



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

## PRINCIPY ÚDRŽBY METODOU TPM

PRINCIPLES OF MAINTENANCE OF THE TPM METHOD

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Csaba Kartali

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Hana Opočenská

BRNO 2017



## Zadání bakalářské práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky  
Student: **Csaba Kartali**  
Studijní program: Strojírenství  
Studijní obor: Kvalita, spolehlivost a bezpečnost  
Vedoucí práce: **Ing. Hana Opočenská**  
Akademický rok: 2016/17

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

### Principy údržby metodou TPM

#### Stručná charakteristika problematiky úkolu:

V současné době existuje řada moderních přístupů, které vedou ke zvyšování efektivnosti výrobního systému. Tento nepřetržitý proces zlepšování se týká i údržby, která má význam nejen pro zvyšování produktivity práce, ale i pro snižování nákladů.

#### Cíle bakalářské práce:

Zpracujte rešerši na dané téma. Soustřeďte se na teorii údržby se zaměřením na princip údržby metodou TPM.

V rámci možností alespoň naznačte řešení konkrétního problému na příkladu ze strojírenské praxe.

#### Seznam literatury:

ČSN EN 13306. Údržba - Terminologie údržby. Praha: Český normalizační institut, 2011.

MYKISKA, Antonín. Bezpečnost a spolehlivost technických systémů. Praha: České vysoké učení technické v Praze, 2006, 206 s. Učební texty ČVUT v Praze. Fakulta strojní. ISBN 80-01-02868-2.

FAMFULÍK, Jan a Jana MÍKOVÁ. Teorie údržby. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita, 2008, 1 CD-ROM. ISBN 978-80-248-1509-1.

LEGÁT, Václav. Systémy managementu jakosti a spolehlivosti v údržbě. Praha: Česká společnost pro jakost, 2007, 192 s. ISBN 978-80-02-01949-7.

Termín odevzdání bakalářské práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2016/17.

V Brně, dne 2. 11. 2016



---

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

---

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

## **ABSTRAKT**

Tato bakalářská práce se v teoretické části zabývá popisem údržby, historickým vývojem údržby a popisem jednotlivých systémů údržby. Dále je v něm provedeno stručné porovnání novodobých údržbářských metod RCM a TPM, rozbor metody TPM a zmíněny podpůrné nástroje pro odhalení kritických míst ve výrobních procesech a v údržbě. V praktické části se práce zabývá návrhem implementace metody TPM ve výrobní společnosti.

## **ABSTRACT**

In the theoretical part of this bachelor thesis deals with description of maintenance, historical development of maintenance and characterizes each systems of maintenance. Furthermore it provides a short comparison of two modern maintenance methods of RCM and TPM, with more detailed picture of the TPM method and also mentions the basic supporting methods used to determine the critical areas in production processes and in maintenance. The practical part of the thesis propounds a suitable proposal for TPM implementation in a manufacturing company.

## **KLÍČOVÁ SLOVA**

Totálně produktivní údržba, údržba zaměřená na bezporuchovost, metody údržby, preventivní a prediktivní údržba, autonomní údržba.

## **KEYWORDS**

Total productive maintenance, reliability centered maintenance, maintenance methods, preventive and predictive maintenance, autonomous maintenance.



## **BIBLIOGRAFICKÁ CITACE**

KARTALI, C. *Principy údržby metodou TPM*, Brno, Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. 2017, 66 s., Vedoucí bakalářské práce Ing. Hana Opočenská.





## **PODĚKOVÁNÍ**

Na tomto místě bych rád poděkoval své vedoucí Ing. Haně Opočenské za cenné připomínky a odborné rady, kterými přispěla k vypracování této bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval svým rodičům a přítelkyni za neocenitelnou podporu a trpělivost, kterou mi v tomto náročném období poskytli. A v poslední řadě společnosti Nitto Denko Czech se kterou jsem problematiku konzultoval, a která mi dovolila zveřejnit interní firemní záznamy.



## **ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ**

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

V Brně dne 26. 5. 2017

.....

Csaba Kartali



# OBSAH

<b>1</b>	<b>ÚVOD</b> .....	<b>15</b>
<b>2</b>	<b>VLIV ÚDRŽBY NA KVALITU</b> .....	<b>17</b>
2.1	Vztah provozu a údržby .....	19
2.2	Vztah údržby, spolehlivosti a kvality .....	20
<b>3</b>	<b>ÚVOD DO ÚDRŽBY</b> .....	<b>23</b>
3.1	Historické milníky údržby .....	23
3.2	Historický vývoj systémů údržby .....	23
3.2.1	První generace .....	23
3.2.2	Druhá generace .....	24
3.2.3	Třetí generace .....	24
3.2.4	Čtvrtá generace – moderní revoluce průmyslu.....	26
3.3	Hlavní systémy moderní údržby .....	27
3.3.1	Systém údržby po poruše.....	28
3.3.2	Systém preventivní údržby .....	28
3.4	Metoda RCM - Údržba zaměřená na bezporuchovost.....	29
3.4.1	Jádro systému RCM.....	29
3.4.2	Silné a slabé stránky R systémů .....	30
<b>4</b>	<b>TPM – TOTÁLNĚ PRODUKTIVNÍ ÚDRŽBA</b> .....	<b>33</b>
4.1	Historie a vývoj metody TPM .....	33
4.2	Vztah TPM a produktivity .....	34
4.3	Základní části TPM.....	36
4.4	CEZ, nebo celková efektivita zařízení .....	38
4.4.1	Struktura koeficientu CEZ.....	38
4.4.2	Výpočet koeficientu CEZ .....	39
4.5	Autonomní údržba .....	39
4.6	Plánovaná údržba .....	40
4.6.1	Preventivní údržba .....	40
4.6.2	Prediktivní údržba.....	41
4.7	Trénink pracovníků.....	42
4.8	Rozšířený TPM .....	42
4.9	Postup implementace TPM .....	43
4.10	Omyly v zavádění TPM z praxe .....	44
4.11	Další nástroje využívané v rámci TPM.....	45
4.11.1	Paretova analýza .....	45
4.11.2	Metoda 5S.....	46
4.11.3	SMED analýza .....	47
<b>5</b>	<b>REALIZACE TPM V NITTO DENKO CZECH</b> .....	<b>49</b>
5.1	Základní údaje a historie společnosti Nitto Denko Czech s. r. o. ....	49
5.2	Současná situace společnosti Nitto Denko Czech .....	50
5.3	Popis údržby ve společnosti Nitto Denko Czech.....	50
5.4	Implementace TPM ve společnosti Nitto Denko Czech.....	50
5.4.1	Výsledky analýzy .....	51
5.4.2	Návrh nového implementačního plánu TPM.....	52
5.4.3	Sestavení projektového týmu.....	52
5.4.4	Plán pro zvýšení CEZ v NCZ .....	53

5.4.5	Rozdělení a standardizace údržbářských úkonů.....	55
5.4.6	Plán autonomní údržby.....	57
5.5	Zhodnocení TPM ve společnosti Nitto Denko Czech .....	58
<b>6</b>	<b>ZÁVĚR.....</b>	<b>61</b>
<b>7</b>	<b>SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ .....</b>	<b>63</b>
<b>8</b>	<b>SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK.....</b>	<b>65</b>
8.1	Seznam tabulek.....	65
8.2	Seznam obrázků.....	65
8.3	Seznam zkratk.....	66

# 1 ÚVOD

Od počátku dob existence lidstva bylo základním cílem člověka zachovávat získané hodnoty a vytvářet nové. Tyto myšlenky lze v dnešní době pozorovat ve výrobní i údržbářské činnosti.

V současnosti hraje údržba obzvlášť důležitou roli, neboť je základním prostředkem pro zvyšování efektivity výrobních zařízení, ale také nezbytným nástrojem pro udržování strojů ve funkčním stavu a prodlužování jejich životnosti. Tím je dosaženo úspor a snížení výrobních nákladů na minimum. Údržbu lze tedy chápat jako procesně-technickou činnost, která má za cíl udržovat strojní zařízení v technicky dobrém a provozuschopném stavu při vynaložení optimálních finančních nákladů.

Pro zlepšení stavu strojních zařízení existuje mnoho metod, kde mezi nejzákladnější a zároveň nejstarší patří údržba po poruše. Další vývoj údržbářských metod směřoval k eliminaci náhodných poruch pomocí kontrol a pravidelných (mnohdy zbytečných a finančně nákladných) oprav, tedy k zavedení preventivní údržby. Postupně se údržba dostávala do fáze, kdy se začala zabývat aktuálním technickým stavem zařízení. V této fázi se již prostřednictvím údržby vykonávané za pomoci metod technické diagnostiky, dala odhadnout porucha ještě předtím, než způsobila poruchu nebo nefunkčnost zařízení. S tím došlo i k úspoře značného podílu finančních prostředků určených na opravu. Údržba již není brána jen jako podpůrná činnost, ale vyrostla do jedné z hlavních činností výrobních firem.

Aktuálně lze pro snižování nákladů využít několik metod údržby, přičemž mezi nejčastěji využívané patří metoda RCM a metoda TPM. Chceme-li u zařízení zabezpečit co nejvyšší spolehlivost je upřednostňována metoda RCM. V případě potřeby zvýšení produktivity a efektivity výrobních zařízení je preferována metoda TPM, která je současně i stěžejním tématem této bakalářské práce.

V teoretické části práce jsou uvedeny základní systémy údržby a jejich historický vývoj. Následně je podrobně rozebrána právě metoda TPM a několik dalších podpůrných prostředků této metody jako je například 5S, Pareto analýza a SMED analýza.

V praktické části práce je uveden návrh implementace metody TPM ve výrobní společnosti, kde se již v současné době provádějí základní podpůrné činnosti pro úspěšnou implementaci této metody.





## 2 VLIV ÚDRŽBY NA KVALITU

V minulosti se za jedinou roli údržby považovalo pouze udržení zařízení v provozuschopném stavu, a to při vynaložení co nejnižších nákladů. V současné době je známo, že údržba má vliv na všechny rizikové oblasti i efektivnost podnikání. Ovlivňuje především ochranu osob a životního prostředí, energetickou účinnost zařízení, kvalitu produktů a schopnost plnit požadavky zákazníka. Mnoho manažerů údržby je stále zvyklých soustředit se jen na jediný faktor údržby majetku, a to na přímé náklady spojené s poruchami. Neberou v úvahu kauzální příčiny objevující se důsledkem výpadku technologií. [1]

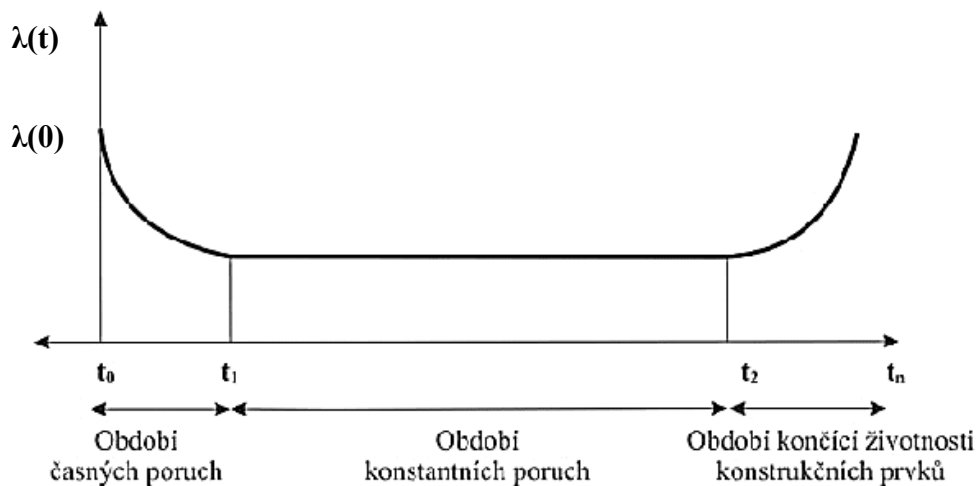
V dnešní době, v kontrastu s minulostí, je ale potřeba počítat se stále rostoucím rozsahem dodatečných vlivů údržbářské činnosti: [1]

- Čím více je v provozu automatizace, tím více chyb může působit na předpisy společnosti z oblasti kvality. Toto tvrzení platí jak pro služby, tak pro kvalitu výrobků.
- Dalším důsledkem zvyšující se automatizace v provozu je numerický růst chyb, který má dopad nejen na bezpečnost a ochranu životního prostředí, ale také na udržitelnost a neustálé zlepšování procesů – s automatizací se zvyšuje složitost. Mnoho firem se dostává do takové situace, že se buď přizpůsobí očekáváním bezpečnosti a ochrany životního prostředí nebo zaniknou.
- S neustále se zvyšující složitostí zařízení se zvyšují i náklady související s údržbou. Nad rámec materiálových nákladů, práce a komponentů, se zvyšují i náklady na úkoly řízení organizace. Pro dosažení maximální návratnosti investic se musí pracovat tvrději než dříve. Údržba proto hraje stále důležitější roli v životě organizace jako celku, a proto je důležité ji vybavit nástroji, které jsou potřebné k řešení problémů okamžitě a trvale. Nestačí vypořádat s problémy vyskytujících se příležitostně, jen když to dovolí čas, při výskytu problému jsme nuceni s ním jednat. Významný počet z nich působí tiše a zvyšuje náklady, nehledě na to, že se nejedná o významné události. Doba použitelnosti a pravděpodobnost selhání zařízení nemusí být nutně lineárně závislá.

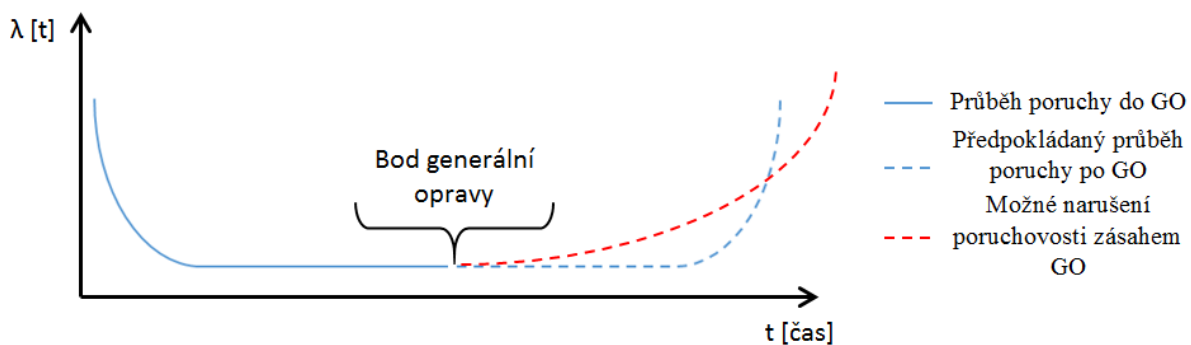
Jak již bylo uvedeno výše, předpokládalo se, že u zařízení, na kterém byla provedena generální oprava, se snížila pravděpodobnost selhání v provozu. Generální opravou je myšlena kompletní revitalizace strojního zařízení ve smyslu rozebrání, vyčištění, výměny nebo opravy opotřebovaných součástí, namazání, složení a natření novým lakem. Tato myšlenka se ale v praxi téměř nikdy nepotvrdila a disponuje s dvěma negativními důsledky: [1]

- Prvním omylem je, že výskyt možných chyb vždy závisí na věku strojního zařízení. V takových případech je zvykem na strojním zařízení provést generální opravu, která má vliv i na mezi-součástkové vazby. Nicméně, v takových případech se neuvažuje skutečnost, že generální oprava může silně narušit dosud stabilní systém.

- Dle vanové křivky, která nám udává závislost intenzity výskytu poruch  $\lambda$  na čase  $t$  životnosti zařízení (obr. 1), se předpokládá, že všechno má odhadovanou životnost. Generální opravy se proto provádí na základě těchto údajů. Nepředpokládá se, že strojní zařízení se může porouchat kdykoliv (v nepravidelně krátkém intervalu po opravě). Tento model předpokládá, že mezi dvěma velkými opravami nemůže dojít k selhání zařízení, a nepočítá se tím, že právě generální oprava (GO) může být příčinou poruchy. Tento model je znázorněn na obr. 2.



Obr. 1) Vanová křivka – intenzita poruch v závislosti na čase [2]



Obr. 2) Intenzita poruch vlivem generální opravy [1]

Aktuálně údržbu už můžeme považovat za poměrně složitou vědní disciplínu, která může zřetelně ovlivnit výrobní proces a tím i finanční toky společnosti. Údržba zařízení se stává nedílnou součástí každého toku výrobního procesu, je-li chápána jako procesně technická činnost, tedy zachování funkčnosti a způsobilosti strojního zařízení při vynaložení optimálních nákladů, je více efektivní při řízení údržby, než v případě řízení procesu samotného.

Cílem veškeré údržby je v nejjednodušším pohledu udržování zařízení v technicky dobrém a provozuschopném stavu při vynaložení optimálních nákladů. Podle normy ČSN EN 13306 Údržba – Terminologie údržby, údržbou rozumíme „kombinaci všech

technických a administrativních činností, včetně činnosti dozoru, zaměřených na udržení objektu ve stavu nebo jeho navrácení do stavu, v němž může plnit požadovanou funkci“. Z finančního hlediska údržbářské činnosti spotřebovávají finanční prostředky, pracovní sílu apod., ale z hlediska efektivity provozu zabezpečují zvyšování provozní spolehlivosti a také prodlužují životnost zařízení. [3]

## 2.1 Vztah provozu a údržby

Provoz a údržba jsou neoddělitelnou etapou a součástí životního cyklu strojů. Dle norem řady IEC 60 300 se životní cyklus objektů dělí do pěti etap, tyto etapy jsou znázorněny na obr. 3. První dvě etapy jsou tzv. předvýrobní etapy, kde se stanoví požadavky zákazníka, z výrobního hlediska se určuje cíl nebo cíle projektu a začne se pracovat na navrhování a vyvíjení zařízení a procesů pro naplnění těchto požadavků. Dalším krokem je výroba zařízení a instalace u zákazníka. Čtvrtá etapa je nejdůležitější část života stroje obecně, jedná se o provoz a údržbu stroje, která spolu s plněním požadovaných funkcí stanovených podle zákazníka, je nejdůležitějším bodem druhé etapy návrhu a vývoje, kde je prioritou co nejdelší životnost stroje. V dnešní éře životnost stroje ve velké míře ovládají i finanční prostředky a samotný finanční požadavek zákazníka. A poslední etapou životního cyklu stroje je vypořádání a likvidace strojního zařízení. Životností dle normy ČSN EN 13306 se rozumí „schopnost vykonávat požadovanou funkci v daných podmínkách používání a údržby do dosažení mezního stavu“. [3]



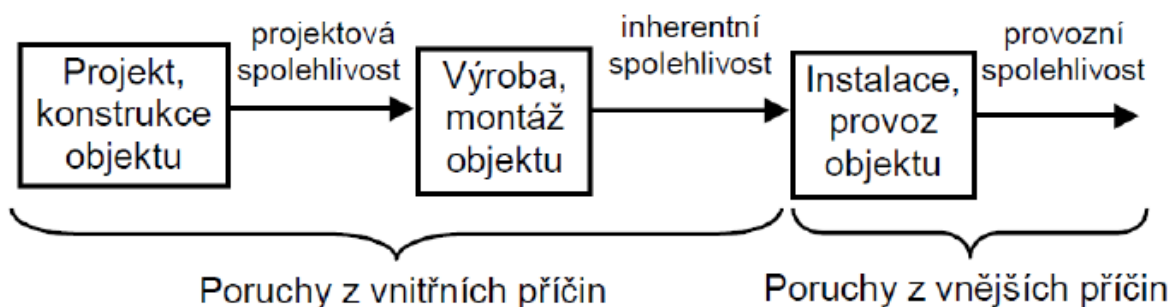
### Předvýrobní etapy

Obr. 3) Etapy životního cyklu objektu dle IEC 60300 [3]

Mezi každou etapou životního cyklu zařízení je uplatňována část spolehlivosti související s danou fází života.

