

**ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI**

**FAKULTA EKONOMICKÁ**

Diplomová práce

**Využití statistických metod při kontrole kvality výroby**

**Statistical methods used for quality control in a production**

Bc. Marie Peroutková

Plzeň 2018

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
Fakulta ekonomická  
Akademický rok: 2017/2018

## ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Marie PEROUTKOVÁ**  
Osobní číslo: **K16N0010K**  
Studijní program: **N6208 Ekonomika a management**  
Studijní obor: **Podniková ekonomika a management**  
Název tématu: **Využití statistických metod při kontrole kvality výroby**  
Zadávající katedra: **Katedra financí a účetnictví**

### Z á s a d y p r o v y p r a c o v á n í :

1. Definujte kvalitu výroby.
2. Popište statistické metody vhodné pro řízení kvality výroby.
3. Statistické metody prakticky aplikujte na výrobní proces.
4. Zhodnoťte výrobní proces, popř. navrhněte možnosti ke zlepšení kvality.

Rozsah grafických prací: **neuveđen**  
Rozsah kvalifikační práce: **60 - 80**  
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam odborné literatury:

- **DOUGLAS C. MONTGOMERY.** *Introduction to statistical quality control.* 6th ed. Hoboken, N. J: Wiley, 2008. ISBN 9780470233979.
- **HORÁLEK, Vratislav.** *Jednoduché nástroje řízení jakosti I.: výstup z projektu podpory jakosti č. 5/16/2004.* Praha: Národní informační středisko pro podporu jakosti, 2004. ISBN 80-020-1689-0.
- **OAKLAND, John S.** *Statistical process control.* 5th ed. Boston: Butterworth-Heinemann, 2003. ISBN 9780750657662.
- **TOŠENOVSKÝ, Josef, NOSKIEVIČOVÁ, Darja.** *Statistické metody pro zlepšování jakosti.* Ostrava: Montanex, 2000, 362 s. ISBN 80-722-5040-X.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Kateřina Mičudová, Ph.D.**  
Katedra ekonomie a kvantitativních metod

Datum zadání diplomové práce: **23. října 2017**  
Termín odevzdání diplomové práce: **23. dubna 2018**

  
Doc. Dr. Ing. Miroslav Plevný  
děkan



  
Ing. Michaela Krechovská, Ph.D.  
vedoucí katedry

V Plzni dne 23. října 2017

## Čestné prohlášení

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma

*„Využití statistických metod při kontrole kvality výroby“*

vypracovala samostatně pod odborným dohledem vedoucí diplomové práce za použití pramenů uvedených v příložené bibliografii.

Plzeň dne 16. 4. 2018

.....

podpis autora

## **Poděkování**

Ráda bych poděkovala vedoucí mé diplomové práce, Ing. Kateřině Mičudové, Ph.D., za ochotu, odbornou pomoc, cenné rady a připomínky, které vedly k vypracování této práce. Zároveň bych chtěla poděkovat panu Jaroslavu Novému a paní Janě Schmuckerové, jednatele společnosti emz Hanauer s.r.o., za ochotu, cenné rady a poskytnuté informace, které vedly k vypracování této diplomové práce.

## Obsah

Úvod.....	7
1 Cíle, struktura a metodika práce.....	8
1.1 Cíle práce.....	8
1.2 Struktura práce.....	8
1.3 Metodika práce.....	8
2 Řízení kvality výroby.....	9
2.1 Kvalita výrobků a služeb.....	9
2.2 Systém managementu kvality.....	10
2.2.1 Audity systému managementu kvality.....	12
2.3 ISO normy.....	13
3 Představení společnosti emz Hanauer s.r.o. ....	15
4 Představení sledovaného výrobního procesu.....	16
5 Způsobilost výrobního procesu a měřidla.....	19
5.1 Ukazatelé způsobilosti procesu a měřidla.....	19
5.2 MSA studie.....	22
5.2.1 Návrh a implementace změn pro nevyhovující parametry.....	27
5.2.2 Shrnutí výsledku MSA studie.....	29
5.3 GAGE R&R.....	30
5.3.1 Návrh a implementace změn v GAGE R&R pro nevyhovující parametry.....	35
5.3.2 Shrnutí kompletních výsledů GAGE R&R.....	37
6 Metody využívané při řízení kvality.....	39
6.1 Formuláře pro sběr dat.....	39
6.2 Diagram příčin a následků (Ishikawa diagram).....	40
6.3 Vývojový diagram.....	41
6.4 Histogram.....	43
6.4.1 Návrh a implementace změny pro dosažení způsobilého procesu.....	50

6.4.2	Shrnutí celkové způsobilosti procesu .....	55
6.5	Průběh výrobního procesu .....	56
6.6	Regulační diagram .....	62
6.7	Pareto diagram .....	64
6.7.1	Pareto diagram po implementaci všech změn ve výrobním procesu .....	66
7	Nástroje využívané pro zlepšování procesů ve společnosti emz Hanauer s.r.o. ....	69
7.1	PDCA.....	69
7.2	FMEA .....	70
7.3	Kaizen.....	71
7.4	Poka Yoke.....	71
7.5	Metoda 5S.....	72
7.6	Strategie Six sigma .....	73
8	Zhodnocení procesu .....	75
	Závěr.....	76
	Seznam tabulek .....	78
	Seznam obrázků .....	79
	Seznam použitých zkratk.....	81
	Seznam použité literatury.....	84
	Abstrakt .....	86
	Abstract .....	87

## Úvod

Diplomová práce se zabývá aktuálním tématem řízení kvality výroby. Průmysl je velmi důležitou součástí světového hospodářství. V mnoha zemích, i v České republice, se stále rozrůstají průmyslové zóny. Práce byla vybrána z důvodu vysoké aktuálnosti tématu, zvyšuje se počet výrobních podniků a od zákazníků jsou kladeny stále vyšší požadavky na kvalitu. Společnosti musí na tyto požadavky reagovat a snažit se stále zlepšovat řízení kvality svých výrobků.

Každý výrobní podnik musí mít stanovené, jakým způsobem kvalitně řídit společnost. Většina společností má vytvořen systém managementu kvality, ve kterém je komplexně popsáno, jak kvalitně řídit všechny firemní procesy v konkrétní společnosti. Správný popis řízení podnikových procesů je předpokladem pro úspěch společnosti.

S řízením kvality úzce souvisí i certifikace ISO normami, kterým musí společnost přizpůsobit svůj systém řízení. Certifikace ISO normami je v dnešní době také velmi aktuální záležitost, jelikož ji využívá stále více firem. Požadavky ISO norem pomáhají zlepšovat a zefektivňovat procesy ve společnosti a z tohoto důvodu jsou často požadovány také od zákazníků společnosti. Požadavky norem je nutno implementovat do všech oblastí, kterých se týkají. Vybrané ISO normy jsou v práci blíže popsány. Jedná se zejména o normy, na které je certifikovaná společnost emz Hanauer s.r.o.

Pro kontrolu kvality výroby je možné využívat několika metod, statistických i nestatistických. Většina firem používá kombinaci vybraných metod, které jsou nejideálnější pro řízení kvality vyráběných produktů v dané společnosti. Pravidelná kontrola kvality výroby je velmi důležitá, jelikož pomáhá včas odhalit a odstranit odchylky při výrobě. Efektivní kontrola kvality výroby je také velmi důležitým aspektem pro zákazníky, jelikož se chtějí ujistit, že jsou jim dodávány kvalitní výrobky. Jelikož zákazníci společnosti emz Hanauer s.r.o. nejsou koncovými zákazníky, používají tyto dodávané výrobky jako jeden ze vstupů do jejich výrobních procesů. Z tohoto důvodu jsou kladeny vysoké nároky na kvalitu.



# **1 Cíle, struktura a metodika práce**

## **1.1 Cíle práce**

Hlavním cílem práce je navrhnout a implementovat změny pro zlepšení kvality výroby ve společnosti. K dosažení hlavního cíle je nutno naplnit dílčí cíle práce, mezi které patří zpracování teoretické rešerše, popsání způsobilosti výrobního procesu, popsání metod, které se využívají pro řízení kvality výroby, popsání metod, které se používají pro zlepšování kvality výroby a praktická aplikace teoretických poznatků o řízení kvality na vybraný výrobní proces společnosti.

## **1.2 Struktura práce**

Ve vybraných kapitolách je prolnta teoretická a praktická část práce. K řízení kvality výroby jsou v kombinaci použité metody statistické i nestatické. Je tomu například při sledování průběhu v regulačním diagramu, data pro tento diagram jsou nejprve sesbírána pomocí nestatistického nástroje (zde formulář pro sběr dat).

V teoretické části je popsáno řízení kvality výroby, je představena výrobní společnost emz Hanauer s.r.o. a sledovaný výrobní proces. Dále je definována způsobilost výrobního procesu, metody využívané k řízení kvality výroby a jsou představeny nástroje, které jsou využívány při plánování a implementaci změn (tyto nástroje lze využít i např. odhalování a řešení problémů).

Praktická část se opírá o poznatky z teoretické rešerše. Většina praktické části se zabývá analýzou kvality výrobního procesu, zhodnocením kvality výrobního procesu a návrhem změn pro zlepšení kvality výrobního procesu. Změny jsou v procesu implementovány. Výrobní proces po implementaci změn je ohodnocen a porovnán s původním stavem.

## **1.3 Metodika práce**

V teoretické části práce je použita zejména metoda literární rešerše, doplněná o metodu explanace, v části praktické jsou využité metody pozorování, analýza, měření a komparace. Literární rešerše je zpracována z knižních a internetových zdrojů v českém a anglickém jazyce.

## 2 Řízení kvality výroby

### 2.1 Kvalita výrobků a služeb

„Kvalita je stupeň plnění požadavků souborem inherentních charakteristik objektu.“ (Norma ČSN EN ISO 9000:2015, 2016)

Pojem inherentní charakteristika je chápán jako technická charakteristika výrobku, která má určený nějaký požadavek na kvalitu (např. síla pružiny ve výrobku). (Osobní poznámky autora z kurzu QT, 2017)

Kvalitní výrobek se dá interpretovat jako výrobek, který splňuje požadavky dané zákazníkem (jsou uspokojeny očekávání zákazníka vzhledem k dosaženým vlastnostem výrobku).

V dnešní době není kladen důraz pouze na kvalitu produkováných výrobků a služeb, ale také na kvalitu komunikace společností se zainteresovanými stranami, kvalitu podnikových procesů a na kvalitu odpovědnosti společnosti v rámci životního prostředí. Společnosti se výrazně orientují na své zákazníky a jejich požadavkům přizpůsobují své podnikové procesy. Zákazníci požadují stále vyšší kvalitu dodávaných výrobků či využívaných služeb, na což musí společnosti reagovat, aby si zákazníky udržely. Konkurenceschopnost je také velmi důležitá, k jejímu zvyšování přispívá vysoká kvalita produkováných výrobků či služeb a další aspekty v podnikání (např. dodržování smluvených termínů dodání a flexibilita dodavatelů).

Dalším důležitým pojmem z hlediska kvality je neustálé zlepšování kvality. Neustálé zlepšování v systémech managementu jakosti vede ke zvyšování konkurenceschopnosti a ke zvyšování kvality produkováných výrobků. Pro společnost by mělo být neustálé zlepšování jako jeden z hlavních cílů. Je to také předpoklad pro úspěšnost společnosti, jelikož v rámci neustálého zlepšování kvality společnost aktivně zvyšuje kvalitu podnikových procesů a reaguje na změny požadované zákazníkem. Zlepšování kvality výrobků znamená, že výrobek plní vyšší požadavky na kvalitu. Zlepšování kvality se děje uvnitř výrobního procesu. Jsou to opakované činnosti, které vedou ke zlepšení v určité oblasti výrobního procesu. Například při montáži výrobku dojde ke zlepšení výrobního zařízení. Je přidána funkce na hlídání přítomnosti určitého materiálu, což pomůže k vyšší pravděpodobnosti odhalení tohoto chybějícího materiálu. Na základě toho se eliminují zákaznické reklamace na tuto konkrétní chybu. (Nenadál, 2008)

## 2.2 Systém managementu kvality

„Systém managementu pro vedení a řízení organizace, co se týče kvality.“ (Norma ČSN EN ISO 9000:2015, 2016)

Norma ISO 9001 požaduje zavedení systému managementu kvality. Na základě požadavků daných touto normou se poté udílí certifikace (certifikace třetí stranou) systému managementu kvality.

Vedení a řízení organizace v oblasti kvality zahrnuje vytvoření politiky kvality pro danou organizaci a stanovení cílů kvality. Politikou kvality se organizace řídí a snaží se postupně plnit stanovené cíle kvality. Systém managementu kvality v rámci organizace má na starost:

- plánovat kvalitu (stanovení cílů, stanovení procesů a zdrojů potřebných k dosažení těchto cílů),
- řídit kvalitu (řízení podnikových procesů tak, aby byly splněny požadavky na kvalitu a stanovené podnikové cíle),
- prokazovat kvalitu (v rámci pravidelných externích i interních auditů se kontroluje, zda jsou splněny požadavky na kvalitu, více informací ohledně auditů v podkapitole 2.2.1),
- zlepšovat kvalitu (neustálé zlepšování kvality v rámci všech podnikových procesů je blíže popsáno v kapitole 0). (Nenadál, 2008)

Zavedený systém managementu kvality v podniku značí konkurenční výhodu, jelikož je široce uznávaný mezi světovými organizacemi v rámci ISO certifikace. Vytváří u zákazníků větší důvěru ve společnost, protože společnosti certifikované normou (využívající systém managementu kvality) splňují veškeré požadavky této normy, které jsou většinou větších zahraničních výrobních společností známé. Dává zákazníkovi důvěru, že dodávané výrobky budou ve shodě s jeho požadavky. Normy jsou dostupné a využívané celosvětově, proto je systém managementu kvality celosvětově uznávaná pojem a organizace chápou, co certifikace obnáší. Někteří zákazníci sami od společnosti požadují, aby měla zavedený systém managementu kvality.

Systém managementu kvality je součástí systému managementu organizaci, který zahrnuje také ostatní systémy, např. systém environmentálního managementu, systém finančního managementu. Tyto systémy organizace se musí vzájemně respektovat, jelikož se vzájemně v určitých oblastech ovlivňují.

System managementu kvality je nutno neustále aktualizovat na základě nových požadavků společnosti, zákazníků, či norem, kterými se společnost řídí. Měl by být nastaven tak, aby byl co nejvíce uživatelsky použitelný (aby se v něm jeho uživatelé jednoduše vyznali a efektivně přispíval činností organizace).

*„Společnost musí v souladu s požadavky mezinárodní normy ISO 9001 vytvořit, dokumentovat, implementovat a udržovat systém managementu kvality a neustále zlepšovat jeho efektivnost.“* (Norma ČSN EN ISO 9001:2015, 2016)

Požadavky normy ISO 9001 jsou velmi podrobné a komplexně postihují celkový systém managementu kvality. Pro účely práce jsou představena vybraná témata, která norma postihuje:

- kontrola a měření spokojenosti zákazníka (to, zda společnost splňuje požadavky stanovené zákazníkem),
  - interní auditování systému managementu kvality, aby se ověřilo, zda je implementován, udržován a zda splňuje požadavky normy,
  - kontrola a měření procesů a produktů (zda byly splněny požadavky na procesy a produkty a je dosahováno plánovaných výsledků),
  - řízení neshodných produktů (zamezení toho, aby se neshodný produkt dodal zákazníkovi),
  - analýza dat, na základě kterých se dále měří efektivnost systému managementu kvality (např. data sbíraná z výše zmíněných měření spokojenosti zákazníka),
  - systém neustálého zlepšování (opatření pro odstranění příčin neshod v procesu, opatření pro odstranění příčin potenciálních neshod v procesu, dosahování stanovených cílů kvality, řízení inovací, zlepšování na základě výsledků auditů apod.).
- (Osobní poznámky autora z kurzu QT, 2017)

Zjednodušeně by měla společnost v rámci managementu kvality dokumentovat všechny procesy související s kvalitou, data z této dokumentace řídit a uchovávat a zajistit kvalitu napříč všemi procesy.

Flexibilně a účelně nastavený systém managementu kvality je klíčovým hlediskem pro efektivní řízení kvality výroby (plnění požadavků zákazníka, neustálé zlepšování výroby, zaměřování se na úspory, integrace nových inovací apod.), pokud je zaměstnancům srozumitelně interpretován a je jimi pochopen.

### 2.2.1 Audity systému managementu kvality

Norma ISO 9000 definuje audit jako „*systematický, nezávislý a dokumentovaný proces pro získání důkazu a pro jeho objektivní hodnocení s cílem stanovit rozsah, v němž jsou splněna kritéria*“. (Norma ČSN EN ISO 9000:2015, 2016)

Audity ověřují, zda jsou plněny stanovené požadavky v rámci podnikových procesů a zda jsou splněny stanovené podnikové cíle. Mohou být interní a externí.

Interní audity, jinak označovány jako audity první stranou, jsou prováděné dle určené metodiky k provádění auditů nestrannou osobou (většinou určená v rámci nějaké podnikové směrnice), aby byla zachována objektivita auditu. Výstup z auditu slouží pouze auditované společnosti. Společnost emz Hanauer s.r.o., představena blíže v kapitole 3, je v rámci celopodnikového interního auditu auditovaná mateřskou společností emz Hanauer GmbH & Co. KGaA jednou ročně. Audit společnosti slouží k objevení odchylek v procesech (jakýkoliv rozdíl mezi požadovaným a současným stavem). Odstraňování těchto odchylek vede ke zlepšování podnikových procesů, takže slouží společnosti k neustálému zlepšování procesů.

Mimo celopodnikový audit jsou v rámci interních auditů auditovány i procesy a produkty. Vedoucí kvality jednou ročně audituje každý výrobní proces v podniku. Audity produktu jsou vykonávány dle plánu (každý produkt přibližně jednou za tři měsíce) pracovníkem kvality, který má konkrétní produkt přiřazený.

Dále jsou vykonávány 5S audity, což jsou audity zaměřující se na čistotu, pořádek a organizaci pracoviště (metodika 5S je blíže popsána v podkapitole 7.5). Pro tyto 5S audity je zvolen každý měsíc odlišný tým zaměstnanců z různých oddělení podniku, kteří auditují náhodně zvolená pracoviště v rámci plánovaných i neplánovaných auditů.

Závěry z externích auditů neslouží pouze účelům společnosti, ale využívají je i zákazníci společnosti, certifikační orgány a další zainteresované strany. Na základě toho se liší i typ externího auditu:

- externí audit prováděný druhou stranou požadují zákazníci společnosti,
- externí audit prováděný třetí stranou požadují certifikační orgány společnosti.

## 2.3 ISO normy

ISO je zkratka pro anglický výraz International Standardisation Organization (český název je mezinárodní organizace pro normalizaci). ISO představuje organizaci, která se zabývá normalizačními aktivitami (tvorba norem, audity, certifikace společností). Členy jsou vybrané země, jejichž zástupci se podílejí na návrhu norem, návrhu změny norem, schvalování norem apod. Česká republika také patří mezi členy ISO. Certifikáty norem ISO jsou mezinárodně uznávané a podporují dobrou image společnosti.

Podnikové procesy společnosti musí být nastaveny v souladu s požadavky norem, na které je podnik certifikovaný. Každá ISO norma se zabývá určitou oblastí a určuje požadavky, které by měla společnost plnit. Způsob plnění těchto požadavků není ISO normou určen. Každá společnost si určuje vlastní způsoby implementace pravidel, které jsou normami dané.

Společnost emz Hanauer s.r.o. je certifikována pro normu ISO 9001:2015 a ISO EN 14001, avšak se systémem managementu kvality souvisí mnohem více ISO norem, například následující:

- *„ISO 9000 Systémy managementu kvality – Základy, zásady, slovník,*
- *ISO 9001 Systémy managementu kvality – Požadavky,*
- *ISO 9004 Systémy managementu kvality – Řízení udržitelného úspěchu organizace – Přístup managementu kvality,*
- *ISO 10 001 Management kvality – Spokojenost zákazníka – Směrnice pro pravidla chování organizací,*
- *ISO 10 002 Management kvality – Spokojenost zákazníka – Směrnice pro vyřizování stížností,*
- *ISO 10 003 Management kvality – Spokojenost zákazníka – Směrnice pro externí řešení sporů organizace,*
- *ISO 10 004 Management kvality – Spokojenost zákazníka – Směrnice pro monitorování a měření,*
- *ISO 10 005 Systémy managementu jakosti - Směrnice pro plány kvality,*
- *ISO 10012 Systémy managementu měření – Požadavky na procesy měření a měřící vybavení,*
- *ISO/TR 10 013 Směrnice pro dokumentaci systému managementu jakosti,*
- *ISO 14 001 Systémy environmentálního managementu – Požadavky s návodem pro použití.“ (Čípera aj., 2016)*

**Norma ISO 9000:2015** (aktuální znění normy z roku 2015) se skládá zejména ze slovníku, různých důležitých pojmů a zásad pro systémy managementu kvality. Tato norma je zejména pro začínající uživatele důležitá k pochopení veškeré terminologie. Bez pochopení veškerých pojmů by nebylo možno efektivně zavést systém managementu kvality, jelikož by nebyl pochopen všemi pracovníky a byl by problém s implementací požadavků systému. (Norma ČSN EN ISO 9000:2015, 2016)

Norma ISO 9000 dále udává základních 7 zásad pro management kvality, které komplexně postihují všechny důležité oblasti v řízení kvality a jsou blíže představeny v následujících kapitolách práce. Jsou jimi paretův graf, histogram, regulační diagram, Ishikawa diagram, vývojový diagram a formulář pro sběr dat.

**Norma ISO 9001:2015** udává požadavky na systém managementu kvality, na základě kterých se systém managementu kvality ve společnosti zavádí a udržuje. Zavedou se základní procesy v organizaci, které se zabývají řízením, neustálým zlepšováním kvality a zvyšováním spokojenosti zákazníků. Se zavedením normy se také snižují rizika v procesech a je provázáno strategické řízení s provozními procesy. Tato norma není aplikovatelná pouze na výrobní podniky a výrobní procesy, ale na všechny procesy v organizaci, které jsou spojené s řízením kvality. (ManagementMania, 2018)

**Norma ISO 14 001:2015** se zabývá systémy environmentálního managementu, které mají za úkol ve společnosti řídit ochranu životního prostředí. Norma je také celosvětově uznávaná a v dnešní době, kdy je na ochranu životního prostředí kladen velký zřetel, podporuje image společnosti v návaznosti na environmentální oblast. Požadavky na certifikaci jsou vytvoření postupů k identifikaci všech možných dopadů podnikání na environmentální oblast a stanovení cílů v environmentální oblasti. Je nutno stále zlepšovat procesy společnosti v návaznosti na ochranu životního prostředí tím, že se stále objevují nové možnosti, pomocí kterých lze zlepšovat environmentální systémy ve společnosti. (ManagementMania, 2018)

Každá společnost je certifikovaná na normy, které po ní požaduje zákazník, a na ostatní normy, které zvolí dle svého uvážení. ISO normy pomáhají zlepšovat podnikové procesy tím, že definují požadavky na tyto procesy. Na základě požadavků pak společnost řídí různé oblasti ve společnosti ucelenou formou.

### **3 Představení společnosti emz Hanauer s.r.o.**

Výrobní podnik emz Hanauer s.r.o. je dceřinou společností německé firmy emz Hanauer GmbH & Co. KGaA. Společnost byla založena v roce 1997 a sídlí v Černošíně, v Plzeňském kraji. Společnost se za 21 let svého působení rozrostla, několikanásobně se zvýšil počet zaměstnanců a přistavila se celá nová výrobní hala včetně skladových prostor. Toto přistavění si vyžádalo i větší rekonstrukci celkového okolí firmy.

Společnost ve spolupráci s matčinou společností stále vyvíjí nové produkty či modernizuje, automatizuje produkty stávající. (emz Hanauer s.r.o., 2017)

Firma se zabývá zejména těmito činnostmi:

- výrobou součástek do domácích spotřebičů,
- vývojem a konstrukcí výrobních strojů, drobných montážních přípravků a provozních prostředků,
- úpravami výrobních strojů, přípravků či provozních prostředků,
- přestavbou a rozšířením výrobních strojů, přípravků či provozních prostředků,
- konvenční obrábění (soustružení, elektroerozi, broušení, frézování či vyvrtávání),
- výrobou, instalací a opravami elektronických zařízení
- 2D a 3D měřením. (emz Hanauer s.r.o., 2017)

Hlavními zákazníky firmy jsou světoznámé značky např. Miele, Electrolux, BSH, Whirlpool, AEG, Zanussi, Samsung. Mezi méně známé zákazníky patří Gaggenau, Bauknecht, V Zug a další. Společnost je držitelem mezinárodní certifikace ISO EN 14001 a ISO 9001. (emz Hanauer s.r.o., 2017)

Výrobní sortiment firmy se neustále rozšiřuje o nové produkty, které pro společnost představují nové příležitosti. Mezi výrobní produkty společnosti patří např. zamykací systémy, pojistné systémy, spínací systémy, LED osvětlení, senzory teploty, regulátory vody a další. Produkty se používají do pečících trub, mikrovlnných trub, lednic, mrazáků, sušiček, praček, myček a dalších domácích spotřebičů. (emz Hanauer s.r.o., 2017)



## 4 Představení sledovaného výrobního procesu

Následující část práce se zabývá konkrétním výrobním procesem a jeho **kvantitativními** charakteristikami (parametry), které jsou v dalších kapitolách sledovány. V rámci zohlednění know – how společnosti jsou charakteristiky popsány zjednodušeně a není konkrétně uvedeno, jak se ve výrobku měří (stejně tak není ani podrobně představen výrobek). Výstupem z tohoto výrobního procesu je zamykací systém do pečící trouby.

Kvantitativní (měřené) charakteristiky v tomto výrobním procesu jsou:

1. měření dráhy sepnutí mikrospínače - vzdálenosti [v mm], dále jen „dráha“,
2. měření zavírací síly [v N], dále jen „zavírací síla“,
3. měření přitahovací síly [v N], dále jen „přitahovací síla“,
4. měření otevírací síly [v N], dále jen „otevírací síla“,
5. měření sepnutí mikrospínače č. 1 [v s], dále jen „Sepnutí MS1“,
6. měření sepnutí mikrospínače č. 2 [v s], dále jen „Sepnutí MS2“,
7. měření časového rozdílu mezi sepnutím MS1 a sepnutím MS2 [v s], dále jen „Rozdíl mezi MS1/MS2“ nebo „Časový rozdíl“,
8. výjezd motoru do základní pozice [v s], dále jen „výjezd motoru“,
9. dráha odsepnutí mikrospínače [v mm], dále jen „dráha odsepnutí“. (interní zdroje společnosti emz Hanauer s.r.o., 2018)

Ve výrobním procesu se sledují i jiné charakteristiky, avšak práce je zaměřena pouze na vybrané charakteristiky sledovaného výrobního procesu (zejména na ty, které jsou důležité pro zákazníka). Vlastnosti těchto parametrů jsou blíže specifikované v následující tabulce.

**Tabulka č. 1: Vybrané charakteristiky výrobního procesu**

Charakteristika	Jednotka	Zákazník má na charakteristiku požadavek	Tolerance	
			Spodní hranice	Horní hranice
<b>Dráha</b>	milimetr	ANO	21,5	24,5
<b>Zavírací síla</b>	newton	ANO	6,5	11,5
<b>Přitahovací síla</b>	newton	ANO	-8,5	-3,5
<b>Otevírací síla</b>	newton	ANO	-14,5	-8,5
<b>Sepnutí MS 1</b>	sekunda	ANO	1	5
<b>Sepnutí MS 2</b>	sekunda	ANO	1	10

<b>Časový rozdíl</b>	sekunda	NE	1,5	4
<b>Výjezd motoru</b>	sekunda	ANO	1	7,5
<b>Dráha odsepnutí</b>	milimetr	NE	21,5	24,5

Zdroj: vlastní zpracování za použití interních zdrojů společnosti emz Hanauer s.r.o., 2018

Charakteristiky, které se v průběhu sledování výroby neanalyzují, by se začaly sledovat pouze v případě, kdy by pro výrobu představovaly problém (například zvýšená chybovost funkčního zařízení způsobená nějakým z nesledovaných parametrů). Ve všech výrobních procesech společnosti se sledují zejména charakteristiky, které jsou důležité pro zákazníka, jelikož to jsou ty nejdůležitější pro správné fungování výrobku. Navíc se sledují právě ty charakteristiky, se kterými byl v minulosti již nějaký problém a u kterých se očekává nějaká změna např. vlivem změny materiálu.

