



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

## ZABEZPEČOVÁNÍ KVALITY ZAŘÍZENÍ PRO TVORBU VODOROVNÉHO DOPRAVNÍHO ZNAČENÍ

QUALITY ASSURANCE OF HORIZONTAL ROAD MARKING EQUIPMENT

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Ondřej Janáč

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Róbert Jankových, CSc.

BRNO 2022



# Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student:	<b>Bc. Ondřej Janáč</b>
Studijní program:	Kvalita, spolehlivost a bezpečnost
Studijní obor:	bez specializace
Vedoucí práce:	<b>doc. Ing. Róbert Jankových, CSc.</b>
Akademický rok:	2021/22

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

## **Zabezpečování kvality zařízení pro tvorbu vodorovného dopravního značení**

### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Úkolem diplomové práce je formulování požadavků na kvalitu zvoleného výrobku v dané firmě. Na základě posouzení současného stavu je dále nutné vypracovat reálný návrh a zhodnotit úspěšnost realizace vhodných opatření vedoucích ke zlepšení stavu řízení kvality výrobku.

### **Cíle diplomové práce:**

Popis současného stavu řízení kvality zvoleného výrobku ve firmě.  
Systémový rozbor hodnocení kvality zvoleného výrobku.  
Posouzení možností zlepšení systému řízení kvality zvoleného výrobku ve firmě.  
Aplikace vybraných metod na zvoleném výrobku.  
Technické posouzení dosažených výsledků.  
Vlastní závěry a doporučení pro praxi.

### **Seznam doporučené literatury:**

JURAN, Joseph M. and Blanton A. GODFREY. Juran's Quality Control Handbook. 5. ed. New York: McGraw-Hill, 1999. ISBN 00-703-4003-X.

MONTGOMERY, Douglas C. Introduction to Statistical Quality Control, Sixth Edition. Jefferson City: John Wiley & Sons, Inc., 2009. ISBN 978-0-470-16992-6.

KIRAN, D. Total Quality Management: Key Concepts and Case Studies. Amsterdam: Elsevier, 2017. ISBN 978-0-12-811035-5.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

---

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.  
ředitel ústavu

---

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.  
děkan fakulty

## **ABSTRAKT**

Diplomová práce pojednává o požadavcích na kvalitu zařízení pro vodorovné dopravní značení, které je vyráběno a montováno u výrobce. V rámci filozofie neustálého zlepšování je v této práci popsán projekt vedoucí ke snížení počtu dílů, které po namontování neplní svou funkci. Hlavním přínosem práce je návrh na úpravu výrobní dokumentace a změna měřicího zařízení využívaného při jeho kontrole. Všechna přijatá opatření vedla ke snížení počtu vadných dílů. Rovněž poskytuje přehled a obecný postup pro výběr, analýzu, zavedení opatření a využití dalších příležitostí ke zlepšení systému řízení kvality vodorovného dopravního značení ve firmě v souladu s ISO 9001.

## **ABSTRACT**

The diploma thesis deals with the requirements for the quality of equipment for horizontal road marking, which is manufactured and assembled by the manufacturer. Within the philosophy of continuous improvement, this work describes a project leading to a reduction of the number of parts, that do not fulfill their function after assembly. The main benefit of the work is a proposal to modify the production documentation and change of the measuring equipment used in its inspection. All taken measures have reduced the number of defective parts. It also provides an overview and general procedure of the selection, analysis, implementation of another measures and the use of other opportunities to improve the quality management system of horizontal road markings in the company in accordance with ISO 9001.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Zajištění kvality produktu, geometrické specifikace výrobků, kvalita vodorovného dopravního značení, vodorovné dopravní značení dle ISO 9001, LEAN production, Six Sigma.

## **KEYWORDS**

Product quality assurance, geometric product specifications, quality of horizontal road markings, horizontal road markings according to ISO 9001, LEAN production, Six Sigma.



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

JANÁČ, O. *Zabezpečování kvality zařízení pro tvorbu vodorovného dopravního značení*, Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 2022, 81 s., Vedoucí diplomové práce doc. Ing. Róbert Jankových, CSc.





## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto děkuji panu doc. Ing. Róbertovi Jankových, CSc. za cenné připomínky a rady týkající se zpracování diplomové práce. Dále bych rád poděkoval své přítelkyni a celé své rodině za podporu během celého studia.



## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Róberta Jankových, CSc. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 20. 5. 2022

.....  
Bc. Ondřej Janáč



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>MOTIVACE</b> .....	<b>17</b>
<b>3</b>	<b>ŘÍZENÍ KVALITY VODOROVNÉHO DOPRAVNÍHO ZNAČENÍ</b> .....	<b>19</b>
3.1	Popis řízení kvality produktu podle ČSN EN ISO 9001:2016 .....	19
3.1.1	Procesní přístup .....	19
3.1.2	Zaměření na zákazníka .....	21
3.1.3	Vedení a řízení lidí .....	21
3.1.4	Zapojení lidí.....	22
3.1.5	Neustálé zlepšování .....	22
3.1.6	Rozhodování na základě faktů.....	23
3.1.7	Management vztahů .....	24
3.2	Řízení kvality pomocí LEAN production .....	24
3.2.1	8 druhů plýtvání.....	24
3.2.2	Základní nástroje štíhlé výroby .....	26
3.3	Řízení kvality pomocí Six Sigma .....	28
3.3.1	Metoda DMAIC.....	30
3.3.2	Definuj .....	31
3.3.3	Měř.....	31
3.3.4	Analyzuj.....	32
3.3.5	Zlepši .....	34
3.3.6	Reguluj.....	34
3.4	Shrnutí současného stavu řízení kvality.....	34
<b>4</b>	<b>HODNOCENÍ KVALITY ZVDZ</b> .....	<b>35</b>
4.1	Hodnocení procesu .....	35
4.2	Kontrola a měření .....	38
4.3	Typy kontrol .....	38
4.4	Možnosti ke zlepšení systému řízení kvality ZVDZ u výrobce.....	40
<b>5</b>	<b>POŽADAVKY NA KVALITU ZAŘÍZENÍ PRO VDZ</b> .....	<b>41</b>
5.1	Geometrické specifikace výrobků .....	41
5.2	Tolerování rozměrů.....	42
5.3	Tvar a orientace .....	42
5.4	Textura povrchu.....	43
5.5	Posuzování shody se specifikací.....	43
<b>6</b>	<b>APLIKACE VYBRANÝCH METOD</b> .....	<b>45</b>
6.1	Systémový přístup řešení problémů.....	45
6.1.1	PDAC cyklus .....	45
6.1.2	Požadavky na produkt .....	45
6.1.3	Rozhodování podle dat .....	46
6.1.4	Porozumění problému.....	46
6.1.5	Určení kořenové příčiny .....	46
6.2	Definuj .....	46
6.2.1	Popis problému .....	46
6.2.2	Základní otázky k definici problému.....	47
6.2.3	Projektový list.....	48
6.2.4	Ganttův diagram .....	49

6.3	Měř .....	49
6.3.1	Odpovědi na základní otázky fáze „měř“ .....	49
6.3.2	Záznamový formulář .....	50
6.4	Analyzuj .....	51
6.4.1	Výpočet nejistoty měření a prokázání shody .....	52
6.4.2	Brainstorming.....	57
6.4.3	Ishikawa diagram .....	57
6.4.4	5x proč.....	57
6.5	Vylepši.....	58
6.5.1	Revize výrobní dokumentace .....	58
6.5.2	Změna měřících zařízení .....	60
6.5.3	Měření textury povrchu .....	62
6.5.4	Skladovací systém .....	63
6.6	Reguluj .....	64
<b>7</b>	<b>TECHNICKÉ POSOUZENÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ .....</b>	<b>67</b>
7.1	Sběr dat a analýza .....	67
7.2	Určení kořenové příčiny .....	68
7.2.1	Revize výrobní dokumentace .....	68
7.2.2	Změna měřících zařízení .....	69
7.2.3	Změna vyhodnocení textury povrchu.....	69
7.2.4	Skladovací systém .....	69
7.3	Vlastní závěry a doporučení pro praxi.....	70
<b>8</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>71</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>73</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK.....</b>	<b>77</b>
10.1	Seznam zkratk.....	77
10.2	Seznam symbolů.....	77
10.3	Seznam tabulek.....	78
10.4	Seznam obrázků.....	78
<b>11</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>81</b>

# 1 ÚVOD

Silniční dopravu využíváme v současné době prakticky každý den. Buď jako přímí účastníci dopravního provozu, kdy se dopravujeme do práce, školy či obchodu pomocí osobních aut, veřejné dopravy, kola, případně pěšky, nebo nepřímo, kdy se silniční doprava využívá pro přepravu spotřebního zboží, kterého se denně po komunikacích přepraví miliony tun. Počet dopravních prostředků neustále narůstá, a díky tomu často dochází k přetěžování komunikací. Proto je nezbytné provoz na komunikaci efektivně řídit. K řízení dopravy a zajištění bezpečnosti se využívají dopravní značení a zařízení, která jsou umístěna na dálnicích a silnicích všech tříd. Nedílnou součástí zmíněného informačního a bezpečnostního systému je i vodorovné dopravní značení (dále jen VDZ) [1].

V současné době musí zařízení pro vodorovné dopravní značení (dále jen ZVDZ) být kvalitnější, větší, rychlejší a efektivnější než kdy dříve. Kvalitou zařízení pro VDZ lze rozumět jeho schopnost k plnění všech požadavků pro jeho správnou funkci, spolehlivost, životnost, odolnost proti opotřebení a další. Toho je dosahováno především tím, že je kladen důraz na požadovanou rozměrovou přesnost funkčních částí dle výrobních specifikací [1].

Spolupracující strojírenská firma (dále jen výrobce/výrobní podnik) ZVDZ využívá pro měření standardní měřidla, jako jsou posuvná měřidla, mikrometry a výškoměr. Pomocí nich rozhoduje o rozměrové správnosti vyrobených dílů pro ZVDZ, před tím, než jsou díly smontovány do funkčního celku. Hlavním úkolem této diplomové práce (dále jen DP) je formulování požadavků na kvalitu ZVDZ a na základě posouzení současného stavu navrhnout a zhodnotit opatření vedoucí k jeho zlepšení. DP se rovněž zabývá vymezením mezioperační kontroly vybraných částí zařízení pro VDZ a jejím zefektivněním.

Diplomová práce je rozdělena do osmi kapitol a osmi příloh.

První dvě kapitoly obsahují úvod a motivaci. Popisují problematiku ZVDZ, definují požadavky na DP a vysvětlují, proč je kvalita ZVDZ důležitá.

Ve 3 kapitole je popsán současný stav řízení kvality u výrobce podle ISO 9001, Lean production, Six Sigma a Geometrické specifikace výrobků. Jsou popsány jejich metody, principy a používané nástroje.

Kapitola 4 se zabývá obecným hodnocením kvality. Kvalita je zde hodnocena z pohledu kontroly a měření. Následně jsou popsány typy kontrol a jak jsou pro výrobce podstatné pro zabezpečení kvality. Na závěr kapitoly jsou navrženy možnosti ke zlepšení kvality VDZ ve výrobním podniku.

V kapitole 5 jsou objasněny požadavky na kvalitu zařízení pro ZVDZ. Mezi tyto požadavky patří například geometrické specifikace výrobků a posuzování shody se specifikací v souladu se systémem ISO GPS.

Praktická část diplomové práce je řešena v kapitole 6. V této kapitole je představeno modelové řešení zjištěného problému, včetně provedení měření, určení kořenové příčiny problému a návržení nápravného opatření.

Dosažené výsledky jsou technicky posouzeny a shrnuty v 7. kapitole. Následně jsou zde uvedena doporučení pro praxi u výrobce ZVDZ.





## 2 MOTIVACE

Vodorovné dopravní značení je důležitým bezpečnostním prvkem. Řidiče musí informovat, navádět a vymezovat na silnici prostor, který je pro ně určený. Díky tomu pomáhá udržovat bezpečnost na vozovce. Vodorovné dopravní značení má oproti svislému jednu nespornou výhodu. Jak už název napovídá, je vyznačeno vodorovně, přímo na vozovce, v zorném poli řidiče, a proto netvoří fyzickou překážku, která by zabraňovala v pohybu. Z vodorovného umístění na vozovce plyne i největší nevýhoda tohoto značení. Touto nevýhodou je časté znečištění a opotřebenění značení. Značení musí být vždy dobře rozeznatelné, hlavně při zhoršených meteorologických podmínkách, jako je například mlha. Dobře viditelné a funkční vodorovné dopravní značení je základem pro plynulý a bezpečný chod dopravy [1] [3].

Poptávka po nových zařízeních pro VDZ je v posledních letech enormní. A to nejen na starém kontinentě a v Americe, kde se dopravní infrastruktura neustále modernizuje a rozšiřuje. Ale také například v Indii, která v posledních dvou letech začala s masivním rozvojem dopravní infrastruktury. Vodorovné dopravní značení se využívá od silniční dopravy až po letiště, všude tam, kde je třeba bezpečně navádět a korigovat dopravu [2].

Zařízení pro VDZ, konkrétně typ Dot´nline, se primárně využívá k nanášení profilových značek ve tvaru teček. Aplikovat lze buď termoplast nebo dvousložkový studený plastový materiál.

Nejnovější technologií ve značení vozovky je právě profilované silniční značení. Tento typ značení nadzvedává povrch vozovky, díky čemuž zvyšuje bezpečnost silničního provozu. Pokud přes něj přejíždí kolo vozidla, vydává hluk a vozidlo začne drnčet. Tento zvuk varuje řidiče před vyjetím z vozovky. Proto se profilované značení používá na silnicích s hustým provozem a špatnou viditelností v noci, jako jsou například dálnice. Dalším bezpečnostním prvkem je, že poskytuje oproti klasickému značení vyšší viditelnost za mokra a v noci. Drenážní efekt profilovaného značení zajišťuje snadný odtok dešťové vody. Do pokládané barvy je možno přimíchat skleněné perličky. Skleněné perličky zvyšují viditelnost například ve špatně osvětlených oblastech a v noci [1].

Diplomová práce má jako hlavní teoretický úkol definovat požadavky na kvalitu ZVDZ. Praktický úkol se věnuje odhalení hlavního problému s kvalitou u spolupracujícího výrobce. K tomuto problému bylo nutno navrhnout reálné řešení. Dle pokynů vedoucího diplomové práce a požadavků spolupracující firmy byly cíle diplomové práce upřesněny takto:

- Popis současného stavu řízení kvality ZVDZ ve firmě.
- Systémový rozbor hodnocení kvality ZVDZ.
- Posouzení možností zlepšení systému řízení kvality ZVDZ.
- Aplikace vybraných metod řízení kvality na ZVDZ.
- Technické posouzení dosažených výsledků a doporučení pro praxi.



## 3 ŘÍZENÍ KVALITY VODOROVNÉHO DOPRAVNÍHO ZNAČENÍ

V této kapitole je popsáno řízení kvality produktu u výrobce podle normy ISO 9001. Hlavní důraz je kladen na procesní přístup. Dále je rozvedena problematika řízení kvality pomocí štíhlé výroby a následně pomocí metody Six Sigma, která je využita v praktické části diplomové práce. Závěr kapitoly se zabývá geometrickými specifikacemi výrobků, které jsou potřeba pro zajištění požadavků na kvalitu VDP.

### 3.1 Popis řízení kvality produktu podle ČSN EN ISO 9001:2016

Tato kapitola popisuje řízení kvality ZVDZ podle normy ISO 9001. Dle pokynů vedoucího se práce zabývá pouze těmi částmi normy, které mají vliv na řešenou problematiku.

Kapitola se také věnuje přiblížení hlavních myšlenek z normy. Konkrétně procesnímu přístupu, který je u zákazníka implementován. Dále jsou pak uvedeny části normy, na kterých by měl výrobce zapracovat: zaměření na zákazníka, vedení a řízení lidí a další.

V první řadě je potřeba odpovědět na otázku co je Řízení kvality (Quality Management). Jedná se především o snahu neustále se zlepšovat. Výsledkem tohoto snažení jsou především efektivnější procesy a zvýšená produktivita, které vedou ke snížení nákladů. Zásady managementu kvality tedy jsou [4] [5] [6]:

- Zaměření na zákazníka;
- Vedení (leadership);
- Angažovanost lidí;
- Procesní přístup;
- Zlepšování;
- Rozhodování založené na faktech;
- Management vztahů.

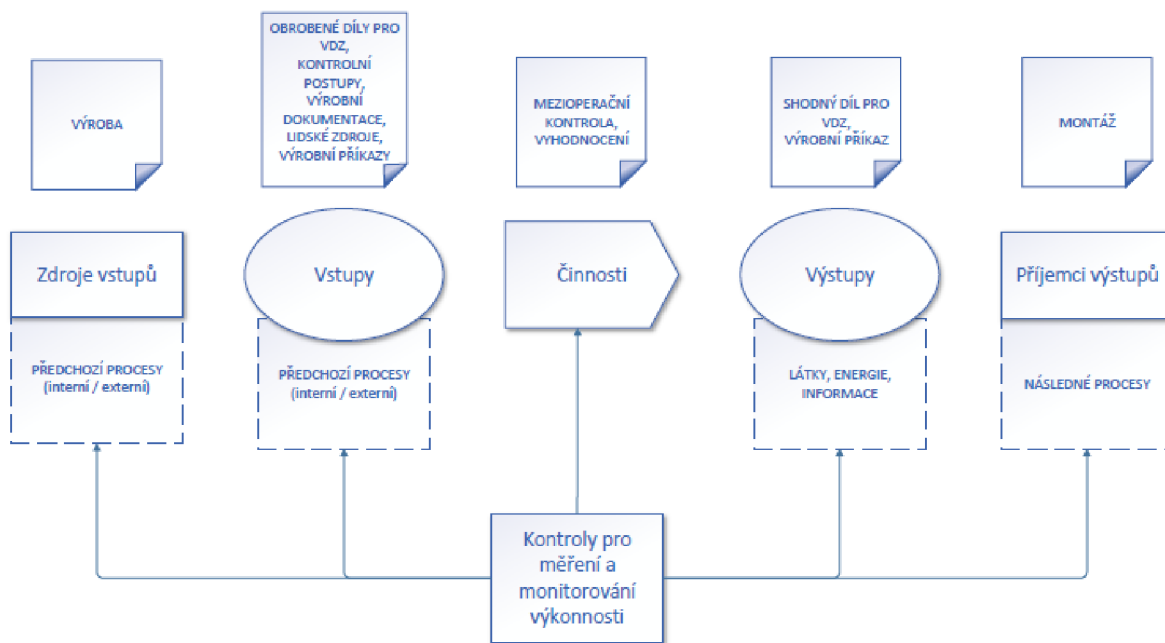
Mezinárodní norma ISO 9001 využívá procesní přístup. Tento přístup se skládá z cyklu Plánuj – Dělej – Kontroluj – Jednej (PDCA) a ze zvažování rizik. Procesní přístup tedy slouží organizacím k plánování procesů a jejich vzájemných vazeb. PDCA cyklus pomáhá firmám sledovat, zda jsou jejich procesy zajištěny a jak jsou odpovídající zdroje řízeny. Zvažování rizik slouží k určení faktorů, které negativně působí na chod procesů a snaží se zavést preventivní nástroje pro řízení kvality, které mají za cíl snížit negativní účinky, které mohou nastat [5] [6].

#### 3.1.1 Procesní přístup

Cílem procesního přístupu je zvýšit spokojenost zákazníka. Snaží se toho docílit plněním požadavků zákazníka. Pro dosažení zamýšlených výsledků organizace, její efektivnosti a účinnosti je třeba pochopení a řízení vzájemně provázaných procesů. Využívání procesního přístupu pro management kvality umožňuje [5] [6]:

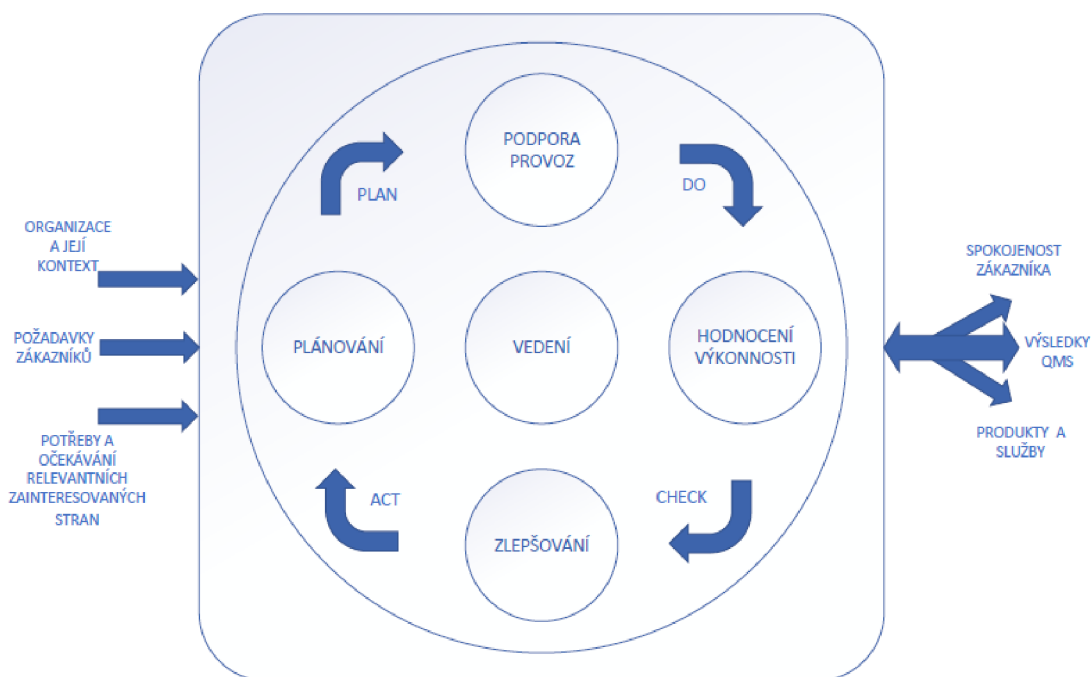
- pochopení požadavků a důslednost při jejich plnění;
- zvažování procesů z hlediska přidané hodnoty;
- dosažení efektivní výkonnosti procesů;
- zlepšování procesů na základě hodnocení dat a informací.

Na obrázku 1 je schématické znázornění procesu a vzájemné vazby mezi jeho prvky podle normy. Obrázek je doplněn o informace související s procesem kontroly dílů u výrobce. Část tohoto procesu, konkrétně činnost: mezioperační kontrola je rozebrána v kapitole 4.2.1. Ukazatelem sledujícím výkonnost prováděných kontrol je množství přijatých reklamací od zákazníka a množství odhalených neshod.



Obr. 1) Schématické znázornění prvků procesu kontroly [6]

Pro řízení procesu kontroly je doporučeno využívat Demingův cyklus neboli PDCA cyklus. Jde o metodu sloužící k postupnému zlepšování. Zlepšovat pomocí tohoto cyklu lze také kvalitu výroby, služeb, procesů, aplikací, dat. Tento cyklus je znázorněn na obrázku 2 [6].



Obr. 2) Znázornění struktury této normy v cyklu PDCA [6]

Cyklus PDCA lze podle ISO 9001 pospat takto [6]:

- Plánuj: stanovení cíle systému, jeho procesů a zdrojů potřebných pro dosažení výsledků, které jsou v souladu s požadavky definovanými od zákazníka a s politikou organizace. Je třeba identifikovat rizika a možné příležitosti a zaměřit se na ně.
- Dělej: nastav do provozu to, co bylo naplánováno.
- Kontroluj: dohlížej na procesy a jeli-to možné měř procesy a výsledné služby a produkty. Sleduj jejich výsledky vzhledem ke vztahu k politikám, cílům, požadavkům a plánovaným činnostem. Ze zjištěných výsledků vytvářej zprávy a ty poté prezentuj.
- Jednej: pokud je potřeba zaváděj opatření pro zvyšování výkonnosti.

### 3.1.2 Zaměření na zákazníka

Zákazník je organizace, která má zájem o produkt od výrobce. Produktem se přitom rozumí hmotný výrobek, konkrétně VDP. Zákazník hraje zásadní roli v otázce existence organizace. Výrobce se tedy musí zaměřit na to, aby poskytoval trvalé uspokojení potřeb a požadavků zákazníka. Otázkou tedy zůstává, co musí výrobce dělat pro dosažení tohoto principu. Ve shrnutí nejdůležitějších procesů a činností se proto dle [7] objevuje [7] [8]:

- definice toho, kdo je koncový zákazník/spotřebitel,
- zkoumání a snaha o porozumění požadavkům zákazníka, k tomu se využívají marketingové techniky a přezkoumávání požadavků v poptávkách zákazníků,
- vymezení cílů organizace, s ohledem na požadavky zákazníků,
- komunikace o požadavcích zákazníka v organizaci takovým způsobem, aby tyto požadavky byly zřejmé pro všechny zaměstnance,
- pružná reakce na potřeby zákazníků s využitím co nejnižší spotřeby zdrojů,
- zjišťování spokojenosti zákazníka,
- pracování na dobrých vztazích se zákazníkem apod.

### 3.1.3 Vedení a řízení lidí

Pro jakýkoliv systém řízení je tento princip jedním z nejdůležitějších. Proto i výrobce musí klást na bedra manažerů zejména [7] [8]:

- potřebu systematického zkoumání a snahu o porozumění potřebám zúčastněných stran,
- definování vizí, hodnot, politiky a strategií zainteresovaných stran.
- Stanovování cílů organizace, ve všech oblastech, a to i v oblasti životního prostředí, které budou pro organizaci výzvou.
- Snaha o to být pro své podřízené autoritou.
- Podpora vrcholového managementu ve zlepšovacích procesech.
- Zajišťování zdrojů pro procesy, které odpovídají strategii, politice a cílům organizace.
- Podporování a oceňování zaměstnanců za jejich příspěvek k zajištění strategie a cílů organizace.
- Zlepšování celkové výkonnosti organizace.