Dle obr. 4 je zřejmé, že v každé fázi životního cyklu na zařízení působí jiné vlivy poruch, a to buď vnitřní, nebo vnější a tři typy spolehlivosti. [4]

- Projektová spolehlivost je spolehlivost požadovaná od objektu ve fázi návrhu, při vynaložení minimálních nákladů ve všech obdobích technického života objektu.
- Inherentní spolehlivost je spolehlivost očekávaná při realizaci objektu po jeho vyrobení.
- Provozní spolehlivost je očekávaná spolehlivost objektu při plnění stanoveného účelu během provozu.



Obr. 4) Druhy poruch a spolehlivosti na základě životního cyklu produktu [4]

Mezi poruchy z vnitřních příčin patří následující typy:

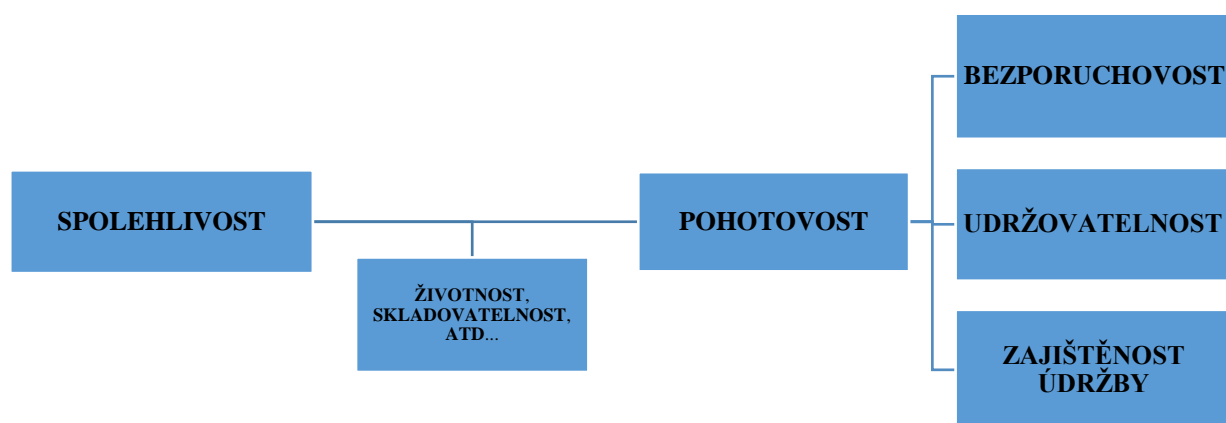
- chybně navrhnutá konstrukce,
- chyba výroby zařízení,
- chyba z poddimenzování.

Mezi poruchy z vnějších příčin patří následující typy:

- chyba způsobená stárnutím nebo opotřebením,
- chyba způsobená nesprávným používáním zařízení.

## 2.2 Vztah údržby, spolehlivosti a kvality

Zajištěnost údržby je základním kamenem spolehlivého a efektivního provozu pro zabezpečení co nejvyšší kvality produktu a procesů spolu s udržovatelností a bezporuchovostí, které spolu jsou základní stavební bloky pohotovosti a určují pohotovostní charakteristiku stroje. Pojem spolehlivost dle normy ČSN IEC 50 (191) „je termín pro popis pohotovosti a činitelů, které ji ovlivňují, tj. bezporuchovosti, udržovatelnosti a zajištěnosti údržby“. Tato souvislost je znázorněna na obr. 5. [3]



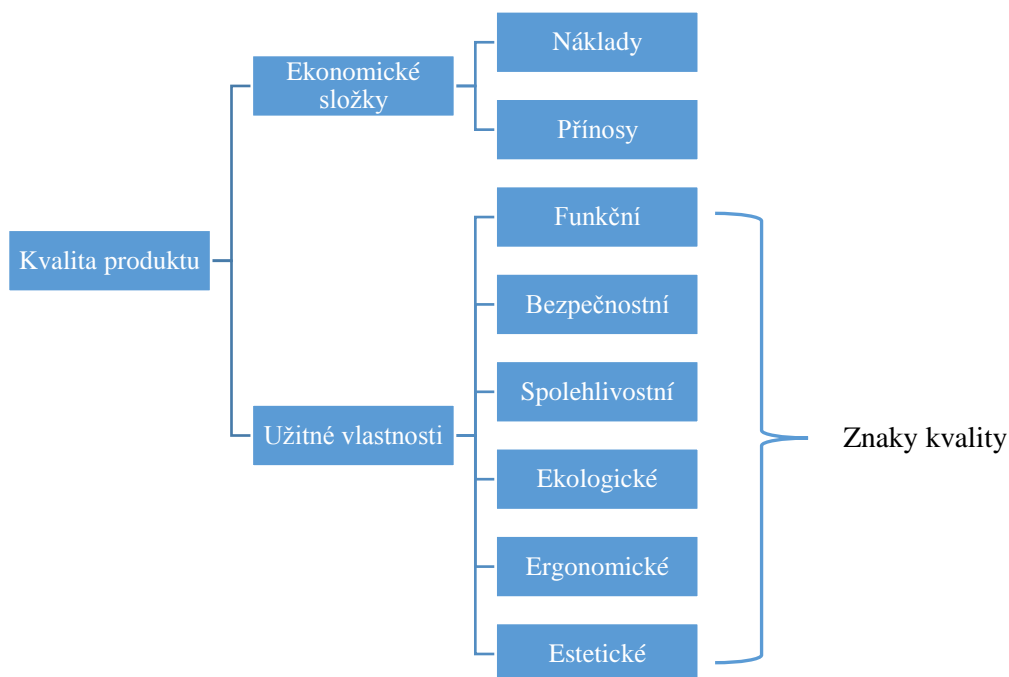
Obr. 5) Vztah údržby, spolehlivosti a kvality [3]

Pojmy z obr. 5 jsou vysvětleny dle normy ČSN EN 13306 níže: [3]

- **Pohotovost:** „schopnost objektu být ve stavu schopném vykonávat požadovanou funkci v daných podmínkách, v daném časovém okamžiku nebo v daném časovém intervalu za předpokladu, že jsou zajištěny požadované vnější zdroje“.

- **Bezporuchovost:** „schopnost objektu vykonávat požadovanou funkci v daných podmínkách a v daném časovém intervalu“.
- **Udržovatelnost:** „schopnost objektu v daných podmínkách používání setrvat ve stavu nebo být navrácen do stavu, v němž může vykonávat požadovanou funkci“.
- **Zajištěnost údržby:** „schopnost údržbářské organizace mít v daném časovém okamžiku nebo v daném časovém intervalu správné zajištění údržby na místě, kde je nutné provést údržbářský zásah“.

Z obecného hlediska můžeme říct, že spolehlivost hraje velkou roli mezi hlavními znaky kvality. Kam se člení i spousta dalších znaků, jako funkční, bezpečnostní, ekologické, ergonomické a estetické znaky. Tyto znaky spolu tvoří užité charakteristiky kvality produktu, které jsou znázorněny na obr. 6. [3]



Obr. 6) Určení kvality produktu a vyjádření užitéch vlastností [3]



## 3 ÚVOD DO ÚDRŽBY

Existují dva základní cíle lidské činnosti, vytváření hodnot a na druhé straně užívání a udržování těchto hodnot, aby se mohly použít i pro budoucnost. Rozdělení činnosti používání a činnosti údržby začala postupně před staletími, typickým se však stala až po příchodu průmyslové činnosti a dělby práce. [5]

### 3.1 Historické milníky údržby

Z pohledu těchto hodnot (stroje, zařízení) se vztah mezi používáním a údržbou měnil podle dob, pravidelně. Následující příklady ukazují na různé změny těchto vztahů v různých dobách: [5]

- Chamurappiho zákoník (~ 1800 př. n. l.): „Pokud se někdo nestará o svoje hráze, objeví se v nich trhliny a řeka zaplaví zemi, lidé zemřou, provinilý se musí upálit.“
- Příkaz Alexandra Velikého (~ 1800 př. n. l.) pro Parmenióna před tažením Malou Asii: „Udržujte v pořádku obléhací stroje, aby mohly sloužit ještě mnoho let!“
- Období raného středověku: povolání, spolky a sdružení se začnou zapojovat do vytváření a vývoje údržbářských činností na profesní úrovni.
- Začátkem průmyslové revoluce (od 18. do 19. století), se zásadně změnilo více hospodářských sektorů. Došlo ke změnám ve výrobních procesech za pomoci nových zdrojů energie, čímž bylo v té době především uhlí, přechodem z ruční výroby v manufakturních podnicích na tovární velkovýrobu pomocí parních strojů, což pomohlo i ve vzrůstu dělby práce.
- Na začátku minulého století údržba, jako neprodukční činnost, stála ještě stále na druhotném místě v činnostech vzhledem k preferované výrobě a objemu výroby, která byla nejvíc důležitá.
- Od 30. let 20. století se již objevilo moderní pochopení údržby jako velice důležité podpůrné činnosti ve výrobě.

### 3.2 Historický vývoj systémů údržby

Podle Moubraye [6] existují tři generace vývoje moderní údržby, jejichž počátek se datuje do začátku třicátých let dvacátého století.

#### 3.2.1 První generace

Období první generace trvalo od začátku 30. let přibližně do začátku 2. světové války. V průmyslu se teprve začala nahrazovat ruční práce prací strojů. Tedy doba trvání poruchového stavu zařízení nebyla ještě tak důležitá. Zařízení v té době odpovídala tehdejší technické vyspělosti a charakterizovala je robustnost, jednoduchost a předimenzovanost. Tím pádem se tato robustná a rozměrově přehnaná zařízení jevila jistou bezporuchovostí a snadnou opravitelností. Nepotřebovala proto časté organizované odborné servisní zásahy. Opravy byly prováděné obsluhou a náklady na opravy byly minimální. [6]

### 3.2.2 Druhá generace

Válečný stav během krátké doby tento model změnil. Nedostatek zboží všeho druhu zvýšil poptávku, kdežto vojenská pohotovost razantně snižovala zdroje lidských sil v průmyslu. Následkem toho byla urgentní potřeba nahradit lidskou sílu silou stroje, tzv. mechanizace. S útlumem války se začaly používat různé stroje s komplexnější stavbou než předtím. Průmysl na nich začal být závislý, což způsobovalo, že větší důraz a pozornost byla věnována stavu stroji, a tím pádem zásahům zabezpečujícím správný chod zařízení. V 60. letech takový zásah údržby spočíval v preventivní údržbě. Ta se zejména skládala z generálních oprav prováděných v pevných intervalech. Tento postup byl základem pro vytvoření a zavedení systému plánování a řízení údržby jako individuální činnosti. Vedlo to také ke zvyšování nákladů vzhledem k jiným provozním nákladům. Zvyšující se vynaložené finanční náklady upozornily odborníky na skutečnost, že je potřeba hledat způsoby, jakými by se mohla co nejvíce prodloužit doba života majetku v průmyslu. [6]

### 3.2.3 Třetí generace

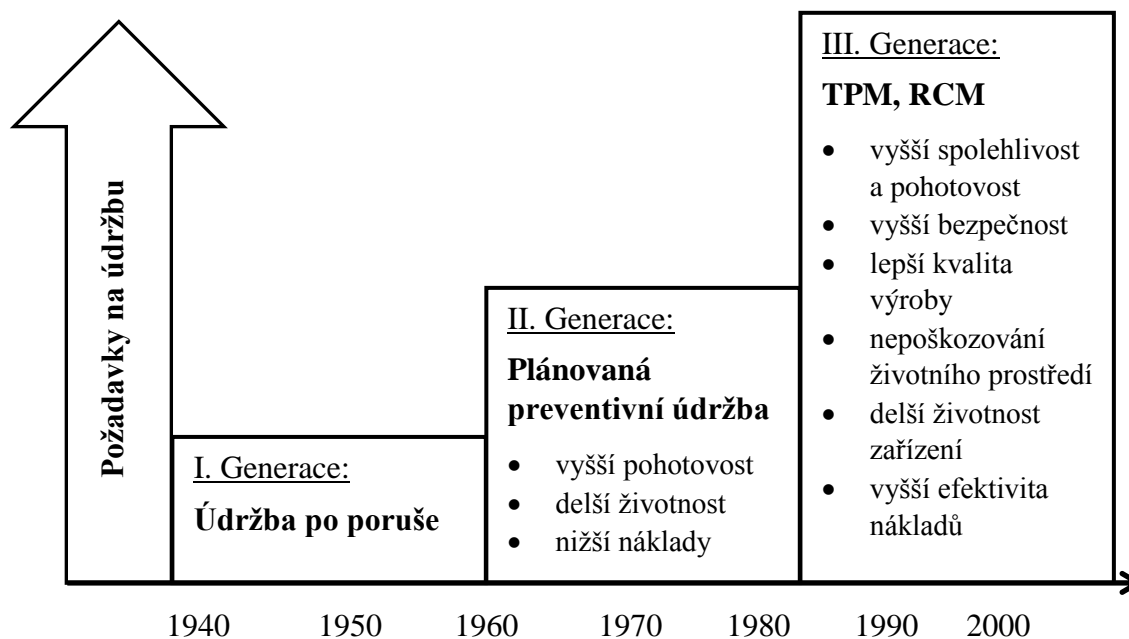
V 70. letech se čím dál tím víc dostávala do středu pozornosti doba nepoužitelného stavu stroje, protože bylo identifikováno, že má negativní účinek na výrobní schopnost zařízení právě snížením výrobní kapacity, zvýšením provozních nákladů nebo častějším zásahům do služeb zákazníků. Negativní dopad doby nepoužitelného stavu stroje se stal nejvíce patrný až po zavádění a rozšíření metody JIT (just-in-time). Tato metoda zásadně snížila velikost zásob, přičemž v případě tak nízkého stavu zásob i malé závady mohly mít velký dopad na systém a organizaci zásobování. Se zaváděním a šířením automatizace se bezporuchovost a pohotovost stala klíčovými výzvami nejen výrobních závodů, ale i jiných oblastí jako například telekomunikace, zdravotních služeb, řízení stavebnictví nebo zpracování informací a dat. Rozšíření a růst automatizace, vlivem složitě provázaných systémů výroby, se stalo významným subjektem poruch, což mělo značný vliv nejen na kvalitu produktů, ale také na bezpečnostní a environmentální aspekty. [6]

Kvůli rostoucím závislostem na hmotných majetcích, rostly i náklady na provoz a opravy. Aby se zajistila co největší návratnost, bylo potřeba, aby byl hmotný majetek v pohotovostním stavu umožňujícím plnit požadované funkce v celém rozsahu svého životního cyklu. To bylo důležité především z pohledu finanční náročnosti na údržbu, náklady na údržbu se v poměru s celkovými náklady už skoro rovnaly. Během necelých 30 let se náklady na údržbu dostaly na vrchol mezi náklady s velkým dopadem na provozuschopnost a efektivitu podniku.

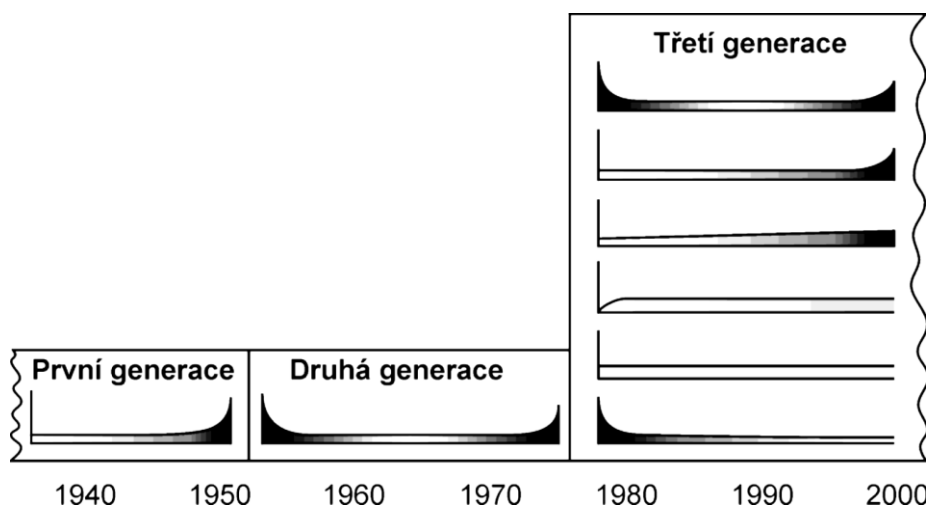
Na následujícím obr. 7 je patrný rostoucí trend požadavků údržby podle výše zmíněných období.

