

Statistické metody zabezpečování kvality ve výrobě

Štěpán Pospíšilík

Bakalářská práce
2014



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky
Ústav statistiky a kvantitativních metod
akademický rok: 2013/2014

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Štěpán POSPÍŠILÍK**
Osobní číslo: **M10299**
Studijní program: **B6208 Ekonomika a management**
Studijní obor: **Management a ekonomika**
Forma studia: **prezenční**

Téma práce: **Statistické metody zabezpečování kvality ve výrobě**

Zásady pro vypracování:

Úvod

I. Teoretická část

- Zpracujte literární rešerši a popište statistické metody vhodné pro řešení zabezpečování kvality ve výrobě.

II. Praktická část

- Analyzujte stávající stav využití statistických metod ve výrobních procesech firmy Toray Textiles Central Europe, s.r.o.
- Proveďte aplikaci vhodných statistických metod pro zvýšení kvality u vybraných výrobních procesů a proveďte analýzu dat.
- Na základě výsledků analýzy navrhnete doporučení.

Závěr

Rozsah bakalářské práce: **40 stran**
Rozsah příloh:
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná/elektronická**

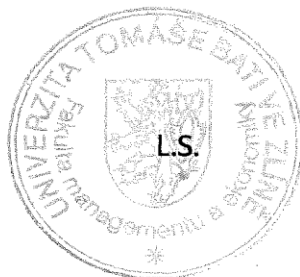
Seznam odborné literatury:

HEBÁK, Petr. Vícerozměrné statistické metody (I). Vyd. 1. Praha: Informatorium, 2004, 239 s. ISBN 8073330253.
HINDLS, Richard, Ilja NOVÁK a Stanislava HRONOVÁ. Metody statistické analýzy pro ekonomy. 2. přeprac. vyd. Praha: Management Press, 2000, 249 s. ISBN 8072610139.
MAREK, Luboš. Pravděpodobnost. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2012, 249 s. ISBN 978-80-7431-087-4.
NOSKIEVIČOVÁ, Darja a Josef TOŠENOVSKÝ. Statistické metody pro zlepšování jakosti. Ostrava: Montanex, 2000, 362 s. ISBN 807225040x.
TAGUCHI, Genichi et al. Taguchi's quality engineering handbook [online]. Livonia, Mich.: ASI Consulting Group, c2005, xxxii, 1662 p. [cit. 2013-11-14]. ISBN 04-714-1334-8.
Dostupné z: databáze Knovel

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Martin Jurásek**
Ústav statistiky a kvantitativních metod
Datum zadání bakalářské práce: **22. února 2014**
Termín odevzdání bakalářské práce: **16. května 2014**

Ve Zlíně dne 22. února 2014


prof. Dr. Ing. Drahomíra Pavelková
děkanka




Ing. Radek Benda, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že:

- odevzdáním bakalářské/diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby¹;
- bakalářská/diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému,
- na mou bakalářskou/diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3²;
- podle § 60³ odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;

¹ zákon č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, § 47b Zveřejňování závěrečných prací:

- (1) Vysoká škola nevydělčně zveřejňuje disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce, u kterých proběhla obhajoba, včetně posudků oponentů a výsledku obhajoby prostřednictvím databáze kvalifikačních prací, kterou spravuje. Způsob zveřejnění stanoví vnitřní předpis vysoké školy.
- (2) Disertační, diplomové, bakalářské a rigorózní práce odevzdané uchazečem k obhajobě musí být též nejméně pět pracovních dnů před konáním obhajoby zveřejněny k nahlížení veřejnosti v místě určeném vnitřním předpisem vysoké školy nebo není-li tak určeno, v místě pracoviště vysoké školy, kde se má konat obhajoba práce. Každý si může ze zveřejněné práce pořizovat na své náklady výpisy, opisy nebo rozmnoženiny.
- (3) Platí, že odevzdáním práce autor souhlasí se zveřejněním své práce podle tohoto zákona, bez ohledu na výsledek obhajoby.

² zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 35 odst. 3:

- (3) Do práva autorského také nezasahuje škola nebo školské či vzdělávací zařízení, užije-li nikoli za účelem přímého nebo nepřímého hospodářského nebo obchodního prospěchu k výuce nebo k vlastní potřebě dílo vytvořené žákem nebo studentem ke splnění školních nebo studijních povinností vyplývajících z jeho právního vztahu ke škole nebo školskému či vzdělávacího zařízení (školní dílo).

³ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

- (1) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení mají za obvyklých podmínek právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla (§ 35 odst. 3). Odpírá-li autor takového díla udělit svolení bez vážného důvodu, mohou se tyto osoby domáhat nahrazení chybějícího projevu jeho vůle u soudu. Ustanovení § 35 odst. 3 zůstává nedotčeno.

- podle § 60⁴ odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – bakalářskou/diplomovou práci - nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům.

Prohlašuji, že:

- jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a použité informační zdroje jsem citoval;
- odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně14.5.2014.....

.....*Pepiněk*.....

⁴ zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, § 60 Školní dílo:

(2) Není-li sjednáno jinak, může autor školního díla své dílo užít či poskytnout jinému licenci, není-li to v rozporu s oprávněnými zájmy školy nebo školského či vzdělávacího zařízení.

(3) Škola nebo školské či vzdělávací zařízení jsou oprávněny požadovat, aby jim autor školního díla z výdělku jím dosaženého v souvislosti s užitím díla či poskytnutím licence podle odstavce 2 přiměřeně přispěl na úhradu nákladů, které na vytvoření díla vynaložily, a to podle okolností až do jejich skutečné výše; přitom se přihlédá k výši výdělku dosaženého školou nebo školským či vzdělávacím zařízením z užití školního díla podle odstavce 1.

ABSTRAKT

Pro svou bakalářskou práci jsem si zvolil téma: Statistické metody zabezpečování kvality ve výrobě. Cílem této práce je aplikace některých statistických metod ve výrobním procesu TTCE s.r.o. V teoretické části se věnuji popisu některých statistických metod regulace procesu a Taguchiho metodám on-line. V praktické části představím společnost a následně aplikuji statistické metody z teoretické části na podnik.

Klíčová slova:

CUSUM, EWMA, Hotellingův diagram, K-S test, normální rozdělení, Shewhartovy regulační diagramy, Taguchiho metody on-line

ABSTRACT

For my bachelor thesis I chose the theme Statistical Methods for Quality Assurance in Production. The aim of this work is the application of some statistical methods in the production process in TTCE s.r.o. Theoretical part describes some statistical methods of process control and Taguchi's on-line methods. In practical part I will introduce company and then apply statistical methods from the theoretical part to the company.

Keywords:

CUSUM, EWMA, Hotelling's diagram, K-S test, Normal distribution, Shewhart's regulation diagrams, Taguchi's on-line methods

Touto cestou bych rád poděkoval vedoucímu mé bakalářské práce Ing. Martinu Juráskovi, který mi poskytl důležité rady, cenné připomínky a hlavně odborné vedení. Dále bych chtěl poděkovat vedení Toray Textiles Central Europe s.r.o. za možnost zpracování bakalářské práce v této firmě. A v neposlední řadě chci poděkovat Ing. Ireně Havlanové a Ing. Tomáši Zikmundovi za rady a čas, který mi věnovali a bez kterých by tato práce nevznikla.

.

OBSAH

ÚVOD	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 STATISTICKÁ REGULACE PROCESU	12
1.1 FÁZE STATISTICKÉ REGULACE PROCESU (SPC)	12
1.1.1 Přípravná fáze.....	12
1.1.2 Fáze zabezpečení statistické zvládnutosti (stability) procesu	13
1.1.3 Fáze analýzy způsobilosti procesu (Capability Analysis).....	14
1.1.4 Fáze vlastní statistické regulace procesu.....	14
1.2 PRINCIPY REGULAČNÍCH DIAGRAMŮ	14
1.2.1 Základní charakteristika regulačních diagramů	14
1.2.2 Interpretace regulačního diagramu.....	16
1.2.3 Členění regulačních diagramů.....	18
1.2.4 Obecný postup při sestavení a analýze regulačního diagramu.....	19
1.3 NORMÁLNÍ ROZDĚLENÍ.....	20
1.3.1 Test dobré shody χ^2	20
1.3.2 Kolmogorovův-Smirnovův test.....	21
1.3.3 Distribuční funkce	21
1.4 KORELACE	21
2 REGULAČNÍ DIAGRAMY	23
2.1 SHEWHARTOVY REGULAČNÍ DIAGRAMY.....	23
2.1.1 Regulační diagramy (\bar{x} , S)	23
2.1.2 Regulační diagram R.....	24
2.1.3 Regulační diagram pro individuální hodnoty (x_i)	24
2.2 HOTELLINGŮV DIAGRAM.....	25
2.3 EWMA	26
2.4 CUSUM.....	27
2.4.1 Interpretace průběhu diagramu CUSUM	28
2.4.2 Rozhodovací kritéria diagramu CUSUM.....	28
3 TAGUCHIHO METODY ON-LINE	30
3.1 ZTRÁTOVÁ FUNKCE	30
3.1.1 Ztrátová funkce	31
3.1.2 Standardizovaná ztrátová funkce	33
3.1.3 Vícerozměrná ztrátová funkce	33
3.2 CELKOVÉ NÁKLADY NA JAKOST	33
3.2.1 Kontrola všech výrobků	33
3.2.2 Kontrola po n výrobcích.....	34
4 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRO PRAKTICKOU ČÁST	35
II PRAKTICKÁ ČÁST	36
5 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI	37
5.1 TORAY TEXTILES CENTRAL EUROPE S.R.O. (TTCE).....	38
5.1.1 Historie	38
5.1.2 Výrobky.....	38

5.1.3	Organizační struktura	40
5.2	POUŽITÝ STATISTICKÝ PROGRAM QC EXPERT.....	40
5.2.1	Data	41
5.2.2	Grafy	41
5.2.3	Protokol	42
5.2.4	Základní charakteristika výrobku.....	43
5.2.5	Předpoklady pro sestavení regulačních diagramů.....	43
5.3	TEST NORMALITY	43
5.3.1	Posouzení normality pomocí explatorních grafů	44
5.3.2	Kolmogorov-Smyrnov test.....	45
5.4	KORELACE	46
5.5	HOMOGENITA.....	47
5.6	SHEWHARTOVY REGULAČNÍ DIAGRAMY.....	48
5.7	HOTELLINGŮV DIAGRAM.....	49
5.8	EWMA	51
5.8.1	Test závislosti.....	51
5.8.2	EWMA digram.....	52
5.9	CUSUM.....	53
6	NADPIS TAGUCHIHO METODY.....	56
6.1	VÍCEROZMĚRNÁ ZTRÁTOVÁ FUNKCE.....	56
6.1.1	Vícerozměrná ztrátová funkce	56
7	NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ.....	59
	ZÁVĚR	62
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	63
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	65
	SEZNAM OBRÁZKŮ	66
	SEZNAM TABULEK.....	68
	SEZNAM PŘÍLOH.....	69

ÚVOD

Spokojenost zákazníka je určitě jednou z priorit dnešních firem. Aby mohl být zákazník s firmou spokojený, musí mu nabídnout kvalitní výrobek za přijatelnou cenu. Z tohoto důvodu je na zajištění kvality výrobků kladen ve firmách značný důraz. Pro posouzení zda je výrobek kvalitní nebo ne se ve většině firem používají statistické metody. Tyto metody byly vytvořeny, aby pomohly mapovat vlastnosti výrobků a procesů. A snížily tak možnost výroby nekvalitního zboží nebo služeb.

Cílem této práce je analyzovat pomocí statistických metod úroveň kvality výrobků ve firmě Toray Textiles Central Europe s.r.o. a následně vyvodit doporučení, které by mělo mít za následek zvýšení počtu kvalitních výrobků, snížení nákladů na kvalitu a zjednodušení procesu analýzy dat získaných z výroby.

V teoretické části se budu věnovat klasickým Shewhartovým regulačním diagramům a podmínkám, za kterých je lze použít. Následně uvedu některé vícerozměrné statistické metody regulace procesu, jako jsou např. Hotellingovy diagramy, CUSUM a EWMA. Tyto diagramy porovnam se Shewhartovými diagramy a zhodnotím možnost jejich použití v praktické části.

Mimo to se ještě budu věnovat Taguchiho metodám a to zejména ztrátové funkci. Tyto metody se totiž jeví jako levná alternativa při posuzování úrovně kvality, která má navíc široké pásmo uplatnění.

V praktické části aplikuji zmíněné metody na data získaná ve firmě Toray Textiles Central Europe s.r.o. Pro tuto aplikaci nejdříve otestuji možnosti použití regulačních diagramů. Na základě výsledků testů stanovím hypotézy, podle kterých sestavím regulační diagramy. Pro získaná data sestrojím vícenásobnou ztrátovou funkci. Tato funkce mi znázorní úroveň ztráty, se kterou předchozí metody nepočítaly. Výsledky regulačních diagramů a ztrátové funkce podrobím analýze a následně vyvodím doporučení.

Pro analýzu a grafické znázornění dat použiji statistický program QC Expert.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 STATISTICKÁ REGULACE PROCESU

Statistická regulace procesu (Statistical Process Control) představuje preventivní nástroj řízení jakosti, který umožňuje včasné odhalování významných odchylek od předem stanovené úrovně. SPC umožňuje realizovat zásahy do procesu a tím jej dlouhodobě udržovat na požadované a stabilní úrovni nebo umožnit proces dále zlepšovat.

(Tošenovský a Noskievičová, 2000, str. 165)

1.1 Fáze statistické regulace procesu (SPC)

Hlavním cílem statistické regulace procesu je dosahování a udržování procesu ve statisticky zvládnutém stavu tak, aby se zajistila shoda produktů se specifikovanými požadavky. (tj. způsobilý proces)

Hlavní cíl SPC se realizuje v několika fázích:

1. Fáze přípravná
2. Fáze zabezpečování stavu statistické zvládnutosti procesu
3. Fáze analýzy a zabezpečení způsobilosti procesu
4. Fáze vlastní statistické regulace procesu

(Tošenovský a Noskievičová, 2000, str. 166-167)

1.1.1 Přípravná fáze

Během přípravné fáze je nutné realizovat několik kroků:

1. Identifikace cíle regulace.
2. Stanovení znaků jakosti nebo parametrů procesu, které budou představovat regulovanou veličinu. Hodnoty těchto znaků je třeba zjišťovat a zaznamenávat. Dále je nutné rozhodnout, zda se bude na každém vybraném produktu sledovat jeden či simultánně více znaků jakosti.
3. Stanovení kontrolních míst v procesu tak, aby v co nejkratším časovém horizontu po zjištění vzniku odchylky byla provedena kontrola. Cílem tohoto je minimalizace vícenákladů na opravy, případně náklady na odpad atd.
4. Zvolení vhodné metody k získání vybraných hodnot zvoleného znaku jakosti. Součástí by měla být také analýza měřicího systému.

5. Zvolení vhodné délky kontrolního intervalu vzhledem k vlastnostem technologie výroby, pracnosti provedení procesu do podskupiny atd. Obecně lze stanovit pravidlo, které říká, že v procesech s nižší stabilitou je potřeba měřit častěji a na začátku statistické regulace využít kratšího kontrolního intervalu, který se bude později dále prodlužovat.
6. Zvolení vhodného způsobu regulace výběru tzn. logické podskupiny (Rational Subgroup). Logickými podskupinami máme na mysli takové výběry, v rámci kterých lze předpokládat působení pouze náhodných příčin.
7. Zvolení adekvátního rozsahu výběru.
8. Zvolení vhodného typu regulačního diagramu
9. Příprava sběru a záznamu dat

(Tošenovský a Noskiewičová, 2000, str. 168)

1.1.2 Fáze zabezpečení statistické zvládnutosti (stability) procesu

Cílem je identifikovat a minimalizovat, případně odstranit působení vymezených vlivů. Dále vytvoření podmínek tak, aby se jejich působení nemohlo opakovat. Při analýze a zajišťování statistické zvládnutosti se obecně doporučuje pracovat s regulačními diagramy.

(Tošenovský a Noskiewičová, 2000, str.169-170)

Používáme-li dvojice diagramů (\bar{x} , R), je postup následující:

1. Sestrojení regulačního diagramu pro výběrová rozpětí (R).
2. Provedení analýzy regulačního diagramu (R). Jsou-li v regulačním diagramu body mimo regulační meze, trendy nebo nenáhodná seskupení, provede se identifikace vymezených příčin a přijme se opatření, které jejich působení omezí nebo zcela eliminuje.
3. Vypuštění výběrů, u kterých byly signalizovány vymezené příčiny. Následné přepočtení střední přímký a regulační meze.
4. Fáze 1 - 3 se opakují tak dlouho, až všechny body leží uvnitř regulačních mezí a nevykazují žádná nenáhodná seskupení. Cílem není eliminovat nepohodlné hodnoty, ale stanovit regulační meze tak, aby efektivně vymezovaly pásmo působení pouze náhodných vlivů.
5. Stejný postup se provede u diagramu znázorňující výběrové průměry (\bar{x}), ale bez výběrů vypuštěných v bodě 3.

(Tošenovský a Noskiewičová, 2000, str.169-170)

1.1.3 Fáze analýzy způsobilosti procesu (Capability Analysis)

Pro zdokonalování procesu pomocí statistické regulace se používá analýza způsobilosti procesu (Capability Analysis). Zde se zkoumá, jestli je proces po předchozích fázích schopný splnit požadavky zákazníků, které jsou určeny formou tolerančních mezí.

(Tošenovský a Noskiewičová, 2000, str.170)

1.1.4 Fáze vlastní statistické regulace procesu

V této fázi se již proces udržuje ve stavu, kdy ho lze považovat za statisticky zvládnutý a způsobilý. Pomocí regulačního diagramu dochází k signalizaci poruch ve stabilitě procesu. Tyto poruchy se pomocí regulačních diagramů identifikují a následně odstraní. Tyto regulační diagramy používají regulační meze, které byly stanoveny ve fázi zajištění statistické zvládnutelnosti a také se zohledněním výsledků analýzy způsobilosti procesu. Tyto jsou dlouhodobého charakteru, protože jejich platnost trvá od doby změny procesu. U této změny se předpokládá, že bude nadále působit i v budoucnu a příčinu je možné identifikovat.

(Tošenovský a Noskiewičová, 2000, s. 170)

1.2 Principy regulačních diagramů

Regulační diagramy patří k základním nástrojům pro regulaci jakosti při výrobních procesech. Dají se však použít zcela obecně všude tam, kde jsou postupně v čase získávány informace o jakosti. V praxi nejrozšířenějším typem je v současnosti Shewhartův regulační diagram. Tento diagram navrhl v květnu 1924 W.A. Shewhart z Bell Telephone Laboratories. Další možností při aplikaci SPC je použití některých typů speciálních regulačních diagramů např. CUSUM, EWMA nebo Hotellingovy regulační diagramy, které mohou na rozdíl od Shewhartových regulačních diagramů sledovat více znaků jakosti současně.

(Meloun, 2012, str. 904)

1.2.1 Základní charakteristika regulačních diagramů

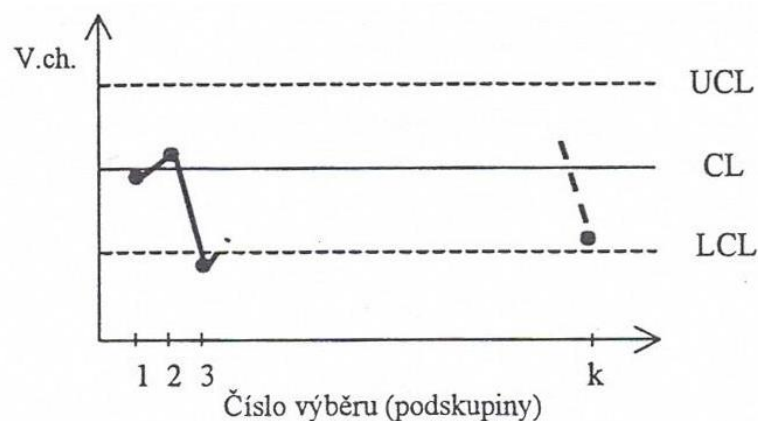
Za základní nástroj pro SPC je považován regulační diagram. Tento grafický prostředek zobrazuje vývoj variability procesu v čase. Využívá k tomu principy testování statistických hypotéz.

(Kovářík, 2012)

Pro rozhodnutí o tom, jestli se dá proces považovat za statisticky zvládnutý nebo ne se používají 3 základní čáry:

- **CL** střední čára (Central Line) jedná se o referenční požadovanou hodnotu pro znázorňovanou charakteristiku
- **UCL** horní regulační mez (Upper Control Limit), určuje maximální úroveň vlastností, kterých musí proces dosahovat, aby se dal ještě považovat za statisticky zvládnutý.
- **LCL** je dolní regulační mez (Lower Control Limit), určuje minimální úroveň vlastností, kterých musí proces dosahovat, aby se dal ještě považovat za statisticky zvládnutý.

(Kovářík, 2012)



V.ch. = výběrová charakteristika použitá jako testové kritérium v daném regulačním diagramu (např. \bar{x} , R, s, ...)

Obrázek 1 Základní struktura regulačního diagramu

(Zdroj: Noskievičová, Tošenovský, 2000, str. 171)

V některých případech se horní a dolní regulační meze označují jako tzv. akční meze. Akční meze vymezují pásma působnosti pouze náhodných příčin variability a napomáhají při rozhodnutí, zda je nutné udělat zásah do procesu nebo ne. V někdy se navíc do regulačních diagramů přidávají tzv. výstražné meze (UWL a LWL)

- **UWL** – horní výstražná mez (Upper Warning Limit)

- **LWL** – dolní výstražná mez (Lower Warning Limit)

Tyto výstražné meze bývají umístěny blíže CL než UCL a LCL, nejčastěji se jedná $\pm 2\sigma$ od CL.

(Kovářík, 2012)

1.2.2 Interpretace regulačního diagramu

Pro interpretaci regulačního diagramu platí obecně základní pravidlo:

a) Leží-li všechny body uvnitř UCL a LCL, je proces pokládán za statisticky zvládnutý a není vyžadován žádný zásah do procesu.

b) Leží-li některý bod mimo regulační mez UCL nebo LCL, je proces pokládán za statisticky nezvládnutý, je vyžadována identifikace vymezené příčiny této odchylky a přijetí opatření s cílem úplné či alespoň částečné eliminace vymezeného vlivu.

