

Analýza systému měření tloušťky pěny PUR ve společnosti Continental Barum s.r.o.

Julie Šimčáková

Bakalářská práce
2021



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Akademický rok: 2020/2021

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE
(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Julie Šimčáková
Osobní číslo: M18236
Studijní program: B6209 Systémové inženýrství a informatika
Studijní obor: Řízení výroby a kvality
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Analýza systému měření tloušťky pěny PUR ve společnosti Continental Barum s.r.o.

Zásady pro vypracování

Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Proveďte průzkum literárních pramenů a zpracujte teoretické a metodické poznatky týkající se analýzy systému měření (MSA).

II. Praktická část

- Proveďte základní charakteristiku společnosti Continental Barum s.r.o.
- Analyzujte současný stav měření tloušťky pěny PUR ve společnosti Continental Barum s.r.o.
- Na základě analýzy zpracujte návrhy a doporučení pro zlepšení systému měření tloušťky pěny PUR.

Závěr

Rozsah bakalářské práce: **cca 40 stran**
Forma zpracování bakalářské práce: **Tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

Analýza systému měření (MSA): příručka. 4. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2011, 231 s. ISBN 978-80-02-02323-5.
PLURA, Jiří. *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*. 1. vyd. Praha: Computer Press, 2001, 244 s. ISBN 80-7226-543-1.
RAGHAVENDRA, N.V. a L. KRISHNAMURTHY. *Engineering metrology and measurements*. 1st edition. New Delhi: Oxford University Press, 2013, 520 s. ISBN 9781680152807.
TŮMOVÁ, Olga. *Metrologie a hodnocení procesů*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství BEN – technická literatura, 2009, 232 s. ISBN 978-80-730-249-7.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Eva Juříčková, Ph.D.**
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Datum zadání bakalářské práce: **15. ledna 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **18. května 2021**

L.S.

doc. Ing. David Tuček, Ph.D.
děkan

Ing. Eva Juříčková, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním bakalářské 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 obhajoby;
- beru na vědomí, že bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk bakalářské práce bude uložen na elektronickém nosiči v příruční knihovně Fakulty managementu a ekonomiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji bakalářskou 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. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

1. že jsem na bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
2. že odevzdaná verze bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně 11.6.2021

Jméno a příjmení: Julie Šimčáková

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Bakalářská práce se zabývá problematikou systému měření tloušťky pěny PUR konkrétním tloušťkoměrem reálného procesu ve firmě Continental Barum s.r.o. Cílem práce je zanalyzovat současný systém měření a stanovit, jestli je tento systém měření do budoucna přijatelný. Pro ověření a porovnání získaných výsledků ručně zaznamenaných do programu Microsoft Excel byl použit i program Minitab.

Klíčová slova: metrologie, analýza systému měření, způsobilost měřicích zařízení, Microsoft Excel, Minitab

ABSTRACT

The bachelor's thesis deals with the issue of the system for measuring the thickness of PUR foam with a specific thickness gauge of a real process in the company Continental Barum s.r.o. The aim of this work is to analyse the current measurement system and determine whether this measurement system is acceptable in the future. The Minitab program was also used to verify and compare the obtained results manually recorded in Microsoft Excel.

Keywords: metrology, measurement system analysis, capability of measuring devices, Microsoft Excel, Minitab

Zde bych ráda velmi poděkovala vedoucí mé bakalářské práce paní Ing. Evě Juříčkové, Ph.D. za její ochotu, cenné rady a čas strávený při odborném vedení mé bakalářské práce.

Dále bych ráda poděkovala společnosti Continental Barum s.r.o. za možnost zpracování bakalářské práce a také za prostor pro obohacení mých znalostí a zkušeností v daném oboru.

Děkuji především panu Vladimíru Bířešovi, který mi byl po celou dobu realizace této práce velice nápomocen a poskytl mi mnoho cenných a odborných informací.

V neposlední řadě bych také ráda poděkovala své rodině za podporu během celého studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze bakalářské/diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	9
CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE	10
I TEORETICKÁ ČÁST	11
1 VÝZNAM KVALITY VE VÝROBĚ	12
2 METROLOGIE	14
2.1 VÝZNAM METROLOGIE	15
3 ANALÝZA SYSTÉMU MĚŘENÍ (MSA)	16
3.1 VÝZNAM ANALÝZY SYSTÉMU MĚŘENÍ (MSA) VE VÝROBĚ	16
3.2 SYSTÉM MĚŘENÍ.....	17
3.2.1 Variabilita.....	19
3.3 HODNOCENÍ ZPŮSOBILOSTI SYSTÉMU MĚŘENÍ	19
3.3.1 Rozlišovací schopnost.....	21
3.3.2 Přesnost měření a chyby měření	21
3.3.3 Linearita	22
3.3.4 Opakovatelnost a reprodukovatelnost – Studie R&R (GRR)	22
3.4 KVALITA NAMĚŘENÝCH DAT	23
3.5 PROCES MĚŘENÍ.....	23
3.5.1 Příprava pro studii systému měření.....	25
3.5.2 Metody pro výpočet ukazatelů R&R.....	26
3.5.3 Analýza výsledků ukazatelů R&R	26
3.6 TERMINOLOGIE	27
3.6.1 Měřidlo	27
3.6.2 Etalon	27
3.6.3 Stanovená měřidla	27
3.6.4 Pracovní měřidla	28
3.6.5 Certifikované referenční materiály a ostatní referenční materiály.....	28
3.6.6 Laboratoř	28
4 SHRUTÍ TEORETICKÝCH POZNATKŮ	30
II PRAKTICKÁ ČÁST	31
5 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI CONTINENTAL BARUM S.R.O.	32
5.1 HISTORIE FIRMY CONTINENTAL	34
5.2 HISTORIE FIRMY BARUM	34
5.3 ORGANIZAČNÍ STRUKTURA ORGANIZACE	35
5.4 VÝROBNÍ PORTFOLIO.....	36
5.4.1 Technologie úpravy pláštěů ContiSilent	38
5.5 CERTIFIKACE.....	42
6 ANALÝZA SYSTÉMU MĚŘENÍ TLOUŠŤKY PĚNY PUR	43

6.1	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU SYSTÉMU MĚŘENÍ TLOUŠTKY PĚNY PUR.....	45
6.1.2	Operátor.....	46
6.1.3	Použité komponenty.....	46
6.1.4	Průběh analýzy rozměrů PUR pěn.....	49
7	SHRNUTÍ VÝSLEDKŮ ANALÝZY.....	55
8	NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ.....	58
	ZÁVĚR.....	61
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	62
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	65
	SEZNAM OBRÁZKŮ.....	67
	SEZNAM TABULEK.....	68
	SEZNAM PŘÍLOH.....	69

ÚVOD

Výrobní společnosti potřebují kontrolovat a sledovat svůj výrobní proces. K tomu využívají postupné zavádění digitalizace a automatizace do výroby. Jinými slovy se zavádí Průmyslu 4.0, kde se kontrolní a měřicí technologie používají stále více jako řídicí nástroj ve výrobě. Pružnější a rychlejší zachycení kvalitativních údajů na různých místech: ve výrobní lince a její těsné blízkosti či v měřicí laboratoři, je proto klíčové. V rámci plnění této nové role je nezbytné shromažďovat, zpracovávat a zpřístupnit pracovníkům informace z těchto technologií pro následná rozhodnutí nebo pro předání k dalšímu zpracování. Teprve na základě splnění těchto předpokladů je možné využít získané informace k řízení výrobního procesu.

V dnešní době je nutné klást vysoký důraz na kvalitu výrobku a jeho funkční vlastnosti. Tyto vlastnosti je možné ověřit pomocí různých měření nebo zkoušek. Pro prokázání způsobilosti zkoušky systému měření výrobní společnosti využívají Analýzu systému měření (MSA).

Dle MSA se provádí analýza způsobilosti měřidel. U každého měřidla se předpokládá určitá odchylka a míra nejistoty měření, které nelze naprosto eliminovat. Lze je ovšem určit pomocí různých metod měření, které vedou k zvýšení přesnosti výsledků. Pokud nastane situace, kdy například přístroj vykazuje výrazné až extrémní odchylky od stanovených tolerancí, je třeba tento problém urychleně řešit. K tomu firmy využívají metod managementu jakosti s cílem zabezpečit kvalitu výrobku společně s výrobním procesem a předcházet vzniku neshodných výrobků. Ty mají totiž za následek nejen ztrátu finanční, ale také i ztrátu důvěry zákazníků.

Společnost Continental Barum s.r.o. řeší nedostatek u systému měření týkající se měřidla tloušťky pěny PUR pro jejich pneumatiky v provedení ContiSilent. Při zavádění vyšších rozměrů pěny se zjistilo, že přístroj vykazuje při měření vyšší odchylky od stanovené míry tolerance, což by mohlo mít za následek reklamace těchto pneumatik od zákazníků z důvodu především nedostatečného odhlučnění pneumatik.

Při měření vyšších rozměrů se dostáváme na hranici měřitelnosti používaného přístroje. Proto se společnost rozhodla předcházet eventuálnímu problému nesprávného měření.

CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

V dnešní době, kdy společnost klade neustále se zvyšující důraz na kvalitu výrobku a jeho funkční vlastnosti, je nutností tyto vlastnosti při výrobě ověřovat pomocí různých měření nebo zkoušek. Tyto zkoušky systému měření se musí řídit přísnými standardy. Pro prokázání způsobilosti systému měření se používá analýza systémů měření (MSA).

Cílem práce je zjistit současný stav systému měření pro do budoucna plánované zavedení pěny PUR s vyšší tloušťkou v rámci naplňování požadavků zákazníků pomocí MSA a stanovit, zdali je tento systém měření přijatelný. S tím souvisí prověření způsobilosti měřidla, zdali je schopno nové parametry změřit s požadovanou přesností a je tedy vyhovující.

V teoretické části bude proveden průzkum teoretických poznatků týkajících se kvality metrologie a MSA ve výrobě, které budou dále v rámci praktické části využity.

V úvodu praktické části je představena společnost Continental Barum s.r.o., její organizační struktura, výrobní portfolio včetně technologie úpravy pláštěů ContiSilent a udělené certifikace. Dále je tato část založena především na analýze systému měření tloušťky pěny PUR realizovaná prostřednictvím měření a sběrem dat, která jsou následně vyhodnocena pomocí statistického programu Minitab. Vývojový diagram znázorňuje proces stanovený pro účely této práce.

Výsledkem práce je zjištění, zdali je systém přijatelný pro plánované PUR pěny a to porovnáním výsledků vzhledem ke stanoveným kritériím přijatelnosti procesu. S tím souvisí zjištění, zdali je měřidlo schopno tuto PUR pěnu o tloušťce 20 mm schopno změřit. Pomocí získaných výsledků analýzy a samotnou realizací analýzy jsou odhaleny nedostatky, na základě kterých autorka práce navrhne možná řešení vedoucí ke zlepšení procesu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 VÝZNAM KVALITY VE VÝROBĚ

Rostoucí převaha nabídky nad poptávkou, jejíž hlavní příčinou je tlak na produktivitu a nadměrná výrobní kapacita, způsobuje v posledních letech celou řadu změn v ekonomickém prostředí. V rámci globalizace se vytváří mnoho zajímavých kooperačních a vývozních příležitostí, nicméně současně se neustále zvyšuje konkurence, jelikož díky „informačním společnostem“ jsou zákazníci lépe informováni o řadě pro ně významných technických detailů. Podnikání se uskutečňuje v nestabilním prostředí s ohledem například na požadavky zákazníků, chování konkurentů či vývoj nových technologií. Stává se tak skutečností, že určující pro podnikání nejsou materiální statky, nýbrž znalosti, pohotovost při využití konkurenční výhody nebo firemní know-how. Z toho vyplývá, že určujícím na trhu je zákazník, nikoli výrobce. Proto je nutné si uvědomit, že pro zajištění prosperity firmy je nutné uspokojit potřeby zákazníků. Ti ovšem jsou ochotni platit více jen za určitou úroveň kvality, a ne za absolutní kvalitu nebo absolutní přesnost. (Spejchalová, 2012)

Blecharz (2011) definuje kvalitu z hlediska zákazníka následovně:

- Kvalita znamená, že se vrací zákazník, NE výrobek.
- Kvalita je způsobilost k užívání.
- Kvalita je spokojenost zákazníka.

Kvalita v organizaci musí být zabezpečována ve všech fázích reprodukčního procesu, tzn. v předvýrobních etapách, ve výrobě, užívání výrobku a jeho likvidaci. Jelikož je v těchto fázích realizováno mnoho vzájemně závislých aktivit včetně zpětných vazeb a interakcí, je nutné při řízení jakosti používat systémový přístup. (Blecharz, 2011)

Analýza systému měření (MSA): příručka (2011) chápe kvalitu v průmyslové výrobě jako schopnost výrobce zajistit průběh výrobního procesu dle přesně zdokumentovaných postupů, u kterých je účinně kontrolováno jejich dodržování se zárukou stálosti kvality výrobků. Z toho důvodu je zaváděn tzv. Systém řízení jakosti (QMS) podle platných evropských norem týkajících se zásad od nákupu surovin, nástrojů atd. až po expedici hotového výrobku. V dnešní době je v České republice nejčastěji aplikován přístup TQM (Total Quality Management), komplexní řízení kvality, založený na pravidlech Evropské ceny za jakost. (Spejchalová, 2012)

Systémy řízení jakosti (QMS) se také zavádí z důvodu prevence vad a nedostatků, které mají za následek snižování reklamací (a nespokojenosti zákazníků), stejně jako pro neustálé zlepšování, které vede naopak k uspokojování zákazníků. Nekvalitní produkty totiž vedou k poškození image firmy, což má za následek finanční ztráty vzniklé ztrátou zákazníků. Naopak špičková kvalita produkce doložená navíc certifikáty jakosti přispívá ke kladnému povědomí zákazníků o organizaci a jejich produktech. (Spejchalová, 2012)

Důvody pro zavádění QMS a celkové zabývání se kvalitou uvádí Spejchalové (2012) následující:

- Složitost současných výrobků
- Složitost současných technologií
- Rostoucí nároky na bezpečnost a zdravotní nezávadnost výrobků
- Přísné postihy nedostatků ve výrobě
- Náročné konkurenční prostředí
- Riziko neúspěchu skrze nízkou podnikatelskou marži
- Přesvědčení zákazníka o dokonalosti své produkce

2 METROLOGIE

Slovo metrologie je odvozeno z řeckého slova „metrologia“, což znamená míra. Metrologie je podle mezinárodních slovníku základních a obecných termínů (ČSN EN 01 0115) definována jako věda o měření. Tůmová (2009) definuje metrologii jako disciplínu zabývající se přesností a jednotností měření, a jejím obsahem jsou vlastnosti měření, měřidel a měřících přístrojů a měřící jednotky. Metrologie se nicméně nezabývá pouze měřením a jeho správností, ale též vytvářením, reprodukcí, ochranou, údržbou a přenosem nebo převodem měrných jednotek a jejich standardů. Z toho důvodu tvoří neoddelitelný klíčový prvek ve výrobním procesu. Pouze pokud pevně integrujeme metrologii do výrobní činnosti, můžeme dosáhnout vysoké kvality výrobků. (Raghavendra a Krishnamurthy, 2013)

Raghavendra a Krishnamurthy (2013) uvádí, že měření hraje ve výrobních odvětvích důležitou roli, jelikož kvalita a spolehlivost vyráběných výrobků je v tomto konkurenčním světě je naprosto klíčová.