### 3.1.4 Zapojení lidí

Znalosti zaměstnanců a jejich aktivita v organizaci je nejcennější vlastnictví firmy. Světové organizace si to již uvědomují, a proto podporují aktivní zapojení lidí do všech činností organizace. Pokud se výrobce chce dostat na stejnou úroveň, musí se snažit realizovat především tyto procesy [7] [8]:

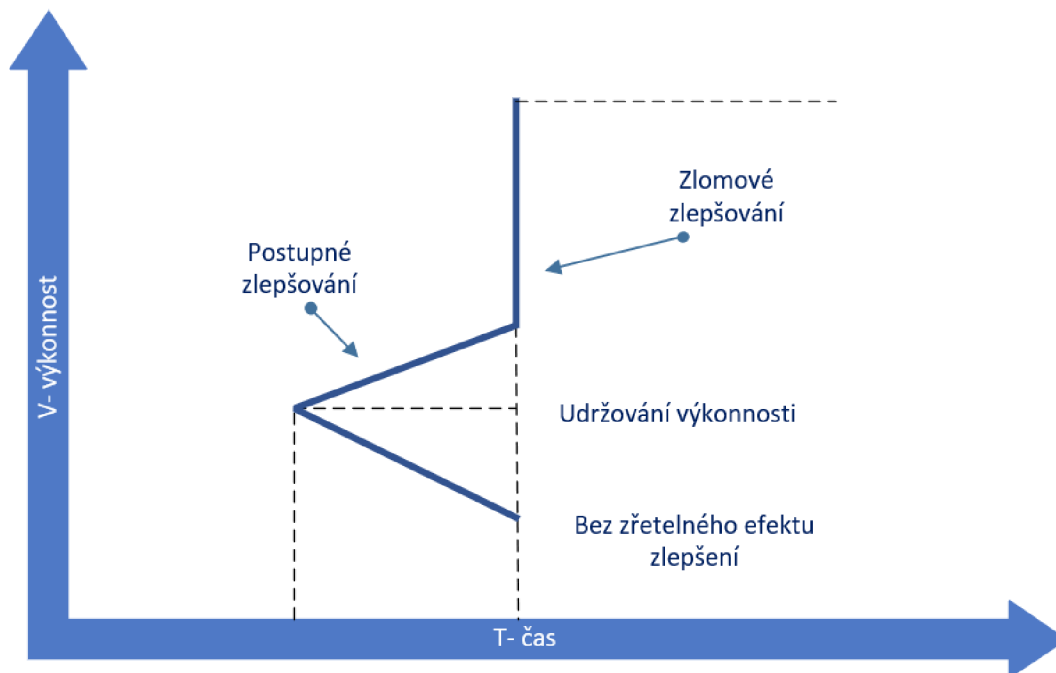
- Informování o tom, že přínos každého zaměstnance a jeho role v organizaci je důležitá pro plnění cílů.
- Pravidelné individuální hodnocení výkonnosti zaměstnanců, audity a sebehodnocení sloužící ke zjišťování příčin, které brání maximální výkonnosti zaměstnanců.
- Přidělování odpovědnosti a pravomocí zaměstnanců.
- Podpora zaměstnanců k dalšímu seberozvoji formou vzdělávacích kurzů a výcviku.
- Vedení dialogu se všemi skupinami zaměstnanců, při které má být dosaženo oboustranného toku informací.
- Přezkoumávání zpětné vazby a názorů od zaměstnanců s využitím anonymních průzkumů a měření míry spokojenosti na pracovišti.

### 3.1.5 Neustálé zlepšování

Prostor pro zlepšování je k dispozici vždy. Zlepšování by se mělo zaměřit na procesy a tvorbu nových hodnot pro všechny zúčastněné strany. Pod pojem zlepšování jsou zařazeny všechny aktivity, které jsou přínosem ke zvýšení výkonnosti zaměstnanců, procesů, produktů i systému řízení. V praxi se rozlišují dva základní přístupy ke zlepšování [8]:

- postupné zlepšování po krocích,
- Reengineering – zlomové, revoluční zlepšování.

Vztah a povahu zmíněných přístupů ke zlepšování organizace přibližuje obrázek 3.



Obr. 3) Povaha přístupu ke zlepšování [8]

Pokud chce výrobce plnit tento princip, je nutné aby [7] [8]:

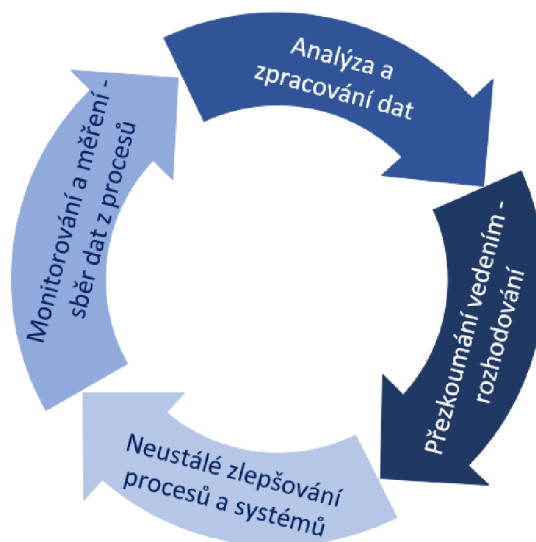
- hledal nedostatky v činnostech a výsledcích organizace za pomoci vhodných metod jako jsou interní audity a sebehodnocení,
- nedostatky a slabiny chápal jako příležitost ke zlepšování, možnost ke hledání viníků,
- o zadávání projektů rozhodoval na základě priorit,
- zvyšoval schopnost plnit požadavky všech stran pomocí projektů a cílů zlepšování,
- k metodám a technikám zlepšování zajistil potřebný výcvik,
- měřil a monitoroval efektivnost zavedených zlepšení.

### 3.1.6 Rozhodování na základě faktů

Výrobce se musí snažit, aby na všech úrovních řízení byly rozhodovací procesy co nejobjektivnější. Proto je třeba dbát na to, aby rozhodování manažerů vycházelo z analýzy dat a informací namísto z pocitů a subjektivních názorů. Správné použití tohoto principu proto vyžaduje [7] [8]:

- plánování, monitorování a měření v systémech managementu kvality,
- zaškolení pověřených osob k přípravě a realizaci těchto měření,
- sběr dat ze všech dostupných procesů řízení kvality,
- přezkoumávání objektivnosti a spolehlivosti dat,
- využití statistických metod a počítačové podpory pro analýzu a zpracování dat,
- zveřejňování zjištěných dat všem zainteresovaným stranám,
- přezkoumávání dat všemi skupinami manažerů,
- realizovat rozhodnutí na základě zjištěných trendů.

Vzájemné vazby sběru a vyhodnocování dat, rozhodování a neustálého zlepšování jsou znázorněny na obrázku 4.



Obr. 4) Vzájemné vazby mezi monitorováním a měřením, rozhodováním a neustálým zlepšováním [8]

### 3.1.7 Management vztahů

Spolehlivost dodavatelů výrazně ovlivňuje skutečnou výkonnost výrobce. Organizace pracují efektivněji, jestliže mají se svými dodavateli partnerské vztahy založené na vzájemné důvěře a sdílení znalostí. Dlouhodobé vztahy pomáhají utvářet tyto procesy [7] [8]:

- definování politiky a vztahů s dodavateli,
- definování strategicky nejdůležitějších dodavatelů podle stanovených kritérií, s klíčovými dodavateli je třeba vztahy budovat nejintenzivněji,
- definovat kritéria výběru a hodnocení potenciálních dodavatelů,
- poskytování technické podpory dodavatelům,
- komunikace s dodavateli a sdělování nejlepších praktik,
- zavázat dodavatele k činnosti neustálého zlepšování,
- optimalizace ověřování shody dodávek,
- hodnocení výkonnosti dodavatelů a jejich schopnosti plnit obchodní smlouvu,
- motivování dodavatelů k vytvoření podmínek pro dlouhodobé vztahy.

Firmy s moderními systémy managementu jakosti skutečně dosahují dlouhodobě podstatně lepších výsledků než firmy s pouhou tradiční orientací na prokazování jakosti prostřednictvím technické kontroly. Proto je potřeba, aby výrobce intenzivně usiloval o zavedení a aplikování všech výše uvedených procesů řízení kvality podle normy ISO 9001 [7].

## 3.2 Řízení kvality pomocí LEAN production

LEAN production neboli Štíhlá výroba je systematický přístup využívající nástrojů a metod, které slouží k určení a odstranění plýtvání. Má za cíl zvyšovat produktivitu při práci a efektivnost výroby v dlouhodobém horizontu [9] [10].

Ve výrobním podniku pro výrobu ZVDZ začala snaha o implementaci Štíhlé výroby v prosinci minulého roku. Pomocí LEAN production se podnik zaměřil na odstranění osmi druhů plýtvání. V této kapitole je popsán význam, kvůli kterému byla Štíhlá výroba zavedena.

Nepřetržité využívání malých drobných vychytávek a zlepšení je filosofií, kterou využívají nástroje štíhlé výroby. Větších výnosů nežli zvýšením prodejů lze dosáhnout pomocí toho, že se firma zaměří na snížení plýtvání. LEAN production identifikuje 7+1 oblastí plýtvání, na které bylo zaměřeno při zavádění systému [9] [10].

### 3.2.1 8 druhů plýtvání

#### Vysoké zásoby

Vysoké zásoby jsou u výrobce ZVDZ způsobovány chybným plánováním, špatnou kvalitou, nepřehledností a zakrýváním problémů [9].

Výrobce ZVDZ měl na začátku roku 2022 na svém skladě přes 3 tuny neidentifikovaného hutního materiálu. Tento materiál zabíral skladovací prostory a postupně se snižovala jeho kvalita. Část z tohoto materiálu byla navíc uložena mimo zastřešený sklad, a proto vlivem počasí rychle korodovala. S využitím aktuálně volných pracovních sil byla tedy u materiálu provedena inventura. Materiál byl rozříděn, zaskladněn a informace o něm byly přidány do systému. Díky tomu systém nevybízí k nakupování nového materiálu pro nově zadané objednávky, dokud nebude zpracován materiál ze skladu. Kvůli aktuálním zásobám a rostoucí ceně materiálu bylo zakázáno nakupovat materiál do zásoby na sklad. Objednává se pouze potřebné množství materiálu k výrobě zakázky.



## Čekání

Čekání na materiál a polotovary, výpadky stroje, čekání na odzkoušení, čekání na kontrolu, čekání na následující úkon. To všechno jsou důvody, proč může být pracovník nucen nevykazovat činnost. A právě tyto prostoje způsobují další druh plýtvání [9].

Pro eliminaci čekání zavedl výrobce několik opatření. Aby se předešlo nečekaným výpadkům stroje, byla uvedena v platnost Metodika údržby strojů, kdy obráběči jsou povinni každý den před ranní směnou stroj zkontrolovat podle Plánu údržby. Toto opatření je kontrolováno pomocí vnitřních auditů. Navíc je pro stroje každoročně objednávána servisní prohlídka.

U výrobce vznikla nová pracovní pozice – plánovač výroby. Tato nově vzniklá pozice má ulehčit práci výrobnímu řediteli, který na ni nemá dostatek času. A má zajistit neustálé kapacitní obsazení všech strojů. V návaznosti na výrobní plán je poté dispečer výroby schopný zásobovat operátory potřebným vstupním materiálem.

## Doprava a manipulace

Všechny nadbytečné pohyby s materiálem tam a zpět vedou k plýtvání. Tento druh plýtvání je způsoben špatným layoutem závodu, špatnou dispozicí materiálu a mezisklady [9].

Nezanedbatelná část výroby je zajišťována v kooperaci (pálení vstupního materiálu na laseru, povrchové úpravy ...). Přepravu tam a zase zpět objednávají manažeři zakázek podle informací od dodavatele. V informačním systému proto vznikla sekce pro zadávání požadavků na přepravu, která umožňuje vedoucímu skladu a expedice efektivněji plánovat a koordinovat externí dopravu a úkolovat firemního řidiče.

Pro zefektivnění vnitropodnikové dopravy vznikl na přelomu ledna a února nový návrh na rozčlenění výrobní haly. Toto rozložení zefektivňuje tok materiálu od příjmu, přes výrobu, kontrolu až po expedici. U každé pracovní pozice vznikl prostor pro vstupní materiál a následně na hotový produkt. Mezioperační sklad je proto potřeba jen před kontrolou kvality, která kromě dílů z interní výroby navíc kontroluje i díly z kooperací. Materiál ve vstupní a výstupní skladu byl pe livě roztržěn a označen, aby se předešlo zbytečné manipulaci z důvodu jeho nevhodného umístění.

## Výroba chybných dílů

Všechny procesy, které mají na svědomí vznik vadných kusů, způsobují plýtvání. To znamená, že navyšují cenu výroby o dodatečné mzdy, materiál a energie, opotřebení, dodatečnou kontrolu a opravy. Nejde pouze o chyby uvnitř organizace, ale také o chyby vzniklé nesprávně poskytnutými informacemi externímu dodavateli nebo zákaznické reklamace [9].

Úkolem manažera kvality je nastavit procesy tak, aby se předešlo výrobě zmetků z důvodů neznalosti některé části výroby. Pracovníci kvality poté pomáhají operátorům s kontrolou prvních kusů. Technologové se snaží předcházet vadné produkci za pomoci implementace různých přípravků do výroby. Ke snižování rizika chyb a minimalizaci množství zmetků provádí management podniku metodu FMEA. Úkolem manažerů zakázky je s externími dodavateli vykomunikovat všechny případné nejasnosti.

### Nadvýroba

Nadvýroba vzniká v důsledku špatného plánování a přináší značné ekonomické ztráty. Výrobou dílů na sklad vzniká nebezpečí, že při další objednávce dojde k revizi produktu. Z tohoto důvodu výrobce horizontálního značícího zařízení vyrábí pouze potřebný počet dílů na aktuální zakázku. Tzv. na sklad jsou vyráběny pouze díly pro rámcové objednávky, u kterých zákazník smluvně souhlasí s odkoupením již vyrobených kusů, pokud by došlo k nějaké revizi nebo změně požadavků [9].

### Nepotřebné procesy

Pomocí kontroly a sledováním chodu procesů můžeme vypořádat operace, které jsou nepotřebné. Vybalancování tohoto druhu plýtvání považují osobně za časově nejnáročnější. Ve výrobním podniku vzniká mnoho sporů mezi výrobou a oddělením kontroly kvality v otázkách jako: Kdy je třeba díl ručně odhrotit, jelikož strojní provedení je nedostatečné. Nebo: U kterých dílů je potřeba provést před povrchovou úpravou přebroušení, aby výsledek byl akceptovatelný zákazníkem atd. Proto se technické oddělení spolu s manažerem kvality snaží neustále revidovat výrobní postupy, podle získaných zkušeností z předchozí výroby [9].

### Zbytečné pohyby

Špatně organizované pracoviště, špatně organizované procesy nebo špatný layout výrobní haly, všechny tyto nedostatky vedou k nepotřebným pohybům, které zvyšují čas potřebný pro výrobu dílů. Každý úkon navíc může vytvářet prostor pro vznik nové chyby a dalšímu plýtvání. Vzhledem k charakteru výroby má výrobce ZVDZ snahu vytvářet co nejflexibilnější pracoviště. V novém návrhu rozložení firmy je kladem důraz na organizaci pracoviště [9].

### Nevyužitý lidský potenciál

Každý člověk má své silné a slabé stránky. V některé činnosti vyniká a jiná mu zase nejde. Nevyužití jeho přirozeného talentu, případně nevyšší jeho podnětů ke zlepšení je posledním druhem plýtvání. Přece jen lidé jsou ten nejcennější a nejnákladnější zdroj. Všechny uvedené druhy plýtvání tak vedou k nenaplnění jeho potenciálu. Výrobce horizontálních značících zařízení se proto snaží pravidelně a efektivně školit všechny zaměstnance podle jejich zaměření. A podporuje je v dosahování vyššího vzdělání [9].

K odstranění plýtvání využívá Štíhlá výroba řadu nástrojů.

### **3.2.2 Základní nástroje štíhlé výroby**

V této kapitole budou představeny nástroje, které slouží pro implementaci štíhlé výroby.

#### Kaizen

Metoda se opírá o postupné zlepšování po malých krocích. Vychází z tradičního Japonského myšlení. Snaží se dosáhnout toho, aby lidé neopakovali neustále ty samé chyby. Pomocí postupného optimalizování procesů a pracovních postupů se snaží vyhnout výrobě zmetků. Zvyšuje kvalitu výroby, hledá úspory materiálu, dohlíží na bezpečnost práce a celkově snižuje náklady. Velkou výhodou ovšem je, že ji lze využít na všech procesech a na každé úrovni řízení [8] [9] [11].

Tohoto přístupu využívá výrobce ZVDZ pro neustálé zlepšování pracovišť. S nápady na zlepšování může přicházet kdokoli z kolektivu a návrhy jsou následně projednávány a vyhodnocovány. Jako příklad lze uvést požadavek z oddělení svařovny na změnu skladování svářecích plynů nebo návrh na úpravu struktury porad manažerů zakázek s vedením společnosti. Tyto požadavky zpracovává manažer kvality a předkládá je vedení společnosti.

### Metoda 5S

5S je metoda, která výrobci slouží k organizaci pracoviště. Díky ní je dosaženo zlepšení efektivity a řízení operací. Proces je ovlivňován prostředím a schopností zaměstnanců reagovat na změny v procesu. Metoda zlepšuje celkový stav pracovní oblasti, především pak k přístupu uložení ručního náradí. Zásadními otázkami je čistota, osvětlení a obecně stav údržby jakékoliv oblasti. Příkladem může být pracovní stůl přeplněný nástroji a přípravky. Hledání potřebného nástroje je poté plýtvání časem kvalifikovaného pracovníka a může způsobovat rozptylování od práce, což vede ke špatné kvalitě. Obdobně lze příklad aplikovat na kancelářský stůl, který pokrývají papíry. Neuspořádané soubory papírů způsobí administrativní chyby a zpožďují jejich zpracování [12].

Názvy principů metody 5S vycházejí z pěti japonských slov:

Seiry: prvním krokem je rozřadit položky podle potřeby a vyčistit pracovní plochu. Neuspořádané nahromaděné položky snižují efektivitu hledání potřebných položek [12].

Seiton: setřídí a umístí věci podle jejich účelu a četnosti použití. Často používané předměty mají být jednoduše a rychle dostupné k použití [13].

Seito: úklid pracovního prostoru a vybavení. Čištění pracovní desky poskytuje lepší výsledky měření, úklidem podlahy se předchází nehodám [12].

Seiketsu: vypracování kontrolních plánů, norem a pracovních instrukcí pro udržení čistého a uspořádaného pracovního prostoru [12].

Shikutse: jde o nejobtížnější princip. Udržet úsilí a pokračovat v nastaveném směru vyžaduje podporu ze strany vedení [12].

### Metoda 5M

Jde o jednoduchou metodu využívanou u výrobce ZVDZ pro analýzu příčin a následků. V praxi se metoda 5-ti faktorů používá jako seznam příčin Ishikawova diagramu. Kvůli svému tvaru je tento diagram nazýván diagram rybí kosti. Díky své jednoduché ilustraci pomáhá porozumění problému a vztahů mezi příčinami a následky. Hlavní problémy tedy mohou způsobovat tyto příčiny [14] [15]:

Manpowder – příčiny způsobené pracovníky,

Machines – příčiny způsobené stroji, počítači, nářadím, měřidly,

Materials – příčiny způsobené vadami v materiálu nebo nesprávným materiálem,

Methods – příčiny způsobené špatně nastavenými procesy, směrnicemi, normami,

Measurement – příčiny způsobené nesprávným způsobem měření.

Tento přístup je v DP využit v praktické části v kapitole 6.4.4.

### Standardní práce

Jedná se o nástroj, který definuje vzájemné interakci mezi člověkem a strojem při výrobě součásti. Standardní práce pomáhá při zaškolování nových zaměstnanců a zmenšuje odchylky v procesu. Její základní myšlenkou je zajistit, aby byl výrobní proces konzistentní. K tomu napomáhá i systém managementu kvality ISO 9001, který začleňuje standardní práci jako součást řízení dokumentace. Výrobce se proto snaží každý proces detailně popsat a stávající i nové zaměstnance s jeho pomocí pravidelně školit [12].

Štíhlá výroba tedy přináší do výroby ZVDZ zlepšení: pomocí štíhlé výroby lze snižovat celkové náklady na výrobu. Pomocí technik motivace zlepšuje morálku dělníků na pracovišti.

Díly metodě 5S dělá pracoviště přehlednější. Urychluje proces výroby a zkracuje termíny dodání. Snižuje množství potřebných zásob. Při dosažení nízké zmetkovitosti zvyšuje celkové zisky. Rozvíjí schopnosti vedení a týmové spolupráce. A při zlepšení porozumění procesům dovoluje dlouhodobý růst společnosti [9] [16].

### 3.3 Řízení kvality pomocí Six Sigma

Metody Six Sigma jsou u výrobce ZVDZ nejčastěji v oblasti kontroly kvality. Nejvyžívanějším nástrojem v této oblasti je právě metodika DMAIC, která souvisí s rozvojem požadavků na neustálé zlepšování úrovně kvality. Tato metoda bude blíže popsána v kapitole 3.3.1. V této kapitole bude popsáno, o čem vlastně řízení kvality pomocí programu Six Sigma je a jaký má přínos pro výrobce ZVDZ [17].

Výrobky skládající se z mnoha součástí, jako například ZVDZ, mají obvykle mnoho příležitostí selhat nebo se poškodit. Této skutečnosti si byla již na konci 80. let vědoma společnost Motorola a v reakci na tento problém vyvinula program Six Sigma [17].

Standardní směrodatná odchylka se označuje symbolem sigma –  $\sigma$ . Sigma určuje, jak dalece se daný proces odchýlil od nedosažitelného ideálu. Čím je sigma v metodě Six Sigma vyšší, tím je odchylka menší. Následuje popis základních vztahů popisujících metodu Six Sigma pomocí matematiky. První rovnice je pro výpočet výběrového aritmetického průměru  $\bar{x}$ , ve které neznámá  $x_i$  označuje jednotlivé hodnoty a  $n$  je počet udávaných hodnot. V druhém vzorci přibývá neznámá  $s$ . Jde o výběrovou směrodatnou odchylku, pomocí které je popisována variabilita procesu [17].

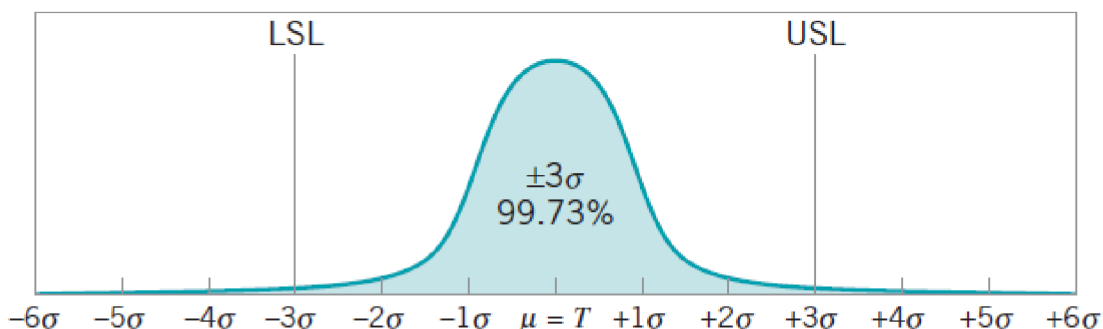
Výběrový aritmetický průměr:

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \cdot \sum_{i=1}^n x_i . \quad (1)$$

Výběrová směrodatná odchylka:

$$s(x) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n - 1}} . \quad (2)$$

Obrázek 5 ukazuje normální rozdělení pravděpodobnosti, Gaussovo rozdělení, jako model pro charakteristiku kvality se specifikačními limity při třech směrodatných odchylkách na každé straně průměru. Při uvažované variabilitě  $\pm 3\sigma$ , je poté zhruba 0,27 % vyrobených dílů mimo specifikaci [17].



Spec. Limit	Percent Inside Specs	ppm Defective
$\pm 1$ Sigma	68.27	317300
$\pm 2$ Sigma	95.45	45500
$\pm 3$ Sigma	99.73	2700
$\pm 4$ Sigma	99.9937	63
$\pm 5$ Sigma	99.999943	0.57
$\pm 6$ Sigma	99.9999998	0.002

Obr. 5) Normální rozdělení pravděpodobnosti [17]

Myšlenkou metody Six Sigma tedy je, že v této situaci je pravděpodobná úroveň kvality 0,9973. Při výrobě milionu těchto dílů připadá na zmetky 2700 kusů. Což ve skutečnosti zní velice dobře. Pokud se ale sestava ZVDZ u výrobce skládá z přibližně 250 nezávislých součástí a dílů, přičemž každá musí být bezvadná, protože jenom tak bude stroj fungovat podle požadavků, je poté pravděpodobnost, že jakákoliv součást není vadná  $0,9973 \cdot 0,9973 \cdot \dots \cdot 0,9973 = (0,9973)^{250}$ . To znamená že 50,87 % výrobků vyrobených v kvalitě  $\pm 3\sigma$  je vadných. Tedy téměř 510 000 neshodných dílů na milion vyrobených, a toto množství je nepřijatelné [17].

Společnost Motorola stanovila Six Sigma jako cíl společnosti a jako ústřední bod úsilí o zlepšování kvality procesů a produktů. Tento program se v následujících letech stal v mnoha firmách nástrojem pro zlepšení kvality a snížení nákladů. Společnosti, které aplikovaly Six Sigma využívají tzv. „belts“ (pásky) k organizačnímu rozdělení společnosti. Jde speciální školení jedinců, kdy každá úroveň má jiné minimální požadavky dovedností. Hierarchie a požadované dovednosti jsou v tabulce 1. Výrobce ZVDZ nevyužívá systém belts. Tento systém Six Sigma je možné využít pro zlepšení. Využívá ale specifického pětistupňového přístupu k řešení problémů: Definuj, měř, analyzuj, zlepšuj a kontroluj (DMAIC), který bude pro účely diplomové práce použit v praktické části. DMAIC využívá kontrolní grafy, navržené experimenty, analýzu schopností procesu, systémy měření a mnoho dalších základních statistických nástrojů [17].