S rostoucím rozsahem poznání došlo i k obměně primárních názorů na závady vzniklé v souvislosti se stárnutím. Dokázalo se, že existuje určitá souvislost mezi pravděpodobností, že nastane závada na zařízení, a mezi provozním stárnutím zařízení. Na obr. 8 je zřetelná změna v pochopení mechanismů systémů poruch. [7, 8]





Obr. 7) Vzdávající požadavky spojené s údržbou [7]



Obr. 8) Změna v poznání poruchovosti [8]

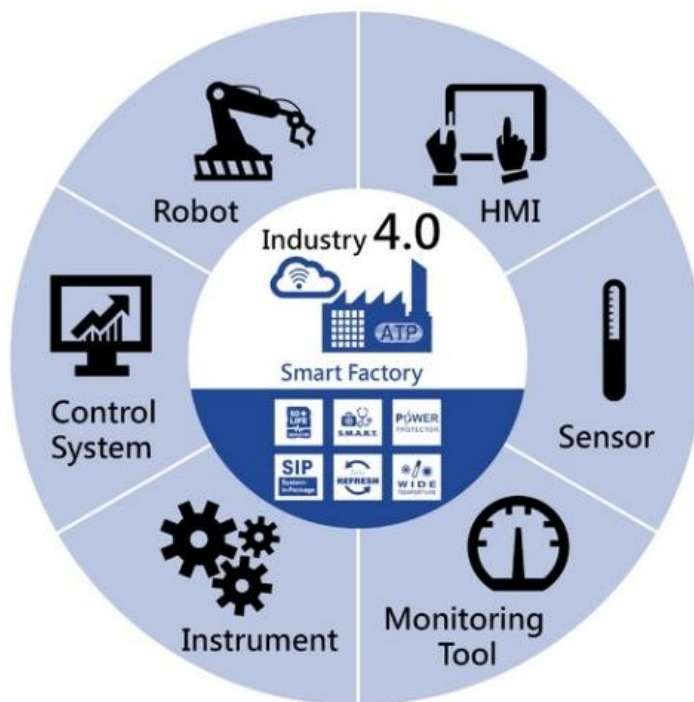
První generaci vývoje údržby charakterizovala myšlenka, že zařízení stárnou a postupem času se zvýší i jejich náchylnost k poruchám. Pro druhou generaci vývoje bylo důležitým krokem uvědomění „období časných poruch“, které pak vedlo k názoru tzv. „vanové křivky“, že poruchy se na začátku životního cyklu zařízení odstraní a objeví se až na konci provozuschopnosti. Pro dobu třetí generace výzkum objevil, že ve skutečnosti existuje až 6 modelů poruchovosti, které mají jasný následek na výběr vhodných přístupů a cílů údržby. [8]

Jedno z prvních odvětví v průmyslu, které začalo systematicky zahrnovat tyto názory a řešení, bylo civilní letectví. V období třetí generace vývoje již existoval propracovaný systém pro vývoj strategie údržby, který mimo letecké odvětví byl

označován jako „údržba zaměřená na bezporuchovost“ neboli RCM. V současné době je RCM standardní a respektovaný nástroj systému údržby spolu s dalšími systémovými metodami jako je například TPM. [9]

### 3.2.4 Čtvrtá generace – moderní revoluce průmyslu

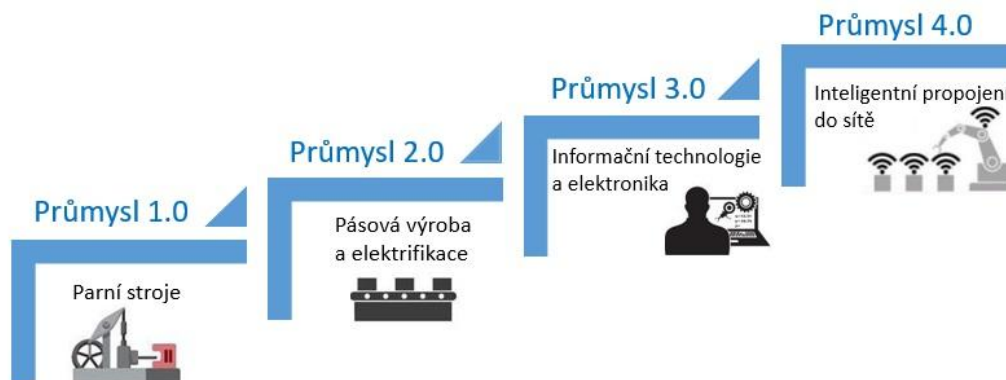
Čtvrtou generaci vývoje údržby můžeme spojit s novou, aktuální průmyslovou revolucí, tzv. kyberneticko-mechanickým systémem v angličtině nazývaným jako Cyber-physical system nebo Industry 4.0, který je znázorněn na obr. 9. [10]



Obr. 9) Industry 4.0 – systém spojující stroje a člověka [11]

Jeho základy spočívají v plně automatizovaném systému spolupráce člověka a stroje pomocí informačních technologií, především pomocí umělé inteligence prvního řádu. Jedná se o výrobu založenou na principu propojení všech dílčích částí prostřednictvím komunikační sítě (internetu věcí), pevnou nebo bezdrátovou, s kybernetickou nadstavbou, která umožňuje plnou automatizaci celého procesu.

Jestliže byly stroje pomocí automatizace 3. generace schopné samostatného automatického provozu, nyní jsou již propojeny a komunikují mezi sebou. Řídící počítačové systémy následně vyhodnocují možné stavy získané z čidel, které tvoří zásadní část pro získání informací, a řídí celý proces podle potřeb aplikace. Některé systémy se pomocí umělé inteligence dokážou i učit na určité úrovni, uložit vhodné řešení a použít ho při dalším výskytu podobného stavu. Nejnovější průmyslová revoluce, znázorněna na obr. 10, otevírá nové možnosti. Tento komplexnější systém vyžaduje hlubší nasazení nejefektivnějších a nejnovějších metod pro řízení údržby spolu s implementací nejmodernějších komunikačních technologií. [10]

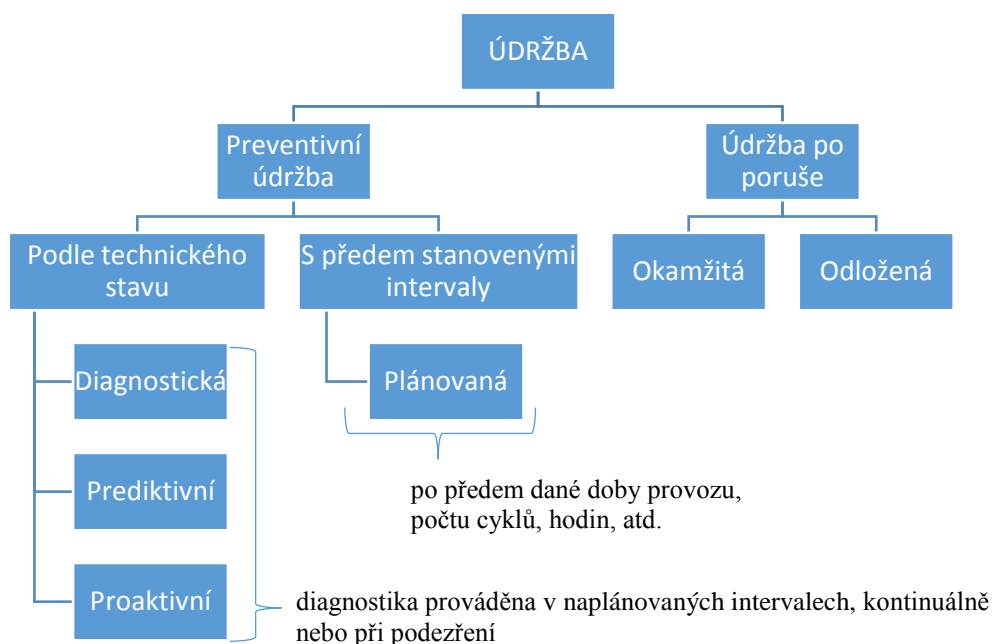


Obr. 10) Znárodnění vyspělosti čtvrté generace průmyslu a údržby [12]

Dle obrázku 10 je patrné, jak se během necelých 150 let vyvinul dnešní průmysl. První průmyslovou revolucí na konci 18. století charakterizovaly stroje poháněné parou a vodou. Druhou generaci průmyslové revoluce na začátku 19. století charakterizovala pásová výroba na základě dělby práce a již za pomoci elektrické energie. Třetí průmyslovou revolucí začátkem 70. let 20. století tvořila automatizace výroby pomocí nasazení IT (informační technologie) a elektroniky do řízení výrobních procesů. Pro čtvrtou a současnou generaci průmyslové revoluce je patrné čím dál tím větší propojenost zařízení a člověka pomocí kyberneticko-fyzikálních systémů. [12]

### 3.3 Hlavní systémy moderní údržby

Rozdělit systémy moderní údržby a vlastně i postoj k nim je možné podle různých hledisek. Nejnázornější je rozdělení podle vývojových etap, kde je jasně vidět postavení údržby nejen jako podpůrné funkce, ale i jako součást výrobního procesu a životního cyklu produktu, který je znázorněn na obr. 11. [13]



Obr. 11) Členění údržby dle ČSN 13306 Údržba – Terminologie údržby [13]

### 3.3.1 Systém údržby po poruše

Jedná se o historicky nejstarší systém údržby, kde k opravě dochází, až po vzniku poruchy. Na základě dvou faktorů lze údržbu po poruše dále rozdělit na okamžitou a odloženou. Prvním faktorem je kritičnost potřeby chodu stroje a druhým jsou kapacity náhradních dílů a lidských zdrojů na vykonání údržby.

Cílem tohoto systému údržby je odstranit poruchu v co nejkratší době po jejím vzniku. Někdy je nazývána též nápravná, protože pouze odstraňuje důsledky opotřebení a nesnaží se jim předcházet. Používá se hlavně u prvků a dílů, kde nelze jednoduše nebo skoro vůbec odhadnout míru opotřebení, např. u elektronických součástek. [13]

### 3.3.2 Systém preventivní údržby

U systému preventivní údržby se údržba vykonává buď v pevně stanovených časových intervalech, nebo na základě aktuálního technického stavu zařízení. Podstatou preventivní údržby je princip předcházení poruše.

Údržba s předem stanovenými intervaly obvykle zahrnuje prohlídky a kontroly, které se vykonávají ve stanoveném kalendářním termínu, případně po stanoveném počtu jednotek užívání (provozní hodiny, počet cyklů). Systémy tohoto typu převážně nejsou příliš efektivní, protože nesledují aktuální technický stav zařízení během provozu. Z tohoto důvodu jsou mnohdy zbytečně nákladné a přitom často i nespolehlivé.

Údržbu podle technického stavu zařízení můžeme dále rozdělit na údržbu diagnostickou, prediktivní a proaktivní. [13]

#### Systém diagnostické údržby

Na základě tohoto systému se údržba provádí na každém prvku, popřípadě na skupině prvků individuálně na základě skutečného technického stavu. Základem pro získávání těchto důležitých informací jsou metody technické diagnostiky nebo průběžné monitorování. Údržba těchto prvků nebo skupiny prvků se vykoná jen v případě, když se dosáhne mezní fáze opotřebení nebo se překročí přípustná tolerance některých funkčních charakteristik. [13]

#### Systém prediktivní údržby

Je systémem údržby, který se spoléhá na skutečný technický stav zařízení pomocí metod technické diagnostiky a naměřených diagnostických parametrů, kde tyto poznatky z expertních systémů jsou využity k prognóze určení zbytkové životnosti zařízení. Tento systém umožňuje pomocí údajů získaných z technické diagnostiky a pomocí odborných znalostí naprogramovaných do expertního systému nejen získat informace o skutečném stavu stroje, ale i předvídat poruchy nebo havárie a včas na ně upozornit. Údržba tedy není vykonána jen na základě skutečného technického stavu, ale i na základě možného budoucího (nežádaného) stavu. Tento systém se často nazývá eliminační údržba. [13]

#### Systém proaktivní údržby

Generačně se jako poslední vyvinula proaktivní údržba, která také vychází ze skutečného funkčního stavu zařízení. Uplatňuje se u ní preventivní, diagnostická a prediktivní údržba pomocí aplikací komplexních diagnostických subsystémů spolupracujících přes automatizovaný systém. Míra efektivnosti tohoto systému údržby je hodně závislá na tom, v které fázi životního cyklu zařízení je tento systém aplikován. Dnešním trendem je počítat s možnostmi budoucího připojení diagnostických senzorů a snímačů již ve vývojové fázi.

Níže jsou uvedeny příklady nejvíce využívaných systémů údržby: [13]

- TPM – Totálně produktivní údržba (Total Productive Maintenance),
- RCM – Údržba orientovaná na spolehlivost (Reliability Centred Maintenance),
- RBI – Inspekce rizik (Risk Based Inspection),
- RCA – Analýza příčin (Root Cause Analysis),
- LCC – Minimalizace celkových nákladů na životní cyklus (Life Cycle Cost).

### 3.4 Metoda RCM - Údržba zaměřená na bezporuchovost

U generačně ranných systémů údržby (údržba po poruše, údržba s pevně stanovenými intervaly nebo diagnostická údržba) se již v 70. letech 20. století potvrdilo, že žádný z nich, není schopen uspokojit rostoucí očekávání kvantitativních a kvalitativních aspektů výroby.

Na potřeby různých států – v Japonsku a ve Spojených státech – vznikla různá řešení. V Japonsku odborníci působící v oblasti řízení kvality tvrdili, že na cestě k dosažení kvalitních výrobních systémů a zvýšení produktivity je hlavní překážkou „nespolehlivý nástrojový park“. Výsledkem tohoto tvrzení bylo sestavení metody a zároveň systému, který byl pojmenován TPM – Totální produktivní údržba. Pro tento systém je charakteristické myšlení orientované na kvalitu.

Na druhou stranu, v průmyslově a ekonomicky prosperujícím USA, nová metoda myšlení vznikla v relativně úzkém segmentu, a to v letectví. Tato metoda, která je z technického hlediska pravděpodobně nejvíce kompletním systémem údržbářských činností, nese název RCM – Údržba zaměřená na bezporuchovost. Po počátečních úspěších RCM především v oblastech námořnictva, vojenského a civilního letectví, jaderného průmyslu, chemického a ropného průmyslu, následoval relativně rychlý vývoj systému RCM II. Až později došlo k rozvoji a vzniku systému RBM – Údržba zaměřená na rizika. V literatuře se vyskytuje i souhrnný název těchto systémů – R systémy údržby. [14,15]

#### 3.4.1 Jádru systému RCM

Základem systému RCM je nalézt takovou údržbu, pomocí které se účinně dosáhne požadované pohotovosti, bezpečnosti a hospodárnosti provozu. A zároveň takovou údržbu, která bude pro společnost ekonomicky výhodná.

Klasická RCM analýza se skládá ze sedmi kroků: [14]

1. Výběr stroje (např. čerpadlo).
2. Identifikace očekávaných funkcí (např. přenos kapaliny) a přiřazení parametrů (např. co to znamená, že nezatěžuje životní prostředí vibracemi).
3. Určení všech způsobů poruch, které teoreticky mohou nastat! Cílem RCM je „všechno“ (každá oblast a každá část stroje).
4. Určení všech potenciálních příčin, pro všechny způsoby poruch, které mohou nastat.
5. Pro všechny identifikované kombinace stavů definování potenciačních následků, dále potom jejich seřazení podle kritičnosti. Tyto následky mohou mít dopad na ekonomii podniku, životní prostředí nebo na bezpečnost osob.
6. Rozhodnutí o následných nápravních opatřeních (např. „Je událost tak vážná, aby vyžadovala okamžité řešení?“).

7. Sestavení a určení akčního plánu (technická diagnostika v tomto kroku hraje převážně velkou roli a je jedním možným řešením ve třetině případů).

Systémy metod RCM II a RBM vznikly vlastně modifikací těchto základních bodů.

Dle Moubraye [15] se RCM II liší od základního systému RCM v následujících bodech:

- Ochrana životního prostředí se stává čím dál tím důležitější. Dříve se rizika související s ochranou životního prostředí řešila na stejné úrovni s riziky bezpečnosti. V praxi to znamenalo, že všechny škody na životním prostředí, které nebyly přímou hrozbou pro bezpečnost, byly zanedbané. Kromě toho oblast ochrany životního prostředí se stává spornou oblastí a neměla by se řešit subjektivně, bez zahrnutí jiných oblastí.
- Jinak se řeší oblast mazání, kde skutečnost nedostatku mazání se bere jako jakákoliv jiná porucha zařízení.
- Případ vícenásobných poruch zařízení se řeší na základě toho, či skrývá bezpečnostní riziko, nebo ne.

Metoda RBM je v podstatě analytická technika, která bere v potaz i finanční hodnotu majetku a stanovuje relativní hodnotu údržbářských úkolů. Zároveň slouží i jako nepřetržitý nástroj zlepšování. RBM definuje hodnoty údržbářských investic a eliminuje ty s nižší finanční náročností proto, abychom se mohly soustředit na úkoly, které tvoří větší finanční zisk na provoz podniku. Hodnotí údržbu na základě současných obchodních rizik a analyzuje náklady a přínosy možných opatření s cílem eliminovat poruchy. [14]

Při porovnání systémů RCM a RBM definuje jejich rozdíl asi nejpřesněji irský odborník Alan Bissel: „Mezi RCM a RBM je opravdu velmi malý rozdíl. RBM především poskytuje jednodušší a lépe zvládnutelný přístup při řešení problematiky údržby rotačních strojů a údržby komponentů s jednoduchými a rutinními úkoly.” [14]

Systémy RCM a RBM jsou často zaměňovány, a proto je v řadě případů RCM nevhodně použito v jednodušších výrobních oblastech, protože je více důkladné a působí v širším měřítku než RBM. [14]

### 3.4.2 Silné a slabé stránky R systémů

R systémy podstatně změnily teorii údržby, smetly řadu dogmat a údržbu jako profesi konečně zvedly do zaslouženého postavení. Některé důležité prvky jejich silných stran: [14]

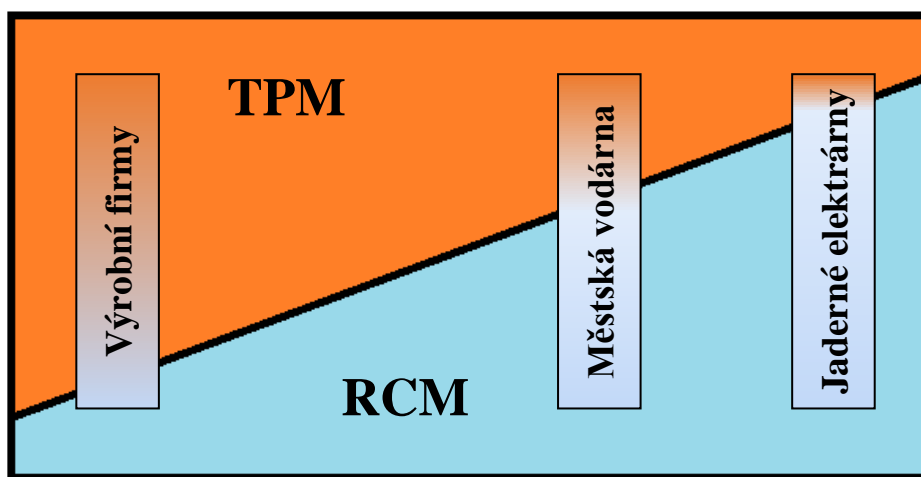
- Činnosti údržby v R systémech jsou již snadno plánovatelné. Už nejen šikovný a zkušený člověk je dobrým údržbářem, ale měl by mít i základní inženýrské a manažerské dovednosti a technický přehled.
- Údržba se stane účinnějším prostředkem pro snižování počtu a závažnosti neočekávaných poruch, což povede ke zvýšení produktivity a snížení nákladů na údržbu.
- Sníží se nadbytečná údržba.
- Interval generálních oprav může být výrazně prodloužen.

Na druhou stranu, R systémy byly vyvinuty inženýry a techniky. Tito odborníci však patrně nedisponovali dostatečnými odbornými znalostmi z oblasti zlepšení řízení kvality a

managementu, které již byly obsaženy v přístupu systému TPM. V RCM je přítomen určitý technický idealismus, že „co někdo navrhne nebo předepíše, to se stane dogmatem“. RCM téměř nepočítá s lidským faktorem. Jeho slabosti jsou uvedeny v následujících bodech: [14]

- Systém RCM je extrémně časově a pracovně náročný (ačkoli systém RBM z jeho požadavků něco upouští) a také velmi drahý, proto si ho většina průměrných podniků nemůže z finančních důvodů dovolit.
- Jedná se o statický systém, což znamená, že návrh je vyvíjen pro aktuální stav a těžko se implementují změny v budoucnosti. Chybí v něm základ neustálého zlepšování (Kaizen), který je integrován do systémů řízení kvality. Na změny podnikových priorit nebo technologií téměř skoro nereaguje.
- Nebere v úvahu obrovské příležitosti a hrozby potenciálu lidského faktoru.
- Nespolehá se na „smyslovou diagnostiku“, která v systémech jako je TPM hraje velkou roli při identifikaci, že „něco není v pořádku“.
- A konečně, velkým záporům je nízká úroveň přijímání nových metod pro stejný účel. Údržba, stejně jako všechny profese nebo věda se neustále vyvíjí. Nové nástroje, metody, techniky, technologie se objevují každý den. Některé z nich, jako například TPM, představují podporu na systémové úrovni. Bylo by proto například vhodné spojení výhod RCM a TPM pro ještě větší efektivitu údržby. Většinou u funkčních systémů se nebere v úvahu jejich zlepšení, tím pádem i metoda TPM je chápána jako náhrada za RCM. Nepočítá se s přínosem jejich současného využívání.

