

**SLOVENSKÁ POĽNOHOSPODÁRSKA  
UNIVERZITA  
V NITRE**

Rektor: Dr.h.c. prof. Ing. Peter Bielik, PhD.

**TECHNICKÁ FAKULTA**

Dekan: prof. Ing. Zdenko Tkáč, PhD.

**Spôsobilosť výrobných zariadení**

Diplomová práca

Katedra kvality a strojárskych technológií

Vedúci katedry: doc. Ing. Peter Čičo, CSc.

Študijný odbor: 2386800

Vedúci práce: Ing. Miroslav Prístavka, PhD.

Tomáš Greppel



## ABSTRAKT

Diplomová práca sa so svojim obsahom sa orientuje na vypracovanie a navrhnutie štatistických metód pre riadenie kvality v procesoch výroby produktu a o udržanie tohto procesu pod štatistickou kontrolou. Bola vypracovaná v organizácii MATADOR Automobile Vráble, a.s. vypočítané hodnoty potvrdili spôsobilosť meracieho zariadenia DIGIMATIK, pretože  $C_{gm}, C_{gmk}$  boli väčšie ako 1,34. Bola potvrdená spôsobilosť meracieho zariadenia. Vypočítané hodnoty potvrdili spôsobilosť výrobného zariadenia EDMIC, pretože  $C_m, C_{mk}$  sú väčšie ako 1,66 a 1,67. Bola potvrdená aj spôsobilosť procesu lisovania súčiastky Saeule A innen obem vypočítané hodnoty boli väčšie ako 1,33. Bol potvrdený stav vplyvov pôsobiacich na proces lisovania.

„Kľúčové slova“ : štatistické metódy, štatistická regulácia procesu, výrobný proces, meracie zariadenie, výrobné zariadenie.

## ABSTRAKT

The content of graduation theses orients on development and design of statistical methods of quality control in production processes and keep this process under statistical control. It was designed in MATADOR Automobile Vráble, a. s. organization. Calculated values confirmed ability of measuring equipment DIGIMATIK, because  $C_{gm}, C_{gmk}$  were more than 1,34. It was confirmed the ability of measuring equipment. Calculated values confirmed ability of production facilities EDMIC, because  $C_m, C_{mk}$  are more than 1,66 and 1,67. It was confirmed also ability of compress process of component Saeule A innen oben. The calculated values were more than 1,33. It was confirmed status of influences acting for compress process.

Key words: statistic methods, statistic regulation of process, production process, measuring equipment, production facilities.

## **Čestné vyhlásenie**

Podpísaný Tomáš Greppel vyhlasujem, že predkladanú diplomovú prácu na tému : „ Spôsobilosť výrobných zariadení “ som vypracoval samostatne, s použitím odbornej literatúry.

Som si vedomý zákonných dôsledkov v prípade, ak uvedené údaje nie sú pravdivé.

Nitra 29. apríla 2011

---

## **Pod'akovanie**

Touto cestou chcem pod'akovať vedúcemu diplomovej práce  
Ing. Miroslavovi Prístavkovi, PhD. za odborné vedenie, pripomienky a cenné rady pri  
vypracovaní diplomovej práci.

## Použité označenia

- $d$  - šírka triedeného intervalu
- $d_2$  - koeficient pre výpočet odhadu smerodajnej odchylky
- $i$  - poradové číslo podskupiny
- $j$  - poradové číslo nameranej hodnoty v podskupine
- $k$  - počet triedených intervalov
- $m$  - počet podskupín
- $m_i$  - absolútna početnosť v  $i$  - tom zväčšenom triedenom intervale
- $m_{Ti}$  - teoretická početnosť v  $i$  - tom zväčšenom triedenom intervale
- $n$  - rozsah podskupiny
- $n_i$  - absolútna početnosť
- $s$  - výberová smerodajná odchylka, mm
- $s_w$  - smerodajná odchylka z opakovaných meraní, mm
- $s_{\Delta}$  - smerodajná odchylka vplyvu obsluhy, mm
- $x_{\max}$  - maximálna hodnota premennej v štatistickom súbore, mm
- $x_{\min}$  - minimálna hodnota premennej v štatistickom súbore, mm
- $A_2, A_3$  - koeficienty pre výpočet regulačných diagramov
- $B_3, B_4$  - koeficienty pre výpočet regulačných diagramov
- $CL$  - centrálna priamka
- $C_{gm}$  - index spôsobilosti meradla
- $C_{gmk}$  - index spôsobilosti meradla
- $C_m$  - index spôsobilosti stroja
- $C_{mk}$  - index spôsobilosti stroja
- $C_p$  - index spôsobilosti procesu
- $C_{PK}$  - index spôsobilosti procesu
- $C_4$  - koeficient pre výpočet regulačných diagramov
- $D_3, D_4$  - koeficient pre výpočet regulačných diagramov
- $DMZ_x^-$  - dolná medza zásahu, mm
- $HMZ_s$  - horná medza zásahu, mm

$HMZ_x^-$  - horná medza zásahu, mm  
 $LCL$  - dolná regulačná medza, mm  
 $LCL_R$  - dolná regulačná medza, mm  
 $LCL_x^-$  - dolná regulačná medza, mm  
 $LSL$  - dolná tolerančná medza, mm  
 $MAX$  - maximálna hodnota, mm  
 $MIN$  - minimálna hodnota, mm  
 $N$  - rozsah súboru, mm  
 $P_i$  - relatívna početnosť  
 $R$  - rozpätie v podskupine, mm  
 $\bar{R}$  - stredná hodnota rozpätia v podskupinách, mm  
 $R_i$  - rozpätie v podskupine, mm  
 $\bar{S}$  - stredná hodnota výberových smerodajných odchýlok v podskupinách, mm  
 $S_i$  - priemerná hodnota v podskupine, mm  
 $S_M$  - celkové pásmo rozptylu, %  
 $T$  - tolerancia, mm  
 $UCL$  - horná regulačná medza, mm  
 $UCL_R$  - horná regulačná medza, mm  
 $UCL_x^-$  - horná regulačná medza, mm  
 $USL$  - horná tolerančná medza, mm  
 $\bar{X}$  - priemer procesu, mm  
 $X_r$  - menovitá hodnota normálu, mm  
 $\sigma$  - stredná hodnota, mm  
 $\sigma^2$  - rozptyl súboru, mm  
 $\hat{\sigma}$  - smerodajná odchylka  
 $\sigma_{N-1}$  - smerodajná odchylka  
 $\mu$  - stredná hodnota, mm  
 $z$  - počet odhadnutých parametrov teoretického rozdelenia



# OBSAH

<b>1. SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY</b>	<b>12</b>
1.1 HISTORICKÝ VÝVOJ RIADENIA KVALITY	12
1.2 CHARAKTERISTIKA NORIEM MANAŽÉRSTVA KVALITY	14
1.2.1 Normy pre systém manažérstva kvality	14
1.2.2 Normy pre certifikácie a vyhlásenie zhody	15
1.2.3 Normy na preverovanie systémov manažérstva kvality	16
1.3 SPÔSOBILOSŤ VÝROBNÝCH ZARIADENÍ	16
1.3.1 Voľba kontrolných znakov	17
1.3.2 Okrajové podmienky	17
1.3.3 Získavanie údajov	18
1.3.4 Vyhodnotenie nameraných hodnôt	19
1.3.4.1 Zákonitosti	19
1.3.4.1.1 Skúmanie zákonitostí nameraných hodnôt	19
1.3.4.1.2 Určenie tvaru rozloženie nameraných hodnôt	20
1.3.4.3 Stabilita	21
1.3.4.3.1 Určenie stability nameraných hodnôt	21
1.3.4.3.2 Stanovenie medzných hodnôt pre priemernú hodnotu a smerodajnú odchylku	21
1.3.4.3.3 Posúdenie stability	21
1.3.5 Výpočet indexu spôsobilosti stroja $C_m$ , $C_{mk}$	22
1.3.6 PROCESY S NEVYHNUTNOU SYSTEMATIKOU	22
1.4 SPÔSOBILOSŤ MERACÍCH ZARIADENÍ	23
1.4.1 Cieľ a terminológia	23
1.4.2 Všeobecný návod pre systém merania	23
1.4.3 Kvalita nameraných údajov	24
1.4.4 Štatistické vlastnosti systému merania	25
1.4.5 Posúdenie systému merania	26
<b>2. CIEĽ PRÁCE</b>	<b>28</b>
<b>3. METODIKA</b>	<b>29</b>
3.1 SPÔSOBILOSŤ MERACÍCH ZARIADENÍ	29
3.1.1 Určenie indexu spôsobilosti meracieho zariadenia	29
3.1.2 Stanovenie celkového rozptylu meracieho zariadenia $S_m$ (podľa metódy $s$ )	30
3.2 VYHODNOTENIE NAMERANÝCH HODNÔT	32
3.2.1 Zákonitosti	32
3.2.1.1 Určenie tvaru rozloženie nameraných hodnôt	32
3.2.2 Stabilita	32
3.2.2.1 Určenie stability nameraných hodnôt	32
3.2.2.2 Stanovenie medzných hodnôt pre priemernú hodnotu a smerodajnú odchylku	34
3.2.3 Normálne rozdelenie	34
3.2.4 Testy zhody empirického rozdelenia s teoretickým	36
3.2.4.1 Kritérium $\chi^2$	36
3.2.5 Spôsobilosti výrobného zariadenia $C_m$ , $C_{mk}$	38
3.3 REGULÁČNÉ DIAGRAMY PRE PRIEMER A ROZPÄTIE	40
3.3.1 Vyhodnotenie regulácie procesu	41
3.3.2 Vyhodnotenie spôsobilosti procesu	42
<b>4. VLASTNÁ PRÁCA</b>	<b>43</b>
4.1 CHARAKTERISTIKA ORGANIZÁCIE MATADOR AUTOMOTIVE VRÁBLE	43
4.2 ÚDAJE O VÝROBNOM ZARIADENÍ A PRACOVISKU	43
4.3 CHARAKTERISTIKA LISOVANÉHO VÝROBKU	44
4.4 CHARAKTERISTIKA MERACIEHO ZARIADENIA	44
4.5 VYHODNOTENIE SPÔSOBILOSTI MERADLA	45
4.5.1 Posúdenie celkového rozptylu $S_M$ podľa metódy ( $s$ )	47
4.6 HODNOTENIE SPOSÔBILOSTI VYROBNEHO ZARIADENIA	49
4.6.1 Zákonitosti	49

4.6.1.1 Skúmanie zákonitosti nameraných hodnôt	49
4.6.2 <i>Stabilita</i>	50
4.6.2.1 Určenie stability nameraných hodnôt	50
4.6.2.2 Stanovenie medzných hodnôt pre priemernú hodnotu a smerodajnú odchylku	50
4.7 VYHODNOTENIE NORMALITY NAMERANÝCH HODNÔT	52
4.7.1 <i>Testy zhody empirického rozdelenia s teoretickým Pearsonovo kritérium <math>\chi^2</math></i>	53
4.8 SPÔSOBILOSŤ VÝROBNÉHO ZARIADENIA $C_M, C_{MK}$	54
4.9 HODNOTENIE SPÔSOBILOSTI VÝROBNÉHO PROCESU	55
4.9.1 <i>Regulačný diagram (<math>\bar{X} - R</math>)</i>	55
4.9.2 <i>Normalita rozdelenia</i>	55
4.9.3 <i>Zisťovanie spôsobilosti procesu <math>C_p, C_{pk}</math></i>	61
<b>5. NÁVRH NA VYUŽITIE VÝSLEDKOV</b>	<b>62</b>
<b>6. ZÁVER</b>	<b>63</b>
<b>7. POUŽITA LITERATÚRA</b>	<b>65</b>

## Úvod

V dobe otvoreného globálneho trhu je potrebné vyrábať kvalitne z dôvodu udržania si konkurencieschopnosti. V minulosti, kým trhy neboli tak otvorené, „mohli organizácie vyrábať výrobky v akejkolvek kvalite. V súčasnosti si nemôžu dovoliť tento prístup pretože by mohli byť vytlačený z trhu novými organizáciami.

Schopnosť udržať sa na trhu v dnešnej ostrej konkurencii umožňuje dôsledne sledovanie situácie na trhu, rýchlosť a schopnosť prispôbiť sa požiadavkám pretože trh predávajúceho sa mení na trh kupujúceho.

Tým organizáciám ktoré pochopia novú realitu sa otvára cesta dlhodobého úspešného fungovania. Zákazníci si stále viac uvedomujú svoje nároky na kvalitu. Chcú mať vopred istotu, že podnikanie môže uspokojiť ich požiadavky. Certifikovaný systém manažérstva kvality poukazuje na záväzok ku kvalite a spokojnosti zákazníkov.

Aby boli organizácie konkurencieschopné a udržali si svoje vydobyté pozície, je potrebné aby zavádzali systémy manažérstva kvality, ktoré sú predpokladom certifikácie. Jedným zo základných zdrojov často riešených problémov býva variabilita číselných hodnôt. Ich zameraním je možné tieto problémy riešiť. Pri týchto analýzach zohrávajú štatistické metódy významné miesto. Systémy kvality sa zavádzajú podľa požiadaviek normy ISO 9001:2008, ktorá bola prevzatá do slovenskej sústavy noriem pod označením ISO 9001:2009.

# 1. SÚČASNÝ STAV RIEŠENEJ PROBLEMATIKY

## *1.1 Historický vývoj riadenia kvality*

Prakticky od začiatku výmeny tovarov sa vyskytovala požiadavka kupujúceho, aby tovar mal vlastnosti, ktorého sa od neho pri kúpe predpokladajú. S rozmachom obchodu a najmä s rastúcou zložitou výrobkov už v období priemyselnej revolúcie táto požiadavka nadobúdala stále väčší význam.

Všetko sa začalo v Londýne práve v období priemyselnej revolúcie a intenzívneho obchodu s anglickými kolóniami. Išlo hlavne o poistenie zakúpeného nákladu, ktorý dovážali lode do Anglicka napr. z Indie. Podnikateľ Lloyd postupne zistil, že môže uzavrieť primeranú poisťovnú zmluvu iba vtedy, keď bude poznať technický stav lode. Postupne došiel k názoru, že spoľahlivý stav lode možno zistiť, pokiaľ bude poznať, z akých materiálov, ako sa kde loď stavaná. Ďalej bolo nutné poznať kapitána a spôsob údržby a prevádzkovania plavidla. Tieto všetky faktory ovplyvňujúce zmluvu viedli nakoniec k zostaveniu jednotných technických pravidiel pre stavbu lodí, kontrolu kvality používaných materiálov a súčastí, predpisov pre pravidelné opakované kontroly lodí a nakoniec i na dokumentovanie celého tohto systému. Prírodzene s tým sa vytvoril aj systém určenej výrobných kontroly i získavanie oprávnení na stavbu, Tak vznikol prvý lodný register na svete a dá sa povedať aj svojim spôsobom systém zabezpečovania kvality pri stavbe lodí.

Postupne rýchlo vznikala potreba podobných služieb nielen pre oblasť námorného obchodu, ale aj pre priemysel a obchod. Rozhodujúcim medzníkom bolo obdobie priemyselnej revolúcie (19.storočie) kedy dochádza k prudkému rozvoju hromadnej výroby a deľbe práce.

Vznikom moderných výrobkov (automobil, lietadlo, telefónna sieť a pod.) veľmi stúpol význam koordinácie všetkých činností, podieľajúcich sa na tvorbe týchto výrobkov majúci charakter systému. Dá sa povedať, že vznik moderných výrobkov vyvolal revolúciu v technike zabezpečovania kvality: vznik riadenia kvality.

