



# 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

## INTERNÍ UVOLNĚNÍ PRODUKTU A STROJŮ V BOSCH JIHLAVA

INTERNAL PRODUCT AND MACHINE RELEASE AT BOSCH JIHLAVA

### DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

**Bc. Vendula Vejtasová**

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

**doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.**

**BRNO 2022**





## Zadání diplomové práce

Ústav:	Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Studentka:	<b>Bc. Vendula Vejtasová</b>
Studijní program:	Kvalita, spolehlivost a bezpečnost
Studijní obor:	bez specializace
Vedoucí práce:	<b>doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.</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:

### Interní uvolnění produktu a strojů v Bosch Jihlava

#### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V rámci funkčního systému managementu kvality musí výrobní organizace plánovat, zavádět a řídit procesy potřebné k plnění požadavků na poskytování produktů nebo služeb. Z hlediska kvality je zde nezbytné zajistit, aby výrobek i výrobní proces byli schopné fungovat tak, jak a kdy je požadováno. Z toho důvodu je potřeba, aby se organizace zabývala identifikací a analýzou podmínek a faktorů, které mohou potenciálně způsobit výskyt nežádoucí situace (poruchy nebo neshody) a navrhnout vhodná preventivní opatření, která sníží náklady spojené s výskytem těchto nežádoucích situací. Existuje celá řada přístupů, nástrojů a metod, které lze použít pro preventivní zajišťování kvality výrobku nebo výrobního procesu či služby.

Mezi nejčastěji používané náleží například FMEA, FMECA, FTA, Six Sigma, štíhlá výroba nebo Shewhartovy regulační diagramy. Diplomová práce je zaměřena na vhodný způsob posouzení aktuálního stavu zajištění kvality a návrh relevantních preventivních opatření pro zvýšení kvality zvoleného produktu, výrobního procesu nebo služby.

#### Cíle diplomové práce:

Popsat současný stav procesu interního uvolnění.

Definovat ukazatele kvality a popsat významné předcházející procesy.

Systémový rozbor řešené problematiky, návrh a zdůvodnění zvoleného způsobu řešení zadaného úkolu.

Výběr vhodné metody nebo nástrojů pro posouzení procesu interního uvolnění.

Aplikace vybrané metody a/nebo nástrojů.

Návrhy na zlepšení procesu interního uvolnění produktu a strojů.

Vlastní závěry a/nebo doporučení.

### **Seznam doporučené literatury:**

ČSN EN IEC 60812. Analýza způsobů a důsledků poruch (FMEA a FMECA). Druhé vydání. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019.

ČSN EN 61025. Analýza stromu poruchových stavů (FTA). Praha: Český normalizační institut, 2007.

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

ČSN EN ISO 9004. Management kvality: Kvalita organizace - Návod k dosažení udržitelného úspěchu. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019.

ČSN ISO 10014. Management kvality: Směrnice pro dosahování finančních a ekonomických přínosů. Praha: Český normalizační institut, 2007.

Infozdroje.cz. Infozdroje.cz [online]. Praha: Albertina icome Praha s.r.o., 2016 [cit. 2016-11-04]. Dostupné z: [www.infozdroje.cz](http://www.infozdroje.cz)

ČSN online [online]. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016 [cit. 2016-11-04]. Dostupné z: <https://csnonline.agentura-cas.cz/>

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**

Tato práce se zabývá interním uvolněním produktů a strojů ve společnosti Bosch Diesel s.r.o. Jihlava. Vzhledem k rozmanitosti produktů, které jsou v jihlavských závodech vyráběny, je práce zaměřena pouze na interní uvolnění jednoho konkrétního produktu, a to na zpětné vedení paliva. Pro zasazení dané problematiky do širšího kontextu a pochopení vnějších vlivů působících na dané procesy je za pomoci procesní mapy a Ishikawa diagramů proveden systémový rozbor. Zhodnocení obou procesů je provedeno formou SWOT analýzy, která umožňuje nalézt silné a slabé stránky, příležitosti a hrozby. Výsledkem práce je navržení čtyř zlepšení, které mohou oba procesy zefektivnit, a to zejména z časového a systémového hlediska. Pro hlubší pochopení dané problematiky je na začátek práce zařazena teoretická část.

## **ABSTRACT**

This thesis deals with the internal release of products and machines at Bosch Diesel Jihlava. Due to the variety of products that are produced in the Jihlava plants, the thesis focuses only on the internal release of one product, namely the fuel return line. To place the issue in a broader context and to understand the external influences acting on the processes, a system analysis is performed using a process map and Ishikawa diagrams. The evaluation of both processes is carried out in the form of a SWOT analysis, which allows to find strengths, weaknesses, opportunities, and threats. As a result of the work, four improvements are proposed that can make both processes more efficient, especially in terms of time and systems. For a deeper understanding of the issue, a theoretical part is included in the thesis.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Sériová výroba, interní uvolnění, zpětné vedení paliva, systémový rozbor

## **KEYWORDS**

Serial production, internal release, fuel return line, system analysis



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

VEJTASOVÁ, Vendula. *Interní uvolnění produktu a strojů v Bosch Jihlava*. Brno, 2022. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/140761>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. 95 s. Vedoucí práce doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D..



## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto bych chtěla poděkovat doc. Ing. Petru Blechovi, Ph.D. za jeho rady a cenné připomínky. Dále bych chtěla poděkovat společnosti Bosch Diesel s.r.o. a všem zainteresovaným zaměstnancům za poskytnutí materiálů a informací pro zpracování této závěrečné práce. Velké poděkování patří také mé rodině a mému příteli za jejich nepřetržitou podporu během doby mého studia.





## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracovala jsem ji samostatně pod vedením doc. Ing. Petra Blechy, Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 20.5.2022

.....  
Bc. Vejtasová Vendula



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD.....</b>	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>TEORETICKÁ ČÁST.....</b>	<b>17</b>
2.1	FMEA .....	17
2.2	Kontrolní plán .....	20
2.3	Způsobilost procesu .....	21
2.3.1	Způsobilost stroje .....	22
2.3.2	Způsobilost měřidel .....	23
2.3.3	Shewhartovy regulační diagramy .....	25
2.4	Čistota produktu .....	28
2.4.1	Extrakce vzduchem.....	29
2.4.2	Extrakce kapalinou .....	29
2.4.3	Filtrace .....	30
2.4.4	Metody analýzy .....	30
2.5	Audit procesu .....	31
2.5.1	Zadání auditu .....	31
2.5.2	Příprava auditu.....	32
2.5.3	Provedení auditu .....	32
2.5.4	Hodnocení auditu.....	32
2.5.5	Prezentace výsledků .....	32
2.5.6	Vyhodnocení a uzavření .....	33
2.6	Diagram příčin a následků .....	33
2.7	Procesní mapa .....	34
2.8	SWOT analýza .....	34
<b>3</b>	<b>PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI.....</b>	<b>35</b>
3.1	Charakteristika společnosti .....	35
3.2	Bosch v České republice .....	35
3.3	Výrobní závody v Jihlavě .....	35
3.4	Zpětné vedení paliva .....	36
<b>4</b>	<b>POPIS SOUČASNÉHO STAVU INTERNÍHO UVOLNĚNÍ V BOSCH DIESEL JIHLAVA.....</b>	<b>39</b>
4.1	Interní uvolnění zařízení .....	39
4.1.1	Zahájení přejímky.....	39
4.1.2	Předložení potřebných dokumentů .....	39
4.1.3	Schválení Checkworku a vylepení známek .....	40
4.2	Interní uvolnění produktu.....	40
4.2.1	Předložení potřebných dokumentů .....	40
4.2.2	Rozhodnutí o interním uvolnění .....	41
4.2.3	Udělení interního uvolnění produktu bez podmínky .....	41
4.2.4	Udělení interního uvolnění produktu s podmínkou .....	42
4.2.5	Splnění chybějících podmínek.....	42
4.3	Jednotlivá kritéria pro udělení interního uvolnění .....	42
4.3.1	Procesní FMEA .....	42
4.3.2	Kontrolní plán.....	44
4.3.3	Způsobilost strojů .....	47
4.3.4	Způsobilost měřidel .....	47
4.3.5	Kvalifikace pracovníků.....	50
4.3.6	Checklist uvolnění sériové výroby .....	50
4.3.7	Dokumentace na pracovišti .....	51
4.3.8	Přejímka pracoviště pro vylepení žluté známky .....	51
4.3.9	Procesní audit .....	51

4.3.10	Q – zkouška.....	51
4.3.11	Interní vzorkování .....	53
4.3.12	Čistota produktu .....	53
4.3.13	Validace výrobků .....	56
4.3.14	Zhodnocení projektu oddělením správy dokumentace výrobků.....	58
4.3.15	Zákaznické požadavky oddělení zákaznické kvality .....	58
4.3.16	Safe Launch Proces .....	58
4.4	Ukazatele kvality interního uvolnění .....	60
4.4.1	Status interního uvolnění zařízení .....	60
4.4.2	Důvody vrácení interního uvolnění .....	61
4.4.3	Prodloužení podmínečného uvolnění .....	61
4.4.4	Vypršení data podmínečného uvolnění bez zásahu.....	62
4.4.5	Procentuální plnění správnosti podkladů pro uvolnění .....	62
<b>5</b>	<b>SYSTÉMOVÝ ROZBOR ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY .....</b>	<b>63</b>
5.1	Procesní mapa.....	63
5.1.1	Řídící procesy.....	63
5.1.2	Podpůrné procesy .....	63
5.1.3	Hlavní procesy.....	63
5.2	Ishikawův digram .....	67
5.2.1	Neuvolnění produktu.....	67
5.2.2	Neuvolnění zařízení.....	68
<b>6</b>	<b>POSOUZENÍ PROCESU INTERNÍHO UVOLNĚNÍ .....</b>	<b>69</b>
6.1	SWOT analýza.....	69
6.1.1	Silné stránky .....	69
6.1.2	Slabé stránky .....	70
6.1.3	Příležitosti.....	70
6.1.4	Hrozby .....	70
6.1.5	Potenciál zlepšení .....	70
<b>7</b>	<b>NÁVRH NA ZLEPŠENÍ PROCESU INTERNÍHO UVOLNĚNÍ .....</b>	<b>71</b>
7.1	Software pro uvolňování zařízení .....	71
7.1.1	Návrh na sjednocení.....	72
7.2	Provádění a udržování procesní FMEA v JhP .....	74
7.2.1	Současný stav tvorby procesní FMEA .....	74
7.2.2	Návrh na zjednodušení provádění procesní FMEA v JhP.....	76
7.3	Tvorba kontrolního plánu .....	78
7.3.1	Zhodnocení současného stavu tvorby kontrolního plánu .....	78
7.3.2	Návrh na zjednodušení tvorby kontrolního plánu .....	78
7.4	Známky pro uvolnění zařízení .....	80
7.4.1	Elektronické známky.....	81
7.4.2	Praktická realizace v JhP .....	83
<b>8</b>	<b>ZÁVĚR .....</b>	<b>85</b>
<b>9</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ.....</b>	<b>87</b>
<b>10</b>	<b>SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK.....</b>	<b>89</b>
10.1	Seznam obrázků.....	89
10.2	Seznam tabulek.....	90
10.3	Seznam zkratk a symbolů .....	91
<b>11</b>	<b>SEZNAM PŘÍLOH.....</b>	<b>93</b>
<b>12</b>	<b>PŘÍLOHY.....</b>	<b>95</b>

# 1 ÚVOD

V rámci zkvalitňování procesu výroby a zvyšující se konkurenceschopnosti na trhu je velice důležité mít stabilní zdroje a dostatečně robustný proces výroby. Mezi tyto zdroje patří především materiál a zařízení pro sériovou výrobu. Cílem každé firmy by mělo být vyrábět výrobky, které vykazují stejnou kvalitu bez výrazných odchylek a reklamací. V opačném případě může dojít ke ztrátě zákazníka i jména firmy, což může vést ke krachu celé společnosti. Vyvarování se této hrozby lze dosáhnout různou metodikou monitorování a řízení dílčích kroků ve výrobě. Správně nastaveným systémem řízení lze eliminovat výskyt rizika již na samém počátku a tím zamezit konečné hrozbě. Mezi tyto kroky řízení výroby patří např. interní uvolnění výrobků a zařízení, ABC analýza nebo metody JIT, FIFO a KANBAN.

Pro každého zákazníka je důležité, aby dodavatelská firma splnila jeho požadavky a dodávky produktů v požadované kvalitě, v požadovaném množství, na požadované místo a v požadovaném čase. Jednou z možností, jak toho lze dosáhnout, je nastavení dvouúrovňového uvolnění produktu, které je realizováno jak ze strany dodavatele, tak ze strany zákazníka. To znamená, že procesu zákaznického uvolnění předchází uvolnění interní, které je realizováno dodavatelskou firmou. Toto interní uvolnění musí splňovat technické, kvalitativní i dodávkové parametry na základě požadavků zákazníka. Za tímto účelem je vytvořena směrnice pro interní uvolnění produktu. Tato směrnice stanovuje konkrétní kritéria a kroky, které je nutno splnit, a to i v rámci požadavků norem automobilového průmyslu. Výsledkem interního uvolnění jsou statusy „uvolněno“, „uvolněno s podmínkou“ nebo „neuvolněno“ a slouží jako podklady pro následné zákaznické uvolnění. V důsledku toho se zákazník rozhodne pro konečné uvolnění produktu a procesu k zahájení sériové výroby, popřípadě si vyžádá další podkladové analýzy.

Pro každého dodavatele je důležité, aby výrobní proces byl bez zbytečného plýtvání a ztrát. K eliminaci plýtvání a ztrát je klíčové mít správně navržený výrobní proces. Do výrobního procesu patří výrobní zařízení, materiálový tok, zásobování, skladování nebo lidské zdroje. Tyto jednotlivé bloky je nutné vhodně navrhnout a vybalancovat tak, aby celý výrobní proces produkoval shodné díly bez zbytečných prostojů a zmetků. Pro splnění výše uvedeného slouží proces interního uvolnění zařízení, který může v některých případech sloužit i jako podkladová část pro interní uvolnění produktu, a to např. v podobě zákaznických nástrojů.

Tato diplomová práce se zabývá problematikou interního uvolnění produktů a výrobních zařízení ve společnosti Bosch Diesel s.r.o. s následným návrhem potenciálů na zlepšení celého procesu. Pro posouzení a návrh byly zvoleny metody z oblasti managementu rizik a řízení kvality.



## 2 TEORETICKÁ ČÁST

### 2.1 FMEA

Analýza způsobů a důsledků poruch je systematická metoda hodnocení objektu nebo procesu s cílem identifikovat způsoby poruch, a jejich následné důsledky na výkonnost objektu, procesu, okolní prostředí a pracovníky.

Účelem provádění analýzy FMEA je podpořit rozhodnutí, která snižují možnost výskytu poruch a jejich důsledků, a tudíž přispívají ke zlepšení výstupů ať již přímo nebo nepřímo. Tyto zlepšené výstupy mohou zahrnovat zvýšenou bezporuchovost, snížený dopad na životní prostředí, snížené náklady na nákup a provoz a zlepšenou obchodní pověst.

FMEA může být přizpůsobena tak, aby splnila potřeby jakéhokoliv průmyslového odvětví nebo organizace. Je použitelná pro hardware, software i procesy.

Analýzu FMEA lze provádět několikrát v průběhu doby života stejného objektu nebo procesu. Během časných etap návrhu a plánování lze provádět předběžnou analýzu, po které následuje analýza podrobnější.

Základem analýzy FMEA je nutná jasná specifikace všech funkcí každého prvku, která musí být uvažována samostatně. Pro každou identifikovanou funkci musí být stanovena norma výkonnosti, aby bylo možné rozhodnout, co je podstatou poruchy.

U každého způsobu poruchy je nutné identifikovat možná opatření a metody detekce. Opatření zabraňují nebo snižují možnosti výskytu způsobu poruch nebo zmírňují jeho důsledky, zatímco detekce slouží k identifikaci poruchy, jejímu způsobu nebo vzniku. Včasná detekce poruchy nebo vznikající poruchy může umožnit zainteresovaným lidem, aby zasáhli a snížili možnost výskytu nepříznivých důsledků, nebo jejich následky.

Důsledky poruch musí být popsány pro uživatele analýzy dostatečně podrobně, aby byl schopen posoudit jejich významnost. Způsoby poruch jsou odvozeny ze znalosti objektu nebo procesu a jeho funkcí.

Pochopení, jak porucha nastala, je užitečné za účelem identifikace nejvhodnějšího způsobu snížení možnosti výskytu poruchy nebo jejích následků. Rozsah, do něhož mají být příčiny poruch zkoumány, závisí na nákladové efektivnosti tohoto zkoumání.

Možnost výskytu způsobu poruch lze odhadnout s použitím různých metod a zdrojů včetně:

- dat ze zkoušení doby života součástí nebo laboratorně odvozených intenzit lidských chyb;
- dostupných databází způsobů poruch, intenzit poruch, pravděpodobností poruch nebo nepohotovosti;
- dat o poruchách v provozu;
- monitorování lidské výkonnosti;
- dat o poruchách obdobných objektů se srovnatelným užitím.

Obecně je mnohem nákladově efektivnější zavést změny během návrhu. Během provozu mohou být provedeny zásahy k detekci způsobu poruchy nebo nastávající poruchy, aby se zabránilo jejich důsledkům, nebo aby se tyto důsledky snížily.

Způsobům poruch lze určit prioritu a řadit je dle jejich důležitosti. Toto určování priority může být založeno na pouhé klasifikaci jejich závažnosti, nebo ho lze kombinovat s jinými ukazateli významnosti. Určování priorit se provádí buď jako součást analýzy u každého způsobu poruchy, nebo následně po identifikaci všech způsobů poruch.

Výsledkem je seznam všech způsobů poruch seřazených v pořadí dle významnosti, které mohou vyžadovat ošetření. Pokud je způsobům poruch určována priorita, nazývá se tento proces analýza způsobů, důsledků a kritičnosti poruch – FMECA.

Závažnost, možnost výskytu poruchy a detekovatelnost poruchy mohou být kombinovány, aby poskytovaly ukazatel kritičnosti. To lze provést pomocí matice, diagramu nebo čísla priority rizika (RPN).

Analýza kritičnosti je užitečná zejména tam, kde pro ošetření existují omezení v podobě omezených nákladů, technických potíží nebo mezních lhůt.

Číslo priority rizika je odvozeno pomocí kombinace semikvantitativních posouzení, která jsou učiněna na pořadových stupnicích s hodnotami pro následky (S – Severity), možnost výskytu (O – Occurrence) a detekovatelnost (D – Detectability).

$$RPN = S \cdot O \cdot D$$

Výsledná hodnota RPN závisí na použitých měřicích stupnicích pro tyto tři parametry. Parametry obvykle nabývají hodnot 1 až 10. Výsledné RPN tedy může nabývat hodnot 1 až 1000 a porovnává se s kritickou hodnotou, kterou obvykle určuje zákazník.

Čísla pro S, O a D se určují pomocí klasifikačních tabulek, ve kterých jsou úrovně pro každý parametr sdruženy s popisnou větou, která napomáhá analytikovi při logické volbě klasifikace.

Parametr S představuje závažnost následku poruchy. Parametr O představuje pravděpodobnost, se kterou dojde k možné příčině selhání. Parametr D představuje pravděpodobnost, se kterou se očekává, že bude způsob poruchy detekován během provozu před tím, než se vyskytnou významné důsledky poruchy. Toto číslo je klasifikováno opačně k číslům závažnosti nebo výskytu což znamená, že čím vyšší je číslo detekovatelnosti, tím je detekce méně pravděpodobná.

Tab 1) Hodnocení závažnosti následku poruchy

Severity Rankings			
Ranking	Effect	Design FMEA Severity	Process FMEA Severity
10	Hazardous-no warning	affects safe operation without warning	may endanger machine or operator without warning
9	Hazardous- w/ warning	affects safe operation with warning	may endanger machine or operator with warning
8	Very High	makes product inoperable	major disruption in operations (100% scrap)
7	High	makes product operable at reduced performance (customer dissatisfaction)	minor disruption in operations (may require sorting and some scrap)
6	Moderate	results in customer discomfort	minor disruption in operations (no sorting but some scrap)
5	Low	results in comfort and convenience at a reduced level	minor disruption in operations (portion may require rework)
4	Very Low	results in dissatisfaction by most customers.	minor disruption in operations (some sorting and portion may require rework)
3	Minor	results in dissatisfaction by average customer.	minor disruption (some rework but little affect on production rate)
2	Very Minor	results in dissatisfaction by few customers.	minor disruption (minimal affect on production rate)
1	None	No effect	No effect



Při analýze FMEA se rozlišují tři etapy, a to plánování, provádění analýzy a dokumentování. Tyto činnosti se obvykle provádějí po sobě, ale mohou existovat postupně opakované činnosti.

Plánování analýzy FMEA zahrnuje zvažování, z jakého důvodu se má analýza provádět, jaké prvky objektu nebo procesu a s jakým scénářem se mají analyzovat, a jak se má analýza provádět nejefektivněji a nejúčinněji. Výstup z etapy plánování je plán FMEA, ve kterém je popsána přizpůsobená aplikace analýzy FMEA pro konkrétní kontext, ve které:

- jsou vymezeny cíle a rozsah platnosti analýzy;
- jsou identifikovány hranice analýzy a scénáře použití;
- jsou vymezena rozhodovací kritéria pro ošetření způsobů poruch;
- je stanoveno, jak bude analýza dokumentována a zapsána do protokolu.

Plán může též obsahovat popis faktorů, které ovlivňují přístup k analýze, jako např.:

- popis rozhraní s milníky projektu s cílem stanovit požadované načasování výstupů z analýzy;
- metodiky nebo dokumentaci pro pochopení funkce objektu nebo sledu procesu;
- smluvní požadavky;
- předchozí zkušenosti a dostupné informace.

Provádění samotné FMEA se děje vždy v kontextu se specifickým scénářem použití. Scénáře použití, u nichž se FMEA aplikuje, musí být vymezeny v souladu s cíli analýzy a musí být dostatečně podrobné, aby se usnadnila identifikace všech příslušných způsobů poruch.

Popis scénáře obvykle obsahuje fyzikální podmínky prostředí, jako jsou podmínky okolí spolu s podmínkami vytvářenými jinými objekty nebo činnostmi v blízkosti. Mezi jiné příslušné faktory se zahrnují organizační omezení, jako jsou potřebné početní stavy pracovníků nebo fyzická námaha či psychologický stres, které by mohly ovlivnit chování lidí. Veškeré vnitřní i vnější faktory namáhání nebo stresu, které by mohly ovlivnit způsoby a důsledky poruch, musí být specifikovány a zváženy při analýze.

Před provedením analýzy je nutné vymezit kritéria pro rozhodování, které způsoby poruch vyžadují ošetření. V těchto kritériích musí být brány v úvahu cíle analýzy, legislativní nebo smluvní požadavky a názory zainteresovaných stran na to, co je přijatelné.

Dále je nutné vymezit typy následků, které jsou relevantní pro analýzu. Např. zda následky, které se berou v úvahu, zahrnují ekonomický dopad, fyzickou či psychologickou škodu pro lidi, nebo nehmotné důsledky, jako je ztráta dobrého jména.

Třetí fází analýzy FMEA je dokumentace. Cílem je zdokumentování veškerých relevantních informací, které byly používány a vytvářeny během analýzy FMEA. Analýza a závěry či doporučení z ní odvozené musí být snadno pochopitelné. Dokumentace vytvářená při provádění analýzy FMEA může být kombinace databází, elektronických dokumentů a papírových zpráv.

Jelikož je FMEA iterativní, dokumentace se postupně vyvíjí po celou dobu života objektu nebo procesu. Dokumentace FMEA musí být aktualizována např. v klíčových milnících projektu, dále když se zpřístupní nová informace, když se identifikují a prakticky realizují zásahy ošetření/zmírnění následků, nebo když se získá zpětná vazba z používání. [15]

## 2.2 Kontrolní plán

Dle normy ISO TS 16949:2016 musí organizace vypracovat kontrolní plán na úrovni systému, subsystému, součásti a materiálu pro výrobek. Kontrolní plán musí být vypracován před samotnou výrobou a následným uvedením výrobku na trh a obvykle je předkládán zákazníkovi ke schválení.

Kontrolní plán by měl obsahovat nástroje použité pro řízení výrobního procesu, metody monitorování speciálních charakteristik, které jsou definovány zákazníkem a organizací, a reakční plán pro případy, kdy se proces stane nestabilní nebo nezpůsobilý. Dále by měl obsahovat statistické nástroje řízení pro každý proces. Pokud nastane jakákoli změna ovlivňující produkt, výrobní proces, měření, logistiku, dodavatele nebo FMEA, je nutné kontrolní plán aktualizovat.

Každý produkt musí mít svůj kontrolní plán, ale v případech skupiny produktů, které jsou si podobné, lze vypracovat pouze jeden společný kontrolní plán.

Kontrolní plán se dělí na tři typy, a to na prototypový, předsériový a sériový.

Prototypový kontrolní plán slouží pro ověření nově vyvíjených výrobků. Mezi kontrolní operace patří popis měření jednotlivých rozměrů, popis funkčních vlastností výrobku a popis dalších činností, které jsou v průběhu realizace prototypu prováděny. Prototypový kontrolní plán je vytvářen pouze pokud to požaduje zákazník, který může v této fázi vyslovit své požadavky na případnou úpravu funkčních vlastností nebo technologického řešení výrobku. Dále může zákazník ohodnotit splnění zadaných cílů a funkčnosti výrobku.

Předsériový kontrolní plán slouží u nově zaváděných výrobků pro verifikaci výrobních podmínek. Před započítím sériové výroby je nutné ověřit výrobní procesy, a to realizací ověřovací série výroby. Během této fáze jsou získávána nová data a popisy funkčních vlastností výrobků, měření rozměrů a popisy provádění zkoušek materiálů. Hlavním úkolem předsériového plánu kontroly je identifikovat možné neshody v průběhu nebo ještě před počátečními výrobními operacemi a činnostmi.

Sériový kontrolní plán slouží pro výrobky, u kterých byla úspěšně provedena verifikace výrobních podmínek. Musí obsahovat dokumentaci znaků produktu nebo procesu, řízení procesů, zkoušek a měřících systémů, ke kterým dochází během sériové výroby. Měl by vždy odrážet aktuální stav procesů výroby a stav výrobku, proto je nutné jej daným změnám přizpůsobovat a udržovat jej tak stále aktuální.

Kontrolní plán vychází z několika podkladů. Základem je flow chart, který by měl obsahovat všechny výrobní i kontrolní operace. Dalším podkladem jsou výstupy z předem vypracované FMEA, se kterou na sebe musí navazovat. Dále by měl kontrolní plán vycházet z požadavků zákazníka, který může požadovat měření některých charakteristik produktu.

Kontrolní plán musí obsahovat minimálně následující údaje:

Obecné údaje:

- číslo plánu kontroly;
- datum vydání a datum revize;
- informace o zákazníkovi;
- název/označení organizace;
- čísla dílů;
- název/popis součásti;

- úroveň technických změn;
- zahrnutá fáze (prototyp, před spuštěním, výroba);
- klíčový kontakt;
- číslo kroku procesu/dílu;
- název procesu/popis operace.

Řízení produktu:

- speciální charakteristiky související s produktem;
- další charakteristiky řízení;
- specifikace/tolerance.

Řízení procesu:

- parametry procesu;
- speciální vlastnosti související s procesem;
- stroje, přípravky, nástroje pro výrobu.

Metody:

- technika vyhodnocování měření;
- odolnost proti chybám;
- velikost a frekvence vzorku;
- kontrolní metoda.

