



TECHNICKÁ UNIVERZITA V LIBERCI
Fakulta strojní



Vztah reklamací produkce a údržby zařízení v organizaci

Diplomová práce

Studijní program: N2301 – Strojní inženýrství
Studijní obor: 2301T049 – Výrobní systémy a procesy
Autor práce: **Bc. Petr Čechák**
Vedoucí práce: Ing. Věra Pelantová, Ph.D.



ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(PROJEKTU, UMĚLECKÉHO DÍLA, UMĚLECKÉHO VÝKONU)

Jméno a příjmení: **Bc. Petr Čečák**
Osobní číslo: **S15000320**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Výrobní systémy a procesy**
Název tématu: **Vztah reklamací produkce a údržby zařízení v organizaci**
Zadávající katedra: **Katedra výrobních systémů a automatizace**

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

1. Zpracujte úvod do problematiky vztahu reklamací produkce a údržby zařízení v organizaci.
2. Provedte průzkum současného stavu vztahu reklamací produkce a údržby zařízení v dané organizaci.
3. Stanovte možná rizika, která ovlivňují vznik neshod, které vedou na reklamace v organizaci.
4. Optimalizujte vztah zajištění kvality produkce a řízení údržby zařízení s ohledem na procesní přístup.
5. Vytvořte doporučení pro organizace v současnosti s důrazem na údržbu.
6. Závěr

Rozsah grafických prací: **Dle potřeby**
Rozsah pracovní zprávy: **50 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**
Seznam odborné literatury:

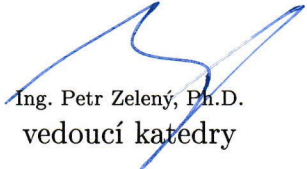
- [1] LEGÁT, V. a kol. Management a inženýrství údržby. 1. vyd. Příbram: Kamil Mařík - Profesional Publishing, 2013. ISBN 978-80-7431-119-2.
[2] PELANTOVÁ, V., J. Havlíček. Integrace a systémy managementu. 1 vyd. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2014. ISBN 978-80-7494-164-1.
[3] VEBER, J. a kol. Management kvality, environmentu a bezpečnosti práce. Praha: Management Press, 2006. ISBN 80-7261-146-1.
[4] Odborné časopisy a sborníky v tištěné nebo elektronické formě.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Věra Pelantová, Ph.D.**
Ústav mechatroniky a technické informatiky

Datum zadání diplomové práce: **1. listopadu 2016**
Termín odevzdání diplomové práce: **1. února 2018**


prof. Dr. Ing. Petr Lenfeld
děkan




Ing. Petr Zelený, Ph.D.
vedoucí katedry

V Liberci dne 1. listopadu 2016

Prohlášení

Byl jsem seznámen s tím, že na mou diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci (TUL) nezasahuje do mých autorských práv užitím mé diplomové práce pro vnitřní potřebu TUL.

Užiji-li diplomovou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti TUL; v tomto případě má TUL právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Diplomovou práci jsem vypracoval samostatně s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé diplomové práce a konzultantem.

Současně čestně prohlašuji, že tištěná verze práce se shoduje s elektronickou verzí, vloženou do IS STAG.

Datum: 22.5.2017

Podpis:



Anotace:

Diplomová práce se zabývá optimalizací vztahu údržby, výroby a kvality v organizaci. Cílem této práce je za pomoci optimalizace údržby zařízení v organizaci optimalizovat vztah údržby, výroby a kvality. Teoretická část práce se zabývá řešením aktuálních trendů v oblasti modelů pro prediktivní údržbu, totálně produktivní údržbu a popisuje vztah Průmyslu 4.0 a údržby zařízení. Praktická část se věnuje identifikaci rizikových strojních součástí a navrhuje optimalizaci údržby těchto součástí v dané organizaci.

Klíčová slova:

Údržba, prediktivní údržba, TPM, kvalita, snímače, CEZ, reklamace

Annotation:

The diploma thesis deals with the optimization of the relation of maintenance, of production and of quality in the organisation. The aim of this work is to optimize the relationship of maintenance, production and quality in the organisation with optimization of equipment maintenance. The theoretical part deals with the research of current trends in the field of predictive maintenance models, totally productive maintenance and describes the relationship between Industry 4.0 and equipment maintenance. The practical part deals with the identification of hazardous machinery parts and proposes optimization of maintenance of these components in the organisation.

Key words:

Maintenance, Predictive maintenance, TPM, Quality, Sensors, OEE, Complaints

Zpracovatel: TU v Liberci, Fakulta Strojní, Katedra výrobních systémů a automatizace

Počet stran: 80

Počet příloh: 3

Počet obrázků: 20

Počet grafů: 12

Počet tabulek: 20

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat paní Ing. Věře Pelantové, Ph.D. za odborné vedení této práce, cenné rady a připomínky k této práci a spoustu trpělivosti při konzultacích a dopisování práce. Dále bych rád poděkoval panu Ing. Michalu Moučkovi Ph.D. za odborné rady při zpracovávání této práce. Rád bych poděkoval panu Josefu Boučkovi vedoucímu OTK v organizaci za praktické rady při zpracovávání této práce.

Dále bych chtěl moc poděkovat své rodině za možnost studia na této škole a podporu při dokončování posledních zkoušek. Bez jejich podpory by tato práce nemohla nikdy vzniknout.

Seznam zkratek použitých v práci

Zkratka	Název anglicky	Název česky
ČSN	Czech Standard	Česká státní norma
EN	European Standard	Evropská norma
TPM	Total Productive Maintenance	Totálně produktivní údržba
CEZ	Overall Equipment Effectivity	Celková efektivita zařízení
TEEP	Total Equipment Effectiveness Performance	Totální efektivnost zařízení
CBM	Condition Based Maintenance	Údržba na základě stavu zařízení
JIT	Just In Time	Právě včas
SMED	Single Minute Exchange of Dies	Program rychlých změn
WCM	World Class Manufacturing	Výroba světové třídy
SPC	Statistical Process Control	Statistická regulace procesu
TQM	Total Quality Management	-
CNC	Computer Numerical Control	-
OTK	-	Obecně Technická kontrola
Cp	Process capability index	Index způsobilosti procesu
Cpk	Process capability index	Index způsobilosti procesu
SMS	-	Souřadnicový měřicí stroj
CH.Z.D.	-	Chybně založený díl
N.D.	-	Neshodný díl
V.J	-	Vyhodnocovací jednotka
PLC	Programmable Logic Controller	Programovatelný logický automat

Seznam jednotek použitých v práci

Zkratka	Význam
%	Procento
Kč	Koruna česká
Ks	Kus
Hod	Hodina

Obsah

Seznam zkratk použitých v práci	10
Seznam jednotek použitých v práci	10
Úvod.....	11
1 Teoretický úvod do problematiky	12
1.1 Definice pojmů.....	12
1.2 Údržba	13
1.2.1 Údržba po poruše	13
1.2.2 Preventivní údržba	14
1.2.3 Shrnutí přístupů k údržbě.....	15
1.3 Totálně produktivní údržba	16
1.4 Další použité metody.....	17
1.4.1 Paretova analýza	17
1.4.2 Ishikawa diagram	17
1.4.3 Analýza příčině-následkových řetězců	18
1.5 Využívání modelů k řízení údržby	18
1.6 Implementace TPM ve výrobních závodech.....	20
1.7 Údržba a průmysl 4.0	21
1.8 Souhrn literatury.....	23
2 Podnik	25
2.1 Strategie údržby	26
2.2 Systém řízení údržby	26
2.3 Vztah reklamací produkce a údržby zařízení	27
2.3.1 Vztah kvalita - údržba.....	28
2.3.2 Vztah kvalita - výroba.....	28
2.3.3 Vztah výroba - údržba.....	28
2.3.4 Zhodnocení	28
2.4 Identifikace údržby, interních a externích reklamací v procesní mapě.....	29
2.5 Jak to děláme my a jak to dělají ostatní	29
3 Vstupní analýza dat.....	30
3.1 Interní reklamace.....	31
3.2 Externí reklamace.....	34
3.3 Diskuse nad úvodní analýzou dat.....	35

3.4	Rozbor jednotlivých příčin.....	36
3.4.1	Příčina - CNC.....	36
3.4.2	Příčina přípravek.....	37
3.4.3	Příčina nástroj	38
4	Kritické faktory ovlivňující vznik reklamace	39
4.1	Rizika údržby podniku	39
4.1.1	Rizika údržby	39
4.1.2	Rizika neshodného dílu.....	40
4.2	Diagram příčin a následku	40
4.3	Analýza příčině-následkových řetězců	42
4.4	Hodnocení kořenových příčin	43
5	Řešení pomocí snímačů	45
5.1	Vřeteno.....	46
5.2	Čerpadla kapalinového hospodářství stroje	47
5.2.1	Senzor teploty	48
5.2.2	Náklady na monitoring teploty čerpadel.....	48
5.2.3	Snímač spotřeby elektrického proudu.....	49
5.2.4	Náklady na snímač spotřeby elektrického proudu	50
5.2.5	Měření teploty nebo měření spotřeby proudu?	50
5.3	Kapalinové hospodářství stroje	50
5.4	Kuličkový šroub	52
5.5	Propojení a vizualizace výsledků měření	53
5.5.1	Webová aplikace	54
5.6	Celkové náklady a návratnost investice	55
6	Řešení bez využití snímačů.....	56
6.1	Vřeteno a kuličkový šroub	56
6.1.1	SPC rozměrů	56
6.1.2	Vyhodnocování neshodných dílů.....	57
6.1.3	Strojní čas	57
6.2	Čerpadla kapalinového hospodářství	58
6.3	Kapalinové hospodářství stroje	58
6.4	Celkové náklady	58
7	Všeobecná zlepšení.....	59
7.1	Údržbářské týmy	59

7.2	Ranní porady	59
7.3	Změna přístupu k údržbě.....	59
7.4	Hodnocení údržby	60
7.5	Nástroje	60
7.6	Zapojení procesního přístupu	61
7.7	Zhodnocení a výběr varianty.....	62
8	Implementace zlepšení.....	63
8.1	Implementace SPC	64
8.2	Neshodnost.....	65
8.3	Nástroje	67
8.4	Koeficient CEZ	68
8.5	Změna přístupu organizace k údržbě zařízení.....	69
9	Doporučení organizacím.....	70
9.1	Neshodnost.....	70
9.2	Prediktivní údržba	70
9.3	Statistická kontrola procesu	70
9.4	Procesní přístup.....	71
9.5	TPM.....	71
10	Závěr	72
	Seznam obrázků.....	73
	Seznam tabulek	73
	Seznam grafů	74
	Seznam příloh	74
	Zdroje.....	75

Úvod

Tuto diplomovou práci lze začít několika možnými úvahami. Nejlepším začátkem bude zamyšlení nad tím, co pro člověka znamená kvalita produktu. Na tuto otázku se pohledy liší. Na jedné straně si lidé představují kladné vlastnosti jako spolehlivost, kvalitní zpracování, bezporuchovost. Tyto vlastnosti lze spojovat s německými nebo švýcarskými produkty jako například německé automobily nebo švýcarské hodinky. V tomto výčtu nelze opomenout zemi, ve které se pojem kvalita v současném chápání zrodil. Ano, je zde řeč o Japonsku. V Japonsku se po druhé světové válce zrodila moderní kvalita a řízení procesů. Mezi nejvýznamnější firmu patří bezesporu automobilka Toyota, která vyvinula celou metodiku, jak řídit firmu a výrobní procesy Toyota Production System (TPS). Bohužel existuje i druhá stránka výrobního procesu a to jsou neshodné díly a to i při nejlepším nastavení kontrolních mechanismů nelze plně odstranit. Díky tomu si lidé pod pojmem kvalita představují reklamace, problémy, poruchy, zdržení. Bohužel je toto povědomí o kvalitě mezi koncovými uživateli, ale i pracovníky, velice rozšířené. Problémy s kvalitou produktů nejsou pouze doménou asijských firem (nebylo by zde zcela vhodné jmenovat pouze čínské firmy), ale tyto problémy jsou rozšířeny i do ostatních zemí světa. Hlavní motivací pro tvorbu této práce byly autorovy osobní zkušenosti z organizace a snaha o napravení vztahu mezi jednotlivými odděleními.

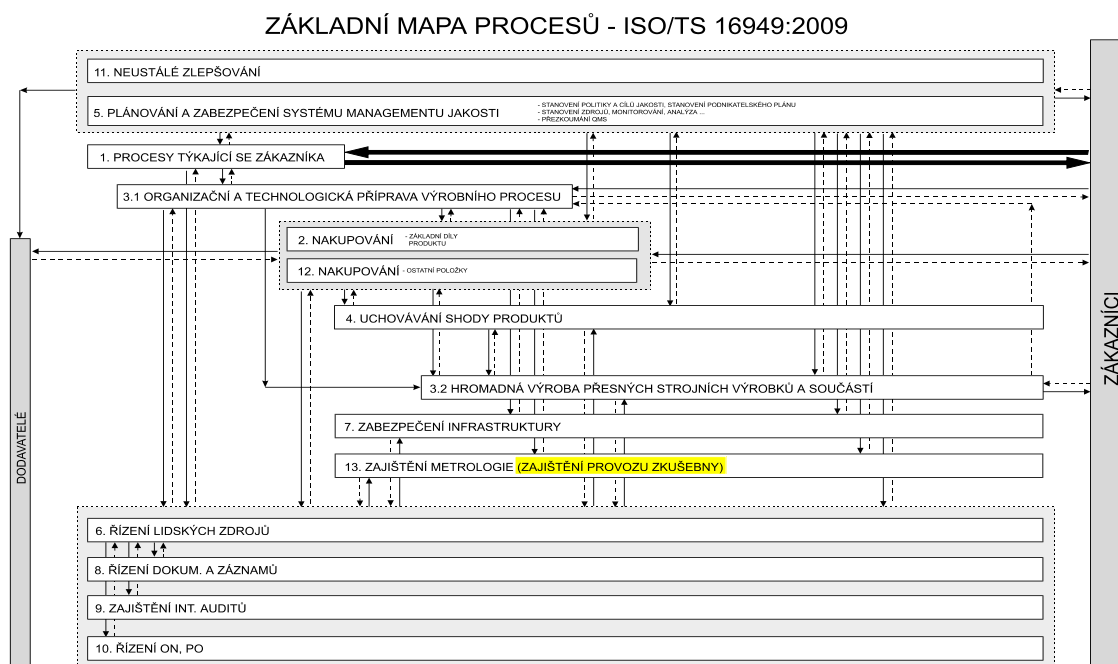
Cílem této diplomové práce je optimalizace vztahu údržby, kvality a výroby v organizaci. Pomocí optimalizace tohoto vztahu lze dosáhnout snížení množství neshodných dílů v organizaci. Optimalizací údržby zařízení v organizaci lze dosáhnout zlepšení vztahů mezi jednotlivými odděleními organizace.

1 Teoretický úvod do problematiky

V této části práce je uvedena problematika údržby zařízení. Dále zde jsou vymezeny pojmy jako: údržba, reklamace, neshodný díl a další. Pro pokračování v práci je nutné vymezit základní pojmy, metody a definice.

1.1 Definice pojmů

- **Údržba.** Pojem údržba definuje norma ČSN EN 13 306:2002 jako: „... kombinaci všech technických, administrativních a manažerských činností během životního cyklu stroje s cílem navrátit zařízení do stavu, v němž bude moci dále vykonávat činnost, na kterou byl určen“ [30]. Problematika údržby je natolik obsáhlá, že ji bude věnována celá kapitola této práce, kde budou rozvedeny různé možnosti řízení údržby.
- **Neshodný díl** se v této práci definuje jako díl, který nesplňuje kvalitativní požadavky zákazníka. V práci budou dále rozvedeny příklady neshodných dílů i s příčinami vzniku neshod [32].
- **Proces** se chápe jako soubor vzájemně působících činností, které mění vstupní materiál na hotové výrobky. Všechny procesy musí obsahovat pouze činnosti, které přidávají hodnotu výslednému produktu podle textů [1] [3] [5].
- **Procesní přístup.** Procesní přístup je jeden ze způsobů, jak řídit procesy v organizaci. Zaměřen je oproti funkčnímu přístupu horizontálně. Uspořádává po sobě jdoucí činnosti v procesy, které mají konkrétního dodavatele a odběratele nezávisle na tom, zdali je proces na začátku výroby dílu, uprostřed výroby nebo na jejím konci. Takto provázané procesy lze zakreslit do procesní mapy (Obrázek 1). Tato mapa má odpovídat i pružné organizační struktuře dle textů [2] [3] [5].



Obrázek 1 - Ukázka procesní mapy organizace [31]

1.2 Údržba

Jak již bylo uvedeno v bodě definic základních pojmů, údržba hmotného majetku podniku, respektive strojů, je velice obsáhlý pojem. Údržba strojů se rozvíjí od dob první průmyslové revoluce [5]. Do popředí zájmu firem se údržba dostává až v posledních několika desetiletích, kdy ve vysoce konkurenčním prostředí je každá ztráta zaviněná poruchou stroje naprosto nepřijatelnou, protože oslabuje pozici podniku na trhu.

V současné době jsou kladeny na pracovníky údržby stále vyšší nároky spolu s tím, jak roste kvalita vybavení podniku. V nejrůznějších literaturách jsou popsány blíže požadavky kladené na údržbáře podniku, ale i na celkovou údržbu.

1.2.1 Údržba po poruše

V praxi se rozlišují dva typy údržby po poruše a to odložená a okamžitá. Tento přístup k údržbě je nejstarším přístupem k údržbě zařízení. Hlavní výhodou tohoto přístupu je, že se využívá celý fond životnosti zařízení. Mezi nevýhody tohoto přístupu patří neplánované dlouhodobé odstávky a vysoké zásoby náhradních dílů. V následující tabulce jsou shrnuty hlavní výhody a nevýhody tohoto přístupu jako v textech [1] [2] [5].

Tabulka 1 - Porovnání výhod a nevýhod údržby po poruše [32]

Výhody	Nevýhody
Maximální využití životnosti součástí	Neplánované výpadky Bezpečnostní riziko Vysoké zásoby náhradních dílů Vysoké náklady na pokrytí výpadků Konkurenční nevýhoda

1.2.2 Preventivní údržba

Jako v případě údržby po poruše, tak i preventivní údržba, rozeznává více přístupů a to údržba s předem stanovenými intervaly, údržba podle stavu zařízení a údržba podle předpokládaného stavu zařízení [1].

- **Údržba s předem stanovenými časy** - Tento typ je založen na předem stanovené frekvenci údržby nebo kontroly stavu zařízení. Pro optimální nastavení této frekvence je nezbytně nutné statistické sledování nutnosti údržby. Bez tohoto sledování nelze nalézt optimální poměr mezi náklady na údržbu a náklady při případné poruše zařízení. Při špatném nastavení frekvence může docházet ke zbytečným údržbářským úkonům a tím navyšovat cenu výsledného výrobku [1].

Tabulka 2 - Porovnání výhod a nevýhod údržby s předem stanovenými časy [32]

Výhody	Nevýhody
Vysoký stupeň plánování Snížení nákladů na výpadky Periodičnost práce Snížení zásob náhradních dílů	Možnost zbytečné výměny Nevyužití celé životnosti součástí Možnost zvýšení nákladů na údržbu Nutnost precizního statistického sledování

- **Údržba podle stavu zařízení** - Tento přístup využívá snímače nejrůznějších fyzikálních vlastností stroje. Na základě hodnot z těchto snímačů se provádí údržba daného zařízení. Využívá se i klasických metod ke sledování stavu stroje, jako je například: hluk, úniky provozních kapalin, teploty stroje, snížení kvality vyráběného produktu, které může sledovat obsluha stroje [1].

Tabulka 3 - Porovnání výhod a nevýhod údržby podle stavu zařízení [32]

Výhody	Nevýhody
Využití celé životnosti součásti	Cena snímačů
Využití snímačů stavu součásti	
Provádí se pouze když je nutná	
Minimalizace poruch	
Zapojení pracovníků do údržby	

- **Údržba podle předpokládaného stavu zařízení** - neboli také **Prediktivní údržba**. Využívá také snímače fyzikálních vlastností stroje, zprávy od údržby, obsluhy a dalších. Pro získávání dat se využívá technická diagnostika stroje. Takto nasbíraná data se statisticky vyhodnocují, aby se našel optimální interval výměny dané součásti [1].

Tabulka 4 - Porovnání výhod a nevýhod prediktivní údržby [32]

Výhody	Nevýhody
Využití celé životnosti součásti	Cena snímačů
Využití snímačů stavu součásti	Nutnost precizního statistického sledování
Provádí se pouze když je nutná	
Minimalizace poruch	
Zapojení pracovníků do údržby	

1.2.3 Shrnutí přístupů k údržbě

Z tabulek pro porovnání výhod a nevýhod je patrné, že ani jeden z přístupů k údržbě strojů není úplně ideální pro všechny typy součástí. Každý z těchto přístupů má své velké výhody. Například údržba po poruše součásti má za následek využití celé její životnosti. Na druhou stranu má velkou nevýhodu v neplánovaných výpadech. Proto je ideální využít pro každou skupinu součástek na stroji jiný přístup k údržbě, který nejlépe splňuje požadavky, kladené na součást a jejich důležitost pro funkci stroje.

1.3 Totálně produktivní údržba

Jde o filozofii údržby, která vznikla v Japonsku ve firmě Motorola. Tento přístup (zkráceně TPM) je oproti "klasickým" přístupům k údržbě zařízení převratný. Kombinuje prvky preventivní, prediktivní a produktivní údržby s novými prvky jako například autonomní údržbou, vizualizačními prvky na pracovišti. Tato filozofie přenáší co nejvyšší množství drobných údržbářských úkonů (jako například: dolévání provozních kapalin, mazání, čištění) z údržby na výrobního pracovníka. Zapojením výrobních pracovníků do údržby strojů se snaží odmazat rozdíly mezi výrobním pracovníkem a údržbářským pracovníkem organizace, jako píší texty [1] [2] [4] [5].