Doporučené minimum dovedností požadovaných v osobních rolích metodologie Six Sigma je uvedeno v tabulce 1. Tabulka uvádí minimální úroveň dovedností pro každou kombinaci role a dovednosti. Číselná hodnota od 0 do 3 je přiřazena každé dovednosti, přičemž 0 znamená, že tato dovednost není pro tuto roli nutná, a 3 znamená, že tato dovednost je zvláště pro tuto roli požadována [18].

Tab 1) Minimum dovedností požadovaných pro danou roli [18]

Dovednost	Master Black Belt	Black Belt	Green Belt	Yellow Belt
Podnikatelský duch	3	2	1	1
Počítačová gramotnost	3	3	1	1
Zaměření na zákazníka	3	3	3	3
Mezilidské vztahy	3	3	2	1
Motivační schopnosti	3	3	2	1
Znalost základních vědeckých pojmů	3	2	1	1
Schopnost řešit problémy	3	2	3	1
Schopnosti prezentace	3	3	2	0
Zkušenosti ve zlepšování procesu	3	2	1	0
Dovednosti řídit profese	3	3	2	0
Dovednosti řídit projekt	3	3	2	0
Dosahování výsledků	3	3	2	2
Znalosti nástrojů Six Sigma	3	2	1	1
Znalosti statistických metod	3	2	1	0
Používání statistického softwaru	3	3	1	0
Výcvikové dovednosti	3	3	1	0
Schopnosti koučování	3	2	2	0

Úroveň 0 – není požadováno; 1 – základní znalosti; 2 – zdatný uživatel; 3 – nejvyšší úroveň dovednosti. POZNÁMKA: Hodnota 0 v tabulce neznamená, že pro splnění dané role tato dovednost nemusí být vyžadována, ale znamená, že osoba v této roli neví nic o této dovednosti.

### 3.3.1 Metoda DMAIC

Jde o strukturovaný postup řešení problémů široce používaný při zlepšování kvality a procesů. Metodu tvoří pět kroků Define, Measure, Analyze, Improve a Control od kterých je název odvozen. DMAIC podporuje kreativní myšlení o problému a jeho řešení [17].

### 3.3.2 Definuj

Definování je první fází metodiky DMAIC, při které je třeba určit to, kde je problém nebo jaký je cíl a jasně jej definovat. Odpovědět si na otázky: Čeho se snažíme dosáhnout? Kam se chceme dostat? Je třeba stanovit hranice problému. V tomto kroku se totiž může stát, že si objasníme, proč se problémem potřebujeme zabývat a co nám odstranění problému přinese. A pokud zjistíme, že investice do problému, ať už finanční nebo časová odstraní pouze marginální problémy, můžeme problém ukončit [14] [19].

Pro definování problému je třeba si položit správné otázky, podle příručky [20] jde o tyto [20]:

- Proč se musí tento projekt provést právě teď?
- Jaký je podnikatelský záměr projektu?
- Kdo je zákazník?
- Jaký je současný stav?
- Jaký bude budoucí stav?
- Jaký je rozsah tohoto projektu?
- Jaké jsou hmatatelné výsledky?
- Jaký je termín ukončení projektu?

#### Plán projektu

Jedná se o dokument, ve kterém je definováno, co je zamýšleným cílem projektu a cesta k úspěšnému vyřešení projektu. Plán projektu tedy má obsahovat popis organizované strategie, postup, jak projekt vykonávat, co na projektu monitorovat a čemu se věnovat při kontrole. Jeho cílem je shrnout všechny dostupné informace, které se týkají projektu [21].

#### Ganttův diagram

Pro lepší orientaci v projektu je vhodné znázornit posloupnost naplánovaných činností v čase graficky. K tomu slouží Ganttův diagram, který horizontálně zobrazuje časové období, ve kterém je projekt naplánován. V rádcích pod sebou jsou poté znázorněny jednotlivé úkoly (kroky) projektu. A to v takovém pořadí, které odpovídá jejich logické posloupnosti. Ganttův diagram časově ohraničuje projekt [22].

### 3.3.3 Měř

Fáze Měření má za cíl zaměřit se na úsilí vedoucí ke zlepšení shromažďování informací o aktuální situaci. V této fázi metodiky DMAIC se měří, shromažďují data a vytvářejí metriky. Opět je třeba se předem zaměřit na otázky [19] [20]:

- Jaká data jsou smysluplná?
- Jaká data jsou k dispozici?
- Jaký je nejjednodušší způsob shromažďování dat?
- Jaký systém měření bychom měli použít?
- Jak budeme měřit pokrok?
- Je dané měření spolehlivé?
- Jak budeme měřit konečný výsledek?

V tomto kroku je tedy nutné vytvořit řídicí panely, které nám řeknou, jak se nám daří a kam nasměrovat úsilí pro zlepšení.

### Typy dat

Data je možné dělit na kvantitativní a kvalitativní. Kvantitativní data obsahují převážně číselné vyjádření sledované hodnoty. Jsou to data objektivní a ověřitelná jiným způsobem. Naproti tomu kvalitativní data jsou nečíselná data, která slovně popisují kvalitu věcí a jevů. Popisují vlastnosti, charakteristiku a pocity. Nejsou vyjadřována pomocí čísel, a proto je najde měřit a vyhodnocovat. Lze je hodnotit statisticky [23].

### Pozorovací studie

Pozorovací studie se zavádí pro získávání dat, které nejsou k dispozici z předešlých měření. Data jsou sbírána nepřetržitě za časové období. Například každou hodinu po dobu dvou týdnů nebo vzorkováním z příslušných datových toků. U výrobce horizontálního značícího zařízení je ve výrobě spousta lidských faktorů, a proto se využívá vzorkování práce. Vedoucí pracovníci provádějí odběr vzorků, který zahrnuje pozorování pracovníků v náhodných časech a klasifikaci jejich činnosti [17].

### **3.3.4 Analyzuj**

Cílem fáze analýzy je identifikovat hlavní příčiny pomocí analýzy dat. Výstupem je teorie, která byla testována a potvrzena. Informace získané v této fázi budou použity k vývoji řešení a vylepšení ve fázi zlepšení [19].

V této fázi je potřeba se zaměřit na otázky [20]:

- Jaký je současný stav?
- Je současný stav na nejlepší úrovni, jakou proces dovoluje?
- Kdo může provádět změny?
- Jaké zdroje budou potřeba?
- Co může selhat při snaze o změnu?
- S jakými hlavními překážkami se setkáváme při dokončení tohoto projektu?

### Paretovo pravidlo

Jde o jednoduché pravidlo, které pomáhá jednoduše zacílit na nejpálčivější problémy. Paretovo pravidlo poukazuje na to, že 80 % problémových situací ve výrobě způsobuje pouze 20 % možných příčin [24].

### Brainstorming

Brainstormingové schůzky se zainteresovanými zaměstnanci, kteří se podílejí na řešení problému se využívají pro vygenerování co nejvíce nápadů k danému tématu. Mezi základní pravidla této schůzky musí platit: všichni účastníci jsou si rovni, vzájemně se inspirují, doplňují a kombinují vzniklé nápady. Kritiku je nutné omezit na minimum, aby bylo možné se maximálně soustředit na kvalitu [25].

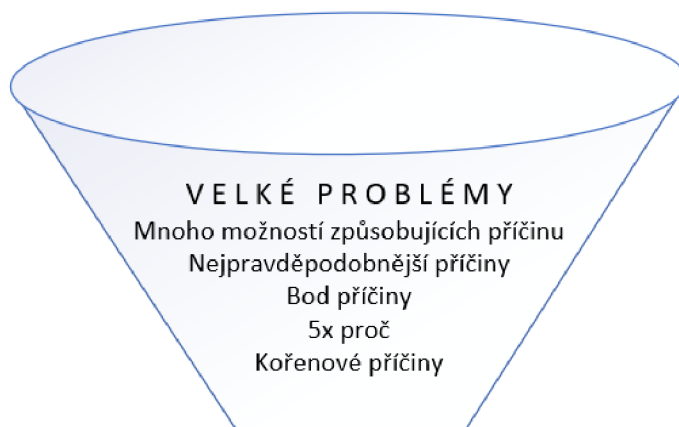
### Ishikawův diagram

Jde o jednoduchý nástroj řízení kvality. Známy je také pod názvy diagram příčin a následků nebo diagram rybí kosti. Jeho využití je pro vizualizaci a analýzu příčin a následků problému. V prvním kroku je nutné definovat následek, které příčiny způsobí. Poté se hledají možné příčiny, jenž mají následek ovlivnit. Tady lze využít poznatků z brainstormingu. A posledním krokem je příčiny roztrždit do 8 dimenzí využívaných ve výrobě, tzv. kategorie 8M (lidé, metody, stroje, materiál, měření, prostředí, management a údržba) [26].



### Proces zúžení a zaostření

Tento proces využívá společnost Toyota k určení kořenových příčin problému. Pomocí tohoto trychtýře (obr.6) je určena příčina, která lze nejnázáze zlepšit a její vyřešení vede ke zlepšení. Velké problémy jsou izolovány pomocí pravidla 80/20. Za použití brainstormingu jsou následně zhodnoceny všechny možné příčiny. V dalším kroku je použit diagram rybí kosti, díky kterému jsou vybrány nejpravděpodobnější řešitelné příčiny. Poslední metodou použitou v tomto trychtýři je 5x proč ke zjištění kořenové příčiny [27].



Obr. 6) Proces zúžení a zaostření [27]

### Výpočet nejistoty měření

Dále je popsán postup výpočtu standardní nejistoty měření. V prvním kroku je třeba vypočítat aritmetický průměr a výběrovou směrodatnou odchylku podle známých vzorců. Následuje výpočet samotných nejistot [17] [28].

- Stanovení standardní nejistoty typu A (pro  $n \geq 10$ ):

$$u_A = s(\bar{x}) = \sqrt{\frac{\sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2}{n \cdot (n - 1)}}; \quad (3)$$

- Stanovení standardní nejistoty typu B:

$$u_B = \sqrt{\sum_{j=1}^m u_{zj}^2}; \quad (4)$$

kde:

$u_{zj}^2$  je možný zdroj nejistoty

- Stanovení kombinované standardní nejistoty:

$$u_C = \sqrt{u_A^2 + u_B^2}; \quad (5)$$

- Stanovení celkové rozšířené nejistoty  $U$ :

$$U = k \cdot u_c ; \quad (6)$$

kde:

$k$  je koeficient rozšíření. Pro 95,45 % pravděpodobnost pokrytí je koeficient roven 2.

### 3.3.5 Zlepši

Cílem fáze zlepšení je otestovat implementovaná řešení. Výstupem je plán zlepšování, který eliminuje nebo snižuje frekvenci hlavní příčiny [19].

V této fázi je potřeba se přesvědčit, že všechny předcházejí kroky byly provedeny správně. Pro implementaci každého opatření je vhodné vytvořit PDAC cyklus. Díky němu vznikne akční plán implementace. Akční plán popisuje důkazy ke kořenovým příčinám. Naplňuje se zamýšlené zlepšení. Realizují se konkrétní opatření. Ověří se výsledky realizace porovnáním s původním záměrem. Pokud je implementace úspěšná, provede se opatření i na ostatních pracovištích. Jestliže v ověření nalezneme nějaké nedostatky, provedeme kroky k odstranění nedostatků [4] [27].

### 3.3.6 Reguluj

Kontrolní fáze má za cíl posoudit navržená řešení a vyvinout kontrolní mechanismy, které zajistí požadované výsledky a zabrání budoucímu výskytu závad, problémů nebo zbytečných nákladů [19].

Nástrojů řízení, které mohou být využity, je několik. Patří mezi ně regulační diagramy, dashboardy nebo výsledkové karty. Při kontrole je vyžadován statistický důkaz, že implementované opatření je lepší než původní proces. To zajišťuje, že pokud by proces znovu selhal, vlastník procesu ví, jak na situaci reagovat a kde hledat chybu [20].

#### Shrnutí

Six Sigma má využití ve všech nastavených procesech. Přináší do systému řízení kvality horizontálních značících zařízení lepší porozumění procesům. Kvalitnější průběžnou kontrolu, která vede k minimalizování počtu reklamací a zkrácení výrobního času.

## 3.4 Shrnutí současného stavu řízení kvality

V kapitole 3.3 a 3.2 je provedena rešerše LEAN production a Six Sigma. Pro výrobce je vhodné v řízení kvality aplikovat kombinaci těchto dvou metod.

V současné době je zařízení kontrolováno dle metrologického řádu, který odkazuje na ČSN EN ISO 9001:2016. Na tuto normu je výrobce certifikován. Má v ní ale mezery, na které je potřeba se zaměřit. Výrobce dále využívá k řízení kvality metodu LEAN production. Díky této metodě snižuje náklady na výrobu a urychluje termín dodání. Třetí využívanou metodou je Six Sigma. V rámci Six Sigmy výrobce využívá metodu DMAIC, která je využita i pro řešení praktické části této DP.

## 4 HODNOCENÍ KVALITY ZVDZ

V této kapitole je popsán systémový přístup k hodnocení kvality z pohledu kontroly a měření u výrobce. Následně jsou popsány kontroly u výrobce ZVDZ. Závěr kapitoly je věnován doporučením pro praxi.

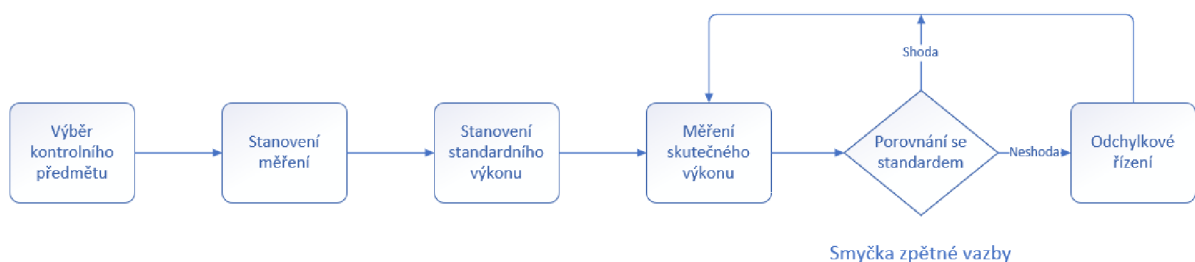
### 4.1 Hodnocení procesu

Každá činnost ve fungující společnosti musí probíhat podle schváleného, řízeného a ideálně i měřitelného procesu. K hodnocení procesů dochází po fázích plánování a kontroly. K hodnocení by mělo docházet na základě dostupných dat, ze kterých je poté určena nekvalita. Podle Jurana je vždy dostatek prostoru ke zlepšení. Třetí fáze se zabývá právě zlepšováním. Velkou překážkou pro zlepšování bývá nedostatek zdrojů, ať už finančních, lidských nebo technologických [29].

Juranova trilogie kvality má tři části. První je plánování kvality, to znamená zajištění zásobování kvalitním materiálem, takže jde o problém pro logistický management. Dalším je řízení kvality, které znamená odstraňování vzniku problémů už ve fázi výroby, aby nebylo potřeba následně odstraňovat zmetky z výroby. Za třetí je to zlepšení kvality neboli snižování nákladů u chronických chyb, které se vyskytují pravidelně [29].

Plánování kvality má za úkol sestavit proces, díky kterému zákazníci dostanou takové produkty, jaké požadují. Proces musí být stabilní. Vytvoření projektů je prvním krokem plánování kvality. V těchto projektech musí být informace o cíli projektu, potřebné infrastruktury projektu k realizaci a toku tohoto procesu. Následně je třeba obhájit výběr projektu. Projekt se vybírá podle produktivity, přidané hodnoty pro zákazníka, ale hlavně podle finančního hlediska. Firma vyrábějící ZVDZ neprovádí vlastní vývoj zařízení, kompletní výkresovou dokumentaci potřebnou pro výrobu přebírá od zákazníka. Proto je proces plánování kvality vynechán a neprovádí se tedy tyto kroky [29].

Hlavním účelem kontroly je udržovat vysoký standard kvality. Výkon je vyhodnocen během operace porovnáním s cíli a požadavky. Přičemž při odchylkách od požadovaného stavu je třeba provést nápravné akce. Kontrola kvality probíhá pomocí zpětné vazby. Obecná forma smyčky zpětné vazby je znázorněna v obrázku 7 [29].



Obr. 7) Smyčka zpětné vazby [29]

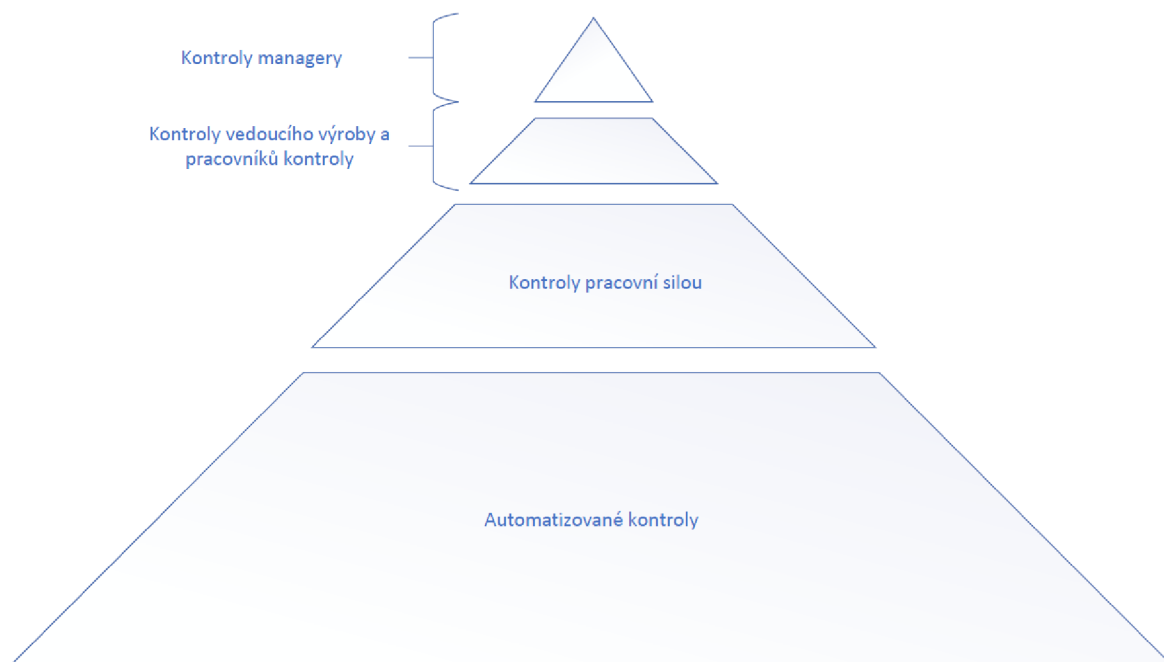
Kontrolovaných subjektů je velké množství, ale počet kontrol, které mají být provedeny, je mnohem větší. Není tak v silách jednoho pracovníka, případně celého managementu, aby prováděl všechny kontroly. Místo toho rozdělují práci pomocí tzv. Juranovy pyramidy kontrol. Tato pyramida slouží k delegování kontrol, tento plán je znázorněn na obrázku 8.

Tato dělba práce stanovuje tři oblasti odpovědnosti za kontrolu: kontrola automatická bez použití lidských zdrojů, kontrola pracovní silou a kontrola manažerskou hierarchií [29].

Na spodní část pyramidy připadají automatické kontroly prováděné bez lidských zdrojů. Ty mají zaujímat největší množství kontrol. Automatické kontroly mají být prováděny díky technickým řešením, které fungují v reálném čase, jako je třeba měření obráběcího stroje. Dalším stupněm delegace kontrol jsou kontroly pomocí pracovní síly. Tedy kontrola kterou provádí pracovník, který práci vykonal. Pokud si pracovník není jistý svým rozhodnutím o správnosti odvedené práce, je nabádán k tomu, aby se poradil se zkušenějším kolegou, svým nadřízeným nebo pracovníkem kontroly. Tento přístup má pozitivní vliv na morálku pracovníků, kteří následně provádějí svou práci svědomitěji. Tomuto efektu se říká zmocnění procesu. V tomto procesu je ovšem potřeba dopředu určit, jaký typ kontrol je pracovník schopen sám správně provádět a jestli je dostatečně svědomitý při vyhodnocování procesu. Předposledním stupněm pyramidy jsou kontroly prováděné vedoucím výroby a pracovníky kontroly. Kontroly prováděné pomocí oddělení kvality jsou rozděleny takto [29]:

- vstupní kontroly – kontroly jak vstupního materiálu a polotovarů tak i již zpracovaných částí obrobku od externích dodavatelů,
- mezioperační kontroly – tyto kontroly se provádějí buď při interní výrobě obrobny nebo svařovny anebo při předávání rozpracovaných dílů k externími dodavateli,
- výstupní kontroly – kontroly hotových dílů před montáží, jak z interní výroby, tak i od externích dodavatelů.

Na špici celé pyramidy jsou kontroly prováděné manažery. Tyto kontroly se mají věnovat již pouze zásadním otázkám, které rozhodují o funkčnosti dílu v případě neshody s výkresovou dokumentací [29].



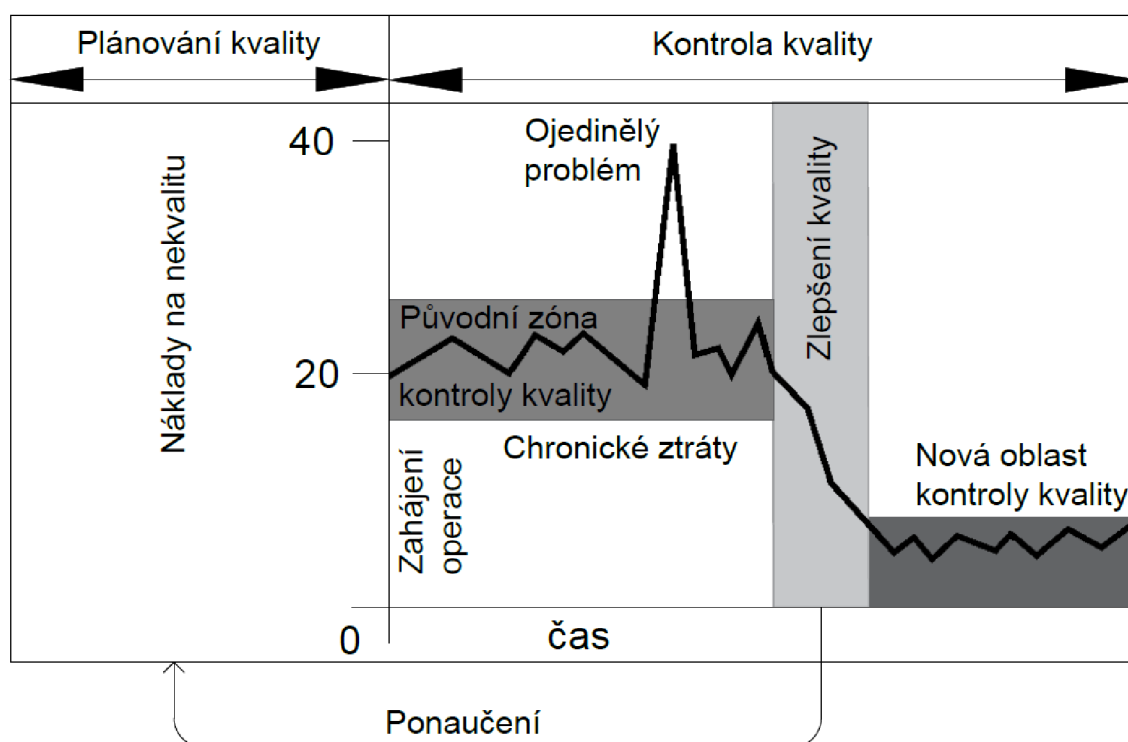
Obr. 8) Juranova pyramida [29]

Podle Juranovy trilogie je proces zlepšení definován jako organizované vytvoření prospěšných změn za účelem dosažení nebývalé úrovně výkonu. Ke ztrátám a plýtvání dochází u výrobce v procesech výroby, administrativy, logistiky a kontroly. Proto je třeba se zaměřit na zlepšování nedostatků v oblasti [29]:

- výroby na první pokus,
- míry chyb v administrativě,
- ztrátách při přepravě,
- užití správných měřících technik.

Výrobce ZVDZ je pouze výrobní firma, proto není třeba uvažovat proces vývoje. Zařízení je vyráběno podle podkladů od zákazníka a jejich specifikací. Zařízení je vyráběno pro specifického zákazníka v množství podle jeho potřeb, proces obchodu proto také není řešen. Manažeři mají za úkol snížit náklady při výrobě a logistice, jelikož není možné zvýšit prodej tohoto výrobku. Vyhledávání chybných procesů je směřováno na snížení výrobních nákladů.

Tyto tři obecné procesy Juranovy trilogie, jež vedou ke zlepšování kvality, mohou být popsány například pomocí Klíčových ukazatelů výkonosti (KPI – Key performance indicator). Strategickým řízením Six Sigma, která se snaží identifikovat problémy pomocí DMAIC nebo DPMO (Defect per Million Opportunities) aj. Obrázek 9. Slouží k popisu vztahů mezi plánováním kvality, zlepšováním kvality, řízením kvality, základními manažerskými procesy, řízením kvality a základními manažerskými procesy v celkovém řízení kvality. Na obrázku lze pozorovat, že ačkoliv je proces ve středu grafu pod kontrolou, byl proces provozován s nepřijatelnou úrovní plýtvání. Není zde nutná větší kontrola, ale zlepšení. Tzn. provedení nějaké akce ke změně úrovně výkonu [29].