Aplikace R systémů v původním tvaru je vhodná především pro velké, statické výrobní podniky, ve kterých je kladen velký důraz na spolehlivost, jako např. chemický průmysl, energetický a jaderný průmysl, ale i v těchto případech s rozumným a vhodným zapojením systému TPM, jak je znázorněno na obr. 12. [14]



Výrobní průmysl

Energetický průmysl

Obr. 12) Porovnání použitelnosti R systémů [14]





## 4 TPM – TOTÁLNĚ PRODUKTIVNÍ ÚDRŽBA

V dnešní době je pro zvýšení účinnosti výrobních systémů a pro zachování silné konkurenceschopnosti firem k dispozici řada metod a přístupů. Proces nepřetržitého zlepšování je nedílnou součástí i oblasti údržby, která má pro firmy velký efekt z hlediska navyšování produktivity, ale zároveň má podíl i na udržení nákladů na nízké úrovni. Pro celofiremní zlepšení těchto činností byla vyvinuta metoda TPM – Totálně produktivní údržba. TPM není jen jedním ze základních pilířů pro výrobní politiku firmy, ale také vyžaduje aktivitu všech oddělení pro zlepšení efektivity výroby a to propojením údržby a výroby tak, aby bylo technické a technologické zařízení zachováno ve funkčním stavu.

Metoda TPM má v základu zcela opačný smysl, než bylo popsáno Frederickem Winslowem Taylorem, který se snažil co nejvíce odlidštit pracovní činnost. Právě v podniku Ford byli pracovníci obsluhující stroje nebo provádějící rutinní operace považováni za nemyslicí stroje, u kterých byl každý pohyb předem nadefinován a určen tak, aby byly dané úkony přesně plněny.

Z hlediska rozdělení pracovníků se u TPM nerozlišují pracovníci konvenčním způsobem na pracovníky pracující se strojem a pracovníky údržby, kteří provádí na strojích opravy a údržbové činnosti. Důvodem je to, že pracovník obsluhující stroj má největší zkušenosti se správným chodem stroje a jako první dokáže identifikovat jeho nestandardní chod, popřípadě odhalit zdroj poruchy. Při aplikaci této analogie dochází v určité míře k převedení funkcí základní diagnostiky a údržby zařízení od specifického útvaru údržby, a také k přebírání rozhodovacích pravomocí a odpovědnosti za funkčnost stroje, na dělníky ve výrobě. [16]

### 4.1 Historie a vývoj metody TPM

Metoda TPM vznikla na přelomu 50. a 60. let v Japonsku, s cílem rozvíjet celkovou metodologii prediktivní a preventivní údržby s dalšími oblastmi, jako jsou implementace autonomní údržby, bezpečnosti a zavádění vizuálního managementu. Autorem této metody je Seichi Nakajima. [16]

Základní struktura metody TPM byla již v 70. letech definovaná japonskou institucí pro podnikovou údržbu (dále jen JIPM). Strukturu metody TPM podle ní tvořilo následujících 5 bodů: [16]

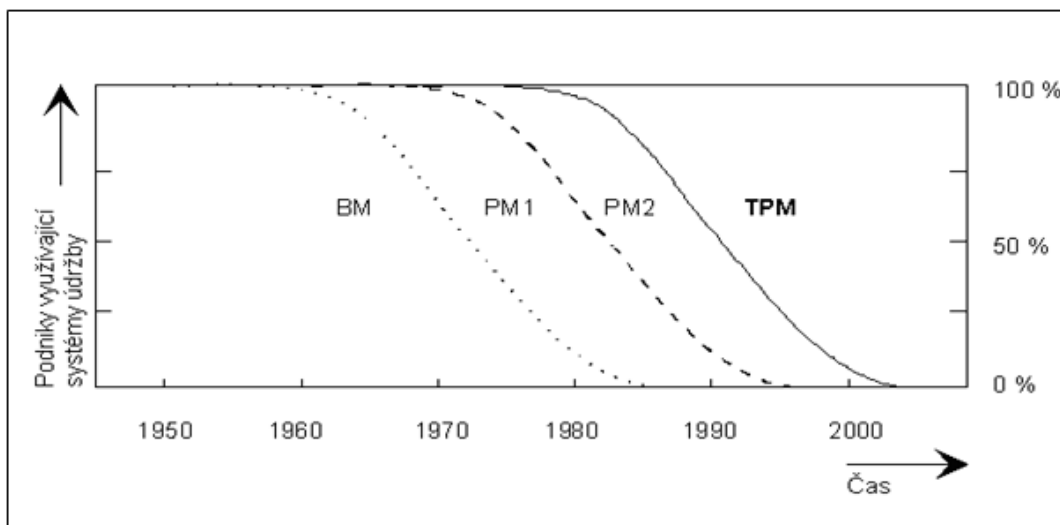
1. TPM využívá analýzu preventivní údržby v celém životním cyklu zařízení.
2. TPM zapojuje do svých aktivit pracovníky od top managementu až po dělníky u strojů.
3. TPM je implementována v jednotlivých útvarech podniku.
4. TPM je založena především na produktivní údržbě vycházející z motivace managementu a práce autonomních týmů.
5. TPM se soustředí na maximalizaci celkové efektivity zařízení.

Tato definice byla postupně upravena a z části přeformulovaná a JIPM vydala novou revizi struktury TPM v roce 1989, kde zapojila do metody další aktivity, které sloužily k efektivnější implementaci TPM. Změny se týkaly následujících bodů: [16]

- Základem pro implementaci TPM je zapojení všech pracovníků, především vrcholového managementu, který má jít příkladem, jasně propagovat zavádění a informovat všechny pracovníky o důležitosti a výhodách implementace.
- TPM má vliv i na aktivity mimo výrobu a proto se implementuje i v odděleních, která s ní přímo nespolupracují, jako oddělení nákupu, prodeje, vývoje, ale i oddělení financí nebo IT.
- Hlavním cílem TPM je v celém systému podniku zabránit všem druhům ztrát a tím i zvýšit celkovou efektivnost zařízení. Toto je zajištěno především nulovým výskytem nehod, úrazů, nulovými postoji, maximální požadovanou kvalitou a nulovou ztrátou rychlosti.

Dle dnešního chápání řízení údržby, patří metoda TPM již mezi základní nástroje a díky nárůstu komunikačních a informačních technologií, je základem pro vytvoření moderního systému řízení údržby pro podniky. Z historického hlediska je vývoj systému údržby ve světě nejlépe znázorněn na obr. 13, kde jsou označeny následující jednotlivé etapy vývoje: [17]

- BM – údržba po poruše (break-down maintenance),
- PM1 – preventivní údržba (preventive maintenance),
- PM2 – produktivní údržba (productive maintenance),
- TPM – totálně produktivní údržba (total productive maintenance).



Obr. 13) Vývojové etapy systémů údržby [16]

Na výše uvedeném grafu (obr. 13) je na ose x znázorněn časový průběh a na ose y procentuální podíl využívaného systému údržby ve světě. [17]

## 4.2 Vztah TPM a produktivity

Nejdůležitějším úkolem metody TPM je minimalizovat náklady při současném zvýšení objemu výroby a kvality. Z hlediska produktivity, současné podniky bojují s řadou nedostatků, mezi které patří hlavně následující: [16]

- používání zastaralých nebo nevhodných koncepcí řízení a organizace výroby,
- nedostatek strategického přístupu k řízení výroby,

- nedostatečná podpora řízení výroby pomocí informačních technologií.

Nejjednodušší možné řešení problematiky nízké produktivity v současných ekonomických podmínkách, je postupné zlepšování řízení výroby a organizace podniku. Tyto zásahy do řízení podniku, vedoucí ke zvýšení produktivity, které musí proběhnout ve všech odděleních a úrovních, jsou ale často časově i finančně náročné. [18]

Pro zvýšení produktivity v podniku je nesmírně důležité si uvědomit, že metoda TPM není jenom metodologie pro údržbu, ale že se svým způsobem dotýká každého oddělení a každého pracovníka společnosti a musí být nedílnou součástí firemní kultury podniku. Dá se říct, že základní filosofií TPM je změnou prostředí v podstatě změnit i myšlení lidí. Tato změna má úzkou souvislost s metodou komplexního nebo totálního řízení kvality TQC (Total Quality Control) a metodou komplexního nebo taktéž totálního managementu kvality TQM (Total Quality Management). Jejich společné základy jsou znázorněny v následující tabulce č. 1. [18]

Tab 1) Souvislost TPM a TQM [18]

Kategorie	TPM	TQC a TQM
Cíle	Změna podnikové kultury, vyloučení ztrát v provozu výrobního zařízení.	Změna podnikové kultury za účelem dosažení vysoké kvality.
Objekty zájmů	Provozní schopnost a způsobilost výrobních zařízení (vstupy do výrobních zařízení).	Kvalita (výstupy z výrobních procesů).
Prostředky pro dosažení cílů	Organizace údržby výrobního zařízení orientovaná na propojení pracovníků údržby, obsluhy a konstruktérů.	Zavádění organizačně a procesně orientovaných systémů řízení kvality (systematizace a standardizace).
Vzdělání pracovníků	Zaměřeno na řízení, plánování a zlepšování údržby strojů pomocí výcviku údržbářů a obsluhy stroje pro zabezpečení spolehlivosti.	Zaměřeno na plánování, řízení a zlepšování kvality pomocí klasických a manažerských nástrojů při aplikaci metodiky trvalého zlepšování (Demingův cyklus).
Aktivity malých skupin pracovníků a týmová práce	Integrace různých aktivit prováděných na pracovišti výrobními týmy s aktivitami prováděnými i týmy údržbářů.	Kroužky kvality, zlepšování procesů speciálními nebo výrobními týmy.

TPM využívá účast všech zaměstnanců na zlepšení dostupnosti, výkonu, kvality, spolehlivosti a bezpečnosti zařízení. TPM se snaží identifikovat a využívat skryté kapacity nespolehlivých a neúčinných zařízení. Využívá také proaktivní a progresivní metodiky údržby a vyzývá k získávání znalostí a spolupráce operátorů, dodavatelů zařízení, technického a podpůrného personálu pro optimalizaci výkonu stroje. Tím se vylučují poruchy, snižují se neplánované a plánované odstávky, zlepšuje se využití, zvyšuje se produktivita a zlepšuje se

kvalita produktu. Dosažené úspěchy implementačních iniciativ TPM v organizaci provázejí nižší provozní náklady, delší životnost zařízení a také nižší náklady na údržbu. [19]

Následující příklady cílů společností jsou nejčastějším důvodem pro implementace TPM v současném výrobním scénáři: [19]

- Stát se světovou třídou, uspokojit globální zákazníky a dosáhnout trvalého organizačního růstu.
- Změnit a udržet současnou konkurenceschopnost.
- Zlepšit pracovní kulturu a celkové myšlení organizace.
- Zvýšit kvalitu a produktivitu.
- Identifikovat a využívat příležitosti ke snížení nákladů na výdaje spojené s údržbou.
- Minimalizovat investice do nových technologií a maximalizovat návratnost investic.
- Regulovat zásoby a dodací doby náhradních dílů pro realizaci optimální dostupnosti zařízení, snížit fyzické skladové zásoby v podniku.
- Optimalizovat náklady na životní cyklus pro dosažení konkurenceschopnosti na globálním trhu.
- Odstranit problémy organizace v podobě vnitřních faktorů, jako je nízká produktivita, stížnosti zákazníků, vysoká míra defektů, nedodržení dodacích lhůt, zvýšení mezd a platů, nedostatek znalostí a dovedností pracovníků, vysoké ztráty.
- Odstranit problémy organizace v podobě vnějších faktorů, jako je tvrdá konkurence, globalizace, nárůst nákladů na suroviny a nákladů na energii.
- Zajistit efektivnější využívání lidských zdrojů, podpora osobního růstu a získávání kompetencí v oblasti lidských zdrojů prostřednictvím odpovídajícího školení jednoho pracovníka na více pozic, a tím vytvoření tzv. „multi odborníků“.
- Snížit a postupně likvidovat tzv. „nevyřešené úkoly“, tj. čas potřebný na odstranění poruchy, čas nastavení a seřízení stroje a čas potřebný na odstranění závady stroje.
- Dosáhnout bezpečnější a kvalitnější práce.
- Pracovat chytřeji ale ne tvrději zlepšením zaměstnaneckých dovedností.

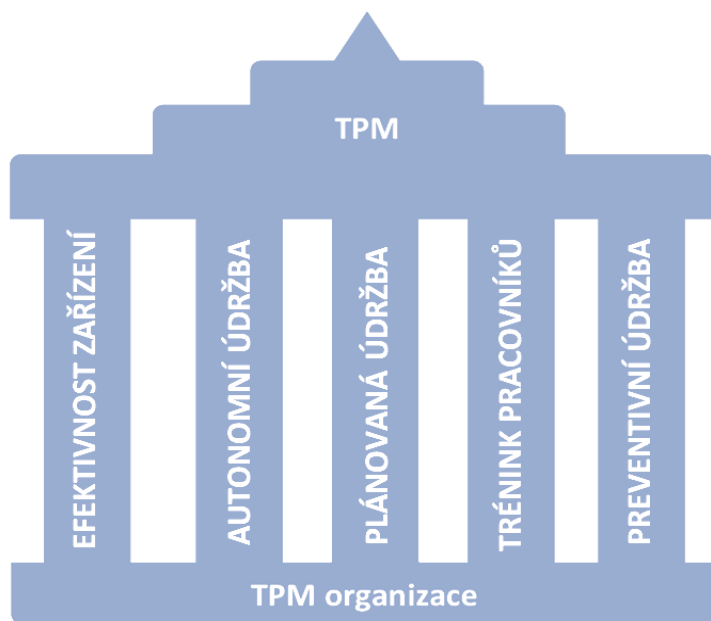
### 4.3 Základní části TPM

V nejpodstatnějším smyslu má metoda TPM za úkol odstranit ztráty a tím maximalizovat celkovou efektivnost zařízení. Ve výrobě se ztráty dělí na následující tři skupiny: [20]

- Opotřeбенí strojních součástí ve formě tření, únavového opotřeбенí, teploty, tlaku nebo zlomů tvoří 25% ztrát při výrobě.
- Vyšší část, a to 33% ztrát tvoří nesprávné chování, ztráta motivace, neodbornost nebo neznalost, nedostatečné zaškolení nebo bezmyšlenkovost způsobená člověkem.
- Nejvyšší část ztrát, 42% tvoří znečištění strojního zařízení a samotného pracoviště, a to prachem, třískami, olejem, mazivem, zalepením, kyselostí nebo zásadovostí.

Organizace TPM se dá znázornit jako dům, jehož pilíře tvoří následujících 5 bodů, což je znázorněno i na obr. 14: [20]

- efektivnost zařízení,
- autonomní údržba,
- plánovaná údržba,
- trénink pracovníků,
- preventivní údržba.



Obr. 14) Dům TPM – základní schéma TPM organizace

TPM je důležitý výrobní program světové úrovně, který byl představen během tzv. revoluce kvality. Snaží se maximalizovat efektivitu zařízení po celou dobu jeho životnosti a udržovat jej v optimálním stavu tak, aby se zabránilo neočekávaným poruchám, ztrátám rychlosti a kvalitativním poruchám způsobených procesními činnostmi. Existují tři hlavní cíle TPM, a to nulový počet poruch, nulová nehodovost a nulový počet prostojů.

Nakajima naznačuje, že zařízení by mělo být provozováno na 100% kapacitě 100% času. Výhody vyplývající z TPM lze rozdělit do šesti kategorií: produktivita (P - productivity), kvalita (Q - quality), cena (C - cost), dodávka (D - delivery), bezpečnost (S - safety) a morálka (M - morale).

Iniciativy metody TPM se zaměřují na dosažení bezpečnosti, využití aktiv, výrobní kapacity bez dodatečných investic do nových zařízení a lidských zdrojů, které snižují náklady na údržbu zařízení a zlepšují dostupnost stroje. Celková angažovanost zaměstnanců, samostatná údržba ze strany provozovatelů, aktivity malých skupin ke zlepšení spolehlivosti, udržitelnosti, produktivity a neustálého zlepšování (Kaizen) jsou principy, jimiž se TPM zabývá. [19]

#### 4.4 CEZ, nebo celková efektivita zařízení

Celková efektivita zařízení (CEZ) je koeficient, pomocí kterého jsme schopni vyjádřit produktivitu neboli efektivitu zařízení.

TPM využívá CEZ jako základní kvantitativní jednotku pro měření výkonnosti výrobního systému. Opatření CEZ má zásadní význam pro formulaci a realizaci strategie při zlepšování TPM.

Při výpočtu hodnoty koeficientu CEZ se předpokládá přehlednost a jednoduchost výpočtu pro nejrychlejší získání výsledků. Pro měření celkové efektivity zařízení je nezbytný pravidelný sběr dat, který může probíhat manuálně pomocí formuláře, kam jej obsluha zapisuje v pravidelných intervalech a následně se zpracovávají v tabulkových procesorech, nebo může probíhat poloautomatickým způsobem pomocí kódů prostojů zadávaných do určitých terminálů a následným zpracováním. Data lze také sbírat plně automatizovaným způsobem pomocí on-line propojení řízení strojů a shromažďování veškerých informací týkajících se výrobních, kvalitativních, kvantitativních a opravárenských informací v nějakém ERP systému (např. SAP). Sběr těchto dat, jejich následné vyhodnocování, vizualizace získaných údajů a vytvořená nápravná opatření vedou ke zvýšení produktivity zařízení. V průběhu sledování těchto údajů je vhodnější zaměřit se na zvyšování CEZ na zařízeních, kde se pravidelně vyskytuje nějaká vada, či na zařízeních, která mají vyšší variabilitu v procesech. [20]

##### 4.4.1 Struktura koeficientu CEZ

Hodnotu koeficientu CEZ ovlivňují různé parametry, jedním z nich jsou negativní vlivy, které se identifikují během provozu zařízení. V následující tab. 2 je znázorněn vztah těchto negativních vlivů s jednotlivými aspekty koeficientu CEZ. [21]

Tab 2) Negativní vlivy na CEZ [21]

CEZ	Dostupnost	X	Výkonnost	X	Kvalita
Negativní vlivy	Ztráty času		Výpadky výkonnosti		Nekvalita
	přestavení a seřízení		krátké přerušení		vícepráce
	výměna náradí		chod naprázdno		zmetky
	výpadky po poruše		rozdíl mezi skutečnou a teoretickou rychlostí		ztráty v důsledku náběhu
	organizační prostoje				

Při skutečném výpočtu koeficientu CEZ je potřeba určit dílčí součinitele, které nám určují právě dostupnost, výkonnost a kvalitu.

TPM má na světové úrovni standardy 90% dostupnosti, 95% výkonnosti a 99% kvality dílů. Celkově je za světovou třídu a referenční hodnotu pro podniky považováno CEZ rovno 85%.

