

**ČESKÉ VYSOKÉ
UČENÍ TECHNICKÉ
V PRAZE**

FAKULTA STROJNÍ



**DIPLOMOVÁ
PRÁCE**

**NÁVRH PROCESŮ ÚDRŽBY
VE STROJÍRENSKÉM PODNIKU**

Bc. Ondřej Krňávek

2023

I. OSOBNÍ A STUDIJNÍ ÚDAJE

Příjmení: **Krňávek** Jméno: **Ondřej** Osobní číslo: **473596**
Fakulta/ústav: **Fakulta strojní**
Zadávající katedra/ústav: **Ústav technologie obrábění, projektování a metrologie**
Studijní program: **Výrobní inženýrství**
Specializace: **Bez specializace**

II. ÚDAJE K DIPLOMOVÉ PRÁCI

Název diplomové práce:

Návrh procesů údržby ve strojírenském podniku

Název diplomové práce anglicky:

Design of maintenance processes in an engineering company

Pokyny pro vypracování:

1. Teorie nevýrobních procesů a údržby.
2. Analýza současného stavu procesů a údržby ve společnosti.
3. Návrh nových procesů včetně návrhu potřebné formy předávání informací.
4. Zhodnocení využitelnosti navržených procesů.

Seznam doporučené literatury:

Jméno a pracoviště vedoucí(ho) diplomové práce:

Ing. Tomáš Kellner ústav technologie obrábění, projektování a metrologie FS

Jméno a pracoviště druhé(ho) vedoucí(ho) nebo konzultanta(ky) diplomové práce:

Datum zadání diplomové práce: **31.03.2023**

Termín odevzdání diplomové práce: **31.07.2023**

Platnost zadání diplomové práce: _____

Ing. Tomáš Kellner
podpis vedoucí(ho) práce

Ing. Libor Beránek, Ph.D.
podpis vedoucí(ho) ústavu/katedry

doc. Ing. Miroslav Španiel, CSc.
podpis děkana(ky)

III. PŘEVZETÍ ZADÁNÍ

Diplomant bere na vědomí, že je povinen vypracovat diplomovou práci samostatně, bez cizí pomoci, s výjimkou poskytnutých konzultací. Seznam použité literatury, jiných pramenů a jmen konzultantů je třeba uvést v diplomové práci.

Datum převzetí zadání

Podpis studenta

Prohlášení

Tímto prohlašuji, že jsem svou diplomovou práci vypracoval samostatně pod vedením Ing. Tomáše Kellnera, a to pouze pomocí podkladů uvedených v seznamu použité literatury v souladu s Metodickým pokynem o dodržování etických principů při přípravě vysokoškolských závěrečných prací, vydaným ČVUT v Praze 1. 7. 2009.

Nemám závažný důvod proti užití tohoto školního díla ve smyslu § 60 Zákona č.121/2000 Sb., o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon).

V Praze dne:

.....

Podpis autora

Poděkování

Tímto bych chtěl poděkovat panu Ing. Tomáši Kellnerovi za jeho cenné rady a připomínky, které mi poskytl při tvorbě této diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat všem pracovníkům údržby ve společnosti P-D Refractories CZ a.s. za jejich čas, který mi poskytli pro tvorbu této práce.

Anotace

Tato práce se zabývá tématem procesů údržby a jejich významu pro efektivní a spolehlivý provoz zařízení. Konkrétně pojednává o teorii nevýrobních procesů a údržby. Následně se práce přesouvá do prostředí modelové společnosti, kde je obsahem průzkum a analýza stávajících procesů údržby v modelové společnosti s cílem identifikace oblastí, které jsou zdrojem nedostatků a neefektivností současného systému údržby. Následně práce na základě informací získaných prostřednictvím analýzy současného stavu definuje konkrétní návrhy na zlepšení současného stavu údržby a popisuje jejich využitelnost. Cílem navrhovaných zlepšení je odstranění nedostatků, zajištění efektivnějšího fungování celého systému a z dlouhodobého hlediska i zvýšení produktivity provozu a celkové konkurenceschopnosti podniku. V poslední řadě se práce věnuje podrobnému popisu jednotlivých kroků při implementaci navržených zlepšení.

