

Technická univerzita v Liberci
Hospodářská fakulta

Studijní program: 6208 - Ekonomika a management
Studijní obor: Podniková ekonomika

Řízení jakosti ve firmě MEDTEC-VOP, s. r. o.

The quality management in company MEDTEC-VOP, s. r. o.

DP-KPE-200522

DANA KOFRÁNKOVÁ

UNIVERZITNÍ KNIHOVNA
TECHNICKÉ UNIVERZITY V LIBERCI



3146081697

Vedoucí práce: Ing. Jiří Lubina, PhD., (Katedra podnikové ekonomiky)

Konzultant: Ing. Zdeněk Krajíček, (MEDTEC-VOP, s. r. o.)

Počet stran 74
Datum odevzdání 18. 5. 2005

Počet příloh 10

TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI

Hospodářská fakulta

Katedra podnikové ekonomiky

Akademický rok: 2004/2005

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

pro **Danu Kofránkovou**

program č.	M 6208	Ekonomika a management
obor č.	6208T085	Podniková ekonomika

Vedoucí katedry Vám ve smyslu zákona č. 111 / 1998 Sb. o vysokých školách a navazujících předpisů určuje tuto diplomovou práci:

Název tématu: **Řízení jakosti ve firmě MEDTEC-VOP, s.r.o.**

Pokyny pro vypracování:

Diplomovou práci zaměřte na možnost uplatnění statistické regulace výrobního procesu u vhodného sortimentu produkce.

1. Situační analýza současného systému řízení jakosti podniku s ohledem na záměr DP.
2. Teoretická východiska zaměřená na uplatnění statistické regulace procesu.
3. Analýza hlavního výrobního procesu. Náměty pro aplikaci statistické regulace.
4. Případová studie zaměřená na uplatnění statistické regulace ve vybraném výrobním procesu.
5. Shrnutí poznatků, návrhy na opatření, doporučení postupu realizace, ekonomické hodnocení.

Prohlášení

Byla jsem seznámena s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, zejména § 60 - školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědoma povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracovala samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím diplomové práce a konzultantem.

Datum: 18. 5. 2005

Podpis:

Poděkování

Na tomto místě bych chtěla poděkovat svému vedoucímu diplomové práce panu ing. Jiřímu Lubinovi, PhD., z katedry Podnikové ekonomiky a konzultantovi ing. Jiřímu Krajičkovi ze společnosti MEDTEC-VOP, s. r. o. za ochotu a odborné vedení při zpracování mé diplomové práce a také za čas, který mi věnovali.

Resumé

Tato diplomová práce se zabývá systémem řízení jakosti ve firmě MEDTEC-VOP, s. r. o. s ohledem na možnost zavedení statistického řízení jakosti.

V úvodu jsou uvedeny všeobecné údaje vysvětlující důležitost systému řízení jakosti a záměr práce. V další kapitole je uveden profil společnosti MEDTEC-VOP, s. r. o., charakteristika výroby, analýza hlavního výrobního procesu a současný stav systému řízení jakosti ve společnosti.

Poté následuje teoretická část. V teoretické části práce je popsána definice jakosti, sedm základních nástrojů jakosti a postup zavádění metody SPC.

Na tyto teoretické poznatky navazuje praktická část. V praktické části je situační analýza podniku a je v ní navrženo zlepšení ve formě zavedení SPC. Dále je v rámci praktické části provedena případová studie, která na konkrétním výrobním procesu ukazuje průběh SPC. Na závěr této kapitoly jsou uvedeny náměty pro zdokonalení výrobního procesu.

V posledních kapitolách je provedeno shrnutí poznatků, ekonomické vyhodnocení SPC a závěr.

Summary

This diploma work deals quality management system in the company MEDTEC-VOP, s. r. o. with regard to possibility of implementation statistical quality control.

In an introductory part the general data explaining importance of quality management system and intention of diploma work are mentioned. The a following chapter is devoted to company profile, production characteristic, the main industrial process analysis and present state of quality management system in the company.

Theoretical part of diploma work describes the definition of quality, seven basic tools of quality management and explains the method of SPC implementation.

The practical part continues to these theoretical characteristic. In the practical part there is described the company situation analysis and it also contains improvement project in a form of implementation SPC. Case study shows running of SPC on particular production proces is another passage of practical part. At the conclusion of this chapter the topics for production process improvement are mentioned.

The summary of findings, economic appraisal of SPC and conclusion are included in last chapters.

Klíčová slova

7 základních nástrojů řízení jakosti,
jakost, systém řízení jakosti,
metody statistické regulace,
regulace měřením, srovnáváním,
regulační diagramy,
statistická přejímka,
statistická regulace procesu (SPC),
statistické řízení jakosti (SQC),
studie způsobilosti,
způsobilost procesu,
způsobilost stroje.

Key words

7 basic tools of quality management,
quality, quality management system,
statistical control methods,
measurement, comparison regulation,
regulation charts,
statistical inspection,
statistical process control (SPC),
statistical quality control (SQC),
ability study,
ability of the process,
machine ability.

Seznam použitých zkratk a symbolů

1. Úvod	13
2. Prezentace společnosti MEDTEC-VOP, s. r. o.	14
2.1 Historie společnosti	14
2.2 Charakteristika společnosti	15
2.3 Charakteristika výroby v podniku MEDTEC-VOP, s. r. o.	16
2.3.1 Charakter výrobního programu	16
2.3.2 Charakter výrobní technologie	17
2.3.3 Charakter typu výroby	17
2.4 Analýza hlavního výrobního procesu	18
2.5 Systém řízení jakosti ve společnosti MEDTEC-VOP, s. r. o.	20
2.5.1 Organizační struktura společnosti MEDTEC-VOP, s. r. o.	21
3. Jakost, tržní význam zabezpečení jakosti a současný stav v ČR	23
3.1 Definice jakosti	23
3.2 Tržní význam zabezpečování jakosti a současný stav v ČR	23
3.3 Sedm základních nástrojů řízení jakosti	24
4. Teoretická východiska zaměřená na uplatnění SQC	26
4.1 Statistická řízení	26
4.1.1 Statistická regulace procesu	28
4.1.2 Statistická přejímka	28
4.2 Metody statistické regulace	29
4.2.1 Regulace měřením	30
4.2.2 Regulace srovnáváním	30
4.3 Regulační diagramy	31
4.3.1 Obecný postup výběru regulačních diagramů	32
4.4 Fáze statistické regulace	34

4.5 Studie způsobilosti.....	37
4.5.1 Způsobilost procesu.....	37
4.5.2 Studie způsobilosti na stroji.....	43
5. Situační analýza podniku MEDTEC-VOP, s. r.o. s ohledem na SQC.....	44
5.1 Vytipování výrobního procesu pro zavedení SPC.....	44
5.2 Charakter výroby Kroužků.....	46
5.3 Náměty a doporučení.....	47
6. Případová studie zaměřená na uplatnění SPC.....	48
6.1 Přípravná fáze.....	48
6.2 Fáze analýzy a zabezpečení statistické stability.....	53
6.2.1 Sestrojení histogramu pro vnitřní průměr.....	53
6.2.2 Sestrojení regulačních diagramů pro vnitřní průměr.....	55
6.3 Fáze analýzy a zabezpečení způsobilosti procesu.....	59
6.3.1 Závěry plynoucí z analýzy způsobilosti procesu.....	61
6.4 Fáze vlastní statistické regulace procesu.....	62
6.5 Zdokonalování výrobního procesu.....	62
6.5.1 Diagram příčina-následek (Ishikawův diagram).....	62
6.5.2 Paretova analýza.....	64
7. Shrnutí poznatků z případové studie.....	68
7.1 Vyhodnocení statistické regulace.....	68
7.2 Vyhodnocení způsobilosti procesu.....	69
7.3 Náměty a doporučení.....	70
8. Ekonomické vyhodnocení.....	71
9. Závěr.....	73
Seznam literatury	
Seznam příloh	

Seznam použitých zkratk a symbolů

A_2 – součinitel pro výpočet CL, LCL, UCL
c – počet závad u stejných odběratelských skupin
CL – střední přímka
CMR - mezinárodní přepravní list
cons. – konstantní
 C_p , C_m , C_{pk} , C_{pm} – indexy způsobilosti
ČSN - České státní normy
 d_2 , D_3 , D_4 – součinitelé pro výpočet CL, LCL, UCL
DP – diplomová práce
EN – Evropské normy
h – šíře intervalu
ISO – Mezinárodní organizace pro normy
JCD - jednotná celní deklarace
k – počet intervalů, nebo počet podskupin
k – počet skupin
LCL – dolní regulační meze
LSL – dolní toleranční mez
Me - medián
n – rozsah podskupiny
NBÚ – Národní bezpečnostní úřad
NBÚ – Národní bezpečnostní úřad
np – počet neshodných jednotek
p - podíl neshod
R – rozpětí
 $\bar{R}$ – střední přímka
RD – regulační diagramy
 s , σ – směrodatná odchylka
SPC – statistická regulace procesu
SQC- statistické řízení kvality
SŘJ – systém řízení jakosti

T – cílová hodnota

Tab. - tabulka

TPV - technická příprava výroby

TPVO - technická příprava výroby a oprav

OŘKJ - oddělení řízení a kontroly jakosti

u – počet závad u různých odběratelských skupin

UCL – horní regulační mez

USL – horní toleranční meze

VDO - výrobně dispečerské oddělení

$\bar{\bar{x}}$ - střední přímka

$\bar{x}$ – aritmetický průměr

$x_{\max}, x_{\min}$ - maximální a minimální naměřená hodnota znaku jakosti

$\bar{\bar{x}}_j$ - výběrový průměr

μ – střední hodnota znaku jakosti

1. Úvod

Jakost výrobku je dnes pro vedení důležitější, než tomu bylo kdykoliv před tím. Aniž bychom si to uvědomovali, střetáváme se s kvalitou každý den. Ať už si koupíme nové boty či nový automobil, všude se nás kvalita dotýká. Když byla na trhu malá nabídka zboží, či služeb, mohly podniky prodat téměř cokoli a lidé tyto výrobky kupovali bez ohledu na kvalitu. Ale dnes (s ohledem na dnešní přesycení trhu) už není růst produkce hlavním cílem, jako tomu bylo dříve.

Cílem nové éry jakosti je tvořit výrobky, které se budou prodávat s ohledem na přání zákazníka tak, aby byl maximálně spokojený. Důraz se přesunul z kvantity na kvalitu. Podobně se situace vyvíjela i u kupujícího. Byla doba, že když si spotřebitel koupil vadný výrobek, byla to jeho vlastní chyba. Dnes jsou výrobky příliš složité a spotřebitel nemá vždy možnost jakost výrobku posoudit. Za jakost je odpovědný prodávající a odpovídá za to, když je výrobek vadný. Zranění osob, škody a znečištění způsobené vadnými výrobky nebývaly dříve důležité, ale dnes jsou to záležitosti rozhodující a odpovědnost za ně nese výrobce. Spotřebitelé požadují zboží a služby stále vyšší jakosti, proto nesmí výrobce „usnout na vavřínech“ a musí systém jakosti dále zlepšovat.

Protože společnost MEDTEC-VOP, s. r. o. operuje na zahraničních trzích a více než 33% obratu této společnosti je spojeno s dodávkami pro Ministerstvo obrany České republiky, nemá jinou možnost než se soustředit na výrobky nejvyšší jakosti. Proto se stalo systém řízení jakosti hlavním zájmem podniku.

Cílem této diplomové práce je, do již zavedeného systému řízení jakosti ve společnosti MEDTEC-VOP, s. r. o., implementovat statistickou regulaci výrobního procesu, navrhnout zlepšení systému řízení jakosti, ukázat uplatnění statistických metod a nástrojů řízení jakosti na konkrétním výrobním procesu a na závěr zhodnotit ekonomický dopad tohoto zavedení.

2. Prezentace společnosti MEDTEC-VOP, s. r. o.

2.1 Historie společnosti MEDTEC-VOP, s. r. o.

Podnik byl založen 1. 1. 1949 jako účelové zařízení Ministerstva národní obrany se zaměřením na spojovací techniku.

Zprvu se podnik jmenoval Opravářský závod 064 a byl založen 1. 1. 1949. V dalším období měnil podnik název na Vojenský útvar 9987 a dále pak Vojenský opravářský podnik 064. 1.7.1998 byl převeden veškerý nemovitý majetek a jiná práva a majetkové hodnoty Vojenského opravářského podniku 064 státního podniku na společnost MEDTEC – VOP, s. r. o. Hradec Králové.

Vzhledem k tomu, že podnik byl od počátku budován jako účelové zařízení plnící požadavky armády, byly od počátku jeho činnosti kladeny zvýšené požadavky na jakost produkce oproti běžným dodávkám do civilního sektoru. Tomu odpovídalo i fungování nezávislého orgánu vojenské přejímky (ZVS - zástupce vojenské správy), který svým podpisem ztvrzoval požadovanou kvalitu veškeré produkce.

Firma v době svého největšího rozmachu měla řádově 650 zaměstnanců a tomu odpovídaly i možnosti zavádění jednotlivých prvků systému jakosti i když ne v tak ucelené formě jak byly později požadovány normami ISO 9001 : 1994 později ISO 9001 : 2000 / EN ISO 9001 : 2000.

V době restrukturalizace společnosti, především po její privatizaci, došlo k silné redukci počtu zaměstnanců (především v nevýrobní sféře) a tím došlo k utlumení některých dříve zavedených postupů, které byly potom v rámci přípravného období na certifikaci společnosti v určitých modifikovaných formách obnovovány a znovu zaváděny.

2.2 Charakteristika společnosti

V současné době je ve firmě zaměstnáno 150 pracovníků různých profesí, včetně výzkumných a vývojových pracovníků. Firma disponuje zámečnickou a truhlářskou výrobou, střediskem povrchových úprav (galvanovnou a lakovnou), střediskem přesného CNC obrábění atd..

Původní výrobním program prací pro Armádu ČR, kterým byly zejména opravy a zástavby techniky pro spojovací vojsko, rozšířila firma o zástavby pro chemické vojsko a armádní zdravotnictví. Rovněž spolupracuje s vojenskými výzkumnými ústavy na vývoji nových provozoven pro tyto složky vojsk. Vedle těchto činností pro Armádu ČR, podnik MEDTEC – VOP, s. r. o. rozšířil svou výrobu a služby na civilní sféru, která má významný a stále rostoucí podíl na obrátu firmy.

Začátkem 90. let byla na základě zkušeností se zástavbami vojenských vozidel započata i výroba zástaveb vozidel na sanitní a další speciální užitkové automobily. Zejména v oblasti sanitních vozidel se firma velmi dobře etablovala na tuzemském i zahraničním trhu a v současné době produkuje ročně cca 60 sanitních vozidel všech variant (převozových, pro rychlou lékařskou nebo zdravotnickou pomoc atd.) na podvozcích Volkswagen Transporter a LT, Mercedes-Benz Sprinter, Ford Transit, aj.

V oblasti výroby sanitních vozidel je významným odběratelem i Armáda České republiky, pro kterou je firma MEDTEC-VOP, s. r. o. výhradním dodavatelem sanitních vozidel jak v terénní verzi, tak i v silniční verzi na podvozku Volkswagen Transporter.

Na základě spolupráce zejména s Vojenským technickým ústavem Brno, společnost rovněž vyvinula vozidlo radiačního a chemického průzkumu, které je nyní vyráběno opakovaně.

V oblasti civilní výroby firma získala významné zakázky v oblasti výroby přesných obrobků, jako komponentů pro automobilový průmysl a v oblasti výroby komponentů pro vzduchotechniku. Tato část výroby jde z 90% pouze na export do zemí Evropské unie. Díky tomuto výrobnímu programu se firma MEDTEC-VOP, s. r. o. stala jedním z největších exportérů v Královéhradeckém regionu.

Firma MEDTEC-VOP, s. r. o. je držitelem certifikátu jakosti ISO 9001 : 2000 / EN ISO 9001 : 2000 (viz příloha č. 1). Jako organizace je prověřena NBÚ pro styk s utajovanými skutečnostmi stupně „Důvěrné“ a rovněž management společnosti, vývoje pracovníci a vybraní pracovníci dělnických profesí mají prověření NBÚ pro styk s utajovanými skutečnostmi stupně „Důvěrné“ resp. „Vyhrazené“.

2.3 Charakteristika výroby v podniku MEDTEC-VOP, s. r. o. [6]

2.3.1 Charakter výrobního programu

Charakter výrobního programu podniku MEDTEC-VOP, s. r. o. se dělí na základní výrobu, vedlejší výrobu a přidruženou výrobu.

Základní výroba podniku je specifikována 5 hlavními procesy:

- výroba přesných obrobků,
- výroba komponentů vzduchotechniky,
- realizace speciálních zástaveb,
- povrchové ochrany,
- vývoj v oblasti zástaveb a elektronických prvků.

Do vedlejší výroby podniku patří:

- výroba nástrojů,
- výroba, instalace a opravy elektrických přístrojů a strojů,
- truhlářská výroba,
- drobné zámečnické a kovoobráběčské práce,
- sedlářství.