Reakční plán a nápravná opatření:

- reakční plán;
- nápravné opatření. [16]

### 2.3 Způsobnost procesu

Způsobnost procesu je parametr, který udává dlouhodobou schopnost dodávat výstup v rozmezí tolerovaných hodnot či specifikovaného standardu. Vyjadřuje požadavky zákazníka ale i to, co je proces schopen nabídnout. Odpovídá na otázky, zda proces plní zákaznické požadavky, či jakou zmetkovitost či jinou míru neshod můžeme v procesu očekávat. [21]

Při hodnocení způsobnosti procesu se používají třídy ukazatelů – indexy způsobnosti. Indexy se liší způsobem výpočtu, vlastnostmi i podmínkami použitelnosti. Princip je ale vždy stejný. Jde o poměr předepsané přesnosti a skutečně dosahované přesnosti výroby.

Předepsaná přesnost je dána tolerancí a cílovou hodnotou. Při zavedení následujících termínů USL – horní toleranční hranice, LSL – dolní toleranční hranice, T – cílová hodnota bude toleranční interval (LSL, USL) a jeho délka bude USL – LSL. Specifikace výrobního procesu bude tedy (LSL, T, USL).

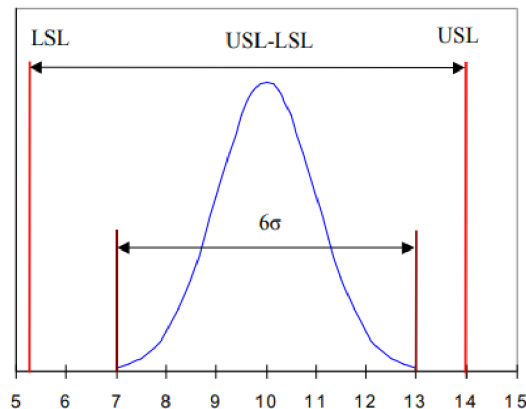
Skutečně dosahovaná přesnost je vyjádřena rozptylem. Pokud má soubor normální rozdělení  $N(\mu, \sigma^2)$ , leží v intervalu  $(\mu - \sigma, \mu + \sigma)$  99,73 % hodnot. Délka intervalu je  $6\sigma$ . Pokud porovnáme délku tolerančního intervalu (LSL, USL) a intervalu  $6\sigma$ , získáme představu o poměru předepsané a skutečně dosahované přesnosti, což je princip indexů způsobnosti. [20]

### 2.3.1 Způsobilost stroje

Pokud se proces ukáže jako statisticky zvládnutý, lze spočítat indexy způsobilosti  $C_m$  a  $C_{mk}$ . Tyto indexy vyjadřují způsobilost stroje. Zkoumá se jimi, jak se chová stroj v průběhu procesu. Výpočet se shoduje s výpočtem indexů  $C_p$  a  $C_{pk}$ .

Hodnota indexu  $C_m$  je poměrem maximálně přípustné a skutečné variability hodnot znaku jakosti bez ohledu na jejich umístění v tolerančním poli. Lze ho stanovit pouze v případě oboustranné tolerance.

$$C_m = \frac{USL - LSL}{6\sigma} \quad (1)$$



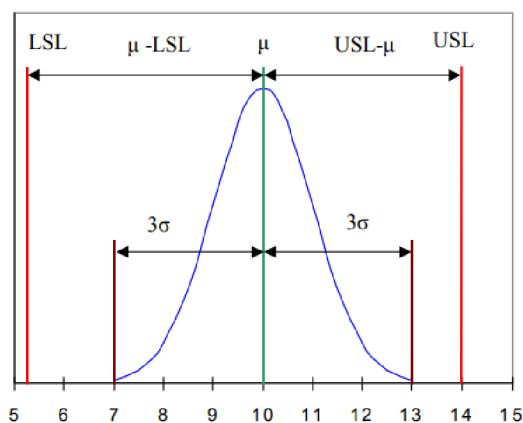
Obr. 1) Grafické znázornění charakteristik indexu  $C_m$  [18]

Index  $C_{mk}$  zohledňuje jak variabilitu sledovaného znaku jakosti, tak i jeho polohu vůči tolerančním mezím. Charakterizuje skutečnou způsobilost procesu dodržovat předepsané tolerance. Jeho hodnota vyjadřuje poměr vzdálenosti střední hodnoty sledovaného znaku jakosti od bližší toleranční meze k polovině skutečné variability hodnot. Index  $C_{mk}$  lze spočítat jak v případě oboustranné, tak jednostranné tolerance.

$$C_{mkL} = \frac{\mu - LSL}{3\sigma_L} \quad (2)$$

$$C_{mkU} = \frac{USL - \mu}{3\sigma_U} \quad (3)$$

$$C_{mk} = \min(C_{mkL}, C_{mkU}) \quad (4)$$



Obr. 2) Grafické znázornění charakteristik indexu  $C_{mk}$  [18]

Pro odhady těchto indexů platí:

$$C_m = \frac{USL - LSL}{6s} \quad (5)$$

$$C_{mkL} = \frac{\bar{x} - LSL}{3s} \quad (6)$$

$$C_{mkU} = \frac{USL - \bar{x}}{3s} \quad (7)$$

$$C_{mk} = \min(C_{mkL}, C_{mkU}) \quad (8)$$

Oba indexy musí dosáhnout hodnoty alespoň 1,67 jinak je stroj považován za nezpůsobilý. [8] [18]

### 2.3.2 Způsobilost měřidel

#### Indexy způsobilosti $C_g$ a $C_{gk}$

Pro hodnocení způsobilosti měřidel se stanovují indexy způsobilosti  $C_g$  a  $C_{gk}$ , které vyhodnocují měřidlo z hlediska opakovatelnosti. Opakovatelnost představuje rozdíl mezi přijatou referenční hodnotou a střední hodnotou výsledků experimentu. Měření opakovatelnosti představuje blízkost shody mezi výsledky průběžných měření prováděných za stejných podmínek měření. Postup stanovení způsobilosti se používá u měřidel, u kterých nedochází k ovlivnění výsledků měření. Měření provádí jeden pracovník stejným postupem v relativně krátkém časovém intervalu, přičemž se doporučuje provést 50 opakovaných měření. Při měření je nutné zajistit stejné podmínky. Předpokládá se, že výsledky měření jsou řízeny normálním rozdělením.

Pro celou proceduru je nutné, aby byly stanoveny dolní a horní mezní hodnoty ( $LSL$  a  $USL$ ), aby mohla být definována tolerance  $T$ . V některých případech je možné stanovení pouze jedné mezní hodnoty. Druhá mezní hodnota může být přirozeně vyplývající hodnotou, kterou nelze z fyzikálních důvodů překročit. Jako příklad této přirozené mezní hodnoty lze uvést drsnost povrchu, která nesmí být menší než 0. Pokud není stanovena jedna mezní hodnota a zároveň neexistuje ani žádná přirozeně vyplývající mezní hodnota, pak neexistuje tolerance  $T$  a nelze spočítat požadované indexy způsobilosti  $C_g$  a  $C_{gk}$ .

Tolerance měřené charakteristiky

$$T = USL - LSL \quad (9)$$

Průměr

$$\bar{x} = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_i \quad (10)$$

Směrodatná odchylka

$$s = \sqrt{\frac{1}{n-1} \sum_{i=1}^n (x_i - \bar{x})^2} \quad (11)$$

Index způsobilosti

$$C_g = \frac{0,2 \cdot T}{6 \cdot s} \quad (12)$$

Kritický index způsobilosti

$$C_{gk} = \frac{0,1 \cdot T - |\bar{x} - x_m|}{3 \cdot s} \quad (13)$$

Vypočtené hodnoty indexů způsobilosti musí být vyšší, než 1,33. [8]

#### Opakovatelnost a reprodukovatelnost – metoda R&R

Vyšetření způsobilosti touto metodou se provádí na několika skutečných výrobcích, které plní role etalonů. Skutečné hodnoty etalonů není potřeba zjišťovat, protože nemají žádný vliv na výsledek.

Metoda spočívá v opakovaném měření jednoho rozměru několika různých kusů stejného výrobku několika pracovníky. Zjišťuje se opakovatelnost EV – variabilita měřicího zařízení při opakovaném měření jedním pracovníkem, reprodukovatelnost AV – variabilita hodnocení při opakovaném měření různými pracovníky a celková variabilita měření GRR%. Opakovatelnost a reprodukovatelnost je možné pomocí této metody posuzovat individuálně. To, zda je variabilita systému měření v případě opakovatelnosti a reprodukovatelnosti GRR přijatelná, se stanoví podle vypočtené procentuální hodnoty GRR. Která se následně porovná s tabulkou. [9]

Tab 2) Kritéria GRR

% GRR	Rozhodnutí	Komentář
0 – 10 %	Přijatelný systém měření	Doporučuje se.
10 – 30 %	Omezeně použitelný systém měření	Vyhovuje pro méně důležité znaky. Nutné systém měření prověřit a odstranit nedostatky.
30 – 100 %	Nepřijatelný systém měření	Nevyhovující stav. Je nutné prověřit a odstranit nedostatky.

Stanoví se průměrné rozpětí

$$\bar{R} = \frac{1}{g} \sum_{i=1}^g R_i \quad (14)$$

Celková variabilita

$$GRR = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (15)$$

Procentuální podíl směrodatné odchylky procesu připadající na variabilitu měření

$$\%GRR = \frac{6 \cdot GRR}{T} \cdot 100 \% \quad (16)$$

T-tolerance

#### Analýza rozptylu (ANOVA)

Analýza rozptylu patří mezi základní metody statistické analýzy dat. Umožňuje odhalit faktory, které ovlivňují chování určité číselné veličiny, posoudit míru jejich vlivu a provést

detailní porovnání skupin. Analýza rozptylu nachází své uplatnění v situacích, kdy porovnáváme průměry nějaké číselné charakteristiky ve skupinách.

Metoda umožňuje určit, zda mohou být zjištěné rozdíly průměrů způsobené náhodou, nebo se jedná o obecnou vlastnost. Pokud se skupiny od sebe statisticky významně odlišují, lze stanovit efekt jednotlivých skupin a zda se mezi sebou navzájem liší všechny dvojice skupin, nebo jen některé. Metoda dále umožňuje testovat různé speciální typy hypotéz, které si sami formulujeme a zadáváme je jako tzv. kontrasty.

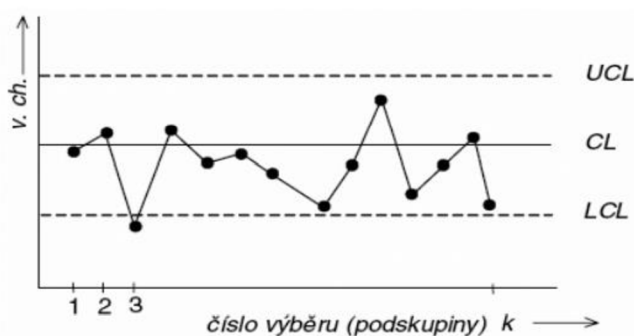
Skupiny jsou obvykle definovány na základě kategorií určité kategorizované proměnné – faktoru. Při porovnávání vlivů různých faktorů (pohlaví, vzdělání, věkové kategorie), metoda umožňuje určit, který faktor působí na analyzovanou proměnnou nejsilněji. Dále lze sledovat vliv několika faktorů současně a určit, zda každý z nich působí nezávisle na ostatních a jejich efekty se sčítají, nebo je nutné uvažovat i vliv různých kombinací kategorií těchto faktorů. [19]

### 2.3.3 Shewhartovy regulační diagramy

Shewhartův regulační diagram je graf, který se používá k zobrazení statistiky získané z hodnot buď měřitelných, nebo atributivních znaků. Regulační diagram vyžaduje data z logických podskupin, které jsou odebírány z procesu v přibližně pravidelných intervalech. Intervaly mohou být vymezeny časově nebo množstvím. Obvykle se data z procesu získávají ve formě výběrů nebo podskupin, které jsou tvořeny stejným znakem procesu, výrobku nebo služby, vyjádřeným ve stejných jednotkách měření a stejného rozsahu. Z každé podskupiny se získá jedna či více charakteristik, jako například průměr, rozpětí v podskupině nebo směrodatná odchylka.

Shewhartův regulační diagram je graf hodnot dané statistiky zakreslené proti pořadí podskupiny. Centrální přímka (CL) je umístěna v referenční hodnotě zakreslené charakteristiky. Při určování, zda proces je nebo není ve statisticky zvládnutém stavu, je referenční hodnotou obvykle průměr uvažované statistické charakteristiky. Pro regulaci procesu může být referenční hodnotou dlouhodobá hodnota znaku daná specifikací produktu, hodnota zakreslené statistiky vycházející z minulé zkušenosti s procesem, který byl ve statisticky zvládnutém stavu, nebo hodnota založená na předpokládané cílové hodnotě produktu nebo služby.

Regulační diagram má dvě statisticky stanovené mezní přímkky, které se nachází na každé straně centrální přímky, a které se nazývají horní regulační mez (UCL) a dolní regulační mez (LCL).



Obr. 3) Příklad regulačního diagramu [25]

Regulační meze v Shewhartově diagramu jsou umístěny ve vzdálenosti  $3\sigma$  na každé straně od centrální přímky, kde  $\sigma$  je známá nebo odhadnutá směrodatná odchylka souboru. Shewhart zvolil  $3\sigma$  meze s ohledem na hospodárnost tak, aby byly vyváženy náklady na hledání ve skutečnosti neexistujících problémů a náklady způsobené nehledáním problémů, když proces nefunguje, jak by měl.

Umístění mezí příliš blízko centrální přímce vede k častému hledání neexistujících problémů, naopak umístění mezí příliš daleko od sebe zvyšuje riziko nezjištění problémů, i když existují. Za předpokladu, že zakreslovaná statistika má normální rozdělení, znamenají  $3\sigma$  meze, že přibližně 99,7 % hodnot bude ležet uvnitř regulačních mezí, je-li proces ve statisticky zvládnutém stavu. Jinak řečeno, existuje přibližně 0,3% riziko neboli v průměru tři případy z tisíce, že zakreslený bod bude vně horní nebo dolní regulační meze, je-li proces statisticky zvládnutý.

Možnost, že překročení mezí je ve skutečnosti spíše náhodný jev než skutečný signál, se považuje za tak malou, že objeví-li se bod vně mezí, mělo by se zasáhnout. Protože se v tomto okamžiku požaduje zásah, nazývají se někdy  $3\sigma$  regulační meze „akčními mezemi“.

Mnohdy je výhodné vyznačit v regulačním diagramu také  $2\sigma$  meze. Každá hodnota statistiky, která padne za  $2\sigma$  meze, může sloužit jako varování před blížící se situací, kdy proces přestane být statisticky zvládnutý. Proto se  $2\sigma$  meze někdy nazývají „varovné meze“. I když se žádný zásah v důsledku takového varování nevyžaduje, je možno požadovat okamžitý odběr další podskupiny stejného rozsahu, aby se rozhodlo, zda je potřeba nápravné opatření.

Padne-li zakreslená hodnota mimo jednu z regulačních mezí, nebo vytváří-li posloupanost hodnot neobvyklá seskupení, nemůže již být proces považován za statisticky zvládnutý. Nastane-li taková situace, zahájí se vyhledávání vymezené příčiny a proces může být zastaven nebo seřízen. Jakmile je vymezená příčina zjištěna a odstraněna, proces může pokračovat.

Regulační diagramy měřením, používané v případě měření na spojité stupnici:

- diagram pro průměr ( $\bar{x}$ ) a rozpětí (R);
- diagram pro individuální hodnoty (X) a klouzavá rozpětí ( $R_m$ );
- diagram pro medián (X) a diagram pro rozpětí (R).

Regulační diagramy měřením nebo diagramy pro měřitelná data představují klasickou aplikaci diagramů při regulaci procesu. Jsou užitečné z několika důvodů:

a) Většina procesů a jejich výstupů má znaky, které jsou měřitelné, takže generují měřitelná data, a proto je využitelnost rozsáhlá.

b) Diagramy měřením obsahují více informace než diagramy srovnáváním, protože se konkrétní informace o střední hodnotě procesu a rozptylu získá přímo. Diagramy měřením často signalizují problém s procesem dříve, než proces vytvořil neshodné jednotky.

c) I když je získání jednoho údaje při měření obecně nákladnější než při rozhodování shodný/neshodný, potřebné rozsahy výběrů pro měřitelné proměnné jsou při dosažení ekvivalentní účinnosti monitorování téměř vždy menší než pro atributivní znaky. To v některých případech přispívá ke snížení celkových nákladů na kontrolu a ke zkrácení časového intervalu mezi výskytem problému procesu a nápravným opatřením.



d) Tyto diagramy poskytují názorný prostředek k přímému posouzení chování procesu bez ohledu na předepsané mezní hodnoty. Detailní prohlídka diagramů měřením spolu s kontrolou histogramů ve vhodných intervalech vede často k nápadům či návrhům, jak proces zlepšit.

Ve všech aplikacích regulačních diagramů měřením se předpokládá, že rozdělení znaku kvality je normální, a odchylky od tohoto předpokladu ovlivňují chování diagramů.

Diagramy měřením mohou popsat data z procesu jak z hlediska rozptýlení – variabilita procesu, tak z hlediska polohy – průměr procesu. Proto jsou regulační diagramy měřením téměř vždy připravovány a analyzovány ve dvojicích – jeden diagram pro polohu a druhý pro rozptýlení. Diagram pro rozptýlení je obvykle analyzován nejdřív, protože poskytuje odůvodnění a oprávnění pro odhad směrodatné odchylky procesu. Výsledný odhad směrodatné odchylky procesu pak může být použit pro stanovení regulačních mezí v diagramu pro polohu.

Každý diagram může při zakreslení využívat buď odhadnuté regulační meze, kdy jsou meze založeny na informaci obsažené ve výběrových datech zakreslovaných do diagramu, nebo předem stanovené regulační meze, založené na zvolených základních hodnotách, aplikovatelné na statistickou charakteristiku zakreslovanou do diagramu. [20] [34]

#### Diagramy pro průměr $\bar{x}$ a pro rozpětí R

$\bar{x}$  – diagramy a R-diagramy se mohou použít, je-li rozsah podskupin malý, obvykle menší než 10.

Do regulačního diagramu  $\bar{x}$  se zakreslují hodnoty výběrového průměru, které vypočteme ze vztahu:

$$\bar{x}_j = \frac{1}{n} \sum_{i=1}^n x_{ij} \quad (17)$$

$x_{ij}$  je  $i$ -tá naměřená hodnota regulované veličiny v  $j$ -tém výběru.

Jestliže neznáme cílové hodnoty  $\mu_0$  a  $\sigma_0$ , určíme CL následujícím vztahem:

$$CL = \bar{\bar{x}} = \frac{1}{k} \sum_{j=1}^k \bar{x}_j \quad (18)$$

$k$  je počet výběrů použitých k výpočtu CL.

Vztahy pro výpočet akčních regulačních mezí:

$$UCL = \bar{\bar{x}} + A_2 * \bar{R} \quad (19)$$

$$LCL = \bar{\bar{x}} - A_2 * \bar{R} \quad (20)$$

$A_2$  je součinitel pro výpočet regulačních mezí v diagramu  $\bar{x}$  a je závislý na počtu výběru  $n$ .

Ve dvojici regulačních diagramů ( $\bar{x}$ , R) se odhaduje variabilita procesu pomocí rozpětí R, pro odhad směrodatné odchylky procesu platí vztah:

$$\hat{\sigma} = \frac{\bar{R}}{d_2} \quad (21)$$

$\bar{R}$  je průměrné rozpětí ve výběrech,  $d_2$  je Hartleyova konstanta závislá na rozsahu výběru  $n$ .

$$\bar{R} = \frac{\sum_{j=1}^k R_j}{k} \quad (22)$$

k je počet výběrů použitých k výpočtu.

$$R_j = x_{max,j} - x_{min,j} \quad (23)$$

$x_{max}$  je největší naměřená hodnota v j-tém výběru,  $x_{min}$ , je nejmenší naměřená hodnota v j-tém výběru.

Pro regulační meze diagramu R platí:

$$UCL = D_4 \cdot \bar{R} \quad (24)$$

$$LCL = D_3 \cdot \bar{R} \quad (25)$$

$D_3$  a  $D_4$  jsou součinitelé pro výpočet akčních regulačních mezí v regulačním diagramu a jsou závislé na rozsahu výběru n. [20] [33]

## 2.4 Čistota produktu

Čistota produktu se řídí normou ISO 16232:2018. Kontrola čistoty je základem pro to, aby vyráběný produkt plnil stanovené požadavky, které jsou kladeny na komponenty vyráběné pro automobilový průmysl.

Účelem kontroly čistoty je detekce znečištění částicemi. Na rozdíl od vizuální kontroly se jedná o nepřímý test a vyžaduje extrakční krok. Relevantní povrchy funkčně kritických komponentů vyráběných v automobilovém průmyslu se obvykle nachází uvnitř potrubí, nádrží nebo čerpadel. Těmito komponenty často proudí tekutina, která může dopravit malé partikly nečistot do citlivých částí systému. Vzhledem k charakteristice povrchu a geometrii komponentů není možná mikroskopická nebo vizuální kontrola. Proto se částice nečistot zkoumají pomocí extrakční tekutiny. Cílem extrakce je detekce reprezentativní kvantity částic ve zkoumaném komponentu. Jako extrakční tekutina je možno použít kapalinu nebo vzduch. Extrakční tekutina je následně přefiltrována a zanalyzována. V některých případech je možno analyzovat rovnou extrakční kapalinu. Kontrola čistoty nelze opakovat na jednom testovacím komponentu vícekrát, protože všechny předchozí testy by významným způsobem ovlivnili test následující. Komponenty, které se skládají z více povrchů, mohou mít rozdílné požadavky na čistotu. V některých případech je nutné kontrolovat i obal komponentu.

Po extrakci je možné aplikovat dodatečné kroky před samotnou analýzou jako např. odstranění zbytkové kapaliny, vysušení komponentu nebo aplikace konzervantu.

Během provádění testu se do extrakční tekutiny mohou dostat i částice z jiných zdrojů, což by mohlo ovlivnit výsledek testu. Proto je nejprve nutné určit tzv. blank level, jenž určí přípustné limity možných nečistot. Ověření blank levelu je nutné vždy, když zařízení delší dobu nepracovalo, nebo pokud se zkoumá čistota u různých druhů komponentů. Hodnota blank levelu by neměla přesáhnout 10% požadované čistoty komponentu. Pokud požadovanou čistotu neznáme platí, že žádná z nečistot by neměla být větší než 50  $\mu\text{m}$ . Blank level se určuje tak, že se provede celá procedura bez testovaného komponentu a provede se vyhodnocení čistoty.

Následuje volba metody extrakce částic. Neexistuje žádná metoda, která by určila přesné množství částic. Test může být ovlivněn materiálem, geometrií nebo adhezí kontaminantů. Proto se provádí test klesání množství částic. Na jednom komponentu se několikrát po sobě provede extrakce a sleduje se, zda počet částic klesá. Pokud ano, extrakční metoda je efektivní a je vhodně zvolena. Samotný test se provede šestkrát po sobě a po každé opakované extrakci

je určena hodnota čistoty  $C_i$ . Následně se pro každou hodnotu vypočte poměr mezi uvažovanou hodnotou čistoty a sumou všech hodnot čistoty.

$$D_n = \frac{C_n}{\sum_{i=1}^n C_i} \quad (26)$$

Pokud je poměr těchto dvou hodnot menší jak 0,1, bylo splněno kritérium klesání. Pokud tohoto kritéria nebylo dosaženo, zvolí se jiná metoda extrakce a test se provede znovu.

Jako extrakční metoda může být použito tlakové proplachování, ultrasonické proplachování, vnitřní proplachování, agitace nebo vzduchový proud. [17]

#### 2.4.1 Extrakce vzduchem

Extrakce vzduchem se provádí u komponentů, které nesmí přijít do styku s kapalinou z důvodu jejich možného poničení.

Mezi extrakce vzduchem patří:

- Extrakce tryskem
- Extrakce prouděním

V prvním případě se nečistoty získávají tryskem stlačeného vzduchu. Do dokonale těsné komory se vloží testovaný komponent, tryskou se pustí proud vzduchu a částice se zachytávají na navlhčenou stěnu komory. Po vyjmutí komponentu z komory se stěny opláchnou tekutinou, která se přefiltruje a následně se zanalyzuje. Tato metoda se používá u elektro komponentů nebo za účelem odstranění kontaminace z obalu komponentu.

Extrakce prouděním se používá především u vnitřních povrchů komponent. Velký objem vzduchu je veden vnitřkem komponentů. Komponent je umístěn na testovací lavičce a uchycen pomocí adaptérů, do kterých se pustí vzduch, a částice se zachytí na filtr. Jako druhý krok se použije extrakce kapalinou, kde se částice zachytí na druhý filtr, který je možný podrobit analýze na mikroskopu. Jako testovací komponent se v tomto případě použije filtr z prvního kroku. Oba kroky extrakce by měly probíhat alespoň dvě minuty. [17]

#### 2.4.2 Extrakce kapalinou

Extrakte kapalinou je vhodná pro většinu funkčně relevantních komponentů v automobilovém průmyslu. Obecně platí, že viskozita kapaliny by měla být  $v \leq 5 \text{ mm}^2/\text{s}$ .

##### Tlakové oplachování

Komponent je oplachován proudem kapaliny z otevřené trysky, která by měla být umístěna v maximální vzdálenosti 15 cm od komponentu. Kapalina je následně přefiltrována a analyzována. Metoda je vhodná pro vnější a snadno přístupnou vnitřní povrchy.

##### Ultrazvuková vibrace

Extrakce je prováděna ve vaně, která je naplněna kapalinou a vybavena oscilačními prvky. Mechanické oscilace v rozsahu 20 kHz až 400 kHz působí na povrch součástí prostřednictvím kapaliny. Účinek oddělování částic při extrakci ultrazvukovými vibracemi je způsoben vysokými tlakovými špičkami, které se tvoří, když implodují kavitační bubliny. Metoda je vhodná pro vnitřní i vnější povrchy. Je však důležité věnovat zvláštní pozornost povrchům, které jsou nabarvené, pokryté nebo vyrobené ze slinutých materiálů. Ultrazvuk může povrch narušit a ten pak bude vypouštěn další nečistoty.

### Vnitřní výplach

Jedná se o proud tekutiny, který je veden vnitřkem testovaného komponentu. Aby bylo zajištěno oddělení partikulů nečistot, musí být testovaný komponent kompletně naplněn vodou a proudění musí být turbulentní. Tato metoda je vhodná pro komponenty, kterými během jejich obvyklého použití proudí kapalina. Během testu musí být komponent alespoň na jedné straně hermeticky připojen k potrubí, které přivede extrakční kapalinu. Ta dále může odcházet jiným potrubím a tvořit uzavřený systém nebo může být odváděna do extrakční nádrže.

### Míchání

Testovaný komponent je naplněn kapalinou a všechny otvory jsou zapečetěny. Mícháním, které může být prováděno manuálně nebo automaticky, se oddělí partikly nečistot uvnitř komponentu. Míchání umožní oddělení partikulů i z těžko přístupných míst. Zaplnění komponentu by se mělo nacházet v intervalu od 30 % do 40 % jeho vnitřního objemu. Metoda je vhodná pro komponenty s alespoň jedním otvorem. Je důležité, aby použitá extrakční kapalina nepěnila, aby nebyl výsledek zkreslený. Po vykonání míchání se kapalina přelije na filtrační membránu a zanalyzuje.