Metrologii jako vědní obor člení Urban (2017) na dva základní celky:

- metrologii vědeckou – výzkum a vývoj v oblasti etalonů a stanovování základních fyzikálních konstant
- metrologii užitou – představuje využití metrologie v praxi, např. v chemickém průmyslu, strojírenství nebo ostatních průmyslových odvětvích a službách.

Ze zákona o metrologii č. 505/1990 Sb., o metrologii, vyplývají pro uživatele měřidel dva základní požadavky:

- vedení evidence používaných stanovených měřidel podléhajících ověření a předkládat tato měřidla k ověření
- zajištění jednotnosti a správnosti měřidel a měření, přičemž tohoto požadavku je u pracovních měřidel dosahováno jejich kalibrací

Podle Soukupa a Skočilase (2014) je metoda měření (method of measurement) logický sled po sobě následujících úkonů nebo činností, které jsou používány při měření. Obecně je měření definováno jako výrobní proces, na jehož výstupu jsou čísla. (Analýza systému měření (MSA): příručka, 2011)

2.1 Význam metrologie

Měření ve výrobních procesech zaručuje určitou míru přesnosti. Díky měření může společnost ověřovat vlastnosti svých výrobků. Zejména při ověřování výrobku na základě reklamace je metrologie nezastupitelná. (Tůmová, 2009)

Tůmová (2009) dále uvádí, že z širšího hlediska se dá význam metrologie vyložit jako systematické zkoumání a získávání informací z okolního světa. Konkrétněji specifikuje význam metrologie Raghavendra a Krishnamurthy (2013) tvrzením, že měření poskytují základ pro analýzu a posuzování informací o procesu, zajištění kvality a řízení procesu v průmyslovém prostředí. Dále uvádí, že organizace by měla pro přežití na konkurenčním trhu usilovat o režim nulových vad z důvodu velkého dopadu na náklady.

Například Motyčka a Tůmová (2013) tvrdí, že pokud je nevhodně zvolen měřicí systém, může to vést k naprostému degradování nasbíraných dat, která jsou podkladem pro posuzování kvality výrobku a specifikačních požadavcích.

Urban (2017) uvádí, že správně řízená metrologie vede především k výrazným finančním úsporám, např. v oblastech diagnostiky výrobních zařízení, zvyšování účinnosti výrobních procesů, snižování energetické náročnosti technologií a dalších činnostech.

3 ANALÝZA SYSTÉMU MĚŘENÍ (MSA)

Analýza nahlíží na měření jako na celek – zahrnuje vliv měřidla, operátora a prostředí. Z toho důvodu získáváme mnoho informací o tom, jaká je variabilita měření a informace související s měřícím systémem a jeho prostředím. V rámci zabezpečení efektivnosti velkosériové a hromadné výroby je MSA jedním z důležitých požadavků opírající se o závazné a doporučené předpisy využívané zejména v automobilovém průmyslu. (SC&C Partner spol. s.r.o., 2015)

Analýza systému měření (Measurement System Analysis) je analytickou studií sloužící k ověření věrohodnosti sbíraných dat. Cílem je posouzení kvality (=jakosti) hodnot získávaných naměřením. Ty totiž odhalí, nakolik je systém měření schopen poskytovat opakovaně stejné výsledky bez ohledu na pracovníka, měřidlo či postup. (SC&C Partner spol. s.r.o., 2015)

Tato studie pomáhá stanovit, zdali je vybraná měřící metoda správná a je možné správně odlišit dobrý díl od špatného. Touto metodou můžeme hodnotit jak samotné měřidlo, tak posuzovat celý systém měření. Metoda vychází z předpokladu, že na výsledek měření nemá vliv jen měřidlo, ale i jiné ovlivňující faktory, a proto hodnotí celý měřící systém. Hlavním cílem je vylepšení přesnosti celého systému měření. (Management Mania, 2016)

Tůmová (2009) uvádí, že důležitý je systém měření, nikoli pouze výsledek měření.

3.1 Význam Analýzy systému měření (MSA) ve výrobě

V současné době jsou obecně téměř všechny výrobní procesy závislé na naměřených datech, která slouží jako podklad pro vyhodnocování statistickými metodami. Chceme-li procesům porozumět a poté je zlepšovat, je nutné data a závěry z nich správně interpretovat (pro určení jejich statistického zvládnutí). Měření popisuje kvantitu, schopnost nebo provedení produktu, procesu nebo služby založené na pozorovatelných datech. Jelikož měření stojí peníze, je nutné vyvážit jeho přínosy s vynaloženými náklady. Dle potřeby je měřena hmotnost, teplota, rozměry, počet vad apod. Z těchto měření můžeme získat mnoho informací, které například dopomohou zabránění ztráty času a práce či k zamezení zbytečného vzniku nadměrného odpadu a tím pádem ke zkvalitnění nabízených produktů. Z toho plyne, že pomocí MSA se předchází problémům spojených s reklamacemi

od zákazníků, což by mohlo mít za následek ztrátu jejich důvěry a poškození image společnosti. (Blecharz, 2011)

Jako vhodný způsob pro určení variability v procesu uvádí Blecharz (2011) měření aktivit a výstupů vzhledem ke specifikacím. Měření lze provádět:

- na vstupu – ohodnocení příspěvku jednotlivých položek přeměněných v procesu na hodnotu pro zákazníka
- během procesu – kritická místa procesu ovlivňující výstup
- na výstupu – shoda s požadavky zákazníka

Chce-li být společnost certifikována mezinárodními standardy kvality, musí mít v rámci systému řízení kvality (QMS) správně zavedené postupy analýzy systému měření (MSA). (Analýza systému měření (MSA): příručka, 2011)

3.2 Systém měření

Systém měření definuje Analýza systému měření (MSA): příručka (2011) jako soubor měřidel nebo přístrojů, operací, postupů, etalonů, přípravků, software a osob, prostředí a předpokladů používaných ke kvantifikaci jednotky měření nebo k trvalému posuzování měřeného znaku.

Ideální systém měření by při každém použití produkoval pouze přesná měření jako při náměrech etalonu. Takový systém by se vyznačoval statistickými vlastnostmi jako např. nulový rozptyl či nestrannost. Jelikož ovšem takový existuje zřídka, tak kvalitu systému měření určují statistické vlastnosti získaných dat. (Analýza systému měření (MSA): příručka, 2011)

Vypočtené hodnoty % podílů R&R je nutno vyhodnotit a rozhodnout o vhodnosti měřidla. Analýza systému měření (MSA): příručka (2011) uvádí hodnocení přípustnosti opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřidla (R&R) následovně:

Tabulka 1 Kvalita systému měření a hodnota GRR (vlastní zpracování podle Tůmové)

GRR (%)	Kvalita systému měření
GRR < 10	system měření je přijatelný,
10 < GRR < 30	system měření může být přijatelný, (doporučuje se provést analýzu nákladů)
GRR > 30	system je nepřijatelný, je nutné jeho zlepšení

Pro posouzení systému měření se v praxi běžně používají zejména ukazatele variability šíře (zmíněná na straně 19 v kapitole 3.2.1. Variabilita) – opakovatelnost a reprodukovatelnost, tzv. GRR (R&R), popsané dále na straně 22 v kapitole 3.3.4 Opakovatelnost a reprodukovatelnost – Studie R&R (GRR). Tyto pojmy definuje Analýza systému měření (MSA): příručka (2011) následovně:

- Opakovatelnost (značení EV) = variabilita získaná 1 měřidlem a stejnou osobou pro opakované měření stejné charakteristiky na stejném výrobku.
- Reprodukovatelnost (značení AV) = variabilita průměrů měření různých operátorů, stejného znaku na stejném dílu.
- GRR (R&R) = kombinovaný odhad souhrnné opakovatelnosti a reprodukovatelnosti.
- Způsobilost systému měření = krátkodobý odhad variability systému měření pomocí GRR + grafického znázornění
- Nejistota = odhadované rozmezí hodnot okolo naměřené hodnoty, o němž se tvrdí, že uvnitř leží pravá hodnota.

3.2.1 Variabilita

Každá organizace si stanovuje tzv. specifikace (tolerance), neboli povolenou odchylku od cílové hodnoty. Nicméně je nutné se snažit vyrábět výrobky s nejbližší cílovou hodnotou, ne pouze v tolerančních mezích. Specifikace mohou být také dány legislativou či vnějším předpisem. (Blecharz, 2011)

Dohnalová (2019) definuje variabilitu jako datové kolísání (neboli rozptyl hodnot dané veličiny, označovaný také σ^2). Quigley (2018) tvrdí, že variabilitě je nutné rozumět, jinak nebudeme vědět, kdy zasáhnout.

Analýza systému měření (MSA): příručka (2011) uvádí pro MSA tyto typy variabilit, které Tůmová (2009) definuje následovně:

- Variabilita polohy – variabilita polohy, resp. změna polohy vůči skutečné hodnotě, souvisí se systematickou chybou měření. Stanoví se zjišťováním přesnosti, strannosti, stability a linearity.
- Variabilita šíře – variabilita šíře (= rozptylu) souvisí s náhodnou chybou měření. Stanoví se zjišťováním shodnosti, opakovatelnosti, reprodukovatelnosti, citlivosti měřidla a konzistence.
- Variabilita systému – variabilita systému se hodnotí zjišťováním způsobilosti, funkčnosti měřicího systému a nejistoty měření.

3.3 Hodnocení způsobilosti systému měření

Hodnocení způsobilosti procesů je možné charakterizovat jako schopnost procesů poskytovat výrobky splňující požadovaná kritéria jakosti. Znalost způsobilosti procesů vede k lepšímu plánování a zlepšování jakosti. Informace ohledně způsobilosti procesu jsou velmi cenné jak pro výrobce, tak pro zákazníka, pro kterého je to důkaz o stabilních výrobních podmínkách dodržujících předepsaná kritéria jakosti, za kterých požadovaný výrobek vznikl. (Plura, 2001)

Způsobilost procesu (Capability Analysis) můžeme také chápat jako schopnost dlouhodobě plnit předem stanovená kritéria na kvalitu produktu, kdy se jedná o vztah mezi předepsanou

přesností (to, co zákazník vyžaduje) a skutečnou dosahovanou přesností (to, co je proces schopen nabídnout). (SC&C Partner, spol. s.r.o., 2015)

Plura (2001) uvádí, že hodnocení způsobilosti je důležité především z následujících důvodů:

- je součástí plánování jakosti výrobků
- umožňuje odhadnout pravděpodobnost výskytu neshodných výrobků
- umožňuje optimalizovat plánování výroby
- je důležitým podkladem pro plánování údržby výrobního zařízení
- je důležitým podkladem pro iniciaci aktivit zlepšování a posouzení jejich účinnosti
- zvyšuje důvěru zákazníků k dodávaným výrobkům
- informace o způsobilosti procesů jsou součástí hodnocení dodavatele

Kvalitu posuzujeme pomocí inherentních znaků výrobku¹ skrze hodnoty charakteristik kvality. Ty jsou buď měřitelné (proměnné) nebo neměřitelné (atributy). Můžeme tak určit úroveň jakosti výrobků, která je stanovena výsledkem porovnání zjištěných hodnot ukazatelů kvality daného produktu a předepsanými či požadovanými vlastnostmi. (Blecharz, 2011)

Důležité jsou též informace týkající se hodnocení způsobilosti výrobních zařízení. Ta se dá charakterizovat jako schopnost samotného výrobního zařízení poskytovat výrobky splňující požadovaná kritéria jakosti. Výsledné informace o způsobilosti výrobního zařízení a způsobilosti procesu umožňují posoudit míru variability sledovaného znaku jakosti danou výrobním zařízením a variability pocházejících z jiných zdrojů (např. vliv materiálu, obsluhy, údržby zařízení atd.) (Plura, 2001)

Charakteristiky, které analýza systému měření zkoumá, popisují variabilitu polohy naměřených dat. Patří sem charakteristiky jako strannost, stabilita, linearita, opakovatelnost a reprodukovatelnost. Ty se využívají různými metodami, např. metoda rozpětí, metoda průměru a rozpětí či ANOVA, k nimž se teorie nachází na straně 26 v kapitole 3.5.2 Metody pro výpočet ukazatelů R&R. (Analýza systému měření (MSA): příručka, 2011) Nicméně

¹ Inherentními znaky jsou myšleny zejména trvalé vlastnosti objektu kvality (produktu, systému, procesu aj.), které mu existenčně patří. Označují se také jako „znaky jakosti“. (Spejchalová, 2012)

k nejdůležitějším a nejpoužívanějším charakteristikám posuzovaných měřicích prostředků patří rozlišovací schopnost, přesnost, linearita, opakovatelnost a reprodukovatelnost (ČSN ISO 5725-1, 2018).

3.3.1 Rozlišovací schopnost

Chceme-li získat správné údaje ke zhodnocení procesu, je nutné zaznamenávat hodnoty na prahu citlivosti přístroje. (Jiroušek, 2012)

Rozlišovací jednotka je nejmenší možná vzdálenost mezi dvěma sousedními hodnotami. (Kožíšek a Sieberová, 2015)

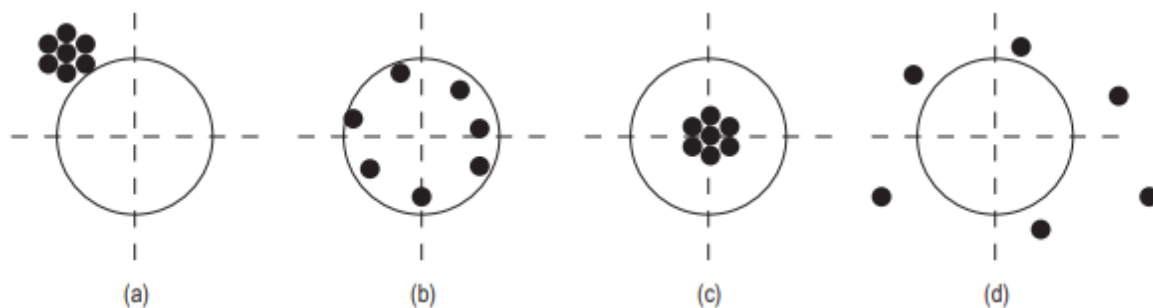
3.3.2 Přesnost měření a chyby měření

Podle Soukupa a Skočilase (2014) se dá přesnost měření (accuracy of measurement) vyjádřit jako těsnost shody mezi výsledkem měření a pravou hodnotou měřené veličiny.

Při provádění měření může docházet k chybám. Ty mohou být způsobeny použitým přístrojem, špatným měřidlem, špatnou měřicí metodou, operátorem atd. (Kožíšek a Stieberová, 2015)

Soukup a Skočilas (2014) definují chybu měření (error of measurement) jako rozdíl mezi výsledkem měření a pravou hodnotou měřené veličiny.