Druhy ztrát s největším vlivem na koeficient CEZ zobrazuje tab. 3. Je zde uveden celkový přehled šesti velkých ztrát, které razantně ovlivňují produktivitu a celkovou efektivitu zařízení. [20]

Tab 3) Přehled 6 největších ztrát [21]

A	Plánovaný čas provozu		Plánované prostoje	
B	Skutečný čas provozu		Neplánované prostoje	→ Výpadky zařízení Seřízení a nastavení
C	Plánovaná výkonnost			
D	Skutečná výkonnost	Ztráty rychlosti		→ Nečinnost, běh na prázdko Snížená rychlost
E	Plánovaná kvalita			
F	Skutečná kvalita	Ztráty kvality		→ Ztráty nekvalitou Ztráty rozběhem

#### 4.4.2 Výpočet koeficientu CEZ

Celková efektivnost zařízení se vypočítá dle vzorce 1. Dílčí výpočty jsou uvedeny níže: [21]

$$CEZ = D \times V \times K \quad (1)$$

##### Dostupnost:

Dostupnost (v některé literatuře označováno jako pohotovost) vypoví o podílu pracovní doby, kdy zařízení vyrábí produkt. Pro výpočet dostupnosti je určena následující rovnice:

$$D = \frac{\text{plánovaný čas provozu} - (\text{plánované} + \text{neplánované prostoje})}{\text{plánovaný čas provozu} - \text{plánované prostoje}} [-] \quad (2)$$

##### Výkonnost:

Výkonnostní součinitel kvantifikuje vliv neplnění výkonových norem při výrobě. Pro výpočet je používán skutečný čas provozu bez plánovaných a neplánovaných prostožů dle následné rovnice:

$$V = \frac{\text{plánovaný čas provozu na jeden kus} \times \text{celk. počet vyrobených kusů}}{\text{plánovaný čas provozu} - (\text{plánované} + \text{neplánované prostoje})} [-] \quad (3)$$

##### Kvalita:

Součinitel kvality udává poměr počtu kvalitních a počtu celkových (kvalitních a nekvalitních, dílů) a vypočítá se podle následující rovnice:

$$K = \frac{\text{celkový počet vyrobených dílů} - \text{zmetky}}{\text{celkový počet vyrobených dílů}} [-] \quad (4)$$

#### 4.5 Autonomní údržba

Cílem autonomní údržby je především provádění těch nejzákladnějších údržbářských činností obsluhou stroje. Obsluha stroje je v tomto případě primárním údržbářem, jehož cílem je zachovat stroj ve funkčním a provozuschopném stavu a prodloužit jeho životnost. Právě obsluha má klíčovou roli v předvídání poruch a je zodpovědná za jejich včasné nahlášení. [16]

Tyto údržbářské úkoly nejsou často intuitivní, proto je potřeba obsluhující personál stroje, kterému je povoleno vykonání autonomní údržby, zaškolen a periodicky ověřovat jeho

znalosti. Obsluha musí mít podrobnější znalosti o stroji, se kterým pracuje, a to pro včasnou a efektivnější identifikaci a odstranění těchto poruch. [16]

Mezi tyto úkoly patří například následující: [16,22]

- čištění strojů a jejich okolí,
- zabraňování vzniku přebytkového znečištění na pracovišti,
- mazání potřebných součástí stroje,
- vytváření nebo spoluúčast na tvorbě čistících plánů a instrukcí,
- vytváření nebo spoluúčast na tvorbě mazacích plánů a instrukcí,
- vykonání jednoduchých oprav,
- monitorování a určování zdrojů poruch,
- spolupráce s údržbářským personálem.

Znalosti a vědomosti obsluhujícího personálu zařízení pro vykonání autonomní údržby jsou kritické především kvůli zabezpečení odborné údržby. Čím více znalostí obsluha o stroji má, tím lépe se o něj může starat a tím má k němu lepší vztah. [16]

Během zavádění autonomní údržby se následuje 7 kroků ve třech blocích, které jsou znázorněny na obr. 15.



Obr. 15) 7 kroků zavádění autonomní údržby [22]

## 4.6 Plánovaná údržba

Pod pojmem plánovaná údržba se rozumí prediktivní, nebo preventivní údržba vykonávaná odborným technikem údržby. Tyto úkony zahrnují preventivní inspekce pro zjištění aktuálního stavu strojního zařízení, dle kterých může být vyvolána preventivní údržba, jejímž účelem je zachovat strojní zařízení v provozuschopném stavu a odstranit možné nežádoucí vlivy, které by mohly způsobit poruchu. [16]

### 4.6.1 Preventivní údržba

Cílem preventivní údržby je sestavení programu pro optimální péči o strojní zařízení s cílem zachování jeho funkčního stavu podle předem stanoveného časového plánu. V širším pojetí jde o systematické předcházení a odstraňování možných příčin způsobujících poruchy a sestavení plánu pro vykonání těchto úkonů a následné opatření v případě nálezu takových příčin. [16]



Při zavádění preventivní údržby se musí provést následující analýzy: [16]

- výběr zařízení, na kterých se bude aplikovat systém preventivní údržby,
- určení údržbářských úkonů v rámci preventivní údržby specifických pro daný stroj,
- určení časové pravidelnosti těchto úkonů specificky pro daný stroj,
- plánování preventivních údržbářských úkonů z hlediska minimalizace prostojů,
- tvorba a řízení záznamů vykonaných preventivních údržbářských úkonů a související dokumentace.

#### 4.6.2 Prediktivní údržba

Pod pojmem prediktivní údržba rozumíme strategickou údržbu především spojenou s technickou diagnostikou, ze které získané data jsou podkladem pro vyvolání údržby. U prediktivní údržby se diagnostika provádí bez nutnosti plánovaného prostoje zařízení, využívají se moderní technologie diagnostiky jako je vibrodiagnostika, termodiagnostika, tribodiagnostika nebo zobrazení pomocí videa.

Prostřednictvím dat získaných z diagnostických aparátů, mohou specializovaní odborníci odhalit poruchu nebo její potenciální příčinu již v rané fázi a doporučit ty nejefektivnější cílené opatření na její odstranění. Tím mohou zabránit poškození zařízení, předejít neplánovaným, popřípadě i plánovaným prostojům a prodloužit životnost zařízení.

Prediktivní údržba je efektivnější než klasická preventivní údržba hlavně kvůli tomu, že není prováděná v pevně stanovených intervalech, ale podle skutečného a diagnostikou odhaleného stavu. Z tohoto důvodu je i méně finančně náročná. [16, 23]

Hlavní úkoly prediktivní údržby jsou následující: [16, 23]

- ověření provozuschopnosti strojního zařízení nebo jeho části,
- identifikace působiště a příčiny poruchy strojního zařízení,
- prognóza provozuschopnosti, odhad životnosti součástek.

Jednou z hlavních diagnostických metod je termodiagnostika. Cílem této metody je identifikace vyšší teploty, která nám vypoví o nadměrném zatížení, o možných potenciálních příčinách poruch nebo o nekonformním chování stroje. Provádění pravidelné termodiagnostiky na strojních zařízeních snižuje výrobní a provozní ztráty, zvyšuje životnost strojního zařízení a také zvyšuje jeho spolehlivost. Pomocí této metody je možné závadu odhalit na strojním zařízení již v rané fázi a tím předejít nežádoucímu poškození. [24, 25, 26]

Další metodou diagnostiky, zejména v oblasti výroby, kde je potřeba vysoká přesnost a pohotovost, je vibrodiagnostika. Vibrodiagnostika je nedestruktivní a bezdemontážní kontrola stavu strojního zařízení, s hlavním důrazem na rotační stroje, při využití strojem generovaných vibrací jako zdroj informací pro odhad technického stavu strojního zařízení. Obvykle se pomocí této metody vyhledávají informace o vibračním stavu stroje nebo o příčinách vzniku vibrací, nevyváženosti, nevhodného ustavení či stavu ložisek. [27]

Třetí, ale velice důležitou metodou diagnostiky pro určení technického stavu zařízení a maziv, je tribodiagnostika. Tato relativně samostatná vědní disciplína využívá informace získané z analýzy maziva k odhadu technického stavu sledovaného zařízení a vlastního maziva. Důležitá je zejména kvůli tomu, že až 30% vyrobené energie je zkonsumováno ztrátami způsobenými nesprávnou aplikací tribologických zásad, kde podíl ložisek na těchto ztrátách činí až 50%. Až 80% strojů je vyřazeno z provozu v důsledku škod způsobených

opotřebením, kterému by se dalo předejít při správné aplikaci tribologických zásad, které zvyšují spolehlivost, životnost a vyšší využití technických provozních parametrů. [28]

#### 4.7 Trénink pracovníků

Základním cílem TPM je jak změna organizace, tak i změna myšlení pracovníků. Metoda TPM potřebuje podporu každého pracovníka firmy, aby byla zavedena efektivně. Obsluha stroje postupně přebírá úkoly autonomní údržby, účastní se tréninků a učí se individuálně vyhodnocovat situace vyžadující zásah údržby. Zapojuje se do přestavby stroje a může svými vlastními zlepšovacími návrhy zdokonalit a zlepšit chod stroje.

Během tohoto tréninku získají pracovníci, hlavně obsluha strojů, více podrobný přehled o technické struktuře stroje a také podrobnější přehled o možných poruchách a rizicích souvisejících s provozem strojního zařízení.

Odborní technici oddělení údržby se na druhé straně zapojují do vyhodnocování rizik a poruchovosti strojů, podílí se na administraci a na základních analýzách zkoumajících možné poruchy a možnosti jejich odstranění. [16, 18]

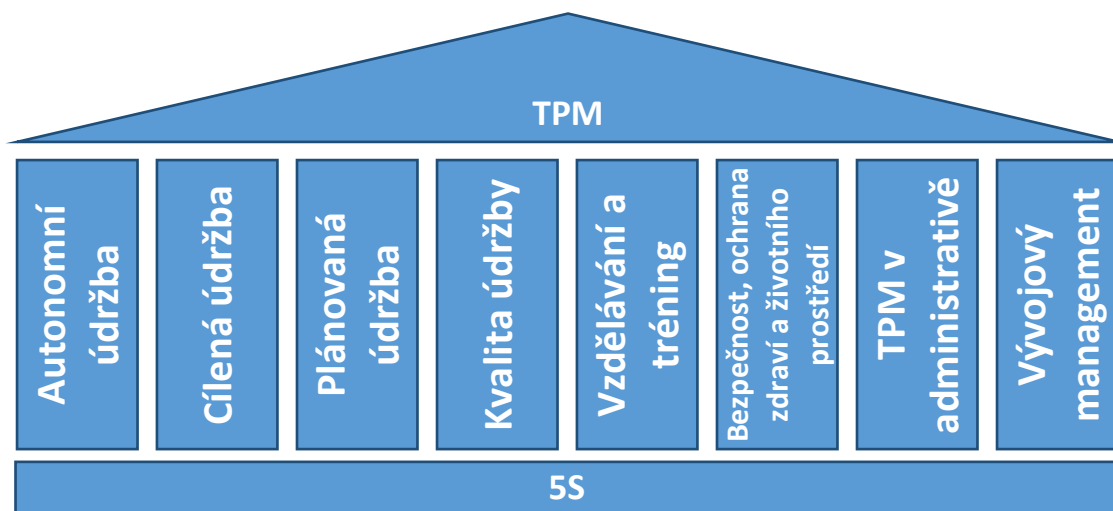
Do hlavní kapitoly tréninku zaměstnanců patří: [20]

- základy TPM,
- nástroje TPM,
- autonomní a plánovaná údržba,
- zlepšení komunikace,
- rozšíření znalosti výroby.

#### 4.8 Rozšířený TPM

Současná potřeba snižování nákladů, zvýšení kvality a výkonnosti a vlastně celé zefektivnění výroby, požaduje nové a více specializované přístupy pro dosažení těchto cílů. Nové požadavky způsobují i změny ve struktuře TPM.

Zde se metoda 5S stala základem pro TPM strukturu podniku, její působení se rozšířilo tak, že i vedení musí vykázat v tomto směru zlepšení, dále se už v rámci TPM počítá i s bezpečností a životním prostředím. Nový „dům TPM“ je znázorněn na obr. 16. [19]



Obr. 16) Nový dům TPM [19]

## 4.9 Postup implementace TPM

Postup implementace TPM je v každé organizaci různý, ale dá se předpokládat určité tempo, kterým se dají dosáhnout jednotlivé kroky zavádění. Celou implementaci systému TPM lze rozdělit na 2 fáze. První je tzv. preparační fáze, druhou je samostatná implementace a neustálé zlepšování. Jednotlivé fáze implementace zahrnují následující kroky: [20, 21]

Preparační fáze (průměrně trvá 3 až 6 měsíců): [20,21]

- 1) Informování managementu o možnostech implementace TPM v podniku: Jako nejdůležitější krok při implementaci TPM je souhlas vedení a jeho podílení se na dosažení cílů.
- 2) Zabezpečení potřebných informací a vzdělávání o TPM procesech: Je potřeba vzdělávání a získání nutných vědomostí o problematice a o možnostech řešení v rámci TPM.
- 3) Jmenování projektového týmu TPM a návrh pilotního projektu: Po získání souhlasu od managementu je potřeba určit tým, který bude zodpovědný za úspěšnou realizaci projektu. Ve většině podniků je tento tým tvořen jedním hlavním projektovým manažerem a dalšími členy z každého oddělení.
- 4) Analýza současného stavu a určení cílů TPM: Je potřeba udělat hloubkovou analýzu celého podniku, identifikovat hlavní zdroje ztrát a určit cílové hodnoty pro projekt.
- 5) Akční plán implementace TPM: Vytvoření detailní časové osy pro určité kroky během realizace projektu, vytvoření struktury výkonných týmů TPM, začátek propagace v celém podniku.

Začátek zavádění TPM a neustálé zlepšování (toto období převážně trvá 1 až 3 roky): [20,21]

- 6) Rozdělení úkolů údržby: Prvním krokem při zavádění je zaškolení obsluhy strojů na vykonávání menších údržbářských úkolů a tím zabezpečit zodpovědnost obsluhy a specialistů údržby při vykonávání údržbářských úkolů. Jde zde vlastně o zavádění základní filozofie TPM.
- 7) Zajištění „inovačního přístupu“ a aktivit pro nové zařízení: Metodu TPM je potřeba aplikovat v celém podniku a proto je důležité brát v úvahu nové technologie, zařízení a stroje, u kterých je potřeba včasné vykonat počáteční analýzu a předešlé kroky pro zabezpečení bezproblémového chodu.
- 8) Plánování aktivit s cílem eliminace neshodných dílů a nulových prostojů: Je potřeba zavedení cílů s důrazem na maximální kvalitu, minimální zmetkovitost, minimální odpady a dosažení plné pohotovosti strojů tak, jak toho lze legislativně dosáhnout.
- 9) Zavádění „logistického“ přístupu údržby: Je potřeba zvážit potřebné prostředky a závažnost prostojů jednotlivých zařízení a řídit potřeby nákupu a skladování náhradních dílů, s hlavním důrazem na kritické náhradní díly, dle potřeb k dosažení nulových prostojů a finančně vyvážených skladových zásob.
- 10) Implementace 5S v technické dokumentaci a administrativě: Dalším důležitým faktorem při implementaci TPM je minimalizace údajů a dat na množství nezbytné potřebné pro vykonání pracovních a údržbářských úkonů.
- 11) Zavedení procesního přístupu: Jádrem každé pracovní činnosti jsou procesy, dle kterých jsou úkoly vykonávány. Každý úkol nějakým způsobem souvisí s oblastí kvality, bezpečnosti, ochrany zdraví a životního prostředí s cílem eliminace úrazů,

maximální bezpečnosti a nulové zmetkovitosti, které lze dosáhnout již na úrovni procesů.

- 12) Stabilizace implementace TPM: Stabilní TPM v podniku se dá dosáhnout neustálým zlepšováním pomocí zabezpečení nepřetržitého procesu dle modelu PDCA (naplánuj-proved-ověř-jednej).

#### **4.10 Omyly v zavádění TPM z praxe**

Aplikace různých metod v praxi a teorii se liší i z hlediska rozlišnosti struktury organizací, ve kterých je určitá metoda zaváděna. Na druhou stranu se mnoho firem snaží aplikovat tyto metody jen z důvodu rozhodnutí vedení a tím je vlastně i samotný projektový tým „nucen“ k zavedení. [29]

V první řadě, pro úspěšnou implementaci TPM je nutná ochota změny a zlepšování se v různých oblastech. Pokud tato vůle chybí jak ze strany managementu, implementačního týmu TPM, tak i ze strany personálu výroby, je zavádění TPM v podniku ohroženo různými faktory a celkové pochopení metody vede k omylům. [29]

Prvním takovým omylem bývá pochybnost vhodnosti metody TPM, kde se argumentuje většinou tím, že TPM je především vhodná do sériové výroby a nepasuje na obor podniku. V tomto případě je důležité si ujasnit základní koncept metody TPM, což napoví o tom, že TPM se využívá v praxi bez ohledu na typ výroby, obor nebo druh výrobku. [29]

Dalším argumentem proti zavádění TPM je vytýkání časové náročnosti metody a zdůraznění nepotřeby v přítomnosti kvalifikovaného odborného personálu údržby. V tomto případě je právě opak pravdou, protože když se provádí aktivity TPM, tak to je na úkor ztrátových časů, tím právě ušetříme čas i finance. Z hlediska odborného personálu je zase plýtváním jejich schopností využít je jako náhradu za chybějící organizovanost a pořádek. Zaměstnat odborníka a platit za něco, co může provést i pracovník obsluhující stroj, který je již zaplacen, je plýtvání s finančními prostředky. [29]

V neposlední řadě, bývá dalším důvodem proti zavádění TPM nepochopení frází jako plnění úkolů a plánované ztráty v souvislosti se šetřením a zlepšením. V praxi se často myslí, že když se plní plánované úkoly a zakázky, tak v tom případě žádné ztráty nevznikají. Ve skutečnosti plnění těchto cílů norem nic nevyovídá o ztrátách, protože vychází ze stávajících výrobních fondů, kde na druhé straně hodnocení ztrát časů vychází ze skutečných údajů získaných v reálném provozu. Plánované ztráty se považují za neutrální děj, se kterými se počítá, a proto se předpokládá, že nemají finanční vliv. Tím, že se ztrátou při plánování výroby počítá, neznamená, že není ztrátou i finanční. Často se nepočítá s rezervou strojů, které zůstanou nevyužité při plnění normových cílů. [29]

V poslední řadě se uvádí finanční a časová náročnost zavádění metody TPM na úkor výrobních činností, které jsou na prvním místě. Když se nenajdou peníze a čas na vykonání preventivních a efektivních úkolů TPM, kde platí, že prevence je řádově levnější, tak v důsledku náhlého problému může nastat nefunkčnost strojního zařízení. Tím pádem se nespotebované finance a čas použijí do okamžitého odstranění problémů, tzv. „hašení“ problémů. [29]

## 4.11 Další nástroje využívané v rámci TPM

Metoda TPM je v rámci jeho působení odkázána na pomoc dalších specializovaných nástrojů pro řízení, analýzu nebo odstranění nežádoucích vlivů.