Deming počas druhej svetovej vojny pracoval ako matematický štatistik pre americký vojnový priemysel a práve tu zistil, že výkon firmy možno podstatne zvýšiť, ak podrobíme analýze každý výrobok už počnúc jeho vývojom cez výrobu, dodavku, až po celoživotný servis. V nadväznosti na to sa už koncom II. svetovej vojny americké

vojnové strediská, ako NATO, dovoľávali u svojich dodávateľov toho, aby sa preukázali systémami riadenia kvality, ktoré uplatňujú. Požiadavky na takéto systémy kvality položili vo vojenských normách.

V sedemdesiatych rokoch sa k tomuto trendu pripojil aj amerických leteckých a automobilový priemysel, ktorý vyžadoval od svojich dodávateľov a subdodávateľov uplatňovanie systémov kvality, zodpovedajúcich požiadavkam buď jednotlivých firiem alebo odvetí.

Prelomom nastáva zavedením koncepcie just in time. Systémy kvality sú v tomto období ešte viac posunuté do popredia záujmu, pretože tieto koncepcie môžu fungovať len vtedy, keď sú dodávané zhodné prvky určené na kompletizáciu výrobku. Aby mohla byť splnená táto požiadavka je potrebné, aby dodávatelia a subdodávatelia uplatňovali fungujúci systém riadenia kvality.

Celkom iné ekonomické a sociálne predpoklady ako USA malo na budovanie systémov kvality povojnového Japonska.

Z hľadiska historického vývoja prešlo zabezpečovanie kvality Japonsku tromi etapami vývoja :

- zabezpečovanie kvality s orientáciou na technickú kontrolu,
- zabezpečovanie kvality s orientáciou na riadenie procesov,
- zabezpečovanie kvality s dôrazom na vývoj nových výrobkov.

V rámci zabezpečovania kvality s orientáciou na technickú kontrolu boli vytvorené špecializované útvary kontroly kvality, ktoré mali na starosti kontrolovať finálne výrobky. V tomto prípade išlo o výstupnú, konečnú kontrolu, ktorá bola spojená s radom nevýhod a to:

nebolo zabránené vzniku nezhodných výrobkov už priamo vo výrobe, čo prinášalo so sebou zvýšenie nákladov, jednak na kontrolu, ako aj na opravu nezhodných výrobkov, anonymita pracovníkov , ktorí nezhodné výrobky produkovali.

Na základe týchto skúseností sa systém ukázal ako neperspektívny a Japonci od neho už v roku 1949 ustúpili.

Miesto neho zaviedli zabezpečovanie kvality kladúcej dôraz na riadenie procesov. V tejto etape sa snažili o to, aby každý výrobok zodpovedal normám kvality pomocou riadenia výrobného procesu. Ako náhle bol prijatý tento princíp, nebolo sa možné naďalej spoliehať výlučne len na technickú kontrolu pre zabezpečovanie kvality.

Ukázalo sa ,že aj tento prístup má svoje medze a že zabezpečovanie kvality nemôže byť robené len prostriedkami riadenia procesov. Problémy sa mohli prejavovať v konštrukcii alebo pri vývoji a tie nemohla riešiť výroba alebo technická kontrola.

Koncom 50tych rokov začali v Japonsku s kladením dôrazu na vývoj nových výrobkov. Na každom kroku od plánovania a projektovania až po predajný servis sa muselo robiť vyhodnocovanie. Tieto kroky zahŕňali projektovanie nových výrobkov, ich konštrukciu, zabezpečovanie dodávateľov, výrobu prototypu a jeho skúšanie, prípravu výroby, vlastnú výrobu, marketing, po predajný servis. Ešte skôr než sa začalo s výrobou, musela byť urobená analýza kvality vrátane skúšok spoľahlivosti v rôznych podmienkach. Tým bolo zabezpečovanie kvality začlenené do celého procesu, z čoho vyplynulo nové heslo: Kvalita musí byť zabudovaná do každého návrhu a do každého procesu.(Hrubec,2001)

## ***1.2 Charakteristika noriem manažérstva kvality***

### **1.2.1 Normy pre systém manažérstva kvality**

Súbor noriem ISO 9000 bol vypracovaný s cieľom pomáhať organizáciám všetkých typov a veľkostí zaviesť a prevádzkovať efektívne systém manažérstva kvality:

#### **ISO 9000**

opisuje základy manažérstva kvality a špecifikuje terminológiu systémov manažérstva kvality:

#### **ISO 9001**

špecifikuje požiadavky na systém manažérstva kvality tam, kde organizácia potrebuje preukázať svoju schopnosť poskytovať produkty, ktoré spĺňajú požiadavky zákazníka a použiteľných predpisov, a zameriava sa na zdôraznenie spokojnosti zákazníka.

## **ISO 9004**

Poskytuje návod ,ktorý berie do úvahy efektívnosť, ako aj účinnosť systému manažerstva kvality. Cieľom tejto normy je zlepšovanie výkonnosti organizácie, spokojnosť zákazníkov a ďalších zainteresovaných strán.

Ako súbor tieto normy vytvárajú súvisiacu skupinu noriem systému manažerstva kvality a uľahčujú vzájomné pochopenie v národnom a medzinárodnom obchode.

ISO 9004 ponúka návod na širší rozsah cieľov systému manažerstva kvality než ISO 9001 najmä na stále zlepšovanie celkovej výkonnosti a účinnosti organizácie, ako aj jej efektívnosti. ISO 9004 sa odporúča ako návod pre organizácie, ktorých vrcholový manažment chce prekročiť požiadavky ISO 9001 v snahe stále zlepšovať výkonnosť. Nie je však určená na certifikačné alebo zmluvné ciele.

### **1.2.2 Normy pre certifikácie a vyhlásenie zhody**

Certifikácia je činnosť certifikujúceho orgánu, pri ktorej sa zisťuje a vydaním certifikátu osvedčuje, že výrobok, systém kvality alebo odbornosť pracovníka je v zhode s požiadavkami predpisov alebo s dohodnutými resp. deklarovateľnými znakmi alebo vlastnosťami. V zmysle noriem EN rad 45000 je účelne certifikovať výrobky, systém kvality a pracovníkov.

Podľa príslušného objektu certifikácie rozoznávame :

certifikáciu výrobkov, založená na skúškach, certifikačné miesto musí spĺňať kritéria EN 45011,

certifikáciu systémov kvality, založenú na preverovaní ich súladu s ISO 9001, certifikačné miesto musí spĺňať kritéria určené v norme ISO/IEC 17021:2006,

certifikáciu pracovníkov, založenú na preverovaní ich odborných vedomostí z problematiky kvality, certifikačné miesto musí spĺňať kritéria normy ISO/IEC 17024:2003

Všeobecné požiadavky na posudzovanie a akreditáciu certifikačných orgánov sú uvedené v norme EN 45010.

V norme EN 45014 sú uvedené všeobecné kritéria zhody dodávateľom.

### **1.2.3 Normy na preverovanie systémov manažérstva kvality**

#### **Norma ISO 19011**

poskytuje návod na zásady auditovania, riadenia programov auditu, realizáciu auditov, systému manažérstva kvality a systému enviromentálneho manažérstva.

Vhodná je pre všetky organizácie, ktoré potrebujú realizovať interné alebo externé audity systémov manažérstva kvality alebo systému enviromentálneho manažérstva alebo riadiť program auditu.

Túto medzinárodnú normu možno v zásade použiť aj na iné druhy auditu za predpokladu , že sa v takýchto prípadoch osobitná pozornosť venuje určeniu potrebnej komplexnosti členov auditorského tímu.(Hrubec, Virčíková, 2009)

### **1.3 Spôsobilosť výrobných zariadení**

Pokiaľ ma byť zavedené do výroby nejaké zariadenie, je potrebné najprv zistiť, či je spôsobilé s dostatočnou istotou vyrábať výrobky v požadovaných parametroch.

Najprv sa zisťuje spôsobilosť výrobného zariadenia. Táto skúška sa spravidla opakuje ešte raz po inštalácii výrobného zariadenia u zákazníka. Pri výrobných zariadeniach, ktoré sú už k dispozícii, prípadne po oprave, je rovnaký postup. Ak prebehne skúška s kladným výsledkom, nastáva posúdenie spôsobilosti procesu.

Postupom skúmania spôsobilosti stroja sa zahŕňa krátkodobé posúdenie pôsobenia vplyvov na proces, ktoré sa podmieňujú strojom. Je treba vziať do úvahy aj možné ďalšie vplyvy , ktoré môžu na proces pri vykonávanej činnosti stroja pôsobiť. Vonkajšie rušivé vplyvy sa zhrnú pod pojmom pracovník, stroj, materiál, metóda a prostredie.

Cieľom skúmania spôsobilosti procesu je dôkaz, že posudzovaný proces je schopný plniť trvalé kvalitné požiadavky, ktoré sú na neho kladené. Postup skúmania spôsobilosti

výrobného procesu zahŕňa dlhodobé posúdenie, ktoré ma za cieľ určiť všetky vplyvy ktoré pôsobia na proces.

Štatistické metódy, ktoré sú v tejto knihe použité pre stanovenie spôsobilosti stroja, možno použiť len pre obrábacie stroje, ktoré sa používajú pre sériovú výrobu. (Hrubec, 2001)



### 1.3.1 Voľba kontrolných znakov

Voľba kontrolných znakov rozhodujúcim spôsobom ovplyvňuje výsledky hodnotenia. V zásade je dôležité každý znak, ktorým sa dá porovnávaný stroj ovplyvniť. Pri nákupe nových výrobných zariadení musí byť pre každý znak stanovená požadovaná hodnota vyjadrujúca spôsobilosť a zároveň musí byť dokázaná pozorovaním.

Výrobky s množstvom znakov toho istého druhu, ktoré sa zhotovujú jedným nástrojom, môže byť počet ktoré sú určené na pozorovanie redukovaný.

Kontrolné znaky sú zoradené podľa priority nasledujúcim spôsobom:

- špecifické zákaznicke parametre,
- kritické parametre z hľadiska funkcie
- kritické parametre z hľadiska výroby – napr. dlhé výrobné cykly, drahá výroba, predpoklady pre montáž, obťažná regulácia výrobného procesu,
- kritické parametre z pohľadu kontroly – napr. časovo náročná kontrola.

Je potrebné stanoviť vzájomnú závislosť znakov, kontrolovať najdôležitejšie znaky a na ne nadviazať ďalšie.

Rozdeliť znaky súvisiace s predpracovaním a znaky súvisiace s dokončovacími operáciami. ( Pri rozhodovaní, či kontrolovať parametre súvisiace s predpracovaním, je rozhodujúce ich pôsobenie na nasledujúci proces.) (Hrubec,2001)

### 1.3.2 Okrajové podmienky

Ako sme mohli dospieť k spoľahlivému záveru, je treba vždy dokumentovať všetky okrajové podmienky, za ktorých bola kontrola urobená. Musíme mať možnosť kedykoľvek zistiť, na základe akých okrajových podmienok výsledky vznikli. Okrajové podmienky sa nanášajú do vyhodnocovacieho listu.

Okrajovými podmienkami rozumieme údaje o nastavení stroja, ďalej údaje o procese a charakteristické údaje o mieste, kde je dané výrobné zariadenie inštalované.

Medzi údaje o nastavení stroja patria:

- otáčky,
- posuv,
- nariadenie,
- takt,
- chladiaca emulzia, teplota,
- tlaky,
- elektrický prúd ( pri zväracích zariadeniach)
- výkon ( pri zváraní pomocou laseru)
- zmeny pri optimalizačných opatreniach, atď.

Medzné údaje o príslušnom výrobnom procese patria:

- polotovary od rôznych dodávateľov,
- rôzne spôsoby prepracovania,
- rôzny výrobný tok,
- výmena obsluhy / zmenové striedanie,
- čas práce výrobného zariadenia pre odobratím vzoriek pre skúšku.

Charakteristika miesta:

- teplota okolia ( teplota zmeny počas výroby výrobkov určených na skúšku)
- vlhkosť vzduchu,
- tlak vzduchu.,
- otrasy pôsobiace na výrobné zariadenie,
- umiestnenie výrobného zariadenia v budove ( poschodie)
- neobvyklé udalosti ( otvorenie okien, zapnutie alebo vypnutie kúrenia, atď.).

Pri posudzovaní spôsobilosti stroja nesmie dochádzať počas výroby výrobku určeného na skúšku k rušivým vplyvom, ako je prerušenie procesu, výmena obsluhy, obnova nástroja alebo zmena okrajových podmienok ( otvorenie okien, zapnutie alebo vypnutie kúrenia).

### **1.3.3 Získavanie údajov**

Náhodná kontrola by nás mala prostredníctvom štatistického vyhodnotenia informovať o rozptylovom správaní sa pre prípad odobrenia vzoriek predbežne nastavuje tak, aby namerané hodnoty ležali pokiaľ možno v strede tolerančného poľa.

Podľa procesu sa doberá minimálne 50 (pokiaľ možno 100 a viac) vybraných výrobkov učených pre skúšky. Výrobky sa odoberajú tak, ako idú za sebou a zodpovedajú spôsobom označenia.

### **1.3.4 Vyhodnotenie nameraných hodnôt**

#### **1.3.4.1 Zákonitosti**

##### *1.3.4.1.1 Skúmanie zákonitostí nameraných hodnôt*

Namerané odchýlky od menovitej hodnoty sa zapisujú do päťmiestnych kolónok v tabuľke vyhodnocovacieho listu, v poradí podľa označenia výrobku. Následne sa nanášajú jednotlivé hodnoty do diagramu

Pred zahájením ďalšieho postupu vyhodnocovania je potrebné zistiť, či namerané hodnoty nanesené do karty podliehajú známej zákonitosti. Pokiaľ sú namerané hodnoty chaoticky usporiadané (existuje tu zákonitosť), nerobí sa ďalšie štatistické vyhodnocovanie. Výrobné zariadenie nie je v tomto prípade spôsobilé. Musí sa vykonávať opatrenie pre zlepšenie tohto stavu a otvoriť nové skúmanie zákonitostí. Priebeh nameraných hodnôt, môže byť tiež spôsobený nevhodným meracím zariadením.

Ak sa dá z diagramu jednotlivých hodnôt odhadnúť, že namerané hodnoty vykazujú nejaký trend, je potrebné zaviesť opatrenia pre odstránenie tohto trendu a posúdenie spôsobilosti stroja

Pokiaľ ani tieto opatrenia nespôsobia zlepšenie, nie je proces vzhľadom na spôsobilosť stroja, zvládnutý a nemožno počítať štatistické hodnoty  $C_m$ ,  $C_{mk}$ . Pre procesy, ktoré sa nedajú regulovať a ktoré vykazujú trend, sa musia použiť iné metódy výpočtu.

Ďalej je treba dbať na to, aby priebeh grafu na to, aby priebeh grafu  $\bar{X}$  - karte a s -karte bol spojitý a bez vymedziteľných vplyvov. Na  $\bar{X}$  - karte je možné trend často rozpoznať lepšie než na karte jednotlivých hodnôt. Zmenený priebeh hodnôt na s – karte poukazuje na nestabilitu výrobného procesu. Túto nestabilitu je potrebné posúdiť a odstrániť.

#### 1.3.4.1.2 Určenie tvaru rozloženie nameraných hodnôt

Pokiaľ majú namerané hodnoty regulovateľných prípadne neregulovateľných procesov stabilnú priemernú polohu a priemerné hodnoty uvedené v X – karte, nevykazujú nepravidelnosti, rieši sa v nasledujúcom kroku štatistický tvar rozloženia.

##### I. pomôcka

- Tvar rozloženia je určovaný výrobnou metódou a charakteristikou daného znaku
- Znaky s normálnym rozložením sa môžu pohybovať vzhľadom k menovitej hodnote v kladnom i zápornom smere bez obmedzenia (bez medzí).
- Znaky so šikmým rozložením obsahujú vzhľadom k menovitej hodnote medzu, ktorá nesmie byť prekročená, ale v opačnom smere sa môže pohybovať bez obmedzenia.

