

### 3. Aplikace SPC na proces dělení kovového profilu

**Praktická aplikace uvedené metodiky**

**Charakteristika produktu:** kovový profil pro sestavení zvedacích sloupků pracovních stolů

**Charakteristika procesu:** dělení na automatické kotoučové pile jako součásti podélné profilovací linky (na konci linky).

**Znak jakosti:** délka profilu ( $477 \pm 0,5$  mm)

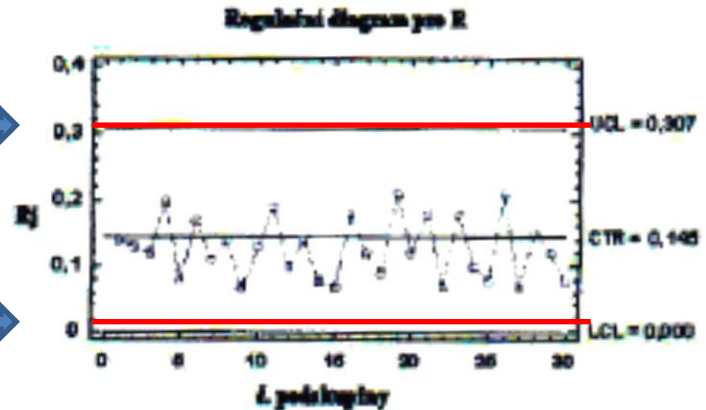
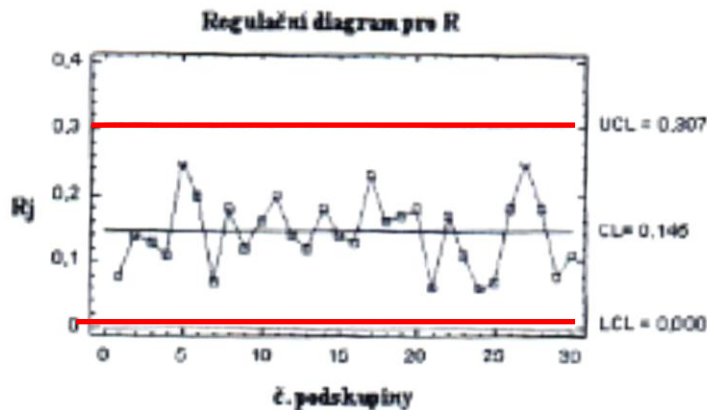
**Rozsah podskupiny:** 5 ks

**Kontrolní interval:** 45 min

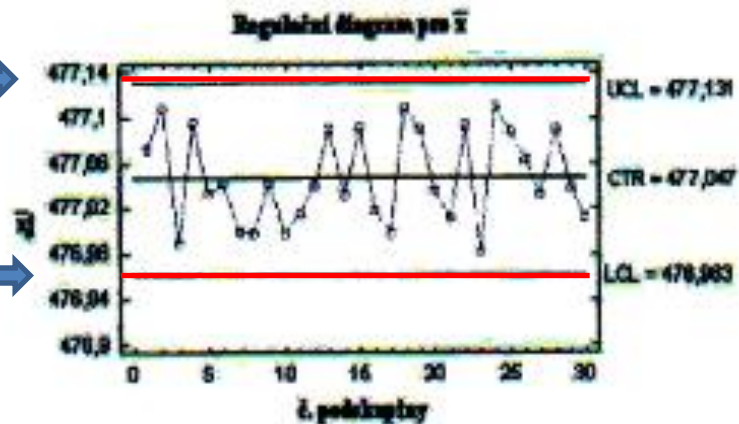
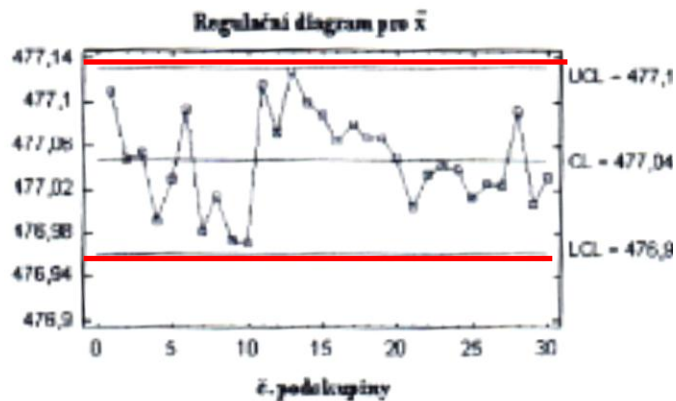
**Zvolené regulační diagramy:** regulační diagramy pro průměry a rozpětí