V obrázku 1 je uvedena přesnost měření, která zahrnuje fázi (a) přesné, ale nesprávné, (b) správné, ale nepřesné, (c) přesné a správné a (d) nepřesné a nesprávné. Přesnost měření úzce souvisí s nejistotou měření, která je zmíněna na straně 18 v kapitole 3.2. Systém měření. (Raghavendra a Krishnamurthy, 2013)



Obrázek 1 Přesnost měření (Raghavendra a Krishnamurthy, 2013)

3.3.3 Linearita

Linearita měření je systematická chyba systému měření. Jedná se o maximální odchylku od přímky spojující nulový bod rozsahu měření s koncovým bodem. (Tůmová, 2009)

3.3.4 Opakovatelnost a reprodukovatelnost – Studie R&R (GRR)

Podle Tůmové (2009) je R&R studie kombinovaná charakteristika opakovatelnosti a reprodukovatelnosti měřidla (již zmíněné na straně 18 v kapitole 3.2 Systém měření), kdy:

- a) Opakovatelnost – je variabilita mezi výsledky při stejném postupu měření, stejným pozorovatelem, při měření je použitý stejný měřicí přístroj za stejných podmínek, na stejném místě měření a opakování měření v průběhu krátkého časového intervalu.
- b) Reprodukovatelnost – je variabilita průměru měření téže veličiny provedených za změněných podmínek měření. Měření je prováděno různými operátory za použití stejného měřicího přístroje při měření identické charakteristiky na stejném dílu.

Je to metoda využívána pro ověření vhodného zvolení měřidla ohledně přesnosti. Jestli je proměnlivost měření malá ve srovnání s měřením etalonu, je postup měření adekvátní nebo odpovídající. Pokud je ovšem proměnlivost velká, je potřeba techniku měření zlepšit tak, aby byla uspokojivá. Například, jestli je míra opracovaného výrobku v mm toleranci, nelze použít měřidlo s tolerancí jenom v cm. (Meloun a Militký, 2012)

Studie R&R (Study GRR, Gauge Repeatability and Reproducibility) neboli metoda průměru a rozpětí je metodou používanou pro analýzu systému měření. Skládá se z dvou základních kroků. Prvním z nich je provedení procesů pro ohodnocení opakovatelnosti a reprodukovatelnosti. V druhém kroku se na základě náměrů analyzuje podíl operátorů, měřidla a samotných vzorků na výsledné úrovni variability, včetně vzájemné závislosti mezi operátorem a příslušným vzorkem. (SC&C Partner spol. s.r.o., 2015)

3.3.5 Indexy způsobilosti C_g, C_{gk}

K prokázání způsobilosti měřicího přístroje je vhodné použít metodu posuzování způsobilosti pomocí indexů způsobilosti C_g a C_{gk}, která vychází z opakovaného měření vybrané velikosti výrobku. Při měření se klade důraz na zajištění stejných podmínek, tzn. měření provádí jedna osoba s jedním měřidlem a stejným postupem v relativně krátkém

časovém intervalu. Doporučuje se provést minimálně 25 (ideálně 50) opakovaných měření. (Andrejiová a Kimáková, 2014)

Index C_g porovnává zákaznické tolerance s variabilitou měření. Index C_{gk} uvažuje i strannost měření Častou minimální hranicí pro tyto indexy je hodnota 1,33. (SC&C Partner spol. s.r.o., 2015)

Index způsobilosti C_g bere v potaz pouze opakovatelnost měření, index C_{gk} také strannost měření. Indexy porovnávají podíl šířky tolerančního pole s šířkou pásma variability naměřených hodnot, přičemž platí vztah $C_{gk} \leq C_g$. Pokud je hodnota způsobilosti C_{gk} vyšší než C_g min, systém měření je způsobilý. (Analýza systému měření (MSA): příručka, 2011)

3.4 Kvalita naměřených dat

Kvalita naměřených dat je podmínkou pro přínos analýzy systému měření. Kvalitu měření jsme schopni posuzovat, pokud je systém měření ve statisticky zvládnutém stavu - tj. působí na něj pouze náhodné příčiny. Z toho plyne, že kvalitu systému měření určují statistické vlastnosti naměřených dat.

Data s vysokou kvalitou (potřebnou pro správné fungování analýzy systému měření) dostaneme využitím systému měření pracujícího za stabilních podmínek a naměřením hodnot blízko skutečné hodnoty. Pokud jsou naměřené hodnoty citelně vzdáleny od hodnoty skutečné, kvalita dat je nízká. Tato situace nastává díky jejich velké variabilitě či nevhodnému vzájemnému působení s prostředím.

Neexistuje systém měření produkující data s takovými vlastnostmi, jako například nulová strannost či nulový rozptyl. Tyto vlastnosti je nutné vždy sledovat v čase a určit jejich přijatelnou mez, z čehož je tak získán přehled o stabilitě procesu. (Analýza systému měření (MSA): příručka, 2011)

3.5 Proces měření

Řízení procesů je spojeno s implementací konceptu Průmyslu 4.0, který se z pohledu efektivního řízení procesů zaměřuje kromě analýzy a predikce potenciálů především na optimalizaci podnikových procesů. K tomu se využívá automatizovaných a digitalizovaných technologií. Cílem společnosti je z tohoto hlediska zvýšení produktivního

výkonu v úzkém spojení s odpovídajícím nastavením výkonnostních ukazatelů s vidinou optimálního průběhu procesu řízeného primárně digitálně. (Cagaňová, Chromjaková a Šujanová, 2020)

Proces měření definuje Tůmová (2009) jako soubor činností vedoucí ke stanovení hodnoty měřené veličiny. Tyto procesy musí být plánovány, zavedeny, validovány, dokumentovány a řízeny a musí být zjištěny všechny veličiny, které proces měření ovlivňují. U každého procesu měření musí být známa identifikace veškerého souvisejícího vybavení, postupu měření, měřicího SW, podmínek použití, schopností obsluhy a všech dalších faktorů, které ovlivňují spolehlivost výsledků měření. Výstupem měření, které musí být prováděno podle dokumentovaných postupů, je „správný“ výsledek s odpovídající shodností.

Dle Analýzy systému měření (MSA): příručka (2011) je proces nutné monitorovat a řídit, znát jeho provozní podmínky, při kterých bude měření prováděno – tzn. prostudování měřidla, postup měření, etalon, prostředí a operátor. Pro efektivní řízení variability libovolného procesu Analýza systému měření (MSA): příručka (2011) tvrdí, že je třeba vědět:

- co by měl proces dělat – to určují specifikace a technické požadavky
- co se může pokazit – potenciální poruchy procesu pomáhá identifikovat FMEA², jejíž výsledky se přenáší do plánu kontroly a řízení.
- co proces dělá – informace se získávají na základě výsledků procesů měření nebo na základě hodnocení parametrů

Analýza systému měření (MSA): příručka (2011) také uvádí, že na proces měření nahlížet z procesního přístupu:

- vstup – požadavky zákazníka (= zadavatel měření), informace z minulých měření, vhodný měřicí přístroj, obsluha (operátor)
- vlastní proces – zahrnuje měření a analýzu
- výstup – výsledek měření.

² FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) je analytická metoda používaná pro preventivní odstranění možných chyb, závad a jejich následků především ve předvýrobních etapách. (Eichler, 2016)

3.5.1 Příprava pro studii systému měření

Dle Analýzy systému měření (MSA): příručka (2011) by před každou analýzou či studií mělo být provedeno plánování a příprava složená z následujících kroků:

1. Naplánování přístupu, který se bude používat. Pomocí vizuálního pozorování, technického posouzení nebo ze studie měřidla se určí, zdali má operátor vliv na kalibraci či používání přístroje.
2. Určí se počet operátorů, počet měřených dílů a počet opakování měření. Zde je nutné brát v potaz možné činitele zkreslení studie – kritické rozměry vyžadující více dílů či zkoušek, konfiguraci dílů, tedy méně vzorků a více zkoušek u velkých a těžkých dílů, a samozřejmě také přání a požadavky zákazníka.
3. Zvolit operátory běžně obsluhující přístroj.
4. Volba dílů ve výběru je pro správnou analýzu kritická a zcela závisí na návrhu studie MSA, účelu systému měření a dostupnosti dílů ve výběru. Pokud není k dispozici nezávislý odhad variability procesu, je nutné z procesu odebrat díly reprezentující celý rozsah výrobní tolerance, i v průběhu několika dní. Všechny vzorky je nutné číselně označit pro správnou identifikaci.
5. U prahu citlivosti přístroje musí být možné odečtení nejméně jedné desetiny očekávané variability procesu.
6. Zajištění dodržování správných metod a postupu měření.

3.5.2 Metody pro výpočet ukazatelů R&R

Analýza systému měření (MSA): příručka (2011) uvádí 3 metody pro výpočet ukazatelů R&R, přičemž pro všechny metody lze použít i grafickou analýzu doplňující analýzu numerickou.

1) Metoda rozpětí

Tato metoda se používá pro orientační vyhodnocení, anebo v případě nedostatku vzorků či času. Minimální podmínkou je měření 5 výrobků dvěma hodnotiteli a jedním opakováním, tedy celkem 10 měření. Tato metoda se také označuje jako krátká metoda.

2) Metoda průměru a rozpětí

Neboli dlouhá metoda je používána pro výpočty všech charakteristik mimo interakce. Minimálním požadavkem je 10 výrobků měřených třemi hodnotiteli při 2 opakování, tj. celkem 60 měření.

3) Metoda ANOVA

Tato metoda analýzy rozptylu je využívána pro výpočet všech charakteristik včetně interakcí, když je možnost počítačové zpracování. Minimální požadavky jsou stejné jako v předchozí metodě průměru a rozpětí, tj. 10 výrobků měřených třemi hodnotiteli při 2 opakování – celkem 60 měření.

3.5.3 Analýza výsledků ukazatelů R&R

Na základě výsledků je vyhodnoceno, zdali měřicí přístroj a systém měření je vhodný pro zamýšlené použití. (SC&C Partner spol. s.r.o., 2015)

Přijatelnost variability systému měření v případě opakovatelnosti a se určí na základě vypočtené procentní hodnoty GRR. Tato hodnota se porovná s tabulkou 1 a vyvodí se z ní doporučené řešení. (Analýza systému měření (MSA): příručka, 2011)

3.6 Terminologie

Pro analýzu systému měření byl zaveden soubor termínů nezbytných pro pochopení celé problematiky. (Analýza systému měření (MSA): příručka, 2011)

Níže uvedené pojmy jsou definovány v Části I zákona č. 505/1990 Sb., o metrologii.

3.6.1 Měřidlo

Měřidla (Gage) slouží k určení hodnoty měřené veličiny. Spolu s nezbytnými pomocnými měřicími zařízeními se pro účely tohoto zákona člení na:

- a) etalony;
- b) pracovní měřidla stanovená (dále jen "stanovená měřidla");
- c) pracovní měřidla nestanovená (dále jen "pracovní měřidla");
- d) certifikované referenční materiály a ostatní referenční materiály, pokud jsou určeny k funkci etalonu nebo stanoveného nebo pracovního měřidla

3.6.2 Etalon

Etalon (= standard) měřící jednotky anebo stupnice určité veličiny je měřidlo sloužící k realizaci a uchování této jednotky nebo stupnice a k jejímu přenosu na měřidla nižší přesnosti. Uchováváním etalonu se rozumí všechny úkony potřebné k zachování metrologických charakteristik etalonu ve stanovených mezích.

3.6.3 Stanovená měřidla

Stanovená měřidla jsou měřidla, která Ministerstvo průmyslu a obchodu stanoví vyhláškou k povinnému ověřování s ohledem na jejich význam:

- a) v závazkových vztazích, například při prodeji, nájmu nebo darování věci, při poskytování služeb nebo při určení výše náhrady škody, popřípadě jiné majetkové újmy,
- b) pro stanovení sankcí, poplatků, tarifů a daní,
- c) pro ochranu zdraví,
- d) pro ochranu životního prostředí,
- e) pro bezpečnost při práci, nebo
- f) při ochraně jiných veřejných zájmů chráněných zvláštními právními předpisy

Ověřené stanovené měřidlo opatří Český metrologický institut nebo autorizované metrologické středisko úřední značkou nebo vydá ověřovací list anebo použije obou těchto způsobů. Ověřením stanoveného měřidla se potvrzuje, že stanovené měřidlo má požadované metrologické vlastnosti.

3.6.4 Pracovní měřidla

Pracovní měřidla jsou měřidla, která nejsou etalonem ani stanoveným měřidlem.

Slouží k praktickému měření a musí být periodicky kalibrovány. Při kalibraci se kvůli správnosti a jednotnosti postupu používají tzv. referenční materiály. (Kožíšek a Stieberová, 2015)

3.6.5 Certifikované referenční materiály a ostatní referenční materiály

Certifikované referenční materiály a ostatní referenční materiály jsou materiály nebo látky přesně stanoveného složení nebo vlastností, používané zejména pro ověřování nebo kalibraci přístrojů, vyhodnocování měřicích metod a kvantitativní určování vlastností materiálů.

3.6.6 Laboratoř

Dle normy IAF 16949:2016 je laboratoř zařízení k provádění kontroly, zkoušení nebo kalibrace, které může mimo jiné zahrnovat zkoušení chemických, metalurgických, rozměrových, fyzikálních a elektrických vlastností nebo zkoušení bezporuchovosti. Pro rozsah působnosti laboratoře je řízený dokument obsahující:

- specifické zkoušky, hodnocení a kalibrace, k jejichž provádění je laboratoř kvalifikována
- seznam zařízení, která laboratoř používá k provádění výše uvedených činností
- seznam metod a norem, podle nichž laboratoř provádí výše uvedené činnosti

Interní laboratoř

Interní laboratoř organizace musí mít stanoven rozsah působnosti, který zahrnuje její způsobilost provádět požadované kontrolní, zkušební nebo kalibrační služby.

Externí laboratoř

Externí/komerční/nezávislá laboratoř, kterou organizace používá pro kontrolní, zkušební nebo kalibrační služby, musí mít stanoven rozsah působnosti laboratoře, který zahrnuje

způsobilost provádět požadovanou kontrolu, zkoušku nebo kalibraci. (Norma pro systém managementu kvality v automobilovém průmyslu IATF 16949:2016, 2016)

4 SHRNU TÍ TEORETICKÝCH POZNATKŮ

V teoretické části byl proveden průzkum teoretických poznatků, které pomohou lépe porozumět praktické části práce týkající se analýzy systému měření tloušťky pěny PUR.

V první řadě byla nastíněna oblast významu kvality ve výrobě, která se volně prolíná v podstatě celou prací.

Dále byla zmíněna oblast metrologie a jejího významu v podniku, na který navazovala širší problematika analýzy systému měření (MSA). Kromě významu MSA ve výrobě zde byl popsán systém měření, hodnocení způsobu měřidel s významnými charakteristikami, kterými se MSA zabývá.

V další kapitole byla zmíněna problematika kvality naměřených dat, která jsou podmínkou pro přínos MSA. Následně se autorka práce zaměřila na oblast procesu měření, včetně přípravy pro studii systému měření. V následujících dvou podkapitolách se čtenář seznámil s metodami pro výpočet ukazatelů R&R, ze kterých v praktické části byla využita metoda ANOVA, a s tematikou analýzy výsledků ukazatelů R&R.

Poslední důležitou kapitolou byla terminologie zavedená pro MSA s pojmy měřidlo, etalon, stanovená měřidla, pracovní měřidlo, certifikované referenční materiály a ostatní referenční materiály a laboratoř.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

5 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI CONTINENTAL BARUM S.R.O.