V procesu se dají sledovat také **kvalitativní** charakteristiky (např. vizuální poškození, přítomnost části z nějakého celku). Tato práce pracuje zejména s kvantitativními charakteristikami výrobního procesu, jelikož tyto charakteristiky jsou měřitelné. U použitých statistických metod se lépe pracuje s kvantitativními charakteristikami.

Výrobní proces se zabývá všemi skutečnostmi, které jsou potřeba ke kompletaci výrobku a k přípravě výrobku pro zákazníka. Předpokladem pro kvalitní výrobní proces a kvalitní výstup z procesu jsou:

- kvalitní **vstupy** do procesu (kvalitní materiál) a
- kvalitní **zdroje**, které jsou k chodu výrobního procesu nutné (lidské zdroje, stroje, ergonomie prostředí).

V rámci výrobního procesu se sledují vstupy do procesu (pravidelné vstupní kontroly materiálu, které by měly odhalit neshodné vlastnosti materiálu), po kterých se pokračuje k výrobní fázi (výroba je zabezpečována co nejvíce kvalitními lidskými zdroji a co nejkvalitnějšími technickými zdroji). Kvalitní zaměstnanci pomocí kvalitních strojů s kvalitním materiálem vytvoří pro zákazníka shodný produkt, který bude splňovat jeho požadavky na jakost.

Největším problémem výrobního procesu je nedostatek kvalitních lidských zdrojů, jelikož je díky nízké nezaměstnanosti velmi malá nabídka lidských zdrojů oproti velké nabídce práce.

S tímto problémem se potýká většina výrobních podniků v České republice. Bez spolehlivých a šikovných zaměstnanců se kvalita ve výrobě velmi těžko řídí a zabezpečuje.

Ke kvalitnímu výrobku a spokojenému zákazníkovi přispívají nejen zaměstnanci, kteří se na výrobě přímo podílí, ale také podpůrní zaměstnanci z ostatních oddělení (např. zaměstnanci zpracovávající zákaznické reklamace či oddělení logistiky, které přiděluje výrobní zakázky a komunikuje se zákazníkem). Nedostatky v ostatních odděleních mohou vést k nižší spokojenosti zákazníka i přesto, že se nejedná přímo o spokojenost s finálním výrobkem.

Všechny tyto aspekty musí brát společnost v potaz, aby plnila zákaznické potřeby v požadované kvalitě. Přitom si společnost, svými dodavateli vnímaná jako jejich zákazník, může u většiny dodavatelů diktovat požadavky na kvalitu a zajišťovat tím vyšší kvalitu svého materiálu. Z hlediska vysoké konkurence téměř ve všech výrobních odvětvích, je tento stav, pro společnost jako zákazníka, ideální pro zvyšování kvality vstupů do výrobního procesu. Kvalitnější vstupy poté velmi pozitivně ovlivňují výrobu a samotný finální výrobek.

## 5 Způsobilost výrobního procesu a měřidla

**Způsobilost procesu** zkoumá stupeň naplnění požadavků, které jsou dány specifikacemi pro sledovanou charakteristiku (parametr, znak apod.). Způsobilost procesu je zkoumána zejména analýzou histogramů v následující kapitole.

Úzce spjatá se způsobilostí procesu je **způsobilost měřidla**. Zejména ve sledovaném výrobním procesu je důležité mít způsobilá i měřidla, která jsou v procesu využívána. Pro sledování způsobilosti měřidla je využito zařízení, které slouží k testování funkce výrobku (dále jen „funkční zařízení“ či „zkušební zařízení“).

Způsobilost měřidla je určována nejistotou měřidla k toleranci měřeného znaku. Jsou prováděny řady měření, které se statisticky vyhodnocují. Opět jsou vyhodnocovány pouze ty parametry, které jsou důležité pro zákazníka. V následujících kapitolách je blíže popsána MSA studie a GAGE R&R studie. (interní zdroje společnosti emz Hanauer s.r.o., 2018)

### 5.1 Ukazatelé způsobilosti procesu a měřidla

Pro výpočty ukazatelů se jako standard používá šest odchylek normálního rozdělení dat. Dle normálního rozdělení leží uvnitř mezi tolerance 99,73% naměřených hodnot (1,67% leží mimo meze v rámci přirozené variability procesu). Jedná se o interval třech odchylek na obě strany (u horní i spodní tolerance), který vymezuje přirozenou variabilitu naměřených hodnot. U sledovaných dat se předpokládá, že splňují požadavky pro normální rozdělení, neuvažuje se žádný jiný typ rozdělení.

**Ukazatel Cp** vyjadřuje trvalý potenciál způsobilosti procesu a předpokládá, že střední hodnota sledovaného parametru (charakteristiky) je shodná se specifikovanou hodnotou pro tento parametr a sleduje, zda výstup z procesu splňuje požadavky daného parametru. Zobrazuje, jak blízko ke stanoveným hraničím procesu, se proces nachází. Čím je hodnota ukazatele vyšší, tím je menší pravděpodobnost, že se proces dostane mimo své stanovené hranice. Ukazatel Cp se počítá následovně: (MiniTab 17 Statistical Software, 2010)

$$C_p = \frac{\text{horní hranice tolerance} - \text{spodní hranice tolerance}}{6 * \sigma}$$

Kde odchylku  $\sigma$  představuje směrodatná odchylka zkoumané skupiny dat.

U **ukazatele Cpk** (trvalá způsobilost procesu) nemusí střední hodnota parametru ležet v cílové specifikované hodnotě pro parametr, jako je tomu u Cp. Cpk zobrazuje, jaký mají

vztah hodnoty procesu k této cílové stanovené hodnotě pro parametr. Vysoká hodnota Cpk se zajistí tím, že bude mít proces minimální variaci, bude ležet ve stanovených hranicích a bude se pohybovat u cílové specifikované hodnoty (např. střed tolerance). Ukazatel Cpk se vypočítá následovně: (MiniTab 17 Statistical Software, 2010)

$$Cpk = \min\left(\frac{\text{horní hranice tolerance} - \mu}{3\sigma}; \frac{\mu - \text{spodní hranice tolerance}}{3\sigma}\right)$$

Odchylka  $\sigma$  je použita stejná jako u ukazatele Cp,  $\mu$  představuje střední hodnotu z daných dat.

Proces může mít hodnoty s minimální variací (značící vysoké Cp), ale nemusí se pohybovat na středu stanovených hranic, mohou se shlukovat např. u spodní hranice (nižší Cpk). Cpk zde sleduje, kde se hodnoty nacházejí oproti stanoveným hranicím. Pokud by měl proces hodnoty s velkou variací (stále uvnitř tolerance), ale jejich střední hodnota se bude rovnat cílové střední hodnotě, bude hodnota Cpk také nižší (hodnoty jsou moc rozptýlené) a hodnota Cp dostatečná. (iSixSigma.com, 2018)

**Ukazatel Pp** vyjadřuje současnou způsobilost procesu se zohledněním hranic tolerance v rámci analýzy daných dat. Počítá se následovně: (MiniTab 17 Statistical Software, 2010)

$$Pp = \frac{\text{horní hranice tolerance} - \text{spodní hranice tolerance}}{6 * \sigma}$$

Kde odchylku  $\sigma$  představuje směrodatná odchylka celého souboru.

**Ukazatel Ppk** vyjadřuje současnou způsobilost procesu se zohledněním hranic tolerance, kdy místo směrodatné odchylky pro danou podskupinu (jako je tomu u Cpk) využívá směrodatnou odchylku pro celý soubor. Je vypočítáno jako minimum z následujícího vzorce: (MiniTab 17 Statistical Software, 2010)

$$Ppk = \min\left(\frac{\text{horní hranice tolerance} - \mu}{3\sigma}; \frac{\mu - \text{spodní hranice tolerance}}{3\sigma}\right)$$

Proces je považován za způsobilý, pokud  $Cp > 1,67$ ,  $Pp > 1,67$  a  $Cpk > 1,33$ ,  $Ppk > 1,33$ . Při nevyhovující hodnotě Cp, Pp, Cpk, Ppk je nutno proces upravit, aby se zamezilo potenciálnímu vzniku odchylek ve výrobním procesu. Hodnoty ukazatelů Cp, Pp, Cpk a Ppk pro vybrané parametry jsou interpretovány v podkapitole 5.4, která se zabývá histogramy. (interní zdroje společnosti emz Hanauer s.r.o., 2018)

**Ukazatel ppm** (parts per million) zobrazuje procento dílů z milionu, u kterých je riziko, že budou mimo toleranci (neshodné s požadovanými vlastnosti výrobku). Ppm se používá při analýze procenta odpadu, a bývá i jako požadavek zákazníka, který má požadavek na maximální ppm. Tím povoluje svému dodavateli určitou část výrobků neshodných. V milionu dodaných kusů toto procento bývá velmi malé, např. 10 ppm značí, že 10 výrobků z milionu dodaných výrobků může být neshodných.

**Ukazatel procentní variabilita** ukazuje stupeň, jakým se opakovaně naměřené hodnoty stejného výstupu od sebe liší. Výsledné procento by mělo být co nejmenší. (MiniTab 17 Statistical Software, 2010)

$$\% \text{ Variabilita} = \%SV = \frac{\sigma \text{ pro podskupinu}}{\sigma \text{ celková}} * 100$$

**Ukazatel procentní tolerance** ukazuje stupeň, jakým se opakovaně naměřené hodnoty stejného výstupu liší od stanovené tolerance (tolerance je udána horní a dolní mezí), výsledné procento by mělo být co nejmenší. Procento tolerance je vypočítáno tím, že se rozdělí variabilita pro každou hodnotu dle zadané horní a dolní meze.

**Ndc** („Number of distinct categories“) je číslo, které vyjadřuje počet skupin, do kterých stroj může data (naměřené hodnoty charakteristiky) zařadit a odlišit je od sebe. Pokud je ndc rovno 3, vyjadřuje 3 skupiny, do kterých je možno zařadit naměřené hodnoty (např. vysoké hodnoty, střední hodnoty, nízké hodnoty). Ndc musí být minimálně 5, aby bylo měřidlo přijatelné. Čím je ndc větší, tím lépe od sebe dokáže zařízení data rozlišit a tím je způsobilější sledovaný proces. (The Minitab Blog, 2017)

Pro výpočet ndc se využívá směrodatná odchylka pro díly a směrodatná odchylka pro celkovou GAGE studii. (MiniTab 17 Statistical Software, 2010)

$$ndc = \sqrt{2} * \frac{\sigma \text{ dílů}}{\sigma \text{ GAGE}}$$

Počet vypočítaných kategorií (číslo ndc) závisí na poměru variability měřených dílů k variabilitě měřicího systému.

GAGE R&R studie je úspěšná a měřidlo je způsobilé, pokud je  $ndc \geq 5$  a procentní variabilita, procentní tolerance nižší než 10%. Pokud by byly tyto ukazatele mezi 10% - 30%, je měřidlo také shledáno způsobilým, ale je nutno měřidlo upravit tak, aby se toto procento při dalším

měření snížilo. Je možné rozhodnout o způsobilosti měřidla i přesto, že jsou hodnoty sledovaných ukazatelů v intervalu 10% - 30%, při zohlednění povahy sledovaného parametru (bez úpravy zařízení). Záleží na charakteristikách parametru, možnostech měřidla a zejména možnostech procesu. Pokud by ukazatele překročily hranici 30%, bylo by nutné v procesu provést konstrukční úpravy vedoucí k odstranění zjištěných odchylek a studie by se musela opakovat. (interní zdroje společnosti emz Hanuer s.r.o., 2018)

Dále se pro způsobilost měřidla se používají ukazatele C<sub>g</sub>, C<sub>gk</sub> a procento opakovatelnosti. Měřidlo je považováno za způsobilé, pokud C<sub>g</sub> > 2,4; C<sub>gk</sub> > 2 a opakovatelnost menší než 10%. (interní zdroje společnosti emz Hanauer s.r.o., 2018)

**Ukazatel C<sub>g</sub>** představuje trvalou způsobilost měřidla, zkoumá rozsah měření, které spadá do požadované tolerance. (MiniTab 17 Statistical Software, 2010)

$$C_g = \frac{\frac{\% \text{ tolerance z daného souboru dat}}{100} * \text{rozpětí tolerance}}{\text{odchylka ze souboru dat}}$$

**Ukazatel C<sub>gk</sub>** vychází z ukazatele C<sub>g</sub>, ale navíc zohledňuje stupeň, v jakém se naměřené hodnoty liší od správných (referenčních) hodnot. (MiniTab 17 Statistical Software, 2010)

$$C_{gk} = \frac{\left( \frac{\% \text{ tolerance z daného souboru dat}}{200} * \text{rozpětí tolerance} \right) - |\text{střední hodnota} - \text{referenční hodnota}|}{\frac{\text{odchylka ze souboru dat}}{2}}$$

**Procento opakovatelnosti** sleduje, zda je měřidlo, při měření stejného výstupu, schopno změřit stejnou hodnotu tohoto výstupu (procento vyjadřuje, v jaké míře se hodnoty jednoho výstupu v průběhu měření liší) v rámci zadané tolerance. V obrázcích je značeno anglickou zkratkou %Var (Repeatability). (MiniTab 17 Statistical Software, 2010)

$$\% \text{Var (Repeatability)} = \frac{\text{odchylka ze souboru dat}}{\text{procento tolerance z daného souboru dat}}$$

## 5.2 MSA studie

MSA studie je prováděna při vývoji měřidla či při ověření způsobilosti měřidla, ukazuje přesnost měření bez zohlednění vnějších vlivů. Sleduje se, zda je měřidlo schopné správně změřit hodnoty při opakovaném měření jednoho výstupu. Měří se 1 kus několikrát za sebou (minimálně 25 krát). Sledovanou hodnotou této studie je ukazatel C<sub>g</sub> (musí být větší než 2,4), a ukazatel C<sub>gk</sub> (musí být větší než 2), dále se sleduje procento opakovatelnosti (opakovatelnost menší než 10%). Opakovatelnost je na následujících obrázcích označena jako

„%Var (Repeatability)“. MSA studie se provádí pro všechny důležité charakteristiky výrobku (takové parametry, na které má zákazník stanovený požadavek). (interní zdroje společnosti emz Hanauer s.r.o., 2018)

Na následujících obrázcích je zobrazena MSA studie popisovaného výrobního procesu, jsou zde vyhodnoceny sledované ukazatele pro všechny výše vyjmenované charakteristiky. V grafu pro měřenou charakteristiku je zobrazen průběh měření této charakteristiky (jeden kus měřený třicetkrát za sebou), stupnice hodnot je na ose  $y$ , pořadové číslo naměřené hodnoty na ose  $x$ . Červené horizontální linky značí horní a dolní hranice tolerance. Tolerance v tomto grafu je zúžená oproti zákaznickým tolerancím, jelikož je vypočítána ze střední hodnoty měřených hodnot. Tím, že se opakovaně měří stejný díl, by se hodnoty měly pohybovat okolo střední hodnoty vypočítané z těchto měření. Je proto nutné sledovat hodnoty v rámci užší tolerance, která se vypočítá následovně:

$$\text{horní hranice tolerance USL} = \text{střední hodnota} + 0,1 * \text{rozpětí tolerance}$$

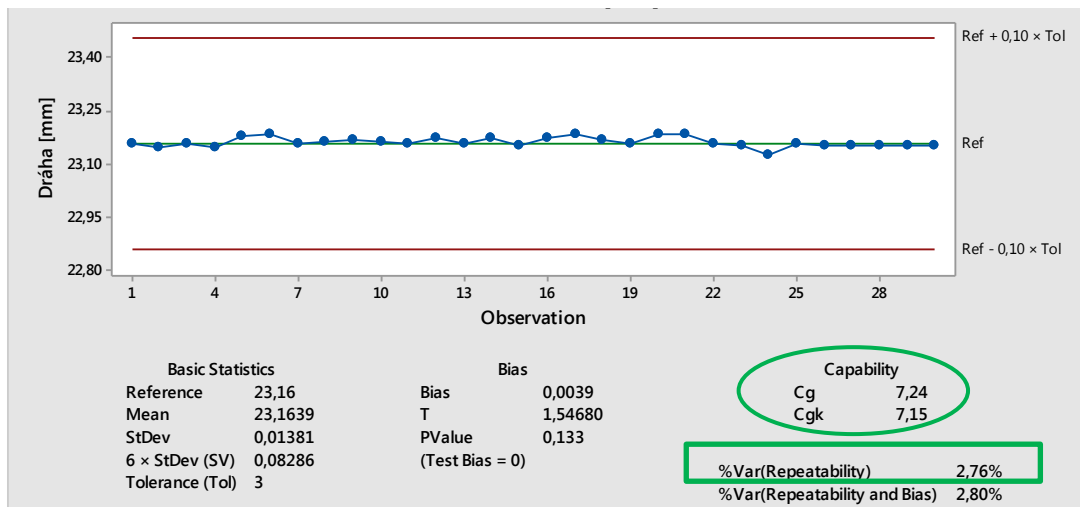
$$\text{dolní hranice tolerance LSL} = \text{střední hodnota} - 0,1 * \text{rozpětí tolerance}$$

Kde rozpětí tolerance představuje rozdíl mezi horní a spodní hranicí tolerance.

Vpravo pod grafem je vypočítaná hodnota ukazatele  $C_g$ ,  $C_{gk}$  a procento opakovatelnosti (v grafu značené jako „%Var (Repeatability)“. Následující obrázek zobrazuje MSA studii pro parametr dráhy, včetně vypočítaných hodnot pro sledované ukazatele zvýrazněných zelenou barvou. Pro ostatní zkoumané parametry je zobrazen pouze průběh měření, výsledné hodnoty ukazatelů jsou zmíněny v textu práce (vždy pod příslušným obrázkem a na konci kapitoly ve shrnující tabulce). V MSA studii se měří pouze ty parametry, které jsou důležité pro zákazníka, proto se zde neobjeví parametry časový rozdíl a dráha odsepnutí.



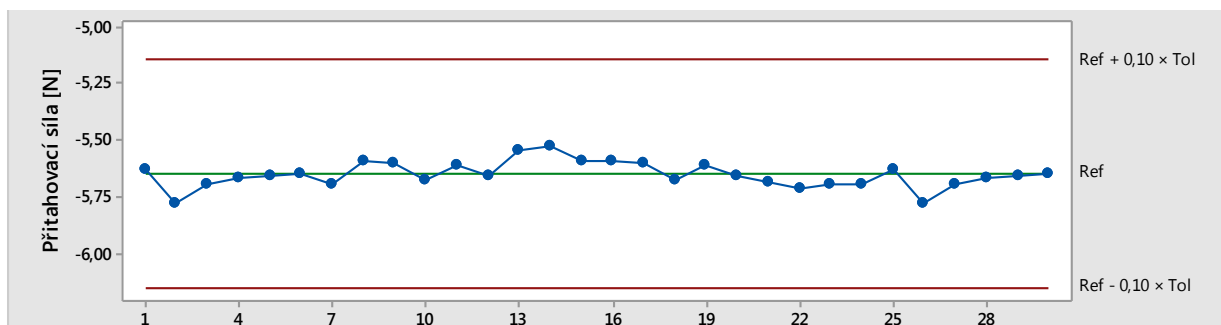
**Obr. č. 1: MSA studie pro parametr dráhy**



Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

Pro parametr dráhy splňují hodnoty ukazatelů Cg (= 7,24) a Cgk (= 7,15) požadavky na způsobilost měřidla, stanovené v předchozí kapitole. Procento opakovatelnosti 2,76% je také ve stanoveném rozmezí. Čím nižší hodnota opakovatelnosti, tím je měřidlo způsobilejší. Nízká hodnota procenta opakovatelnosti značí, že měřidlo je schopné díl opakovaně přeměřit s velice nízkou variabilitou, přesnost měření tohoto parametru je vysoká. Vysoká přesnost měřidla je viditelná i z průběhu měření, při přeměření jednoho kusu několikrát za sebou, kdy se všechny hodnoty pohybují okolo střední hodnoty (v obrázku značená jako linie „Ref“). Na základě měření tohoto parametru je měřidlo vyhodnoceno jako způsobilé.

**Obr. č. 2: MSA studie pro parametr přitahovací síly**

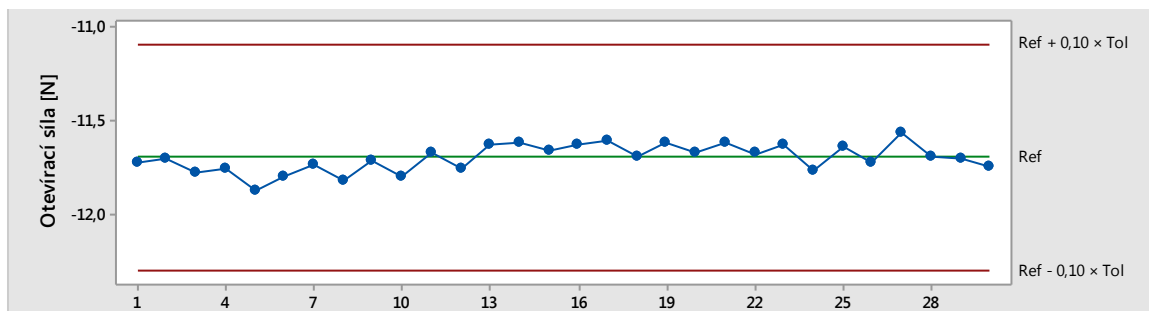


Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

U parametru přitahovací síla se měří síla stlačení pružiny, avšak v jiném okamžiku než u ostatních parametrů měřících sílu (zavírací a otevírací síla). Měření navazuje na měření zavírací síly, proto se většina vlivů projeví zejména na měření této první síly a na tento

parametr již nepůsobí na tolik okolních faktorů. Z tohoto důvodu je i průběh měření stabilnější a mezi díly není tak velká variabilita jako u zavírací síly analyzované v další podkapitole. Nejnižší hodnotou je -5,72N, nejvyšší hodnotou -5,50N, což představuje největší rozdíl v naměřených hodnotách 0,22N (viditelné v obrázku č. 2). Z důvodu nižší variability mezi díly (oproti maximálnímu rozdílu 0,36N u parametru zavírací síly) vyšly hodnoty ukazatelů Cg, Cgk v toleranci. Společně lze na základě těchto údajů vyhodnotit měřidlo jako způsobilé (v rámci měření tohoto konkrétního parametru).

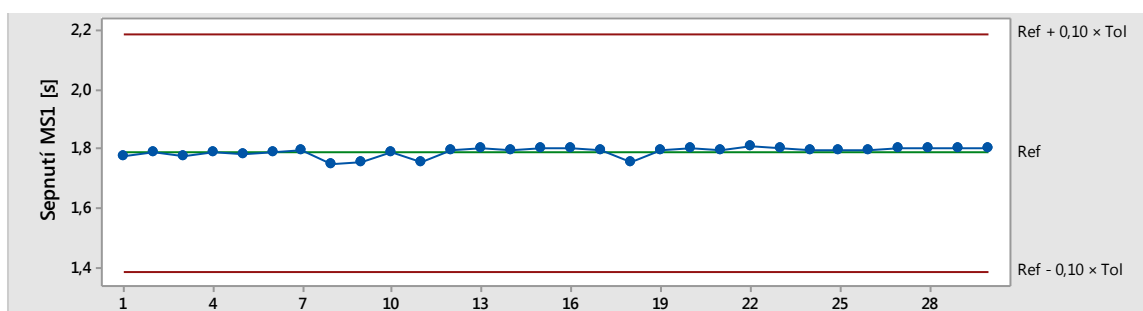
**Obr. č. 3: MSA studie pro parametr otevírací síly**



Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

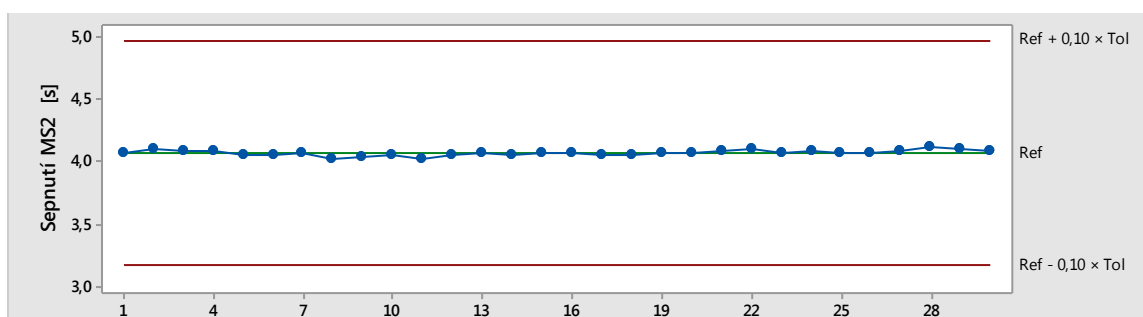
Průběh měření parametru otevírací síly opět značí určitou variabilitu mezi jednotlivým měřením, která je způsobena mírným působením okolních vlivů při měření této síly. Otevírací sílu, oproti zavírací síle, opět postihuje méně okolních vlivů a méně vlivů měření. Síla se měří poté, co je změřena zavírací a přitahovací síla a měřící zařízení je tímto předcházejícím měřením správně zakotveno v dílu. Největší variabilita mezi díly je 0,31N (-11,87N nejnižší naměřená síla, -11,56N nejvyšší naměřená síla), což představuje větší rozdíl než u přitahovací síly (u té je i průběh měření viditelně stabilnější), ale menší rozdíl než u zavírací síly (zde již ukazatele způsobilosti nesplňovaly předepsané minimální hodnoty). I přes určitou variabilitu mezi měřenými díly leží ukazatelé Cg, Cgk i opakovatelnost v požadovaných hodnotách. Ukazatel Cg je vyhodnocen jako 2,76 a ukazatele Cgk jako 2,74. Procento opakovatelnosti má hodnotu 7,26%, což je také v požadované toleranci. Měřidlo je v rámci tohoto parametru vyhodnoceno jako způsobilé pro výrobní proces.

**Obr. č. 4: MSA studie pro parametr sepnutí MS1**



Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

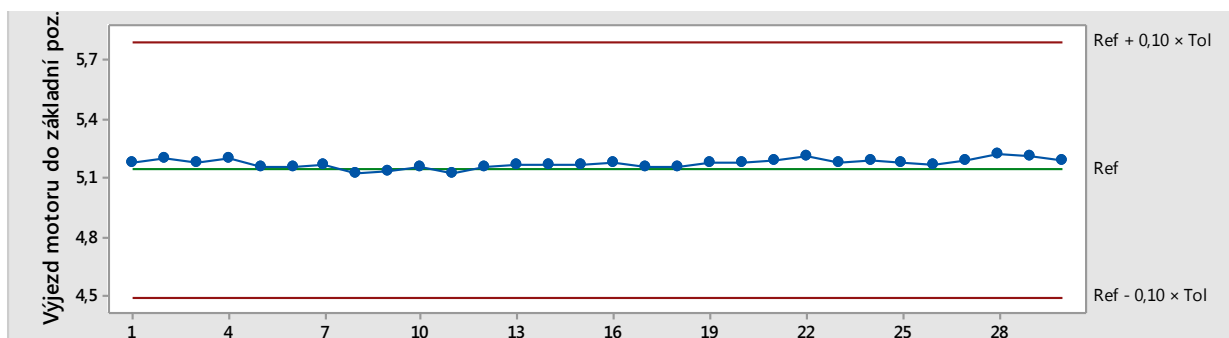
**Obr. č. 5: MSA studie pro parametr sepnutí MS2**



Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

**Měření času sepnutí mikrospínače 1 i mikrospínače 2** je velmi přesné, průběhy měření obou parametrů jsou podobné průběhu měření u parametru dráhy. Všechny hodnoty se pohybují okolo střední hodnoty a v průběhu grafu se vyznačuje pouze velmi malá variabilita (variabilita mezi nejmenší a největší hodnotou odpovídá desetinám sekund u obou sledovaných parametrů). Na základě těchto skutečností je vysoká také hodnota ukazatelů  $C_g$  a  $C_{gk}$  a procentuální hodnota opakovatelnosti je velmi nízká (čím nižší hodnota, tím lepší). Konkrétní hodnoty ukazatelů pro oba parametry jsou na konci této kapitoly shrnuté v tabulce.