### Rozpouštění

Rozpouštění je využíváno v případech, kdy je komponent ošetřen konzervačními látkami nebo tukem. Bývá vykonáváno jako první krok před samotnou extrakcí. Komponent je ponořen do vany, která je naplněna vhodným rozpouštědlem, na dostatečně dlouhou dobu bez jakéhokoliv fyzického čistícího zásahu. Rozpouštěcí kapalina se přefiltruje. Poté se provede řádná extrakce a kapalina je též přefiltrována a analyzována. Pokud se rozpouští vnitřní část komponentu, komponent musí být zcela zaplněn bez jakýchkoli bublin. [17]

#### **2.4.3 Filtrace**

Cílem filtrace je přenesení nečistot komponentu z extrakční kapaliny na povrch filtru, díky kterému je možné nečistoty analyzovat. Funkcí filtru je zadržení všech partikulů nečistot, které jsou relevantní pro analýzu čistoty. Použitý filtr musí mít dobrou chemickou, tepelnou a mechanickou odolnost a dále také vhodně zvolenou velikost pórů. V některých případech je možné použít více filtrů s různě velkými póry, které se umístí nad sebe.

Filtry musí být před použitím vizuálně zkontrolovány a musí být skladovány v uzavřených nádobkách, aby nedošlo k jejich kontaminaci.

Filtrace se dělí na přímou filtraci, kdy je filtr umístěn hned za výstupem nádrže pro sběr extrakční kapaliny, a nepřímou filtraci, kdy se kapalina nejprve sesbírá, a teprve až poté přefiltruje. [17]

#### **2.4.4 Metody analýzy**

Metody analýzy partikulů nečistot lze rozdělit do tří skupin v závislosti na množství požadovaných informací na standardní, rozšířenou a zkrácenou analýzu.

Standardní analýza se dělí na gravimetrii a světelnou – optickou analýzu. V některých případech je vyžadováno provedení obou metod, ovšem v jiných případech postačuje provedení pouze jedné.

Gravimetrie je založena na vážení přefiltrovaných částic. Filtr se vysuší v troubě, nechá se zchladnout a poté se zváží. Gravimetrie ovšem nedává žádné informace o kvantitě, velikosti nebo možném původu partikulů.

Světelná-optická analýza dává podrobnější informace o počtu partikulů, které mohou být i změřeny a následně detailněji charakterizovány. Analýza se provádí pomocí různých druhů mikroskopů nebo skenerů. Filtr je osvětlen světelným zdroje a reprodukován zvětšovací čočkou, obvykle ve formě pixelů na snímač kamery. Důležitá je vhodně zvolená barva filtru, která může ovlivnit zachycení jednotlivých partikulů. Analýzu ovlivňuje počet pixelů, vlastnosti čoček a velikost kamery.

Rozšířená analýza poskytuje údaje o tvaru, tvrdosti, abrazi, materiálovém složení a původu jednotlivých částic. Od standardní analýzy se liší především v použitém vybavení. Při analýze se využívají elektronové mikroskopy, spektrometry a rentgeny.

Zkrácená analýza na rozdíl od předešlých dvou metod vyžaduje extrakční krok, ale ne následnou samostatnou filtraci, proto je celá procedura rychlejší, a je vhodná pro procesní monitoring. Jednou z možností je určení počtu a velikostí částic přímo v kapalině. Důležité ovšem je, aby se v kapalině nenacházely žádné bubliny, které by mohly zkreslit výsledek. Druhou možností je zachycení částic z proudící kapaliny přímo na filtr, který je umístěn hned u kamery, a v reálném čase analyzován. [17]

## 2.5 Audit procesu

Dle normy VDA 6.3:2017 je audit procesu metoda, která je určena pro nezávislou analýzu a hodnocení procesu vzniku produktu a jeho efektivity s ohledem na stanovené produkty.

Jeho cílem je ověření shody sledovaných procesů s požadavky a specifikacemi. Nalezené neshody jsou dokumentovány a jako zjištění z auditu ohodnoceny ve vztahu k riziku produktu a procesu v samotné organizaci nebo v dodavatelském řetězci. Během hodnocení je nutno posoudit, jak dalece se mohou ze zjištění z auditu očekávat neshodné produkty a z toho vyplývající rizika. Audit procesu může být používán jak interně, tak externě v celém životním cyklu produktu.

Důležitým předpokladem dosažení cíle auditu je kvalifikace auditorů. Každý auditor musí mít znalosti nástrojů a metod z oblasti managementu kvality, relevantních specifických požadavků zákazníka a požadavků systémů managementu. Dále musí úspěšně absolvovat školení VDA 6.3 a mít minimálně 3 roky zkušeností ve výrobních organizacích automobilového průmyslu.

Proces auditování se skládá z několika kroků – zadání, příprava, provedení, hodnocení, prezentace výsledků a vyhodnocení a uzavření. [26]



Obr. 4) Proces auditu [26]

### 2.5.1 Zadání auditu

V prvním kroku jsou požadavky zadavatele auditu převedeny do konkrétně popsaného zadání, které musí být mezi oběma stranami odsouhlaseno. Zadání auditu obsahuje všechny potřebné informace pro strukturované provedení auditu. Vždy musí být vzato v úvahu důvod a cíl auditu, jeho rozsahu, místo, kde bude vykonáván, tým auditorů a termín, kdy bude audit vykonán. [26]

### 2.5.2 Příprava auditu

Během přípravy auditu se stanovuje tým auditorů na základě zadání auditu. Zohledňují se osobní vlastnosti, kvalifikace pro audit a odborné znalosti. Cílem tohoto kroku je rozčlenění auditovatelných kroků procesu a stanovení těžiště auditu. Těžiště auditu je obvykle kladeno tam, kde je nejvyšší riziko pro produkt a proces. Vychází se z dostupných podkladů jako je FMEA, normy, reklamace nebo layout plány. [26]

### 2.5.3 Provedení auditu

Audit začíná zahajovacím jednáním, kde jsou objasněny cíle, rozsah a kritéria auditu. Během samotného auditu auditor analyzuje, zda jsou v auditované oblasti v praxi uplatňovány ustanovení organizace, požadavky norem, zákazníků a právních předpisů. Auditor klade otázky týkající se vhodnosti a efektivnosti procesů. Dále hodnotí přímým pozorováním stav technického vybavení. Do auditu jsou zapojováni i pracovníci, kteří mohou být dotazováni. Případné neshody z auditu jsou přímo na místě sdělovány odpovídajícím osobám. [26]

Tab 3) Příklad katalogových otázek

		Potenciální analýza **	Přeprava a manipulace/ zacházení s díly
<b>P2</b>	<b>Management projektu</b>		
2.1	Je zřízen management projektu s organizací projektu?	X	
2.2	Jsou pro realizaci projektu naplánovány požadované zdroje, jsou zdroje k dispozici a jsou změny oznamovány?	X	
2.3	Je k dispozici plán projektu a je odsouhlasen se zákazníkem?	X	
2.4	Jsou v projektu realizovány aktivity managementu kvality a je jejich dodržování pravidelně monitorováno?	X	
2.5*	Jsou v projektu realizovány aktivity managementu nakupování a je jejich dodržování pravidelně monitorováno?	X	
2.6*	Je v projektu zajištěno řízení změn prostřednictvím organizace projektu?	X	
2.7	Je zřízen proces eskalací a je realizován efektivně?	X	

### 2.5.4 Hodnocení auditu

Na základě zjištění hodnotí tým auditorů odpovědi na jednotlivé otázky. Z hodnocení těchto otázek vychází celkové hodnocení auditu.

Pokud není dosaženo požadovaného stavu plnění nebo nejsou splněny požadované otázky, je nezbytné provést dodatečný audit. Dodatečný audit probíhá ve stejném rozsahu jako předcházející audit. Kontroluje se, zda auditovaná organizace zavedla dostatečně účinná opatření k odstranění všech neshod. [26]

### 2.5.5 Prezentace výsledků

Po provedení a ohodnocení auditu zpracuje tým auditorů závěrečnou zprávu z auditu. Zpráva musí obsahovat krycí list, zjištění z auditu s odkazem na přezkoumané dokumenty, vysvětlení schématu hodnocení a popis procesů.

Zpráva o provedeném auditu je prezentována na závěrečném jednání. Během jednání se oznamují výsledky a zjištění a stanovují se další kroky. Zpráva z auditu je uznána, uvolněna a potvrzena podpisy vedoucího auditora a odpovědné osoby. [26]

### 2.5.6 Vyhodnocení a uzavření

V případě neshod se stanoví opatření, odpovědnosti a termíny realizace. Plán opatření je stanoven společně s týmem auditorů k jednomu dohodnutému termínu. Obsahuje všechny aktivity vedoucí k odstranění neshod rozpoznávaných v procesu. Výsledný plán prověří tým auditorů z hlediska přijatelnosti a posoudí, zda jsou opatření k odstranění neshod vhodná. Za realizaci planu je odpovědná auditovaná organizace. Potvrzení efektivnosti odsouhlasených opatření se dokumentuje do plánu opatření pomocí poznámky osoby odpovědné za proces spolu s datem. [26]

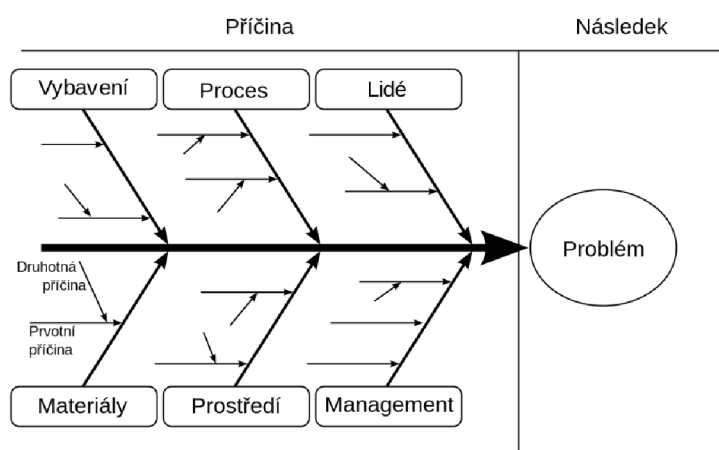
## 2.6 Diagram příčin a následků

Diagram příčin a následků představuje grafickou formu vztahu mezi následkem a příčinami. Pro svůj tvar bývá tento diagram také nazýván „diagram rybí kosti“ nebo podle svého autora „Ishikawův diagram“.

Příčiny jsou členěny do předem definovaných kategorií. Následek, který je obvykle lokalizován v pravé části diagramu, obsahuje vždy stručnou specifikaci problému, který se má řešit. Tato část diagramu bývá často nazývána „rybí hlava“. Nalevo od ní se zobrazují jednotlivé hlavní příčiny a odvozené dílčí příčiny neboli subpříčiny v podobě „rybích kostí“.

Diagram může být konstruován jediným pracovníkem, ale mnohem efektivnější je využití týmu pracovníků, kteří se s řešeným problémem často setkávají, a uplatnit tzv. brainstorming.

Každý ze zúčastněných tak může svými zkušenostmi přispět k obohacení výčtu příčin a subpříčin, čímž se minimalizuje možnost opomenutí některé z důležitých příčin, které mohou objasnit, proč je chování procesu právě takové, jaké je nyní. Použití diagramu příčin a následku se neomezuje jen na výrobní sféru a řešení otázek útvaru managementu jakosti, ale lze jej aplikovat při řešení všech problémů, které se objevují v administrativě, v zásobování, přepravě, marketingu, laboratořích apod. [28]



Obr. 5) Základní schéma diagramu příčin a následků [29]

## 2.7 Procesní mapa

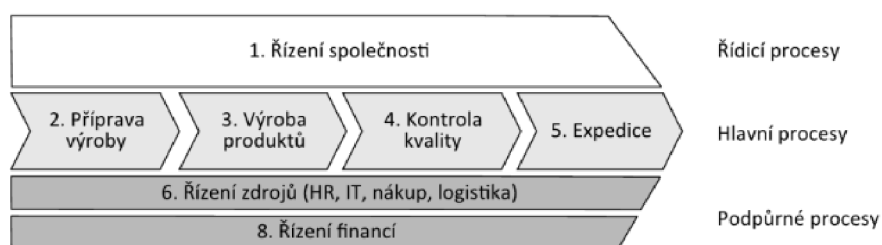
Procesní mapa je označení přehledu procesů v organizaci nebo v její části. Při jejím vytváření rozlišujeme tři skupiny procesů:

- hlavní;
- řídicí;
- podpůrné.

Hlavní procesy jsou procesy, jejichž cílem je vytvářet hodnotu nebo užitek pro zákazníka. Liší se dle předmětu podnikání uvažované společnosti. Celý mapovaný řetězec by ovšem měl začínat identifikací požadavků zákazníka a končit dodáním produktu nebo služby.

Řídicí procesy jsou určeny pro management, který pomocí nich řídí rozvoj společnosti a kvalitu výstupů.

Podpůrné procesy zajišťují funkčnost hlavních procesů a chodu organizace. V různých typech organizací jsou si relativně podobné. Často jsou předmětem outsourcingu. [27]



Obr. 6) Obecné schéma procesní mapy [27]

## 2.8 SWOT analýza

SWOT analýza je analytická technika, která se používá pro zhodnocení vnitřních a vnějších faktorů ovlivňujících úspěšnost organizace. Nejčastěji je SWOT analýza používána v rámci strategického řízení a marketingu. SWOT je akronym z počátečních písmen anglických názvů jednotlivých faktorů:

- Strengths – silné stránky, vymezení předností;
- Weaknesses – slabé stránky, vymezení nedostatků;
- Opportunities – příležitosti, pozitivní změny či možnosti;
- Threats – hrozby, možné záporné ovlivnění.

Podstatou analýzy je identifikovat klíčové silné a slabé stránky uvnitř organizace a znát klíčové příležitosti a hrozby, které se nacházejí v okolí organizace. Cílem SWOT analýzy je omezit slabé stránky, podporovat silné stránky, hledat nové příležitosti a znát hrozby.

Při tvorbě SWOT analýzy je důležité zaměřit se pouze na klíčové a důležité faktory a zahrnout pouze fakta. Pouze věci, které jsou nějak měřitelné nebo změřitelné dávají analýze důraz. Pro objektivnost je vhodné vypracovávat analýzu v týmu za pomoci „brainstormingu“. [32]



## 3 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

### 3.1 Charakteristika společnosti

Robert Bosch GmbH je německá společnost, která byla založena v roce 1886 Robertem Boschem. Aktuálně zaměstnává v 60 zemích světa více než 395 000 zaměstnanců.

Činnost společnosti je rozdělena do čtyř sektorů, a to automobilového průmyslu, průmyslové technologie, spotřebního zboží a energetiky. Je předním poskytovatelem IoT díky čemuž společnost nabízí řešení pro inteligentní domácnosti, průmysl 4.0 a propojenou mobilitu. Mezi produkty společnosti patří např. technologické vybavení továren, elektrické nářadí nebo elektrická vybavení vozidel. [1]

### 3.2 Bosch v České republice

V Česku sídlí několik na sobě nezávislých dceřiných firem Robert Bosch GmbH Stuttgart.

Obchodní aktivity Bosch zajišťují společnosti firmy Robert Bosch odbytová s.r.o., Bosch Termotechnika s.r.o. v Praze a částečně firma Bosch Rexroth s.r.o. v Brně. V Praze dále sídlí dceřiná firma BSH Hausgeräte GmbH, která obchoduje s domácími spotřebiči – BSH domácí spotřebiče s.r.o..

Výrobní závody Bosch se nacházejí v Jihlavě – Bosch Diesel s.r.o., v Českých Budějovicích – Robert Bosch, spol. s r.o., v Brně – Bosch Rexroth s.r.o. a v Krnově – Bosch Termotechnika s.r.o..

Společnost vyrábí od komponent automobilové techniky, elektrického nářadí, domácích spotřebičů až po tepelnou a průmyslovou techniku. [2]



**BOSCH**

Stvořeno pro život

Obr. 7) Logo společnosti [2]

### 3.3 Výrobní závody v Jihlavě

Společnost BOSCH DIESEL s.r.o. v Jihlavě byla založena v roce 1993 a v současné chvíli zaměstnává na 4000 zaměstnanců. Patří tak k největšímu zaměstnavateli a investorovi v Kraji Vysočina. V Jihlavě se nachází celkem 3 výrobní závody, ve kterých se vyrábí komponenty pro dieselový vstříkovací systém Common Rail. K hlavním výrobkům patří dieselová vysokotlaká vstříkovací čerpadla, vysokotlaké zásobníky, tlakové regulační ventily a zpětná vedení paliva. [2]

## Základní údaje o společnosti

Obchodní název: Bosch Diesel s.r.o.

Sídlo: Pávov 121, 586 01 Jihlava

IČO: 46995129

DIČO: CZ46995129

Právní forma: Společnost s ručením omezeným

Předmět podnikání:

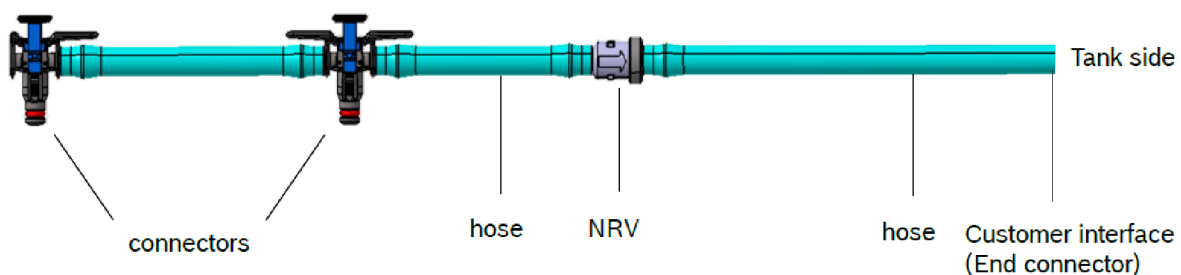
- výroba dílů a příslušenství dvoustopých motorových vozidel vč. dílů jejich motorů /vývoj, výroba a prodej výrobků jemné mechaniky, elektrických a elektronických výrobků, obzvláště pro naftové motory;
- nákup zboží za účelem jeho dalšího prodeje a prodej;
- výroba součástí motorových vozidel a balících strojů;
- činnost účetních poradců, vedení účetnictví, vedení daňové evidence;
- výroba, obchod a služby neuvedené v přílohách 1 až 3 živnostenského zákona.

Registrace: Společnost je zapsaná v OR vedeném Krajským soudem v Brně, spisová značka C 8864, zápis ze dne 4. ledna 1993. [3]

### 3.4 Zpětné vedení paliva

Diplomová práce bude prioritně zaměřená na zpětné vedení paliva neboli Fuel Return Line (FRL). FRL slouží jako funkční prvek pro vstřikovače. Jeho úkolem je sbírat palivo, které teče zpět od injektorů systému Common Rail, a následně ho vrátit zpět do nízkotlakého palivového systému motoru. Odvod paliva je nezbytný, protože nekontrolovaný únik by měl za následek kontakt paliva se žhavými částmi motoru s rizikem vznícení.

Každé FRL se skládá z T a L konektorů, které jsou spojeny elastomerovým potrubím. Samotné konektory jsou dále pevně připevněny ke vstřikovačům. K vymezení jednocestného proudu je FRL opatřeno jednocestným ventilem.

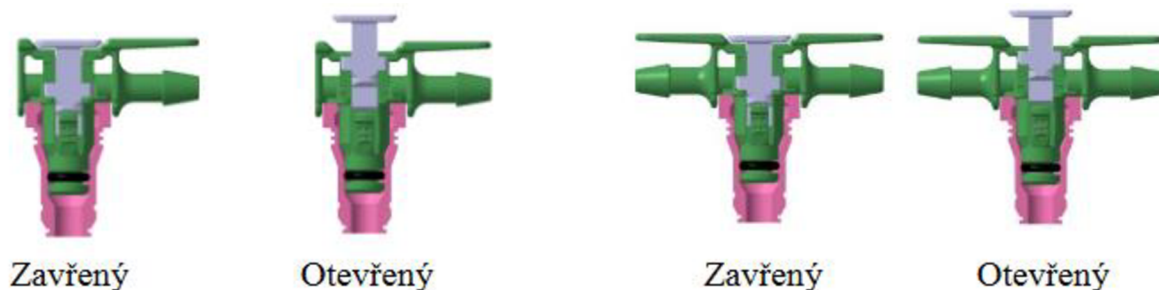


Obr. 8) Příklad FRL [22]

Každé FRL musí být navrženo tak, aby vydrželo náročné zatížení a podmínky, kterým musí odolávat v průběhu celé životnosti. Jedná se především o zvládnutí vysokých frekvencí tlakových pulzů až do 40 bar, těsnost v teplotním rozsahu od -35 °C do +190 °C a robustnost po celou dobu životnosti s prokázanou pravděpodobností selhání nižší než 1 PPM.

## Konektory

Standardní L a T konektory jsou znázorněny na obrázku. Během provozu vznikají vibrace a hydraulické rázy, které by mohly způsobit samovolné uvolnění konektoru. Z tohoto důvodu je konektor opatřen aretačním členem. Kompletní FRL se k finální montáži dodává s aretačním členem, jak v otevřené, tak zavřené pozici, v závislosti na typovém čísle.



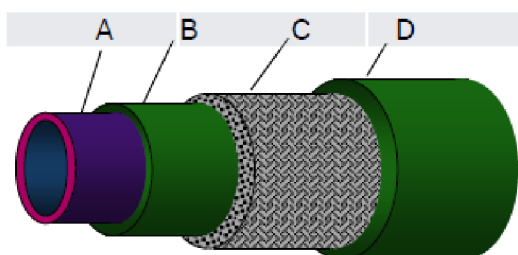
Obr. 9) L a T konektory [22]

## Palivové potrubí a ochranné návleky

Palivové potrubí zajišťuje vedení paliva. Materiál, ze kterého je potrubí vyrobeno musí po dobu životnosti zabezpečit těsnost a pružnost produktu. Dle typu konstrukce rozlišujeme dva typy potrubí, a to dvouvrstvé a čtyřvrstvé.

Čtyřvrstvé palivové potrubí je složeno z:

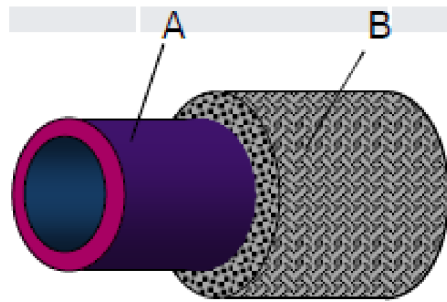
- vrstva A (fluorkaučuk) – zajišťuje nepropustnost potrubí a chemickou odolnost vůči palivu;
- vrstva B (kopolymer ethyl – akrylátu s ethenem) – pojí vnitřní vrstvu a opletení;
- vrstva C (aramid) – definuje tuhost potrubí;
- vrstva D – (kopolymer ethyl – akrylátu s ethenem) – zajišťuje otěruvzdornost a chemickou stabilitu.



Obr. 10) Čtyřvrstvé palivové potrubí [22]

Dvouvrstvé palivové potrubí je složeno z:

- vrstva A (fluorkaučuk) – zajišťuje nepropustnost potrubí a chemickou odolnost vůči palivu;
- vrstva B (polyester) – definuje tuhost potrubí.



Obr. 11) Dvouvrstvé palivové potrubí [22]

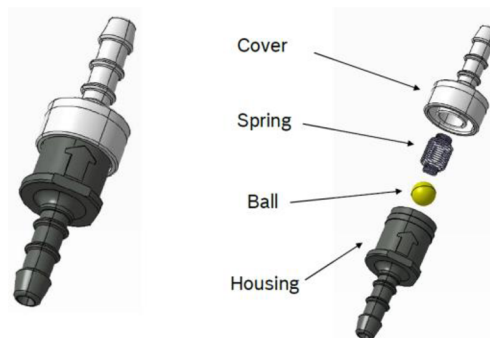
K dodatečné otěruvzdornosti je palivové potrubí chráněno ochrannými návleky.



Obr. 12) Ochranné návleky [22]

### Zpětný ventil (NRV)

Zpětný ventil slouží k udržení jednosměrného proudu paliva a brání tak vzniku tlakových špiček z vysokotlakého čerpadla, které by mohly ovlivnit chod vstřikovačů.



Obr. 13) Zpětný ventil [22]

Během provozu palivo prochází zpětným ventilem ze strany vstřikovače. Pro malé tlaky je kulička tlačena pružinou do pouzdra a palivo nemůže projít. S rostoucím tlakovým rozdílem je kulička s pružinou odtlačována a palivo prochází ventilem. [22]

## 4 POPIS SOUČASNÉHO STAVU INTERNÍHO UVOLNĚNÍ V BOSCH DIESEL JIHLAVA

### 4.1 Interní uvolnění zařízení

Společnost Bosch Diesel s.r.o. patří mezi přední výrobce dílů pro automotive. Jihlavské závody pracují v třisměnném provozu a každý den vyprodukují tisíce kusů různorodých výrobků. Tento typ výroby vyžaduje velmi přesné řízení a plánování. K tomuto účelu slouží interní uvolnění zařízení, které zabezpečí, že bude strojní zařízení vyrábět přesně a kvalitně.

Proces přejímky se vztahuje na všechna zařízení, která jsou provozována v Bosch Diesel s.r.o.. Stav přejímky zařízení je signalizován pomocí známky, která je vylepena na zařízení. Pokud je na zařízení vylepena žlutá známka, zařízení je uvolněno s podmínkou. Tato známka musí obsahovat datum, do kdy je zařízení podmíněčně uvolněno. Pokud je na zařízení vylepena zelená známka, zařízení je uvolněno bez podmínky. Na rozdíl od žluté známky musí zelená známka obsahovat datum, od kdy je zařízení uvolněno. [4]

#### 4.1.1 Zahájení přejímky

Proces přejímky je zahájen vystavením žádosti v softwaru Checkwork ihned po umístění nového zařízení nebo po ukončení stěhování či přestavbě zařízení stávajícího. Tuto žádost vystavuje pracovník, který je za příslušné zařízení odpovědný. Pokud se jedná o přejímku zařízení, které bylo již dříve provozováno, musí být zajištěno stržení stávajících známek, které se na stroji nachází, a které již dále nejsou platné. [4]

#### 4.1.2 Předložení potřebných dokumentů

Pro interní uvolnění zařízení je nutné předložit příslušné dokumenty dle kritérií, která jsou stanovena ve formuláři pro uvolnění výrobního zařízení pro sériovou výrobu.

Tab 4) Formulář pro uvolnění zařízení

Interní uvolnění výrobního zařízení pro sériovou výrobu				
Výrobní zařízení:			Díl:	
Inv. číslo :			Operace:	
Zákazník:				
Kritérium	Uvolněno	Uvolněno s podmínkou	Zamítnuto	Poznámka
Procesní FMEA			-----	
Plán kontrol a řízení			-----	
Způsobilost strojů		-----		
Způsobilost měřidel				
Kvalifikace pracovníků		-----		
Checklist uvolnění sériové			-----	
Interní vzorkování				
Dokumentace na pracovišti		-----		
Přejímka pracoviště		-----		
Procesní audit				
Výrobní zařízení pro sériovou výrobu uvolněno				
Ano      S podmínkou      Ne <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
Poznámky				
Jméno:				Datum:

Formulář interního uvolnění výrobního zařízení vyplňuje odpovědný pracovník oddělení kvality na základě vyžádání vystavovatele. Zařízení je možno uvolnit s podmínkou či bez podmínky. Pro dokumenty, které nejsou povinné pro uvolnění s podmínkou, musí být definován závazný termín, do kdy vystavovatel dokumenty dodá. [4]

#### **4.1.3 Schválení Checkworku a vylepení známek**

Pro uvolnění zařízení a vylepení signalizační známky musí vystavovatel splnit následující kritéria:

- procesní FMEA;
- kontrolní plán;
- způsobilost strojů;
- způsobilost měřidel;
- kvalifikace pracovníků;
- interní vzorkování;
- checklist uvolnění sériové výroby;
- dokumentace na pracovišti;
- přejímka pracoviště;
- procesní audit.