Obr. 9) Popis vztahů mezi plánováním kvality pro zařízení VDZ [29]

## 4.2 Kontrola a měření

Kontrola kvality se u výrobce ZVDZ dělí do tří kategorií. První kategorií je vstupní kontrola. Během této kontroly se posuzuje shoda vstupního materiálu s požadavky ve výkresové dokumentaci. Nejčastějším vstupním materiálem je výpalek, který musí splňovat požadavky na jakost materiálu a rozměrové požadavky. Druhou kategorií je mezioperační kontrola. Ta probíhá v průběhu procesu, při kterém se vstupní materiál přetváří na hotové součásti pro montáž. Během procesu se kontroluje shoda s pracovním postupem a výkresovou dokumentací. Poslední kategorií je výstupní kontrola. Výstupní kontrola je uskutečňována po finální montáži. Ověřuje se funkčnost sestavy při provozu. Aby se předcházelo poškození značícího zařízení během přepravy k zákazníkovi, je nastaven balicí postup podle zavedených standardů firmy [27] [29].

Cíle organizace, jako počet neshodných dílů za rok 2 %, jsou vstupní hodnoty pro nastavení procesu kontrol. Od těchto cílů se odvíjí četnost jejich provádění. Zjišťuje se, kdy a za jakých podmínek má proces běžet. Uživatel procesu musí být vždy plně proškolen o fungování procesu, aby mu plně porozuměl a věděl, jak proces správně provádět. Je třeba nastavovat taková pravidla, které nejsou složitá na pochopení a lze je snadno implementovat. Například obsluha obráběcího stroje musí vědět, jaké kroky má učinit, aby vědomě neposlala na další výrobní operaci vadný díl. Musí znát odpovědi na otázky: Co učinit, pokud narazí na neshodný díl? S kým se poradit o vyřazení kusu? Kam vyřazený kus uložit? Jakou učinit náhradu za vyřazený kus? Racionalizační návrhy je nutné předem odzkoušet [27] [29].

Proces musí být navržen tak, aby šel propojit s již zavedenými procesy a hodil se do komplexního celku probíhajících procesů. Pro dosahování efektivity je třeba zhodnotit všechny vstupy do procesu, jedině díky tomu lze dosáhnout předpokládaných výsledků v požadované přesnosti. Mezi vstupy do procesu se řadí materiál, použité stroje a nářadí, využívané postupy a metody a školení pracovníků. Ke každému procesu je třeba provádět záznamy. Záznamy musí obsahovat informace o průběhu procesu a naměřených hodnotách. Díky tomu je možné provádět kontroly výkonnosti a efektivnosti procesu. Bez těchto záznamů a dat není možné určit aktuální stav procesu a zhodnotit zlepšování procesu. Právě tato zvyklost u výrobce chybí [9] [27].

## 4.3 Typy kontrol

Kontroly se provádějí jako nástroj ke zjištění reálných informací o výrobku a procesu vedoucímu k dosažení cíle. Informace zpracovávají manažeři a na základě vyhodnocených informací určují správnost výrobku a spolehlivost procesu. Zavedení kontrol přináší možnost rozdělovat chyby při výrobním procesu. Zastavit proces, pokud je nalezen neshodný díl a předejít tak výrobě dalších neshodných dílů. Zajistit, aby se nefunkční díly nedostaly do montáže a případně až k zákazníkovi. Zavedení kontrol umožňuje dodržovat vysokou kvalitu výrobků. Snižovat náklady na výrobu a sbírat informace pro další vyhodnocení. Kontrolování a testování funkcí je možné provádět automaticky nebo ručně. Hodnotící proces se skládá z [9] [29]:

- výkladu specifikace,
- měření kvality,
- porovnání dvou dílů,
- posouzení shody,
- zpracování vyhovujících položek,

- likvidace neshodných dílů,
- záznamu získaných dat.

Kontroly jsou u výrobce zařazeny za každou část výrobního procesu. Kontroly se rozdělují podle metod na [29]:

- Rozměrovou kontrolu, která je prováděna měřidlem z naměřených hodnot.
- Kontrolu pomocí mezního kalibru.
- Funkční kontrolu prováděnou pomocí testování zařízení.
- Vzhledovou kontrolu.

Dále se kontroly dělí podle počtu kontrolovaných dílů na [29]:

- Stoprocentní kontrolu určených parametrů, nejčastěji u tolerovaných rozměrů.
- Náhodnou kontrolu kusů podle metrologického řádu.
- Statistickou kontrolu.

Následuje popis používaných kontrol a vysvětlení proč se používají. Výše uvedené druhy kontrol a doplňkové testy, případně kontroly vstupních parametrů umožňují nastavení kontrol podle způsobu výroby.

#### Vstupní kontrola

Vstupní kontrola se skládá hlavně z ověření identity dodaných polotovarů a jestli je dodáno požadované množství. Tuto kontrolu zajišťuje pracovník příjmu podle dodacího listu a objednávky. Následuje rychlá kontrola pracovníkem technické kontroly, která má za úkol ověřit správnost rozměrů vstupního materiálu a jakost materiálu dle specifikací. Tato kontrola se nejčastěji provádí pouze na jednom kuse [29].

#### Kontrola prvního kusu

Kontrola prvního kusu neboli inspekce nastavení se provádí po vyrobení prvního kusu výrobní dávky. Kontrolor kvality ověří správnost vyráběné operace podle výrobního plánu a výkresové dokumentace. Po schválení prvního kusu je možné pokračovat ve výrobě [29].

#### Mezioperační kontrola

Poté co výrobní oddělení ukončí svou výrobní operaci podle výrobního plánu následuje kontrola tollgate (kontrola mýtné brány). Výrobek je fyzicky přemístěn do kontrolní oblasti, kde čeká, až na něj přijde řada. Kontrolor kvality provede náhodný výběr pomocí standardní vzorkovací tabulky a přeměří požadované rozměry. Tato kontrola vyjasňuje odpovědnost oddělení za neshodné díly. Na druhou stranu prodlužuje výrobu o přidanou manipulaci. Prodražuje výrobu v důsledku požadavků na skladovací plochu a čas pracovníků kontroly [29].

#### Kontrola manipulace s materiálem, skladování, balení a přepravy

Tuto kontrolu má provádět vedoucí výroby a manager kvality. Jednou za týden, čtrnáct dní má namátkově zkontrolovat, jestli pro vnitřní manipulaci s materiálem jsou použity správné nádoby a další manipulační zařízení. Dále je potřeba ověřovat ochránění produktů proti korozi a znečištění, nebo správnost označení dílů a důslednost systémově vedených záznamů o pohybu součástí [29].

#### Kontrola konečného výrobku

Většina hotových výrobků je stoprocentně kontrolována na funkčnost pomocí simulace použití. Výsledky testů jsou stejně jako u předchozích kontrol zaznamenávány. Testování se provádí na kontrolním stanovišti [29].

### Kontrola balení pro expedici

Podstatou této kontroly je ověřit, že je výrobek zabalený podle metodiky balení pro daného zákazníka. Balení musí splňovat kritéria jako správný produktový štítek, použití schváleného obalového materiálu atd. Kontrolu má provádět vedoucí skladu a expedice, a to nejméně jednou týdně [29].

#### **4.4 Možnosti ke zlepšení systému řízení kvality ZVDZ u výrobce**

Předcházející kapitoly pojednávaly o systému řízení kvality značícího zařízení dle ISO normy. Níže jsou sepsány doporučené možnosti pro zlepšení řízení kvality ZVDZ, které vycházejí z provedené rešerše.

Zvýšit počet lidských zdrojů o minimálně jednoho pracovníka kvality. V současném stavu totiž chybí dostatek pracovníků, kteří by mohli řešit problémy v oblasti řízení kvality dle LEAN production jako je 8 druhů plýtvání, zlepšovat pracoviště pomocí Kaizen a 5S a pracovat na vizuálním managementu a standardizaci.

Zavést řízení kvality dle Six Sigma ve všech oblastech týkajících se výroby ZVDZ s využitím metody DMAIC.

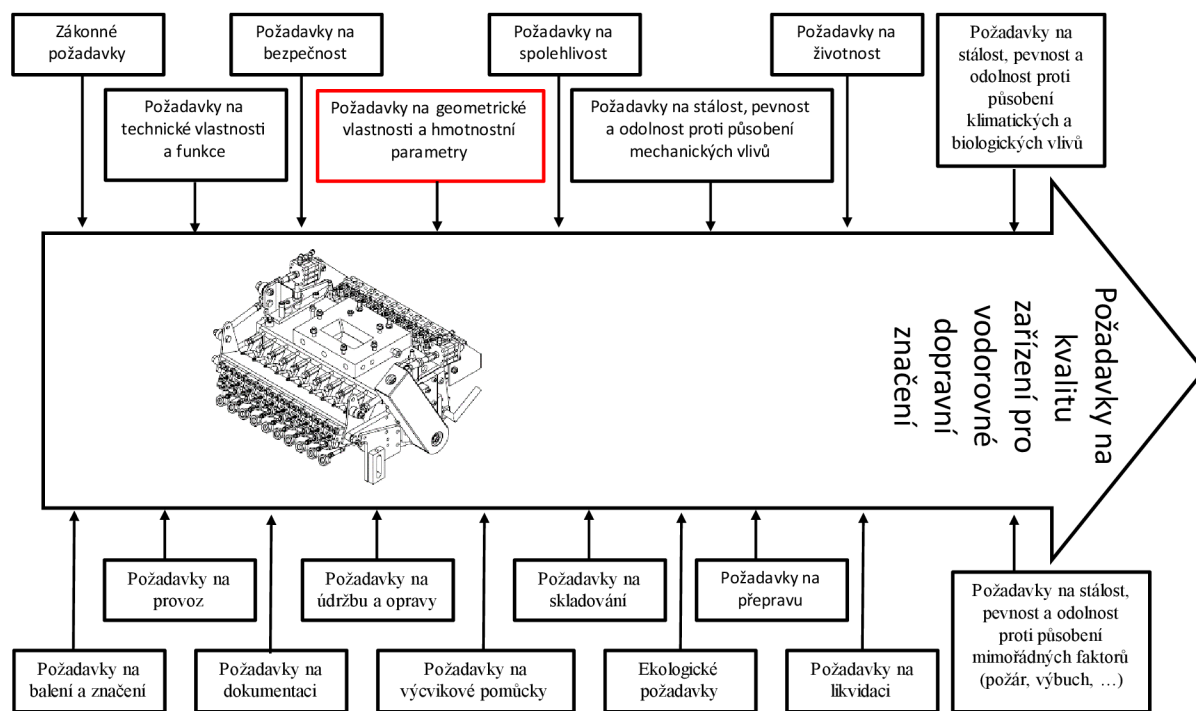
Využívat statistickou analýzu procesů pro monitorování a měření kvality u výrobce ZVDZ.

Výrobce v současné době využívá velké množství kontrol prováděných pracovní silou. Nejčtenější kontroly je třeba automatizovat a provádění kontrol nastavit podle Juranovy pyramidy. Například velkou většinu mezioperačních kontrol lze provádět pomocí automatického měřícího programu na 3D měřícím zařízení. Pracovníkovi kontroly kvality stačí pouze ustavit díl do zařízení, spustit měřící program a může se věnovat další práci, zatímco zařízení díl vyhodnotí. Tento přístup k provádění mezioperační kontroly navíc odbourá problém s metrologií popsáný v kapitole 6.2. Dle pokynů a požadavků výrobce bylo hlavní úsilí zlepšení kvality nasměrováno k odstranění problému s metrologií při mezioperační kontrole.



## 5 POŽADAVKY NA KVALITU ZAŘÍZENÍ PRO VDZ

V této části je znázorněn přehled systémových požadavků na kvalitu ZVDZ (obr. 10). Kvalitu ZVDZ můžeme chápat jako souhrn všech vlastností, které mu dávají schopnost plnit specifikované nebo předpokládané požadavky znázorněné na obrázku 10. Na pokyn vedoucího DP a požadavků výrobce se práce dál zabývá pouze požadavky na geometrické vlastnosti, které byly v kapitole 6. určeny jako problémové. V této kapitole je tedy uvedena část požadavků, která tuto kvalitu zajišťuje.



Obr. 10) Systémové pojetí kvality zařízení pro VDZ (upraveno dle [30])

### 5.1 Geometrické specifikace výrobků

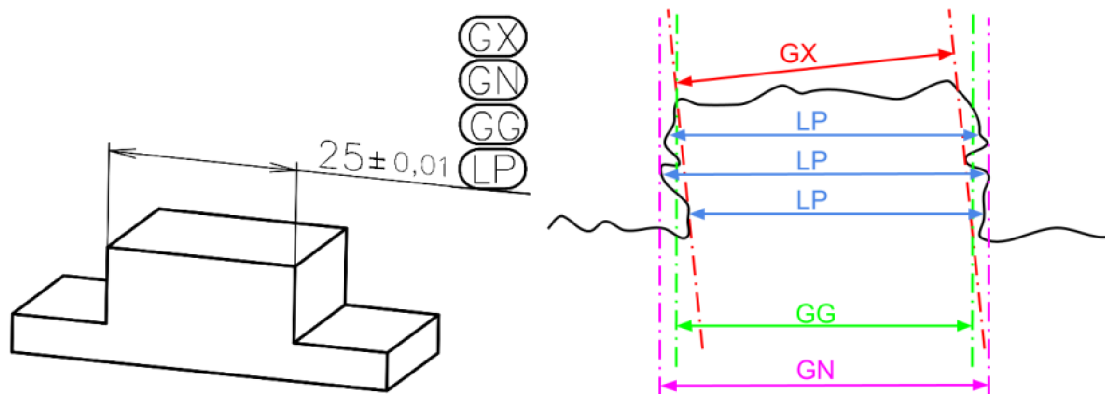
Starší technické výkresy bez podélných tolerancí, drsnosti, geometrických tolerancí atd. jsou ve většině případů neúplné a nejednoznačné. Tento nedostatek v tolerování způsobuje zvýšené náklady na výrobu a kontrolu i u výrobce ZVDZ. Často znemožňuje odůvodněné reklamace nedostatků což vede k riziku odpovědnosti. Proto ISO GPS (Geometrical Product Specifications) definují mezinárodně jednotný popisný jazyk, který umožňuje jednoznačně a úplně vyjádřit všechny požadavky a mikro a makro geometrii výrobku s odpovídajícími požadavky na proces kontroly [31] [32].

ISO 14638:2015 ruší kategorie globálních standardů GPS a rozděluje je do třech druhů ISO norem o GPS. Základní normy definují pravidla a zásady vztahující se na všechny kategorie a řetězce z matice ISO GPS. Všeobecné normy se používají na kategorie nebo řetězce, které ale nejsou základní. Stanovují předepisování specifikací na výkresech a různé výrobní a měřicí postupy. Doplňkové normy, jak už název napovídá, doplňují pravidla pro konkrétní výrobní proces nebo strojní prvek [33] [34].

Maticový model se rozlišuje na devět geometrických tolerancí: velikost, vzdálenost, tvar, orientaci, polohu, házení, profilovou texturu, plošnou texturu povrchu a nedokonalosti povrchu. Každá z těchto vlastností tvoří specifickou kategorii, které se dále dělí na řetězce norem. Řetězce norem lze rozdělit do článků, ve kterých jeden článek řetězce tvoří jednu fázi výrobního procesu [33] [34].

## 5.2 Tolerování rozměrů

Podle normy ČSN EN ISO 14405-1 rozměr odpovídá vzdálenosti mezi dvěma paralelními protilehlými rovinami. Tento rozměr je jednoznačný a měřitelný. Proto ho lze specifikovat pomocí modifikátorů. Tyto modifikátory určují, jak naměřené hodnoty vyhodnotit. Modifikátory jsou znázorněny na obrázku 11. Maximální vepsaný rozměr GX a minimální opsaný rozměr GN jsou metody obalového prvku. LP je místní rozměr mezi dvěma body, nejčastěji jde o kolmou vzdálenost mezi přímkou a protilehlým bodem. GG je často používané kritérium nejmenších čtverců podle Gaussovi metody [33] [35].



Obr. 11) Modifikátory vyhodnocování naměřeného rozměru [33]

Požadavek obálky  $\textcircled{E}$  je zjednodušení dvou specifických operátorů, pro vnější rozměrové prvky to tedy je požadavek GN pro horní mezní rozměr a LP pro dolní mezní rozměr [33].

## 5.3 Tvar a orientace

Geometrická tolerance tvaru je popisována s využitím geometrických vlastností: přímosti, rovinnosti, kruhovitosti, válcovitosti, profilu čáry a profilu povrchu. Specifikace přímosti dle ISO 1101:2020 udává, že toleranční pole je definováno v myšlené rovině rovnoběžné se základnou vždy mezi dvěma rovnoběžnými přímkami. Tyto přímky jsou od sebe vzdáleny o požadovanou hodnotu ve specifikovaném směru. [33]

Geometrická tolerance orientace je popsána za pomoci vlastností: rovnoběžnosti, kolmosti, sklonu, profilu čáry a profilu povrchu. Specifikace rovnoběžnosti je dána tolerančním polem, které je definováno dvěma rovnoběžnými přímkami s požadovanou vzdáleností od sebe. [33]

## 5.4 Textura povrchu

Texturu povrchu je potřeba vyhodnocovat z důvodů možných nežádoucích vlastností povrchu. Povrch může mít výstupky, které mohou způsobit předčasné opotřebení povrchu a poškození při kontaktu s protikusem [36] [37].

Textura povrchu je opakované nebo náhodné uspořádání odchylky od geometrického tvaru, který tvoří třírozměrnou topografii povrchu. Lze ji charakterizovat pomocí stop po obrábění, odchylek tvaru, nedokonalostí, vlnitosti a drsnosti na posuzované ploše [36] [37].

Vlnitost a drsnost jsou úzce související vlastnosti textury povrchu. Jde o geometrické vlastnosti textury povrchu. Nejsou přímo měřitelné a jejich hodnoty se získávají pomocí filtrování naměřených dat. Skutečný povrch je tedy kombinací tvaru, drsnosti a vlnitosti [36] [37].

Hodnocení textury povrchu pomocí plošné metody je prováděno pomocí matematického získávání dat z modelu ideálního povrchu. Z tohoto modelu je následně získán základní povrch pomocí vzorkování a aplikace krátkovlnného S-filtru. S-F povrch je povrch odvozený z primárního povrchu pomocí vlivu tvaru použití  $F$  – operace. S-L povrch je odvozený od S-F povrchu vyloučením vlivu velké stupnice při použití L-filtru [36] [38].

## 5.5 Posuzování shody se specifikací

Pokud není uvedeno jinak, tak nejistota měření je v odpovědnosti strany, která poskytuje důkaz shody nebo neshody se specifikací. Tato praxe se využívá i u výrobce při obhajování reklamací. Prokázání shody nebo neshody se specifikacemi probíhá dle ČSN EN ISO 14253-1:2014 [33] [39].

Tato norma udává, že tolerance je rozdíl mezi horní a dolní mezní hodnotou. Mezní hodnoty neboli meze specifikací jsou specifikované hodnoty charakteristiky dané horní a/nebo dolní hranicí dovolené hodnoty. Horní a dolní mez specifikace je poté specifikovaná hodnota, která udává hranici dovolených hodnot mezi specifikací charakteristiky obrobku anebo hranici dovolených hodnot dovolených chyb charakteristiky měřidla. Soubor hodnot veličiny přisouzený měřené veličině společně s dostupnou relevantní informací je výsledek měření. Kompletní výsledek měření  $x'$  se zapisuje ještě spolu s rozšířenou nejistotou měření  $U$ . Pravidlo pro prokázání shody se specifikacemi je splněno, pokud výsledek měření  $\bar{x}$  patří do pole shody. A zároveň je prokázáno, jestliže  $x'$  patří do pole specifikace. Nejistota měření je kladný parametr popisující rozptýlení hodnot veličiny přiřazených k měřené veličině na základě použité informace. Nejistota výsledku měření je složena ze dvou skupin. Číselná hodnota odhadnutá pomocí statistické analýzy ze série měření je skupina A. Skupina B je číselná hodnota, která je odhadnuta jiným způsobem než skupina A. Standardní nejistotu typu B neudává počet měření, ale je vypočtena z možných zdrojů nejistot. Jde o nejistoty uvedené v ověřovacích listech etalonů, stanovených měřidel, v kalibračních listech, certifikátech apod. Dále je určena na základě nejistoty uvedené ve výsledcích předchozích měření, nejistoty určení tabulkových koeficientů, specifikace metrologických vlastností měřidel výrobců a na základě zkušeností. Ze zjištěných nejistot A a B je vypočtena kombinovaná standardní nejistota výsledku měření. Ta spolu s koeficientem rozšíření, který je zvolen podle pravděpodobnosti pokrytí, udává rozšířenou nejistotu měření. Stav, kdy nemůže být prokázána shoda se specifikací je, pokud výsledek měření  $\bar{x}$  patří do jednoho z rozsahů nejistoty a pokud  $x'$  obsahuje mezní hodnotu (LSL nebo USL). [33] [39].

Při prokázání shody se specifikacemi dle ČSN EN ISO 14253-1:2018 byl výpočet rozšířen o ochranné pásmo. Pokud poté měřená hodnota  $\bar{x}$  patří do pole přijetí, pak jsou obrobky přijaty. Právě tuto změnu navrhuji zavést i u výrobce ZVDZ [33] [40].

Pro zavedení do praxe, je tedy výpočet nutné doplnit o ochranné pásmo. Pokud má hustota pravděpodobnosti měřených hodnot normální rozdělení se směrodatnou odchylkou výrazně menší, než je rozměr pole specifikace, pak standardní limita pravděpodobnosti neshody 95 % odpovídá hodnotě faktoru ochranného pásma, tj. šířka ochranného pásma je rovna 1,65 x kombinovaná nejistota [33] [40]:

$$g_{LA} = g_{UA} = g_A \cdot u_C, \quad (6)$$

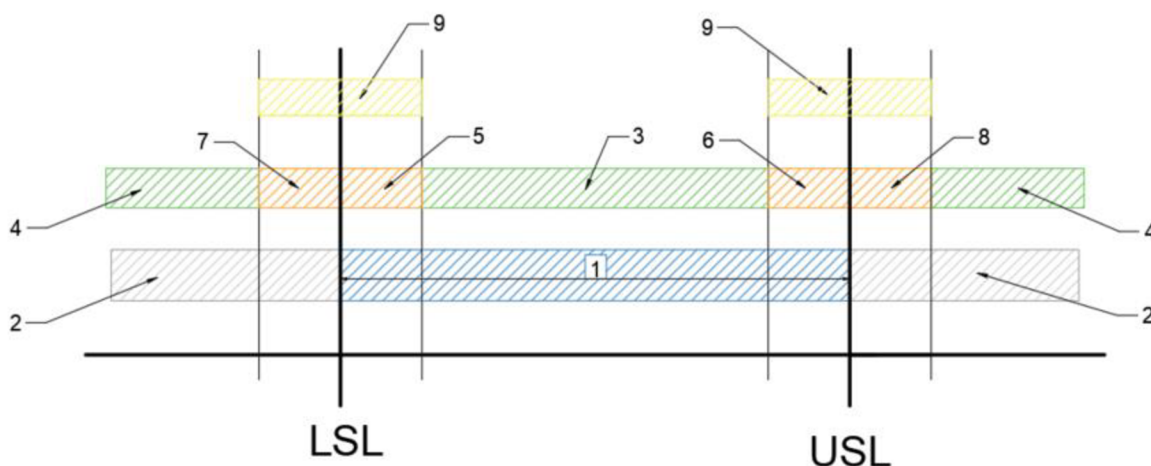
kde:

$g_{LA}$  je dolní ochranné pásmo v mm,

$g_{UA}$  je horní ochranné pásmo v mm,

$g_A$  je faktor ochranného pásma = 1,65, pro 95 % pravděpodobnost shody.

Pole přijetí je pole specifikace zmenšené o ochranná pásma s ohledem na limitu pravděpodobnosti shody. Grafické znázornění prokázání shody se specifikacemi rozšířené o ochranná pásma je na obrázku 12 [33] [40].



1. pole specifikace
2. pole mimo specifikace
3. pole přijetí
4. pole zamítnutí
5. ochranné pásmo  $g_{LA}$  na LSL pro ověření shody
6. ochranné pásmo  $g_{UA}$  na USL pro ověření shody
7. ochranné pásmo  $g_{LR}$  na LSL pro ověření neshody
8. ochranné pásmo  $g_{UR}$  na USL pro ověření neshody
9. pole nejistoty

Obr. 12) Prokázání shody nebo neshody se specifikacemi [40]

## 6 APLIKACE VYBRANÝCH METOD

V této kapitole je řešen problém s kontrolou dílů, které jsou zodpovědné za kvalitu nabarvené plochy aplikací metody DMAIC a nástrojů Six Sigma.

### 6.1 Systémový přístup řešení problémů

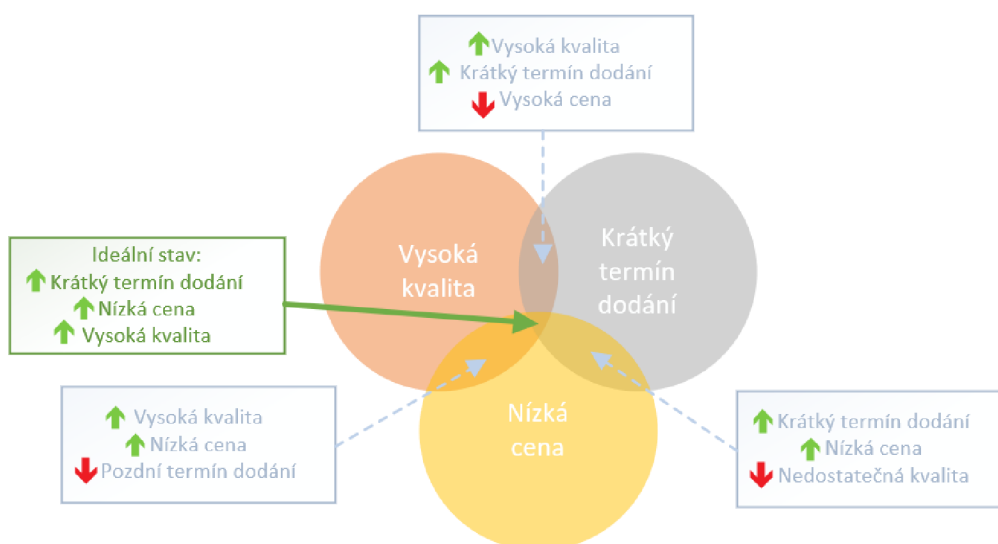
Systémový přístup k řešení kvality popsala ve své učebnici společnost Toyota. Z těchto učebnic, zabývajících se LEAN produkcí, vycházel celý svět. Rady a typy z této učebnice [27] jsou proto využity i v této závěrečné práci. Kniha [12] se zaměřuje na implementaci DMAIC procesu, od štihlého a projektového řízení po statistiku a analýzu dat. Dále jsou uvedeny postupy, které byly použity k řešení problémů.