TPM se snaží o maximální využití strojních zařízení v organizaci odstraněním prostojů z důvodů poruch zařízení. TPM je založeno na zvýšení produktivity stroje za pomoci minimalizací vstupů a maximalizací výstupů. Klade si za cíl odstranit 16 velkých ztrát na zařízení a klade prevenci na první místo. Těchto 16 velkých ztrát je rozebráno v mnoha literaturách (například [23]) dle [1] [2] [4] [5].

Zapojením pracovníka do údržby stroje přenáší část odpovědnosti za jeho produktivitu a tím vzniká vyšší pocit odpovědnosti v pracovníkovi. Takto motivovaný pracovník pojme stroj za "svůj" a více se snaží udržet zařízení v maximálním provozním pořádku. TPM se snaží odbourat klasický přístup výrobních pracovníků: "Já vyrábím na tomto stroji, ty ho opravuješ" dle textů [1] [2] [4] [5].

TPM stojí na pěti základních pilířích a to:

1. Využití koeficientů CEZ,TEEP na hodnocení efektivnosti stroje.
2. Trénink pracovníků údržby
3. Plánování údržby
4. Autonomní údržba
5. Návrh preventivní údržby a včasný management zařízení

Těchto pět pilířů je nutné hlouběji vysvětlit pro lepší pochopení TPM podle publikací [1] [2] [4] [5].

- **Koeficient CEZ,TEEP** - Koeficient CEZ, neboli Celková Efektivita Zařízení (zkratka v angličtině OEE), kumulativně sčítá všechny ztráty na zařízení z důvodu stavu zařízení. Rozděluje jej do třech základních skupin a to dostupnosti zařízení, výkonu zařízení, kvalitativního výkonu zařízení. V současnosti se pro nastavení cílů organizace využívá principu "Best of best",

kde se z každé části výpočtu vybírá ta nejlepší hodnota pro výpočet. Koeficient TEEP (= Total Equipment Effectiveness Performance), neboli celkově produktivní efektivnost zařízení, vychází z koeficientu CEZ, vynásobeného hodnotou dostupnosti, což je poměr mezi disponibilním časem a celkovým kalendářním časem dle textů [1] [2] [4] [5].

- **Trénink pracovníků údržby** - Zvyšováním znalostí o strojích, nových metodách a možnostech údržby lze dosáhnout zvýšení kvality prováděných údržbářských prací dle publikací [1] [2] [4] [5].
- **Plánovaná údržba** - Nutnost bezchybného rozplánování všech údržbářských prací, určení slabých a silných míst systému lze zvýšit výkonnost údržby a minimalizovat ztráty produkce dle publikací [1] [2] [4] [5].
- **Autonomní údržba** - Zapojení výrobních pracovníků do čištění a jednodušších údržbářských prací na stroji. Nalezení a odstranění hlavních důvodů znečištění ve stroji dle publikací [1] [2] [4] [5].
- **Návrh preventivní údržby a včasný management zařízení** - Jde o posloupnost návrhu výrobku přes návrh strojů pro jeho výrobu až po kompletní náběh výroby dle publikací [1] [2] [4] [5].

1.4 Další použité metody

Pro nalezení hlavních, neboli kořenových, příčin vzniku reklamace produkce budou využívány nástroje ze starých nástrojů řízení kvality a nástroje nové.

1.4.1 Paretova analýza

Tento nástroj patří mezi sedm starých nástrojů řízení kvality. Slouží k identifikaci jednotlivých nejdůležitějších problémů. Tento nástroj kvantifikuje četnosti a důležitosti jednotlivých problémů. Využívá pravidla 80:20, tzn. 80% následků je zapříčiněno 20% příčin.

1.4.2 Ishikawa diagram

Tento nástroj pomáhá uživateli roztřídit a uspořádat příčiny, které mohou vést k řešenému problému. Tyto příčiny se zpravidla třídí do šesti základních skupin dle nástroje 6M (Člověk, Zařízení, Materiál, Postup, Prostředí a Měření).

Jednotlivé příčiny se formulují na základě položení otázky "proč". Tento nástroj je, na rozdíl od Paretovy analýzy, zatížen subjektivním pohledem zpracovatele, pouze

poskytuje grafickou názornost k řešení problému a sestrojení diagramu nevede přímo k řešení problému.

1.4.3 Analýza příčině-následkových řetězců

Jedná se o analytickou metodu, sloužící k identifikaci kořenových příčin nežádoucího jevu. Vychází z předpokladu, že je vždy levnější a rychlejší odstranit kořenovou příčinu díky, čemuž lze odstranit několik nežádoucích následků najednou, na rozdíl od toho, aby byly odstraňovány jednotlivě.

Analýza předpokládá, že nežádoucí jev způsobuje příčina, kterou může způsobovat subpříčina. K hledání těchto subpříčin se využívá otázka: "Proč vznikla?", dále jednu subpříčinu může zapříčínovat i více než jedna příčina. Hledání kořenové příčiny je u konce, pokud subpříčina je definovatelná pomocí geometrického, fyzikálního nebo geometrického principu. Takto nalezenou subpříčinu lze definovat jako kořenová příčina nežádoucího jevu.

1.5 Využívání modelů k řízení údržby

Mnoho autorů, například články [7] a [8], řeší problematiku plánování údržby strojů, které jsou v pronájmu, nebo jsou zakoupené na leasing. Autoři v [7] řeší přístup k údržbě zařízení s ohledem na záruční dobu. Na základě jejich studie navrhli modely k optimalizaci vztahu výroba/údržba. Článek [8] řeší problematiku údržby při přijmutí prodloužené záruky před koncem leasingového období. Autoři vytvořili studii o možnostech využití prodloužené záruky a na základě této studie navrhli zásady pro údržbu zařízení před koncem leasingového období. Dále se autoři budou zabývat tvorbou modelů pro složitější systémy a různé typy záruční politiky.

Autoři v článku [9] zkoumají využívání CBM¹ s důrazem na modelování, zejména na frekvenci prohlídek ve stochastickém modelu. Zkoumají využívání CBM modelů pro jednotlivé díly, ale i pro celé soustavy dílů a rozvádějí možnost lidské chyby v modelech. Dále se autoři ve své další práci budou zaměřovat na studie CBM pro více prvkový systém² a optimalizovat modely, aby nedocházelo k chybám lidského faktoru. Článek [10] rozvádí politiku proaktivní CBM pro dokonalé a nedokonalé systémy údržby v degradujícím systému. Uvádí možnosti, za kterých se dá nedokonalý systém

¹ CBM = Condition-Based Maintenance - Údržba dle předpokládaného stavu zařízení - Prediktivní údržba

² Více prvkový systém = modely prediktivní údržby, založené na diagnostice okamžitého stavu jednoho nebo více prvků systému

považovat za dokonalý, a dále navrhuje novou strategii údržby na základě zbytkové životnosti součástí. Jako další prostor pro výzkum článek uvádí integraci prognostických odhadů životnosti součástí v navrhovaném modelu. Jako v článku [9] se i zde autoři budou zaměřovat v budoucí práci na více prvkové systémy.

V článku [12] autoři rozvádějí možnosti optimalizace modelů, ve kterých se využívá preventivní údržba s předem definovanými časy. Autoři popisují významné strukturální vlastnosti modelu. Inspirovali se u stále oblíbenějšího vzdáleného monitorování procesů. Jako další možnost rozvoje své práce vidí autoři rozšíření modelu o další praktická hlediska výrobního provozu jako například omezenost výrobních zdrojů.

Na špatnou funkčnost klasických sekvenčních strategií údržby³ v organizacích se zaměřuje práce [13]. Zde autoři v případových studiích navrhuje nové sekvenční modely, které řeší častou údržbu v organizaci a tím spojené vysoké provozní náklady. Tyto navrhované modely mohou být aplikovány na různé charakteristiky degradace systému. Dále autoři zaměří svou práci na vyvíjení systémů preventivní údržby pro více prvkové systémy.

Práce [14] se zaměřuje právě na studium stochastických modelů degradace pro více prvkové systémy. Autoři na základě studií vytvářejí skupiny dílů dle jejich časové degradace. Za účelem vytvoření těchto skupin autoři navrhli dvoustupňový stochastický matematický model. Výsledky jejich práce ukazují, že tento systém údržby zařízení a výměny dílů má značný vliv na snížení nákladů na údržbu zařízení. Dále se autoři budou zaměřovat na rozšíření tohoto modelu o dynamické překážky, zavedení a analyzování zjednodušeného modelu, obsahujícího nedokonalou údržbu součástí, které podléhají různým formám degradace.

Článek [15] popisuje strategie údržby v degradujícím systému s nedokonalou údržbou při využití smíšeného kontrolního plánování. Autoři navrhuje systémy kontrol za pomoci matematického modelu a Monte Carlo⁴ simulací. Na základě těchto provedených testů s přihlédnutím k výhodám a omezením sekvenčních modelů navrhuje kombinované kontrolní systémy. Tento model má schopnost detekovat problémy se součásti a vhodně stanovit ideální čas výměny součástí.

³ Jedná se o model údržby, kdy se nezohledňuje nutnost opravy jiného stroje, ale opravuje se dle pevné sekvence opravářských činností

⁴ Stochastické modely, využívající se pro výpočty integrálů, které nejsou řešitelné pomocí klasických metod

Autoři v článku [16] studují optimální strategii údržby na základě věku součástí a nejistoty v distribuci životnosti dílu. Poukazují na to, že nejistota v distribuci životnosti dílu je v současné době zanedbávána ve výzkumech i v programových řešeních. V práci autoři rozvádějí možnosti finančních úspor za předpokladu, že se začnou brát v úvahu zanedbávané parametry. Dále se autoři budou zaměřovat na další studium těchto parametrů.

1.6 Implementace TPM ve výrobních závodech

Autoři v článku [17] zkoumají dopad využití pěti základních metod štihlé výroby na produktivitu, mezi něž zařazují i TPM. Autoři vytvořili model vztahu a dopadu těchto metod, který následně ověřovali ve 140-ti organizacích po celém světě. Přichází s tvrzením, že nejsilnější vliv na produktivitu organizace má využití JIT (Just In Time) a automatizace. O TPM tvrdí, že má z těchto pěti metod nejmenší vliv na produktivitu. Článek [18] zkoumá vliv zavedení metod štihlé výroby na snížení ekologického dopadu výroby organizace. Při porovnání kvantitativních výsledků před a po implementaci autoři přichází s tvrzením, že implementace TPM může snížit některé ekologické dopady, jako je například únik oleje, emise a chemické výpary. Autoři zjistili, že jediná metoda SMED (Single Minute Exchange of Dies) nemá žádný vliv na snížení ekologického dopadu.

V [19] autoři rozepisují implementaci TPM v organizaci, která dodává díly do automobilového průmyslu. Autoři tvrdí, že základními kameny pro úspěch jsou nástroje: 5S, plánování údržby a Kaizen. Autoři vyhodnocují úspěch implementace pomocí koeficientu CEZ, který se zvýšil o 16%. Jako klíčový faktor pro úspěšnou implementaci TPM je dle autorů maximální zapojení všech pracovníků organizace a plná podpora vedení společnosti.

Autoři v [20] rozepisují dopad WCM (World Class Manufacturing) na implementaci TQM (Total Quality Management), JIT (Just In Time), TPM. V článku rozepisují možnosti zlepšení firemních procesů v rámci WCM. Na základě studie byl vytvořen rámec WCM, dle kterého mohou posoudit současný stav a vést tak ke zlepšení procesů ve firmě.

Článek [21] rozepisuje bariéry v implementaci TPM ve výrobních závodech. Autoři v článku rozepisují úskalí při implementaci TPM v indických zpracovatelských

závodech. Jako hlavní pro úspěšné zavedení TPM uvádí autoři nutnost plné podpory vedení podniku. Dále je nutné změnit firemní kulturu, hlavně smýšlení pracovníků.

Autoři v práci [22] prezentují výsledky studie porovnání využití TQM v japonských a ostatních firmách. Výsledky studie ukazují, že nejaponské podniky mají stále značné problémy s využitím prvků TQM (například TPM, SPC (Statistical Process Control) a další) ve svých závodech oproti stejným výrobním závodům japonských firem ve vybrané zemi. Dále prezentují klíčové problémy s implementací.

1.7 Údržba a průmysl 4.0

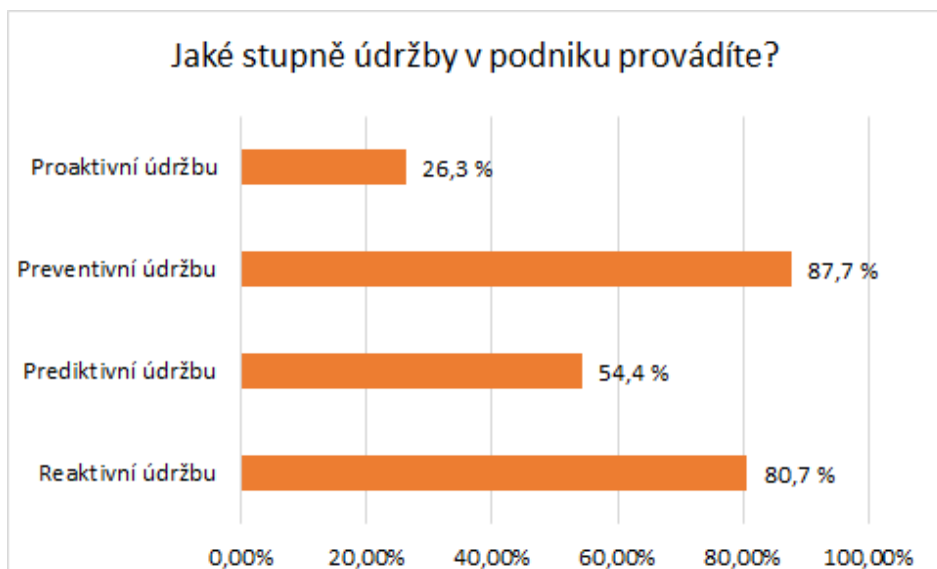
Profesor Legát v rozhovoru v článku [24] rozvádí myšlenku o implementaci metod Průmyslu 4.0. V současné době je dle něj ještě krátká doba od vydání brožury Ministerstva průmyslu a obchodu o Průmyslu 4.0 (vydána v září 2015). Jako největší přínos vidí přechod od údržby preventivní a po poruše k údržbě prediktivní a proaktivní. Jako největší problém zatím zmiňuje nepřipravenost firem od nejvyššího managementu přes střední management až po obyčejné zaměstnance podniku.

Autoři v textu [25] uvažují, zdali je prediktivní údržba opravdu klíčovým faktorem k úspěšné implementaci Průmyslu 4.0, nebo zda je to jen módní vlna, přiživována prodejci senzorů a celých řešení pro údržbu. Autoři provádí průzkum ve firmách, kde pokládají dotaz, zdali podniky cítí zvýšenou potřebu zavádění prediktivní údržby. Dokonce 41% respondentů odpovědělo, že cítí zvýšenou potřebu a dalších 41% tuto potřebu cítí již delší dobu (Graf 1).



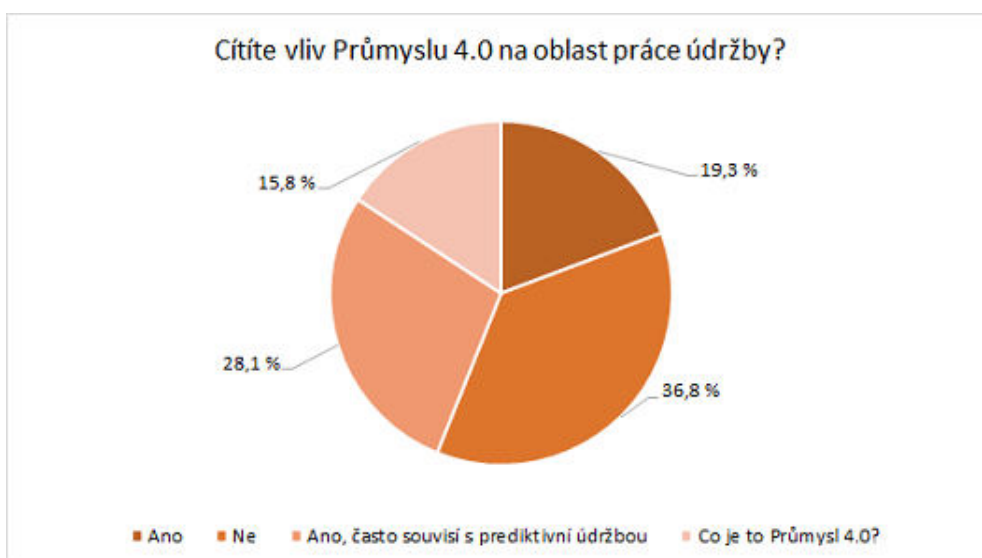
Graf 1 - Požadavky na zavádění prediktivní údržby [25]

Další částí průzkumu uveřejněného v textu [25] ve firmách bylo zkoumání využívání typů údržby v podnicích. Výsledky ukazují (Graf 2), že přes 87,7% firem využívá preventivní údržbu a 80,7% využívají reaktivní údržbu (údržba po poruše). Pouze 54,4% firem využívá prediktivní údržbu.



Graf 2 - Využívání stupňů údržby v podniku [25]

Dále se autoři [25] dotazovali firmem, zda cítí vliv Průmyslu 4.0 na oblast údržby (Graf 3). Pouze 19% respondentů uvádí, že cítí vliv Průmyslu 4.0 na údržbu, 15,8% respondentů netuší, co je to Průmysl 4.0 a 36,8% respondentů necítí vliv na oblast údržby. Tyto výsledky jsou potvrzením slov profesora Legáta o nedostatečné připravenosti firem na Průmysl 4.0 v článku [24]



Graf 3 - Vliv průmyslu 4.0 na oblast práce údržby[25]

Pro úspěch podniku dle autorů již nestačí využívat údržbu po poruše a preventivní údržbu, ale je nutné využívat prediktivní údržbu. Nelze využívat pouze prediktivní údržbu, je nutné využívat správnou kombinaci jednotlivých druhů údržby. V závěru autoři zmiňují nutnost zvýšené kooperace mezi jednotlivými odděleními organizace.

V brožuře [27] autoři provádí průzkum vlivu Průmyslu 4.0 na organizace v 65 českých organizacích. Z těchto organizací vidí 85% Průmysl 4.0 jako svou příležitost k rozvoji, ale zatím jen 34% má konkrétní zkušenosti s implementací metod a nástrojů Průmyslu 4.0. Autoři prezentují své výsledky s implementací využívání koeficientu CEZ a prediktivní údržby. Hlavním přínosem implementace bylo zvýšení koeficientu CEZ o 7%, zvýšení provozní marže a výkonu, snížení materiálových nákladů, zvýšení dostupnosti zařízení. Dále diskutuje nad očekávanými přínosy a reálnými přínosy implementace. Z těchto výsledků vyplývá, že ne vždy a všechna očekávání se naplní.

Autor v [28] rozepisuje využití principů Průmyslu 4.0 v souvislosti TPM. Autor rozepisuje, jak by se měly využívat moderní technologie v kombinaci s principy Best Practice v TPM. Dále zmiňuje, že je nezbytně nutné mít plně kvalifikované pracovníky údržby a jeho pracovního vybavení.

Autor [29] rozvádí myšlenku o využití online monitorovacích systémů pro údržbu. Zmiňuje, že je nutné vybrat mezi online sledováním stavu stroje a pochůzkovým (intervalovým) sběrem dat. Dále uvádí postup, jak vytvořit vlastní systém ke sledování.

1.8 Souhrn literatury

V předchozí části práce byly rozvedeny aktuální trendy vývoje systémů údržby zařízení. Nachází se zde kapitola, věnovaná vývoji modelů pro řízení údržby, dále kapitola věnovaná TPM a kapitola věnovaná údržbě a Průmyslu 4.0.

Autoři v kapitole věnované modelům rozvádějí aktuální trendy k přístupům v údržbě strojů. Rozepisují přístupy k pronajatým strojům například texty [7] a [8]. Další skupina autorů rozvádí matematické modely pro CBM z nejrůznějších úhlů pohledu, například: věk součásti, degradace systému, stylu kontrolních plánů. Autoři v textu [14] řeší stochastické modely pro více prvkový systém. Autoři dále rozepisují možnosti rozvíjení svých modelů o další omezující prvky, jako například: velikost skladů, cena skladovaných náhradních dílů. Aktuálním trendem výzkumu je vývoj modelů prediktivní údržby pro více prvkový systém.

V kapitole věnované TPM je provedena literární rešerše, ze které vyplývá, že implementace TPM je dlouhodobá záležitost, protože se nejedná jen o zavedení několika metod, ale jde o kompletní změnu uvažování pracovníků i vedení společnosti [19] [21]. V textech [17] a [18] autoři tvrdí, že TPM má vliv nejen na produktivitu pracoviště, ale i na snížení ekologického dopadu výroby. Značné rozdíly ve využití prvků TQM autoři zjišťují mezi japonskými a nejaponskými podniky ve studovaném výrobním odvětví [22].

Celkově při prostudování literární rešerše lze vyčíst dva hlavní směry, podpořené nastupující 4. průmyslovou revolucí (Průmysl 4.0). Tento vliv průmyslové revoluce je rozepsán ve speciální kapitole, věnované přímo údržbě a Průmyslu 4.0.

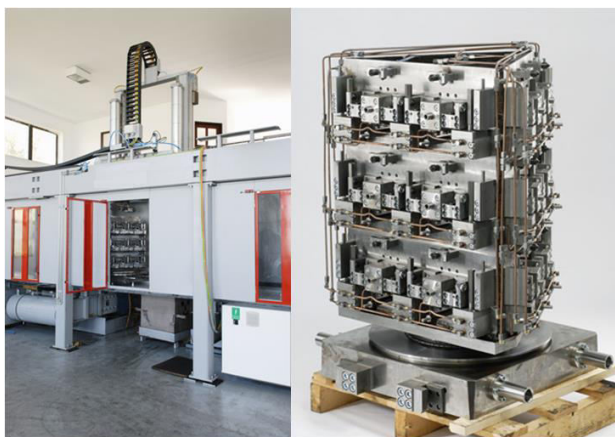
2 Podnik

Společnost sídlí ve východních Čechách a byla založena roku 1990 čtyřmi společníky. Do roku 1996 se podnik zabývá čistě vývojem a výrobou dřevoobráběcích strojů. V roce 1996 organizace rozšířila výrobní program i na automobilové díly. Od roku 1998 vyvíjí i obráběcí stroje pro kovové materiály. Od roku 2000 podnik dodává držáky třmenů (Obrázek 4), které jsou nosným výrobním programem. Roční produkce podniku se pohybuje okolo dvou miliónů prodaných držáků třmenů. [31]



Obrázek 2 - Výrobní program podniku [31]

Výrobní proces probíhá na strojích a v přípravcích vlastní konstrukce. Druhotným výrobním programem je přesné obrábění strojních součástí dle požadavků zákazníka.