(Tošenovský a Noskievičová, 2000, s. 173)

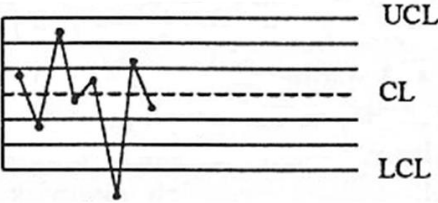
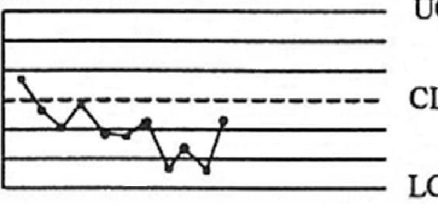
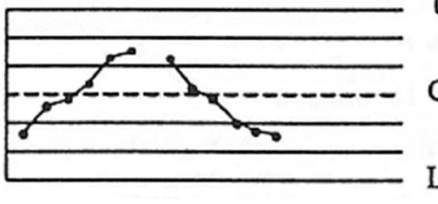
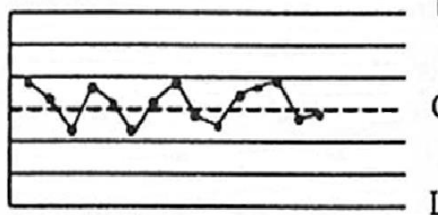
V případě, že použijeme výstražné meze, mohou zde navíc nastat další dvě skutečnosti:

- Uvnitř výstražných mezí leží nějaký bod – v tomto případě se vychází z předpokladu, že se proces nachází ve statisticky zvládnutém stavu a není nutné do procesu zasahovat.
- Některý z bodů se nachází mezi UWL a UCL případně mezi LWL a LCL. Pokud nastane tato možnost, tak se bez ohledu na kontrolní interval provede další výběr. Pokud nově získaný bod leží na intervalu mezi výstražnými mezemi, není vyžadován zásah do procesu. V případě, že se tento bod nachází mimo výstražné meze, jedná se o signál, že zde působí nějaké vymezené příčiny a musí se provést zásah do procesu.

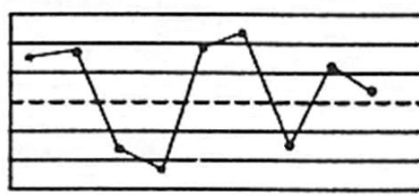
(Tošenovský a Noskievičová, 2000, str.173)

Tabulka 1 Nejčastěji používané testy nenáhodných seskupení

(Zdroj: Tošenovský a Noskvičová, 2000, str.174)

Situace v regulačním diagramu	Možné vymežitelné příčiny
<p>Popis</p>  <p>Body mimo regulační meze</p>	<p>Regulační diagram (R)</p> <ul style="list-style-type: none"> - zvětšení rozptylu vlivem změny v prvcích procesu v daném okamžiku - změna měřidla, kontrolora - vylepšení dat <p>Regulační diagram (\bar{x})</p> <ul style="list-style-type: none"> - proces se posunul právě u dané podskupiny - změna měřicího systému
 <p>9 bodů za sebou leží nad CL nebo pod CL</p>	<p>Regulační diagram (R)</p> <ul style="list-style-type: none"> - zvětšení (zmenšení) rozptylu vlivem změny v prvcích procesu - změna měřidla, kontrolora - vylepšení dat <p>Regulační diagram (\bar{x})</p> <ul style="list-style-type: none"> - změna měřidel, způsobu měření - změna prvků procesu
 <p>6 bodů za sebou stoupá nebo klesá (trend)</p>	<p>Regulační diagram (R)</p> <ul style="list-style-type: none"> - zvětšení (zmenšení) rozptylu vlivem změny v prvcích procesu - změna měřidla, kontrolora - vylepšení dat <p>Regulační diagram (\bar{x})</p> <ul style="list-style-type: none"> - opotřebení nástroje
	<p>Oba regulační diagramy</p> <ul style="list-style-type: none"> - nesprávně vypočtené meze - nesprávně kalibrované měřidlo - podskupiny obsahují výrobky ze dvou či více strojů

15 bodů v řadě za sebou leží ve vnitřní třetině pásma mezi regulačními mezemi - zlepšení procesu



UCL Oba regulační digramy

- nesprávně vypočtené meze

- nesprávně zakreslené body

- nesprávně kalibrované měřidlo

8 bodů za sebou leží na obou stranách CL, ale žádná ve vnitřní třetině pásma mezi regulačními mezemi

- podskupiny obsahují výrobky ze dvou či více strojů, v jednom výběru jsou výrobky z jednoho stroje

- změření v procesu, v metodách měření

1.2.3 Členění regulačních diagramů

V dnešní době v sobě skrývá statistická regulace procesů velice širokou škálu prostředků analýzy procesu. V následující tabulce jsou uvedena různá členění dle vybraných hledisek.

(Tošenovský a Noskievičová, 2000, str.175)

Tabulka 2 Členění regulačních diagramů

(Zdroj: Tošenovský a Noskievičová, 2000, str. 175-176)

Hledisko	Typy regulačních diagramů
Počet regulačních mezí	<ul style="list-style-type: none"> Regulační diagramy pro jednostrannou regulaci Regulační diagramy pro oboustrannou regulaci
Charakter regulované veličiny	<ul style="list-style-type: none"> Regulační diagramy SPC měřením Regulační diagramy SPC srovnáváním
Počet znaků jakosti simultánně sledovaných na 1jednotce výběru	<ul style="list-style-type: none"> Regulační diagramy pro sledování jednoho znaku jakosti (klasické Shewhartovy diagramy) Regulační diagramy pro sledování více znaků jakosti najednou (např. Hotellingův diagram)
Stupeň opakovatelnosti procesu	<ul style="list-style-type: none"> Regulační diagramy pro proces s vysokým stupněm opakovatelnosti (klasické Shewhartovy regulační diagramy) Regulační diagramy pro procesy s nízkým stupněm opakovatelnosti (např. cílové standardizované diagra-

	my)
Zohlednění předchozích hodnot výběrové charakteristiky ve výpočtu aktuální hodnoty výběrové charakteristiky	<ul style="list-style-type: none"> • Regulační diagramy bez paměti (klasické Shewhartovy diagramy) • Regulační diagramy s pamětí (např. diagramy CUSUM, EWMA)
Použité testové kritérium	<ul style="list-style-type: none"> • Regulační diagramy pro monitorování polohy procesu (např. diagram \bar{x}) • Regulační diagramy pro sledování stejnoměrnosti procesu (např. diagram R, s) • Regulační diagramy pro sledování počtu, resp. podílu neshodných jednotek (např. diagram p) • Regulační diagramy pro sledování, počtu resp. podílu neshod (např. diagram c)
Zohlednění rizika zbytečného signálu α a rizika chybějícího signálu β	<ul style="list-style-type: none"> • Regulační diagramy pracující pouze s rizikem α (klasické Shewhartovy diagramy) • Regulační diagramy zohledňující oba druhy rizika
Závislost hodnot regulované veličiny	<ul style="list-style-type: none"> • Regulační diagramy pro nezávislá data (např. klasické Shewhartovy diagramy) • Regulační diagramy pro nezávislá data (např. diagram reziduí, dynamický EWMA diagram)

1.2.4 Obecný postup při sestavení a analýze regulačního diagramu

Poznatky týkající se regulačních diagramů lze shrnout do následujících devíti základních bodů. Tyto kroky je nutné provést bez ohledu na metodu SPC, která byla použita.

1. Volba regulované veličiny
2. Sběr a záznam dat
3. Ověření předpokladů o datech
4. Volba rozsahu výběru
5. Volba vhodného regulačního diagramu

6. Vypočet hodnot zvoleného testového kritéria (výběrové charakteristiky) pro jednotlivé výběry

7. Ověření a zajištění statistické zvládnutosti procesu

8. Ověření a zajištění statistické způsobilosti procesu

9. Vlastní regulace procesu

(Tošenovský a Noskovičová, 2000, str. 176)

1.3 Normální rozdělení

Použití některých statistických metod či postupů mnohdy velice blízce souvisí s oprávněností předpokladu o normálním rozdělení sledovaných veličin. Poměrně častá podmínka normality vyplývá nejenom z toho, že odvozená řešení mají vlastnosti, se kterými se dobře pracuje, ale často to může být z méně oprávněného přesvědčení, že není obtížné této podmínce vyhovět.

(Hebák, 2004, s. 15)

Náhodná veličina má normální rozdělení s parametry μ a σ^2 , jestliže má její hustota pravděpodobnosti tvar

$$f(x) = \frac{1}{\sigma\sqrt{2\pi}} e^{-\frac{(x-\mu)^2}{2\sigma^2}} \quad -\infty < x < +\infty$$

kde $-\infty < \mu < +\infty$, $\sigma^2 > 0$. Normální rozdělení je symetrické a jeho hustota pravděpodobnosti je symetrická kolem bodu μ .

(Marek, 2012, s. 161)

1.3.1 Test dobré shody χ^2

Tento test používáme pro testování hypotézy, že náhodný výběr pochází z nějakého zvoleného pravděpodobnostního rozdělení. Je možné testovat zvolené rozdělení s danými

(známými) parametry nebo z náhodného výběru tyto parametry odhadnout a testovat shodu empirického a zvoleného rozdělení s odhadnutými parametry. Předpokládejme tedy, že máme náhodný výběr o rozsahu n z rozdělení s distribuční funkcí $F(x; \Theta)$, kde Θ je k -rozměrný vektor známých nebo neznámých parametrů.

(Malá, 2013)

1.3.2 Kolmogorovův-Smirnovův test

Kolmogorovův-Smirnovův test je jednou z možností, jak lze testovat hypotézu o rozdělení, ze kterého pochází výběr. Tento test pracuje na základě porovnávání empirické a teoretické distribuční funkce. Kolmogorovův-Smirnovův test na rozdíl od testu χ^2 předpokládá nejen spojitě teoretické rozdělení, ze kterého daný náhodný výběr pochází, ale také znalost parametrů tohoto rozdělení. (Malá, 2013)

1.3.3 Distribuční funkce

Pro popis pravděpodobnostního chování náhodné veličiny lze univerzálně použít distribuční funkce. Tato funkce přiřazuje každému reálnému číslu x pravděpodobnost, že náhodná veličina X nabude hodnoty menší než x . Takto definovaná distribuční funkce $F(x)$ se zapisuje jako:

$$F(x) = P(X < x) \quad \text{ostrá nerovnost}$$

Někdy se také lze setkat s poněkud odlišným zápisem

$$F(x) = P(X \leq x) \quad \text{tupá nerovnost}$$

takto zapsaná distribuční funkce s tupou nerovností má potom trochu jiné vlastnosti než distribuční funkce s ostrou nerovností. Např. není spojitá zleva, ale zprava.

(Pavelka, 2000)

Je tedy třeba při čtení literatury či při používání softwaru sledovat, zda je v definici distribuční funkce použita ostrá či neostrá nerovnost. V případě nerespektování rozdílů mezi použitými nerovnostmi je možné získat při výpočtech nesprávné výsledky.

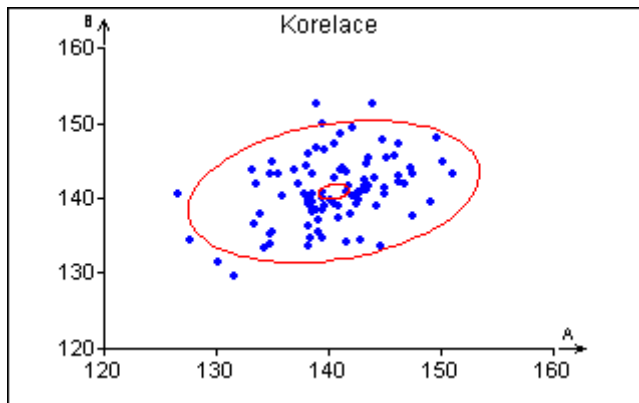
(Marek, 2012)

1.4 Korelace

Korelační analýza poskytuje důležité informace o vztazích mezi měřenými veličinami. Používá se jako jedna z pomocných metod při řízení jakosti. Korelace určuje míru lineární

závislosti mezi proměnnými. Pomocí korelačních koeficientů r se zjišťuje, zda je příslušný korelační koeficient ρ nenulový. Pokud se hodnoty korelačních koeficientů blíží 1, můžeme říct, že se jedná o silnou závislost. O tom jak velkou hodnotu korelačního koeficientu je nutné považovat za statisticky významnou závislost, lze rozhodnout na základě testu významnosti korelačního koeficientu, který zjišťuje úroveň odlišnosti od nuly.

(*TriloByte Statistical Software*)



Obrázek 2 Graf korelace

(*Zdroj: Vlastní zpracování v programu QC Expert*)

2 REGULAČNÍ DIAGRAMY

2.1 Shewhartovy regulační diagramy

Pojem regulační diagram byl zaveden W. Shewhartem v r. 1924. Tento regulační diagram má sloužit jako diagnostický nástroj pro posouzení zda je proces ve statisticky zvládnutém stavu. Shewhartův diagram musí vždy obsahovat informace jak o sledované hodnotě, tak o její variabilitě

Základní předpoklady pro sestavení Shewhartova diagramu:

Normalita dat

Konstantní střední hodnota procesu

Konstantní směrodatná odchylka

Nezávislost dat

Nepřítomnost vybočujících hodnot

(Kupka)

2.1.1 Regulační diagramy (\bar{x}, S)

Při konstrukci tohoto diagramu se vychází z logických podskupin, které tvoří průměry a směrodatné odchylky. Tyto diagramy se používají pro malé výběry, ale lze je použít pro sledování úrovně procesu i v případě, že se jedná o větší výběry.

Regulační meze a základní linie se určí u diagramu \bar{x} – průměr dle následujících vztahů:

$$CL = \bar{\bar{x}}$$

$$UCL = \bar{\bar{x}} + 3 \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - 3 \frac{\hat{\sigma}}{\sqrt{n}}$$

Pro regulační diagram S , lze základní linie a regulační meze určit dle vztahů:

$$ZL = \bar{s}$$

$$UCL = \bar{s} \sqrt{\frac{\chi_{0,99865}^2(n-1)}{n-1}}$$

$$LCL = \bar{s} \sqrt{\frac{\chi_{0,00135}^2(n-1)}{n-1}}$$

(Kupka, 106-107)

2.1.2 Regulační diagram R

Jako alternativu diagramu S lze použít diagram R pro rozpětí. Rozpětí podskupiny určuje rozdíl největší a nejmenší hodnoty $R_i = x_{\max,i} - x_{\min,i}$. Tento diagram R lze s omezenou přesností použít pro výpočet směrodatné odchylky.

Pro určení mezí a základní linie se používají vztahy založené na odhadu směrodatné odchylky:

$$\hat{\sigma}_R = d_3 \frac{\bar{R}}{d_2}$$

$$CL = \bar{x}$$

$$UCL = \bar{x} + 3\hat{\sigma}_R = D_4\bar{R}$$

$$LCL = \bar{x} - 3\hat{\sigma}_R = D_3\bar{R}$$

(Kupka, 112)

2.1.3 Regulační diagram pro individuální hodnoty (x_i)

Tento diagram se používá v případě, že z nějakého důvodu není vhodné stanovování podskupin. Tyto podskupiny jsou v tomto případě nahrazeny přímo naměřenými hodnotami x_i . Pro zjišťování variability se používá regulační diagram R. Rozpětí podskupiny je však nahrazeno naměřenými hodnotami. Tato hodnota se nazývá klouzavé rozpětí MR (moving range). (Kupka)

$$MR_i = |x_i - x_{i-1}|$$

Regulační meze se určí dle následujících vztahů:

$$CL = \bar{x}$$

$$UCL = \bar{x} + 3 \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

$$LCL = \bar{x} - 3 \frac{\overline{MR}}{d_2}$$

2.2 Hotellingův diagram

V případě, že se na jednom výrobku sleduje pouze jeden znak jakosti, používá se klasický Shewhartův diagram. Pokud se, ale sleduje několik znaků jakosti najednou, může být tento postup nepřesný. Jedním důvodem je, že se pro každý znak jakosti sestavuje samostatný Shewhartův diagram. A druhým důvodem je, že data spolu mohou vzájemně korelovat. V případě, že chceme sledovat více znaků jakosti na jednom produktu, je lepší použít místo např. Shewhartova diagramu Hotellingův diagram jako nástroj pro SPC. Testovým kritériem je v tomto případě jednorozměrná Hotellingova statistika T^2 , jejíž maticový zápis u regulačních diagramů pro výběrové průměry lze zapsat jako:

$$T_j^2 = n * (\bar{x}_j - \bar{x})^T C^{-1} (\bar{x}_j - \bar{x}) \quad \text{pro } j= 1,2,\dots,k$$

- n = rozsah výběru;
- \bar{x}_j = vektor výběrových průměrů všech znaků jakosti v j -tém výběru;
- \bar{x} = vektor, pomocí něhož se odhadují hodnoty μ pro simultánně sledované znaky jakosti
- C = kovariační matice

(Tošenovský a Noskivičová, 2000, str. 240-242)

Každou hodnotu T_j^2 je nutno porovnat s regulační mezí UCL. Tato horní regulační mez se vypočte dle vztahu:

$$UCL = \left(\frac{k * n * m - k * m + m}{k * n - k - m + 1} \right) * F_{(m, k*n-k-m+1)}(\alpha),$$

kde $F_{(m, k*n-k-m+1)}(\alpha)$ znázorňuje kritickou hodnotu Fischerova-Snedecorova rozdělení.

POZN.

Hodnota T_j^2 se porovnává pouze s horní regulační mezí a to z důvodu, že tento diagram nemá LCL, ale jen UCL. U Hotellingova diagramu předpokládáme vícerozměrné normální rozdělení.

(Tošenovský a Noskivičová, 2000, str. 240-242)

2.3 EWMA

EWMA je zkratkou anglického názvu Exponentially Weighted Moving Average (exponenciálně vážené klouzavé průměry) označované někdy také jako exponenciální zapomínání nebo také GMA (Geometric Moving Average). Tento diagram se dá použít obdobně jako u Shewhartovy diagramy. Hodí se především v situacích, kdy v procesu dochází k náhlým malým a přetrvávajícím změnám. Při použití je nutné splnění předpokladu nezávislosti sledovaných znaků. Každý bod EWMA diagramu W_j je váženým průměrem nově naměřené hodnoty x_j , případně průměru podskupiny o velikosti N a posledního zaznamenaného bodu diagramu W_{j-1} . Základním volitelným parametrem diagramu EWMA je váha r , která se může pohybovat mezi hodnotami 0 a 1. Pokud je hodnota r ve tvaru $r = 1$, odpovídá Shewhartově diagramu. Čím více se hodnota r blíží 0, tím pomaleji reagují vynášené hodnoty W_j na lokální změny ve sledovaném procesu. (*Meloun a Militký, 2006, s. 939*) (*Tošenovský a Noskivičová, 2000, str. 225*)

Pokud vhodně zvolíme parametr r , můžeme diagram nastavit tak, aby nereagoval na lokální odchylky od předepsaných hodnot tak rychle, jak je tomu u Shewhartova diagramu. EWMA diagram se tedy používá především v oblastech, kde k takovým odchylkám dochází, aniž by se jednalo o poruchu. Navíc má tento diagram tendenci ke zvýraznění systematické dlouhodobé odchylky tím způsoben, že se vrací zpět k předepsané hodnotě pomaleji než vlastní měřená veličina. Tato vlastnost EWMA diagramu je tím výraznější, čím je r menší. (*Meloun a Militký, 2006, s. 939*)

Hodnoty se W_j vypočítají dle vztahu:

$$W_j = rx_j + (1-r)W_{j-1}$$

r = váha

x_j = naměřená hodnota

Hodnota r se obvykle volí mezi 0,15 a 0,4. Nejčastěji se volí $r = 0,25$.

K určení regulačních mezí se využívá odhad rozptylu W_j . Vzhledem k předpokladu normálního rozdělení W_j lze zde použít pro konstrukci regulačních mezí pravidlo 3 sigma. Takto definované meze pak odpovídají Shewhartově diagramu. Mají-li data normální rozdělení s konstantním rozptylem a střední hodnotou, je pravděpodobnost překročení mezí asi 0,25%. (*Kupka, str.146*)

Rozptyl získáme ze vztahu:

$$S_{Wj}^2 = \frac{\sigma^2}{N} \frac{r}{2-r} (1 - (1-r)^{2j})$$

Toleranční meze UCL a LCL se následně stanoví podle vztahů:

$$UCL = d + 3\sqrt{S_{Wj}^2}$$

$$LCL = d - 3\sqrt{S_{Wj}^2}$$

(Kupka, str.146)

2.4 CUSUM

Shewhartovy diagramy jsou ekvivalentní opakovaným testům významnosti pro konstantní velikosti výběru. Jejich základní výhodou je jednoduchost a rychlá indikace velkých změn stavu procesu. Na střední a malé změny reagují pomalu.

(Montgomery, 676-677)

Základním omezením je předpoklad, že jednotlivé dílčí výběry jsou nezávislé. Pokud je, ale účelem z co nejmenšího počtu výběrů zachytit nenáhodný trend (indikovaný např. posunem střední hodnoty), je vhodné použít regulačních diagramů typu CUSUM.

Diagramy CUSUM navrhl E. S. Page v roce 1954. Tyto diagramy jsou založené na principu kumulativních součtů (anglicky CUMulative SUMs). Hodí se zejména pro rychlou detekci relativně malého posunutí střední hodnoty v procesu. Pokud je srovnáme s klasickými Shewhartovými diagramy zjistíme, že je jejich detekce až o řád rychlejší. Pro konstrukci CUSUM se používá postupných součtů odchylek měřené veličiny od předepsané nebo očekávané konstantní cílové hodnoty K (μ_0). Pro takovýto proces se ve statistice používá označení tzv. náhodné kráčení.

(Kupka),(Meloun a Militky, 2002)

CUSUM mají ve srovnání s Shewhartovými diagramy několik výhod:

- Tyto diagramy jsou mnohem citlivější na malé a střední změny v procesu ($0,5\sigma - 2,0\sigma$).
- CUSUM je daleko efektivnější při identifikaci zbytečného signálu $\alpha \leq 0,1$ a to tím více, čím je α menší.