**Obr. č. 6: MSA studie pro parametr výjezd motoru do základní pozice**



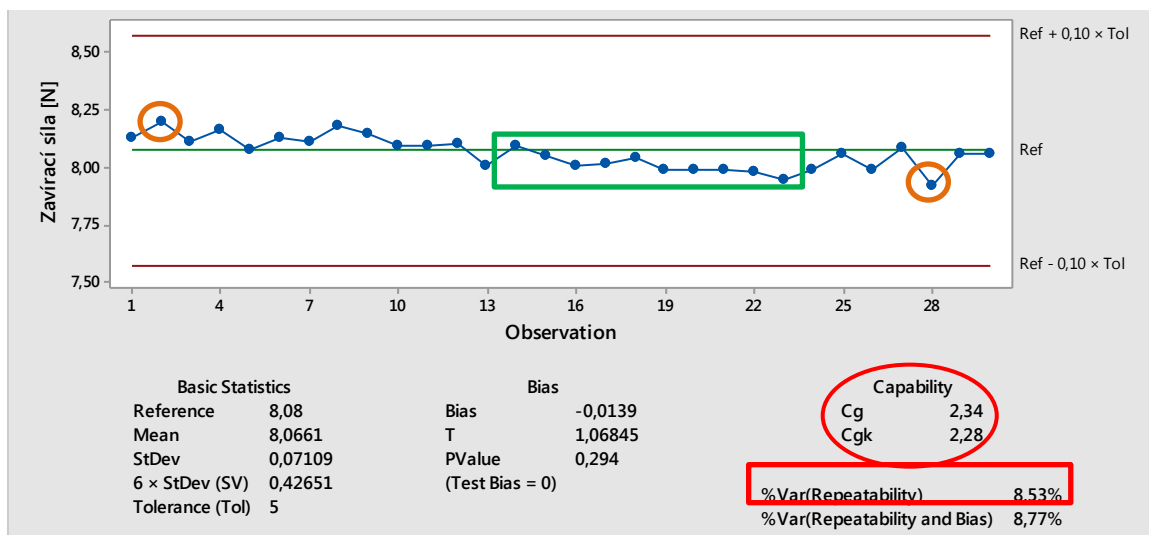
Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

Průběh měření parametru výjezd motoru do základní pozice je velmi stabilní. Hodnoty se pohybují okolo střední hodnoty, v celém grafu není viditelná žádná větší variabilita mezi jednotlivými měřeními. Tomuto odpovídají i vysoké hodnoty ukazatelů Cg a Cgk, stejně jako nízká procentuální hodnota opakovatelnosti.

### 5.2.1 Návrh a implementace změn pro nevyhovující parametry

V případě hodnot parametru **zavírací síly** není splněn požadavek na ukazatel Cg, i když pouze o šest setin, ale již to značí nějaký problém při opakovaném měření jednoho kusu. Viditelných větších rozdílů u opakovaně naměřených hodnot si lze všimnout i v grafu (v průběhu měření). Největší rozdíl je mezi druhým a osmadvacátým měřením (označené oranžovou barvou). V druhém měření měl díl hodnotu 8,21 N, v osmadvacátém měření již pouze 7,85N, což představuje rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší hodnotou 0,36N. Tento parametr měří sílu stlačení pružiny, na toto měření působí řada okolních faktorů (např. jak se díl usadí do měřidla, předchozí manipulace s dílem), proto je zde očekávaná určitá variabilita v naměřených hodnotách. Síly by měly na základě těchto skutečností pravidelně klesat, nemělo by se stávat, že síla klesá, stoupá, klesá apod. (to je viditelné zejména v posledních přibližně 7 měřeních). Žádoucí průběh měření pro tento parametr, se zohledněním přibližných problémů při měření, je od čtrnáctého měření do dvacátého třetího měření (vyznačen zeleně).

Obr. č. 7: MSA studie pro parametr zavírací síly

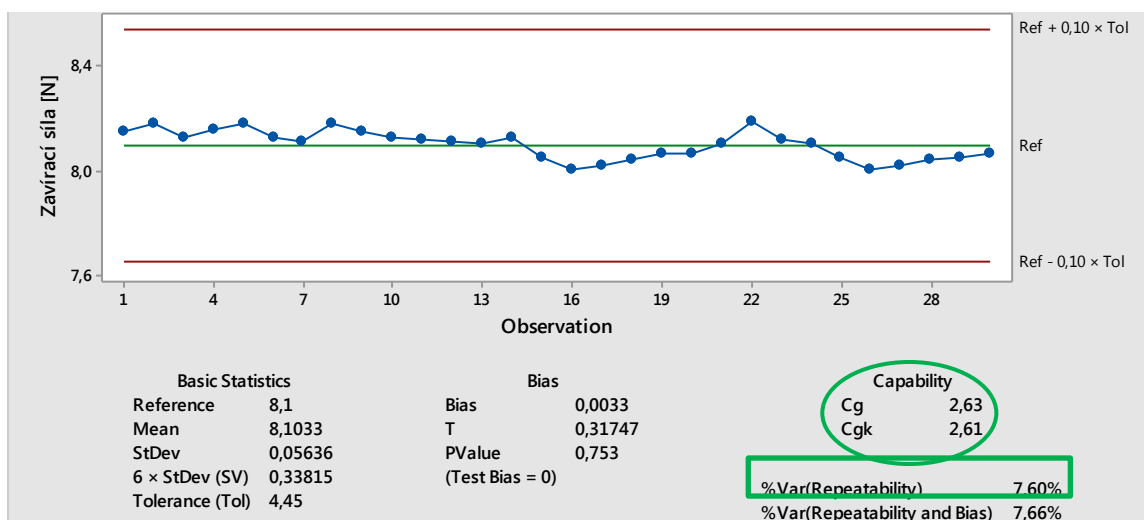


Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

Na základě nevyhovujících výsledků a analýzy průběhu měření MSA studie pro parametr zavírací síly je, jako nejvíce pravděpodobná příčina odchylky, určena špatná manipulace s dílem při opakovaném měření. Je rozhodnuto, že se měření bude opakovat za stejných podmínek jako u předchozí studie, ale se změněným operátorem měření. V rámci omezení možných vlivů je zvolen jeden pracovník obsluhy měřidla, který díl znovu po sobě přeměří (dbá se také na ostatní možné faktory – minimální manipulace s dílem apod.). Za těchto podmínek by se měly co nejvíce omezit tyto vnější vlivy, které ovlivňovaly měření předchozí.

Na následujícím obrázku je zobrazena MSA studie pro parametr zavírací síly po přeměření.

**Obr. č. 8: Nově naměřená MSA studie pro parametr zavírací síly**



Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

Po novém měření vyšly ukazatele Cg a Cgk v požadované toleranci, i přes určité výkyvy v průběhu měření. Hodnota opakovatelnosti je také v požadované toleranci. Výkyvy v průběhu měření signalizují přetrvávající působení vnějších vlivů, které byla snaha odstranit. Okolní vlivy byly omezeny, jelikož je variabilita menší než v předchozím případě. Tomu odpovídá i snížená celková odchylka, na obrázku značená jako „StDev“ (při původním měření dosahovala hodnoty 0,071, po přeměření se hodnota snížila na 0,056).

Naměřené hodnoty původního nevyhovujícího měření a následného přeměření jsou shrnuty v následující tabulce. Je viditelné, že se všechny hodnoty po přeměření, které mělo za cíl snížit okolní vlivy, zlepšily. Na základě přepočítaných výsledků pro parametr zavírací síly je shledáno měřidlo způsobilé v měření tohoto parametru.

**Tabulka č. 2: Srovnání hodnot ukazatelů MSA studie pro parametr zavírací síly**

Zavírací síla	Hodnota ukazatele $C_g > 2,4$	Hodnota ukazatele $C_{gk} > 2$	Procento opakovatelnosti [%Var(Repeatability)] < 10%
Hodnoty před	2,34	2,28	8,53%
Hodnoty po	2,63	2,61	7,60%

Zdroj: vlastní zpracování, 2018

### 5.2.2 Shrnutí výsledku MSA studie

Na základě výsledků pro sledované charakteristiky výrobního procesu se shledá měřidlo způsobilé. Hodnota  $C_g$  u zavírací síly nebyla na poprvé dle požadavků v pořádku, ale byla zde velmi malá odchylka. Po implementaci změn a přeměření tohoto parametru jsou hodnoty v toleranci a měřidlo je vyhodnoceno jako způsobilé v rámci měření tohoto parametru. Jedná se také o parametr, na který působí velké množství okolních vlivů, zejména odlišná obsluha měřidla, způsob zasazení dílu do měřidla apod. Nejdůležitější vliv pro měření této charakteristiky je právě množství předchozích měření, hodnota tohoto parametru se může s přibývajícím se měřením měnit (síla pružiny se při využití tlaku nástavce může lehce změnit, čím častěji se pružina měří, tím více se mění její síla), proto je jasné, že měření této charakteristiky nebude tak stabilní, jako je například měření vzdálenosti. V následující tabulce jsou shrnuté kompletní výsledky pro všechny sledované charakteristiky. Hodnoty všech ukazatelů jsou v požadovaných mezích, proto je měřidlo určeno jako způsobilé pro celý sledovaný výrobní proces.

**Tabulka č. 3: Shrnuté kompletní výsledky MSA studie**

Charakteristika	Hodnota ukazatele $C_g > 2,4$	Hodnota ukazatele $C_{gk} > 2$	Procento opakovatelnosti [%Var(Repeatability)] < 10%
Dráha	7,24	7,15	2,76%
Zavírací síla po přeměření	2,63	2,61	7,60%
Přítahovací síla	3,01	2,98	6,65%
Otevírací síla	2,76	2,74	7,26%
Sepnutí MS 1	8,27	8,18	2,42%
Sepnutí MS 2	12,96	12,93	1,54%
Výjezd motoru	9,36	8,86	2,14%

Zdroj: vlastní zpracování, 2018

### 5.3 GAGE R&R

GAGE R&R je prováděna při počátečním uvolnění stroje do sériové výroby a poté v pravidelných intervalech (v tomto výrobním procesu každé 3 roky) k opakovanému určení způsobilosti měřidla. Oproti MSA jsou v ní zahrnuty i možné vnější vlivy (vliv pracovníka, vliv zakládání dílu do měřidla atd.). Existují dva druhy:

1. s vlivem pracovníků (pracovník svým měřením může způsobit odchylku v měření), při této situaci měří minimálně 2 pracovníci dvakrát 10 kusů,
2. bez vlivu pracovníků, kdy jeden pracovník měří minimálně třikrát po sobě 25 kusů. (interní zdroje společnosti emz Hanauer s.r.o., 2018)

Sledovanou výstupní hodnotou této studie je **ndc** (Number of distinct categories), **procentní tolerance** (jak se pohybují hodnoty studie uvnitř horní a spodní hranice tolerance a střední hodnoty) a **procentní variabilita** (zda rozliší proces dobré kusy od špatných, neshodných kusů).

Je provedena GAGE R&R studie, jeden pracovník měří celkem 26 kusů (24 výrobků je shodných s nastavenou tolerancí, dva výrobky jsou neshodné). Vždy by se pro každý sledovaný parametr měl nasimulovat nějaký neshodný výrobek. Zde je nasimulovaný neshodný výrobek na sílu pružin (ovlivňující parametry zavírací, přitahovací a otevírací síly). Neshodný výrobek by měl naměřit hodnoty mimo toleranci, ale měly by to být reálné hodnoty (neměla by se zde objevit například hodnota 0, pokud by byla velmi vzdálená měřeným hodnotám). Z tohoto důvodu bylo velmi těžké nasimulovat neshodný výrobek pro parametr dráha sepnutí mikropsínače (stejně jako u sepnutí MS1 a sepnutí MS2), jelikož mikropsínač buď sepne v krátké vzdálenosti (hodnoty v toleranci), či vůbec nesepe. Nepoužití nasimulované chyby u parametru dráhy je viditelné i na vysokých hodnotách ukazatelů procenta tolerance a procenta variability, které nejsou v optimálním rozmezí 0% - 10%.

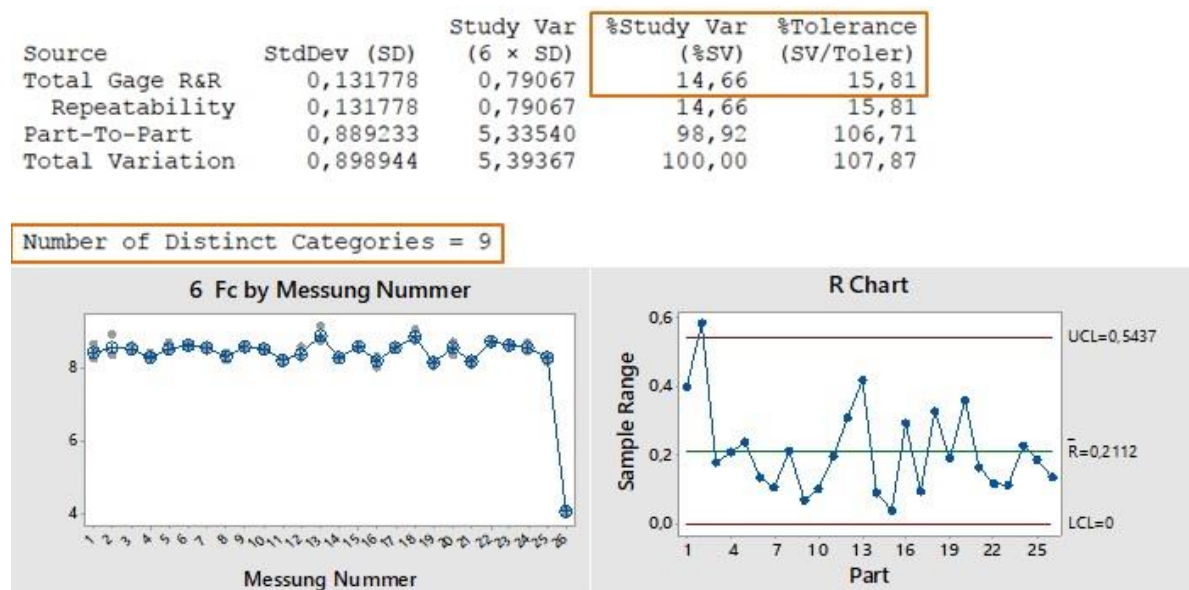
Na následujícím obrázku (obr. č. 9) je zobrazena GAGE R&R pro parametr zavírací síly. Obrázek se, mimo vypočítaných hodnot studie (horní část, hodnoty ukazatelů jsou oranžově vyznačené), skládá z:

1. grafu „R Chart“, který představuje regulační diagram R (vpravo), sledující variabilitu procesu pomocí výběrového rozpětí R (výběrové rozpětí je rozdíl mezi nejmenší a největší hodnotou v podskupině, podskupinu zde představuje konkrétní díl, který je třikrát měřen),

- grafu průběhu měření (vlevo), v grafu jsou zobrazeny naměřené hodnoty příslušného parametru.

Pro ostatní parametry jsou v obrázku vždy zobrazeny pouze grafy (bod 1 a 2 výše), vypočítané hodnoty ukazatelů jsou zmíněny v textu práce, popř. ve shrnující tabulce na konci kapitoly (tabulka č. 5).

**Obr. č. 9: Výstup z GAGE R&R pro charakteristiku zavírací síly**



Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

Procentní variabilita a procentní tolerance není u parametru zavírací síla (obr. č. 9) v ideálním rozpětí (to představuje 0% - 10%), ale je stále v toleranci (méně než 30%). U tohoto parametru se předpokládalo, že se hodnoty těchto dvou ukazatelů nebudou pohybovat v pásmu 0% - 10%, jelikož i hodnoty ukazatelů Cg, Cgk v MSA studii byly nižší než u jiných parametrů a v grafu MSA studie byly viditelné rozdíly mezi měřeními. Tyto rozdíly jsou způsobené zejména povahou měřeného parametru (měření síly zpravidla není tak přesné jako měření např. vzdálenosti nebo času), proto se předpokládá, že tyto skutečnosti ovlivní i výsledek GAGE R&R. Na základě těchto poznatků je považován výsledek procentní variability (= 14,66%) a procentní tolerance (= 15,81%) jako uspokojivý a není navrhována žádná úprava stroje či jiná změna ovlivňující měření tohoto parametru.

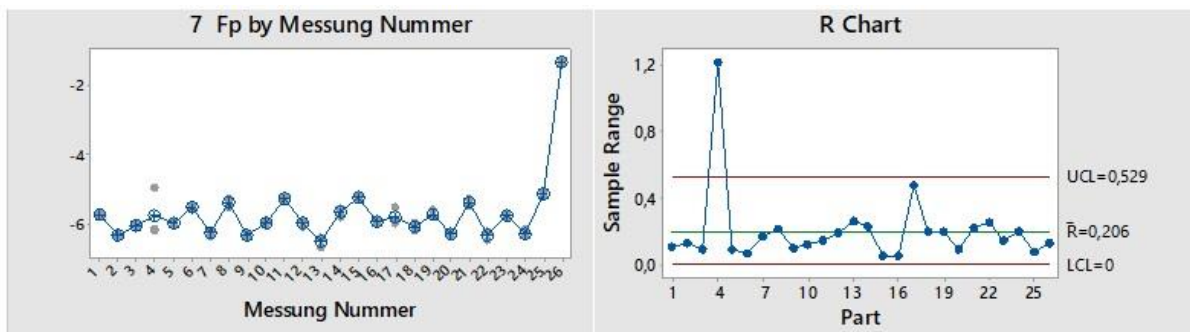
Výsledek u těchto dvou ukazatelů v pásmu 10 – 30% tedy může být přijatelný, vždy závisí na tom, jak důležité je měření daného parametru po zákazníka, jaké jsou požadavky procesu na



měření daného parametru, jaké jsou možnosti úpravy zkušebního zařízení a na dalších faktorech.

Ndc v hodnotě 9 splňuje požadavky na způsobilost procesu a je přijatelné. V tomto případě ndc značí to, že je proces schopný roztrždit data do 9 skupin na základě naměřených hodnot.

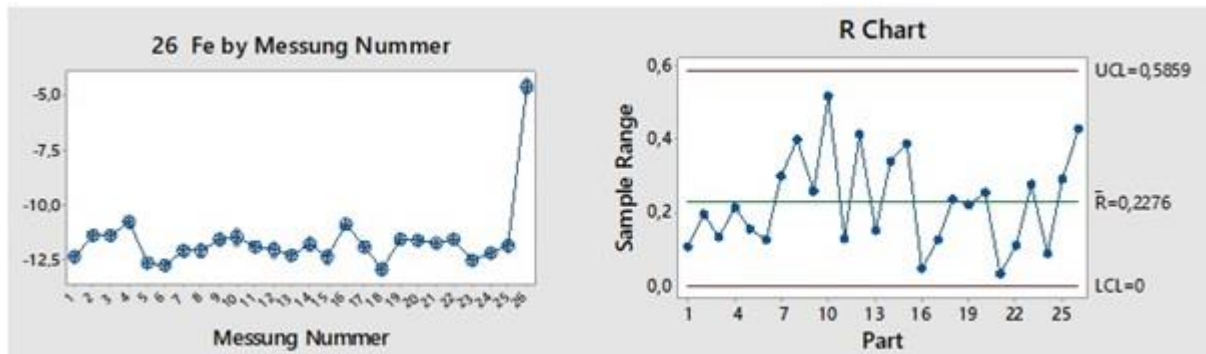
**Obr. č. 10: Výstup z GAGE R&R pro charakteristiku přitahovací síly**



Zdroj: vlastní zpracování pomocí programu MiniTab, 2018

U parametru přitahovací síly (obr. č. 10) jsou ukazatele procentní variability (= 17,17%) a procentní tolerance (= 20,21%) již o něco vyšší než u předchozího parametru zavírací síly. Nacházejí se v pásmu 10% - 30%, kdy je nutno u daného parametru zvážit, zda by se v procesu neměla navrhnout změna pro zlepšení měření tohoto procesu. Toto měření má podobnou povahu jako měření zavírací síly, proto je výsledek v tomto pásmu považován jako uspokojivý pro způsobilost. U kapitoly MSA studie bylo zmíněno, že přitahovací síla by neměla být ve velké míře ovlivněna okolními vlivy (oproti parametru zavírací síly), proto by se mohlo předpokládat, že hodnoty sledovaných ukazatelů budou nižší. Při zaměření se na pravý graf, který představuje regulační diagram typu R (na obrázku označeno „R chart“), si lze u čtvrtého dílu všimnout velké hodnoty rozptylu mezi opakovaným měřením tohoto dílu. Hodnota rozptylu u ostatních měřených dílů je viditelně nižší. Tato skutečnost ovlivnila právě výslednou hodnotu procentní variability, která by, při nižší variabilitě tohoto dílu, měla menší hodnotu. Ndc v hodnotě 8 je přijatelné pro sledovaný parametr.

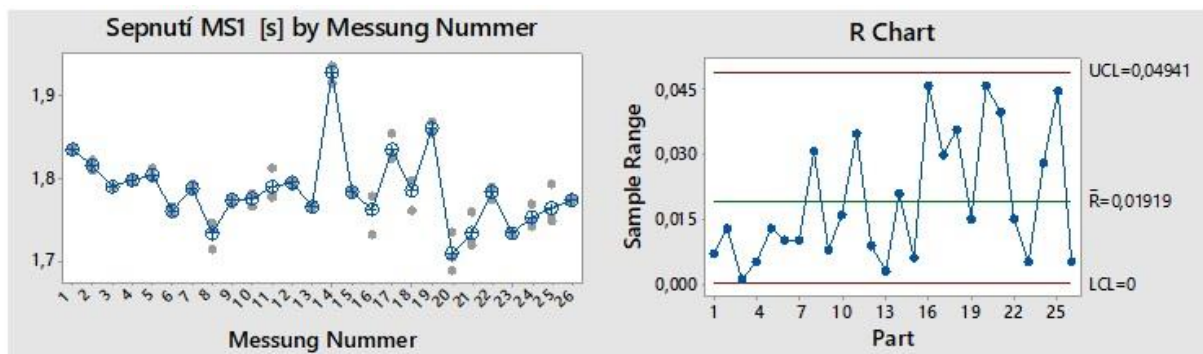
**Obr. č. 11: Výstup z GAGE R&R pro charakteristiku otevírací síly**



Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

Výsledky GAGE R&R pro parametr otevírací síly (obr. č. 11) jsou také v toleranci. Ndc pro sledovaný parametr dosahuje uspokojivé hodnoty 15, procentní variabilita je rovna 8,91% a procentní tolerance vyšla 13,59%. Ukazatel procentní variability se nachází v ideálním pásmu 0% - 10%, proto zde není potřeba plánovat žádné změny. Ukazatel procentní tolerance je mimo ideální pásmo, ale je stále velmi blízko hranici. Při zohlednění povahy měřeného parametru (měření síly není zcela přesně opakovatelné), je shledána procentní tolerance ve výši 13,59% jako dostačující pro tento výrobní proces. V grafu regulačního diagramu R (na obrázku vpravo) je viditelný velmi malý rozptyl mezi měřenými díly, hodnota rozptylu se u všech dílů nachází ve vymezených zásahových hranicích (červeně vyznačené meze).

**Obr. č. 12: Výstup z GAGE R&R pro charakteristiku sepnutí MS1**

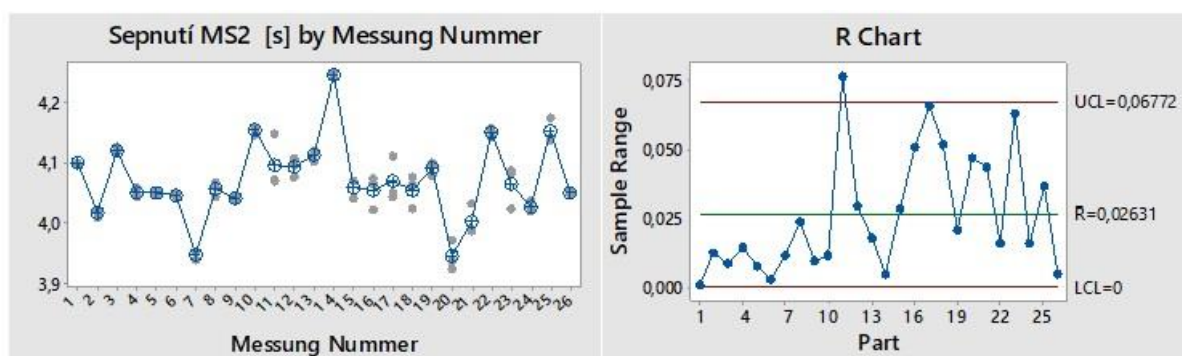


Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

U parametru sepnutí MS 1 je na obr. č. 12 v regulačním diagramu R (vpravo) viditelný rozptyl mezi měřenými díly, který je velmi nízký, všechny hodnoty rozptylu se nacházejí uprostřed zásahových hranic. U tohoto parametru je vysoká hodnota ukazatele procentní variabilita (= 28,65%), jelikož není možno pro tento parametr správně nasimulovat neshodný

díl. Mikrospínač se v určitém čase sepne, pokud se změní výška spínače na mikrospínači, nemá to na finální sepnutí vliv (mikrospínač se stejně v požadovaném čase sepne). Jediné možné řešení pro snížení procentní variability by bylo nasimulovat neshodný díl, který není sepnut (hodnota nulová). Toto řešení je představeno následující podkapitole 5.3.1 pro parametr dráhy. Pro tento parametr se GAGE R&R nebude přepočítávat (hodnoty by byly po přepočítání velmi podobné jako u parametru dráhy, jelikož řešení problému je aplikované na podobný průběh hodnot). Na základě výše zmíněných skutečností týkajících se měření tohoto parametru a možnosti nasimulování chybných dílů je hodnota procentní variability sledována jako vyhovující (stále je v pásmu 10% - 30%). S vysokou procentní variabilitou koresponduje také nízké Ndc, které splňuje minimální hodnotu 5 (lepší nasimulování chybného dílu by se projevilo i na zvýšení čísla ndc, jelikož by se hodnoty daly rozčlenit do více skupin). Procentní tolerance ve výši 1,97% je velmi nízká. Označuje to, že se data pohybují daleko od vyznačených hranic tolerance, což značí velmi způsobilý proces.

