - \mu}{3\sigma}$$

6. týden

© Tůmová

22

- je-li předepsána jen dolní toleranční mez

$$C_{pk} = C_{pL} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma}$$

- jsou-li předepsané obě meze

$$C_{pk} = \min \{C_{pU}, C_{pL}\}$$

kde  $\mu$  ... střední hodnota sledovaného znaku

6. týden

© Tůmová

23

## ukazatel způsobilosti $C_{pm}$ (Taugiho index způsobilosti)

- variabilita
- není charakterizována rozptylem kolem střední hodnoty
- ale kolem optimální hodnoty (musí ležet ve středu tolerančního rozpětí)

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

kde  $T$  ... cílová hodnota

6. týden

© Tůmová

24

# Příklady na indexy způsobilosti

- Skripta: str. 80, obr. 4.8

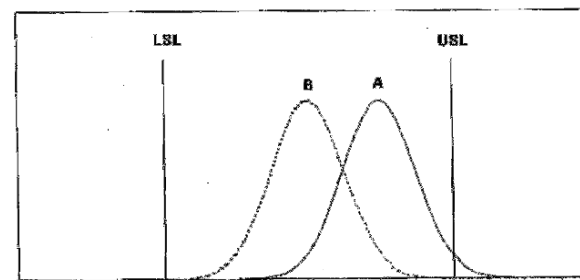
Příklady rozdělení hodnot sledovaného znaku v tolerančních mezích a ukazatele způsobilosti



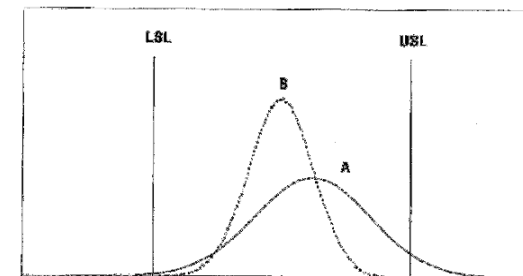
6. týden

© Tůmová

25

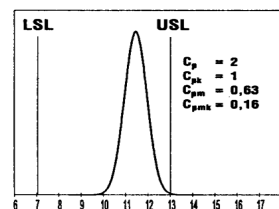
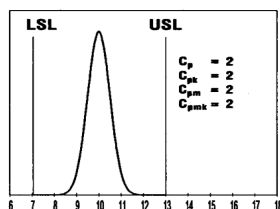
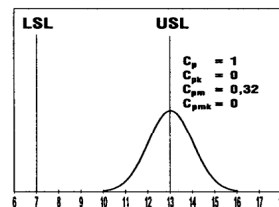
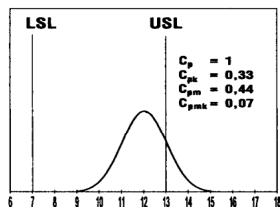
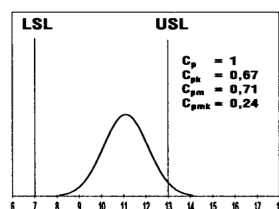
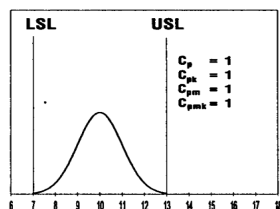


Obr. 7.8: Dosažení způsobilosti procesu seřizováním (A – nezpůsobilý proces:  $C_{pk} = 0,67$ ;  $C_p = 1,33$ ; B – způsobilý proces:  $C_{pk} = 1,33$ ;  $C_p = 1,33$ .)



Obr. 7.9: Dosažení způsobilosti procesu snižováním variability a seřizováním  
A – nezpůsobilý proces:  $C_{pk} = 0,56$ ;  $C_p = 0,74$   
B – způsobilý proces:  $C_{pk} = 1,33$ ;  $C_p = 1,33$ .)