- Detekce malých a středních změn v procesu je 2-4x rychlejší při stejném rozsahu výběru n .
- Metoda CUSUM pracuje s menšími rozsahy n , tudíž jsou zde i nižší náklady na kontrolu a to při stejném riziku α .
- CUSUM umožňuje přesněji určit okamžik vzniku změny parametrů rozdělení u regulované veličiny a dále odhadnout i velikost a směr působení.

Na ose x se vynáší pořadí výběru k , a na ose y pak kumulativní součet odchylek zvolené výběrové charakteristiky. Hustotu testového kritéria můžeme určit dle vztahu.

$$C_k = \sum_{j=1}^k (\bar{x}_j - \mu_0) = C_{k-1} + (\bar{x}_k - \mu_0)$$

$C_0 = 0$, kde k je pořadí výběru a \bar{x}_j je výběrový průměr z hodnot regulované veličiny v j -tém výběru.

(Tošenovský a Noskiewičová, 2000, str. 205)

2.4.1 Interpretace průběhu diagramu CUSUM

Průběh diagramu CUSUM můžeme interpretovat pomocí této úvahy

1. Jestliže je proces udržován na cílové hodnotě μ_0 , pak body v diagramu zachovávají směr přibližně rovnoběžný s osou x .
2. Jestliže došlo k náhlé změně střední hodnoty regulované veličiny přibližně v době, kdy byl odebrán q -tý výběr, a tato změna přetrvává, pak body v digramu počínaje bodem $[q, C_q]$ náhodně oscilují kolem přímky, která není rovnoběžná s osou x .
3. Jestliže střední hodnota procesu roste nebo klesá a ještě se nestabilizovala (v procesu existuje trend), pak body v diagramu tvoří křivku viditelně se zakřívující nahoru nebo dolů.

(Tošenovský a Noskiewičová, 2000, str. 205)

2.4.2 Rozhodovací kritéria diagramu CUSUM

Samotnou analýzou průběhu CUSUM diagramu se nedá s jistotou určit, zda změna průběhu diagramu signalizuje významnou odchylku, tzn. působení vymejitelného vlivu na proces, nebo jde o odchylku náhodnou. Z tohoto důvodu je nutno doplnit diagram o rozhod-

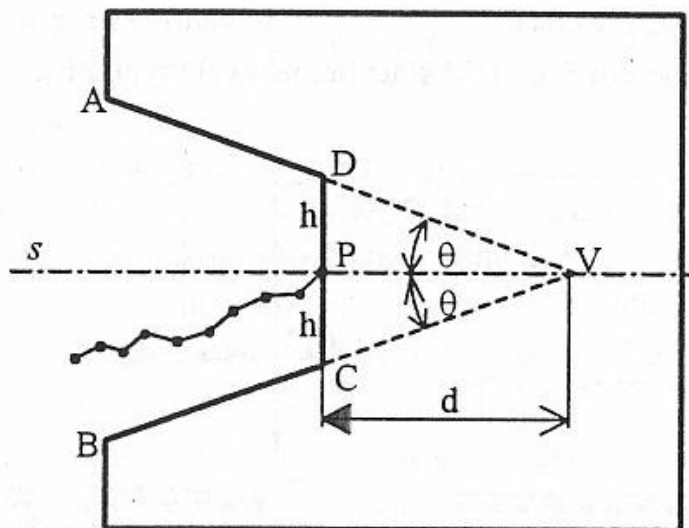
vací kritéria, pomocí kterých tato skutečnost zjistit lze. V praxi se používají nejčastěji dva základní druhy kritérií:

1. rozhodovací maska
2. rozhodovací interval

(Tošenovský a Noskievičová, 2000, str. 205)

1. Rozhodovací maska

Pokud nemáme k dispozici vhodný počítačový software, který pracuje s diagramy CUSUM (masku automaticky sestrojuje a vykreslí do diagramu), je možné masku nakreslit na průsvitnou fólii a přiložit na graf. Tato maska se přiloží na diagram CUSUM tak, aby byla osa s úhlu 2θ s osou diagramu x a aby bod P překrýval poslední zaznamenanou hodnotu v diagramu. (Tošenovský a Noskievičová, 2000, str. 208), ((Meloun a Militky, 2002)



Obrázek 3 Oboustranná rozhodovací V - maska

(Zdroj: (Noskievičová, Tošenovský, 2000, str. 208)

2. Rozhodovací interval

Druhou možností regulace pomocí metod CUSUM je použití rozhodovacího intervalu.

Tento způsob se od V-masky vizuálně liší, spíše se podobá klasickým Shewhartovým diagramům. Pro zjištění zda je proces statisticky zvládnutý nebo ne se zde vynesou rozhodovací meze. Pokud se zjišťuje pouze jednostranná regulace, použije se horní rozhodovací mez $+H$, resp. Dolní mez $-H$. Při oboustranné regulaci se použijí meze obě.

(Tošenovský a Noskievičová, 2000, str. 214), (Kovářík, 2012)

3 TAGUCHIHO METODY ON-LINE

3.1 Ztrátová funkce

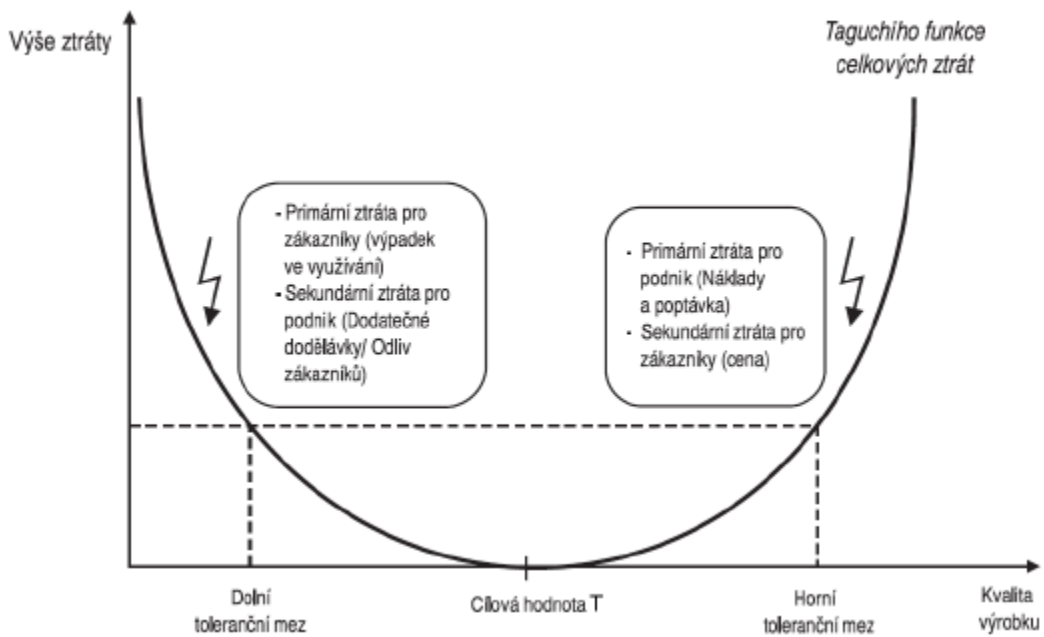
Pro zlepšování kvality se v současné době nejčastěji používají indexy způsobilosti, určené k hodnocení způsobilosti technologického procesu. Existuje však i jiná možnost, která má ve srovnání s indexy způsobilosti několik výhod. Například nevyžaduje splnění předpokladu normality a ztráty za nekvalitu vyjadřuje finančně. Jedná se o tzv. ztrátovou funkci, která je definována jinak než indexy a má až nečekané množství možných aplikací. Jejím autorem je japonský inženýr Genichi Taguchi.

(Tošenovský a Noskivičová, 2000, str. 130)

Celá Taguchiho koncepce stojí na předpokladu neustálého zlepšování kvality produktu v důsledku zlepšování úrovně výrobního procesu. *(Taguchi, 2005)*

U každého výrobku se sleduje určitá charakteristika, podle které se posuzuje kvalita, např. hmotnost, pevnost atd. Tyto charakteristiky mají stanovenou optimální hodnotu T, tzv. cílovou hodnotu (Target Value). Jakákoliv odchylka od cílové hodnoty, ať už směrem k hornímu nebo k dolnímu specifikačnímu limitu, představuje ztrátu pro odběratele, ale zároveň i pro podnik. Tyto ztráty, i když jsou v rámci tolerance, jsou tím větší, čím je skutečná hodnota ukazatele kvality vzdálenější od cílové hodnoty T.

Tyto odchylky od T nám představují náklady, které bude muset vynaložit odběratel v souvislosti s nedodržením úrovně požadovaných vlastností výrobku. Jedná se například o náklady spojené s údržbou, seřizováním strojů, opravami apod. V našem podniku se tyto odchylky mohou projevit nespokojeností zákazníků a následným snížením počtů objednávek. *(Tošenovský a Noskivičová, 2000, str. 130)*



Obrázek 4 Taguchiho ztrátová funkce

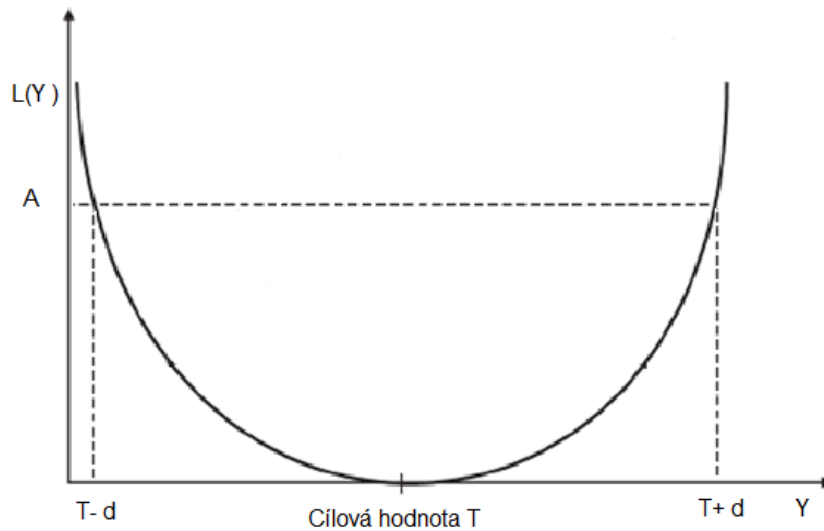
(Zdroj: Six Sigma: Koncepce a příklady pro řízení bez chyb)

3.1.1 Ztrátová funkce

$$L(Y) = k * (Y - T)^2$$

T	cílová hodnota ukazatele kvality
Y	skutečně dosažená úroveň ukazatele kvality
L(Y)	ztráta způsobená odchylkou od T
k	konstanta

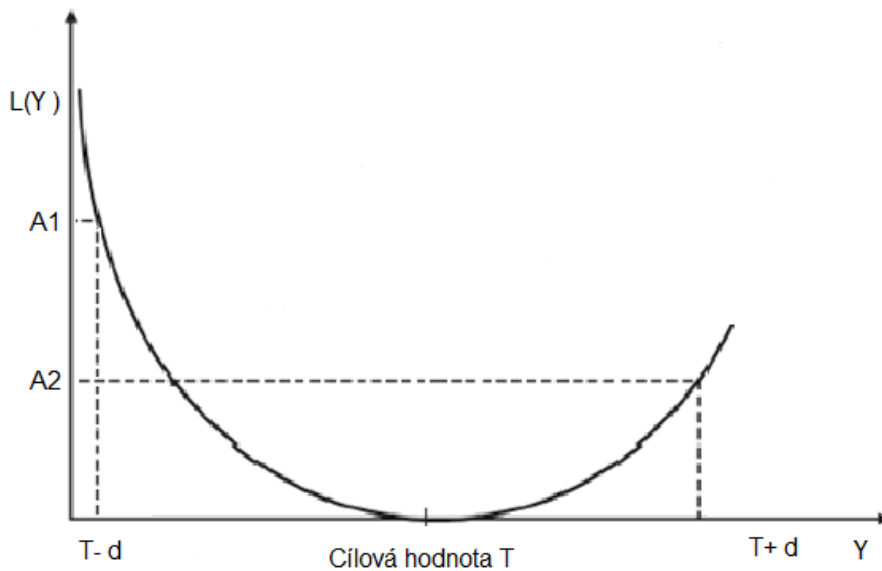
(Tošenovský a Noskievičová, 2000, str. 131)



Obrázek 5 Ztrátová funkce se symetrickou tolerancí

(Zdroj: Noskiewičová, Tošenovský, 2000, str. 134)

V některých případech není toleranční interval symetrický. Je tomu tak z toho důvodu, že překročení cílové hodnoty ať už směrem k horní nebo dolní toleranční mezi vyjadřuje různé ztráty za nedodržení jakosti. Např. Při nedodržení průměru hnací hřídele lze rozměr nad hranicí $T+d$ opravit. Naopak rozměr pod hranicí $T-d$ už opravit nelze. Proto je ztráta A_1 větší než ztráta A_2 . (Tošenovský a Noskiewičová, 2000)



Obrázek 6 Ztrátová funkce s nesymetrickou tolerancí

(Zdroj: Noskiewičová, Tošenovský, 2000, str. 134)

3.1.2 Standardizovaná ztrátová funkce

U ztrátové funkce může nastat problém s určením konstanty. Aby se obešel problém s určením konstanty k , je možné upravit vzorec na tzv. standardizovaný tvar.

$$SL(Y) = \left(\frac{2}{USL - LSL}\right)^2 (Y - T)^2$$

USL	horní specifikační limit
LSL	dolní specifikační limit
T	cílová hodnota ukazatele kvality
Y	skutečně dosažená úroveň ukazatele kvality

(Tošenovský a Noskievičová, 2000, str. 137)

3.1.3 Vícerozměrná ztrátová funkce

Standardizace ztrátové funkce umožňuje její zobecnění pro n – rozměrný případ, kdy je sledovaných znaků kvality n . Tato vícerozměrná ztrátová funkce (Total Standardized Loss Function) značená TSL, má rovnici

$$TSL(Y_1, \dots, Y_n) = 4 \sum_{i=1}^n \left(\frac{Y_i - T_i}{USL_i - LSL_i}\right)^2$$

(Tošenovský a Noskievičová, 2000, str. 137)

3.2 Celkové náklady na jakost

Při výpočtu celkových nákladů na jakost budou ztráty za nekvalitu v rámci tolerance, jen jednou z mnoha položek, které ovlivňují celkovou výši nákladů. I tak však uvidíme, že ztrátová funkce je důležitou součástí výpočtu. Existují různé možnosti, jak lze vyčíslit celkové náklady na jakost. U Taguchiho metod pro výpočet celkových nákladů se navíc rozlišuje, jaký typ kontroly byl použit při získávání dat.

(Tošenovský a Noskievičová, 2000, str. 138)

3.2.1 Kontrola všech výrobků

Provádí-li se 100% kontrola, pak celkové náklady na jakost určíme ze vzorce

$$L = \frac{Q}{R} + \frac{A}{d^2} s_0^2$$

- Q (roční) náklady na 100% kontrolu
 R (roční) produkce v kusech
 d funkční tolerance
 A ztráta při překročení tolerance d

Výpočet s_o^2 závisí na způsobu odběru kontrolních vzorků a pro nejjednodušší případ, kdy máme výsledky měření y_1, y_2, \dots, y_n bude :

$$s_o^2 = \frac{1}{n-1} [(y_2 - y_1)^2 + (y_3 - y_2)^2 + (y_n - y_{n-1})^2]$$

(Tošenovský a Noskievičová, 2000, str. 139)

3.2.2 Kontrola po n výrobcích

Pokud se neprovádí 100% kontrola a mezi dvěma kontrolami je vyrobeno n-výrobků, určí se celkové náklady pomocí vzorce (Tošenovský a Noskievičová, 2000, str. 141)

$$L = \frac{B}{n} + \frac{C}{u} + \frac{A}{d^2} * \frac{D^2}{3} + \frac{A}{d^2} \left(\frac{n+1}{2} + z \right) \frac{A}{d^2} * s_m^2$$

- A ztráta za překročení tolerance d
 B cena kontroly (jednoho) výrobku
 C cena opravy stroje (linky)
 n kontrolní interval
 u průměrný počet výrobků mezi opravami (poruchami)
 d funkční tolerance
 D výrobní tolerance
 z počet výrobků zhotovených během kontroly
 B/n cena kontroly na kus
 C/u cena opravy na kus
 $(A/d^2)*(D^2/3)$ ztráty způsobené nepřesností výroby (připadající na kus)
 $\frac{A}{d^2} * \frac{D^2}{u} * \left(\frac{n+1}{2} + z \right)$ ztráty za zmetky
 $\frac{A}{d^2} * s_m^2$ ztráty způsobené nepřesností měření

4 TEORETICKÁ VÝCHODISKA PRO PRAKTICKOU ČÁST

Cílem této práce je analyzovat pomocí statistických metod úroveň kvality výrobků ve firmě Toray Textiles Central Europe s.r.o. a následně vyvodit doporučení, které by měla mít za následek zvýšení počtu kvalitních výrobků, snížení nákladů na kvalitu a zjednodušení procesu analýzy dat získaných z výroby.

V teoretické části jsem se věnoval klasickým Shewhartovým regulačním diagramům a podmínkám, za kterých je lze použít. Následně jsem se věnoval vícerozměrným statistickým metodám regulace procesu, jako jsou například Hotellingovy diagramy, CUSUM a EWMA. Tyto diagramy jsem srovnal se Shewhartovými diagramy a zjistil, že v některých případech je jejich použití daleko vhodnější.

V poslední části jsem se věnoval Taguchiho metodám a to zejména ztrátové funkci. Zjistil jsem, že použití těchto metod je velice rozsáhlé a oproti standardně používaným metodám nabízejí určité výhody, např. ztrátu za nekvalitu vyjadřují peněžně.

V praktické části aplikuji zmíněné metody na data získaná ve firmě Toray Textiles Central Europe s.r.o. Otestuji možnosti použití regulačních diagramů a na základě výsledků testů stanovím hypotézy, podle kterých sestavím regulační diagramy. Navíc ještě pro získaná data sestavím vícenásobnou ztrátovou funkci. Výsledky regulačních diagramů a ztrátové funkce podrobím analýze a následně vyvodím doporučení.

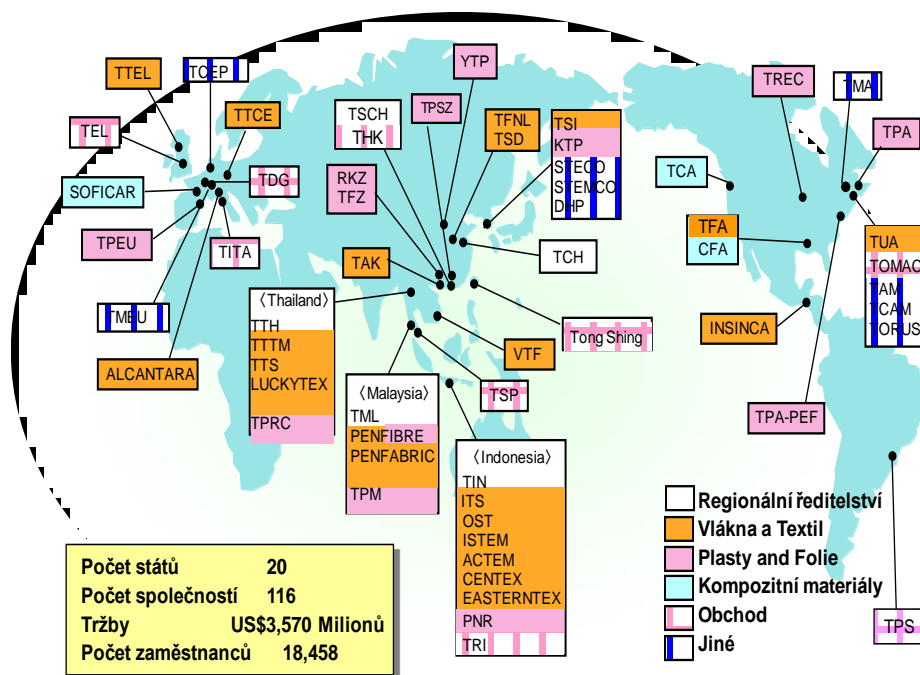
II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

Toray Textiles Central Europe s.r.o. je dceřinou společností Toray Industries Inc. Ta byla založena v lednu 1926 v Japonsku a je mateřskou společností pro 238 poboček, které tvoří společenství Toray Group. Toray je největším výrobcem vláken a textilu v Asii.

Toray Group se zaměřuje na výrobu a prodej v šesti základních oblastech:

1. Vlákná a textil
2. Plasty a chemické produkty
3. Zdravotnické produkty a farmacie
4. Životní prostředí a stavební hmoty
5. Uhlíková vlákna a kompozity
6. Výrobky pro informační technologie



Toray Group je v Evropě zastoupena pěti výrobními závody (1 Velká Británie, 1 Itálie, 1 Česká republika, 2 Francie), třemi obchodními pobočkami (Německo, Velká Británie a Itálie) a finanční institucí v Nizozemí. *(interní materiály společnosti)*

5.1 Toray Textiles Central Europe s.r.o. (TTCE)

5.1.1 Historie

TTCE s.r.o. byla zapsána do obchodního rejstříku 5. září 1997. V březnu 1998 začala výstavba továrny. V říjnu 1999 byla zahájena výroba a 29. ledna 2014 zahájena výroba desek pro bezvodý ofsetový tisk. Základní kapitál činí 1,35 miliardy Kč a 100% vlastníkem je Toray Industries Inc. Počet zaměstnanců je 218. Generálním ředitelem je Shozo Sugaya.

(interní materiály společnosti)

5.1.2 Výrobky

Hlavními výrobky TTCE jsou hladký taft, texturovaný taft a pongee. Jsou to lehké tkaniny jednoduché plátňové vazby ze 100% polyesterového hedvábí. Tyto tkaniny se primárně využívají při výrobě oblečení, ale dají se využít i jinak např. jako dekorační materiál nebo pro reklamní potisky.