##### II. pomôcka

- pre rozhodovanie , či ide o normálne alebo šikmé rozloženie, slúži vyhodnotenie hodnôt v histogram pomocou pravdepodobnosti siete. Pritom poskytuje priblíženie nanesených hodnôt k vyrovnávacej priamke informáciu o tvare rozloženia. Pri prvom priblížení by mali body početnosti ležať vo vertikálnom smere v pásme najviac 4 mm od vyrovnávacej priamky. Pokiaľ prekračujú body toto pásmo , robí sa príslušný matematický test tvaru rozloženia,
- Poznámka: Pokiaľ namerané hodnoty podliehajú šikmému alebo inému tvaru rozloženia, je potrebné skúsiť, či sa s nimi nedá ďalej pracovať náhradným spôsobom ako s normálnym rozložením ( napr. v prípade relatívne veľkého odstupu nameraných hodnôt od medze 0 pri šikmom rozložení) Keď tomu tak nie je, môžu sa určujúce veličiny pre šikmé rozloženie stanoviť pomocou iných metód, ktoré nie sú v tejto knihe uvedené. Je potrebné si však uvedomiť, že v mnohých prípadoch môžu vzniknúť nerealistické hodnoty. (Hrubec, Virčíková, 2009)

### 1.3.4.3 Stabilita

#### 1.3.4.3.1 Určenie stability nameraných hodnôt

Z minimálne päťdesiatich po sebe odobratých výrobkov sa vytvoria umelé podskupiny s minimálnym rozsahom  $n = 5$ .

Pri teste na stabilitu sa pre každú podskupinu vypočíta priemerné hodnota  $\bar{X}_i$  a smerodajná odchýlka  $s_i$ .

Vypočítané hodnoty  $\bar{X}_i$  a  $s_i$  sa nanesú do diagramu na  $\bar{X}$  - kartu a  $s$  - kartu. Aby sme dostali vhodnú mierku pre obidva diagramy, je potrebné najskôr vypočítať extrémne hodnoty  $\bar{X}_{\max}, \bar{X}_{\min}, s_{\max}$ .

#### 1.3.4.3.2 Stanovenie medzných hodnôt pre priemernú hodnotu a smerodajnú odchýlku

Strednú polohu skúmaného procesu možno považovať za stabilnú, pokiaľ jednotlivé hodnoty  $\bar{X}$  neprekračujú hornú medzu zásahu HMZ.

Ak je najväčšia zistená smerodajná odchýlka z päťčlených skupín  $s_{\max}$  menšia ako  $2,1 \cdot \bar{s}$ , potom môžeme považovať smerodajnú odchýlku za stabilnú. Pojmom „medza zásahu“ je v tomto odstavci treba rozumieť medznú hranicu 99% prípadného pásma rozptylu strednej hodnoty  $\bar{X}$ , prípadne smerodajnej odchýlky  $s$ , pretože tento pojem tu nie je v zmysle SPC prístupný. (Hrubec, 2001)

#### 1.3.4.3.3 Posúdenie stability

Vyššie uvedený test stability sa musí urobiť, aby bolo isté, že na proces nepôsobia žiadne rušivé vplyvy. Tieto vplyvy možno ľahko poznať v diagrame nameraných hodnôt (karta jednotlivých hodnôt). Pokiaľ ležia stredné hodnoty a smerodajné odchýlky medzi medznými hodnotami je možné začať so štatistickým vyhodnocovaním. Ak aj tieto medze, vypočítane podľa udaných algoritmov prekročia, nesmie vykonávať štatistické vyhodnotenie, pretože by mohlo viesť k chybným výsledkom. Je treba skúmať, aké príčiny viedli k rušivému kolísaniu. Pokiaľ sa nedajú príčiny odstrániť, musí sa proces preniesť na iné výrobné zariadenie, alebo zvolený iný výrobný postup.

V prípade, že boli príčiny nájdené a odstránené, musí sa začať znovu urobiť posúdenie spôsobilosti stroja. (Chajdiak,1995)

### 1.3.5 Výpočet indexu spôsobilosti stroja $C_m$ , $C_{mk}$

Po potvrdení stability nameraných hodnôt a po zistení tvaru rozloženia musíme stanoviť pre určenie indexu spôsobilosti stroja  $C_m$  smerodajnú odchýlku zo všetkým nameraných hodnôt. To je možné urobiť buď nanesením hodnôt na pravdepodobnostnú sieť, zvlášť keď bol urobený test tvaru rozloženie podľa metódy alebo výpočtom.

Tento index poskytuje informáciu o tom, v akej miere využíva rozptyl nameraných hodnôt predpísanú toleranciu. Vyhodnotenie neberie do úvahy polohu nameraných hodnôt v tolerančnom poli. Z tohto dôvodu môže byť hodnota  $C_m$  vypočítaná podľa vyššie uvedeného vzorca použitá jedine pre regulovateľné procesy. Pri regulovateľných procesoch musí byť možné umiestniť priemernú hodnotu z nameraných hodnôt do stredu tolerančného poľa.

Do tejto medznej hodnoty je zahrnutý i podiel rozptylu meracieho prístroja, vrátane neistoty nastavenia pri určovaní meraných hodnôt. Rozptyl meracieho prístroja  $S_M$  by v tomto prípade nemal byť väčší ako 20% tolerancie

Ak stanovená hodnota  $C_m$  je väčšia alebo rovná 1,66, tak je požadovaná spôsobilosť stroja dosiahnutá. (Hrubec,2001)

**Index spôsobilosti stroja  $C_{mk}$  zohľadňuje** proti indexu  $C_m$  ešte polohu priemernej hodnoty  $\bar{X}_N$  v tolerančnom poli. Vzďialenosti priemernej hodnoty od hranice tolerančného poľa je trojnásobok veľkosti smerodajnej odchýlky.

Výpočet indexu spôsobilosti stroja  $C_{mk}$  ma zmysel pre regulovateľné procesy a je zvlášť dôležitý pre neregulovateľné procesy.(napr. odchýlka tvaru polohy , drsnosť povrchu).

### 1.3.6 *Procesy s nevyhnutnou systematikou*

Pri procesoch s nevyhnutnou systematikou, ako je napr. ostrenie, alebo výmena nástrojov po niekoľkých výrobných operáciách nemá výpočet štatistických veličín  $C_m$  a  $C_{mk}$  zmysel.

V tomto prípade možno výrobné zariadenie považovať za spôsobilé, keď sa nachádzajú všetky výsledky vykonávanej skúšky vo vnútri pásma, ktoré je symetricky k tolerančnému poľu  $T$  a je široké  $0.6T$  (60% tolerančného poľa). Zvláštny prípad predstavujú znaky s nulovým ohraničením. Tu platí, že pásmo vychádza z nulovej čiary a má šírku  $0,6 T$  (60 % tolerančného poľa). Výrobné zariadenie sa nastaví predbežne tak, aby ležalo pokiaľ čo najviac hodnôt v pásme  $0.6T$ . Výrobný proces je treba ukončiť v tom čase, keď sa hodnoty dosiahnu mimo 60% pásma.

### 13.7 Zvláštne prípady

Pri udávaní hodnôt  $C_m$  a  $C_{mk}$  sa predpokladá normálne rozloženie. To platí tiež pre procesy s trendom. Je tu eliminovaný podiel trendu „MM“.

V praxi môžu nastať prípady, kedy znaky nepodliehajú evidentne žiadnej štatistickej zákonitosti, ale je technicky zistené, že sa hodnoty znaku pohybujú vo vnútri známych medzí, ktoré ležia symetricky k strednej čiare tolerancie pásma.

Pokiaľ ležia hodnoty znaku, zistených v rámci posudzovania spôsobilosti stroja, vo vnútri pásma symetrického k strednej čiare tolerančného poľa a toto pásmo má šírku  $0,6T$ , je považovaná spôsobilosť stroja za dokázanú, bez toho, aby sa udala hodnota spôsobilosti stroja  $C_{mk}$  (Hrubec, 2001).

## ***1.4 SPÔSOBILOSŤ MERACÍCH ZARIADENÍ***

### **1.4.1 Cieľ a terminológia**

Cieľom je podať návod pre výber postupov hodnotenia kvality systému merania. I keď je návod dostatočne všeobecný na to, aby obsiahol akýkoľvek systém merania, primárne je zameraný na systémy merania používané v priemysle. Nepovažuje sa za zborník metód analýzy všetkých systémov merania. Predovšetkým je znázornený na systémy merania, v ktorých je možno namerané údaje pre každý výrobok opakovať.

### **1.4.2 Všeobecný návod pre systém merania**

Namerané údaje sa dnes viac využívajú ako kedykoľvek predtým. Napríklad rozhodnutie o zriadení procesu sa obvykle robí na základe nameraných údajov.

Namerané údaje alebo niektoré štatistické charakteristiky z nich vypočítané sa porovnávajú so štatistickými regulačnými medzami procesu. Pokiaľ porovnanie ukazuje, že proces nie je štatisticky zvládnutý, robí sa nápravná činnosť.

Užitočnosť nápravných činností, ktoré sa zakladajú na údajoch, je daná kvalitou nameraných údajov. Pokiaľ je kvalita nízka, postup nápravných činností je taktiež nízky a naopak, vysoká kvalita nameraných údajov prináša vysoký efekt.

Aby sme si boli istý, že prospech získaný z nameraných údajov bude v porovnaní s vynaloženými nákladmi dostatočne veľký, musíme sústrediť pozornosť na kvalitu nameraných údajov. (Hrubec,2001)

### **1.4.3 Kvalita nameraných údajov**

Kvalita nameraných údajov súvisí so štatistickými vlastnosťami opakovaných meraní, získaných systémom meraní, pracujúcich v stabilných podmienkach.

Predpokladajme napríklad, že systém merania, pracujúcich v stabilných podmienkach, použijeme na získanie niekoľkých merní určitého znaku. Ak sú všetky merania „tesné“ okolo skutočnej hodnoty znaku, možno povedať, že kvalita meraní je „vysoká“. Ak sú niektoré alebo všetky merania, „ďaleko“ od skutočnej hodnoty znaku, možno povedať, že kvalita meraní je „nízka“.

Štatistickými veličinami, ktoré sú najčastejšie používané pre charakterizovanie nameraných hodnôt, sú strannosť a variabilita. Veličina, nazývaná strannosť, popisuje umiestnenie údajov voči skutočnej hodnote znaku, veličina, nazývaná variabilita popisuje vzájomnú odľahlosť jednotlivých meraní. V niektorých prípadoch môže byť vhodné použiť i iné štatistické vlastnosti.

Jedným z najbežnejších dôvodov nízkej kvality údajov je príliš veľká variabilita v týchto údajoch. Napríklad systém merania objemu kvapaliny v nádrži môže byť zmenou objemu kvapaliny, alebo zmenou teploty. Interpretácia údajov je obtiažnejšia a hodnota systému merania menšia.

Veľká časť strannosti býva spôsobená interakciou medzi systémom merania a prostredím. Pokiaľ táto interakcia generuje príliš veľkou variabilitou, kvalitou údajov môže byť tak nízka, že budú nepoužiteľné. Systém merania s príliš veľkou variabilitou napríklad nemožno použiť na analýzu výrobného procesu, pretože variabilita meraní môže maskovať variabilitu procesu.



Veľkou časťou riadenia procesu merania je monitorovanie a regulácie variability. Okrem iného to znamená , že je nutné klásť veľký dôraz na to, či systém meraní interaguje so svojím okolím tak, aby boli vytvárané len údaje prijateľnej kvality.

Variabilita v údajoch je obvykle nežiaduca. Existujú však dôležité výnimky. Napríklad, ak je variabilita spôsobená tým, že sa mení meraný znak, je obvykle žiaduce , aby sa v údajoch objavila. Čím citlivejší systém merania k tomuto druhu zmien tým je hodnotnejší.

Pokiaľ kvalita údajov nie je dostatočná, je nutné ju zlepšiť. Toto je obvykle možné dosiahnuť zlepšením systému merania a nie zlepšovaním údajov samotných. (Hrubec, Virčíková, 2009)

## **Proces merania**

Pod pojmom meranie sa rozumie priradenie čísel hmotným záležitostiam pre reprezentácií vzťahov medzi nimi s ohľadom na konkrétne vlastnosti.

Proces priradovania čísel je definovaný ako proces merania a priradeným hodnotám sa hovorí namerané údaje.

Z ktorých definícií vyplýva, že na proces merania by sme mali pozerat' ako na proces, ktorého výstupom sú údaje. Tento pohľad na proces merania môže byť užitočný pretože nám dovoľuje využívať všetky koncepcie, filozofiu a nástroje, ktorých užitočnosť už bola preukázaná v oblasti štatistickej regulácie procesu.

### **1.4.4 Štatistické vlastnosti systému merania**

Ideálny systém merania produkuje len správne hodnoty zakaždým, keď je použitý. Každé meranie by malo byť v súlade s etanolom. Systém merania by mal produkovať merané hodnoty, medzi ich štatistické vlastnosti by mal patriť nulový rozptyl, nulová systematická chyba a nulová pravdepodobnosť nesprávneho hodnotenia zhodnosti pri meraní výrobku.

Systém merania však bohužiaľ také vlastnosti nemajú ,a preto pracovníci, ktorí riadia procesy, musia použiť také systémy merania, ktoré majú aspoň minimálne prijateľné štatistické vlastnosti.

Kvalita systému merania je obvykle určená výhradne štatistickými vlastnosťami produkovaných údajov. Ostatné vlastnosti, ako sú náklady, jednoduchosť použitia a podobné, sú rovnako dôležité pre celkovú prijateľnosť systému merania.

Na určenie toho, ktoré štatistické vlastnosti sú najdôležitejšie pre konečné použitie údajov je zodpovedný manažment. Manažment rovnako zodpovedá za zabezpečenie toho, že tieto vlastnosti budú základom pre výber systému merania. (Chajdiak,1995)

Pretože od každého systému merania môžu byť vyžadované iné štatistické vlastnosti, všetky systémy merania musia mať určité vlastnosti spoločné. Patria medzi ne:

- systém merania musí byť štatisticky stabilný. To znamená, že jeho variabilita musí byť spôsobená len všeobecnými, nie špeciálnymi príčinami,
- variabilita systému merania musí byť malá v porovnaní s variabilitou výrobného procesu,
- variabilita systému merania musí byť malá v porovnaní so špecifickou toleranciou,
- krok merania musí byť malý v porovnaní so špecifickou toleranciou a s variabilitou výrobného procesu. Bežne používané pravidlo hovorí, že prírastkový krok merania nemá byť väčšie než 1/10 z menšenej hodnoty technickej tolerancie a variability procesu,
- štatistické vlastnosti systému merania sa môžu meniť v závislosti od vlastnosti meranej položky. Pokiaľ tomu tak je, najväčšia variabilita systému merania musí byť malá v porovnaní so špecifickou toleranciou a s variabilitou výrobného procesu. (Chajdiak,1995)

#### **1.4.5 Posúdenie systému merania**

Prvým krokom pri hodnotení systému merania je overenie, že je meraná správna veličina. Pokiaľ je meraná nesprávna veličina, nezáleží na presnosti a správnosti systému meraní, jednoducho povedané, je to čerpanie zdrojov bez pridanej hodnoty.