Obrázek 3 - Stroje a přípravky podniku [31]

Podnik disponuje certifikacemi dle norem - ČSN EN ISO 9001:2009 a ISO/TS 16949:2009. V současné době podnik zaměstnává 150 zaměstnanců. Organizační struktura společnosti je liniová a disponuje dvěma výrobními závody [31].

2.1 Strategie údržby

V současné době společnost kombinuje dva typy údržby a to údržbu po poruše a údržbu s předem stanovenými časy. Společnost rozlišuje dva typy preventivní údržby a to preventivní údržbu stroje a preventivní údržbu přípravku. V rámci preventivní údržby stroje se rozlišují tři intervaly a to denní péče, měsíční prohlídka a generální prohlídka jednou za tři roky.

Při denní péči se kontrolují mazací místa (kontrola hladiny oleje v olejovniku) a chladicí kapalina. Dále se provádí vizuální a akustická zkouška chodu stroje a příslušenství (například: hydraulika, chlazení nástrojů, vynašeč třísek). Měsíční prohlídka obsahuje kontrolu stavu opotřebení kluzných ploch, kontrolu všech funkcí stroje, kontrolu vůlí, kontrolu hydraulických prvků a případnou výměnu filtrů a ventilátoru rozvaděče. Generální prohlídka obsahuje celkovou prohlídku stroje. To znamená kontrolu kuličkového šroubu s maticí, kontrolu lineárního vedení, kontrolu ložisek a uložení vřetena, kontrolu mazání, kontrolu a případnou výměnu hydraulických a pneumatických systémů ve stroji a kontrolu přímého odměřování. Všechny tyto činnosti provádí mechanik údržby, který po provedení údržbářských prací vyplní online záznam o údržbě v kanceláři vedoucího údržby.

Preventivní údržbu přípravků provádí pracovník údržby s vedoucím OTK. Údržba se provádí jednou za tři měsíce. Při údržbě pracovníkem údržby se kontroluje dotažení všech šroubů, hydraulické vedení a upínání, kontrolují se dosedací plochy přípravků vzhledem k usazení do stroje i dosedací plochy pro obrobek. Vedoucí OTK následně změří všechny důležité rozměry přípravku pro správné usazení obrobku do přípravku.

2.2 Systém řízení údržby

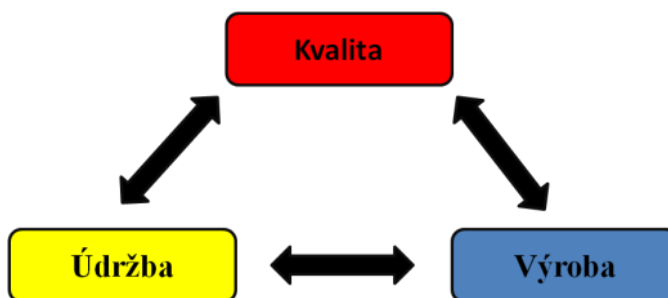
Údržba ve společnosti je vedena vedoucím údržby, který rozděluje práci jejím pracovníkům. Práci rozděluje na základě kontrolních plánů, mimořádných výpadků a zápisu z ranní porady. Na ranních poradách jsou přítomni seřizovači, hlavní seřizovač, technolog a vedoucí OTK, kteří nahlašují technologovi problémy se stroji. Technolog na základě hlášených poruch sepíše zápis z porady a předá jej vedoucímu údržby, který rozvrhne opravy strojů mezi pracovníky. Pro optimální řízení údržby byl vytvořen informační systém vlastní výroby, ve kterém si vedoucí údržby může vyhledat plán údržby pro kterýkoliv stroj ve společnosti a dále mu tento informační systém kontroluje stav zásob na skladu i s minimální bezpečnou zásobou pro

ten daný náhradní díl. V tomto informačním systému se evidují i výrobní přípravy s jejich plány preventivní údržby. Po provedení každé servisní práce, která je uvedena v kontrolním plánu, musí daný údržbář nahlásit vedoucímu pracovníkovi, že byla daná údržba provedena.

Při dosažení mezní hranice zásoby pro daný náhradní díl (mezní hranice byla určena expertním odhadem při zavádění tohoto systému) je vedoucí údržby upozorněn na nedostatečnou hladinu zásob na skladě a o její nutnosti doplnit daný díl. Vedoucí po tomto upozornění je povinen poslat objednávku obchodnímu oddělení, které požadované díly objedná. Po zakoupení náhradních dílů se předají vedoucímu údržby, který je následně umístí do skladu náhradních dílů, který si sám spravuje. Průměrná hodnota skladovaných náhradních dílů se pohybuje okolo hodnoty 3 500 000 Kč.

2.3 Vztah reklamací produkce a údržby zařízení

V každé výrobní společnosti probíhá neustálý boj mezi výrobou, údržbou a kvalitou. Úkolem vedení podniku je nalézt ideální kompromisní stav, ve kterém jsou náklady na jednotlivé oddělení minimální a mezi jednotlivými oddělení.



Obrázek 4 - Trojúhelník vztahů [32]

Z obrázku (Obrázek 2) je vidět, že každé oddělení v organizaci má vliv na ostatní oddělení ve firmě. Tuto část práce je nutné rozdělit na tři části a to:

- Vztah kvalita - údržba
- Vztah kvalita - výroba
- Vztah výroba - údržba

2.3.1 Vztah kvalita - údržba

Tento vztah není tolik komplikovaný jako ostatní vztahy. Pracovníci kvality i pracovníci údržby jsou tzv. režijní pracovníci, tudíž nedochází ke konfliktům, že jedno

oddělení brzdí to druhé, viz vztah výroba - údržba. Jak bude v další části práce rozepsáno, tak kvalita a údržba spolu úzce spolupracují při údržbě přípravků.

2.3.2 Vztah kvalita - výroba

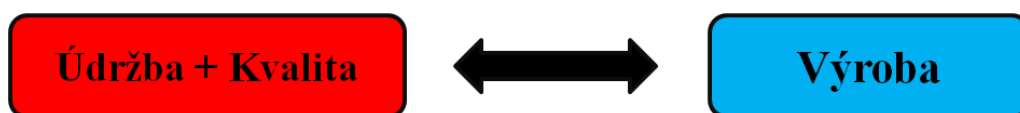
Tento vztah je komplikovanější než vztah kvalita - údržba. Zde již dochází ke střetům zájmů jednotlivých oddělení, protože každé oddělení je financováno jinak. Kvalita je placena režijně, ale výroba je placena od produkce. Z tohoto vychází první střet zájmů a to výroba chce maximálně vyrábět bez ohledu na výslednou kvalitu produktu, ale naproti tomu stojí kvalita, v jejímž zájmu je také maximálně vyrábět, ale ne za cenu neshodných dílů.

2.3.3 Vztah výroba - údržba

Tento vztah se velice podobá vztahu kvalita - výroba. Jedná se i zde o konflikt ve financování jednotlivých oddělení. Zde dochází ke konfliktům o údržbu výrobních zařízení. Výroba při ohledu na financování nerada uvolňuje stroje k údržbě, protože dochází k ztrátám produkce. Údržba naopak požaduje po výrobě, aby uvolňovala stroje z výroby pro provedení plánované údržby.

2.3.4 Zhodnocení

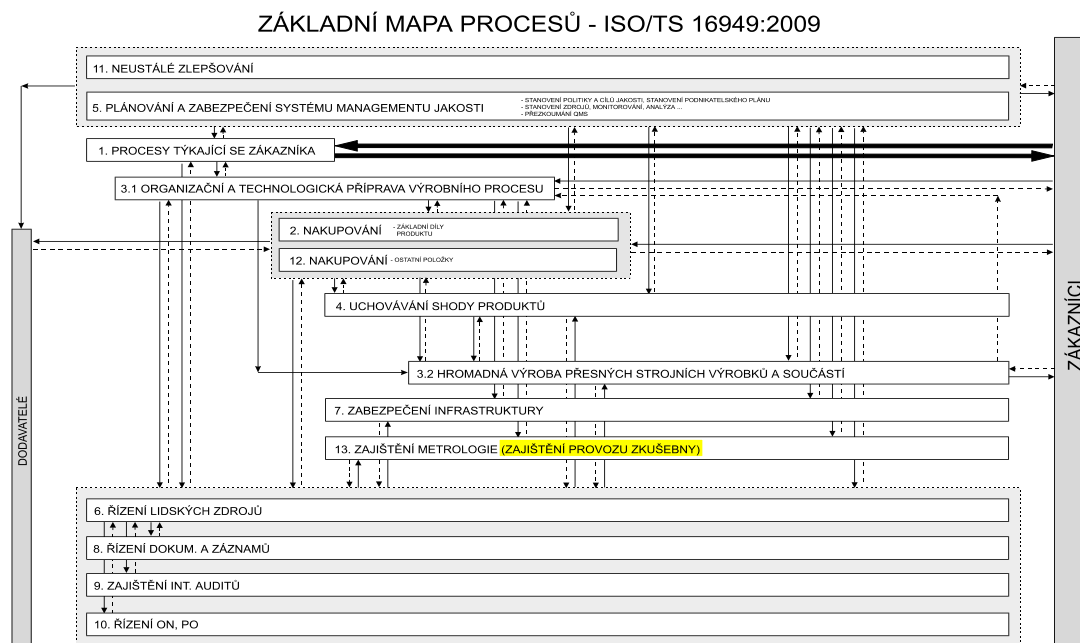
Při prostudování jednotlivých vztahů výše lze v rámci této práce zjednodušit na vztah údržba + kvalita - výroba (Obrázek 5).



Obrázek 5 - Zjednodušený trojúhelník vztahů [32]

2.4 Identifikace údržby, interních a externích reklamací v procesní mapě

Údržba se v mapě procesů (Obrázek 6) podniku nalézá v sekci 3.2 Hromadná výroba přesných strojních výrobků a součástí. Ve stejné sekci se nalézají i interní a externí reklamace.



Obrázek 6 - Mapa procesu [31]

2.5 Jak to děláme my a jak to dělají ostatní

Ve společnosti se využívají dva typy údržby a to po poruše a preventivní. Stejný model údržby využívají i ostatní podniky. Autoři v textu [25] uvádí, že stejný přístup k údržbě využívá 87% (preventivní údržba) a 80% (údržba po poruše) firem. To znamená, že kombinace preventivní údržby a údržby po poruše je naprostým standardem českých firem, ze kterého nevybočuje ani podnik, ve které je práce zpracovávána.

Systém řízení údržby odpovídá standardům ve firmách. Informační systém, který podnik vyvinul, plně v současné době odpovídá potřebám podniku a není třeba jej rozšiřovat ve stávajícím systému řízení. Při případné změně celkového způsobu přístupu k údržbě strojů a přípravků je nutná zásadní přestavba tohoto systému.

3 Vstupní analýza dat

Pro zjištění hlavních příčin vysoké zmetkovitosti produkce byly analyzovány Knihy separátoru podniku za roky 2013 - 2015. Spolu s těmito knihami byly analyzovány i zákaznické reklamace. Jednotlivé roky byly zkoumány jednotlivě pro zjištění trendů vývoje neshodných dílů.

Jednotlivé interní reklamace produkce jsou zapisovány do Knihy separátoru. Do Knihy separátoru (Obrázek 7) se vypisují parametry jako například: datum zachycení, druh výrobku, kolik neshodných dílů bylo vyrobeno, stroj a operace vzniku, stroj a operace zachycení.

Datum	Výroba	Počet N.D.	Seřizovač	Obsluha	Operace	Stroj
Výstup	Přípravek	Stroj	Nástroj	Slévárna	Poznámka	Operace vzniku
Stroj vzniku	Příčina	?	Č.H.N	Rozměr	Vypořádání	Kontrolor

Obrázek 7 - Hlavička knihy separátoru [31]

Externí reklamace jsou zapisovány do Knihy reklamací a stížností (Obrázek 8), kde se zapisuje: datum přijetí, podnik, od kterého byla přijata reklamace, firemní číslo reklamace, evidenční číslo zákazníka a další parametry, které jsou uvedeny na Obrázku 8.

Datum	Firma	Číslo reklamace	Evidenční číslo	Číslo výkresu
Uznáno	Předmět reklamace	Počet kusů	Náklady na reklamaci	Datum vyřízení

Obrázek 8 - Hlavička knihy reklamací a stížností [31]

V tabulce (Tabulka 5) jsou uvedeny počty neshodných dílů a vyrobených kusů. Pro každý rok je pak vypočítána procentuální neshodnost dle následující rovnice (Rovnice 1). V posledním řádku tabulky jsou uvedeny průměrné hodnoty jednotlivých parametrů. Neshodnost v jednotlivých letech 2013-15 se pohybuje v rozmezích od 0,38 % po 0,57 %. V průměru se neshodnost pohybuje okolo 0,47 % vyrobených kusů. Mezní hodnotou pro neshodnost produkce je nastaveno 0,2 % Tyto hodnoty jsou počítány pouze jen pro interní reklamace výroby.

$$NESHODOST = \frac{POČET\ N.D.}{VYROBENO} \cdot 100 [\%] \quad (1)$$

Tabulka 5 - Neshodnost výroby 2013-15 [32]

	POČET N.D. [Ks]	VYROBENO [Ks]	NESHODNOST
2013	12430	2189686	0,57%
2014	8881	2310537	0,38%
2015	10385	2268652	0,46%
CELKEM	31696	6768875	0,47%
PRŮMĚR	10565	2256292	0,47%

Interní reklamace se rozlišují dle příčin zavinění na:

- Stroj
- Nástroj
- Přípravek
- Chybně založený díl (Dále jako CH.Z.D.)
- Seřízení
- Slévárenská vada

Tato práce se bude zabývat pouze chybami stroje, nástroje, přípravku a seřízení. Ostatní chyby nejsou pro firmu ztrátové, protože slévárenské vady zaplatí dodavatel materiálu a chybně založené díly zaplatí viník reklamace.

3.1 Interní reklamace

Pro vstupní analýzu interních reklamací byla použita Paretova analýza, kde Kniha separátoru byla roztržena dle příčin zavinění neshodných dílů. Tato analýza byla provedena pro každý rok zvlášť. Výsledky jsou vypsány v tabulkách 5-7. Pro každou příčinu vzniku neshodného dílu bylo vypočteno celkové množství neshodných dílů a procentuální podíl na celkovém množství neshodných dílů.

Tabulka 6 - Kumulativní součet rok 2013 [32]

Příčina	Počet N.D. [Ks]	Podíl	Kumulativní součet
CNC	5441	38%	38%
SEŘÍZENÍ	3415	24%	62%
PŘÍPRAVEK	1812	13%	74%
NÁSTROJ	1762	12%	87%
CH. Z. D.	1302	9%	96%
POR	309	2%	98%
ODLITEK	298	2%	100%
Celkový součet	14339		

Tabulka 7 - Kumulativní součet rok 2014 [32]

Příčina	Počet N.D. [Ks]	Podíl	Kumulativní součet
CNC	4535	44%	44%
PŘÍPRAVEK	1743	17%	61%
SEŘÍZENÍ	1454	14%	75%
NÁSTROJ	1149	11%	86%
CH.Z.D.	1005	10%	96%
POR	226	2%	98%
ODLITEK	161	2%	100%
Celkový součet	10273		

Tabulka 8 - Kumulativní součet rok 2015 [32]

Příčina	Počet N.D. [Ks]	Podíl	Kumulativní součet
CNC	5515	43%	43%
PŘÍPRAVEK	1964	15%	58%
SEŘÍZENÍ	1551	12%	70%
CH.Z.D	1523	12%	82%
NÁSTROJ	1355	11%	93%
POR	768	6%	99%
ODLITEK	157	1%	100%
Celkový součet	12833		

Při prostudování tabulek 5-7 lze vyčíst, že největší podíl na celkovém počtu neshodných dílů mají chyby CNC spolu s chybami při seřízení a přípravkem. Chyby nástroje se pohybují okolo 11 % objemu neshodných dílů v daném roce.

Po odečtení chybně založených dílů a slévárenských vad byla provedena nákladová analýza. V analýze byly jednotlivé interní reklamace rozřazeny dle parametru výroba a příčina zavinění. Na základě tohoto roztřídění byly počty jednotlivých výrobků

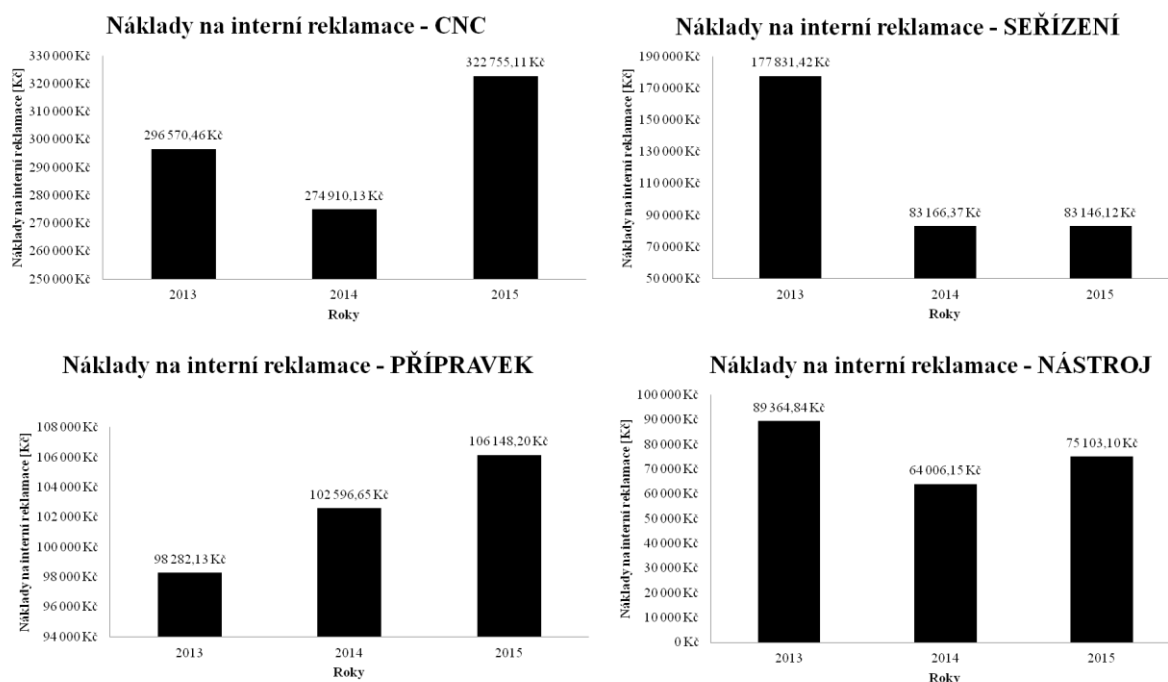
vynásobeny cenou odlitku toho daného typu (viz rovnice 2). Výsledky jsou uvedeny v následující tabulce (Tabulka 8).

$$\text{Náklady na příčinu} = \sum_{n=1}^n \text{Cena}_n \cdot \text{Počet } N.D_n \quad (2)$$

Tabulka 9 - Statistika nákladů na interní reklamace [32]

Statistika nákladů na interní reklamace						
Rok	N.D [Ks]	CNC	NÁSTROJ	PŘÍPRAVEK	SEŘÍZENÍ	SUMA
2013	12430	296 570,46 Kč	89 364,84 Kč	98 282,13 Kč	177 831,42 Kč	662 048,85 Kč
2014	8881	274 910,13 Kč	64 006,15 Kč	102 596,65 Kč	83 166,37 Kč	524 679,30 Kč
2015	10385	322 755,11 Kč	75 103,10 Kč	106 148,20 Kč	83 146,12 Kč	587 152,53 Kč
Průměr	10565	298 078,57 Kč	76 158,03 Kč	102 342,33 Kč	114 714,64 Kč	591 293,56 Kč
CELKEM	31696	894 235,70 Kč	228 474,09 Kč	307 026,98 Kč	344 143,91 Kč	1 773 880,68 Kč

Pro lepší názornost byly jednotlivé náklady vyhodnoceny také graficky po jednotlivých letech i s průměrnou hodnotou za tyto roky.



Graf 4 - Náklady na interní reklamace [32]

Při pohledu na graf (Graf 4) lze tvrdit, že z CNC vyjma roku 2014 je více neshod, dále z přípravku je neustálý trend zvyšování množství neshodných dílů. V seřízení je klesavý trend neshod oproti roku 2013. Lze tvrdit, že pokles byl razantní oproti jiným příčinám. U neshod, zaviněných nástrojem, je patrný přesně opačný trend než u CNC.

Nejdůležitějším parametrem je celkový počet neshodných dílů. Mezi roky 2013 a 2014 je zřejmý pokles neshodných dílů, protože se výroba mírně stabilizovala a produkovaly se velké série velice podobných kusů. Oproti tomu v roce 2015 se zvýšil objem tvarově složitých kusů, které jsou náchylnější na kvalitu strojů.