#### 6.1.1 PDAC cyklus

Prvním systémovým přístupem, který výrobce horizontálního značícího zařízení musel začít využívat, je PDAC cyklus. Využívá se pro zlepšování již existujících procesů, pomocí něj jsou hledány problémy v procesech. Z problémů se s využitím PDAC stávají příležitosti ke zlepšení. Pro řešení vybraného problému byla zvolena metoda DMAIC – definuj, měř, analyzuj, implementuj a kontroluj. Tato metoda byla vybrána proto, že využívá statistické analýzy [9].

#### 6.1.2 Požadavky na produkt

Při výrobě produktu je třeba dosahovat tří bodů. Vysoké kvality dodávaného produktu, díky které je zabezpečena bezpečnost celé sestavy. Dále je potřeba dodržovat smlouvenou dobu dodání, protože stroje jsou vyráběny na konkrétní objednávku od zákazníka. A posledním bodem je dosažení co nejnižších výrobních nákladů. Snaha o vybalancování je znázorněna na obrázku 13. Organizace musí balancovat mezi těmito třemi faktory, aby se udržela konkurence schopná. Aplikování zvolených metod má pomoci právě v této oblasti.



Obr. 13) Požadavky na produkt

### **6.1.3 Rozhodování podle dat**

Pro správné pochopení a následné nalezení problému je potřeba sesbírat vhodná data, které je možné analyzovat a následně ověřit. Tento princip patří mezi základy metody DMAIC. Rozhodování bez relevantních dat není vědecky správné a nelze očekávat objektivní výsledky, se kterými by šlo dále pracovat [17] [29].

### **6.1.4 Porozumění problému**

V první řadě je třeba obhájit, proč chceme řešit konkrétně zvolený problém a ne jiný. Zjistit co přinese vyřešení tohoto problému společnosti a jak z toho může těžit zákazník. Je potřeba mít sesbíranou veškerou potřebnou dokumentaci, která je potřebná k pochopení problému. To umožní odhadnout, jaké jsou náklady spojené s řešením problému, díky čemu se zabrání, aby řešení, které bude stát desítky tisíc, vyřešilo otázku za několik korun. A nakonec lze z podstaty problému určit, kdo bude zodpovědný za jeho řešení [27] [29].

### **6.1.5 Určení kořenové příčiny**

Při určování kořenové příčiny je třeba ponořit se do kůže Exupéryho Malého prince. Neustále pokládat tu nepříjemnou otázku „Proč?“. Pokládat ji všem zainteresovaným stranám a díky tomu získávat nejpravděpodobnější příčiny problému. Tento princip má za úkol nepřehlédnout možné příčiny, které nejsou na první pohled vidět a neunáhlit se v určení kořenové příčiny. Po odhalení příčiny je potřeba ověřit, jestli příčina ovlivňuje následek a naopak. Poté je odhalena správná kořenová příčina [27].

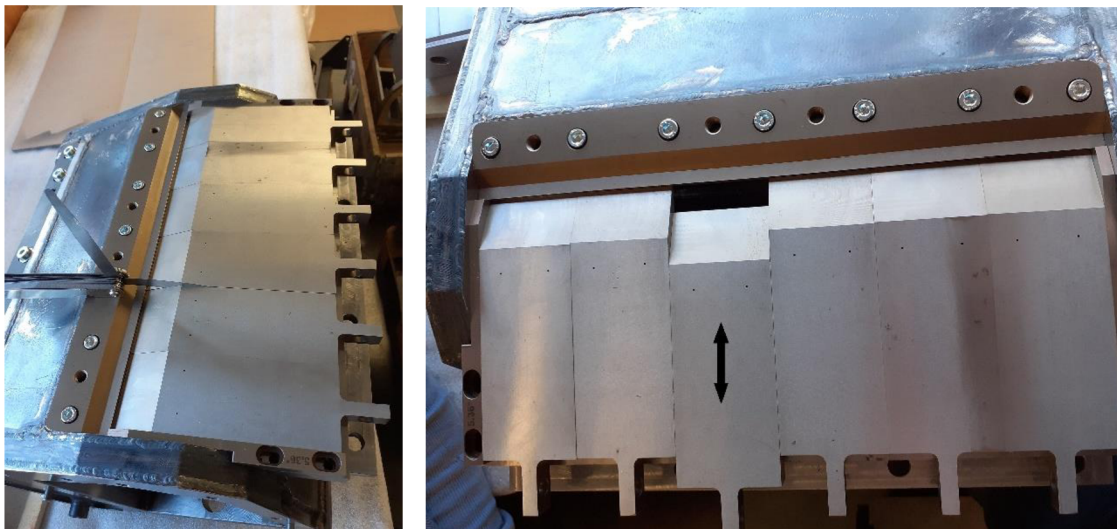
## **6.2 Definuj**

V této části diplomové práce jsou definovány problémy s výrobou a kontrolou zařízení pro tvorbu vodorovného dopravního značení. Zvolen byl problém, jehož vyřešení zabírá dle zkušeností výrobce nejvíce výrobního času. K tomuto problému byl vytvořen projektový list. Dále byla vytvořena časová posloupnost řešení problému. A bylo odpovězeno na základní otázky pro definování problému.

### **6.2.1 Popis problému**

Zařízení pro ZVDZ má ve své konstrukci deset dílů DOT side shutter. Tyto díly mají mít požadovaný rozměr 50 (0; -0,02) mm. Díly jsou ve stroji naskládány jeden vedle druhého, jako je vidět na obrázku 14a. Díky tomu, že je u DOT side shutter vyžadován rozměr menší než 50 mm je mezi díly a kostrou zajištěna vůle. Součet těchto vůlí je zákazníkem napočítán na 0,2 mm. (Poznámka: na obrázku 14 je menší zařízení Dot'nLine 300, které funguje na stejném principu, ale maximální vůle je menší.) Vůle je udána zákazníkem a má za úkol kompenzovat teplotní roztažnost dílů. Barva nanášená přes DOT side shutter má vysokou teplotu a zařízení tak pracují při teplotě okolo 400 °C. Pokud jsou tedy díly větší než povoluje tolerance, při vysoké teplotě ztratí svou funkčnost, zadržávají se a nevytváří požadovaný obrazec, nebo je vzniklý obrazec ve špatné kvalitě.

Díly DOT side shutter se pohybují dopředu a dozadu (obr. 14b), v různých kombinacích podle aktuálně zvoleného programu. Tento pohyb vytváří požadovaný značící obrazec na silnici.



a) Uložení dílů DOT side shutter

b) Naznačený pohyb dílů

Obr. 14) Montáž zařízení pro VDZ

### 6.2.2 Základní otázky k definici problému

Je potřeba odpovědět na základní otázky k definici problému.

- Proč se musí tento projekt provést právě teď?

Zákazník objednal další kusy tohoto zařízení, pro udržení dobrého jména společnosti a příslib dalších objednávek musí být zařízení dodáno včas a s precizní kvalitou. Proto je nutné výrobu prvního zařízení důkladně analyzovat.

- Jaký je podnikatelský záměr projektu?

Při precizním splnění zadání příslib dalších objednávek.

- Kdo je zákazník?

Firma zabývající se prodejem značících zařízení.

- Jaký je současný stav?

V současné době je čas výroby prodlužován nutnými opravami dílů, které nejdou smontovat, přičemž chyba je objevena až při montáži.

- Jaký bude budoucí stav?

Chyba bude odhalena již při kontrole prvního kusu ve výrobě. Nejpozději při mezioperační kontrole.

- Jaký je rozsah tohoto projektu?

Analyzování příčin neshody a vytvoření nápravných opatření.

- Jaké jsou hmatatelné výsledky?

Dodržení termínu naplánované výroby, bez nutnosti dodatečných oprav.

- Jaký je termín ukončení projektu?

Termínem pro ukončení projektu je datum, na které je naplánovaná expedice dílů.

### 6.2.3 Projektový list

Každý započatý projekt by měl mít vlastní projektový list (obr. 15). Díky tomu je možné identifikovat o jaký projekt se jedná, jaký je název projektu, kdo je zodpovědný za řešení a v jakém časovém období se na projektu pracuje. Projektový list obsahuje popis řešeného problému a cíle projektu.

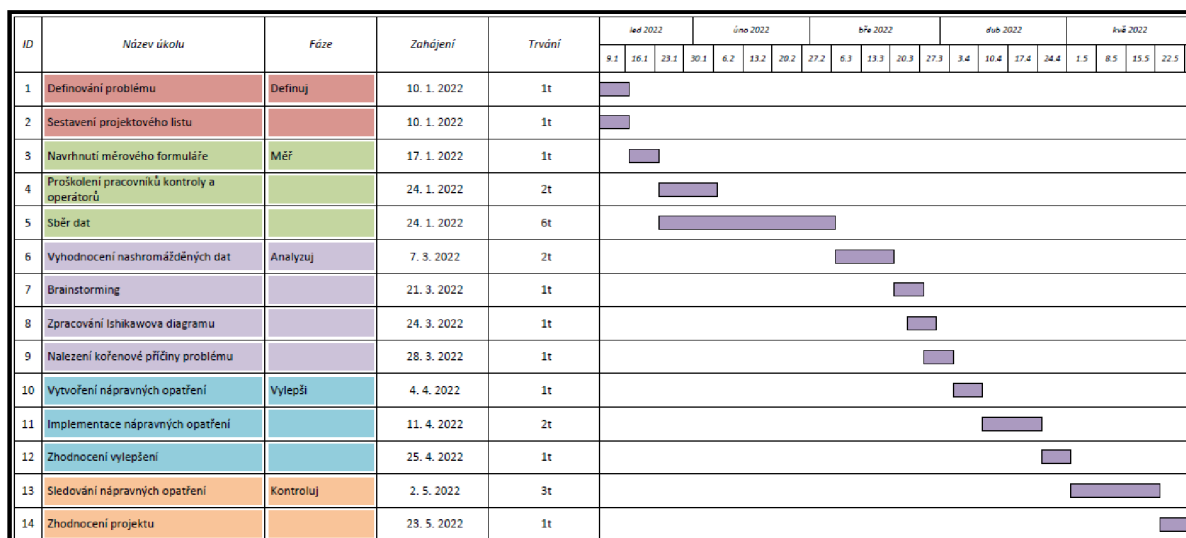
PROJEKTOVÝ LIST			
Vytvořil <i>Created</i>	Janáč	Schválil <i>Approved</i>	Ředitel
Číslo projektu <i>Project No</i>	002/2022	Sponzor <i>Sponsor</i>	Výrobce
Název projektu <i>Project name</i>	Dotn'line	Tým <i>Team</i>	Vedoucí výroby Výrobní mistr Manažer kvality Technolog Vedoucí montáže
Datum zahájení <i>Start date</i>	10.1.2022	Datum ukončení <i>End date</i>	31.5.2022
Definice problému			
Díly, které projdou přes dvojí kontrolu jsou označeny jako rozměrově správné. Po montáži je detekována minimální až nedostatečná pracovní vůle. Při chodu ve vyšší provozní teplotě dochází k zadržování dílů. Díky tomu vzniká nekvalitní obrazec. Stroj je následně třeba rozebrat, určit vadné díly a opravit je. To prodlužuje termín dodání a zabírá výrobní kapacity. Neexistují záznamy o kontrole a není definován způsob měření.			
Cíl projektu			
Určení kořenové příčiny. Vytvořit opatření na základě kořenové příčiny.			

Obr. 15) Projektový list



## 6.2.4 Ganttův diagram

Tento diagram slouží k vyznačení časové posloupnosti jednotlivých kroků vedoucích ke dosažení požadovaného výsledku. Pro přehlednost byl diagram rozdělen podle fází DMAIC metody. Ganttův diagram je znázorněn na obrázku 16.



Obr. 16) Ganttův diagram podle [22]

## 6.3 Měř

Tato fáze byla zaměřena na zavedení sběru dat u problémových dílů, protože tato praxe u výrobce chybí. Díly projdou zdvojeným měřením (operátor stroje a kontrolor kvality), ale ani jeden nezaznamenává naměřené hodnoty. Kontrolor kvality pouze na kontrolním plánu udělá fajfku, která značí, že rozměr byl přeměřen a odpovídá požadavkům na výkrese. Nejdříve byl vytvořen záznamový formulář, který lze vyhodnotit podle ČSN EN ISO 14253-1:2018. Následně byli operátoři a kontroloři proškoleni k jeho vyplnění. Formulář byl uveden do provozu a při výrobě prvního stroje do něj byla zaznamenávána data.

### 6.3.1 Odpovědi na základní otázky fáze „měř“

Také ve fázi měř je dobré si prvně odpovědět na základní otázky.

- Jaká data jsou smysluplná?

Je potřeba měřit a následně analyzovat data, která mohou vést k problémům při montáži nebo jinak prodražovat výrobu.

- Jaká data jsou k dispozici?

K dispozici budou data získaná z naplánovaného měření. Aktuálně nejsou k dispozici žádná relevantní data, díky kterým by mohla být analyzována příčina problému.

- Jaký je nejjednodušší způsob shromažďování dat?

Jako nejjednodušší způsob sběru dat bylo určeno vyplňování měrového formuláře. K měření budou použity digitální měřidla, které eliminují možnost pozorovací chyby u méně zkušených pracovníků.

- Jaký systém měření bychom měli použít?

Každé měření bude 10x opakováno, díky čemuž bude možné využít zhodnocení podle ČSN EN ISO 14253-1:2018.

- Jak budeme měřit pokrok?

Bude sledováno množství kusů, které jsou neshodné a jsou odhaleny až na montáži.

- Je dané měření spolehlivé?

Měřicí zařízení jsou pravidelně kalibrována. Mikrometr kalibruje firemní metrolog a výškoměr externí firma.

- Jak budeme měřit konečný výsledek?

Bude dodržen požadovaný termín dodání zákazníkovi.

### 6.3.2 Záznamový formulář

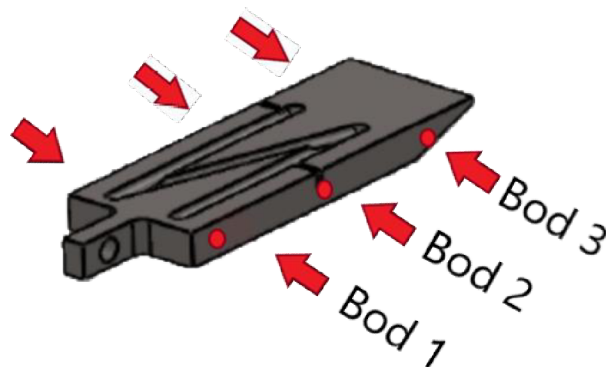
Záznamový formulář bude sloužit k evidování informací o měřených dílech. Budou v něm základní údaje o měřeném dílu, způsobu měření a výsledcích měření. Výsledky měření bude možné hodnotit a v případě negativních výsledků navrhnout opravu, ještě předtím, než se díly dostanou do montáže. Navržený měrový formulář je v tabulce 2. Kompletní naměřená data jsou z papírových formulářů převedena do přílohy 1. Pro přesné vyhodnocení výsledků je formulář navržen podle ČSN EN ISO 14253-1:2018.

Tab 2) Záznamový formulář

Měrový formulář: díl 202315_B					
Operátor:		Datum:		Číslo dílu:	
TPV:		Zakázka:			
Měřený rozměr:		Měřidlo:	<input type="checkbox"/> Mikrometr	<input type="checkbox"/> Výškoměr	
Číslo měření:	Bod 1	Bod 2	Bod 3		
1					
2					

9			
10			

Měřené body:



Označit číslem kusu mimo funkční plochu.

Před vytvořením formuláře bylo třeba uvažovat, jaká data je potřeba zjistit a k čemu budou sloužit. Je třeba, aby obsahoval co nejvíce informací o dílech a nedošlo k záměně. Výrobce využívá informační systém Helios Orange, ve kterém jsou jednotlivé zakázky evidovány. Ke každé zakázce je následně vygenerován technologický postup výroby (TPV), s číslováním operací. To umožňuje sledovat v jaké fázi výroby se díl nachází a kdy byla odhalena případná chyba.

Každý kus byl měřen 10x v třech bodech podle nastaveného pravidla. Před měřením byli operátoři poučeni o nutnosti měřené plochy očistit. Operátoři u brousícího stroje, po konzultaci s vedoucím výroby, měřili z důvodů časové úspory každý bod pouze jednou. K měření využili digitální mikrometr (obr. 17a). Po předání dílů výrobnímu mistrovi jsem měření potřebné pro vyhodnocení doplnil. Pracovníci technické kontroly měřili díly pomocí výškoměru Digimar 817 CLM (obr. 17b) kompletně. Data byla zapisována do papírového protokolu. Příklad vyplněného měrového protokolu je v příloze 2. Pro vyhodnocení dat bylo třeba data převést do elektronické podoby. Naměřená data byla převedena do programu Excel.



a) Měření pomocí mikrometru



b) Měření pomocí výškoměru

Obr. 17) Způsoby měření u výrobce

## 6.4 Analyzuj

Fáze analyzuj v této práci slouží ke zhodnocení naměřených dat. Následně bude využito metod brainstormingu, Ishikawův diagram a 5x proč k určení příčiny neshody, která způsobuje, že i přes dvojitou kontrolu projdou díly, které nejsou rozměrově správně a následně vzniká problém při jejich montáži.

Naměřená data jsou analyzována pomocí prokázání shody nebo neshody se specifikacemi dle ČSN EN ISO 14253-1:2018. Příklad výpočtu je uveden v kapitole 6.4.1. Všechny výpočty jsou provedeny pomocí programu Excel, a byly doplněny do přílohy 1 k naměřeným datům.

### 6.4.1 Výpočet nejistoty měření a prokázání shody

Příklad výpočtu pro prokázání shody a neshody podle ISO 14253-1:2014 pro díl 50 mm DOT side shutter pomocí digitálního mikrometru je nastíněn dále.

Měřený objekt:	50mm DOT side shutter
Použité měřidlo:	digitální mikrometr
Rozsah:	(25–50) mm
Dílek stupnice:	0,001 mm
Nejistota kalibrace měřidla:	z kalibračního listu $U = 2 \mu\text{m}$ ; $k = 2$
Teplota s místě měření:	$(25 \pm 2) ^\circ\text{C}$

Tab 3) Naměřená data

Číslo měření	Naměřená hodnota [mm]
1	50,002
2	50,000
3	49,996
4	49,999
5	49,995
6	50,000
7	50,002
8	50,002
9	49,994
10	49,997

- Výpočet aritmetického průměru:

$$\bar{x} = \frac{50,003 + 50,000 + 49,996 + \dots + 49,997}{10} = 49,9987 \text{ mm} \quad (7)$$

- Výběrová směrodatná odchylka se vypočítá jako:

$$s(x) = \sqrt{\frac{(50,003-49,9987)^2 + (50-49,9987)^2 + \dots + (49,997-49,9987)^2}{10-1}} = 0,00302 \text{ mm} \quad (8)$$

- Stanovení standardní nejistoty typu A (pro  $n \geq 10$ ):

$$u_A = s(\bar{x}) = \sqrt{\frac{(50,003-49,9988)^2 + \dots + (49,997-49,9988)^2}{10 \cdot (10-1)}} = 0,00096 \text{ mm} \quad (9)$$

- Stanovení standardní nejistoty typu B:

Vytypované zdroje nejistot:

Zdroj nejistoty měřidlo:  $U = 2$  pro  $k = 2$

- jedná se o údaj z kalibrace

Standardní nejistota:

$$u_E = \frac{U}{k} = \frac{2}{2} = 1 \mu\text{m} \quad (10)$$

Rozdělení pravděpodobnosti: normální

Koeficient citlivosti  $c_j$ : 1

Příspěvek k nejistotě  $u_B$ :  $1 \mu\text{m}$

Zdroj nejistoty rozlišovací schopnost:  $0,001 \text{ mm}$

- odhad maximální možné chyby je  $1 \mu\text{m}$

Standardní nejistota:

$$u_M = \frac{\Delta z}{\sqrt{3}} = \frac{1}{\sqrt{3}} = 0,5774 \mu\text{m} \quad (11)$$

Rozdělení pravděpodobnosti: rovnoměrné

Koeficient citlivosti  $c_j$ : 1

Příspěvek k nejistotě  $u_B$ :  $0,5774 \mu\text{m}$

Zdroj nejistoty teplotní roztažnost:  $(\pm 2 \text{ }^\circ\text{C}, 50 \text{ mm}) \alpha = 11,5 \cdot 10^{-6} \text{ K}^{-1}$

Standardní nejistota:  $u_{\Delta T} = 1,15 \text{ K}$

Rozdělení pravděpodobnosti: rovnoměrné

Koeficient citlivosti:

$$c_j = L \cdot \alpha = 50 \cdot 11,5 \cdot 10^{-6} = 0,575 \mu\text{m}/^\circ\text{C} \quad (12)$$

Příspěvek k nejistotě  $u_B$ :  $1,15 \cdot 0,575 = 0,664 \mu\text{m}$

Výsledná standardní nejistota typu B:

$$u_B = \sqrt{1^2 + 0,5774^2 + 0,664^2} = 1,33 \mu\text{m} \quad (13)$$

- Stanovení kombinované standardní nejistoty:

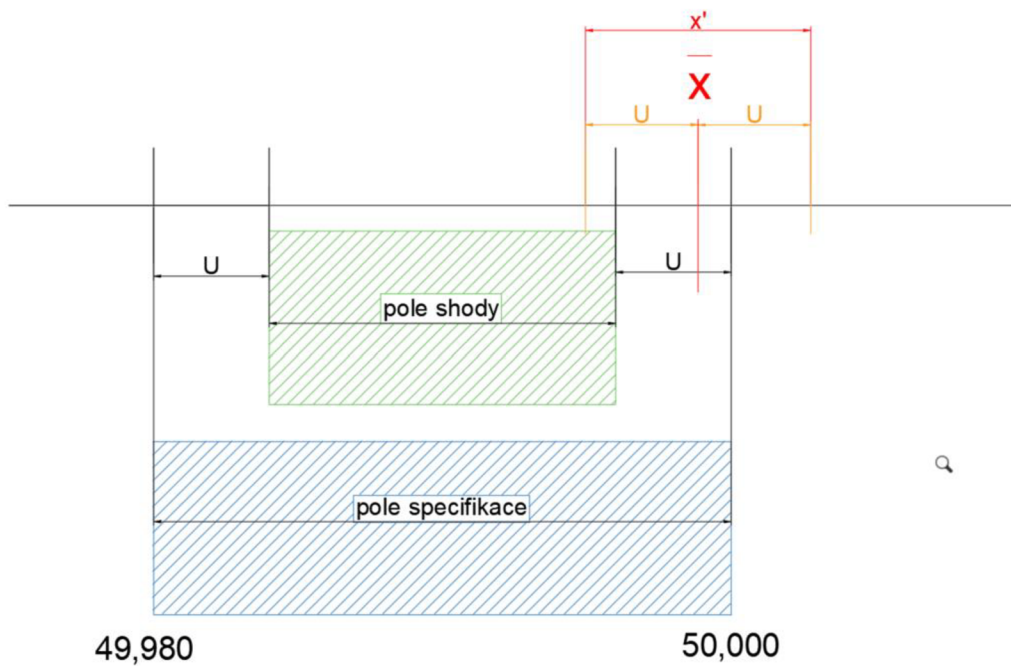
$$u_C = \sqrt{0,001^2 + 0,00133^2} = 0,00164 \text{ mm} \quad (14)$$

- Stanovení celkové rozšířené nejistoty  $U$  ( $k = 2$ ):

$$U = 2 \cdot 0,00164 = 0,00328 \text{ mm} \quad (15)$$

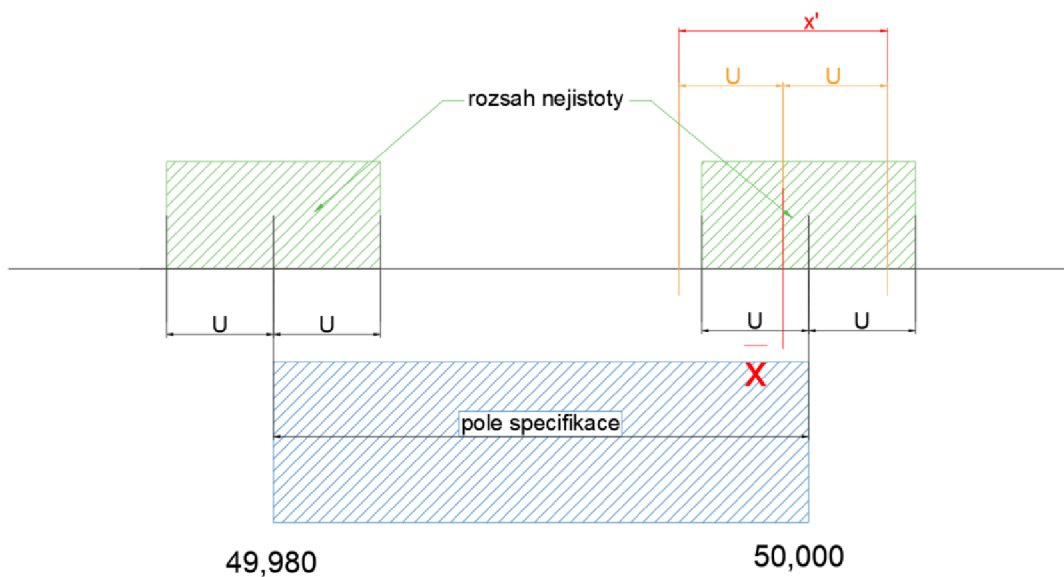
Zápis výsledku:  $49,9987 \pm 0,0033 \text{ mm}$

Pravidlo prokázání shody se specifikacemi dle ISO 14253-1:2014 není prokázáno. Výsledek měření  $\bar{x}$  nespadá do pole shody a  $x'$  spadá pouze částečně do pole specifikace, jak je vidět na obrázku 18 [39].