Ďalším krokom je stanovenie, ktoré štatistické vlastnosti systému musia byť prijateľné. Aby to bolo možné stanoviť, je potrebné vedieť, akým spôsobom budú údaje používané. Bez takýchto vedomostí sa nedajú určiť potrebné

štatistické vlastnosti. Po stanovení štatistických vlastností je potrebné vyhodnotiť, či ich systém merania skutočne poskytuje. (Hrubec,2001)

## 2. CIEĽ PRÁCE

Štatistické metódy sa dnes chápu ako účinný nástroj riadenia kvality. Zavedenie systému riadenia kvality stimuluje organizáciu analyzovať požiadavky zákazníka, definovať procesy, ktoré prispievajú k vytvoreniu produktu prijateľného pre zákazníka a udržať tieto procesy pod kontrolou.

Cieľom diplomovej práce je navrhnúť a vypracovať metodiku slúžiacu k zisťovaniu spôsobilosti výrobného zariadenia vo výrobnom procese v organizácii MATADOR Automotive Vráble, a.s.

K splneniu daného cieľa je potrebné vypracovať metodiku :

- Spôsobilosti meracieho zariadenia
- Spôsobilosti výrobného zariadenia
- Spôsobilosť procesu

### 3. METODIKA

#### 3.1 SPÔSOBILOSŤ MERACÍCH ZARIADENÍ

Cieľom je podať návod pre vyber postupov hodnotenia kvality systému merania. I keď je návod dostatočne všeobecný na to, aby obsahol akýkoľvek systém merania, primárne je zameraný na systémy merania používané v priemysle. Predovšetkým je zameraný na systémy merania, v ktorých je možno namerane údaje pre každý výrobok opakovať.

##### 3.1.1 Určenie indexu spôsobilosti meracieho zariadenia $C_{gm}$ a $C_{gmk}$

Kontrola spôsobilosti meracieho zariadenia sa skladá z opakovaných meraní s kalibrovaným normálom v mieste používania meracieho zariadenia, ktoré robí poučený pracovník.

Je potrebné dodržať nasledovné pokyny:

- Posúdenie je treba vykonať na predpokladanom mieste použitia meracieho zariadenia
- Menovitou hodnotu normálu  $X_r$ , treba zvoliť tak, aby bola v strede tolerancie
- S každým normálom sa vykoná 50 opakovaných meraní
- Pred začiatkom skúšky je treba zariadenie nastaviť podľa kontrolnej návodky
- Meranie vykonáva stále ten istý pracovník
- Výsledky posúdenia určujú indexy spôsobilosti meracieho zariadenia

$C_{gm}$  a  $C_{gmk}$

- Z nameraných hodnôt sa vypočíta priemerná hodnota :

$$\bar{X}_a = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n X_i \quad (1)$$

- Smerodajná odchýlka sa vypočíta podľa vzorca :

$$s_w = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (X_i - \bar{X}_a)^2} \quad (2)$$

- Indexy spôsobilosti meracieho zariadenia sa vypočítajú :

$$C_{gm} = \frac{0,2.T}{6.s_w} \quad (3)$$

$C_{gmk}$  = menšia hodnota z

$$C_{gmk} = \frac{\bar{X}_a - (X_r - 0,1.T)}{3.s_w} \quad (4)$$

$$C_{gmk} = \frac{(X_r - 0,1.T) - \bar{X}_a}{3.s_w} \quad (5)$$

- Minimálne požiadavky na indexy sú nasledujúce

$$C_{gm} \geq 1,33 \text{ a } C_{gmk} \geq 1,33$$

Index  $C_{gm}$  vyjadruje rozptýlenie nameraných hodnôt v tolerancii. Index  $C_{gmk}$  prihliada na polohu strednej hodnoty  $\bar{X}_a$ .

### 3.1.2 Stanovenie celkového rozptylu meracieho zariadenia $S_m$

(podľa metódy s)

1. Pred zahájením posudzovania musí vykonať obsluha kalibráciu meracieho zariadenia podľa návodu na obsluhu. V priebehu skúšky nie je nastavovanie dovolené.
2. Je treba použiť 10 sérových výrobkov
3. Kontrolované výrobky sa očísľujú a zmerajú sa dvakrát za sebou v rovnakom poradí a zakaždým na rovnakom mieste a v rovnakej polohe. Meranie uskutoční obsluha A pomocou prístroja, ktorý vyhodnocujeme.

4. 10 rovnakých výrobkov zmeria v rovnakom poradí obsluha B a C. Obsluha by nemala vidieť predchádzajúce výsledky.
5. Všetky namerané hodnoty sa nanášajú do príslušných kolónok formulára.
6. Pre každý výrobok sa vypočítajú z radov 1 a 2 rozdiely a nanesú sa do príslušnej kolónky

Vypočítajú sa priemerné hodnoty  $\bar{X}_A, \bar{X}_B, \bar{X}_C$  z hodnôt radu meraní 1 a 2 a z rozdielov ( rad 1 – rad 2) sa vypočítajú smerodajné odchýlky  $s_{\Delta A}, s_{\Delta B}, s_{\Delta C}$  pre každého obsluhujúceho.

Celkové pásmo rozptylu meracieho zariadenia  $S_M$  sa vypočíta podľa nasledujúcich vzorcov:

- Priemerná smerodajná odchýlka meracieho zariadenia :

$$\bar{s}_{\Delta} = \frac{1}{3}(\bar{s}_{\Delta A} + \bar{s}_{\Delta B} + \bar{s}_{\Delta C}) \quad (6)$$

$$\bar{s} = \frac{\bar{s}_{\Delta}}{\sqrt{2}} \quad (7)$$

- Vypočíta sa zo stredných hodnôt  $\bar{X}_A, \bar{X}_B, \bar{X}_C$  smerodajná odchýlka  $s_v$  spôsobená vplyvom obslúh
- Celkové pásmo rozptylu meracieho zariadenia  $S_M$

$$S_M = \sqrt[6]{\bar{s}^2 + s_v^2} \quad (8)$$

$$S_M \% = \frac{S_M \cdot 100\%}{T} \quad (9)$$

- Výsledok  $S_M$  % vzťahujúci sa na toleranciu znaku T, sa posudzuje nasledujúcim spôsobom:

$S_M$ % = 0 až 20 %	dobrý
$S_M$ % = 21 až 30 %	zlepšiť (obmedzene použiteľný)
$S_M$ % = viac ako 30 %	nedá sa akceptovať (sú nutné opatrenia)

V prípade že je  $S_M$  % väčšie ako 30 % tolerancie, potom je treba urobiť nápravné opatrenia. Väčšie pásmo celkového rozptylu  $S_M$  ovplyvňuje index spôsobilosti procesu  $C_{PK}$ .

## **3.2 VYHODNOTENIE NAMERANÝCH HODNÔT**

### **3.2.1 Zákonitosti**

#### **3.2.1.1 Určenie tvaru rozloženie nameraných hodnôt**

Pokiaľ majú namerané hodnoty regulovateľných prípadne neregulovateľných procesov stabilnú priemernú polohu a priemerné hodnoty uvedené v  $\bar{X}$  – karte, nevykazujú nepravidelnosti, rieši sa v nasledujúcom kroku štatistický tvar rozloženia.

### **3.2.2 Stabilita**

#### **3.2.2.1 Určenie stability nameraných hodnôt**

Z minimálne päťdesiatich po sebe odobratých výrobkov sa vytvoria umelé podskupiny s minimálnym rozsahom  $n = 5$ .

Pri teste na stabilitu sa pre každú podskupinu vypočíta priemerné hodnota  $\bar{X}_i$  a smerodajná odchýlka  $s_i$ .



$$\overline{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{ij} \quad (10)$$

pre  $i = 1, 2, \dots, k$  a pre  $j = 1, 2, \dots, n$

kde:  $i$  - poradové číslo podskupiny

$j$  - poradové číslo nameranej hodnoty v podskupine

$k$  - počet podskupín

$n$  - rozsah podskupiny

$X_{ij}$  - nameraná hodnota v  $i$ -tej podskupine

Smerodajná odchýlka v podskupine

$$s_i = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{j=1}^n (X_{ij} - \overline{X}_i)^2} \quad (11)$$

pre  $i = 1, 2, \dots, k$  a pre  $j = 1, 2, \dots, n$

Vypočítané hodnoty  $\overline{X}_i$  a  $s_i$  sa nanesú do diagramu na  $\overline{X}$  - kartu a  $s$  - kartu. Aby sme dostali vhodnú mierku pre obidva diagramy, je potrebné najskôr vypočítať extrémne hodnoty  $\overline{X}_{\max}$ ,  $\overline{X}_{\min}$ ,  $s_{\max}$ .

Stanoví sa spoločná priemerná hodnota  $\overline{\overline{X}}$ :

$$\overline{\overline{X}} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \overline{X}_i \quad (12)$$

kde:  $\overline{X}_i$  - priemer v  $i$ -tých podskupinách ( $i = 1, 2, \dots, k$ )

$k$  - počet podskupín

Priemerná smerodajná odchýlka  $\overline{s}$ :

$$\overline{s} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k s_i \quad (13)$$

### 3.2.2.2 Stanovenie medzných hodnôt pre priemernú hodnotu a smerodajnú odchylku

Strednú polohu skúmaného procesu možno považovať za stabilnú, pokiaľ jednotlivé hodnoty  $\bar{X}$  neprekračujú hornú medzu zásahu HMZ :

$$HMZ_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} + 1,3 \bar{s} \quad (14)$$

alebo dolnú medzu zásahu DMZ :

$$DMZ_{\bar{x}} = \bar{\bar{X}} - 1,3 \bar{s} \quad (15)$$

Ak je najväčšia zistená smerodajná odchýlka z päťčlených skupín  $s_{\max}$  menšia ako  $2,1 \cdot \bar{s}$ , potom môžeme považovať smerodajnú odchylku za stabilnú.

$$HMZ_s = 2,1 \cdot \bar{s} \quad (16)$$

### 3.2.3 Normálne rozdelenie

Pomocou normálneho rozdelenia sa kontroluje normalita nameraných hodnôt. Súbor s nameranými hodnotami bol rozdelený do tried, ktoré reprezentujú triedene intervaly. Jednotlivé hodnoty sa zaradia do tried.

Počet triedených intervalov  $k$  sa volí alebo odporúča určiť podľa rovnice :

$$k = \sqrt{N} \quad (17)$$

kde:  $N$  - rozsah súboru

Výsledok sa zaokrúhli k najbližšiemu celému číslu.

Šírka triedeného intervalu môže byť rovnaká, ale aj rozdielna. Prirodzene, jednoduchšie je keď je rovnaká.

Šírka triedeného intervalu  $d$  sa určí podľa rovnice :

$$d = \frac{x_{\max} - x_{\min}}{k} \quad (18)$$

kde:  $x_{\max}$  a  $x_{\min}$  - maximálna a minimálna hodnota premennej v štatistickom súbore

Začiatok prvého triedeného intervalu sa určí tam, kde je prvý bod informácie  $x_{\min}$ .

Určia sa rady rozdelenia početnosti : absolútne početnosti  $n_j$ , kumulatívna absolútna početnosť  $\sum n_j$ , relatívne početnosti  $P_j$ , kumulatívna relatívna početnosť  $\sum P_j$  :

$$P_j = \frac{n_j}{N} \quad (19)$$

kde:  $n_j$  - absolútna početnosť

$N$  - rozsah súboru

Na os  $x$  sa nanášajú hodnoty reprezentujúce jednotlivé triedy. Na os  $y$  sa nanášajú relatívne početnosti.

Aritmeticky priemer  $\bar{X}$ , rozptyl  $\sigma^2$  a smerodajná odchýlka  $\sigma$  sa vypočítajú podľa rovníc :

$$\bar{X} = \sum X_{is} \cdot P_j \quad (20)$$

$$\sigma^2 = \sum (X_{is} - \bar{X})^2 \cdot P_j \quad (21)$$

$$\sigma = \sqrt{\sigma^2} \quad (22)$$

Rozdelenie pravdepodobnosti náhodnej premennej nazývame normálnym, ak hustota pravdepodobnosti  $f(x)$  tohto rozdelenia je daná výrazom :

$$f(x_{js}) = \frac{d}{\sigma} f_0 \left( \frac{X_{js} - \bar{X}}{\sigma} \right) \quad (23)$$

$$f(-x) = f_0(x)$$

kde:  $d$  - šírka triedeného intervalu

$X_{js}$  - stred j-teho intervalu v zadanom triedenom intervale

$f(x_{js})$  - funkcia hustoty pravdepodobnosti

Distribučná funkcia normálového rozdelenia bola vypočítaná podľa rovnice :

$$F(x_{jk}) = F_0 \left( \frac{X_{jk} - \bar{X}}{\sigma} \right) \quad (24)$$

$$F(-x) = 1 - F_0(x)$$

kde:  $x_{jk}$  - koniec j-teho intervalu v zadanom triedenom intervale

### 3.2.4 Testy zhody empirického rozdelenia s teoretickým

#### 3.2.4.1 Kritérium $\chi^2$

Pri preverovaní súhlasu medzi empirickým a teoretickým rozdelením sa vychádza zo súčtu tvorcov rozdielov medzi pozorovanými početnosťami  $m_j$  a teoretickými početnosťami  $m_{Tj}$  v každom triedenom intervale radu rozdelenia početností.

Pearsonovo kritérium bolo vypočítané podľa rovnice :

$$\chi^2 = \sum_{j=1}^{k'} \frac{(m_j - m_{Tj})^2}{m_{Tj}} \quad (25)$$

kde:  $k'$  - počet triedených intervalov vo zväčšenom rade rozdelenia početnosti  
 $m_{Tj}$  - teoretická početnosť v j-tom zväčšenom triedenom intervale  
 $m_j$  - absolútna početnosť v j-tom zväčšenom triedenom intervale  
 $\chi^2$  - testovacie kritérium

$$m_{Tj} = n[F(x_{jk}) - F(x_{jz})] \quad (26)$$

kde:  $n$  – opakovateľnosť informácie (rozsah výberového súboru)

$F(x_{jk}), F(x_{jz})$  - hodnota distribučnej funkcie na konci a na začiatku j-teho triedeného intervalu

Ak nie je zostrojený rad rozdelenia početnosti, môže sa začiatočná informácia rozdeliť na rad intervalov s rozličnou veľkosťou podľa narastania hodnôt pri dodržaní podmienok  $k' \geq 4$  a  $m_i \geq 5$ . V prípade, že neprišlo k zlučovaniu intervalov  $k' = k$  v opačnom prípade je  $k' < k$

Pravdepodobnosť zhody empirických a teoretických údajov sa určuje pomocou kritéria  $\chi^2$  a podľa tabuľky. Aby sme mohli použiť danú tabuľku, je potrebné určiť počet stupňov voľnosti  $r$  podľa rovnice :

$$r = k' - z - 1 \quad (27)$$

kde:  $z$  - počet odhadnutých parametrov teoretického rozdelenia  
 $r$  - počet stupňov voľnosti

Ak je pravdepodobnosť  $P$  menšia ako 10 %, vybrane teoretické rozdelenie sa v praxi považuje za nevhodne na vyrovnanie empirickej informácie, a preto treba pre opis empirických údajov nájsť vhodnejšie rozdelenie.

### 3.2.5 Spôsobilosti výrobného zariadenia $C_m$ , $C_{mk}$

Po potvrdení stability nameraných hodnôt a po zistení tvaru rozloženia musíme stanoviť pre určenie indexu spôsobilosti stroja  $C_m$  smerodajnú odchýlku zo všetkých nameraných hodnôt. To je možné urobiť buď nanesením nameraných hodnôt na pravdepodobnostnú sieť, zvlášť keď bol urobený test tvaru rozloženia podľa tejto metódy alebo výpočtom.