Obrázek 7 Vzorkovnice

(Zdroj: interní materiály)

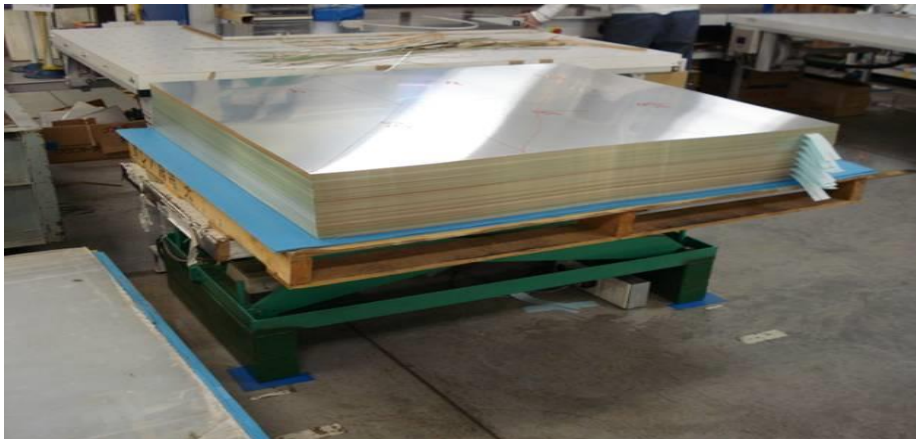
Nezanedbatelnou část výroby tvoří také technická polyamidová tkanina, která se používá v automobilovém průmyslu na výrobu airbagů, a ofsetové hliníkové desky, které se používají v polygrafickém průmyslu např. pro tisk časopisů, obrázků atd.

(interní materiály společnosti)



Obrázek 8 Tkalcovna

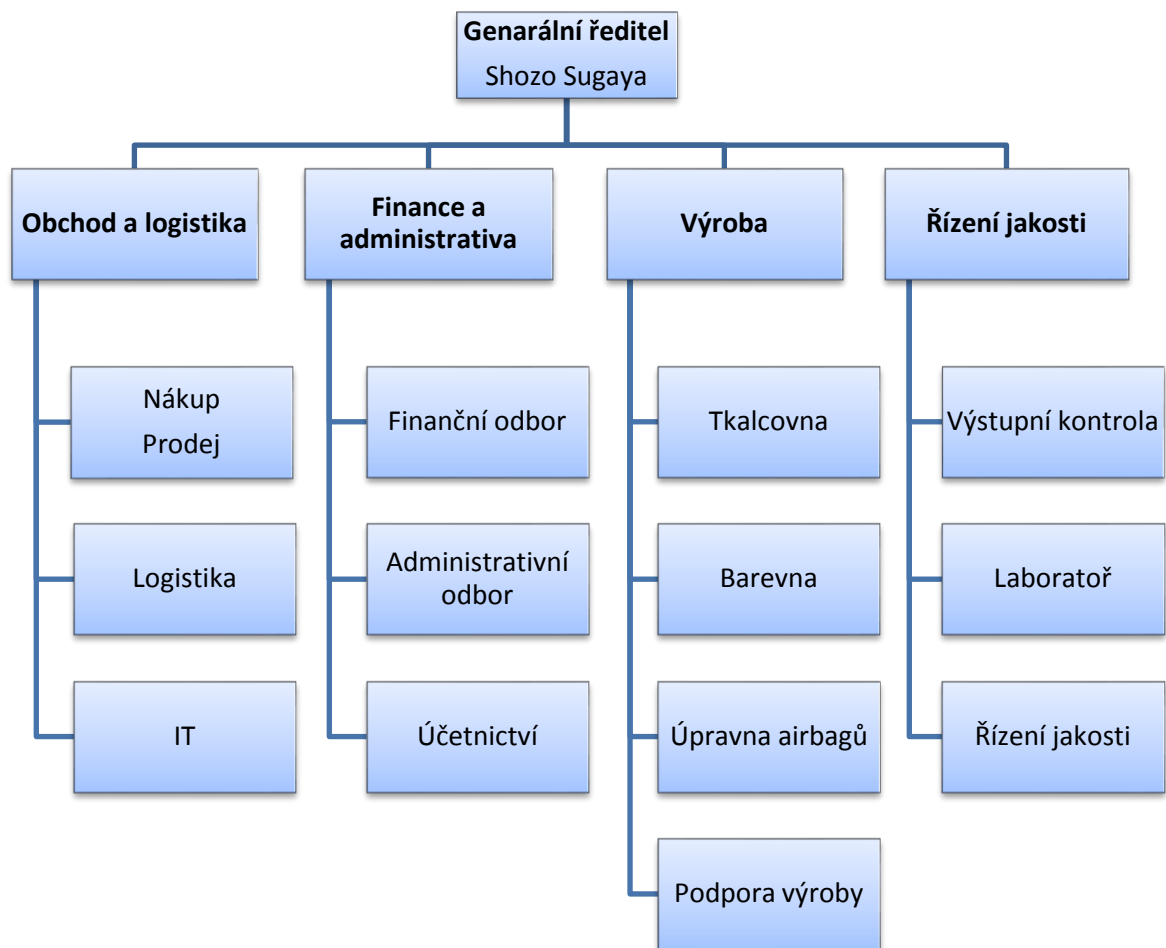
(Zdroj: interní materiály)



Obrázek 9 Hliníkové desky pro polygrafický průmysl

(Zdroj: interní materiály)

5.1.3 Organizační struktura



Obrázek 10 Organizační struktura Toray Textiles Central Europe s.r.o.

(Zdroj: interní materiály)

5.2 Použitý statistický program QC Expert

Data jsem zpracoval pomocí statistického programu QC Expert. Tento program byl vytvořen ve společnosti TriloByte Statistical Software.

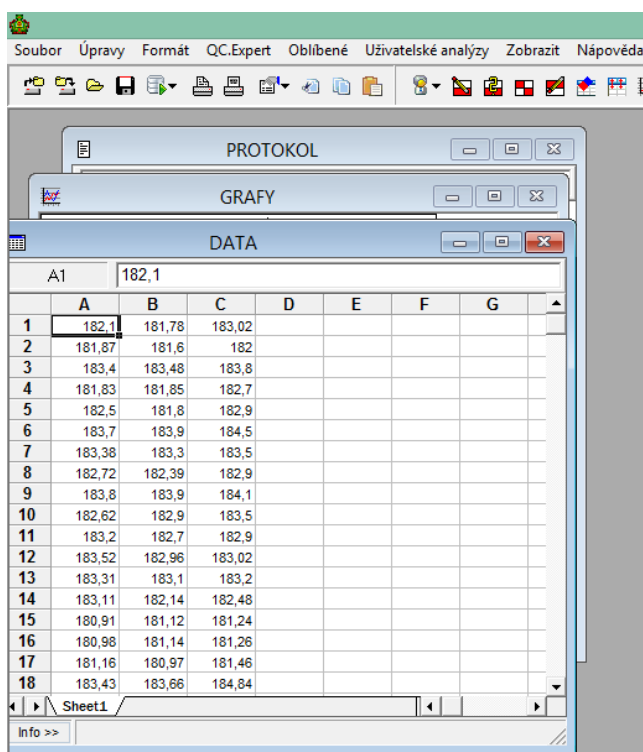
Pokud spustíme tento program, objeví se nám tři okna, označená jako Data, Grafy a Protokol.

Okno Data slouží ke vstupu a uchování dat. Data jsou v listech, jejichž maximální počet je 256. Do jednoho listu lze zapsat maximálně 65 536 řádků nebo 256 sloupců. Jeden sloupec představuje obvykle jednu proměnou.

Pokud tedy chceme analyzovat data, zkopírujeme je do okna data. Následně si klikneme na tlačítko QC.Expert a zde si vybereme úkon, který chceme, aby program provedl.

(*TriloByte Statistical Software*)

5.2.1 Data



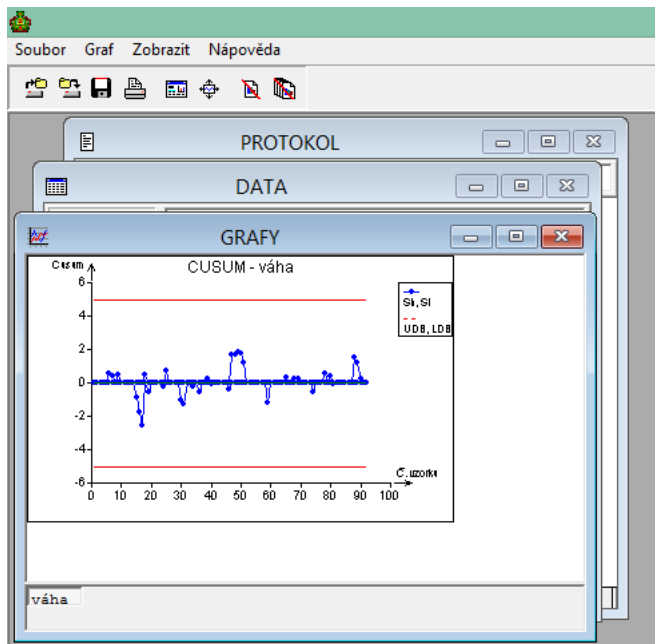
	A	B	C	D	E	F	G
1	182,1	181,78	183,02				
2	181,87	181,6	182				
3	183,4	183,48	183,8				
4	181,83	181,85	182,7				
5	182,5	181,8	182,9				
6	183,7	183,9	184,5				
7	183,38	183,3	183,5				
8	182,72	182,39	182,9				
9	183,8	183,9	184,1				
10	182,62	182,9	183,5				
11	183,2	182,7	182,9				
12	183,52	182,96	183,02				
13	183,31	183,1	183,2				
14	183,11	182,14	182,48				
15	180,91	181,12	181,24				
16	180,98	181,14	181,26				
17	181,16	180,97	181,46				
18	183,43	183,66	184,84				

Obrázek 11 QC Expert - Data

(*Zdroj: vlastní zpracování v programu QC Expert*)

5.2.2 Grafy

V okně Grafy jsou po výpočtu zobrazeny příslušné grafy a diagramy, které slouží k vizuální diagnostice dat. (*TriloByte Statistical Software*)

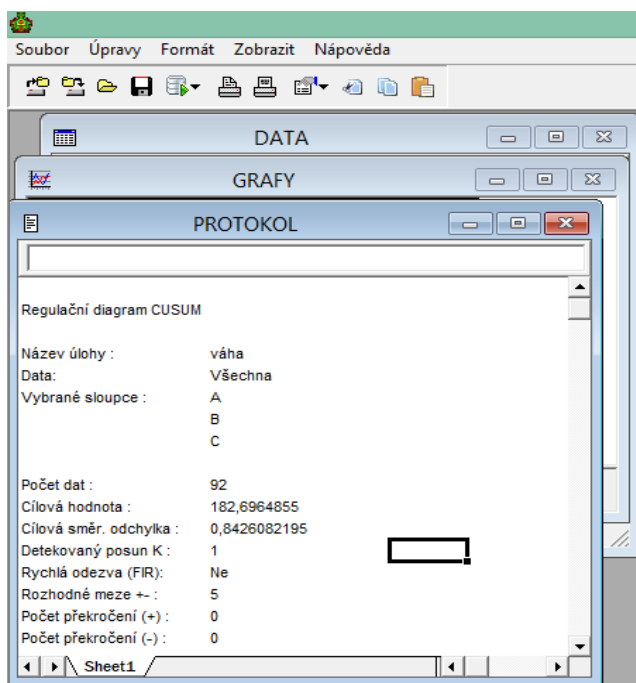


Obrázek 12 QC Expert - Grafy

(Zdroj: vlastní zpracování v programu QC Expert)

5.2.3 Protokol

V okně Protokol se zobrazují výsledky výpočtů, případně závěry vyplývající z testů.



Obrázek 13 QC Expert - Protokol

(Zdroj: vlastní zpracování v programu QC Expert)

5.2.4 Základní charakteristika výrobku

Pro výrobek z technické polyamidové tkaniny se ve firmě používá označení batch. Z každého batche se standardně odebírají vzorky pro analýzu ve třech úsecích. Na začátku, uprostřed a na konci, a děje se tak na základě dlouholetých zkušeností, a to proto, že technická polyamidová tkanina má v každém bodě své délky trochu jiné vlastnosti a bylo vy-pozorováno, že největší rozdíly mezi naměřenými hodnotami se většinou vyskytují na začátku, uprostřed a na konci. Tedy v místech, odkud se odebírají vzorky.

Firma TTCE s.r.o. vyrábí více druhů airbagové tkaniny ve své práci se budu věnovat analýze dat z technické polyamidové tkaniny označované jako kvalita 3660. Běžný rozměr batche pro tuto kvalitu je 2200 m². V současnosti se cena za 1 m² této tkaniny pohybuje okolo 43,70 Kč/m².

5.2.5 Předpoklady pro sestavení regulačních diagramů

Ve firmě se standardně pro sledování zvládnutosti procesu používají Shewharotvy regulační diagramy. Abych získal základ pro posouzení výsledků použitých regulačních diagramů, sestrojím Shewhartovy regulační diagramy a výsledky následně srovnám s některými dalšími použitými metodami.

Pro správnou aplikaci klasických Shewhartových diagramů je nutné otestovat:

- normalitu
- nezávislost dat
- homogenita

Pokud jsou všechny předpoklady splněny, je vhodné použít Shewhartovy diagramy. Pokud ne je na zvážení, zda nepoužít jiný typ regulačních diagramů.

Pro sestavení Shewhartových regulačních diagramů jsem vybral charakteristiky kvality označované jako Tear strength - osnova a Tear strength - útek.

5.3 Test normality

Nejdříve si stanovím hypotézy pro testování, ze kterých následně doporučím nebo nedoporučím použití pro regulační diagramy.

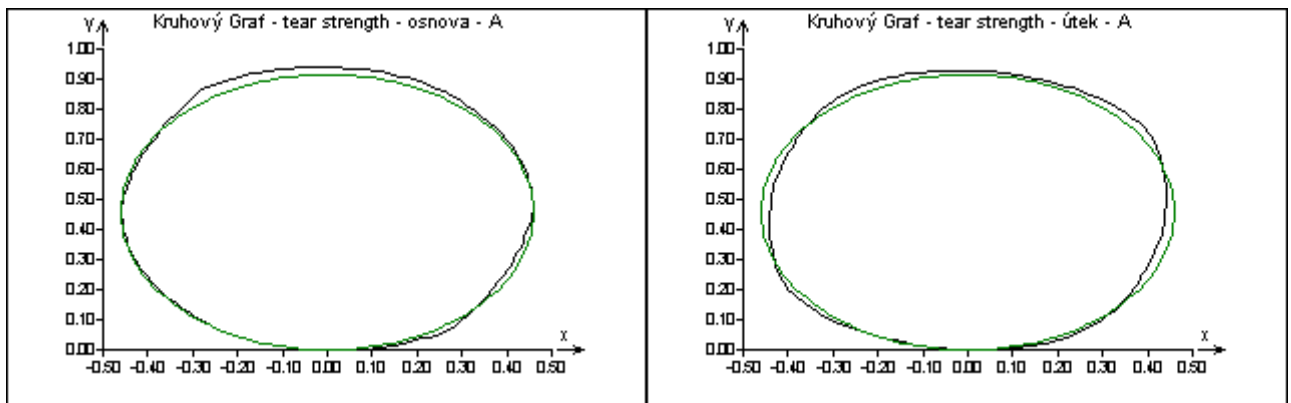
H_0 data mají normální rozdělení.

H_1 data mají jiné než normální rozdělení

5.3.1 Posouzení normality pomocí exploratorních grafů

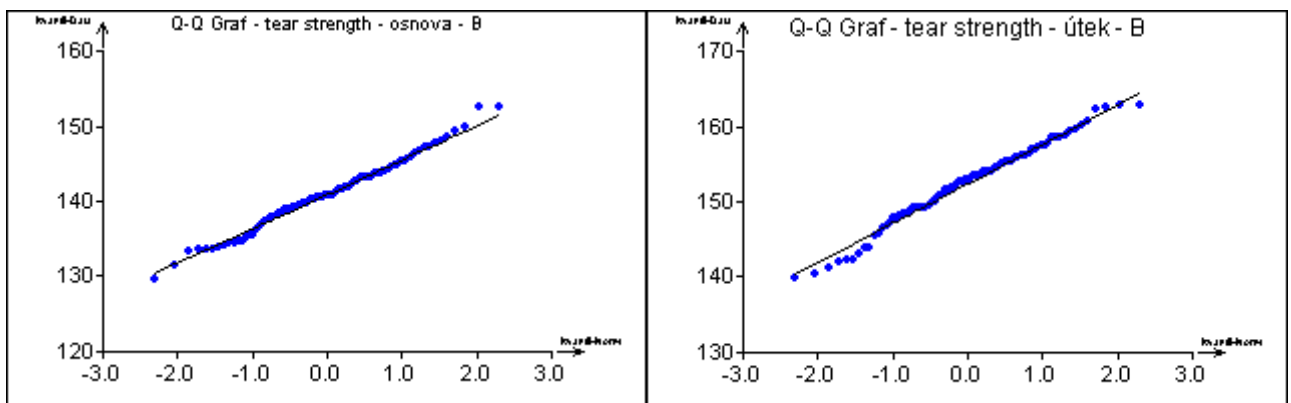
Pro posouzení zda mají data normální rozdělení mi program QC Expert nabízí několik možností např. vizuální posouzení na základě grafů vymodelovaných z použitých dat.

Jedná se to tzv. exploratorní grafy. Z těchto grafů jsem sice pro každý testovaný úsek vybral jiný graf, ale výsledky jsou stejné.



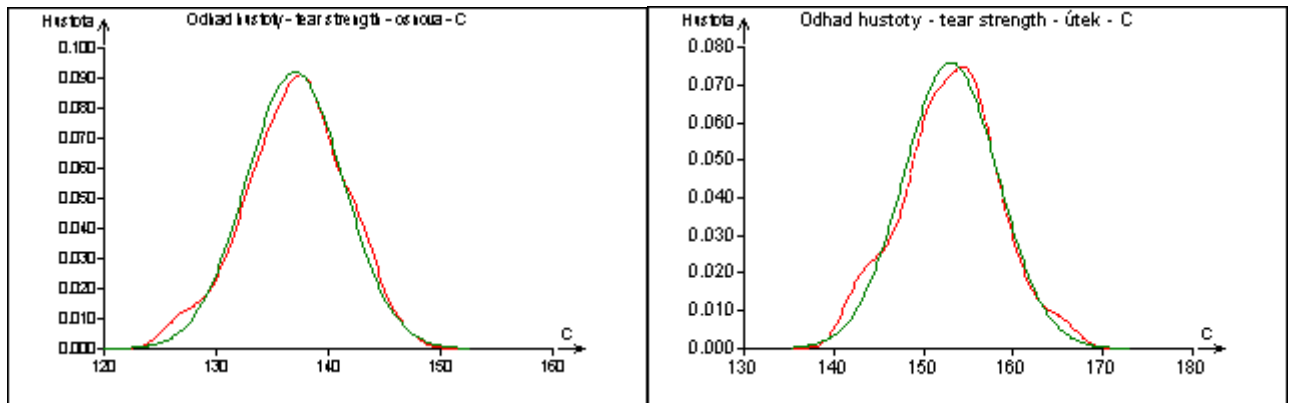
Obrázek 14 Kruhový graf – Tear strength (Zdroj: vlastní zpracování QC Expert)

Pro vizuální posouzení normality v prvním úseku jsem použil kruhový graf. Jak můžete vidět, tak se zelený kruh představující optimální tvar pro normální rozdělení, téměř kryje s černým kruhem, který znázorňuje analyzovaná data. Oba kruhy se téměř kryjí, což znamená, že data mají normální rozdělení.



Obrázek 15 Q-Q graf – Tear strength (Zdroj: vlastní zpracování QC Expert)

Druhý úsek jsem analyzoval pomocí Q-Q grafu. Jak můžete vidět, modré body, které znázorňují testovaná data, téměř přesně leží na černé přímce, která reprezentuje ideální tvar normálního rozdělení. Z toho se dá usoudit, že data v druhém úseku analyzovaná pomocí Q-Q grafu mají normální rozdělení.



Obrázek 16 Graf hustoty pravděpodobnosti – Tear strength (Zdroj: vlastní zpracování QC Expert)

Pro vizuální analýzu dat z třetího úseku batche jsem použil graf hustoty pravděpodobnosti. Při porovnání červeně vyznačeného jádrového odhadu hustoty a zeleně vyznačené Gaussovy křivky normálního rozdělení, vidíme že se přibližně shodují. Z toho usuzuji, že data mají normální rozdělení.

5.3.2 Kolmogorov-Smyrnov test

Abych si byl úplně jistý, že jsem předchozí grafy správně interpretoval, otestuji data ještě pomocí Kolmogorov-Smyrnova testu normality dat.

Tear strength - osnova

Tabulka 3 K-S test (Zdroj: vlastní zpracování v programu QC Expert)

Kolmogorov-Smyrnov			
Sloupce :	A	B	C
Kritický kvantil $\chi^2(22)$:	33,92443847	33,92443847	33,92443847
Testové kritérium D :	28,13466656	16,13006937	17,61175733
p-hodnota :	0,171261064	0,809378303	0,728743029
Normalita :	Přijata	Přijata	Přijata

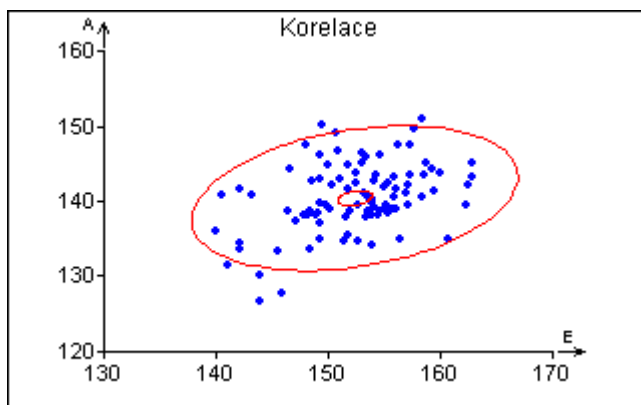
Tear strength - útekTabulka 4 *K-S test (Zdroj: vlastní zpracování v programu QC Expert)*

Kolmogorov-Smyrnov			
Sloupce :	A	B	C
Kritický kvantil $\chi^2(22)$:	33,92443847	33,92443847	33,92443847
Testové kritérium D :	24,0089868	20,5906657	18,30055543
p-hodnota :	0,346758518	0,546143512	0,688027084
Normalita :	Přijata	Přijata	Přijata

Z výsledků Kolmogorov-Smyrnova vyplývá, že byla normalita přijata. Z toho důvodu nezamítám hypotézu H_0 , že data mají normální rozdělení. A tudíž je možné je použít při sestavení Shewhartových diagramů.