Obr. 18) Prokázání shody se specifikacemi [39]

Platí tedy stav, kdy nemůže být prokázána ani shoda ani neshoda se specifikacemi dle ISO 14253-1:2014, výsledek měření  $\bar{x}$  spadá do jednoho z rozsahů nejistoty a  $x'$  zahrnuje mezní hodnotu obrázek 19 [40].



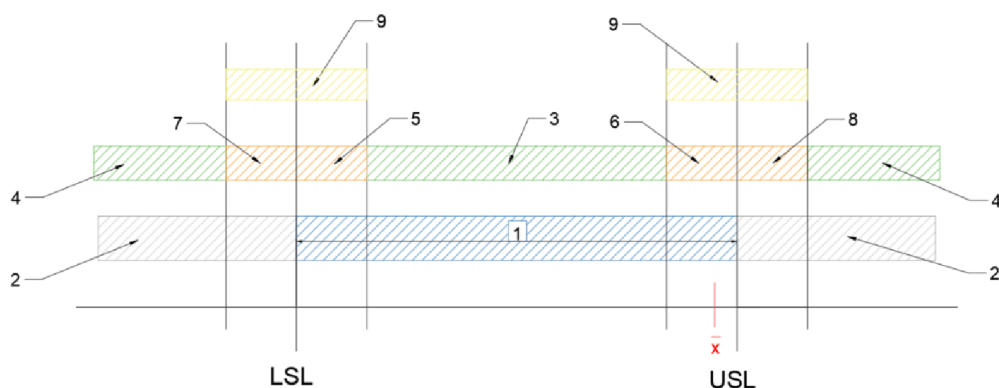
Obr. 19) Výsledek měření dle ČSN EN ISO 14253-1:2014 [39]

Prokazování shody a neshody podle ČSN EN ISO 14253-1:2014 je zastaralé a bylo nahrazeno ČSN EN ISO 14253-1:2018, která rozšiřuje výpočet o ochranné pásmo.

Výpočet ochranného pásma:

$$g_{LA} = g_{UA} = 1,65 \cdot 0,00164 = 0,00271 \text{ mm} \quad (16)$$

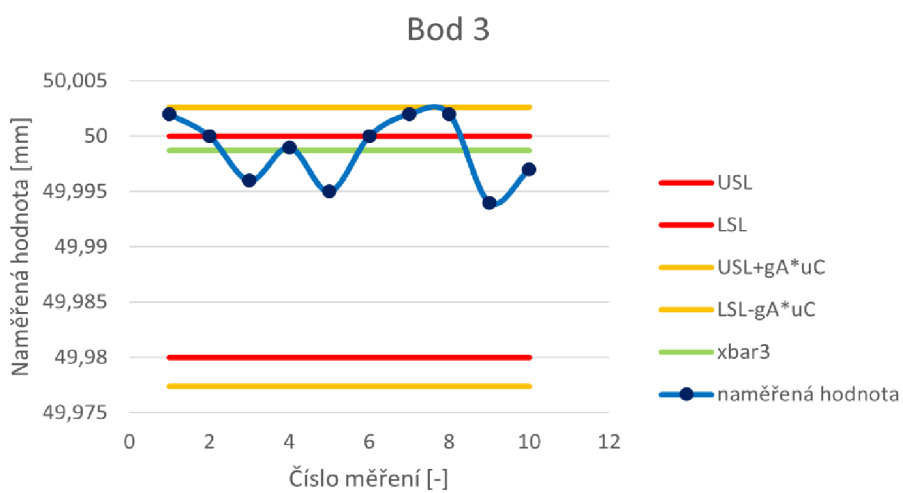
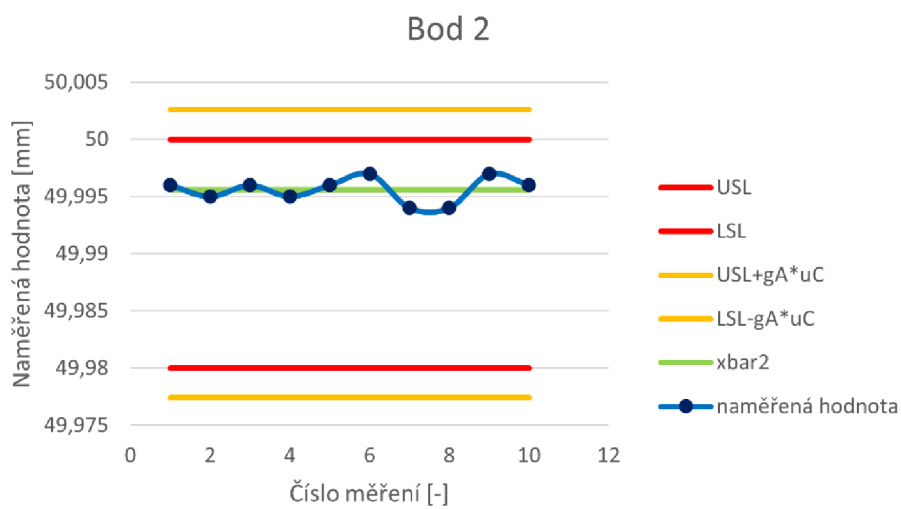
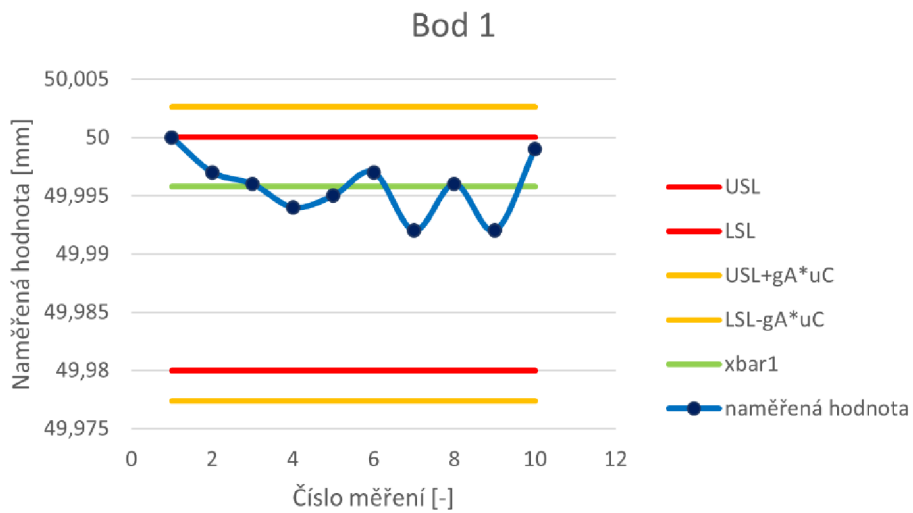
Pokud měřená hodnota padne do pole nejistoty, jako na obrázku 20, tj. do jednoho z ochranných pásem, pak jsou obrobky buď zamítnuty, pokud je ověřována shoda, nebo přijaty, když je ověřována neshoda. [40]



1. pole specifikace
2. pole mimo specifikace
3. pole přijetí
4. pole zamítnutí
5. ochranné pásmo  $g_{LA}$  na LSL pro ověření shody
6. ochranné pásmo  $g_{UA}$  na USL pro ověření shody
7. ochranné pásmo  $g_{LR}$  na LSL pro ověření neshody
8. ochranné pásmo  $g_{UR}$  na USL pro ověření neshody
9. pole nejistoty

Obr. 20) Výsledek měření dle ČSN EN ISO 14253-1:2018 [40]

Po analýze měření lze konstatovat, že operátoři brousícího stroje a pracovníci technické kontroly při měření dílů nepochybili, a to ani při předchozí výrobě, kdy měřili díl v jedné pozici, ani v tomto měření, kdy byl díl měřen ve 3 bodech. Výsledky analýzy ukazují, že žádná z naměřených hodnot nespadá do pole zamítnutí. Průměrná naměřená hodnota byla vždy nejhůře v poli nejistoty. Příklad grafického znázornění výsledků analýzy z přílohy 1 je v grafu na obrázku 21. Graf znázorňuje naměřenou hodnotu v poli shody nebo neshody podle specifikací, pro jeden konkrétní díl v definovaných bodech. Kompletní analýza a grafické znázornění výsledků je doplněno do přílohy 1.



Obr. 21) Naměřené hodnoty pro jednotlivé body



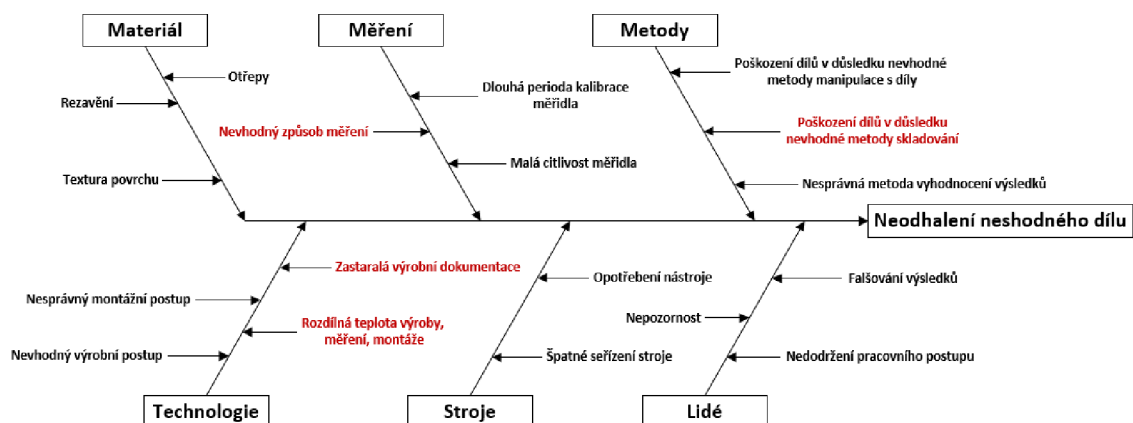
## 6.4.2 Brainstorming

Protože měření neodhalilo pochybení pracovníků ve výrobě, byl svolán brainstorming, který měl za úkol navrhnout možné příčiny problému. Brainstormingu se účastnili: vedoucí výroby, výrobní mistr, manažer kvality, technolog, vedoucí montáže. Výstupem z brainstormingu jsou následující body, které mohou být příčinou neshodných dílů:

- kalibrace / ověření měřidel,
- falšování výsledků,
- nevhodný výrobní postup,
- nesprávný montážní postup,
- použití nevhodných typů měřidel,
- zastaralá výkresová dokumentace od zákazníka,
- poškození dílů při skladování, manipulaci,
- další méně pravděpodobné vlivy.

## 6.4.3 Ishikawa diagram

Výsledky z brainstormingu byly rozřizeny pomocí Ishikawova diagramu (obr. 22) do skupin podle 5M doplněných o skupinu Technologie. Z možných příčin byly vytipovány ty nejpravděpodobnější, které budou dále řešeny.



Obr. 22) Ishikawa diagram podle [26]

## 6.4.4 5x proč

V Ishikawově diagramu jsou znázorněny nejpravděpodobnější příčiny neodhalení neshodných dílů. Následujících pět otázek proč, má za úkol určit, které z nich mohou být kořenovou příčinou problému a s kterou teorií bude potřeba pracovat.

1x Proč – Proč ve výkresové dokumentaci z roku 2019 chybí požadavky ISO GPS systému? Nemohou tyto specifikace bránit dosažení požadovaného výsledku?

Odpověď – Pro výrobu i měření je využívána výkresová dokumentace dodaná zákazníkem. Oddělení konstrukce u zákazníka nekonzultuje požadavky s naší výrobou.

Řešení – Navržení změn ve výrobní dokumentaci podle aktuálních požadavků ISO GPS.

2x Proč – Proč ve výkresové dokumentaci z roku 2019 jsou využívané prvky a styl kótování drsnosti povrchu ze 70. let? Nemohou tyto specifikace bránit dosažení požadovaného výsledku?

Odpověď – Pro výrobu i měření je využívána výkresová dokumentace dodaná zákazníkem. Oddělení konstrukce u zákazníka nekonzultuje požadavky s naší výrobou.

Řešení – Navržení změn ve výrobní dokumentaci podle aktuálních požadavků EN ISO 4287.

3x Proč – Proč je díl měřen pouze ve třech bodech? Není možné, aby mimo tyto body byly extrémy, které zapříčiňují problémy?

Odpověď – Ano, jde o oprávněnou obavu, která byla přehlížena.

Řešení – Ověření teorie pomocí optického přístroje v laboratorních podmínkách. Pokud se předpoklad potvrdí, nalézt vhodný způsob měření ve výrobním podniku.

4x Proč – Proč není uvažována rozdílná teplota při výrobě, kontrole a montáži?

Odpověď – Rozdíl teplot je v tomto případě zanedbatelně malý, předpokládá se maximálně 10 °C. Tato změna teploty nezapříčiní změnu rozměru. Ovlivnění rozměrů teplotou je pozorováno až při chodu stroje, kdy je změna oproti stavu v klidu až 400 °C. S touto změnou počítá konstrukce.

5x Proč – Proč může dojít k poškození dílů při skladování? Je možné, že jsou díly poškozeny nevhodným způsobem skladování po kontrole dílů před tím, než jsou namontovány?

Odpověď – Díly jsou skladovány v plastové bedně, nakonzervované a proložené papírem. Je možné, že jsou díly poškozeny při kontaktu funkčních ploch.

Řešení – Navrhnout skladovací metodu, která bude intuitivně umožňovat manipulaci s díly bez kontaktu s funkční plochou. S využitím poka-yoke.

## 6.5 Vylepši

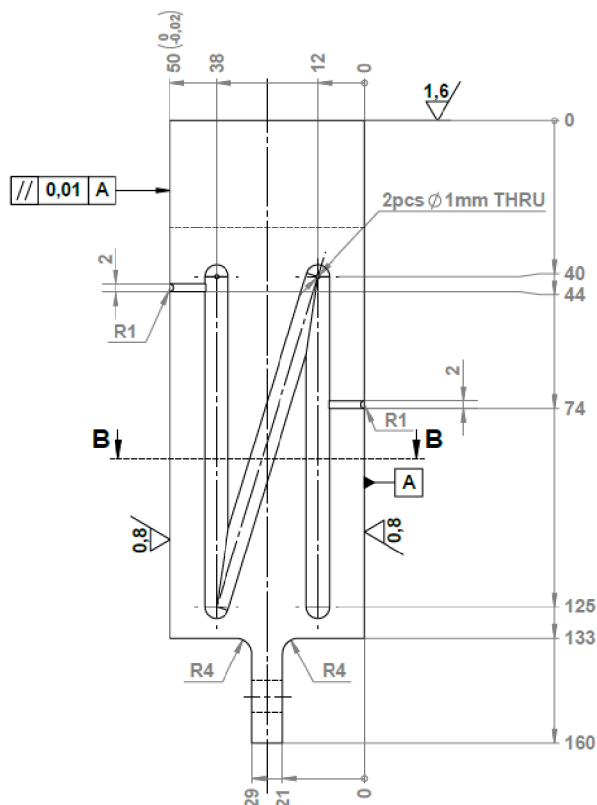
Příčin, které mohou vést k neshodě, bylo objeveno několik a souvisí spolu. Pro eliminaci neshod jsem se tedy zaměřil na návrh revize výrobní dokumentace. Prověření správnosti měření lineárního rozměru, navržení nového způsobu měření pro tento rozměr. Navržení změny vyhodnocení textury povrchu a navržení nového způsobu skladování.

### 6.5.1 Revize výrobní dokumentace

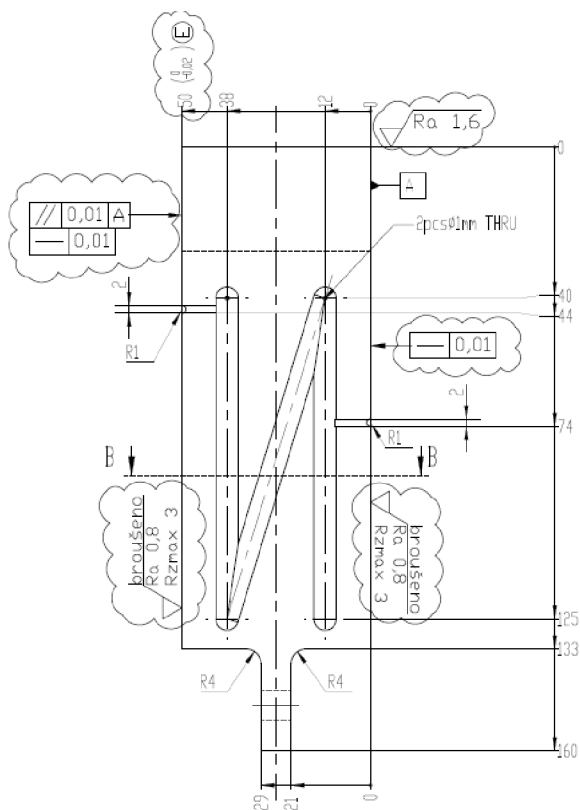
Výrobní dokumentaci pro výrobu poskytuje zákazník. I když byl stroj navržen v roce 2019, konstruktér použil zastaralý způsob kótování, který nezaručuje po vyrobení a kontrole stoprocentní funkčnost. Protože jako dodavatel nemůžeme do výrobní dokumentace zasahovat, je úprava kótování pouze návrh k vylepšení. Tento návrh je možné zaslat zákazníkovi a při další objednávce s ním konzultovat výrobu podle revidované výkresové dokumentace. Výkres byl revidován podle požadavků ISO GPS (geometrické specifikace výrobku). U kritického rozměru byl přidán požadavek obálky  $\text{E}$ . Tento požadavek obsahuje přiřazovací kritérium minimálního opsání GN pro horní mezní rozměr a dvoubodový rozměr LP pro dolní mezní rozměr podle ČSN EN ISO 14405-1:2011. Tento požadavek zajišťuje nepřekročení horního rozměru. Byl doplněn požadavek na přímost, který udává, že jakákoliv čára na povrchu součásti musí ležet mezi dvěma rovnoběžnými přímkami vzdálenými od sebe maximálně 0,01 mm.

Dále byly opraveny požadavky na texturu povrchu podle aktuálních pravidel ČSN EN ISO 1302:2002. Po dohodě s vedoucím DP a spolupracující výrobní firmou byl doplněn požadavek Rzmax a to z toho důvodu, že dříve vyhodnocovaný parametr Ra nic nevypovídá o charakteristice kontrolovaného povrchu. Navíc byl přidán požadavek na přímost funkčních ploch. Tento požadavek má zajistit, aby díly byly po celé délce souměrné. Na obrázku 23 je

náčrt výkresu před návrhem změny a revidované části výkresové dokumentace jsou na následujícím obrázku 24 znázorněny mráčkem.



Obr. 23) Náčrt současného stavu výkresové dokumentace



Obr. 24) Náčrt revize výkresové dokumentace

### 6.5.2 Změna měřících zařízení

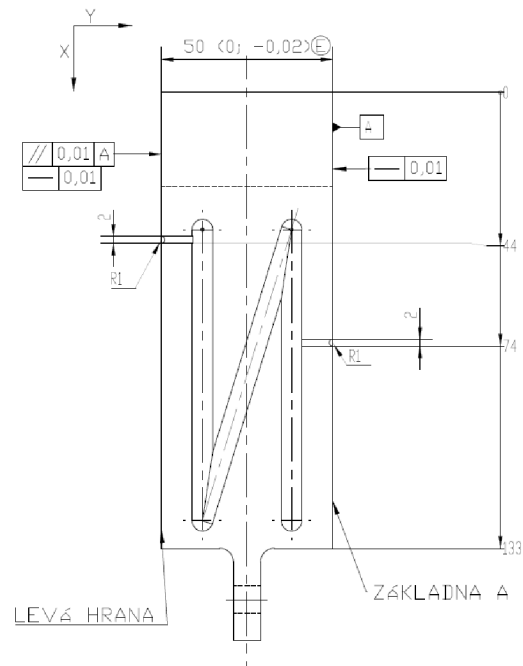
Ve fázi analyzuj bylo zjištěno, že kontrolovaný rozměr se pohybuje na horní hranici tolerančního pole a výsledky jsou podle pravidla pro prokázání shody nebo neshody se specifikacemi dle ČSN EN ISO 14253-1:2018 v poli nejistoty. Také bylo vyzorováno, že se naměřená hodnota směrem od počátku souřadného systému zvyšuje. Byla položena otázka, jestli je zvolený způsob měření vhodný a dostatečně přesný. Základní pravidlo metrologie říká, k měření použij vždy minimálně o řád přesnější měřidlo. Tento požadavek byl splněn. Počet měření pro vhodné statistické vyhodnocení byl také dostatečný. Přesto nám měření a následná analýza neukázaly, kde vznikla chyba. Vystala tedy další otázka, jestli je měření ve 3 bodech dostatečně důkladné. Tento způsob měření nepokrývá celou kritickou plochu. V této fázi tedy navrhuji ověřit si vhodnost měření externě, pomocí optického měřícího přístroje. Je totiž možné, že díly jsou větší pouze bodově a tento způsob měření má možnost prověřit požadavek na minimální vepsaný rozměr. Pokud tato plocha bude v požadované toleranci, díl je rozměrově v pořádku a problém bude třeba hledat jinde. Pokud měření nevyjde, bude domněnka o nekompetenci měřidel potvrzena a bude třeba navrhnout jiný způsob měření, který by byl proveditelný u výrobce.

#### Měření na optickém přístroji

Toto měření bylo provedeno v laboratorních podmínkách na ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Konkrétně na stroji Micro-Vu Sol 311 (obr. 25a). Měření bylo provedeno takto: Díl bylo třeba pečlivě očistit lihem pomocí utěrky z mikrovlákna. To zabránilo snímání nečistot z povrchu, které by mohly zkreslit výsledky. Díl byl na měřícím přístroji vyrovnán, což následně usnadnilo snímání bodů. Součást bylo třeba zaostřit posunem kamery v ose Z. Popis programu, kterým bylo provedeno měření, je v příloze 3. Obrázek 25b doplňuje informace k měřicímu programu.



a) Měření na Micro-Vu Sol 311



b) Specifikace dílů pro měřicí program

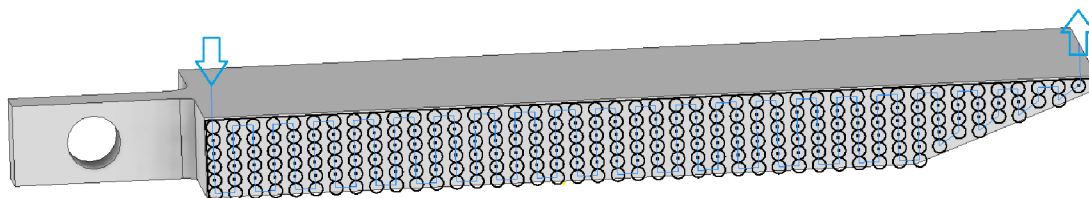
Obr. 25) Měření na optickém přístroji

Měřená součást byla nejprve celá nasnímána. Poté bylo měření vyhodnoceno v deseti bodech, rovnoměrně rozmístěných po celé součástce. Výsledek byl získán pomocí vyhodnocení rozměrů mezi dvěma body (LP). Toto měření mělo za úkol ověřit správnost měření pomocí předchozích měřidel. Měření ukázalo, že díly jsou opravdu na jedné straně větší než dovoluje tolerance. Výsledky měření v některých pozicích dokonce spadají do pole zamítnutí. V příloze 4 jsou kompletní výsledky tohoto měření. Příloha dále obsahuje výpočet nejistoty měření a hranic pro prokázání shody nebo neshody se specifikací podle ISO 14253-1:2018 a grafické znázornění. Následně bylo provedeno vyhodnocení, které mělo za úkol určit maximální vepsaný a minimální opsaný rozměr (GX, GN). Toto měření mělo za úkol potvrdit požadavek na úpravu výrobní dokumentace podle ISO GPS. Systém měřicího stroje nemá zapracováno vyhodnocení ISO GPS, proto musel být vymyšlen alternativní způsob, jak toto vyhodnocení provést. Tento způsob je popsán v popisu programu v kroku 31–38 (příloha 3). Měření na optickém přístroji odhalilo lokální anomálie, které zapříčiňují problémy při montáži. Jde o odchylky, které jsou při měření bodovým způsobem velmi těžce odhalitelné. Pro kontrolu, jestli vzniklé odchylky nejsou pouze anomálie, které vznikají díky lomu světla u hran a drážek, případně jestli nejde o nečistoty zachycené v těchto místech, byly tyto oblasti v dalším vyhodnocení vynechány. Výsledky měření se sice zlepšily, ale pořád nebyla dodržena požadovaná tolerance. Tento způsob měření a vyhodnocení byl desetkrát zopakován pro každý díl, aby bylo možné výsledky statisticky vyhodnotit. Kompletní výsledky měření, požadavků GX, GN a hodnoty GG na optickém přístroji spolu s vyhodnocením, jsou v příloze 5.

Vyhodnocování pomocí mikrometru a výškoměru je sice rychlé a pro pracovníky snadné a pohodlné, vyhodnocuje ale pouze rozměr mezi dvěma body, který je málo přesný a nepokrývá celou měřicí plochu. Neshodu proto neodhalí, a to je klíčový faktor měření.