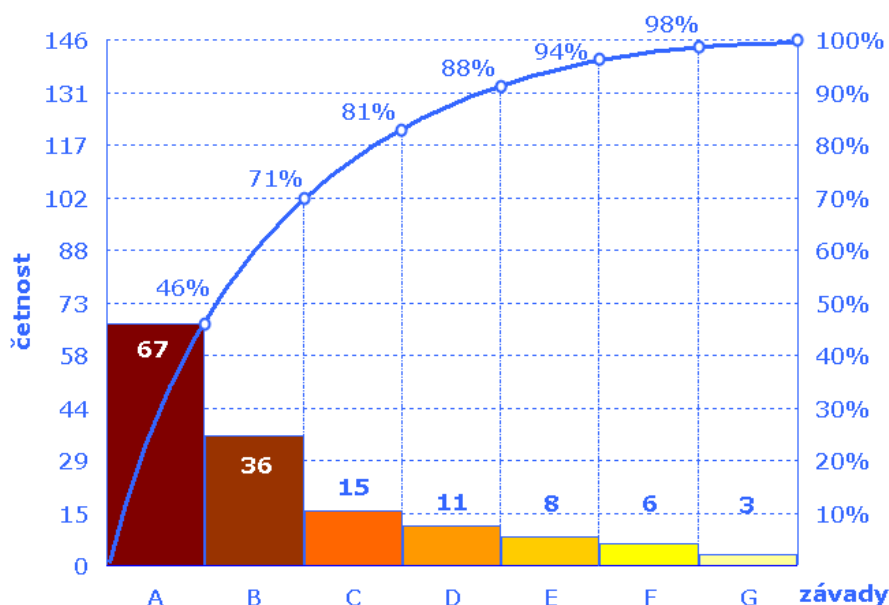
### 4.11.1 Paretova analýza

Paretova analýza, také známá jako pravidlo 80/20, byla pojmenována po italském ekonomovi Vilfrédu Paretovi. Dle této analýzy bylo zjištěno, že 80% bohatství Itálie patří jen 20% občanům státu. [30]

Na základě těchto poznatků, je tato metoda využita na stanovení priorit a odstraňování hlavních problémů firem. Podle něj platí analogie, že 80% následků je způsobeno 20% příčin, ale řešení se soustředí na odstranění právě těch 20% problémů. [30]

Realizace Paretovy analýzy je provedena pomocí následujících 7 kroků: [30]

1. Určení místa analýzy: Určení oblastí, kde chceme zasáhnout a zvýšit efektivitu nebo zisk procesu nebo činnosti, např. administrativy, nekonformity ve výrobě, reklamací apod.
2. Získání dat: Data pro vyhodnocení pomocí analýzy se zapíší do tabulek.
3. Uspořádání dat: Pro provedení analýzy je potřeba data seřadit dle největší četnosti, váhy nebo nejvyššího počtu výskytu, vždy od nejvyšší hodnoty až po nejmenší.
4. Lorenzova křivka: Křivka je tvořena kumulativně sečtenými hodnotami u jednotlivých dat, následně vyneseny do grafu.
5. Určení rozhodovacího kritéria: Určí se poměr dle Paretova pravidla 80/20 nebo se zvolí jiný poměr na základě požadavků.
6. Identifikace příčin: Z pravé strany grafu, se dle našeho zvoleného procentuálního poměru, vynesou vodorovná čára na Lorenzovu křivku sestavenou z nasbíraných dat. V místě, kde vodorovná přímka protne křivku, se spustí svislá čára, která na ose x oddělí hlavní příčiny od těch méně důležitých.
7. Určení nápravných opatření: Pro hlavní příčiny se stanoví nápravná opatření.



Obr. 17) Příklad Paretova diagramu [31]

#### 4.11.2 Metoda 5S

Metoda 5S vznikla stejně jako metoda TPM v Japonsku. Tento termín je používán v různých odvětvích a je základním kamenem více metod štíhlého řízení (Lean Management). Metoda 5S, jak je zřejmé i z jejího názvu, zahrnuje 5 základních pravidel, dle kterých by se měla řídit a dodržovat ji každá taková organizace, která usiluje o transparentní, štíhlou a čistou výrobu. [32]

Vlastní označení 5S je sestaveno z pěti japonských slov začínajících na S, což je uvedeno v tab. 4: [32]

Tab 4) Jednotlivé body 5S v japonštině, angličtině a češtině [32]

	Japonsky	Anglicky	Česky
1.	SEIRI	SORT	Třídění na pracovišti
2.	SEITON	SET IN ORDER	Uspořádání
3.	SEISO	SHINE	Čistota
4.	SEIKETSU	STANDARDIZE	Standardizace
5.	SHITSUKE	SUSTAIN	Udržování a disciplína

Ke každému bodu patří určitá činnost, která společně s neustálým zlepšováním, tvoří cyklus metody 5S: [32]

1. SEIRI: Nejprve se označí potřebné a nepotřebné věci, nářadí a přípravky, následně se ty nepotřebné odstraní z pracoviště. Totéž se provede i s dokumentací. V ideálním případě se jednou měsíčně zkontrolují zásady dodržování tohoto bodu.
2. SEITON: Uspořádají se věci na základě četnosti používání tak, že věci používané každodenně se umístí blíže než věci potřebné jen zřídka. Určí se jejich umístění na základě různých faktorů (citlivost na vlhkost, teplotu, světlo, atd.) a označí se.
3. SEISO: Významem slova je čistota a „lesk“. Dbá se na čistotu a pořádek na pracovišti a v jeho blízkém okolí, pro zabezpečení optimálního a ergonomického pracovního prostředí. Stanoví se odpovědnosti za úklid a čistotu na pracovištích, ideálně se každý pracovník zúčastní svou činností v udržování pořádku a čistoty. Umístění nekonformních výrobků a odpadu je rovněž určeno a umístěno v blízkosti pracoviště, pro snížení času souvisejícího s neproduktivní manipulací.
4. SEIKETSU: Po uspořádání se vytvoří standard skrz celou organizaci, z důvodu naučení se těchto pravidel pomocí tzv. vizuálního managementu (označení míst pro věci, instruktáž pomocí obrázků, atd.) a pro snadnější kontrolu a neustálé zlepšování organizace práce. Hraje zde významnou roli i upravenost pracovníků (vhodné a čisté pracovní oblečení, bezpečnostní obuv, atd.) a jejich hygiena. Jde o komplexní zlepšení pracovního prostředí kvůli rychlejší, kvalitnější a efektivnější výrobě.
5. SHITSUKE: Je hlavním závěrečným úkolem 5S pro dodržení těchto pravidel a disciplínu skrz celou organizaci. Stejně jako při metodě TPM, i tady musí jít vedoucí pracovníci příkladem. Musí se zabezpečit opakované školení, aby se

metoda stala nedílnou součástí organizace podniku a vhodným návykem pracovníků.

#### 4.11.3 SMED analýza

Metoda rychlé výměny nástroje (Single Minute Exchange of Die) slouží pro zefektivnění těchto operací a eliminaci zbytečných kroků.

Metoda SMED disponuje obvykle dvěma hlavními cíli: [33]

- Prvním cílem je snížit čas přenastavení na stroji a tím získat část jeho kapacity, která je obvykle ztracena zdlouhavým přenastavením. Vhodné je to zejména v případě, kdy je chod stroje kritický pro výrobu.
- Dalším cílem je pokud možno co nejrychlejší přechod z jednoho typu výrobku na další typ, a tím zvětšení výrobního času a umožnění výroby v malých dávkách, což znamená dosažení větší pružnosti, kratší průběžné doby výroby a nižší rozpracovanosti výroby.

Čas pro seřízení výrobního stroje (čas přenastavení) je časový interval potřebný od ukončení výroby posledního kusu jednoho typu výrobku, přes výměnu nástrojů, nastavení a doladění procesních parametrů, výrobu zkušebních kusů, popřípadě opakované doladění a nastavení, až po výrobu prvního konformního kusu. [33]

K aplikaci metody SMED na strojním zařízení je nejdřív potřeba provést důkladnou analýzu jednotlivých kroků, které jsou nezbytné pro výměnu nástroje. SMED se ve firmách aplikuje především ze dvou důvodů. Jedním je potřeba razantního snížení výrobních dávek, druhým je identifikace velkých kapacitních ztrát na zařízeních, které jsou způsobeny právě přenastavením. Tyto ztráty časů seřízením a přenastavením lze snížit pomocí standardizace postupu přenastavení, regulérním tréninkem pracovníků a speciálními pomůckami. [33]

Redukce času potřebného na seřízení se řídí podle následujících tří bodů: [33]

1. Prvním krokem je rozdělení práce seřízení na tzv. interní seřízení a externí seřízení. Pod pojmem interní seřízení se rozumí činnost, která se musí provádět při vypnutém stroji. Externím seřízením se rozumí činnost, kterou je možné vykonat i během provozu stroje, a tím neomezovat výrobu. V praxi již bylo zjištěno, že činnosti, které se mohou provádět i za chodu stroje, tzv. externí, snižují čas seřizování prováděný během nečinnosti stroje, tzv. interní, až o 50%.
2. Dalším krokem je postupné snižování času pro seřízení při vypnutém stroji tím, že čím dál tím víc seřizování bude probíhat za chodu stroje. Toho může být docíleno např. předem vykonanými činnostmi nastavení, přípravou pracoviště nebo pomocí dalšího pracovníka.
3. Třetím a posledním krokem je zlepšení a redukce obou typů seřízení a doby potřebné na vykonání seřízení, což se dá vyřešit zlepšením organizací pracoviště (5S) a také eliminací procesu nastavení rozměrů a polohy, která činí velký podíl z celkového času seřízení. Eliminace procesu nastavení rozměrů a polohy je obvykle těžké odstranit.





## 5 REALIZACE TPM V NITTO DENKO CZECH

Současný automobilový průmysl požaduje vysokou úroveň kvality, přesnosti, bezpečnosti a dodržování dodacích lhůt od svých zákazníků. Společnost Nitto Denko Czech s. r. o., která patří mezi nejvýznamnější dodavatele karosářských doplňků pro největší automobilové výrobce v Evropě, se aktivně snaží tyto požadavky plnit.

### 5.1 Základní údaje a historie společnosti Nitto Denko Czech s. r. o.

Mateřská společnost Nitto Denko Corporation je globálním průkopníkem nejmodernějších technologií a předním japonským výrobcem diverzifikovaných materiálů. Společnost byla založena v roce 1918 pro výrobu elektrických izolačních materiálů. Od svého založení se Nitto rozrostla a stala se lídrem v energetických surovinách, průmyslových lepicích a aplikačních páskách, optických řešeních a v elektrotechnických komponentech.

Globální zastoupení korporátu Nitto je velmi různorodé, a je tudíž těžké vyjmenovat veškeré oblasti jeho působení. Nejvýznamnějšími oblastmi jsou materiálový průmysl, obalový průmysl (výroba folií a lepicích pásek), automobilový a dopravní průmysl, elektrotechnický průmysl (výroba displejů) a zdravotnictví. Podle aktuálních dat, Nitto Denko Corporation disponuje více než 32000 zaměstnanci ve více než 100 pobočkách po celém světě.

Nitto Denko Czech s. r. o. (dále jen NCZ), se sídlem v Brně, je zapsána v obchodním rejstříku jako společnost s ručením omezeným. Pohled na firmu je znázorněn na obr. 18. NCZ byla založena v roce 2007 a patřila pod přímou mateřskou společnost Nitto Denko Japan. Hlavním výrobním programem firmy byla výroba optických filmů, zejména polarizačních filmů pro výrobce monitorů. Vlivem krize v odvětví spotřebitelské elektroniky v roce 2013 firma snížila svoji kapacitu na minimum, čímž se razantně snížil i počet zaměstnanců. V důsledku rozhodnutí zachovat firmu, japonské vedení rozhodlo o změně oblasti působení a firma se podřadila regionální centrále.



Obr. 18) Pohled na výrobní závod v Brně

Nitto Denko Czech patří aktuálně pod regionální centrálu Nitto EMEA NV se sídlem v Belgii, pod kterou spadá ještě dalších 5 závodů a několik obchodních zastoupení v EMEA regionu (Europe, Middle East, Africa – v překladu Evropa, Blízký Východ, Afrika). Regionální centrála určuje strategický směr pro společnosti Nitto v EMAE regionu a společně zaměstnávají více než 1800 lidí.

Nitto Denko Czech má momentálně 112 zaměstnanců, z toho 72 operátorů ve výrobě a 40 hospodářsko-technických pracovníků. Hlavní aktivity závodu v České republice se soustředí na automobilový trh se zaměřením na pryžové výztužné a tlumící materiály, které dodává do celé Evropy renomovaným výrobcům automobilů. Interně se tyto materiály nazývají „NVH“ a mají za úkol snižovat a eliminovat hluk, vibrace a zvyšovat pevnost materiálů karosářských dílů používaných v automobilovém průmyslu.

## **5.2 Současná situace společnosti Nitto Denko Czech**

Aktuálně se společnost Nitto Denko Czech nachází v přechodové fázi. Firma prochází přeměnou z podpůrného výrobního závodu, kdy byl materiál pro výrobu přijímán ve formě polotovarů, na samostatný plnohodnotný závod, kdy si společnost bude tyto polotovary vyrábět sama. Výrobní závod společnosti má v České Republice jasný cíl – stát se „centrem excelence“ pro výrobu NVH materiálu, což znamená, že převezme veškerou zodpovědnost za výrobu tohoto typu materiálu v Evropě.

Přechodná fáze se týká především zavedení nového typu výroby, změny výrobních procesů a zvýšení kapacity výrobního areálu (výstavba nové budovy).

Důvodem výše zmíněných změn je zabezpečení dostatečného místa pro přebírání výroby od jiných závodů společnosti Nitto, čímž se Nitto Denko Czech stane hlavním výrobním závodem NVH materiálu v EMEA regionu.

## **5.3 Popis údržby ve společnosti Nitto Denko Czech**

Od doby založení společnosti NCZ je oddělení údržby nedílnou součástí firmy. V období, kdy společnost vyráběla pouze polarizačních filmy, nebyla ve společnosti přítomna těžká technika. V té době byla většina strojů elektronického laboratorního charakteru, kam údržba zasahovala jen v určité míře. Údržbářský tým byl složen pouze z vedoucího pracovníka údržby a dvou techniků údržby. Hlavním úkolem údržby byla převážně starost o technické zařízení budovy, elektrikářské opravy a mimořádné jednoduché opravy. Využívaná specializovaná elektronická zařízení pro optickou výrobu polarizačních filmů vyžadovala odbornou péči, kterou vykonávaly externí firmy.

V současné době (před započítáním implementace metody TPM) se oddělení údržby v NCZ skládá z manažera údržby a ze třech techniků oddělení údržby, přičemž údržba ve společnosti je soustředěná do 3 hlavních oblastí, kterými jsou:

- preventivní a prediktivní údržba výrobní linky (dále jen MPR) základního materiálu,
- preventivní a prediktivní údržba zařízení (lisů) pro konvertování (dále jen CV) základního materiálu a
- preventivní údržba budov a areálu společnosti (dále jen BA).

## **5.4 Implementace TPM ve společnosti Nitto Denko Czech**

Úvodní analýza rozsahu implementace TPM pro stávající zařízení byla provedena již v roce 2016. Na základě analýzy bylo zjištěno, že ve firmě NCZ je v určité míře zavedena pouze preventivní a prediktivní údržba hlavních strojních zařízení výrobní linky MPR a lisů CV. Tyto úkony údržby však nebyly dostatečně přesné ani dostatečně podrobné, jednalo se

spíše o kontroly než přímé zásahy. Zároveň se tyto úkony údržby využívaly jen v případě poruchy, tudíž zde nebyly téměř žádné známky plánování údržby.

Jediné prvky metody TPM byly nalezeny v podobě aplikace metody 5S. Jelikož se jedná o japonskou firmu, metoda 5S byla již dávno zavedená, tudíž vytvořila dobré zázemí pro zavádění TPM. V NCZ je metoda 5S na vysoké úrovni, je přítomna jak ve výrobě a v administrativě, tak v celém areálu společnosti NCZ. V tomto ohledu není mnoho příležitostí ke zlepšování.

#### 5.4.1 Výsledky analýzy

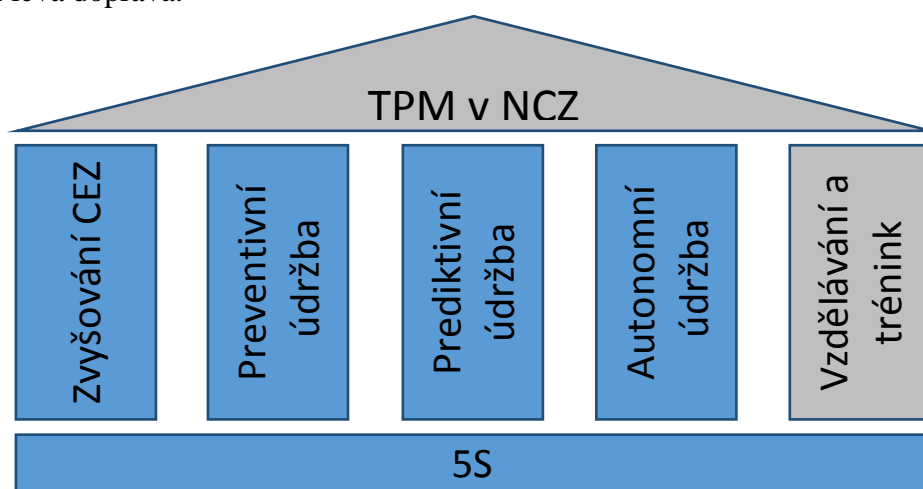
Prvky metody TPM lze pozorovat ve společnosti NCZ zatím jen částečně, a to z důvodu raní fáze implementace.

Na základě provedené analýzy byla identifikovaná úzká místa ve stávající údržbě. Hlavním cílem údržby se stalo zachování dlouhodobé funkčnosti strojních zařízení, než okamžité „hašení“ poruch.

Jak i interní bezpečnostní filozofie korporátu říká: „Dáváme nejvyšší prioritu bezpečnosti!“ – bezpečnost ve společnosti je na prvním místě. V současnosti má vedení společnosti obavy ohledně rozšíření rozsahu funkcí operátorů ve výrobě. Právě z hlediska autonomní údržby je obtížné přiřadit základní úkoly oddělení údržby do primárních denních pracovních úkolů pro operátory, a to hlavně kvůli zvyšování rizikových faktorů na pracovišti, dále z důvodu nedostatku dostatečné kvalifikace operátorů a nepřipravenosti přesného popisu těchto technicky komplikovanějších úkolů.

Dlouhodobým cílem pro společnost je implementace pěti pilířů metody TPM se zachováním základní metody 5S. Tento dlouhodobý cíl bude možno zrealizovat po vyhodnocení veškerých nově přicházejících aktivit (změn ve výrobě), spolu s již existujícími aktivitami, které jsou nezbytné pro posouzení dalšího vývoje metody TPM ve společnosti z hlediska hloubky aplikace.

Během přechodné fáze společnosti je nedostatek finančních zdrojů pro plnou implementaci metody TPM, ale již běžící aktivity TPM byly rozpracovány s částečným návrhem řešení pro určení potřebných kroků k úspěšnému zavedení pilířů metody TPM, které jsou zobrazeny na obr. 19, kde modře označené pilíře mají nejvyšší prioritu s klesající prioritou zleva doprava.