# 3. Aplikace SPC na proces dělení kovového profilu

R



x-bar



Fáze II

Fáze IV

### 3. Aplikace SPC na proces dělení kovového profilu

Posouzení významnosti změny rozptýlenosti ve fázi IV – F-test

Posouzení významnosti změny střední hodnoty ve fázi IV – dvouvýběrový t-test

Porovnáání dat z období realizace fáze II a dat z období realizace fáze IV

Výsledky statistické analýzy

<i>Test</i>			<i>Závěr</i>
F-test		$T < K$	Neexistuje významný rozdíl mezi variabilitou procesu ve fázi II. a ve fázi IV. Není nutné přepočítávat meze v regulačním diagramu pro rozpětí. Ve fázi IV. je možné použít meze stanovené ve fázi II.
Dvouvýběrový t-test		$T < K$	Neexistuje významný rozdíl mezi hodnotou polohy procesu ve fázi II. a ve fázi IV. Není nutné přepočítávat meze v regulačním diagramu pro průměry. Ve fázi IV. je možné použít meze stanovené ve fázi II.

### 3. Aplikace SPC na proces dělení kovového profilu

#### Poučení z případové studie č. 3

- Okamžik stanovení potřeby zvážit přepočítání regulačních mezí se váže na signál nestability procesu v regulačním diagramu.
- Ne každý signál nestability procesu však povede k přepočtu regulačních mezí.
- Rozhodnutí o provedení přepočtu regulačních mezí vždy musí předcházet reálná analýza příčin nestability procesu.

## 4. Aplikace SPC v podmínkách válcování tyčového materiálu

Zaměření případové studie:

Volba regulačních diagramů a nestandardní metody analýzy způsobilosti procesu (I. A III. fáze)

Proces: Válcování profilů

Zařízení: Válcovací trať 3,5 Kvarto



## 4. Aplikace SPC v podmínkách válcování tyčového materiálu

**Produkt:** Za tepla válcovaná tyč průřezu rovnoramenného a nerovnoramenného L

- 3 rozměrově rozdílné výrobky jednoho typu
- Tolerance:  $20 \pm 1$  mm,  $30 \pm 1$  mm,  $40 \pm 1$  mm

**Znak jakosti:** šířka ramene

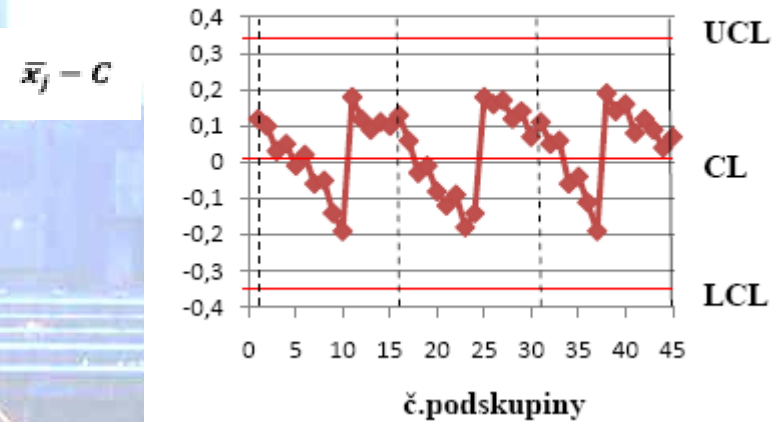
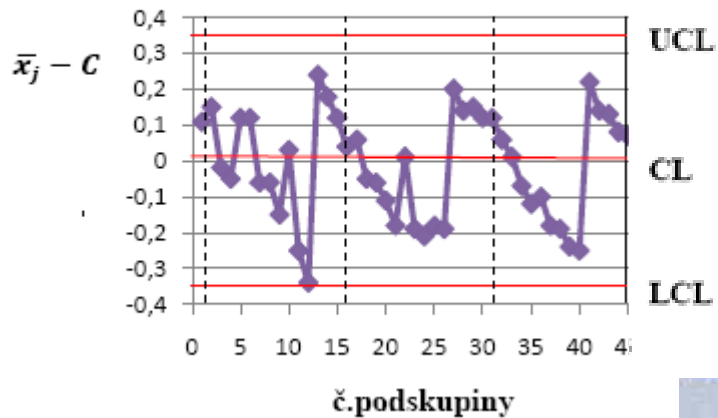
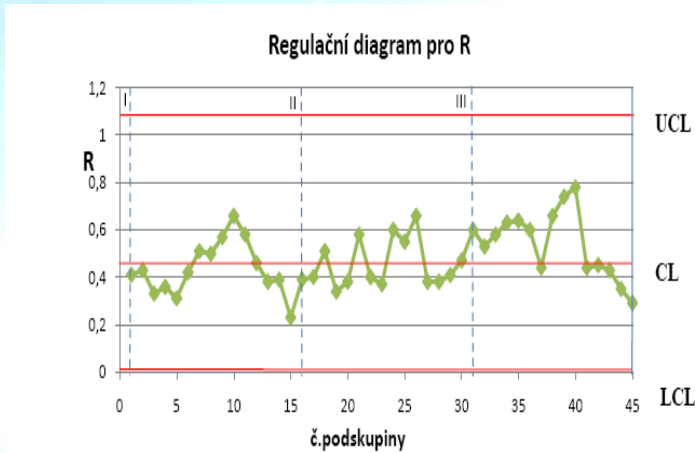
**Kontrolní interval:** určen každým druhým vyválcovaným svazkem tyčí