**Obr. č. 13: Výstup z GAGE R&R pro charakteristiku sepnutí MS2**



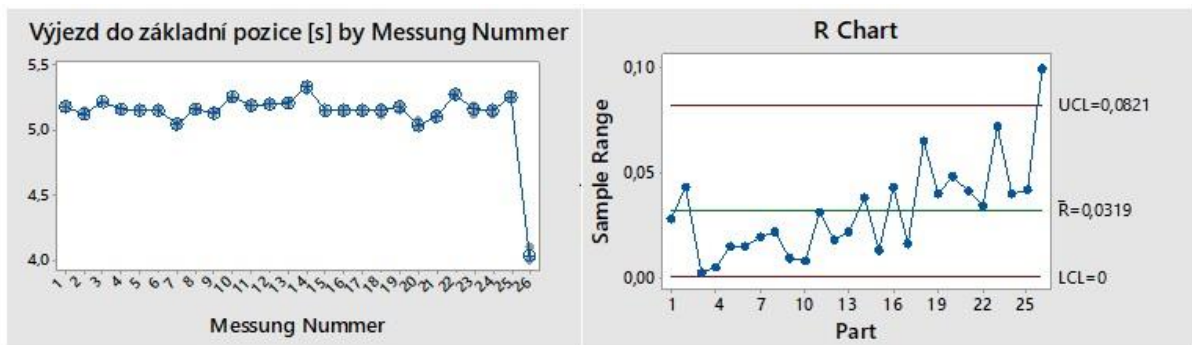
Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

U parametru sepnutí MS 2 (obr. č. 13) mají grafy v obrázku velmi podobný průběh jako u předchozí sledované charakteristiky. Velmi podobné jsou i hodnoty sledovaných ukazatelů. Hodnota ukazatele procentní tolerance je velmi nízká (= 1,24%), takže se data pohybují daleko od obou hranic tolerance směrem na střed. Ndc je rovno minimální hodnotě 5, čemuž odpovídá také vysoká procentní variabilita (= 28,36%). Stejně jako v předchozím případě, je toto způsobeno nulovou možností simulace neshodného dílu, při jehož měření by stroj naměřil jinou hodnotu než nulovou. Řešením by byla simulace nulové hodnoty u parametru, což nebude ani pro tento parametr realizováno, jelikož je stejné řešení představeno pro parametr dráhy v podkapitole 5.3.1. Procentní variabilita je vyšší také z toho důvodu, že je vyšší výběrové rozpětí R mezi sledovanými díly (viditelné na obr. č. 13 u pravého grafu), u jednoho

dílu je toto rozpětí mimo horní hranici (rozdíl mezi nejnižší a nejvyšší hodnotou dílu č. 11 je moc vysoký).

Při zohlednění povahy parametru a při zhodnocení možné simulace neshodného výrobku, je výsledná hodnota procentní variability uspokojující pro sledovaný výrobní proces.

**Obr. č. 14: Výstup z GAGE R&R pro charakteristiku výjezd motoru do základní pozice**



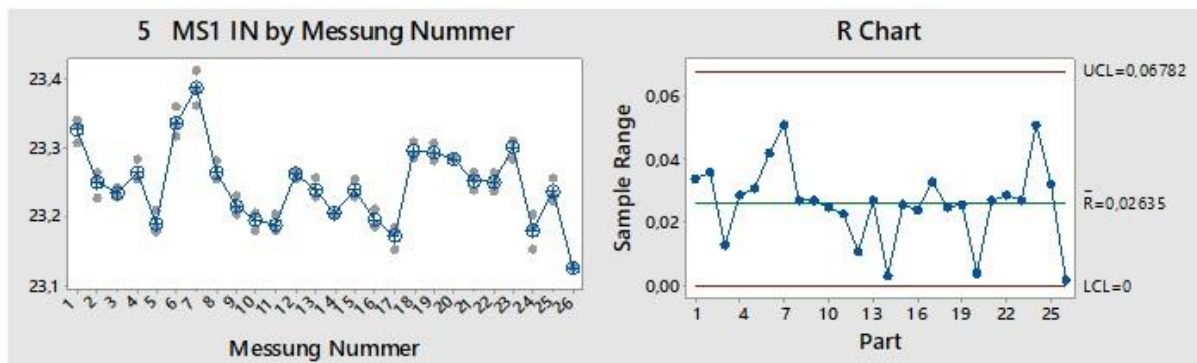
Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

U parametru výjezd motoru do základní pozice je možno pozorovat stabilní průběh měření (graf vlevo na obrázku č. 14), kdy poslední díl je nasimulovaný neshodný díl. U tohoto dílu je také měřen větší rozptyl v porovnání s ostatními díly (viditelné v pravém grafu). Rozptyl pro tento díl je mimo zásahové hranice, ale jedná se pouze o malou hodnotu rozptylu (0,1 sekund), která je navíc pozorována u nasimulovaného neshodného dílu (u kterého je možné, že se vlivem simulace chyby nějaká variabilita vyskytne). Kvůli tomu není tato odchylka považována za důležitou pro sledovaný výrobní proces. Hodnoty sledovaných ukazatelů jsou také v toleranci. Ndc je vysoké (v hodnotě 15) a koresponduje s nízkou hodnotou procentní variability (9,16%), která je v doporučeném pásmu 0% - 10%. Hodnota procentní tolerance 1,97% je také velmi uspokojivá.

### 5.3.1 Návrh a implementace změn v GAGE R&R pro nevyhovující parametry

Návrhem na změnu u tohoto parametru bylo nasimulování chybného výrobku pro parametr dráhy. Vzhledem k povaze tohoto parametru musela být nasimulována nulová hodnota. Na následujícím obrázku je viditelný původní výsledek GAGE studie pro parametr dráhy.

Obr. č. 15: Výstup z GAGE R&R pro charakteristiku dráhy



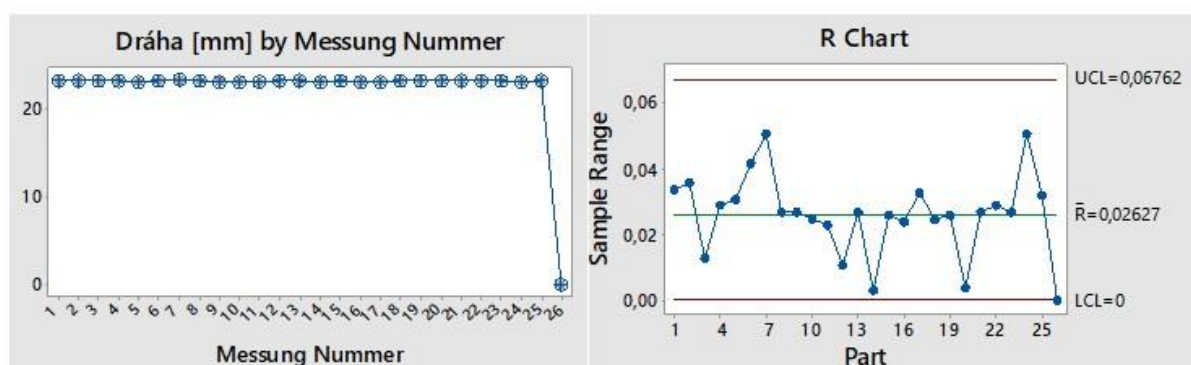
Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

U parametru dráhy je výsledek procentní tolerance 3,05%. Procentní variabilita má hodnotu 25,80%, což značí, že by se již v procesu měli provést drobné úpravy pro snížení procentní variability. Pokud je tato charakteristika podrobněji sledovaná, je možno zjistit, že je procentní variabilita takto vysoká z důvodu nízkého odlišení neshodných dílů oproti dobrým dílům. U tohoto parametru nebylo možno nasimulovat neshodný díl výrazně mimo tolerance, proto se procentní variabilita blíží 30% (hodnota neshodného dílu se moc neliší od shodných výrobků). Souvisí s tím i nízké číslo  $ndc$  (rovno minimální hodnotě, ale stále v toleranci).

Jako jediný neshodný výrobek výrazně mimo toleranci je pouze nezměřená dráha sepnutí mikrospínače (např. u nesprávně namontovaného dílu), která se rovná hodnotě 0. Nulová hodnota by se správně při měření neměla objevit (protože je velmi vzdálená toleranci a měřeným hodnotám), ale u tohoto parametru nelze jinak nasimulovat neshodný díl, jehož hodnota by se výrazně lišila od shodných výrobků. Konstrukce výrobku toto potvrzuje, dráha pro sepnutí je vyznačena tolerancí, pokud je dráha mimo toleranci, mikrospínač v dílu se vůbec nesepe.

Pokud by se použila tato nulová hodnota, zvýšilo by se číslo  $Ndc$  a snížila by se hodnota procentní variability. Řešení je představeno na následujícím obrázku (obr. č. 16).

**Obr. č. 16: Výstup z GAGE R&R pro charakteristiku dráhy po přeměření dílů**



Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

U parametru dráhy (po přeměření dílů) je na levém grafu (obr. č. 16) již viditelná nulová hodnota nasimulovaného dílu, což vede k výraznému zvýšení čísla  $ndc$  (původně 5, nyní 421) a stejně tak výraznému snížení procentní variability (původně 25,8%, nyní 0,33%). Procentní tolerance zůstává nezměněná, jelikož se hranice tolerance neměnily. Tyto přepočítané hodnoty ukazují na vysoce způsobilý proces. Původní hodnoty ukazatelů, spolu s hodnotami po přeměření, jsou k porovnání v následující tabulce.

**Tabulka č. 4: Srovnání hodnot ukazatelů pro parametr dráhy před a po přeměření**

Dráha	$Ndc \geq 5$	% Variabilita < 30%	% Tolerance < 30%	Proces shledán způsobilým (ANO/NE)
Původní hodnoty	5	25,8	3,05	ANO
Hodnoty po přeměření	421	0,33	3,05	ANO

Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

### 5.3.2 Shrnutí kompletních výsledů GAGE R&R

GAGE R&R byla způsobilá již v prvním měření při statistickém zpracování dat. Pro dosažení lepších hodnot ve sledovaných ukazatelích u parametru dráhy byly díly přeměřeny. Byl nasimulován vadný díl, kdy mikrospínač nebyl sepnut, tudíž výsledná hodnota měření byla nulová. S takto nasimulovaným dílem se velmi výrazně zlepšily hodnoty sledovaných ukazatelů způsobilosti procesu. Hodnoty ukazatelů všech měřených charakteristik jsou shrnuty v následující tabulce. Na základě těchto údajů je proces shledán způsobilým z hlediska dosažení uspokojivých hodnot u všech sledovaných ukazatelů pro všechny parametry.

**Tabulka č. 5: Shrnutí kompletní výsledky GAGE R&R**

Charakteristika	Ndc $\geq$ 5	Procentní variabilita < 30%	Procentní tolerance < 30%
Dráha po přeměření	421	0,33	3,05
Zavírací síla	9	14,66	15,81
Přitahovací síla	8	17,17	20,21
Otevírací síla	15	8,91	13,59
Sepnutí MS 1	5	28,65	1,97
Sepnutí MS 2	5	28,36	1,24
Výjezd motoru	15	9,16	1,97

Zdroj: vlastní zpracování, 2018

## **6 Metody využívané při řízení kvality**

Pro řízení kvality je využíváno mnoho metod, nějaké z nich pracují se statistickou analýzou. Zde jsou představeny statistické metody používané při řízení kvality, ale také ostatní metody využívané k řízení kvality. Tyto se statistikou nemusí být spjaté, avšak pro řízení kvality výroby jsou také důležité. Většinou se využívá nějaká kombinace metod statistických a nestatistických, které se zaměřují na důležité oblasti pro danou konkrétní výrobu. U některých výrob je nutno sledovat závislost mezi dvěma proměnnými využíváním bodových diagramů, pro nějaké výroby toto důležité není. Podobně je tomu u regulačních diagramů, jejichž tvorba nemusí být důležitá pro všechny výroby, ale pouze tam, kde je nutno pravidelně podrobněji kontrolovat určitou charakteristiku a její výkyvy.

Na začátku kapitoly jsou popsány nestatistické metody, které jsou využívány při řízení kvality výroby. Mezi tyto metody patří formulář pro sběr dat, vývojový diagram a diagram příčin a následků (Ishikawa diagram). Mezi statistické metody jsou zde začleněny regulační diagramy, histogram, paretův diagram a bodový diagram. Tyto statistické a nestatistické metody dohromady představují sedm základních nástrojů managementu (jsou využívány i v rámci systému DMAIC, který patří pod metodiku Six Sigma, blíže představenou v podkapitole 7.6). V práci je navíc, u statistických metod pro každou měřenou charakteristiku, vyobrazen průběh výroby. S tímto nástrojem se ve společnosti emz Hanauer s.r.o. pravidelně pracuje, jsou sledovány veškeré naměřené hodnoty u důležitých parametrů a analyzovány jejich abnormality.

Jediný z těchto nástrojů, který se nevyužívá ve zkoumaném výrobním procesu, je bodový diagram. Tato metoda bude pouze představena, nebude obsahovat praktickou aplikaci na sledovaném výrobním procesu.

Při výběru metod, které slouží ke kontrole kvality výroby, musí společnost zohlednit, zda jsou pro konkrétní produkt a jeho měřené charakteristiky vhodné. Využívané metody by měly přinášet užitečný výstup, se kterým se dále může pracovat k dosažení zlepšení současného stavu v budoucnosti (např. úspora nákladů v procesu či zvýšení způsobilosti procesu).

### **6.1 Formuláře pro sběr dat**

Základním nástrojem pro mnohé formy použití jsou různé formuláře (tabulky, záznamníky) pro sběr relevantních dat. Podnik stanovuje formuláře na základě toho, jaká data potřebuje



sbírat v dané oblasti. Metoda není využitelná pouze v oblasti kvality, ale dá se využít v rámci všech oddělení ve firmě. Formuláře by měly být tvořeny na míru:

- zaměstnancům, kteří s nimi pracují (pro pracovníky výroby musí být formuláře jednodušší pro rychlé zapsání dat, aby formuláře nepřidělávali mnoho práce, a pro rychlé pochopení),
- typům informací, které chce podnik pomocí formuláře sbírat.

Sbíraná data jsou pro podnik důležitá a mají nějaký účel (např. informace budou v budoucnu dohledatelné, důkaz o provedení činnosti apod.). Takto evidovaná data by měla být dále zpracovávána nebo někým využívána. Pokud nemá formulář žádné využití, nemusí zatěžovat zaměstnance, kteří data pomocí formuláře sbírají. Mělo by být také bráno v potaz množství různých formulářů pro jedno pracoviště. Může stát, že jsou zaměstnanci zbytečně zahlceni sbíráním všech možných dat, které se, při bližší analýze, ukážou jako nepotřebná. Vzhledem k tomu, že toto sbírání dat trvá zaměstnancům nějaký čas (na úkor výroby), je důležité sbírat pouze data relevantní, aby byl čas efektivně využit. Ve společnosti emz Hanauer s.r.o. se nejčastěji používají formuláře pro sběr dat:

- ze vstupní kontroly,
- z výstupní kontroly,
- z poruchovosti stroje během výroby (doba času oprav)
- z vizuální kontroly materiálu během výroby,
- z dosahované produktivity,
- a další.

## **6.2 Diagram příčin a následků (Ishikawa diagram)**

Diagram příčin a následků se zabývá nalezením příčiny konkrétního problému prostřednictvím jmenování všech možných příčin tohoto problému.

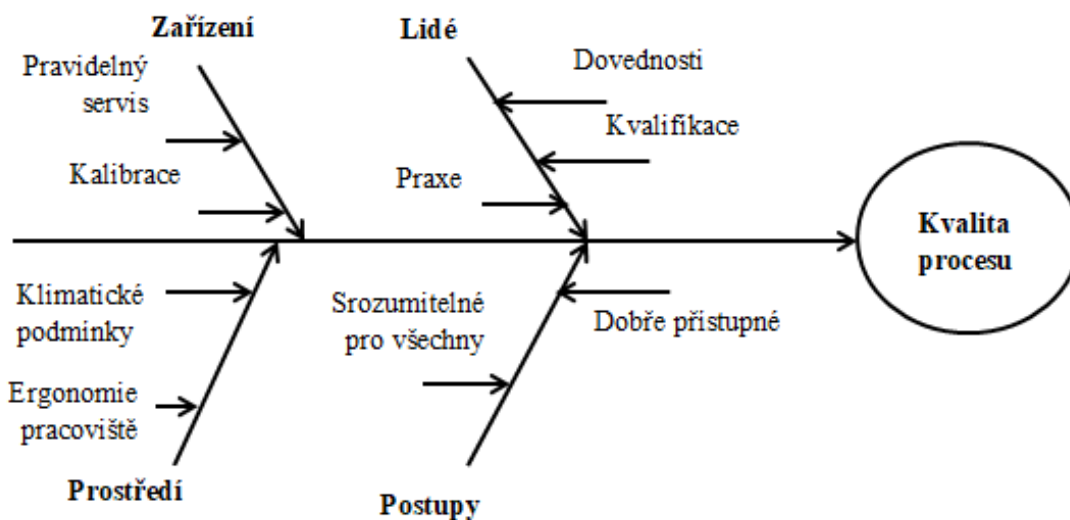
Diagram vytváří skupina zainteresovaných osob (výroba, kvalita, vývoj apod.) v rámci brainstormingu. Jsou definované skupiny příčin (např. Lidský faktor, Materiál, Prostředí, Proces a další), které by měli zainteresovaným osobám pomoci při přemýšlení. K definovaným příčinám se sepíší se všechny nápady a s takto vytvořeným diagramem se pracuje dále. Jeden z možných postupů vyloučení málo pravděpodobných možností je přidělit každému účastníkovi určitý počet bodů, kterým může v rámci každé skupiny ohodnotit

příčiny vzniku. Ty příčiny, které získali nejvíce bodů, se dále analyzují. Touto analýzou se dojde k vyřešení a odstranění problému.

Tuto metodu je možno využít i v rámci statistické analýzy, kdy jsou navrženy korelační či regresní modely na základě obsahu diagramu. Ve společnosti emz Hanauer s.r.o. se s metodou pracuje při hledání možných příčin, ale nevyužívá se statistická analýza v podobě korelačních a regresních modelů. (Researchgate, 2018)

Na následujícím obrázku je vytvořen zjednodušený Ishikawa diagram, který se věnuje kvalitě procesu a faktorům, které ji ovlivňují.

**Obr. č. 17: Zjednodušený model Ishikawa diagramu**



Zdroj: vlastní zpracování, 2018

### 6.3 Vývojový diagram

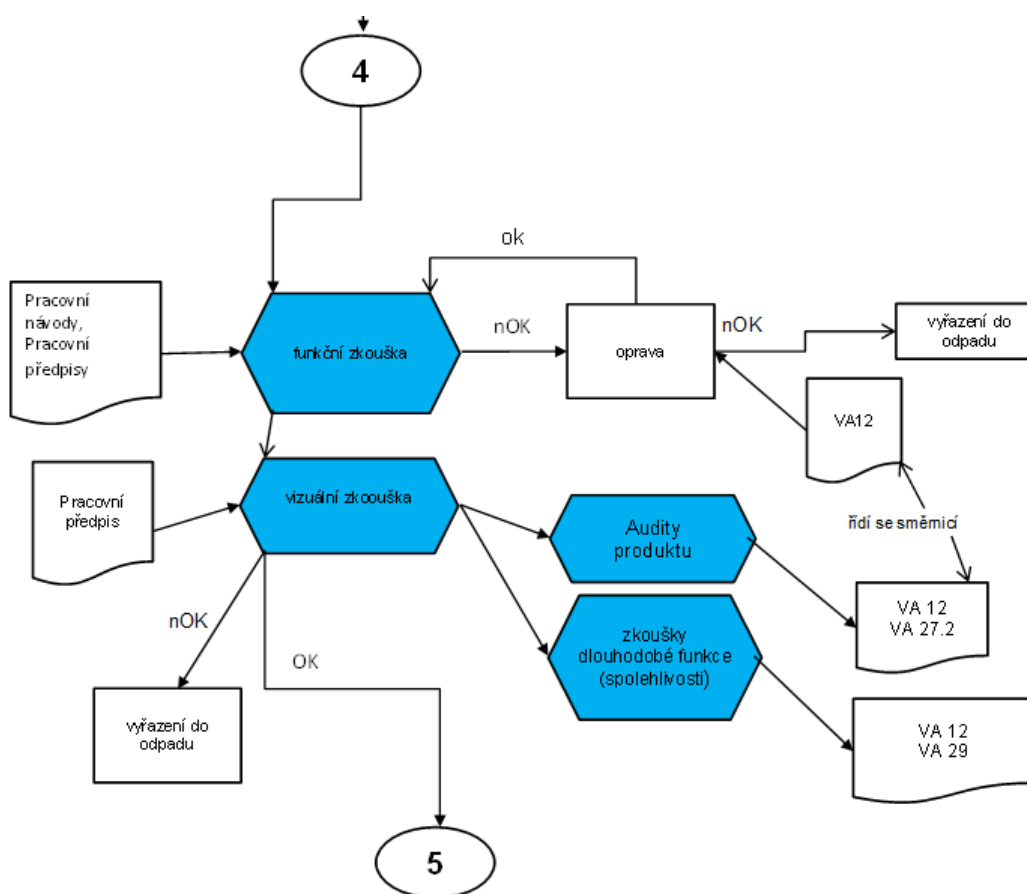
Výrobní proces pro konkrétní výrobek je znázorněn pomocí vývojového diagramu, který graficky popisuje jednotlivé kroky v procesu a řídicí toky, které určují sekvenci mezi těmito kroky. Používá se při popisu celkového procesu a návazností v procesu novým zaměstnancům (popř. zákazníkům a jiným zainteresovaným stranám), při srovnání skutečného průběhu procesu s tímto navrženým průběhem procesu. Další možné využití je pro analýzu kroků v procesu, odhalování nedostatků a následné zlepšování na základě této analýzy. Tímto je možné eliminovat činnosti, které nepřidávají přidanou hodnotu, či zkracovat výrobní dobu tím, že uspořádám činnosti do efektivnějšího sledu kroků. (Horálek, 2004)

Vývojový diagram pro sledovaný výrobní proces se skládá z následujících částí:

- vstupní kontrola (kontrola kvalitativních a kvantitativních charakteristik vstupů – v tomto případě materiálu),
- kompletace výrobku (montáž výrobku se většinou skládá z několika etap, dle náročnosti montáže na prostor, na potřebné stroje apod.),
- testování funkce výrobku (nejenom testování kvantitativních charakteristik pomocí funkčního zařízení, ale také následující zkoušky, např. zkouška dlouhodobé funkčnosti výrobku).
- výstupní kontrola (v popisovaném výrobním procesu jsou v rámci výstupní kontroly sledovány pouze kvalitativní charakteristiky výrobku),
- balení finálního výrobku.

Vývojový diagram by měl být sestavovaný v týmu a měl by být zobrazen co nejprůhledněji. Část vývojového diagramu sledovaného výrobního procesu je zobrazena na následujícím obrázku. Jedná o vývojový diagram pro testování funkce výrobku, vč. následné výstupní kontroly.

**Obr. č. 18: Vývojový diagram funkční a výstupní zkoušky**



Zdroj: vlastní zpracování, 2018

## 6.4 Histogram

Histogram se využívá pro sledování dat z procesu a při určení, zda proces splňuje požadavky normálního rozdělení. Zkoumá tvar a rozdělení dat použitím sloupců, ve kterých jsou zobrazeny četnosti dat v daném intervalu hodnot.

U histogramu sledujeme následující skutečnosti:

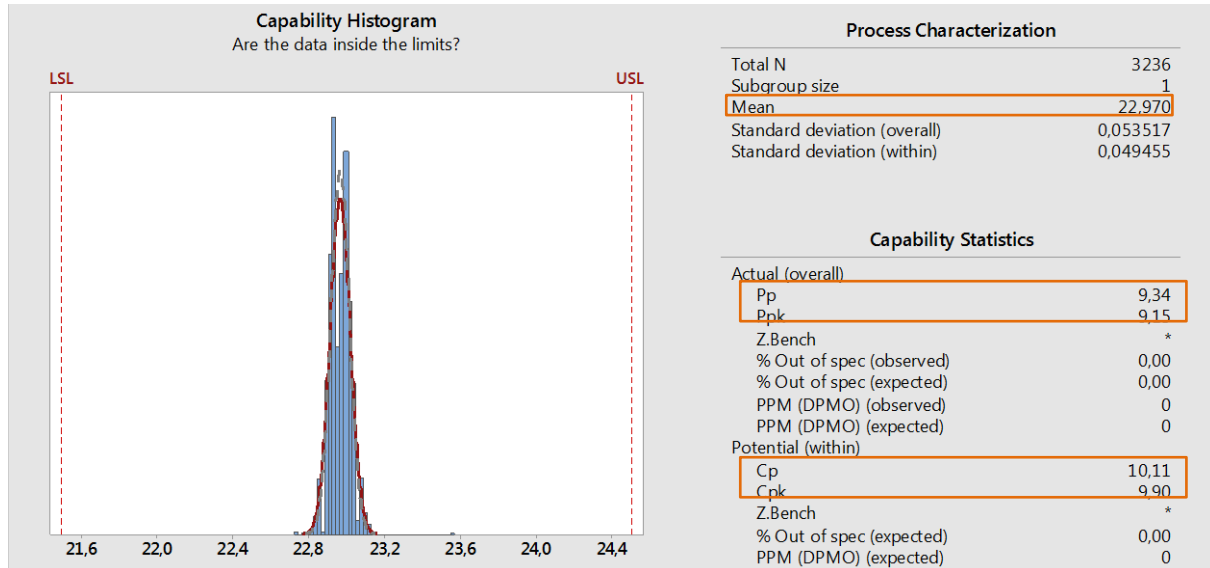
1. zda je histogram uvnitř regulačních mezí – mezi spodní a horní hranicí tolerance (v grafu spodní hranice označená jako „LSL“, horní hranice označená jako „USL“),
2. jaký je tvar histogramu,
  - a. úzký tvar histogramu uprostřed regulačních mezí naznačuje vysokou přesnost procesu,
  - b. široký tvar histogramu zobrazuje velkou rozptýlenost měřených hodnot v rámci tolerance (široký histogram se většinou pohybuje i mimo tolerance, tím se stává proces nezpůsobilý),
  - c. histogram kopíruje tvar křivky Gaussova normálního rozdělení (v procesu se vyskytují náhodné výkyvy v měření pouze vlivem náhodných veličin),
3. kde se histogram nachází (uprostřed regulačních mezí, na hranici jedné z regulačních mezí),
4. jaké jsou možné příčiny odchylek dle tvaru histogramu (působení pouze náhodných vlivů u symetrického tvaru kopírujícího normální rozdělení, u histogramu s dvěma vrcholy je možné, že byly smíchané dva typy dat, například dvě odlišné dávky materiálu a další). (Tošenovský aj., 2000)

Červená linie naznačuje skutečný tvar rozdělení dat (většinou se přibližuje tvaru křivky Gaussova normálního rozdělení). Přerušovaná černá linie se většinou také přibližuje křivce normálního rozdělení, ale určuje, kde by se rozdělení mohlo nacházet, kdyby se v procesu eliminovaly výkyvy v měření. Pro sestavení následujících histogramů byla použita data ze sledovaného výrobního procesu za jeden měsíc (pro histogramy po implementaci změn jsou data také za jeden měsíc).

Výstupem není pouze histogram, ale také vypočítaná hodnota ukazatelů  $C_p$ ,  $C_{pk}$ ,  $P_p$ ,  $P_{pk}$ . Ukazatelé  $P_p$ ,  $P_{pk}$  pracují se střední odchylkou vypočítanou z daného vzorku dat a ukazují na minulý vývoj, nelze z nich usuzovat budoucí vývoj měření dat. Hodnota ukazatelů  $C_p$ ,  $C_{pk}$  vyjadřuje, jak se bude proces v budoucnu chovat (zda bude při dodržení stejných podmínek statistické kontroly proces v budoucnu způsobilý), pracuje se standardní odchylkou.