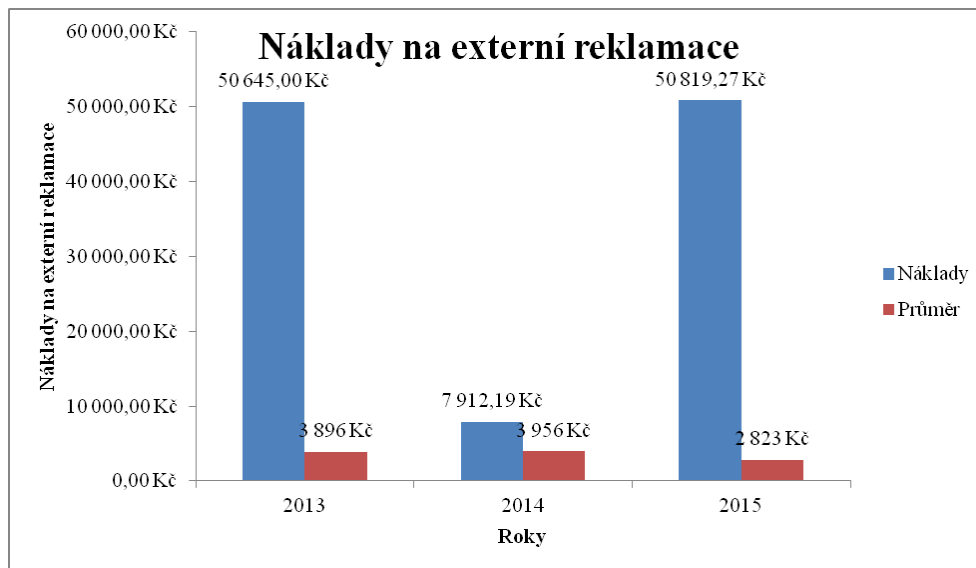
3.2 Externí reklamace

Při porovnání externích a interních reklamací lze zjistit, že externích reklamací je značně méně. V tabulce (Tabulka 9) jsou uvedeny jednotlivé roky s počtem reklamací, počtem kusů a celkovými náklady na reklamaci.

Tabulka 10 - Náklady na externí reklamace [32]

Rok	Počet reklamací [-]	Počet reklamovaných kusů[Ks]	Náklady	Průměr
2013	3	13	50 645,00 Kč	3 896 Kč
2014	2	2	7 912,19 Kč	3 956 Kč
2015	7	18	50 819,27 Kč	2 823 Kč
Celkem	12	33	109 376,46 Kč	3 314 Kč

Graficky (Graf. 2) jsou znázorněny náklady na reklamaci a průměr nákladu na jeden reklamovaný kus.



Graf 5 - Náklady na externí reklamace [32]

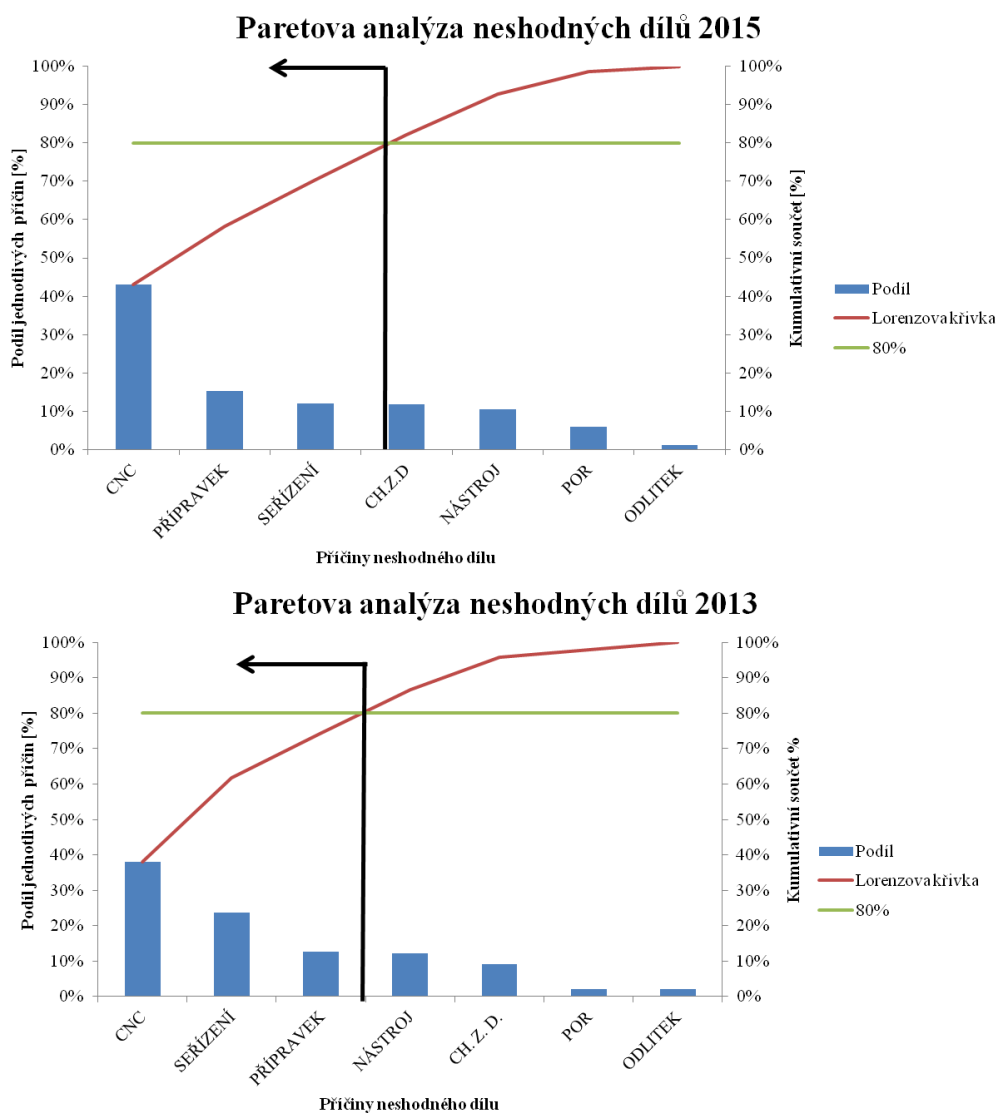
Na základě každé jednotlivé externí reklamace byl vypracovaný 8D report týmem pracovníků podniku a byla implementována nápravná opatření, aby k dané chybě nemohlo znovu dojít.

3.3 Diskuse nad úvodní analýzou dat

Při pohledu na množství interních a externích reklamací je patrné, že se práce bude dále zaměřovat na interní reklamace.

V této části práce lze tuto práci rozdělit do několika směrů a to zaměřit se výhradně na vybrané stroje s nejvyšší neshodností, nebo na vybrané výroby s nejvyšší neshodností, nebo na přípravky s nejvyšší neshodností.

Tato část práce bude směřovat na zjištění nejrizikovějších příčin z CNC, přípravků a nástroje. Z grafu (Graf 6) je patrné, že dle metodiky by se práce měla zabývat příčinou CNC, seřízení a přípravek. Příčina seřízení nebude v práci řešena, protože podnik se touto problematikou v současnosti zabývá sám.



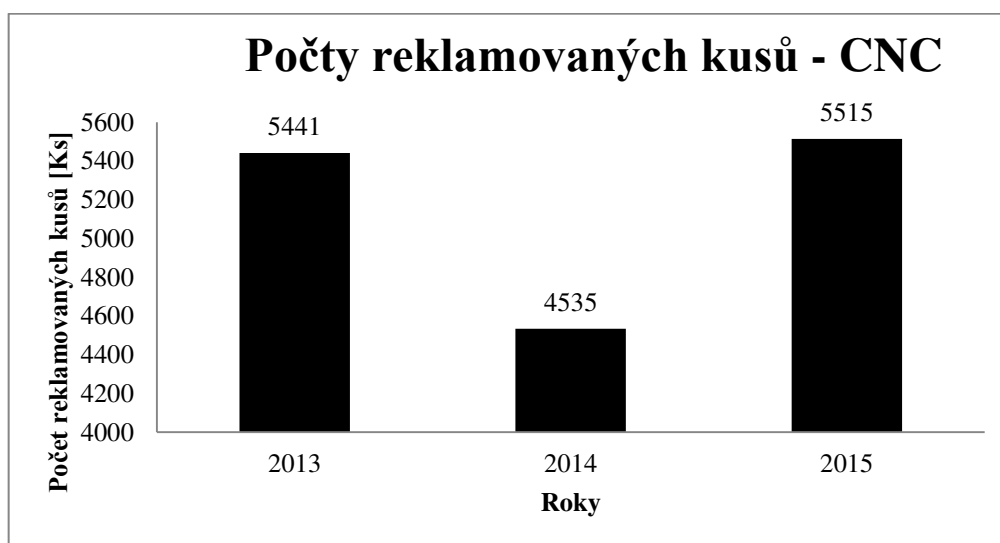
Graf 6 - Paretova analýza neshodných dílů 2013 a 2015 [32]

3.4 Rozbor jednotlivých příčin

V této části práce budou rozebrány vybrané jednotlivé příčiny do hloubky, aby byly zjištěny kritické faktory, ovlivňující neshodnost jak na CNC, tak i na přípravcích nebo na nástroji.

3.4.1 Příčina - CNC

Na následujícím grafu (Graf 7) je názorněji vidět, jak se pohybuje míra počtu reklamovaných kusů za sledované období. Jak bylo již zmíněno v roce 2014, došlo k poklesu o 906 kusů, ale ihned v následujícím roce došlo opět k nárůstu o 980 kusů.



Graf 7 - Počty reklamovaných kusů - CNC [32]

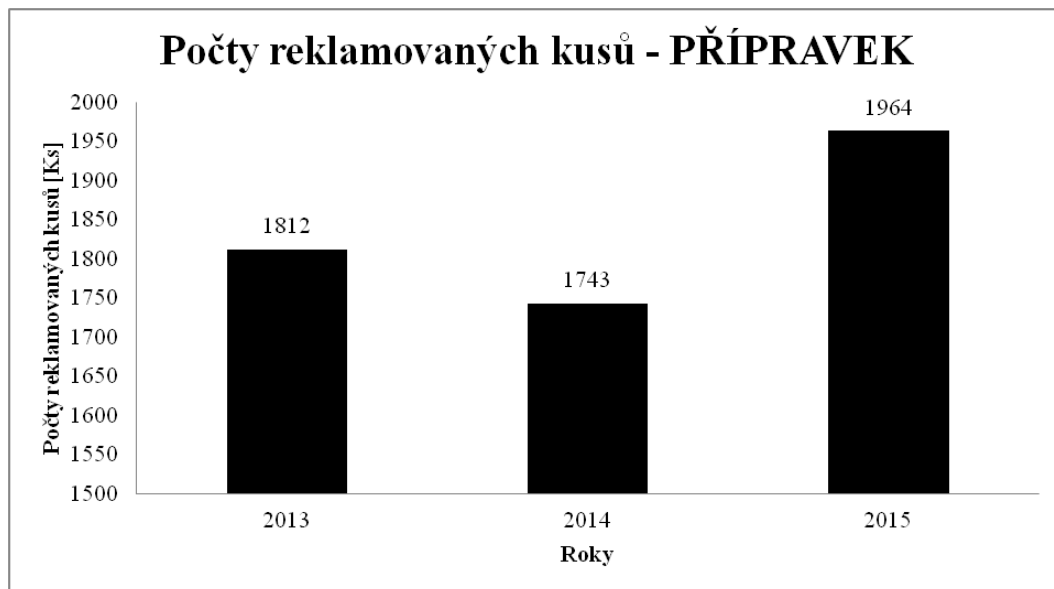
Jelikož je příčina CNC nejvíce zastoupená, musí být faktory z CNC nejkritičtějšími parametry. Proto je nutné analyzovat jednotlivé poznámky v Knize separátoru i s jednotlivými počty neshodných dílů.

Jednotlivé chyby, které mají uvedeno v poznámce v Knize separátoru bližší informaci pro určení kořenové příčiny, lze rozdělit do třech základních skupin a to:

- Chyby osy (Vřeteno, osa X, osa Y, osa Z a další)
- Chyby stroje (Ložiska, Havárie, Hydraulika, Porucha upínání a další)
- Chyby mazacího hospodářství stroje (Oplachy, Chlazení a další)

3.4.2 Příčina přípravek

Při pohledu na následující graf (Graf 8) a jeho porovnáním s grafem pro CNC (Graf 3.) je zřejmé, že počet reklamovaných kusů z důvodu chyby přípravku je například v roce 2015 o 3551 reklamovaných kusů méně.



Graf 8 - Počty reklamovaných kusů - PŘÍPRAVEK [32]

Stejně jako u chyby CNC, tak i u chyby přípravku se do Knihy separátoru zapisují kořenové příčiny vzniku reklamace. U tohoto typu příčiny reklamace nejdou rozdělit do jednoznačných skupin, protože jednotlivé příčiny jsou již samostatnou skupinou. Mezi nejčastější kořenové příčiny patří například: volné nebo dokonce upadlé klemy⁵, prasklé dorazy⁶, nečistoty pod přípravkem.

⁵ **Klema** = část přípravku, která drží obráběný kus na dorazech. Většinou jde o dvě destičky hydraulicky ovládané.

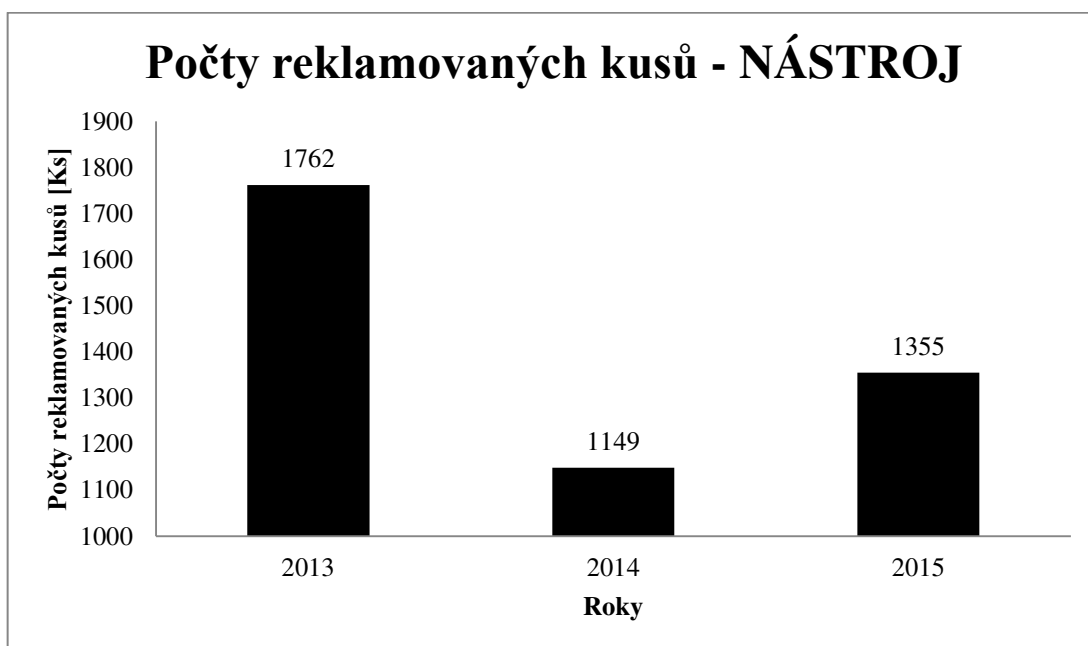
⁶ **Doraz** = část přípravku, která slouží k přesnému umístění obráběného kusu v přípravku.

3.4.3 Příčina nástroj

U této příčiny je oproti ostatním příčinám již nižší počet reklamovaných kusů, ale pro snížení množství reklamovaných kusů je tato příčina nezanedbatelná.

Kořenové příčiny u nástroje jdou rozdělit do dvou hlavních kategorií a to vada nástroje (prasklý vrták, výměna nástroje, špona na nástroji a další) a vada břitové destičky (uvolněný plátek, vylomený plátek, opotřebovaný plátek a další).

Stejně jako u ostatních výše popsanych příčin je jasně sledovatelný trend (Graf 5) poklesu v roce 2014, ale nedochází zde v roce 2015 k nárůstu počtu reklamovaných kusů nad hodnotu z roku 2013.



Graf 9 - Počty reklamovaných kusů - NÁSTROJ [32]

4 Kritické faktory ovlivňující vznik reklamace

Pro další pokračování je nutné stanovit kritické faktory vzniku interní reklamace ve společnosti.

Na základě této analýzy budou vypracována nápravná opatření k zamezení vzniku reklamovaných dílů a následná doporučení pro ostatní podniky, aby nedocházelo ke stejným chybám i v jiných organizacích.

Pro určení kritických faktorů byla provedena Paretova analýza (Graf 6), která ukázala, na které kritické faktory je nutné se v rámci řešení práce zaměřit. Práce se bude zabývat neshodami, zaviněnými CNC, přípravkem a nástrojem. Tyto neshody byly detailněji rozebrány.

4.1 Rizika údržby podniku

Identifikace a následná opatření k omezení rizik podniku je nezbytnou součástí každé moderní organizace. V praxi se rozeznávají dva druhy rizik a to interní a externí. Interní rizika se dále dělí na technická, ekonomická, procesní a sociopolitická. Externí rizika se dělí na technická, ekonomická a sociopolitická dle textu [37].

V této práci lze na rizika nahlížet ze dvou různých pohledů a to rizika údržby a rizika plynoucí z neshodných produktů.

4.1.1 Rizika údržby

Z pohledu údržby lze rizika klasifikovat na ekonomická a technická. Z pohledu údržby lze technickým rizikem například označit nekvalitně provedené předchozí údržbářské práce, nebo použití nevhodného spojovacího materiálu. Jako ekonomické riziko lze označit prodloužení odstávky, změna termínu odstávky, nevhodně navržené množství materiálu na skladě. Dále lze rizika v údržbě dělit dle následujících kritérií dle [1] :

- rizika související s výkonem údržbářských prací
- rizika související s chybně provedenou nebo zanedbanou údržbou s dosahem na lidské zdraví
- rizika související s chybně provedenou nebo zanedbanou údržbou s dosahem na okolí podniku (havárie)

4.1.2 Rizika neshodného dílu

Riziko, způsobující neshodný díl, lze klasifikovat do kategorií dle stupně proniknutí neshody. Neshodný díl, zachycený interními mechanismy organizace, představuje technické riziko (možnost kolize stroje) a ekonomické riziko (finanční ztráta). Naopak neshodný díl zachycený externě, tedy u zákazníka, může zapříčinit technické riziko (nelze u zákazníka zpracovat), ale především ekonomické riziko (možnost finančních sankcí, nebo při nejhorším vypovězení dodavatelské smlouvy). Nejhorším případem je proniknutí neshodného dílu ke koncovému uživateli. Tento stupeň průniku může způsobovat ekonomické riziko (reklamace), technické riziko (nutnost servisu), ale především riziko sociopolitické v případě výroby, mající vliv na lidské životy nebo životní prostředí.

Interní kontrolní mechanismy zkoumané organizace jsou nastaveny natolik dobře, že pouze 0,1 % neshodných dílů pronikne k zákazníkovi (Dle vztahu 3).

$$\text{Uniknuté kusy} = \frac{\text{Počet externě reklamovaných kusů}}{\text{Počet všech reklamovaných kusů}} [\%] \quad (3)$$

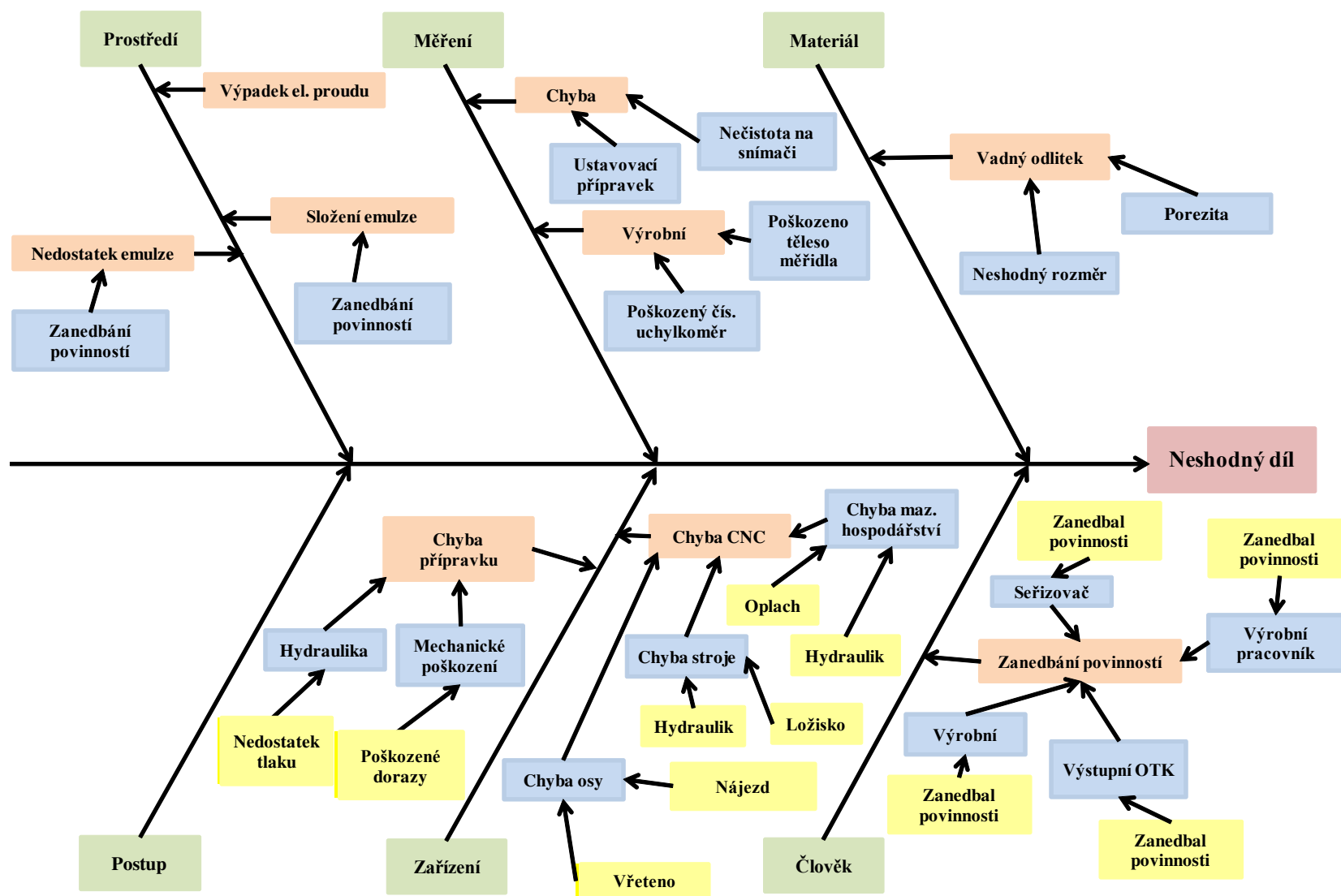
V případě proniknutí kusů k zákazníkovi jsou jejich kontrolní mechanismy nastaveny tak dobře, že proniknutí neshody ke koncovému zákazníkovi je na zanedbatelné úrovni v porovnání s interně zachycenými neshodami.