Continental Barum s.r.o. má dlouholetou tradici ve výrobě pneumatik, jehož základ byl položen v roce 1932 ve Zlíně firmou Baťa. Úspěch společnosti spočívá hlavně ve zkušenostech vycházejících z dlouholeté tradice výroby pneumatik ve Zlínském kraji, využívání vývojových trendů, technologií a obchodních strategií. V roce 1993 se stala dceřinou společností německého koncernu a v současné době je jednou z pěti největších světových pneumatikáren. Téměř každé třetí auto vyrobené v Evropě je dodáváno na pneumatikách Continental. Společnost disponuje rozsáhlým know-how v oblastech pneumatikářských a brzdových technologií, regulace jízdní dynamiky, elektroniky a sensoriky. V současné době pracuje v 430 lokalitách (závody, výzkumná centra a testovací dráhy) v 55 zemích zhruba 232 000 zaměstnanců. (interní materiály)

Datum vzniku a zápisu:	1. březen 1993
Spisová značka:	C 15057/KSBR Krajský soud v Brně
Obchodní firma:	Continental Barum s.r.o.
Sídlo:	Objízdna 1628, 765 02 Otrokovice
Identifikační číslo:	45788235
Právní forma:	Společnost s r.o.
Společníci:	Korso Industriebeteiligungsgesellschaft mbH - 30.00 % Continental Holding France SAS - 70.00 %

Základní kapitál: 2 235 275 000,-Kč

Statutární orgán – Jednatelé:

- Ing. Libor Láznička
- Ing. Pavol Červenák
- Ing. Jan Černošek

Předmět podnikání:

- zpracování gumárenských směsí
- podnikání v oblasti nakládání s nebezpečnými odpady

- opravy silničních vozidel
- výroba, obchod a služby neuvedené v přílohách 1 až 3 živnostenského zákona
- obráběčství
- činnost účetních poradců, vedení účetnictví, vedení daňové evidence
- opravy ostatních dopravních prostředků a pracovních strojů
- technicko-organizační činnost v oblasti požární ochrany
- výroba nebezpečných chemických látek a nebezpečných chemických směsí a prodej chemických látek a chemických směsí klasifikovaných jako vysoce toxické a toxické
- silniční motorová doprava – nákladní vnitrostátní provozovaná vozidly nebo jízdními soupravami o největší povolené hmotnosti nepřesahující 3,5 tuny, jsou-li určeny k přepravě zvířat nebo věcí, - osobní provozovaná vozidly určenými pro přepravu nejvýše 9 osob včetně řidiče



Obrázek 2 Společnost Continental Barum s.r.o.
(Pohanková, 2020)

5.1 Historie firmy Continental

Dle interních materiálů:

- 1871 založení akciové společnosti Continental-Caoutchouc-und Gutta-Percha Compagnie
8.10.1871 v Hannoveru
- 1898 začátek výroby bezdezénových pneumatik Continental
- 1904 Continental jako první firma na světě vyvíjí plášť s desénem
- 1928 fúze s významnými podniky německého kaučukového průmyslu
- 1960 začátek sériové výroby radiálních plášťů
- 1967 otevření zkušebního zařízení Contidrom
- 1987 převzetí pátého největšího výrobce pneumatik v USA – General Tire
- 1992 Joint-Venture s českým výrobcem plášťů Barum
- 1999 Joint-Venture se slovenským výrobcem plášťů Matador
- 2003 představení sportovní pneumatiky ContiSportContact 2 Vmax, první silniční pneumatiky na světě pro rychlosti do 360 km/h
- 2007 převzetí firmy SIEMENS VDO Automotive AG
- 2016 společnost se řadí mezi 5 nejvýznamnějších světových dodavatelů automobilového průmyslu a v Evropě drží druhou příčku

5.2 Historie firmy Barum

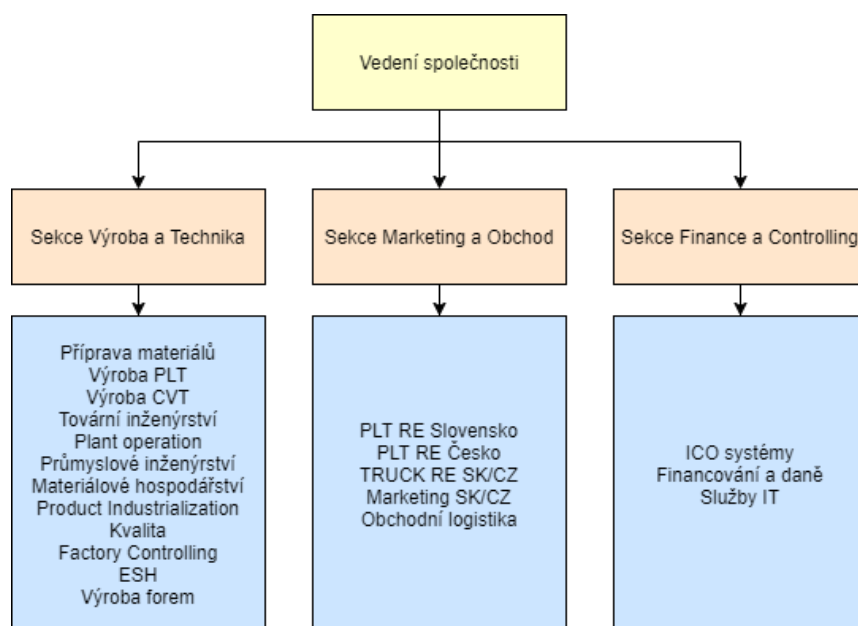
O vzniku značky BARUM nejsou jednoznačné historické podklady. Dle interních materiálů je nejpravděpodobnější původ z počátečních písmen tří největších gumárenských podniků v ČSR **BA**ťa Zlín, **RU**bena Náchod a **MA**tador. V úvahu připadá i anglická zkratka **BA**ťa **RU**bber **MA**nufacture.

- 1932 vyrobena první automobilová pneumatika u firmy Baťa Zlín
- 1946 vznikla nová obchodní značka Barum a nahradila jméno Baťa v názvu výrobku
- 1953 vznik samostatného národního podniku Rudý říjen Gottwaldov
- 1966 zahájení výstavby nové pneumatikárny v Otrokovicích

- 1972 otevření nové pneumatikárny Rudý říjen Otrokovice
- 1990 podnik zaregistrován pod názvem Barum a.s. Otrokovice
- 1992 podepsán kontrakt s Continental AG o založení Joint-Venture
- 1993 vznik Barum Continental spol. s.r.o. ke dni 1. března
- 2000 podnik se stává největším výrobcem pneumatik v Evropě
- 2006 celková roční produkce pneumatik přesáhla 20 milionů kusů
- 2008 start výroby pneumatik ContiSeal, které umožňují pokračovat v jízdě o přes průpich dezénu
- 2013 k 1. lednu přejmenování společnosti na Continental Barum s.r.o.
- 2015 otevření výrobní haly CVT II – navýšení produkce výroby nákladních pláštíů

5.3 Organizační struktura organizace

Společnost je rozdělena do tří sekcí: sekce Finance a Controlling, sekce Marketing a Obchod a sekce Výroba a Technika. Každá sekce se dále dělí do divizí. (interní materiály)
Na následujícím obrázku je zobrazena podrobná struktura.



Obrázek 3 Organizační struktura společnosti Continental Barum s.r.o.
(vlastní zpracování podle interních materiálů)

5.4 Výrobní portfolio

Společnost Continental Barum s.r.o. vyrábí pneumatiky v nejmodernějším závodě v Evropě pod záštitou silné mateřské společnosti. V současné době se výrobní program orientuje na výrobu osobních a nákladních, z nichž prioritní je výroba prvních z nich. V tomto průmyslovém areálu se ročně vyrobí více než 21 milionů pláštů z kategorie osobních a lehkých nákladních a téměř 1,4 milionů nákladních a industriálních pláštů. Společnost vyrábí pneumatiky značek Continental, Semperit, Uniroyal, General Tyre, Barum, Matador atd. (interní materiály)

Průřez pláště je zobrazen na následujícím obrázku.



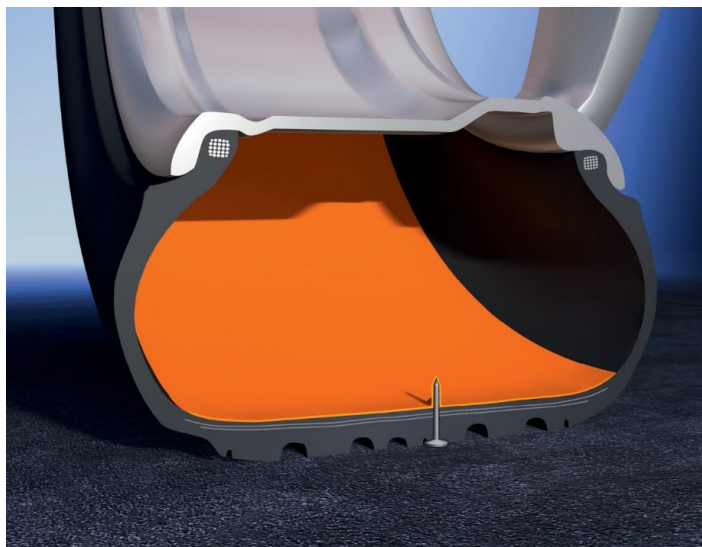
Obrázek 4 Průřez pláštěm (interní materiály)

- A. Textilní kord – základní nosná část pláště, vyrobená z textilních vláken nebo ocelových drátů
- B. Běhoun – vnější pryžová část z kaučukové směsi o požadované tloušťce do níž je vlisován dezén. Zajišťuje přímý kontakt s vozovkou, chrání kostru před poškozením. Musí mít maximální přilnavost k vozovce za všech klimatických podmínek, co nejvyšší životnost a odolnost proti otěru.
- C. Bočnice – vyrobena z kaučukové směsi, chrání kostru v boční části, musí být odolná proti prolamování, bočnímu průrazu a povětrnostním vlivům. Nese popisy rozměrů.
- D. Patka – zaručuje pevné usazení pláště na ráfku, hlavní částí je ocelové patní lano, kolem něhož jsou přehnuty kraje kordových vložek kostry. Proti mechanickému poškození je chráněna textilním nebo pryžovým patním páskem.

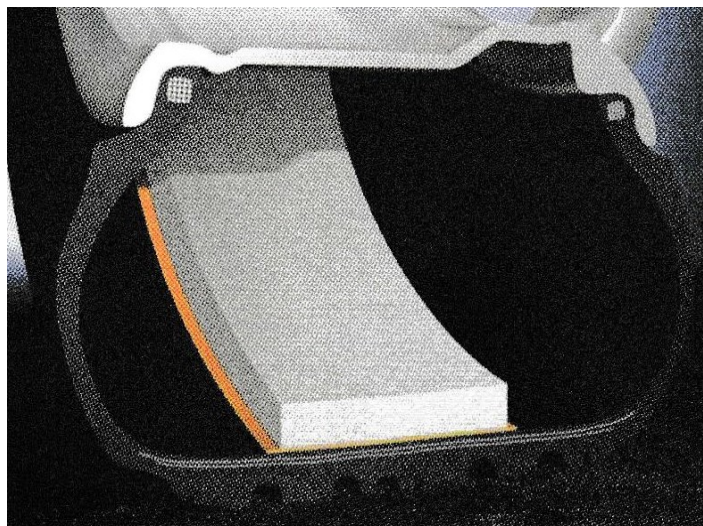
- E. Ocelový nárazník – je uložen mezi kostrou a běhounem, zajišťuje obvodovou pevnost pláště a odolnost proti průrazu. Může být textilní, ocelový nebo v jejich kombinaci.
 - F. Vnitřní guma – vnitřní folie nebo profil ze speciální plynonepropustné kaučukové směsi. Zabraňuje prostupování síry při vulkanizaci, vyrovnává nerovnosti uvnitř pláště, zajišťuje plynonepropustnost. Označuje se VG.
 - G. PAD nárazník – polyamidový nárazník překrývá ocelové nárazníky. Jeho vlákna směřují po obvodu pláště, což zvyšuje odolnost pláště vůči vysokým rychlostem.
- Další části – rameno pláště, meziguma, patní pásy, patní výplně. (interní dokumenty)

Tento závod je také významný výrobou pláštů s technologií ContiSeal (samozacelení poškozeného běhounu pneumatiky cizím předmětem) a ContiSilent (snížení hluku v interiéru vozidla až o 9 dB). Svě důležité místo v otrokovickém výrobním areálu má i strojírenská výroba osobních vulkanizačních forem s 3D ocelovým tiskem lamel a segmentů. (interní materiály)

Na následujících obrázcích je zobrazena úprava pláštů ContiSeal a ContiSilent.



Obrázek 5 Úprava ContiSeal (interní materiály)



Obrázek 6 Úprava ContiSilent (interní materiály)

5.4.1 Technologie úpravy pláštěů ContiSilent

V roce 2013 společnost vyvinula technologii pro snížení hluku pneumatik na všech typech vozovek až o 9 decibelů za každého počasí. Název technologie je spojením slov Continental (= název společnosti) a Silent (= tichý). Pláště jsou zevnitř vybaveny tlumící polyuretanovou vložkou (PUR pěna) přilepenou na tenké vrstvě ContiSeal³, která v tomto případě ovšem nemá protiprůpichové vlastnosti. Technologie ContiSilent je vyvinuta tak, aby nedocházelo k žádnému negativnímu vlivu na komfort řízení, dojezd, nosnost, maximální rychlost pneumatiky ani valivý odpor pláště. Jízdní vlastnosti a charakteristiky zůstávají nezměněny a pro maximální účinek je doporučeno mít všechny 4 pneumatiky této technologie. Pneumatiky se montují a skladují stejně jako standartní pneumatiky. V současné době je ovšem tato technologie dostupná pouze pro letní pneumatiky. Cena pneumatik s touto technologií se pohybuje okolo 6-7 tisíc Kč za kus. (interní materiály)

Princip funkce ContiSilent

Vnitřní část běhounu pokrývá polyuretanová pěna s polyetherovým základem. Tato lehká pěna, která se stoupající teplotou nemění svou strukturu, absorbuje vibrace vznikající při valení pneumatiky. Následkem je výrazné snížení chvění podvozku a ztlumení hluku

³ Úprava ContiSeal umožňuje pokračovat v jízdě i po průpichu pláště. (interní materiály)

v kabině auta až o 9 dB – míra odhlučení závisí na rychlosti, typu vozovky a konkrétním vozu. (Sajdl, 2021)

Postup aplikace ContiSilent dle interních materiálů:

- 1) Čištění – hotový a zkontrolovaný plášť se v první řadě uvnitř vyčistí od vnitřního postřiku, nutného při jejich výrobě, za použití laserové technologie.
- 2) Předehřev – před aplikací vrstvy ContiSeal je nutné plášť předehřát z důvodu lepší zpracovatelnosti, poddajnosti a kvalitnější aplikace.
- 3) Aplikace vrstvy ContiSeal – aplikaci provádějí KUKA roboti vybaveni speciálním aplikačním ústrojím. V průběhu aplikace plášť neustále rotuje a pohybem trysky je vrstva ContiSeal nanášena na vnitřní gumu pod oblast aplikace PUR pěny v celkové tloušťce 1 mm – tato tloušťka slouží jako lepidlo a nemá proti-průpichový účinek.
- 4) Vypalování loga – pro identifikaci je pomocí laseru do bočnice na vnější stranu pláště vypáleno logo ContiSilent.
- 5) Vizuelní kontrola – operátor vizuelně zkontroluje rovnoměrnost nanášení vrstvy a kvalitu vypálení loga před aplikací PUR pěny.
- 6) Aplikace PUR pěny – operátor ručně provede aplikaci PUR pěny na vrstvu ContiSeal a zafixuje ji přítlačným válečkem. Pěna musí být nalepena na vrstvě ContiSeal celým svým povrchem.
- 7) Výstupní vizuelní kontrola – po aplikaci PUR pěny je provedena výstupní vizuelní kontrola a hotový výrobek je odvezen do skladu.