5.4 Korelace

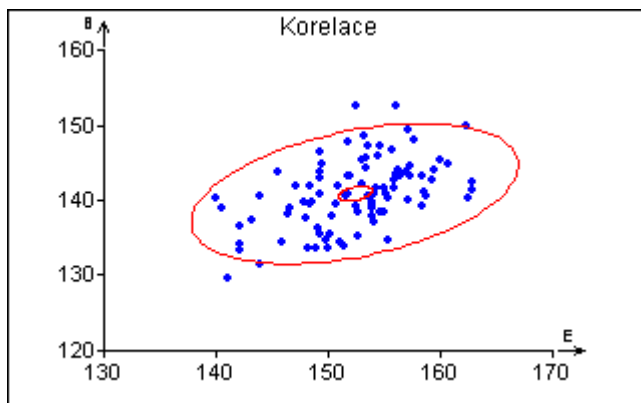
Další podmínkou pro sestavení Shewhartových regulačních diagramů je nezávislost dat. Provedl jsem korelační analýzu všech třech úseků batche.

Obrázek 17 *Tear strength osnova/útek (úsek č.1)*

(Zdroj: Vlastní zpracování v programu QC Expert)

Párová korelace dat v prvním úseku batche je 0,409321.

Parciální korelace dat v prvním úseku je 0,258129

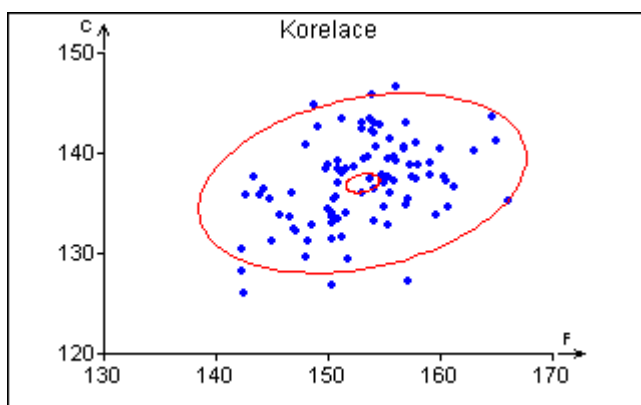


Obrázek 18 *Tear strength osnova/útek (úsek č.2)*

(Zdroj: Vlastní zpracování v programu *QC Expert*)

Párová korelace dat ve druhém úseku batche je 0,490888.

Parciální korelace dat ve druhém úseku je 0,249367.



Obrázek 19 *Tear strength osnova/útek (úsek č.3)*

(Zdroj: Vlastní zpracování v programu *QC Expert*)

Párová korelace dat ve třetím úseku batche je 0,397849.

Parciální korelace dat ve třetím úseku je 0,228622.

Z výsledků korelační analýzy lze říct, že ve všech třech úsecích batche jsou data lineárně závislá a tudíž bych nedoporučoval použití Shewhartových regulačních diagramů.

5.5 Homogenita

Jako třetí parametr pro rozhodnutí o použití Shewhartových diagramů jsem si stanovil homogenitu. Tedy nepřítomnost vybočujících dat.

Tabulka 5 Homogenita (Zdroj: vlastní zpracování v programu QC Expert)

Tearstrength - osnova			
Sloupce :	A	B	C
Homogenita :	Přijata	Přijata	Přijata
Počet vybočujících bodů :	0	0	0
Spodní mez :	126,4545	125,598587	121,418587
Horní mez :	155,1355	156,231413	152,051413

Jak můžete vidět výstup z programu QC Expert pro Tear strength - osnova ukazuje absenci vybočujících bodů a tudíž splňuje předpoklad pro sestavení regulačního diagramu.

Tabulka 6 Homogenita (Zdroj: vlastní zpracování v programu QC Expert)

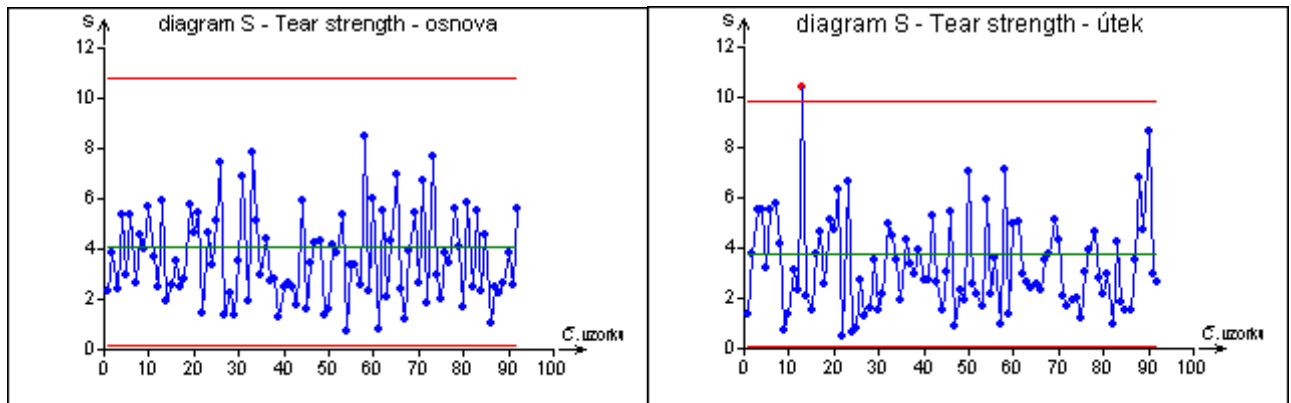
Tearstrength - útek			
Sloupce :	A	B	C
Homogenita :	Zamítnuta	Přijata	Přijata
Počet vybočujících bodů :	1	0	0
Spodní mez :	140,0769565	134,5919348	136,481587
Horní mez :	171,5230435	170,5380652	169,608413

Naopak při testování homogenity u Tear strength - útek, byla homogenita v prvním úseku zamítnuta v důsledku jednoho vybočujícího bodu. Vzhledem k tomu, že se jedná pouze o jeden vybočující bod a to pouze v prvním úseku batche, přikláním se k tvrzení, že je možné použít Shewhartovy regulační diagramy.

5.6 Shewhartovy regulační diagramy

Před sestavením těchto diagramů musím říct, že jsem přijal pouze dvě podmínky ze tří pro sestavení diagramů. Z tohoto důvodu zde nastává určitá možnost, že budou výsledky částečně zkresleny.

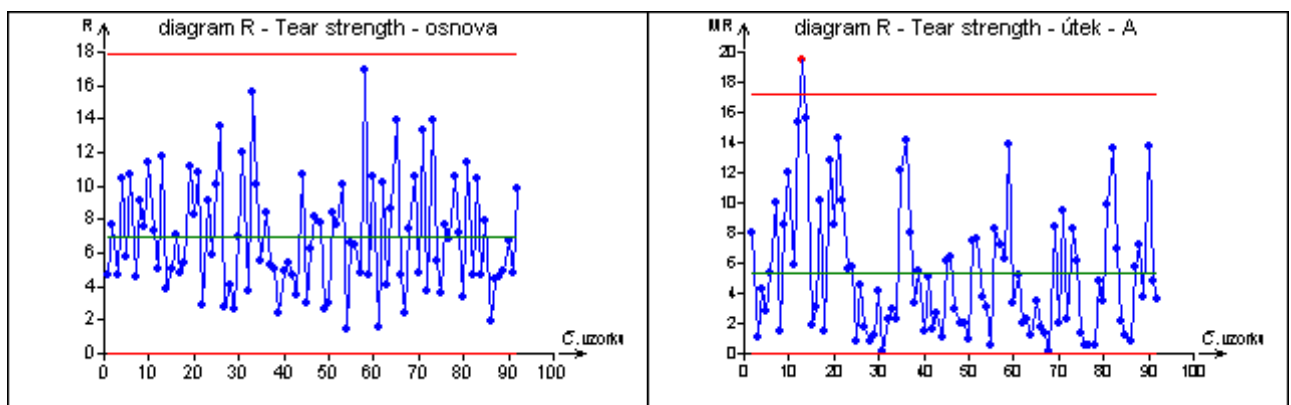
Shewhartův regulační diagram (S)



Obrázek 20 regulační diagram (S) pro Tear strength

(Zdroj: vlastní zpracování v programu QC Expert)

Shewhartův regulační diagram (S) u osnova nám ukazuje, že všechny body jsou uvnitř regulačních mezí, má se tedy za to, že proces je statisticky zvládnutý. Naopak diagram sestavený pro útek vykazuje bod mimo kontrolní meze u vzorku č. 16, což napovídá tomu, že se jedná o neshodný výrobek.



Obrázek 21 Shewhartův regulační diagram (R) pro Tear strength - osnova

(Zdroj: vlastní zpracování v programu QC Expert)

Analýzou Shewhartova regulačního diagramu (R) dospějeme k podobným závěrům jako tomu bylo u předchozího diagramu. Musíme tedy konstatovat, že u vzorku č. 16 došlo k nedodržení požadované pevnosti.

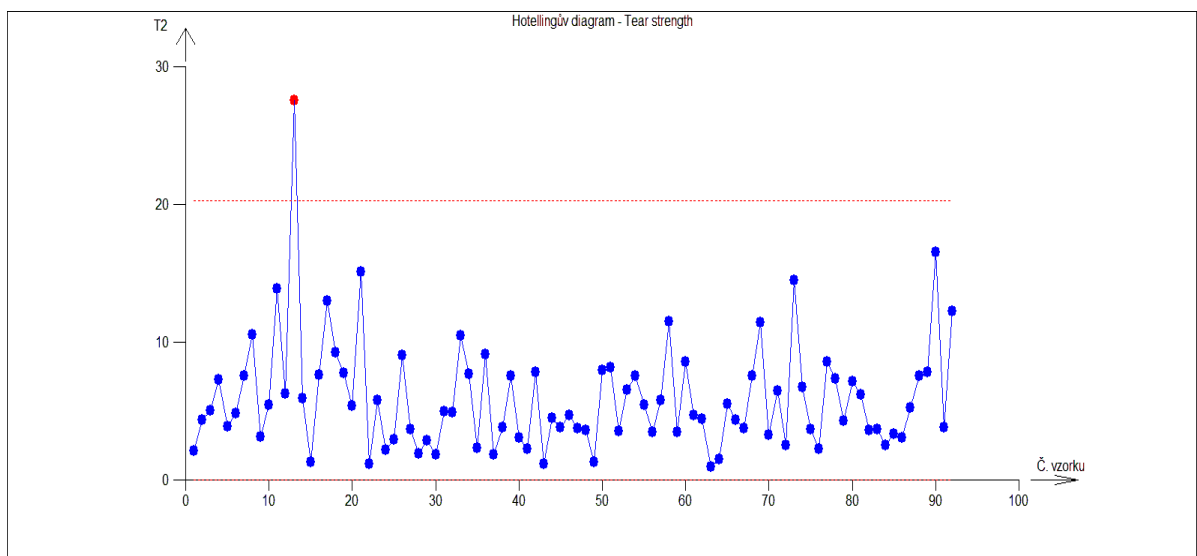
5.7 Hotellingův diagram

Pro konstrukci Hotellingova diagramu jsem zvolil charakteristiky kvality (Tear strength - osnova, Tear strength - útek). Hotellingův diagram předpokládá, že se jedná o vícerozměrné normální rozdělení. Hypotézu o tom, že data mají normální rozdělení jsem otestoval

pomocí Kolmogorova-Smirnovova testu v předchozí kapitole. Z testu normality mi vyšlo, že data mají normální rozdělení. Vzhledem k tomu, že jsem ty samá data analyzoval pomocí Shewhartových diagramů, stanovím podle toho také hypotézy:

H_0 : Hotellingův diagram se bude významně lišit od Shewhartových regulačních diagramů.

H_1 : Hotellingův diagram se nebude významně lišit od Shewhartových regulačních diagramů



Obrázek 22 Hotellingův diagram – Tear strength

(Zdroj: vlastní zpracování v programu QC Expert)

Z grafu je jasně vidět, že data ve výběru č. 13 výrazně překračují horní regulační mez. Při porovnání Hotellingova diagramu se Shewhartovým regulačním diagramem (S) můžeme jasně vidět, že v Shewhartově regulačním diagramu (S) - osnova, není signalizováno žádné překročení regulačních mezí, kdežto v Shewhartově regulačním diagramu (S) - útek, je znázorněno překročení mezí.

To samé zjistíme při porovnání Hotellingova diagramu se Shewhartovými regulačními diagramy (R). To mluví v neprospěch hypotézy H_0 a podporuje přijetí hypotézy H_1 , která nám říká, že se nebude Hotellingův a Shewhartův regulační diagram významně lišit.

Z tohoto důvodu není nutné posuzovat tyto zkoumané znaky kvality pomocí obou metod a je na zvážení, která metoda je zde vhodnější. Toto tvrzení ovšem nevylučuje možnost použití obou porovnávaných metod při ověřování jiných testovaných znaků kvality výrobku.

5.8 EWMA

Výhodou diagramu EWMA je to, že ho lze použít i v případě, že data jsou závislá. Z tohoto důvodu jsem pro tento dynamický diagram použil data označovaná jako Dostava - osnova a Dostava - útek. Zde mi totiž znaménkový test provedený v programu QC Expert řekl, že data jedné testované veličiny jsou závislá, zatímco u druhé tomu tak není.

5.8.1 Test závislosti

Dostava - osnova

Tabulka 7 Test závislosti pro Dostava – osnova

(Zdroj: Vlastní zpracování v programu QC Expert)

Znaménkový test :			
Závěr :	Data jsou závislá	Data jsou závislá	Data jsou závislá

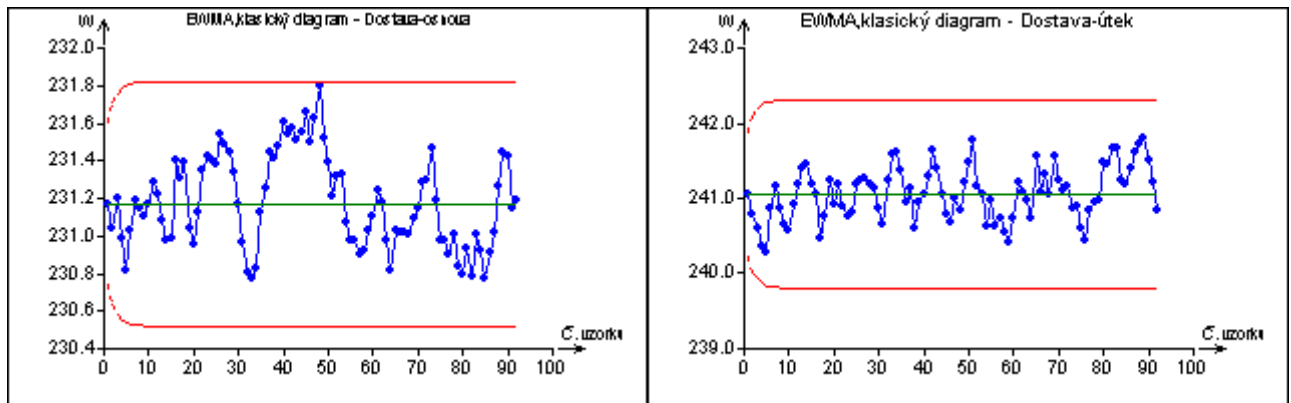
Dostava - útek

Tabulka 8 Test závislosti pro Dostava – útek

(Zdroj: Vlastní zpracování v programu QC Expert)

Znaménkový test :			
Závěr :	Data jsou nezávislá	Data jsou nezávislá	Data jsou nezávislá

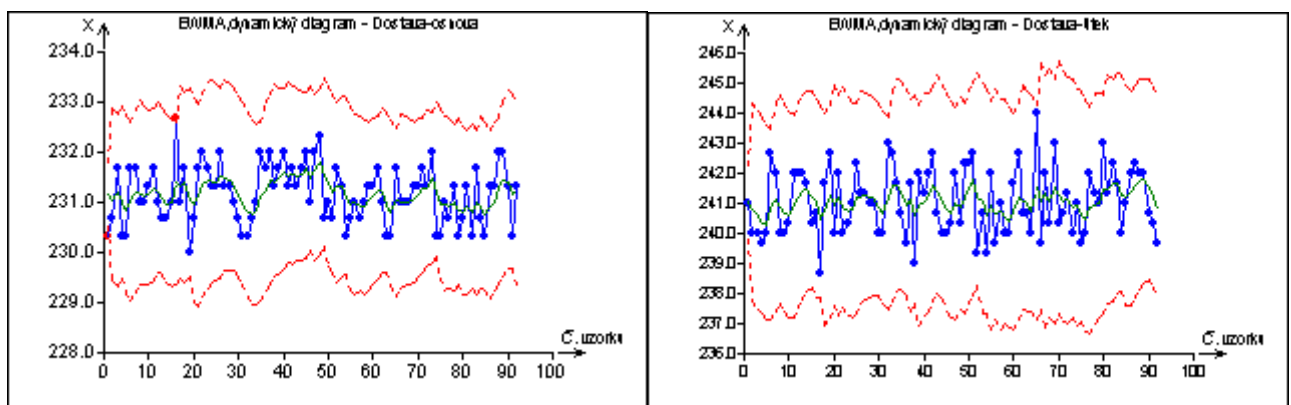
5.8.2 EWMA digram



Obrázek 23 EWMA, klasický diagram - Dostava

(Zdroj: Vlastní zpracování v programu QC Expert)

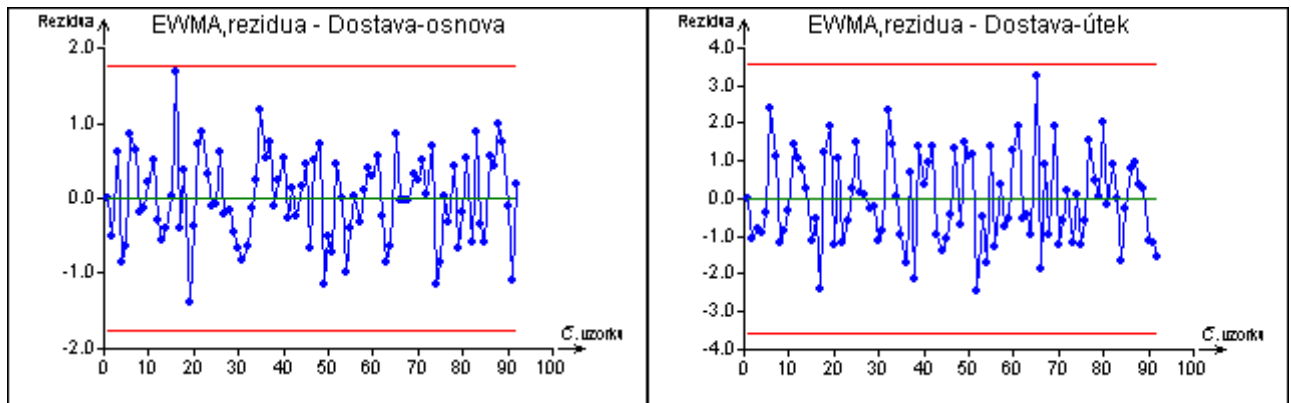
Klasický diagram nám sděluje, že pokud jsou data uvnitř tolerančních mezí, má se za to, že data jsou statisticky zvládnutá a není třeba nijak zasahovat do procesu. Podíváme-li se na klasický regulační diagram pro Dostava - útek, můžeme jasně vidět, že data se nepřibližují regulačním mezím. Z tohoto důvodu je považují za statisticky zvládnutá. Na druhou stranu data znázorněná v regulační diagram pro Dostava - osnova, jsou sice v regulačních mezích, ale hodnota č.47 se značně přibližuje horní regulační mezi. Z tohoto důvodu jsem sestrojil ještě dynamický regulační diagram a diagram pro rezidua.



Obrázek 24 EWMA, dynamický diagram - Dostava

(Zdroj: Vlastní zpracování v programu QC Expert)

Dynamický diagram u Dostava-osnova nám u výběru č. 47 nenaznačuje přiblížení k tolerančním mezím. Naopak oproti předchozímu diagramu ukazuje, že data u hodnot č. 1 a 16 jsou mimo meze. Z čehož vyplývá, že by se mohlo jednat o statisticky nezvládnutý proces.



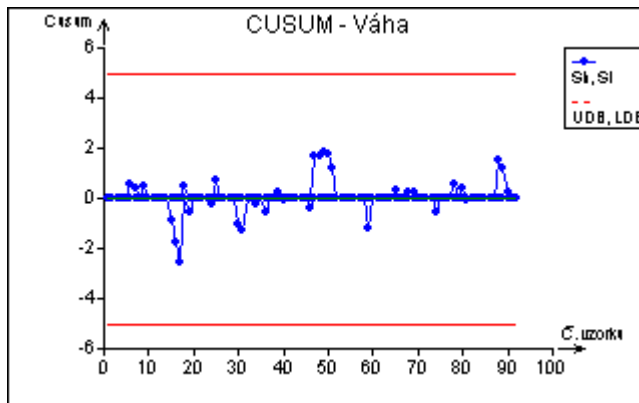
Obrázek 25 EWMA, rezidua – Dostava

(Zdroj: Vlastní zpracování v programu QC Expert)

Pokud se ale podíváme na graf pro rezidua u dostava - osnova zjistíme, že hodnota č.1 nenaznačuje žádný kritický posun. Z tohoto důvodu se domnívám, že se jedná o falešný signál. Naopak kritický posun, který nastal mezi 11. a 12. výběrem je signalizován v grafu až u hodnoty č.16. Tato hodnota se blíží k horní toleranční mezi. Jelikož u dynamického diagramu tato hodnota přesáhla toleranční mez, doporučil bych firmě provést analýzu dat z výrobního procesu ze dne, kdy vznikl kritický posun u hodnot mezi 11. a 12. výběrem. Pokusit se najít příčinu a následně přijmout nápravná opatření.