Do přidružené výroby patří:

- ubytovací služby,
- doprava,
- pronájem nebytových prostorů,
- hostinská činnost.

2.3.2 Charakter výrobní technologie

Ve společnosti MEDTEC-VOP, s. r. o. jsou využívány:

- **mechanické technologie,**
tedy takové technologie, které nemění vlastností materiálu, ze kterého jsou výrobky vyhotoveny. Dochází pouze ke změně vzhledu a jakosti předmětu. Jde např. o stříhání, ohýbání, děrování kovů, obrábění, sváření, nýtování apod.
- **chemické technologie,**
tedy takové technologie, které vyvolávají změnu vlastností materiálu. V podniku se využívají chemické technologie, které nanášejí na výrobek povrchovou ochranu (fosfát, zinkofosfát, elox apod.)

2.3.3 Charakter typu výroby

Základní výroba (s výjimkou obrábění kroužků) je kusová a malosériová s různou opakovatelností.

V případě výroby přesných obrobků má výroba charakter sériové výroby a realizuje se na číslicově řízených obráběcích centrech.

V případě výroby komponentů vzduchotechniky se jedná o opakovanou kusovou a malosériovou výrobu

U povrchových ochran, vývoji v oblasti zástaveb a realizaci speciálních zástaveb je opakovatelnost velmi nízká. Odtud plyne velký nárok na vývojové a technické kapacity ve vztahu k výrobě. Na druhou stranu je společnost schopna akceptovat téměř jakékoliv individuální požadavky zákazníků. Z hlediska technického vybavení je tedy nutná vysoká univerzálnost a totéž se týká i lidských zdrojů.

Vedlejší a přidružená výroba je kusová, to znamená malý počet kusů, které se opakují nepravidelně a vyrábí se výlučně na zakázku.

2.4 Analýza hlavního výrobního procesu

Hlavní výrobní proces začíná poptávkou a končí zaplacením, přičemž cílem je, aby tato cesta byla co nejkratší.

Řízení jakosti je v podniku realizováno přes Smyčku jakosti, viz podkapitola 2.5.1 Organizační struktura společnosti, str. 21. S hlavním výrobním procesem je sdílena výrobní etapa.

Dále bude analyzován výrobní proces přesných obrobků a to z toho důvodu, že není cílem DP analyzovat všech pět hlavních procesů společnosti.

Výrobní proces se dá rozdělit do tří etap: předvýrobní, výrobní a povýrobní.

Předvýrobní etapa

Předvýrobní etapa začíná marketingovými aktivitami. Jakmile se zákazník rozhodne pro zadání výroby ve společnosti MEDTEC-VOP, s. r. o., musí uplatnit objednávku, a to především faxem či e-mailem, u vedoucího odbytového oddělení, který vystaví pracovní

rozkaz a zakázkový list. Zakázkový list pak předá do výrobně dispečerského oddělení (VDO).

VDO předá jednu kopii zakázkového listu do technické přípravy výroby (TPV) k odbavení výrobní dokumentace a druhou kopii předá do výroby pro informaci o zadaném počtu kusů na pracovní rozkaz. Jakmile TPV odbaví výrobní dokumentaci a uvolní pracovní rozkaz na VDO, tak vrátí zakázkový list k archivaci.

Na základě operativního plánu, který sestavuje vedoucí odbytového oddělení, vystavuje oddělení řízení a kontroly jakosti (OŘKJ) průvodní list zakázky, který obsahuje číslo pracovního rozkazu, typ výrobku, název výrobku, počet kusů (je doplňován podle množství v přepravním obalu), datum a podpis provedené výstupní kontroly.

TPV na základě průběžného sledování stavu materiálových zásob a výroby předkládá zásobovacímu oddělení požadavky na nákup hutního materiálu (zásobovací oddělení zajišťuje nákup hutního materiálu v souladu se směrnici). Vstupní kontrolu materiálu provádí OŘKJ v souladu se směrnici.

Výrobní etapa

Je-li vyhotovena objednávka na výrobu (pracovní rozkaz), provádí se nejprve výroba 5ks vzorků s příslušnou dokumentací. Těchto pět vzorků se i s příslušnou dokumentací odešle zákazníkovi. Odsouhlasí-li zákazník těchto pět vzorků, začne výroba 100ks předsérie. Na těchto sto kusů výrobků je uplatňována stoprocentní kontrola hlavních parametrů obsluhou stroje podle výkresové dokumentace a technologického postupu.

Jakmile je předsérie hotova, dá se do přepravního obalu, ze kterého se náhodným výběrem odebere 5 ks výrobků, které jsou dále podrobeny měření pracovníkem oddělení řízení a kontroly jakosti. Pracovník OŘKJ těchto pět kusů odnese do klimatizované místnosti, kde zůstávají 24 hodin. Po uplynutí 24 hodin se změří všechny parametry (vnitřní průměr, vnější průměr, délka, výška, validita, drsnost apod.).

Výsledek této kontroly je zaznamenán do měřicího protokolu, který je ve zvláštním obalu s vybranými kusy přiložen v každém přepravním obalu. Kopie měřicích protokolů jsou ukládány na oddělení řízení a kontroly jakosti.

Obsluha stroje vede tzv. Sběrnou kartu vad (viz příloha č.3.), kde jsou vedeny neshodné výrobky z každé směny se specifikací vad, které se vyhodnocují v měsíčních cyklech.

Je-li těchto sto kusů předsérie zákazníkem odsouhlaseno, začne se vyrábět sériově. Postup výroby viz kapitola č. 5, podkapitola 5.2 Charakter výroby Kroužků, str. 46.

Povýrobní etapa

Jsou-li výrobky vyrobeny a zkontrolovány, zabalí se do přepravních beden a zašlou se i s příslušnými protokoly zákazníkovi. Oddělení odbytu zajistí vydání dokladů požadovaných zákazníkem (dodací list, faktura, CMR, JCD).

Zpětnou vazbu od zákazníka společnost zajišťuje dotazníkem.

2.5 Systém řízení jakosti ve společnosti MEDTEC-VOP, s. r. o.

Společnost MEDTEC-VOP, s. r. o. zavedla a používá systém managementu jakosti v oboru Návrh, vývoj, výroba, instalace a servis elektronických a elektrotechnických zařízení. Dále v oboru zástavby speciálních vozidel, povrchových ochran a v oboru strojírenské výroby.

Společnost MEDTEC-VOP, s. r. o. je certifikována již od r. 2001. Zprvu byla společnost certifikována podle ISO 9001 : 1994, později musela přejít na novou normu ISO 9001 : 2000. (viz příloha č. 1)

Systém řízení jakosti ve společnosti MEDTEC-VOP, s. r. o. je navržen tak, aby uspokojoval potřeby a očekávání zákazníků a zároveň sloužil k ochraně zájmů podniku.

System řízení jakosti v podniku zahrnuje organizační strukturu, odpovědnosti a postupy pro uskutečňování řízení jakosti.

2.5.1 Organizační struktura společnosti MEDTEC-VOP, s. r. o.

Organizační struktura společnosti MEDTEC-VOP, s. r. o. s ohledem na systém řízení jakosti je v příloze č. 2. Za systém jakosti ve firmě vrcholově odpovídá představitel vedení pro jakost. Odpovídá za celkovou koncepci systému jakosti, za soulad systému jakosti s požadavky ČSN EN ISO 9001 : 2000 a za průběžné zlepšování systému jakosti.

Odpovědnosti a pravomoci v systému jakosti jsou uvedeny v jednotlivých kapitolách Příručky jakosti, v Organizačním řádu a v dalších dokumentech systému řízení jakosti.

System řízení jakosti se v podniku MEDTEC-VOP, s. r. o. vztahuje a působí na všechny činnosti spojené s jakostí výrobku. Zahrnuje všechny fáze od počáteční identifikace až po konečné uspokojení požadavků a očekávání zákazníka. Tyto fáze a činnosti zahrnují marketing a průzkum trhu, navrhování výrobku, zásobování, plánování, výrobu, kontrolu, zkoušení a zkoumání, dále balení, skladování, prodej, distribuci, uvádění výrobku do provozu, údržbu a likvidaci výrobku po použití (viz Obr. č. 1 - Smyčka jakosti).

Z níže uvedené Smyčky jakosti je patrné, že systém řízení jakosti v podniku MEDTEC-VOP, s. r. o. zahrnuje všechny fáze od plánování a přípravy výroby, až po likvidaci výrobku, který již splnil svou funkci.

Obr. č. 1 - Smyčka jakosti



Zdroj: ČSN ISO 9004

3. Jakost, tržní význam zabezpečování jakosti a současný stav v ČR

3.1 Definice jakosti

Existuje mnoho definic jakosti, proto bylo pro praktický život a řízení nutné vypracovat jednu definici, která je nejen univerzální, ale i mimořádně závazná. Uvádí ji norma ČSN ISO 8402, která jakost definuje jako celkový souhrn znaků entit, které ovlivňují schopnost uspokojovat stanovené a předpokládané potřeby.¹

Pojem entita je definován jako všechno to, co je možné individuálně popsat a vzít v úvahu, např. výrobek, proces, organizaci, systém atd. [3]

3.2 Tržní význam zabezpečování jakosti a současný stav v ČR

V posledních dvou desetiletích stoupl význam jakosti ve světovém měřítku tak dramaticky, že se hovoří o „revoluci jakosti“.²

V současné době se firma, která chce prodávat své výrobky na zahraničních trzích či se ucházet o státní zakázky, bez certifikace neobejde. Nelze konkurovat pouze cenou, ale i kvalitou, neboť zákazníci nehledí pouze na cenu. Chce-li podnik uspět v konkurenčním boji, musí mít na zřeteli čas, kvalitu a cenu.

Díky vstupu České republiky do Evropské unie, muselo bez výhrad mnoho firem podřídit svou výrobu stále se zpřisňujícímu zabezpečování jakosti. Není přehnané tvrzení, že úspěchu našich výrobních podniků závisí na úrovni podnikových systémů jakosti.

¹ [12] ČSN ISO 8402

² [2] Nenadál J., aj. *Moderní systémy řízení jakosti*. 2. vyd., Praha: Management Press, 2002. ISBN 80-7261-071-6. Str. 13

3.3 Sedm základních nástrojů řízení jakosti

Těchto sedm základních nástrojů managementu jakosti, které byly rozvinuty v Japonsku zejména K. Ishikawou a W. E. Demingem, se řadí k jednoduchým statistickým metodám, ale jejich účinnost je velmi vysoká a lze pomocí nich odhalovat a analyzovat velkou část problémů s jakostí. Jsou to postupové diagramy, kontrolní tabulky, histogramy, diagram příčin a následků, Paretova analýza, bodové diagramy a regulační diagramy.

Postupové diagramy:

Tyto diagramy jsou základními nástroji zdokonalování procesu, neboť pomáhají odhalit a pochopit, jak proces funguje. Pomocí nich lze snadněji identifikovat zlepšení, zdokonalit úroveň komunikace mezi útvary a pracovními skupinami v organizaci.

Kontrolní tabulky:

Slouží k ručnímu sběru prvotních dat o procesu spolehlivým a organizovaným způsobem. Používají se při vstupní, výstupní kontrole jakosti, při analýzách strojů, zařízení, technologických procesů a k analýze neshodných výrobků. Kontrolní tabulky jsou základem pro konstrukci histogramu a Paretovy analýzy, protože podávají informace o četnosti výskytu vad a o jejich koncentraci.

Histogramy:

Představují grafické znázornění intervalového rozdělení četností sledovaného znaku jakosti. Jsou to sloupcové grafy, které podávají rychlou informaci o tvaru rozdělení statistického souboru, o jeho statistických charakteristikách a způsobilosti. Aplikují se při průběžné kontrole ve výrobním procesu, při studiu způsobilosti procesu, při analýze přesnosti apod. Z histogramu lze vyčíst odhad polohy a rozptýlenosti hodnot sledovaného znaku jakosti a identifikovat změnu procesu. Postup sestavení histogramu viz kapitola 6, podkapitola 6.2.1 Sestavení histogramu pro vnitřní průměr, str. 53.

Diagram příčin a následků (Ishikawův diagram)

Tímto jednoduchým nástrojem se shromažďují informace o procesech, výsledcích a výkonnosti procesu za účelem jeho zdokonalování. Je určen pro týmovou práci a lze jej uplatnit při řešení všech problémů. Základní osou pro práci s diagramem je vztah příčina-následek, přičemž je znám následek a cílem je odhalení jeho příčin. Uspořádání diagramu navíc vede k systematickému roztřídění příčin do skupin podle druhu a podle úrovně rozlišení. (sestrojení diagramu viz kapitola 6, podkapitola 6.5.1 Diagram příčina-následek, str. 62)

Paretova analýza (Paretův diagram)

Paretova analýza je v oblasti řízení jakosti jedním z nejefektivnějších, běžně dostupných a snadno aplikovatelných rozhodovacích nástrojů. Umožňuje oddělit podstatné faktory od méně podstatných a ukázat, kam zaměřit úsilí při odstraňování nedostatků v procesu zabezpečování jakosti. (Paretova analýza podrobněji viz kapitola 6, podkapitola 6.5.2 Paretova analýza, str. 64)

Bodový diagram

Regulovat proces podle zvoleného znaku jakosti je v některých případech obtížné, z časového nebo ekonomického hlediska neefektivní či téměř nerealizovatelné. Proto se musí sledovat jiný znak jakosti, který s původně požadovaným znakem jakosti koreluje. Pak je třeba najít vhodnou regresní funkci a pomocí ní a hodnot znaků jakosti stanovit hodnoty požadovaného znaku jakosti.

Regulační diagram

Regulační diagramy jsou hlavním nástrojem statistické regulace procesu. Jejich úkolem je bezprostřední a průběžná kontrola procesu založená na matematicko-statistickém vyhodnocení kvality výrobků. Regulační diagramy viz kapitola 4, podkapitola 4.3 Regulační diagramy, str. 31. Sestrojení a praktické využití viz kapitola 6, podkapitola 6.2.2 Sestrojení regulačních diagramů pro vnitřní průměr, str. 55.

[3,4]

4. Teoretická východiska zaměřená na uplatnění SQC

4.1 Statistické řízení

Statistické řízení je společný výraz pro metody, které využívají statistická data pro kontrolu, resp. regulaci jakosti výrobků a jejichž cílem je eliminovat jednu z hlavních vlastností výrobního procesu a tou je variabilita.

K variabilitě procesu dochází proto, že na něj a na jeho výstupy působí vlivy náhodné a vymezitelné, což způsobuje, že nelze vyrobit dva výrobky s naprosto stejnými vlastnostmi. [3]

Náhodné příčiny variability procesu jsou například náhlá, krátkodobá změna v teplotě, vlhkosti, chvění stroje, apod. Zjištění příčiny těchto odchylek je často komplikované, protože se jedná o spolupůsobení mnoha faktorů, které nelze předem identifikovat. [1]

Vymezitelné (systematické) odchylky představují vliv zdrojů variability, které za běžných podmínek na proces nepůsobí.³ Jsou příčinou vysokých nákladů souvisejících s jakostí, a proto je nutno je rychle identifikovat a eliminovat (jde např. o chybně seřízený stroj, opotřebované nástroje, vadný materiál atd.). Zjištění příčiny těchto odchylek je jednodušší, protože se jedná o několik málo faktorů, kde má každý faktor velký vliv na výsledek a jejich odstranění je ekonomické. [1]

Chce-li podnik realizovat neustálé zlepšování procesu, pak je nutné permanentně monitorovat chování procesu s cílem dosáhnout a udržovat statisticky zvládnutý stav cestou zjišťování a odstraňování působení vymezitelných příčin. Pak jsou chování procesu a jakost jeho výstupů předvídatelné a je možné objektivně hodnotit schopnost plnit