4.2 Diagram příčin a následku

Z diagramu (Graf 10) je patrné, že nejvíce je zastoupena chyba zařízení a chyba člověka. Jak bylo již napsáno, tento nástroj neřeší přímo daný problém, ale napomáhá k utřídění možných příčin vzniku nežádoucího jevu.

V tomto případě vše směřuje k chybě zařízení a chybě člověka. V chybě člověka je zastoupen seřizovač, výrobní pracovník, výrobní a výstupní OTK. V těchto případech je vše zapříčiněno zanedbáním povinností. Chyba zařízení je obsáhlejší, dělí se na dvě hlavní příčiny a to CNC a přípravek. Tyto příčiny jsou dále rozepisovány do hloubky.

Větev Postup dle metodiky 6M není pro řešení této práce relevantní.



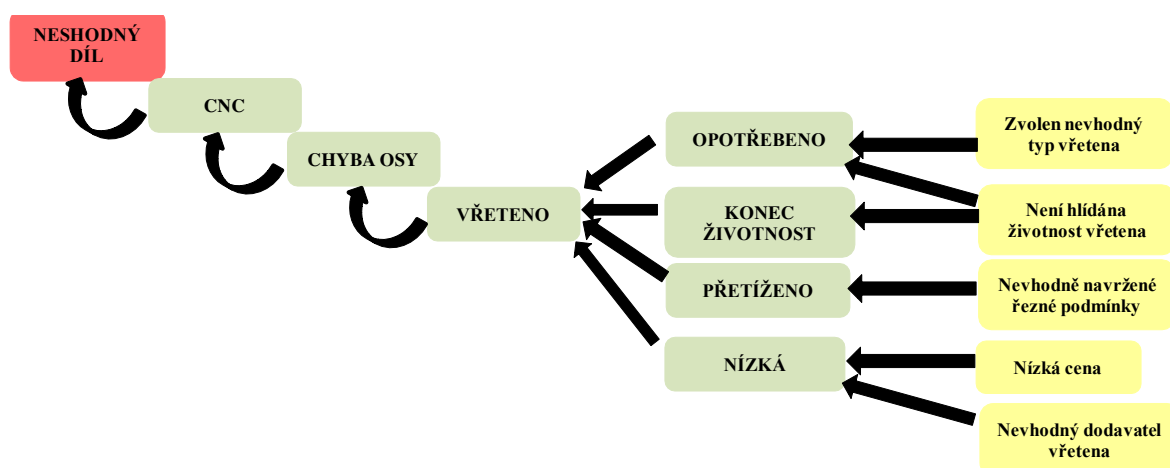
Graf 10 - Diagram příčin a následku [32]

4.3 Analýza příčině-následkových řetězců

Z diagramu příčin a následku vyplynuly nejpodstatnější příčiny vzniku reklamace. Tyto příčiny byly sestavovány na základě jejich opakování a množství reklamovaných kusů. Na tyto příčiny je nutné se zaměřit přímo a najít kořenovou příčinu vzniku. Hlavní zkoumané příčiny v této práci jsou:

- Hydraulika stroje
- Hydraulika přípravku
- Systém chlazení ve stroji
- Zanedbání povinností
 - Seřizovačem
 - Výrobním pracovníkem
 - Výrobní OTK
 - Výstupní OTK
- Porucha vřetena
- Mechanické poškození přípravku

Pro každou z těchto příčin byl sestaven příčně následkový řetězec. Na diagramu (Graf 11) je ukázka vyhotoveného řetězce. Ve žlutých polích v diagramu (Graf 11) jsou uvedeny vždy možné kořenové příčiny nežádoucího jevu, v tomto případě neshodného dílu. Tyto kořenové příčiny jsou sepsány v tabulce (Tabulka 11), kde jsou dále ohodnoceny dle zvolených parametrů.



Graf 11 - Příčně následkový řetězec [32]

4.4 Hodnocení kořenových příčin

Po vytrídění nejméně podstatných, nebo nedůležitých příčin se zbylé kořenové příčiny budou hodnotit. Hodnocení jednotlivých příčin bude probíhat bodovací metodou, kdy ke každému zkoumanému faktoru budou přiřazeny body dle následujících hodnotících parametrů:

- Počet výstupů z příčně-následkového řetězce
 - 1 bod - občasný výskyt
 - 5 bodů - častý výskyt
 - 10 bodů - velice častý výskyt

- Počet reklamací na danou příčinu
 - 1 bod - 0 - 600 ks ročně
 - 5 bodů - 601 - 1400 ks ročně
 - 10 bodů - 1401 - a více ks ročně

- Vliv neshod na kapacity výroby
 - 1 bod - velice malý vliv
 - 5 bodů - významný vliv
 - 10 bodů - velice významný vliv

- Náročnost odstranění kořenové příčiny
 - 1 bod - snadné odstranění
 - 5 bodů - středně náročné odstranění
 - 10 bodů - velice náročné odstranění

- Vliv lidského faktoru na danou příčinu
 - 1 bod - zanedbatelný vliv
 - 5 bodů - zaznamenanatelný vliv
 - 10 bodů - zásadní vliv

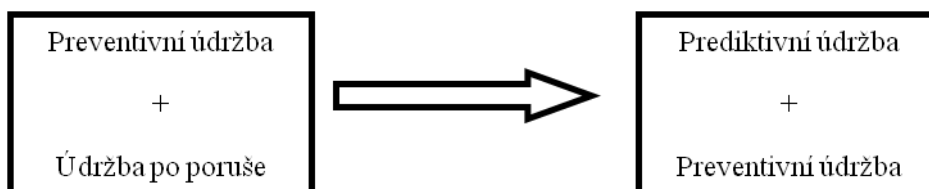
Na základě této bodové hodnotící metody byly výstupy, označené jako kořenové příčiny, z příčně-následkového řetězce ohodnoceny. Bodové zisky jednotlivých kořenových příčin byly pro výsledném hodnocení jednotlivé kořenové příčiny zprůměrovány. Na základě tohoto výpočtu byly seřazeny od nejvýznamnější (s nejvyšším hodnocením) po nejméně významnou (s nejnižším hodnocením), tedy sestupně.

V následující tabulce (Tabulka 11) je uvedeno 15 výsledných nejpodstatnějších kořenových příčin vzniku reklamace produkce. Na tyto kořenové příčiny se bude práce dále zaměřovat k jejich odstranění.

Tabulka 11 - Výsledné hodnocení kritických faktorů [32]

Pořadí	Problém	Výsledné hodnocení
1	Není hlídána životnost součástí stroje	8,2
2	Údržba neprovedla opravu přípravku	7,2
3	Není hlídán stav nástroje	7,0
4	Nevhodný systém údržby částí stroje	7,0
5	Porucha přípravku	6,4
6	Obsluha neplní předepsanou údržbu stroje	6,2
7	Nedostatečný interval údržby	6,0
8	Obsluha neprovedla kontrolu přípravku	5,2
9	Údržba neprovedla kontrolu stroje	4,4
10	Seřizovač neočistil nástroj před vložením do stroje	4,4
11	Porucha mazacího hospodářství stroje	3,4
12	Porucha hydraulického systému přípravku	3,4
13	Porucha řídicího systému	2,8
14	Využívání nástrojů nad životnost	2,6
15	Záměna vybavení	1,8

Hlavním problémem dle tohoto vyhodnocení bude změnit kompletně přístup k údržbě přípravků a strojů. Z preventivní údržby a údržby po poruše je nezbytně nutné vytvořit prediktivní údržbu kombinovanou s preventivní (viz Obrázek 9).



Obrázek 9 - Změna přístupu k údržbě [32]

Nyní lze řešení rozdělit na dva základní směry a to:

- A. Využití snímačů na všechny důležité části stroje.
- B. Sledování stavu strojních součástí bez využití snímačů.

5 Řešení pomocí snímačů

V této části práce bude zpracováno kompletní řešení využití snímačů strojních součástí pro zavedení prediktivní údržby. Snímače veličin strojních součástí byly vybrány z důvodů:

- + Online sledování stavu součásti
- + Minimalizace vlivu lidského faktoru
- + Okamžitého zjištění závady
- + Přesnosti výsledků
- + Možnosti předpovědět vývoj životnosti součásti nezávisle na předpokládané životnosti

Tyto výše vyjmenované důvody se dají považovat za největší přednosti takto predikované údržby stroje. Toto řešení je velice odolné vůči vlivu lidského faktoru, protože neumožňuje neproškolenému pracovníkovi zasáhnout do vyhodnocovacího skriptu programu. Poslední uváděný klad je velice podstatný pro další řešení této práce. Možnost předpovědět vývoj životnosti součásti nezávisle na předpokládané životnosti je velice podstatný, pokud se daná součást, zde například vřeteno, využívá nad rámec výrobcem stanovených strojních hodin bez předepsané údržby od výrobce. Při využívání vřetena bez předepsané údržby pro daný časový interval (například 20 000 hodin pro životnost vřetene) se vřeteno dostává do oblastí neprobádaných a velice špatně odhadnutelných. Při překročení těchto 20 000 hodin výrobce již negarantuje spolehlivost svých výrobků a k poruše může dojít v podstatě kdykoliv. Tento nežádoucí jev lze pomocí senzorů lehce zjistit a zajistit patřičnou výměnu za vřeteno nové. Nepopíratelnou výhodou tohoto řešení je jeho přesnost. Při správném nastavení senzorů a správném naprogramování vyhodnocovacího programu lze dosáhnout velice přesných výsledků, ke kterým se nejde dostat pomocí jiných vyhodnocovacích metod.

Jako vše, co má klady, má i své zápory. Tento systém není výjimkou a má své zápory, mezi ně patří:

- Cena
- Náročnost na instalaci
- Nutnost speciálního programu
- Pracovník, vyhodnocující výsledky a připravující hlášení o stavu strojů

Nejpodstatnějším negativem a hlavním argumentem odpůrců tohoto řešení je jeho cena a náročnost na instalaci.

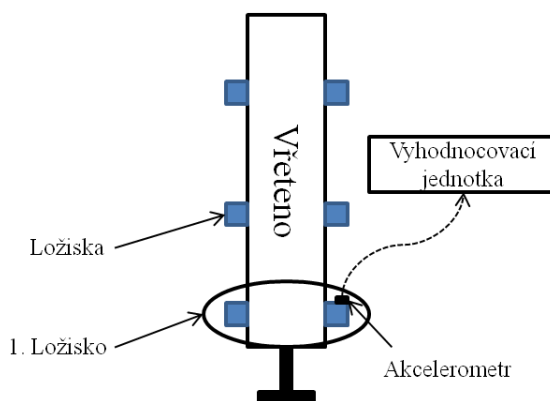
Při zvážení všech pozitiv a negativ tohoto řešení a na základě výsledného hodnocení kritických faktorů z příčně-následkového řetězce je nezbytně nutné vybrat jen ty strojní součásti, které přímo ovlivňují míru neshodnosti na daném zařízení. Na základě všech těchto rozhodovacích faktorů byly vybrány následující součásti:

- Vřeteno
- Čerpadlo hydrauliky
- Čerpadlo chlazení
- Hydraulický systém
- Chladicí systém
- Kuličkový šroub
- Upínací přípravek

5.1 Vřeteno

Společnost využívá vřetena od německého výrobce KESSLER®. Stav vřetena bude hlídán pomocí snímače vibrací na ložisku u předního konce vřetena. Toto ložisko je rozhodující pro přesnost obrábění. Z tohoto důvodu a pro snížení finanční náročnosti celkového řešení je nutné osadit toto ložisko akcelerometrem (Obrázek 10). Pro správnou konfiguraci je nutné provést diagnostiku stroje.

Pro monitorování vibrací bude využit akcelerometr typu VSA005 od podniku IFM. Tento akcelerometr bude doplněn vyhodnocovací jednotkou typu VSE002 od stejného podniku. Dále je nutné zakoupit zdroj DN1030 k vyhodnocovací jednotce a příslušné kabelové spoje k propojení jednotlivých prvků. Také je nutné zakoupit specializovaný program pro online vyhodnocování výsledků.



Obrázek 10 - Náčrt propojení [32]

Pro vyhodnocení úspor tohoto řešení je nutné stanovit náklady na pořízení tohoto systému monitorování. V této části vyhodnocení nákladů bude počítáno s cenou pouze pro jedno vřeteno, tj. pro jeden stroj.

V následující tabulce (Tabulka 12) jsou uvedeny ceny jednotlivých komponent pro monitorování stavu vřetena. Tyto ceny jsou čerpány z online katalogu podniku IFM [33]. Dále je nutné k těmto nákladům připočítat náklady na úvodní diagnostiku stroje, kabelové spoje, instalaci, vyladění vyhodnocovacího programu a vizualizaci výsledků.

Tabulka 12 - Náklady na monitorování vřetena [32]

Součást	Cena [Kč]
Akcelerometr VSA 005	6 120
Vyhodnocovací jednotka VSE 002	13 904
Zdroj elektrického proudu DN 1030	2 188
CELKEM	22 212

V tabulce (Tabulka 12) je uvedena výsledná cena komponent 22 212 Kč. K této částce je třeba připočítat náklady na kabelové spoje, instalaci, vyladění a vizualizaci. Dle konzultace z firmy HEISTECH[®] se částka pohybuje okolo sumy 50 000 Kč za jeden stroj. Výsledný náklad na jeden stroj tak vychází přibližně 72 212 Kč. Podnik by potřeboval osadit 21 strojů.

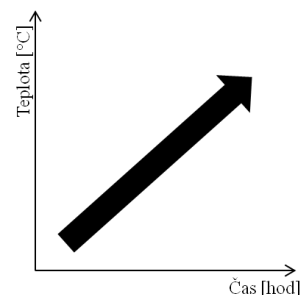
5.2 Čerpadla kapalinového hospodářství stroje

Tyto dvě součásti (čerpadlo hydrauliky a čerpadlo chladicího systému) lze spojit v jedno řešení, protože pro obě čerpadla bude využit stejný princip monitorování stavu. Tento typ součástí lze monitorovat dvěma různými způsoby a to:

- Snímač teploty
- Snímač spotřeby elektrického proudu.

5.2.1 Senzor teploty

Jde o přímé měření teploty čerpadla. Monitorování teploty čerpadla bylo vybráno z důvodu předpokladu závislosti teploty čerpadla na blížícím se konci životnosti čerpadla (Obrázek 11). Toto měření předpokládá, že při zvýšeném opotřebení lopatek



Obrázek 11 - Závislost teploty čerpadla na čase [32]

čerpadel se bude zvyšovat tření a tím pádem se bude zvyšovat i teplota čerpadla. Pro měření teploty bude využit příložený snímač teploty typu TS502A od podniku IFM. Vyhodnocovací jednotka musí být pro každé čerpadlo zvlášť. Podnik IFM nenabízí možnost vyhodnocování těchto hodnot z více senzorů najednou. Vyhodnocovací jednotkou od podniku IFM je zvolena TR2432. I v tomto případě je nutné zakomponovat tento monitoring do vyhodnocovacího programu.

5.2.2 Náklady na monitoring teploty čerpadel

K vyhodnocení celkové náročnosti řešení je nutné vyhodnotit náklady i na tento monitoring. Protože tímto způsobem budou monitorovány dvě součástky na jednom stroji, je nutné tuto výslednou cenu vynásobit dvěma a přičíst k tomu i cenu instalace na stroj.

Tabulka 13 - Náklady na monitorování čerpadel [32]

Součást	Cena [Kč]
Příložený teplotní snímač TS502A	3 065
Vyhodnocovací jednotka TR2432	7 608
Zdroj elektrického proudu DN 1030	2 188
CELKEM	12 861

V tabulce (Tabulka 13) je uvedena cena komponent pro jedno čerpadlo. Celkem za obě čerpadla to bude 25 772 Kč a s připočtením kabelových spojů a vyladěním daného monitoringu se cena vyšplhá na hodnoty okolo 60 000 Kč.

5.2.3 Snímač spotřeby elektrického proudu

Jde o přímé měření spotřeby elektrického proudu daného čerpadla. Toto řešení je založeno na předpokladu, že při zvyšující se míře opotřebení čerpadla bude docházet ke zvýšení spotřeby elektrického proudu.

Přívodní kabely budou osazeny snímačem spotřeby elektrického proudu od podniku EGÚ Brno. K snímání spotřeby elektrického proudu bude využit ampérmetr typu EAM1. Tento ampérmetr bude propojen s převodníkem a komunikační jednotkou od stejného výrobce. Ampérmetr umožňuje snímání až tří proudů najednou. Tím lze čerpadla monitorovat pouze jedním snímačem.

Tento princip monitorování elektrického proudu lze využít i jiným způsobem, než je monitorování životnosti čerpadel na základě jejich spotřeby. Tento monitoring lze využít i ke sledování teploty jádra elektromotoru čerpadla. Když se vyjde ze vzorce Ohmova zákona (Vzorec 4), lze z něj vypočítat odpor motoru. V tomto vztahu je pevně daná velikost napětí elektrického proudu U a parametr I se měří pomocí monitoringu.

$$R = U \cdot I [\Omega] \quad (4)$$

Teplotu jádra motoru lze vypočítat pomocí vzorce (Vzorec 5) pro závislost odporu kovového vodiče na teplotě. Parametr R_1 je velikost odporu při známé teplotě vinutí T_1 . Parametr vzorce α vyjadřuje teplotní součinitel elektrického odporu pro daný materiál. Dle vzorce (Vzorec 6) lze následně dopočítat přímo teplotu jádra vinutí.

$$R = R_1 \cdot (1 + \alpha \cdot \Delta T) [\Omega] \quad (5)$$

$$\Delta T = T - T_1 [K] \quad (6)$$

Po dosazení vypočítaného odporu vinutí z Ohmova zákona (Vzorec 4) do vzorce pro závislost odporu kovového vodiče na teplotě (Vzorec 5) a vyjádření aktuální teploty ze vzorce (Vzorec 6) lze stanovit hodnotu aktuální teploty jádra motoru (Vzorec 7).

$$T = T_1 + \frac{1}{\alpha} \cdot \left(\frac{U \cdot I}{R_1} - 1 \right) [K] \quad (7)$$

5.2.4 Náklady na snímač spotřeby elektrického proudu

V tabulce (Tabulka 14) jsou rozepsány náklady na monitorování spotřeby elektrického proudu.

Tabulka 14 - Náklady na monitorování čerpadel [32]

Součást	Cena [Kč]
Ampérmetr EAM1	5 450
Komunikační kabel	3 500
Převodník	2 000
CELKEM	10 950

K této ceně je nutné opět připočítat cenu instalace, vyladění, přenosovou součástku mezi převodníkem a monitorovacím počítačem. Tuto přenosovou součástku výrobce neprodává, protože předpokládá blízkost počítače u měřeného stroje. Po přičtení všech těchto nákladů se cena vyšplhává na hodnotu 25 000 Kč.

5.2.5 Měření teploty nebo měření spotřeby proudu?

Je nezbytné zvážit tyto dvě možnosti monitorování životnosti čerpadel. Na jedné straně se nabízí přímé měření teploty čerpadel a na straně druhé se nabízí multifunkční měření spotřeby proudu, na jehož základě lze určit životnost čerpadla nebo tyto hodnoty lze přepočítat na teplotu jádra motoru čerpadla a na tomto základě monitorovat životnost čerpadla.

Varianta přímého měření teploty čerpadla je variantou kvalitní, ale při přihlédnutí k cenové náročnosti a při zvážení možností a ceny druhé varianty je pro firmu výhodnější zvolit tuto variantu. Varianta měření spotřeby elektrického proudu navíc umožňuje efektivněji měřit náklady na energie těchto čerpadel. Toto řešení již splňuje potřeby ke snižování energetické náročnosti výrobní organizace.

5.3 Kapalinové hospodářství stroje

Pro kontrolu možných netěsností spojů nebo narušení vedení je nutné monitorovat průtok kapalin stroje. Tento monitoring lze využít i jako doplňkové sledování stavu čerpadel.

Kapalinové vedení stroje bude osazeno snímači pro měření průtoku kapalin. Takto naměřené hodnoty lze využít i jako doplňkový systém k monitorování stavu čerpadel.

Každé vedení kapaliny bude osazeno průtokoměry na třech místech pro rovnoměrné rozdělení vedení do jednotlivých úseků.

Hlavním benefitem tohoto řešení je možnost zjištění netěsností spojů, okamžité zjištění úniku kapalin a jak bylo již zmíněno, doplňkový monitoring čerpadla. Pro měření průtoku kapalin je nutné využít dva typy průtokoměrů z důvodu různých průměrů vedení kapalin.

Pro měření hydraulického okruhu bude využit průtokoměr typu SGB246 s vyhodnocovací jednotkou SN0150 od podniku IFM. Pro měření chladicího okruhu bude využit průtokoměr také od podniku IFM, ale typu SGB233 se stejnou vyhodnocovací jednotkou, jako je použita u hydraulického okruhu a to SN0150. Musí být vždy ke každému průtokoměru jedna vyhodnocovací jednotka. Problematické je to se zdroji. Pro toto řešení je třeba šest vyhodnocovacích jednotek a napájet je lze buď pomocí šesti zdrojů napětí, což v sobě nese vysokou finanční náročnost na pořízení. Na druhé straně lze pořídit pouze tři tyto zdroje, že by jeden zdroj napájel dvě vyhodnocovací jednotky. Toto řešení přináší finanční úsporu, ale riziko poruchy zdroje a tím výpadku dvou měřicích míst. Následky této poruchy lze minimalizovat kombinací vždy jednou vyhodnocovací jednotkou pro hydrauliku a jednou pro chlazení. Tímto by následky případného výpadku nebyly tolik tragické, protože by stále zbývaly dva průtokoměry, které by poskytovaly výsledky. Pro další řešení práce bude uvažována druhá varianta s využitím tří zdrojů napětí pro vyhodnocovací jednotky.