Ukazatele Pp, Ppk musí ležet ve stejných intervalech jako Cp, Cpk (Pp, Cp > 1,67; Ppk, Cpk > 1,33). (interní zdroje společnosti emz Hanauer s.r.o., 2018)

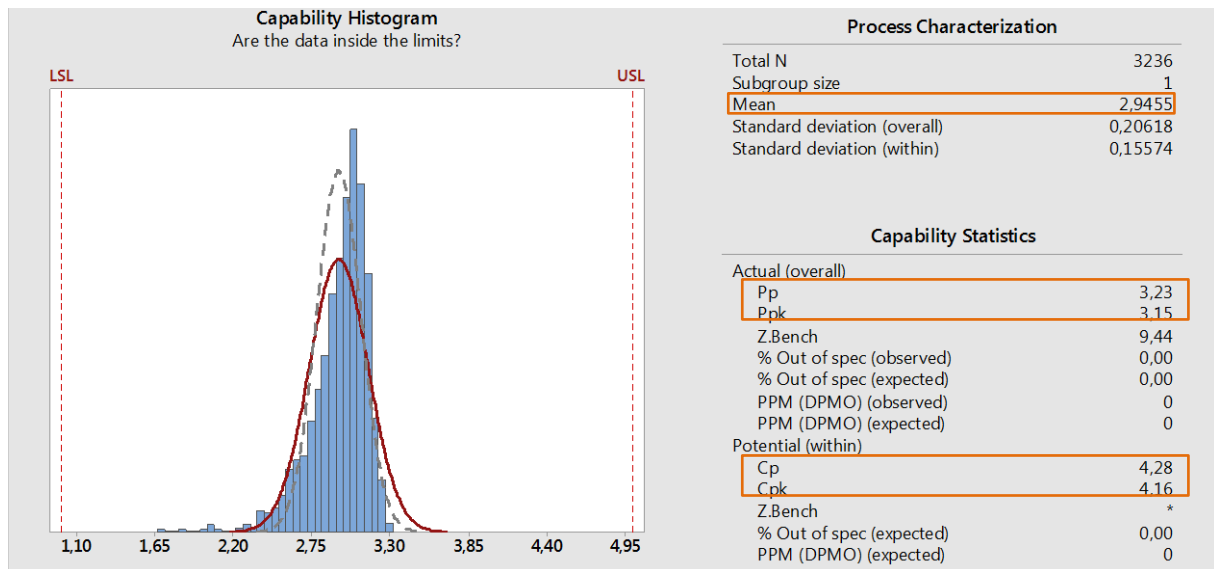
**Obr. č. 19: Histogram pro parametr dráha**



Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

U parametru dráha je průměr z naměřených hodnot (na obr. č. 19 označen jako „Mean“) 22,97 mm, což znamená, že se data nacházejí uprostřed tolerance (střed tolerance je konkrétně 23mm). Tvar histogramu je oproti klasickému tvaru normálního rozdělení zúžený, z čehož je patrné, že je v naměřených datech velmi malá variabilita. Tyto skutečnosti vedou k velmi vysoké hodnotě ukazatele Cp (= 10,11); Cpk (= 9,90); Pp (= 9,34) a Ppk (= 9,15). Všechny tyto hodnoty jsou tedy pro proces uspokojivé. Jak již bylo zmíněno v předchozích kapitolách, měření tohoto parametru je velice přesné, proto byla vysoká hodnota očekávaná i u těchto ukazatelů. Ukazatelé Pp a Ppk zde představují reálnou způsobilost stroje z naměřených dat, ukazatelé Cp, Cpk značí budoucí způsobilost stroje při stejné kontrole výrobního procesu. Na základě těchto poznatků je proces způsobilý pro měření této charakteristiky.

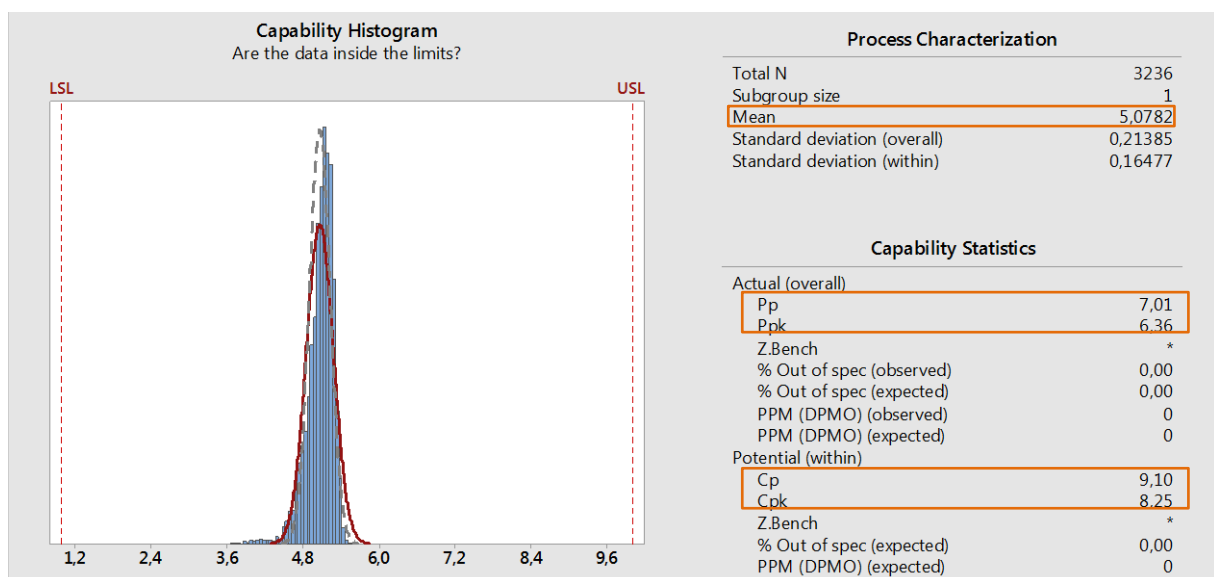
**Obr. č. 20: Histogram pro parametr sepnutí MS1**



Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

Nejvíce hodnot u parametru sepnutí MS1 (obr. č. 20) se pohybuje na středu tolerance (tomuto odpovídá také střední hodnota 2,94 sekund), avšak určitá malá skupina hodnot se pohybuje ke spodní hranici tolerance. I přes to se všechny hodnoty se pohybují ve vymezené toleranci a není moc pravděpodobné, že by nějaká hodnota padla mimo hranice tolerance. Z tohoto důvodu jsou v požadovaných mezích také ukazatele Cp (= 4,28), Cpk (= 4,16), Pp (= 3,23) a Ppk (= 3,15), které dosahují velmi uspokojujících hodnot. Výrobní proces je vzhledem k tomuto parametru způsobilý.

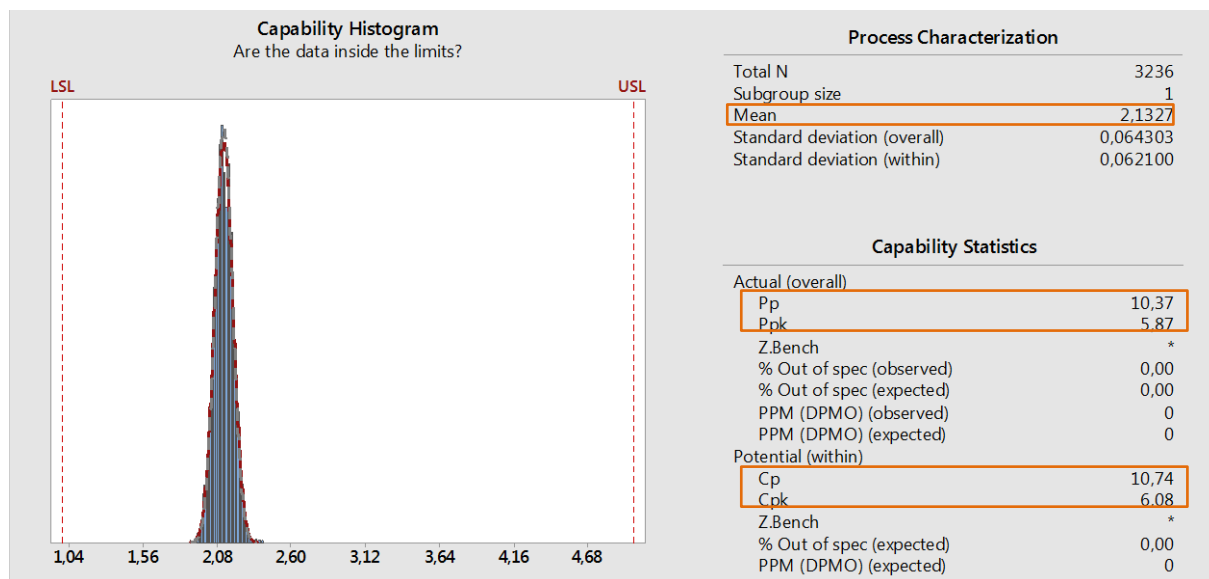
**Obr. č. 21: Histogram pro parametr sepnutí MS2**



Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

Histogram pro parametr sepnutí mikrospínače č. 2 (obr. č. 21) je velmi úzký a nachází se na středu tolerance (odpovídá tomu i střední hodnota 5,07 sekund, střed tolerance je 5,5 sekund). Hodnoty jsou velmi málo rozptýlené, což společně se zohledněním výše zmíněných skutečností, vede k vysoké hodnotě ukazatelů Cp (= 9,10), Cpk (= 8,25), Pp (= 7,01), Ppk (= 6,36). Výrobní proces je, v rámci měření tohoto parametru, shledán způsobilým pro další měření. Možný návrh pro tento výrobní proces by bylo zúžení hranic nastavených na měřidle, aby bylo možno sledovat různé odchylky od obvyklých hodnot a tyto odchylky dále analyzovat ke zjištění příčiny. Mohl by se tímto vysledovat například nevyhovující materiál, který se nemusí zde v procesu ihned projevit, ale může se projevit po určitém opotřebení vlivem využívání (hodnoty leží mimo obvyklé hodnoty, ale stále v těchto zákaznických širokých hranicích).

**Obr. č. 22: Histogram pro parametr časový rozdíl**

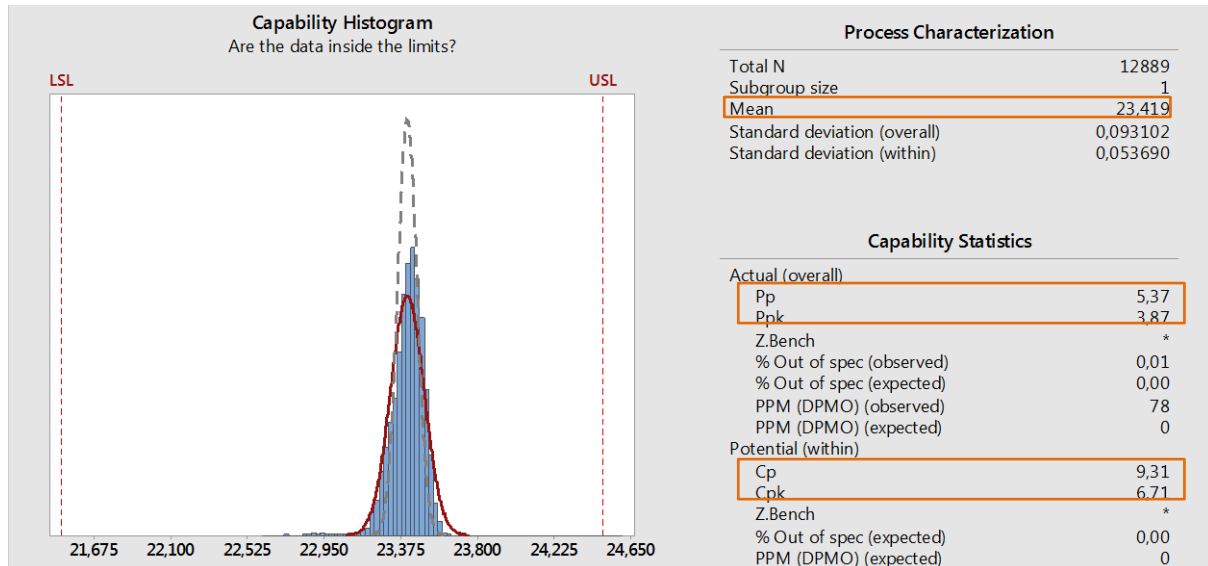


Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

Histogram pro parametr časový rozdíl (obr. č. 22) je velmi úzký, data jsou v jednom shluku, ale nacházejí se blíže ke spodní hranici tolerance. Poloha dat blíže ke spodní hranici tolerance by mohlo v budoucnu znamenat, že nějaká data padnou mimo zadanou toleranci. Není to však velmi pravděpodobné, zejména díky vysoké hodnotě ukazatelů Cp a Cpk (čím vyšší je jejich hodnota, tím je menší pravděpodobnost, že data padnou mimo vymezené hranice). Pokud by se opravdu hodnoty posunuly blíže ke spodní hranici, popřípadě mimo hranici, značilo by to

nějakou neshodu ve výrobním procesu (špatné nastavení stroje, neshodný materiál, špatná montáž apod.).

**Obr. č. 23: Histogram pro parametr dráha odsepnutí**

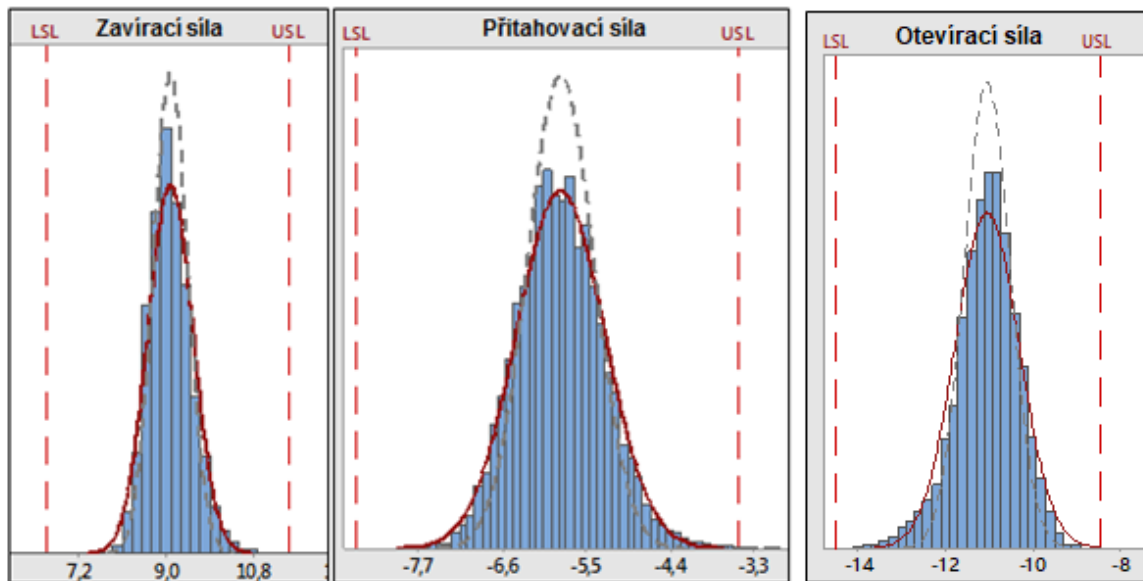


Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

Stejně jako při měření dráhy sepnutí (první měřený parametr), jsou i zde, u parametru dráhy odsepnutí, data v jednom shluku (viditelné na obr. č. 23). Pohybují se sice blíže horní hranici tolerance, ale k hranici se nepřibližují. V budoucnu by tedy neměl vzniknout problém, že by se hodnoty nacházely na horní hranici tolerance. Proces na první pohled splňuje požadavky pro způsobilý proces, což značí i hodnoty sledovaných ukazatelů. Ukazatelé Cp (= 9,31) a Cpk (= 6,71) jsou velmi vysoké. Ukazatelé Pp (= 5,37) a Ppk (= 3,87) mají již o něco nižší hodnoty, ale stále velmi uspokojivé. Proces měření tohoto parametru je způsobilý.



**Obr. č. 24: Histogram pro parametry zavírací síla, přitahovací síla a otevírací síla**



Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

Histogramy pro jednotlivé parametry sil byly vloženy do jednoho obrázku pro lepší porovnání rozložení dat u různých měřených sil, jelikož spolu všechny síly souvisejí. Hodnoty ukazatelů pro jednotlivé parametry jsou zmíněny v tabulce č. 6.

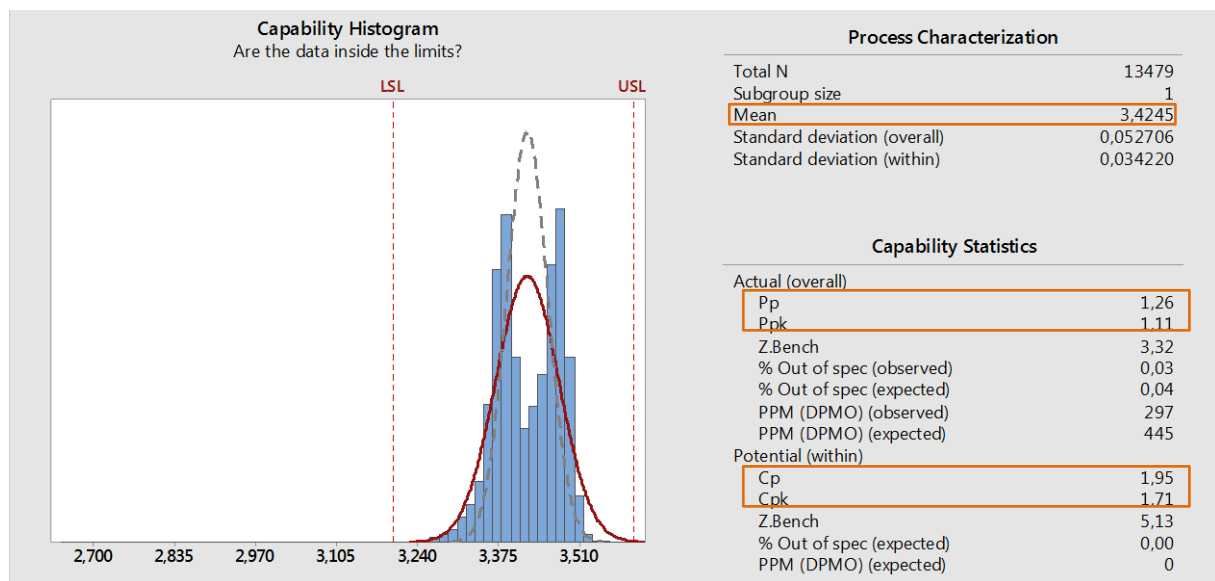
**Histogram pro zavírací sílu** se nachází téměř na středu tolerance, data jsou blíže ke spodní hranici (v grafu vyznačená linií LSL). Z použitých dat byl vypočítán střed dat 9,08N a střed tolerance je 9,5N. Data nejsou tak rozptýlená, jako např. u grafu pro přitahovací sílu, vyšší četnost hodnot se nachází okolo středu tolerance. Není viditelný žádný sloupec četnosti hodnot, který by byl mimo toleranci, avšak v procesu se nachází 0,04% neshodných výrobků z celkových vyrobených dílů. Toto procento je velmi nízké, ale přispívá, spolu s rozložením dat blízko obou hranic, k nevyhovujícím hodnotám ukazatelů  $P_p$  (= 1,39) a  $P_{pk}$  (= 1,12). Hodnota  $C_p$  a  $C_{pk}$  je pro způsobilý proces vyhovující.

Histogram četnosti hodnot ze sledovaného období u **parametru přitahovací síly** je podobný tvaru normálního rozdělení. Data se však pohybují u horní hranice tolerance. Na to, zda je proces způsobilý, má vliv nejen tvar histogramu, ale také jeho poloha v rámci horní a spodní tolerance. U způsobilého procesu by se měl histogram pohybovat nejlépe na středu tolerance. Jedním z důvodů, že nejsou vyhovující hodnoty ukazatelů pro způsobilost procesu, je ten, že se histogram pohybuje u jedné z hranic tolerance (nějaké hodnoty leží mimo tuto hranici tolerance). Hodnoty mimo toleranci jsou na grafu viditelné, což znamená, že jejich četnost

není zanedbatelná. I přesto ale nevyšel pouze jeden ze sledovaných ukazatelů, ukazatel Pp s hodnotou 1,44.

**U histogramu pro parametr otevírací síly** je na první pohled patrné zejména to, že jsou data rozptýlena po celé šířce tolerance. Histogram je spíše na hranici horní tolerance (jako tomu bylo u přitahovací síly), ale přibližuje se i k hranici spodní tolerance. Toto samotné rozložení histogramu značí, že nebudou vyhovující nějaké ze sledovaných ukazatelů. Procento neshodných výrobků zde není tak patrné jakou předchozího parametru, četnost neshodných výrobků není tak vysoká (pro optimalizovaný proces). Hodnoty sledovaných ukazatelů pro způsobilost procesu nevyšly zejména z toho důvodu, že se histogram pohybuje u obou hranic tolerance a je zde vysoké riziko, že se hodnoty budou pohybovat i mimo toleranci. Nevyhovující hodnoty měly ukazatele Pp a Ppk. Největším problémem u tohoto parametru je tedy poloha histogramu v rámci hranic tolerance.

**Obr. č. 25: Histogram pro parametr výjezd motoru do základní pozice**



Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

U histogramu pro parametr výjezd motoru do základní pozice (obr. č. 25) je viditelný odlišný tvar od všech předchozích histogramů. Zde jsou data rozptýlena do dvou vrcholů o datech s největší četností. Je několik možných příčin takového tvaru histogramu, např. zpracování dvou výrobních dávek materiálu. Vrcholy se nacházejí přibližně na středové hodnotě, blíže horní hranici tolerance. Toto je u tohoto parametru v pořádku, jelikož je viditelné, že u horní hranice tolerance klesla výrazně četnost a nenachází se tam žádné velké množství dat. Díky tomu je u horní tolerance stále rezerva, pokud by se případně hodnoty parametru v procesu

posunuly k horní hranici tolerance (např. vlivem odlišného materiálu apod.). Vypočítané hodnoty  $C_p$  (= 1,95) a  $C_{pk}$  (= 1,71) odpovídají způsobilému procesu. Hodnoty  $P_p$  (= 1,26) a  $P_{pk}$  (= 1,11) způsobilému procesu neodpovídají. I zde je nutno zkontrolovat proces a zjistit příčinu odchylky od požadovaných hodnot těchto ukazatelů.

#### 6.4.1 Návrh a implementace změny pro dosažení způsobilého procesu

Na základě sledovaných ukazatelů  $C_p$ ,  $C_{pk}$ ,  $P_p$  a  $P_{pk}$ , pro způsobilost procesu, byl proces vyhodnocen jako nezpůsobilý v rámci měření parametrů zavírací síla, otevírací síla, přitahovací síla a výjezd motoru do základní pozice.

Jelikož současné nastavení těchto parametrů představuje velký problém pro proces, bude změna pro **parametry zavírací síla, otevírací síla a přitahovací síla** v procesu provedena pomocí PDCA cyklu (metoda PDCA blíže popsána v kapitole 7.1). Prvním krokem je naplánování možností prověření procesu:

- prověřit nastavení horní a spodní hranice tolerance (je provedeno srovnávací měření, jsou prověřeny zákaznické hranice a prozkoumána možnost posunutí hranic),
- analyzovat neshodné výrobky (výrobky mimo toleranci), aby byla zajištěna příčina jejich nevyhovující hodnoty (např. materiál neodpovídá požadovaným vlastnostem),
- analyzovat výrobky na hranici tolerance (zde je nutno prověřit, zda se na horní hranici tolerance nenacházejí výrobky, které jsou neshodné, jelikož hodnoty nějakých neshodných výrobků se od shodných výrobků liší pouze o desetinná čísla),
- zkontrolovat nastavení měřidla (hodnoty nemusí odpovídat reálným hodnotám).

Následující aktivity provedené za účelem objevení příčiny nezpůsobilých procesů, ovlivňují všechny sledované parametry sil, tedy zavírací sílu, otevírací sílu a přitahovací sílu.

Je provedeno srovnávací měření, aby bylo zjištěno, zda jsou správně nastaveny hranice na měřicím zařízení. Zde nebyla nalezena žádná výrazná odchylka od hodnot tolerance, které jsou v současné době nastaveny. Tolerance v měřicím zařízení se na základě tohoto srovnání měnit nebudou.

Dále je provedena analýza neshodných výrobků, v měřicím zařízení jsou přeměřeny náhodné shodné výrobky z několika měsíců zpět. Hodnoty odpovídají původním hodnotám, měřidlo je tedy správně nastaveno. Bližší analýzou komponentů, ze kterých se skládá výrobek, je zjištěno, že mají měřené pružiny větší sílu (toto odpovídá naměřeným hodnotám mimo tolerance u všech měřených parametrů na síly). Na základě tohoto zjištění jsou zkontrolovány

naměřené hodnoty ze vstupní kontroly pro tuto konkrétní dodávku pružin. Hodnoty se také pohybovaly na horní hranici tolerance, avšak ne mimo tuto hranici tolerance.

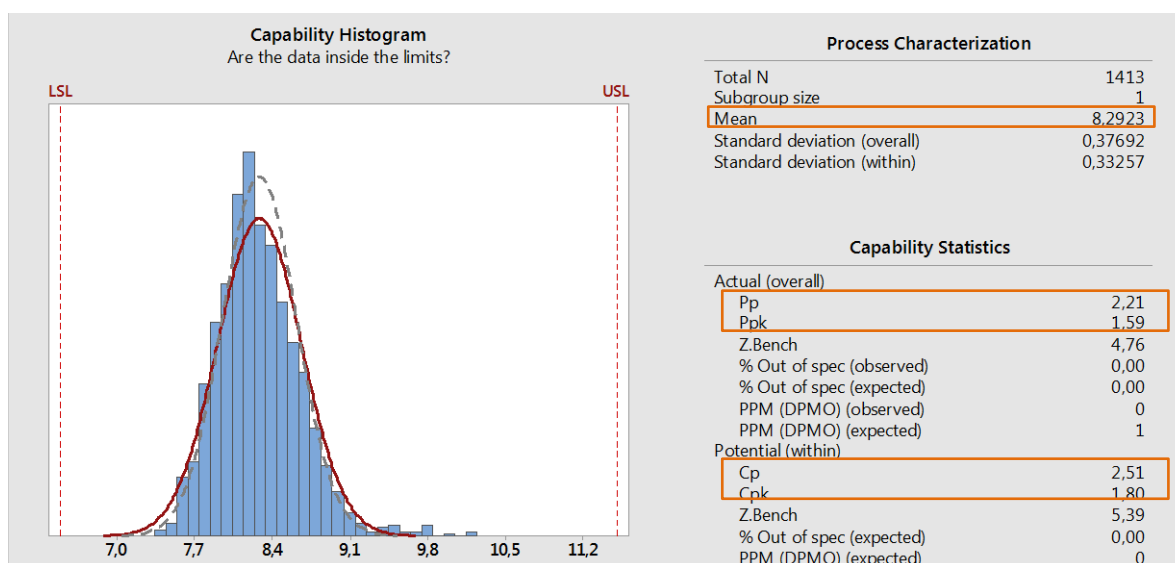
Vzhledem k povaze měřených parametrů síly (síly jsou při každém měření rozdílné a odchylka mezi měřeními je znatelná) je možné, že nějaké výrobky, které se nacházejí na hranici tolerance (jsou tedy vyhodnoceny jako shodné), nemusí odpovídat požadavkům daným zákazníkem, proto je nutný okamžitý zásah do procesu.

Dalším krokem v PDCA cyklu je uskutečnění změny. V předchozím kroku bylo zjištěno, že nejvíce pravděpodobnou příčinou odchylek v procesu je nevyhovující materiál.