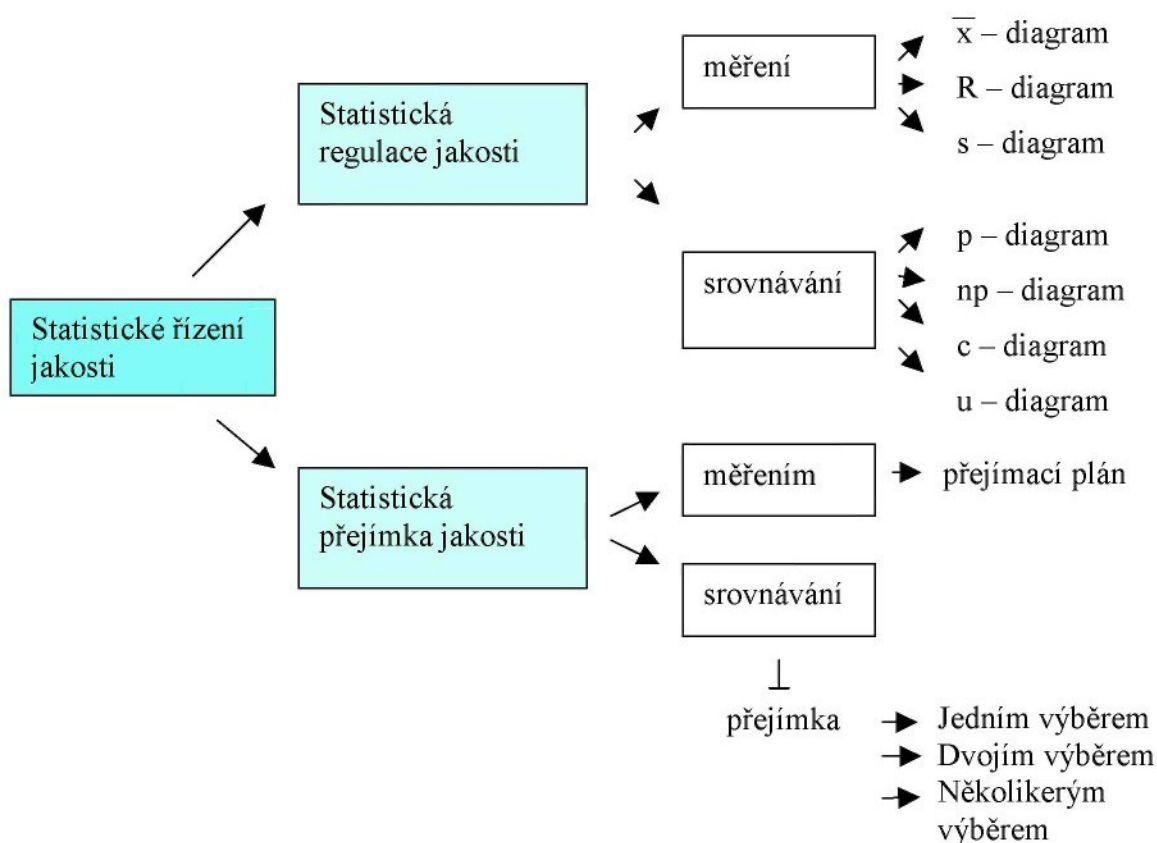
³ [3] Tošenovský, J. a Noskovičová, D. *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. 1. vyd. Ostrava: Montanex a. s., 2000. ISBN 80-7225-040-X. Str. 166

očekávání zákazníka a snižovat přirozenou variabilitu procesu vyvolanou působením náhodných příčin, tj. proces zlepšovat.⁴

Podle záměru lze statistické řízení rozdělit do dvou skupin: [1]

- statistická regulace procesu
- statistická přejímka (viz Obr. č. 2)

Obr. č. 2 - Schéma statistického řízení jakosti



Zdroj: Václavek, J.: *Statistická regulace výrobních procesů*. 1. vydání, České Budějovice: Bartoň QSV, 1996. ISBN 80-902236-0-5

⁴ [3] Tošenovský, J. a Noskiewiczová, D. *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. 1. vyd. Ostrava: Montanex a. s., 2000. ISBN 80-7225-040-X. Str. 166

4.1.1 Statistická regulace procesu

Statistická regulace procesu je preventivní nástroj řízení jakosti, kdy na základě včasného odhalování významných odchylek v procesu od předem dané úrovně, umožňuje provádět zásahy do procesu s cílem udržovat jej dlouhodobě na stabilní a přípustné úrovni, a to tak, aby byla zajištěna shoda znaků jakosti produktu s požadavky stanovenými zákazníkem. [11]

Dosahování a udržování procesu na požadované a stabilní úrovni jakosti je podmíněno analýzou chování procesu, při níž je nutné odhalit, jak proces funguje, jaké jsou jeho nedostatky a jejich příčiny, zda se opakují a na co mají vliv v procesu. [4]

Cílem statistické regulace je tedy zmenšit variabilitu, aby neklesala kvalita, nedocházelo ke ztrátám a sledovat, jestli kvalita netrenduje.

Statistická regulace procesu se tedy může definovat jako bezprostřední a průběžná kontrola procesu, která je založena na matematicko-statistickém vyhodnocení jakosti produktů.⁵

4.1.2 Statistická přejímka

Statistická přejímka představuje postupy zaměřené na výslednou přejímací kontrolu produktů, s cílem odhadnout stav jakosti dodávek a zabránit nežádoucímu průniku produktů s neodpovídající úrovní jakosti do dalších fází výrobního procesu. [13]

Umožňuje při dodržení předepsaných pravidel objektivně rozhodnout, jestli daná dodávka předložená ke kontrole vyhovuje předem dohodnutým požadavkům na jakost.

⁵ [4] Noskiewiczová, D. *Statistické metody v řízení jakosti*. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 1996. iSBN 80-7078-318-4. Str. 28

Výhodou tedy je, že tyto postupy pracují s předem známou účinností při nejehospodárnějším rozsahu kontroly.

Statistická přejímka se používá při vstupní, mezioperační i výstupní kontrole, jestliže:

- 100% kontrola je příliš nákladná,
- 100% kontrolu nelze realizovat (destruktivní zkoušky),
- náklady spojené s přijetím neshodného produktu nejsou velké. [3]

Statistické přejímky se dělí:

- a) podle charakteru znaku jakosti, na statistickou přejímku srovnáváním (znak jakosti má charakter diskrétní náhodné veličiny) a měřením (znak jakosti je spojitě náhodná veličina);
- b) podle počtu výběrů, na základě nichž se rozhoduje o přijetí či nepřijetí dodávky. Tedy na přejímku jedním výběrem, dvojím výběrem a několikerým výběrem. [3]

Aplikace statistické přejímky srovnáváním, v porovnání s přejímkou měřením, v praxi z důvodu větší jednoduchosti převládají, i když přejímka měřením je ekonomičtější, neboť při stejných zárukách pro dodavatele a odběratele vyžaduje několikrát menší rozsahy výběrů.⁶ Na druhou stranu je potřeba zvážit náklady na provádění měření, které bývají náročnější než u provedení srovnáváním. [3]

4.2 Metody statistické regulace

Metody regulace se dělí podle způsobu a podle prostředků, jimiž se provádí kontrola sledovaného znaku. Sledovanými znaky mohou být: rozměr, pevnost, tvrdost apod., tedy vše, co je z pohledu zákazníka důležité. [1]

⁶ [3] Tošenovský, J. a Noskovičová, D. *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. 1. vyd. Ostrava: Montanex, a. s. 2000. ISBN 80-7225-040-X. Str.336

Tyto metody regulace jsou:

- regulace měřením,
- regulace srovnáváním. [1]

4.2.1 Regulace měřením

Tento způsob regulace se používá v případě, že znak jakosti, pomocí kterého se proces reguluje, je spojitou kvantitativní veličinou (rozměr, váha, výška, průměr, apod.). [1]

Metoda regulace měřením se uplatňuje přes diagramy a ty se pak kombinují. Při regulaci měřením, je typické používání dvou regulačních diagramů. V jednom diagramu se vyhodnocují výběrové charakteristiky popisující polohu procesu, pomocí druhého diagramu se pak analyzuje variabilita procesu. Nejčastěji se v praxi používají diagramy $(\bar{x}, R)$ a $(\bar{x}, s)$. [4]

4.2.2 Regulace srovnáváním

Tento způsob regulace se používá v případě, že znak jakosti je kvalitativním, nelze tedy změřit. Výrobek může nabýt jen jedné ze dvou hodnot a to buď výrobek shodný, nebo neshodný, přičemž počet neshodných výrobků je rozhodující pro přijetí dodávky, resp. jejího zamítnutí.⁷

Na rozdíl od regulace měřením se při této metodě pracuje pouze s jedním regulačním diagramem.

Při volbě metody je nutno vycházet z požadavků na přesnost, přesnost a účinnost mezioperační kontroly uvažovaného znaku jakosti. [3]

⁷ [1] Václavek J. *Statistická regulace výrobních procesů*. 1. vyd. České Budějovice: Bartoň QSV, 1996. ISBN 80-902236-0-5. Str. 18

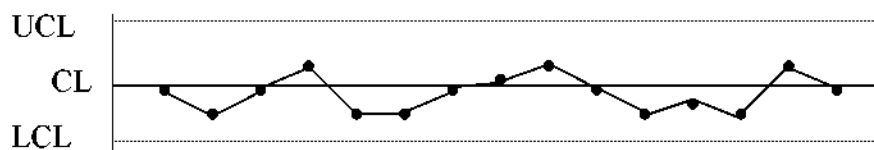
4.3 Regulační diagramy

Regulační diagramy jsou základním nástrojem SPC, jejichž funkcí je poskytnout zobrazení vývoje variability procesu v čase. [3]

V regulačních diagramech je důležité určit tři základní linie, které ukazují, jestli je proces statisticky zvládnutý a jeho variabilita je tak omezena na minimum. Tyto tři základní linie jsou UCL, LCL a CL. Přičemž přímka CL znázorňuje tzv. požadovanou hodnotu znázorněného a sledovaného znaku jakosti. UCL znázorňuje horní regulační mez znaku jakosti a LCL představuje dolní regulační mez. Výpočet LCL, UCL a CL se liší podle výroby a jejich vzorečky jsou uvedeny v příloze č. 4. [3]

Pásmo mezi UCL a LCL vymezuje prostor, ve kterém na proces působí jen náhodné veličiny. To znamená, že pokud se hodnoty znaku jakosti pohybují v těchto mezích, je proces zvládnutý a tím jsou z něj úspěšně odstraněny vlivy vymezitelné.

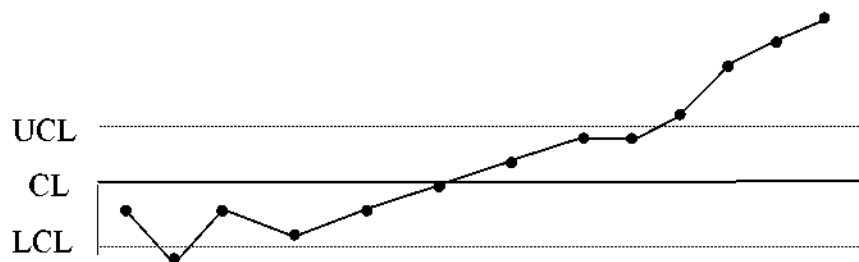
Obr. č. 3 - Statisticky regulovaný proces pouze s náhodnými odchylkami



Zdroj: Václavek, J. *Statistická regulace výrobních procesů*. 1. vyd. České Budějovice: Bartoň QSV, 1996. ISBN 80-902236-0-5.

Leží-li některý bod mimo regulační meze, či vykazuje-li proces nějaký trend (viz příloha č. 10), pak je pokládán za statisticky nezvládnutý a je vyžadována identifikace a odstranění vymezitelné příčiny této odchylky.

Obr. č. 4 - Výrobní proces s trendem (vyskytují se jak náhodné tak systematické odchylky)

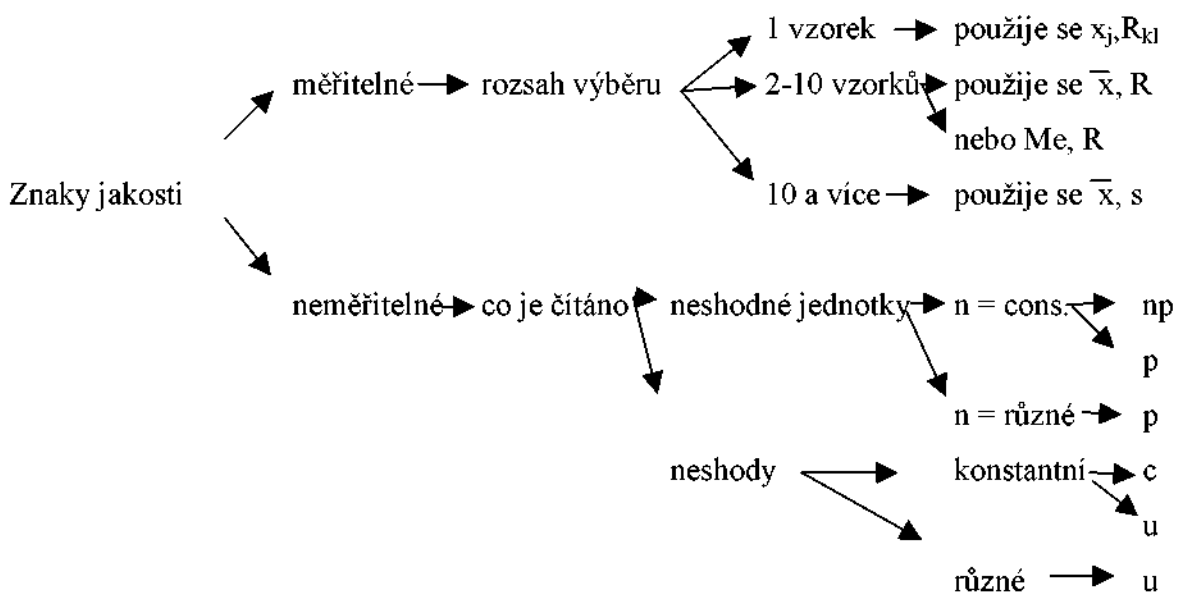


Zdroj: Václavek, J. *Statistická regulace výrobních procesů*. 1. vyd. České Budějovice: Bartoň QSV, 1996. ISBN 80-902236-0-5.

4.3.1 Obecný postup výběru regulačních diagramů

V závislosti na charakteru sledovaného znaku jakosti se rozlišují dva základní druhy regulačních diagramů a to regulační diagram pro regulaci měřením a regulační diagram pro regulaci srovnáváním. (viz Obr. č. 5) [3]

Obr. č. 5 - Schéma postupu při výběru vhodného diagramu



Kde n = rozsah výběru

Zdroj: Tošenovský, J. a Noskovičová, D. *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. 1.vyd. Ostrava: Montanex a.s., 2000. ISBN 80-7225-040-X

U statistické regulace měřením se používá dvojice diagramů. V jednom diagramu se vyhodnocuje průběh zvolené míry střední polohy sledovaného znaku a ve druhém zvolené míry variability. [3]

Dvojice x_j a R_{kl}

Dvojice regulačních diagramů pro individuální hodnoty (x_j) a klouzavé rozpětí (R_{kl}) se používají v situacích, kdy ekonomické nebo technické podmínky neumožňují realizovat výběry většího rozsahu než $n = 1$.

Dvojice $\bar{x}$ a R

Dvojice regulačních diagramů pro výběrový průměr ($\bar{x}$) a výběrové rozpětí (R) se v praxi používají nejčastěji. Hodí se pro situace, kdy se pracuje s menšími rozsahy výběrů (2-10 jednotek). To je dáno faktem, že výběrové rozpětí pro výběry o rozsahu $n > 10$ není dostatečně přesným odhadem variability (směrodatné odchylky) procesu.⁸ (podrobněji viz kapitola 6, podkapitola 6.1 Přípravná fáze, str. 48)

Dvojice Me, R

Dvojice diagramů Me, R je alternativou ke dvojici regulačních diagramů ($\bar{x}$, R) pro malé rozsahy výběrů ($n \leq 10$) v případě ručního vedení diagramu. [3]

RD $\bar{x}$, s

⁸ [3] Tošenovský, J. a Noskovičová, D. *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. 1. vyd. Ostrava: Montanex a. s., 2000. ISBN 80-7225-040-X. Str. 181.

Dvojici diagramů $\bar{x}$, s lze použít v případech, kdy se realizují výběry většího rozsahu ($n > 10$). V praxi se však i při malých výběrech stále dává přednost dvojici diagramů $(\bar{x}, R)$ a to z důvodu jednoduššího výpočtu R . [1]

RD pro neměřitelné znaky jakosti a neshodné jednotky

Pracuje-li se s počty neshodných jednotek ve výběru, pak se volí mezi diagramem pro počet neshodných jednotek (np) a regulačním diagramem pro podíl neshodných jednotek (p). Volba závisí na tom, zda rozsah výběru je konstantní nebo ne. V případě, že rozsah výběru nemůže být konstantní, je nutné použít regulační diagram (p). Pro konstantní rozsah výběru je možné použít oba diagramy. Rozsahy výběru musí být dostatečně velké a to více, jak 50 jednotek. [3]

RD pro počet neshod

Regulační diagram pro počet neshod (c) se používá v případech kdy se sleduje:

- a) počet neshod ve výběru o konstantním rozsahu $n > 1$,
- b) počet neshod na jednom objektu ($n = 1$) za předpokladu, že všechny kontrolované objekty jsou stejné.⁹

Regulační diagram pro počet neshod na jednotku (u), je odvozen od diagramu (c) a používá se v situacích kdy:

- a) rozsah výběru n je konstantní, ale je zájem sledovat průměrný počet neshod na jeden produkt,
- b) nelze zajistit konstantní rozsah výběru n ,
- c) kontrolují se jednotlivé objekty nestejné velikosti.

[3]

⁹ [3] Tošenovský, J. a Noskovičová, D. *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. 1. vyd. Ostrava: Montanex a. s., 2000. ISBN 80-7225-040-X. Str. 195.