**Rozsah podskupiny:**  $n = 4$  (náhodně vybrané ze svazku)

**Typ regulačního diagramu:** **cílový regulační diagram pro průměry,**  
**regulační diagram pro rozpětí**

# 4. Aplikace SPC v podmínkách válcování tyčového materiálu

## Analýza statistické stability procesu



# 4. Aplikace SPC v podmínkách válcování tyčového materiálu

## Analýza způsobilosti procesu

### 1. Metoda výpočtu odchylek

a) výpočet odchylek naměřených hodnot od cílových hodnot  $T_i$   
(kódované hodnoty sledovaného znaku jakosti)

(Cílová hodnota celého procesu  $T_c = 0$ )

b) Stanovení kódovaných hodnot tolerančních mezí

$$USL_{ci} = USL_i - T_i \quad LSL_{ci} = T_i - LSL_i$$

c) Výpočet střední hodnoty procesu  $\bar{x}_c$  a směrodatné odchylky procesu  $s_c$   
z kódovaných hodnot

d) Výpočet indexů způsobilosti pro jednotlivé produkty

$$\hat{C}_p = \frac{USL_{ci} - LSL_{ci}}{6 \cdot s_c}$$

$$\hat{C}_{pk} = \min \left\{ \frac{USL_{ci} - \bar{x}_c}{3 \cdot s_c}; \frac{\bar{x}_c - LSL_{ci}}{3 \cdot s_c} \right\}$$

Předpoklad: N rozdění hodnot



# 4. Aplikace SPC v podmínkách válcování tyčového materiálu

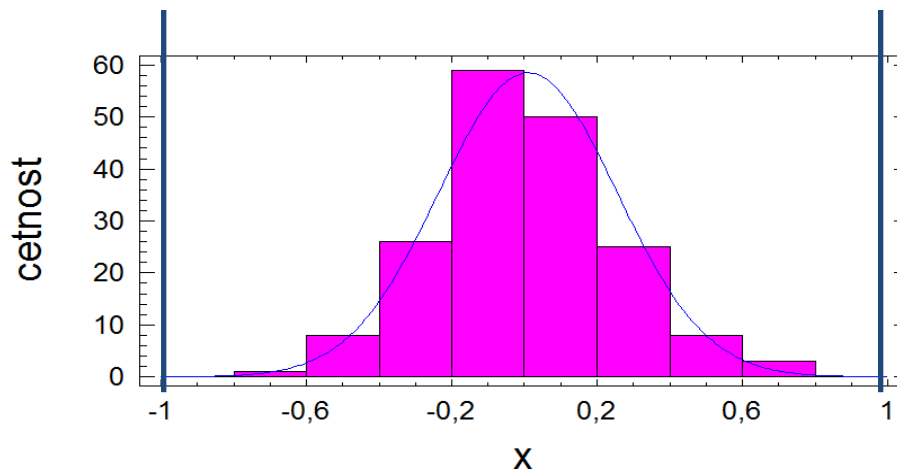
## 1. Metoda výpočtu odchylek - aplikace

$$\bar{x}_C = 0,0101 \quad s_C = 0,245$$

$$\hat{C}_{p20,30,40} = \frac{1 - (-1)}{6 \cdot 0,245} = 1,36$$

$$\hat{C}_{pk20,30,40} = \min \left\{ \frac{1 - 0,0101}{3 \cdot 0,245}; \frac{0,0101 - (-1)}{3 \cdot 0,245} \right\} = 1,35$$

Protože šíře tolerančního pole je u všech produktů stejná, jsou pro všechny produkty hodnoty indexů způsobilosti také stejné.