Pokud je zjištěna odchylka od požadavků a je nutná náprava, je zařízení uvolněno pouze s podmínkou a je vylepena žlutá známka. Po splnění všech dodatečných požadavků je automaticky zaslán email na odpovědného pracovníka oddělení kvality, který zajistí vylepení známky zelené, a zařízení je uvolněno pro sériovou výrobu. [4]

## **4.2 Interní uvolnění produktu**

Pro společnost Bosch Diesel s.r.o. je velice důležité dodávat kvalitní výrobky přesně dle zákaznických představ. Z toho důvodu je před samotným zákaznickým uvolněním prováděno uvolnění interní, které zajistí, že produkt splňuje všechny požadavky ať už ze strany zákazníka, příslušných norem nebo legislativy.

Interní uvolnění produktu se provádí v případě zavádění nového typu produktu do výroby, procesní změně, změně typu nebo pokud se daný typ nevyráběl déle než rok. Samotný proces se skládá z několika kroků. [4]

### **4.2.1 Předložení potřebných dokumentů**

Pracovník, který žádá o interní uvolnění produktu musí nejprve uložit všechny dokumenty, které jsou pro uvolnění relevantní, do softwaru Palstat. Následně zašle emailem žádost o interní uvolnění na odpovědnou osobu oddělení kvality. Tento email musí obsahovat číslo zprávy z Palstat, název výrobku, označení produktu (TTNR) a důvod uvolnění. Pokud nejsou splněna požadovaná kritéria, nelze zahájit proces interního uvolnění.

Mezi požadovaná kritéria patří:

- procesní FMEA;
- kontrolní plán;
- způsobilost strojů;
- způsobilost měřidel;
- Q – zkouška;

- čistota produktu;
- validace výrobků;
- interní vzorkování;
- zhodnocení projektu oddělením správy dokumentace výrobků;
- zákaznické požadavky;
- Safe Launch.

Pro výše uvedená kritéria platí několik výjimek.

Pokud se daný typ nevyráběl na lince déle než rok, vyžaduje se pouze Q – zkouška a zákaznické požadavky. V případě, že se uvolňuje typ, který se od jiného sériového typu liší velmi málo, a má stejné požadavky na specifikace, je možné se odkázat na již plně uvolněný typ, a provede se pouze rozdílová Q – zkouška, procesní FMEA, kontrolní plán a zákaznické požadavky. [4]

#### 4.2.2 Rozhodnutí o interním uvolnění

Po předložení potřebných dokumentů musí odpovědná osoba oddělení kvality prověřit nahrané dokumenty v softwaru Palstat a splnění kritérií pro interní uvolnění. Následně rozhodne, zda se produkt uvolní s podmínkou nebo bez podmínky, a vyplní formulář „Interní uvolnění nového výrobku pro sériovou výrobu“. [4]

Tab 5) Formulář pro uvolnění výrobku pro sériovou výrobu

<b>Interní uvolnění nového výrobku pro sériovou výrobu</b>				
Číslo výrobku (TTNr):			Název výrobku:	
Zákazník:			Výrobní zařízení:	
Kritérium	Uvolněno	Uvolněno s podmínkou	Zamítnuto	Poznámka
P-FMEA				
Kontrolní plán				
Způsobilost strojů				
Způsobilost měřidel				
Q - zkouška				
Čistota				
Validace výrobku				
Interní vzorkování				
Zhodnocení projektu TEF10				
Zákaznické požadavky QMM2				
Safe Launch				
Výrobek pro sériovou výrobu uvolněn:				
Ano      S podmínkou      Ne <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/> <input type="checkbox"/>				
Poznámky:				
Jméno:				Datum:

#### 4.2.3 Udělení interního uvolnění produktu bez podmínky

Pokud jsou splněna všechna kritéria uvedena ve formuláři pro interní uvolnění, nahraje odpovědná osoba do softwaru Palstat daný formulář ve formátu PDF, převede profil do statusu „uvolněno dodavatelem“ a emailem informuje žadatele o udělení plného interního uvolnění. [4]

#### 4.2.4 Udělení interního uvolnění produktu s podmínkou

Pokud existují důvody pro udělení interního uvolnění s podmínkou, stanoví pracovník oddělení kvality žadateli o interní uvolnění termín splnění dodatečných požadovaných podmínek. Dále nahraje protokol o interním uvolnění s podmínkou do SW Palstat ve formátu PDF a do statusu uvede „podmíněně uvolněno dodavatelem“. Formulář musí být podepsaný vedoucím oddělení výroby a vedoucím oddělení kvality.

Podmínečné uvolnění je možné udělit v těchto případech:

- Validace výrobku – v případě, že pro aktuální typ běží dlouhodobá zkouška, je nutné doložit dlouhodobou zkoušku podobného typu
- Zhodnocení projektu oddělením správy dokumentace výrobků – v případě podmínečného uvolnění některého komponentu je nutné uvést datum, do kdy je podmínečně uvolněn
- Safe Launch – běžící WorkOn pro Safe Launch [4]

#### 4.2.5 Splnění chybějících podmínek

Pracovník výroby je odpovědný za včasné dodání všech chybějících dokumentů do softwaru Palstat. Pokud nelze chybějící dokumenty dodat do stanoveného termínu, je nutné požádat o jeho prodloužení. Žádost musí obsahovat důvod nesplnění a nový termín, do kterého potřebné dokumenty dodá.

Po splnění všech chybějících kritérií je profil v Palstat převeden do „uvolněno dodavatelem“. [4]

### 4.3 Jednotlivá kritéria pro udělení interního uvolnění

Následující kapitola bude věnována podrobnému rozboru jednotlivých výše uvedených kritérií, která je nutno splnit pro udělení interního uvolnění. Jelikož spolu oba procesy interního uvolnění velmi úzce souvisí, jednotlivá kritéria se navzájem prolínají.

#### 4.3.1 Procesní FMEA

Analýza příčin a důsledků patří společně s kontrolním plánem mezi nejdůležitější dokumentace, které je nutné vypracovat před zahájením výroby.

Realizace procesní FMEA je nutná:

- v případě změny produktu nebo procesu;
- při změně provozních podmínek;
- při změně požadavků (normy, zákony, požadavky zákazníka);
- při negativním nálezu ze sledování produktu nebo procesu;
- při negativním nálezu ve vývojové a výrobní síti;
- při optimalizaci procesu s vlivem na kvalitu.

Pokud se tvoří nová FMEA nebo se provádí rozsáhlejší úpravy, organizuje se tzv. Kick – off meeting, na kterém se upřesňují detaily celé tvorby FMEA, a plánují se termíny pro splnění navazujících kroků.

Dalším krokem je jmenování týmu. Tým definuje vedoucí projektu nebo skupinový vedoucí. Za plánování schůzek je odpovědný technolog nebo kontaktní osoba pro FMEA. Povinná účast kontaktní osoby na schůzkách je v případě zavádění nového produktu, nového procesu, procesních změn, designových změn nebo 8D reportu v procesu.



Následuje proces tvorby samotné FMEA dle dané metodiky. Hodnocení rizik se provádí pomocí seznamu rizik vycházejících z Paretovy analýzy. Paretovu analýzu schvaluje v případě 1. verze projektový vedoucí, v ostatních případech příslušný vedoucí oddělení. Pokud se číslo RPN snižuje pouze na základě zkušeností bez dodatečných opatření, je toto rozhodnutí nutné uvést do titulního listu.

Po provedení FMEA následuje FMEA Linewalk. FMEA Linewalk slouží k ověření výrobních a logistických procesů – od příjmu zboží až po dodání zákazníkovi. Při vytvoření nové FMEA či rozsáhlejší aktualizaci se obsah ověřuje s reálným procesem pomocí Linewalk Checklistu. Checklist není třeba vyplňovat v případě, že bude Linewalk vykonáván pouze za účelem ověření zavedených nápravných opatření z 8D.

Tab 6) Příklad Linewalk Checklistu

FMEA Linewalk Checklist						
Montážní Linka:			8D-Číslo:			
Stanice:			8D Title:			
FMEA Nr.:			Opakování chyb:			
FMEA:			Zákazník:			
Datum:			Účastníci:			
Zjištění na lince						
Otázka	Linka			Zohledněno v FMEA?		Zpracováno ve FMEA pod číslem
	ANO	NE	Popis	ANO	NE	
DODÁVKA DÍLŮ / DODÁVKOVÁNÍ						
1. UMÍSTĚNÍ						
Může být komponenta umístěna nesprávně (např. orientace, zarovnání, ..)?						
Pokud ANO, jak? (o 180°, pootočená poloha, zátka nepřiléhá,...)						
Existují přístroje, které to mohou zjistit? (Dotykový senzor, světelná brána, kamera...) Jaké jsou důsledky? (Kontrolka, zastavení stroje...)						

Pokud je do FMEA pouze přidáno nové typové číslo, je Linewalk Checklist nahrazen Overview nového typu.

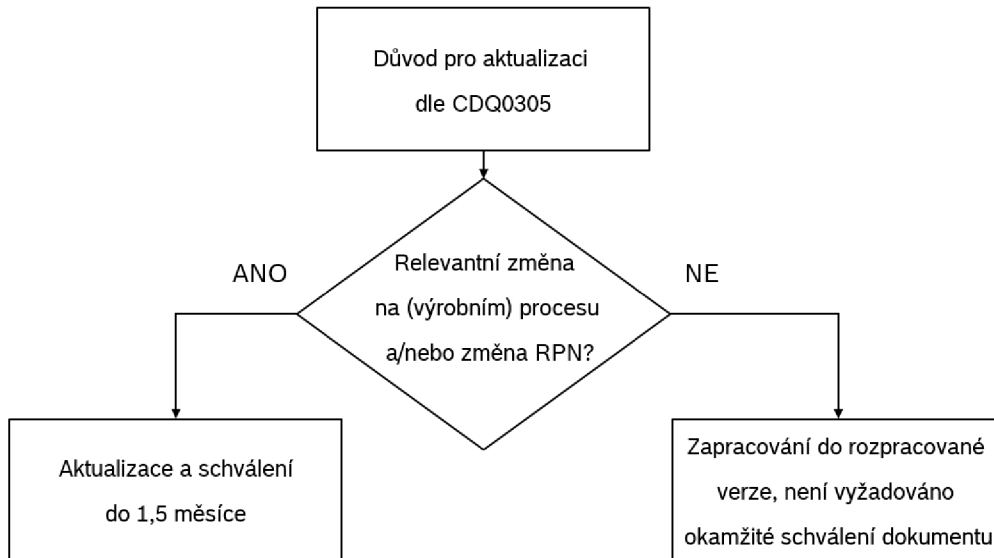
## Overview

1. Zvláštní znaky? *Ano – kde a jaké?*
2. Nové přípravky / MAE? *Ano – na jaké stanici, v čem jsou jiné?*
3. Etalony nové? *Ano – kde a k čemu?*
4. Nový program / změna v programu? *Ano – kde?*
5. Změna štítku / popisu?
6. Nový procesní předpis? *Ano – na jaký proces?*
7. Nový materiál? – *Ano / Ne*
8. Jiný komponent? – *Ano, hrozí riziko záměny?*
9. Jiná metoda / proces? *(např. jiný materiálový tok, zákaznické požadavky, např. 200% vizuální kontrolu, jiné balení)*
10. Byl zkontrolován nabídkový a výrobní výkres?  
*Byla nalezena odchylka mezi výrobním a nabídkovým výkresem? → zvýraznit odchylku na přiložených výkresech  
→ výkresy musí být přiloženy vždy*

Obr. 14) Overview nového typu [5]

Kompletní FMEA musí být dále předložena k elektronickému podpisu, který dokumentuje souhlas a spoluodpovědnost za obsah FMEA.

Dokument FMEA je nutné aktualizovat během jednoho měsíce po zavedení změn ve výrobním procesu. Během jednoho a půl měsíce se musí aktualizovaná FMEA schválit a následně provést aktualizaci a schválení i u ostatní příslušné dokumentace. Pokud nemá aktualizace FMEA vliv na výsledné RPN a není provedena žádná přímá změna v procesu, není nutné FMEA přikládat k okamžitému schválení a stačí ji pouze implementovat do již rozpracované verze dokumentu.



Obr. 15) Rozhodovací proces pro aktualizaci [5]

FMEA může obsahovat přílohy mezi které patří např. seznam vyráběných typů včetně produktové rodiny, Linewalk checklist, Linewalk Report, Overview nebo Project plan. Veškeré dokončovací práce provádí FMEA moderátor.

Každá verze dokumentu je zakládána a archivována v elektronické podobě ve formátu PDF. Archivaci provádí odpovědný FMEA moderátor. Veškerou dokumentaci je nutné archivovat minimálně 15 let po ukončení výroby. [5]

#### 4.3.2 Kontrolní plán

Dalším velmi důležitým dokumentem je kontrolní plán. Ten se vypracovává až po odsouhlasení FMEA, jelikož s tímto dokumentem úzce souvisí a vychází z něj. Cílem metody je splnění požadavků, které jsou stanoveny normou IATF16949:2016 popřípadě specifickými požadavky zákazníka. Tvorbu kontrolního plánu lze rozdělit do pěti kroků.

Nejprve se vypracovává kontrolní plán pro vzorky. Vzorky se dělí na tři typ – A, B, C. Vzorky typu A jsou vývojové vzorky, jichž technická funkčnost není plně zaručena, a u nichž není uzavřen finální design. Vzorky typu B jsou určeny pro předběžné testy u zákazníka, pro testování funkčnosti a splnění technických požadavků. Vzorky typu C jsou určeny pro "Technical Release" u zákazníka. Zákazník potvrzuje ukončení vývojové fáze.

Druhým krokem je vytvoření kontrolního plánu pro sériovou výrobu D – vzorků. Tento kontrolní plán musí obsahovat dokumentaci vlastností produktu a procesu, měřících systémů, reakčních plánů a opatření pro kontrolu a sledování výrobního procesu.

Poté se již přistoupí k tvorbě kontrolního plánu pro úplnou sériovou výrobu. Pro vypracování se využívá stanovená šablona uvedená v tab. 7 a je za ní odpovědný technolog

daného procesu. V případě rozsáhlého procesu se může na tvorbě kontrolního plánu podílet více pracovníků.

Součástí každého kontrolního plánu je vývojový diagram. Tento diagram musí s dokumentem korespondovat a musí obsahovat všechny kroky procesu, které jsou uvedeny v kontrolním plánu. Číslování jednotlivých operací ve vývojovém diagramu musí korespondovat s číslováním operací v kontrolním plánu.

Kontrolní plán vychází ze schválené procesní FMEA. Na titulním listu je nutné uvést název, číslo a verzi FMEA. V případě jakékoli změny ve výrobním procesu, je nutné aktualizovat všechny příslušné dokumenty. Pokud dojde ke změně ve výrobě, je nutné do jednoho měsíce aktualizovat FMEA a po jejím schválení následně do měsíce a půl aktualizovat kontrolní plán a všechny příslušné výrobní dokumenty.

Pro schválení kontrolního plánu je nezbytné převést jej do formátu PDF, opatřit jej elektronickým podpisem a následně poslat do procesu schválení. Vedoucí oddělení potvrdí zapracování a správnost všech procesních kroků. Formální stránku a splnění všech požadavků provede koordinátor kontrolních plánů. Potvrzení, že zákazník nepožaduje žádné specifické požadavky provede skupinový vedoucí. Po konečném schválení koordinátor kontrolních plánů provede uzavření a informuje autora.

Nová verze kontrolního plánu je uložena na disk do příslušné složky. Všechny verze jsou evidovány koordinátorem kontrolních plánů a musí být zaneseny do přehledové tabulky. Všechny staré verze kontrolního plánu je nutné archivovat.

Veškeré dokumenty uvedeny v kontrolním plánu musí být snadno identifikovatelné a vysledovatelné. Dokument musí obsahovat evidenční číslo nebo na něj musí být uveden odkaz, který odkáže na příslušný dokument.

Kontrolní plán je třeba provázat s protokoly analýz způsobilostí. Tyto protokoly musí obsahovat název a toleranci měřeného znaku, analyzované měřidlo a analyzovaný stroj. Analýza způsobilosti se provádí pro všechna měřící a zkušební zařízení uvedená v kontrolním plánu. [6]

Tab 7) Formulář pro kontrolní plán

		Prototyp <input type="checkbox"/>	<b>Plán kontroly a řízení (CP)</b>							Datum změny / revize:				
Závod:		Předsérie <input type="checkbox"/>	Název výrobku:				Číslo výrobku:			Datum původního vydání:				
Odd:		Série <input type="checkbox"/>	Výrobní linka:				Číslo/název CP:			Vypracoval:				
							Číslo vydání:			Strana:				
Č. op.	Dílec	Výrobní a zkušební krok / procesní krok	Stroj / zařízení / nástroj	Znaky			Specifikace výrobku / procesu / tolerance (vztahující se dokumentace)	Kontrolní zařízení	Záznamy	Kontrolní metoda			Plán reakce při odchylce + Nápravné opatření	Způsobilost
				Na procesu	Na výrobku	Druh zvlášť. Znamku				Pro-vádí	Rozsah	Četnost		

### 4.3.3 Způsobilost strojů

Pro zajištění vysoké kvality a produktivity během sériové výroby je důležité vyhodnocovat způsobilost výrobního zařízení. Cílem je detekovat a vyhodnotit všechny možné vlivy stroje na výrobní proces. Mezi tyto vlivy patří lidský faktor, výrobní metody, materiál, ze kterého je produkt vyráběn, nebo výrobní prostředí. Je vhodné udržovat tyto vlivy co nejstálější. Pokud není možné udržovat tyto vlivy konstantní, musí být zaznamenány a zdokumentovány.

Pro sběr dat je nejprve nutné připravit výrobní zařízení tak, aby se měření nacházela co nejvíce uprostřed tolerančního intervalu. Dále se připraví reprezentativní počet kusů (alespoň 50) v nepřetržitém výrobním cyklu. Poté se přistoupí k samotnému měření součásti nebo konkrétní charakteristiky součásti.

Naměřená data se na základě grafu posuzují z pohledu časové stability. Posuzuje se, zda v průběhu času existují systematické změny, zda se jednotlivé hodnoty soustředí v blízkosti stanovené hodnoty nebo zda se jednotlivé hodnoty nachází v zóně, která odpovídá přibližně 60% intervalu tolerance. Proces se považuje za nestabilní v případě, že existuje několik nevysvětlitelně odlehklých hodnot, v případě, že se v grafu objevují skoky nebo trendy, nebo v případě, že se většina naměřených hodnot nachází v blízkosti mezních hodnot.

Pro výpočet indexů způsobilosti  $C_m$  a  $C_{mk}$  se využívá kvantilová metoda dle ISO 22514-2:2019. Pro vyhodnocení se využívá statistický software qs-STAT. Pro oba indexy platí, že aby byl proces způsobilý, musí být jejich hodnota vyšší než 1,67.

V ojedinělých případech lze snížit počet měřených kusů na méně než 50. Tato výjimka se týká například komplikovaných měření, které mají vysoké náklady. Klesající počet vzorků ovšem snižuje spolehlivost. Jako kompenzace se proto zvyšuje požadovaná hodnota indexů spolehlivosti. Samotný statistický software je proto přednastaven, aby stanovoval minimální požadovanou hodnotu způsobilosti dle počtu naměřených dat. [8]

### 4.3.4 Způsobilost měřidel

Kromě způsobilosti strojů se ve společnosti vyhodnocuje i způsobilost měřidel. Pro vyhodnocování způsobilosti měřidel se využívají tři metody.

#### Metoda 1 – Systematická chyba měření a opakovatelnost

Metoda 1 je součástí interních směrnic mnoha výrobců automobilů a často je jimi vyžadována i po všech dodavatelích jednotlivých komponent. Cílem procedury je zmapování schopnosti procesu měření z hlediska polohy a rozptylu.

Metoda 1 musí být použita před metodou 2 nebo 3. Pokud existuje několik měřících systémů, které jsou konstrukčně totožné, a pokud již byla u jednoho z těchto systémů prokázána způsobilost dle metody 1, je třeba rozhodnout, zda je nutné provedení této procedury i u ostatních měřících systémů.

Procedura 1 se provádí za pomoci kalibrační měřky, která musí být změřena nejméně 50krát v daném stroji či zařízení. Tato měřka musí dlouhodobě splňovat předepsané hodnoty a musí poskytovat jednoznačný výsledek měření i pro měření opakovatelnosti. Musí mít stejnou charakteristiku jako výrobní díly, které budou později měřeny. Měřka musí být zřetelně označena a evidována jako kalibrační přípravek. Dále musí být kalibrována a zahrnuta do inspekčních kontrol oddělení kvality v rámci měřicího a zkušebního zařízení.



Obr. 16) Kalibrační měrka pro měření délkových rozměrů [foto autor]



Obr. 17) Kalibrační měrka pro měření úniku tekutiny [foto autor]

Měřená data musí být shromažďována takovým způsobem, aby co nejlépe odrážela realitu pozdějších měření na výrobních dílech. Všechny faktory, které ovlivňují měření, a které se vyskytují během výroby, by se měly projevit také při měření měrky. Dále i nastavení měřícího zařízení a měřícího příslušenství by mělo být totožné s následným sériovým měřením. Zároveň musí být zajištěno, aby všechny pracovní kroky montáže mezi jednotlivými sériemi byly provedeny úplně. To znamená, že každá kalibrační měrka musí být před každým měřením vyjmuta z upnutí a následně znovu vložena.

Referenční hodnota  $x_m$  této měrky by se měla nacházet uprostřed tolerančního intervalu  $T$ . Z naměřených hodnot se vypočítá odchylka od referenční hodnoty a směrodatná odchylka  $s$  naměřených hodnot. Dále se z těchto výsledků vypočítají indexy způsobilosti  $C_g$  a  $C_{gk}$  dle výše uvedených vztahů.

Nejistota kalibrace  $U_{cal}$  kalibrační měrky, která je dokumentována v kalibračním certifikátu, musí být menší než  $0,1 \cdot T$ . [9]

#### Metoda 2 – Opakovatelnost a reprodukovatelnost s vlivem operátora

Metoda 2 se používá v případech, kdy se dá předpokládat vliv operátora na výsledky měření. Vliv operátora lze očekávat například pokud je měření prováděno manuálně, pokud není k dispozici upínací zařízení, které umísťuje měřené předměty do jednoznačně reprodukovatelné polohy, nebo pokud je upínací zařízení k dispozici, ale upínací síly jsou závislé na síle, kterou obsluha působí na ovládání upínacího zařízení. Zda použít metodu 2 je třeba posuzovat individuálně pro každý případ zvlášť.

Metoda 2 se provádí s použitím alespoň 10 opakovatelně měřitelných a náhodně vybraných sériových dílů. Charakteristické hodnoty těchto dílů by měly přednostně ležet v rozmezí tolerance. Všechny faktory, které se projevují během provozu v sériové výrobě, by se měly projevit i během samotného měření. Vybrané sériové díly jsou měřeny v náhodném pořadí nejméně třemi operátory v alespoň dvou sériích měření. Po dokončení první série měření každý operátor znovu měří stejné sériové části v náhodném pořadí. Další série nesmí být zahájena dříve, než byla dokončena předchozí série. Výsledky měření musí být zdokumentovány a následně analyzovány pomocí statistického softwaru metodou ANOVA.

Aby byl proces způsobilý, musí splňovat  $\%GRR \leq 10\%$ . Pokud  $10\% \leq \%GRR \leq 30\%$ , proces je podmíněně způsobilý. Pokud hodnota  $\%GRR > 30\%$  považujeme proces za nezpůsobilý.

Metoda 2 se v případě FRL aplikuje formou vizuální kontroly. Operátor dostane od technologa 10 ks FRL a jeho úkolem je rozpoznat vadné a dobré kusy. Po kontrole celé série následuje opětovná kontrola stejných FRL v jiném pořadí. Technolog sleduje, zda je operátor schopen opakovaně identifikovat kompletní správnost produktu. [9]

### Metoda 3 – Opakovatelnost a reprodukovatelnost bez vlivu operátora

Metoda 3 je zvláštním případem metody 2. Před jejím použitím je nutné důkladně zkontrolovat, zda lze opravdu vyloučit všechny možné vlivy operátora na výsledky měření. Jedná se o případy, kdy je poloha měřených objektů pevně fixována upínacími zařízeními a upínací síla nemůže být obsluhou měněna, nebo pokud je měření a následné vyhodnocování dat prováděno automaticky. Stejně jako u metody 2 opět platí, že využití této metody je nutné určit individuálně pro každý proces zvlášť.

Metoda 3 se provádí s použitím alespoň 50 opakovatelně měřitelných a náhodně vybraných sériových dílů. Charakteristické hodnoty těchto dílů by měly přednostně ležet v rozmezí tolerance. Všechny faktory, které se projevují během provozu v sériové výrobě, by se měly projevit i během samotného měření. Vybrané díly se měří v náhodném pořadí nejméně ve dvou sériích měření. Po dokončení první série měření jsou stejné díly opět měřeny v náhodném pořadí. Pokud jsou třeba další série měření, postup se opakuje stejným způsobem, dokud nejsou dokončeny všechny řady měření. Další série nesmí být zahájena dříve, než byla dokončena předchozí série. Výsledky měření se zdokumentují a následně analyzují pomocí statistického softwaru metodou ANOVA.

Stejně jako u metody 2 platí, že aby byl proces způsobilý, musí splňovat  $\%GRR \leq 10\%$ . Pokud  $10\% \leq \%GRR \leq 30\%$ , proces je podmíněně způsobilý. Pokud hodnota  $\%GRR > 30\%$  považujeme proces za nezpůsobilý.

V případě FRL jsou měřeny jednotlivé rozteče mezi konektory a únik. Vybrané FRL se vloží do přípravků a vybrané parametry se automaticky změří. Celkem se měří 50 ks minimálně ve dvou sériích. [9]





Obr. 18) Průběh měření rozměrů FRL [foto autor]



Obr. 19) Zaznamenání měření [foto autor]

### 4.3.5 Kvalifikace pracovníků

Všechna výrobní zařízení smí být obsluhována pouze kvalifikovaným personálem. Za řádné a úplné zaškolení a zapracování pracovníků je odpovědný každý vedoucí pracovník, mezi které patří vedoucí týmu, mistr nebo koordinátor. Pracovníci musí být vedeni k tomu, aby svou práci prováděli dle standardu, odpovědně a bezpečně. Proškolení se týká jak pracovníků nových nebo převedených, tak i pracovníků, kteří se vrací po nemoci, nebo z mateřské a rodičovské dovolené. Nutnost proškolení se rovněž týká pracovníků, kteří byli převedeni nebo zapůjčeni na jinou pracovní pozici, a po čase se vrací na pracovní pozici původní. Dále je pro všechny pracovníky nutné roční opakované zaškolování v maximálním intervalu 12 měsíců. Zapracování stvrdí pracovník svým podpisem nebo načtením svého průkazu.

Zaškolovat smí pouze pracovníci, kteří absolvují odpovídající trénink, nebo kteří jsou držitelé certifikátu TWI JI. Přehled kvalifikace pracovníků je automaticky generován do „Matice zaškolení týmu“ na základě vyplnění jejich osobních karet. [13]

### 4.3.6 Checklist uvolnění sériové výroby

Dalším krokem interního uvolnění je Checklist uvolnění sériové výroby. V checklistu musí být vyplněné všechny body a musí obsahovat podpisy všech zainteresovaných pracovníků.



Checklist ověřuje všechna stanovená kritéria, která je nutno splnit. Body se týkají především kompletnosti dokumentace stroje, bezpečnosti nebo náhradních dílů. [4]

#### **4.3.7 Dokumentace na pracovišti**

Pro správné provádění pracovních činností musí mít každý pracovník své pracoviště vybaveno kompletní a aktualizovanou dokumentací, která je pro jeho práci nutná, a která odpovídá požadavkům systému kvality. Pro každé pracoviště je jmenovaný správce, který za dokumentaci odpovídá.