### 3D měřicí zařízení

Výrobce horizontálního značícího zařízení má na svém pracovišti technické kontroly k dispozici 3D měřicí zařízení Aberlink Axiom too CMM. Tento stroj využívá hlavně pro měření složitých dílů, u kterých by vyhodnocování klasickými měřidly bylo náročné a zdlouhavé. Toto zařízení by mohlo pomoci ke správnému vyhodnocení dílů. Pro stroj jsem proto vytvořil měřicí program, který prověří vyhodnocované plochy pomocí skenování. Tento program je uveden v příloze 6. Kulička o velikosti 2 mm bude snímat povrch a vyhodnotí ho pomocí 832 bodů. Přičemž pohyb bude podle trajektorie dle obrázku 26. Nejdříve nasnímá plochu označenou jako základna A dle výkresové dokumentace. Stejně měření zopakuje i na druhé straně dílce. Naskenované body převede na prvek plocha a tyto dvě oblasti vůči sobě vyhodnotí.



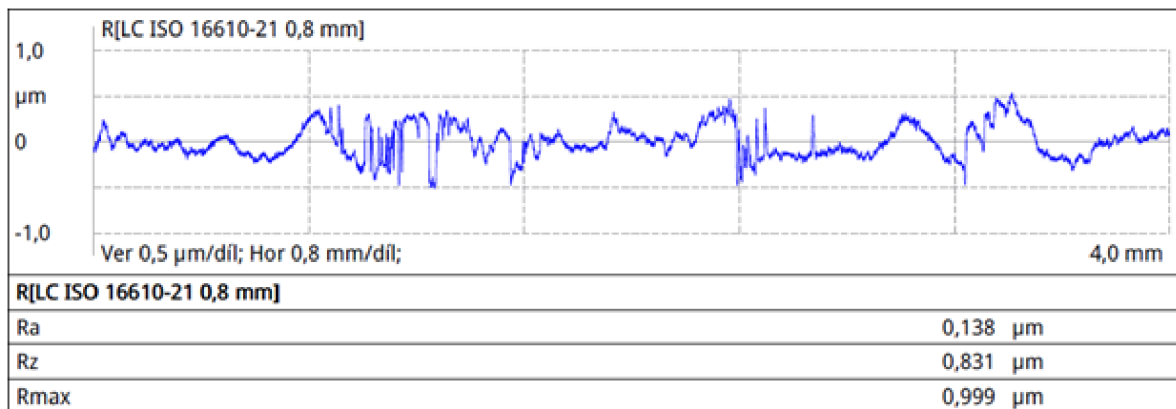
Obr. 26) Schéma trajektorie pohybu sondy

Aktuální software měřicího stroje neumí přímo vyhodnotit požadavek minimálního opsaného rozměru a maximálního vepsaného rozměru. Aktuální verze 4.14.4 umožňuje pouze vyhodnotit rozměr nejmenších čtverců a zároveň rovnoběžnost ploch. Z těchto zjištěných

hodnot, lze podle servisního technika, který stroje dodává, dopočíst požadovaný rozměr GN. Tyto výsledky jsou v příloze 7.

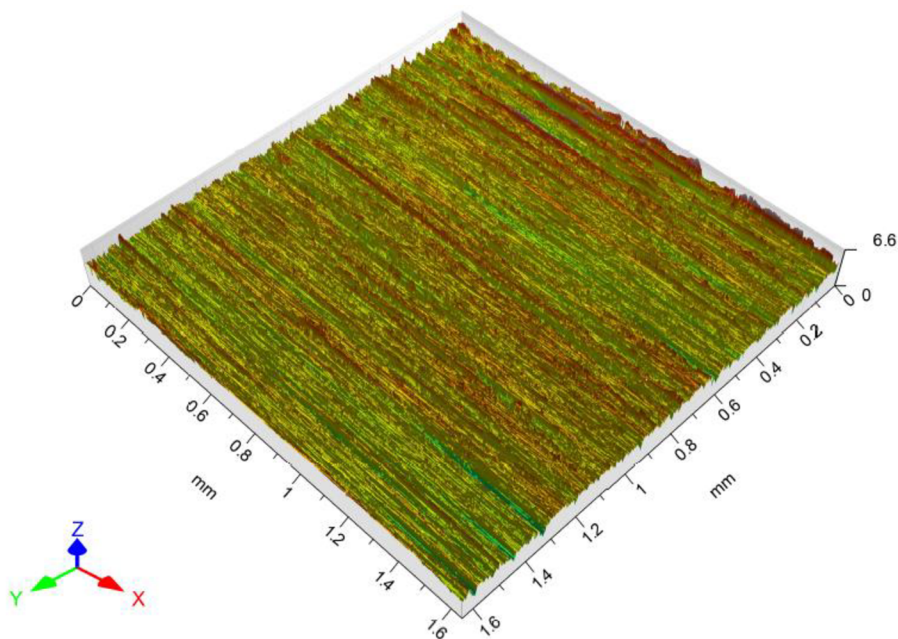
### 6.5.3 Měření textury povrchu

Výrobce ZVDZ používá při kontrole textury povrchu profilometr MarSurt PS 10. Tento dotykový způsob měření zaznamenává vertikální pohyb posunujícího se snímacího hrotu. Takovýto způsob měření vyhodnocuje pouze jeden profil povrchu, což poskytuje značně omezené informace pro kontrolu (obr. 27).



Obr. 27) Vyhodnocení textury Základny A profilovou metodou

Pro porovnání bylo měření zopakováno na optickém přístroji Talysurf CCI Lite firmy Taylor Hobson (dále jen CCI), které umožňuje analyzovat prostorové charakteristiky povrchu a vyhodnocovat vlastnosti povrchu s funkčním prostředím. Všechna měření byla provedena s využitím objektivu se zvětšením 10x. Na následujícím obrázku 28. je znázorněn 3D model textury povrchu. Výsledky měření jednoho dílu oběma přístroji jsou v příloze 8. V této příloze je měření vyhodnoceno podle navrhovaného způsobu dle ISO 14253-1 namísto vyhodnocení podle pravidla 16 % nebo pravidla maxima. Pro porovnání je v této příloze doplněno vyhodnocení podle současného způsobu vyhodnocení dle ISO 4288 (pravidla 16 %).



Obr. 28) 3D model textury povrchu

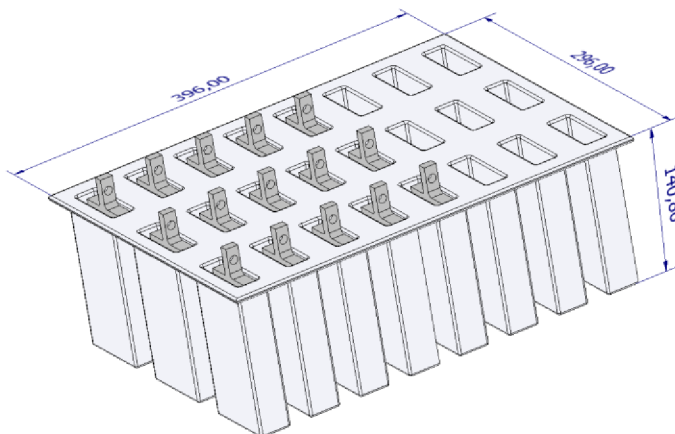
#### 6.5.4 Skladovací systém

Proces skladování a přepravy není u výrobce definován. Tyto díly se skladují a přepravují v plastových přepravkách. Jsou zakonzervovány konzervačním olejem a proloženy listy časopisů (obr.29). Při manipulaci může tedy dojít k poškození (poškrábání) dílů při vzájemném kontaktu, protože nejsou dostatečně chráněny. To může zapříčinit poškození broušené plochy.

Navrhují proto do aktuálně používaných plastových přepravních beden nechat vyrobit plastové rozdělovače a dokoupit víka. Ty zabrání tomu, aby se díly poškodily při vzájemném kontaktu při přepravě. Při zakrytí víkem budou díly navíc ochráněny od okolních nečistot, jako jsou prach a špony. Rozdělovač zajišťuje, aby při vkládání a odebírání dílů z bedny nedocházelo ke kontaktu ruky a funkční plochy, díky čemuž se bude předcházet poškození, které může způsobit operátor, například poškrábání nehtem, pokud by díl uchytil za hranu. Skladovací systém je navržen na obrázku 30.



Obr. 29) Současný způsob skladování dílů



Obr. 30) Návrh rozdělovače do standardní přepravní bedny

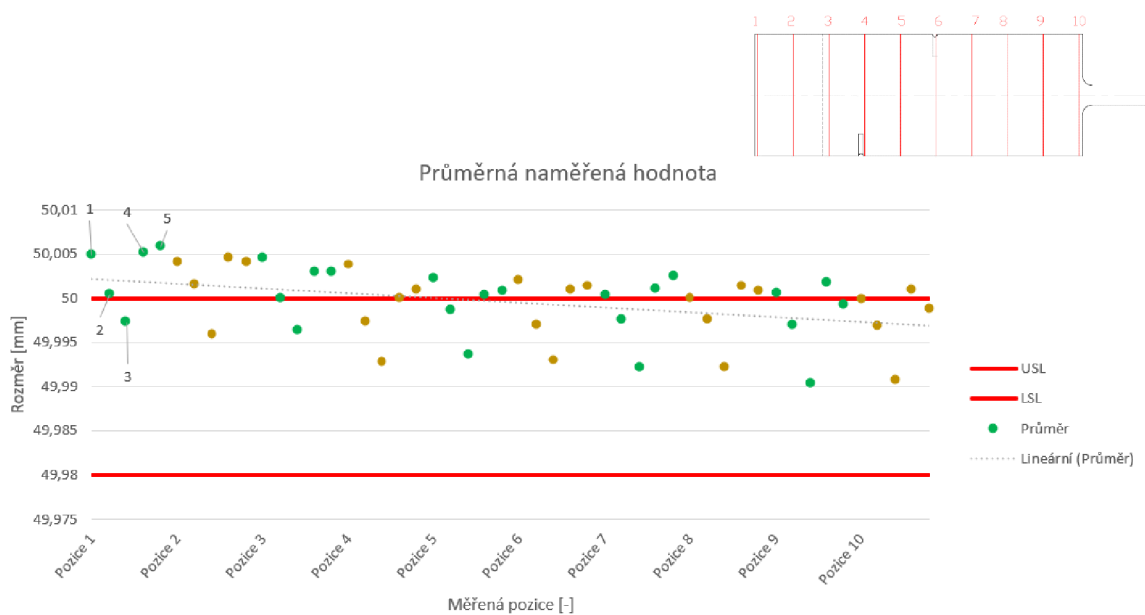
Ve fázi vylepši se DP zaměřila na změnu měřících zařízení, protože aktuálně používaný způsob je nevhodný. Bylo třeba brát ohledy na zařízení dostupné ve výrobním podniku a zároveň na to, aby měření neprodukovalo a neprodužovalo výrobu. Za tímto účelem byl tedy navržen měřící program. Byla navržena revize výrobní dokumentace podle aktuálních požadavků ISO GPS, ověřeno měření textury povrchu, a nakonec i upraven skladovací systém, který brání k poškození dílů.

## 6.6 Reguluj

Fáze regulace, která je poslední částí metody DMAIC, má za úkol sledovat zavedené změny do procesu a vyhodnocovat jejich přínos.

Fáze „vylepši“ odhalila, že měření pomocí mikrometru a výškoměru nepřináší dostatečné informace o skutečné velikosti dílu. Kritický rozměr je třeba vyhodnocovat v souladu s požadavky ISO GPS, konkrétně podle požadavku na minimální opsaný rozměr. Toho lze u výrobce dosáhnout pomocí měření na 3D souřadnicovém stroji. Pro měření byl použit program navržený ve fázi „vylepši“. Výsledky tohoto měření a vyhodnocení je v příloze 7. Měření potvrzuje, že není dodržen požadavek na minimální opsaný rozměr. Je proto pravděpodobné, že za provozu při vyšší teplotě díly opět nebudou fungovat správně. Chyba je odhalena ve fázi kontroly a je tudíž možné ji před montáží opravit a ušetřit dodatečný čas a náklady na opravy.

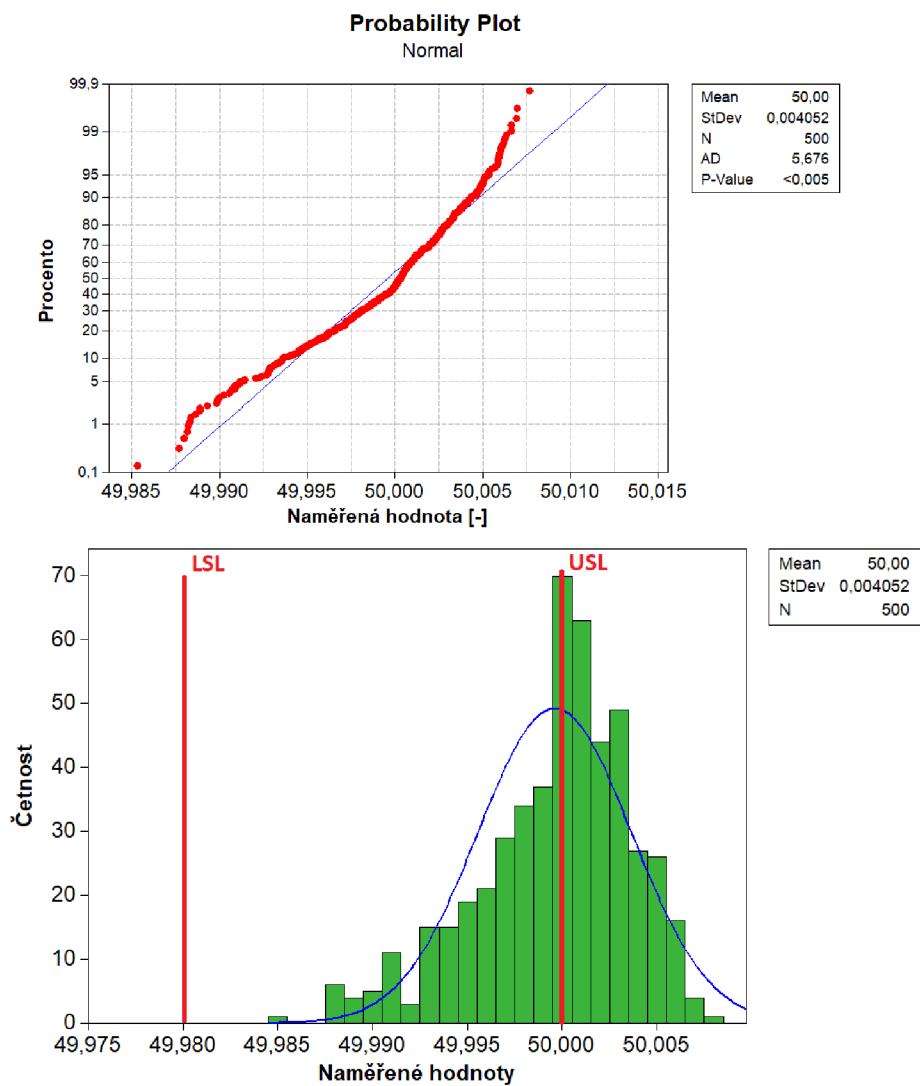
Měření na Sol 311 metodou LP odhalilo, že všechny kontrolované díly mají pravděpodobně problém s přímostí a směrem od počátku souřadného systému se zužují. Tato skutečnost je zachycena na obrázku 31 v diagramu níže. Tento obrázek ukazuje pět měřených dílů v 10 bodech rozložených po celé délce součásti. Vynesené body jsou průměrné hodnoty měření.



Obr. 31) Diagram průměrné naměřené hodnoty metodou LP

Data získaná měřením na Sol 311 byla vyhodnocena metodou LP a byla analyzována formou histogramu. Naměřená data ukazují, že nejčastěji měřené hodnoty jsou 49,9995 – 50,0005 mm. Podle tvaru histogramu můžeme vyslovit hypotézu, že naměřená data nepocházejí ze základního souboru, který má normální rozdělení četností dle provedeného testu dobré shody A-D (obr. 32).





Obr. 32) Histogram četnosti výskytu naměřené hodnoty a test normálního rozdělení



## 7 TECHNICKÉ POSOUZENÍ DOSAŽENÝCH VÝSLEDKŮ

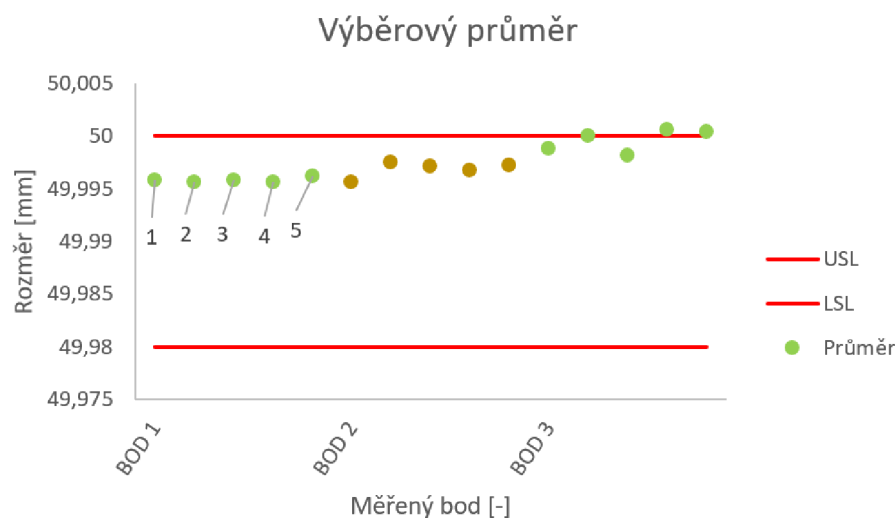
Tato kapitola se zabývá zhodnocením dosažených výsledků po provedení DMAIC metody na zvoleném procesu. Mezi dosažené výsledky se řadí zavedení sběru dat do záznamových formulářů. Následná analýza sesbíraných dat. Doporučení pro úpravu měřících postupů. Doporučení na úpravu technických výkresů a návržení na změny v technologii. Na závěr jsou uvedeny vlastní doporučení pro další výrobu.

### 7.1 Sběr dat a analýza

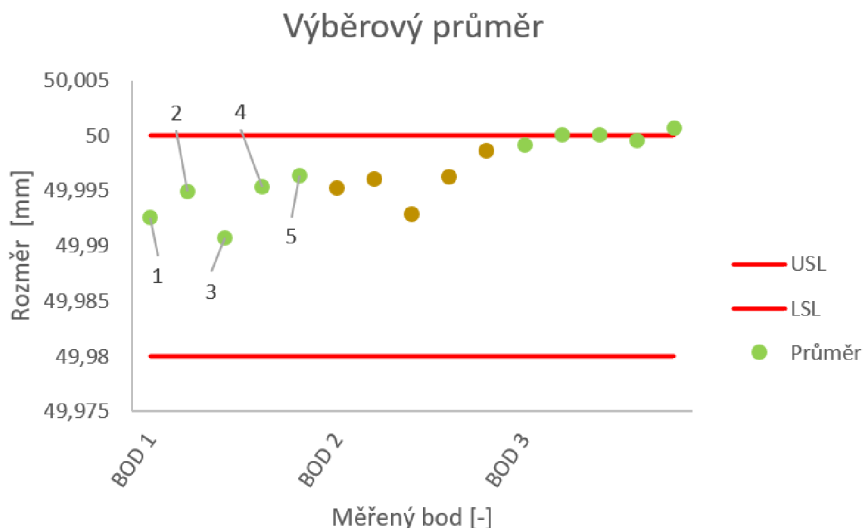
Tento proces byl zaveden z důvodů sledování kontroly dílů při výrobě. Tento proces u výrobce doposud chyběl. Bylo proto potřeba navrhnout záznamový formulář a pracovníky proškolit na jeho vyplňování. Po implementaci bylo možné sesbíraná data jednoduše analyzovat pomocí prokázání shody nebo neshody se specifikací. Výsledky měření neprokázaly, že by za řešeným problémem byla nedostatečná kontrola dílů při výrobě.

Při dílenském měření pomocí mikrometru bylo dvacet čtyři měření ze 150 mimo požadovanou hodnotu. Jde o 16 % měření. Odchylka od požadované hodnoty byla v řádu tisícín milimetru a pouze jedno měření bylo o tolik větší, aby ho nebylo možné považovat za chybu měření. Průměrná hodnota pouze u jednoho dílu v jednom měřeném bodě překročila horní mezní rozměr (obr. 33).

Měření na pracovišti kontroly pomocí výškoměru potvrdilo naměřená data. Dvacet tři měření se sto padesáti bylo vyšších, než je horní požadovaná hranice. Jde o 15,3 % měření. Odchylka od požadované hodnoty byla v řádu tisícín, ale výškoměr má vypočtenou menší chybu měření, a proto sedm měření již nelze považovat za chybu měření. Průměrná hodnota pouze u jednoho dílu v jednom měřeném bodě překročila horní mezní rozměr (obr. 34). Měřené body jsou určeny podle tabulky 2.



Obr. 33) Průměrné naměřené hodnoty na mikrometru



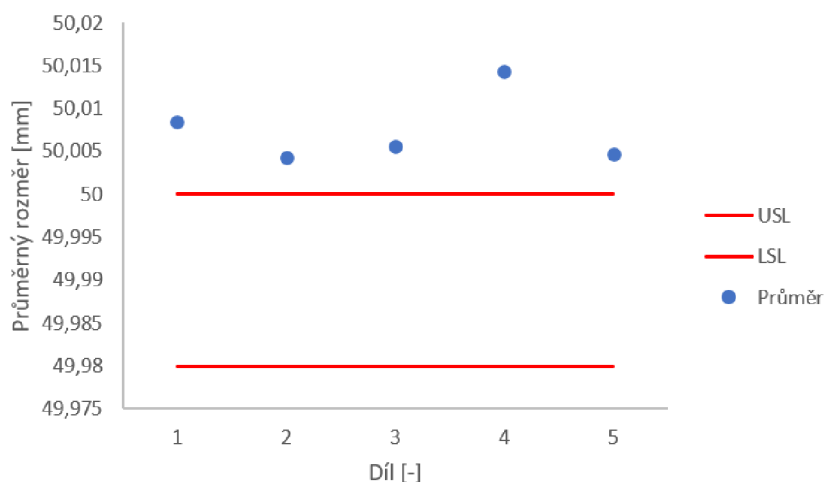
Obr. 34) Průměrné naměřené hodnoty pomocí výškoměru [41]

## 7.2 Určení kořenové příčiny

Protože naměřená data napoprvé neodhalila příčinu problému, bylo potřeba určit kořenovou příčinu. Po brainstormingu byly pomocí Ishikawova diagramu znázorněny možné příčiny problému. Podle Paretova pravidla by odstranění 20 % možných příčin vedlo k odstranění 80 % možných problémů. Z tohoto důvodu byly vytypovány čtyři problémy, které budou nejpravděpodobněji stát za vzniklými neshodami. Na ně se dále zaměřila fáze vylepši.

### 7.2.1 Revize výrobní dokumentace

Výrobní dokumentaci dodává zákazník a výrobce nemá právo do ní zasahovat. Z tohoto důvodu je navržené opatření pouze teoretické. Původní výkres je technologický, vhodný pro výrobu, ale nevhodný pro metrologické hodnocení. Výkres obsahuje zastaralé požadavky na texturu povrchu. Výkres neobsahuje požadavky tolerování ISO GPS, které vzniklý problém podle výsledků měření eliminují. Na výkrese bylo tedy navrženo 9 revizí požadavků. Po vyhodnocení pěti dílů, pomocí 3D měřicího souřadnicového stroje, podle revidované výkresové dokumentace, bylo jako neshodných určeno 100 % měřených dílů (obr. 35).



Obr. 35) Vyhodnocení měření metodou GN

### 7.2.2 Změna měřících zařízení

Nejobsáhlejší část fáze „vylepši“ byla věnována změně přístupu k měření a kontrole dílů. Měření v laboratorních podmínkách na optickém přístroji potvrdilo domněnky, že vyhodnocení rozměru ve třech bodech je pro odhalení neshody nedostatečné. Ani vyhodnocení v deseti bodech nemusí být stoprocentní díky nejistotě měření. Proto je třeba zavést plošné měření a vyhodnocovat celou broušenou plochu pomocí požadavku na minimální opsaný rozměr. K tomu výrobci poslouží 3D souřadnicový stroj a navržený program se skenovací funkcí. Toto měření i s ustavením zabere přibližně 25 minut. Časová úspora, která vznikne díky odstranění nutnosti stroj po sestavení a zkoušce znovu demontovat (cca 11,5 pracovních hodin dle výkazu práce), díly přebrousit (dodělat rozdělanou práci, přenastavit stroj a opravit zabere zhruba 1-2 hodiny) a stroj znovu sestavit a otestovat (12 hodin) je tedy obrovská.

### 7.2.3 Změna vyhodnocení textury povrchu

Cílem této změny bylo zajistit v maximální míře objektivní vyhodnocení profilu povrchu ve vztahu k jeho funkci. Profilový způsob měření vyhodnocuje pouze jeden profil. Tento pohled neposkytuje dostatečné informace o povrchu. Plošný způsob měření umožňuje analyzovat prostorové charakteristiky povrchu. Prostorové měření vyhodnocuje větší množství dat a hodnota parametru je proto přesnější. Měřicí stroj TalySurf CCI Lite je ale mnohonásobně dražší a jeho nákup je proto u výrobce neobhajitelný.

V následující tabulce 4 je uvedeno srovnání použitých způsobů vyhodnocení požadovaných parametrů. Parametr drsnosti Ra vyhodnotily obě metody přibližně stejně. Zatím co parametr Rz 3, který má o skutečném povrchu větší vypovídající hodnotu, vyhodnotil profilový způsob měření jako přijatelný, mezitím co plošný způsob vyhodnotil povrch jako nevyhovující.