4.4 Fáze statistické regulace

Statistická regulace probíhá v několika krocích, které je nutné pro správné zvládnutí dodržovat a můžeme ji rozdělit do těchto fází:

a) Přípravná fáze

Přípravná fáze je důležitá část, protože včasná kontrola pomůže odhalit nesoulad s plány výroby a tím minimalizovat náklady na opravy.

Před vlastním prováděním analýzy procesu a regulací, je nutné:

- stanovit cíle regulace,
- stanovit kontrolní místa v procesu,
- zvolit vhodnou měřicí metodu,
- určit způsob provedení výběru (vytvoření podskupiny), rozsah podskupiny,
- zvolit volbu vhodného regulačního diagramu,
- zvolit znak jakosti, který bude regulován, jeho počet,
- připravit sběr a záznam dat.

b) Fáze analýzy a zabezpečení statistické stability

Tato fáze by měla zaručit, že variabilita procesu bude způsobena pouze náhodnými vlivy. Cílem v této fázi je identifikovat, odstranit zvláštní příčiny a vytvořit podmínky, aby se již nemohly opakovat. Pro tuto fázi statistické regulace se používá dvojice diagramů (např. $\bar{x}$, R).

Postup zavedení této fáze:

- sestroji se regulační diagramy,
- provede se jejich analýza a zjistí se, zda nějaké body neleží mimo regulační meze diagramu, nebo nemá-li proces nějaký trend apod. (viz příloha č. 10). Pokud ano, musí se identifikovat příčina a přijmout taková opatření, které povedou k jejich odstranění,

- vyloučí se výběry, které překročily regulační meze a znovu se přepočítají regulační meze. To se opakuje tak dlouho, dokud se všechny body nevejdou do stanovených regulačních mezí. Tím jsou vyloučeny systematické vlivy.

Regulační meze se musí přepočítat rovněž v případech, kdy:

- proces nebyl po určitou dobu statisticky regulovaný,
- rozptýlení a poloha procesu se již natolik zlepšily, že není potřeba původní široká oblast nejistoty a proto se mohou regulační meze zredukovat,
- se prostě proces nelíbí. V tomto případě se provede nový výpočet regulačních mezí a výsledky se porovnají s původními hodnotami. Pokud je rozdíl větší než 10% použijí se přepočtené meze.

Cílem není vyloučit nepohodlné hodnoty, které se nevešly do regulačních mezí, ale pouze stanovit takové regulační meze, které nejlépe ukazují pásmo, kde působí jen vlivy náhodné.¹⁰

c) Fáze analýzy a zabezpečení způsobilosti procesu

Součástí zdokonalování procesu pomocí statistické regulace je tzv. analýza způsobilosti procesu. V této fázi se zkoumá, zda proces který je po předchozím kroku statisticky zvládnut, je schopen dosahovat požadavků zákazníka (např. ve formě technických předpisů, tolerančních mezí, apod.). To znamená, že nemá smysl regulovat např. proces, jehož výsledky nesplňují předepsané tolerance a je nutno přijmout opatření. Analýza způsobilosti procesu má vypovídací schopnost za podmínek, že je proces statisticky zvládnut a probíhá pomocí indexů způsobilosti, kterým bude věnována následná kapitola.

d) Fáze vlastní statistické regulace

V této fázi je proces udržován ve stavu trvale statisticky a technicky stabilním. Pomocí regulačního diagramu lze podchycovat poruchy ve stabilitě procesu a odstraňovat je. Po

¹⁰ [2] Nenadál J., aj. *Moderní systémy řízení jakosti*, 2. vyd. Praha: Management Press, 2002. ISBN 807261-071-6. Str.239

všech předchozích krocích statistické regulace se všechny zjištěné výsledky shromáždí a komplexně se vyhodnotí. Na základě těchto výsledků se pak přijímají nápravná opatření.

[3,4,11]

4.5 Studie způsobilosti

Jestliže podnik provede statistickou regulaci procesu, pak je také důležité zjistit, jestli proces vyrábí ve stanovených tolerančních mezích. Této **schopnosti procesu, stroje, vyrábět výrobky v tolerančním poli, se nazývá způsobilost**. Bez studie způsobilosti nelze proces dostatečně regulovat, jelikož regulační diagram pouze udává, zda je proces statisticky zvládnutý nebo ne. [3]

Studie způsobilosti se provádí dvojím způsobem:

1. na procesu,
2. na stroji.

4.5.1 Způsobilost procesu

Studie způsobilosti procesu podává informaci o schopnosti procesu dodržovat toleranční meze v delší časové perspektivě za spolupůsobení různých faktorů (6M). Studie se používá pro dlouhodobé výrobní série a kombinuje se s regulačním diagramem. [1]

Schopnost procesu vyrábět jednotky, které leží mezi tolerancemi $USL - LSL$, lze vyjádřit pomocí **koefficientu C_p** :

$$C_p = (USL - LSL) : 6\sigma \quad (1)$$

$$\sigma = R / d_2 \quad (2)$$

d_2 je součinitel pro střední přímkou, viz příloha č. 4

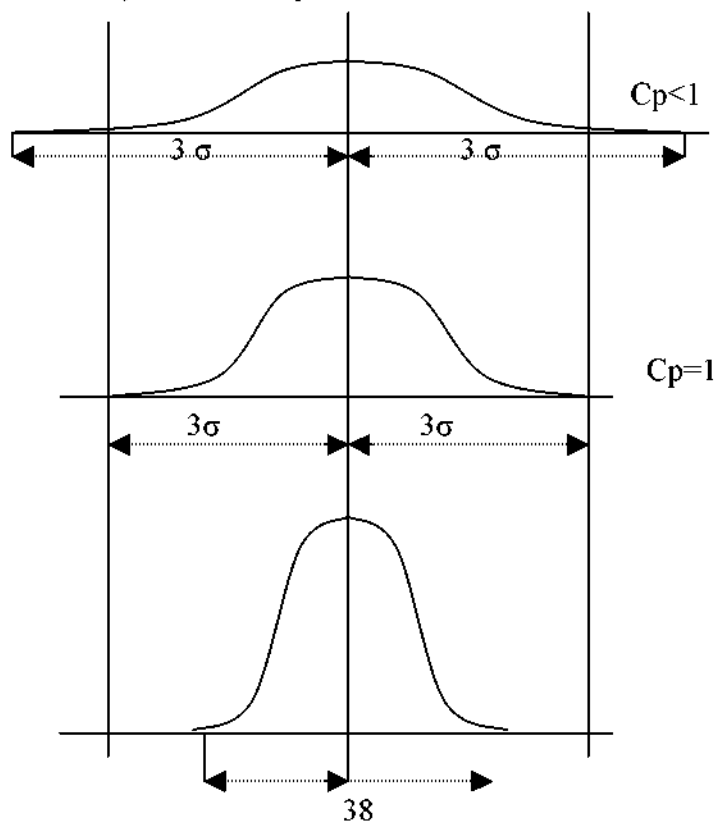
[1]

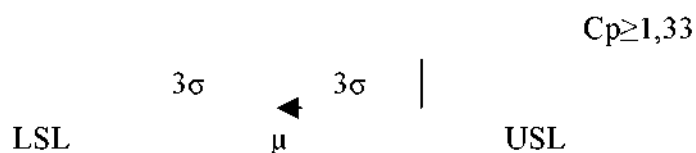
Koeficient C_p může nabývat těchto hodnot (viz Obr. č. 6):

- **$C_p < 1$...** v tomto případě se jedná o nezpůsobilý proces a je nutno provést změny, které povedou ke zmenšení variability.
- **$C_p = 1$...** proces je také nezpůsobilý, ale technické specifikace se zdají být příliš tvrdé. Pravděpodobnost neshody roste s každou i malou změnou v procesu a činí 0,27%, pokud je střední hodnota znaku totožná s cílovou hodnotou.
- **$C_p > 1$...** hodnota n je příznivější, protože existuje rezerva mezi požadovaným a skutečným kolísáním procesu. Vyžaduje se rezerva v rozsahu 2σ , což vede k poměru mezi žádoucím a skutečným kolísáním 8σ ku 6σ a podíl je 1,33. To je hranice, od které je proces považován za způsobilý.
- **$1 < C_p < 1,33$...** výsledek ukazuje na podmíněně způsobilý proces.
- **$C_p \geq 1,33$...** jedná se o zcela způsobilý proces. Očekávaný podíl výstupů, které budou mimo toleranční pole, bude 64 z milionu.

[3]

Obr. č. 6 - Znázornění různých hodnot C_p



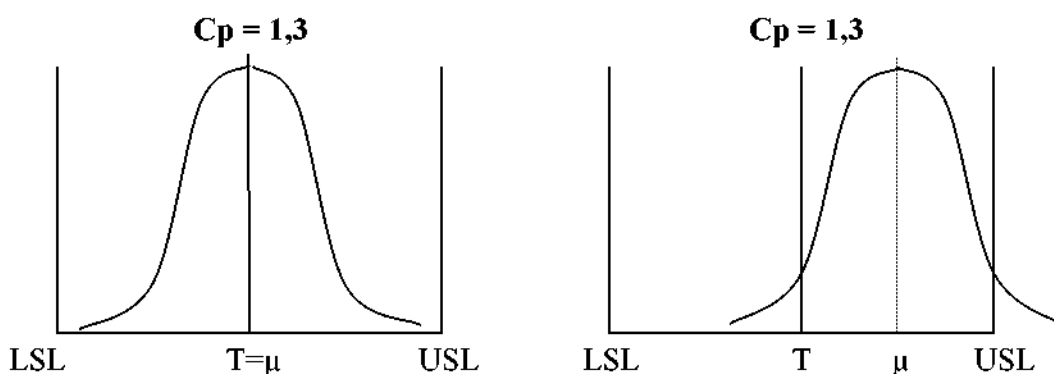


Zdroj: Tošenovský, J. a Noskiewiřová, D. *Statistické metody pro zlepřování jakosti*. 1.vyd., Ostrava: Montanex a.s., 2000. ISBN 80-7225-040-X

Ukazatel způsobilosti procesu řiká, zda proces může pracovat v tolerancích avřak neřiká, zda tam skutečně pracoval, neřikají nic o poloze, proto jeho výpočet nestačí pro posouzení schopnosti procesu vyrábět v tolerancích. Viz Obr. ř. 7, který znázorňuje dvě situace se stejným C_p a přesto s různými výsledky. Proto se používají další indexy způsobilosti, které tuto nevýhodu odstraňují.

[3]

Obr. ř. 7 - Dvě situace se stejným C_p



Zdroj: Vlastní zpracování

Index C_{pk}

Index způsobilosti C_{pk} na rozdíl od indexu C_p zohledňuje jak variabilitu, tak umístění hodnot sledovaného znaku jakosti v tolerančním poli, čímž odstraňuje hlavní nevýhodu indexu C_p . Index C_{pk} tedy charakterizuje reálnou způsobilost procesu dodržovat u sledovaného znaku jakosti předepsané toleranční meze.

Hodnotu indexu C_{pk} lze počítat jak v případě specifikace oboustranných, tak jednostranných tolerančních mezí. K příslušným výpočtům se využívají vztahy:

1. při předepsané dolní toleranční mezi:

$$C_{pk} = C_{pL} = (\mu - LSL) / 3 \sigma \quad (3)$$

2. při předepsané horní toleranční mezi:

$$C_{pk} = C_{pU} = (USL - \mu) / 3 \sigma \quad (4)$$

při předepsané dolní i horní toleranční mezi:

$$C_{pk} = \min\{C_{pL}; C_{pU}\} \quad (5)$$

Kde μ je střední hodnota sledovaného znaku jakosti

Index C_{pk} má jednu nevýhodu. Při použití pro posuzování zlepšení procesu, může změna jeho hodnoty souviset jak se změnou variability procesu, tak se změnou polohy. V těchto případech je vhodné současně uvádět i hodnotu indexu C_p .

Indexy C_p a C_{pk} přinášejí o procesu různé informace. První z nich informuje o schopnosti procesu pracovat s určitou přesností, udává potenciální způsobilost. Naproti tomu index C_{pk} vypovídá o okamžité způsobilosti, o tom, co může proces produkovat při aktuálním seřízení. Porovnájí-li se oba indexy a výsledky jsou stejné, proces je správně vycentrován a hodnota C_{pk} je maximálně rovna indexu C_p . Jestliže nebylo dosaženo stejných výsledků, je skutečný střed procesu posunut a je nutné snažit se jej vycentrovat na cílovou hodnotu T .

[3,1,15]

Index způsobilosti C_{pm} (Taguchiho index způsobilosti)

V případě použití indexu C_{pm} , se variabilita sledovaného znaku jakosti necharakterizuje rozptylem kolem střední hodnoty, ale rozptylem kolem optimální hodnoty.¹¹

¹¹ [2] Nenadál, J., aj. *Moderní systémy řízení jakost.*, 2. vyd. Praha: Management Press, 2002.
ISBN 80-7261-071-6. Str. 249

Tento index tedy zohledňuje variabilitu hodnot sledovaného znaku jakosti a míru dosažení optimální hodnoty. Podmínkou pro jeho použití je, aby optimální hodnota ležela ve středu tolerančního rozpětí. Počítá se podle vztahu

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

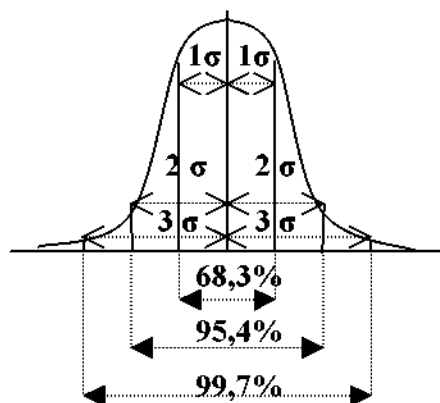
Koeficient C_{pm} je citlivější na umístění střední hodnoty v závislosti na hodnotě cílové, a proto je vždy menší než index C_p . Indexy jsou si rovny jen v případě, kdy je střední hodnota přesně rovna předepsané cílové hodnotě T . [3]

Požadavky na způsobilost procesu

Proces se obvykle považuje za způsobilý v případě, kdy hodnota příslušného indexu způsobilosti dosahuje minimálně hodnoty 1,33. Tato hodnota představuje požadavek, aby toleranční meze byly od střední hodnoty sledovaného znaku jakosti minimálně ve vzdálenosti 3σ na každou stranu. [3]

Hodnota 6σ se používá proto, že při normálním rozdělení četnosti leží 99,7% naměřených hodnot v této oblasti a pouze 3 hodnoty z 1000 budou ležet mimo 6σ , což se všeobecně považuje za dostatečnou přesnost (viz Obr. č. 8). [1]

Obr. č. 8 - Rozložení σ



Zdroj: Václavek, J. *Statistická regulace výrobních procesů*. 1. vyd. České Budějovice: Bartoň QSV, 1996. ISBN 80-902236-0-5

Porovnání indexů způsobilosti [3]

Má-li se vybrat nejlepší z uvedených indexů způsobilosti (C_p , C_{pk} a C_{pm}), je potřeba konstatovat, že index způsobilosti bude tím lepší, čím spolehlivěji popisuje sledované znaky, čím méně je podmínek pro jeho použití a čím lepší má statistické vlastnosti. K tomu je ještě dobré vzít v úvahu složitost výpočtu a názornost.

Porovnání indexů C_p a C_{pm}

Vzhledem k tomu, že index C_p neměří stav centrování, je tedy neúplnou charakteristikou. Porovnají-li se oba indexy, může se pak konstatovat, že index C_{pm} je ve srovnání s C_p lepší z toho důvodu, že je komplexnější charakteristikou a má propracovanou metodiku testování. V případě, že $\mu \neq T$, pak je C_p neúplnou charakteristikou způsobilosti.

Porovnání indexů C_{pk} a C_{pm}

C_{pk} je dostatečně citlivý na rozptyl, avšak méně vhodný na posouzení centralizace. Index C_{pm} má opačné vlastnosti, to je vysoká citlivost na centralizaci procesu, avšak menší na rozptyl. Proto se doporučuje počítat oba tyto indexy. Výhoda indexu C_{pm} je, že necentralita procesu nemůže být neomezeně kompenzována snižováním rozptylu, jako je tomu u C_{pk} .¹² Protože je možné hodnotu C_{pk} kompenzovat snižováním rozptylu, je méně vhodný pro posuzování stavu centrování.

Porovnání C_p a C_{pk}

Vážným nedostatkem indexu C_p je to, že vůbec neodráží, jak je proces centrován, tedy jaký je vztah předepsané hodnoty T a hodnoty μ (viz Obr. č. 7).