Klíčová slova: údržba, analýza stávajících procesů údržby, návrhy na zlepšení procesů údržby

Annotation

This thesis is dedicated to the topic of maintenance processes and their importance for efficient and reliable operation of equipment. Specifically, it is covering the theory of non-production processes and maintenance. The thesis then moves to a model company environment where the content is an analysis of the existing maintenance processes in the model company to identify areas that are the source of deficiencies and inefficiencies in the current maintenance system. Subsequently, based on the information obtained through the analysis of the current situation, the thesis defines specific proposals for improving the current state of maintenance and describes their applicability. The aim of the proposed improvements is to eliminate the deficiencies, to ensure a more efficient functioning of the whole system and, in the long term, to increase the productivity of the operation and the overall competitiveness of the company. Finally, the thesis describes in detail the steps involved in the implementation of the proposed improvements.

Key words: maintenance, analysis of current maintenance processes, suggestions for improving maintenance processes

Obsah

Úvod.....	10
1 Teorie nevýrobních procesů a údržby.....	11
1.1 Provozní spolehlivost strojů a zařízení.....	11
1.1.1 Objekt	11
1.1.2 Kvalita a spolehlivost	12
1.1.3 Poruchy a stavy objektů	14
1.1.4 Mechanismy vzniku poruch.....	15
1.1.5 Technická diagnostika.....	16
1.1.6 Ukazatelé spolehlivosti	19
1.2 Základní terminologie údržby	22
1.3 Historický vývoj údržby	23
1.4 Druhy systémů údržby	25
1.4.1 Údržba po poruše	25
1.4.2 Preventivní údržba.....	26
1.4.3 Prediktivní údržba.....	27
1.4.4 Proaktivní údržba.....	29
1.5 Strategie řízení údržby	30
1.5.1 CBM	30
1.5.2 TPM.....	30
1.5.3 RCM	31
1.6 Plánování údržby.....	32
1.6.1 Předpověď zatížení údržby	33
1.6.2 Plánování kapacit údržby.....	34
1.6.3 Plánování pracovních příkazů	35

1.7	Rozvrhování údržby.....	36
1.8	Kontrola údržby.....	38
1.9	Budoucí vývoj údržby	39
2	Procesy údržby ve strojírenském podniku	42
2.1	Představení společnosti P-D Refractories CZ a.s.	42
2.2	Analýza procesů údržby ve společnosti	43
2.2.1	Výrobní technologie	43
2.2.2	Strojní vybavení	44
2.2.3	Organizační uspořádání oddělení údržby	46
2.2.4	Metody údržby ve společnosti	47
2.2.5	Stávající nástroje údržby ve společnosti.....	49
2.3	SWOT analýza údržby ve společnosti	50
3	Návrhy na zlepšení údržbářských procesů ve společnosti.....	52
3.1	Preventivní údržba kritických zařízení	52
3.2	Implementace CMMS softwaru	54
3.2.1	Očekávané přínosy implementace CMMS softwaru	54
3.2.2	Zadání požadavků na CMMS software	55
3.2.3	Rešerše CMMS softwarů	58
3.3	Využití moderních technologií	64
3.3.1	Technická diagnostika hydraulických lisů	64
3.3.2	Technická diagnostika tunelových pecí	65
3.3.3	Zavedení prediktivní údržby	65
3.4	Částečný outsourcing údržby.....	65
3.5	Návrh implementace zlepšení údržbářských procesů	67
	Závěr	72
	Seznam použité literatury.....	73

Seznam tabulek	80
Seznam obrázků.....	81
Příloha č. 1 – Preventivní údržba kritických zařízení	83

Seznam zkratk

CCD	Charged Coupled Device – Zařízení s vázanými náboji
NDT	Nedestruktivní testování
MTBF	Mean Time Between Failures – Střední doba mezi poruchami
CBM	Condition-Based Maintenance – Údržba založená na stavu
TPM	Total Productive Maintenance – Totální produktivní údržba
RCM	Reliability-Centred Maintenance – Údržba zaměřená na bezporuchovost
CMMS	Computerized Maintenance Management System – Počítačový systém řízení údržby
MRP	Material Requirement Planning – Plánování potřeby materiálu
CPM	Critical Path Method – Metoda kritické cesty
PERT	Program Evaluation and Review Technique – Metoda síťové analýzy
EAM	Enterprise Asset Management – Celopodnikové řízení aktiv
KPI	Key Performance Indicators – Klíčové ukazatele výkonnosti
MTTR	Mean Time To Restore – Střední doba do obnovení