Smerodajná odchýlka sa vypočíta :

$$\sigma_{N-1} = \sqrt{\frac{1}{N-1} \sum_{i=1}^N (X_i - \bar{X}_N)^2} \quad (28)$$

kde:  $N$  - celkový počet nameraných hodnôt

$\bar{X}_N$  - priemerná hodnota vypočítaná zo všetkých meraní

$$\bar{X}_N = \frac{1}{N} \sum_{i=1}^N X_i \quad (29)$$

kde:  $i$  - označuje jednotky súboru ( $i = 1, 2, \dots, N$ )

$X_i$  - hodnota premennej  $X_i$ -tej jednotky

**Index spôsobilosti stroja  $C_m$**  sa vypočíta podľa rovnice

$$C_m = \frac{USL - LSL}{6 \cdot \sigma_{N-1}} = \frac{T}{6 \cdot \sigma_{N-1}} \quad (30)$$

kde:  $T$  - tolerancia znaku

$USL, LSL$  - horná a dolná tolerančná medza

Tento index poskytuje informáciu o tom, v akej miere využíva rozptyl nameraných hodnôt predpísanú toleranciu. Vyhodnotenie neberie do úvahy polohu nameraných hodnôt v tolerančnom poli. Z tohto dôvodu môže byť hodnota  $C_m$  vypočítaná podľa vyššie uvedeného vzorca použitá jedine pre regulovateľné procesy.

Pri regulovateľných procesoch musí byť možné umiestniť priemernú hodnotu z nameraných hodnôt do stredu tolerančného poľa.

Minimálna požiadavka na hodnotu  $C_m$  pre spôsobilý stroj:

$$C_m \geq 1,66$$

Ak stanovená hodnota  $C_m$  je väčšia alebo rovná 1,66, tak je požadovaná spôsobilosť stroja dosiahnutá.

**Index spôsobilosti stroja  $C_{mk}$  zohľadňuje** proti indexu  $C_m$  ešte polohu priemernej hodnoty  $\bar{X}_N$  v tolerančnom poli. Vzďialenosti priemernej hodnoty od hranice tolerančného poľa je trojnásobok veľkosti smerodajnej odchyľky.

$$C_{mk} = \frac{USL - \bar{X}_N}{3 \cdot \sigma_{N-1}} \quad (31)$$

$$C_{mk} = \frac{\bar{X}_N - LSL}{3 \cdot \sigma_{N-1}} \quad (32)$$

Pre vyhodnotenie sa použije menšia hodnota z oboch vzorcov

Minimálna požiadavka hodnoty  $C_{mk}$  pre spôsobilý stroj:

$$C_{mk} \geq 1,67$$

Výpočet indexu spôsobilosti stroja  $C_{mk}$  ma zmysel pre regulovateľné procesy a je zvlášť dôležitý pre neregulovateľné procesy.

### 3.3 REGULAČNÉ DIAGRAMY PRE PRIEMER A ROZPÄTIE ( $\bar{X}, R$ )

Regulačné diagramy meraním sú veľmi účinné nástroje, ktoré možno použiť, pokiaľ sú k dispozícii údaje získané z procesu meraním. Regulačné diagramy meraním a zvlášť ich najbežnejšia forma ( $\bar{X}, R$ ) – diagramy, predstavujú typickú aplikáciu diagramov pri regulácii procesu.

Pred meraním nastaviť stroj na menovitú hodnotu a počas kontroly sa nastavenie menilo. Odobrať  $N = 100$  výrobkov v malých podskupinách a rozsahu  $n = 4$ , v časovom intervale 30 minút.

Pri diagrame  $\bar{X} - R$  sa vypočíta priemerná hodnota znaku v podskupine podľa vzorca:

$$\bar{X}_i = \frac{1}{n} \sum_{j=1}^n X_{ij} \quad (33)$$

pre  $i = 1, 2, \dots, k$  a pre  $j = 1, 2, \dots, n$ ,

kde:  $i$  - poradové číslo podskupiny

$j$  - poradové číslo nameranej hodnoty v podskupine

$k$  - počet podskupín

$n$  - rozsah podskupiny

$X_{ij}$  - nameraná hodnota v  $i$ -tej podskupine

a rozpätie v podskupine:

$$R_i = MAX(X_{ij}) - MIN(X_{ij}) \quad (34)$$

Priemer a rozpätia sa vypočíta:

$$\bar{R} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k R_i \quad (35)$$



a priemer procesu vypočíta:

$$\bar{\bar{X}} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k \bar{X}_i \quad (36)$$

kde  $R_i$ ,  $\bar{X}_i$  a sú rozpätie a priemery v  $i$ -tych podskupinách ( $i=1,2,\dots,k$ )

Priemerné rozpätie a priemer procesu v regulačných diagramoch tvoria centrálné priamky (CL). Zakreslia sa ako plné vodorovné priamky.

Regulačné medze sa vypočítajú:

- Horná regulačná medza :  $UCL_R = D_4 \cdot \bar{R}$  (37)

- Dolná regulačná medza :  $LCL_R = D_3 \cdot \bar{R}$  (38)

- Horná regulačná medza :  $UCL_x = \bar{\bar{X}} + A_2 \cdot \bar{R}$  (39)

- Dolná regulačná medza :  $LCL_x = \bar{\bar{X}} - A_2 \cdot \bar{R}$  (40)

### 3.3.1 Vyhodnotenie regulácie procesu

Regulačné medze môžu byť interpretované takto : keby zostala variabilita procesu od jedného výrobku k druhému a priemer procesu konštantný na existujúcich úrovniach, jednotlivé rozpätia podskupín ( $R$ ) a priemery ( $\bar{X}$ ) by samé kolísali náhodne, avšak málokedy by sa objavili mimo regulačné medze. Podobne by sa v údajoch nemali prejavovať trendy alebo zoskupenia, iba keby boli vyvolané náhodou. Cieľom analýzy regulačných diagramov je identifikovať akýkoľvek dôkaz, že variabilita procesu alebo priemer procesu nepracujú na konštantnej úrovni – že jeden alebo oba tieto parametre procesu sú štatisticky nezvládnuté, a nasledovne treba urobiť zodpovedajúce opatrenia.  $R$  – diagramy a  $\bar{X}$  - diagramy sa analyzujú oddelene, ale porovnanie zoskupení medzi oboma grafmi môže často dať doplnkový pohľad na vymedziteľné príčiny, ovplyvňujúce proces.

### 3.3.2. Vyhodnotenie spôsobilosti procesu

Pre určenie indexu spôsobilosti procesu je potrebné vypočítať odhad skutočnej hodnoty smerodajnej odchýlky pomocou rovnice:

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (41)$$

Index spôsobilosti procesu  $C_p$  sa vypočíta :

$$C_p = \frac{USL - LSL}{6 \cdot \hat{\sigma}} = \frac{T}{6 \cdot \hat{\sigma}} \quad (42)$$

Korigovaný index spôsobilosti procesu  $C_{PK}$  sa vypočíta :

$$C_{PK} = \frac{USL - \bar{X}}{3 \cdot \hat{\sigma}} \quad (43)$$

$$C_{PK} = \frac{\bar{X} - LSL}{3 \cdot \hat{\sigma}} \quad (44)$$

Uprednostňuje sa menšia hodnota  $C_{PK}$  z oboch vzorcov.

Výrobný proces je schopný produkovať výrobky požadovanej kvality, ak hodnota  $C_p \geq 1,33$  a  $C_{PK} \geq 1,33$ . Index  $C_p$  zohľadňuje rozptyl nameraných hodnôt.

Index  $C_{PK}$  zohľadňuje ešte aj polohu priemeru procesu  $\bar{X}$  v tolerančnom poli

## 4. VLASTNÁ PRÁCA

### 4.1 CHARAKTERISTIKA ORGANIZÁCIE MATADOR Automotive Vrábľe

Výstavba závodu v lokalite súčasnej akciovej spoločnosti začala v roku 1966 a začiatok výrobného procesu v roku 1971. Hlavnými výrobkami boli hydraulické a vzduchové časti brzdových a spojkových systémov, výlisky z plastov, výroba nástrojov a neskôr bola zahájená výroba podtlakového posilňovača bŕzd pre osobné automobily. V roku 1989 došlo k vytvoreniu samostatného štátneho podniku Pal Vrábľe. V rámci privatizácie bola k 1.5.1992 založená akciová spoločnosť PALT a.s. Vrábľe

#### Zameranie spoločnosti

Spoločnosť je dodávateľom kovových výliskov a zváraných zostáv pre automobilový a elektrotechnický priemysel. Spoločnosť v súčasnosti vyrába v dvoch lokalitách – vo Vrábľoch, kde sú umiestnené prevádzky veľkých (nad 400t ) a ťažkých (nad 1000t) lisov a pracoviská zvárania zostáv. Prevádzka Nitra má kapacity lisovania do 400t.

### 4.2 ÚDAJE O VÝROBNOM ZARIADENÍ A PRACOVISKU

V našom prípade strojným zariadením je linka EDMIC na lisovanie. Riadenie linky umožňuje dva režimy a to buď automaticky alebo ručný.

#### Okrajové podmienky

- Údaje o nastavení lisovacej linky EDMIC

Výrobca	Loire Safe
Rok výroby	2002
Tlak	9 000 kN
Hmotnosť stroja	150 000 kg
Pracovná rýchlosť	max: 215 mm. s <sup>-1</sup> min: 15 mm. s <sup>-1</sup>
Prietok chladiacej vody	275 l.min <sup>-1</sup>

- Charakteristika prostredia

Pracovná teplota

$t=21^{\circ}\text{C}$

Vlhkosť vzduchu

max 80% pri  $80^{\circ}\text{C}$

### 4.3 CHARAKTERISTIKA LISOVANÉHO VÝROBKU

Kontrolný prípravok číslo : 3965 03 012

Názov dielu : Saeule A innen oben

Kontrolovaný diel číslo: 7L0.809.208

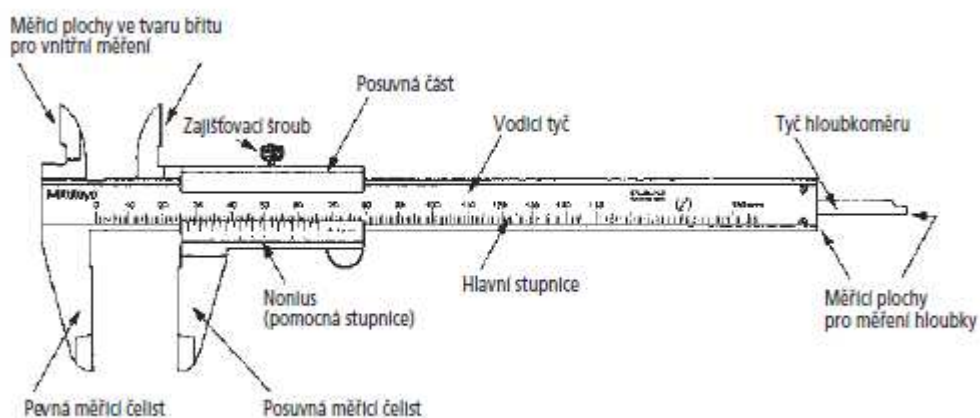
Projekt : MAGMA

Výrobný výkres lisovaného výrobku je zobrazený v prílohe č.1.

### 4.4 CHARAKTERISTIKA MERACIEHO ZARIADENIA

DIGIMATIC Posuvne meradlo 500-181-20

- prevedenie nerez oceľ, cele základne, meracie plochy lapované
- 5-miestny LCD display, rozlíšenie 0,01mm
- merací rozsah 0-150 mm
- prepínanie mm/inch
- aretácia, plochy hĺbkomer
- výrobca Mitutoyo



Obr.1 DIGIMATIC 500-181-20

#### **4.5 VYHODNOTENIE SPÔSOBILOSTI MERADLA**

Pri určovaní indexov spôsobilosti digitálneho posuvného meradla bola mierka od 1 – 150 mm. Mierky boli kalibrovane podľa STN EN 3650 dna 11.6.2010 s platnosťou na 2 roky. Menovitá hodnota normálu bola  $X_r = 5,9$  mm. Meranie etalónu sa uskutočnili mikrometrom v krátkych časových intervaloch po 50 krát. Skúška prebiehala v metrologickom laboratóriu v danej organizácii pri teplote merania  $21^\circ\text{C}$ . Namerané hodnoty boli zaznamenávané do formuláru znázornenom v tab.1. Z nameraných hodnôt bola vypočítaná priemerná hodnota  $\bar{X}_a = 5,9\text{mm}$  a smerodajná odchylka  $s_w = 0,045\text{mm}$ . Hodnota indexu  $C_{gm} = 1,81$  a  $C_{gnk} = 1,37$ . Pretože minimálne požiadavky na indexy spôsobilosti sú  $C_{gm} \geq 1,34$  a  $C_{gnk} \geq 1,33$ , bola spôsobilosť meradla preukázaná.

Tab. 1 Formulár pre vyhodnotenie indexu spôsobilosti a namerané hodnoty

MATADOR Automotive Vráble, a.s.	Formulár pre vyhodnotenie indexu spôsobilosti				Metóda 1					
	$C_{gm} \quad a \quad C_{gmk}$				List.číslo : 1 Počet listov : 1					
Číslo zariadenia : 500-181-20	Označenie prístroja : DIGIMATIC Posuvne meradlo	Výrobca: Mitutoyo	Rok výroby: 2000	Dielňa: Ťažká lisovňa						
Údaje o meracom prístroji	Rozlíšenie	Trieda	Údaje o normále	Údaje o výrobku						
DIGIMATIC Posuvne meradlo	0,01	1	Názov:	Názov:Saeule A innen oben						
			Číslo:	Číslo:						
			Hodnota :	Hodnota znaku: 5,9 ± 1						
			Teplota:	Tolerancia: 2 mm						
Podmienky merania										
Tabuľka a karta jednotlivých hodnôt			Vyhodnotenie :							
Jednotky : mm			Odchyľka od hodnoty : 1mm							
1	5,9	6	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	Stredná hodnota : $\bar{X}_a = 5,90 \text{ mm}$ Smerodajná odchyľka: $s_w = 0,045 \text{ mm}$
2	5,9	5,9	5,8	5,9	5,9	6	5,9	5,9	5,9	
3	5,9	5,9	5,9	5,8	5,9	5,9	5,9	6	5,9	
4	5,9	5,9	5,8	5,9	5,9	5,9	5,9	5,9	6	
5	5,9	5,8	5,9	5,9	5,9	5,9	6	5,9	5,9	
	5	10	15	20	25	30	35	40	45	50
Index spôsobilosti meradla : $C_{gm} = \frac{0,2 \cdot (USL - LSL)}{6 \cdot s_w} =$ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1,81</span>										
Index spôsobilosti meradla $C_{gmk}$ najmenšia hodnota z : <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">2,12</span>										
alebo $\frac{(\bar{X}_r + 0,1 \cdot (USL - LSL)) - \bar{X}_a}{3 \cdot s_w} =$ <span style="border: 1px solid black; padding: 2px;">1,31</span>										
Podmienka spôsobilosti:										
Skutočná hodnota indexu $C_{gm} = 1,81$										
Skutočná hodnota indexu $C_{gmk} = 1,31$										
Dátum :										
										<b>Meracie zariadenie je spôsobilé</b>

#### 4.5.1 Posúdenie celkového rozptylu $S_M$ podľa metódy (s)

Pre posúdenie celkového rozptylu  $S_M$  podľa metódy (s) bolo odobratých desať vzoriek z procesu, ktoré postačujúco reprezentovali proces variabilitou priemeru. Očíslované vzorky merali traja pracovníci podľa postupu uvedeného v metodike, ktoré toto meranie v praxi bežne vykonávajú. Namerané hodnoty a výpočty sú uvedené v tabuľke 2. Z nameraných hodnôt boli najskôr vypočítané stredne hodnoty zo všetkých meraní jednotlivých operátorov  $\bar{X}_A = 0,0025$ ,  $\bar{X}_B = -0,00645$ ,  $\bar{X}_C = 0,00485$ . Ďalej sa vypočíta smerodajne odchylky z rady merania 1 a 2 pre každého operátora  $\bar{s}_{\Delta A} = 0,01798$ ,  $\bar{s}_{\Delta B} = 0,01925$ ,  $\bar{s}_{\Delta C} = 0,01818$ . Ďalej sa vypočíta stredná smerodajná odchylka merania  $\bar{s} = 0,013$ , smerodajná odchylka vplyvu obsluhy  $s_v = 0,0009$ , a potom celkove pásmo rozptylu meradla  $S_M = 0,45$ . Celkove pásmo rozptylu meradla sa vyjadrilo v percentách  $s_M\% = 11,25\%$ . Hodnota  $s_M\%$  vyhovuje podmienke od 0% do 20%, čo je dobre pásmo rozptylu používaného meradla.