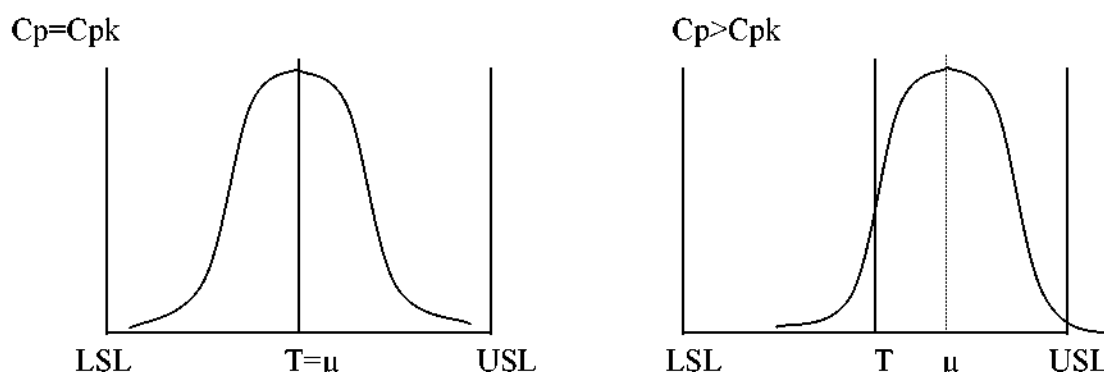
¹² [3] Tošenovský, J. a Noskievičová, D. *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. 1. vyd. Ostrava: Montanex a. s., 2000. ISBN 80-7225-040-X. Str. 301.

Tento nedostatek odstraňuje C_{pk} . Ten je schopen zachytit nedodržení cílové hodnoty, tedy situaci, kdy $\mu \neq T$, pokud je σ konstantní. Ale čím je odchylka μ od T kompenzována zmenšováním rozptylu, pak C_{pk} nezachytí nedodržení této cílové hodnoty T a musí se použít další indexy.

Mezi indexy způsobilosti C_p a C_{pk} lze odvodit vztah $C_p \geq C_{pk}$. Z daného vztahu je patrné, že hodnota indexu C_{pk} je obecně menší a maximálně rovna hodnotě C_p .

Rovnosti těchto indexů je dosaženo pouze v tom případě, kdy střední hodnota sledovaného znaku jakosti leží právě ve středu tolerančního pole, je tedy přesně rovna cílové hodnotě T . (viz Obr. č. 9)

Obr. č. 9 - Vztahy mezi indexy C_p a C_{pk}



Zdroj: Nenadál, J., aj. *Moderní systémy řízení jakosti*. 2.vyd. Praha: Management Press, 2002. ISBN 80-7261-071-6

4.5.2 Studie způsobilosti na stroji

Studie způsobilosti na stroji podává informace o schopnosti stroje (stroje se chápou jako jednotlivé stavební kameny uvnitř výrobního sledu) dodržovat toleranční meze. Jelikož cílem této studie je zjistit jen vliv stroje na rozptýlení naměřených hodnot, musí se zabránit

ovlivnění výsledků jinými faktory, např. prostředím, člověkem atd. Nastavení stroje se během odběru nesmí měnit. Studie způsobilosti na stroji, se posuzuje ukazatelem C_m . [1]

Důvody k provádění studie způsobilosti stroje jsou různé, např.:

- výroba v krátkých sériích,
- vstupní kontrola nově zakoupeného stroje,
- kontrola stroje po opravě,
- získání regulačního diagramu.

Ukazatel způsobilosti stroje

$$C_m = (USL - LSL) : 6\sigma \quad (7)$$

Indexy způsobilosti stroje a procesu se počítají stejně jen s tím rozdílem, že odpovídající indexy způsobilosti stroje se označují C_m a C_{mk} . Stroj se obvykle považuje za způsobilý v případě, že hodnota C_{mk} je vyšší než 1,67. [1,3]

5. Situační analýza podniku MEDTEC-VOP, s. r. o., s ohledem na SPC

Podnik v současné době neprovádí na žádném výrobním procesu statistickou regulaci. Společnost provádí pouze měření stanovených znaků jakosti a naměřené hodnoty zaznamenává do formulářů, které přiloží k zakázce a dále je již společnost nikterak nezpracovává ani nevyhodnocuje. Společnost tedy neví, zda jsou její procesy statisticky zvládnuté a nemůže na základě těchto získaných informací dále výrobní procesy zlepšovat.

Z nástrojů řízení jakosti podnik MEDTEC-VOP, s. r. o. využívá pouze kontrolní tabulky, do nichž zaznamenává naměřené hodnoty, neshodné výrobky, záznamy z kontrol atp. Další nástroje řízení jakosti společnost nevyužívá.

5.1 Vytipování výrobního procesu pro zavedení statistické regulace

Společnost MEDTEC-VOP, s. r. o. má pět hlavních výrobních procesů (viz kapitola č. 2.3.1 Charakter výrobního programu str. 16). Z těchto pěti procesů si zákazníci

z Německa přejí zavedení SPC ve výrobě přesných obrobků. A jelikož jsou tito zákazníci z Německa nejvýznamnější z hlediska odbytu i z hlediska finančních příjmů, je to významný důvod zavedení SPC především na tuto výrobu. U povrchových ochrany a u výroby komponentů vzduchotechniky není SPC od zákazníků zatím požadována. Ostatní výrobní procesy (vývoj v oblasti zástaveb, či realizace speciálních zástaveb) nejsou pro SPC vhodná, neboť nejde o výrobu, ale spíše o montáž (např. zástavby sanitních vozů).

Další důvod pro zavedení SPC ve výrobě přesných obrobků je ten, že je to výroba, která je ve společnosti MEDTEC-VOP, s. r. o. stálá, bude se tedy jistě vyrábět i v dalších letech a to jak pro zahraniční, tak pro domácí trh, jen s tím rozdílem, že jsou pokaždé jiné specifikace, jako je např. jiný průměr, výška apod. Jako příklad pro zavedení SPC je výroba přesných obrobků ideální, neboť na základě poznatků z této implementace se pak může SPC zavést i na jiné výrobní procesy v podniku (např. pro povrchové ochrany výrobků).

Výroba přesných obrobků ve firmě MEDTEC-VOP, s. r. o. sestává z více typů. Počet těchto typů obrobků se mění v závislosti na požadavcích zákazníků v jednotlivých měsících. Počet typů a celkový objem výroby přesných obrobků v kusech a v procentech je uveden v Tab. č. 1.

Tab. č. 1 - Výroba přesných obrobků ve společnosti MEDTEC-VOP, s. r. o. za rok 2004

Výroba obrobků v r. 2004	Počet typů	Celkový objem výroby obrobků v kusech	Celkový objem výroby obrobků v kusech	Množství Kroužků č. 3418 122/203 z celkového objemu v kusech	Množství Kroužků č. 3418 122/203 z celkového objemu v %
Leden	8	44 078	60 900	7 493	17
Únor	9	44 537	62 919	6 680	15
Březen	7	65 661	92 874	13 132	20
Duben	7	37 832	59 635	2 648	7
Květen	7	51 574	69 415	6 704	13
Červen	9	30 755	52 766	3 075	10
Červenec	13	62 000	121 265	13 020	21
Srpen	11	88 728	159 099	22 182	25
Září	9	62 289	114 496	11 835	19
Říjen	10	46 751	80 309	5 610	12
Listopad	11	48 623	79 823	5 890	12

Prosinec	9	44 369	59 183	7 986	18
Σ		627 197		106 255	17

Zdroj: Vlastní zpracování firemních materiálů

Z tabulky č. 1 vyplývá, že za rok 2004 bylo vyrobeno celkem 627 197 kusů přesných obrobků, z nichž 106 255 kusů tvořily Kroužky č. 3418 122/203. Uvedený objem výroby Kroužků č. 3418 122/203 (dále jen Kroužek) představuje 17% z celkové produkce, což z daného výrobku činí nejvíce vyráběný obrobek ze všech typů. Na základě těchto skutečností byl tento Kroužek vybrán jako typický představitel z řady obrobků, které jsou ve firmě vyráběny.

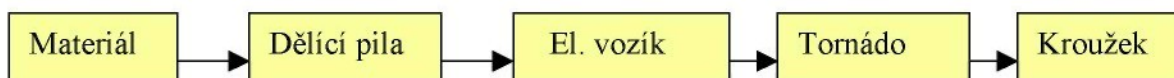
5.2 Charakter výroby Kroužků

Kroužky č. 3418 122/203 (viz příloha č. 5 a 6) se vyrábí na číslicově řízených obráběcích centrech v nepřetržitém provozu. Pro výrobu Kroužků firma MEDTEC-VOP, s. r. o. využívá jednak centrum RNC7, které je unikátní v tom, že zpracovává pomocí podavače třímetrové trubky, tak stroje CNC, tzv. Tornáda.

Pro Tornáda je nutno materiál předpřipravit, tj. z dodaných třímetrových trubek nařezat na dělicích pilách polotovary, o délce zhruba 14 cm, které jsou potom zpracovávány na Tornádu z jedné a pak z druhé strany. Z jednoho polotovaru se vyrobí 4 ks kroužků.

Jakmile jsou polotovary připraveny, přivezou se elektrickým vozíkem k CNC stroji Tornádo. Obsluha stroje zapne stroj a zpracuje řídicí program na základě výkresové dokumentace. Pak ho nainstaluje a spustí samotné obrábění (viz Obr. č. 10).

Obr. č. 10 - Postup výroby Kroužků



Trubky 3m	Stroj	Polotovary	Stroj	Výrobek
-----------	-------	------------	-------	---------

Zdroj: Vlastní zpracování

Nejprve se soustruží vnější průměr na průměr $75 \pm 0,2$ mm v délce 67mm. Pak se soustruží vnitřní průměr $55 \pm 0,2$ mm do hloubky 65mm a srazí se hrany $0,3 \times 45^\circ$. Pak se kroužek upíchne na šíři $31 \pm 0,1$ mm. Je-li takto opracovaný polotovar připraven, vyjme se z čelistí, zkontroluje a obrobí se z druhé strany.

Je-li výrobek hotov, tak se ručně odhrotují ostré hrany otočnou škrabkou, očistí se, přeměří a uloží do přepravní bedny. Měření vnitřního průměru se provádí pistolovými dutinoměry, výška a vnější průměr pomocí úchylkoměrů. V jedné přepravní bedně se nashromáždí během jedné osmihodinové směny 300ks.

Dobré kusy se uloží do přepravní klece označené zeleně, vadné kusy se uloží do přepravní klece označené červeně.

Dojde-li k výskytu vadného kusu, provede se korekce příslušné části programu a takovýto výrobek se zapíše do Sběrné karty vad. Tato Sběrná karta vad se jednou za měsíc vyhodnotí a výsledek se zapíše do Výkazu zmetků. Z těchto Výkazů zmetků se vyhotoví měsíční výkaz kvality s vyhodnocením procentní zmetkovosti u jednotlivých typů výrobků v peněžních jednotkách.

5.3 Náměty a doporučení

Na základě požadavků zákazníků a teoretických poznatků, doporučuji firmě zavedení statistické regulace výrobního procesu a následně též statistickou přejímku pro výrobky, které jsou realizovány s použitím SPC.

Zavedení statistické regulace procesu v podniku MEDTEC-VOP, s. r. o., by neměl být velký problém, neboť vedení společnosti je k tomuto kroku příznivě nakloněno a zaměstnanci u výrobních strojů jsou flexibilní, učenliví a ochotní ke změnám.

6. Případová studie zaměřená na uplatnění SPC

Cílem této kapitoly je na vybraném procesu (výroby Kroužků č. výkresu 3418 122/203) ukázat postup při zavedení statistické regulace procesu. Pro správné zavedení statistické regulace procesu se budou dodržovat její jednotlivé fáze:

- přípravná fáze,
- fáze analýzy a zabezpečení statistické stability,
- fáze analýzy a zabezpečení způsobilosti procesu,
- fáze vlastní statistické regulace procesu.

6.1 Přípravná fáze

Stanovení cíle regulace

Cílem regulace je především uspokojení požadavků zákazníků, získání informací o výrobním procesu, snížení nekvality, dosažení stabilní výroby a odstranění systematických odchylek, jež zapříčiňují neshodné výrobky.

Výběr procesu a zvolení znaku jakosti, který bude regulován

Regulovat se bude sériová výroba tzv. Kroužku (viz podkapitola č. 5.1 Vytipování výrobního procesu, str. 44). Kroužky se vyrábí ve třisměnném provozu na stroji Tornádo a RNC7 (viz kapitola č. 5.2 Charakter výroby Kroužků, str. 46). Znak jakosti, který se bude podle dohody se zákazníkem regulovat, je vnitřní průměr kroužku, jelikož je nejdůležitějším znakem, který ovlivňuje chování výrobku a jeho vlastnosti.

Protože průměr je tzv. kvantitativní znak, použije se statistická regulace měřením. Aby byl výrobek považován za shodný, musí být v rozmezí $55 \pm 0,2$ mm, tedy musí nabývat hodnot mezi 54,8 - 55,2 mm. Pokud nabude výrobek vyšších, či nižších hodnot, je takový výrobek označen jako vadný. Tyto tolerance jsou dány zákazníkem a jsou uvedeny v technické a výrobní dokumentaci (viz technický výkres Kroužku, příloha č. 5).

Stanovení kontrolních míst v procesu

Kontrolní místa jsou až za samotným zhotovením výrobku, jelikož na konci výroby Kroužek dostává daný znak jakosti. Kontrolu provede obsluha stroje, která výrobek vyrobila.

Analýza výrobního procesu a výběr vhodné měřící metody

Analýza výrobního procesu je zaměřena tak, aby vymezila všechny příčiny, které mohou ovlivnit výrobní proces. Příčiny, které mohou proces ovlivnit, jsou člověk, materiál, stroj, metoda, měření a prostředí, tzv. 6M.

Vymezení tzv. 6M a náměty pro jejich eliminaci:

- **Člověk (Man)**

Člověk může negativně ovlivnit výrobu Kroužků především tím, že není dostatečně proškolen, je unaven, nezkušený, neodpovědný, nepečlivý či si při kontrole znaků jakosti špatně nastaví měřidlo, nebo měřidlo špatně přečte a výsledek chybně zaznamená. Dále tím, že špatně nastaví program výroby, neprovede včasné korekce programu, nedostatečně odjehlí hotový výrobek, apod.

Aby nedocházelo k těmto příčinám, jež vedou k neshodě, je potřeba vypracovat plán školení pracovníků a průběžně kontrolovat tyto znalosti. Dále je potřeba pracovníky dostatečně motivovat, aby přistupovali ke své práci zodpovědně.

- **Materiál (Material)**

Neshodu může zavinit nestejnorodý materiál (kvalita oceli, příměsi, apod.), který způsobí nestejnou lámavost třísky a tím může dojít k nedodržení kvality opracování (nedodržení rozměrových tolerancí nebo předepsané drsnosti povrchu).

K zamezení k přijmutí nekvalitního materiálu do výroby, navrhuji podniku MEDTEC-VOP, s. r. o., požadovat od všech dodavatelů materiálové atesty.

- **Stroj (Machine)**

Stroj je další příčina, která ovlivňuje výrobní proces. Stroj a člověk je zde úzce svázán, neboť stroj pracuje podle člověka a člověk bez stroje nepracuje.

Tím, že člověk špatně nastaví program, dojde k odchylkám na počátku výrobního procesu mimo dané tolerance. Tyto odchylky také vznikají opotřebením plátek nožů při další výrobě.

Rovněž vznikající vůle v uložení vřetene a v uchycení nožů mohou způsobit výrobní nepřesnosti. I při nepatrných výpadcích elektrického proudu nebo poklesu napětí sítě, může dojít ke snížení otáček, tím se poškodí břity a mohou být změněny zadané parametry obrábění (což obsluha stroje ani nemusí postřehnout).

Aby nedošlo k výrobě neshodných výrobků již na samém začátku výroby díky špatně nastavenému programu, navrhuji podniku MEDTEC-VOP, s. r. o. po každém zapnutí stroje a výrobě prvního výrobku, zkontrolovat všechny jeho znaky jakosti a případně program zkorigovat.

Vznikají-li odchylky díky opotřebení plátek nožů, doporučuji častější vizuální kontrolu a nákup vysoce kvalitních plátek např. od firmy Sandvick nebo Iscar, které jsou sice dražší než stávající, ale mají zvýšenou životnost. S těmito značkovými plátky je možno dlouhodobě udržet zadanou kvalitu opracování, čímž se vložené peníze několikanásobně vrátí.

K zamezení vzniku vad způsobených vůli vřetene je zapotřebí vypracovat plány údržby a provádět pravidelné kontroly parametrů stroje.

Proti nepředvídaným změnám napětí sítě, jež mají za následek změnu obrábění obrobku, je vhodné provést stabilizaci napětí sítě technickými prostředky (stabilizátorem elektrického napětí).

- **Prostředí (Milieu)**

Prostředí je dalším z tzv. 6M, jež ovlivňují výrobní proces. V případě výroby Kroužků však nehraje tak významnou roli jako předešlé 3 příčiny. Výrobu Kroužků může ovlivnit především osvětlení centrálním světlem. Ale jelikož je prostor pro výrobu i pro zaznamenávání naměřených dat dostatečně osvětlen, není zde potřeba nic měnit. Dojde-li k delšímu výpadku proudu, dojde i k zastavení strojů, není tedy třeba zde dělat nějaká zvláštní opatření.

Dále je místnost dostatečně klimatizována a nemůže tedy dojít ani ke změně vlastností materiálu, ani k ovlivnění činnosti člověka z tohoto hlediska.