5.9 CUSUM

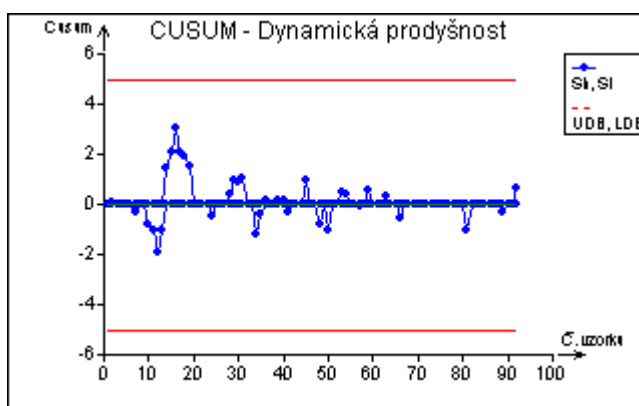
Pro aplikaci metody CUSUM jsem použil dvě charakteristiky jakosti (váha, dynamická prodyšnost). A to z důvodu, že měření těchto charakteristik se provádí v kontrolovaném prostředí a pomocí speciálních přístrojů, cena této kontroly není zanedbatelná. Hlavním důvodem použití CUSUM je, že pokud se vyskytne výrobek nesplňující požadavky zákazníka, není možné ho nijak opravit a ztráta dosahuje 100% z ceny.



Obrázek 26 Graf CUSUM - Váha

(Zdroj: Vlastní zpracování v programu QC Expert)

Jak můžete vidět diagram znázorňuje propad hmotnosti u výběru č.16 a zároveň vyšší hmotnost kolem hodnoty č.47. Nicméně hodnoty jsou uvnitř diagramu CUSUM a významně se nepřibližují mezím tolerance. Proto mám za to, že data jsou ve statisticky zvládnutém stavu.



Obrázek 27 Graf CUSUM - Dynamická prodyšnost

(Zdroj: Vlastní zpracování v programu QC Expert)

Na diagramu určujícím dynamickou prodyšnost můžeme vidět vyšší prodyšnost u hodnoty č.16. Z toho můžeme vyvodit tvrzení, že u tohoto vzorku došlo k nějaké události, která snížila hmotnost vzorku. To mělo za následek vyšší prodyšnost. Pokud se podívám na diagramy EWMA, kde jsem testoval dostavu, zjistím, že tato odchylka je způsobená nižším počtem vláken ve vzorku.

Dle klasické interpretace CUSUM jsou data ve statisticky zvládnutém stavu a není třeba zasahovat do procesu. Pokud vezmu v úvahu i hodnoty získané pomocí dynamického dia-

gramu EWMA, doporučil bych přezkoumání údajů z výrobního procesu ze dne, kdy data z výrobku č. 16 vznikla. To by mohlo přinést odpověď na otázku, proč tyto dva digramy sestrojené pro různé znaky kvality zde signalizují odchylku. A do budoucna přinést důležité poznatky o chování výrobního procesu.

6 NADPIS TAGUCHIHO METODY

6.1 Vícerozměrná ztrátová funkce

Předpoklady, které by měly být splněny při použití ztrátové funkce:

- 1) U každého výrobku je sledována určitá charakteristika, podle které posuzujeme jeho kvalitu.
- 2) Tato charakteristika má stanovenou cílovou hodnotu T (Target value)
- 3) Nekvalita se projevuje odchylkami od T
- 4) Jakákoliv odchylka od T představuje ztrátu odběratele, která se u něj projeví zvýšenými náklady na provoz, údržbu atd.

Vícerozměrná ztrátová funkce

$$TSL(Y_1, \dots, Y_n) = 4 \sum_{i=1}^n \left(\frac{Y_i - T_i}{USL_i - LSL_i} \right)^2$$

Ve firmě se provádí 100% kontrola každého batche a standardně se testuje na třech místech. Na začátku, uprostřed a na konci, a to z toho důvodu, že bylo vyzorováno, že tkanina má v každém svém úseku trochu jiné vlastnosti. Největší rozdíly mezi naměřenými hodnotami jsou právě v těchto místech, kde se odebírají testovací vzorky.

Dosavadní praxe firmy je taková, že pokud se vyskytne nekvalitní úsek, nevyhodí celý batch. Naopak nekvalitní úsek se oddělí a nahradí se kvalitní látkou.

6.1.1 Vícerozměrná ztrátová funkce

Tabulka 9 Vícerozměrná ztrátová funkce pro úsek č. 1 (Zdroj: interní materiály)

Úsek č.1	Y	T	USL	LSL
Elongation - osnova	41,440	41,278	45,56	36,995
Elongation - útek	33,320	31,966	35,97	27,962
Edgecomb - osnova	692,050	729,7107	814,062	645,3594
Edgecomb - útek	624,790	599,426	663,9781	534,874
Dynamic air permeability	406,000	434,327	545,761	322,148
Tearstrength - osnova	142,620	139,441	146,557	132,325
Tearstrength - útek	150,520	153,5647	163,037	144,0924
Tensilestrength - osnova	3 069,950	3109,074	3347,148	2870,999
Tensilestrength - útek	3 425,660	3437,493	3713,937	3168,943

Dostava - osnova	230,000	231,1703	232,144	230,196
Dostava - útek	241,000	241,0543	243,236	238,872
Weight	182,100	182,748	181,108	184,338

$$TSL(Y_1, \dots, Y_n) = 4 \sum_{i=1}^n \left(\frac{Y_i - T_i}{USL_i - LSL_i} \right)^2$$

$$TSL_1(Y_1, \dots, Y_{12}) = 4 * 0,612645 = 2,45246 \text{ Kč/ m}^2$$

Ztráta za nekvalitu v rámci normy, pro první úsek (0 až 733 m²), se bude pohybovat kolem 2,45246 Kč/ m².

Tabulka 10 Vícerozměrná ztrátová funkce pro úsek č. 2 (Zdroj: interní materiály)

Úsek č.2	Y	T	USL	LSL
Elongation - osnova	42,080	41,278	45,56	36,995
Elongation - útek	33,400	31,966	35,97	27,962
Edgecomb - osnova	735,850	729,7107	814,062	645,3594
Edgecomb - útek	512,560	599,426	663,9781	534,874
Dynamic air permeability	392,000	434,327	545,761	322,148
Tearstrength - osnova	139,830	139,441	146,557	132,325
Tearstrength - útek	148,560	153,5647	163,037	144,0924
Tensilestrength - osnova	3 117,510	3109,074	3347,148	2870,999
Tensilestrength - útek	3 404,210	3437,493	3713,937	3168,943
Dostava - osnova	230,000	231,1703	232,144	230,196
Dostava - útek	241,000	241,0543	243,236	238,872
Weight	181,780	182,748	181,108	184,338

$$TSL(Y_1, \dots, Y_n) = 4 \sum_{i=1}^n \left(\frac{Y_i - T_i}{USL_i - LSL_i} \right)^2$$

$$TSL_2(Y_1, \dots, Y_{12}) = 4 * 01,05624 = 4,22496 \text{ Kč/ m}^2$$

Ztráta za nekvalitu v rámci normy, pro první úsek (734 až 1467 m²), se bude pohybovat kolem 4,22496 Kč/ m².

Tabulka 11 Vícerozměrná ztrátová funkce pro úsek č. 3 (Zdroj: interní materiály)

Úsek č.3	Y	T	USL	LSL
Elongation - osnova	41,670	41,278	45,56	36,995
Elongation - útek	31,850	31,966	35,97	27,962

Edgecomb - osnova	781,010	729,7107	814,062	645,3594
Edgecomb - útek	570,470	599,426	663,9781	534,874
Dynamic air permeability	466,000	434,327	545,761	322,148
Tearstrength - osnova	137,960	139,441	146,557	132,325
Tearstrength - útek	151,270	153,5647	163,037	144,0924
Tensilestrength - osnova	3 138,460	3109,074	3347,148	2870,999
Tensilestrength - útek	3 286,480	3437,493	3713,937	3168,943
Dostava - osnova	231,000	231,1703	232,144	230,196
Dostava - útek	241,000	241,0543	243,236	238,872
Weight	183,020	182,748	181,108	184,338

$$TSL(Y_1, \dots, Y_n) = 4 \sum_{i=1}^n \left(\frac{Y_i - T_i}{USL_i - LSL_i} \right)^2$$

$$TSL_3(Y_1, \dots, Y_{12}) = 4 * 0,5723 = 2,02892 \text{ Kč/ m}^2$$

Ztráta za nekvalitu v rámci normy, pro třetí úsek (1467 až 2200m²), se bude pohybovat kolem 2,02892 Kč/ m².

$$TSL = TSL_1 + TSL_2 + TSL_3$$

$$TSL = 2,45246 + 4,22496 + 2,02892$$

$$TSL = 8,70634 \text{ Kč/m}^2$$

Celková ztráta za nekvalitu na jeden batch o rozměrech 2200m² bude tedy činit

$$8,70634 \text{ Kč/m}^2.$$

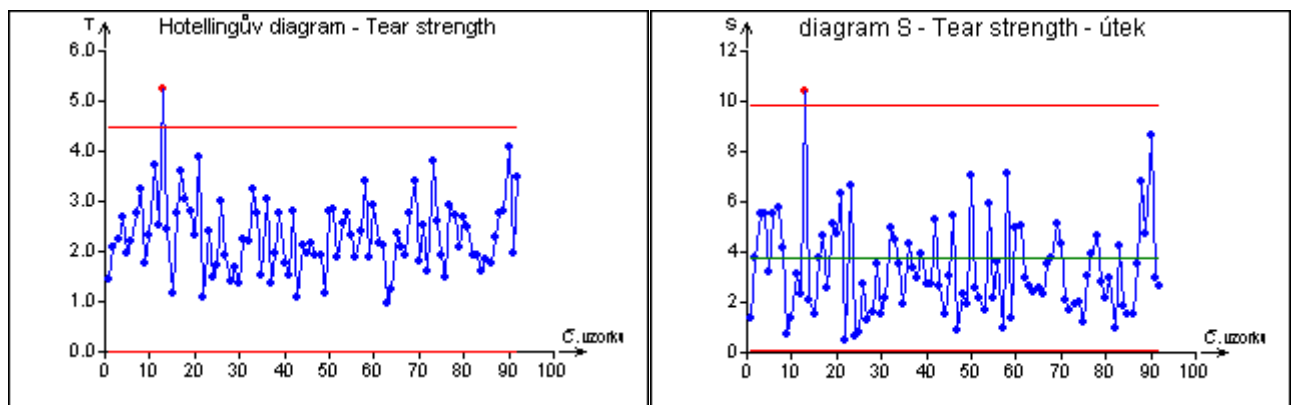
Pokud tuto ztrátu porovnáím s cenou za 1m² což je 43,70 Kč/m² zjistím, že ztráta v rámci tolerance tvoří přibližně 19,9% z ceny.

Při převedení ztráty v rámci tolerance na celý batch bude tato dosahovat výše 19 131,86 Kč/ batch. Měsíční produkce ve sledovaném období činila 92 ks výrobků. Pro představu zmíněná 19,9% ztráta vyčíslená měsíčně by dosahovala 1760131,12 Kč. To je dle mého názoru dostatečný důvod pro zvážení možnosti použití Taguchiho metod.

7 NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ

Úroveň kontroly jakosti je ve firmě Toray Textiles Central Europe s.r.o. na velmi vysoké úrovni. Je tomu tak proto, že technická polyamidová tkanina se dodává především do automobilového průmyslu a na výrobky jsou kladeny vysoké požadavky a to hlavně z hlediska bezpečnosti.

Pro kontrolu kvality jsou zde používány klasické Shewhartovy diagramy. Tato metoda je ve firmě ověřena léty praxe, tudíž by se mohlo zdát, že upustit od metody, která se osvědčila není moudré. S tím musím částečně souhlasit. Na druhou stranu ve firmě se každý den zkouší množství vzorků a jejich analýza zabere bezpochyby množství času. Když ještě vezmeme v úvahu, že pro technickou polyamidovou tkaninu kvality 3660 se měří 16 různých veličin, které ovlivňují kvalitu, je dle mého názoru vhodnější použít Hotellingových diagramů a to alespoň u charakteristik, které mezi sebou vzájemně korelují. Jak jsem zjistil v praktické části Hotellingovy diagramy, pro veličinu Tear strength - osnova a Tear strength - útek se od Shewhartových diagramů významně neliší a tudíž je možné Shewhartovy diagramy nahradit Hotellingovými bez větších obav z nedodržení požadované kvality výrobků. Pokud by se toto opatření osvědčilo mohlo by mít za následek výrazné ušetření času stráveného při kontrole a analyzování dat z diagramů.

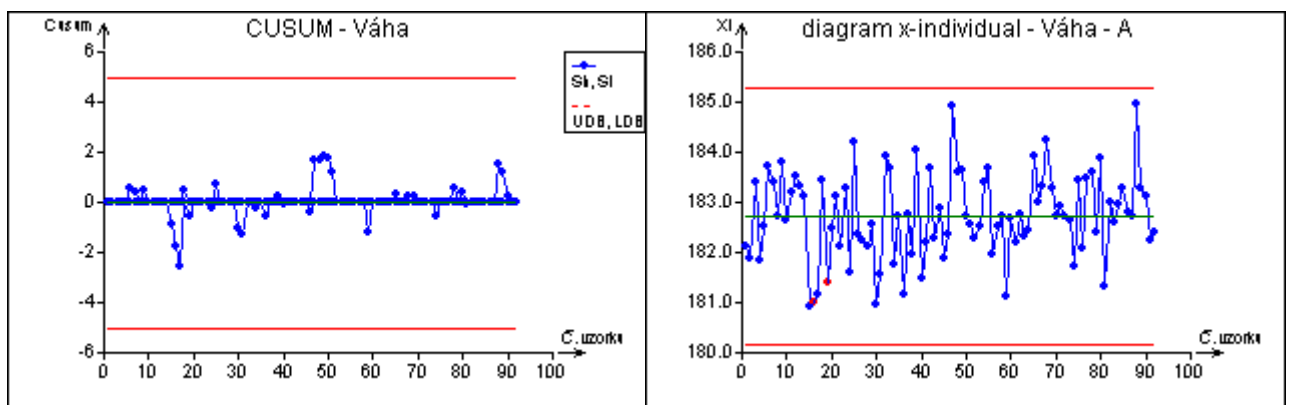


Obrázek 28 Hotellingův diagram v porovnání se Shewhartovým diagramem
(Zdroj: vlastní zpracování v programu QC Expert)

Diagram EWMA je možno použít jako alternativu ke Shewhartovým diagramům. Tento diagram je vhodný pro identifikaci malých, ale přetrvávajících změn v procesu. Použití diagramu by mělo své opodstatnění, pokud by firma chtěla optimalizovat výrobní proces a úroveň kvality výrobků. Vzhledem k tomu, že se v TTCE používají osvědčené Shewharto-

vy diagramy není dle mého názoru nutná náhrada stávající metody ani souběžné používání obou metod.

CUSUM metoda má oproti metodám používaným ve firmě několik výhod. Za zmínku stojí především rychlost při detekci změn v procesu a přesnější určení okamžiku vzniku změny parametrů, velikosti a směru působení. Pokud by se ve firmě začala tato metoda používat mohlo by to mít za následek rychlejší zjištění odchylky od optimální hodnoty. V důsledku toho by mohl operátor zasáhnout do procesu, čímž by se snížila šance na produkci nekvalitního výrobku, pokud vezmeme v úvahu, že nekvalitní výrobek se nedá opravit a tudíž ztráta činí 100% z ceny. Je dle mého názoru vhodné, alespoň zauvažovat nad použitím této metody. Protože v diagramu CUSUM jsou jasně významné posuny od střední čáry, kdežto u Shewhartova diagramu \bar{x} určenému pro práci s individuálně naměřenými hodnotami je variabilita naměřených hodnot tak vysoká, že pokud by program QC Expert nezaznačil porušení pravidel červenými body, neměl bych šanci tento posun z grafu zachytit.



Obrázek 29 CUSUM ve srovnání se Shewhartovým diagramem \bar{x} -individual
(Zdroj vlastní zpracování v programu QC Expert)

Ač se může zdát, že ztráta počítaná pomocí Taguchiho ztrátové funkce není reálná, protože firmě vlastně žádná ztráta nevznikne, použití této metody ve firmě má dle mého názoru své opodstatnění. A to proto, že pracovníci získají jasnou představu o tom nakolik je samotná výroba nepřesná. Navíc v penězích vyjádřená ztráta v rámci normy určitě značně zapůsobí na každého, kdo si myslel, že úroveň kvality výrobků je ve výborném stavu. To by mělo mít pozitivní dopad na neustálé zlepšování kvality výrobků v důsledku optimalizace výroby.

Pokud se na tuto ztrátovou funkci podíváme ještě z trochu jiného úhlu a použijeme ji při hodnocení kvality vstupních materiálů, dalo by se nejen zamezit použití nekvalitního materiálu a tím znemožnění výroby nekvalitních výrobků, ale zároveň by se pomocí těchto dat dal vyvinout tlak na dodavatele a tím zajistit zvýšení kvality nakupovaného materiálu, případně snížení ceny. To by v každém případě mělo pozitivní dopad na hospodaření firmy.

ZÁVĚR

Jako cíl práce jsem si zvolil analýzu úrovně kvality výrobků pomocí statistických metod ve firmě Toray Textiles Central Europe s.r.o. a následně vyvodit doporučení, které by měla mít za následek zvýšení počtu kvalitních výrobků, snížení nákladů na kvalitu a zjednodušení procesu analýzy dat získaných z výroby.

Nejprve jsem zjistil jaké statistické metody se ve firmě běžně používají při kontrole jakosti. Z tohoto důvodu jsem sestrojil Shewhartovy regulační diagramy pro vybrané charakteristiky. Ty slouží jako základ pro posouzení výsledků analýz, které jsem provedl. Samozřejmě jsem nejprve otestoval vhodnost použití jednotlivých metod pomocí testů normality, homogenity a v neposlední řadě jsem zjistil úroveň korelace dat. Pokud bych tyto testy neprovedl mohlo by dojít k porušení pravidel pro sestavování použitých regulačních diagramů, což by mohlo mít neblahý vliv na výsledky. Jelikož se firma TTCE s.r.o. zabývá výrobou zboží, které se následně dále používá při výrobě v automobilovém průmyslu, klade se zde veliký důraz na dodržování úrovně kvality. To mělo za následek to, že mnou zpracovávaná data byla téměř ve statisticky zvládnutém stavu. To se samozřejmě podepsalo na výsledcích zkoumaných dat.

Nutno ještě říct, že ač je ve firmě proces zajišťování kvality ve značně pokročilém stavu, firma splňuje ISO i ČSN normy, nepoužívá pro zlepšování úrovně výrobních procesů a kvality výrobků Taguchiho metody. Pokud by se firma v budoucnu rozhodla, že začne tyto metody používat, mohlo by to mít pozitivní vliv na inovaci a neustálé zlepšování kvality výrobků, což je v dnešní době určitě jeden z předpokladů pro úspěšné podnikání.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

HEBÁK, Petr. Vícerozměrné statistické metody (1). Vyd. 1. Praha: Informatorium, 2004, 239 s. ISBN 8073330253.

HINDLS, Richard, Ilja NOVÁK a Stanislava HRONOVÁ. Metody statistické analýzy pro ekonomy. 2. přeprac. vyd. Praha: Management Press, 2000, 249 s. ISBN 8072610139.

KOVÁŘÍK, Martin. Využití matematicko-statistických metod v řízení kvality: Usage of mathematical and statistical methods in quality control : teze disertační práce. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2012, 46 s. ISBN 978-80-7454-174-2.

KUPKA, Karel. Statistické řízení jakosti: interaktivní analýza a interpretace dat pro řízení jakosti a ekonomiku. Pardubice: TriloByte, c1997, 191 s. ISBN 802381818x.

MALÁ, Ivana. Statistické úsudky. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2013, 260 s. ISBN 978-80-7431-127-7.

MAREK, Luboš. Pravděpodobnost. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 2012, 249 s. ISBN 978-80-7431-087-4.

MELOUN, Milan a Jiří MILITKÝ. Kompendium statistického zpracování dat. Vyd. 3., V nakl. Karolinum 1. Praha: Karolinum, 2012, 982 s. ISBN 978-80-246-2196-8.

MONTGOMERY, Douglas C a George C RUNGER. Applied statistics and probability for engineers. 5th ed. Hoboken: John Wiley&Sons, c2011, xv, 768 s. ISBN 978-0-470-05304-1.

NOSKIEVIČOVÁ, Darja a Josef TOŠENOVSKÝ. Statistické metody pro zlepšování jakosti. Ostrava: Montanex, 2000, 362 s. ISBN 807225040x.

PAVELKA, František a Vladimír RYTÍŘ. Metody statistické analýzy. 2. nezm. vyd. Zlín: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta managementu a ekonomiky ve Zlíně, 2000, 118, [15] s. ISBN 8021417188.

TAGUCHI, Genichi et al. Taguchi's quality engineering handbook [online]. Livonia, Mich.: ASI Consulting Group, c2005, xxxii, 1662 p. [cit. 2013-11-14]. ISBN 04-714-1334-8. Dostupné z: databáze Knovel

TÖPFER, Armin. *Six sigma: koncepce a příklady pro řízení bez chyb*. 1. vyd. Brno: ComputerPress, 2008, x, 508 s. ISBN 9788025117668.