Tab. 2 Formulár pre vyhodnotenie celkového pásma rozptylu

MATADOR Automotive Vrábľa, a.s.	<b>Formulár pre vyhodnotenie celkového Pásma rozptylu <math>S_M</math> (podľa metódy s)</b>						<b>Metóda 2</b> List. číslo: 2 Počet listov : 1				
Číslo zariadenia 500-181-20	Označenie meracieho zariadenia DIGIMATIC Posuvne meradlo 500-181-20			Výrobca DIGIMATIC	Rok. Výroby: 2000	Diefna: Tažká lisovňa					
Údaje o výrobku			Údaje o normále			Údaje o výrobku					
Názov : Saeule A innen oben			Názov : Kontrolný prípravok			Index $C_{gm}$ : 1,81					
Číslo : 7L0.809.208			Číslo : 3965 03 01 2			Index $C_{gmk}$ : 1,31					
Hodnota znaku : $5,9 \pm 1\text{mm}$			Skutočná hodnota :			Dátum : 09.04.2010					
Tolerancia : 2 mm											
Podmienky merania : Teplota 21 °C											
Namerané hodnot :			Jednotky : mm			Odchýlka od hodnoty : 1mm					
Obsluha	A: Jano			B: Juro			C: Edo				
Výrobok	Rada 1	Rada 2	(1-2)	Rada 1	Rada 2	(1-2)	Rada 1	Rada 2	(1-2)		
1	0,019	0,017	0,002	0,02	-0,19	0,21	0,02	-0,019	0,039		
2	0,021	-0,016	0,037	0,015	0,017	-0,002	-0,021	0,018	-0,039		
3	-0,018	0,02	-0,038	-0,02	0,016	-0,031	0,017	0,02	-0,003		
4	-0,017	0,019	-0,036	0,016	-0,015	0,031	-0,015	0,021	-0,036		
5	0,014	-0,017	0,031	0,018	-0,014	0,032	-0,014	-0,015	0,001		
6	-0,015	-0,016	0,001	-0,02	0,021	-0,038	-0,017	-0,017	0		
7	0,019	0,021	-0,002	-0,02	0,02	-0,041	0,019	0,017	0,002		
8	0,018	0,018	0	0,014	0,017	-0,003	0,018	0,02	-0,002		
9	-0,017	-0,019	0,002	0,021	-0,018	0,039	0,019	-0,016	0,035		
10	-0,016	0,015	-0,031	-0,02	-0,015	-0,004	0,021	0,021	0		
			$\overline{s_{\Delta A}} = 0,01798$ $\overline{X}_A = 0,0025$			$\overline{s_{\Delta B}} = 0,01925$ $\overline{X}_B = -0,00645$			$\overline{s_{\Delta C}} = 0,01818$ $\overline{X}_C = 0,00485$		
Priemerná smerodajná odchýlka meracieho zariadenia $\overline{s}$						Jednotka : mm					
$S_{\Delta} = (s_{\Delta A} + s_{\Delta B} + s_{\Delta C}) \cdot (1/3) =$						<b>0,0184</b>					
$\overline{s} = \overline{s}_v / \sqrt{2} =$						<b>0,013</b>					
Smerodajná odchýlka $\overline{s}_v$ z priemerných hodnôt $\overline{X}_A, \overline{X}_B, \overline{X}_C$ (vplyv obsluhy):											
$\overline{s}_v = \overline{X}_A + \overline{X}_B + \overline{X}_C =$						<b>0,0009</b>					
Celkové pásmo rozptylu meracieho zariadenia $S_M$											
$S_M = 6 \cdot \sqrt{s^{-2} + s_v^{-2}} =$						<b>0,45</b>					
$S_M \% = S_M / T \cdot 100 =$						<b>11,25</b>					
Výsledky : $S_M \% = 0 - 20\% =$ <b><u>(DOBRÝ)</u></b>											



## 4.6 HODNOTENIE SPOSÔBILOSTI VYROBNEHO ZARIADENIA

### 4.6.1 Zákonitosti

#### 4.6.1.1 Skúmanie zákonitosti nameraných hodnôt

Z výrobného procesu bolo odobratých 50 za sebou vyrobených výliskov. Namerané hodnoty boli rozdelené do 10 podskupín po 5 hodnotách. Z päťdesiatich po sebe odobratých výrobkov sa vytvoria umelé podskupiny s rozsahom  $n = 5$ . Na každom výlisku bol v poradí odmeraný príslušný rozmer ktorý bol  $5,9 \pm 1$  mm.

Namerané hodnoty sa zapísali do päťmiestnych kolónok do tabuľky 3. Následne sa nanášajú jednotlivé hodnoty do karty nameraných hodnôt.

Tab.3: Namerané hodnoty výlisku

P.č.	Namerané hodnoty, mm									
	x1	x2	x3	x4	x5	x6	x7	x8	x9	x10
1	5,48	5,87	6,44	5,95	5,91	5,62	5,77	5,76	6,88	5,79
2	6,09	5,89	6,31	6,34	5,92	5,57	5,23	6,59	5,82	6,62
3	5,38	5,2	6,2	5,21	6,47	6,05	6,4	5,83	5,28	6,11
4	6,51	6,07	6,01	5,9	6,36	5,84	5,49	5,55	5,85	6,15
5	5,88	4,95	5	5,6	5,78	5,5	5,8	5,81	5	6,63
$\bar{X}$	5,87	5,59	5,99	5,8	6,1	5,72	5,94	5,91	5,77	6,26
S	0,47	0,49	0,58	0,42	0,31	0,23	0,37	0,40	0,72	0,36

## 4.6.2 Stabilita

### 4.6.2.1 Určenie stability nameraných hodnôt

Pri teste na stabilitu sa pre každú podskupinu vypočítali priemerné hodnoty  $\bar{X}_i$  a smerodajné odchýlky  $s_i$ , ktoré sa naniesli do diagramu na  $\bar{X}$ - karte a s - karte. Priebeh grafov na oboch diagramoch je spojitý, bez vymedziteľných vplyvov.

Aby sme dostali vhodnú mierku pre obidva diagramy, zistili sme extrémne hodnoty  $\bar{X}_{\max}, \bar{X}_{\min}, s_{\max}$ .

$$\bar{X}_{\max} = 6,26mm, \bar{X}_{\min} = 5,596mm, s_{\max} = 0,72mm$$

### 4.6.2.2 Stanovenie medzných hodnôt pre priemernú hodnotu a smerodajnú odchylku

Strednú polohu skúmaného procesu možno považovať za stabilnú, keď jednotlivé hodnoty  $\bar{X}_{\max}$  a  $\bar{X}_{\min}$  neprekračujú hornú medzu stability  $HMZ_{\bar{x}}=6,46mm$  a dolnú medzu stability  $DMZ_{\bar{x}}=5,33mm$ :

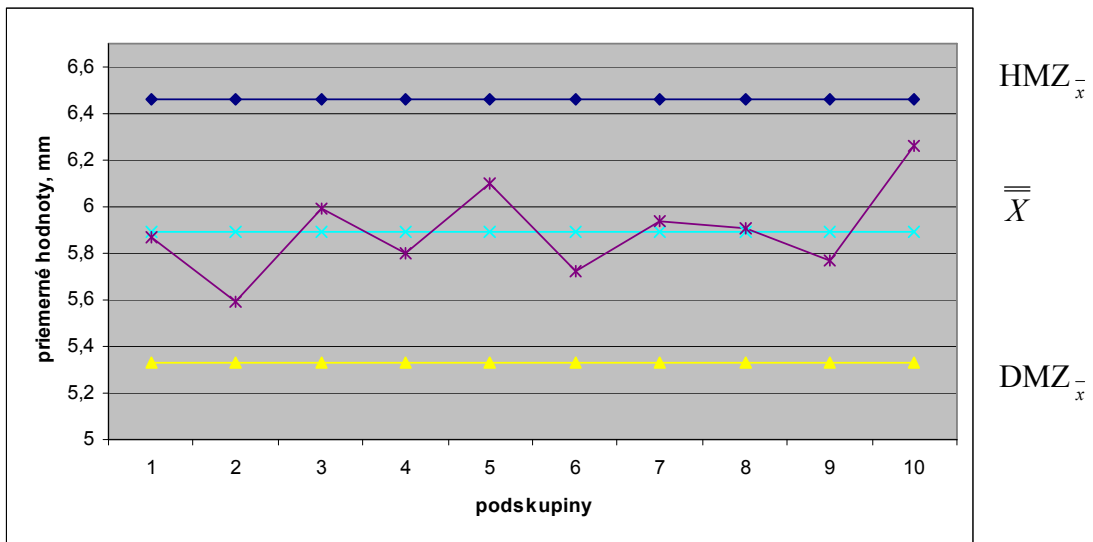
$$HMZ_{\bar{x}} = 6,46mm \geq \bar{X}_{\max} = 6,26mm$$

$$DMZ_{\bar{x}} = 5,33mm \leq \bar{X}_{\min} = 5,596mm$$

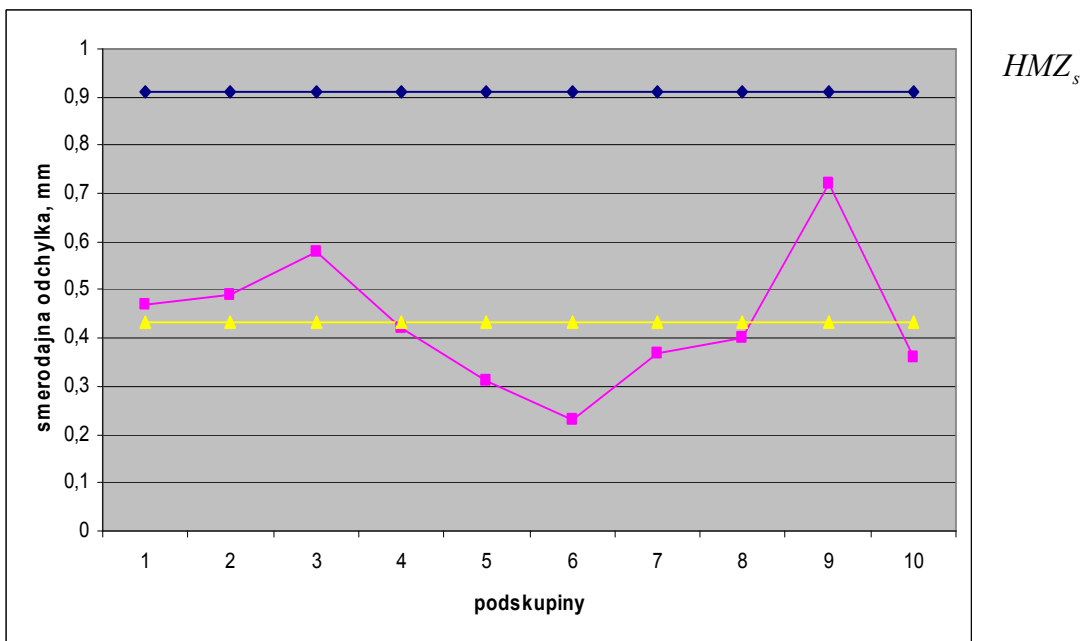
Smerodajnú odchylku považujeme za stabilnú, keď neprekračuje hornú medzu stability  $HMZ_s = 0,91mm$ :

$$HMZ_s = 0,91mm \geq s_{\max} = 0,72mm$$

Ak je najväčšia zistená smerodajná odchýlka z päťčlených skupín  $s_{\max}$  menšia ako  $2,1 \cdot \bar{s}$ , potom môžeme považovať smerodajnú odchylku za stabilnú. Následné vypočítané hodnoty naniesieme na  $\bar{X}$ - kartu (obr. 2) a s - kartu (obr. 3)



Obr. 2  $\bar{X}$  - karta



Obr. 3 s- karta

Z testu stability vyplýva, že na proces nepôsobia žiadne rušivé vplyvy. Stredné hodnoty a smerodajné odchylky neprekračujú medzi stability a preto sa prešlo k vyhodnocovaniu normality.

#### 4.7 VYHODNOTENIE NORMALITY NAMERANÝCH HODNÔT

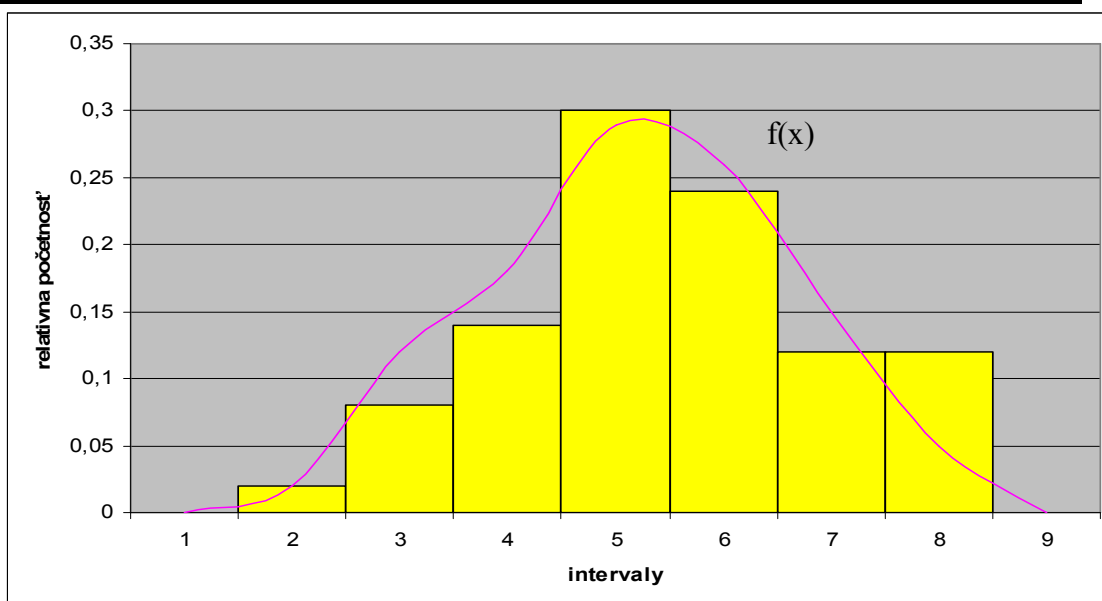
Pomocou normálneho rozdelenia sa skontrolovala normalita nameraných hodnôt. Súbor s nameranými hodnotami som rozdelil do tried, ktoré reprezentujú triedene intervaly. Predstavu o výsledkoch nám umožňuje ich zobrazenie pomocou histogramu. Histogram je symetrického tvaru z vrcholom blízko nominálnej hodnoty. Histogram zvonovitého tvaru je obyčajne obrazom normálneho Gaussovho rozdelenia.

Na os x sa naniesli hodnoty reprezentujúce jednotlivé triedy. Na os y sa naniesli relatívne početnosti.