### 3. Aplikace SPC na proces dělení kovového profilu

#### 2. Metoda lineární transformace

Princip: získání mezí společných pro všechny produkty a jednoho indexu  $C_p$  a  $C_{pk}$

a) Výpočet kódovaných hodnot tolerančních mezí

$$USL_c = \frac{USL_i - LSL_i}{USL_i - LSL_i} = 1 \quad LSL_c = \frac{LSL_i - LSL_i}{USL_i - LSL_i} = 0$$

b) Výpočet kódovaných hodnot z jednotlivých měření  $Y_{ij} = \frac{X_{ij} - LSL_i}{USL_i - LSL_i}$

c) Výpočet odhadu střední hodnoty  $\bar{y}_c$  a směrodatné odchylky  $s_c$  z kódovaných hodnot  $Y_{ij}$

d) Výpočet indexů

$$\hat{C}_p = \frac{USL_c - LSL_c}{6 \cdot s_c}$$

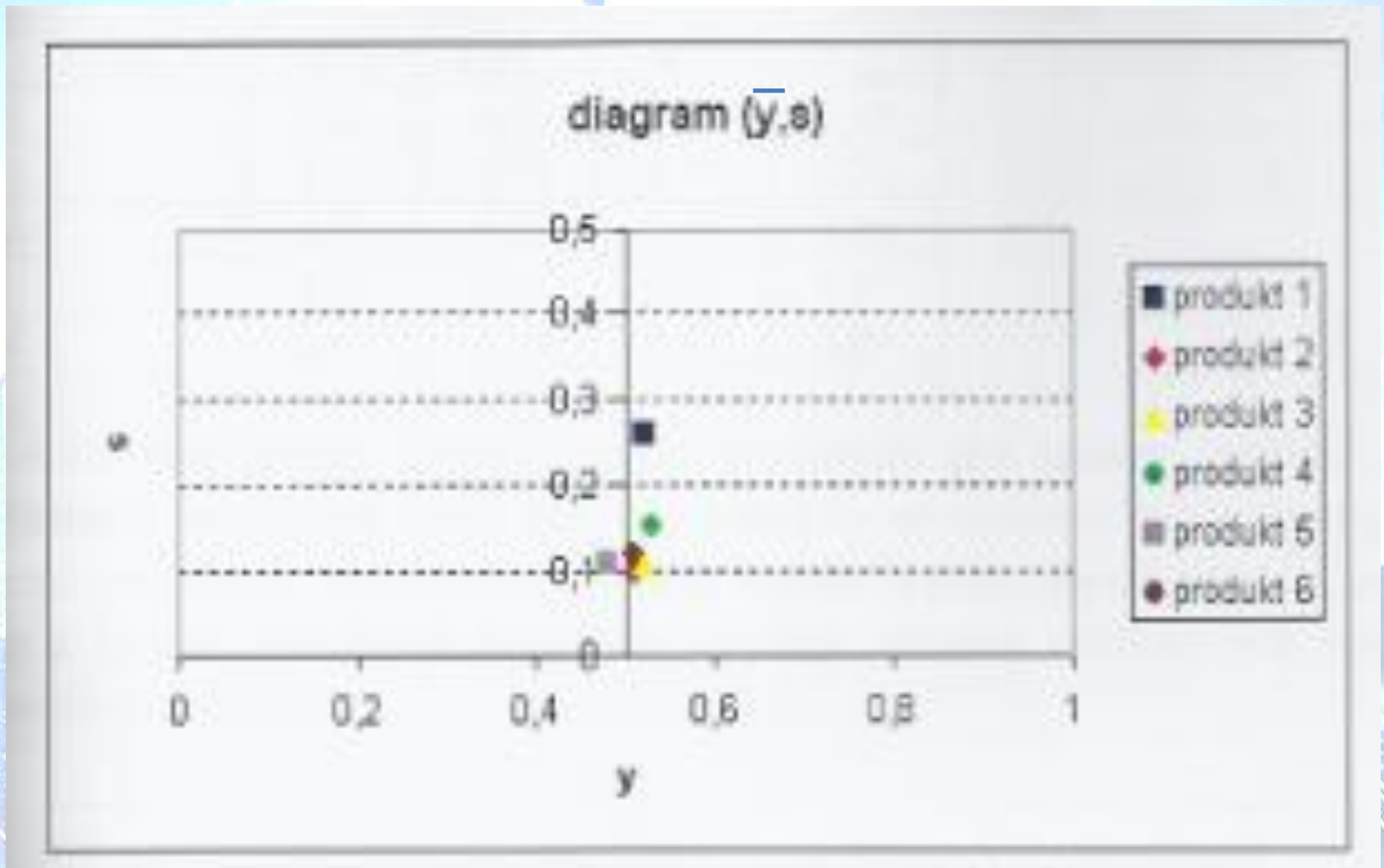
$$\hat{C}_{pk} = \min \left\{ \frac{USL_{ci} - \bar{y}_c}{3 \cdot s_c}; \frac{\bar{y}_c - LSL_{ci}}{3 \cdot s_c} \right\}$$