Současný nevyhovující materiál je ve výrobním procesu nahrazen novou dodávkou materiálu. Na tuto dodávku byla provedena vstupní kontrola, hodnoty měřených sil se nepohybovaly na hranici tolerance. Původní materiál je nevyhovující pro výrobu, avšak není neshodný z pohledu dodavatele, jelikož všechny hodnoty pružin byly na vstupní kontrole v pořádku a hodnoty síly pružin z vadných výrobků jsou po přeměření na vstupní kontrole také v pořádku. Z tohoto důvodu je požádáno o změnu materiálu. Nově jsou používány pružin s nižší silou, hranice tolerance na vstupní kontrole se, na základě změny, také posunou dolů. Hranice na měřicím zařízení zůstaly nezměněné, jelikož odrážejí požadavky zákazníka. Nižší síla pružin pozitivně ovlivní všechny měřené parametry síly a výrobní proces. Zajistí menší procento neshodných výrobků ve výrobním procesu.

Následujícím krokem v PDCA cyklu je kontrola provedených změn. Pro tento krok jsou na následujících obrázcích zobrazeny histogramy za jeden měsíc používání nového materiálu. Nastavená kontrola spočívá právě v kontrole způsobilosti procesu po implementaci změn a v kontrole hodnot sledovaných ukazatelů. Je viditelná pozitivní změna v hodnotách sledovaných parametrů po změně materiálu. Všechny ukazatele hodnotící způsobilost procesu jsou v požadovaných rozmezích.

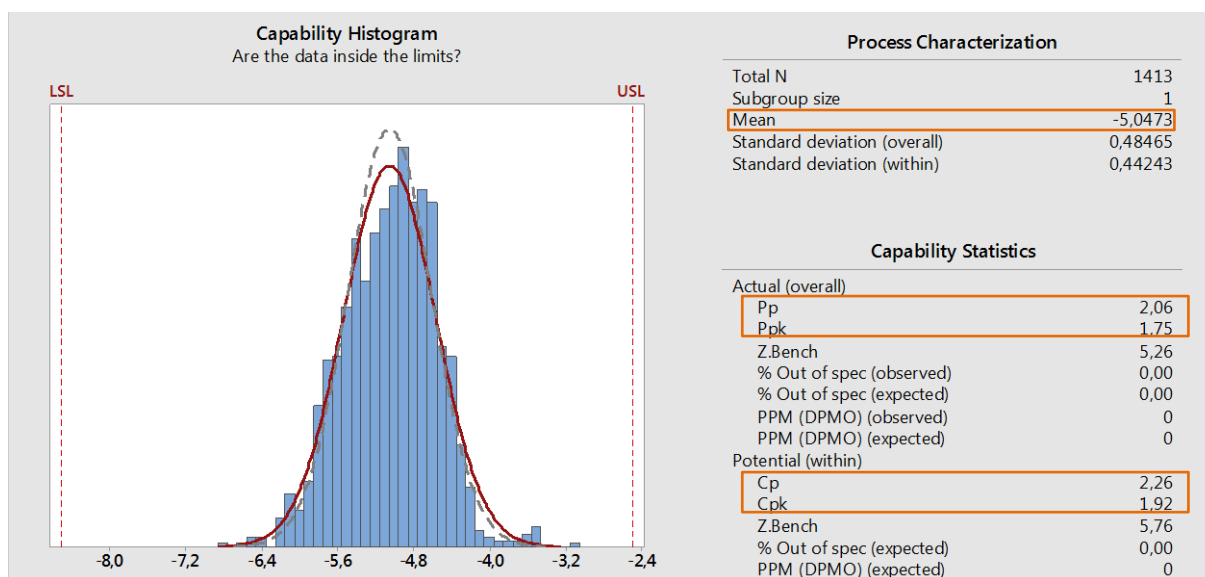
**Obr. č. 26: Histogram pro parametr zavírací síla po implementaci změn**



Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

Všechny hodnoty sledovaných ukazatelů pro parametr zavírací síly (obr. č. 26) jsou vyhovující a značí způsobilý proces v rámci měření parametru zavírací síly. Hodnoty jsou výrazně vyšší oproti hodnotám ukazatelů před změnou materiálu. Původní histogram byl rozptýlen k hranicím tolerance, nyní se hodnoty pohybují blíže spodní hranici tolerance (vlivem slabších pružin).

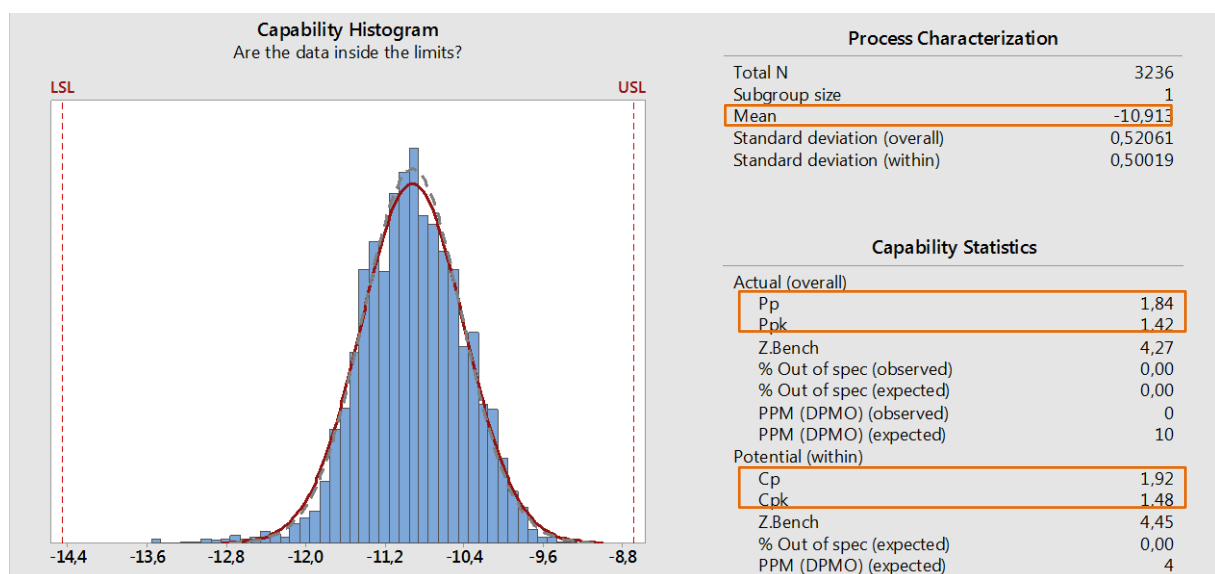
**Obr. č. 27: Histogram pro parametr přitahovací síla po implementaci změn**



Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

Původní histogram pro přitahovací sílu (obr. č. 24) se pohyboval na horní hranici tolerance, mnoho hodnot bylo mimo tuto hranici tolerance. V současném histogramu pro přitahovací sílu (obr. č. 27) je již viditelná implementace navržených změn. Používání pružin s nižší silou se pozitivně projevilo při měření přitahovací síly, jelikož již žádné hodnoty nejsou mimo toleranci. Histogram se nachází blíže horní hranici tolerance, avšak je tam stále rezerva, takže by neměl vzniknout problém ve vyšším výskytu neshodných výrobků ve výrobním procesu. Tomuto odpovídají i hodnoty sledovaných ukazatelů, které jsou po implementaci změny výrazně lepší.

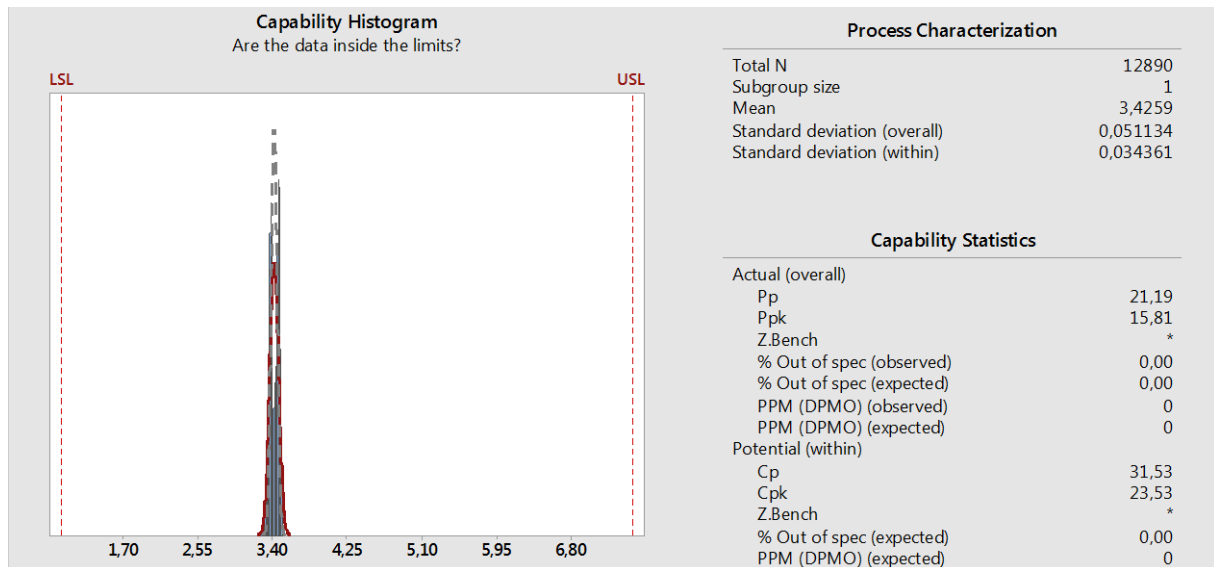
**Obr. č. 28: Histogram pro parametr otevírací síla po implementaci změn**



Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

Původní histogram pro parametr otevírací síla (obr. č. 24) se pohyboval u horní hranice tolerance, nějaké hodnoty byly mimo tuto hranici. Po implementaci změny v materiálu, u parametru otevírací síly (obr. č. 28), je vidět posun histogramu směrem ke spodní hranici tolerance, čímž bylo sníženo množství neshodných výrobků (konkrétní procento snížení je možno zjistit v podkapitole 6.7.1). Hodnoty se stále nacházejí blízko horní hranice tolerance, proto je možno, že se v budoucnu, při změně v procesu či v materiálu, zvýší procento neshodných výrobků. Tento parametr je nutno důkladněji sledovat, aby se případné negativní změny včas odhalily a odstranily. Ukazatelé Cp (= 1,92), Cpk (= 1,48), Pp (= 1,84) a Ppk (= 1,42) se nacházejí ve správném limitu a poukazují na způsobilý proces, avšak jejich hodnota není moc vysoká. Je to způsobeno zejména tím, že se data nacházejí blízko horní hranice tolerance.

**Obr. č. 29: Histogram pro parametr výjezd motoru do základní pozice po implementaci změn**



Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

Na sestavení původního histogramu pro parametr výjezd motoru do základní pozice (obr. č. 25) byly použity velmi zúžené hodnoty tolerance (3,2 sekund – 3,6 sekund), které jsou nastavené jako tolerance měřidla. Skutečná tolerance požadovaná zákazníkem je 1 sekunda až 7,5 sekundy. Zúžená tolerance je nastavená proto, aby se poznalo, když se měření vychýlí z obvyklých hodnot pro shodný výrobek. Tímto se může včas zareagovat na změnu ve výrobku či v měřidle a odstranit jí dříve, než ovlivní proces. Hodnoty ukazatelů Pp, Ppk nebyly dostatečně vysoké kvůli tomu, že jsou hranice nastavené oproti hranicím požadovaným o mnoho užší. Pro přepočítání hodnot způsobilosti procesu jsou použity zákaznické hranice, avšak na obrázku pro parametr výjezd motoru (obr. č. 29) není moc patrný tvar histogramu o dvou vrcholech (tím, že jsou data zobrazena oproti širší hranici). Hodnoty sledovaných ukazatelů způsobilosti jsou velmi vysoké ( $C_p = 31,53$ ,  $C_{pk} = 23,53$ ,  $P_p = 21,19$ ,  $P_{pk} = 15,81$ ) a proces je na první pohled způsobilý.

Na základě výše sledovaných hodnot je sestavena tabulka pro porovnání hodnot původních s hodnotami po implementovaných změnách. V této tabulce jsou zmíněny pouze hodnoty ukazatelů u těch parametrů, které byli napoprvé nevyhovující. Nevyhovující hodnoty jsou označené červeně.

**Tabulka č. 6: Porovnání hodnot sledovaných ukazatelů pro parametry sil před a po implementaci změn**

Sledovaný parametr	Hodnota ukazatele Cp > 1,67	Hodnota ukazatele Cpk > 1,33	Hodnota ukazatele Pp > 1,67	Hodnota ukazatele Ppk > 1,33
Zavírací síla původní	1,81	1,69	<b>1,39</b>	<b>1,12</b>
Zavírací síla po změnách	2,51	1,80	2,21	1,59
Přítahovací síla původní	1,9	1,77	<b>1,44</b>	1,34
Přítahovací síla po změnách	2,26	1,92	2,06	1,75
Otevírací síla původní	1,9	1,61	<b>1,37</b>	<b>1,16</b>
Otevírací síla po změnách	1,92	1,48	1,84	1,42
Výjezd motoru původní	1,95	1,71	<b>1,26</b>	<b>1,11</b>
Výjezd motoru po změnách	31,53	23,53	21,19	15,81

Zdroj: vlastní zpracování, 2018

Z tabulky je patrné zlepšení u všech měřených charakteristik, u parametru výjezdu motoru je toto zlepšení výrazné. Měření všech sledovaných parametrů bylo po implementaci navržených změn shledáno způsobilé pro daný výrobní proces.

#### **6.4.2 Shrnutí celkové způsobilosti procesu**

V následující tabulce jsou shrnuté hodnoty všech sledovaných ukazatelů pro všechny parametry. Pro parametry, které byly nejprve nevyhovující, jsou v tabulce použity hodnoty po implementaci navržených změn. Způsobilost procesu byla hodnocena nejen na základě sledovaných ukazatelů, ale pozornost byla věnována také tvaru histogramu, jeho poloze v rámci tolerance a odchylkám, které byli v histogramu viditelné. Po implementaci navržených změn u vybraných parametrů je proces shledán způsobilým. Všechny parametry dosahují uspokojujících hodnot ukazatelů a procento neshodných produktů ve sledovaném procesu bylo po implementaci změn sníženo o 96%. Toto snížení představuje velmi pozitivní změnu ve sledovaném výrobním procesu.



**Tabulka č. 7: Shrnutí způsobilosti procesu na základě dílčích parametrů**

Parametr	Hodnota ukazatele $C_p > 1,67$	Hodnota ukazatele $C_{pk} > 1,33$	Hodnota ukazatele $P_p > 1,67$	Hodnota ukazatele $P_{pk} > 1,33$	Vyhodnocení se zohledněním tvaru a polohy histogramu
Dráha	10,11	9,90	9,34	9,16	Proces způsobilý
Zavírací síla po změnách	2,51	1,80	2,21	1,59	Proces způsobilý
Přítahovací síla po změnách	2,26	1,92	2,06	1,75	Proces způsobilý
Otevírací síla po změnách	1,92	1,48	1,84	1,42	Proces způsobilý
Sepnutí MS 1	4,28	4,16	3,23	3,15	Proces způsobilý
Sepnutí MS 2	9,10	8,25	7,01	6,36	Proces způsobilý
Časový rozdíl	10,74	6,08	10,37	5,87	Proces způsobilý
Výjezd motoru po změnách	31,53	23,53	21,19	15,81	Proces způsobilý
Dráha odsepnutí	9,31	6,71	5,37	3,87	Proces způsobilý

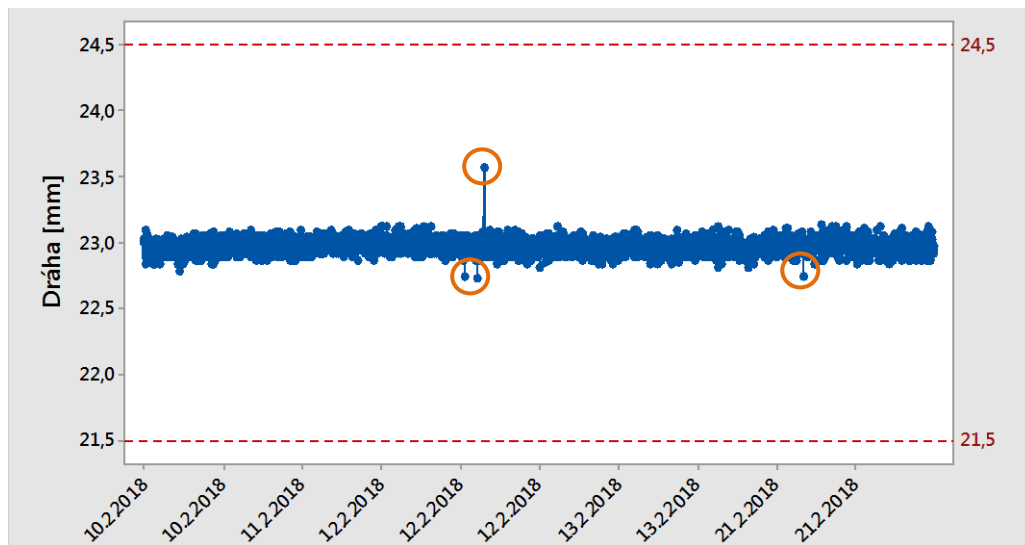
Zdroj: vlastní zpracování, 2018

## 6.5 Průběh výrobního procesu

Průběh výroby je sledovaný v každém výrobním procesu ve společnosti emz Hanauer s.r.o. Oproti histogramu (pro který jsou vstupní hodnoty stejné) se v tomto grafu hodnoty zobrazují časově za sebou, proto lze, zejména odchylky od běžných hodnot, sledovat i v rámci času a ne pouze v rámci naměřené hodnoty oproti toleranci. Díky tomu je možno včas zachytit možné odchylky či výkyvy v měření a porovnat jejich vznik v čase oproti ostatním hodnotám.

Pro efektivní řízení kvality výrobního procesu, je nutné pravidelně sledovat průběhy výrobního procesu. Pro každou charakteristiku vybraného výrobního procesu je zde vyobrazen průběh výroby za jeden měsíc.

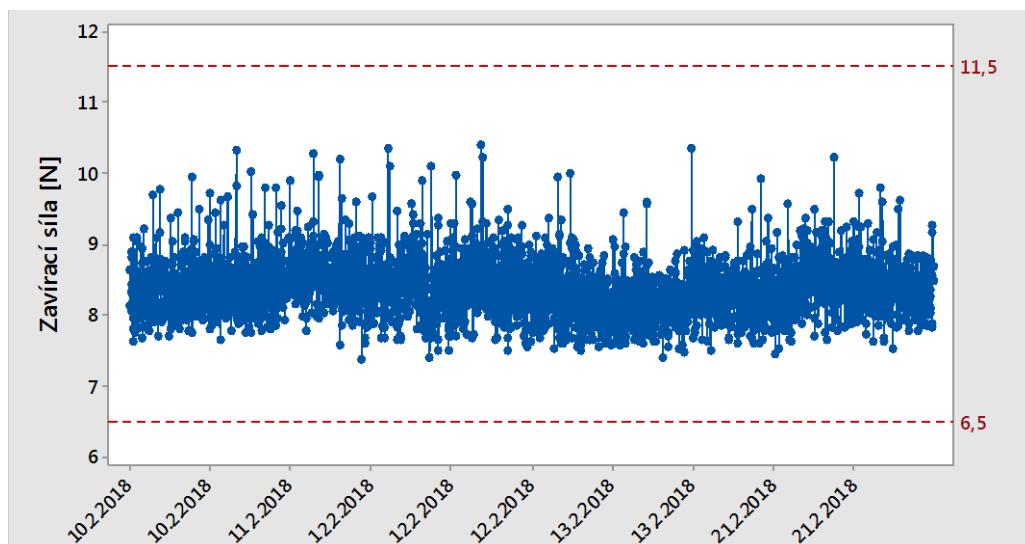
**Obr. č. 30: Průběh měření charakteristiky dráha**



Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

Naměřená data u parametru pro měření dráhy v mm jsou shluklé na středu tolerance, proces je velmi stabilní a měření přesné. V grafu jsou viditelné čtyři odchylky od klasického průběhu (vyznačené oranžovou barvou), tyto signalizují nějakou změnu v měření či v samotném dílu (ve výstupu procesu), ale jedná se o náhodné vlivy ovlivňující proces. Odchylky se o moc neliší oproti ostatním hodnotám, proto jim není potřeba věnovat zvýšenou pozornost.

**Obr. č. 31: Průběh měření charakteristiky zavírací síla**

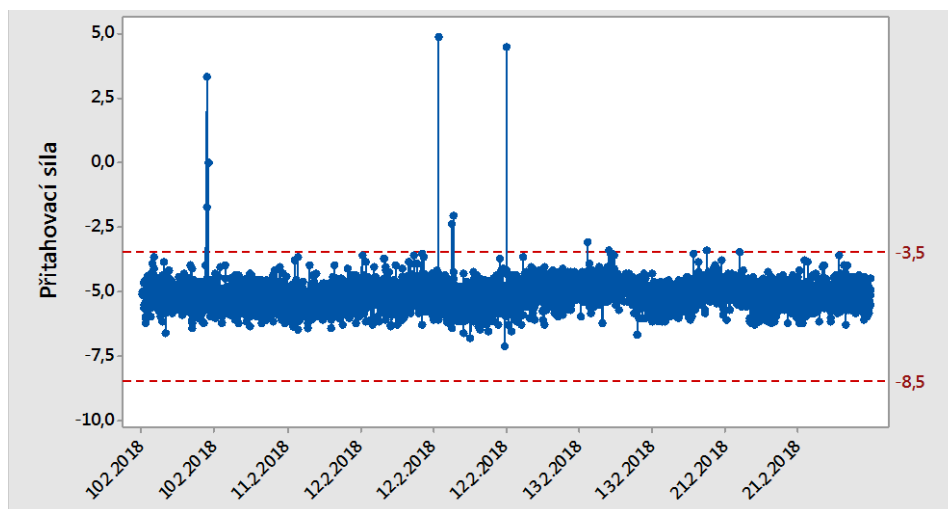


Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

Měření zavírací síly (obr. č. 31) není tak přesné jako měření dráhy v předchozím obrázku (obr. č. 30). Data se pohybují blíže spodní hranice tolerance. V průběhu jsou mnohé odchylky

měření (od shluku dat s nejčtenější hodnotou). I přesto, že odchylky nejsou mimo zákaznické tolerance, signalizují již nějakou abnormalitu. Vyšší síly mohly být způsobeny odlišným materiálem (měří se síly pružin, každá pružina je unikátní), špatným zasazením dílu do měřicího zařízení a dalšími vlivy. Důležité je zjistit, zda bylo něco na konkrétních dílech v nepořádku. Pokud by opravdu byla nalezena nějaká odchylka od funkčnosti, znamenalo by to, že díly jsou vyhodnocené jako v toleranci i přesto, že funkce je omezena. Tento problém by se měl následně řešit, možným řešením by bylo snížit horní hranici tolerance tak, aby byla větší možnost, že měřicí zařízení vyhodnotí vadný díl jako vadný díl mimo toleranci (toto zajistí, že se díl nedostane k zákazníkovi, i kdyby to mělo znamenat zvýšené procento chybovosti).

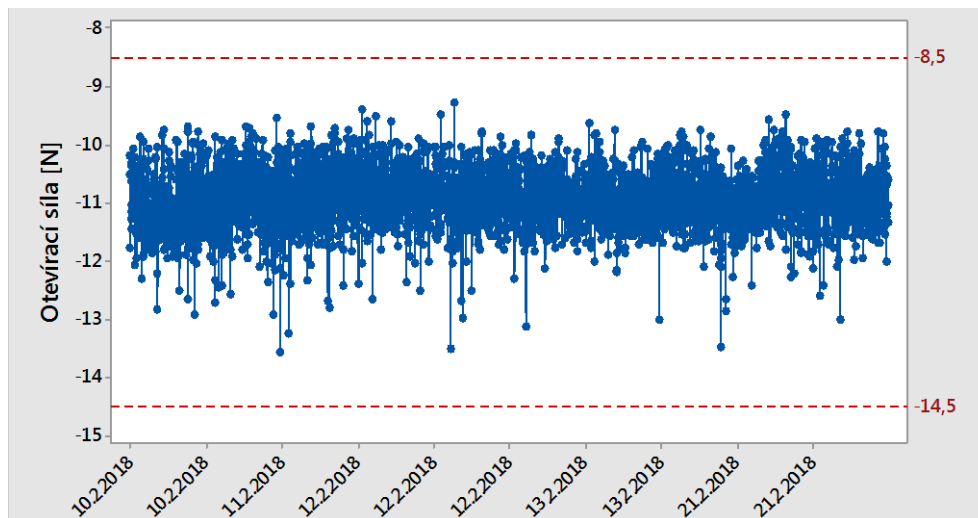
**Obr. č. 32: Průběh měření charakteristiky přitahovací síla**



Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

Přitahovací síla se měří až po zavírací síle, měřicí zařízení je již v procesu měření, proto se zde nepředpokládají okolní vlivy (např. špatného založení dílu apod.), tyto se projevují při měření první síly (zavírací síly). Data pro parametr přitahovací síly (obr. č. 32) se pohybují velmi blízko horní hranici tolerance, mnoho dat je na hranici tolerance. Zde se již projevují i nějaké chybné díly. Chybné díly, které mají kladnou naměřenou hodnotu (na obrázku hodnota okolo 3N), jsou montážní chyby. U dílů, jejichž hodnota se blíží hodnotě horní či spodní tolerance, se předpokládá nevyhovující materiál (konkrétní pružina může mít vyšší sílu apod.).

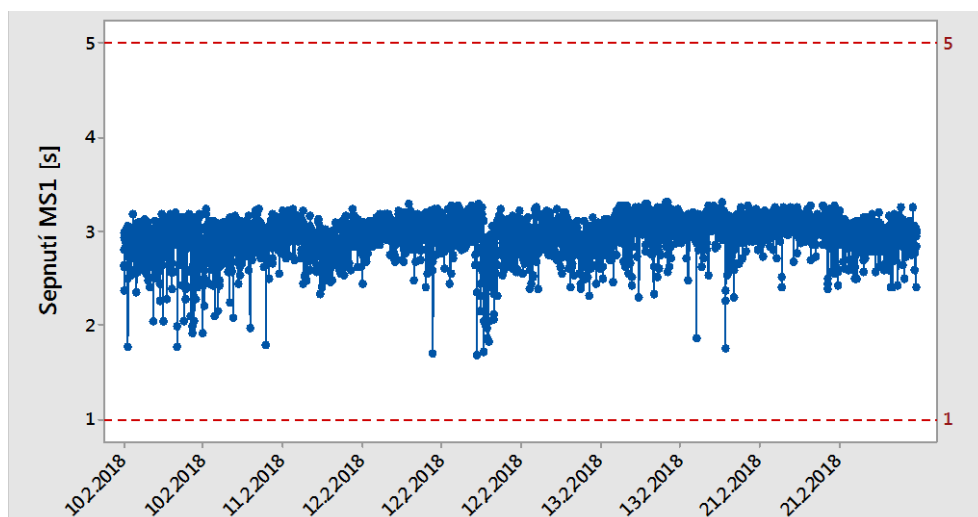
**Obr. č. 33: Průběh měření charakteristiky otevírací síla**



Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

Hodnoty otevírací síly jsou rozprostřeny blíže horní toleranci, ale odchylky od měření se pohybují směrem ke spodní toleranci. Dalo by se zde uvažovat o podobném principu jako u zavírací síly – zvýšit spodní hranici tolerance tak, aby měřící zařízení rozpoznalo vadné díly a vyhodnotilo je jako mimo toleranci (pokud by se předchozí analýzou ukázalo, že jsou tyto díly opravdu špatné). U hodnot toho parametru je viditelná vysoká variabilita, která opět může být způsobena pouze povahou tohoto parametru.