6. týden



6. týden

Různé situace rozdělení hodnot sledovaného znaku jakosti v tolerančním poli a jejich klasifikace pomocí indexů  $C_p$ ,  $C_{pk}$ ,  $C_{pm}$  a  $C_{pmk}$  ( $T=10$ )

27

## Ukazatel způsobilosti $C_g$ (měřicího přístroje nebo měřicího systému)

- charakterizuje možnosti měřicího přístroje nebo měřicího systému dané jeho variabilitou

## ukazatel způsobilosti $C_{gk}$ (měřicího přístroje nebo měřicího systému)

## Ukazatel způsobilosti $C_m$ (výrobního stroje)

6. týden

© Tůmová

28

## 4.2 Etapy statistické regulace (str. 67)



### přípravná etapa – rozbor výrobního procesu

- zjištění, **zda** proces je **v ustáleném stavu**, tzn. zjišťujeme příčiny eventuální nestability, zda a jak se možné proces stabilizovat
- **hodnocení trendu**, rozevírání mezí  $\pm \sigma$  a možnou eliminaci vymezitelných příčin
- **použité nástroje**: histogramy, regulační diagram

6. týden

© Tůmová

29

### vlastní regulace



- **1. etapa – uvedení procesu do požadovaného stavu** („lечение“ procesu)
- pokud proces není ustálen, dochází ke změně parametrů rozdělení ppsti regulované veličiny a podmínek regulace, provádí se:
  - zpřesnění odhadů parametrů rozdělení regulované veličiny,
  - revize požadavků kladených na proces a - odstranění vymezitelných příčin
- **nástroje**: regulační diagramy, analýza příčin (Ishikav.diagram, brainstorming) testy zvláštních příčin.

6. týden

© Tůmová

30

- **2. etapa – udržování procesu v požadovaném stavu**
- úkolem je zjistit občasné výkyvy v procesu a vrátit ho do původního stavu (řízení musí být účinné a hospodárné)
- **nástroje**: diagram stability (regulační diagram)
- **3. etapa – zlepšování procesu**
- využívá stejné nástroje jako v 1. etapě
- regulační diagramy, analýza příčin (Ishikav.diagram, brainstorming), testy zvláštních příčin.
- Tato etapa se řadí do vyšších nástrojů ŘQ



6. týden

© Tůmová

31

## 2 postupové diagramy



- Skripta str. 68, obr. 4.4:  
Postupový diagram – průběh zavádění statistické regulace
- Skripta str. 78, obr. 4.7:  
Strategie zlepšení výrobního procesu

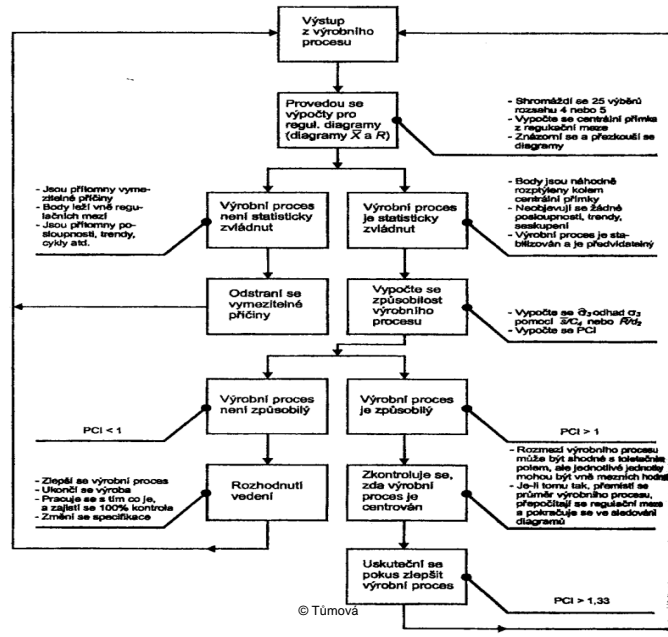


6. týden

© Tůmová

32





6. týden

© Tůmová

33

# 5 Statistická přejímací kontrola kvality



(str. 83 – 122)