Úvod

Procesy údržby jsou klíčovým prvkem správy strojů a zařízení. Pokud jsou ve společnosti správně zavedeny a řádně dodržovány, používaná zařízení pak fungují spolehlivě, bezpečně, efektivně a minimalizuje se četnost jejich výpadků a oprav. Organizace se stále více zaměřují na optimalizaci svých provozních procesů, ve kterých údržba strojů a zařízení hraje poměrně velkou roli. Důraz je kladen hlavně na maximalizaci výkonu zařízení a minimalizaci ztrát způsobených poruchami a výpadky. Technologický pokrok a digitalizace dnešní doby přináší řadu nových možností v oblasti správy údržby. Rozvíjí se oblast prediktivní údržby, která využívá moderních senzorů a algoritmů k monitorování stavu zařízení a předvídání možných poruch. Předmětem řešení se i čím dál častěji stává bezpečnost práce a ochrana životního prostředí, přičemž procesy údržby jsou nedílnou součástí prevence nehod a dodržování bezpečnostních a enviromentálních předpisů. Aktuální trendy kladou vysoký důraz na udržitelnost a ekologicky šetrný provoz.

Účelem této práce je přinést ucelený pohled na téma procesů údržby a zdůraznit jejich význam pro efektivní a spolehlivý provoz zařízení. Práce je zaměřena na popis různých metod a postupů, které se využívají při plánování, provádění a sledování údržby. Dále budou přiblíženy nové trendy v oblasti údržby jako je prediktivní údržba, diagnostika a digitalizace, které nabízejí inovativní přístupy a možnosti optimalizace procesů údržby.

Praktická část práce je zaměřená na zmapování, analýzu procesů údržby v rámci konkrétního strojírenského podniku. Cílem této části je provést průzkum stávajících procesů údržby a identifikovat oblasti, ve kterých je prostor pro zlepšení a efektivnější provádění údržby. Po analýze stávajících procesů se bude práce soustředit na navržení nových procesů údržby, případně na optimalizaci těch stávajících. To může zahrnovat implementaci nových technologií, nástrojů, systémů, vylepšení plánování a koordinace, zlepšení komunikace nebo zavedení outsourcingu údržby.

1 Teorie nevýrobních procesů a údržby

Teoretická část práce je zaměřena na teorii nevýrobních procesů a údržby. Konkrétně je věnována problematice provozní spolehlivosti, což je teoretickým základem pro tvorbu programů údržby, popisu jednotlivých systémů údržby a procesu plánování údržby.

1.1 Provozní spolehlivost strojů a zařízení

Údržba a spolehlivost zařízení a s nimi související procesy jsou navzájem velmi propojené a vzájemně se ovlivňují. Návrh výrobního stroje nebo zařízení obsahuje určitou vloženou spolehlivost, která se nadále projevuje v průběhu etapy provozu vlastnostmi jako je udržovatelnost, bezporuchovost a zajištěnost údržby. Pokud zařízení vyžaduje v etapě provozu údržbu, což je většina složitějších zařízení, potom údržba hraje významnou roli v zajišťování tzv. provozní spolehlivosti. [1]

1.1.1 Objekt

Při jakémkoliv zkoumání je třeba nejprve definovat předmět zkoumání. V případě spolehlivosti je předmětem zkoumání objekt. Objekt neboli entita může být část, součást, přístroj, subsystém, zařízení nebo systém, který je možné individuálně popsat. Může být hardwarového nebo softwarového charakteru, případně kombinaci obojího.

Hardware nebo zpracované materiály jsou obvykle hmotné produkty, zatímco software nebo služby jsou produkty nehmotnými. Většina výrobků obsahuje elementy, které patří různým generickým kategoriím výrobku. O tom, zda je produkt ve finále označen jako hardware, zpracovaný materiál, software nebo služba, rozhoduje dominantní element. [1]

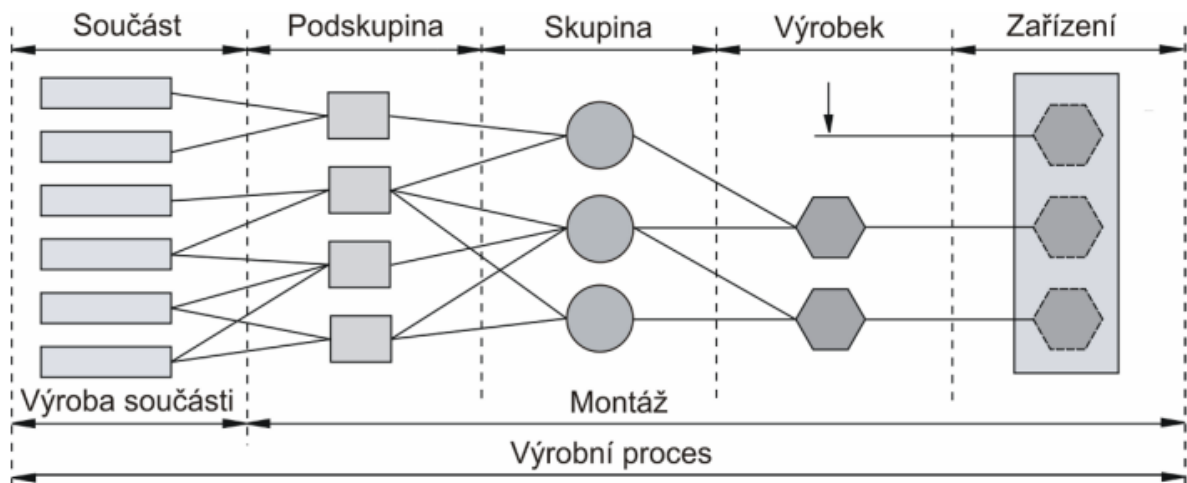
Strojírenské výrobky je možné dále rozdělit podle několika dalších kritérií (Obr. 1):