Předpoklad: N rozdělení hodnot

## 4. Aplikace SPC v podmínkách válcování tyčového materiálu

### 2. Metoda lineární transformace

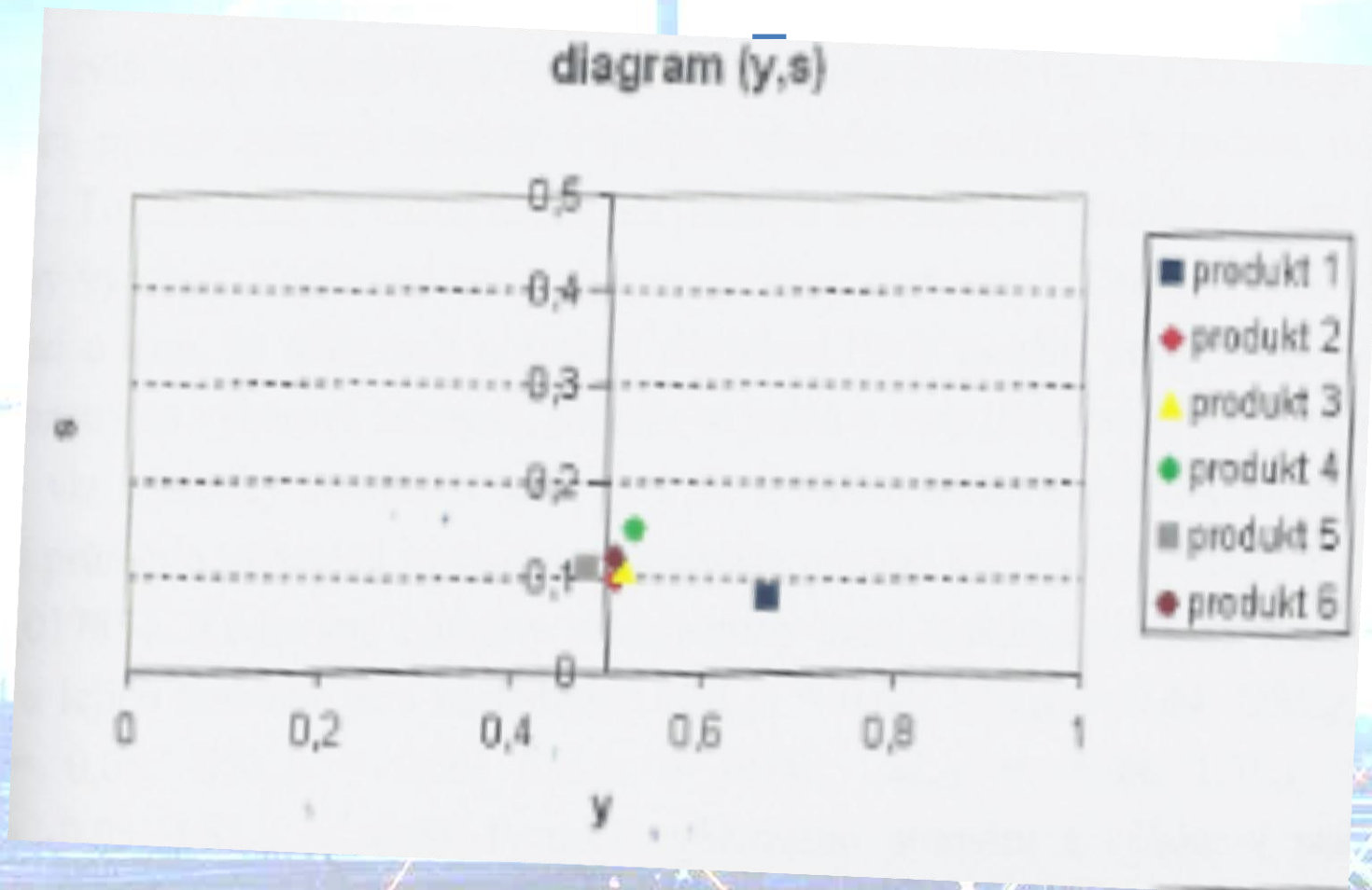
### Diagram ( $\bar{y}, s$ ) - ukázka



## 4. Aplikace SPC v podmínkách válcování tyčového materiálu

### 2. Metoda lineární transformace

### Diagram ( $\bar{y}$ , s) - ukázka



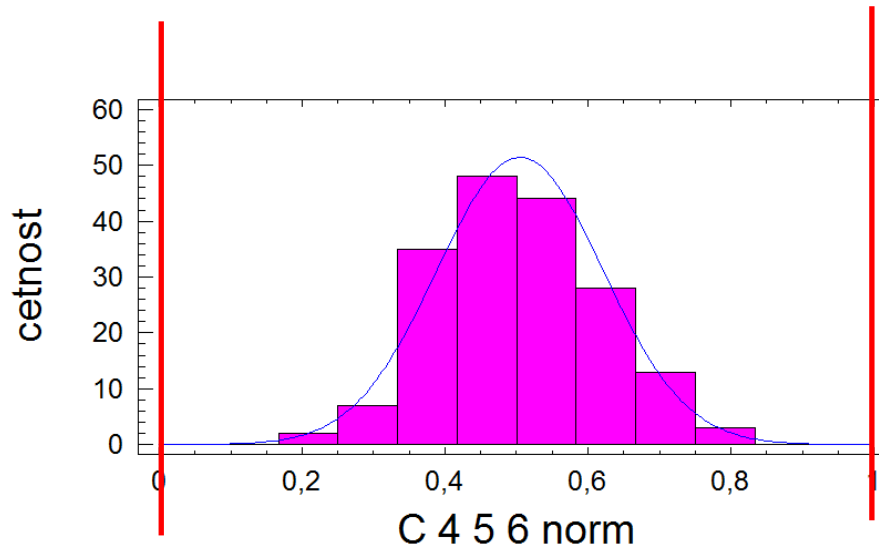