V následující tabulce (Tabulka 15) jsou detailně rozepsány finanční náklady na jednotlivé komponenty monitoringu.

Tabulka 15 - Finanční náklady na monitoring kapalinového hospodářství [32]

Součást	Počet [Ks]	Cena [Kč]	Výsledná cena [Kč]
Průtokoměr SGB246	3	8 753	26 259
Průtokoměr SGB233	3	6 946	20 838
Vyhodnocovací jednotka SN0150	6	7 101	42 606
Zdroj elektrického proudu DN1030	3	2 188	6 564
CELKEM	15	24 988	96 267

K výsledné ceně 96 267 Kč je nutné přičíst, jako u ostatních, kabelové spoje, montáž a vyladění systému. Při přičtení těchto nákladů se cena vyšplhává k hodnotě 140 000 Kč.

5.4 Kuličkový šroub

Pro měření opotřebení kuličkového šroubu v osách stroje bude využita stejně, jako na měření opotřebení vřetene, metoda měření vibrací. Dalším možným využitím tohoto systému je monitoring životnosti ložisek, ve kterých je kuličkový šroub usazen. Každý kuličkový šroub bude osazen akcelerometrem a vyhodnocovací jednotkou pro zpracování signálu. Podnik vyrábí na dvou typech strojů vlastní konstrukce. Prvním typem je CNC frézka s vertikální osou vřetene. V současnosti podnik vyrábí na 11 těchto strojích a jeden je v testovacím období a obsahuje 4 kuličkové šrouby. Druhým typem je CNC frézka s horizontální osou vřetene. Ve firmě se využívá celkem 10 strojů této konstrukce a obsahuje pouze 3 kuličkové šrouby. Z tohoto důvodu nelze vytvořit jedno univerzální řešení, ale je nutné přistupovat k těmto typům strojů individuálně a upravovat vyhodnocovací skripty přesně na míru potřeb stroje. Pro měření vibrací bude využit stejný typ akcelerometru a vyhodnocovací jednotka, jako pro měření vřetene. Hlavním důvodem jsou dostačující vlastnosti tohoto akcelerometru a snaha o jednotnost měřicích prvků. Snaha o jednotnost je velice důležitá, protože cena jednoho tohoto akcelerometru i vyhodnocovací jednotky není zanedbatelná a skladovat několik velice podobných prvků s pouze minimálními rozdíly je nevýhodné. Při využití i stejných zdrojů proudu, jako u vřetena a kapalinového hospodářství, se opět sníží nároky na skladovací jednotky a množství náhradních dílů. Dále není nutné speciálně zaškolovat pracovníky, kteří s tím budou pracovat, na několik různých komponent. Z těchto důvodů bude využit akcelerometr typu VSA005 a vyhodnocovací jednotka VSE002 od podniku IFM. Přesné umístění akcelerometru na kuličkovém šroubu musí navrhnout pracovník montážního podniku z důvodu maximální kvality výstupních dat.

Výpočet finančních nákladů se musí rozdělit na dvě části a to část pro stroje s vertikální osou vřetene a s horizontální osou.

V tabulce (Tabulka 16) jsou rozepsány náklady na jednotlivé stroje. Pro stroje s horizontální osou se cena součástek vyšplhala na 34 452 Kč a pro stroje s vertikální osou na 40 572 Kč. Dle konzultace s firmou HEISTECH[®] se cena vyladění, kabelových spojů a příprava vizualizace výsledků navýší o 60 000 Kč, respektive 70 000 Kč na jeden stroj, dle typu stroje. Celkové náklady na osazení všech 21 strojů dosahují částky 2 160 812 Kč.

Tabulka 16 - Finanční náročnost monitorování kuličkového šroubu [32]

Horizontální osa			
Součást	Počet kusů	Cena [Kč]	Celkem [Kč]
Akcelerometr VSA 005	3	6 120	18 360
Vyhodnocovací jednotka VSE 002	1	13 904	13 904
Zdroj elektrického proudu DN 1030	1	2 188	2 188
CELKEM	5	22 212	34 452
Vertikální osa			
Součást	Počet kusů	Cena [Kč]	Celkem [Kč]
Akcelerometr VSA 005	4	6 120	24 480
Vyhodnocovací jednotka VSE 002	1	13 904	13 904
Zdroj elektrického proudu DN 1030	1	2 188	2 188
CELKEM	6	22 212	40 572

5.5 Propojení a vizualizace výsledků měření

Pro efektivní využití naměřených dat je nezbytně nutné tyto hodnoty zobrazovat pomocí webového rozhraní, které bude zpracovávat odesílané hodnoty z jednotlivých strojů.

Stroje ve firmě jsou rozmístěny do čtyř výrobních hal. V každé výrobní hale se nacházejí 3 až 7 strojů. Vyhodnocovací jednotky budou propojeny s PLC, které bude daná data zpracovávat a předávat ke zpracování na centrálního počítače (Obrázek 12⁷). Takto vyhodnocená data bude moci uživatel sledovat pomocí webové aplikace. Toto řešení je velice jednoduché, ale náchylné k výpadkům centrálního počítače.

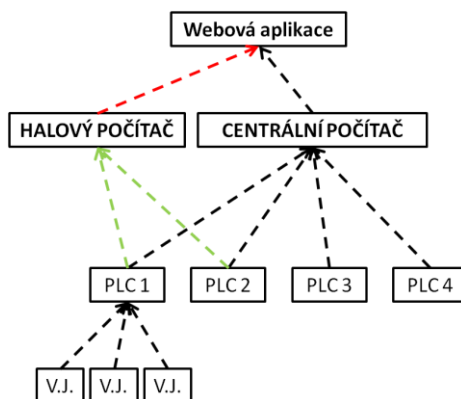
⁷ Zkratka V.J. značí vyhodnocovací jednotku

Černá čára = primární datový tok

Zelená čára = sekundární datový tok

Červená čára = sekundární datový tok pro webovou aplikaci

Tento problém lze vyřešit přidáním halových počítačů, na kterých by běžely stejné vyhodnocovací skripty, jako na počítači centrálním, ale s rozdílem, že by zpracovávaly pouze data ze strojů, umístěných u nich na hale a v případě výpadku centrálního počítače by webová aplikace zobrazovala hodnoty z halových počítačů. To znamená, že zpracovávající PLC by odesílalo data do dvou sběrných míst, čímž se zajistí nepřerušitelný tok informací pro pracovníky údržby.



Obrázek 12 - Návrh datové struktury [32]

5.5.1 Webová aplikace

Webová aplikace se vytvoří pomocí programu SCADA[®]. Tento program je uzpůsoben k naprogramování monitorovacích systémů (Obrázek 13).



Obrázek 13 - Ukázka vizualizace pomocí programu SCADA[®] [34]

Aplikace bude rozdělena do dvou základních oken a to okna pro výběr stroje a okna s měřenými parametry stroje (Obrázek 13). Díky zdvojení toku dat pro tuto aplikaci nemůže dojít k přerušení monitorování stavu součástek.

Pro každou měřenou veličinu na stroji je sestrojen graf s mezní hodnotou, při které je vysoká pravděpodobnost poruchy součástky. V grafu je umístěna i výstražná mez, která zobrazuje zvýšenou pravděpodobnost poruchy součástky. Tyto meze jsou znázorněny i na celkovém zobrazení stroje barvami.

5.6 Celkové náklady a návratnost investice

Pro vypočtení návratnosti investice do tohoto monitoringu vložených je nutné nejprve vypočítat celkové investice. Tyto investice jsou detailně rozepsány v tabulkách výše (Tabulka 12-15).

Tabulka 17- Celkové náklady [32]

Součást	Cena [Kč]
Vřeteno	72 212
Čerpadlo hydrauliky a chlazení	25 000
Kuličkový šroub - horizontální osa	94 452
Kuličkový šroub - vertikální osa	110 572
Kapalinové hospodářství stroje	140 000

Tyto náklady, uvedené v tabulce (Tabulka 16), jsou počítány pro jeden stroj. Pro výpočet celkových nákladů se musí určit zvláště cena za stroje s vertikální osou a za stroje s horizontální osou. Celkové náklady na osazení všech 21 strojů podniku jsou 7 142 264 Kč.

Návratnost investice nelze s určitou přesností stanovit, protože je velice obtížné stanovit účinnost navrhovaného systému. Průměrné náklady na interní reklamace jsou 476 579 Kč za rok při zvážení pouze ceny odlitků a při zvážení ceny hotových výrobků 865 623 Kč je na zvážení, zdali se tento systém vyplatí jako komplet, nebo by bylo ekonomičtější vybrat jen část a tu aplikovat.

6 Řešení bez využití snímačů

Tento systém monitorování životnosti strojních součástí se nebude opírat o moderní procesní monitoring, ale o "klasické" monitorování.

Mezi nepopíratelné výhody tohoto přístupu k monitorování životnosti patří bezesporu cena řešení. Ale na druhé straně toto řešení neposkytuje natolik přesné výsledky jako pomocí snímačů. Tato kapitola bude rozdělena do třech částí a to:

- Vřeteno a kuličkový šroub
- Čerpadla kapalinového hospodářství
- Kapalinové hospodářství

6.1 Vřeteno a kuličkový šroub

Tyto 2 součásti stroje lze spojit do jednoho řešení, protože monitoring těchto součástí bude stejný. Pro monitorování životnosti je nutné vyhodnocovat SPC rozměrů, naměřených na souřadnicovém měřicím stroji (dále SMS), monitorovat a důsledně vyhodnocovat neshody na strojích a monitorovat strojní čas.

6.1.1 SPC rozměrů

Dílenská kontrola provádí kontrolu vždy na 2 kusech z každého stroje jednou za 4 hodiny. Tyto kusy změří na SMS, který odesílá náměry buď do databáze na server, nebo je uchovává ve své paměti. Data odesílaná na server jsou zatím pouze z finálních výrobků před výstupní kontrolou. Kusy, které se budou dále obrábět, se ukládají v paměti SMS (Souřadnicový měřicí stroj).

Pro ideální sledování je nutné vytvořit algoritmus pro vyhodnocování vybraných rozměrů v programu QCExper[®]. Pro spouštění skriptu je vhodné umístit skript pro vyhodnocení náměrů z SMS na firemní server. Skript se bude pouštět automaticky vždy v intervalech 1 x za 7dní v pátek v 10:00 h. a 1 x měsíčně vždy 1. daného měsíce v 00:00 hod. Spouštět vyhodnocovací algoritmus každý den je nemožné z důvodu nízkého počtu náměrů. Jako druhý monitorovaný index je vhodné využít index C_p , C_{pk} a procentuální vyjádření, kolik rozměrů splňuje podmínky pro C_p a C_{pk} .

Cílem vyhodnocování týdenních reportů je poukázat na možné poklesy kvality výroby a jako podklad pro vedoucího OTK na poradu vedení. Hlavním benefitem těchto týdenních reportů je kromě podkladů na porady hlavně možnost včas zachytit možnost poruchy před vznikem.

Měsíční reporty se vyhodnocují s cílem zachytit dlouhodobý trend vývoje jednotlivých rozměrů. Tyto reporty slouží jako podklad pro studium stavu jednotlivých součástí stroje. Na základě těchto reportů lze vyčíst blížící se možnost poruchy stroje.

6.1.2 Vyhodnocování neshodných dílů

Spolu s důsledným vyhodnocováním SPC je nutné zpracovávat i neshodné díly. Firma v současnosti implementuje monitorovací systém výroby. Tento monitoring výroby lze rozšířit o databázi, do které se budou zapisovat neshodné díly jako do Knih separátoru, jen s rozdílem zvýšené přehlednosti a urychlení přípravy výstupů.

Systém zapisování neshodných dílů je v současném systému dostačující, zapisování neshodných dílů do Knihy separátoru v Excelu. Při implementaci elektronické knihy separátoru budou moci různí pracovníci firmy s potřebnými oprávněními nahlížet do aktuálních dat o neshodnosti produkce. Takto zapsané neshodné díly lze dále zakomponovat pro výpočet koeficientu CEZ.

Při využití databáze na serveru organizace lze vynechat mezičlánek při zapisování neshody do systému. Tímto článkem v současném stavu je vedoucí OTK, který přepisuje zápisy z protokolů do systému. Při implementaci tohoto nového systému lze udělit přístupová práva dílenské OTK, která by při vzniku neshody neprodleně zapsala její vznik dle formuláře. Tímto by se vedoucímu OTK zvýšil čas pro řešení problémů s kvalitou produkce v organizaci.

6.1.3 Strojní čas

Jak bylo již zmíněno, firma zavádí monitoring výroby od firmy Siemens. Tento systém lze rozšířit modulem pro monitorování strojního času. Tento čas doplňuje SPC a vyhodnocení neshodných dílů k přesnějšímu sledování životnosti součástí.

Každá strojní součást má deklarovanou dobu životnosti od výrobce. Pro přesné zjištění zbývajících času se pomocí monitoringu výroby dá zjistit, jak dlouho již daná součást je v provozu. Tento monitoring lze přiřadit k informačnímu systému pro údržbu pouze s rozšířením na monitoring času. Takto rozšířený systém by upozorňoval vedoucího údržby na zvýšené riziko vzniku poruchy.

6.2 Čerpadla kapalinového hospodářství

Rozšiřující modul monitoringu výroby pro monitorování strojního času lze využít i pro monitorování strojního času čerpadel stroje. Mezi monitorovaná čerpadla patří čerpadlo hydraulického systému a čerpadlo chlazení.

Dalším monitorovacím systémem je pochůzková kontrola hlučnosti čerpadla. Čerpadlo, kterému se blíží konec životnosti, vydává zvýšený hluk. Proškolený pracovník údržby obejde všechny stroje v podniku a provede kontrolu hlučnosti čerpadel. O provedení kontroly čerpadel vyhotoví záznam do informačního systému. Frekvence kontrol čerpadel se nastaví dle možností pracovníků údržby, nebo se využijí výrobní pracovníci.

6.3 Kapalinové hospodářství stroje

Kontrola kapalinového hospodářství stroje spočívá v kontrolách těsnosti spojů, celistvosti vedení a čistotě chladicí kapaliny.

Kontrola těsnosti a celistvosti vedení spočívá v revizi všech spojů a celého vedení, zdali nedochází k lokálním průsakům. O každé kontrole se provede záznam do informačního systému. Pro kontrolu kvality chladicí kapaliny je nutná znalost práce s refraktometrem. Proto kontrolu chladicí kapaliny může provádět pouze vedoucí údržby.

Frekvenci kontrol kapalinového hospodářství stroje je nutné nastavit dle frekvence kontrol čerpadel kapalinového hospodářství stroje

6.4 Celkové náklady

Celkové náklady na tento systém vytvoření algoritmu na SPC, rozšíření monitoringu výroby o zápis neshodných dílů, rozšíření informačního systému údržby o monitorování strojního času pro vybrané součásti a přidání údržbářských činností jsou velice těžko vyčíslitelné, protože není třeba nakupovat nové vybavení ani najímat externí údržbářskou firmu nebo externí programátorskou firmu. Celý tento systém lze vytvořit vlastními silami v podniku.

7 Všeobecná zlepšení

V této kapitole se práce věnuje celkovým zlepšením a úpravám údržbářských plánů od ranních porad přes údržbářské týmy až po údržbu samotnou.

7.1 Údržbářské týmy

Pro maximální zefektivnění práce údržby je nutné vytvořit 2 týmy údržbářů. První tým bude mít na starost velké opravy na strojích, jako například: výměnu vřeten, ložisek. Tento tým by měli tvořit 3 údržbáři, kteří by byli speciálně školeni na tyto vysoce odborné práce. Tento tým se nebude zabývat jednoduchými údržbářskými úkony, na které je vytvořen speciálně druhý tým. Pro první tým jsou povinné ranní rady spolu s vedoucím údržby

Druhý tým bude mít na starost každodenní údržbářské práce na strojích, jako je doplňování chladicích kapalin, maziv, vyvážení kontejnerů s třískami, kontrolu těsností kapalinového vedení a kontrolu hluku čerpadel. Tento tým by měli také tvořit 3 údržbáři. Počet údržbářů je záměrně navrhnut o jeden méně, než je počet výrobních hal podniku, ale počty strojů na jednotlivých halách odpovídají nutnosti pouze třech údržbářů.

7.2 Ranní rady

Pro zkulturnění ranních porad, které se v současnosti konají vždy u vedoucího OTK v kanceláři, je nutné vybudovat speciální poradní místnost. Tato místnost by byla vybavena tabulemi pro zápis denních úkolů a problémů na pracovištích. V této místnosti by se nacházely i tabule pro vedoucí jednotlivých úseků, na které by mohly vyvěšovat informace s různými měřenými ukazateli.

7.3 Změna přístupu k údržbě

Jak bylo již zmíněno, metodika TPM spočívá v kompletní změně přístupu k údržbě zařízení. Obsluhy strojů se musí zapojit do údržbářských procesů firmy. Je samozřejmostí, že se obsluhy nebudou zapojovat do složitých prací. Vhodné práce pro obsluhy strojů jsou například: omývání strojů, čištění vnitřních prostor stroje a pomoc údržbářů s odvozem třísek od stroje. V současné době nelze více zapojit pracovníky, protože stroje a přípravky nejsou v plné kondici, aby se mohl eliminovat druhý tým údržby nebo výrazně omezit jeho počty.

7.4 Hodnocení údržby

Pro sledování efektivity práce údržbářských týmů je nutné zavést metriku hodnocení jejich práce. Existuje spousta možností měření efektivity práce údržby jako například:

- koeficient CEZ
- čas mezi poruchami
- průměrná doba opravy
- počet poruch za časovou jednotku

Pro potřeby této práce je nejvhodnější koeficient CEZ a čas mezi poruchami. Koeficient CEZ je volen z důvodu celkového postihnutí výrobního procesu. Je v něm zastoupena část kvality, výkonu a dostupnosti. Takže zahrnuje jak výrobu, kvalitu tak i údržbu. Čas mezi poruchami je volen jako čistě koeficient pro údržbu strojů. Koeficient CEZ bude počítán jako zvláštní modul monitoringu výroby, doplněným modulem zápisu neshodných dílů. Výpočet koeficientu se bude provádět 1 x den vždy po zapsání neshodných dílů, nebo kontinuálně v případě zápisu neshod dílenskou OTK. Zobrazování koeficientu lze zakomponovat do monitoringu výroby jako další parametr stroje. Pro výpočet času mezi poruchami bude využit také monitoring výroby, jen s využitím nadstavbového modulu. Takto vypočítané hodnoty lze reportovat v týdenních reportech a měsíčních reportech jako neshodné díly a SPC.

Pro monitorování času mezi poruchami se využijí data z monitoringu. Skript bude počítat čas mezi jednotlivými přihlášenými údržbáře na stroj. Z těchto dat lze následně vyčíst nejčastější dobu, nejkratší a nejdelší dobu mezi poruchami. Tato data lze opět zobrazovat jako další parametr v monitoringu strojů.

7.5 Nástroje

Jedním z kritických faktorů, ovlivňujících vznik neshodného dílu, je nástroj. Pro optimální nastavení intervalu výměny jednotlivých nástrojů ve stroji je nezbytně nutné nalézt ten ideální okamžik pro výměnu. V současnosti stroj obsahuje parametr, do kterého se zadává čas, za jak dlouho má upozornit na výměnu nástroje. Tento parametr se nastavuje v současnosti bez statistiky z předchozích zkušeností. Pro nalezení časového optima je nutné provádět statistiku obráběcího času u předchozích použití. Správně nastavený parametr minimalizuje počet neshodných dílů, ale současně neprodražuje výrobu zbytečnými intervaly výměn.

Při každé výměně nástroje seřizovač vyplní protokol (Obrázek 15), ve kterém vypíše následující parametry:

- Datum vyjmutí
- Označení nástroje
- Stroj, kde nástroj obráběl
- Čas obrábění
- Seřizovač, který vyjmul nástroj

Takto zapsané protokoly technolog firmy zpracuje do databáze. Vyplněná databáze bude sloužit pro výpočet ideálního času výměn stroje. Pro nastavení tohoto parametru lze využít nejčastější hodnotu (modus), nebo průměrnou hodnotu, nebo minimální nebo maximální hodnotu času z této databáze. Nejlepším nastavovacím parametrem by byl modus. Tento parametr zahrnuje nejčastější hodnoty, s čímž se postihne nejvíce hodnot z databáze.

Datum vyjmutí	Označení nástroje	Stroj	Čas obrábění	Seřizovač
1.4.2017	XX	XX	650 min	XX

Obrázek 15 - Ukázka protokolu výměny nástroje [32]

7.6 Zapojení procesního přístupu

V rámci zapojení procesního přístupu je nutné přepracovat organizační strukturu firmy ze zastaralé hierarchie na moderní a pružnou strukturu.

V současném rozložení organizace jsou pracovníci bez větší odpovědnosti za odvedenou práci a všichni pracovníci jsou hodnoceni dle stejných podmínek bez větších rozdílů. Pracovníci jsou demotivováni k lepším výkonům, protože i přes zvýšenou aktivitu v údržbě strojů, zvýšení samostatnosti nebo zvýšení produkce nejsou lépe ohodnoceni než ostatní pracovníci. Současný stav organizace nahrává chaosu a zvýšené neshodnosti (jak bylo již rozepsáno dříve).