Dokumentace se musí udržovat v aktuálním stavu a musí být pracovníkům přístupná a srozumitelná. Každý dokument musí být řádně označen, aby se dal přiřadit k jednotlivým pracovištím. Dokumentace na pracovišti je rozdělena na dvě úrovně, a to na úroveň A a na úroveň B.

Dokumentace úrovně A je pro pracoviště výrobních úseků povinná. Popisuje krok za krokem sled pracovních činností. Musí být dostupná v papírové nebo elektronické formě přímo na pracovišti. V případě skupiny pracovišť musí být dostupná na informačním místě. Je dělena do bloků, které přímo definují, kdo je za danou činnost odpovědný, kdy se má činnost provádět, a kde se má provádět.

Dokumentace typu B je povinná pouze v případě, pokud je to relevantní. Slouží k doplnění informací a záznamů k úrovni A a poskytuje detaily k pracovní instrukci. Musí být přístupná v papírové nebo elektronické podobě na pracovišti, na informačním místě nebo na centrálním informačním místě. Obvykle se jedná o balící návody, popis postupů čištění strojů nebo formuláře předání pracoviště. [10]

#### **4.3.8 Přejímka pracoviště pro vylepení žluté známky**

Při vylepování žluté známky probíhá kontrola pracoviště. Postupuje se dle checklistu pro přípravu na uvolnění MAE. V tomto checklistu jsou popsány základní otázky a body, které musí být při udělení podmíněného uvolnění splněny. Má dvě verze – verze pro zařízení s vlivem na produkt a verze pro zařízení bez vlivu na produkt.

#### **4.3.9 Procesní audit**

V případě, kdy je to relevantní, je nutno provést procesní audit. Procesní audity jsou plánovány rok dopředu. Ve výjimečných případech lze plán auditů upravit. Audity probíhají dle metodiky normy VDA 6.3:2016 a provádí ho odpovědný pracovník oddělení kvality.

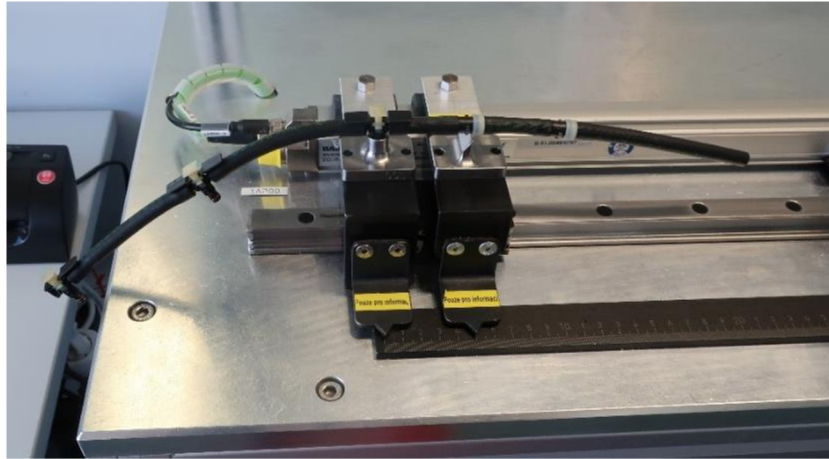
#### **4.3.10 Q – zkouška**

Q-zkouška je zkouška kvality produktu a provádí se u 5 namátkově vybraných kusů FRL, které jsou již kompletně smontované a připravené k balení. Skládá se z několika kroků.

Prvním krokem je vzhledová kontrola. Kontroluje se úplnost, celistvost a čistota FRL dle aktuálního kusovníku. Dále se kontroluje přítomnost a čitelnost gravírování a případné poškození, čistota a správnost typu jednotlivých komponent.

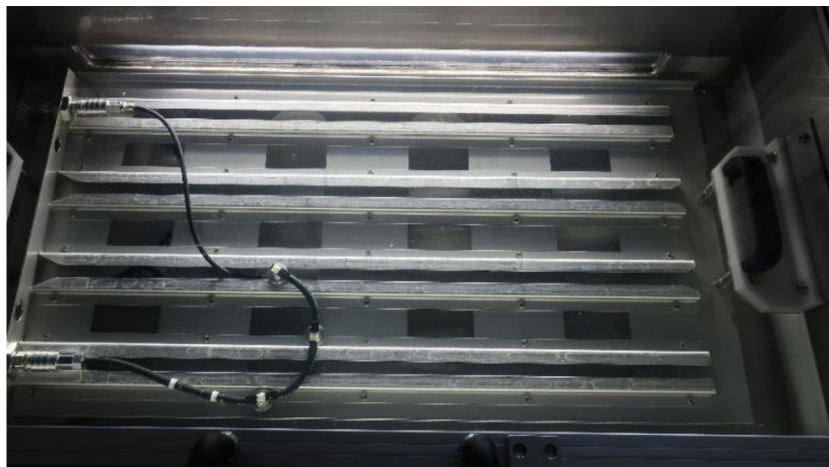
Druhým krokem je kontrola značení a štítku. Kontroluje se přítomnost kódu, správnost obsahu, čitelnost popisu, správnost pozice umístění a případné poškození. Popis na výrobku a štítku se musí shodovat s nabídkovým výkresem.

Následuje rozměrová kontrola. Ta probíhá na zkušebním zařízení a kontrolují se délkové rozměry dle nabídkového výkresu. Jednotlivé konektory se vloží do příslušných přípravků a z displeje řídicí jednotky se odečtou naměřené hodnoty.



Obr. 20) Rozměrová kontrola FRL [foto autor]

Po rozměrové kontrole se provádí zkouška těsnosti neboli „Bubbletest“. Testovaný typ FRL se vloží do přípravku, připojí se na přívod tlakového vzduchu a ponoří se pod hladinu. Následně se do FRL přivede tlak v rozmezí 4,6 – 5,4 bar a vizuálně se kontroluje případný únik vzduchu. Pokud není FRL těsné, objeví se na hladině bublinky. Celý test trvá 60 s.



Obr. 21) Bubbletest [foto autor]

Závěrem se provádí tlaková zkouška neboli „Burst pressure test“, při které se měří tlak, při kterém dojde k roztržení nebo prasknutí FRL. Před samotnou zkouškou je třeba všechny konektory testovaného FRL utěsnit zátkami. Poté se FRL připojí pomocí odpovídající přípojky na přívod vzduchu. Na ovládacím panelu se zvolí příslušný program. Každé FRL má stanovenou limitní hodnotu tlaku, při které by nemělo dojít k jeho porušení. Po takto připraveném FRL se spustí samotný test a sleduje se maximální hodnota tlaku ve vzorku při které dojde k jeho destrukci. [11]



Obr. 22) Burst Test [foto autor]

#### 4.3.11 Interní vzorkování

Vzorkování zahrnuje celkový proces stanovení technických a obchodních rámcových podmínek mezi smluvními partnery až po kontrolu prvních vzorků jako předpokladu pro uvolnění sériové dodávky.

Na počátku interního vzorkování je nutné písemně informovat Q – koordinátora emailem o plánované montáži. Technolog musí do emailu uvést číslo montážní linky, čas montáže a vyráběný typ.

Dále se přistoupí k plánování montáže vzorků. Pro montáž je nutné vytvořit zakázku v softwaru SAP, zpracovat návodky, zajistit materiál a připravit linku pro vyráběný typ. Po vytvoření návodek je možno přistoupit k samotné montáži.

Po montáži prvních kusů je nutná jejich kontrola na DNA. DNA je pracoviště kontroly, které je umístěno přímo ve výrobní hale. Kontrolují se dohodnuté znaky. Pokud bude kontrola na DNA v pořádku, vyrobené vzorky se archivují po dobu minimálně 2 měsíců, vloží se do KLT boxu, na kterém musí být uveden měsíc montáže, a který je následně vložen do blokační klece. Po uplynutí doby archivace se kusy znehodnotí a šrotují.

Pokud kontrola na DNA není v pořádku, provádí se zkouška na oddělení QMM. Provede se vzhledová, rozměrová a tlaková zkouška. Po testech se opět provede archivace a následná šrotace. [14]

#### 4.3.12 Čistota produktu

Zkouška čistoty je definována normami VDA 19.1:2015 a ISO 16232:2018. Probíhá v laboratoři čistoty a je prováděna kvalifikovanými pracovníky. Každý pracovník i případné návštěvy musí mít předepsaný oděv, aby nedošlo ke kontaminaci testovaných vzorků.

Zkouška začíná dopravením testovaného FRL do laboratoře v uzavřeném pytli. Pytel musí být řádně označen štítkem, který musí obsahovat typové číslo, číslo linky, jméno odpovědné osoby a datum výroby.



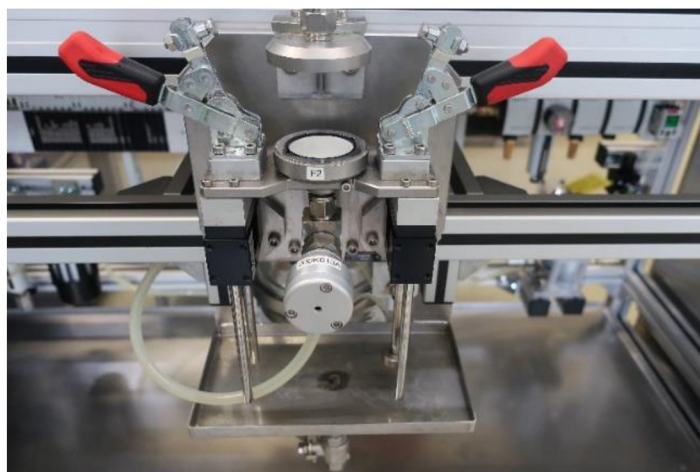
Obr. 23) FRL určené k testování [foto autor]

Samotná zkouška probíhá na speciálním testovacím zařízení. To je nejprve nutné propláchnout, aby byla zjištěna jeho čistota. Průplach se provádí za pomoci fiktivního vzorku a filtru. Po ukončení průplachu se vyhodnotí čistota filtru. Pokud množství nečistot vyplavených na filtru překračuje předepsané množství, musí se testovací zařízení vyčistit.

Tab 8) Předepsané limitní množství nečistot pro testovací zařízení

Classes	Allowed particle values (in pieces) for the different size classes ( $\mu\text{m}$ )								
	$25 \leq x < 50$	$50 \leq x < 100$	$100 \leq x < 150$	$150 \leq x < 200$	$200 \leq x < 400$	$400 \leq x < 600$	$600 \leq x = 1000$	$1000 \leq x < 1500$	$x \geq 1500$
All particles	50	10	0	0	0	0	0	0	0
Fibers	0	0	0	0	0	0	0	0	0

Následně se do testovacího zařízení upne testované FRL, vstupy a výstupy se připojí na příslušné pozice a vloží se filtr.



Obr. 24) Filtr pro zachytávání nečistot [foto autor]

Po takto přichystaném FRL se testovací zařízení spustí. FRL se proplachuje testovacím médiem. Jako testovací médium se používají odmašťovací přípravky jako například Eskaphor N6973-2. Proplachování může probíhat pouze v jednom nebo v obou směrech. Závisí to na konkrétním typu FRL. Současně i množství média a tlak se pro každý typ liší.





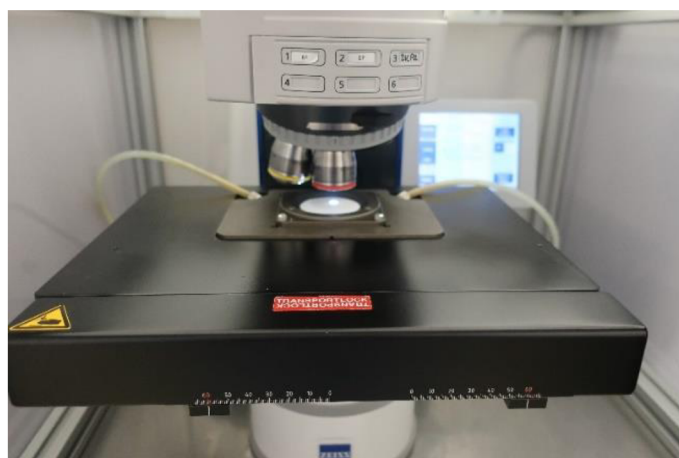
Obr. 25) Testovací zařízení [foto autor]

Po skončení procesu se filtr vyjme, vloží do pece a vysuší.



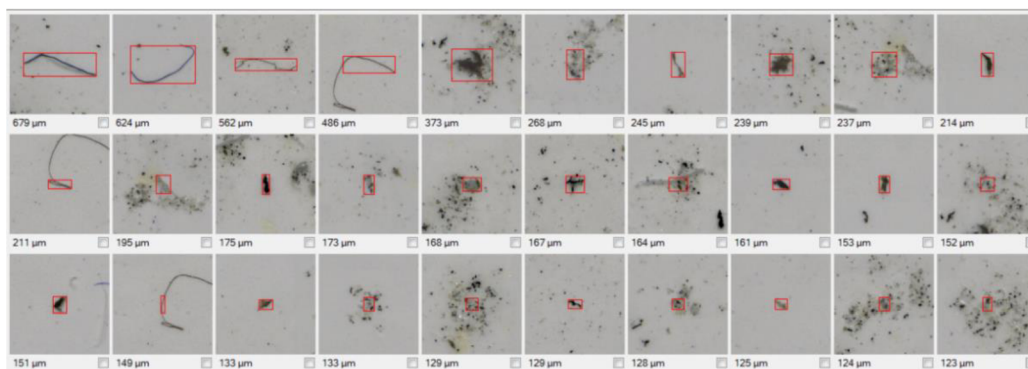
Obr. 26) Pec pro vysoušení filtru [foto autor]

Vysušený filtr se dále umístí pod optoelektronickou kameru a provede se vyhodnocení pomocí vyhodnocovacího systému.



Obr. 27) Optoelektronická kamera [foto autor]

Vyhodnocovací systém je schopen detailně zobrazit vyplavené nečistoty, změřit jejich velikost a roztrždit do tříd.



Obr. 28) Vyplavené nečistoty

Optoelektronická kamera je schopna rozeznat kovovou a plastovou partikuli nebo vlákno.

Tab 9) Roztržení partikulí do tříd

Size Class	All	Max	Fibre	Shiny	Others
25 - 50	902	200000	0	98	804
50 - 100	237	200000	0	14	223
100 - 150	38	40	0	1	37
150 - 200	10	25	0	0	10
200 - 400	7	14	1	0	6
400 - 600	2	6	2	0	0
600 - 800	2	3	2	0	0
800 - 1000	0	2	0	0	0
1000 - 1500	0	0	0	0	0
> 1500	0	0	0	0	0
Sum	1198	400090	5	113	1080

Naměřené výsledky se porovnají s předpisem, který stanovuje maximální počet a velikost nečistot. Tento předpis se pro každý typ liší.

Tab 10) Příklad limitních hodnot pro FRL

Classes	Max. permissible particle count (pcs) per size class (µm)								
	25 ≤ x < 50	50 ≤ x < 100	100 ≤ x < 150	150 ≤ x < 200	200 ≤ x < 400	400 ≤ x < 600	600 ≤ x < 1000	1000 ≤ x < 1500	x ≥ 1500
All particles except metallic shiny particles	*	*	40	25	14	6	5	0	0
Metallic shiny particles					0	0	0	0	0
Fibers	Fibers are documented only in the respective classes ≥ 200 µm, but do not enter into the evaluation as particles.								

Pro testovaný typ musí být výsledek zkoušky pozitivní. [12]

#### 4.3.13 Validace výrobků

Validace výrobku probíhá na základě pozitivního výsledku z dlouhodobé zkoušky spolehlivosti. Testovaný kus musí splňovat požadavky dle ISO 16750-3:2012.

Dlouhodobá zkouška se skládá ze tří testů. Jedná se o teplotní test, pulzační test a vibrační test. Pro zkoušku je poskytnuto 24 ks FRL. Z toho polovina prochází teplotním a pulzačním testem a druhá polovina prochází teplotním a vibračním testem.

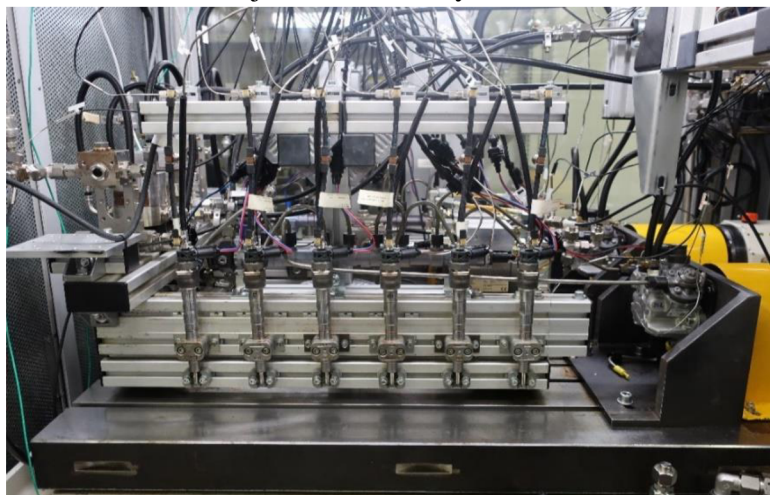
Každý typ FRL má předepsaný počet hodin, po který se musí zatěžovat. Délka zatěžovacího cyklu je zhruba 2000 h. Z důvodu energetické náročnosti dlouhodobých zkoušek je snaha délku zatěžovacího cyklu zkrátit. Testované kusy se proto nejprve umístí do teplotní komory na předstárnutí. V teplotní komoře dochází ke střídání teplot v rozmezí  $-40\text{ }^{\circ}\text{C}$  až  $150\text{ }^{\circ}\text{C}$ . Cílem je simulovat reálné podmínky, při kterých FRL po montáži do motoru pracuje. Střídání teplot simuluje změnu teploty v průběhu dne a v průběhu ročních období. Tím se zkrátí potřebná doba samotné dlouhodobé zkoušky až o 75 %.



Obr. 29) Teplotní komora [foto autor]

Po teplotním testu následuje test tlakové pulzace. Tento test probíhá v pulzační stanici. Pulzační stanice je navržena tak, aby vypadala jako reálný diesellový motor. FRL proudí skutečná nafta pod daným tlakem a vše je zahříváno na danou teplotu. Tlak i teplota se liší pro každý typ FRL. Pro test je používána bio nafta B20. Test trvá předepsaný počet hodin. Nafta se musí pravidelně obměňovat.

Posledním testem je test vibrace od motoru. Test probíhá na vibrační stanici. Zkoumané FRL je do stanice upevněno pod různými rádiusy. Zkoumá se, zda nedojde ke zničení jednotlivých komponent, nebo zda nedojde k úniku nafty.



Obr. 30) Pulzační a vibrační stanice [foto autor]

Po vyhodnocení obou testů musí být splněn požadavek PPM <1.

#### **4.3.14 Zhodnocení projektu oddělením správy dokumentace výrobků**

Oddělení správy dokumentace výrobků se musí vyjádřit o uvolnění všech nových komponent a procesů. Musí uvést, zda je produkt doporučen k internímu uvolnění v poznámce v softwaru Palstat. V případě podmíněného uvolnění některého komponentu je nutné uvést datum, do kdy je podmíněně uvolněno, případně číslo odchylky.

#### **4.3.15 Zákaznické požadavky oddělení zákaznické kvality**

V případě, že má zákazník speciální požadavky nad rámec standardních vlastností produktu a procesu, musí být tyto požadavky splněny a příslušný odpovědný pracovník je musí uvést v poznámce v SW Palstat. Může se jednat o dodatečné kontroly produktu jako je například 200 % procesní kontrola.

Dále se oddělení zákaznické kvality vyjadřuje k jednotlivým zkouškám, které jsou provedeny na daném produktu. Musí potvrdit, zda jsou všechny zkoušky v pořádku.

#### **4.3.16 Safe Launch Proces**

Metoda Safe Launch zohledňuje dodatečné požadavky k zajištění kvality produktu, způsobilosti procesu, spolehlivosti výrobního systému, k redukci rizik a zlepšení kvality před dodáním produktu zákazníkovi. Cílem je podpora sériové výroby, zajištění stabilního náběhu výroby, zamezení negativních dopadů na další výrobní procesy, minimalizace reklamací a včasné odhalení a odstranění slabých stránek produktu. Jedná se například o skladování, přepravu, montáž, manipulaci s díly nebo testování.

Safe Launch stanovuje více kontrolních operací oproti kontrolnímu plánu. Slouží pro verifikaci výrobních podmínek a ověření kvality produktu a procesu. Záměrem je identifikace všech rizikových parametrů a potvrzení, že proces nevytváří žádné vadné díly. Snahou je nalezení všech chyb a odchylek, včetně těch, které nejsou popsány ve výkresech jako například poškození nebo diskolorace.

Safe Launch má zajistit nulovou chybovost, ochranu zákazníka, detekci a následnou eliminaci rizik, ověření FMEA a CP, a včasné a kvalitní dodávky.

Proces je povinný u rizikových projektů nebo v případě, že to požaduje zákazník. Klíčem k Safe Launch jsou rizikové znaky produktu a procesu. Tyto znaky musí být definovány a dodatečně ověřeny. Znaky zahrnují potencionální zvláštní charakteristiky, potvrzené zvláštní charakteristiky, zákaznické zvláštní charakteristiky nebo známé problémy z minulosti.

Zda je Safe Launch Proces relevantní se rozhodne na základě rozhodovací matice. Přihlíží se zde ke specifickým zákaznickým požadavkům a charakteristikám produktu. Pokud je alespoň jedna odpověď v rozhodovací matici „ano“, pak je Safe Launch relevantní. Pokud je Safe Launch v projektu relevantní, projektový vedoucí nominuje Safe Launch Managera. Dále je stanoven Safe Launch team. Tento team se musí sestávat z osob ze všech oddělení, které jsou relevantní danému projektu. Dle potřeby může být rozšiřován. Členové teamu jsou nominováni přímým manažerem na základě žádosti Safe Launch Managera.



Tab 11) Rozhodovací matice

Vystavovatel změny	Klasifikace	Požadavek na Safe Launch	
1	Nový dodavatel	Ano	Kontrola znaků, které může nový komponent na finálním produktu ovlivnit
2	Nový komponent	Ano	Kontrola znaků, které může nový a vývojový komponent na finálním produktu ovlivnit
3	Úprava nástroje	Ano	Má vliv na zvláštní znaky
4	Nový stroj / přestavba	Ano	Má vliv na zvláštní znaky
5	Nový proces / změna procesu bez zkušeností	Ano	Verifikace a validace procesu
6	Změna funkční zkoušky (zákaznické hodnoty)	Ano	Kontrola správnosti nových parametrů po přeseřízení
7	Optimalizace procesu u dodavatele	Ne	
8	Automatizace ručního procesu	Ne	
9	Změna funkční zkoušky (interní hodnoty)	Ne	

Pro každý proces je nutné nadefinovat vývojový diagram znázorňující jeho průběh. Jednotlivé procesní kroky musí být analyzovány za účelem identifikace všech potenciačních rizikových oblastí, které se uvedou přehledně do jedné tabulky. Musí se brát v potaz komplexita produktu, rozsah produktu, problémy náběhů v minulosti a ekonomické aspekty.

Na základě definovaných rizikových oblastí jsou dále definována konkrétní kritéria pro Safe Launch. Musí být definovány procesní kroky, popis činnosti a standardní frekvence kontrol, Safe Launch frekvence kontrol, frekvence Q-meetingů, výstupy z reportů, konkrétní Exit kritéria.

Po vypracování musí být Safe Launch Plan schválen Review Committee, která zahrnuje Safe Launch experta a JhP Top management. Review Committee je odpovědná za revizi navrženého Safe Launch Planu. V případě nedostatku je Safe Launch Plan zaslán zpět k přepracování. Pokud je Safe Launch Plan odsouhlasený, musí ho Review Committee podepsat ve WorkOn.

Veškeré Safe Launch aktivity se musí zaznamenávat do Safe Launch Planu. Zhodnocení Safe Launch Planu je prováděno pravidelně během Q-meetingů. Tato setkání by měla probíhat každý výrobní den, kdy je produkt vyráběn. V průběhu je nutné shromažďovat kvalitativní data včetně dat od zákazníka. Musí být prováděny analýzy neshod, dále musí být definována a implementována nápravná opatření. Analýza je prováděna pomocí metody 8D. Obsah Safe Launch Planu může být upraven na základě potřeby projektu. Pokud je to potřeba, je vytvořen a aktualizován katalog hraničních vzorků.

Na základě celkového statusu v Safe Launch Planu se rozhodne o uzavření projektu. Pro uzavření je nutné splnit všechna exit kritéria. Mezi exit kritéria patří splnění definovaného časového úseku nebo objemu výroby a implementace nápravných opatření. Na základě velkých interních výpadků může být na žádost Jihlavského managementu nebo zákazníka trvání prodlouženo.

Safe Launch Plan je uzavřen ve chvíli, kdy jsou všechny aktivity, které s ním přímo souvisejí, ukončeny a odsouhlaseny Review Committee. Archivace probíhá v elektronicky neutrálním formátu včetně listu s elektronickým podpisem. [7]

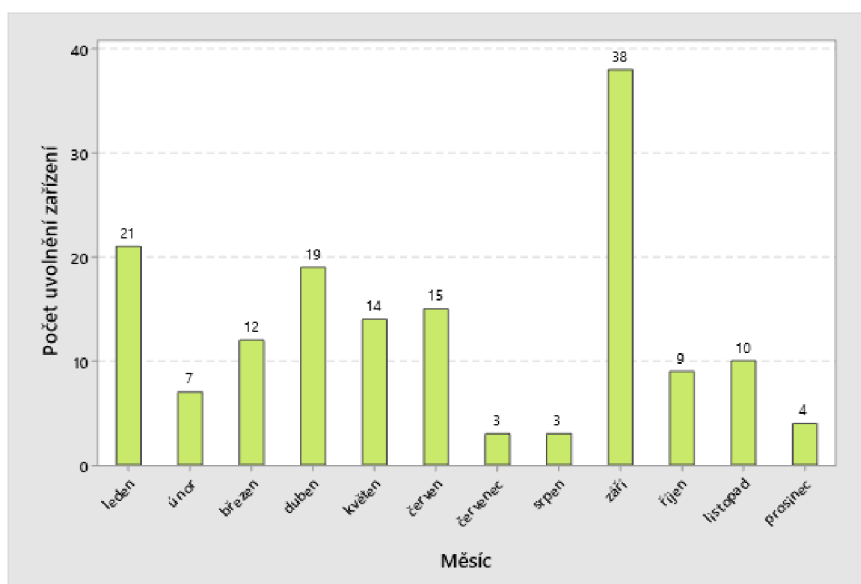
#### 4.4 Ukazatele kvality interního uvolnění

Oddělení kvality za účelem řízení a neustálého zlepšování procesů dlouhodobě monitoruje ukazatele kvality obou procesů interního uvolnění. Oba procesy mají stanoveno několik ukazatelů, které osoba odpovědná za interní uvolnění celoročně zaznamenává, a na konci roku vyhodnocuje.