# 3. Aplikace SPC na proces dělení kovového profilu

## 2. Metoda lineární transformace - aplikace

$$\bar{y}_c = 0,506 \quad s_c = 0,1212$$

$$\hat{C}_p = \frac{1-0}{6.0,12} = 1,39$$

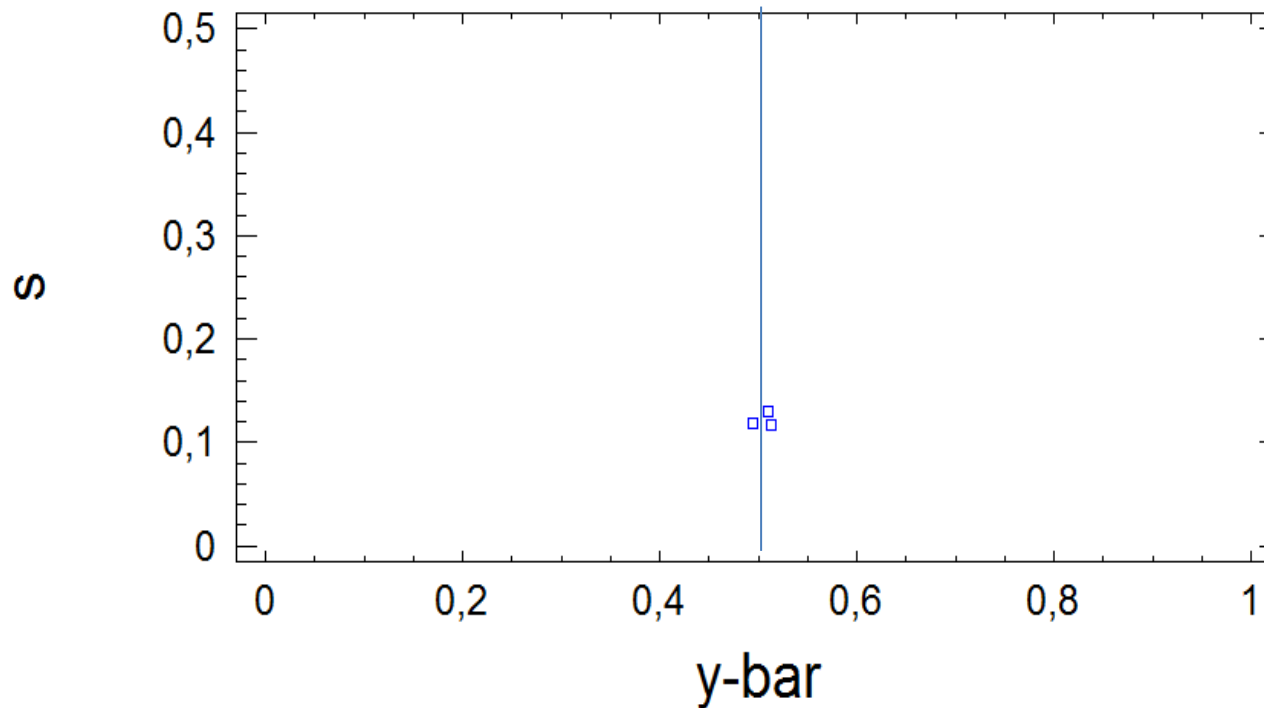
$$\hat{C}_{pk} = \min \left\{ \frac{1-0,505}{3.0,12}; \frac{0,505-0}{3.0,12} \right\} = 1,38$$