Z těchto důvodů jsou navržena nápravná opatření. Pracovník dostává zvýšenou odpovědnost za údržbu zařízení (dle metodiky TPM). Dále je pracovník finančně ohodnocen za kvalitu odvedené práce, míru samostatnosti, množství odvedené práce a ochotu učit se novým technologiím (obsluha jiných strojů). Díky ochotě pracovníků učit se obsluze jiných strojů lze docílit maximální pružnosti pracovníků a tím i odstranit stresové situace uvnitř kolektivu. Dále takto mohou spolupracovat výrobní pracovníci

napříč celou organizací a navzájem si vypomáhat v práci. Není nezbytně nutné, aby obsluha stroje dovedla opravit jakoukoliv závadu na stroji, ale v rámci TPM je nutné, aby se pracovník do údržby zapojil alespoň na nejjednodušší bázi.

7.7 Zhodnocení a výběr varianty

Pro optimalizaci vztahu kvality produkce a údržby zařízení byly vypracovány dvě varianty zlepšení s následnými všeobecnými zlepšeními. První varianta pomocí procesního monitoringu vybraných součástí, která přináší velice přesné výsledky, na jejichž základě lze předpovídat budoucí vývoj stavu strojní součástí. Na druhé straně tato varianta je vysoce nákladná na implementaci a náročná na samotné provedení.

Druhá varianta se opírá o klasické monitorování stavu strojní součástí. Tato varianta nedává tak přesné výsledky, na kterých by se dal s určitou přesností predikovat stav strojní součástí. Cena klasické varianty pro monitorování strojních součástí nepřináší organizaci další náklady, protože lze tuto variantu implementovat v rámci diplomové práce. V následující tabulce (Tabulka 18) je provedena vícekriteriální analýza variant.

Tabulka 18 - Vícekriteriální analýza [32]

Parametr	Varianta Snímače	Varianta klasická
Přesnost výsledků	+	-
Cena	-	+
Možnost online	+	-
Náročnost na obsluhy	-	+
Náročnost na provedení	-	+

V této vícekriteriální analýze byly stanoveny jednotlivé hodnotící parametry jako například: přesnost výsledků a cena řešení. Na základě této vícekriteriální analýzy si vedení společnosti vybralo variantu klasického řešení bez snímačů.

8 Implementace zlepšení

V rámci této diplomové práce jsou implementována nápravná opatření dle vybrané varianty zlepšení. Implementace zlepšení údržby není práce na měsíc či dva, ale jde o dlouhodobou práci, která vykáže výsledky až v horizontu roku. Z tohoto důvodu byly implementovány pouze části vybraného zlepšení a zbylá zlepšení jsou v procesu zavádění v podniku. Mezi implementovaná zlepšení patří SPC, online databáze neshodnosti produkce a statistika nástrojů. Ve fázi přípravy je změna přístupu k údržbě a výpočet koeficientu CEZ.

Optimalizaci výrobního procesu, dle kapitoly Zapojení procesního přístupu, nelze v současnosti v organizaci aplikovat. Hlavními překážkami implementace těchto opatření je neochota vedení ke změnám. Další neméně důležitou překážkou jsou zaměstnanci v organizaci (nejedná se o všechny zaměstnance). Nebylo by dobré, kdyby z tohoto odstavce vyplynulo, že jsou současní zaměstnanci úplně neschopní. Pro stávající stav organizace jsou plně vyhovující v rámci potřeb, ale pro přenesení větší odpovědnosti za výrobu, opravy a kvalitu jsou nepoužitelní. Z celkového počtu 80-ti zaměstnanců lze takovéto odpovědnosti svěřit 6-ti zaměstnancům. Počet 6-ti zaměstnanců byl určen na základě dlouhodobých zkušeností z organizace.

Je otázkou do další diskuse, zdali by těmto zaměstnancům prospělo další zapojení do změn v organizaci jako například přenášení kompetencí na pracovníky dále školení a případně i zvýšené finanční ohodnocení za takto navýšenou odpovědnost. Nebo jsou tyto pracovníci již dále v takto se rozvíjející organizaci nepotřební. Je samozřejmostí, že zbylých 6 zaměstnanců, kteří jsou schopni okamžitě převzít tyto zodpovědnosti, je také nutné dále školit a zvážit i zvýšení finančního ohodnocení. Nelze takto kvalitní pracovníky nechat tzv. utíkat ke konkurenčním firmám.

Další otázkou do diskuse je princip samokontroly. Tento princip předpokládá, že pracovník nahrazuje kontrolora kvality a sám si odpovídá za kvalitu odvedené práce bez další kontroly. Tento princip lze aplikovat v organizacích, které mají všechny zaměstnance zodpovědné a mají plně zapracovány prvky Poka-Yoke.⁸

Tvorba údržbářských týmů je během na dlouhou trať. Nalezení kvalitních pracovníků, nebo takových, do kterých se vyplatí vložit školení a čas na zapracování, není vůbec jednoduché a spadá spíše do kompetencí personálního oddělení organizace. Změna

⁸ Japonská metoda eliminující chyby lidského faktoru. Jedná se především o konstrukční úpravy, nebo barevnou vizualizaci jednotlivých částí stroje dle knihy [4]

přístupu k ranním poradám je problémem. Při implementaci všech zlepšení, navrhovaných v této práci, je otázkou, zdali jsou stále třeba anebo zda lze ranní porady úplně zrušit a využít takto ušetřený čas efektivněji.

8.1 Implementace SPC

V rámci této práce byl vytvořen vyhodnocovací skript. Tento skript pracuje s databázovým dotazem, který zpracovává naměřená data z SMS (SPC měření). Výstupy z tohoto skriptu jsou 2 typy reportů a to týdenní a měsíční. Ukázka těchto výstupů je v příloze této práce (Příloha 1 a 2). Na následujícím obrázku (Obrázek 16) je ukázka vyhodnocovacího skriptu. Tento skript se skládá z klasického databázového dotazu. Tento dotaz vyřídí všechny záznamy dle zadaných parametrů. Tento skript třídí záznamy dle zadaného stroje, ze kterého náměr pochází a dle výroby. Takže v protokolu je například Výrobek SH860 a v té sekci se dále protokol dělí dle strojů, ze kterých náměr pochází.

```
57 dotaz=""
58 dotaz=dotaz+"SELECT * FROM PROVOZ WHERE"
59 dotaz=dotaz+" S_DATUM>='"+DATUM$DATUMOD+"' AND"
60 dotaz=dotaz+" S_DATUM<='"+DATUM$DATUMDO+"' AND"
61 dotaz=dotaz+" S_ID='"+VYROBKYS$VYROBER+"' AND"
62 dotaz=dotaz+" OPERATOR IN ('"+scnc+"")"
63 dotaz=dotaz+" ORDER BY S_DATUM, S_CAS"
64
```

Obrázek 16 - Ukázka vyhodnocovacího skriptu [32]

Reporty se skládají z vyhodnocení jednotlivých rozměrů, rozřazených dle umístění jednotlivých rozměrů (pro symetrické rozměry například vlevo a vpravo) a jednotlivých strojů (například CNC 10). Pro symetrické rozměry lze uvádět i porovnání mezi jednotlivými stranami (Tabulka 19). Pro každý stroj se navíc vypočte počet rozměrů, splňujících podmínky Cp a Cpk. Dále se z tohoto počtu určí procentuální vyjádření splnění těchto podmínek (Tabulka 20). Toto splnění podmínek lze dlouhodobě sledovat a jeho trendy dále vyhodnocovat.

Tabulka 19 - Ukázka reportu pro vyhodnocení rozměrů [32]

Stroj	CNC 10				
Rozměr	Dolní mezní rozměr	Horní mezní rozměr	Průměrná hodnota	Cp	Cpk

Tabulka 20 - Ukázka celkového vyhodnocení Cp a Cpk [32]

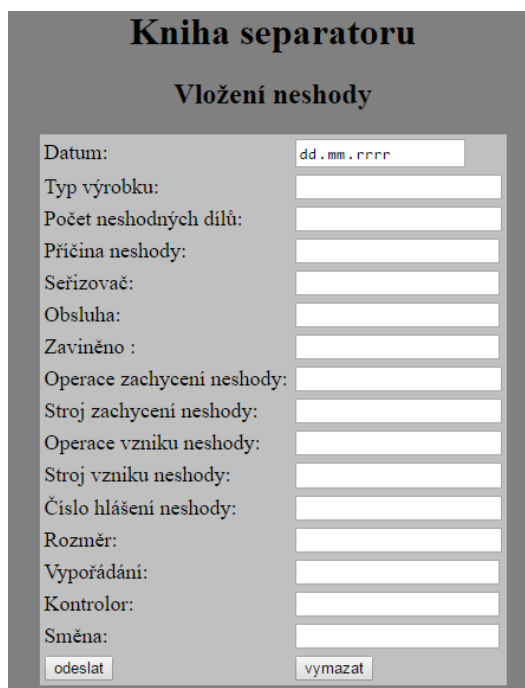
Stroj	Splnění Cp	Splnění Cpk
CNC 1	XX%	XX%
CNC 2	XX%	XX%

Vyhodnocování SPC ve firmě je nejen mezi požadavky zákazníka, ale je zakomponováno v managementu kvality, který je auditován dle normy ISO 9001 [35].

8.2 Neshodnost

V současnosti firma zapisuje své neshodné výrobky do Knihy separátoru v Excelu. Jako zlepšení pro zefektivnění a možnost dalšího využití dat byl zpracován doplňkový modul monitoringu výroby v podobě online Knihy separátoru. Ukázka zdrojového kódu doplňkového modulu je umístěna v příloze této práce (Příloha 3).

Tento systém nabízí možnost nahlížení do Knihy separátoru i dalším pracovníkům firmy s povolením přístupu. V následujícím obrázku (Obrázek 14) je ukázka vkládání neshod do databáze. Jde o klasický formulář pro zadávání dat do databáze. Všechny tyto parametry odpovídají současnému stavu zapisování do Excelu.



Kniha separátoru

Vložení neshody

Datum:

Typ výrobku:

Počet neshodných dílů:

Příčina neshody:

Seřizovač:

Obsluha:

Zaviněno :

Operace zachycení neshody:

Stroj zachycení neshody:

Operace vzniku neshody:

Stroj vzniku neshody:

Číslo hlášení neshody:

Rozměr:

Vypořádání:

Kontrolor:

Směna:

Obrázek 16 - Kniha separátoru - vložení neshody [32]

Tato modul umožňuje tvorbu výstupu pro rychlejší zpracovávání měsíčních statistik neshodných dílů. Pro rychlejší práci s databází byly vytvořeny tiskové sestavy výstupů dat pro uživatele (Obrázek 17).



Obrázek 17 - Kniha separátoru - možnosti práce s knihou [32]

Výběr tiskových sestav pro uživatele aplikace byl volen na základě této diplomové práce. Neshody, zaviněné strojem, přípravkem a nástrojem, byly voleny dle největších problémů organizace a jejich možnosti rychlého monitorování. Tisková sestava pro neshody, zaviněné lidmi, byla vytvořena speciálně pro vedoucího OTK. Na následujícím obrázku (Obrázek 18) je ukázka tiskové sestavy pro Neshody zaviněné strojem.

Kniha separátoru			
Neshody zaviněné strojem			
Výroba	Počet neshod	Stroj zachycení	Stroj vzniku
205489	3	19	15
205489	8	19	14
205489	3	9	15

Obrázek 18 - Kniha separátoru - ukázka tiskové sestavy [32]

Tato data jsou čerpána z testování aplikace. Pro každou tuto tiskovou sestavu byly vytvořeny sledované parametry, zde například: výroba, počet neshod, stroj vzniku a zachycení. Takto získané údaje lze dále využívat pro další zpracovávání, které není součástí tabulkových programů.

Tato data lze využít k vizualizaci výsledků jednotlivých strojů a přípravků pro pracovníky firmy spolu s koeficientem CEZ. Spolu s koeficientem CEZ lze tyto data vizualizovat ve frekvenci týdne a měsíce, nebo dle potřeb firmy.

8.3 Nástroje

V rámci této diplomové práce byl vytvořen tabulkový vyhodnocovací protokol pro nalezení ideálního času výměny nástroje. Ukázka z tohoto protokolu je na následujícím obrázku (Obrázek 17).

Datum vyjmutí	Označení nástroje	Stroj	Čas obrábění	Seřizovač	Dodavatel
1.4.2017	Fréza D60	9	650	Krotil	A
1.4.2017	Fréza D60	9	620	Mach	A
3.4.2017	Fréza D60	9	620	Krotil	B
4.4.2017	Fréza D60	9	635	Krotil	A
5.4.2017	Fréza D60	9	620	Mach	A
5.4.2017	Fréza D60	9	620	Krotil	C
7.4.2017	Fréza D60	9	635	Krotil	A
7.4.2017	Fréza D60	9	625	Mach	C
8.4.2017	Fréza D60	9	620	Krotil	B
9.4.2017	Fréza D60	9	635	Krotil	C
10.4.2017	Fréza D60	9	622	Mach	A
11.4.2017	Fréza D60	9	620	Krotil	A
12.4.2017	Fréza D60	9	635	Krotil	A

Průměrný čas obrábění	627 min
Minimální čas obrábění	620 min
Maximální čas obrábění	650 min
Ideální čas obrábění	620 min

Obrázek 19 - Ukázka vyhodnocení v Excelu [32]

Vyhodnocovací protokol pracuje s průměrnou hodnotou, minimální, maximální a nejčastější hodnotou (ideální čas). Technolog organizace, na základě tohoto protokolu, nařizuje seřizovačům, jak nastavit čas kontroly nástroje ve stroji. Tento protokol lze dále rozšířit pro nalezení ideálního dodavatele nástrojů (Obrázek 18). Díky tomuto zhodnocení lze vybrat pouze ty dodavatele, jejichž nástroje mají nejdelší průměrný, nebo ideální čas obrábění dle výběru technologa organizace (na obrázku je varianta s průměrným časem).

Datum vyjmutí	Označení nástroje	Stroj	Čas obrábění	Seřizovač	Dodavatel
1.4.2017	Fréza D60	9	650	Krotil	A
1.4.2017	Fréza D60	9	620	Mach	A
3.4.2017	Fréza D60	9	620	Krotil	B
4.4.2017	Fréza D60	9	635	Krotil	A
5.4.2017	Fréza D60	9	620	Mach	A
5.4.2017	Fréza D60	9	620	Krotil	C
7.4.2017	Fréza D60	9	635	Krotil	A
7.4.2017	Fréza D60	9	625	Mach	C
8.4.2017	Fréza D60	9	620	Krotil	B
9.4.2017	Fréza D60	9	635	Krotil	C
10.4.2017	Fréza D60	9	622	Mach	A
11.4.2017	Fréza D60	9	620	Krotil	A
12.4.2017	Fréza D60	9	635	Krotil	A

Průměrný čas obrábění	627 min
Minimální čas obrábění	620 min
Maximální čas obrábění	650 min
Ideální čas obrábění	620 min

Nejllepší dodavatel	A	630 min
	B	620 min
	C	627 min

Obrázek 20 - Ukázka vyhodnocení v Excelu s dodavateli [32]

8.4 Koeficient CEZ

Pro možnosti hodnocení efektivity výroby a tím i údržby strojů je byl zvolen výpočet koeficientu CEZ. Tento koeficient je vypočítáván pomocí vyhodnocovacího skriptu, který se spouští vždy po zapsání všech neshodných dílů z předchozího dne, nebo může probíhat kontinuálně v případě online zapisování neshodných dílů. Tento skript tedy kombinuje data ze třech databází a to:

- Databáze neshodných dílů
- Počet vyrobených kusů z monitoringu výroby
- Strojní časy z monitoringu výroby

Tato data jsou zpracovávána pomocí následujících vzorců pro jednotlivé části výpočtu.

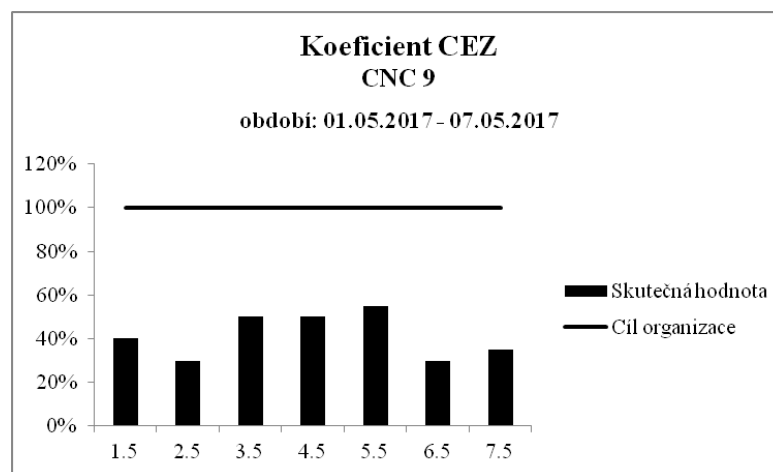
$$CEZ = D \times V \times Q \quad (8)$$

$$D = \frac{\text{výrobní čas}}{\text{disponabilní čas}} \quad (9)$$

$$V = \frac{(\text{Počet vyrobených kusů} \times \text{čas výroby jednoho kusu})}{\text{výrobní čas}} \quad (10)$$

$$Q = \frac{\text{Dobré kusy}}{\text{Celkový počet kusů}} \quad (11)$$

Pro měření efektivity stroje a údržby musí firma stanovit cíl, který nebude nedosažitelný, ale v mezích možností dosažení v nejbližším období. Nastavení nesplnitelného cíle může způsobit demotivaci pracovníků.



Graf 12 - Graf koeficientu CEZ za vybrané období [32]

Takto zpracovaná data s vypočteným koeficientem lze využít pro vizualizaci stavu výroby ve firmě. Dále lze takto i porovnávat jednotlivé stroje mezi sebou pro motivaci pracovníků a případné odhalení abnormálních stavů zařízení. Takto lze vizualizovat nejen týdenní statistiky, jako na předchozím grafu (Graf 12), ale i měsíční nebo jiné dle potřeby organizace.

8.5 Změna přístupu organizace k údržbě zařízení

Všechna tato zlepšení pro organizaci znamenají kvalitnější podklady pro vedoucí pracovníky, aby mohli lépe naplánovat údržbu zařízení. Všechna tato zlepšení jsou směřována na konkrétní strojní součásti, u kterých se projevil nejvyšší vliv na vznik neshodného dílu. U těchto součástí je předpokládána změna z preventivní údržby na údržbu prediktivní, s výjimkou kapalinového hospodářství, kde zůstává stejný systém tedy preventivní údržba. Na základě těchto zlepšení lze ideálně plánovat odstávky a odhalovat blížící se poruchy zařízení, aniž by byla produkce organizace na základě neplánované odstávky zařízení ohrožena.

Tato změna přístupu k údržbě, potažmo celého jejího systému, vyžaduje plnou spolupráci managementu a navýšení stavu pracovníků údržby dle předchozího doporučení.

9 Doporučení organizacím

V této kapitole práce budou rozepsána jednotlivá doporučení pro další organizace, aby se u nich neopakovaly nedostatky jako v organizaci, ve které je tato práce zpracovávána.

1. Neshodnost
2. Prediktivní údržba
3. SPC
4. Procesní přístup
5. TPM

9.1 *Neshodnost*

Jak bylo patrné z této práce, je vyhodnocování neshodnosti nezbytnou součástí moderní organizace. Vyhodnocování neshodných dílů a tvorba plánů prevence předcházení neshodám by měla být na denním pořádku. Tato práce ukázala, jak mohou být kvalitně zapsaná a zpracovaná data užitečná k odhalování kořenových příčin neshodnosti výroby.

9.2 *Prediktivní údržba*

Téma prediktivní údržby je alfou a omegou této práce. Jak bylo napsáno, tak prediktivní údržba přesně odpovídá současnému módnímu trendu Průmyslu 4.0. Organizace by měly na základě analýz neshodnosti produkce a nalezení kořenových příčin připravit řešení prediktivní údržby strojní součástí. V této práci je ukázáno, že lze predikovat stav součástí i bez drahých, ale velice přesných snímačů.

9.3 *Statistická kontrola procesu*

Statistická kontrola procesu (SPC) je v současnosti naprostým standardem všech automobilových firem a jejich „tier one“⁹ dodavatelů. Tato práce je, ale zpracovávána ve firmě „tier two“¹⁰ dodavatelů. V těchto firmách statistická kontrola procesu, pokud není ve speciálních požadavcích zákazníků, není standardem. Statistická kontrola procesu se dá využít i jako prvek prediktivní údržby. Dále ukazuje stabilitu procesu

⁹ „Tier one“ dodavatel je skupina dodavatelů, která je přímým dodavatelem na výrobní linku automobilek.

¹⁰ „Tier two“ dodavatel je skupina dodavatelů, která dodává komponenty tier one dodavatelům.

a trendy výroby. V této práci je ukázáno, jak lze využívat statistickou kontrolu procesu i s reporty týdenními i měsíčními.

9.4 Procesní přístup

Procesní přístup, jak bylo již napsáno, předpokládá kompletní reorganizaci organizace s kompetenčními přesuny mezi managementem a výrobními pracovníky, ale i změnu její struktury. Z tohoto důvodu je implementace procesního přístupu během na dlouhou trať a vyžaduje dvě velice zásadní věci. A to:

1. Podpora vrcholného managementu
2. Kvalitní pracovníci organizace

Pokud organizace pověřená implementací procesního přístupu nedisponuje minimálně bodem 1, tak je celá snaha naprosto zbytečná (bez podpory vedení organizace to prostě nejde). Nejlepší kombinací jsou oba body a to kvalitní pracovníci a podpora vrcholného managementu organizace.

Procesní přístup je nejlepší zavádět do nově budovaných organizací a není nutné všechny pracovníky přesvědčovat o správnosti tohoto přístupu. V organizacích, které jsou již dlouho v provozu, je snaha o zavedení velice náročná, v některých organizacích dokonce až nemožná dle [3].

9.5 TPM

Totálně produktivní údržba je nutností v moderních organizacích. Jak bylo rozepsáno, jde o kompletní změnu uvažování pracovníků. Kompletní implementace TPM je během na dlouhou trať. Nelze doufat v kompletní zavedení v rámci několika měsíců. Je třeba počítat s horizontem několika let. Pro správné zavedení TPM je třeba zavést 5 pilířů a to dle textů [1] [2] [4] [5]:

1. Využití koeficientů CEZ, TEEP na hodnocení efektivnosti stroje.
2. Trénink pracovníků údržby
3. Plánování údržby
4. Autonomní údržba
5. Návrh preventivní údržby a včasný management zařízení

V této práci je zpracován systém pro využití koeficientu CEZ, dále zde jsou diskutovány možnosti tréninku pracovníků údržby, dále plánování údržby a možnosti využití autonomní údržby. Návrh preventivní údržby zde v práci byl nahrazen návrhem prediktivní údržby.