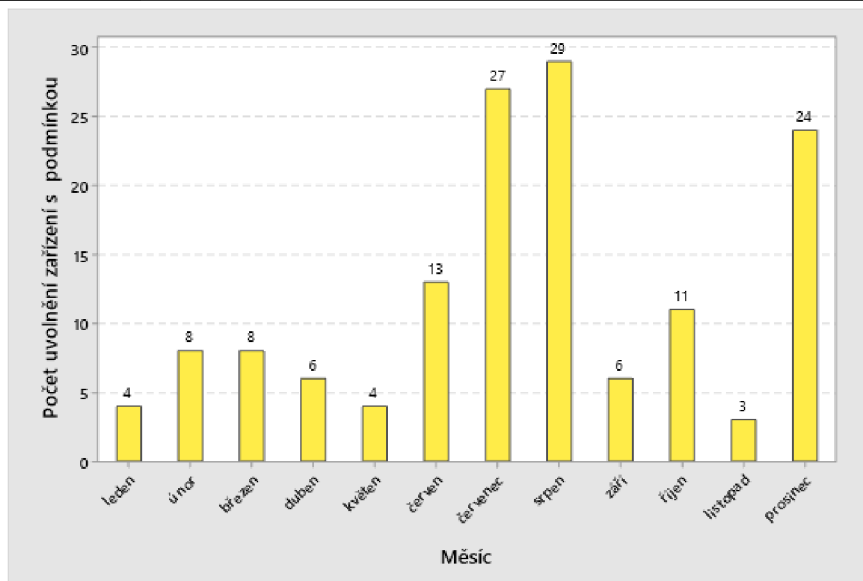
##### 4.4.1 Status interního uvolnění zařízení

V rámci procesu interního uvolnění zařízení je sledován status výsledku interního uvolnění, které se může nacházet ve statusu „uvolněno“ nebo „podmínečně uvolněno“. Výsledkem je procentuální porovnání mezi uvolněnými a podmínečně uvolněnými zařízeními. Počty obou uvolnění se pro názornost vynášejí do sloupcových grafů. Příklad těchto grafů je na obr. 31 a 32.

Cílem sledování je zjistit v jaké míře jsou pracovníci, kteří jsou odpovědní za dané výrobní zařízení, schopni plnit požadovaná kritéria pro uvolnění bez podmínky.



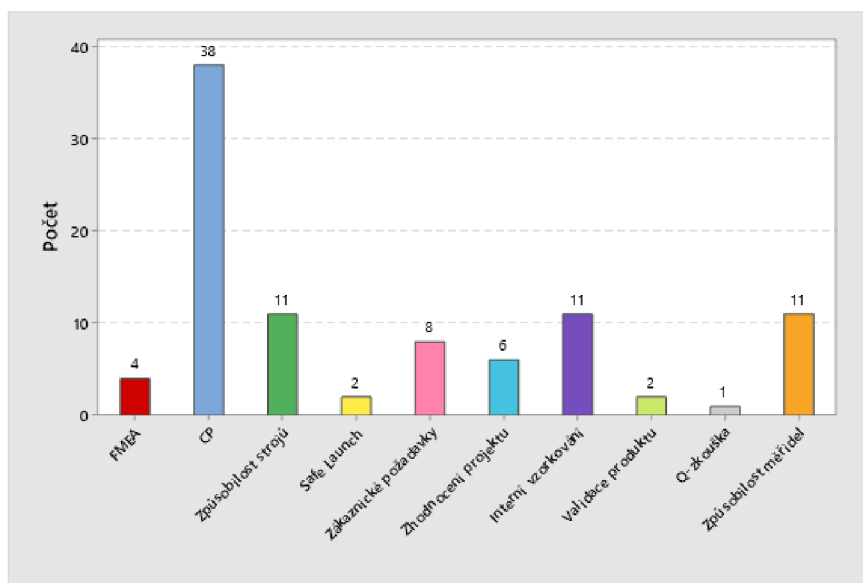
Obr. 31) Počet uvolnění zařízení bez podmínky



Obr. 32) Počet uvolnění zařízení s podmínkou

#### 4.4.2 Důvody vrácení interního uvolnění

Mezi ukazatele kvality procesu, které se sledují patří i důvody vrácení interního uvolnění zpět na odpovědného pracovníka výroby. Interní uvolnění není schváleno ve chvíli, kdy předložená dokumentace nesplňuje požadavky. Cílem tohoto sledování je odhalení slabých míst v procesu. V grafu lze vidět, že nejproblematictějším místem celého procesu interního uvolnění je tvorba kontrolního plánu, a z toho důvodu se mu budu podrobněji věnovat v následujících kapitolách.



Obr. 33) Důvody vrácení interního uvolnění

#### 4.4.3 Prodloužení podmínečného uvolnění

Podmínečné uvolnění se může dostat do stavu, kdy nebudou splněny dodatečné podmínky pro udělení plného uvolnění v řádném termínu. V tomto případě se přistupuje k prodloužení podmínečného uvolnění s novým termínem splnění těchto podmínek. Toto prodloužení je již eskalováno na vrchní management firmy pro podrobnější sledování. Podmínečné uvolnění se obvykle prodlužuje v případě uvolňování úplně nových zařízení, či produktů, se kterými nejsou

žádné zkušenosti. Účelem sledování je vyvarovat se případným chybám v budoucnu a nutnosti prodlužování termínů.

#### 4.4.4 Vypršení data podmíněného uvolnění bez zásahu

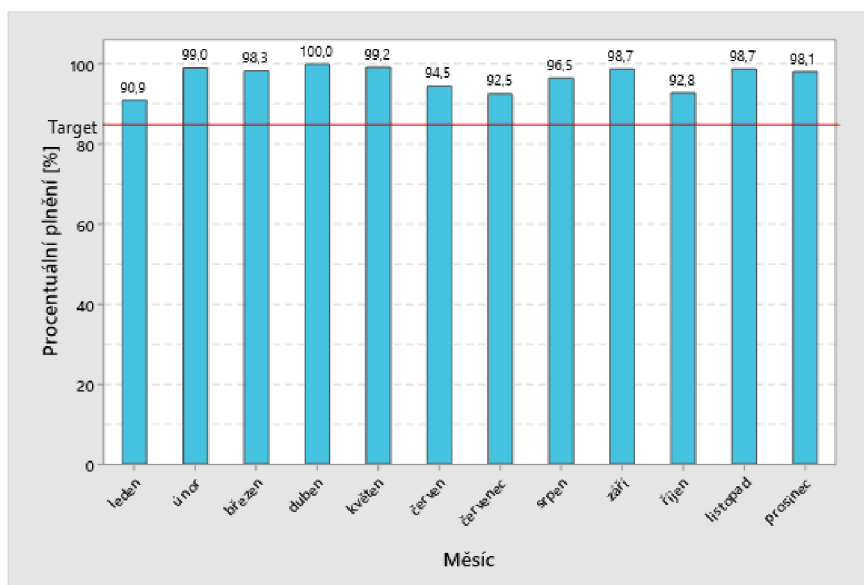
V ojedinělých případech se stává, že datum podmíněného uvolnění vyprší bez reakce odpovědné osoby. Za tímto selháním stojí obvykle chyba lidského činitele.

Vypršení data podmíněného uvolnění znamená, že se výrobní zařízení vrátí zpět do stavu „neuvolněno“. Pro pokračování v uvolnění je třeba znovu provést a vyhodnotit způsobilost stroje. U ostatní dokumentace proběhne pouze revize. Aby bylo zamezeno tomuto stavu, celý rok probíhá sledování v kolika případech dojde k vypršení data podmíněného uvolnění bez jakéhokoli povšimnutí a zásahu.

#### 4.4.5 Procentuální plnění správnosti podkladů pro uvolnění

Během každého uvolnění je sledováno a hodnoceno, zda jednotlivé výroby plní dodání veškerých požadovaných podkladů včas, a zda dodané podklady obsahují všechny náležitosti. Pokud nejsou dodané podklady v pořádku, může je pracovník odpovědný za interní uvolnění vrátit na přepracování. Každé vrácení k přepracování musí být řádně odůvodněno.

K vrácení může dojít, pokud chybí požadované dokumenty nebo pokud je mezi nimi nesoulad. Každý rok poté dochází k vyhodnocování uvolnění produktů a zařízení jednotlivých výrobních. Kompletnost a správnost dokumentace by měla dosáhnout alespoň 85%.



Obr. 34) Procentuální plnění správnosti podkladů

## 5 SYSTÉMOVÝ ROZBOR ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

Pro systémový rozbor řešené problematiky využijí procesní mapu, ve které bude názorně ukázáno, které procesy internímu uvolnění předcházejí, a které následují.

Pro určení příčin, které mohou mít za následek neuvolnění produktu nebo zařízení využijí Ishikawův diagram.

### 5.1 Procesní mapa

Obrázek č. 35 zobrazuje procesní mapu společnosti. Mapa znázorňuje vzájemné vazby a pořadí procesů. Procesy jsou rozdělené do tří skupin, a to na hlavní, řídicí a podpůrné. Všechny procesy se navzájem doplňují, ale i přesto funguje každý samostatně. Jednotlivé skupiny procesů se navzájem ovlivňují jako celek.

#### 5.1.1 Řídicí procesy

Řídicí procesy v podniku ovládá především vrcholové vedení. K řídicím procesům ve společnosti patří:

- zajišťování kvality;
- interní audity;
- řízení rizik;
- řízení efektivity;
- řízení procesů;
- finance;
- řízení dokumentace;
- tvorba strategií a plánů;
- management zdrojů;
- controlling.

#### 5.1.2 Podpůrné procesy

Podpůrné procesy jsou nezbytné pro hlavní a řídicí procesy. Řadí se mezi ně:

- Q-zkoušky;
- metrologie;
- BOZP;
- validace dodavatelů;
- proškolení;
- údržba;
- skladování;
- přepravní služby.

#### 5.1.3 Hlavní procesy

Hlavní procesy jsou neustále se opakující procesy spojující požadavky zákazníka na vstupu a spokojenost zákazníka na výstupu. Jejich pořadí nelze zaměnit. Jejich podrobný rozbor je uveden níže.

### Přijetí poptávky

Celý proces začíná u zákazníka, který kontaktuje oddělení centrálního nákupu s požadavkem na produkt. Zákazník musí přesně specifikovat své požadavky. Požadavky se obvykle týkají technických parametrů, kvality, výroby, logistiky, ceny nebo environmentu. Veškeré zákaznické požadavky jsou poté shrnuty v dokumentu „List of the Main Customer Specific Requirements“.

### Zpracování poptávky

V případě plánovaných nových naběhů je zahájeno zmapování plánovaných procesů a jejich celkové zhodnocení. Cílem tohoto postupu je zajištění včasného prověření všech relevantních požadavků na produkt, prověření vyrobiteľnosti a zajištění kvality produktu a robustnosti procesu pro sériovou produkci.

### Vytvoření nabídky

Na základě zmapování procesů vypracuje oddělení centrálního nákupu kalkulaci, která obsahuje celkové náklady a marži na produkt. Mezi celkové náklady patří např. přípravy, náklady na komponenty, energie, dlouhodobý majetek nebo počet pracovníků.

### Vývoj produktu

Při vývoji produktu je důležitá především komunikace se zákazníkem. Cílem je vyladit konečný design produktu. Zákazník si vyžádá několik vyrobených kusů vzorků, u kterých není uzavřený design, a na nich provede validační testy na motoru. Během testu sleduje, zda produkt plní svou funkci. Pokud svou funkci neplní, oddělení vývoje hledá řešení, jakým způsobem produkt upravit. Obvykle se jedná o změnu délky hadice, změnu typu konektoru nebo nasazení opletu. Design produktu se dále může měnit, pokud zákazník nesouhlasí s cenou a požaduje levnější řešení.

### Technická příprava výroby

Během procesu technické přípravy výroby je cílem zajistit a připravit montážní stanici a zařízení, na kterých se bude produkt vyrábět. Mohou nastat dva případy. Prvním případem je, že jsou montážní linka a zařízení k dispozici a bude nutné zajistit pouze vhodné přípravy.

Ve druhém případě, kdy není výrobní zařízení k dispozici, je nezbytné najít vhodného dodavatele a zařízení pořídit. Po výběru dodavatele se zařízení instaluje, udělá se kompletní přejímka a zařízení se interně uvolní pro sériovou výrobu.

### Nákup materiálu

Nákup materiálu zajišťuje oddělení nákupu. Nejprve je nutné nalézt vhodného dodavatele komponentů na základě výběrového řízení a následně definovat systém komunikace. Dále se musí nastavit kontrola vstupního materiálu a jeho následné uvolnění do výroby. Pokud je materiál v pořádku, postupuje dále do výroby. V případě, že materiál v pořádku není, vystaví se na příslušného dodavatele reklamace.

### Interní uvolnění produktu

Následuje proces interního uvolnění produktu. Aby mohl být produkt uvolněn, musí být vypracovány příslušné dokumenty a definovaný počet kusů musí projít zkouškami v laboratořích. Celý proces je podrobně popsán v kapitole č. 4.

## Výroba 0-série

Výrobní dávka pro 0-sérii je tvořena nejméně 300 kusy po sobě jdoucích dílů, pokud není zákazníkem definováno více. Vyrobené kusy se vyhodnotí dle stanovené sady otázek. Otázky se týkají veškeré dokumentace související s daným produktem, montážní linkou, jejím okolím a pracovníky. Otázky se následně vyhodnotí a vytvoří se protokol. Po vyhodnocení může dojít ke třem situacím, a to k uvolnění, uvolnění s podmínkou nebo zamítnutí.

V případě uvolnění s podmínkou se provedou nápravná opatření a následná revize protokolu. Po ověření účinné implementace nápravných opatření je hodnocení „uvolnění s podmínkou“ změněno na „uvolněno“.

### Zákaznický audit

Během zákaznického auditu je zákazníkovi předveden celý proces výroby od počátečního vstupu materiálu do závodu až po konečnou expedici finálního výrobku. Zákazník má vytvořen svůj list otázek, které postupně zodpovídají odpovědní pracovníci. Otázky se týkají samotné montážní linky, její čistoty, kapacity, přípravků, přepravy materiálu, skladování balení, nebo povinného školení personálu. Dále může zákazník požadovat k nahlédnutí technické dokumentace a protokoly dané montážní linky, na které se bude jeho produkt vyrábět.

### Zákaznické uvolnění

Pro zákaznické uvolnění se nahraje do příslušného portálu veškerá dokumentace, která souvisí s vyráběným typem. Může se jednat o části FMEA, kontrolního plánu, specifické znaky, fotografie daného typu výrobku nebo počty celkových reklamací závodu. Pokud je zákazník spokojený a nenajde žádné případné odchylky nebo nedostatky, je typ uvolněn a může se přejít k sériové výrobě.

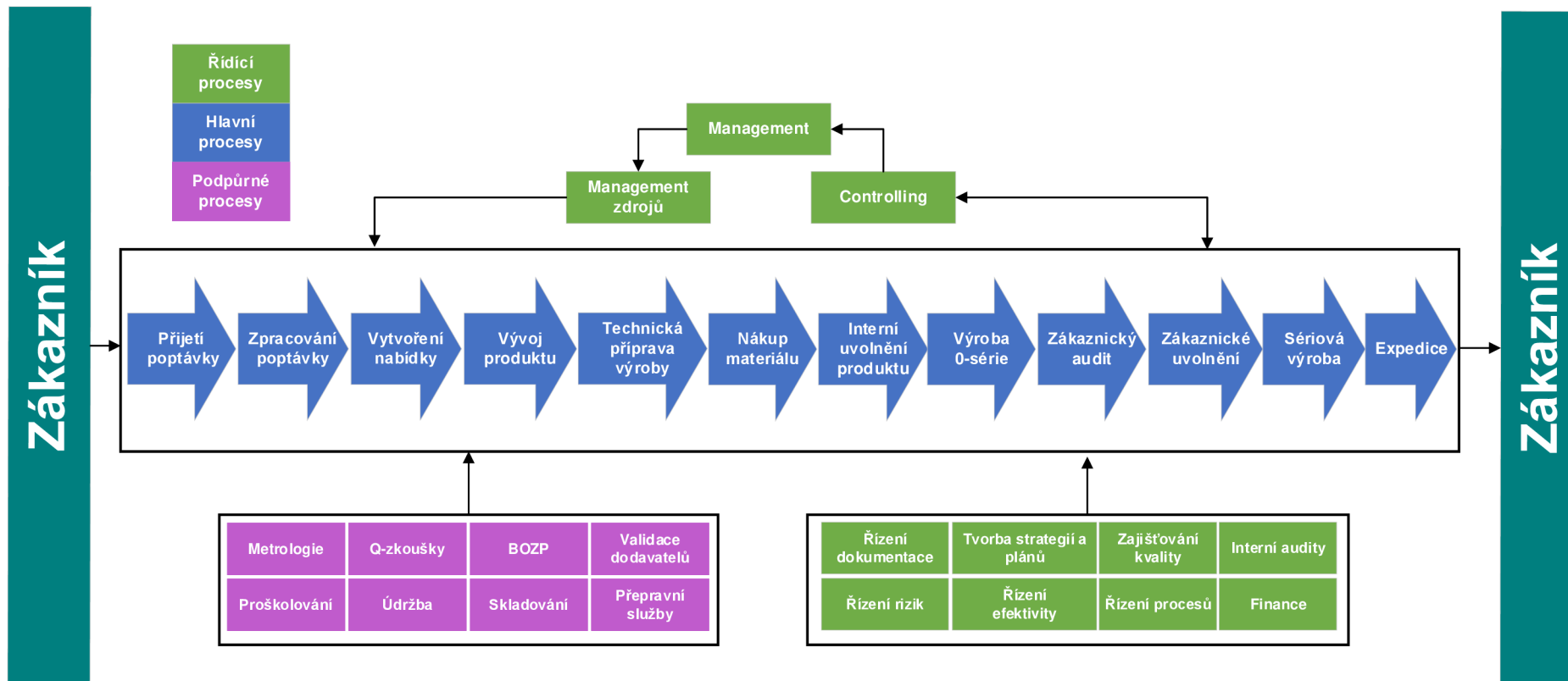
### Sériová výroba

Hlavní úlohou výroby je produkovat výrobky dle požadavků zákazníka při dodržení hlavních ukazatelů – KPI. Výroba se dělí na předmontáž a hlavní montáž. Během předmontáže se vyrábějí podsestavy, které dále postupují na hlavní montáž. Během hlavní montáže se montují finální výrobky, které jsou posílány na externího zákazníka. V průběhu výroby dále probíhá sběr procesních dat, která se dále vyhodnocují a archivují.

### Expedice

Odesílání zboží, jako poslední operace v rámci firmy patří mezi klíčové činnosti, protože jeho špatné provedení může mít za následek nedodání zboží zákazníkovi nebo jeho poškození a následné reklamace. Cílem je dodání správného množství, ve správný čas na správné místo a ve správné kvalitě. Hotové výrobky jsou přepraveny pravidelnými svozovými linkami z výrobního závodu na určené místo.

Fyzická příprava zboží pro expedici je zahájena 2 hodiny před stanoveným časem naložky. Zboží je nutné nakládat opatrně, aby nedošlo při naložce k poškození. Po naložení předá pracovník expedice řidiči veškeré doklady k nákladu. Převzetí nákladu si nechá od řidiče potvrdit v přepravním listě.



Obr. 35) Procesní mapa

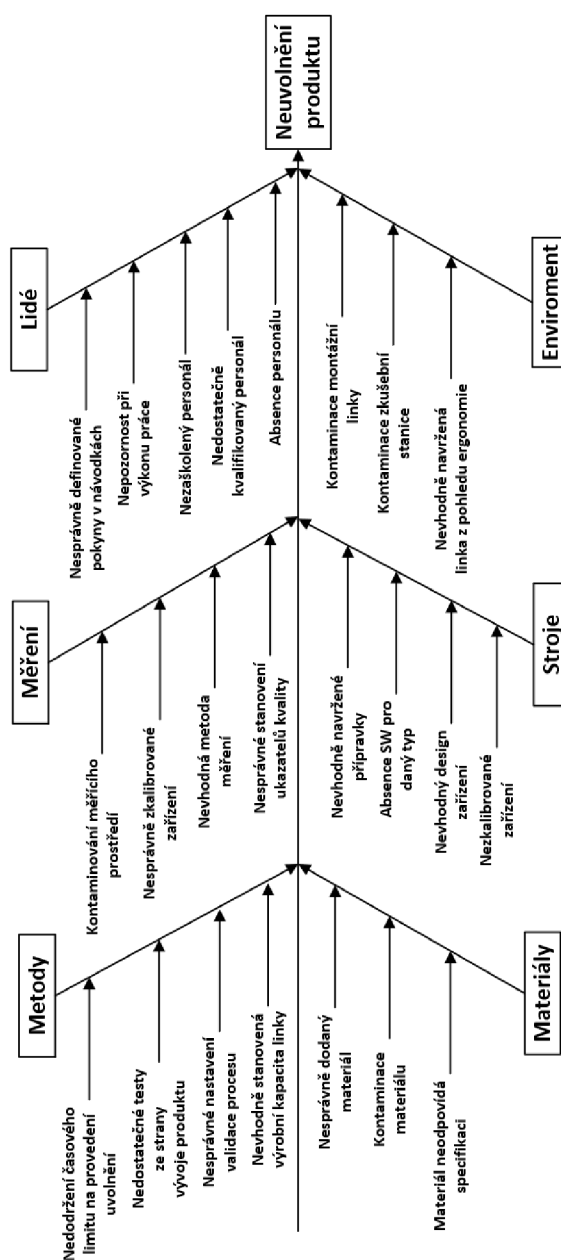


## 5.2 Ishikawův digram

Pro hlubší pochopení dané problematiky a pochopení vlivů působících na oba procesy, využijí Ishikawův diagram. Oba diagramy se zabírají příčinami, které mohou způsobit neuvolnění produktu nebo zařízení.

### 5.2.1 Neuvolnění produktu

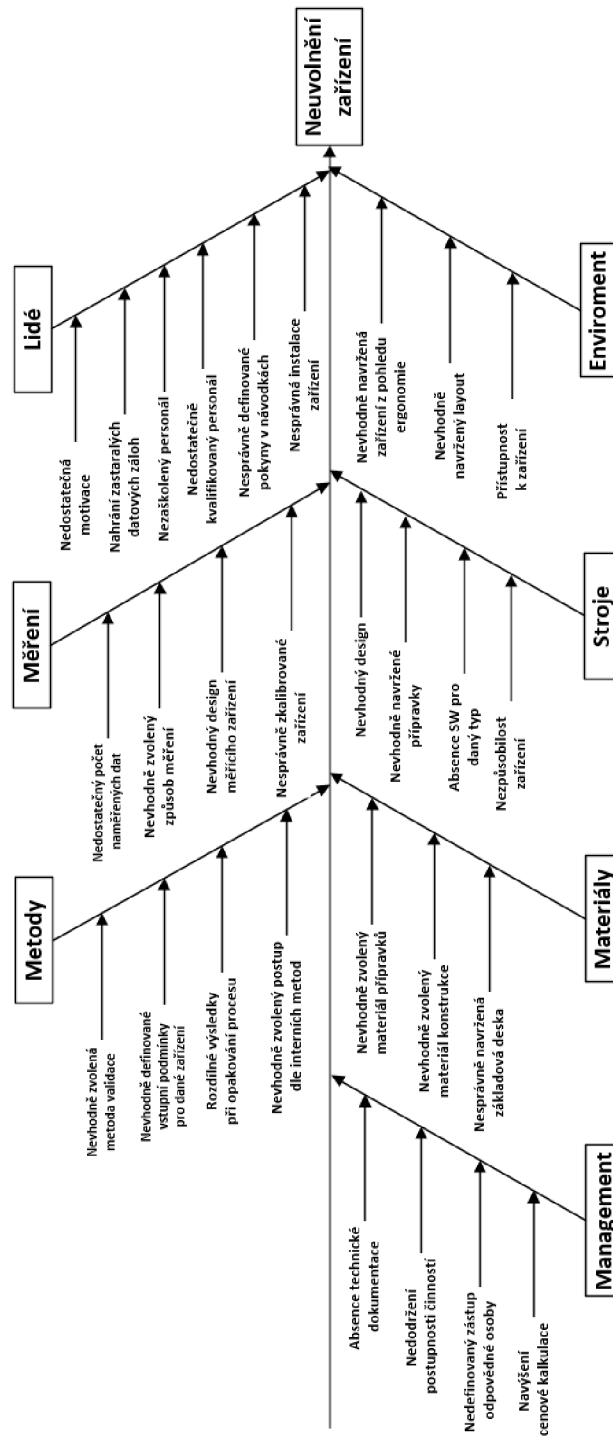
Prvním rizikem, pro které je zpracován diagram příčin a následků je neuvolnění produktu. V zobrazeném diagramu na obrázku č. 36 jsou uvedeny příčiny, které na proces uvolnění produktu mohou mít negativní vliv. Všechny příčiny jsou rozděleny do šesti kategorií, a to metody, měření, lidé, materiály, stroje a environment. Ze všech uvedených příčin se mezi nejobvyklejší řadí nesprávné navržení přípravku, materiál neodpovídající specifikaci a absence personálu. Ostatní příčiny se vyskytují velmi sporadicky.



Obr. 36) Ishikawův diagram pro neuvolnění produktu

## 5.2.2 Neuvolnění zařízení

Druhým rizikem, pro které je zpracován diagram příčin a následků je neuvolnění zařízení. Stejně jako v předešlé kapitole jsou zde uvedeny příčiny, které na proces uvolnění zařízení mohou působit. Všechny příčiny jsou rozděleny do sedmi kategorií, a to metody, měření, lidé, materiály, stroje, environment a management. Mezi obvykle se vyskytující příčiny neuvolnění zařízení patří především nesprávně definované pokyny v návodkách, nezkalibrované zařízení a nedostatečný počet měřených hodnot. Ostatní příčiny se objevují spíše výjimečně.



Obr. 37) Ishikawův diagram pro neuvolnění zařízení

## 6 POSOUZENÍ PROCESU INTERNÍHO UVOLNĚNÍ

Jednotlivé kroky interního uvolnění vychází z různých norem a metodik a podílí se na nich mnoho oddělení napříč celého závodu. V průběhu předešlých dvou let jsem měla možnost být součástí týmu, který se aktivně podílí na interním uvolnění produktů i zařízení. Společně s odpovědnými lidmi jsem si postupně prošla jednotlivé kroky uvolnění a měla možnost vidět jejich podrobný průběh. Osobně mohu říct, že zejména laboratorní zkoušky považuji za velmi zdařilé a dobře zvládnuté. I tak je tu ovšem spousta vlivů, které na proces interního uvolnění mohou působit, a velice významným způsobem jej ovlivňovat. Tyto vlivy je třeba identifikovat a posoudit. Za tímto účelem byla zvolena analýza SWOT, která pomůže odhalit silné i slabé stránky, příležitosti a hrozby.

### 6.1 SWOT analýza

Na základě rozhovoru s týmem odpovědným za interní uvolnění byla vypracována analýza SWOT s výsledkem uvedeným v tabulce níže. Tato analýza odhaluje oblasti, na které je možno se dále zaměřit.

Tab 12) SWOT analýza

<b>VNITŘNÍ</b>	<b>SILNÉ STRÁNKY</b>	<b>SLABÉ STRÁNKY</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Kvalifikovaní pracovníci</li> <li>• Výborná vybavenost laboratoří</li> <li>• Normou definované postupy</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Dlouhá doba při tvorbě FMEA a ostatních dokumentů</li> <li>• Nutnost komunikace mezi mnoha odděleními napříč firmou</li> <li>• Četné změny v časovém plánu</li> </ul>
<b>VNĚJŠÍ</b>	<b>PŘÍLEŽITOSTI</b>	<b>HROZBY</b>
	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Digitalizace výroby</li> <li>• Možnost sjednocení používaných SW při interním uvolnění</li> <li>• Úprava časové osy dle předchozí zkušenosti se zákazníkem</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>• Nesoulad dokumentů FMEA a kontrolních plánů</li> <li>• Nedodržení termínů</li> <li>• Zvýšení nákladů při opakovaném uvolnění</li> <li>• Stresová zátěž odpovědných pracovníků</li> </ul>

#### 6.1.1 Silné stránky

Mezi silné stránky společnosti jednoznačně patří výborná vybavenost testovacích laboratoří a v ní řádně kvalifikovaný personál. Testy prováděné na hotových výrobcích dokážou přesně simulovat reálné podmínky, při kterých je produkt používán. Každý test je navržen a promyšlen do nejmenších detailů a zároveň odpovídá veškerým požadavkům příslušných relevantních norem.