Obr. 19) Implementační plán TPM ve společnosti NCZ

### 5.4.2 Návrh nového implementačního plánu TPM

V první fázi byly pro úspěšnou aplikaci metody TPM v NCZ zvoleny tyto hlavní 4 body:

1. vytvoření projektového týmu,
2. zvyšování efektivity a dostupnosti strojních zařízení MPR a CV,
3. popis, rozdělení a standardizace údržbářských úkonů,
4. rozšíření autonomní údržby.

Nejprve byl vytvořen projektový tým, jehož složení je na obr. 20, který měl za úkol posouzení rozsahu a hloubky aplikace metody TPM.

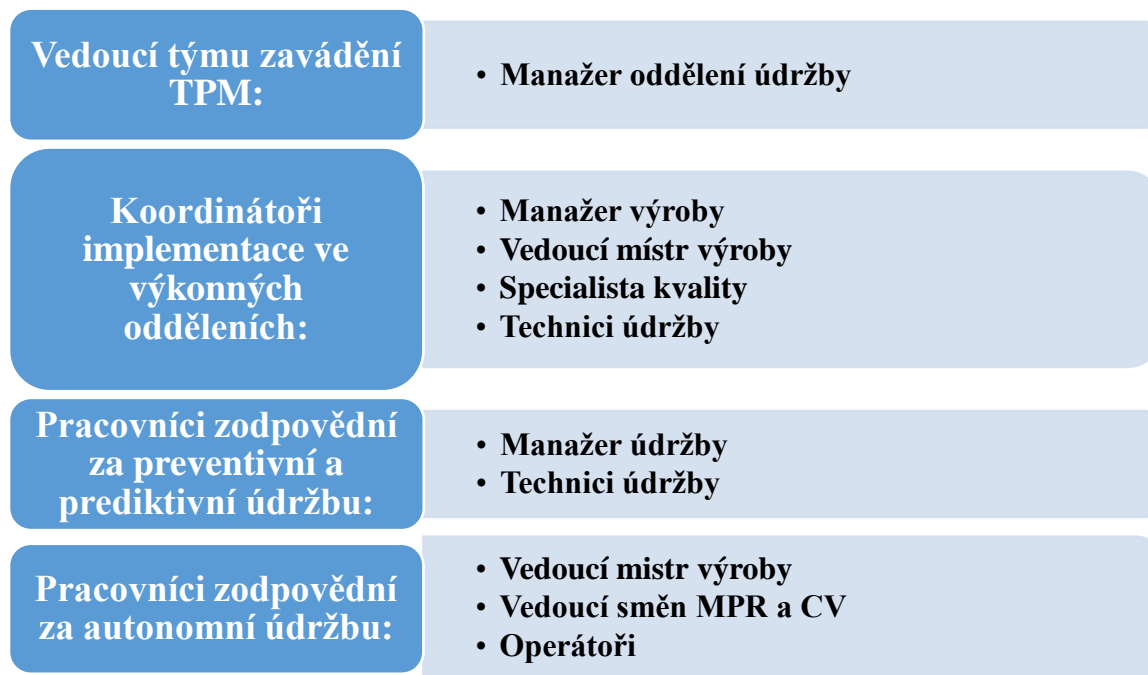
Následně došlo k sestavení plánu pro zvyšování celkové efektivity zařízení (CEZ), pomocí sledování parametrů dostupnosti zařízení, čímž je převážně hodnocena efektivita výrobní činnosti zařízení výrobní linky MPR a lisů na pracovišti CV.

Ve třetím bodě byl zvolen detailní popis údržbářských úkonů za účelem vytvoření nového seznamu pro možnost standardizace a rozšíření plánované údržby pro nově zakoupená strojní zařízení. Pod pojmem plánovaná údržba je zde myšlena preventivní a prediktivní údržba.

V posledním bodě bylo zvoleno rozšíření autonomní údržby dle poznatků čerpajících z níže zmíněného detailního seznamu údržbářských úkonů, pro vytvoření plánu rozšířených kompetencí operátorů ve výrobě s cílem zachování nejnižší rizikovosti úrazů a minimalizaci dodatečné zátěže při každodenní práci.

### 5.4.3 Sestavení projektového týmu

Sestavený projektový tým se skládá z vedoucího týmu, koordinátorů výkonných oddělení, pracovníků zodpovědných za preventivní, prediktivní a autonomní údržbu (obr. 20).



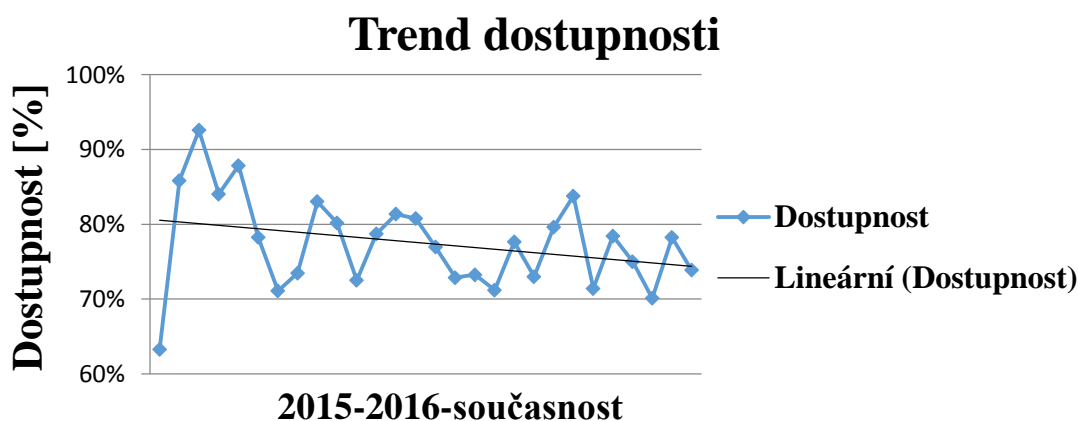
Obr. 20) Sestava projektového týmu TPM

#### 5.4.4 Plán pro zvýšení CEZ v NCZ

Ve společnosti NCZ, kvůli omezeným finančním prostředkům, nebylo zavedeno sledování CEZ v plném rozsahu. Sběr dat se zatím týká pouze dostupnosti výrobní linky MPR a výroby konvertování pomocí lisů CV, kde data zapisují vedoucí směn přímo u strojních zařízení. Ve společnosti řídí výrobu systém ERP SAP, ve kterém jsou vytvořeny výrobní zakázky, podle kterých je výroba organizována. Bohužel propojenost systému SAP a výrobních zařízení není na úrovni umožňující sběr dat přímo, elektronickou formou. Proto je potřeba vyhodnocování dostupnosti manuálně každý měsíc z posbíraných dat.

V důsledku kvality výrobního procesu, výroba na výrobní lince MPR je značně ovlivněna výrobními zakázkami základního materiálu. Jelikož společnost NCZ nevyrábí materiál na skladování, kvůli životnosti materiálu (životnost materiálu je od 3 do 6 měsíců) a kvůli omezení skladovacího prostoru, je obtížné efektivně plánovat výrobu. Dalším ovlivňujícím faktorem je rozdíl mezi výrobní kapacitou MPR a CV, kde MPR má výrazně vyšší výrobní kapacitu než lisy pro konvertování materiálu CV. Kritickým místem ve výrobním procesu NVH materiálu ve společnosti NCZ byla tedy identifikována výrobní linka základního materiálu MPR, na které závisí další výrobní krok, tj. proces vysekávání na pracovišti CV, čímž je vyroben finální produkt. Jednoduše řečeno, výrobní linka MPR vyrábí základní materiál, který je polotovarem pro lisy CV.

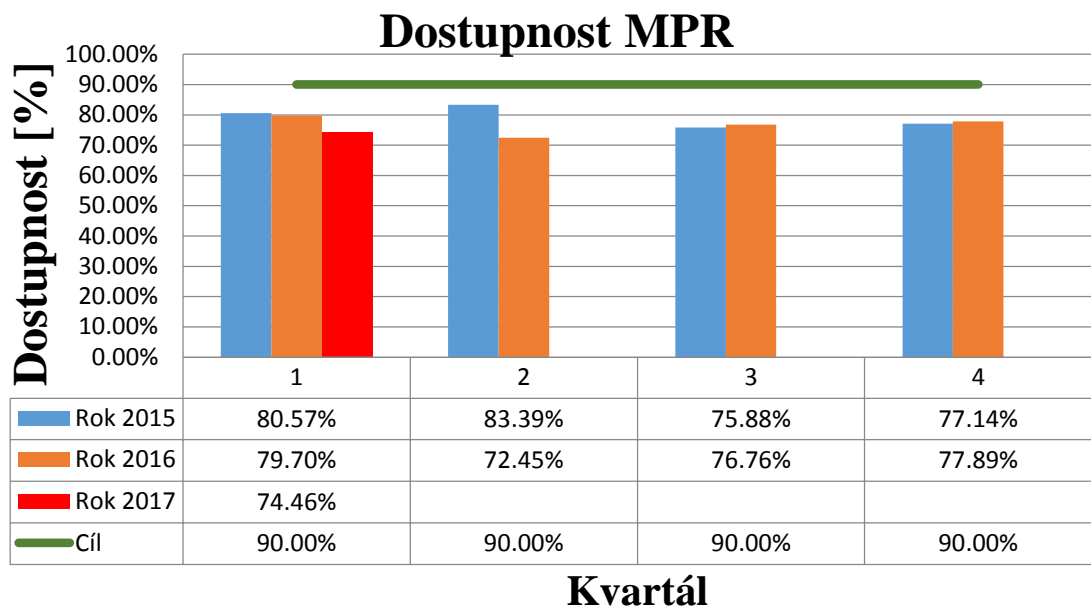
Na obr. 21 je patrný pokles dostupnosti výrobní linky základního materiálu MPR, který je ovlivněn i současným stavem přechodové fáze společnosti. Příchodem nových materiálů do výroby je potřeba pro každý typ materiálu celý stroj vyčistit (kvůli různému chemickému složení) a nový typ materiálu znovu nastavit na stroji. Jedná se o zdlouhavý proces, a tudíž se podle rozhodnutí japonského vedení musí započítat do plánovaného času výrobní linky MPR, čímž je následně ovlivněn i výpočet výrobní kapacity strojního zařízení. Tím ale celkově tato doba přechodu na jiný materiál přímo ovlivňuje dostupnost výrobní linky MPR. Graf dostupnosti linky MPR je znázorněn na obr. 22, kde je určen i dlouhodobý cíl dostupnosti 90%, který se momentálně jeví jako nedosažitelný cíl.



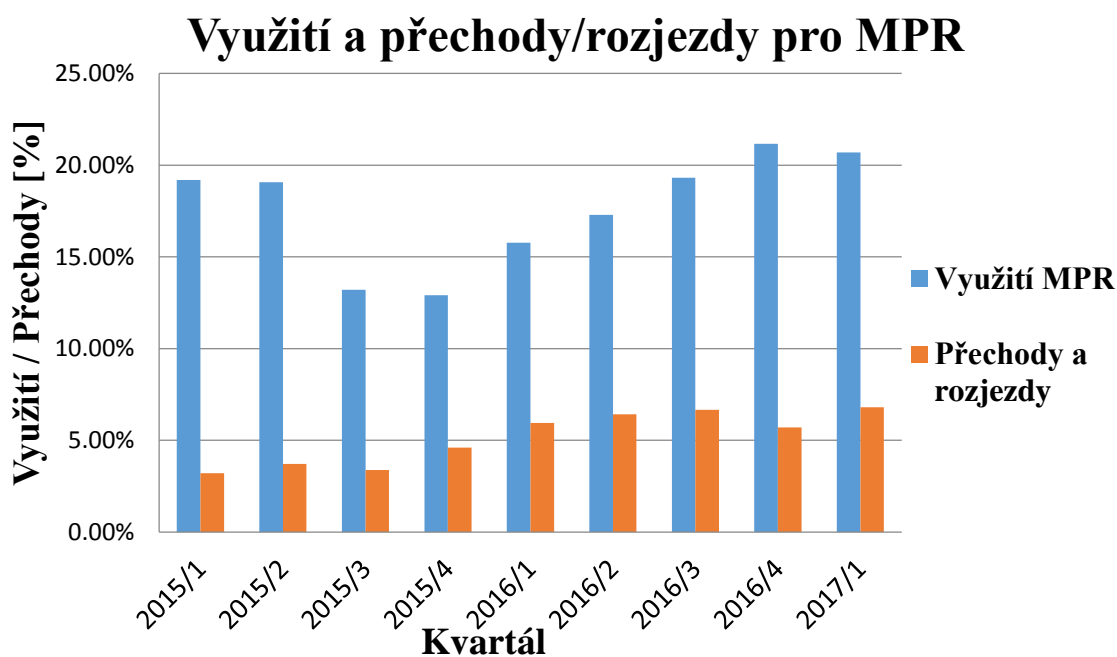
Obr. 21) Trend dostupnosti výrobní linky MPR

Jelikož výrobní linka MPR vyrábí jen v případě potřeby, strojní zařízení je často nevyužité. Častějším využíváním linky by se dal zlepšit podíl dostupnosti, ale je zbytečné provádět vyčistění linky MPR a míchacího zařízení (což zabere přibližně 1 až 1,5 směny pro obsluhující personál linky), když v tu chvíli ještě není známý typ následujícího zpracovávaného materiálu. Znázornění podílu využití a podílu přechodů/ rozjezdů výrobní linky MPR z celkového dostupného času pro výrobu je znázorněno na obr. 23. Lze si

všimnout, že využití MPR postupně roste v důsledku zvyšování objemu výroby a se zvyšujícím se počtem zakázek. Na druhou stranu lze také vidět, že se zvyšuje čas potřebný na vykonání těchto přechodů a rozjezdů nových materiálů ve stroji. Toto je způsobeno především širším rozsahem typů materiálů.



Obr. 22) Kvartální porovnání dostupnosti výrobní linky MPR



Obr. 23) Podíl využití a přechodů/rozjezdů pro MPR

Cílem společnosti po přechodné fázi je mít rozhodování, zodpovědnost a výrobu na jednom místě, jelikož momentálně část objednávek přichází přes evropskou centrálu, která často nezohledňuje zájmy českého závodu.

Řešením stávající situace je osamostatnění společnosti a přebrání odpovědnosti za plánování výroby, která se uskuteční po ukončení přechodové fáze. Tím pádem oddělení plánování výroby bude schopno seskupit a vyjednat vhodnější podmínky objednávek od zákazníka, a tím docílit co nejnižšího počtu potřebných přechodů na jiný typ materiálu. Tímto bude společnost schopna zvýšit dostupnost výrobní linky MPR.

#### 5.4.5 Rozdělení a standardizace údržbářských úkonů

Standardizace údržbářských úkonů se týká především preventivní a prediktivní údržby. Navržený aktualizovaný seznam údržbářských úkonů po implementaci třetího bodu TPM je uveden níže.

Preventivní údržba výrobních zařízení:

- pásový dopravník (MPR – 1x za 3 měsíce),
- manipulátor pro chemikálie - barely (MPR – 2x za měsíc),
- silo na chemikálie (MPR – 2x za měsíc),
- váha chemikálií – údržba + kalibrace (MPR – 1x za měsíc),
- hřídel míchacího zařízení (MPR – 2x za měsíc),
- odtah míchacího zařízení (MPR – 2x za měsíc),
- odtah míchací kabiny (MPR – 1x za 3 měsíce),
- hřídele extruderu (MPR – 1x za měsíc),
- hydraulické velkoplošné sekací lisy (CV – 1x za 2 měsíce + každý týden mazání a čištění),
- vozový park manipulačních zařízení (MPR+CV – 1x za měsíc),
- paletovací vozíky (MPR+CV – 1x za rok).

Prediktivní údržba výrobních zařízení:

- tribologický rozbor oleje v hydraulických lisech a převodovkách (MPR+CV – 1x za rok),
- kontrola rozváděčů pomocí termokamery (MPR+CV – 1x za 3 měsíce),
- měření rychlosti proudění vzduchu odtahu míchacího zařízení pomocí anemometru (MPR – 2x za měsíc),
- měření povrchové teploty motoru míchacího zařízení pomocí termokamery (MPR – 2x za měsíc).

Preventivní údržba budovy a areálu (BA):

- zásobníky vody, kanalizace a potrubí – výměna filtrů, kontrola měřičů (1x za 3 měsíce),
- posuvná vrata – horizontální a vertikální (1x za 3 měsíce),  
venkovní trávník, parkoviště, osvětlení areálu (v závislosti na ročním období/ 1x za měsíc).

Oddělení údržby bude mít nařízené každý týden pravidelné schůzky, kde bude kontrolován stav vykonané údržby, průběžný stav kontrol strojních zařízení a vyhodnocen stav kritických dílů na skladě. Na toto budou použity níže navržené interní standardizované formuláře:

- QR-SOP-072-02 NCZ Preventivní údržbový plán 2017 – znázorněn na obr. 24 – formulář je vytvořen pouze v anglickém jazyce. Popisuje časový plán výkonu

preventivní údržby na výrobním zařízení a jednotlivé postupy vykonání údržby.

- QR-SOP-072-03 NCZ Prediktivní údržbový plán – znázorněn na obr. 25 – formulář je vytvořen pouze v anglickém jazyce. Popisuje časový plán výkonu kontrol prediktivní údržby na výrobním zařízení a jednotlivé postupy vykonání údržby.



NCZ Preventive Maintenance Plan\_Production\_Follow up\_FY2017

Device	Q1 FY2017						1st
	April		May		June		
	1st 2weeks	2nd 2 weeks	1st 2weeks	2nd 2 weeks	1st 2weeks	2nd 2 weeks	
Belt Conveyor	X						
Chem. manipulator		X		X		X	
Silo		X		X		X	
Twin Screw Extruder		X		X		X	
Hydraulic press n.1					X		
Hydraulic press n.2	X						
Hydraulic press n.3					X		
Hydraulic press n.4	X						

Obr. 24) QR-SOP-072-02 NCZ Preventivní údržbový plán



NCZ Predictive Maintenance Plan\_Follow up\_FY2017

Description	Device	Q1 FY2017						Q2 FY2017						Q3 FY2017			
		Apr		May		Jun		July		Aug		Sep		Oct		Nov	
		1/2	2/2	1/2	2/1	1/2	2/2	1/2	2/2	1/2	2/1	1/2	2/2	1/2	2/2	1/2	2/1
Tribological analysis of hydraulic oils	Hydraulic press n.1 S&S															X	
	Hydraulic press n.2 S&S															X	
	Hydraulic press n.3 S&S															X	
	Hydraulic press n.4 S&S															X	
	Hydraulic press n.5 S&S															X	
	Single screw extruder gear box								X								
	Twin screw extruder gear box 1/2								X								
	Twin screw extruder gear box 2/2								X								

Obr. 25) QR-SOP-072-03 NCZ Prediktivní údržbový plán



Další formuláře budou dostupné na každém pracovišti u každého stroje, průběžně do nich budou zapisovány údaje o vykonání pravidelného čištění a kontroly strojů. Pokud se vyplní tento formulář na stroji, technik údržby současně zaznamená vykonaný úkol ve vlastním denním výkonu údržby:

- Záznamy o kontrole a údržbě Extruder – znázorněny na obr. 26. – jsou vytvořeny pouze v anglickém jazyce.

Výše uvedené dokumenty jsou elektronicky řízené a každoročně se revidují.