a) Podle podílu uvažovaného výrobku na celkové funkci se dělí na

- prvky
- systémy

b) podle konstrukční, výrobní a montážní složitosti na

- součásti a jejich funkční plochy
- podskupiny
- skupiny
- jednotlivé stroje
- soustrojí – agregáty
- zařízení, strojní linky

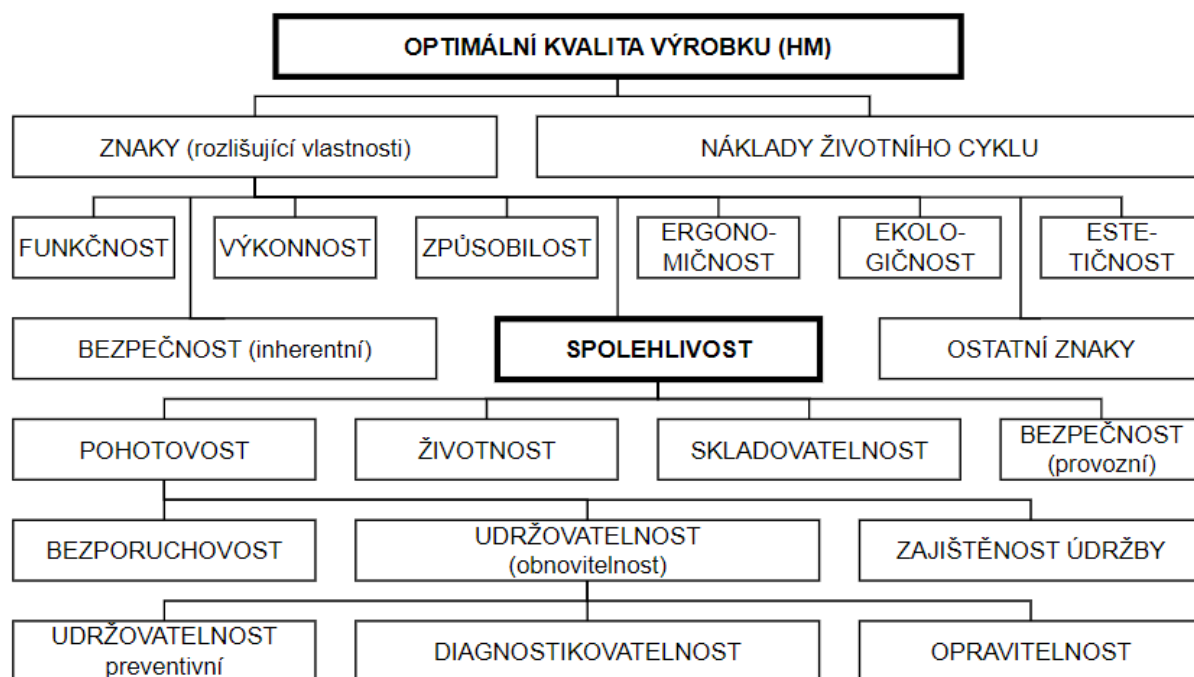


Obr. 1: Schéma členění strojírenského výrobku [2]

1.1.2 Kvalita a spolehlivost

Pojem kvalita je možné definovat jako stupeň splnění požadavků souborem inherentních znaků. Tyto znaky neboli charakteristiky, vlastnosti představující kvalitu, mohou být buď přímo měřitelné, nepřímo měřitelné nebo neměřitelné. Kromě těchto znaků hrají významnou roli i náklady životního cyklu výrobku, u kterých je samozřejmě snaha o jejich minimalizaci.