6. týden

© Tůmová

34

## 5.1 Charakteristika a princip statistické přejímky (str. 83)

- statistická přejímka je následná **přejímací kontrola** (**vstupní, mezioperační, výstupní**)
- odhaduje **stav kvality dodávky** při přejímání
- odběratele při přejímce výrobků zajímá kvalita dávky, tzn. **podíl neshodných jednotek**
- podle rozsahu kontroly se statistická **přejímka dělí na stoprocentní a výběrovou**

6. týden

© Tůmová

35

### ● stoprocentní kontrola dávky –

provádí se:

- u malých dávek
- požadavek mimořádné kvality

z celkového počtu ***N*** jednotek dávky se kontrolou zjistí ***M*** neshodných jednotek a podíl neshodných jednotek  **$p = M/N$**

- **nevhodná** u velmi četných souborů a u destruktivních zkoušek

6. týden

© Tůmová

36

- statistická kontrola dávky –
- místo kontroly všech jednotek  $N$  (základní soubor)
- kontroluje se jen jejich část  $n$  (výběrový soubor, výběr) a
- podle výsledku této kontroly se rozhoduje o kvalitě základního souboru
- tato kontrola je:



- a) **výběrová** – výběr musí být tzv. statisticky homogenní, tzn. vyrobený za stejných podmínek, testovací znaky musí být ze stejného rozdělení a proces musí být statisticky stabilní
- b) **objektivní** – přijímací podmínky jsou předem dohodnuté
- c) **statistická** – uplatňuje se princip statistické indukce, postup je vlastně test statistické hypotézy



## Základní pojmy v oblasti statistických přejímek

- prejímací plán = jednoznačné pravidlo pro přijetí, resp. zamítnutí dodávky
  - 
  - je základem statistické přejímky (v mat. statistice je jeho alternativou test statistické hypotézy  $H$ )
  - obsahuje:
    - 1. pevně stanovený rozsah výběru  $n$  z  $N$  (zákl.souboru) a
    - 2. přesně definované **prejímací kritérium**
- např.  $(n, Ac)$ ,  $(n_1, Ac_1, Re_1, n_2, Ac_2)$



- prejímací kritérium (prejímací plán) tvoří:
- prejímací číslo
- $Ac$  (v ČSN ISO, acceptance number),  
nebo  $c$  (v ČSN)  
= přípustný počet neshodných jednotek v daném výběru
- zamítací číslo
- $Re$  (v ČSN ISO, rejectance number),  
nebo  $z$  (v ČSN)  
= nepřípustný počet neshodných jednotek ve výběru



- **rizika statistické přejímky** (součást přejím. plánu)

- $p_1$  ... přípustný podíl neshod. jednotek v dávce
- $p_2$  ... nepřipust. podíl neshod. jednotek v dávce
- $\alpha$  (PR) ... **riziko dodavatele** = maximální ppst zamítnutí vyhovující dávky ( $P \leq P_1$ );

volí se hodnota  $\alpha = 5 \%$

$$P_1 = p_1 \cdot 100 [\%]$$

- $\beta$  (CR) ... **riziko odběratele** = maximální ppst přijetí nevyhovující dávky ( $P \geq P_2$ );

volí se hodnota  $\beta = 10 \%$

$$P_2 = p_2 \cdot 100 [\%]$$



- **přípustná úroveň jakosti AQL**

(Acceptance Quality Level) = mezní přijatelná hodnota průměrného procenta neshodných jednotek (odpovídá  $P_1$ , ale ne přesně  $\alpha$  !!)

- **nepřípustná úroveň jakosti LQ**

(Limited Quality) = procento neshodných jednotek spojené s malou pravděpodobností přijetí (odpovídá  $P_2$ )

- **PLQ**

(Probability of Acceptance at the Limiting Quality) = pravděpodobnost přijetí dávky s právě LQ (odpovídá  $\beta$ )