**Obr. č. 34: Průběh měření charakteristiky sepnutí MS1**

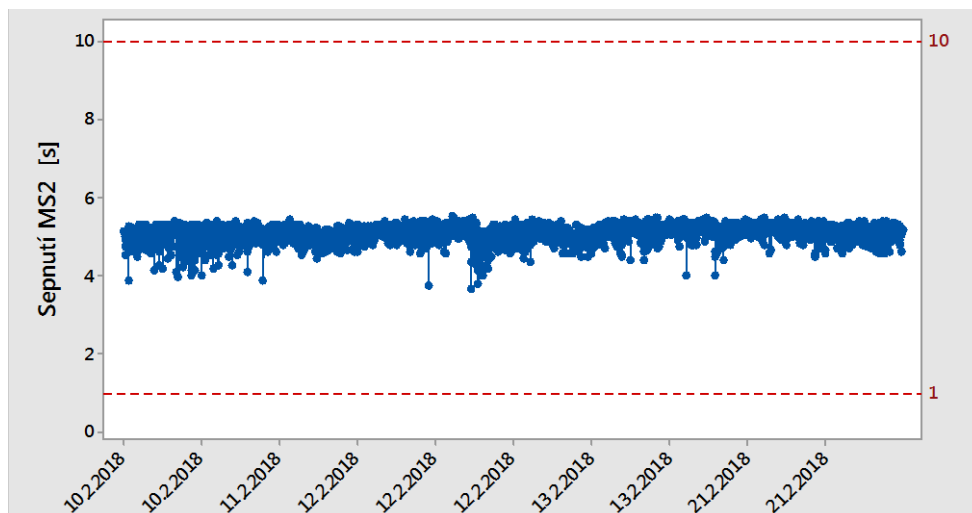


Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

V průběhu měření parametru sepnutí mikrospínače 1 je určitá variabilita, hodnoty se pohybují blíže ke spodní hranici tolerance. Příčinou variability dílů, jejichž hodnoty se pohybují mimo

shluk nejčtenějších hodnot, je pravděpodobně odlišné usazení dílu v měřicím zařízení nebo materiál (nějaký kus jednoho druhu materiál může být dle všech sledovaných charakteristik v toleranci, ale i přesto se chová v procesu jinak, než odlišný kus stejného materiálu).

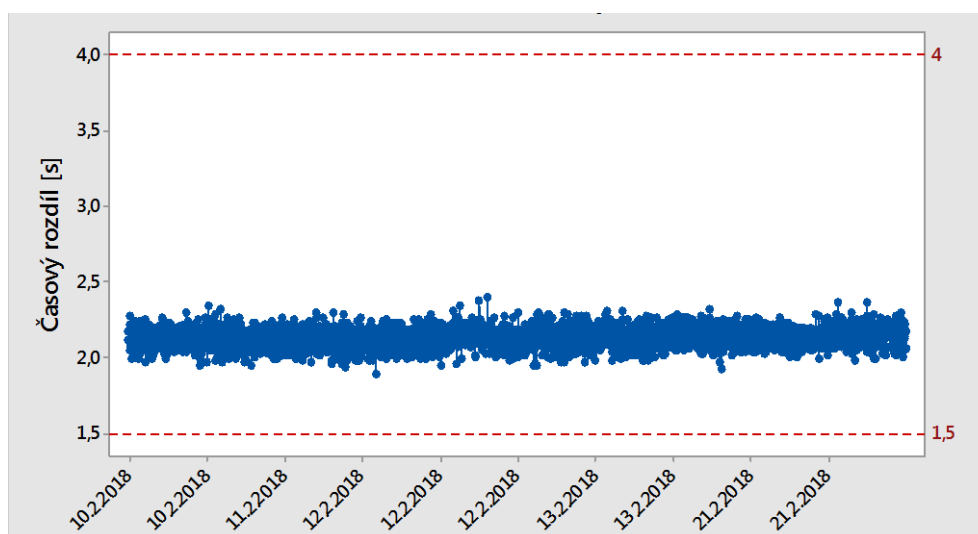
**Obr. č. 35: Průběh měření charakteristiky sepnutí MS2**



Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

Parametr měřicí čas sepnutí mikrospínače č. 2 je oproti předchozímu grafu (sepnutí MS1, obr. č. 34) méně variabilní, hodnoty se pohybují uprostřed tolerance. Nějaká měření jsou v grafu viditelně mimo shluk hodnot, ale i přesto jsou hodnoty v pořádku (a daleko od obou hranic tolerance). U tohoto parametru by nemělo hrozit žádné nebezpečí odchylky.

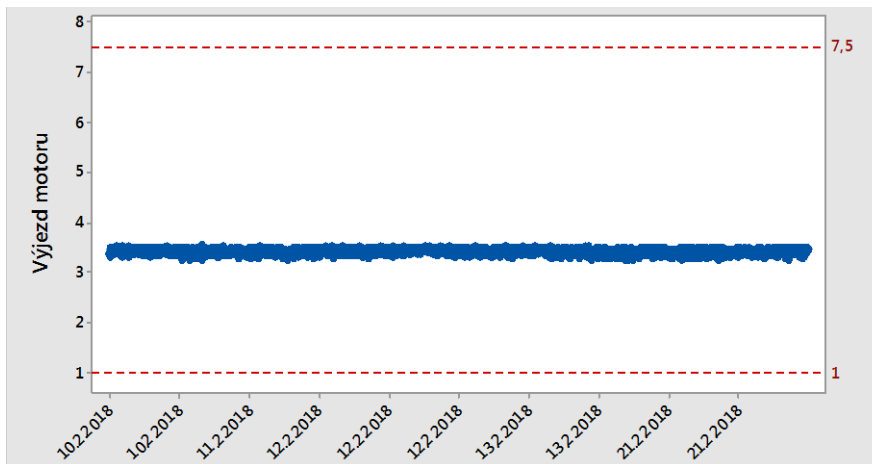
**Obr. č. 36: Průběh měření charakteristiky časový rozdíl**



Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

Hodnoty měření parametru časový rozdíl mezi sepnutím mikrospínače 1 a mikrospínače 2 se pohybují v jednom shluku, ale jsou blíže ke spodní hranici tolerance. Toto by v budoucnu nemělo představovat problém díky konstrukčnímu řešení výrobku. Při zohlednění funkce výrobku není možné, aby se MS2 sepnul dříve než MS1 (hodnota časového rozdílu záporná) a vzhledem ke konstrukci výrobku a mikrospínačů je nepravděpodobné, že by se hodnota časového rozdílu snížila pod hranici 1,5 sekundy.

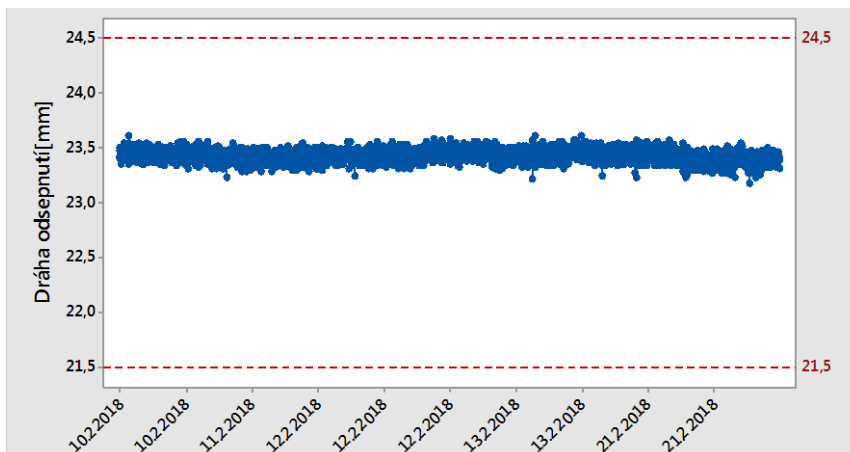
**Obr. č. 37: Průběh měření charakteristiky výjezd motoru do základní pozice**



Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

Hodnoty pro parametr výjezd motoru do základní pozice se pohybují mezi třemi až čtyřmi sekundami. Z obrázku není patrná žádná výrazná variabilita v měření hodnot tohoto parametru. Hodnoty se pohybují velmi daleko od obou hranic tolerance, zde je velmi malá šance, že by hodnoty padly mimo toleranci. Průběh procesu vypadá velmi stabilně a způsobile.

**Obr. č. 38: Průběh měření charakteristiky dráha odsepnutí**



Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

Hodnoty parametru dráha odsepnutí se také pohybují v jednom shluku hodnot, mezi díly je viditelná velmi malá variabilita. Hodnoty se nacházejí blíže horní hranice tolerance, ale opět ani u tohoto parametru není velká pravděpodobnost, že by se hodnoty posunuly mimo hranice tolerance. Průběh procesu je velmi stabilní a proces je odhadován jako způsobilý.

## 6.6 Regulační diagram

Regulační diagram sleduje průběh naměřených hodnot za určité období (data jsou časově seřazena), avšak oproti klasickému průběhu výroby zobrazuje užší zásahové tolerance. Používá se zejména na monitorování a vyhodnocení nějakého procesu. Zásahové tolerance se používají pro sledování odchylek v měření uvnitř zákaznických tolerancí, kdy výkyv není mimo zákaznické tolerance, ale nachází se mimo shluk obvyklých hodnot. Měření výstupu z výrobního procesu leží v zákaznických tolerancích, ale zároveň může ležet mimo zásahové hranice, což značí nějaký nežádoucí jev v procesu. (Douglas C. Montgomery, 2008)

Odhalování odchylek v procesu a včasná reakce na tyto odchylky je klíčem k udržení stabilního procesu a pro zlepšování v procesu. Odchylky je nutno analyzovat, zjišťují se jejich možné příčiny, co na ně má vliv, zda se opakují apod.

Výrobky mohou ovlivňovat buď náhodné vlivy (působí v malém rozsahu, není je možno zcela eliminovat) či vlivy, které lze nějak charakterizovat (např. vliv nového pracovníka, poškození stroje, postupné opotřebení nástroje). Regulační diagram slouží k identifikování, zda v procesu působí náhodné či vymežitelné vlivy.

Regulační diagramy lze použít pro kvantitativní (regulační diagramy při kontrole měření) i kvalitativní data (regulační diagramy při kontrole srovnáváním).

Nejčastěji používané typy regulačních diagramů pro kontrolu měření jsou:

1. **regulační diagram typu R**, na střední ose je zobrazena příčka výběrového rozpětí ( $R$  s pruhem), kde výběrové rozpětí představuje míru rozptýlení procesu (rozdíl mezi největší a nejmenší hodnotou v podskupině),
2. **regulační diagram typu X**, na střední ose je zobrazena příčka střední hodnoty ( $\bar{x}$  s pruhem), střední hodnotu v tomto případě představuje aritmetický průměr,
3. **regulační diagram typu I**, využívaný pro individuální hodnoty,
4. **regulační diagram typu MR**, využívaný pro klouzavé rozpětí, které představuje rozpětí (rozdíl mezi největší a nejmenší hodnotou) ze dvou, po sobě následujících, hodnot. (Douglas C. Montgomery, 2008)

V tomto výrobním procesu jsou sledována pouze kvantitativní data, proto jsou použity regulační diagramy pro kontrolu měření, konkrétně regulační diagram typu I, sledující individuální hodnoty vybraného parametru.

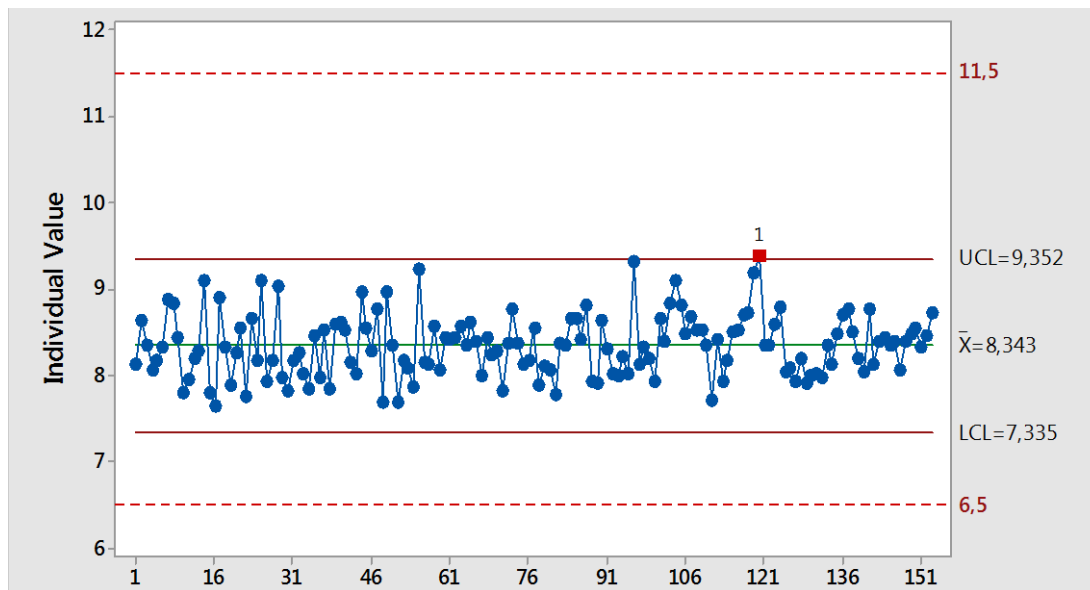
Pro každý soubor naměřených hodnot se zobrazuje střední hodnota a omezení (regulační meze – horní a dolní), popř. zásahová hranice. Pokud se nějaké hodnoty vychýlí z regulačních mezí, je nutno je prověřit a odstranit nalezené příčiny. Toto vychýlení může znamenat nezpůsobilý proces (zejména v budoucnu).

Oproti klasickému průběhu výroby, se regulační diagram liší také ve sběru dat. Nepoužívají se zde všechna data z výrobního procesu (ani většina dat), ale pouze malý vzorek, který se odebírá v pravidelných časových intervalech (např. na začátku každé směny). S takto odebranými vzorky se dále pracuje podle toho, co je u nich potřeba sledovat (naměřenou hodnotu ze stroje, naměřený rozměr z měřicího zařízení, počet neshod z vybraného vzorku apod.). Pro každý typ vzorku se dále určuje výběrová charakteristika, na jejímž základě se volí typ regulačního diagramu.

Regulační diagram má na horizontální ose pořadové číslo měřených výrobků, na vertikální ose je rozpětí hodnot proměnné, do grafu jsou poté zanesené hodnoty pro konkrétní měřený díl. LCL představuje spodní regulační (zásahovou) hranici a UCL je označení pro horní regulační hranici. Hranice jsou vypočítané jako tři směrodatné odchylky od středové hodnoty směrem nahoru a dolů. Přerušované hranice představují zákaznické hranice. Centrální (někdy označovaná jako středová) přímka vždy odpovídá povaze grafu, na následujícím grafu je vývojový diagram I, který sleduje individuální hodnoty pohybující se okolo výběrového průměru  $\bar{X}$  s pruhem (takže centrální přímkou představuje výběrový průměr).



**Obr. č. 39: Regulační diagram typu I pro parametr zavírací síla**



Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

V tomto procesu se podrobněji sleduje parametr zavírací dráha a to z toho důvodu, že se měří ze všech sil jako první. Ovlivňuje ho tedy nejvíce okolních vlivů (obsluha stroje apod.). Na regulačním diagramu typu I (zobrazeném výše) je možno sledovat hodnoty naměřené pomocí měřicího zařízení (funkční zkouška). Počet odebraných vzorků je 153 (každá směna odebírala 5 kusů po dobu 10 dnů, celkem byly 3 směny s jednou mimořádnou směnou navíc). Jedna hodnota se nachází mimo zásahové hranice. Tento díl je dále analyzován, po přeměření ve zkušebním zařízení je jeho hodnota již uvnitř zásahových hranic. Pružina z tohoto dílu je změřena na vstupní kontrole z hlediska síly, nachází blíže k horní hranici tolerance, což by odpovídalo hodnotě naměřené zkušebním zařízením.

## 6.7 Pareto diagram

Pareto diagram slouží k určení nejdůležitějších problémů, faktorů, oblastí, skupin a dalších skutečností, které jsou opravdu důležité a je potřeba se na ně zaměřit. Zobrazuje se v něm Paretovo pravidlo 80/20, přičemž se nemusí vždy jednat o přesný poměr 80:20. Důležité v tomto případě je, že za velké množství problémů (80% - 95%) může malé množství příčin (5% - 20%). Nejefektivnější pro řízení je zaměření na toto malé množství příčin.

Ve společnosti emz Hanauer s.r.o. se Pareto diagram a Pareto pravidlo používá při řízení kvality k:

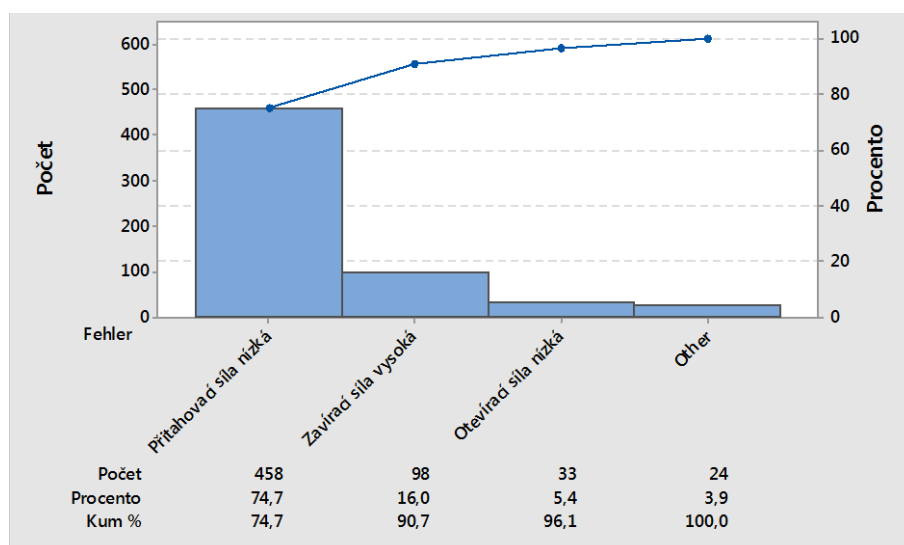
- eliminování (nebo minimalizování) chyby, která tvoří 80% odpadu a vícepráce (výrobky daného procesu se opakovaně měří, ale většina není i po tomto měření v pořádku, zde vznikají náklady nejen na vícepráci, ale také náklady vyhozeného materiálu),
- eliminování (nebo minimalizování) chyby, která tvoří 80% vícepráce (v tomto případě je po opětovném měření výrobek v pořádku, ale proces je zatížen náklady na vícepráci).

Další možné využití v oblasti kvality je např. analýza příčin reklamací, které přinášejí společnosti největší finanční ztráty či analýza příčin nejčastějších poruch a prostojů strojů.

Pareto diagram může mít i mnoho dalších využití i mimo oblast kvality, nejedná se pouze o vztah mezi problémy a příčinami. Jedním z příkladů může být například, že 80% problémů ve firmě je způsobeno 20% zaměstnanců; 80% odvedených úkolů je provedeno 20% zaměstnanců a další.

Na následujícím obrázku je Pareto diagram pro sledovaný výrobní proces, který zobrazuje procento neshodných výrobků. Jelikož z předchozích kapitol je zřejmé, že se nějaká data nacházejí mimo tolerance, je v tomto diagramu velká četnost dat. Ve sloupcích (na svislé ose) je četnost jednotlivých kategorií (zde chyby měření jednotlivých zkoumaných parametrů) seřazená od nejčetnější kategorie po nejméně četnou, parabola představuje kumulativní četnost v procentech. Data jsou sledovaná u jednoho vyráběného typu výrobku ve sledovaném procesu za jeden kalendářní měsíc.

**Obr. č. 40: Pareto diagram pro sledovaný výrobní proces**



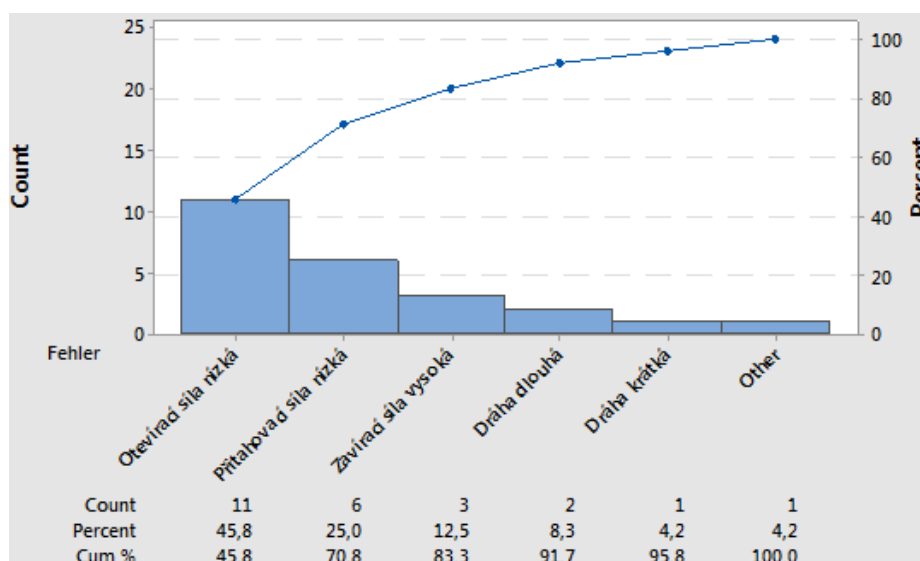
Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

Nejčtenější chybou ve sledovaném výrobním procesu je chyba měření parametru přitahovací síla (podílí se na celkové chybovosti 74,7%). Zde není přesný poměr 80% vůči 20%, ale je zde viditelný Paretův princip, kdy přibližně 20% chybových parametrů tvoří 80% celkové chybovosti ve výrobním procesu. Zde eliminací čtvrtiny (25%) z chybných parametrů by bylo dosaženo celkové ponížení chybovosti o 74,7%, což by pro výrobní proces znamenalo významné zlepšení z hlediska zvýšení počtu dobrých kusů (místo nyní chybových kusů), ponížení času na opravy a tím pádem zvýšení množství navíc vyrobených kusů, ponížení nákladů na odpady (s tímto související zvýšení premii záviselých na výši nákladů z odpadu).

### 6.7.1 Pareto diagram po implementaci všech změn ve výrobním procesu

Sledovaný proces byl shledán nezpůsobilým (na základě nedostačujících hodnot ukazatelů  $C_p$ ,  $C_{pk}$ ,  $P_p$ ,  $P_{pk}$  a na základě celkového zhodnocení průběhu výroby pro sledované parametry). Byly navrženy a implementovány změny pro zlepšení kvality procesu, způsobilosti procesu a způsobilosti měřidla (více informací v předchozích kapitolách). Po implementaci těchto změn do procesu se výrazně zlepšila způsobilost měřidla a procesu, na základě tohoto se také zvýšilo procento shodných výrobků v procesu. Tato pozitivní změna ovlivnila také Pareto diagram výskytu chyb, jehož podoba, po implementaci všech změn, je zobrazena na následujícím obrázku. Data jsou sledovaná u jednoho vyráběného typu výrobku ve sledovaném procesu za jeden kalendářní měsíc, aby bylo relevantní porovnání s původními hodnotami Pareto diagramu (z obr. č. 40).

**Obr. č. 41: Pareto diagram po implementaci všech změn ve výrobním procesu**



Zdroj: vlastní zpracování pomocí statistického software MiniTab 17, 2018

Výrobní proces produkuje výrazně méně neshodných výrobků. V celkovém součtu se jedná o snížení chybovosti o 589 neshodných výrobků (před implementací všech opatření celkem 613 neshodných výrobků, nyní je celkový počet pouze 24 neshodných výrobků, snížení počtu neshodných výrobků celkem o **96%**). Procentuální výskyt nejčetnější chyby „přitahovací síla nízká“ se snížil z původních **74,7%** na nynějších **25%**, početně se snížil ze 458 neshodných výrobků na pouhých 6 neshodných výrobků. Ostatní parametry pozorují také snížení počtu neshodných výrobků, avšak ne tak rapidní. Zavírací síla vysoká se snížila z 98 neshodných výrobků na 3 neshodné výrobky a počet chyb parametru otevírací síla nízká se snížil o 22 neshodných výrobků. Na obrázku současné pareto analýzy je viditelná i chybovost parametru dráhy (celkem 3 neshodné výrobky). U tohoto parametru je předpokládáno, že byl v předchozím obrázku zahrnut ve skupině ostatní (původně celkem 24 neshodných výrobků), proto nelze zhodnotit, zda se chybovost snížila, či zvýšila. Vzhledem k celkovému snížení počtu neshodných výrobků ve skupině ostatní je předpokládáno snížení četnosti i u této charakteristiky.

Toto ponížení výskytu neshodných výrobků znamená významnou úsporu nákladů z hlediska tohoto výrobního procesu. Cena jednoho kusu výrobku je 35,64 Kč a cena jedné hodiny vícepráce 317 Kč.

Vícepráci je označován čas, který musí pracovník ve výrobě strávit nad přeměněním neshodných produktů. V procesu se uvažují možné kontaktní chyby vlivem nejen stroje, ale i

vlivem pracovníka, který stroj obsluhuje (například špatné zasazení dílu do stroje), proto jsou neshodné výrobky vždy jednou přeměřeny.

Původní celkový počet chybných výrobků 613 se snížil o 115 výrobků, které byly v druhém přeměření shodné (náklady na odpad neshodných dílů po druhém měření celkem 17 748,72 Kč). Současný počet 24 chybných výrobků snížený o 11 výrobků, které byly po druhém přeměření shodné, představuje náklady na odpad 463,22 Kč. Úspora v rámci snížení nákladů na odpad je **17 282,5 Kč (97,37% snížení nákladů na odpad)**.

Úspora je zaznamenána také v oblasti vícepráce (se snížením počtu chybných výrobků, se snižuje i čas potřebný na měření těchto neshodných výrobků). Původní čas potřebný na druhé měření neshodných výrobků byl 6,5 hodiny, což představuje náklady ve výši 2060,5 Kč. Nyní není potřeba na přeměření neshodných výrobků žádný čas (24 neshodných výrobků je rozloženo v rámci celého měsíce, proto kvůli nízkému potřebnému času se měření nezapočítává). Toto tedy představuje celkovou úsporu z hlediska vícepráce **2060,5 Kč**.

Následující tabulka shrnuje uspořené náklady do celkové výše úspory **19 343 Kč**, jež je bráno v tomto konkrétním výrobním procesu jako významný pozitivní dopad implementovaných změn, jelikož se jedná o měsíční částku pouze jednoho typu ze sledovaného procesu.

**Tabulka č. 8: Vyčíslení úspor z odpadů a vícepráce po implementaci všech změn ve výrobním procesu**

Oblast	Původní náklady	Současné náklady	Úspora
Náklady na odpady	17 748,72 Kč	463,22 Kč	17 282,5 Kč
Vícepráce	2060,5 Kč	0 Kč	2060,5 Kč
<b>Celková úspora</b>			<b>19 343 Kč</b>

Zdroj: vlastní zpracování, 2018

## **7 Nástroje využívané pro zlepšování procesů ve společnosti emz Hanauer s.r.o.**

Mezi správné řízení procesů v organizaci patří i cyklus neustálého zlepšování procesů, jehož se dosahuje za použití mnoha metod zlepšování. Vybrané metody jsou popsány v následujících podkapitolách (jedná se zejména o ty metody, které se používají pro zlepšování procesu popisovaného v této diplomové práci). Všechny metody by měly být přínosné pro procesy nebo pro organizaci. V některých případech se může stát, že neustálá snaha o zlepšení nebo zjednodušení procesu naopak vede ke zhoršení procesu či zkomplikování pracovních kroků v procesu. Proto je přínosné, pokud se významné změny v procesu diskutují se všemi zainteresovanými stranami (např. vedoucí oddělení, pracovník bezpečnosti práce, pracovník konstrukce, pracovník údržby strojů, pracovník kvality apod.). Každý podnik by měl pracovat pouze s těmi metodami a nástroji, které produkují relevantní výstupní informace a slouží ke zlepšení současného stavu v budoucnosti. V následujících podkapitolách jsou představeny metody používané ve sledovaném procesu k jeho neustálému zlepšování.