- **Měření (Measurement)**

Měření průměrů Kroužků se provádí digitálním pistolovým dutinoměrem. Měřidlo je nezpůsobitelné v tom případě, není-li zkalibrováno.

Jelikož je toto měřidlo pravidelně kontrolováno a je označeno značkou kalibrace, v podstatě je tato příčina nekvality snížena na minimum.

- **Metoda (Method)**

Způsob výroby v podniku MEDTEC-VOP, s. r. o. je popsán v technologickém postupu výroby. Tento postup výroby Kroužků je v podniku zaběhnutý a stávajícím zaměstnancům známý.

Provedení výběru, rozsahu podskupiny

Výběr se bude provádět každých 25 minut po 5 výrobcích a to z toho důvodu, že je tu předpoklad opotřebení plátků nožů. Celkově se za jednu směnu naměří 100 výrobků, jejichž hodnoty se zaznamenají do daného formuláře. Naměřené hodnoty budou tedy rozděleny do 20 podskupin po 5 jednotkách (viz příloha č. 7).

Výběr vhodného regulačního diagramu

Vzhledem k tomu, že se bude pracovat s menším výběrem ($n = 5$) a zpracování dat bude provedeno pomocí počítače (viz podkapitola 4.3.1 Obecný postup výběru regulačních diagramů, str. 32), zvolím regulační diagramy $\bar{x}$, R.

- **Regulační diagram (R)**

R diagram dává představu o konzistenci nebo stejnoměrnosti výrobního procesu a odhaluje každé nežádoucí kolísání v rámci podskupiny. Jsou-li kolísání v rámci podskupiny v podstatě shodná, indikuje R diagram zvládnutý stav procesu. V opačném případě zjištěné hodnoty R překračují regulační meze. Za této situace může dojít i k ovlivnění diagramů pro $\bar{x}$.

R diagram je možné analyzovat podobně jako $\bar{x}$ diagram. V praxi se kombinují $\bar{x}$ a R diagramy současně a to proto, že nestačí pouze sledovat polohu procesu vzhledem k regulačním mezím a cílové hodnotě – T, resp. $k\bar{x}$. Rozptýlení se také mění s časem. Z tohoto důvodu musí být R diagram analyzován vždy jako první. [3]

- **Regulační diagram pro výběrový průměr ($\bar{x}$)**

Tento diagram ukazuje úroveň, na které je výrobní proces centrován, naznačuje stabilitu výrobního procesu a odhaluje nežádoucí kolísání mezi podskupinami z hlediska jejich průměru.

Musí se analyzovat s ohledem na to, zda je výrobní proces statisticky regulovaný nebo není. Testovým kritériem, jehož hodnoty se do diagramu zakreslí, je výběrový průměr $\bar{x}_j$ z výběru o konstantním rozsahu.

[3,1]

Sběr a záznam dat

Data bude sbírat sám dělník u stroje a bude je zaznamenávat do daného formuláře (viz příloha č. 7).

6.2 Fáze analýzy a zabezpečení statistické stability

Než dojde k této druhé fázi statistické regulace, musí se ověřit statistická zvládnutost procesu a to pomocí histogramu.

6.2.1 Sestrojení histogramu pro vnitřní průměr

Histogram (nebo-li diagram rozdělení četností) je základním nástrojem řízení jakosti (jak bylo uvedeno v podkapitole 3.3 Sedm základních nástrojů řízení jakosti, str. 24) a je základním stavebním kamenem pro statistickou regulaci. Histogram podává informace o charakteru proměnlivosti procesu, o jeho přesnosti a o tom, kde leží střední hodnota.

Hodnoty znaku jakosti jsou uvedeny v Tab. č. 2 - Naměřené hodnoty za sebou tak, jak byly postupně naměřeny ve výrobě ve dne 19.1.2005 pro vnitřní průměr.

Tab. č. 2 - Naměřené hodnoty

Datum	Čas	Č.	Naměřené hodnoty					$\bar{x}_j$	R _j
19.1.2005	6.25	1	55,009	55,045	55,027	55,024	55,027	55,026	0,036
	6.50	2	55,037	55,021	55,017	55,027	55,038	55,028	0,021
	7.15	3	55,016	55,021	55,024	55,023	55,040	55,025	0,024
	7.40	4	55,021	55,024	55,018	55,044	55,037	55,029	0,026
	8.05	5	55,022	55,020	55,032	55,041	55,026	55,028	0,021
	8.30	6	55,019	55,012	55,020	55,032	55,021	55,021	0,020
	8.55	7	55,023	55,023	55,038	55,026	55,021	55,026	0,017
	9.20	8	55,010	55,019	55,032	55,011	55,028	55,020	0,022

	9.45	9	55,027	55,016	55,025	55,049	55,031	55,030	0,033
	10.10	10	55,003	55,035	55,025	55,034	55,029	55,025	0,032
	10.35	11	55,012	55,024	55,015	55,006	55,033	55,018	0,027
	11.00	12	55,012	55,036	55,024	55,013	55,027	55,022	0,024
	11.30	13	54,997	55,022	55,021	55,010	55,022	55,014	0,025
	11.55	14	54,970	55,026	55,024	55,026	55,028	55,015	0,058
	12.20	15	55,022	55,035	55,040	55,022	55,033	55,030	0,018
	12.45	16	55,022	55,016	55,025	55,017	55,032	55,022	0,016
	13.10	17	55,029	55,024	55,015	55,014	55,031	55,023	0,017
	13.35	18	55,027	55,023	55,027	55,010	55,032	55,024	0,022
	14.00	19	55,022	55,026	55,001	55,018	55,027	55,019	0,026
	14.25	20	55,021	55,018	55,024	55,023	55,018	55,021	0,006
							Σ	1045,45	0,491

Zdroj: Firemní materiály. Viz příloha č. 7

Prvním krokem pro sestavení histogramu je výpočet **variačního rozpětí** souboru R:

$$R = x_{\max} - x_{\min} \quad (8)$$

$$\text{tj.: } R = 55,049 - 54,970$$

$$R = 0,079$$

Druhým krokem je stanovení **počtu intervalů k**, podle vztahu:

$$k = 5 \cdot \log n \quad (9)$$

$$k = 5 \cdot \log 100$$

$$k = 10$$

Kde n je rozsah zkoumaného souboru, tedy 100.

Jakmile je znám počet intervalů, může se vypočítat **intervalová šíře h** podle vzorce:

$$h = R / k \quad (10)$$

$$h = 0,079 / 10$$

$$h = 0,0079$$

Jelikož je po firmě MEDTEC-VOP, s. r. o. požadována maximální přesnost, nebude se tato hodnota zaokrouhlovat.

Nyní lze určit intervaly, jejich středy a sestavit tabulku četností. (viz Tab. č. 3)

Tabulka č. 3 - Tabulka četností

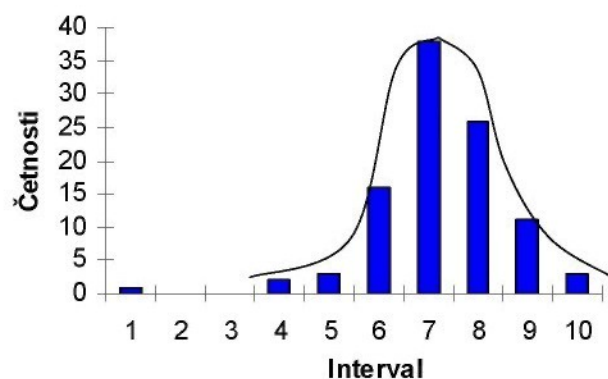
k	Interval	Střed	Třídění
---	----------	-------	---------

			intervalu	četnosti
1	54,9700	54,9779	54,97395	1
2	54,9780	54,9859	54,98195	0
3	54,9860	54,9939	54,98995	0
4	54,9940	55,0019	54,99795	2
5	55,0020	55,0099	55,00595	3
6	55,0100	55,0179	55,01395	16
7	55,0180	55,0259	55,02195	38
8	55,0260	55,0339	55,02995	26
9	55,0340	55,0419	55,03795	11
10	55,0420	55,0499	55,04595	3

Zdroj: Vlastní zpracování na základě dat z Tab. č. 2

Posledním krokem je sestrojení vlastního histogramu s pomocí tabulky četností (viz Obr. č. 11).

Obr. č. 11 - Histogram pro vnitřní průměr Kroužku



Zdroj: Vlastní zpracování. Histogram byl sestrojen na základě Tab. č. 3

Sestrojený histogram má zvonovitý tvar, proto lze říci, že proces má ze statistického hlediska normální rozdělení a působí zde jen náhodné vlivy.

Jestliže má histogram zvonovitý tvar, lze přistoupit k sestrojení regulačních diagramů.

6.2.2 Sestrojení regulačních diagramů pro vnitřní průměr

Z Tab. č. 2 - Naměřené hodnoty, se nejprve vypočítají pro jednotlivé podskupiny výběrové průměry $\bar{x}_j$ a výběrová rozpětí R_j podle vztahu:

$$\bar{x}_j = \sum_{i=1}^n x_{ij} / n \quad (11)$$

$$R_j = x_{\max} - x_{\min} \quad (12)$$

kde x_{ij} je jednotlivá i -tá hodnota znaku jakosti v j -té podskupině a n je počet jednotek v podskupině. (Hodnoty těchto výběrových charakteristik jsou uvedeny v posledních dvou sloupcích Tab. č. 2)

Kontrola pro 1.řádek : $\bar{x}_j = (55,009 + 55,045 + 55,027 + 55,024 + 55,027) / 5$

$$\bar{x}_j = 55,026$$

$$R = 55,045 - 55,009$$

$$R = 0,036$$

Dále se stanoví hodnota střední přímky CL a regulačních mezí LCL a UCL pro diagram R, které se zakreslí do diagramu společně s hodnotami R_j a zjistí se, zda je variabilita procesu „pod kontrolou“.

$$CL = \bar{R} = 1/k \cdot \sum_{j=1}^k R_j \quad (13)$$

$$CL = 0,491 / 20$$

$$CL = 0,025$$

$$LCL = D_3 \cdot \bar{R} \quad (14)$$

$$LCL = 0 \cdot 0,025$$

$$LCL = 0$$

$$UCL = D_4 \cdot \bar{R} \quad (15)$$

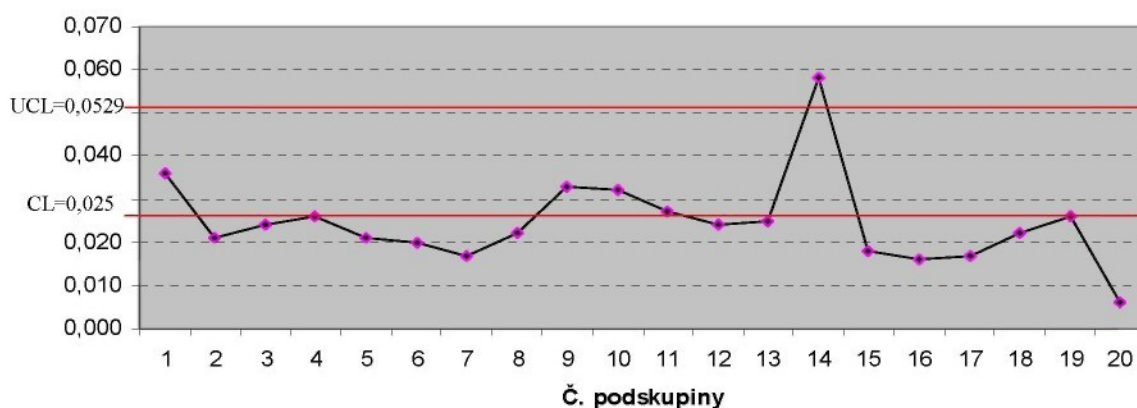
$$UCL = 2,114 \cdot 0,025$$

$$UCL = 0,0529$$

Kde k je počet podskupin ($k = 20$), D_3 a D_4 jsou hodnoty přepočítacích součinitelů pro $n=5$ viz příloha č. 8).

Vypočtené hodnoty pro $CL = 0,025$, $LCL = 0$ a $UCL = 0,0529$ jsou zakresleny v Obr. č.12 - Regulační diagram R.

Obr. č.12 - Regulační diagram R



Zdroj: Vlastní zpracování

Z R diagramu (Obr. č. 12) vyplývá, že R_j pro $j = 14$ ($R_{14} = 0,058$) leží mimo horní regulační mez, což je důkazem působení vymezitelných příčin variability. Proto je nutné zaměřit se na naměřené hodnoty v této 14. podskupině a určit příčinu. Současně je třeba provést nápravu a začít SPC s novým diagramem.

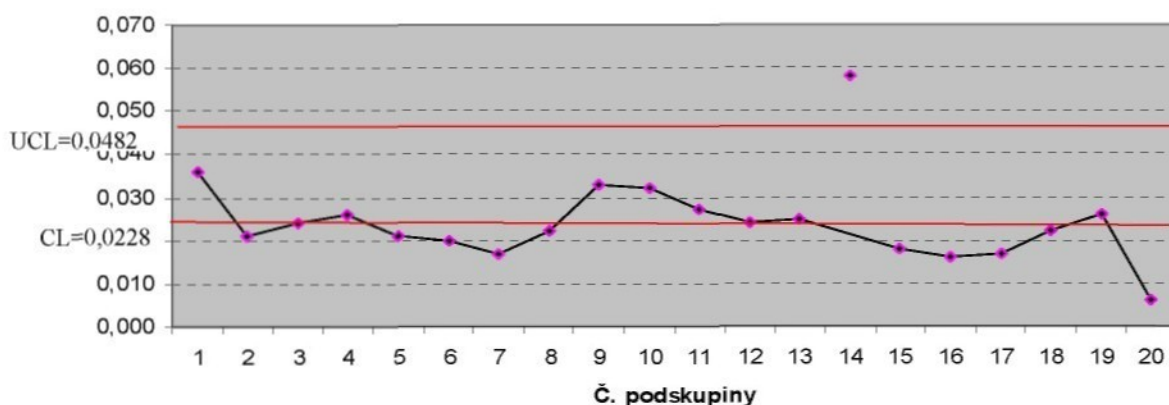
Dále lze z grafu jasně vyčíst trend poklesu hodnoty rozpětí. Protože to signalizuje redukci variability, což je žádoucí, bude nás také zajímat důvod tohoto poklesu, aby se tak redukce variability stala permanentní součástí podmínek procesu.

Na identifikaci příčin variability procesu doporučuji Diagram příčina-následek a následně Paretovu analýzu, viz podkapitola č. 6.5. Zdokonalování výrobního procesu, str. 62.

Jakmile se odchylka zjistí a odstraní, přistoupí se k přepočítání LCL, UCL, CL (podle vzorců 13, 14, 15) a zavede se nový R diagram. V tomto novém R diagramu se vyloučí podskupiny vykazující působení zvláštní příčiny, tedy $R_{14} = 0,058$ a další výpočet již bude pro $k = 19$.

$$\begin{array}{lll} CL = \bar{R}_2 = 0,433/19 & UCL = 2,114 \cdot 0,0228 & LCL = 0 \cdot 0,0228 \\ CL = \bar{R}_2 = 0,0228 & UCL = 0,0482 & LCL = 0 \end{array}$$

Obr. č. 13 - Regulační diagram R



Zdroj: Vlastní zpracování

Z nového R diagramu (Obr. č. 13) vyplývá, že v procesu jsou již všechny hodnoty uvnitř regulačních mezí, což znamená, že je stav pod kontrolou a může se přistoupit k $\bar{x}$ diagramu, který se sestojí také pro $k = 19$.