### **6.1.2 Slabé stránky**

Jakožto ve většině velkých korporátů i ve společnosti Bosch Diesel s.r.o. je jedním z problémů přílišné množství zakomponovaných pracovníků v rámci různých oddělení a jejich zdlouhavá vzájemná komunikace a posuzování. To vede k tomu, že z časového hlediska proces tvorby dokumentace, a to především tvorba dokumentu FMEA, trvá i několik týdnů a je nutno podstoupit nadbytečné kroky, které na výslednou dokumentaci nemají prakticky žádný významný vliv. Často se také stává, že se jednotlivé kroky časového plánu několikrát změní, což vede k chybám, které vznikají kvůli časovému tlaku, který je kladen na zainteresované pracovníky.

### **6.1.3 Příležitosti**

Jakožto první příležitost vidím ve sjednocení aktuálně používaných softwarů pro oba druhy interního uvolnění. Firma musí vynakládat zbytečné finance na udržování obou softwarů, i když je možnost uvolňování produktů a strojů sjednotit a používat software pouze jeden, a to konkrétně aplikaci Palstat.

Druhou příležitostí je zavedení elektronických známek v rámci digitalizace továrny při uvolňování zařízení namísto stávajících papírových známek.

### **6.1.4 Hrozby**

Největší hrozbou při interním uvolnění je nesoulad FMEA a kontrolního plánu. Problémovost tvorby kontrolního plánu vychází už ze samotného sledování důvodů vrácení interního uvolnění, což lze vidět v grafu na obrázku č. 33 v kapitole 4.4.2. Tvorba obou dokumentů probíhá odděleně, i když by mělo být prioritou tvorbu synchronizovat. Díky oddělené tvorbě dochází k tomu, že informace uvedené v jednom dokumentu neodpovídají informacím v dokumentu druhém.

Další hrozbou je nedodržení stanovených termínů především z důvodů častých změn v časovém plánu a s tím související stresová zátěž odpovědných pracovníků, a především také zvýšení nákladů na opakování interního uvolnění.

### **6.1.5 Potenciál zlepšení**

Z výše vypracované analýzy vyplývá, že v již zavedeném procesu interního uvolnění je několik možností ke zlepšení. Proto bych se chtěla v následující kapitole zaměřit na tyto oblasti:

- sjednocení SW pro interní uvolnění;
- provádění a udržování procesní FMEA;
- provádění a udržování kontrolního plánu;
- zavedení elektronických známek v rámci digitalizace výroby.

## 7 NÁVRH NA ZLEPŠENÍ PROCESU INTERNÍHO UVOLNĚNÍ

### 7.1 Software pro uvolňování zařízení

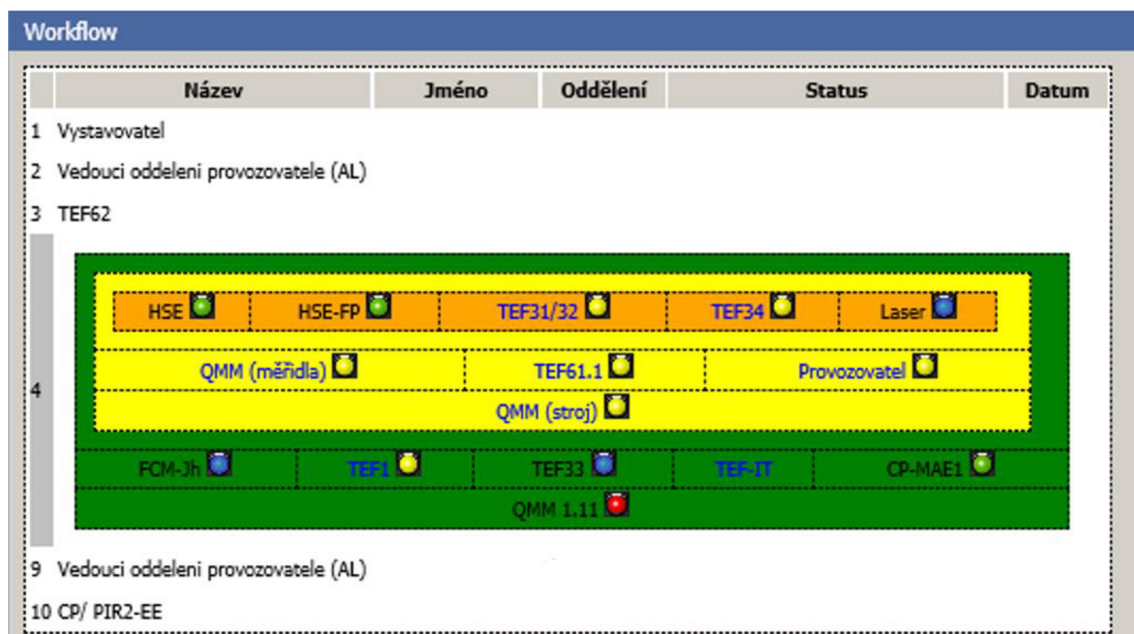
Aktuálně využívaný software pro uvolňování zařízení se nazývá Checkwork. Při zahájení uvolnění zařízení je do systému nejprve nutné zadat všechna základní požadovaná data dle obr. č. 38. Po zadání těchto dat je stroj ve stavu „neuvolněn“.

CheckWork v.2021.10

Obr. 38) Uvolňování zařízení v programu Checkwork

Dále se do systému vkládají požadované dokumenty a dochází k postupnému uvolňování, které má tři úrovně rozlišené různými barvami. Pokud není dokončena předešlá úroveň, nelze postoupit dál.

Během první úrovně se zařízení uvolňuje z hlediska bezpečnosti a funkčnosti. Ve druhé úrovni se zkoumá způsobilost zařízení, jeho ergonomie a jsou vytvářeny první vzorky pro zákazníka. Pokud jsou splněny všechny požadavky, je vylepena žlutá známka. Ve třetí úrovni je zařízení připojeno k síti, zajišťuje se záloha procesních dat, vytvoří se seznam náhradních dílů a zajistí servis. Po splnění všech dodatečných podmínek je vylepena zelená známka a lze přistoupit k samotné sériové výrobě.



Obr. 39) Uvolňovací semafor

### 7.1.1 Návrh na sjednocení

Jako ideální a jednoduché řešení vidím ve sjednocení softwaru při uvolňování produktů a zařízení. Aplikaci Palstat, která je již využívána pro uvolňování produktu, lze využít i pro uvolňování zařízení. Princip je prakticky stejný. Stejně jako v programu Checkwork lze do Palstatu vkládat požadované dokumenty a nastavit postupné tříúrovňové uvolňování.

Oproti Checkworku není nutné do Palstatu zadávat podrobné informace o uvolňovaném zařízení. Tyto informace jsou uloženy v databázi všech zařízení v jihlavských závodech, ze které se vybere pouze dané zařízení, a informace se samy automaticky doplní.

Další výhodou programu Palstat je, že sám automaticky upozorňuje formou emailu zapojené pracovníky dle nastaveného WorkFlow. Email je odeslán ve chvíli, kdy je žádán konkrétní úkon od konkrétního pracovníka dle předem definované posloupnosti. Pokud daný pracovník na výzvu nezareaguje do několika dnů a nastane prodleva, program sám pošle další email s výzvou. Délka prodlevy se pro zapojená oddělení a pracovníky liší.

Sjednocení softwaru při interním uvolnění bude zejména pro uživatele podstatně přívětivější, jelikož budou pracovat pouze v jednom uživatelském prostředí, díky čemuž je vyšší šance, že si daný program více osvojí. Jako další výhodou vidím v tom, že společnost nebude muset vynakládat finanční prostředky pro udržování dvou různých programů.

Proces

Číslo procesu: [ ] Druh: Proces Popis: [ ] Založil: [ ] Šablona: 10 | Uvolnění stroje Druh záznamu: Stroje Přřazený záznam: [ ]

Objednávka: [ ] PŠP element: [ ] Typově stejný stroj v JhP (výroba, umístění): [ ] Poznámka: [ ] Výrobní číslo stroje: [ ]

Správce: [ ] Středisko: [ ] Datum zahájení: [ ] Datum ukončení: [ ] Plánované ukončení: [ ] Datum SOP: [ ] Stav: Aktivní Fáze: 4.4 | Kompletní (finální) uvolnění

Pouze přemístění v rámci JhP  Servis zajištěn externí firmou  Seznam doporučených ND  Volné logické pole 4

Přidat fázi Přidat krok Stav fáze Akce fáze

Číslo	Název	Správce	Stav
2	Vedoucí oddělen...	OK - požadavk...	
3	Schválení vedou...	OK - požadavk...	
3	TEF62	OK - požadavk...	
	Přejímka TEF62	OK - požadavk...	
4.1	Testovací provoz	Požadavky čá...	
	HSE	OK - požadavk...	
	HSE-FP	Požadavky čá...	
	TEF31/32	OK - požadavk...	
	TEF34	Požadavky čá...	
	Laser	Požadavky čá...	
	FCM	Není relevantní	
4.2	Podmíněné uvol...	Požadavky čá...	
	QMM - Měřidla	OK - požadavk...	
	TEF 61	Požadavky čá...	
	Provozovatel	OK - požadavk...	
4.3	QMM (stroj)	OK - požadavk...	
	Uvolnění dle JhM...	OK - požadavk...	
4.4	Kompletní (fi...	Nezahájeno	
	TEF 1	Nezahájeno	
	TEF33	OK - požadavk...	
	TEF64-IT	Nezahájeno	
	CP-MAE1	OK - požadavk...	
4.9	Finální uvolnění ...	Nezahájeno	
	Uvolnění stroje	Nezahájeno	
9	Vedoucí oddělen...	Nezahájeno	
	Informovat AL	Nezahájeno	
10	CP/PR2-EE	Nezahájeno	
	Přejímka MAE1	Nezahájeno	

**Fáze**

Číslo fáze: 4.1 Název fáze: Testovací provoz Popis fáze: [ ] Stav: Požadavky částečně splněny

Automatický posun  Zamknuto

**Krok**

Číslo kroku: 30 Název kroku: TEF31/32 Popis kroku: [ ] Stav: OK - požadavky splněny

Správce: [ ] Plánované ukončení: [ ] Doba trvání (h): [ ]  Změna týmu [ ] Tým kroku: [ ]

**Body**

Číslo bodu	Název bodu	Vyhodnoti	Datum vyhodnocení	Plánované datum vyhodnocení	Text	Stav
10	Zálohy řídicích dat a image disků. Je uložen...					OK - požadavky splněny
20	Elektro-schéma v programu E-plan / AutoC...					OK - požadavky splněny
30	Prověření MAE na přítomnost virů. Bylo pr...					OK - požadavky splněny

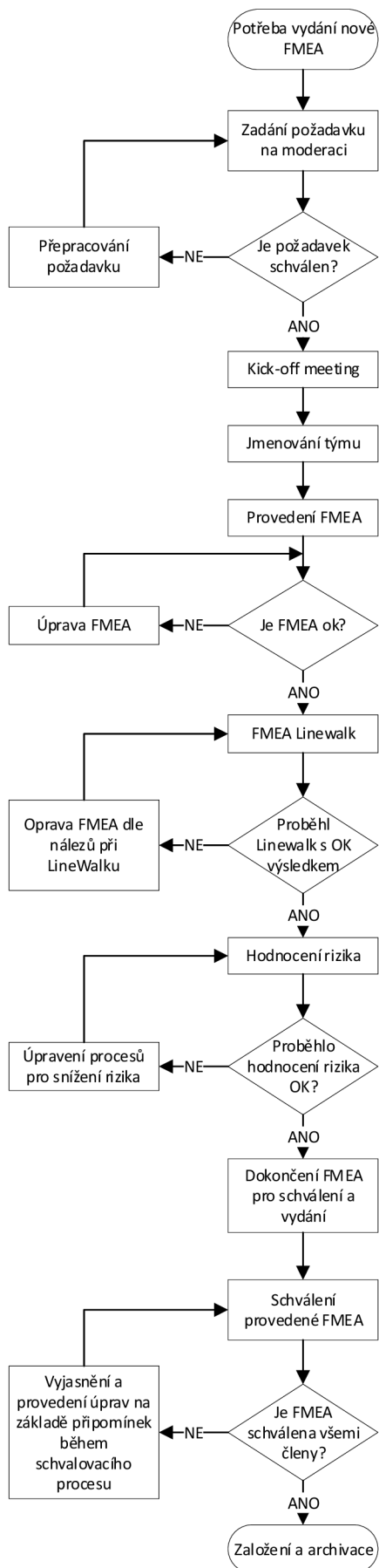
Prověření MAE na přítomnost virů. Týká se nových MAE obsahujících PLC/PC s OS (Prověření pomocí Bosch pc / ntb nebo pomocí scan usb zařízení). Bylo provedeno?

Obr. 40) Uvolňování zařízení v programu Palstat









Obr. 42) Vývojový diagram průběhu vypracování FMEA

## 7.2.2 Návrh na zjednodušení provádění procesní FMEA v JhP

Jelikož je vypracování dokumentu FMEA jedno z nejproblematictějších míst celého procesu interního uvolnění, bylo mým cílem celý postup zkrátit a zjednodušit. Stávající metodika je z časového hlediska značně náročná, protože obsahuje dle mého názoru nadbytečné kroky, které je možné zkrátit nebo zcela vynechat, a zároveň je zapojeno velké množství lidí napříč různými odděleními, kteří celý proces tvorby podstatným způsobem brzdí.

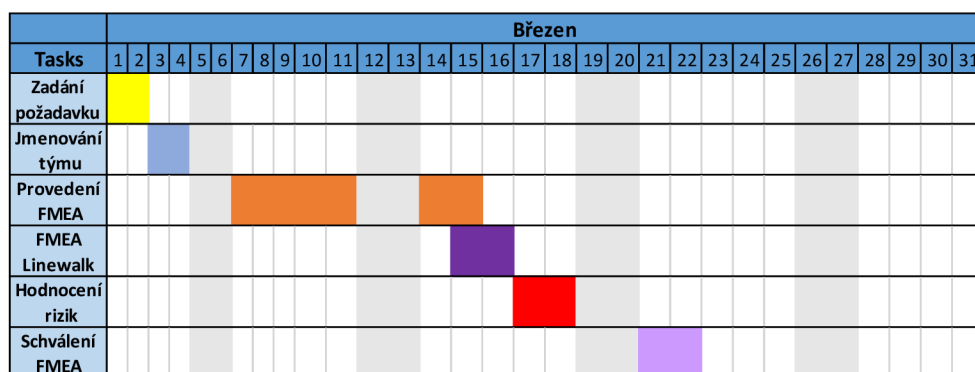
Na samém počátku je nezbytné rozlišit, zda se jedná o nový projekt, u něhož je třeba vypracovat úplně novou FMEA, nebo zda se jedná již o zavedený projekt, u něhož se bude FMEA pouze doplňovat a aktualizovat.

Mým prvním doporučením je přehodnotit organizaci počátečního Kick-off meetingu. V případě aktualizace FMEA u stávajícího projektu není nutné tento meeting svolávat a lze ho vynechat. Současně lze zkrátit i jmenování týmu, jelikož je tým již definovaný z prvotního Kick-off meetingu. Pokud se jedná o nový projekt, je organizace Kick-off meetingu nutná.

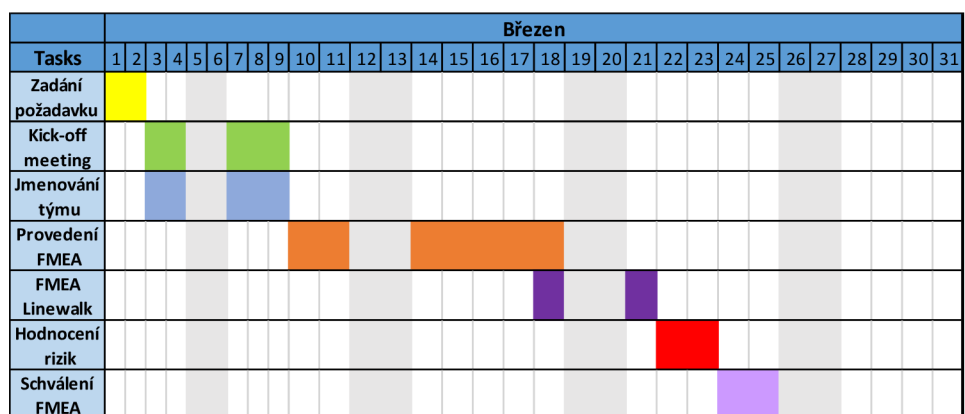
Následovné provedení Linewalku je možné provádět zároveň s tvorbou FMEA přímo na montážní lince a oba kroky se tedy mohou překrývat.

V případě závěrečného schválení FMEA není důvod, aby tento krok trval čtyři dny. Bylo by vhodné schválení FMEA přiřadit vysokou důležitost a celý proces tak zbytečně neprotahovat.

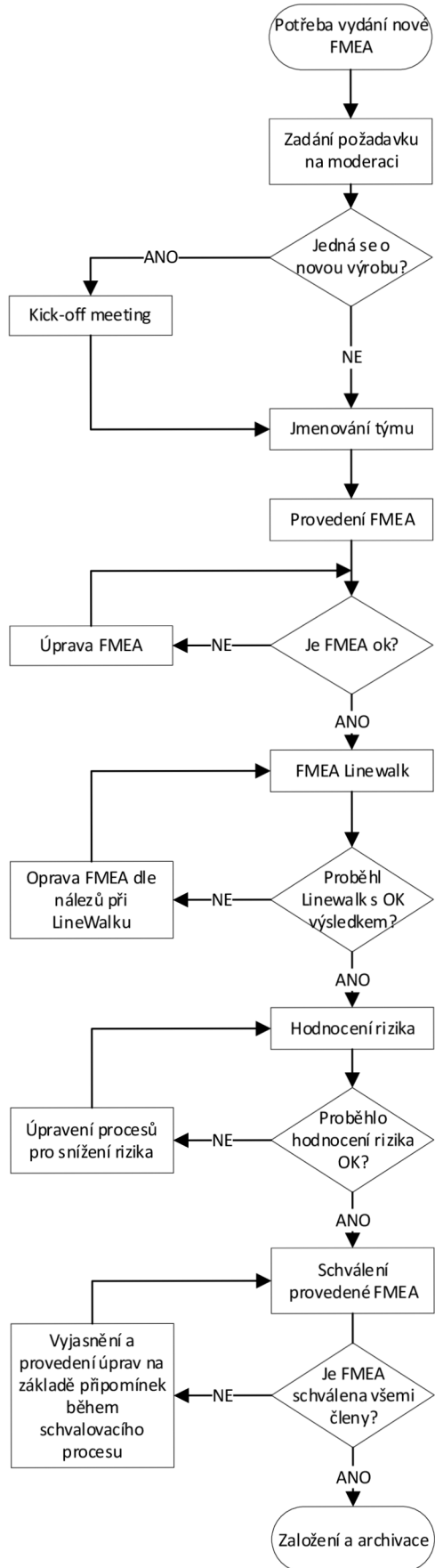
Odstraněním a zkrácením výše uvedených kroků lze celý proces tvorby FMEA v případě nové FMEA i v případě již vypracované FMEA zkrátit o více než týden.



Obr. 43) Časová osa vypracování FMEA u stávajícího projektu



Obr. 44) Časová osa vypracování FMEA u nového projektu



Obr. 45) Vývojový diagram tvorby FMEA po zjednodušení

## 7.3 Tvorba kontrolního plánu

Na základě sledování důvodů neuvolnění zařízení a produktu v kapitole č. 4.4.2 je tvorba kontrolního plánu jednoznačně nejproblematictějším místem celého procesu interního uvolnění. Kontrolní plán v JhP odpovídá směrnici CD 00301 a normě ISO TS 16949:2016 a musí splňovat dané požadavky. V případě, že požadavky nesplňuje, považuje se za neplatný. Aktuálně je za tvorbu kontrolního plánu odpovědný technolog dané montážní linky a je vyplňován do formuláře vytvořeného v MS Excel. Příklad formuláře je vyobrazen v tabulce č. 7 v kapitole č. 4.3.2.

### 7.3.1 Zhodnocení současného stavu tvorby kontrolního plánu

Před samotnou tvorbou kontrolního plánu, je nutné mít schválen a vydán dokument FMEA, se kterým musí být kontrolní plán v souladu, a ze kterého vychází. Dále je nutné mít vytvořené a schválené všechny návody týkající se dané montážní linky, jelikož kontrolní plán na tyto návody v mnoha případech odkazuje.

Za největší problém považují, že ač jsou dokument FMEA a kontrolní plán úzce propojeny a navzájem spolu souvisí, jejich tvorba probíhá odděleně. Poté se ovšem stává, že informace uvedené v jednom dokumentu, neodpovídají informacím v dokumentu druhém.

Prvotní problém obvykle nastává už v číselném označení návodek. Opakovaně se stává, že čísla návodek v obou dokumentech navzájem nekorrespondují. Pokud se číslo návody změní ve FMEA, je nutné tuto změnu zohlednit i v kontrolním plánu. Pokud není tato změna zohledněna a čísla návodek se v obou dokumentech liší, může se stát, že tento nesoulad bude nalezen při auditu jako odchylka.

Další změnou, která se v dokumentaci častokrát provádí, je doplnění nových typů produktu. V případě zavádění výroby nových typů na montážní lince, je nezbytné tyto typy zakomponovat jak do dokumentu FMEA, tak i do kontrolního plánu. Oba dokumenty je tedy nutné zvlášť doplnit. Pokud se doplnění opomene, nejsou dokumenty v souladu.

### 7.3.2 Návrh na zjednodušení tvorby kontrolního plánu

Pro tvorbu dokumentu FMEA je ve společnosti Bosch využívána aplikace IQ-RM PRO 7.0. Tato aplikace mimo jiné umožňuje tvorbu i dalších dokumentů a nástrojů využívaných při řízení rizik či kvality. Jedná se například o vývojové diagramy, 8D report nebo kontrolní plány.

Tato aplikace by tedy mohla být využita i při tvorbě kontrolních plánů namísto aktuálně využívaných formulářů tvořených v MS Excel. Kontrolní plán lze vygenerovat přímo z FMEA, což podstatným způsobem ušetří čas strávený při jeho tvorbě, a zároveň se zamezí chybám, odchylkám a nesouladu v obou dokumentech, které mohou vzniknout z důvodu nepozornosti odpovědného pracovníka. Návrh, jakým způsobem by mohl kontrolní plán vypadat, je zobrazen v tabulce č. 13.

Tab 13) Formulář pro tvorbu kontrolního plánu v aplikaci IQ-RM PRO 7.0

Číslo části/procesu	Procesový element/popis operace	Stroj/zařízení/nástroj	Č.	Charakteristika produktu	Charakteristika procesu	Klasifikace	Specifikace	Zkušební prostředek	Zodpovědný	Velikost	Četnost	Metoda řízení	Plán reakce	
Kontrolní plán														
Prototyp:		Prototypová série:		Série: X		Kontaktní osoba/telefon:			Vytvořeno: 17.12.2015		Změněno: 08.04.2022			
Číslo kontrolního plánu:				Hlavní tým: x				Datum/Schválení odd. zákazníka (pokud je požadováno): x						
Číslo části:				Dodavatel/Místo Schválení/Datum:				Datum/Schválení odd. zákaznické kvality (pokud je požadováno): x						
Název části/popis: x				Datum/Další schválení (pokud je požadováno): x				Datum/Další schválení (pokud je požadováno): x						
Dodavatel/Místo: x			Kód dodavatele: x											
Číslo části/procesu	Procesový element/popis operace	Stroj/zařízení/nástroj	Znaky			Klasifikace	Metody							
			Č.	Charakteristika produktu	Charakteristika procesu		Specifikace	Zkušební prostředek	Zodpovědný	Kontrolní vzorek Velikost    Četnost		Metoda řízení	Plán reakce	
1.1.1. 1.1.1. 1.1.2														
1.1.1. 1.1.1. 1.1.2. 1			1.1.1.						Supervisor					
			1.1.1. 1.1.2. 1.a						Supervisor					
			1.1.1. 1.1.1. 1.1.2. 1.b							Supervisor				
			1.1.1. 1.1.1. 1.1.2. 1.c							Supervisor				
			1.1.1. 1.1.1. 1.1.2. 1.d							Supervisor				
1.1.1. 1.1.1. 1.1.2. 1.e									Supervisor					
									Supervisor					

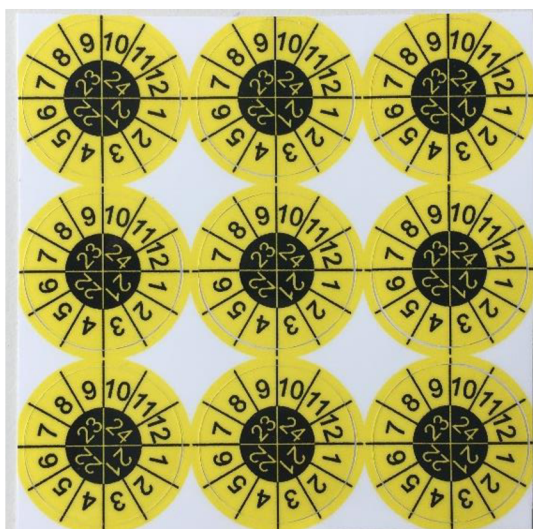
## 7.4 Znamky pro uvolnění zařízení

Výrobní zařízení, které má být interně uvolněno, se nejprve umístí na požadované místo. Na základě žádosti v systému Checkwork se v rámci přejímkového řízení vylepí na uvolňované zařízení známka s inventárním číslem. Znamka je obvykle lepena na rozvodnou skříň. V tuto chvíli nesmí být zařízení uvedeno do sériového provozu a nesmí na něm pracovat operátoři.



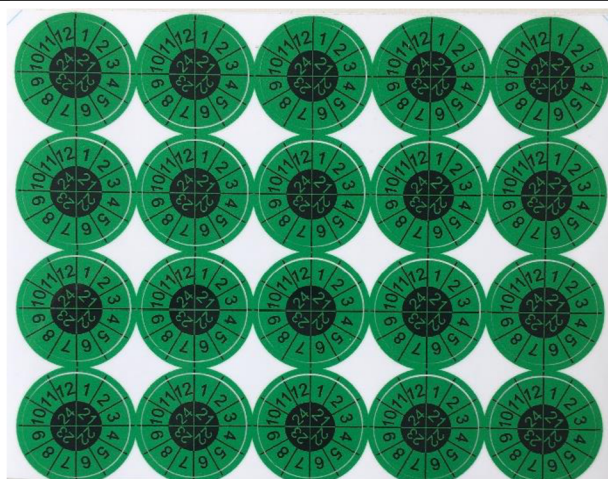
Obr. 46) Samolepka přejímky zařízení [4]

Do systému Checkwork se postupně vkládají dokumenty dle požadavků pro interní uvolnění zařízení. Pokud nejsou splněna všechna kritéria definovaná v kapitole 4.1.3, je zařízení uvolněno pouze s podmínkou a pracovník kvality nalepí na zařízení žlutou známku. Před vylepením známky provede pracovník vizuální kontrolu zařízení. Poté na zařízení vylepí žlutý terčík, který se procvakne, do kdy je zařízení uvolněno.