PUR pěna určená pro ContiSilent

Polyuretanová pěna na bázi polyetheru je dovážena od výrobce v předem připravených rozměrech. Pro každý rozměr pneumatiky je jinak definovaná délka, nicméně šířka a tloušťka je u současných rozměrů stejná. PUR pěna je pružná s otevřenou strukturou buněk (při 20 °C). Musí být během skladování zakryta/zabalena UV ochrannou fólií a být uschována uvnitř budovy, kde nemůže být vystavena slunečnímu záření. Vlastnosti, které je třeba uvést v certifikátu přiloženém ke každé zásilce:

- šířka [mm]

- tloušťka [mm]
- délka [mm]
- hustota pěny [kg/m^3]
- kompresní tvrdost [kPa]

Dále se uvádí také koeficient absorpce zvuku. Certifikáty musí být popsány a označeny podle DIN EN 10204 (= Inspekční certifikát) nebo alespoň podle Specifického protokolu o zkoušce. (interní materiály)



Obrázek 7 Vzorky PUR pěny a etalon (vlastní zpracování)



Obrázek 8 Vzorky PUR pěny (vlastní zpracování)

Kontrolní plán technologie ContiSilent

V interních materiálech společnosti je uvedeno, že obsluha linek kontroluje u technologie ContiSilent u ruční i aplikované aplikace pěny vždy následující parametry:

- plášťový povrch „sealentu“ před aplikací pěny – obsluha vždy vizuálně zkontroluje povrch pláště. Pokud je nalezen cizí předmět a nelze jej odstranit, je plášť vyřazen do odpadu.
- specifikace – obsluha zkontroluje specifikaci pěny na začátku lepení pěny a při změně výrobní série z důvodu potvrzení správnosti.
- vizuální vady – obsluha vizuálně zkontroluje, zdali má pěna očividné vizuální vady. V případě neshody a nejde-li výrobek předělat, zapíše se neshoda do evidenční karty a pěna se vyřadí do odpadu.
- centricita aplikované pěny na hotovém výrobku – u ruční aplikace pěny obsluha pomocí měřky vždy zkontroluje dostředivost výrobku. U automatické aplikace pěny se centricita kontroluje pomocí metru u prvních 5 kusů při nájezdu výrobní série. V případě neshody a nejde-li výrobek předělat, vyřadí se výrobek do odpadu.
- kontrola šíře mezery – dle výrobního předpisu má být šíře mezery 30 mm (+20/-25 mm). Kontrola probíhá u 5 kusů při nájezdu výrobní série a poté u 1 kusu z každé palety pomocí metru a šablony. V případě neshody a nejde-li výrobek předělat, jde výrobek do odpadu.
- vizuální vzhled – obsluha pokaždé vizuálně či pomocí metru zkontroluje vizuální vzhled hotového výrobku.

Jiné interní/externí útvary kontrolují následující parametry:

- barva
- rozměry, úhly
- hustota
- tvrdost při stlačení
- absorpční koeficient zvuku
- uniformita hotového výrobku
- nevývaha hotového výrobku

U každé dodávky je nutné vizuálně zkontrolovat v první řadě barvu. Zmíněné kontroly se provádí dle specifikací QM (Quality Management). Pokud je PUR pěna mimo specifikace, dodávka je odmítnuta. Rozměry a úhly se kontrolují u každé palety pomocí metru a úhlooměru a hodnoty se zapisují do Excelu. Pokud je opět PUR pěna mimo specifikace, dodávka je odmítnuta. Následně se měří hustota, tvrdost při stlačení a absorpční koeficient zvuku PUR pěny v laboratořích, přičemž hodnoty jsou opět zapisovány do Excelu a SAP. Jako poslední se kontroluje u hotového výrobku nevyváha (= nevyváženost) a parametry uniformity, což jsou síly házivosti, radiální a axiální síly a boule prohlubně. QM kontroluje tyto parametry u 20 kusů při nájezdu nového výrobku. Pokud je zjištěna neshoda, je nutná úprava procesu „sealování“. To ovšem neplatí pro pláště náhradní potřeby vyrobené mimo závod, ve kterém se „sealují“, v objemu menším než 1500 kusů/rok.

5.5 Certifikace

Certifikace slouží jako důkaz zákazníkům o odpovídajícím systému dle požadavků normy, o jeho udržování a rozvíjení. Certifikáty je možné definovat jako mezinárodní platné důkazy o důvěryhodnosti dodavatele. (interní materiály)

Společnost má zaveden a certifikován environmentální systém řízení podle normy ISO 14001:2016 a systém managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci ISO 45001:2018. Certifikační a recertifikační audity dle zmíněných norem probíhají každoročně nezávislými auditorskými společnostmi. Dalšími platnými certifikáty jsou ISO ČSN 50001:2012 v oblasti systému hospodaření s energií, ISO 9001:2015 a IATF 16949:2016 systém managementu kvality. (interní materiály)

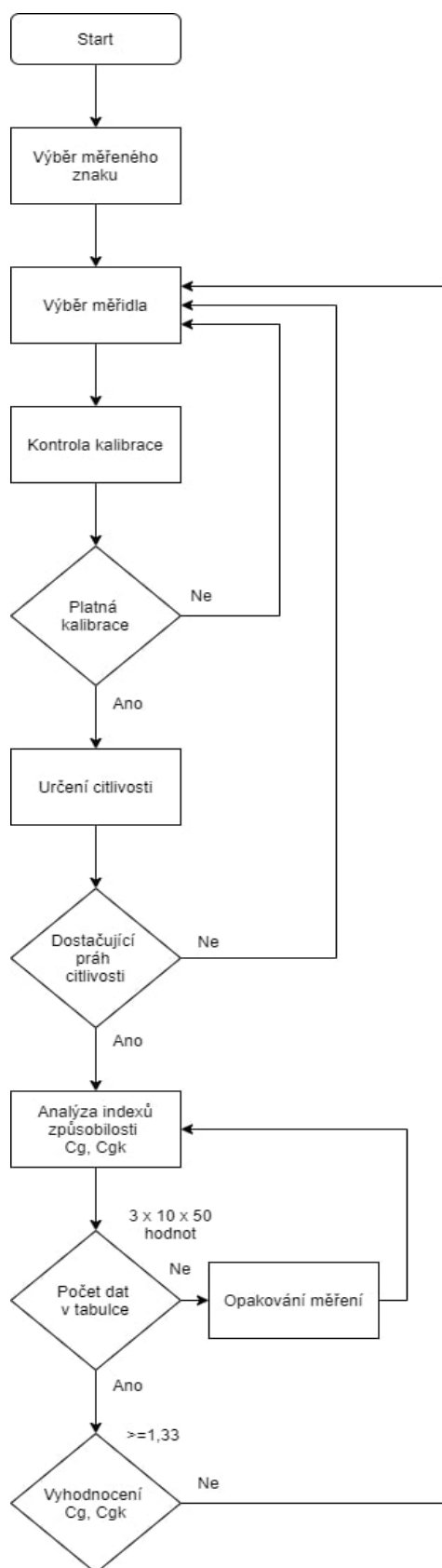
6 ANALÝZA SYSTÉMU MĚŘENÍ TLOUŠŤKY PĚNY PUR

Tato část bakalářské práce je stěžejní, jelikož jsou zde aplikovány a srovnávány teoretické poznatky na reálném procesu ve společnosti Continental Barum s.r.o.

Předmětem analýzy je systém měření tloušťky pro do budoucna plánovaný rozměr pěny PUR ve společnosti Continental Barum s.r.o. se sídlem v Otrokovicích. Cílem je stanovit, jestli je tento systém měření přijatelný. S tím souvisí prověření způsobilosti měřidla z hlediska schopnosti nové parametry změřit s požadovanou přesností. Operátorem je sama autorka práce, dále v textu jen operátor či pracovník.

V současné době totiž probíhá měření tlustších PUR pěn v externí laboratoři v Německu, kde jsou k měření speciální prostředky. Jelikož testování v externí laboratoři je poměrně drahé, chce společnost zjistit, zdali stávající systém měření nižších PUR pěn by zvládl změřit i tyto tlustší PUR pěny. Bližší informace jsou uvedeny na straně 58 v kapitole 8 Návrhy na zlepšení.

Na obrázku číslo 9 je znázorněn vývojový diagram postupu analýzy systému měření pro účely této práce, od kterého se předložená bakalářská práce odvíjí. Nejdříve dochází k popsání pracoviště a s následným detailnějším popisem použitých komponent včetně zvoleného měřidla pro měření měřeného znaku. U měřidla je velmi důležité zkontrolovat především platnost kalibrace a práh citlivosti. Studie R&R je vyhotovena v programu Minitab, kde je zobrazen výsledek – způsobilost systému měření, a na základě výsledků analýzy je navrženo společnosti nápravné opatření. Poté dochází ještě k analýze systému měření, kdy pro výpočet opakovatelnosti a reprodukovatelnosti je využita metoda ANOVA. V závěru práce jsou navrhnuty návrhy na racionalizaci procesu, u kterých je zohledněno také ekonomické hledisko. Dále je uvedeno vyhodnocení řešení vzniklé situace.



Obrázek 9 Vývojový diagram analýzy systému měření pro účely této práce (vlastní zpracování)

6.1 Analýza současného stavu systému měření tloušťky pěny PUR

Dle normy ISO 9001 a IATF 16949 existují 3 základní typy náměrů, které společnost Continental Barum používá:

- Typ 1: 50 náměrů na jednom vzorku.
- Typ 2: náměry např. dvou nebo tří operátorů – zjištění vlivu operátora na měření.
- Typ 3: vyhodnocení bez vlivu operátora – náměry automatické měření – 10 vzorků měří 10x po sobě.

Typ měření 2 a 3 jsou společnostmi nejvíce využívány.

Pro realizaci této analýzy byl zvolen nestandardní typ měření (kombinace Typu 1 a 3) určený přímo pro účely této práce, tedy provedení 50 náměrů na etalonu, 10 vyseknutých vzorcích světlé PUR pěny a 10 vyseknutých vzorcích tmavé PUR pěny pouze jedním pracovníkem. Měření probíhalo ve fyzikální laboratoři společnosti 29. října 2020.

6.1.1 Pracoviště

Pracoviště měření se nachází ve fyzikální laboratoři společnosti, viz. obrázek 10. Na pracovišti, stůl ve tvaru „L“ o rozměrech 140 x 80 cm, pracuje vždy 1 operátor. Nachází se zde váha, která vzorky PUR pěny zváží v kádince s vodou. Používá se pouze podle požadavků na vážení. Vedle váhy se nachází tloušťkoměr využíváný pro měření tloušťky pěny PUR. Mezi rostlinami jsou odloženy vzorky materiálu, jehož rozměry se fyzikální laboratoř zabývá. Dále jsou na stole položeny dlouhé pásy PUR pěn a na pravé straně se nachází přístroj sloužící ke spojování drátů s rukavicemi – nesouvisí se měřením PUR pěny.



Obrázek 10 Pracoviště měření
(vlastní zpracování)

6.1.2 Operátor

Pracovník, který provádí tato měření, musí být poučen a proškolen s předpisy procesu (= pracovními instrukcemi) pro měření této PUR pěny. Školení je opakované a probíhá 1 ročně. Pracovník, který pracuje ve fyzikální laboratoři, musí mít předepsanou pracovní obuv a pracovní oblek – minimálně triko, kalhoty mohou být vlastní.

6.1.3 Použité komponenty

Pro realizaci analýzy systému měření je zvoleno společností zkonstruované měřidlo Ditas C 25 s rozlišením 0,01mm, etalon 17,6 mm značky Mitutoyo z Gauge block setu s manipulačními rukavicemi a světlý a tmavý vzorek PUR pěny. Data z měření jsou zapsána do listu pro sběr dat v softwaru Excel a se následně jsou nahrána do softwaru Minitab pro provedení R&R Studie. Pro rychlou počáteční orientaci tloušťky etalonu a PUR pěn byl použit i zkalibrovaný metr.

Metr

Zkalibrovaný metr slouží k počátečnímu rychlému ověření tloušťky etalonů a PUR pěn. Platnost kalibrace metru v době měření byla do dubna 2021.



Obrázek 11 Metr (vlastní zpracování)

Měřidlo

Pro měření stávající tloušťky PUR pěny se využívá měřidlo Ditas C 25 s rozlišením 0,01mm. Toto měřidlo bylo sestrojeno firemními pracovníky před zhruba 20 lety k občasnému měření a díky správné údržbě nadále funkční. Jelikož při kalibraci vykazuje neustále předepsané odchylky, tak je pro měření vhodné. Společnost tedy pro něj našla uplatnění při zavedení technologie ContiSilent, kdy je nutné úchylkoměrem naměřit hodnoty PUR pěny. Platnost kalibrace měřidla v době měření byla do května 2022.



Obrázek 12 Měřidlo (vlastní zpracování)

Rukavice

Rukavice slouží k manipulaci s etalonem pro eliminaci nanesení nečistot či mastnoty z rukou na etalon.



Obrázek 13 Rukavice (vlastní zpracování)

Etalon

Sada ocelových měřicích bloků (= koncové měrky, základní měrky, Johansonovy měrky) je certifikovaná EN ISO 3611, DIN 863 (1999), EN ISO 3650 a VDI/VDE/DGQ 2618. Etalonů je v sadě 10 (2,5, 5,1, 7,7, 10,3, 12,9, 15, 17,6, 20,2, 22,8, 25 mm) a jsou v metrických jednotkách. Pro analýzu byl zvolen etalon 17,6, jelikož je svou tloušťkou nejbližší hodnotě tloušťky stávajících PUR pěn (= cca 17 mm).



Obrázek 14 Vzorky etalonu (vlastní zpracování)

Světlý a tmavý vzorek PUR pěny

Tyto pěny nejsou z hlediska tloušťky standardních rozměrů jako současné pěny využívané pro technologii ContiSilent, jelikož se jedná o pěny, které se budou teprve do výroby zavádět. Současný standard PUR pěny je okolo 15-17 mm, z toho důvodu vycházelo i zvolení 17.6 mm etalonu. Specifikace pěny je uvedena na stranách 39-40 v kapitole 5.4.1 Technologie úpravy pláštěů ContiSilent.

Notebook se softwary Microsoft Excel a Minitab

Pro sběr a záznam dat společnost využívá různé formuláře v tabulkové podobě v softwarových programech. Pro zaznamenání hodnot z měření je proto nezbytný notebook/stolní počítač s patřičnými softwary. Ideální pro zápis naměřených hodnot je velmi známý produkt Microsoft Excel, který společnost využívá. Součástí tohoto softwaru ovšem není předdefinovaná funkce pro výpočet opakovatelnosti a reprodukovatelnosti.

Práce v Excelu není nijak náročná, jelikož se jedná pouze o přepsání naměřených hodnot do přehledného listu pro sběr dat, který si uživatel může přizpůsobit. Grafickou analýzu společnost nevyužívá.