Rovněž pro $\bar{x}$ diagram se musí vypočítat CL, LCL a UCL, které se společně s hodnotami $\bar{x}_j$ zakreslí do diagramu.

$$CL = \bar{\bar{x}} = 1/k \sum_{j=1}^k \bar{x}_j \quad (16)$$

$$CL = \bar{\bar{x}} = 1/19 \cdot 1045,45$$

$$CL = 55,023$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 \cdot \bar{R}_2 \quad (17)$$

$$LCL = 55,023 - 0,577 \cdot 0,0228$$

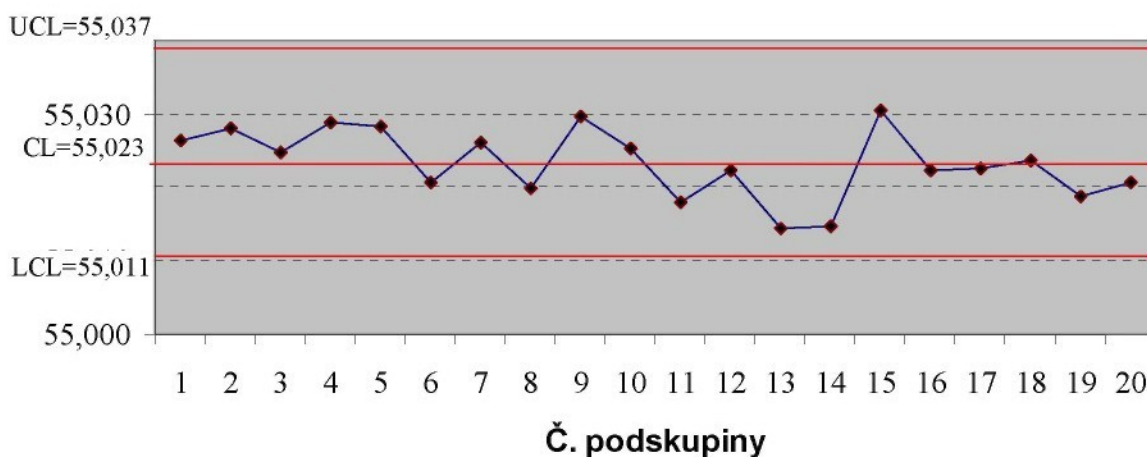
$$LCL = 55,011$$

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 \cdot \bar{R}_2 \quad (18)$$

$$UCL = 55,023 + 0,577 \cdot 0,0228$$

$$UCL = 55,037$$

Obr. č. 14 – $\bar{x}$ - diagram



Zdroj: Vlastní zpracování

Diagram $\bar{x}$ ukazuje všechny hodnoty uvnitř regulačních mezí (stav je pod kontrolou). Jsou-li všechny hodnoty mezi UCL a LCL, a hodnoty nevykazují trend (viz příloha č. 10) znamená to, že na proces působí již jen náhodné vlivy. Takovýto proces se pak označuje jako statisticky zvládnutý. Teprve takto stanovené meze mohou být použity pro rozšíření platnosti na delší období.

6.3 Fáze analýzy a zabezpečení způsobilosti procesu

V této fázi se zkoumá, zda proces, který je po předchozí fázi statisticky zvládnut, je schopen dosahovat požadavků zákazníka a to pomocí indexů způsobilosti. USL, LSL, jsou dány zákazníkem a to $55 \pm 0,2$, tedy horní toleranční mez $USL = 55,2$, dolní toleranční mez je $LSL = 54,8$ a $T = 55\text{mm}$.

$$\sigma = R / d_2 \quad (19)$$

$$\sigma = 0,0228 / 2,326$$

$$\sigma = 0,0098$$

$$C_p = (USL - LSL) / 6 \sigma \quad (20)$$

$$C_p = (55,2 - 54,8) / 6 \cdot 0,0098$$

$$C_p = 6,8$$

Hodnota indexu $C_p = 6,8$ sice říká, že je proces zcela způsobilý, ale neříká, je-li proces vycentrován na středu tolerancí.

Vyjádří-li se hodnota C_p v procentech pomocí vzorce:

$$C_p = 100 \cdot (1/C_p) \quad (21)$$

dostane se hodnota $C_p = 14,7\%$. Tato hodnota říká, že toleranční interval je využit na 14,7%, tedy velmi málo a proces je velmi „štíhlý“.

Protože nedostatkem indexu C_p je to, že posuzuje velikost variability, ale ne to, jestli proces pracuje kolem cílové hodnoty, musí se vypočítat další indexy. A to především indexy C_{pk} a C_{pm} , které tento nedostatek odstraňují.

$$C_{pk} = C_{pL} = (\mu - LSL) / 3 \sigma \quad (22)$$

$$C_{pk} = C_{pL} = (55,023 - 54,8) / 3 \cdot 0,0098$$

$$C_{pk} = C_{pL} = 0,2238 / 0,0294$$

$$C_{pk} = C_{pL} = 7,58$$

$$C_{pk} = C_{pU} = (USL - \mu) / 3 \sigma \quad (23)$$

$$C_{pk} = C_{pU} = (55,2 - 55,023)/3 \cdot 0,0098$$

$$C_{pk} = C_{pU} = 0,1762 / 0,0294$$

$$C_{pk} = 6,02$$

Kde μ se odhaduje pomocí $\bar{x}$.

Za C_{pk} považujeme tu hodnotu, která je z obou hodnot menší. Tedy **$C_{pk} = 6,02$** .

Jelikož hodnota indexu C_p je rovna 6,8 a hodnota C_{pk} je 6,02, vyplývá z toho, že je proces způsobilý, ale špatně vycentrován.

Hodnota indexu C_{pm} se vypočítá podle vzorce (6)

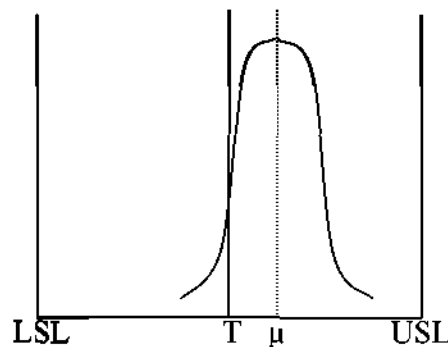
$$C_{pm} = (55,2 - 54,8) / 6 \sqrt{0,0098^2 + (55,023 - 55)^2}$$

$$C_{pm} = 2,667$$

I index C_{pm} vyšel větší, než 1,33. Proto i z tohoto indexu plyne způsobilost procesu.

Vypočítané hodnoty graficky přiblíží Obr. č. 15.

Obr. č. 15 - Způsobilost procesu pro $C_p = 6,8$ $C_{pk} = 6,02$ a $C_{pm} = 2,667$



Zdroj: Vlastní zpracování

6.3.1 Závěry plynoucí z analýzy způsobilosti procesu

Z provedené analýzy lze učinit závěr, že proces i stroj jsou ve společnosti MEDTEC-VOP, s. r. o. způsobilé vyrábět v předepsaných tolerančních mezích.

Hodnota indexu C_p je rovna 6,8, hodnota indexu C_{pk} je 6,02 a hodnota indexu C_{pm} rovna 2,667. Všechny tyto indexy jsou několikrát větší než hodnota 1,33, což ukazuje na vysokou způsobilost procesu.

I když je proces způsobilý, tak analýzou vyplynulo špatné vycentrování stroje. Aby se tomuto nedostatku zabránilo, doporučuji firmě MEDTEC-VOP, s. r. o. nastavit stroj k dolní regulační mezi (LCL).

6.4 Fáze vlastní statistické regulace procesu

Nyní je možné použít přepočítané CL, LCL a UCL z obrázků (diagramů) č. 13 a 14 pro vlastní statistickou regulaci do budoucna. Tedy hodnoty pro R diagram: $CL = 0,0228$, $UCL = 0,0482$ a $LCL = 0$. Hodnoty pro $\bar{x}$ diagram: $CL = 55,023$, $UCL = 55,037$ a $LCL = 55,011$.

6.5 Zdokonalování výrobního procesu

Aby mohlo dojít k zdokonalování výrobního procesu, je nejprve potřeba identifikovat všechny příčiny jež na něj nepříznivě působí.

Pro zjištění všech vlivů, které negativně působily na proces při výrobě Kroužků v podskupině č. 14, bude použit Diagram příčina-následek (též podle autora Ishikawův diagram či podle svého tvaru Diagram rybí kosti) a pro stanovení významu jednotlivých příčin na celkovém následku, Paretova analýza.

6.5.1 Diagram příčina – následek (Ishikawův diagram)

Tento diagram je jedním ze sedmi jednoduchých nástrojů managementu jakosti (viz podkapitola 3.3 Sedm základních nástrojů řízení jakosti, str. 24) a lze jej pojmut jako metodu analýzy variability procesu. Pomocí něj lze odhalovat vztahy mezi příčinami a následky.

V případě výroby kroužků ze dne 19. 1. 2005 se tímto diagramem budou analyzovat všechny možné příčiny, které způsobily překročení regulační meze u podskupiny č. 14, ke které došlo před dvanáctou hodinou dopolední.

Konstrukce Diagramu příčina – následek

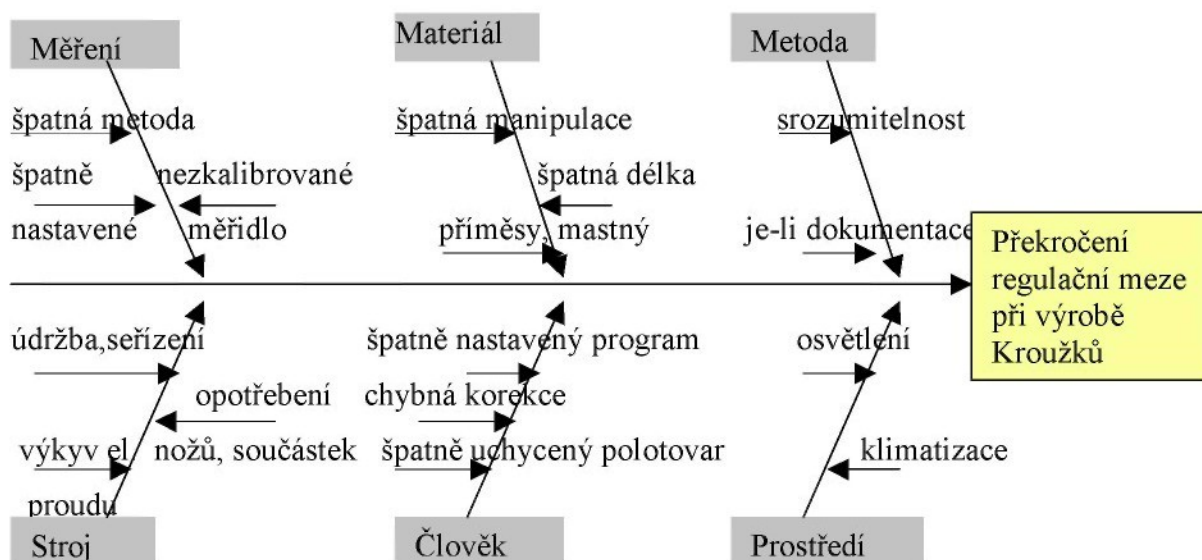
Než se přistoupí k samotnému sestrojení tohoto diagramu, musí se jasně a stručně definovat následek (obvykle nějaký problém), který se má analyzovat a odstranit. Tímto následkem (problémem), je překročení regulační meze při výrobě Kroužku. Tento následek se napíše do obdélníku, který tvoří „hlavu ryby“ a zleva se vede do středu obdélníku centrální čára.¹³

Pak se v týmu (VŘKJ, obsluhou stroje a vedoucím výroby) určí příčiny vedoucí k následku. Hlavní příčiny se zakreslí do diagramu na vedlejší větve (kosti), které pak dále usnadní definování veškerých subpříčin. Při definování subpříčin se hledají odpovědi na otázku: Co je podstatou každé hlavní příčiny, co by mohlo ke každé hlavní příčině přispět? Jakmile jsou definovány tyto úrovně subpříčin, tak se pokračuje stejným způsobem dále a každý účastník breinstormingu se ptá: Co by mohlo přispět ke každé subpříčině? Proces pokračuje tak dlouho, až se nalezne nejnižší úroveň možných příčin (tzv. elementárních příčin). [4]

¹³ [4] Noskiewičová, D. *Statistické metody v řízení jakosti*. 1.vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 1996. ISBN 80-7078-318-4. Str. 16

Na Obr. č. 16, je výsledný Diagram příčina-následek ve zjednodušené formě, podrobnější Diagram rybí kosti je v příloze pod č. 9.

Obr. č. 16 - Diagram rybí kosti



Zdroj: Vlastní zpracování

Pro další analýzu procesu lze příčiny bodově ohodnotit pomocí Paterovy analýzy a vybrat rozhodující příčiny na které se dále zaměří pozornost.

6.5.2 Paretova analýza

Na Ishikawův diagram navazuje Paretova analýza, která rozliší rozhodující příčiny od těch méně závažných.

V roce 1895 publikoval významný italský ekonom Vilfredo Pareto princip o vztahu jednotlivých faktorů k celkovému účinku, dnes známý jako tzv. Paterův zákon 80:20. Pro oblast řízení jakosti použil poprvé aplikaci tohoto známého Paretova principu americký odborník pro jakost Dr. J. M. Juran, který objevil a dokázal, že většina následků s jakostí (80 - 95%), je způsobena malým počtem příčin (5 - 20%). Tyto příčiny nazval „životně důležitou menšinou“. Na příčiny tvořící tuto menšinu je v další analýze procesu třeba přednostně zaměřit pozornost, analyzovat je do hloubky a odstranit je. Ostatní příčiny (80 - 95%) nazval „užitečnou většinou“.¹⁴

Paterovu analýzu lze úspěšně využít jak při vyhledávání a definování nejpodstatnějších problémů (následků), které jsou např. nejčtenější nebo nejnákladnější, tak při stanovení „životně důležité menšiny“, které způsobují předem definovaný, již odhalený problém (např. příčiny výskytu nejčtenějšího druhu zmetku při výrobě). Pak jsou zde dvě možnosti kvantifikace problému:

- a) každý člen týmu vybere jednu hlavní příčinu z Diagramu příčin a následků (vhodné při velkém počtu členů týmu)
- b) každý člen týmu obdrží např. 10 bodů a ty přiřazuje k jím vybraným příčinám v Diagramu příčin a následků. [4]

Jelikož v týmu ve společnosti MEDTEC-VOP, s. r. o. byli ustanoveni pouze tři lidé (VŘKJ, vedoucí výroby a obsluha stroje), použije se druhá možnost kvantifikace problému, tedy b).

Postup sestrojení Paretovy analýzy

¹⁴ [4] Noskiewičová, D. Statistické metody v řízení jakosti. 1. vyd. Ostrava: VŠB - Technická univerzita Ostrava, 1996. ISBN 80-7078-318-4. Str. 19

Při Pareto analýze je vhodné postupovat od globálněji formulovaných hledisek k podrobnějším rozlišovacím úrovním. Proto je potřeba nejprve zjistit a analyzovat rozhodující příčiny způsobující výskyt neshodných jednotek při výrobě Kroužků.¹⁵

Tab. č. 4 ukazuje hlavní příčiny vedoucí k výskytu neshodných výrobků a počet bodů, který každá jednotlivá příčina získala od jednotlivých členů týmu. Každý člen týmu obdržel 10 bodů a ty mohl přiřadit k jemu vybraným příčinám. Maximálně tak jedna příčina vedoucí k neshodě mohla získat 30 bodů.

Tab. č. 4 - Hlavní příčiny vedoucí k neshodě

Příčina vedoucí k neshodě	Ohodnocení v bodech
Stroj	15
Člověk	22
Materiál	10
Prostředí	1
Měření	4
Metoda	2

Zdroj: Vlastní zpracování na základě výsledků z brainstormingu

Dalším krokem pro sestavení Paretova diagramu je sestupné seřazení údajů podle počtu bodů přiřazených členy týmu v brainstormingu.

Jsou-li hodnoty seřazeny sestupně, vypočítají se jejich kumulativní součty a pak se tyto součty vyjádří v procentech (viz Tab. č. 5).

Tab. č. 5 – Hodnoty pro výpočet Paretovy analýzy

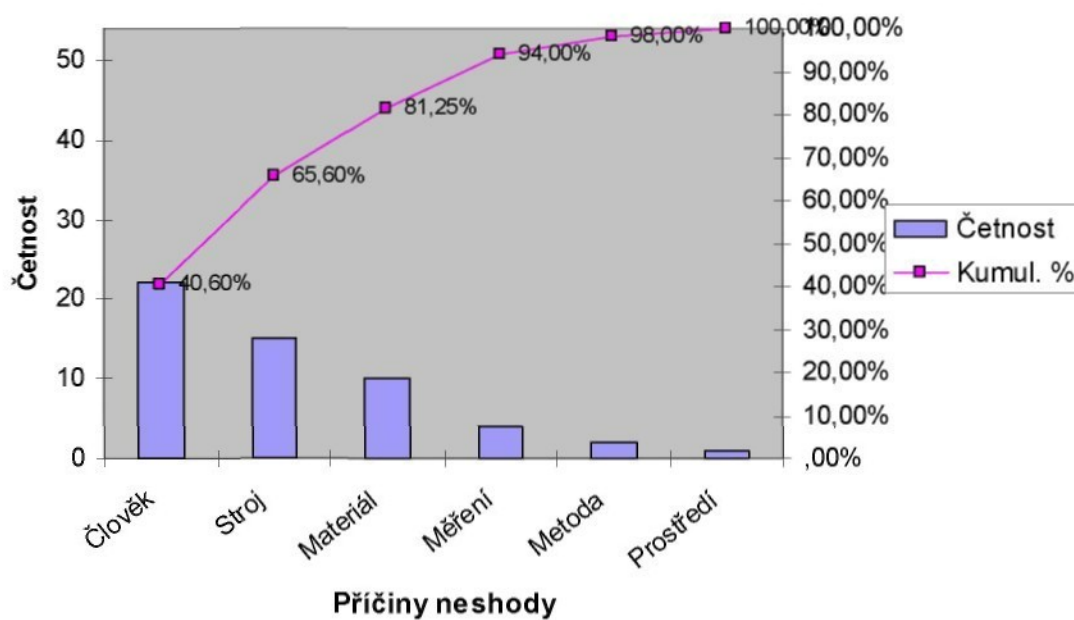
¹⁵ [15] Čech, J. *Statistické řízení jakosti*, 1. vyd. Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1993. ISBN 80-214-0528-7. Str. 93

Příčina vedoucí k neshodě	Ohodnocení v bodech	Kumulativní četnost	Kumulativní četnost v %
Člověk	22	22	40,6
Stroj	15	37	65,6
Materiál	10	47	81,25
Měření	4	51	94
Metoda	2	53	98
Prostředí	1	54	100
Σ	54		

Zdroj: Vlastní zpracování

Nyní lze na základě Tab. č. 5 sestavit graf Paretovy analýzy (viz Obr. č. 17).