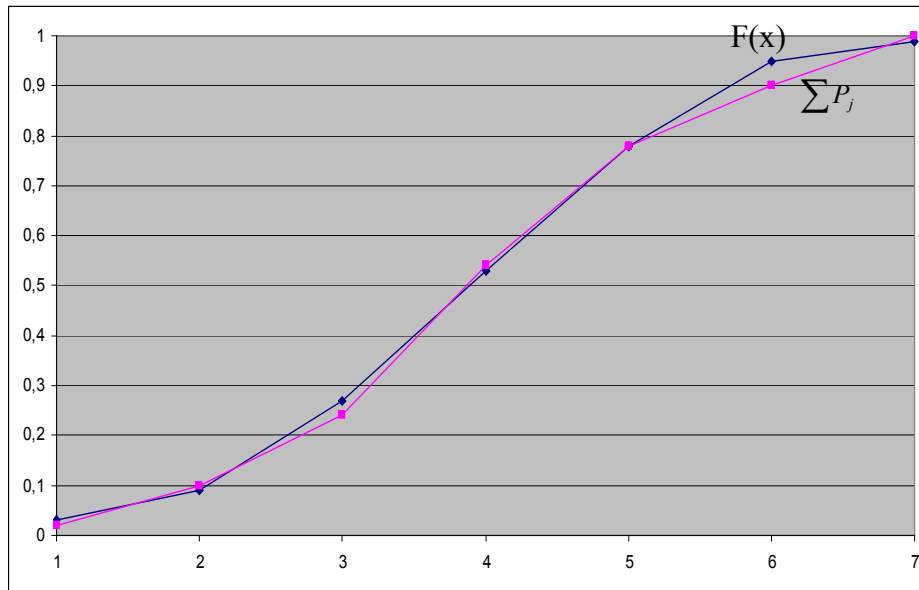
Vypočítali sme hustota pravdepodobnosti  $f(x)$ , distribučná funkcia normálneho rozdelenia a hodnoty boli zapísané do tabuľky 4. S nameraných hodnôt sme histogram a funkcia hustoty pravdepodobnosti  $f(x)$  (obr. 4). Následné sme nakreslili krivku kumulatívnej relatívnej početnosti  $\sum P_j$  a distribučná funkcia (obr. 5).

Tab.4: Rady rozdelenia početnosti

Interval, mm	4,90	5,19	5,47	5,76	6,04	6,33	6,62
	5,19	5,47	5,76	6,04	6,33	6,62	6,90
$N_j$	1	4	7	15	12	6	5
$\square n_j$	1	5	12	27	39	45	50
$P_j$	0,02	0,08	0,14	0,30	0,24	0,12	0,12
$\square P_j$	0,02	0,10	0,24	0,54	0,78	0,90	1,0
$f(x)$	0,02	0,12	0,18	0,29	0,26	0,15	0,05
$F(x)$	0,03	0,09	0,27	0,53	0,78	0,95	0,99



Obr. 4 Histogram a funkcia hustoty pravdepodobnosti  $f(x)$



Obr. 5 Krivka kumulatívnej relatívnej početnosti  $\sum P_j$  a distribučná funkcia F(x)

#### 4.7.1 Testey zhody empirického rozdelenia s teoretickým Pearsonovo kritérium $\chi^2$

Pri preverovaní súhlasu medzi empirickým a teoretickým rozdelením som vychádzal zo súčtu štvorcov rozdielov medzi pozorovanými početnosťami  $m_j$  a teoretickými početnosťami  $m_{Tj}$  v každom triedenom intervale radu rozdelenia početnosti (tabuľka 5).

Vypočítali sme pearsonovu kritérium  $\chi^2=2,87$  a počet stupňov voľnosti  $r=3$ . Na základe týchto výpočtov sme určili percento zhody empirického rozdelenia s teoretickým, ktoré bolo  $P = 48\%$  , čím **normalita údajov bola potvrdená**.

Tab.5: Rozšírené rady rozdelenia početnosti

Interval, mm	4,9	5,19	5,47	5,76	6,04	6,33	6,62
	5,19	5,47	5,76	6,04	6,33	6,62	6,90
$n_j$	1	4	7	15	12	6	5
$m_j$	5		7	15	12	6	5
$m_{Tj}$	1		5	23	12	8	2

Teoretické rozdelenie sa považuje za vhodné lebo pravdepodobnosť P je väčšia ako 10%.

#### **4.8 SPÔSOBILOSŤ VÝROBNÉHO ZARIADENIA $C_m$ , $C_{mk}$**

Po potvrdení stability nameraných hodnôt a po zistení tvaru rozloženia sa stanovil: aritmetický priemer  $\bar{X}_N = 5,87$  smerodajnú odchýlku  $\sigma_{N-1} = 0,1$  a index spôsobilosti lisu  $C_m$  smerodajnú odchýlku zo všetkých nameraných hodnôt.

Hodnota indexu spôsobilosti lisu bola  $C_m = 2,57$  to znamená že, spôsobilosť lisu je väčšia ako stanovená  $C_m \geq 1,66$ .

Ďalej sa počítal korigovaný index spôsobilosti lisu  $C_{mk}$ . Index spôsobilosti lisu  $C_{mk}$  zohľadňuje proti indexu  $C_m$  polohu procesu  $\bar{X}_N$  v tolerančnom poli.

Pre vyhodnotenie sa použije menšia hodnota z oboch vzorcov. Minimálna požiadavka hodnoty  $C_{mk}$  pre spôsobilý stroj  $C_{mk} \geq 1,67$

Korigovaný indexu spôsobilosti stroja  $C_{mk} = 2,49$  to znamená že  $C_{mk} = 2,49 \geq 1,67$ .

**Na základe vypočítaných indexov spôsobilosti bola potvrdená spôsobilosť výrobného zariadenia lisu EDMIC 800-320/32-19/19-12.**

## 4.9 HODNOTENIE SPÔSOBILOSTI VÝROBNÉHO PROCESU

Pre zisťovanie spôsobilosti procesu bolo odobratých  $N=100$  vzoriek z výrobného procesu. Vzorky sa odobrali po  $n=4$  kusoch rozdelené do  $k=25$  podskupín. Vzorky z výrobného procesu odobrali poverení pracovníci podľa pracovného postupu. Meranie vôle zabezpečovali pracovníci riadenia kvality, ktorí tuto činnosť bežne vykonávajú.

Vôľa bola meraná posuvným digitálnym meracím zariadením. Namerané hodnoty jednotlivých vzoriek sú uvedené v tabuľke 6.

### 4.9.1 Regulačný diagram ( $\bar{X} - R$ )

Pre výpočty hodnôt potrebných pre zostrojenie regulačného diagramu ( $\bar{X} - R$ ) sa najskôr vypočíta rozpätie v každej podskupine a z nich sa vypočíta stredná hodnota rozpätí  $\bar{R} = 0,728\text{mm}$ . Hodnoty rozpätia v každej podskupine sú uvedené v tabuľke 6. Ďalej sa vypočítala horná a dolná regulačná medza a hodnoty rozpätí sa zakreslili do regulačného diagramu (R). Regulačný diagram (R) je uvedený v tabuľke 7. Zostrojený diagram vykazuje stabilitu výrobného procesu, pretože ani jeden bod nie je mimo regulačných hraníc a sú splnené všetky trendy.

Pre regulačný diagram ( $\bar{X}$ ) sa vypočítal priemer hodnôt v každej podskupine a z nich sa vypočítala stredná hodnota priemerov v podskupinách  $\bar{\bar{X}} = 5,794$ . Stredné hodnoty z každej podskupiny sú uvedené v tabuľke 6. Ďalej sa vypočítala horná a dolná regulačná medza a stredne hodnoty sa zakreslili do regulačného diagramu ( $\bar{X}$ ). Regulačný diagram ( $\bar{X}$ ) je uvedený v tabuľke 7. zostrojený diagram vykazuje stabilitu výrobného procesu, pretože ani jeden bod nie je mimo regulačných hraníc a sú splnené všetky trendy.

### 4.9.2 Normalita rozdelenia

Podmienka použitia nameraných hodnôt pre výpočty spôsobilosti procesu je normalita ich rozloženia. Pomocou Pearsonovho kritéria podľa vzorca (25) sa prekontrolovala percento zhody s normálnym rozložením hodnôt. Splnenie tejto podmienky dokazuje tabuľka 9. Zhoda s normálnym rozložením hodnôt bola  $P=25\%$ , čo vyhovuje podmienke  $Z>10\%$ .

Tab.6 Namerané hodnoty

MATADOR Automotive Vráble, a.s.		Namerané hodnoty Výberové charakteristiky				List. číslo: 1 Počet listov : 1	
Údaje o výrobku		Údaje o meracom prístroji				Údaje o stroji	
Názov : Saeule A innen oben		Názov: DIGMATIC Posuvne meradlo				Názov: EDMIC	
Číslo : 7L0.809.208		Výrobné číslo:				Výrobné číslo: 800	
Hodnota znaku : 5,9 ± 1 mm		Rozsah: 0-150 mm				Výrobca: Loire Safe	
Tolerancia : 2 mm						Rok výroby: 2001	
P.č.	$X_{i1}$	$X_{i2}$	$X_{i3}$	$X_{i4}$	$\bar{X}_i$	$R_i$	
1	6,57	6,2	6,16	5,73	6,165	0,84	
2	5,96	5,68	5,61	5,7	5,7375	0,35	
3	5,2	5,63	6	5,66	5,6225	0,8	
4	6,13	5,39	5,7	5,68	5,725	0,74	
5	5,36	5,18	5,56	5,63	5,4325	0,45	
6	5,99	6,23	5,73	5,71	5,915	0,52	
7	5,62	6,3	6,51	6,09	6,13	0,89	
8	5,11	4,99	5,67	5,65	5,355	0,68	
9	5,92	5,91	6,17	6,01	6,0025	0,26	
10	5,9	5,61	6,19	6,02	5,93	0,58	
11	5,69	5,74	5,72	6,03	5,795	0,34	
12	5,75	6,29	6,41	6,21	6,165	0,66	
13	5,51	5,95	6,18	5,26	5,725	0,92	
14	6,61	5,77	5,72	6,11	6,0525	0,89	
15	5,93	5,79	5,64	6,26	5,905	0,62	
16	5,64	5,78	6,15	5,47	5,76	0,68	
17	5,67	5,41	5,07	5,22	5,3425	0,6	
18	5,6	6,12	5,38	5,6	5,675	0,74	
19	5,49	5,66	5,76	5,44	5,5875	0,32	
20	5,97	5,31	5,46	5,59	5,5825	0,66	
21	5,42	5,58	5,4	6,39	5,6975	0,99	
22	6,44	5,98	5,3	5,94	5,915	1,14	
23	5,62	5,76	6,28	5,65	5,8275	0,66	
24	5,52	5,74	6,78	5,75	5,9475	1,26	
25	5,54	6,27	6,62	5,01	5,86	1,61	
					□ 114,8525	□ 10,16	
Priemerné rozpätie : $\bar{R} = \frac{1}{25} \sum_{i=1}^{25} 18,2 = 0,728\text{mm}$ Priemer procesu: $\bar{\bar{X}} = \frac{1}{25} \sum_{i=1}^{25} 144,8525 = 5,794\text{mm}$							



Tab.7 Regulačné diagramy

MATADOR Automotive Vráble, a.s.	<b>Regulačné diagramy</b>	List. číslo: 2 Počet listov : 1
Údaje o výrobku	Údaje o meracom prístroji	Údaje o stroji
Názov : Saeule A innen oben	Názov: DIGMATIC Posuvne meradlo	Názov: EDMIC
Číslo : 7L0.809.208	Výrobné číslo:	Výrobné číslo: 800
Hodnota znaku : $5,9 \pm 1$ mm	Rozsah: 0-150 mm	Výrobca: Loire Safe
Tolerancia : 2 mm		Rok výroby: 2001
Horná regulačná medza : $UCL_R = D_4 \cdot \bar{R} = 2,282 \cdot 0,728 = 1,6613\text{mm}$ Dolná regulačná medza : $LCL_R = D_3 \cdot \bar{R} = 0,000 \cdot 0,728 = 0,000\text{ mm}$ Horná regulačná medza : $UCL_{\bar{X}} = \bar{X} + A_2 \cdot \bar{R} = 5,794 + 0,729 \cdot 0,728 = 6,3247\text{ mm}$ Dolná regulačná medza : $LCL_{\bar{X}} = \bar{X} - A_2 \cdot \bar{R} = 5,794 - 0,729 \cdot 0,728 = 5,2633$		

Tab. 8 normálne rozdelenie

MATADOR Automotive Vráble, a.s.	<b>Normálne rozdelenie</b>		List. číslo: 3		
	<b>Vypočítané hodnoty</b>		Počet listov : 1		
Údaje o výrobku			Údaje o meracom prístroji		
Údaje o stroji					
Názov : Saeule A innen oben	Názov: DIGMATIC Posuvne meradlo	Názov: EDMIC			
Číslo : 7L0.809.208	Výrobné číslo:	Výrobné číslo: 800			
Hodnota znaku : 5,9 ± 1 mm	Rozsah: 0-150 mm	Výrobca: Loire Safe			
Tolerancia : 2 mm		Rok výroby: 2001			
Rady rozdelenia početností					
P.č.	Interval, mm	Abs. početnosť $n_j$	Kumulatívna abs. počet. $\Sigma n_j$	Relatívna počet. $P_j = \frac{n_j}{N}$	Kumul. rel. počet. $\Sigma P_j$
1	4,99 - 5,171	4	4	0,04	0,04
2	5,171 - 5,352	6	10	0,06	0,1
3	5,352 - 5,533	12	22	0,12	0,22
4	5,533 - 5,714	14	36	0,14	0,36
5	5,714 - 5,895	25	61	0,25	0,61
6	5,895 - 6,076	14	75	0,14	0,75
7	6,076 - 6,257	12	87	0,12	0,87
8	6,257 - 6,438	7	94	0,07	0,94
9	6,438 - 6,619	4	98	0,04	0,98
10	6,619 - 6,8	2	100	0,02	1
Hustota pravdepodobnosti normálneho rozdelenia					
P.č.	$X_{is}$	$\bar{X}$	$\sigma^2$	$f(x)$	
1	5,081	0,203	0,07	0,02	
2	5,262	0,316	0,069	0,05	
3	5,443	0,653	0,062	0,11	
4	5,624	0,787	0,034	0,15	
5	5,806	1,452	0,002	0,17	
6	5,986	0,838	0,027	0,14	
7	6,167	0,740	0,059	0,1	
8	6,348	0,444	0,065	0,04	
9	6,529	0,261	0,069	0,03	
10	6,709	0,134	0,063	0,01	
		□ 4,427	0,52		