### **7.1 PDCA**

PDCA je zkratka pro anglický termín:

- P - Plan – Plánuj (popsání současného problému, naplánování kroků k řešení toho problému),
- D - Do – Dělej (vykonání kroků pro vyřešení problému),
- C - Control – Kontroluj (zkontrolování stavu po implementaci změny k vyřešení problému a porovnání tohoto stavu s plánovaným výsledkem),
- A - Act - Jednej (pokud se skutečný výsledek liší od plánovaného výsledku, musí se podniknout kroky k tomu, aby se našla nová příčina problému; pokud je dosaženo požadovaného výsledku, je nutno provedené změny standardizovat, aby se eliminoval opětovný vznik příčiny v budoucnu).

Slouží ke strukturovanému a trvalému řešení nějakého problému (popř. naplánované změny jako řešení tohoto problému) skupinou pověřených osob. Skupina osob se vybírá na základě povahy sledovaného problému či následné změny, může to být např. vedoucí oddělení, vedoucí výroby, vedoucí kvality, technik kvality daného oddělení, vedoucí údržby, pracovník personálního oddělení, pracovník bezpečnosti práce. U každého problému by měl být přítomný minimálně vedoucí výroby, vedoucí oddělení, vedoucí kvality a pracovník kvality

daného oddělení. Cílem je okamžitě reagovat na vzniklý problém a společnými silami dojít k jeho trvalému odstranění.

## 7.2 FMEA

Označení FMEA je zkratka z anglického názvu Failure Mode and Effects Analysis, českým překladem označováno jako analýza možného výskytu a vlivu vad. Jedná se o analytickou metodu, která zkoumá možné výskyty vad v procesu výroby.

Nejvíce používané jsou následující druhy:

1. funkční,
2. designová,
3. procesní.

Pro účely diplomové práce si podrobněji představíme procesní analýzu možného výskytu a vlivu vad, jelikož se s ní pracuje po celou dobu životnosti výrobku. Procesní FMEA analyzuje vady v procesu výroby na základě četnosti jejich výskytu, významu vady pro zákazníka a míry, v jaké je vada odhalitelná. Je analyzována každá komponenta, ze které se skládá výrobek. Nejprve se pro každý komponent stanoví:

- materiál používaný ve výrobním procesu,
- možné vady na tomto materiálu,
- možné důsledky těchto vad,
- možné důvody pro vznik této vady,
- úpravy na konstrukci materiálu či na výrobním zařízení, aby se předešlo popsané vadě.

Dále se pro každý komponent u definované možné vady ohodnotí její význam, výskyt a pravděpodobnost odhalení na škále od jedné do deseti (1 nejlepší, 10 nejhorší). Hodnocení se dělí podle toho, co je hodnoceno (např. 1 znamená jisté odhalení vady, nulový výskyt vady, nulový význam vady - vada nemá žádný následek). Z takto ohodnocené komponenty se vypočítá rizikové číslo (součin významu, výskytu a odhalení). U veškerých vad, které mají rizikové číslo větší než 125, by se mělo navrhnout a implementovat nápravné opatření. Takto ohodnocené vady jsou významné a neměly by se v procesu ignorovat. Pokud se analýza správně vytvoří a ohodnotí, je možno postupně implementovat opatření, která sníží vznik vady či zvýší možnost odhalení vady.

### **7.3 Kaizen**

Kaizen označuje malý zlepšovací návrh, není tedy náročný na vypracování, ale přispívá ke zlepšení procesů. Každý pracovník má možnost vylepšovat procesy, kterých se účastní. Pracovník předloží návrh vedoucímu oddělení, který ho dále konzultuje s odpovědnými pracovníky z oblasti, které se návrh týká (kvalita, údržba, konstrukce apod.). Pokud je zlepšovací návrh přínosný a realizovatelný, je vypracován příslušným odpovědným pracovníkem.

Zlepšovací návrhy mohou být ohodnoceny (např. vyhodnocení nejlepšího návrhu za daný měsíc a odměnění pracovníka, odměna pro pracovníka za každý kaizen, odměna pro oddělení za každý kaizen apod.). Odměny pro pracovníky či pro oddělení, jehož je pracovník součástí, motivují pracovníky k produkování dalších zlepšovacích návrhů (k neustálému zlepšování). Změny jsou sledovány pověřeným pracovníkem, aby se nestávala situace, že jsou produkovány nesmyslné zlepšovací návrhy či opakující se zlepšovací návrhy pouze pro účel odměny pracovníka.

### **7.4 Poka Yoke**

Poka-Yoke znamená nemožnost udělat chybu, využívá se zejména v procesech výroby. Nevyužívá se pouze při samotném zlepšování procesu výroby, ale také při návrhu finálního vyrobeného produktu, aby se usnadnila uživatelská manipulace s produktem (např. USB disk lze zapojit pouze jedním způsobem do zařízení).

Při vývoji nového produktu dbá oddělení vývoje na to, aby se při jeho montáži zamezilo výskytu jakékoliv chyby, např.

- součástka jde dát do montážního zařízení pouze jedním (tím správným) způsobem,
- zástrčky jsou různě vykrojené, aby každá pasovala pouze do jednoho otvoru,
- nastavení senzorů, které detekují pouze správným směrem vložený výrobek (na základě signálu ze senzoru započne další krok),
- a další.

Těmito eliminacemi výskytu chyb se zvyšuje pravděpodobnost správně namontovaného výrobku, což snižuje náklady na odpad, zrychluje pracovní operaci či zjednodušuje školení pracovníků.

Poka Yoke je často zmiňované v dokumentu FMEA, jelikož pro eliminaci výskytu určitých chyb je Poka Yoke první prozkoumávaná možnost. Až po té, co není možné v procesu udělat



takové opatření, které by kompletně eliminovalo výskyt chyby, jsou prozkoumávány jiné možnosti, které by měly výskyt chyby minimalizovat.

## 7.5 Metoda 5S

Metoda 5S je sleduje čistotu a pořádek na jednotlivých pracovištích formou auditů plánovaných a neplánovaných (v rámci procesu popsaného v této diplomové práci). Zkratka 5S značí následující japonské pojmy:

- Seiri – roztrždit pomůcky, které jsou potřebné od nepotřebných,
- Seiton – setřítit potřebné pomůcky tak, aby byly co nejefektivněji využívány,
- Seiso – stále čistit pracoviště - udržovat čistotu a pořádek,
- Seiketsu – standardizovat procedury, aby bylo pracoviště stále organizované,
- Shitsuke – udržovat neustálý pořádek na pracovišti, udržovat pracoviště organizované a pravidelně kontrolovat dodržování těchto postupů. (interní zdroje společnosti emz Hanauer s.r.o.)

Pro různé oblasti jsou stanoveny kontrolované body auditu (pro výrobní oddělení, oddělení kvality, oddělení konstrukce, údržby apod.), které mohou být například následující:

- Na pracovišti se nachází pouze potřebné pracovní pomůcky, které mají určené a popsané místo.
- Kancelářské prostředky (počítač, tiskárna, kopírka) jsou udržovány v čistotě a je pro tyto prostředky určena zodpovědná osoba a její zástup.
- Šanony jsou na definovaném a popsaném místě, jsou označeny a je zobrazena posloupnost uložení. Vnitřní uspořádání šanonů je přehledně zorganizováno (obsah, registr a popis).
- Na pracovišti je aktuální verze organizační struktury oddělení.
- Pracovník má na pracovišti dostatek místa, nikde nehrozí nebezpečí úrazu.
- Pracoviště je celkově čisté a uspořádané. (interní zdroje společnosti emz Hanauer s.r.o.)

Kontrolované body se hodnotí na škále 1 – 5 (5 – naprosto souhlasí, 1 – naprosto nesouhlasí). Pokud je nalezena odchylka od auditu (nějaký bod není ohodnocen číslem 5), je nutno ji do příštího auditu odstranit. Tímto by se mělo dosahovat neustálého zlepšování v rámci čistoty, pořádku a organizace pracoviště.

## 7.6 Strategie Six sigma

Six Sigma je strategií, která se zabývá zlepšováním zejména v oblasti prevence neshod, snižování nákladů a snižování času na výrobu. Zlepšováním je dosahováno řadou statistických metod zabývajících se měřením kvality výroby. Cílem je dosáhnout vysoké způsobilosti procesů, při kterých je velmi malá šance, že se v procesu objeví neshodný výrobek. Strategie se soustředí na zákazníka a jeho spokojenost (zajištění co nejmenšího výskytu neshod v procesu).

Six Sigma (v překladu šest odchylek) nahrazuje původní tři odchylky, se kterými pracuje většina procesů. Six Sigma se počítá od střední hodnoty sledovaného znaku na každou stranu (k horní či spodní toleranci). Se zohledněním určitého kolísání střední hodnoty sledovaného znaku, je možno využíváním strategie Six Sigma, dosáhnout úrovně maximálně 3,4ppm (3,4 neshody z milionu), což značí vysokou způsobilost procesu. (Nenadál, 2008)

Sleduje jasně definovaný sled kroků k tomu, aby se vyřešily problémy a ušetřily náklady. Pracuje se se statistickými metodami, např. s pareto grafem, histogramem, GAGE studií, analýzou způsobilosti, regresí, regulačními diagramy. (The Minitab Blog, 2018)

Důležitou součástí strategie Six Sigma je analýza odpadu, jelikož odpad nepřidává přidanou hodnotu pro výstup. Je nutno odpad identifikovat, analyzovat a eliminovat. Nejedná se pouze o neshodné výrobky, ale i např. zbytečné pomůcky pro práci.

Se strategií Six Sigma souvisí i metoda **DMAIC**, která je využívána při řízení těchto zlepšovacích procesů. Zkratka DMAIC představuje následující skutečnosti:

- D – Define – Definovat (cíl zlepšování, požadavky zákazníka, mapu procesů, tým pro řešení),
- M – Measure – Měřit (měřit charakteristiky důležité pro zákazníka, výkonnostní charakteristiky, vznik chyb při měření, mít definovaný plán pro sběr a stanovené vyhodnocování dat),
- A – Analyse - Analyzovat (výkonnostní charakteristiky, zdroje neshod, proces a jeho schopnost produkovat shodný výrobek),
- I – Improve – Zlepšovat (odhalovat potenciální zdroje neshod v procesu a zlepšovat je, zlepšovat vztahy mezi měřenými charakteristikami, nový návrh procesu, který bude odpovídat požadavkům Six Sigma),

- C – Control - Kontrolovat (kontrolovat systém měření, schopnost procesu produkovat shodný výrobek, kontrolovat zda se problémy neopakují). (Oakland, 2003)

Pro plnou realizaci Six Sigma ve společnosti je nutno zaměstnávat školené pracovníky v této oblasti. Ti mohou pracovat na tomto neustálém zlepšování, mohou sledovat vztah nákladů se způsobilostí procesu a s časem potřebným pro výrobu. (Oakland, 2003)

Ve společnosti emz Hanauer s.r.o. je využíváno několika Six Sigma přístupů, ale není zde však implementována celková strategie Six Sigma.

## 8 Zhodnocení procesu

Ve sledovaném procesu bylo zjištěno mnoho nedostatků, ať už se jednalo o způsobilost měřidla či způsobilost procesu.

Výsledky pro způsobilost měřidla nebyly zcela nevyhovující. V MSA studii nevyšla hodnota pro ukazatel  $C_g$  u parametru zavírací dráhy, ale pouze o pár setin. Po přeměření dílů byla tato hodnota v toleranci. U GAGE studie byly v toleranci všechny zkoumané ukazatele, avšak mnoho ze sledovaných parametrů nebylo v ideálním intervalu 0% - 10% u ukazatelů procentní variabilita a procentní tolerance. Na základě povahy vybraných parametrů byl zvolen interval 10% - 30% jako vyhovující, bez nutnosti provádět v procesu nějaké změny. Tato situace nastala u parametrů měření sil (zavírací, přitahovací a otevírací síla). Pro parametr dráhy byl nově nasimulovaný vadný díl, po jehož změření byli hodnoty sledovaných ukazatelů velmi příznivé pro způsobilost procesu. Podobné výsledné hodnoty ukazatelů by vznikly po simulaci chybných dílů pro parametry sepnutí MS1 a sepnutí MS2. Tato simulace a následné přepočítání GAGE studie pro tyto dva parametry nebyla provedena, jelikož byl princip řešení stejný jako u parametru dráhy.

Při sledování způsobilosti procesu se zjistilo více nedostatků. Mnoho parametrů nemělo vyhovující hodnoty ukazatelů  $C_p$ ,  $C_{pk}$ ,  $P_p$  či  $P_{pk}$ . Pro tyto nezpůsobilé procesy byly navrženy a implementovány změny. Po implementaci změn se sledovaly hodnoty za celý měsíc. Po přepočítání ukazatelů se měření všech parametrů vyhodnotilo jako způsobilé pro další výrobu.

Navržení a implementace změn přinesla výrobnímu procesu i vysoké úspory, konkrétně se jedná o celkové uspoření měsíčních nákladů ve výši **19 343 Kč**. Tyto změny měly pozitivní vliv i na pracovní morálku na tomto pracovišti, jelikož se znatelně snížilo procento vadných výrobků z výrobního procesu.

## **Závěr**

Diplomová práce je zpracována jako reakce na důležité a rozšířené téma, kterým je řízení kvality ve výrobě. Výroba, a s ní související i řízení kvality, je stále rozšířenější oblastí v České republice. Výrobní podniky se významně podílejí na snižování nezaměstnanosti a jsou důležitou součástí ekonomiky. Vzhledem ke zvyšující konkurenci je nutné splňovat požadavky zákazníků v co nejvyšší možné míře. K tomuto z velké části přispívá i řízení kvality ve výrobě, zejména za využití statistických metod k řízení kvality ve výrobě.

Hlavní cíl práce bylo navržení a implementace změn pro zlepšení kvality výroby ve společnosti. Mezi dílčí cíle patřilo zpracování teoretické rešerše, popsání způsobilost procesu a metod, které se využívají pro řízení kvality výroby. Dalšími dílčími cíli bylo popsání metod, které se využívají při zlepšování kvality výroby a praktická aplikace teoretických poznatků do oblastí řízení kvality.

V rámci teoretické rešerše byl představen systém managementu kvality a další oblasti, které s kvalitou souvisejí. Byly stručně popsány vybrané ISO normy, kterými se podnik musí řídit, pokud je na ně certifikován. Větší část byla věnována metodám, které se využívají při zlepšování procesů, prakticky byla představena metoda PDCA v rámci plánování změn vedoucí ke zvýšení způsobilosti procesu pro parametry zavírací, přitahovací a otevírací síly.

Praktickou část práce tvořilo zhodnocení způsobilosti měřidla a způsobilosti procesu. Způsobilost měřidla byla určena na základě výsledků MSA studie a GAGE R&R. Způsobilost procesu byla určena pomocí histogramu, průběhu výroby a regulačního diagramu. V rámci řízení kvality procesu byl také využit Paretův graf, na kterém byla viditelná i implementace navržených změn.

Po naplnění dílčích cílů práce bylo možné naplnit i hlavní cíl práce. V praktické části práce bylo zjištěno několik nedostatků, na které byly navrženy změny. Na tyto nedostatky se zareagovalo, byly naplánovány změny pro zlepšení procesu. Změny byly implementovány a po jejich zavedení byly části procesu znovu zhodnoceny. Po implementaci změn byly sledovány pouze ty parametry, u kterých byl pozorován nějaký nedostatek z hlediska způsobilosti procesu či měřidla.

V rámci zhodnocení stavu po implementaci změn je také vyčíslena ekonomická úspora ve výrobním procesu. Chybovost se snížila o 96%, což se pozitivně projeví ve výrobním procesu. Snižováním chybovosti se měsíčně uspořily náklady ve výši 19 343 Kč (náklady

vyčísleny pouze pro jeden typ, ve sledovaném výrobní procesu se jich vyrábí více). Tato ušetřená částka je pro proces důležitým důsledkem implementovaných změn.

## Seznam tabulek

Tabulka č. 1: Vybrané charakteristiky výrobního procesu .....	16
Tabulka č. 2: Srovnání hodnot ukazatelů MSA studie pro parametr zavírací síly.....	29
Tabulka č. 3: Shrnuté kompletní výsledky MSA studie.....	29
Tabulka č. 4: Srovnání hodnot ukazatelů pro parametr dráhy před a po přeměření .....	37
Tabulka č. 5: Shrnuté kompletní výsledky GAGE R&R .....	38
Tabulka č. 6: Porovnání hodnot sledovaných ukazatelů pro parametry sil před a po implementaci změn .....	55
Tabulka č. 7: Shrnutí způsobilosti procesu na základě dílčích parametrů .....	56
Tabulka č. 8: Vyčíslení úspor z odpadů a vícepráce po implementaci všech změn ve výrobním procesu .....	68

## Seznam obrázků

Obr. č. 1: MSA studie pro parametr dráhy .....	24
Obr. č. 2: MSA studie pro parametr přitahovací síly .....	24
Obr. č. 3: MSA studie pro parametr otevírací síly .....	25
Obr. č. 4: MSA studie pro parametr sepnutí MS1 .....	26
Obr. č. 5: MSA studie pro parametr sepnutí MS2.....	26
Obr. č. 6: MSA studie pro parametr výjezd motoru do základní pozice.....	26
Obr. č. 7: MSA studie pro parametr zavírací síly.....	27
Obr. č. 8: Nově naměřená MSA studie pro parametr zavírací síly .....	28
Obr. č. 9: Výstup z GAGE R&R pro charakteristiku zavírací síly .....	31
Obr. č. 10: Výstup z GAGE R&R pro charakteristiku přitahovací síly .....	32
Obr. č. 11: Výstup z GAGE R&R pro charakteristiku otevírací síly .....	33
Obr. č. 12: Výstup z GAGE R&R pro charakteristiku sepnutí MS1.....	33
Obr. č. 13: Výstup z GAGE R&R pro charakteristiku sepnutí MS2.....	34
Obr. č. 14: Výstup z GAGE R&R pro charakteristiku výjezd motoru do základní pozice.....	35
Obr. č. 15: Výstup z GAGE R&R pro charakteristiku dráhy .....	36
Obr. č. 16: Výstup z GAGE R&R pro charakteristiku dráhy po přeměření dílů .....	37
Obr. č. 17: Zjednodušený model Ishikawa diagramu.....	41
Obr. č. 18: Vývojový diagram funkční a výstupní zkoušky.....	42
Obr. č. 19: Histogram pro parametr dráha.....	44
Obr. č. 20: Histogram pro parametr sepnutí MS1 .....	45
Obr. č. 21: Histogram pro parametr sepnutí MS2 .....	45
Obr. č. 22: Histogram pro parametr časový rozdíl .....	46
Obr. č. 23: Histogram pro parametr dráha odsepnutí .....	47
Obr. č. 24: Histogram pro parametry zavírací síla, přitahovací síla a otevírací síla .....	48
Obr. č. 25: Histogram pro parametr výjezd motoru do základní pozice .....	49
Obr. č. 26: Histogram pro parametr zavírací síla po implementaci změn.....	52
Obr. č. 27: Histogram pro parametr přitahovací síla po implementaci změn .....	52
Obr. č. 28: Histogram pro parametr otevírací síla po implementaci změn .....	53
Obr. č. 29: Histogram pro parametr výjezd motoru do základní pozice po implementaci změn .....	54
Obr. č. 30: Průběh měření charakteristiky dráha.....	57
Obr. č. 31: Průběh měření charakteristiky zavírací síla .....	57



Obr. č. 32: Průběh měření charakteristiky přitahovací síla .....	58
Obr. č. 33: Průběh měření charakteristiky otevírací síla .....	59
Obr. č. 34: Průběh měření charakteristiky sepnutí MS1 .....	59
Obr. č. 35: Průběh měření charakteristiky sepnutí MS2 .....	60
Obr. č. 36: Průběh měření charakteristiky časový rozdíl .....	60
Obr. č. 37: Průběh měření charakteristiky výjezd motoru do základní pozice .....	61
Obr. č. 38: Průběh měření charakteristiky dráha odsepnutí .....	61
Obr. č. 39: Regulační diagram typu I pro parametr zavírací síla .....	64
Obr. č. 40: Pareto diagram pro sledovaný výrobní proces .....	66
Obr. č. 41: Pareto diagram po implementaci všech změn ve výrobním procesu .....	67

## Seznam použitých zkratek

$\mu$	střední hodnota
$\sigma$	směrodatná odchylka
%SV (% Var)	ukazatel procentní variability
% Var (Repeatability)	procento opakovatelnosti
%Tol	ukazatel procentní tolerance
5S	Seiri, Seiton, Seiso, Seiketsu, Shitsuke
AEG	spojení společnosti Daimler AG a Elektrolux
Aj.	a jiné
Apod.	a podobně
BSH	zkratka pro společnost Bosch Siemens Hausgeräte GmbH
Cg	ukazatel způsobilosti měřidla
Cgk	ukazatel způsobilosti měřidla
GmbH& co. Kgaa	Kommanditgesellschaft (typ společnosti)
Cp	ukazatel způsobilosti procesu
Cpk	ukazatel způsobilosti procesu
DMAIC	Define – Measure – Analyze – Improve – Control
FMEA	Failure Mode And Effects Analysis
GAGE R&R	studie způsobilosti měřidla
ISO	International Organization For Standardization
I	individuální hodnota
ČSN	česká technická norma
Kč	česká koruna

LED	Light Emitting Diode
LSL	spodní hranice tolerance
Min	minimum
Mm	milimetr
MR	moving range (klouzavé rozpětí)
MS1	mikrospínač 1
MS2	mikrospínač 2
MSA	studie způsobilosti měřidla
N	newton
Např.	například
Ndc	number of distinct categories
PDCA	cyklus Plan – Do – Check – Act
Pp	ukazatel výkonosti
Ppk	ukazatel výkonosti
Ppm	parts per million
QK	kontrolor kvality
QT	technik kvality
R	výběrové rozpětí
R chart	regulační diagram R
Ref	střední hodnota
S.r.o.	společnost s ručením omezeným
S	sekunda
StDev	celková odchylka

USL	horní hranice tolerance
X	střední hodnota
Xbar chart	regulační diagram X

## Seznam použité literatury

ČIPERA, Bohuslav, STIBŮRKOVÁ, Elena, MATUSKÝ, Jan. *Školení Kontrolor kvality*. Praha: Česká společnost pro jakost, z.s., Novotného lávka 200/5, 2016.

ČSN EN ISO 9000, Systémy managementu kvality. Základní principy a slovník. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2016

ČSN EN ISO 9001, Systémy managementu kvality. Požadavky. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2016

ČSN EN ISO 14001, Systémy environmentálního managementu. Požadavky s návodem pro použití. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví. 2016

DOUGLAS C. MONTGOMERY. *Introduction to statistical quality control. 6th ed.* Hoboken, N.J: Wiley, 2008. ISBN 9780470233979.

Emz Hanauer s.r.o., Lipová 330, Černošín. Interní zdroje společnosti. 2018

Emz. *Co nabízíme*. [online]. 2016 [cit. 2016-12-29]. Dostupné z: <http://www.emz.cz/nav.php?obsah=nabizime&navigace=nabizime>

HORÁLEK, Vratislav. *Jednoduché nástroje řízení jakosti I.: výstup z projektu podpory jakosti č. 5/16/2004*. Praha: Národní informační středisko pro podporu jakosti, 2004. Průvodce řízením jakosti. ISBN 80-020-1689-0.

iSixSigma. *Cp, Cpk, Pp and Ppk: Know How and When to Use Them*. 2018 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <https://www.isixsigma.com/tools-templates/capability-indices-process-capability/cp-cpk-pp-and-ppk-know-how-and-when-use-them/>

ManagementMania. *ISO 9001*. 2018 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/iso-9001>

ManagementMania. *ISO 14001*. 2018 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/iso-14001>

Minitab 17 Statistical Software (2010). [Computer software]. State College, PA: Minitab, Inc. ([www.minitab.com](http://www.minitab.com))

*Všechny materiály obsažené v této diplomové práci jsou vytištěné s povolením společnosti Minitab, Inc. Tyto materiály podléhají autorským právům a zůstávají výhradním majetkem společnosti Minitab Inc. Všechna práva vyhrazena.*

NENADÁL, Jaroslav. *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. Praha: Management Press, 2008. ISBN 978-80-7261-186-7.

OAKLAND, John S. *Statistical process control*. 5th ed. Boston: Butterworth-Heinemann, 2003. ISBN 9780750657662.

*Osobní poznámky autora z kurzu QT –Technik kvality – Česká společnost pro jakost (ČSJ) -* lektori Ing. Stanislav Křeček, Ing. Jan Matuský, Ing. Alena Plášková CSc., Ing. Elena Stibůrková, 2017

ResearchGate. *Metody statistického řízení jakosti*. 2018 [cit. 2018-03-28]. Dostupné z: [https://www.researchgate.net/publication/235958127\\_Metody\\_statistickeho\\_rizeni\\_jakosti](https://www.researchgate.net/publication/235958127_Metody_statistickeho_rizeni_jakosti)

The Minitab Blog. *Understanding „Number of Distinct Categories“ in your GAGE R&R output*. 2018 [cit. 2018-01-21]. Dostupné z: <http://blog.minitab.com/blog/quality-data-analysis-and-statistics/understanding-your-gage-randr-output>

The Minitab Blog. *5 more critical Six Sigma tools and quick guide*. 2018 [cit. 2018-01-21]. Dostupné z: <http://blog.minitab.com/blog/understanding-statistics/5-more-critical-six-sigma-tools-a-quick-guide>

TOŠENOVSKÝ, Josef, NOSKIEVIČOVÁ, Darja. *Statistické metody pro zlepšování jakosti*. Ostrava: Montanex, 2000, 362 s. ISBN 80-722-5040-X.

## **Abstrakt**

PEROUTKOVÁ, Marie. *Využití statistických metod při kontrole kvality výroby*. Plzeň, 2018. 87 s. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Fakulta ekonomická.

Předložená práce je zaměřena na aktuální téma řízení kvality ve výrobních podnicích. Cílem práce je praktické využití metod pro řízení kvality výroby a následné zhodnocení výrobního procesu, zejména za použití výstupu ze statistických metod. Na základě zhodnocení procesu jsou navrženy a implementovány změny ve sledovaném výrobním procesu. Výrobní proces je zhodnocen a je vyčíslena úspora nákladů plynoucí z implementace změn v tomto procesu. Důraz je kladen na neustálé zlepšování výrobních procesů, zvyšování spokojenosti zákazníků a zvyšování konkurenceschopnosti společnosti. Jelikož mají zákazníci stále vyšší požadavky na kvalitu odebíraných výrobků, měla by společnost kvalitě věnovat zvýšenou pozornost. Ve společnosti by měl být vytvořen systém managementu kvality vedoucí k efektivnímu řízení kvality.

**Klíčová slova:** kvalita, řízení kvality, statistické metody, zlepšování, způsobilost

## **Abstract**

PEROUTKOVÁ, Marie. *Statistical methods used for quality control in a production*. Plzeň, 2018. 87 s. Master's thesis. University of West Bohemia. Faculty of Economics.

This work is focused on a current topic of quality control in manufacturing. An aim is to practically use methods for quality control in a production and evaluate the production process, mainly using statistical methods for this quality control. Based on the evaluation of the process, changes are designed and implemented into this production process. Production process is evaluated after the changes and savings are calculated (savings after changes were implemented). The work is closely focused on constant improvements of production processes, increasing the customer's satisfaction and increasing competitiveness of a manufacturing company. Since the customers have higher demands for the quality of purchased goods, the manufacturing company should pay bigger attention to quality. There should be a quality management system created in a company to ensure effective management of quality.

**Key words:** quality, quality control, statistical methods, improvements, capability