Spolehlivost jako taková je jednou z charakteristik, která má na výslednou kvalitu výrobku výrazný vliv. Vyjadřuje míru schopnosti výrobku udržovat inherentní znaky kvality v daných mezích během životního cyklu výrobku. Je možné ji definovat také jako obecnou vlastnost výrobku fungovat tak, jak je požadováno, a to při zachování hodnot stanovených provozních parametrů v daných mezích. Spolehlivost se rovněž používá jako souhrnný termín pro charakteristiku kvality objektu v závislosti na čase. Mezi charakteristiky, které popisují spolehlivost patří pohotovost, bezpečnost, skladovatelnost, životnost a faktory, které ji ovlivňují. [1]



Obr. 2: Schéma obecných znaků kvality výrobku [1]

Pohotovost

Pohotovost je jednou ze složek spolehlivosti charakterizující schopnost výrobku být ve stavu, ve kterém je schopen plnit požadovanou funkci v daných podmínkách.

Pohotovost je závislá na kombinaci těchto faktorů:

- a) **Bezporuchovost** je schopnost výrobku být ve stavu, ve kterém je schopen plnit požadovanou funkci, a to při daných podmínkách a v daném časovém intervalu.
- b) **Udržovatelnost** neboli obnovitelnost je schopnost výrobku být a nadále setrvat ve stavu, případně být navrácen do tohoto stavu, ve kterém je schopen plnit požadovanou funkci. Jinak řečeno charakterizuje schopnost výrobku předcházet a rozpoznávat příčiny vzniku jeho poruch a odstraňovat jejich následky.
- c) **Zajištěnost údržby** – schopnost údržbářské organizace zajišťovat prostředky potřebné pro údržbu podle daného plánu údržby. Hlavními činiteli bývají pracovníci, technické informace, nářadí, přístroje, náhradní díly a materiál a údržbářské objekty.

Životnost

Životnost je definována jako schopnost výrobku plnit svou funkci do doby dosažení mezního stavu. A to při daných podmínkách používání a údržby. Jako mezní stav je označováno ukončení životního cyklu, které může být ať už z ekonomických, technologických nebo jiných důvodů.

Skladovatelnost

Je vlastnost objektu zachovávat si normální stav po dobu skladování a přepravy při dodržení předepsaných podmínek.

Bezpečnost

V tomto případě se jedná o bezpečnost provozní, nikoliv bezpečnost vprojektovanou. Jedná se o vlastnost výrobku, která charakterizuje míru rizika ztráty schopnosti výrobku plnit svou funkci, spojenou se vznikem poruchy, při které je ohrožen život nebo zdraví člověka, životní prostředí, nebo by byly jejím důsledkem velké hmotné ztráty.

Při izolovaném pohledu na technickou stránku kvality, která zahrnuje dílčí znaky kvality, je zřejmé, že zvyšování úrovně těchto dílčích znaků přispívá k celkové kvalitě výrobku. Z technického hlediska je tedy vhodné pokračovat ve zlepšování úrovně dílčích znaků kvality až do dosažení maximálních možností daného oboru. Je-li však zohledněno ekonomické hledisko a požadavky zákazníka, zlepšování technické stránky kvality může mít své meze. Překročení optimální úrovně této stránky může být tedy neefektivní, protože může vést k neúměrnému nárůstu výrobních nákladů a dalším nežádoucím důsledkům. Koncept optimální kvality vychází právě z této myšlenky, a zkoumá úroveň technické stránky kvality a spolehlivosti v kontextu výrobních a provozních nákladů, které jsou pro zákazníka ještě přijatelné. [1]

1.1.3 Poruchy a stavy objektů

Problémy související se spolehlivostí se řeší prostřednictvím zkoumání příčin vzniku poruch a poruchových stavů, jejich různých typů, vzájemných závislostí, projevů a důsledků. Cílem je identifikovat možnosti prevence těchto poruch a odstranění jejich následků v závislosti na různých náhodných vlivech, které působí na daný objekt v průběhu jeho životního cyklu. [1]

Dle ČSN EN 13306 [3] jsou porucha a poruchový stav definovány takto:

- **Porucha** – „ztráta schopnosti objektu vykonávat požadovanou funkci“
- **Poruchový stav** – „stav objektu charakterizovaný neschopností vykonávat požadovanou funkci, kromě neschopnosti během preventivní údržby nebo jiných plánovaných činností nebo v důsledku nedostatku externích zdrojů“

Poruchy lze dle [4] klasifikovat podle řady hledisek:

Podle příčin vzniku:

- porucha z vnějších příčin (nedodržení stanovených provozních podmínek)
- porucha z vnitřních příčin (nedostatky při konstrukčním návrhu, výrobě)

Podle časového průběhu:

- porucha náhlá (prudká změna)
- porucha postupná (postupná změna)

Podle stupně celkové újmy na provozuschopnosti:

- porucha částečná
- porucha úplná

Podle závislosti jedné poruchy na druhé:

- porucha závislá (následek poruchy jiného prvku)
- porucha nezávislá

Podle doby trvání:

- porucha trvalá (odstraňována opravou nebo výměnou porouchaného prvku)
- porucha dočasná (samovolně vymizí nebo trvají jen po dobu působení vnějšího vlivu)

1.1.4 Mechanismy vzniku poruch

Dle [1] mezi nejběžnější mechanismy vzniku poruch patří:

a) **procesy stárnutí, opotřebení a koroze** – Nevratné procesy akumulace poškození, snižování odolnosti, strukturální změny materiálu a další podobné faktory přispívají k dosažení mezního stavu. Tyto mechanismy jsou typické pro hodnocení životnosti objektů a jejich důsledkem jsou poruchy nebo poruchové stavy způsobené stárnutím a opotřebením.

Tyto poruchy se projevují jako poruchy postupné a částečné a jsou nejčastější příčinou degradačních poruch. Na základě předchozího zkoumání nebo monitorování lze tyto poruchy předpovídat a v některých případech lze předejít jejich vzniku pomocí preventivní údržby.

b) **náhodná krátkodobá přetížení** – V případě mechanických komponentů může nastat náhlá porucha v podobě křehkého lomu, zatímco u elektrotechnických prvků se často objevují poruchy ve formě přerušení vodiče, zkratu a podobně.

c) **náhodné krátkodobé vybočení parametrů** – nesprávné používání objektu v prostředí, které překračuje předepsané meze pro jeho užívání.

- d) **náhodné krátkodobé porušení stanovených pravidel** – nesprávné zacházení při obsluze a údržbě objektu během jeho provozu
- e) **nedostatky a chyby při projektování a konstruování** – konstrukční poruchy
- f) **nedostatky a chyby při výrobě a montáži** – způsobené vadami, které neodhalí kontrola jako je nedodržení technologických postupů, použití nevhodného materiálu apod.
- g) **nestabilita zdrojů energie** – pro objekty typu technických zařízení, která vyžadují napájení energií pro svou správnou funkční činnost.

1.1.5 Technická diagnostika

Využívání technické diagnostiky je nezbytné pro včasnou identifikaci poruchových stavů zařízení. Aplikací technické diagnostiky je možné dosáhnout významných finančních úspor, a to díky včasnému odhalení vznikajících poruch a možností plánování vhodných časů odstávek, což zabrání vzniku prostojů.

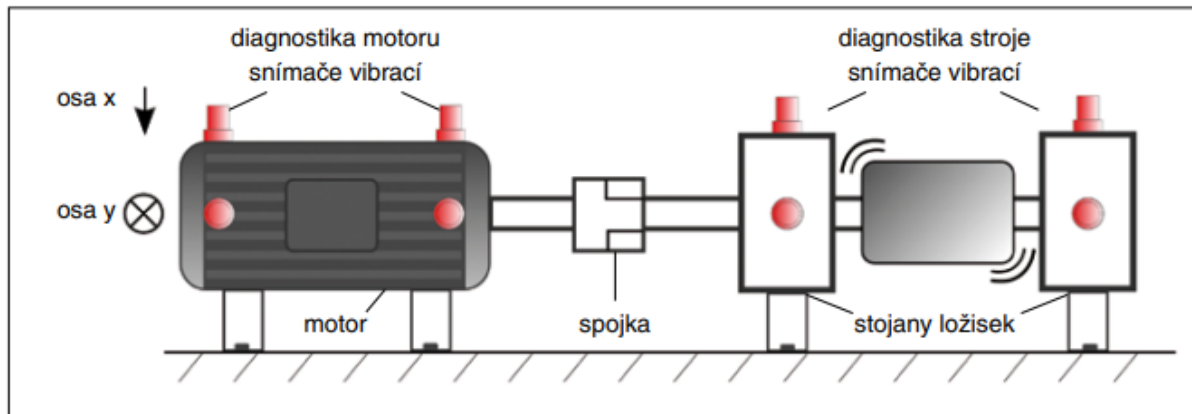
Existuje široká škála metod pro diagnostiku technického stavu strojních zařízení, přičemž každá metoda má své výhody, ale ne každá metoda je vhodná pro každé zařízení nebo pracovní režim. [5]

Vibrodiagnostika

Vibrodiagnostika neboli vibrační diagnostika se zabývá určováním stavu sledovaného objektu na základě měření a analýz vibrací. Vibrace jsou dynamický jev, při kterém hmotné body, případně celá tuhá tělesa vykonávají vratný pohyb okolo své klidové rovnovážné polohy.