Tab. 9 Pearsonovo kritérium

MATADOR Automotive Vráble, a.s.	<b>Pearsonovo kritérium</b>		List. číslo: 3 Počet listov : 1																																																																																						
Údaje o výrobku			Údaje o meracom prístroji																																																																																						
Údaje o stroji																																																																																									
Názov : Saeule A innen oben	Názov: DIGMATIC Posuvne meradlo	Názov: EDMIC																																																																																							
Číslo : 7L0.809.208	Výrobné číslo:	Výrobné číslo: 800																																																																																							
Hodnota znaku : $5,9 \pm 1$ mm	Rozsah: 0-150 mm	Výrobca: Loire Safe																																																																																							
Tolerancia : 2 mm		Rok výroby: 2001																																																																																							
<table border="1"> <thead> <tr> <th>P.č.</th> <th>Interval</th> <th><math>n_j</math></th> <th><math>m_i</math></th> <th><math>m_{Ti}</math></th> <th><math>F_{(x)}</math></th> <th><math>F_{tiz}</math></th> <th><math>\chi^2</math></th> </tr> </thead> <tbody> <tr> <td>1</td> <td>4,02 - 4,108</td> <td>4</td> <td rowspan="2">10</td> <td rowspan="2">9</td> <td rowspan="2">0,1</td> <td rowspan="2">0,01</td> <td rowspan="2">0,11</td> </tr> <tr> <td>2</td> <td>4,108 - 4,196</td> <td>6</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td>4,196 - 4,284</td> <td>12</td> <td>12</td> <td>11</td> <td>0,2</td> <td>0,1</td> <td>0,12</td> </tr> <tr> <td>4</td> <td>4,284 - 4,372</td> <td>14</td> <td>14</td> <td>17</td> <td>0,36</td> <td>0,2</td> <td>0,23</td> </tr> <tr> <td>5</td> <td>4,372 - 4,460</td> <td>25</td> <td>25</td> <td>16</td> <td>0,61</td> <td>0,36</td> <td>5,04</td> </tr> <tr> <td>6</td> <td>4,460 - 4,548</td> <td>14</td> <td>14</td> <td>17</td> <td>0,77</td> <td>0,61</td> <td>0,51</td> </tr> <tr> <td>7</td> <td>4,548 - 4,636</td> <td>12</td> <td>12</td> <td>13</td> <td>0,88</td> <td>0,77</td> <td>0,12</td> </tr> <tr> <td>8</td> <td>4,636 - 4,724</td> <td>7</td> <td>7</td> <td>7</td> <td>0,95</td> <td>0,88</td> <td>0</td> </tr> <tr> <td>9</td> <td>4,724 - 4,812</td> <td>4</td> <td rowspan="2">6</td> <td rowspan="2">6</td> <td rowspan="2">1</td> <td rowspan="2">0,95</td> <td rowspan="2">0,2</td> </tr> <tr> <td>10</td> <td>4,812 - 4,900</td> <td>2</td> </tr> <tr> <td colspan="7"></td> <td>6,33</td> </tr> </tbody> </table>				P.č.	Interval	$n_j$	$m_i$	$m_{Ti}$	$F_{(x)}$	$F_{tiz}$	$\chi^2$	1	4,02 - 4,108	4	10	9	0,1	0,01	0,11	2	4,108 - 4,196	6	3	4,196 - 4,284	12	12	11	0,2	0,1	0,12	4	4,284 - 4,372	14	14	17	0,36	0,2	0,23	5	4,372 - 4,460	25	25	16	0,61	0,36	5,04	6	4,460 - 4,548	14	14	17	0,77	0,61	0,51	7	4,548 - 4,636	12	12	13	0,88	0,77	0,12	8	4,636 - 4,724	7	7	7	0,95	0,88	0	9	4,724 - 4,812	4	6	6	1	0,95	0,2	10	4,812 - 4,900	2								6,33
P.č.	Interval	$n_j$	$m_i$	$m_{Ti}$	$F_{(x)}$	$F_{tiz}$	$\chi^2$																																																																																		
1	4,02 - 4,108	4	10	9	0,1	0,01	0,11																																																																																		
2	4,108 - 4,196	6																																																																																							
3	4,196 - 4,284	12	12	11	0,2	0,1	0,12																																																																																		
4	4,284 - 4,372	14	14	17	0,36	0,2	0,23																																																																																		
5	4,372 - 4,460	25	25	16	0,61	0,36	5,04																																																																																		
6	4,460 - 4,548	14	14	17	0,77	0,61	0,51																																																																																		
7	4,548 - 4,636	12	12	13	0,88	0,77	0,12																																																																																		
8	4,636 - 4,724	7	7	7	0,95	0,88	0																																																																																		
9	4,724 - 4,812	4	6	6	1	0,95	0,2																																																																																		
10	4,812 - 4,900	2																																																																																							
							6,33																																																																																		
<p><b>Počet stupňov voľnosti:</b></p> <p><math>r = k - z - 1 = 8 - 2 - 1 = 5</math></p> <p>Pravdepodobnosť zhody P ( % ) podľa kritéria súhlasu je <math>P^2 = 25</math> %, pričom normálne rozdelenie sa považuje za vhodné.</p>																																																																																									

Tab. 10 Histogram, funkcia hustoty pravdepodobnosti normálneho rozdelenia

MATADOR Automotive Vráble, a.s.	<b>Histogram, funkcia hustoty pravdepodobnosti normálneho rozdelenia</b>		List. číslo: 4																																	
			Počet listov : 1																																	
Údaje o výrobku			Údaje o meracom prístroji																																	
Údaje o stroji																																				
Názov : Saeule A innen oben	Názov: DIGMATIC Posuvne meradlo	Názov: EDMIC																																		
Číslo : 7L0.809.208	Výrobné číslo:	Výrobné číslo: 800																																		
Hodnota znaku : $5,9 \pm 1$ mm	Rozsah: 0-150 mm	Výrobca: Loire Safe																																		
Tolerancia : 2 mm		Rok výroby: 2001																																		
<table border="1" style="margin: 10px auto;"> <tr> <td></td> <td>1</td> <td>2</td> <td>3</td> <td>4</td> <td>5</td> <td>6</td> <td>7</td> <td>8</td> <td>9</td> <td>10</td> </tr> <tr> <td>■ histogram</td> <td>0,04</td> <td>0,06</td> <td>0,12</td> <td>0,14</td> <td>0,25</td> <td>0,14</td> <td>0,12</td> <td>0,07</td> <td>0,04</td> <td>0,02</td> </tr> <tr> <td>— funkcia hustoty pravdepodobnosti f(x)</td> <td>0,02</td> <td>0,05</td> <td>0,11</td> <td>0,15</td> <td>0,17</td> <td>0,14</td> <td>0,10</td> <td>0,04</td> <td>0,03</td> <td>0,01</td> </tr> </table>					1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	■ histogram	0,04	0,06	0,12	0,14	0,25	0,14	0,12	0,07	0,04	0,02	— funkcia hustoty pravdepodobnosti f(x)	0,02	0,05	0,11	0,15	0,17	0,14	0,10	0,04	0,03	0,01
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10																										
■ histogram	0,04	0,06	0,12	0,14	0,25	0,14	0,12	0,07	0,04	0,02																										
— funkcia hustoty pravdepodobnosti f(x)	0,02	0,05	0,11	0,15	0,17	0,14	0,10	0,04	0,03	0,01																										
<b>Počet meraní : N = 100</b>																																				
<b>Histogram je obrazom normálneho (Gaussovho) rozdelenia.</b>																																				
<b>Graf hustoty pravdepodobnosti je symetrická zvonovitá krivka, svoj vrchol dosahuje v bode, ktorý sa rovná strednej hodnote <math>\mu = 5,89mm</math></b>																																				
<b>Proces podlieha normálnemu rozdeleniu.</b>																																				

### 4.9.3 Zisťovanie spôsobilosti procesu $C_p, C_{pk}$

Po zvládnutí výrobného procesu podľa regulačných diagramov , splnení podmienky normálneho rozdelenia hodnôt a splnení trendov bolo možné zisťovať spôsobilosť výrobného procesu.

Najneskôr sa vypočítala skutočná hodnota odchýlky vo vnútri podskupín pre regulačný diagram ( $\bar{X} - R$ )  $\hat{\sigma} = 0,195$ . Ďalej sa vypočítali indexy spôsobilosti výrobného procesu . Spôsobilosť je uvedená v tabuľke 8. Tabuľka vykazuje nasledovne hodnoty spôsobilosti  $C_p = 1,709$  a  $C_{pk} = 1,891$ ;  $C_{pk} = 1,528$ .

Z požiadavky  $C_p \geq 1,33$  a  $C_{pk} \geq 1,33$  vyplýva, že výrobný proces je spôsobilý.

Z analýz spôsobilosti meradla, výrobného zariadenia a výrobného procesu vyplýva, že výrobná operácia lisovanie je štatistický zvládnutá a je v stave spôsobilom plniť požiadavky na daný znak kvality.

## 5. NÁVRH NA VYUŽITIE VÝSLEDKOV

Zavedením štatistických metód do systému riadenia kvality je jedným z hlavných požiadaviek na certifikáciu SMK.

Využívanie SMK stimuluje organizácie analyzovať požiadavky zákazníka a udržať tieto procesy pod kontrolou. SMK môže poskytnúť rámec na trvale zlepšovanie s cieľom zvýšiť spokojnosť zákazníka.

Navrhnutá metodika umožní vykonávať štatistické riadenie výroby procesu lisovania výrobku Saeule A innen oben v organizácii MATADOR Automotive Vráble a.s. Tým je možné znížiť produkciu nezhodných lisovacích výrobkov na minimálnu úroveň. Taktiež je možné týmto postupom odkryť rezervy vo výrobnom procese. V konečnom dôsledku príde k zvýšeniu kvality produkcie lisovania výrobku ako aj k zvýšeniu efektívnosti výroby. Použitie návrhovej metodiky k snaženiu organizácie MATADOR Automotive Vráble a.s o udržanie platnosti certifikátov na riadenie kvality podľa noriem STN EN ISO 9000.

Navrhnutá metodika je univerzálna, jej použitie je možné aj v iných procesoch danej organizácii a dáva predpoklady k trvalému zlepšeniu kvality produktov a spokojnosti zákazníka.

## 6. ZÁVER

Štatistické metódy sa dnes chápu ako účinný nástroj riadenia kvality. Zavedenie systému riadenia kvality stimuluje organizáciu analyzovať požiadavky zákazníka, definovať procesy, ktoré prispievajú k vytvoreniu produktu prijateľného pre zákazníka a udržať tieto procesy pod kontrolou.

Cieľom diplomovej práce bolo pre organizáciu MATADOR Automotive Vráble a.s. vypracovať metodicky postup slúžiaci k posúdeniu spôsobilosti meracích zariadení, spôsobilosti výrobného zariadenia a spôsobilosti procesu podľa noriem ISO 9000.

Analýzou spôsobilosti digitálneho posuvného meradla DIGIMATIC podľa danej metodiky potvrdilo, že indexy spôsobilosti meracieho zariadenia  $C_{gm} = 1,81$  a  $C_{gmk} = 1,37$  dosiahli požadované hodnoty pre spôsobilosť meracieho zariadenia. Meracie zariadenie je spôsobilé na meranie výrobku Saeule A innen oben.

Analýzou spôsobilosti výrobného zariadenia sme dokázali preukázať schopnosť a spôsobilosť výrobného zariadenia EDINC – 1000 , produkovať také výrobky ktoré spĺňajú dané špecifické požiadavky zákazníka. Horná a dolná medza zásahu nebola prekročená ani v jednom prípade. Normalita údajov bola overená pomocou  $\chi^2$  . Pravdepodobnosť zhody P sa rovná 48% Normalita údajov bola potvrdená mohlo sa prejsť k výpočtu spôsobilosti stroja  $C_m$  a  $C_{mk}$  vypočítané hodnoty  $C_m = 2,57$   $C_{mk} = 2,49$  splnili požiadavky. Spôsobilosť stroja bola potvrdená.

Následne sa prešlo na analýzu spôsobilosti procesu lisovania výrobku Saeule A innen oben. Odoberali sme z výrobného procesu lisovania výrobky o rozsahu  $n = 4$  v 30 minútovom intervale. Celkový počet odobratých súčiastok bol  $N=100$ . Potom sa vypočítala priemerná hodnota  $\bar{X}_i$ , a rozpätie  $R_i$  a nadväzne aj regulačné medze pre priemer a pre rozpätie. Po výpočte regulačných medzi sme zistili , že horná a dolná regulačná medza nebola prekročená ani v jednom prípade. Normalita bola overená pomocou  $\chi^2$  . Pravdepodobnosť zhody P sa rovná 25%. Normalita údajov bola potvrdená tak sme prešli na výpočet spôsobilosti procesov pomocou indexu spôsobilosti  $C_p$  a  $C_{pk}$  . Boli vypočítané ukazovatele spôsobilosti nami sledovaného procesu, index spôsobilosti procesu  $C_p = 1,709$  mm, ktorý okrem rozptylu nameraných hodnôt zohľadňuje ešte aj polohu procesu  $\bar{\bar{X}}$  a korigovaný index spôsobilosti procesu

$C_{pk} = 1,528$ , ktorý okrem rozptylu nameraných hodnôt zohľadňuje ešte aj polohu procesu  $\bar{X}$  v tolerančnom poli. Operácia lisovania výrobku Saeule A innen oben je pod kontrolou. Proces po overení spôsobilosti môžeme považovať za spôsobilý, pretože indexy spôsobilosti  $C_p$  a  $C_{pk}$  sú vyššie ako 1,33. Môžeme skonštatovať, že spôsobilosť procesu bola potvrdená .

Vypracované štatistiky metódy procesu lisovania výrobku Saeule A innen oben sa môžu využiť vo všetkých výrobných sférach organizáciu MATADOR Automotive Vráble a.s. ale aj v hociktovej inej výrobnej organizácii.



## 7. POUŽITA LITERATÚRA

- ANALÝZA SYSTÉMU MĚŘENÍ, Česká společnost pro jakost, Praha 4/199, 128s,  
ISBN 80-02-01291-7
- CHAJDIÁK,J. 1995: Štatistika a riadenie kvality. STATIS, Bratislava 1995, ISBN 80-85659-04-2
- CHAJDIÁK,J. 1998: Štatistika a riadenie kvality. STATIS, Bratislava 1998, ISBN 80-85659-12-3
- HRUBEC, J. Riadenie kvality. Nitra, VES SPU. 2001, 203s. ISBN 80 – 7137 – 849 - 6
- HRUBEC, J. Zvyšovanie kvality a spoľahlivosti výrobkov vo výrobnom procese. Nitra, SPU, 2001, 130s. ISBN 80 -7137 – 896 – 8
- HRUBEC, J., VIRČIKOVÁ, E., Integrovaný manažérsky systém. Nitra 2009, 543s., ISBN 978-80552-0231-0
- KOLEKTÍV AUTOROV : Riadenie kvality vo firme I, II. Žilina, MASM, 1995, 509s. ISBN 80-85348-27-6
- PRÍSTAVKA, M. – HRUBEC, J. – BERNÁT, R. : Matematicko-štatistické spracovanie drsnosti raziacich hrotov, In : kvalita a spoľahlivosť technických systémov. Nitra: SPU, 2007.s. 35-40. ISBN 978-80-8069-890-4
- HRUBEC, J. – BORKOWSKI, S., 2006. Efficiency of exploitation machine and capability of process quality. Monografia. Instytut organizacji i Zarzadzania w Przemysle „ORGMAZ“ Warszawa: 2006, s. 198. ISBN 83-86929-99-5
- HRUBEC, J. – ŠTURKOVÁ, K. 2007. The production facilities capability at body roller bearings sharpening. In Improvement of quality regarding processes and materials 2007. Warszawa Wydawnictwo Menedżerskie PTM, 2007, s. 41-46. ISBN 978-83-924215-3-5
- KMEŤ, S. – HEKELOVÁ, E. a. i. 1998. Komplexný manažment kvality. Žilina, 1998
- LINCZÉNYI, A. 1997. Riadenie kvality a reengineering podnikateľských procesov. In: Zborník Quality 1997, Nitra, 1997 s. 8-12
- LINCZÉNYI, A. – NOVÁKOVÁ, R. 2001. Manažerstvo kvality. Bratislava: STU MfF, 2001
- STN EN ISO 8258: 1995. Shewartové regulačné diagramy
- STN EN ISO/IEC 17021 : 2007 Posudzovanie zhody. Požiadavky na organy vykonávajúce audit a certifikáciu systémov manažerstva.

STN EN ISO/IEC 17024 : 2004 Posudzovanie zhody. Všeobecné požiadavky na orgány vykonávajúce certifikáciu osôb.

STN EN 45010: 2000. Všeobecné požiadavky na posudzovanie a akreditáciu certifikačných orgánov

STN EN 45011: 2000. Všeobecné požiadavky na orgány prevádzajúce certifikačné systémy pre výrobky.

## **PRÍLOHA**