Tab 4) Vyhodnocení naměřených parametrů

	MarSurf PS 10		TalySurf CCI Lite	
	Ra 0,8 [μm]	Rz 3 [μm]	Ra 0,8 [μm]	Rz 3 [μm]
x max	0,333	2,001	0,382	3,7923
x min	0,131	0,831	0,338	2,8648
$\bar{x}$	0,214	1,276	0,357	3,153
Výsledek	<b>0,214 ± 0,050</b>	<b>1,276 ± 0,241</b>	<b>0,357 ± 0,022</b>	<b>3,153 ± 0,169</b>
gA*uC	0,04126	0,19902	0,01799	0,13930
Závěr dle ISO 14253-1	0,26 < 0,8 vyhovuje	1,48 < 3 vyhovuje	0,38 < 0,8 vyhovuje	3,29 > 3 nevyhovuje
Závěr dle ISO 4288	0,29 < 0,8 vyhovuje	1,66 < 3 vyhovuje	0,39 < 0,8 vyhovuje	3,42 > 3 nevyhovuje

### 7.2.4 Skladovací systém

Toto opatření má za úkol snížit možnost poškození povrchu při přepravě, skladování nebo manipulaci. Tento design rozdělovačů umožňuje díly izolovat od nečistot, špon a prachu. Zabráňuje vnějšímu poškození cizím tělesem. Brání při vkládání a vyndávání kontaktu s funkční plochou.

Cena skladovacího systému vytvořeného na zakázku pomocí 3D tisku je odhadnuta na 4500 Kč. Systém zatím nebyl zadán do výroby.

### 7.3 Vlastní závěry a doporučení pro praxi

Při zpracovávání praktické části této práce bylo nalezeno několik oblastí, kam je možné dále směřovat zdokonalování zabezpečování kvality nejen tohoto ZVZD u výrobce.

#### Oblast kvality

- Měrový formulář a analýzu sběru dat lze využít i u dalších komplikovaných dílů a s jejich pomocí vyhodnotit kvalitu výroby a odstranit případné chyby.
- Hledání anomálií pomocí mikroskopu. Měření pomocí optického přístroje odhalilo vady v oblasti hran a drážek. Optický přístroj stojí přes půl milionu korun a investice do něj by se výrobci nevrátila. Cena navrhovaného mikroskopu se pohybuje okolo 20 – 50 000 Kč. Nesloužil by k měření, ale ke kontrole ploch, jestli na nich nezůstaly otřepty, které by znehodnocovaly měření nebo zhoršovaly funkčnost.

#### Oblast technologie

- Celá výrobní dokumentace by si zasloužila revizi podle požadavků ISO GPS. V první fázi navrhuji zaměřit se na „obálku dílů DOT side shutter“ a přiřadit jí požadavek maximálního vepsaného rozměru GX.
- Ověřit roztažnost látek při pracovní teplotě a podle výsledků upravit požadavek na potřebnou vůli při montáži.

#### Oblast výroby

- Díly se na jednom konci rozšiřují. Ověřit, zda je chyba způsobena broušením nebo jestli mají díly stejnou vadu již po obrobení s přídavkem pro broušení. Následně upravit nastavení stroje.

#### Obecná doporučení

- Upřednostnit provádění malých změn, velké změny provádět jen výjimečně.
- Neustále školit pracovníky podle systému „belts“.
- Snažit se pracovníkům vysvětlovat kroky vedení u výrobce a motivovat je k plnění jejich požadavků.
- Při řešení problému postupovat podle DMAIC cyklu.

## 8 ZÁVĚR

Diplomová práce je příspěvkem ke zlepšování kvality zařízení pro tvorbu vodorovného dopravního značení (dále jen ZVDZ) u spolupracující firmy (dále jen výrobce). Výrobce ZVDZ eviduje problém s kontrolou dílů v zařízení, kdy po kontrole všech dílů, montáži zařízení a následném testování jsou odhaleny problémy s chodem zařízení.

Popis současného stavu řízení kvality ZVDZ dle ISO 9001 je rozebrán ve 3. kapitole. Tím je splněn první cíl diplomové práce. V této části jsou přiblíženy hlavní myšlenky z uvedené normy. Práce je dále zaměřena na procesní přístup a jeho implementaci u výrobce. Následujícím tématem v této kapitole je popis systému řízení kvality podle metod LEAN production a Six Sigma s ohledem na použití těchto metod u výrobce. Metody LEAN production a Six Sigma jsou u výrobce ZVDZ nástrojem k neustálému zlepšování, odstraňování plýtvání a k řešení jednotlivých problémů. Podrobně jsou vysvětleny jen ty metody řízení kvality, které jsou využity v praktické části DP.

Ve 4. kapitole je zdůvodněno důsledné využívání Juranovy trilogie při všestranném zlepšování zavedeného systému řízení kvality u výrobce ZVDZ. Rovněž je zde pro oblast kontroly doporučeno výrobcí nastavit provádění kontrol v souladu s Juranovou pyramidou, například využívat automatický měřicí program na 3D měřicím zařízení pro vyhodnocení geometrických vlastností dílů ZVDZ v souladu se systémem ISO GPS. V závěru 4. kapitoly je provedeno shrnutí zjištěných možností ke zlepšení systému řízení kvality u výrobce ZVDZ. Tím je splněn třetí cíl diplomové práce. Nevyužití navržených zlepšení může v budoucnu způsobovat zahlcení oddělení kontroly kvality a managementu podniku.

Pátá kapitola objasňuje systémové pojetí kvality zařízení pro vodorovné dopravní značení jako soubor osmnácti relativně samostatných skupin vlastností. Tím je splněn druhý cíl DP. Následně je v této kapitole analyzována skupina požadavků na geometrické parametry ZVDZ. Tyto geometrické požadavky byly řešeny v praktické části DP.

Čtvrtý cíl diplomové práce, aplikace vybraných metod, je řešen v 6. kapitole. Na začátku kapitoly jsou uvedeny principy použité při řešení problému s kontrolou vybraných geometrických vlastností ZVDZ. Řešení odhalených problémů je zpracováno pomocí přístupu DMAIC a využitím metod LEAN production a Six Sigma. Ve fázi „Definuj“ byl podrobně charakterizován řešený problém. K tomuto problému byl vytvořen projektový list a Ganttův diagram sloužící k určení časové posloupnosti jednotlivých kroků v rámci metody DMAIC. Ve fázi „Měř“ byl zaveden sběr dat při kontrole ZVDZ. Data z kontroly byla zaznamenávána do navrženého metrologického formuláře. Tyto data byla v další fázi „Analyzuj“ převedena do elektronické podoby a byla ověřena shoda hodnot geometrických charakteristik se specifikací podle ISO 14253-1:2017. Pomocí brainstormingu byly navrženy další možné příčiny neshod. Tyto neshody byly roztrženy pomocí Ishikawa diagramu. Z tohoto diagramu byly vytipovány nejpravděpodobnější příčiny neodhalení neshody. Kořenové příčiny problému (nedostatky v technické dokumentaci, nevhodný způsob měření, rozdílná teplota výroby, měření a montáže a poškození dílů v důsledku nevhodného způsobu skladování) odhalil nástroj „pět otázek proč“. Ve fázi „Vylepši“ byla navržena opatření k odstranění těchto problémů problému. Hlavní důraz byl kladen na změnu měřicího zařízení a revizi výrobní dokumentace. V laboratorních podmínkách bylo otestováno, že dosud používaná měřicí zařízení jsou vzhledem k povaze dílů zvolena nevhodně. Byl tedy navržen a otestován nový způsob měření

respektující systém ISO GPS. Bylo prokázáno, že nový způsob měření a vyhodnocení lze realizovat pomocí 3D měřicího zařízení, které je dostupné u výrobce ZVDZ. Toto měření lze navíc podle doporučení z Juranovy pyramidy automatizovat. Ve fázi „Reguluj“ je zhodnocen nový způsob měření podle upravené výkresové dokumentace.

Kapitola 7 se zabývá technickým posouzením dosažených výsledků. Prvním dosaženým výsledkem bylo zavedení systematického sběru dat při kontrole. Z těchto dat bylo zjištěno, že pracovníci provádějí měření svědomitě. Dalším dosaženým výsledkem je, že po provedení revize výrobní dokumentace a změně měřicího zařízení bylo všech pět měřených dílů shledáno neshodnými. Bylo tedy možné nechat díly opravit ihned a ušetřit tím tři pracovní dny, které by byly potřeba na opravu po otestování ZVDZ. Tím je splněn pátý cíl DP.

Závěrem lze konstatovat, že s využitím různých metod řízení kvality v průběhu celé práce byly naplněny všechny cíle této DP. Ze zjištěných poznatků jsou na konci 7. kapitoly uvedeny vlastní závěry a doporučení pro praxi. Konkrétně lze zopakovat nejdůležitější tři: Zvýšit počet lidských zdrojů o minimálně jednoho pracovníka kvality. Provádět systémový sběr dat a jejich vyhodnocování u všech funkčních dílů. Prosadit revizi výkresové dokumentace podle požadavků ISO GPS.

Na základě dosud uvedeného je možné navrhnout následující pokračování práce:

- Upravit požadavky na obalovou sestavu pro „DOT side shutter“ podle ISO GPS jako maximální vepsaný rozměr a sestavu tímto způsobem vyhodnocovat.
- Nasimulovat skutečnou teplotní roztažnost dílů ZVDZ a na základě zjištěných hodnot určit skutečnou potřebnou vůli mezi díly, čímž se zajistí plynulý chod ZVDZ.



## 9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] Vše co potřebujeme vědět o vodorovném silničním značení [online]. Uherské Hradiště: HARDMAN UH, c2022 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://www.hardmanuh.cz/o-vdz/>
- [2] DOSTÁL, Milan. Indie masivně rozvíjí infrastrukturu. In: Moderní ekonomická diplomacie MZV ČR [online]. Velvyslanectví České republiky v Dillí: Moderní ekonomická diplomacie, 2019, 11. června 2019 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://www.export.cz/aktuality/indie-masivne-rozviji-infrastrukturu>
- [3] Revize TP 133 Zásady pro vodorovné dopravní značení na pozemních komunikacích. In: . Praha: Ministerstvo dopravy odbor pozemních komunikací, 2013, ročník 2013, TP 133. Dostupné také z: [http://www.pjpk.cz/data/USR\\_001\\_2\\_8\\_TP/TP\\_133.pdf](http://www.pjpk.cz/data/USR_001_2_8_TP/TP_133.pdf)
- [4] Řízení kvality (Quality Management). In: ManagementMania.com [online]. Wilmington (DE) 2011-2022, 13.04.2018 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/rizeni-kvality>
- [5] DUDEK, Martin. Procesní přístup. In: Kvalita jednoduše [online]. Boskovice: Kvalita jednoduše, 2018, 6.6.2018 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <http://kvalita-jednoduse.cz/procesni-pristup/>
- [6] ČSN EN ISO 9001: Systémy managementu kvality – Požadavky. Páté vydání. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016, 48 s.
- [7] NENADÁL, Jaroslav. Moderní management jakosti: principy, postupy, metody. Praha: Management Press, 2008, 375 s. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [8] HUTYRA, Milan. Management jakosti. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita, [2008], 209 s. ISBN 978-80-248-1484-1.
- [9] KIRAN, D. R. *Total Quality Management: Key Concepts and Case Studies*. Oxford: Butterworth-Heinemann, c 2017, 580 s. ISBN 978-0-12-811036-2. Dostupné také z: [https://play.google.com/store/books/details/D\\_R\\_Kiran\\_Total\\_Quality\\_Management?id=PLIkDAAAQBAJ](https://play.google.com/store/books/details/D_R_Kiran_Total_Quality_Management?id=PLIkDAAAQBAJ)
- [10] Štíhlá výroba – Lean Production. In: *Gmprofi.cz* [online]. Praha 6: Verlag Dashöfer, c 1997 – 2022, 30.3.2015 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: [https://www.qmprofi.cz/33/stihlavyroba-lean-production-uniqueidgOkE4NvrWuOKaQDKuox\\_Z\\_twCziJSTAF9s-4764yV7U/?serp=1](https://www.qmprofi.cz/33/stihlavyroba-lean-production-uniqueidgOkE4NvrWuOKaQDKuox_Z_twCziJSTAF9s-4764yV7U/?serp=1)
- [11] Kaizen. In: ManagementMania.com [online]. Wilmington (DE) 2011-2022, 29.10.2015 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/kaizen>
- [12] MUNRO, Roderick A., Matthew J. MAIO, Mohamed B. NAWAZ, Govindarajan RAMU a Daniel J. ZRYMIAK. *Certified Six Sigma Green Belt Handbook* [online]. Milwaukee, Wisconsin: American Society for Quality (ASQ), 2008 [cit. 2022-05-07]. ISBN 978-1-62198-060-5. Dostupné z: <https://app.knovel.com/s.v?UL0JsbLw>
- [13] Metoda 5S (5S Method). In: ManagementMania.com [online]. Wilmington (DE) 2011-2022, 22.06.2016 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/metoda-5s>
- [14] MACHAČ, Jan. Lean Six Sigma: DMAIC. In: *Lean6sigma* [online]. Praha 3: Lean Six Sigma, c 2022 [cit. 2022-05-15]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/dmaic/>
- [15] Metoda 5M. In: ManagementMania.com [online]. Wilmington (DE) 2011-2022, 30.09.2015 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/metoda-5-m>

- [16] Historie štíhlé výroby, krok za krokem, výhody, případ Toyota. In: Thpanorama – Udělej si dnes lepší! [online]. San Francisco: Thpanorama, c 2022 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://cs.thpanorama.com/articles/cultura-general/74anufaktura-esbelta-historia-paso-a-paso-beneficios-caso-toyota.html>
- [17] MONTGOMERY, Douglas, C. Introduction to Statistical Quality Control. 6th edition. Hoboken: Wiley, c 2009, 754 s. ISBN 978-0-470-16992-6.
- [18] Kvantitativní metody zlepšování procesu – Six Sigma – ISO 13053-1 Část 1: Metodologie DMAIC. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013, 36 s.
- [19] CARREIRA, Bill a Bill TRUDELL. Lean Six Sigma That Works – A Powerful Action Plan for Dramatically Improving Quality, Increasing Speed, and Reducing Waste. Special Ed. New York: AMACOM, 2006, 263 s. ISBN 978-0-8144-7347-4.
- [20] DUFFY, Grace L. a Sandra L. FURTERE. ASQ Certified Quality Improvement Associate Handbook. 4th Edition. Milwaukee, Wisconsin: Seiche Sanders, 2020, 339 s. ISBN 978-1-951058-12-8.
- [21] Plán projektu (Project Plan). In: ManagementMania.com [online]. Wilmington (DE) 2011-2022, 28.04.2019 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/plan-projektu>
- [22] Ganttův diagram (Gantt Chart). In: ManagementMania.com [online]. Wilmington (DE) 2011-2022, 30.07.2015 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/ganttuv-diagram>
- [23] ČSN ISO/IEC 15504-3 Informační technologie – Posuzování procesu – Část 3: Návod na realizaci posouzení. Praha: Český normalizační institut, 2005.
- [24] Paretovo pravidlo (Pravidlo 80/20). In: ManagementMania.com [online]. Wilmington (DE) 2011-2022, 10.02.2021 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/paretovo-pravidlo>
- [25] Brainstorming. In: ManagementMania.com [online]. Wilmington (DE) 2011-2022, 09.12.2016 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/brainstorming>
- [26] Ishikawův diagram. In: ManagementMania.com [online]. Wilmington (DE) 2011-2022, 22.07.2015 [cit. 2022-05-07]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/ishikawuv-diagram>
- [27] LIKER, Jeffrey K. a David MEIER. The Toyota Way Fieldbook: A Practical Guide for Implementing Toyota's 4Ps [online]. New York: McGraw-Hill, c 2006, 498 s. [cit. 2022-05-07]. ISBN 0-07-150211-4. Dostupné z: doi:10.1036/0071448934
- [28] ČSN EN ISO 14253-1 Geometrické specifikace produktu (GPS) – Zkouška obrobků a měřidel měřením – Část 1: Pravidla rozhodování pro prokázání shody nebo neshody se specifikacemi. Třetí vydání. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018, 36 s.
- [29] JURAN, Joseph M. a A. Blanton GODFREY. Juran's quality handbook. 5th edition. New York: McGraw-Hill, c 1999, 1699 s. ISBN 0-07-034003-X.
- [30] JANKOVÝCH, Róbert. *Statistické řízení procesů* [předmět]. Brno: VUT – Fakulta strojního inženýrství, A.R.2020/2021.
- [31] ČSN EN ISO 8015 Geometrické specifikace produktu (GPS) – Základy – Pojmy, principy a pravidla. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012, 16 s.

- [32] PETR, Karel. APPLICATION OF NEW RULES FOR PATTERN SPECIFICATION ACCORDING ISO GPS. In: MM Science Journal [online]. Czech Technical University in Prague: MM Science Journal, 2020, November 2020, s. 1-9 [cit. 2022-05-08]. Dostupné z: doi:10.17973/MMSJ.2020\_11\_2020010
- [33] JANKOVÝCH, Róbert. *Praktická metrologie* [předmět]. Brno: VUT – Fakulta strojního inženýrství, A.R.2020/2021.
- [34] ČSN EN ISO 14638 Geometrické specifikace produktu (GPS) – Maticový model. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2021, 24 s.
- [35] ČSN EN ISO 14405-1 Geometrické specifikace produktu (GPS) – Tolerování rozměrů – Část 1: Lineární rozměry. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2022, 60 s.
- [36] JANKOVÝCH, Róbert. *Strojírenská metrologie I* [předmět]. Brno: VUT – Fakulta strojního inženýrství, A.R. 2018/2019.
- [37] ČSN EN ISO 8785 Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Nedokonalosti povrchu – Termíny, definice a parametry. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2000, 24 s.
- [38] ČSN EN ISO 25178-2 Geometrické specifikace produktu (GPS) – Textura povrchu: Plocha – Část 2: Termíny, definice a parametry textury povrchu. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012, 52 s.
- [39] ČSN EN ISO 14253-1 Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Zkoušení obrobků a měřidel měřením – Část 1: Pravidla rozhodování o prokazování shody nebo neshody se specifikacemi. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2000.
- [40] ČSN EN ISO 14253-1 Geometrické požadavky na výrobky (GPS) – Zkoušení obrobků a měřidel měřením – Část 1: Pravidla rozhodování o prokazování shody nebo neshody se specifikacemi. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.



## 10 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

### 10.1 Seznam zkratek

ZVDZ – zařízení pro tvorbu vodorovného dopravního značení

VDZ – vodorovné dopravní značení

DP – diplomová práce

ISO – international organization for standardization (mezinárodní organizace pro standardizaci)

ČSN – česká státní norma

EN – evropská norma

PDCA – plan, do, check, act (plánuj, dělej, kontroluj, jednej)

FMEA – failure mode and effect analysis (analýza druhů poruch a jejich následků)

DMAIC – define, measures, analyze, improve, control (definuj, měř, analyzuj, vylepši, reguluj)

PPM – parts per milion (dílů na milion)

KPI – key performance indicator (klíčové ukazatele výkonosti)

DPMO – defects per milion opportunities (vad na milion příležitostí)

GPS – Geometrical Product Specifications (geometrické specifikace produktu)

GX – maximum inscribed size (maximální vepsaný rozměr)

GN – minimum circumscribed size (minimální opsaný rozměr)

LP – two-point size (rozměr mezi dvěma body)

Rz<sub>max</sub> – maximální výška profilu

Ra – průměrná aritmetická úchylka posuzovaného profilu

GG – least-squares size (rozměr nejmenších čtverců)

LSL – lower size limit (dolní mezní rozměr)

USL – upper size limit (horní mezní rozměr)

TPV – technologický postup výroby

Rz – největší výška profilu

### 10.2 Seznam symbolů

c <sub>j</sub>	koeficient citlivosti	[-]
g <sub>A</sub>	faktor ochranného pásma	[-]
g <sub>LA</sub>	dolní ochranné pásmo	[*]
g <sub>UA</sub>	horní ochranné pásmo	[*]
k	koeficient rozšíření	[-]
L	délka měřené součásti	[mm]
n	počet udávaných hodnot	[*]

$s(x)$	výběrová směrodatná odchylka	[*]
$u_A$	standardní nejistota typu A	[*]
$u_B$	standardní nejistota typu B	[*]
$u_C$	kombinovaná standardní nejistota	[*]
$u_E$	standardní nejistota kalibrace	[*]
$u_M$	standardní nejistota rozlišovací schopnosti	[*]
$u_{zj}$	možný zdroj nejistoty	[*]
$u_{\Delta T}$	standardní nejistota teplotní roztažnosti	[*]
$U$	celková rozšířená nejistota	[*]
$x'$	výsledek měření	[*]
$x_i$	jednotlivé hodnoty	[*]
$\bar{x}$	aritmetický průměr	[*]
$\Delta z$	Odhad maximální možné chyby měřidla	[*]
$\alpha$	teplotní roztažnost	[K <sup>-1</sup> ]

\* v závislosti na jednotce geometrické vlastnosti

### 10.3 Seznam tabulek

TAB 1)	MINIMUM DOVEDNOSTÍ POŽADOVANÝCH PRO DANOU ROLI [18]	30
TAB 2)	ZÁZNAMOVÝ FORMULÁŘ.....	50
TAB 3)	NAMĚŘENÁ DATA .....	52
TAB 4)	VYHODNOCENÍ NAMĚŘENÝCH PARAMETRŮ .....	69

### 10.4 Seznam obrázků

OBR. 1)	SCHÉMATICKÉ ZNÁZORNĚNÍ PRVKŮ PROCESU KONTROLY [6] ...	20
OBR. 2)	ZNÁZORNĚNÍ STRUKTURY TĚTO NORMY V CYKLU PDCA [6] .....	20
OBR. 3)	POVAHA PŘÍSTUPU KE ZLEPŠOVÁNÍ [8].....	22
OBR. 4)	VZÁJEMNÉ VAZBY MEZI MONITOROVÁNÍM A MĚŘENÍM, ROZHODOVÁNÍM A NEUSTÁLÝM ZLEPŠOVÁNÍM [8] .....	23
OBR. 5)	NORMÁLNÍ ROZDĚLENÍ PRAVDĚPODOBNOTI [17].....	29
OBR. 6)	PROCES ZÚŽENÍ A ZAOSTŘENÍ [27].....	33
OBR. 7)	SMYČKA ZPĚTNÉ VAZBY [29] .....	35
OBR. 8)	JURANOVA PYRAMIDA [29] .....	36
OBR. 9)	POPIS VZTAHŮ MEZI PLÁNOVÁNÍM KVALITY PRO ZAŘÍZENÍ VDZ [29] .....	37
OBR. 10)	SYSTÉMOVÉ POJETÍ KVALITY ZAŘÍZENÍ PRO VDZ (UPRAVENO DLE [30]).....	41
OBR. 11)	MODIFIKÁTORY VYHODNOCOVÁNÍ NAMĚŘENÉHO ROZMĚRU [33] .....	42

OBR. 12) PROKÁZÁNÍ SHODY NEBO NESHODY SE SPECIFIKACEMI [40] .....	44
OBR. 13) POŽADAVKY NA PRODUKT .....	45
OBR. 14) MONTÁŽ ZAŘÍZENÍ PRO VDZ .....	47
OBR. 15) PROJEKTOVÝ LIST .....	48
OBR. 16) GANTTŮV DIAGRAM PODLE [22].....	49
OBR. 17) ZPŮSOBY MĚŘENÍ U VÝROBCE .....	51
OBR. 18) PROKÁZÁNÍ SHODY SE SPECIFIKACEMI [39] .....	54
OBR. 19) VÝSLEDEK MĚŘENÍ DLE ČSN EN ISO 14253-1:2014 [39].....	54
OBR. 20) VÝSLEDEK MĚŘENÍ DLE ČSN EN ISO 14253-1:2018 [40].....	55
OBR. 21) NAMĚŘENÉ HODNOTY PRO JEDNOTLIVÉ BODY .....	56
OBR. 22) ISHIKAWA DIAGRAM PODLE [26].....	57
OBR. 24) NÁČRT SOUČASTNÉHO STAVU VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE ..	59
OBR. 23) NÁČRT REVIZE VÝKRESOVÉ DOKUMENTACE.....	59
OBR. 25) MĚŘENÍ NA OPTICKÉM PŘÍSTROJI.....	60
OBR. 26) SCHÉMA TRAJEKTORIE POHYBU SONDY .....	61
OBR. 27) VYHODNOCENÍ TEXTURY ZÁKLADNY A PROFILOVOU METODOU .....	62
OBR. 28) 3D MODEL TEXTURY POVRCHU .....	62
OBR. 29) SOUČASNÝ ZPŮSOB SKLADOVÁNÍ DÍLŮ .....	63
OBR. 30) NÁVRH ROZDĚLOVAČE DO STANDARDNÍ PŘEPRAVNÍ BEDNY ..	63
OBR. 31) DIAGRAM PRŮMĚRNÉ NAMĚŘENÉ HODNOTY METODOU LP .....	64
OBR. 32) HISTOGRAM ČETNOSTI VÝSKYTU NAMĚŘENÉ HODNOTY A TEST NORMÁLNÍHO ROZDĚLENÍ .....	65
OBR. 33) PRŮMĚRNÉ NAMĚŘENÉ HODNOTY NA MIKROMETRU .....	67
OBR. 34) PRŮMĚRNÉ NAMĚŘENÉ HODNOTY POMOCÍ VÝŠKOMĚRU [41] ..	68
OBR. 35) VYHODNOCENÍ MĚŘENÍ METODOU GN.....	68





## 11 SEZNAM PŘÍLOH

- Příloha 1 – Měřový formulář
- Příloha 2 – Vyplněný originál měrového formuláře
- Příloha 3 – Popis programu Sol 311
- Příloha 4 – Měření na optickém přístroji, metoda LP
- Příloha 5 – Měření na optickém přístroji, metoda max\_min
- Příloha 6 – Program pro 3D souřadnicový stroj
- Příloha 7 – Měření na 3D souřadnicovém stroji
- Příloha 8 – Měření textury povrchu