## 4. Aplikace SPC v podmínkách válcování tyčového materiálu

### 2. Metoda lineární transformace - aplikace

Diagram ( $\bar{y}$ ,  $s$ )



## 4. Aplikace SPC v podmínkách válcování tyčového materiálu

### Poučení z případové studie č. 4

- Cílový regulační diagram pro průměry a diagram pro rozpětí se hodí pro produkty lišící se jmenovitou hodnotou a tolerancemi v případě konzistentní variability
- Pro posouzení celkové způsobilosti procesu je vhodné použít metodu lineární transformace, v případě nezpůsobilosti doplněné o diagram ( $\bar{y}$ ,  $s$ )

## 5. Aplikace SPC při podélném omítání plechů na oboustranných nůžkách

Zaměření případové studie: Komplexní a efektivní aplikace SPC

**Proces:** Podélné stříhání plechů válcovaných na válcovací stolici kvarto

**Produkt:** ocelové tlusté plechy





## 5. Aplikace SPC při podélném omítání plechů na oboustranných nůžkách

### Definování problému:

- stříhá se obrovská variabilita plechů;
- přídavek na spodním povrchu se odhaduje na základě znalostí a zkušeností jednotlivců.
- Zákazník dostává zdarma velké množství plechu – možno využít jako kvalitní vsázku – o to snížit náklady na nákup vsázky