TRILOBYTE STATISTICAL SOFTWARE. QC-Expert - manuál. 2013, 232 s. Dostupné z: www.trilobyte.cz

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

A	Ztráta za překročení tolerance d
C	Kovariační matice
CL	Střední čára
CUSUM	Kumulovaný součet
EWMA	Exponenciální vážený klouzavý průměr
d	Funkční tolerance
L(Y)	Ztráta způsobená odchylkou od T
LCL	Dolní regulační mez
LWL	Dolní výstražná mez
n	Rozsah výběru
Q	(Roční) náklady na 100% kontrolu
r	Váha
R	(Roční) produkce v kusech
SPC	Statistická regulace procesu
T	Cílová hodnota
x_j	Naměřená hodnota
\bar{x}_j	vektor výběrových průměrů všech znaků jakosti v j-tém výběru
$\bar{\bar{x}}$	vektor, pomocí něhož se odhadují hodnoty μ pro simultánně sledované znaky jakosti

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1 Základní struktura regulačního diagramu</i>	15
<i>Obrázek 2 Graf korelace</i>	22
<i>Obrázek 3 Oboustranná rozhodovací V - maska</i>	29
<i>Obrázek 4 Taguchiho ztrátová funkce</i>	31
<i>Obrázek 5 Ztrátová funkce se symetrickou tolerancí</i>	32
<i>Obrázek 6 Ztrátová funkce s nesymetrickou tolerancí</i>	32
<i>Obrázek 7 Vzorkovnice</i>	38
<i>Obrázek 8 Tkalcovna</i>	39
<i>Obrázek 9 Hliníkové desky pro polygrafický průmysl</i>	39
<i>Obrázek 10 Organizační struktura Toray Textiles Central Europe s.r.o.</i>	40
<i>Obrázek 11 QC Expert - Data</i>	41
<i>Obrázek 12 QC Expert - Grafy</i>	42
<i>Obrázek 13 QC Expert - Protokol</i>	42
<i>Obrázek 14 Kruhový graf – Tear strength (Zdroj: vlastní zpracování QC Expert)</i>	44
<i>Obrázek 15 Q-Q graf – Tear strength (Zdroj: vlastní zpracování QC Expert)</i>	44
<i>Obrázek 16 Graf hustoty pravděpodobnosti – Tear strength (Zdroj: vlastní zpracování QC Expert)</i>	45
<i>Obrázek 17 Tear strength osnova/útek (úsek č.1)</i>	46
<i>Obrázek 18 Tear strength osnova/útek (úsek č.2)</i>	47
<i>Obrázek 19 Tear strength osnova/útek (úsek č.3)</i>	47
<i>Obrázek 20 regulační diagram (S) pro Tear strength</i>	49
<i>Obrázek 21 Shewhartův regulační diagram (R) pro Tear strength - osnova</i>	49
<i>Obrázek 22 Hotellingův diagram – Tear strength</i>	50
<i>Obrázek 23 EWMA, klasický diagram - Dostava</i>	52
<i>Obrázek 24 EWMA, dynamický diagram - Dostava</i>	52
<i>Obrázek 25 EWMA, rezidua – Dostava</i>	53
<i>Obrázek 26 Graf CUSUM - Váha</i>	54
<i>Obrázek 27 Graf CUSUM - Dynamická prodyšnost</i>	54
<i>Obrázek 28 Hotellingův diagram v porovnání se Shewhartovým diagramem (Zdroj: vlastní zpracování v programu QC Expert)</i>	59
<i>Obrázek 29 CUSUM ve srovnání se Shewhartovým diagramem x-individual (Zdroj vlastní zpracování v programu QC Expert)</i>	60

Obrázek 30 Vývojový diagram procesu pro hodnocení způsobilosti..... 70

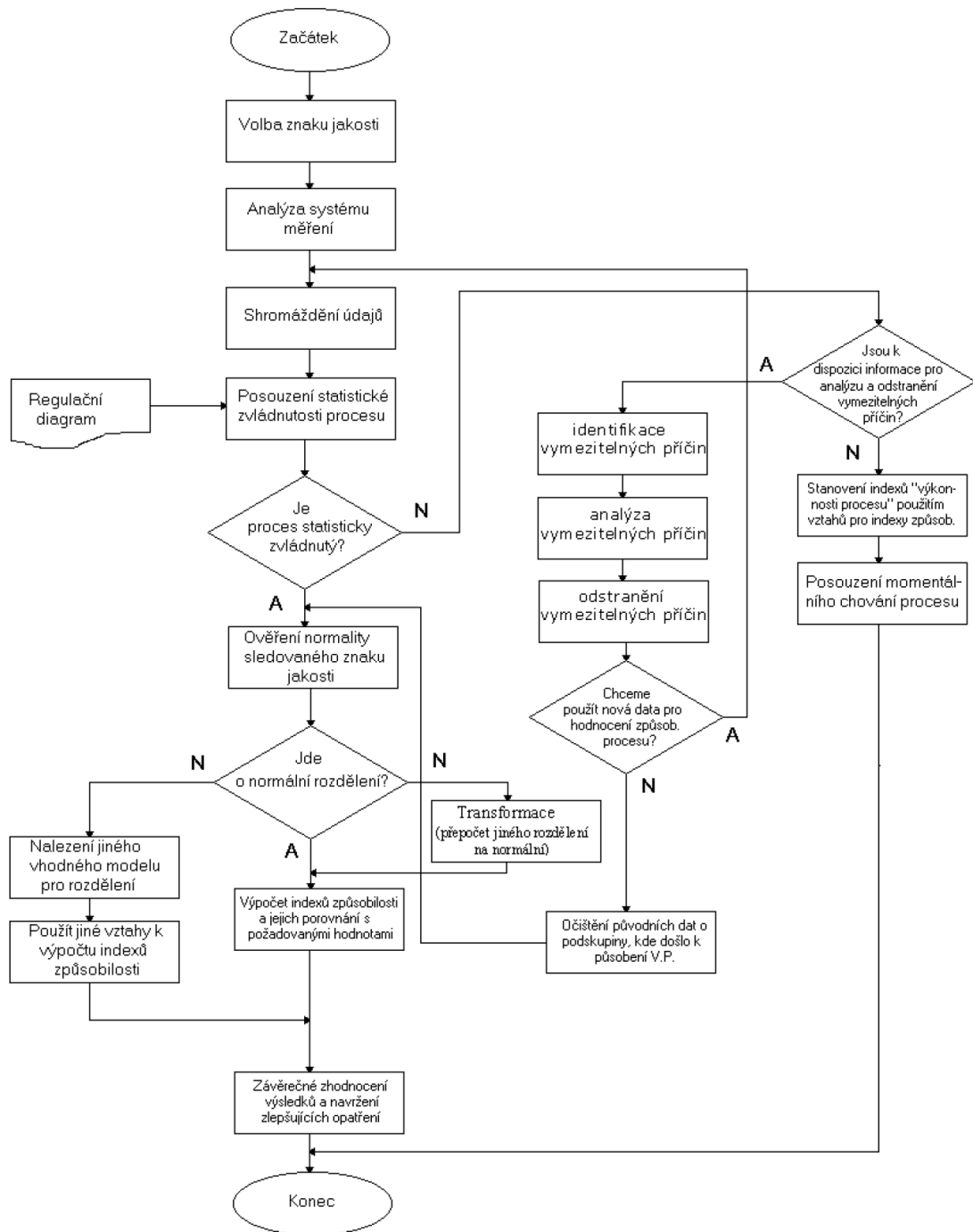
SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 <i>Nejčastěji používané testy nenáhodných seskupení</i>	17
Tabulka 2 <i>Členění regulačních diagramů</i>	18
Tabulka 3 <i>K-S test (Zdroj: vlastní zpracování v programu QC Expert)</i>	45
Tabulka 4 <i>K-S test (Zdroj: vlastní zpracování v programu QC Expert)</i>	46
Tabulka 5 <i>Homogenita (Zdroj: vlastní zpracování v programu QC Expert)</i>	48
Tabulka 6 <i>Homogenita (Zdroj: vlastní zpracování v programu QC Expert)</i>	48
Tabulka 7 <i>Test závislosti pro Dostava – osnova</i>	51
Tabulka 8 <i>Test závislosti pro Dostava – útek</i>	51
Tabulka 9 <i>Vícerozměrná ztrátová funkce pro úsek č. 1 (Zdroj: interní materiály)</i>	56
Tabulka 10 <i>Vícerozměrná ztrátová funkce pro úsek č. 2 (Zdroj: interní materiály)</i>	57
Tabulka 11 <i>Vícerozměrná ztrátová funkce pro úsek č. 3 (Zdroj: interní materiály)</i>	57
Tabulka 12 <i>Elongation (Zdroj: interní materiály)</i>	71
Tabulka 13 <i>Edgecomb (Zdroj: interní materiály)</i>	73
Tabulka 14 <i>Weight, dymamic air permeability (Zdroj: interní materiály)</i>	75
Tabulka 15 <i>Tear strength (Zdroj: interní materiály)</i>	77
Tabulka 16 <i>Tensile strength (Zdroj: interní materiály)</i>	79
Tabulka 17 <i>Dostava (Zdroj: interní materiály)</i>	81

SEZNAM PŘÍLOH

PI	Vývojový diagram procesu pro hodnocení způsobilosti
PII	Elongation
PIII	Edgecomb
PIV	Weight, dynamic air permeability
PV	Tear strength
P VI	Tensile strength
P VII	Dostava

PŘÍLOHA P I: VÝVOJOVÝ DIAGRAM PROCESU PRO HODNOCENÍ ZPŮSOBILOSTI



Obrázek 30 Vývojový diagram procesu pro hodnocení způsobilosti

(Zdroj:Kovářík,2012, str. 236)

PŘÍLOHA P II: ELONGTATION

Tabulka 12 Elongation (Zdroj: interní materiály)

elongation - osnova				elongation - útek		
vzorek						
č.	<i>kraj</i>	<i>střed</i>	<i>kraj</i>	<i>kraj</i>	<i>střed</i>	<i>kraj</i>
1	41,440	42,080	41,670	33,320	33,400	31,850
2	41,250	40,580	43,000	35,010	34,680	34,940
3	40,390	41,810	42,910	34,360	32,960	31,860
4	40,090	42,380	41,750	34,120	30,700	29,830
5	41,750	41,250	43,250	33,140	32,490	31,210
6	42,830	41,420	41,330	34,300	32,840	33,940
7	39,530	42,600	41,020	29,310	30,720	30,430
8	41,080	42,330	41,670	31,250	34,620	33,360
9	41,600	42,420	42,250	34,420	35,270	33,760
10	41,340	43,420	42,860	32,390	31,610	32,010
11	40,750	40,610	43,290	29,260	29,840	31,410
12	39,920	41,580	42,170	30,930	30,400	30,910
13	42,210	42,480	43,040	33,350	31,740	31,580
14	39,670	43,330	42,420	31,440	32,120	31,080
15	42,670	42,330	41,830	32,660	31,890	30,660
16	40,580	42,260	43,080	34,110	29,190	30,300
17	39,180	39,830	39,930	31,560	32,830	31,530
18	38,735	41,973	40,491	33,047	32,268	30,386
19	42,420	42,250	42,990	30,970	30,770	30,460
20	40,644	41,345	42,995	31,187	32,206	31,169
21	40,580	42,680	42,100	30,860	32,650	29,800
22	41,670	40,920	40,670	32,500	30,280	31,500
23	41,000	40,420	41,500	32,670	31,010	31,500
24	40,000	40,250	40,170	31,190	29,980	31,170
25	40,080	41,080	41,920	30,600	31,030	29,750
26	41,830	43,080	42,830	32,920	31,460	31,500
27	40,500	42,080	40,250	32,890	30,840	30,940
28	42,630	40,000	42,170	33,330	33,120	31,830
29	40,420	40,750	42,330	32,920	32,410	31,410
30	39,080	41,750	42,330	32,170	30,330	30,750
31	40,580	42,170	41,920	31,350	33,420	33,440
32	39,170	42,420	40,750	31,200	31,050	31,430
33	38,750	42,920	42,330	30,780	28,870	30,190
34	39,830	39,750	42,500	31,540	31,080	30,670
35	38,780	42,490	41,850	30,150	28,990	30,960
36	39,000	39,080	39,750	33,080	33,290	33,420
37	40,500	42,580	42,920	32,610	32,920	31,990
38	39,490	41,950	40,590	32,370	31,730	32,700
39	41,150	41,310	40,700	28,870	27,150	31,220
40	41,250	40,170	42,330	31,670	32,420	32,420
41	39,420	41,420	42,580	31,930	31,590	29,460
42	38,830	39,500	41,580	32,600	31,970	32,180
43	40,000	40,250	39,830	33,330	31,400	32,490

44	42,420	41,330	42,830	31,920	32,080	31,670
45	40,580	43,330	42,920	31,870	33,820	30,800
46	41,830	41,750	41,830	33,510	31,330	30,870
47	39,080	42,830	42,000	32,080	32,250	31,830
48	39,080	41,670	41,080	30,830	32,580	31,670
49	40,580	43,080	41,580	33,170	31,330	30,830
50	39,750	43,230	38,160	33,330	32,080	30,740
51	39,166	40,473	40,281	31,834	30,693	31,444
52	41,500	41,670	40,750	34,170	33,830	32,000
53	40,179	40,771	41,354	30,212	30,692	33,131
54	40,670	39,420	43,000	33,980	33,720	33,160
55	40,670	42,330	43,420	31,830	30,500	31,070
56	40,000	43,000	42,330	31,580	32,580	31,330
57	41,080	42,330	43,000	31,250	30,960	32,760
58	42,341	43,327	44,128	30,600	31,964	33,645
59	39,846	42,347	43,582	30,376	32,296	29,582
60	40,638	41,292	42,147	30,993	29,793	29,978
61	38,095	42,465	41,997	31,956	30,246	32,070
62	39,580	42,580	41,670	32,920	31,080	31,330
63	39,443	40,773	38,967	29,781	29,065	32,813
64	39,542	42,243	41,513	31,232	31,615	31,091
65	42,330	42,330	42,330	31,330	30,910	31,860
66	41,330	42,670	42,420	30,920	31,260	31,170
67	38,670	42,500	40,920	31,670	30,850	31,340
68	40,420	41,670	41,250	30,500	29,100	31,830
69	39,170	42,750	42,250	30,220	33,050	31,230
70	40,170	43,330	43,500	33,750	34,080	32,430
71	39,970	38,340	38,680	33,520	32,100	34,160
72	41,330	42,750	42,420	31,700	33,640	33,500
73	37,390	39,790	39,870	30,470	29,720	30,170
74	40,370	42,050	40,690	33,690	32,310	32,810
75	39,860	41,350	40,930	30,970	32,290	29,010
76	40,100	40,330	40,750	33,110	31,540	30,840
77	40,120	40,830	42,940	33,730	33,610	31,320
78	38,260	42,250	40,980	34,170	30,560	31,750
79	39,870	41,230	40,740	33,890	32,730	31,280
80	40,830	41,080	40,830	33,920	32,580	31,710
81	41,420	44,000	42,170	31,250	30,830	32,170
82	42,130	42,090	41,360	30,900	30,390	30,370
83	42,550	39,750	40,920	31,000	33,160	31,830
84	41,420	43,420	43,500	32,240	31,170	32,630
85	42,700	41,830	41,170	32,380	32,240	31,190
86	42,250	40,580	43,920	33,970	32,180	31,890
87	38,080	40,250	41,580	30,490	30,480	32,340
88	41,420	43,670	40,230	31,900	32,460	31,400
89	40,440	42,180	41,140	30,420	31,220	29,990
90	38,920	42,580	41,920	32,080	28,170	30,580
91	42,500	43,050	43,420	35,050	30,960	34,460
92	43,170	41,830	41,500	35,930	32,400	32,910

PŘÍLOHA P III: EDGEComb

Tabulka 13 Edgecomb (Zdroj: interní materiály)

edgecomb - osnova			edgecomb - útek		
692,050	735,850	781,010	624,790	512,560	570,470
680,480	657,210	753,680	563,700	564,090	461,750
634,900	715,900	772,800	632,600	571,700	549,700
642,200	731,800	782,800	650,500	569,200	620,400
699,190	740,840	766,800	571,150	608,110	552,690
671,600	630,580	757,600	569,790	529,140	502,350
700,900	712,100	759,400	605,400	616,000	609,900
654,080	715,990	768,490	543,850	575,450	508,380
741,720	708,300	705,950	570,410	586,140	511,470
678,600	753,800	715,400	560,000	572,800	578,100
709,200	676,400	619,600	579,800	597,300	611,300
747,260	719,400	786,450	617,390	617,670	622,620
631,000	688,600	739,900	646,900	526,000	631,300
734,470	756,300	661,090	591,730	539,690	617,790
748,590	776,410	773,540	582,390	621,370	611,510
702,170	758,910	728,220	625,390	577,180	631,720
594,000	594,300	705,900	549,700	523,500	573,100
632,200	686,700	715,900	624,600	558,900	610,400
725,000	743,060	710,160	526,210	621,770	612,630
708,900	680,300	761,300	592,800	568,100	637,700
631,050	695,220	755,890	530,780	605,270	602,900
671,550	683,350	626,320	502,890	581,830	564,560
684,120	747,510	713,900	543,420	534,170	582,900
697,900	687,300	805,600	667,800	576,700	605,700
3 167,020	3 146,950	3 230,030	3 404,990	3 490,400	3 380,930
732,420	732,310	797,340	526,450	537,790	566,270
688,110	616,340	682,210	541,220	509,030	558,660
718,050	767,410	783,230	566,320	553,500	575,040
714,970	709,930	791,510	579,120	584,650	645,450
666,250	774,440	690,840	511,610	586,100	625,820
661,850	653,290	614,720	574,320	611,240	568,440
697,720	744,280	627,730	549,040	501,770	596,520
698,170	757,280	757,240	514,920	600,680	581,710
659,820	615,330	745,790	494,340	503,610	487,310
631,000	706,200	804,000	582,500	587,000	526,800
632,460	678,310	725,660	496,910	517,190	568,660
641,760	647,130	668,010	615,220	575,730	624,420
740,700	699,200	724,800	524,100	541,600	522,700
700,900	695,900	766,300	457,350	587,000	485,580
689,060	643,950	720,980	553,840	592,200	573,030
704,890	746,300	725,490	498,060	548,160	546,280
721,380	732,730	698,510	561,540	606,860	534,840
635,720	679,430	723,310	572,310	576,610	557,270
745,960	748,940	737,440	527,150	578,960	541,530

715,690	654,270	693,120	600,640	536,720	541,750
632,060	745,340	701,620	542,330	547,290	576,090
684,670	770,120	694,270	600,790	592,390	614,370
619,300	668,930	712,080	542,030	519,550	611,480
678,220	781,530	746,510	527,210	574,860	598,510
724,800	734,700	787,200	611,300	528,500	565,000
700,900	602,600	685,900	577,800	546,600	575,400
615,050	673,110	716,050	488,770	529,010	615,200
716,800	696,800	662,800	585,700	511,000	550,900
716,140	708,470	632,180	502,380	501,200	574,710
683,600	726,070	771,200	633,360	656,110	643,370
619,190	648,380	747,440	569,710	528,860	634,260
678,160	673,160	757,700	597,750	538,880	540,520
714,800	646,900	736,200	564,200	568,100	553,600
692,600	731,800	766,900	520,700	584,200	583,900
719,500	726,300	714,200	508,200	577,000	538,600
693,200	731,200	592,300	582,300	551,100	611,000
668,380	744,720	670,930	625,920	529,300	650,840
656,100	718,500	717,900	519,700	530,600	495,170
626,900	659,400	737,400	536,000	556,000	619,300
640,090	645,020	738,530	581,850	507,250	562,630
739,080	686,290	749,710	569,900	586,940	670,100
685,210	733,630	712,890	582,640	595,950	550,450
650,370	753,600	672,450	500,710	515,510	528,630
717,390	639,770	794,640	607,030	572,080	616,060
563,940	581,080	786,710	471,530	598,350	590,960
704,500	758,300	738,800	583,400	577,300	608,200
634,100	717,900	744,600	599,000	598,700	590,100
723,000	646,700	743,900	590,400	530,300	584,000
705,400	675,600	708,800	526,900	542,500	627,200
723,200	643,800	723,000	581,200	548,900	634,100
653,100	693,900	706,800	510,500	546,500	508,800
753,900	665,600	736,600	576,000	637,200	655,600
650,000	688,200	726,300	586,300	584,000	642,500
641,700	696,800	725,100	611,000	611,000	641,400
714,750	734,000	716,960	548,410	530,260	569,280
638,180	694,910	755,520	553,600	643,600	602,260
662,000	597,100	693,500	586,500	512,700	586,300
766,680	751,960	677,030	535,780	525,730	570,550
692,660	755,550	774,650	509,110	618,900	592,360
671,840	660,850	731,840	501,930	543,790	536,620
685,090	661,670	695,200	558,570	532,250	575,100
651,230	652,130	607,790	582,520	553,740	613,040
687,000	691,200	769,800	536,200	659,100	650,500
705,100	726,300	761,100	634,400	607,900	590,400
679,710	700,330	786,680	489,100	516,550	557,700
634,590	660,330	675,050	517,580	499,320	522,250
735,410	657,910	788,330	501,010	481,170	497,280

PŘÍLOHA P IV: WEIGHT, DYNAMIC AIR PERMEABILITY

Tabulka 14 Weight, dynamic air permeability (Zdroj: interní materiály)

weight			dynamic air permeability		
182,100	181,780	183,020	406,000	392,000	466,000
181,870	181,600	182,000	434,000	442,000	493,000
183,400	183,480	183,800	383,000	400,000	473,000
181,830	181,850	182,700	380,000	402,000	479,000
182,500	181,800	182,900	396,000	404,000	463,000
183,700	183,900	184,500	443,000	421,000	472,000
183,380	183,300	183,500	395,000	417,000	426,000
182,720	182,390	182,900	407,000	411,000	459,000
183,800	183,900	184,100	417,000	404,000	460,000
182,620	182,900	183,500	387,000	404,000	418,000
183,200	182,700	182,900	388,000	432,000	422,000
183,520	182,960	183,020	389,000	389,000	425,000
183,310	183,100	183,200	422,000	405,000	477,000
183,110	182,140	182,480	506,000	444,000	493,000
180,910	181,120	181,240	423,000	426,000	551,000
180,980	181,140	181,260	425,000	451,000	541,000
181,160	180,970	181,460	407,000	425,000	480,000
183,430	183,660	184,840	419,000	434,000	503,000
181,380	181,360	181,560	415,000	424,000	505,000
182,470	182,100	182,700	420,000	400,000	454,000
183,100	182,670	183,170	409,000	430,000	461,000
182,100	181,310	182,300	403,000	416,000	521,000
183,280	183,110	183,960	389,000	426,000	450,000
181,580	181,420	181,920	383,000	402,000	443,000
184,200	183,810	184,370	404,000	411,000	505,000
182,340	182,220	182,680	400,000	411,000	506,000
182,220	183,140	183,260	381,000	416,000	466,000
182,110	181,840	182,180	452,000	449,000	484,000
182,560	182,840	182,540	460,000	436,000	500,000
180,960	180,810	181,140	438,000	414,000	507,000
181,560	181,130	182,260	429,000	431,000	514,000
183,910	182,830	183,060	390,000	430,000	487,000
183,660	183,420	183,440	394,000	411,000	488,000
181,770	181,260	181,930	383,000	372,000	430,000
182,710	182,410	183,120	385,000	434,000	479,000
181,140	181,480	181,560	436,000	435,000	500,000
182,770	182,060	182,380	414,000	410,000	469,000
181,960	181,610	182,070	413,000	444,000	473,000
184,030	183,390	183,850	403,000	424,000	547,000
181,470	181,860	181,990	447,000	440,000	478,000
182,210	181,860	181,920	387,000	401,000	450,000
183,660	182,810	182,860	395,000	410,000	468,000
182,260	181,830	181,480	390,000	402,000	525,000
182,860	182,210	182,760	437,000	426,000	464,000