Obr. 47) Žlutá známka [foto autor]

Po splnění všech dodatečných požadavků je zaslán email na odpovědného pracovníka kvality, který zajistí vylepení zelené známky. Zelený terčík musí obsahovat datum, od kdy je zařízení uvolněno.



Obr. 48) Zelená známka [foto autor]

### 7.4.1 Elektronické známky

Electronic Shelf Labels je systém používaný především maloobchodníky pro zobrazování cen produktů na regálech. Plně grafický displej s vysokým rozlišením je vzdáleně aktualizován pomocí bezdrátové technologie. Displej zobrazuje tři barvy, a to červenou, černou a bílou a lze na něm zobrazit libovolný obsah. Použití štítků snižuje plýtvání a náklady na pracovní sílu a minimalizuje chyby.

Díky vysokému kontrastu je možné z displeje číst čárové kódy prostřednictvím běžného laserového snímače. Napájení je realizováno za pomoci dvou malých baterií, jejichž životnost je až pět let. Displej ESL spotřebovává energii z baterií pouze při bezdrátovém přenosu a aktualizaci dat. Štítky jsou bistabilní, což znamená, že obraz zůstane na displeji i po odpojení napájení. Displej lze vzdáleně aktualizovat prostřednictvím obousměrné komunikace pomocí komunikační jednotky Opticon.



Obr. 49) Elektronický štítek [30]

Pro komunikaci s elektronickými štítky je využívána komunikační jednotka. Pomocí této jednotky lze aktualizovat veškeré informace uvedené na všech připojených štítcích z jednoho centrálního místa. Komunikační jednotka řídí jak komunikaci se štítky, tak správu dat prostřednictvím přiloženého serverového softwaru pomocí rádiového protokolu. V běžném provozu může jedna jednotka ovládat až 2500 štítků různých velikostí. Dosah jednotky je minimálně 25 metrů.

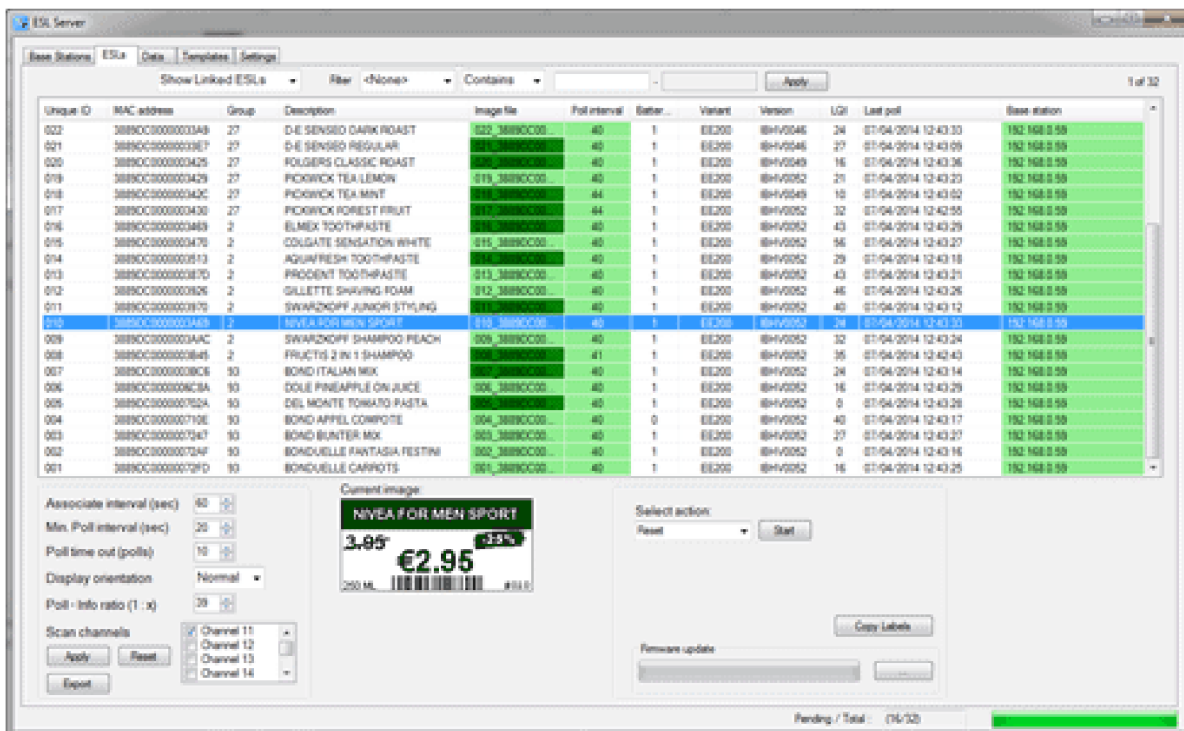




Obr. 50) Komunikační jednotka [31]

Pro ovládání a monitorování všech elektronických štítků a jednotek se využívá software Opticon ESL Server. Tento software propojí štítky přes komunikační jednotku s databází pro zpracování informací, což zajistí, že veškerý obsah zobrazený na displejích je aktuální. Tato výměna informací je zaznamenávána a je možné ji zobrazit pro vzdálené sledování, přičemž jedním ze způsobů, jak ji vzdáleně sledovat, je webová aplikace. Aplikace vyžaduje pouze standardní PC nebo mobilní zařízení se systémem Windows.

Software obsahuje spoustu grafických šablon, které lze přizpůsobovat a upravovat do požadovaného stylu. Navržený design je automaticky vygenerován a následně rozeslán do všech elektronických štítků. [30] [31]



Obr. 51) SW pro ovládání el. štítků [31]



## 7.4.2 Praktická realizace v JhP

Mým posledním návrhem je nahrazení aktuálně využívaných papírových známek výše popsanými elektronickými štítky. Nahrazení papírových známek elektronickými zjednoduší proces vylepování, jelikož odpovědný pracovník nebude muset přejíždět mezi jednotlivými závody, a známky přelepovat a vše bude moci řídit z jednoho místa. Tím se zároveň zamezí chybě lidského činitele při ražení data platnosti uvolnění. Kromě toho známka umožní uvedení více informací týkající se daného výrobního zařízení.

Na obrázku č. 52 je ukázána práce v softwaru pro návrh a řízení elektronických známek. Tento software lze propojit s databází strojů v aplikaci Palstat. Pokud se změní v Palstatu status zařízení, Opticon ESL Server tuto změnu zaregistruje a aktualizuje informace uvedené na známce.

Obr. 52) Ukázka práce v SW pro ovládání známek

Na obrázku č. 53 je návrh, jak by mohla elektronická známka vypadat. Znamka bude obsahovat označení stroje, informaci o stavu uvolnění a QR kód, který po načtení zobrazí kompletní kartu stroje se všemi informacemi. Uchycení známky ke stroji lze realizovat za pomoci nástěnného držáku, který dodává výrobce společně se známkou.



Obr. 53) Návrh elektronické známky [foto autor]

Všechny štítky jsou ovládány pomocí komunikačních jednotek. Komunikační jednotka dokáže pokrýt plochu o rozloze minimálně 1962 m<sup>2</sup>. Celková výrobní plocha FRL má rozlohu 2230 m<sup>2</sup>. Z výrobní plochy je ovšem potřeba odečíst plochu, kterou zabírají chodníky a regály s materiálem umístěné po obvodu haly. Za předpokladu vhodného umístění komunikační jednotky doprostřed výrobní haly nahoru nad výrobní stoje a vhodného natočení antén, bude stačit pouze jedna komunikační jednotka, která pokryje celou požadovanou plochu.

## 8 ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo popsat současný stav procesu interního uvolnění produktů a zařízení ve společnosti Bosch Diesel s.r.o., jeho důkladné posouzení a případné návrhy na jeho zlepšení.

Pro hlubší pochopení dané problematiky jsem na začátek práce zařadila teoretickou část, která podrobněji popisuje, a vysvětluje metody, které jsou používány ve společnosti Bosch Diesel s.r.o.

V úvodní části své práce se věnuji podrobnému popisu a rozboru současného stavu procesu interního uvolnění produktů i zařízení. Kapitola obsahuje detailní popis průběhu obou procesů včetně kritérií, které je pro udělení interního uvolnění nutné splnit. Dále jsou u obou procesů definovány ukazatele kvality a způsob jejich monitorování a vyhodnocování.

Následuje systémový rozbor řešené problematiky a její zasazení do širšího kontextu pomocí procesní mapy s popisem procesů, které internímu uvolnění předchází, a které následují. Příčiny, které mohou celý proces uvolnění negativně ovlivňovat, a způsobit jeho selhání, jsou rozebrány za pomoci Ishikawa diagramu pro dva konkrétní problémy, a to „neuvolnění zařízení“ a „neuvolnění produktu“.

Pro posouzení a zhodnocení dané problematiky byla zvolena SWOT analýza s primárním cílem odhalit slabé stránky procesů a nalézt vhodné příležitosti pro potencionální zlepšení.

SWOT analýza odhalila kromě možných trendů, které jsem rozvedla, i možné slabé stránky, které mohou ohrozit navrhovaná opatření. V konečném kontextu navrhovaná opatření musí být v souladu se všemi participujícími odděleními, které musí splňovat dílčí směrnice a nařízení v rámci vedení celého koncernu.

Závěrečná kapitola je věnována návrhu na zlepšení a zefektivnění procesu interního uvolnění za podmínek splnění všech zákaznických požadavků. Všechna navržená řešení se týkají zejména systémové a časové úspory s prvky zavedení digitalizace.

Má navržená řešení jsou:

- sjednocení SW pro interní uvolnění – nahrazení dvou aktuálně používaných SW jedním;
- zkrácení procesu tvorby PFMEA – odstranění neúčelných kroků během aktualizace již vytvořené PFMEA nebo jejich případná časová redukce u tvorby PFMEA nového projektu;
- zjednodušení tvorby CP – nahrazení nynějšího nástroje pro vyhotovení CP programem IQ-RM PRO 7.0 s provázáním na PFMEA;
- digitalizace výroby – vizualizace výsledku interního uvolnění za pomoci elektronických štítků.

Tato navržená opatření by zkvalitnila a zrychlila celý proces interního uvolnění, který je nyní příliš zdlouhavý a náročný. Ze SWOT analýzy vyplývají i další možnosti ke zkvalitnění procesu např. zlepšení komunikace se zákazníkem a stanovení reálných požadavků na uvolnění.

Všechna mnou navržená zlepšení byla managementem společnosti Bosch Diesel s.r.o. přijata s velmi pozitivním ohlasem.



## 9 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] *Bosch: Company overview* [online]. [cit. 2021-7-8]. Dostupné z: <https://www.bosch.com/company/>
- [2] *Naše společnost: Jihlava* [online]. [cit. 2021-7-8]. Dostupné z: <https://www.bosch.cz/nase-spolecnost/bosch-v-ceske-republice/jihlava/>
- [3] Úplný výpis z obchodního rejstříku. *Veřejný rejstřík a Sbírka listin* [online]. Brno [cit. 2021-7-8]. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/rejstrik-firma.vysledky?subjektId=512708&typ=UPLNY>
- [4] *Interní uvolnění zařízení a produktu*. Bosch Diesel Jihlava. Jihlava, 2018. Dostupné z firemní sítě Bosch Diesel Jihlava
- [5] *FMEA*. Bosch Diesel Jihlava. Jihlava, 2020. Dostupné z firemní sítě Bosch Diesel Jihlava
- [6] *Control Plan*. Bosch Diesel Jihlava. Jihlava, 2020. Dostupné z firemní sítě Bosch Diesel Jihlava
- [7] *Safe Launch Proces*. Bosch Diesel Jihlava. Jihlava, 2020. Dostupné z firemní sítě Bosch Diesel Jihlava
- [8] *Machine and Process Capability*. Bosch Diesel Jihlava. Jihlava, 2021. Dostupné z firemní sítě Bosch Diesel Jihlava
- [9] *Capability of Measurement and Test Processes*. Bosch Diesel Jihlava. Jihlava, 2021. Dostupné z firemní sítě Bosch Diesel Jihlava
- [10] *Dokumentace na pracovišti*. Bosch Diesel Jihlava. Jihlava, 2021. Dostupné z firemní sítě Bosch Diesel Jihlava
- [11] *Q-zkouška*. Bosch Diesel Jihlava. Jihlava, 2021. Dostupné z firemní sítě Bosch Diesel Jihlava
- [12] *Cleanliness methods*. Bosch Diesel Jihlava. Jihlava, 2021. Dostupné z firemní sítě Bosch Diesel Jihlava
- [13] *Zpracování pracovníků*. Bosch Diesel Jihlava. Jihlava, 2020. Dostupné z firemní sítě Bosch Diesel Jihlava
- [14] *Postup vzorkování*. Bosch Diesel Jihlava. Jihlava, 2021. Dostupné z firemní sítě Bosch Diesel Jihlava
- [15] ČSN EN IEC 60812. Analýza způsobů a důsledků poruch (FMEA a FMECA). 2. vydání. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019.
- [16] ISO/TS 16949. Automotive Quality Management System Standard: Quality management system requirements for automotive production and relevant service parts organizations. IATF, 2016.
- [17] ISO 16232. Road vehicles: Cleanliness of components and systems. Switzerland, 2018.
- [18] PLURA, J. VYPOVÍDACÍ SCHOPNOST INDEXŮ ZPŮSOBILOSTI PROCESU: Indexy způsobilosti procesu a jejich vzájemné vztahy. 2002, 67-72.
- [19] LENK, Ondřej. *Optimalizace analýzy systémů měření*. Plzeň, 2015. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni. Vedoucí práce Petr Netolický.
- [20] TOŠENOVSKÝ, Josef a Darja NOSKIEVIČOVÁ. Statistické metody pro zlepšování jakosti. Ostrava: Montanex, 2000. ISBN 80-7225-040-X.

- [21] Lean Six Sigma: Způsobnost procesu [online]. [cit. 2022-03-19]. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/zpusobilost-procesu/>
- [22] *Fuel Return Line*. Bosch Diesel Jihlava. Jihlava, 2021. Dostupné z firemní sítě Bosch Diesel Jihlava
- [23] FMEA. *Lean Six Sigma Definition* [online]. [cit. 2022-01-11]. Dostupné z: <https://www.leansixsigmadefinition.com/glossary/fmea/>
- [24] VALENTOVÁ, Karolína. *Vliv metod měření a kontroly kvality na kvalitu výroby v procesu obrábění*. Liberec, 2017. Bakalářská práce. Technická univerzita v Liberci. Vedoucí práce Jiří Rozkovec.
- [25] SZMEK, Tomáš. *STABILITA PROCESU VÝROBY ŽELEZNIČNÍCH PODKLADNIC*. Brno, 2011. Diplomová práce. Vysoké učení Technické v Brně. Vedoucí práce Petr Koška.
- [26] VDA 6.3. *Audit procesu: Sériová výroba*. 3. vydání. Praha: Česká společnost pro jakost, 2017.
- [27] JANIŠOVÁ, Dana a Mirko KŘIVÁNEK. *Velká kniha o řízení firmy*. Praha: Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4337-0.
- [28] HORÁLEK, Vratislav. *Jednoduché nástroje řízení jakosti I*. Praha: Národní informační středisko pro podporu jakosti, 2004, 84 s. ISBN 80-02-01689-0.
- [29] Diagram příčin a následků. Wikipedia: the free encyclopedia [online]. San Francisco (CA): Wikimedia Foundation, 2001- [cit. 2022-02-19]. Dostupné z: [https://cs.wikipedia.org/wiki/Diagram\\_p%C5%99%C3%AD%C4%8Din\\_a\\_n%C3%A1sledk%C5%AF](https://cs.wikipedia.org/wiki/Diagram_p%C5%99%C3%AD%C4%8Din_a_n%C3%A1sledk%C5%AF)
- [30] Opticon Electronic Shelf Labels. Opticon [online]. The Netherlands [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: <https://opticon.com/product-category/display-solutions/electronic-shelf-labels/>
- [31] The Opticon base station. Opticon [online]. The Netherlands [cit. 2022-04-07]. Dostupné z: <https://opticon.com/product/ebs-40/>
- [32] PŮČEK, Milan Jan. SWOT ANALÝZA metodika [online]. In: Praha: Národní síť Zdravých měst ČR, 2020, s. 24 [cit. 2022-04-30]. ISBN 978-80-907917-2-5. Dostupné z: [https://www.dataplan.info/img\\_upload/f96fc5d7def29509aeffc6784e61f65b/analyza-swot-metodika\\_1.pdf](https://www.dataplan.info/img_upload/f96fc5d7def29509aeffc6784e61f65b/analyza-swot-metodika_1.pdf)
- [33] VEJTASOVÁ, Vendula. *ZLEPŠOVÁNÍ KVALITY VÝROBNÍHO PROCESU ESKALÁTORŮ/VÝTAHŮ*. Brno, 2020. Bakalářská práce. Vysoké učení technické.
- [34] ČSN ISO 7870-2: Regulační diagramy – Část 2: Shewhartovy regulační diagramy. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.

# 10 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

## 10.1 Seznam obrázků

Obr. 1)	Grafické znázornění charakteristik indexu $C_m$ [18].....	22
Obr. 2)	Grafické znázornění charakteristik indexu $C_{mk}$ [18] .....	22
Obr. 3)	Příklad regulačního diagramu [25] .....	25
Obr. 4)	Proces auditu [26] .....	31
Obr. 5)	Základní schéma diagramu příčin a následků [29] .....	33
Obr. 6)	Obecné schéma procesní mapy [27] .....	34
Obr. 7)	Logo společnosti [2] .....	35
Obr. 8)	Příklad FRL [22].....	36
Obr. 9)	L a T konektory [22].....	37
Obr. 10)	Čtyřvrstvé palivové potrubí [22] .....	37
Obr. 11)	Dvouvrstvé palivové potrubí [22].....	38
Obr. 12)	Ochranné návleky [22] .....	38
Obr. 13)	Zpětný ventil [22] .....	38
Obr. 14)	Overview nového typu [5] .....	43
Obr. 15)	Rozhodovací proces pro aktualizaci [5] .....	44
Obr. 16)	Kalibrační měrka pro měření délkových rozměrů [foto autor].....	48
Obr. 17)	Kalibrační měrka pro měření úniku tekutiny [foto autor] .....	48
Obr. 18)	Průběh měření rozměrů FRL [foto autor].....	50
Obr. 19)	Zaznamenání měření [foto autor] .....	50
Obr. 20)	Rozměrová kontrola FRL [foto autor].....	52
Obr. 21)	Bubbletest [foto autor].....	52
Obr. 22)	Burst Test [foto autor] .....	53
Obr. 23)	FRL určené k testování [foto autor] .....	54
Obr. 24)	Filtr pro zachytávání nečistot [foto autor] .....	54
Obr. 25)	Testovací zařízení [foto autor].....	55
Obr. 26)	Pec pro vysoušení filtru [foto autor].....	55
Obr. 27)	Optoelektronická kamera [foto autor] .....	55
Obr. 28)	Vyplavené nečistoty .....	56
Obr. 29)	Teplotní komora [foto autor] .....	57
Obr. 30)	Pulzační a vibrační stanice [foto autor] .....	57
Obr. 31)	Počet uvolnění zařízení bez podmínky .....	60
Obr. 32)	Počet uvolnění zařízení s podmínkou .....	61
Obr. 33)	Důvody vrácení interního uvolnění .....	61
Obr. 34)	Procentuální plnění správnosti podkladů.....	62
Obr. 35)	Procesní mapa.....	66
Obr. 36)	Ishikawův diagram pro neuvolnění produktu .....	67
Obr. 37)	Ishikawův diagram pro neuvolnění zařízení.....	68
Obr. 38)	Uvolňování zařízení v programu Checkwork.....	71
Obr. 39)	Uvolňovací semafor.....	72
Obr. 40)	Uvolňování zařízení v programu Palstat .....	73
Obr. 41)	Časová osa tvorby FMEA.....	74



Obr. 42)	Vývojový diagram průběhu vypracování FMEA.....	75
Obr. 43)	Časová osa vypracování FMEA u stávajícího projektu .....	76
Obr. 44)	Časová osa vypracování FMEA u nového projektu.....	76
Obr. 45)	Vývojový diagram tvorby FMEA po zjednodušení .....	77
Obr. 46)	Samolepka přejímky zařízení [4] .....	80
Obr. 47)	Žlutá známka [foto autor].....	80
Obr. 48)	Zelená známka [foto autor] .....	81
Obr. 49)	Elektronický štítek [30].....	81
Obr. 50)	Komunikační jednotka [31].....	82
Obr. 51)	SW pro ovládání el. štítků [31] .....	82
Obr. 52)	Ukázka práce v SW pro ovládání známek.....	83
Obr. 53)	Návrh elektronické známky [foto autor] .....	83

## 10.2 Seznam tabulek

Tab 1)	Hodnocení závažnosti následku poruchy .....	18
Tab 2)	Kritéria GRR .....	24
Tab 3)	Příklad katalogových otázek .....	32
Tab 4)	Formulář pro uvolnění zařízení .....	39
Tab 5)	Formulář pro uvolnění výrobku pro sériovou výrobu .....	41
Tab 6)	Příklad Linewalk Checklistu .....	43
Tab 7)	Formulář pro kontrolní plán .....	46
Tab 8)	Předepsané limitní množství nečistot pro testovací zařízení .....	54
Tab 9)	Roztřídění partikulí do tříd .....	56
Tab 10)	Příklad limitních hodnot pro FRL .....	56
Tab 11)	Rozhodovací matice .....	59
Tab 12)	SWOT analýza .....	69
Tab 13)	Formulář pro tvorbu kontrolního plánu v aplikaci IQ-RM PRO 7.0 .....	79



### 10.3 Seznam zkratk a symbolů

8D	[-]	Eight disciplines problem solving
Ci	[-]	Hodnota čistoty
CL		Control Line
C <sub>m</sub>	[-]	Index způsobilosti stroje
C <sub>mk</sub>	[-]	Index způsobilosti stroje
CP	[-]	Kontrolní plán
C <sub>p</sub>	[-]	Index způsobilosti
C <sub>pk</sub>	[-]	Index způsobilosti
D	[-]	Detectability
d <sub>2</sub>	[-]	součinitel pro výpočet regulačních mezí
D <sub>3</sub>	[-]	součinitel pro výpočet regulačních mezí
D <sub>4</sub>	[-]	součinitel pro výpočet regulačních mezí
DNA	[-]	Diagnose Nacharbeit Analysezentrum
FIFO	[-]	First In First Out
FMEA	[-]	Failure Mode and Effects Analysis
FRL	[-]	Fuel Return Line
GmbH	[-]	Gesellschaft mit beschränkter Haftung
%GRR	[-]	Celková variabilita měření
IoT	[-]	Internet of Things
ISO	[-]	International Organization for Standardization
JIT	[-]	Just In Time
JhP	[-]	Jihlavské závody
KPI	[-]	Key Performance Indicator
LSL		Lower Specification Limit
MAE	[-]	Machinery and equipment
MFx	[-]	Výrobní úseky
n	[ks]	Počet výběrů
O	[-]	Occurrence
OPL	[-]	Open Points List
PV	[-]	Variabilita mezi díly
QMM	[-]	Oddělení pro podporu a aplikaci nástrojů jakosti
QMM2	[-]	Oddělení řízení kvality a zákaznických reklamací
R		Rozpětí
Rm		Klouzavá rozpětí
RPN	[-]	Risk Priority Number
s		Výběrová směrodatná odchylka
S	[-]	Severity
SL	[-]	Safe Launch

T		Tolerance
TEF10	[-]	Oddělení správy dokumentace výrobků
TRC		Technical Root Cause
TV	[-]	Celková variabilita
TWI JI		Training Within Industry Job Instruction
USL		Upper Specification Limit
VDA	[-]	Verband der Automobilindustrie
$\bar{x}$		Průměr
$\mu$		Střední hodnota
$\sigma^2$		Rozptyl
$\sigma$		Směrodatná odchylka
$\hat{\sigma}$		Odhad směrodatné odchylky

## 11 SEZNAM PŘÍLOH

Příloha A – tabulka koeficientů pro výpočet regulačních mezí



# 12 PŘÍLOHY

## Příloha A – tabulka koeficientů pro výpočet regulačních mezí

Rozsah podskupin n	Součinitele pro regulační meze											Součinitele pro centrální průmku	
	X̄ -diagram			s-diagram				R-diagram *				S použitím s *	S použitím R *
	A	A <sub>2</sub>	A <sub>3</sub>	B <sub>3</sub>	B <sub>4</sub>	B <sub>5</sub>	B <sub>6</sub>	D <sub>1</sub>	D <sub>2</sub>	D <sub>3</sub>	D <sub>4</sub>	C <sub>4</sub>	d <sub>2</sub>
2	2,121	1,880	2,659	–	3,267	–	2,606	–	3,686	–	3,267	0,7979	1,128
3	1,732	1,023	1,954	–	2,568	–	2,276	–	4,358	–	2,575	0,8862	1,693
4	1,500	0,729	1,628	–	2,266	–	2,088	–	4,698	–	2,282	0,9213	2,059
5	1,342	0,577	1,427	–	2,089	–	1,964	–	4,918	–	2,114	0,9400	2,326
6	1,225	0,483	1,287	0,030	1,970	0,029	1,874	–	5,079	–	2,004	0,9515	2,534
7	1,134	0,419	1,182	0,118	1,882	0,113	1,806	0,205	5,204	0,076	1,924	0,9594	2,704
8	1,061	0,373	1,099	0,185	1,815	0,179	1,751	0,388	5,307	0,136	1,864	0,9650	2,847
9	1,000	0,337	1,032	0,239	1,761	0,232	1,707	0,547	5,394	0,184	1,816	0,9693	2,970
10	0,949	0,308	0,975	0,284	1,716	0,276	1,669	0,686	5,469	0,223	1,777	0,9727	3,078
11	0,905	0,285	0,927	0,321	1,679	0,313	1,637	0,811	5,535	0,256	1,744	0,9754	3,173
12	0,866	0,266	0,886	0,354	1,646	0,346	1,610	0,923	5,594	0,283	1,717	0,9776	3,258
13	0,832	0,249	0,850	0,382	1,618	0,374	1,585	1,025	5,647	0,307	1,693	0,9794	3,336
14	0,802	0,235	0,817	0,406	1,594	0,399	1,563	1,118	5,696	0,328	1,672	0,9810	3,407
15	0,775	0,223	0,789	0,428	1,572	0,421	1,544	1,203	5,740	0,347	1,653	0,9823	3,472
16	0,750	0,212	0,763	0,448	1,552	0,440	1,526	1,282	5,782	0,363	1,637	0,9835	3,532
17	0,728	0,203	0,739	0,466	1,534	0,458	1,511	1,356	5,820	0,378	1,622	0,9845	3,588
18	0,707	0,194	0,718	0,482	1,518	0,475	1,496	1,424	5,856	0,391	1,609	0,9854	3,640
19	0,688	0,187	0,698	0,497	1,503	0,490	1,483	1,489	5,889	0,404	1,596	0,9862	3,689
20	0,671	0,180	0,680	0,510	1,490	0,504	1,470	1,549	5,921	0,415	1,585	0,9869	3,735
21	0,655	0,173	0,663	0,523	1,477	0,516	1,459	1,606	5,951	0,425	1,575	0,9876	3,778
22 <sup>NP5)</sup>	0,640	0,167	0,647	0,534	1,466	0,528	1,448	1,660	5,979	0,435	1,567	0,9882	3,819
23	0,626	0,162	0,633	0,545	1,455	0,539	1,438	1,711	6,006	0,443	1,557	0,9887	3,858
24	0,612	0,157	0,619	0,555	1,445	0,549	1,429	1,759	6,032	0,452	1,548	0,9892	3,895
25	0,600	0,153	0,606	0,565	1,435	0,559	1,420	1,805	6,056	0,459	1,541	0,9896	3,931

\* Nedoporučuje se pro rozsah výběru n > 10.