10 Závěr

Tato diplomová práce se zabývá optimalizací vztahu kvality, údržby a výroby v organizaci. Teoretická část práce se věnuje rešerši vývoje a aktuálním trendům v oblasti modelů pro prediktivní údržbu, implementaci TPM a vlivu Průmyslu 4.0 na údržbu.

Ze zkušeností autora s poměry oddělení údržby a kvality bylo vybráno zaměření na snížení neshodnosti výroby v organizaci. Pro vstupní analýzu byly vybrány záznamy o interních reklamacích produkce v podobě Knihy separátoru a externích reklamacích v Knize reklamací a stížností. Na základě analýz bylo vybráno zaměření na interní reklamace produkce a byly stanoveny kritické strojní součásti, mající největší vliv na vznik neshodného dílu.

Pro minimalizaci vlivu těchto součástí na neshodnost výroby byly navrženy dvě varianty, jak predikovat jejich stav. Na základě této predikce lze následně upravovat a plánovat údržbu součástí. První variantou možnosti monitorování stavu bylo využití snímačů fyzikálních veličin. Tato varianta poskytuje velice přesné a kvalitní výsledky. Pro implementaci celého tohoto monitoringu na všech 21 strojů v organizaci je třeba vyčlenit částku 7 142 264 Kč. Druhou variantou možností monitoringu je klasické sledování stavu strojní součásti pomocí SPC, vyhodnocování neshodnosti, monitoring strojního času a těsnosti vedení. Cena klasické varianty pro monitorování strojních součástí nepřináší organizaci další náklady, protože lze tuto variantu implementovat v rámci diplomové práce. Vrcholný management organizace se rozhodl pro implementaci druhé varianty.

Dále byly navrženy celkové zlepšovací návrhy, jako například zapojení procesního přístupu nebo monitorování koeficientu CEZ. Na základě zkušeností z této práce byla vytvořena zlepšující doporučení pro ostatní organizace v pěti základních bodech, kterými by se měly moderní organizace řídit. Při implementaci těchto zlepšení dojde i ke zlepšení vztahu údržby, kvality a výroby v organizaci. Dále dojde k možnostem predikovat případné problémy na stroji a možnosti lépe plánovat odstávky zařízení. Na tomto základě dojde ke zlepšení vztahu údržby a výroby.

Jako další směřování tématu této práce v organizaci autor vidí kompletní implementaci TPM a další rozvoj údržby s cílem minimalizovat vznik neshodných dílů.

Seznam obrázků

Obrázek 1 - Ukázka procesní mapy organizace [31]	13
Obrázek 2 - Výrobní program podniku [31]	25
Obrázek 3 - Stroje a přípravky podniku [31]	25
Obrázek 4 - Trojúhelník vztahů [32]	27
Obrázek 5 - Zjednodušený trojúhelník vztahů [32]	28
Obrázek 6 - Mapa procesu [31]	29
Obrázek 7 - Hlavička knihy separátoru [31]	30
Obrázek 8 - Hlavička knihy reklamací a stížností [31]	30
Obrázek 9 - Změna přístupu k údržbě [32]	44
Obrázek 10 - Náčrt propojení [32]	46
Obrázek 11 - Závislost teploty čerpadla na čase [32]	48
Obrázek 12 - Návrh datové struktury [32]	54
Obrázek 13 - Ukázka vizualizace pomocí programu SCADA® [34]	54
Obrázek 15 - Ukázka protokolu výměny nástroje [32]	61
Obrázek 16 - Ukázka vyhodnocovacího skriptu [32]	64
Obrázek 16 - Kniha separátoru - vložení neshody [32]	65
Obrázek 17 - Kniha separátoru - možnosti práce s knihou [32]	66
Obrázek 18 - Kniha separátoru - ukázka tiskové sestavy [32]	66
Obrázek 19 - Ukázka vyhodnocení v Excelu [32]	67
Obrázek 20 - Ukázka vyhodnocení v Excelu s dodavateli [32]	68

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Porovnání výhod a nevýhod údržby po poruše [32]	14
Tabulka 2 - Porovnání výhod a nevýhod údržby s předem stanovenými časy [32]	14
Tabulka 3 - Porovnání výhod a nevýhod údržby podle stavu zařízení [32]	15
Tabulka 4 - Porovnání výhod a nevýhod prediktivní údržby [32]	15
Tabulka 5 - Neshodnost výroby 2013-15 [32]	31
Tabulka 6 - Kumulativní součet rok 2013 [32]	32
Tabulka 7 - Kumulativní součet rok 2014 [32]	32
Tabulka 8 - Kumulativní součet rok 2015 [32]	32
Tabulka 9 - Statistika nákladů na interní reklamace [32]	33

Tabulka 10 - Náklady na externí reklamace [32]	34
Tabulka 11 - Výsledné hodnocení kritických faktorů [32].....	44
Tabulka 12 - Náklady na monitorování vřetena [32].....	47
Tabulka 13 - Náklady na monitorování čerpadel [32].....	48
Tabulka 14 - Náklady na monitorování čerpadel [32].....	50
Tabulka 15 - Finanční náklady na monitoring kapalinového hospodářství [32]	51
Tabulka 16 - Finanční náročnost monitorování kuličkového šroubu [32].....	53
Tabulka 17- Celkové náklady [32]	55
Tabulka 18 - Vícekriteriální analýza [32].....	62
Tabulka 19 - Ukázka reportu pro vyhodnocení rozměrů [32]	64
Tabulka 20 - Ukázka celkového vyhodnocení Cp a Cpk [32].....	64

Seznam grafů

Graf 1 - Požadavky na zavádění prediktivní údržby [25]	21
Graf 2 - Využívání stupňů údržby v podniku [25].....	22
Graf 3 - Vliv průmyslu 4.0 na oblast práce údržby[25].....	22
Graf 4 - Náklady na interní reklamace [32]	33
Graf 5 - Náklady na externí reklamace [32]	34
Graf 6 - Paretova analýza neshodných dílů 2013 a 2015 [32].....	35
Graf 7 - Počty reklamovaných kusů - CNC [32]	36
Graf 8 - Počty reklamovaných kusů - PŘÍPRAVEK [32]	37
Graf 9 - Počty reklamovaných kusů - NÁSTROJ [32].....	38
Graf 10 - Diagram příčin a následku [32].....	41
Graf 11 - Příčně následkový řetězec [32]	42
Graf 12 - Graf koeficientu CEZ za vybrané období [32].....	69

Seznam příloh

Příloha 1 - Ukázka krycího listu měsíčního reportu [32].....	78
Příloha 2 - Ukázka vyhodnocení měsíčního reportu [32]	79
Příloha 3 - Ukázka zdrojového kódu Knihy separátoru [32]	80

Zdroje

- LEGÁT, V. *Management a inženýrství údržby*. Praha: Professional Publishing, 2013. ISBN 978-807-4311-192
- VEBER, J., M. HŮLOVÁ a A. PLÁŠKOVÁ. *Management kvality, environmentu a bezpečnosti práce: legislativa, systémy, metody, praxe*. Praha: Management Press, 2006. ISBN 80-726-1146-1.
- PELANTOVÁ, V. a J. HAVLÍČEK. *Integrace a systémy managementu: [monografie]*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2014. ISBN 978-80-7494-164-1.
- JURAN, J. M. aj. A. DE FEO. *Juran's quality handbook: the complete guide to performance excellence*. 6th ed. New York: McGraw Hill, c2010. ISBN 00-716-2973-4.
- MAŠÍN, I. a P. LEPSHÍK. *Analytické a kreativní postupy v údržbě strojů a zařízení*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2015. ISBN 978-80-7494-224-2.
- PELANTOVÁ, V. a J. HAVLÍČEK. *Integrovaný systém managementu pro výuku*. Liberec: Technická univerzita v Liberci, 2012. ISBN 978-80-7372-816-8.
- HAJEJ, Z., N. REZG a G. ALI. *An optimal production/maintenance strategy under lease contract with warranty periods* [online]. [cit. 2017-02-13]. DOI: 10.1108/JQME-08-2014-0046. ISBN 10.1108/JQME-08-2014-0046. Dostupné z: <http://www.emeraldinsight.com/doi/10.1108/JQME-08-2014-0046>
- HAJEJ, Z., Nidhal R. a A. GHARBI. *A Decision Optimization Model for Leased Manufacturing Equipment with Warranty under Forecasting Production/Maintenance Problem* [online]. [cit. 2017-02-13]. DOI: 10.1155/2015/274530. ISBN 10.1155/2015/274530. Dostupné z: <http://www.hindawi.com/journals/mpe/2015/274530/>
- ALASWAD, S., Y. XIANG a A. GHARBI. *A review on condition-based maintenance optimization models for stochastically deteriorating system* [online]. [cit. 2017-02-13]. DOI: 10.1016/j.res.2016.08.009. ISBN 10.1016/j.res.2016.08.009. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0951832016303714>
- DO, P., A. V., E. LEVRAT a B. IUNG. *A proactive condition-based maintenance strategy with both perfect and imperfect maintenance actions* [online]. [cit. 2017-02-13]. DOI: 10.1016/j.res.2014.08.011. ISBN 10.1016/j.res.2014.08.011. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S095183201400204X>
- CABALLÉ, N.C., I.T. CASTRO, C.J. PÉREZ a J.M. LANZA-GUTIÉRREZ. *A condition-based maintenance of a dependent degradation-threshold-shock model in a system with multiple degradation processes*. *Reliability Engineering* [online]. 2015, **134**, 98-109 [cit. 2017-02-13]. DOI: 10.1016/j.res.2014.09.024. ISBN 10.1016/j.res.2014.08.011. ISSN 09518320. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0951832014002403>
- HE, K., L. M. MAILLART, O. A. PROKOPYEV a J.M. LANZA-GUTIÉRREZ. *Scheduling Preventive Maintenance as a Function of an Imperfect Inspection Interval*. *Reliability Engineering* [online]. 2015, **134**, 98-109 [cit. 2017-02-23]. DOI: 10.1109/TR.2015.2417153. ISBN 10.1109/TR.2015.2417153. ISSN 09518320. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7091969/>

- D., Ch., C. DENG, K. WANG a J.M. LANZA-GUTIÉRREZ. A reliability based model to optimize phased sequential preventive maintenance with considering maintenance resources. *Reliability Engineering* [online]. 2015, **134**, 98-109 [cit. 2017-02-23]. DOI: 10.1109/ICIEA.2015.7334408. ISBN 10.1109/ICIEA.2015.7334408. ISSN 09518320. Dostupné z: <http://ieeexplore.ieee.org/document/7334408/>
- SHAFIEE, M., M. FINKELSTEIN, K. WANG a J.M. LANZA-GUTIÉRREZ. An optimal age-based group maintenance policy for multi-unit degrading systems. *Reliability Engineering* [online]. 2015, **134**, 98-109 [cit. 2017-02-23]. DOI: 10.1016/j.ress.2014.09.016. ISBN 10.1016/j.ress.2014.09.016. ISSN 09518320. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0951832014002324>
- LE, M., D., Ch. M. TAN, K. WANG a J.M. LANZA-GUTIÉRREZ. Optimal maintenance strategy of deteriorating system under imperfect maintenance and inspection using mixed inspectionscheduling. *Reliability Engineering* [online]. 2015, **134**, 98-109 [cit. 2017-03-03]. DOI: 10.1016/j.ress.2012.11.025. ISBN 10.1016/j.ress.2012.11.025. ISSN 09518320. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0951832012002554>
- DE JONGE, B., W. KLINGENBERG, R. TEUNTER a T. TINGA. Optimum maintenance strategy under uncertainty in the lifetime distribution. *Reliability Engineering* [online]. 2015, **134**, 98-109 [cit. 2017-03-03]. DOI: 10.1016/j.ress.2014.09.013. ISBN 10.1016/j.ress.2014.09.013. ISSN 09518320. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0951832014002233>
- BELEKOUKIAS, I., J. A. GARZA-REYES, V. KUMAR a T. TINGA. The impact of lean methods and tools on the operational performance of manufacturing organisations. *Reliability Engineering* [online]. 2015, **134**, 98-109 [cit. 2017-03-05]. DOI: 10.1080/00207543.2014.903348. ISBN 10.1080/00207543.2014.903348. ISSN 09518320. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/00207543.2014.903348>
- CHIARINI, A., J. A. GARZA-REYES, V. KUMAR a T. TINGA. Sustainable manufacturing-greening processes using specific Lean Production tools: an empirical observation from European motorcycle component manufacturers. *Reliability Engineering* [online]. 2015, **134**, 98-109 [cit. 2017-03-05]. DOI: 10.1016/j.jclepro.2014.07.080. ISBN 10.1016/j.jclepro.2014.07.080. ISSN 09518320. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0959652614008087>
- SINGH, R., A. M. GOHIL, D. B. SHAH a S. DESAI. Total Productive Maintenance (TPM) Implementation in a Machine Shop: A Case Study. *Reliability Engineering* [online]. 2015, **134**, 98-109 [cit. 2017-03-05]. DOI: 10.1016/j.proeng.2013.01.084. ISBN 10.1016/j.proeng.2013.01.084. ISSN 09518320. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S1877705813000854>
- SUKARMA, L., H. AZMI, N. L. ABDULLAH a S. DESAI. The Impact of World Class Manufacturing Practices on Company Performance: A Critical Review. *Reliability Engineering* [online]. 2015, **134**, 98-109 [cit. 2017-03-05]. DOI: 10.4028/www.scientific.net/AMM.564.727. ISBN 10.4028/www.scientific.net/AMM.564.727. ISSN 09518320. Dostupné z: <http://www.scientific.net/AMM.564.727>
- ATTRI, R., S. GROVER, N. DEV a D. KUMAR. Analysis of barriers of total productive maintenance (TPM): A Critical Review. *Reliability Engineering* [online]. 2015, **134**, 98-109 [cit. 2017-03-03]. DOI: 10.1007/s13198-012-0122-9. ISBN 10.1007/s13198-012-0122-9. ISSN 09518320. Dostupné z: <http://link.springer.com/10.1007/s13198-012-0122-9>

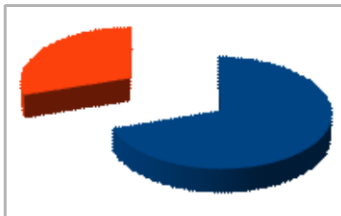
- AHMAD, Md. F. B., S. M. YUSOF, N. DEV a D. KUMAR. Comparative study of TQM practices between Japanese and non-Japanese electrical and electronics companies in Malaysia: Survey results. *Reliability Engineering* [online]. 2015, **134**, 98-109 [cit. 2017-03-05]. DOI: 10.1080/14783360903492520. ISBN 10.1080/14783360903492520. ISSN 09518320. Dostupné z: <http://www.tandfonline.com/doi/abs/10.1080/14783360903492520>
- [22]
- NENADÁL, J.. *Moderní management jakosti: principy, postupy, metody*. Praha: Management Press, 2008. ISBN 978-80-7261-186-7.
- [23]
- "Přínos implementace výzvy Průmysl 4.0 do procesů údržby ke zvýšení konkurenceschopnosti podniků je evidentní," [online]. Praha: AF POWER agency, 2016 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://www.allforpower.cz/clanek/prinos-implementace-vyzvy-prumysl-4-0-do-procesu-udrzby-ke-zvyseni-konkurenceschopnosti-podniku-je-evidentni/>
- [24]
- Prediktivní údržba 4.0: Nesmysl, nebo nezbytnost?* [online]. Český Těšín: Trade Media International, 2017 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://udrzbaPodniku.cz/hlavni-menu/artikuly/artikul/article/prediktivni-udrzba-40-nesmysl-nebo-nezbytnost/>
- [25]
- Průmysl 4.0 z pohledu české praxe. *People Management Forum* [online]. 2016 [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://www.pmf-hr.com/wp-content/uploads/2016/11/Knap-Petr.pdf>
- [27]
- Průmysl 4.0 - lidé, stroje, systémy. *Act-in* [online]. Brno [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://www.act-in.cz/nase-publikace/prumysl-4-0-lide-stroje-systemy>
- [28]
- Prediktivní údržba v digitalizovaném průmyslu. *Act-in* [online]. Brno [cit. 2017-03-27]. Dostupné z: <http://www.act-in.cz/nase-publikace/prediktivni-udrzba-v-digitalizovanem-prumyslu>
- [29]
- [30] *Norma ČSN EN 13 306:2002 - Terminologie údržby*. Praha: ÚNMZ, 2002.
- [31] Dokumenty organizace, 2017
- [32] Vlastní dokument
- [33] IFM Produktsortiment :: Sensorik, Kommunikations und Steuerungssysteme [online]. 2017 [cit. 2017-04-24]. Dostupné z: <http://www.ifm.com/ifmcz/web/pmain/040.html>
- [34] HEISING, Lukáš. *Ukázka vizualizace*. Ostrava, 2017.
- [35] *Norma ČSN EN ISO 9001:2009 Systém managementu kvality - požadavky*. Praha: ÚNMZ, 2009.
- [36] *Norma ČSN P ISO/TS 16494:2009 Systémy managementu kvality – Zvláštní požadavky na používání ISO 9001:2008*. Praha: ÚNMZ, 2009.
- [37] Pelantová, V.: Případová studie managementu rizik procesně. In: Spolehlivost a management rizik. Sborník přednášek. Praha: ČSJ, 2/2016, pp. 16-22. ISBN 978-80-02-02639-6.

Měsíční report o Sc a Cc znacích

Období: 01.04.2017 – 01.05.2017

Datum tisku: 01.05.2017

Příloha 2 - Ukázka vyhodnocení měsíčního reportu [32]

Měsíční report o Sc a Cc znacích							
Měsíc	01.04.2017	01.05.2017					
Výrobek	SH860	V 32 34 08 60					
STROJ	CNC	9					
Popis		Minimální hodnoty		Dosahované hodnoty		Plnění cílů	
Rozměr	Typ znaku	Cp	Cpk	Cp	Cpk	Cp	Cpk
157,7	Sc	1,34	1,67	1,8	1,9	Ano	Ano
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
X	X	X	X	X	X	X	X
Plnění cílů Cp						Plnění cílů Cpk	
Splněno	75,00 %					Splněno	70,00 %
Nesplněno	25,00 %					Nesplněno	30,00 %
Plnění cílů Cp a Cpk pro SH860				Plnění cílů Cpk pro SH860			
							
Splněno Nesplněno				Splněno Nesplněno			
Autor: Petr Čečák				Strana ¼		Datum tisku: 01.05.2017	

```

13 <table border="0" cellpadding="2" cellspacing="2" align="center">
14 <tr><td><span title="Datum zachycení neshody">Datum: </span></td><td><input name="Datum" type="date" /></td></tr>
15 <tr><td><span title="Typ neshodného výrobku">Typ výrobku: </td><td><input name="Vyroba" type="integer" /></td></tr>
16 <tr><td><span title="Kolik jsme udělali zmetků?">Počet neshodných dílů: </span></td><td><input name="Pocet_neshod" type="integer" /></td></tr>
17 <tr><td><span title="CNC, Přípravek, Nástroj, Špatné upnutí kus, Špatný odlietek, Porézní odlietek, Výstupní OTK">Příčina neshody:</span></td><td>
18 <select name="Duvod">
19 <option value="CNC">CNC</option>
20 <option value="Přípravek">Přípravek</option>
21 <option value="Nástroj">Nástroj</option>
22 <option value="Špatné upnutí kus">Špatné upnutí kus</option>
23 <option value="Špatný odlietek">Špatný odlietek</option>
24 <option value="Porézní odlietek">Porézní odlietek</option>
25 <option value="Výstupní OTK">Výstupní OTK</option>
26 </select></td></tr>
27 <tr><td><span title="Kdo seřizoval?">Seřizovač: </span></td><td><input name="Seřizovac" type="text" /></td></tr>
28 <tr><td><span title="Kdo byl obsluhou stroje?">Obsluha: </span></td><td><input name="Obsluha" type="text" /></td></tr>
29 <tr><td><span title="Zavinila osoba pracující na stroji neshodný díl?">Zaviněno : </span></td><td><input name="Zavineno" type="text" /></td></tr>
30 <tr><td><span title="Na které operaci byl zachycen neshodný díl?">Operace zachycení neshody: </span></td><td><input name="Operace_zachyceni" type="text" /></td></tr>
31 <tr><td><span title="Na kterém stroji byl zachycen neshodný díl?">Stroj zachycení neshody: </span></td><td><input name="Stroj_zachyceni" type="text" /></td></tr>
32 <tr><td><span title="Které operace zavinila neshodný díl?">Operace vzniku neshody: </span></td><td><input name="Operace_vzniku" type="integer" /></td></tr>
33 <tr><td><span title="Na kterém stroji se neshodný díl vyrobil?">Stroj vzniku neshody: </span></td><td><input name="Stroj_vzniku" type="integer" /></td></tr>
34 <tr><td><span title="Pořadové číslo hlášení">Číslo hlášení neshody: </span></td><td><input name="Hlaseni" type="integer" /></td></tr>
35 <tr><td><span title="Meshodný rozměr na kuse">Rozměr: </span></td><td><input name="Rozmer" type="integer" /></td></tr>
36 <tr><td><span title="Reklamace nebo šrotace?">Vypořádání: </span></td><td><input name="Vyporadani" type="text" /></td></tr>
37 <tr><td><span title="Kdo vypsal hlášení neshody?">Kontrolor: </span></td><td><input name="Kontrolor" type="text" /></td></tr>
38 <tr><td><span title="Na které směně se to zachytilo?">Směna: </span></td><td><input name="Smena" type="text" /></td></tr>
39 <tr><td><input type="submit" value="odeslat" /></td><td><input type="reset" value="vymazat" /></td></tr>
40 </table>
41 </form>
42 </body>
43 </html>

```