Po dokončení měření se data přehrají do společností zakoupeného softwaru Minitab pro ověření a srovnání výsledků. Tento statistický software nabízí širokou paletu nástrojů pro kontrolu kvality, provádění základních i pokročilých statistických metod a plánování experimentů. Oproti Excelu nabízí ve svých funkcích vše potřebné pro opakovatelnost a reprodukovatelnost. Další výhodou je, že není nutné vytvářet žádný list pro sběr dat, jak tomu je u Excelu – systém ho přímo obsahuje. Stačí zde zadat pouze počet opakování a dílů a Minitab vytvoří tabulku dle zadaných parametrů. Jakmile se vyplní naměřené hodnoty, zpřístupní se funkce pro výpočet Study 1 Cg, Cgk a Study 3 ANOVA, která po zvolení a nastavení tolerančních mezí zobrazí výsledky včetně grafů (regulačních diagramů) pro znázornění variability procesu v čase. Tyto diagramy názorně zobrazují, jestli je proces pod kontrolou nebo mimo kontrolu (= nějaký bod leží mimo pásmo). Možnou nevýhodou oproti softwaru Microsoft Excel je absence češtiny.

Dokumentace

Formulář pro zápis hodnot z měření pro účely této práce byl vytvořen vlastnoručně operátorem. Standardizovaný formulář z měření PUR pěny sice v interním systému existuje, nicméně jelikož tato analýza není standardním postupem vzhledem k množství náměrů pouze jedním operátorem, bylo pracovníkovi doporučeno vytvořit si šablonu pro zápis hodnot dle uvážení. Zadané bylo pouze, že soubor je nutné vytvořit v Excelu a musí obsahovat název měřeného vzorku, počty náměrů, hodnoty z měření a jejich jednotku.

Kromě formuláře pro zápis hodnot z měření je pracovníkovi k dispozici kontrolní plán technologie ContiSilent v interním systému.

6.1.4 Průběh analýzy rozměrů PUR pěn

V první řadě je nutné určit díl pro podrobení analýzy. K tomuto účelu jsou vybrány 2 pásy PUR pěny zmíněné na stranách 39-40 v kapitole 5.4.1 Technologie úpravy pláštěů ContiSilent a 48 v kapitole 6.1.3 Použité komponenty – světlý a tmavý vzorek, do kterých

bylo vysekáno 10 dílků k měření. Cílem je zjistit, jestli má pěna na všech místech, s určitou tolerancí, stejnou tloušťku.

Po zvolení typu měření je zvolen vhodný typ měřidla. V tomto případě to je tloušťkoměr Ditas C 25 s rozlišením 0,01 mm. Měřidlo musí mít platnou kalibraci a splňovat požadovaný práh citlivosti, v tomto případě 0,01 mm, který je v současné době dostatečný. Měřidlo i pásy PUR pěny jsou nachystány před měřením ve stejné místnosti. Před samotným měřením je důležité vyseknout 10 vzorků pro měření z vybraných pásů pěn PUR.

Nyní je analyzována způsobilost měřidla Cg, Cgk (Study 1 Cg, Cgk) jedním pracovníkem, který je seznámen s typem měření, jednoho měřidla se stojanem obsahujícím vsazený úchylkoměr a etalonem. Jakmile se operátor seznámí s měřením, vynuluje měřidlo zmáčknutím tlačítka reset. Poté dochází k měření etalonu, kdy je provedeno 50 s cílem dosažením správných vypovídajících hodnot způsobilosti měřidla.

Etalon je vložen do úchylkoměru. Operátor počká, až se na displeji měřená hodnota vzorku ustálí na konkrétním čísle. Při měření pracovník průběžně zapisuje měřené hodnoty do sběrného listu vytvořeného v softwaru Excel, viz. obrázky 15, 16 a 17. Během měření by se nemělo do procesu zasahovat, např. kalibrací.

Stejný postup měření provedený u etalonu se opakuje i u PUR pěn. Dochází tedy k měření stejným způsobem 10 dílů nejprve světlé a poté tmavé PUR pěny (pořadí je zvoleno náhodně). Hodnoty se opět zapíší do softwaru Excel. Na obrázcích níže jsou zobrazeny hodnoty jedné z výsečí ze světlé a tmavé PUR pěny.

Číselné hodnoty z obrázků 15, 16 a 17 nacházející se ve sloupci pod buňkou „Hodnoty“ u etalonu a „1“ u PUR pěn představují jednotlivé náměry etalonu a PUR pěn. Rozdíly mezi jednotlivými hodnotami náměrů vznikají „nedokonalou“ opakovatelností měřidla skrze odchylky, které reálně nikdy nelze stoprocentně eliminovat. Dle Analýzy systému měření (2011) se mají při čtení hodnot na zařízení zaznamenávat reálné hodnoty měření podle použitelné meze prahu citlivosti přístroje. Naměřené hodnoty byly v rozmezí u etalonu 2 setin mm světlé PUR pěny 15 setin mm a u tmavé PUR pěny 25 setin mm.

kostka etalon 17,6jednotka **mm**

Měření	Hodnoty		
1	17,60	26	17,58
2	17,59	27	17,58
3	17,58	28	17,60
4	17,59	29	17,59
5	17,58	30	17,58
6	17,59	31	17,58
7	17,58	32	17,58
8	17,59	33	17,58
9	17,60	34	17,59
10	17,60	35	17,60
11	17,60	36	17,58
12	17,59	37	17,60
13	17,59	38	17,60
14	17,58	39	17,59
15	17,58	40	17,58
16	17,58	41	17,58
17	17,58	42	17,60
18	17,60	43	17,59
19	17,58	44	17,58
20	17,60	45	17,58
21	17,58	46	17,60
22	17,58	47	17,60
23	17,58	48	17,59
24	17,58	49	17,58
25	17,58	50	17,58

Obrázek 15 Sběrný list – etalon (vlastní zpracování)

Světlá PUR pěna

jednotka **mm**

Tloušťka kalibrovaným metrem	1	2,0
	2	2,0
	3	2,0
	4	2,0
	5	2,0
	6	2,0
	7	2,0
	8	2,0
	9	2,0
	10	2,0
	11	2,0

x	1
1	19,80
2	19,82
3	19,73
4	19,74
5	19,75
6	19,76
7	19,74
8	19,83
9	19,84
10	19,76
11	19,79
12	19,78
13	19,82
14	19,81
15	19,79
16	19,82
17	19,83
18	19,82
19	19,8
20	19,8
21	19,81
22	19,79
23	19,73
24	19,76
25	19,72

26	19,73
27	19,73
28	19,72
29	19,7
30	19,75
31	19,74
32	19,79
33	19,78
34	19,72
35	19,69
36	19,8
37	19,8
38	19,8
39	19,79
40	19,78
41	19,77
42	19,78
43	19,75
44	19,75
45	19,73
46	19,73
47	19,73
48	19,72
49	19,72
50	19,72

Obrázek 16 Sběrný list – světlá PUR pěna (vlastní zpracování)

Tmavá PUR pěna

jednotka mm

Tloušťka kalibrovaným metrem	1	2,0
	2	2,0
	3	2,0
	4	2,0
	5	2,0
	6	2,0
	7	2,0
	8	2,0
	9	2,0
	10	2,0
	11	2,0

x	1
1	19,60
2	19,59
3	19,62
4	19,55
5	19,49
6	19,52
7	19,61
8	19,45
9	19,51
10	19,56
11	19,73
12	19,71
13	19,52
14	19,47
15	19,67
16	19,65
17	19,71
18	19,74
19	19,46
20	19,65
21	19,7
22	19,62
23	19,71
24	19,7
25	19,69

26	19,69
27	19,65
28	19,62
29	19,71
30	19,64
31	19,63
32	19,68
33	19,72
34	19,71
35	19,65
36	19,68
37	19,67
38	19,59
39	19,59
40	19,64
41	19,65
42	19,59
43	19,58
44	19,64
45	19,7
46	19,64
47	19,63
48	19,68
49	19,68
50	19,73

Obrázek 17 Sběrný list – tmavá PUR pěna (vlastní zpracování)

Naměřené hodnoty z obrázků 17 a 18 následně operátor zapíše do softwaru Minitab pro výpočet přesnosti měření Study 1 Cg, Cgk, kterou má následně potvrdit a doplnit Gage R&R Study (Study 3 ANOVA). Zde je nutné zadat už pouze počet opakování, dílů a toleranční meze. Jelikož byl operátor jeden, je možné teoreticky prohlásit, že jsou tyto studie jsou bez vlivu operátora. Minitab následně vytvoří tabulku dle zadaných parametrů včetně grafů. Výsledky jsou zobrazeny v příloze P I.

V tabulce 2 jsou uvedena přípustná kritéria měřící metody, která slouží k vyvození patřičných závěrů a následných reakcí.

Tabulka 2 Přípustná kritéria (interní zdroje)

> 1,33	Přijatelné
1,0 - 1,33	Okrajově přijatelné
< 1,00	Vyžaduje zlepšení nebo omezení

7 SHRUTÍ VÝSLEDKŮ ANALÝZY

Pro vyhodnocení této analýzy je nutné zaměřit se na procentní opakovatelnost a reprodukovatelnost. Vyhodnocení výsledků analýzy a návrhy na racionalizaci procesu vyplývají z tabulky 1 a 2. Je nutné zdůraznit, že pokud hodnota C_g je 1,33 a více, pak je měřidlo způsobilé.

Proces měření a měřidlo

Proces měření je nestandardním postupem zvoleným pro potřeby této bakalářské práce, jedná se o kombinaci měření Typu 1 a 3. Tento postup je graficky znázorněn vývojovým diagramem uvedeném na straně 44 v kapitole 6 Analýza systému měření tloušťky pěny PUR.

U tloušťky etalonu 17.6 je měřící metoda přípustná, jelikož indexy $C_g = 3,13$ a $C_{gk} = 2,64$ jsou nad hranicí 1,33. Stejně tak ukazatele $\%Var(\text{Repeatability and Bias}) = 7,59 \%$ nepřesahují povolenou hranici 10 %, viz. tabulka 1. Tyto ukazatele vyjadřují vzhledem k tolerancím variabilitu vnášenou měřící metodou.

U světlého vzorku je patrné, že je pro něj též tato měřící metoda nevyhovující. Indexy $C_g = 0,68$ a $C_{gk} = 0,62$ jsou pod hranicí 1,33. Stejně tak ukazatele $\%Var(\text{Repeatability and Bias}) = 32,20 \%$ přesahují povolenou hranici 10 %, dokonce i hranici 30 %, kdy má nutně dojít k analýze nákladů pro zjištění, zdali proces není přeci jen přijatelný.

U tmavého vzorku je naprosto evidentní, že pro něj je též tato měřící metoda nevyhovující. Indexy $C_g = 0,36$ a $C_{gk} = 0,34$ jsou hluboko pod hranicí 1,33. Stejně tak ukazatele $\%Var(\text{Repeatability and Bias}) = 58,06 \%$ markantně přesahují povolenou hranici 10 % pro přijatelnost systému, stejně jako hranici 30 % pro zjištění přijatelnosti přehodnocením nákladů.

Podmínky tedy nejsou u pěn splněny ani v jednom uvedeném případě týkajících se PUR pěn a proces tedy vyžaduje zlepšení. Přijatelný je tedy pouze etalon s hodnotou $C_g = 3,13$, $C_{gk} = 2,64$ a ukazatelem $\%Var(\text{Repeatability and Bias})$ je menším jak 10 % (= 7,59 %).

Využitím metody ANOVA (Gage R&R Study Crossed) u světlého a tmavého vzorku PUR pěn viz. příloha P I se také došlo k závěru, že systém není přijatelný. Tato metoda dokáže vyhodnotit interakci operátora a dílu, a i další zdroje variability. Z toho důvodu jsou hodnoty větší.

U světlého vzorku sloupec %Contribution uvádí, že systém měření (Total Gage R&R = 37,42 %) vnáší do celkové variability méně než variabilita procesu (Part-To-Part = 62,58 %). Sloupec %Study Var říká, že systém měření je neakceptovatelný a je nutné proces zlepšit (Total Gage R&R = 61,17 %). Aby byl systém přípustný, měla by tato hodnota být méně než 10 %. Lépe je na tom systém měření vzhledem k posuzování shodných/neshodných výrobků %Tolerance (Total Gage R&R = 23,61 %). Rozlišenost systému je 1, přičemž cílem má být alespoň 5 a více.

U tmavého vzorku sloupec %Contribution uvádí, že systém měření (Total Gage R&R = 100 %) vnáší do celkové variability všechnu variabilitu procesu (Part-To-Part = 0 %). Sloupec %Study Var říká, že systém měření je neakceptovatelný a proces je nutné zlepšit (Total Gage R&R = 100 %). Aby byl systém přípustný, měla by tato hodnota být méně než 10 %. Špatně je na tom také systém měření vzhledem k posuzování shodných/neshodných výrobků %Tolerance (Total Gage R&R = 230,74 %). Rozlišenost systému je opět 1.

Veškerá vypočtená data jsou na stranách 51-53 v kapitole 6.1.4 Průběh analýzy rozměrů PUR pěn a v příloze P I. Získaná data z analýzy systému jsou zobrazena i graficky využitím regulačních diagramů, viz. příloha P I. Díky těmto grafům lze snadno a jasně zjistit, zdali je systém statisticky zvládnutý či nikoliv.

Z vyhodnocení analýzy systému měření vyplývá, že systém není přijatelný pro měření pěn PUR o 20 mm tloušťce. Systém je vyhovující tedy pouze pro měření etalonu (do tloušťky 17.6) a pěn PUR současných rozměrů (okolo 17 mm).

Díky „problémové“ (fixní) výšce měřidla, která z hlediska rozměru plánované pěny nebyla dostatečná, docházelo po vložení PUR pěny k její deformaci tlakem. Z toho důvodu jsou některé hodnoty více nepřesné a z analýzy vyplynulo, že měřící metoda je nevyhovující.

Jelikož tloušťkoměr deformoval pěnu tlakem ze shora dolů, operátor musel pohotově reagovat na zobrazené naměřené hodnoty na přístroji, které se pod tlakem měřidla měnily, a proto hodnoty evidentně ne vždy odpovídaly realitě. Tím pádem docházelo k častým odhadům, jelikož měřidlo nezastavovalo na počáteční (v podstatě cílové) hodnotě. Již v průběhu měření bylo tedy jisté, že systém měření bude nepřípustný.

Nicméně je nutné zdůraznit, že se rozměr PUR pěn 20 mm je teprve plánovaný a ve výrobě se nevyužívá. Pouze se hledá vhodná metoda měření pro tento nový rozměr.

Pracoviště

Praktické měření probíhalo ve fyzikální laboratoři společnosti. Na pracovišti byly trochu omezené podmínky měření z důvodu malého manipulačního prostoru, protože na pracovním stole byly odloženy materiály a přístroj nesouvisející s měřením pěny PUR. Jelikož pracovní plocha nebyla standardizovaná a operátora omezoval prostor pro pohodlnou manipulaci, musel operátor nejprve všechny nesouvisející objekty s měřením přenést na jiné nepoužívané stoly. Teprve poté mohlo být zahájeno měření, které bylo již provedeno bez větších obtíží. Ovšem došlo zde tedy ke zbytečnému plýtvání času pracovníka, s čímž souvisí plýtvání peněz společnosti.