Každé provozované zařízení je zdrojem vibrací, které nesou důležité informace o jeho stavu. Pro měření těchto vibrací se používají vibrometry nebo analyzátoři vibrací, které jsou umístěny na vhodném místě zařízení (Obr. 3) a měří vibrační signál. Naměřená data jsou následně vyhodnoceny a poté z nich lze získat informace o intenzitě vibrací a možných poruchách zařízení. Například nízké frekvence vibrací souvisí s celkovým stavem stroje, zatímco vysoké frekvence souvisí s poruchami ložisek a převodovek.

Tato metoda je používána ve většině případů u rotačních zařízení a mezi její výhody patří skutečnost, že vibrace obsahují maximum diagnostických informací a diagnostiku lze provádět přímo na místě, bez demontáže nebo zastavení stroje. [6,7,8]



Obr. 3: Příklad vhodného umístění snímačů při vibrodiagnostice rotačních strojů [6]

a) Tribotechnická diagnostika

Tribotechnická diagnostika je bezmontážní metoda technické diagnostiky, která využívá maziva jako nosiče diagnostických informací. Jejím hlavním úkolem je detekce, vyhodnocení a signalizace cizích látek v mazivu. Správnou interpretací výsledků z provedených testů je možné nejen včas identifikovat příznaky vznikajících poruch, ale také často i lokalizovat místo mechanického poškození.

Určování stupně opotřebení strojních zařízení se provádí, konkrétně jednotlivých třecích uzlů, pomocí analýzy obsahu otěrových kovů v mazivu. Při každodenním provozu zařízení dochází k postupnému opotřebování mazaných třecích uzlů. Pohybem oleje dochází k zachycování malých částic kovu, které se uvolňují a zůstávají v oleji ve formě suspenze. Následnou analýzou množství, velikosti a tvaru částic je možné získat představu o druhu opotřebení a technickém stavu třecích uzlů.

Vyhodnocením parametrů maziva jako je viskozita, kyselost, bod vzplanutí a obsah nečistot je možné sledovat změny kvality maziva. To umožňuje odhadnout jeho životnost a zjistit míru jeho znehodnocení způsobenou vnějšími nečistotami nebo tepelně-oxidačními procesy. Na základě určení životnosti maziva je možné stanovit optimální intervaly pro jeho výměnu, případně výměnu provádět po dosažení mezních hodnot. Tribodiagnostika má tedy dvě hlavní funkce:

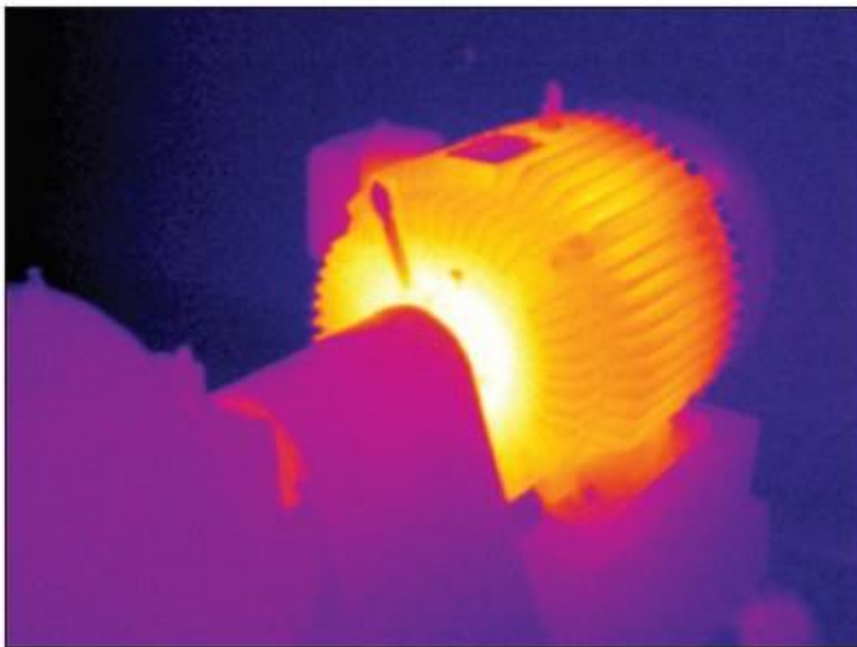
- sledování stavu opotřebení strojních součástí
- sledování degradace samostatného maziva [9]

b) Termodiagnostika

Termodiagnostika je nedestruktivní metoda monitorování technického stavu zařízení. Princip této metody spočívá ve snímání a vyhodnocování teplotního pole povrchu zkoumaného zařízení.