### Cíl:

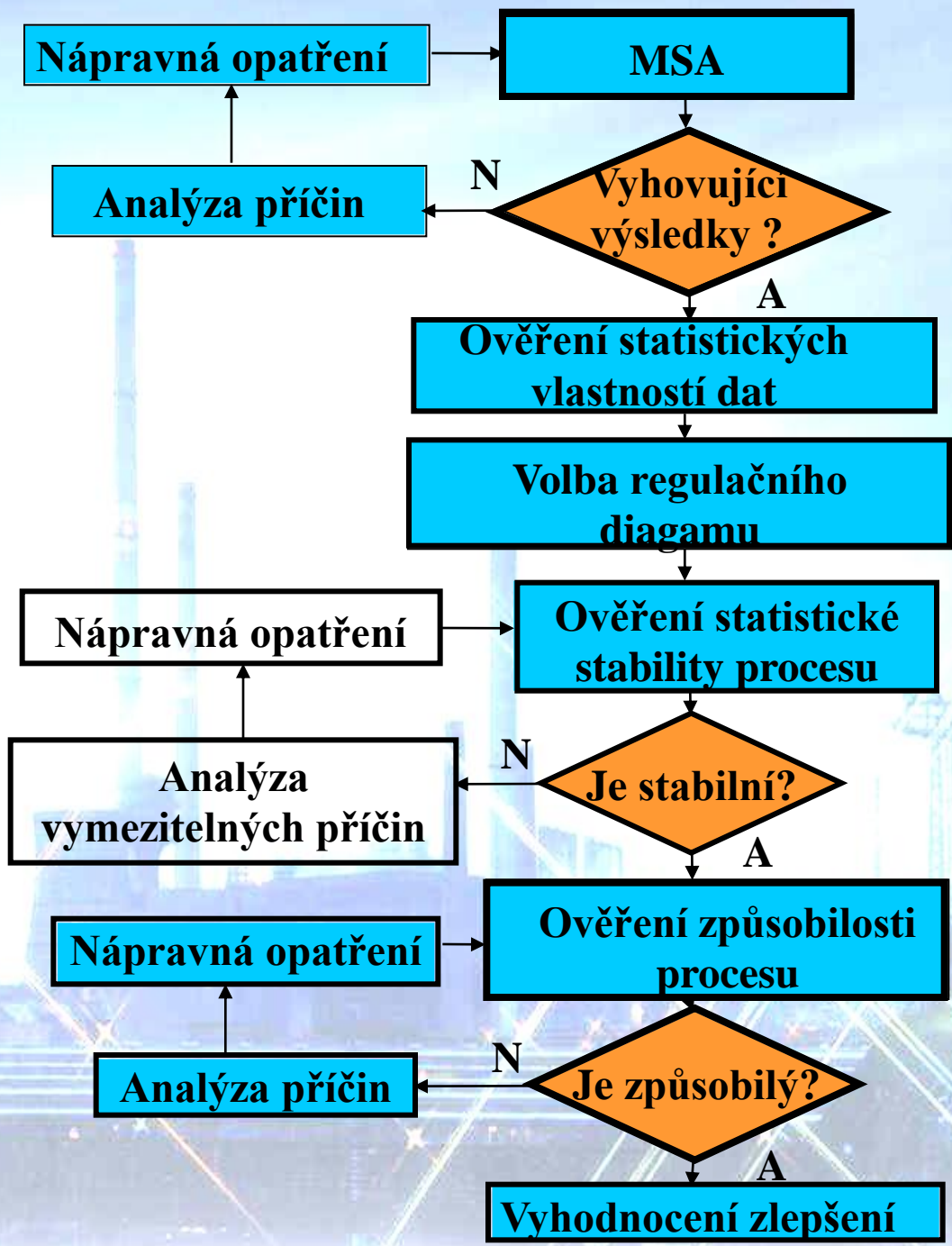
- stanovit optimální velikost přídavku na šířku plechu na spodním povrchu;
- minimalizovat jeho variabilitu.



# Praktická ukázka efektivní aplikace SPC

ppm	
<i>Před opatřením</i>	<i>Po opatření</i>
1640	5,7

**Ekonomický efekt  
zlepšení:  
1 806 690 Kč/rok.**



## 5. Aplikace SPC při podélném omítání plechů na oboustranných nůžkách

### Poučení z 5. případové studie

- SPC je nutné realizovat komplexně.
- Pak lze dosáhnout reálného zlepšení a ekonomických přínosů.
- Při komplexní aplikaci SPC je třeba využít i dalších statistických a grafických nástrojů ( např. MSA, regresní analýzy, testů statistických hypotéz ( F-testů, t-testů, testů náhodnosti, homogenity a testů dobré shody), metody ANOVA, exproatorních grafů.

## LITERATURA

- MONTGOMERY, D.C.: *Introduction to Statistical Quality Control*. J.Wiley & Sons, New York, 2001. 796 s. ISBN 0-471-31648-2.
- TOŠENOVSKÝ, J. - NOSKIEVIČOVÁ, D.: *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. Ostrava: Montanex, 2000. 362 s.
- GRIFFITH, G.K. *Statistical Process Control Methods For Long And Short Runs*. Milwaukee, Wisconsin: ASQC Quality Press, 1996. 250 s.
- NOSKIEVIČOVÁ, D. - KUCHARCZYK, R.: Effective Application of Statistical Process Control on the Lengthwise Tonsure Rolled Plates Process. *Metalurgija*, roč. 51, č. 1, 2012, ss. 137-140. ISSN 0543-5848.
- NOSKIEVIČOVÁ, D.: Effective Implementation of Statistical Process Control. In: *Engineering the Future*. Laszlo Dudas (editor). 1st edition. Rijeka: Sciyo, 2010, Kapitola 11, s. 217-240, ISBN 978-953-307-210-4.
- KELBLEROVÁ, M. – NOSKIEVIČOVÁ, D.: Effective Application of Statistical Process Control on Metal Profiles Cutting. In: *Proceedings of 11st International Carpatian Control Conference. ICC´2010*. Eger, Hungary: 2010. ISBN 978-936-06-9289-2.