Obr. č. 17 - Paretova analýza



Zdroj: Vlastní zpracování

Následným krokem je na základě volby kritéria pro výběr „životně důležité menšiny“ neshod stanovit, na které neshody (příčiny neodpovídající jakosti) je třeba se zaměřit a provést jejich hlubší analýzu s cílem snížit počet neshodných výrobků.

Hranice mezi „životně důležitou menšinou“ a „užitečnou většinou příčin“ je 80% podíl kumulovaných součtů sestupně seřazených hodnot ukazatele.

Z Obr. č. 17 plyne, že tato hranice leží mezi 2. a 3. sloupcem. Aby byla analýza provedená pečlivě, provede se ještě tzv. analýza kritéria průměrné hodnoty zvoleného ukazatele.

Hranice „životně důležité menšiny“ se stanoví tak, že se postupně porovnávají hodnoty zvoleného ukazatele u jednotlivých příčin (ohodnocení v bodech) s průměrnou hodnotou tohoto ukazatele (suma bodů dělená počtem příčin). Příčina, kde je hodnota daného ukazatele menší, než průměrná hodnota, již nepatří do „životně důležitého minima“ a již není zahrnuta do hlubší analýzy, stejně jako všechny příčiny po ní následující.¹⁶

Průměrná hodnota ukazatele: $54 : 6 = 9$

Člověk: $22 > 9$

Stroj: $15 > 9$

Materiál: $10 > 9$

Měření: $4 < 9$

U „měření“ je již ohodnocení v bodech menší, než průměrná hodnota, proto se už další analýza procesu výroby zaměří jen na „člověka, stroj a materiál“ (viz vymezení tzv. 6M a náměty pro jejich eliminaci, podkapitola č. 6.1. Přípravná fáze, str. 48).

7. Shrnutí poznatků z případové studie

¹⁶ [4] Noskovičová, D. *Statistické metody v řízení jakosti*. 1. vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 1996. ISBN 80-7078-318-4. Str. 19

Záměrem případové studie bylo na vybraném procesu ukázat postup při zavedení statistické regulace procesu.

Shrnutí poznatků rozdělím na vyhodnocení statistické regulace procesu a vyhodnocení způsobilosti.

7.1 Vyhodnocení statistické regulace

Po analýze výrobního procesu v podniku MEDTEC-VOP, s. r. o. byl vybrán výrobní proces přesných obrobků, tzv. Kroužků, č. 3418 122/203 pro zavedení SPC. Při zavádění statistické regulace procesu byly dodržovány její jednotlivé fáze a to přípravná fáze, fáze analýzy a zabezpečení statistické stability, fáze analýzy a zabezpečení způsobilosti procesu a fáze vlastní statistické regulace.

V přípravné fázi se nejdříve identifikovaly cíle regulace, pak následoval výběr procesu, zvolení znaku jakosti, stanovení kontrolních míst, vymezení 6M, výběr vhodného RD a samotný sběr dat. Pro sběr dat bylo nutné vyhotovit nové formuláře, do kterých obsluha stroje zaznamenávala naměřené hodnoty obrobků.

Pro druhou fázi bylo nutné nejprve sestrojít histogram z naměřených dat, aby se mohlo přistoupit k sestrojení regulačního diagramu.

Po sestrojení R diagramu se ukázalo, že podskupina č. 14 leží mimo horní regulační mez a bylo třeba určit příčinu. Pro zjištění příčin variability procesu, jsem doporučila sestrojení Diagram příčina-následek a Paretovu analýzu. Touto analýzou jsem dospěla k závěru, že 80% neshod je způsobeno člověkem, strojem a materiálem.

Jakmile byla příčina zjištěna a odstraněna, začala se SPC s novým R diagramem bez hodnot ze 14. výběru. Po sestrojení nového R diagramu s přepočtenými hodnotami pro CL, LCL a UCL vyplynulo, že je proces z hlediska variability uvnitř výběrů statisticky

zvládnutý. Proto bylo možné přistoupit k sestrojení a analýze $\bar{x}$ diagramu. $\bar{x}$ diagram byl stejně jako druhý R diagram vypočítán již bez 14. výběru. Z obrázku bylo patrné, že na proces i z hlediska polohy nepůsobila žádná vymezitelná příčina (což znamená, že je proces statisticky zvládnutý) a přistoupilo se k další fázi SPC. Touto další fází byla analýza a zabezpečení způsobilosti procesu.

7.2 Vyhodnocení způsobilosti procesu

Způsobilost procesu udává, je-li proces, schopen vyrábět výrobky v tolerančním poli. Provedenou analýzou se zjistilo, že hodnoty indexů jsou pro $C_p = 6,8$, $C_{pk} = 6,02$ a $C_{pm} = 2,667$. Když se hodnota C_p vyjádřila v procentech, vyšlo, že toleranční interval je využit pouze na 14,7%. Z těchto hodnot plyne, že proces je způsobilý, velmi štíhlý, ale špatně vycentrován. Jeho poloha je blíže k USL, což vyžaduje seřízení stroje blíže k LSL.

7.3 Náměty a doporučení

Na základě analýzy vymezitelných příčin variability procesu, bych doporučila firmě MEDTEC-VOP, s. r. o. zaměřit se na vypracování plánů školení zaměstnanců a průběžně jejich znalosti kontrolovat.

U materiálu je potřeba požadovat od dodavatelů materiálové atesty, aby se zamezilo vstupu nekvalitního materiálu do výroby.

Na základě případové studie bych doporučila snížit intervaly odběru z 25 minut na 20 a to z toho důvodu, že zde hrozí opotřebení plátek nožů. Dále bych doporučila zakoupení vysoce kvalitních nožů např. od firmy Sandvick nebo Iscar. Tyto nože jsou sice dražší, než-li obyčejné nože, ale zato vydrží déle.

Další doporučení je, aby se hotové výrobky nedávaly jen tak do bedny, ale aby byly dávány za sebou tak, jak byly vyrobeny (zachovat pořadí výroby a nesmíchat je v bedně),

protože zjistí-li se působení vymezipitelné příčiny, musí se provést kontrola výrobků, jež byly před tímto výběrem vyrobeny. Toto nelze rychle provést, neboť není jisté, které výrobky to byly.

Dále bych společnosti MEDTEC-VOP, s. r. o. doporučila zavedení statistické přejímky, po realizaci SPC a to zejména z toho důvodu, aby mohlo dojít k tzv. občasné přejímce podle normy ČSN ISO 2859-3. Tato přejímka by zjednodušila dodavatelsko-odběratelské vztahy.

8. Ekonomické vyhodnocení

Cílem této kapitoly je vyhodnocení nákladů a výnosů spojených se zavedením statistického řízení jakosti.

Náklady vložené do aktivit jakosti (zajišťování, řízení, zlepšování, zdokonalování), mají téměř vždy značně viditelnou návratnost, ale přínosy se dostávají se značným zpožděním. To je ovšem běžné u každé nové záležitosti. Proto si vedení společnosti vždy klade otázku kolik to stojí a kdy se to vrátí. V případě zavedení statistické regulace procesu do výroby ve společnosti MEDTEC-VOP, s. r. o., jsou náklady mizivé, ale přínosy velké.

Jednotlivé náklady rozdělím na :

a) Náklady na vady.

Celkově dojde k poklesům nákladům na vady, neboť se zavedením SPC dojde ke snížení reklamací. Se stabilním výrobním procesem a se způsobilostí procesu C_p a $C_{pk} = 1,33$, je pravděpodobnost vzniku jedné hodnoty mimo toleranční pole nejvýše 6,38%. Spolu se snížením reklamací dojde ke snížení výdajů na odstraňování škod a ztrát zákazníků.

b) Náklady na zavedení SQC.

Náklady na samotné zavedení SQC ve výrobě Kroužků nebudou nikterak vysoké, neboť ke statistické regulaci stačí vyhotovit nové formuláře, mít software, který bude schopen SPC vyhodnotit a mít kalibrovaná měřidla. Podnik MEDTEC-VOP, s. r. o. má a používá MS Excel, který postačí pro hodnocení SPC, proto výdaje na pořízení SW budou prakticky nulové.

Měřidla, které se používají, a to především digitální pistolové dutinoměry, jsou pravidelně kontrolovány přímo v podniku, proto náklady na kalibraci budou v podstatě také nulové.

V předchozích kapitolách jsem firmě doporučila nakoupit nové plátky nožů, které jsou značkové, s delší životností, ale dražší než-li ty stávající. Dále jsem firmě doporučila koupit stabilizátor el. napětí, aby nedocházelo k výkyvům elektrického proudu, které má za následek změnu obrábění.

c) Náklady na prevenci špatné jakosti a na její odhalování.

To jsou takové náklady, které se týkají výcviku, školení pracovníků, plánování jakosti, programů motivace k jakosti, dohod o jakosti s dodavateli a kontrol. Pro správné zavedení statistického řízení a jejího dalšího uplatnění, je potřeba provést školení všech lidí, od dělníků až po management.

Přínosy

Ekonomické přínosy aktivit jakosti jsou založeny na tom, že se především systematicky předchází vzniku špatné jakosti, a když už špatná jakost vznikne, tak se pomocí SPC systematicky vyhledává, identifikuje a odstraňuje co nejdříve, aby se k ní ve výrobním procesu nepřidávaly zbytečně další náklady.

Přínosy ovšem nelze chápat jako ryze finanční, protože se dobře nedá každý přínos převést přímo na peníze. Týká se to především přínosů pro lidskou společnost: vzdělání, spokojenosti zákazníků, životního prostředí (méně zmetků, méně odpadu), apod.

a) Přínosy vznikající u výrobce.

Podniku se sníží variabilita procesu, proces výroby bude stálý a tím bude produkovat minimum vadných výrobků. Toto snížení nekvality podniku umožní snížit náklady (na reklamaci a na opravy) a tím zvýšit zisk.

b) Přínosy vznikající u uživatele.

Poroste důvěra zákazníků, dojde ke snížení reklamací, zvýšení bezpečnosti, snížení problémů s užitím výrobků apod. A jelikož se podnik MEDTEC-VOP, s. r. o. orientuje na požadavky zákazníků, jsou toto velmi důležité aspekty pro zavedení SQC.

9. Závěr

Zabývala jsem se statistickým řízením kvality, především statistické regulace procesu měřením.

V teoretické části jsem se zaměřila na uplatnění statistické regulace procesu.

Ukázka praktické aplikace SPC, byla provedena formou případové studie na Kroužku č. 3418 122/03 a to ze dvou důvodů. Jednak proto, že to bylo přání zákazníka, a jednak proto, že tato výroba je v podniku stálá a sériová. Je tedy jen málo pravděpodobné, že by v podniku MEDTEC-VOP, s. r. o. došlo ke zrušení výroby přesných obrobků. Podnik MEDTEC-VOP, s. r. o. vyrábí Kroužky na stroji CNC, na tzv. Tornádu a na RNC7 z dutých trubek. Tyto trubky společnost MEDTEC-VOP, s. r. o. objednává 6 měsíců dopředu od svého stálého dodavatele. Tento dodavatel dodává trubky o délce 3 metry. Jelikož Tornádo nepracovává takto dlouhé trubky, musí se nejdříve tzv. předpřipravit na dělicích pilách. Vznikne tak polotovar o délce necelých 14 cm z něhož se na Tornádu vyrobí 4 kusy Kroužků.

Data pro uplatnění případové studie se sbírala u Tornáda po pěti kusech v intervalech po 25 minutách. Získalo se tak 100 hodnot. Z těchto naměřených hodnot se vypočítaly regulační meze, zanesly se do regulačních diagramů a provedlo se vyhodnocení. Analýzou regulačních diagramů bylo zjištěno, že ve 14. podskupině působí vymezitelná příčina, a bylo nutné ji odstranit. Po odstranění se regulační meze přepočítaly bez vypuštěné 14. podskupiny a zakreslily se do nových regulačních diagramů. Z nich pak vyplynulo, že výrobní proces je již tzv. „pod kontrolou“.

Studie způsobilosti ukázala, že výrobní proces je způsobilý, neboť všechny indexy způsobilosti jsou větší než 1,33. Podrobná analýza způsobilosti však ukázala, že stroj je špatně vycentrován a blíží se k hodnotě USL. Bylo proto doporučeno nastavení stroje blíže k LSL.

Z provedené Paretovy analýzy, vyšlo, že 80% neshod zapříčiní člověk, materiál a stroj. Na základě tohoto výsledku jsem doporučila zaměřit pozornost především na tyto tři příčiny vedoucí k variabilitě ve výrobním procesu.

Z ekonomického hlediska zavedení SPC do podniku MEDTEC-VOP, s. r. o. povede ke snížení nákladů především na reklamaci, odstraňování vad a prostojů z nevýroby. Zvýšení nákladů se dá předpokládat u výdajů na prevenci špatné jakosti a jejího odhalování. Přínosy ze zavedení SPC budou především v tom, že se výroba stane stabilní, odstraní se variabilita způsobená vymezitelnými příčinami a zvýší se důvěra zákazníků.

Pro další zlepšení dodavatelsko-odběratelských vztahů, firmě MEDTEC-VOP, s. r. o. doporučuji ještě zavést statistickou přejímku dle ČSN ISO 2859-3.

Seznam literatury:

- [1] Václavek, J. *Statistická regulace výrobních procesů*. 1.vyd. České Budějovice: Bartoň QSV, 1996. ISBN 80-902236-0-5
- [2] Nenadál, J., aj. *Moderní systémy řízení jakosti*. 2.vyd. Praha: Management Press, 2002. ISBN 80-7261-071-6
- [3] Tošenovský, J. a Noskiewičová, D. *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. 1. vyd. Ostrava: Montanex a.s., 2000. ISBN 80-7225-040-X
- [4] Noskiewičová, D. *Statistické metody v řízení jakosti*. 1.vyd. Ostrava: VŠB-Technická univerzita Ostrava, 1996. ISBN 80-7078-318-4
- [5] Chase, R.B. and Aquilano, N.J. *Production and Operations Management*. 7th.ed. Chicago: IRWIN, 1995. ISBN 0-256-14023-5
- [6] Libal V., aj. *Organizace a řízení výroby*, 7.vyd. Praha: SNTL Alfa, 1989. ISBN 80-0300-050-5
- [7] Shigeru M. *Řízení jakosti*, 1.vyd. Praha: Victoria Publishing, 1994. ISBN 8085605384
- [8] BRUGE, G. *Six Sigma for Managers*. 1.th ed. London: Mc Graw-Hill, 2002. ISBN 0-07-138755-2
- [9] Nenadál, J. *Měření v systémech managementu jakosti*. 1. vyd. Praha: Management Press, 2001. ISBN 80-7261-054-6
- [10] Janeček, Z. *Zajišťování jakosti*. 1. vyd. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2001.

ISBN 80-7082-807-2

- [11] Kožíšek, J. *Statistické zabezpečování jakosti*. 2. vyd. Praha: ČVUT, 2001.

ISBN 80-01-02304-4

- [12] *ISO 9000 – pracovní pomůcka pro podniky a organizace při výstavbě systému zabezpečování jakost*. 1. vyd. České Budějovice: Bartoň-QSV, 1991.

- [13] *Využití sedmi jednoduchých nástrojů při realizaci norem ISO řady 9000 v praxi. 1.díl Použití statistické regulace v systému zabezpečování jakosti dle norem ISO řady 9000*. Praha: Česká společnost pro jakost, 1991.

- [14] *Využití sedmi jednoduchých nástrojů při realizaci norem ISO řady 9000 v praxi. 2.díl Nástroje pro řízení a zdokonalování jakosti v systému zabezpečování jakosti dle ISO řady 9000*. Praha: Česká společnost pro jakost, 1992.

- [15] Čech, J. *Statistické řízení jakosti*. 1.vyd.Brno: Vysoké učení technické v Brně, 1993. ISBN 80-214-0528-7

Seznam příloh

Počet stran

Příloha č. 1: Certifikát společnosti MEDTEC-VOP, s. r. o.	1
Příloha č. 2: Organizační struktura společnosti MEDTEC-VOP, s. r. o.	1
Příloha č. 3: Sběrná karta vad	1
Příloha č. 4: Vztahy pro výpočet CL, UCL,LCL	1
Příloha č. 5: Technický výkres	1
Příloha č. 6: Obrázek Kroužku	1
Příloha č. 7: Naměřené hodnoty	1
Příloha č. 8: Součinitelé pro výpočet CL a regulačních mezí	1
Příloha č. 9: Ishikawův diagram	1
Příloha č. 10: Situace v RD	1