Operátor a dokumentace

Proškolený a poučený operátor na základě pracovních instrukcí měřil etalon a následně 10 dílů světlé PUR pěny a 10 dílů tmavé PUR měny ve stejném pořadí od 1 do 10 padesátkrát dokola. Hodnoty z náměrů byly zaznamenány do šablony v Excelu. Nicméně tuto šablonu si musel operátor vytvořit sám, jelikož standardizovaný formulář pro zápis hodnot z měření nebyl pro účely této práce vhodný. Došlo zde tedy opět ke zbytečnému plýtvání času pracovníka.

8 NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ

Při zkoumání systému měření tloušťky pěny PUR ve společnosti Continental Barum s r.o. v Otrokovicích byly identifikovány nedostatky, které zde budou rozebrány včetně návrhu na jejich zlepšení.

V současné době probíhá měření PUR pěn větších rozměrů ve specializované externí laboratoři v Německu. Náklady na měření jsou 40-45 EUR/1 ks (v přepočtu cca 1000-1150 CZK) + přírážka 6 %.

Za rok 2019 bylo v Německu změřeno 62 dávek po 5 kusech, což dohromady stálo přibližně 2520 EUR +132 EUR přírážka, tedy celkem 2652 EUR/rok (v přepočtu zhruba 67 517 CZK/rok).

Za rok 2020 bylo v Německu změřeno 43 dávek po 5 kusech. Dohromady to činilo cca 2040 EUR + 123 EUR přírážka, tedy celkem 2163 EUR/rok (v přepočtu zhruba 55067 CZK/rok). K oběma rokům nebyly připočítány náklady na přepravu.

Vzhledem k vysokým nákladům na měření – 40-45 EUR/1 ks + přírážka 6 % + náklady na dopravu, společnost hledá levnější alternativu.

V první řadě bylo proto vyzkoušeno měřidlo přímo v otrokovickém závodě, které se na základě výsledků analýzy systému měření ukázalo jako nevyhovující. Klíčovou problematickou fází měření PUR pěny je totiž tlaková deformace měřidlem. Při zkoumání příčin, které potenciálně ovlivňují měření, se došlo k závěru, že nejvíce kritické místo je fixní výška tloušťkoměru, který ve výsledku nedovoluje měřit tlustší PUR pěny.

Z toho důvodu autorka práce navrhla jako první možnost zakoupení nového digitálního ideálně laserového měřidla, které by bylo v určité míře automatizované. Díky laserům by nedocházelo k jakémukoli ovlivnění rozměru jako u současného měřidla, kdy PUR pěnu deformuje tlakem. Automatizace by spočívala i v propojení měřidla se softwarem v notebooku, kde by se reálné hodnoty po vložení PUR pěny do měřicího pole a spuštění měření automaticky zobrazovaly. To by bylo včetně numerické a grafické analýzy. Společnost též uvažovala o mnoha dalších požadavcích včetně toho, že by takové měřidlo mělo mít rozlišení na 3 desetinná místa.

Problémem ovšem tohoto návrhu je prostý fakt, že měřidlo s takovým rozlišením není možné na trhu sehnat a měřidla, která by splňovala alespoň nějaký z požadavků, se pohybují v řádu částek, které společnost by pravděpodobně nebyla ochotna vzhledem k jejich výši zaplatit.

Technologie ContiSilent se vyrábí sériově v malém množství, proto by zakoupení takového měřidla vzhledem k jeho malému vytížení by postrádalo smysl. Pneumatiky s technologií mají totiž prozatím omezenou nabídku rozměrů dezénu – pouze pro Continental PremiumContact 6 a Continental SportContact 6. O tomto návrhu by společnost mohla začít uvažovat v případě, že by se měřidlo nepřetržitě využívalo. Nicméně současná situace nasvědčuje tomu, že pro takové měřidlo ono nepřetržité využití není.

Dalším návrhem tedy bylo najít takovou tuzemskou externí laboratoř, která by byla ochotna za přijatelnou cenu širší PUR pěny měřit. Po telekonferencích s několika externími laboratořemi bylo zjištěno, že nároky společnosti na měření jsou příliš vysoké, a vzhledem k těmto požadavkům je měření v tuzemských laboratořích v podstatě nereálné.

Padl i návrh sestavení speciálního měřidla pro podnik na míru opět z hlediska velmi vysoké ceny a malé využitelnosti.

Po zvážení všech reálných i nereálných možností se došlo k závěru, že prozatímní řešení měření v externí laboratoři v Německu je nejracionálnější kvůli výše zmíněných komplikací u ostatních alternativ. V situaci, kdy dochází pouze k měření malého objemu PUR pěny, nemá smysl kupovat cenově náročnější měřidlo s minimálním využitím.

Příležitost pro zlepšení je také v manipulačním prostoru. Ve fyzikální laboratoři je pro měření užších typů PUR pěn malá manipulační plocha, na které je umístěno větší množství používaných zařízení. Navíc je na pracovním stole ještě umístěna rostlina. Díky nevhodné standardizaci pracovní plochy musí pracovník zmíněné věci přeskládat, aby si vytvořil dostatečný prostor pro realizaci měření. To zabere čas a dochází tak tedy ke zbytečnému plýtvání času pracovníka a tím pádem k plýtvání peněz.

Z toho důvodu autorka práce navrhla rozmístit ostatních zařízení po volných pracovních stolech v laboratoři, které nejsou příliš využívány. V případě, že by se pro zařízení nenašlo vhodné umístění, je zde možnost zakoupení většího pracovního stolu, kde by pro využití všech zařízení byla ideální manipulační plocha.

Též by bylo vhodné využívat v Excelu firemní standardizovaný formulář pro zápis hodnot z měření za předpokladu jeho zuniverzálnění. Operátor v tomto případě si musel vytvořit vlastní návrh šablony pro zapisování hodnot, které pak převedl do softwaru Minitab. Návrhem šablony došlo k plýtvání času operátora.

8.1 Aplikace daných opatření

Na základě navržených opatření byla vytvořena následující tabulka přínosů jednotlivých opatření, včetně jejich problematických stránek.

Tabulka 3 Návrhy na zlepšení (vlastní zpracování)

Název návrhu	Přínosy	Rizika/náklady
Zakoupení nového měřidla	Automatizace systému měření	Vysoké náklady
	Eliminace deformace PUR pěny tlakem při měření	Nutnost porovnat přínosy
	Reálné hodnoty vzorků	
Využívání tuzemské externí laboratoře	Zrychlení měření	Nízká pravděpodobnost existence této laboratoře
	Reálné hodnoty vzorků	Vysoké náklady / nevyhovující kvalita
Výroba měřidla na míru	Automatizace systému měření	Vysoké náklady
	Eliminace deformace PUR pěny tlakem při měření	Nutnost porovnat přínosy
	Reálné hodnoty vzorků	
Lepší rozmístění zařízení v laboratoři	Zisk většího manipulačního prostoru	
	Zvýšení úrovně pořádku	Možná absence většího počtu volných ploch ve specifických situacích
	Eliminace plýtvání časem přemístováním věcí	Nulové náklady
	Využití dostupných ploch	
Zakoupení většího pracovního stolu	Zisk většího manipulačního prostoru	Náklady na zakoupení speciálního pracovního stolu v řádu tisíců
	Zvýšení úrovně pořádku	Nevhodný layout pracoviště
	Eliminace plýtvání časem přemístováním věcí	Ve výsledku nevyhovující pracovní stůl
Využívání standardizovaného formuláře pro zápis hodnot z měření		
	Eliminace plýtvání časem vytvářením šablon	Nulové náklady

ZÁVĚR

Vypracovaná bakalářská práce popisuje problematiku analýzy systému měření pěny PUR ve společnosti Continental Barum s.r.o.

Teoretická část práce byla zaměřena na teoretické poznatky týkající se problematiky kvality, metrologie a MSA ve výrobě. S těmito teoretickými poznatky bylo nutné čtenáře seznámit pro lepší pochopení následné praktické části.

V úvodu praktické části byla představena společnost Continental Barum s.r.o. a byl zobrazen vývojový diagram, dle kterého postupuje tato analýza systému měření. Praktická měření tloušťky plánované PUR pěny u technologie ContiSilent probíhala ve fyzikální laboratoři společnosti Continental Barum s.r.o. Uvedený proces měření byl zvolen pro účely této práce vzhledem k tomu, že autorka práce byla současně jediným operátorem, tudíž bylo možné nezahrnout vliv operátora. Nejedná se tak o standartní postup měření.

Cílem této bakalářské práce bylo zhodnotit pomocí MSA současný stav systému měření pro do budoucna plánované zavedení pěny PUR s vyšší tloušťkou, než je tomu v současnosti a stanovit, zdali je tento systém měření přijatelný a odpovídá požadavkům. S tím souviselo i prověření způsobilosti měřidla, zdali je schopno nové parametry změřit s požadovanou přesností a je tedy vyhovující.

Tohoto cíle se podařilo dosáhnout na základě provedené analýzy systému měření a vyhodnocením jejich výsledků. Z těch vyplynulo, že systém není způsobilý pro měření plánovaných PUR pěn skrze velké odchylky od stanovených kritérií přípustnosti. Současně se prokázalo, že měřidlo je způsobilé měřit etalon rozměru 17.6 mm, nicméně PUR pěny o rozměru 20 mm již nikoliv.

V průběhu realizace analýzy byly zjištěny také nedostatky týkající se nedostatečné manipulační plochy či absence formuláře, který by vyhovoval účelům této práce. Následně byli pro všechny zjištěné nedostatky vytvořeny návrhy ke zlepšení.

Závěrem je také zjištění, že po zvážení všech alternativ vychází současné měření pěn PUR větších rozměrů v Německu po ekonomické stránce stále nejvýhodněji, dokud se nepodaří objevit buďto vhodnou a méně cenově náročnou alternativu současného měřidla, či externí laboratoř schopnou změřit PUR pěny v požadované kvalitě za přijatelnou cenu.

Společnost Continental Barum s.r.o. si své výsledky měření a analýzy ponechá z důvodu přínosných informací jako podklad při rozhodování dalšího postupu v dané tématice.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

Analýza systému měření (MSA): příručka. 4. vyd. Praha: Česká společnost pro jakost, 2011, 231 s. ISBN 978-80-02-02323-5.

ANDREJIOVÁ, Miriam a Zuzana KIMÁKOVÁ. *Indices cg and cgk in the assessment of the measuring device capability*. Annals of the Faculty of Engineering Hunedoara [online]. 2014, vol. 12, no. 4, p. 113-116. ISSN 15842665. Dostupné z databáze ProQuest.

BLECHARZ, Pavel. *Základy moderního řízení kvality*. Praha: Ekoexpress, 2011, 122 s. ISBN 978-80-86929-75-0.

CAGÁŇOVÁ, Dagmar, Felicita CHROMJAKOVÁ a Jana ŠUJANOVÁ. *Industry 4.0 and Circular Economy*. Zlín: Thomas Bata University in Zlín, 2020, 241 p. ISBN 978-80-7454-969-4.

ČESKO. Část 1 zákona č. 505/1990 Sb., o metrologii. In: *Zákony pro lidi.cz* [online]. © AION CS 2010-2021 [cit. 2. 6. 2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1990-505#cast1>.

ČSN ISO 5725-1. *Přesnost (správnost a shodnost) metod a výsledků měření*. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018. 28 s. Třídící znak 01 0251.

DOHNALOVÁ, Zuzana. *Analýza měřících systémů – zdravotní prohlídka vašeho měření* [online], © 2019 [cit. 2021-5-19]. Dostupné z: <https://capability.cz/analyza-mericich-systemu-zdravotni-prohlidka-vaseho-mereni/>.

EICHLER, Tomáš. *Nebojte se FMEA*. *Kvalitajednoduse.cz* [online]. © 2016 [cit. 2021-6-2]. Dostupné z: <http://kvalita-jednoduse.cz/fmea/>.

JIROUŠEK, Pavel. *Způsobilost systému měření ve výrobě převodovek ŠKODA AUTO a.s.* [online] Mladá Boleslav, © 2012. [cit. 2021-05-10] Dostupné z: <https://is.savs.cz/lide/clovek.pl?id=1069;zalozka=7;zp=1312;studium=2015>.

KOŽÍŠEK, Jan a Barbora STIEBEROVÁ. *Management jakosti I*. 4. vyd. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2015, 227 s. ISBN 978-80-01-04568-8.

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

Norma pro systém managementu kvality v automobilovém průmyslu IATF 16949:2016, 2016. 1. Praha: Česká společnost pro jakost, 119 s. ISBN 978-80-02-02699-0.

MANAGEMENT MANIA [on-line], Uherské Hradiště, © 2016 [cit. 2021-11-02]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/measurement-system-analysis>.

MOTYČKA, M. a O. TŮMOVÁ. *Metody analýzy vhodnosti měřicích systémů* [online]. Elektroscope, © 2013 [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: http://147.228.94.30/images/PDF/Rocnik2013/Cislo2_2013/r7c1c7.pdf

Online zjištění způsobilosti měřidel metodou R&R. www.trestik.cz [online]. [cit. 2020-12-31]. Dostupné z: <http://www.trestik.cz/online-zjisteni-zpusobilosti-meridel-metodou-rar>.

PLURA, Jiří. *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*. 1. vyd. Praha: Computer Press, 2001, 244 s. ISBN 80-7226-543-1.

POHANKOVÁ, Ivana. Inspirujte se ve společnosti Continental Barum s.r.o. In: *API – Academy of Productivity and Innovations s.r.o.* [online]. 28. 1. 2020 [cit. 2021-6-3]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25925n-inspirujte-se-ve-spolecnosti-continental-barum-s.r.o>.

RAGHAVENDRA, N.V. a L. KRISHNAMURTHY. *Engineering metrology and measurements*. 1st edition. New Delhi: Oxford University Press, 2013, 520 p. ISBN 9781680152807.

SAJDL, Jan. ContiSilent. Autolexicon [online]. 2021 [cit. 2021-6-3]. ISBN 1804-2554. Dostupné z: <https://www.autolexicon.net/cs/articles/contisilent>.

SC&C PARTNER SPOL. S.R.O. *Minitab 17: Příručka uživatele*, 2015, 155 s.

SOUKUP, Josef a Jan SKOČILAS, 2014. *Technická měření*. 2. vyd. Ústí nad Labem: Univerzita J. E. Purkyně v Ústí nad Labem, Fakulta výrobních technologií a managementu, 210 s. ISBN 978-80-7414730-2.

SPEJCHALOVÁ, Dana. *Management kvality*. 4. vyd. Praha: Vysoká škola ekonomie a managementu, 2012, 211 s. ISBN 978-80-86730-68-4.

TŮMOVÁ, Olga. *Metrologie a hodnocení procesů*. 1. vyd. Praha: Nakladatelství BEN – technická literatura, 2009, 232 s. ISBN 978-80-730-249-7.

URBAN, Pavel. *Metrologie a její význam*. Automa – časopis pro automatizační techniku, s.r.o. [online]. 2017 [cit. 2021-05-19]. ISSN 1210-9592. Dostupné z: https://automa.cz/cz/casopis-clanky/metrologie-a-jeji-vyznam-2017_01_0_9478/.

QUIGLEY, Jon. *Gauge Repeatability and Reproducibility*. Assembly [online]. 2018, vol. 61, no. 13, p. 27 [cit. 2021-05-19]. ISSN 10508171. Dostupné z: <https://www.assemblymag.com/articles/94588-gauge-repeatability-and-reproducibility>.