QR-SOP-072-09

## EXTRUDER - ROTAČNÍ HLAVY

### ZÁZNAMY O KONTROLE A ÚDRŽBĚ

( Interval vizuálních kontrol - 1x za měsíc )

( Interval mazání - 1x za půl roku\_mazadlo - KP GY 193 )

Rok					Uvedení stroje do provozu:
Singlescrew Extruder					
Poř.	Datum	Vizuální kontrola - stav	Doplnění mazadla - plán	Provedl	Podpis
1					
2					
3					
4					
5			mazání		
6					
7					
8					
9					
10					
11			mazání		
12					

Obr. 26) QR-SOP-072-09 Záznamy o kontrole a údržbě Extruder

### 5.4.6 Plán autonomní údržby

V současném stavu je autonomní údržba v NCZ vykonána především v oblasti pravidelného čištění a mazání strojů. Na výrobní lince MPR probíhá tato aktivita neustále kvůli změnám receptury materiálu. Každý operátor na lince má přiřazené úkoly, které má splnit během vykonání čištění.

Ve výrobě na CV lisech operátoři vykonávají jen určité menší úkoly spojené hlavně s vizuální kontrolou stroje, která se provádí na začátku a na konci každé směny.

Dalším bodem autonomní údržby na lisech je mazání a nastavení vysekávacích šablon. Mazání na lisech provádí zatím technici údržby, dle kontrolního záznamu týdenní údržby lisů, ale je v plánu, aby tyto úkoly přebírali samotní operátoři. Navržený formulář pro administraci těchto úkolů je znázorněn na obr. 27. Aktuálně je úkolem operátorů na lisu čištění lisovací plochy lisu, kontrola a čištění šablony, která se provádí na zvlášť vymezeném pracovním stole.

## ZÁZNAMY O PROVEDENÉ TÝDENNÍ ÚDRŽBĚ

### Hydraulický lis. č. ....

<b>Rok :</b>		<b>Typ stroje :</b>	" přesný název modelu "	<b>Serial n. :</b>	
Týden	Datum	Očištění a promazání hřebenových tyčí pojezdu mostu		Podpis	
		Provedeno	Komentář		
1					
2					
3					
4					
5					
6					
7					
8					
9					
10					
11					
12					

Obr. 27) Záznamy o provedené týdenní údržbě: Hydraulický lis – formulář pro vykonání autonomní údržby

### 5.5 Zhodnocení TPM ve společnosti Nitto Denko Czech

Během počáteční analýzy stavu údržby ve společnosti NCZ byly zjištěny klady a zápory řízení společnosti a organizace údržby. Počet kladných bodů sice převyšoval počet záporných, ale organizace údržby vyžadovala razantní změnu z hlediska zvýšení počtu techniků údržby a lepší organizace údržby.

Největší vliv na kvalitu údržby má momentálně přechodná fáze společnosti. Obejít překážky a současně zlepšit stávající stav společnosti lze úspěšným zavedením metody TPM, která se jeví jako nejvhodnější nástroj na zeštíhlení výrobních procesů prostřednictvím většího důrazu na plánování údržby.

Implementace metody TPM pro NCZ bylo odsouhlaseno vedením společnosti, ale na praktické zavedení bude potřeba počkat, dokud společnost neprojde přechodovou fází a neuvolní dostatek kapacit a financí.

Ve společnosti jsou již základy pro aplikaci metody TPM připravené a to díky vyspělému zavedení metody 5S.

Projekt zavedení TPM prošel počáteční analýzou (bod 1 v návrhu nového implementačního plánu), která určuje další směr vývoje implementace metody TPM.

Prozatím došlo k zavedení třetího bodu TPM, dle nového implementačního plánu, a to k rozdělení, rozšíření a standardizaci údržbářských úkolů preventivní a prediktivní údržby. Dále došlo k částečnému sledování celkové efektivity zařízení v podobě sledování parametru dostupnosti výrobní linky MPR. Aplikace autonomní údržby, kterou bude vykonávat obsluha strojních zařízení, prozatím zavedena nebyla. Z důvodu částečné implementace TPM není prozatím možné pozorovat zlepšení výrobních procesů. V tomto duchu je důležité připomenout, že plnohodnotné TPM momentálně nelze aplikovat pro celou firmu kvůli přechodné fázi výroby ve společnosti.

Pro nově zakoupená strojní zařízení se již provádí analýza současného stavu, potřeb a rizik, kde se zároveň počítá s včasnou implementací metody TPM. Společnost má velké očekávání od implementace TPM, hlavně z hlediska zabezpečení funkčnosti strojních zařízení a zlepšení efektivity a dostupnosti. Nová éra a korporát již pracují na příjmu nových technologií ve formě IoT nebo Průmyslu 4.0, který zase posune výš úroveň organizace výroby a údržby.



## 6 ZÁVĚR

Cílem bakalářské práce bylo zpracovat rešerši na téma teorie údržby se zaměřením na princip údržby metodou TPM.

V teoretické části práce jsou uvedeny základní pojmy související s údržbou, popsána historie údržby a její vývoj až do současnosti. Dále je provedena základní analýza a vyzdvižení podstaty novodobé údržby, a to Údržby zaměřené na bezporuchovost (RCM). Tato údržba má za cíl zvýšení spolehlivosti strojních zařízení především v kritických oborech průmyslu, jako je například letectví, energetika nebo chemický průmysl. Následuje podrobný popis Totálně produktivní údržby (TPM), její historie, důvod vzniku a základní pilíře. V práci jsou také uvedeny potřebné podmínky pro úspěšnou implementaci metody TPM a stručný popis vzorového implementačního plánu této metody pro postupné zavádění do výrobního podniku. V neposlední řadě jsou zmíněny i podpůrné diagnostické a analyzační metody, které jsou často využívány společně s metodou TPM pro odhalení kritických míst ve výrobních procesech.

V praktické části bakalářské práce je popsána současná situace údržby a následný návrh implementace metody TPM do určitých výrobních procesů společnosti Nitto Denko Czech s. r. o. Cílem implementace TPM do společnosti je zvýšení dostupnosti zařízení, rozšíření preventivní a prediktivní údržby skrz celou výrobní společnost a zlepšení výrobních procesů pomocí aplikace autonomní údržby. Z tohoto důvodu byly v práci navrženy plány pro zvyšování celkové efektivity zařízení pomocí parametrů dostupnosti zařízení, dále plány standardizace údržbářských úkonů pro preventivní a prediktivní údržbu a plán autonomní údržby.

Společnost Nitto Denko Czech se momentálně nachází v přechodové fázi, především z důvodu výstavby nových výrobních a skladovacích prostor. Zvýšit dostupnost určitých zařízení je proto v současné době těžké. Největší překážky zavedení metody TPM budou odstraněny až po osamostatnění společnosti v rámci rozhodování a plánování.

Momentálně je z výše zmíněných navržených plánů aplikován plán údržbářských úkolů pro preventivní a prediktivní údržbu, a částečná autonomní údržba s důrazem na čištění strojních zařízení při přechodu z jednoho materiálu na druhý. Po dokončení přechodové fáze společnosti a s příchodem nových strojních zařízení je již v plánu aplikace metody TPM v plném rozsahu.

Metoda TPM jako filozofie je významným určujícím faktorem pro vývoj systému údržby v podniku. Na podnikové úrovni spojuje oddělení a pracovní sílu a míří ke zlepšení kvality a zvýšení efektivity výroby při současném snížení nákladů.



## 7 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] HORVÁTH, A. Karbantartási menedzsment az autóiparban. Miskolc, 2012. Magisterská diplomová práce. Miskolci Egyetem, Gépészmérnöki és Informatikai Kar.
- [2] GOLLER, S., ANTON, P. Byty a bytové domy - provoz, údržba a opravy (Průvodce pro majitele, provozovatele a uživatele). 1. vyd. Praha: Svoboda Servis 2001, 130 s. ISBN 80-86320-17-0.
- [3] HAMMER, M., Provoz a údržba strojů: 1. Provoz strojů, vztah provozu a údržby [studijní materiál]. Brno, 2016.
- [4] VROŽINA, M. a J. DAVID. Spolehlivost a diagnostika. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univřezita, 2012. ISBN 978-80-248-2595-3.
- [5] VERMES, P., Multidiszciplináris tudományok: A KARBANTARTÁS MINT A TERMELÉSMENEDZSMENT TÁMOGATÓJA [online]. Miskolc, 2011 [cit. 2017-05-08]. ISSN 2062-9737. Dostupné z: [http://www.matarka.hu/koz/ISSN\\_2062-9737/1k\\_1sz\\_2011/ISSN\\_2062-9737\\_1k\\_1sz\\_2011\\_055-068.pdf](http://www.matarka.hu/koz/ISSN_2062-9737/1k_1sz_2011/ISSN_2062-9737_1k_1sz_2011_055-068.pdf).
- [6] MOUBRAY, J. M.: Reliability-centered maintenance. Butterworth-Heineman, Oxford, 1997.
- [7] HAMMER, M., Provoz a údržba strojů: 3. Teorie systémů údržby[studijní materiál]. Brno, 2016.
- [8] FUCHS, Pavel. MATERIÁLY Z XXI. SETKÁNÍ ODBORNÉ SKUPINY PRO SPOLEHLIVOST: MODEL RCM UPLATŇOVANÝ V PETROCHEMICKÉM PRŮMYSLU. Praha: ČSJ, 2005.
- [9] ČSN IEC 60300-3-11: 1999 Management spolehlivosti. Část 3-11: Návod k použití - Údržba zaměřená na bezporuchovost.
- [10] BRDIČKA, B.: 4. průmyslová revoluce 2016. [cit. 2017-03-08]. Dostupný z WWW: <http://spomocnik.rvp.cz/clanek/20857/4-PRUMYSLOVAREVOLUCE.html>.
- [11] Automation Industry: Industry 4.0 Challenges and Solutions for Storage Devices. In: Embedded Computing Design: Automation Industry: Industry 4.0 Challenges and Solutions for Storage Devices [online]. 2015 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://embedded-computing.com/white-papers/white-0-challenges-solutions-storage-devices/>.
- [12] Nová průmyslová revoluce: Průmysl 4.0 [online].[cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.datamix.eu/wp-content/uploads/2017/04/Pr%C5%AFmysl-4.0.jpg>.
- [13] ČSN EN 13306. Údržba - Terminologie údržby. 2. vydání. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2002.
- [14] TPM3: R rendszerék – fontos fejezet a karbantartás történetében [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.tpm3.hu/szakcikkek/45-r-rendszerék-fontos-fejezet-a-karbantartás-torteneteben>.
- [15] MOUBRAY, J. Reliability-centered maintenance. 2. ed., [3.rev.]. New York, NY: Industrial Press, 2000. ISBN 978-083-1131-463.
- [16] MLČOCHOVÁ, Petra. APLIKACE METOD JUST IN TIME A TPM. Brno, 2009. Diplomová práce. Masarykova Univerzita. Vedoucí práce Ing. Ondřej Částek.
- [17] FAMFULÍK, Jan. Teorie údržby. Ostrava: VŠB - Technická univerzita, 2006. ISBN 80-248-1029-8.

- [18] LEGÁT, V., Servisní logistika: Komplexní produktivní údržba [studijní materiál]. Praha, 2017. Dostupné z: <http://tf.czu.cz/~legat/>.
- [19] BEN-DAYA, M. Handbook of maintenance management and engineering. New York: Springer, 2009. ISBN 978-1848824713.
- [20] LEGÁT, V. 2013. Management a inženýrství údržby. 1. vyd. Praha: Professional Publishing, 570 s. ISBN 978-80-7431-119-2.
- [21] LEITNER, B. Žilinská Univerzita v Žiline, Fakulta bezpečnostního inženýrstva, Katedra technických věd a informatiky [studijní materiál] Žilina, 2017. Dostupné z: [http://fsi.utc.sk/ktvi/leitner/2\\_predmety/KTS/Podklady/KONCEPCIA\\_TPM\\_MPM.pdf](http://fsi.utc.sk/ktvi/leitner/2_predmety/KTS/Podklady/KONCEPCIA_TPM_MPM.pdf).
- [22] Autonomní údržba. In: [Www.svetproduktivity.cz](http://www.svetproduktivity.cz) [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/Autonomni-udrzba.htm>.
- [23] ROETHER, Mark. *Abeceda prediktivní údržby* [online]. [cit. 2017-05-07]. Dostupné z: [http://udrbapodniku.cz/index.php?id=47&tx\\_ttnews%5Bpointer%5D=2&tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=2293&tx\\_ttnews%5BbackPid%5D=31&cHash=4dcc2a2157](http://udrbapodniku.cz/index.php?id=47&tx_ttnews%5Bpointer%5D=2&tx_ttnews%5Btt_news%5D=2293&tx_ttnews%5BbackPid%5D=31&cHash=4dcc2a2157).
- [24] Spolehlivá a rychlá kontrola strojů a zařízení vedoucí ke snížení nákladů a provozních ztrát. [Http://udrbapodniku.cz/](http://udrbapodniku.cz/) [online]. 2014 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: [http://udrbapodniku.cz/index.php?id=47&no\\_cache=1&tx\\_ttnews%5Btt\\_news%5D=5708&cHash=4402b8cab7&type=98](http://udrbapodniku.cz/index.php?id=47&no_cache=1&tx_ttnews%5Btt_news%5D=5708&cHash=4402b8cab7&type=98).
- [25] HAMMER, M., Základy technické diagnostiky: 11. Úvod do termodiagnostiky [studijní materiál]. Brno, 2015.
- [26] HAMMER, M., Základy technické diagnostiky: 12. Způsoby měření a vyhodnocení teplotního stavu objektu [studijní materiál]. Brno, 2015.
- [27] Technická diagnostika: Vibrodiagnostika. NKN diagnostika [online]. [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://www.nkn.cz/technicka-diagnostika-vibrodiagnostika.php>.
- [28] HAMMER, M., Provoz a údržba strojů: 7. Tribodiagnostika kapalných maziv a strojních součástí [studijní materiál]. Brno, 2016.
- [29] Omyly v TPM. [Http://www.produktivita.cz](http://www.produktivita.cz): Zajímavosti z diskuzí o zlepšování procesů [online]. 2007 [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <http://www.produktivita.cz/cs/galerie-oblibenych-omyly/omyly-v-tpm.html>.
- [30] STŘELEČ, J. Pareto analýza. [Www.vlastnicesta.cz](http://www.vlastnicesta.cz): *Metody* [online]. 2012 [cit. 2017-05-11]. Dostupné z: <http://www.vlastnicesta.cz/metody/pareto-analyza/>.
- [31] LORENC, M. Paretova analýza. [Http://lorenc.info/](http://lorenc.info/): 3MA112 [online]. 2013 [cit. 2017-05-10]. Dostupné z: <http://lorenc.info/3MA112/paretova-analyza.htm>.
- [32] Metoda 5S. [Ikvalita.cz](http://www.ikvalita.cz): *portál pro kvalitáře* [online]. [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.ikvalita.cz/tools.php?ID=128>.
- [33] SMED: Single Minute Exchange of Dies – Metoda zkracování časů přetypování výrobních zařízení. SVĚT PRODUKTIVITY Beta [online]. 2012 [cit. 2017-05-15]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/SMED.htm>.



## 8 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

### 8.1 Seznam tabulek

Tab 1)	Souvislost TPM a TQM [18] .....	35
Tab 2)	Negativní vlivy na CEZ [21] .....	38
Tab 3)	Přehled 6 největších ztrát [21] .....	39
Tab 4)	Jednotlivé body 5S v japonštině, angličtině a češtině [32] .....	46

### 8.2 Seznam obrázků

Obr. 1)	Vanová křivka – intenzita poruch v závislosti na čase [2] .....	18
Obr. 2)	Intenzita poruch vlivem generální opravy [1] .....	18
Obr. 3)	Etapy životního cyklu objektu dle IEC 60300 [3] .....	19
Obr. 4)	Druhy poruch a spolehlivosti na základě životního cyklu produktu [4] .....	20
Obr. 5)	Vztah údržby, spolehlivosti a kvality [3] .....	20
Obr. 6)	Určení kvality produktu a vyjádření užitečných vlastností [3] .....	21
Obr. 7)	Vzrůstající požadavky spojené s údržbou [7] .....	25
Obr. 8)	Změna v poznání poruchovosti [8] .....	25
Obr. 9)	Industry 4.0 – systém spojující stroje a člověka [11] .....	26
Obr. 10)	Znázornění vspělosti čtvrté generace průmyslu a údržby [12] .....	27
Obr. 11)	Členění údržby dle ČSN 13306 Údržba – Terminologie údržby [13] .....	27
Obr. 12)	Porovnání použitelnosti R systémů [14] .....	31
Obr. 13)	Vývojové etapy systémů údržby [16] .....	34
Obr. 14)	Dům TPM – základní schéma TPM organizace .....	37
Obr. 15)	7 kroků zavádění autonomní údržby [22] .....	40
Obr. 16)	Nový dům TPM [19] .....	42
Obr. 17)	Příklad Paretova diagramu [31] .....	45
Obr. 18)	Pohled na výrobní závod v Brně .....	49
Obr. 19)	Implementační plán TPM ve společnosti NCZ .....	51
Obr. 20)	Sestava projektového týmu TPM .....	52
Obr. 21)	Trend dostupnosti výrobní linky MPR .....	53
Obr. 22)	Kvartální porovnání dostupnosti výrobní linky MPR .....	54
Obr. 23)	Podíl využití a přechodů/rozjezdů pro MPR .....	54
Obr. 24)	QR-SOP-072-02 NCZ Preventivní údržbový plán .....	56

Obr. 25) QR-SOP-072-03 NCZ Prediktivní údržbový plán .....	56
Obr. 26) QR-SOP-072-09 Záznamy o kontrole a údržbě Extruder .....	57
Obr. 27) Záznamy o provedené týdenní údržbě: Hydraulický lis – formulář pro vykonání autonomní údržby.....	58

### 8.3 Seznam zkratk

RCM	Reliability Centered Maintenance	Údržba zaměřená na bezporuchovost
TPM	Total Productive Maintenance	Totálně produktivní údržba
SMED	Single Minute Exchange of Dies	Okamžitá výměna nástrojů
GO	General repair	Generální oprava
RBI	Risk Based Inspection	Inspekce rizik
RCA	Root Cause Analysis	Analýza příčin
LCC	Life Cycle Cost	Minimalizace celkových nákladů na životní cyklus
USA	United States of America	Spojené Státy Americké
RBM	Risk Based Maintenance	Údržba zaměřená na rizika
JIPM	Japan Institute of Plant Maintenance	Japonská instituce pro podnikovou údržbu
BM	Break-down Maintenance	Údržba po poruše
PM1	Preventive Maintenance	Preventivní údržba
PM2	Productive Maintenance	Produktivní údržba
TQC	Total Quality Control	Totální řízení kvality
TQM	Total Quality Management	Totální management kvality
CEZ	Overall equipment effectiveness	Celková efektivita zařízení
ERP SAP	Enterprise Resource Planning SAP	Systém plánování podnikových zdrojů SAP
PDCA	Deming cycle	Demingův cyklus
NCZ	Nitto Denko Czech	Nitto Denko Česká Republika
EMEA	Europe-Middle East-Africa	Evropa, Blízký Východ a Afrika
NVH	Noise, Vibration and Harshness	Hluk, vibrace a drsnost
MPR	Material Process Roll	Výrobní linka základního materiálu
CV	Converting	Konvertovací zařízení (lisy)
BA	Facility	Budova a areál
IoT	Internet of Things	Internet věcí