181,860	181,960	182,110	437,000	465,000	516,000
182,360	180,990	181,280	409,000	411,000	453,000
184,900	184,950	185,000	431,000	439,000	487,000
183,590	183,400	183,600	403,000	403,000	404,000
183,620	183,450	183,900	422,000	418,000	497,000
182,700	183,600	184,150	354,000	376,000	466,000
182,540	183,650	183,130	427,000	438,000	466,000
182,260	181,150	182,500	427,000	406,000	499,000
182,500	181,650	182,260	428,000	436,000	528,000
183,400	183,040	183,540	426,000	439,000	496,000
183,680	182,750	183,450	419,000	407,000	474,000
181,950	181,800	182,350	445,000	416,000	486,000
182,500	181,900	182,280	405,000	399,000	445,000
182,700	182,380	182,950	437,000	419,000	463,000
181,110	180,550	180,910	454,000	429,000	514,000
182,680	182,480	183,340	392,000	403,000	469,000
182,200	182,400	182,850	404,000	413,000	469,000
182,760	182,800	182,500	416,000	464,000	472,000
182,300	182,410	182,950	446,000	450,000	484,000
182,450	182,630	182,870	407,000	405,000	478,000
183,900	183,200	184,340	419,000	401,000	440,000
183,000	182,750	182,950	407,000	381,000	435,000
183,300	183,320	183,900	412,000	406,000	466,000
184,250	183,300	183,700	405,000	406,000	468,000
183,270	183,620	183,650	395,000	427,000	452,000
182,700	182,650	182,800	423,000	398,000	458,000
182,900	182,700	183,000	396,000	408,000	461,000
182,700	182,170	182,950	395,000	438,000	488,000
182,650	183,400	182,750	421,000	462,000	434,000
181,700	181,000	181,430	443,000	427,000	483,000
183,450	183,020	183,070	419,000	430,000	480,000
182,080	182,700	183,200	424,000	416,000	454,000
183,470	182,830	183,300	417,000	426,000	478,000
183,610	183,920	184,500	396,000	424,000	492,000
182,400	182,100	182,400	422,000	444,000	491,000
183,870	183,750	184,000	393,000	412,000	500,000
181,320	181,900	182,200	398,000	380,000	420,000
183,000	182,970	183,080	417,000	406,000	492,000
182,600	182,100	183,180	433,000	420,000	484,000
182,940	182,000	182,540	428,000	414,000	485,000
183,260	182,600	182,900	426,000	416,000	447,000
182,800	182,600	182,900	460,000	427,000	469,000
182,730	182,490	183,000	412,000	410,000	490,000
184,950	184,550	185,000	381,000	448,000	466,000
183,280	183,410	183,130	407,000	385,000	445,000
183,100	182,300	182,810	395,000	409,000	484,000
182,240	181,900	182,600	414,000	434,000	489,000
182,400	182,240	182,600	482,000	460,000	459,000

PŘÍLOHA P V: TEAR STRENGTH

Tabulka 15 Tear strength (Zdroj: interní materiály)

tearstrength - osnova			tearstrength - útek		
142,620	139,830	137,960	150,520	148,560	151,270
135,500	143,160	138,860	158,580	151,810	158,120
139,410	134,790	136,050	157,450	149,750	146,840
141,560	134,090	131,110	153,210	142,220	148,200
142,410	140,370	136,620	156,050	155,320	161,250
146,750	141,950	136,020	161,330	150,900	153,010
135,920	140,370	135,780	151,380	139,990	143,960
150,190	144,720	141,090	152,900	149,480	157,810
143,640	145,240	137,700	161,400	160,020	160,330
144,220	138,890	132,880	149,360	146,670	148,500
140,850	137,440	144,730	143,460	143,170	148,680
143,520	141,610	146,600	158,850	154,210	156,020
142,180	149,390	137,630	139,330	157,060	157,580
140,480	139,090	142,880	154,900	158,420	154,630
140,560	142,540	137,440	152,990	155,880	153,830
139,050	135,470	142,550	156,080	150,100	149,140
131,580	129,710	126,740	145,990	141,160	150,430
130,130	131,480	126,070	147,460	143,990	142,460
144,700	133,570	136,480	160,250	150,000	154,100
138,630	138,090	130,300	151,720	146,490	142,270
134,010	137,970	127,220	166,020	153,860	157,170
143,190	141,500	140,360	155,910	155,880	156,760
146,250	143,000	137,100	161,570	149,320	150,980
138,650	138,510	132,810	155,810	154,610	155,410
140,470	147,240	137,160	155,030	153,560	154,840
138,940	152,520	140,630	159,570	156,080	154,270
141,230	143,940	143,000	157,880	159,540	157,050
139,450	140,100	135,960	158,700	157,150	155,530
138,570	140,460	137,780	159,860	153,490	159,110
146,290	142,170	139,360	155,740	153,000	153,290
145,860	145,720	133,910	155,890	153,390	151,640
138,540	139,560	142,230	158,180	148,330	153,850
143,840	152,530	136,950	161,120	152,500	154,920
145,010	141,440	134,870	163,360	162,910	157,040
138,170	139,120	133,590	151,180	153,960	150,340
149,590	147,960	141,230	165,340	157,720	164,960
139,490	140,770	135,530	157,290	155,220	150,740
138,230	133,630	133,190	153,990	148,880	154,130
139,000	138,380	140,820	148,540	155,030	148,080
142,420	139,120	137,520	149,950	152,560	155,440
141,070	143,740	138,390	155,070	157,020	151,650
143,230	142,300	138,560	156,610	162,870	152,380
142,760	140,880	139,230	159,320	154,050	156,100
143,440	144,520	133,800	160,340	157,410	159,630

143,460	141,010	140,470	154,210	158,550	160,020
137,950	144,230	138,810	160,570	153,360	149,990
134,880	143,100	137,250	157,700	156,440	155,960
138,130	145,940	138,920	155,740	154,540	159,090
137,810	140,410	138,430	153,710	151,630	149,860
133,470	136,480	135,720	154,580	142,110	142,600
133,540	141,930	137,530	147,050	148,380	143,400
145,080	140,640	137,420	154,670	158,760	157,920
147,570	137,530	139,270	150,930	147,950	150,860
141,620	140,770	140,120	154,030	151,860	163,020
139,680	146,340	143,340	153,540	149,290	151,240
144,150	142,750	137,730	161,870	159,290	154,790
138,420	134,650	139,500	154,650	155,440	153,600
149,090	139,530	132,140	160,970	150,710	147,200
138,280	136,260	133,620	147,100	149,170	146,670
141,770	141,540	131,200	150,430	155,030	145,050
134,990	135,370	133,790	155,690	149,250	145,720
138,150	139,640	129,420	153,700	147,840	151,760
139,550	138,430	135,450	155,920	152,690	150,610
142,010	137,940	133,420	154,780	150,400	150,950
141,050	148,530	134,640	158,200	153,140	154,990
144,850	147,740	143,020	156,420	151,720	154,020
139,650	138,940	137,260	155,130	153,950	160,520
142,090	140,390	134,600	155,260	162,460	160,740
139,450	149,950	142,070	163,610	162,330	154,190
145,110	145,440	140,650	161,620	152,950	156,810
142,840	134,350	129,520	152,100	151,010	148,110
139,070	137,090	135,370	154,430	154,040	157,180
126,650	140,610	128,120	146,140	143,840	142,410
134,760	133,780	139,340	152,330	151,490	155,310
134,780	135,210	131,580	153,670	152,680	151,290
137,350	141,750	134,090	153,140	147,140	150,430
127,640	134,460	131,340	153,670	145,820	150,440
133,220	143,800	135,420	153,200	145,570	144,880
140,180	139,790	132,990	148,400	154,000	150,410
147,370	144,010	145,880	151,930	156,210	153,840
150,990	143,160	139,560	161,860	158,410	155,970
138,150	133,520	134,450	148,310	148,250	149,990
142,840	140,820	132,450	155,230	149,260	146,940
138,620	143,260	141,470	153,060	151,960	155,500
138,850	146,690	138,730	154,280	155,670	157,280
141,540	143,420	143,090	155,130	156,030	153,100
147,500	143,100	143,360	160,860	157,380	153,770
140,890	138,800	136,370	153,630	140,490	144,250
134,370	133,440	138,400	149,920	142,190	150,860
137,020	143,760	143,590	163,610	149,260	164,700
146,250	147,210	142,410	158,860	154,680	153,110
135,020	144,890	135,260	162,510	160,770	166,000

PŘÍLOHA P VI: TENSILE STRENGTH

Tabulka 16 Tensile strength (Zdroj: interní materiály)

tensilestrength - osnova			tensilestrength - útek		
3 069,950	3 117,510	3 138,460	3 425,660	3 404,210	3 286,480
3 071,000	3 054,970	3 157,580	3 412,360	3 400,620	3 374,670
2 971,800	3 185,600	3 175,600	3 493,000	3 467,300	3 408,400
3 044,200	3 183,300	3 202,500	3 528,000	3 447,300	3 332,100
2 964,200	3 087,650	3 041,320	3 381,710	3 437,810	3 289,860
3 079,590	3 017,480	3 008,880	3 468,280	3 416,710	3 366,370
2 966,800	3 197,300	3 174,300	3 322,700	3 387,500	3 367,200
3 137,120	3 060,080	3 143,750	3 301,660	3 464,180	3 371,710
2 994,500	3 116,820	3 086,050	3 434,860	3 387,880	3 377,220
3 131,300	3 133,900	3 255,900	3 519,500	3 452,400	3 462,700
3 159,800	3 184,800	3 278,600	3 295,600	3 326,800	3 379,700
3 121,590	3 165,340	3 216,980	3 356,210	3 372,160	3 375,100
3 223,100	3 275,000	3 283,400	3 497,100	3 494,400	3 444,900
3 044,220	3 274,070	3 307,550	3 463,960	3 415,330	3 445,980
3 241,490	3 234,460	3 235,250	3 514,540	3 423,300	3 353,110
3 041,140	3 181,550	3 225,450	3 537,500	3 396,800	3 390,180
2 940,900	3 073,400	3 097,300	3 394,500	3 508,300	3 406,100
2 997,400	3 156,700	3 089,000	3 530,900	3 515,600	3 399,800
3 162,640	2 993,130	3 239,810	3 474,350	3 463,060	3 410,850
3 143,300	3 186,500	3 197,500	3 377,200	3 404,500	3 386,300
2 924,700	3 083,310	3 091,060	3 372,780	3 465,610	3 326,990
3 238,290	3 193,930	3 214,820	3 464,090	3 349,890	3 427,690
3 100,000	3 110,320	3 295,930	3 521,330	3 432,510	3 451,600
3 139,410	3 069,810	3 120,240	3 461,100	3 411,930	3 437,360
3 167,020	3 146,950	3 230,030	3 404,990	3 490,400	3 380,930
3 167,610	3 257,250	3 234,480	3 533,600	3 498,220	3 414,340
3 108,260	3 205,210	3 098,530	3 464,140	3 380,120	3 357,120
3 095,230	3 091,450	3 227,810	3 536,590	3 506,930	3 419,110
3 083,370	3 113,500	3 195,920	3 499,450	3 435,490	3 412,450
3 051,320	3 175,480	3 244,730	3 418,670	3 355,530	3 345,610
3 153,070	3 201,070	3 290,410	3 462,240	3 475,950	3 466,370
3 009,670	3 222,170	3 141,130	3 419,660	3 436,730	3 349,630
2 997,550	3 121,260	3 247,450	3 517,780	3 413,920	3 403,340
3 135,880	3 101,600	3 274,750	3 363,560	3 404,520	3 355,600
3 001,600	3 165,900	3 202,900	3 431,000	3 374,200	3 410,100
3 080,360	3 099,500	3 096,840	3 419,850	3 444,640	3 471,920
3 100,620	3 154,660	3 213,950	3 517,930	3 494,490	3 399,280
3 025,500	3 167,000	3 141,900	3 462,700	3 462,400	3 462,400
3 194,800	3 215,100	3 135,000	3 329,100	3 261,400	3 463,500
3 018,550	3 197,170	3 203,700	3 407,480	3 459,830	3 394,500
3 197,230	3 111,570	3 272,800	3 489,300	3 475,050	3 304,510
3 049,910	2 977,180	3 224,400	3 504,210	3 507,340	3 433,930
3 136,080	3 019,190	3 072,810	3 493,810	3 472,750	3 479,140
3 242,150	3 244,410	3 210,740	3 530,750	3 493,950	3 411,070

3 129,540	3 191,430	3 263,110	3 478,480	3 454,590	3 421,840
3 099,730	3 141,560	3 194,130	3 515,180	3 454,940	3 407,790
2 950,620	3 141,030	3 103,770	3 515,470	3 497,250	3 472,230
3 058,460	3 076,360	3 104,100	3 439,400	3 490,770	3 453,280
2 947,720	3 149,150	3 052,480	3 446,300	3 388,680	3 267,020
2 982,400	3 191,500	2 964,800	3 536,200	3 412,500	3 402,500
3 178,100	3 153,600	3 193,100	3 481,600	3 391,400	3 404,500
3 035,170	3 166,920	3 095,880	3 494,980	3 435,410	3 411,880
3 091,200	3 206,000	3 204,300	3 469,400	3 459,900	3 512,000
2 934,960	2 973,360	3 119,330	3 484,270	3 506,770	3 384,900
3 138,330	3 192,080	3 245,280	3 413,310	3 384,340	3 315,700
3 060,510	3 138,560	3 126,950	3 405,960	3 469,790	3 409,880
2 985,330	3 130,430	3 177,360	3 280,420	3 308,800	3 432,090
3 151,400	3 213,400	3 208,700	3 470,200	3 448,200	3 507,000
3 143,600	3 194,900	3 260,000	3 422,600	3 464,100	3 337,400
3 099,300	3 171,200	3 222,700	3 468,200	3 379,200	3 385,800
2 950,000	3 177,000	3 204,000	3 472,100	3 358,000	3 437,000
2 921,500	3 143,440	3 083,890	3 462,410	3 362,750	3 317,150
3 119,600	3 108,200	3 104,900	3 451,500	3 355,100	3 531,800
3 117,600	3 207,100	3 219,800	3 469,300	3 466,500	3 428,400
3 013,610	3 099,000	3 119,070	3 387,270	3 371,390	3 404,040
3 033,560	3 161,510	3 148,040	3 298,960	3 383,740	3 398,230
2 955,000	3 097,250	3 037,300	3 423,710	3 404,040	3 303,960
3 043,760	2 978,540	3 048,150	3 349,330	3 285,220	3 424,300
2 952,300	3 092,580	3 097,350	3 334,220	3 443,600	3 303,960
2 996,060	3 248,030	3 226,690	3 400,060	3 457,190	3 280,380
3 081,200	2 969,500	2 923,900	3 476,700	3 461,600	3 463,000
3 096,790	3 082,360	3 071,620	3 298,430	3 319,130	3 373,510
3 069,000	3 139,700	3 156,400	3 362,700	3 314,500	3 331,200
3 110,500	3 219,300	3 190,400	3 380,600	3 372,500	3 368,300
3 067,600	3 071,700	3 152,500	3 421,000	3 464,900	3 360,000
3 081,500	3 126,100	3 187,800	3 514,200	3 410,400	3 366,600
3 066,700	3 004,100	3 228,200	3 549,000	3 500,000	3 406,700
3 056,400	3 272,000	3 254,900	3 494,100	3 397,200	3 340,700
3 051,100	3 107,400	3 149,200	3 482,700	3 474,700	3 404,500
3 055,310	3 135,510	3 208,190	3 404,140	3 377,730	3 290,540
3 128,430	3 190,690	3 195,260	3 411,840	3 380,920	3 362,470
3 199,000	3 139,700	3 240,800	3 453,200	3 473,500	3 353,800
3 055,000	3 160,560	3 130,300	3 284,670	3 425,810	3 276,690
3 097,740	3 152,450	3 194,390	3 429,120	3 374,160	3 341,940
3 021,920	3 080,160	3 146,620	3 391,180	3 319,090	3 272,460
3 010,590	2 903,090	3 172,730	3 368,910	3 313,370	3 260,590
3 086,180	2 964,960	3 042,670	3 316,280	3 284,660	3 294,270
3 050,800	3 149,200	3 040,500	3 491,700	3 428,200	3 376,400
3 002,700	3 099,000	3 133,800	3 326,800	3 379,500	3 372,200
2 965,640	3 176,990	3 154,720	3 478,600	3 287,100	3 342,120
3 109,940	3 069,900	3 113,960	3 368,190	3 217,800	3 329,540
3 050,520	3 104,750	3 039,160	3 418,760	3 334,990	3 295,220

PŘÍLOHA P VII: DOSTAVA

Tabulka 17 Dostava (Zdroj: interní materiály)

dostava - osnova			dostava - útek		
230,000	230,000	231,000	241,000	241,000	241,000
231,000	230,000	231,000	240,000	240,000	240,000
232,000	231,000	232,000	240,000	240,000	240,000
230,000	231,000	230,000	239,000	240,000	240,000
230,000	230,000	231,000	240,000	240,000	240,000
232,000	231,000	232,000	243,000	242,000	243,000
231,000	232,000	232,000	242,000	242,000	242,000
231,000	231,000	231,000	240,000	240,000	240,000
230,000	231,000	232,000	240,000	240,000	240,000
232,000	230,000	232,000	240,000	241,000	240,000
232,000	231,000	232,000	242,000	242,000	242,000
231,000	231,000	231,000	242,000	242,000	242,000
231,000	230,000	231,000	242,000	242,000	242,000
231,000	230,000	231,000	241,000	241,000	243,000
231,000	231,000	231,000	241,000	240,000	240,000
232,000	233,000	233,000	240,000	242,000	240,000
231,000	231,000	231,000	239,000	238,000	239,000
232,000	231,000	232,000	242,000	241,000	242,000
230,000	230,000	230,000	243,000	242,000	243,000
231,000	231,000	230,000	240,000	240,000	240,000
232,000	232,000	231,000	242,000	242,000	242,000
232,000	232,000	232,000	240,000	240,000	240,000
232,000	231,000	232,000	240,000	240,000	241,000
231,000	231,000	232,000	241,000	241,000	241,000
232,000	230,000	232,000	243,000	242,000	242,000
232,000	232,000	232,000	240,000	242,000	242,000
231,000	231,000	232,000	241,000	241,000	242,000
232,000	231,000	231,000	241,000	241,000	241,000
231,000	231,000	231,000	241,000	241,000	241,000
230,000	231,000	231,000	240,000	240,000	240,000
231,000	230,000	230,000	240,000	240,000	240,000
231,000	230,000	230,000	243,000	243,000	243,000
231,000	230,000	231,000	243,000	243,000	242,000
231,000	231,000	231,000	241,000	242,000	242,000
232,000	232,000	232,000	241,000	240,000	241,000
232,000	231,000	232,000	239,000	240,000	240,000
232,000	232,000	232,000	242,000	241,000	242,000
232,000	231,000	231,000	239,000	239,000	239,000
232,000	232,000	231,000	242,000	242,000	242,000
232,000	232,000	232,000	241,000	242,000	241,000
231,000	231,000	232,000	242,000	242,000	242,000
232,000	231,000	232,000	243,000	242,000	243,000
232,000	231,000	231,000	240,000	240,000	242,000
232,000	231,000	232,000	240,000	240,000	240,000

232,000	232,000	232,000	240,000	240,000	240,000
231,000	230,000	232,000	240,000	240,000	241,000
232,000	232,000	232,000	242,000	242,000	242,000
233,000	232,000	232,000	241,000	240,000	240,000
232,000	230,000	230,000	242,000	242,000	243,000
231,000	231,000	231,000	241,000	243,000	243,000
231,000	231,000	230,000	242,000	243,000	243,000
232,000	231,000	232,000	240,000	239,000	239,000
232,000	230,000	232,000	240,000	240,000	242,000
231,000	230,000	230,000	239,000	240,000	239,000
231,000	231,000	230,000	242,000	242,000	242,000
231,000	231,000	231,000	240,000	240,000	239,000
231,000	230,000	231,000	241,000	241,000	241,000
231,000	231,000	231,000	240,000	240,000	240,000
232,000	231,000	231,000	240,000	240,000	240,000
231,000	232,000	231,000	242,000	241,000	242,000
232,000	231,000	232,000	242,000	243,000	243,000
231,000	230,000	232,000	241,000	240,000	241,000
231,000	230,000	230,000	240,000	240,000	242,000
231,000	230,000	230,000	240,000	240,000	240,000
232,000	231,000	232,000	244,000	244,000	244,000
232,000	230,000	231,000	240,000	239,000	240,000
232,000	230,000	231,000	242,000	242,000	242,000
231,000	231,000	231,000	240,000	240,000	241,000
231,000	231,000	232,000	243,000	243,000	243,000
231,000	231,000	232,000	240,000	241,000	240,000
232,000	231,000	232,000	241,000	241,000	240,000
231,000	231,000	232,000	241,000	241,000	242,000
232,000	232,000	232,000	240,000	240,000	240,000
230,000	230,000	231,000	241,000	241,000	241,000
231,000	230,000	230,000	239,000	240,000	240,000
230,000	231,000	232,000	240,000	240,000	240,000
230,000	231,000	231,000	242,000	242,000	242,000
231,000	231,000	232,000	241,000	241,000	242,000
231,000	230,000	230,000	241,000	241,000	241,000
231,000	231,000	230,000	243,000	243,000	243,000
231,000	231,000	232,000	241,000	241,000	242,000
231,000	230,000	230,000	242,000	242,000	243,000
232,000	231,000	232,000	242,000	241,000	242,000
231,000	230,000	231,000	240,000	240,000	240,000
231,000	230,000	230,000	241,000	241,000	241,000
231,000	231,000	232,000	242,000	242,000	242,000
231,000	231,000	232,000	243,000	242,000	242,000
232,000	232,000	232,000	242,000	242,000	242,000
232,000	232,000	232,000	242,000	242,000	242,000
231,000	232,000	231,000	241,000	241,000	240,000
231,000	230,000	230,000	240,000	240,000	241,000
231,000	231,000	232,000	239,000	240,000	240,000