Interní materiály společnosti

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

σ^2	Variabilita
3D	Trojrozměrný, trojdimenzionální
ANOVA	Analýza rozptylu
AG	Akciová společnost (Aktiengesellschaft)
AV	Reprodukovatelnost
Cg, Cgk	Index způsobilosti
CVT	Commercial Vehicle Tires
CZK	Česká koruna
ČSN	Česká technická norma
dB	Decibely
DIN	Německý institut pro normy a standardizace (Deutsches Institut für Normung)
EV	Opakovatelnost
EUR	Euro
FMEA	Analýza možných vad a jejich důsledků
Gage R&R , GRR	Opakovatelnost a reprodukovatelnost měřidla
IAFT	Mezinárodní automobilová pracovní skupina (International Automotive Task Force)
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci (International Organization for Standardization)
KUKA	Keller und Knappich Augsburg
MSA	Analýza systému měření
PAD	Polyamidový (nárazník)
PUR	Polyuretanová (pěna)
SAP	Systems – Applications – Products in data processing
SW	Software

TQM	Total Quality Management
VG	Vnitřní guma
UV	Ultrafialové (ultraviolet)
QM	Management kvality (Quality Management)
QMS	System řízení jakosti

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Přesnost měření	21
Obrázek 2 Společnost Continental Barum s.r.o.	33
Obrázek 3 Organizační struktura společnosti Continental Barum s.r.o.....	35
Obrázek 4 Průřez pláštěm	36
Obrázek 5 Úprava ContiSeal	37
Obrázek 6 Úprava ContiSilent.....	38
Obrázek 7 Vzorky PUR pěny a etalon.....	40
Obrázek 8 Vzorky PUR pěny	40
Obrázek 9 Vývojový diagram analýzy systému měření pro účely této práce	44
Obrázek 10 Pracoviště měření	45
Obrázek 11 Metr	46
Obrázek 12 Měřidlo	47
Obrázek 13 Rukavice.....	47
Obrázek 14 Vzorky etalonu	48
Obrázek 15 Sběrný list – etalon.....	51
Obrázek 16 Sběrný list – světlá PUR pěna	52
Obrázek 17 Sběrný list – tmavá PUR pěna	53

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Kvalita systému měření a hodnota GRR	18
Tabulka 2 Přípustná kritéria	54
Tabulka 3 Návrhy na zlepšení	60

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Minitab – Výsledky analýzy

PŘÍLOHA P I: MINITAB – VÝSLEDKY ANALÝZY

Gage R&R Study - ANOVA Method

* NOTE * There are no operator values, or they are all the same. The operator factor will be omitted from the analysis.

Gage R&R for Study 3 světly

Gage name: Měření PUR pěna

Date of study: 29.10.2020

Reported by: JŠ

Tolerance:

Misc:

One-Way ANOVA Table

Source	DF	SS	MS	F	P
Sample	9	0,158116	0,0175684	17,7260	0,000
Repeatability	90	0,089200	0,0009911		
Total	99	0,247316			

α to remove interaction term = 0,05

Gage R&R

Variance Components

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0,0009911	37,42
Repeatability	0,0009911	37,42
Part-To-Part	0,0016577	62,58
Total Variation	0,0026488	100,00

Process tolerance = 0,8

Gage Evaluation

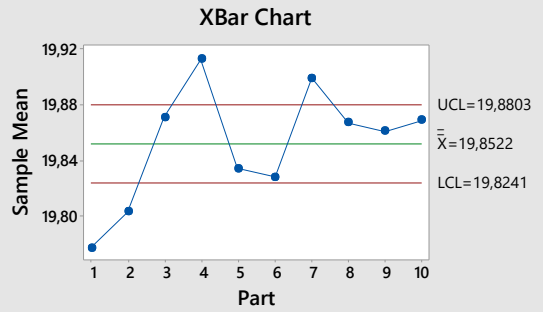
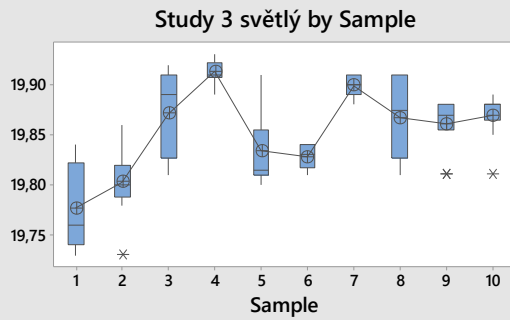
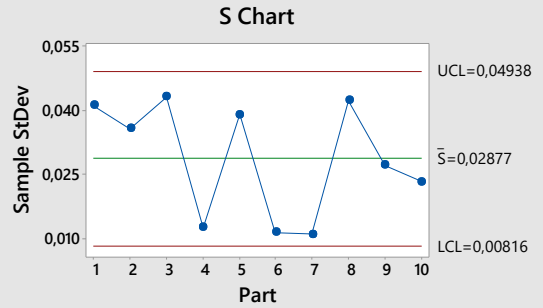
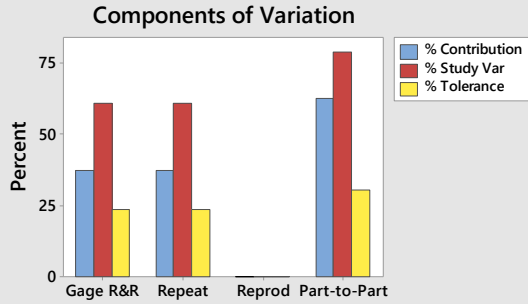
Source	StdDev (SD)	Study Var (6 × SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0,0314819	0,188892	61,17	23,61
Repeatability	0,0314819	0,188892	61,17	23,61
Part-To-Part	0,0407153	0,244292	79,11	30,54
Total Variation	0,0514669	0,308802	100,00	38,60

Number of Distinct Categories = 1

Gage R&R (ANOVA) Report for Study 3 světly

Gage name: Měření PUR pěna
 Date of study: 29.10.2020

Reported by: JŠ
 Tolerance:
 Misc:



Gage R&R Study - ANOVA Method

* NOTE * There are no operator values, or they are all the same. The operator factor will be omitted from the analysis.

Gage R&R for Study 3 tmavý

Gage name: Měření PUR pěna

Date of study: 29.10.2020

Reported by: JŠ

Tolerance:

Misc:

One-Way ANOVA Table

Source	DF	SS	MS	F	P
Sample	9	0,259789	0,0288654	5,49899	0,000
Repeatability	90	0,472430	0,0052492		
Total	99	0,732219			

α to remove interaction term = 0,05

Gage R&R

Variance Components

Source	VarComp	%Contribution (of VarComp)
Total Gage R&R	0,0052492	68,97
Repeatability	0,0052492	68,97
Part-To-Part	0,0023616	31,03
Total Variation	0,0076108	100,00

Process tolerance = 0,8

Gage Evaluation

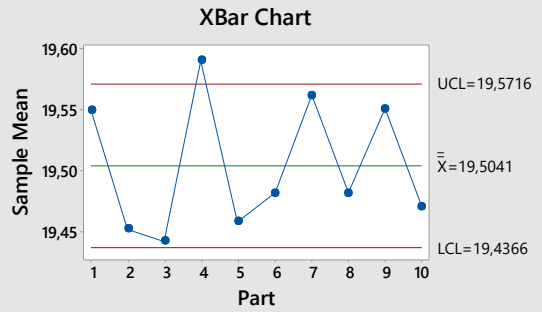
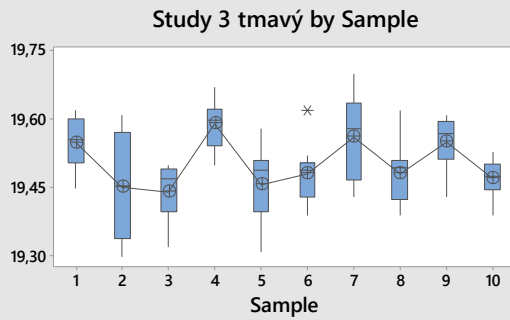
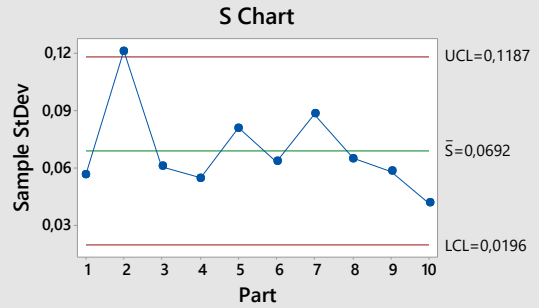
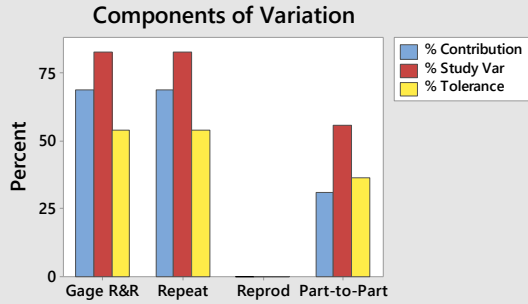
Source	StdDev (SD)	Study Var (6 × SD)	%Study Var (%SV)	%Tolerance (SV/Toler)
Total Gage R&R	0,0724515	0,434709	83,05	54,34
Repeatability	0,0724515	0,434709	83,05	54,34
Part-To-Part	0,0485965	0,291579	55,70	36,45
Total Variation	0,0872402	0,523441	100,00	65,43

Number of Distinct Categories = 1

Gage R&R (ANOVA) Report for Study 3 tmavý

Gage name: Měření PUR pěna
Date of study: 29.10.2020

Reported by: JŠ
Tolerance:
Misc:

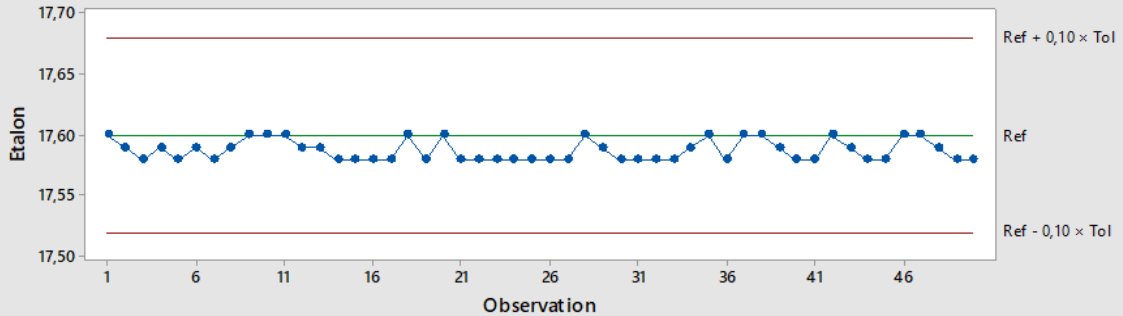


Type 1 Gage Study for Etalon

Gage name: Měřidlo PUR pěny
Date of study: 29.10.2020

Reported by: JŠ
Tolerance: 0,8
Misc:

Run Chart of Etalon



Basic Statistics	
Reference	17,6
Mean	17,587
StDev	0,0085
6 × StDev (SV)	0,0512
Tolerance (Tol)	0,8

Bias	
Bias	-0,013
T	10,4498
PValue	0,000
(Test Bias = 0)	

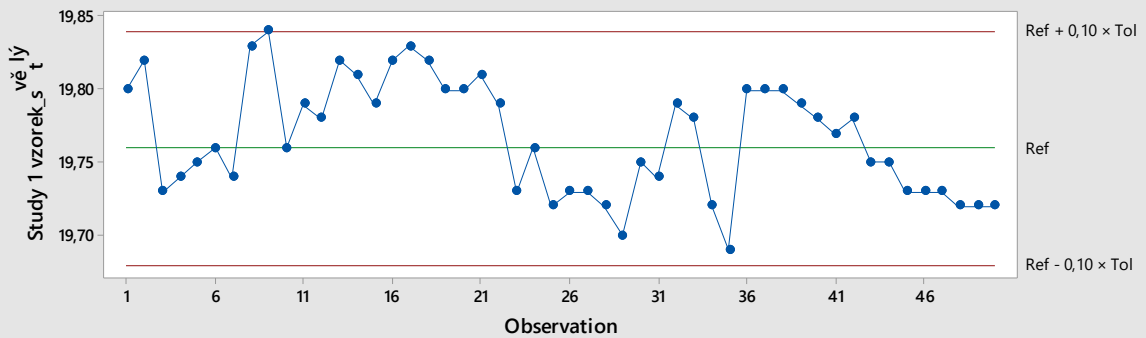
Capability	
Cg	3,13
Cgk	2,64
%Var(Repeatability)	6,39%
%Var(Repeatability and Bias)	7,59%

Type 1 Gage Study for Study 1 vzorek_světly

Gage name: Měřidlo PUR pěny
Date of study: 29.10.2020

Reported by: JŠ
Tolerance: 0,8
Misc:

Run Chart of Study 1 vzorek_světly



Basic Statistics	
Reference	19,76
Mean	19,7672
StDev	0,03907
6 × StDev (SV)	0,23444
Tolerance (Tol)	0,8

Bias	
Bias	0,0072
T	1,30299
PValue	0,199
(Test Bias = 0)	

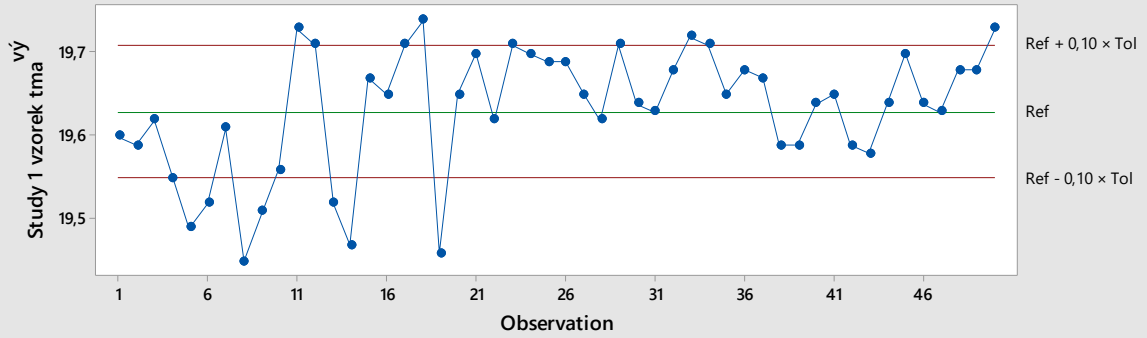
Capability	
Cg	0,68
Cgk	0,62
%Var(Repeatability)	29,30%
%Var(Repeatability and Bias)	32,20%

Type 1 Gage Study for Study 1 vzorek tmavý

Gage name: Měřidlo PUR pěny
Date of study: 29.10.2020

Reported by: JŠ
Tolerance: 0,8
Misc:

Run Chart of Study 1 vzorek tmavý



Basic Statistics	
Reference	19,63
Mean	19,6324
StDev	0,07509
6 × StDev (SV)	0,45056
Tolerance (Tol)	0,8

Bias	
Bias	0,0024
T	0,22599
PValue	0,822
(Test Bias = 0)	

Capability	
Cg	0,36
Cgk	0,34
%Var(Repeatability)	56,32%
%Var(Repeatability and Bias)	58,06%