Pomocí teplotního pole je možné rychle identifikovat postupné a nežádoucí zvyšování teploty a odhalit mechanické nebo elektrické závady zařízení. Na základě dynamiky tepelných změn je možné predikovat, jak rychle by měla být provedena oprava. Díky tomu je možné jednoduše předvídat závady a načasovat opravy strojů do plánovaných odstávek, aby náhlé výpadky nezpůsobily finanční ztráty podniku. Hlavní výhodou této metody je její snadnost a rychlost, umožňuje tedy mít neustálý přehled o aktuálním stavu všech zařízení v provozu.

K měření teploty je možné použít dotykové i nedotykové metody měření. Dotykové metody používají pro získání teplotního pole tekutý krystal jako indikátor spolu se záznamy CCD kamery. Bezdotykové metody spočívají v měření povrchu zařízení pomocí termografických kamer, které využívají infračervené spektrum elektromagnetického záření v oblasti vlnových délek od 0,4 μm do 25 μm . [10,11]



Obr. 4 Kontrola ložisek motoru termokamerou [12]

c) Nedestruktivní defektoskopie

NDT neboli nedestruktivní defektoskopie nebo nedestruktivní zkoušení je důležitým nástrojem pro zabezpečování kvality ve výrobě i v provozu. Jejím hlavním cílem je odhalení povrchových a vnitřních vad, nežádoucích odchylek tvaru a struktur materiálu, aniž by došlo k jejich poškození. Přítomnost těchto vad může negativně ovlivnit životnost výrobků a konstrukcí.

Dosažení naprosté absence vad ve výrobním procesu je prakticky nemožné. Proto jsou v příslušných normách a předpisech stanoveny hranice, které určují přípustnost či nepřípustnost vad. NDT umožňuje identifikovat a klasifikovat tyto vady v souladu s normami a předpisy. Hlavní výhoda NDT spočívá v tom, že umožňuje provádět inspekce a diagnostiku bez poškození zkoumaných materiálů či součástí. Tím se minimalizuje riziko jejich degradace či znehodnocení. [13]

Dle [13] se ke kontrole materiálu a výrobků používají tyto nedestruktivní metody:

- vizuální metoda
- metoda prozařování
- ultrazvuková metoda
- magnetická metoda
- kapilární metoda

1.1.6 Ukazatelé spolehlivosti

Spolehlivost jako taková je poměrně komplexní vlastnost a není možné ji samostatně číselně vyjádřit. Místo toho se spolehlivost hodnotí pomocí tzv. ukazatelů spolehlivosti, které je možné individuálně vyhodnocovat. Všechny tyto ukazatele mají náhodný charakter a proto se pro jejich vyjádření a hodnocení spolehlivosti používají veličiny používané v pravděpodobnostním počtu. Mezi často využívané ukazatele spolehlivosti se řadí pravděpodobnost poruchy, pravděpodobnost bezporuchového provozu, intenzita poruch a střední doba bezporuchového provozu. [14]

Pravděpodobnost poruchy

Je předpoklad, že poruchy nastávají náhodně v čase. Pokud je čas poruchy $\xi \geq 0$, pak pravděpodobnost že porucha nastane v čase t označujeme jako $Q(t)$ a je definována jako distribuční funkce spojitě nezávislé veličiny ξ (času do poruchy objektu), čas t je měřen od uvedení objektu do provozu. Matematicky je definována vztahem (1) [15]

$$Q(t) = F(t) = P(\xi \leq t) \quad (1)$$

Pravděpodobnost bezporuchového provozu

Pravděpodobnost bezporuchového provozu $R(t)$ je doplnění pravděpodobnosti poruchy a matematicky je definována vztahem (2). [15]

$$R(t) = 1 - Q(t) \quad (2)$$

Hustota pravděpodobnosti poruchy

Hustota pravděpodobnosti poruchy je označována $f(t)$ a matematicky je dána vztahem (3) jako derivace distribuční funkce. [15]

$$f(t) = \frac{dF(t)}{dt} \quad (3)$$

Intenzita poruch

Jedním z v praxi nejpoužívanějších ukazatelů spolehlivosti je intenzita poruch λ . Matematicky je dána vztahem (4) jako poměr hustoty pravděpodobnosti poruchy a pravděpodobnosti bezporuchového provozu, za předpokladu, že funkce $f(t)$, $R(t)$ a $Q(t)$ jsou spojitě. [14]

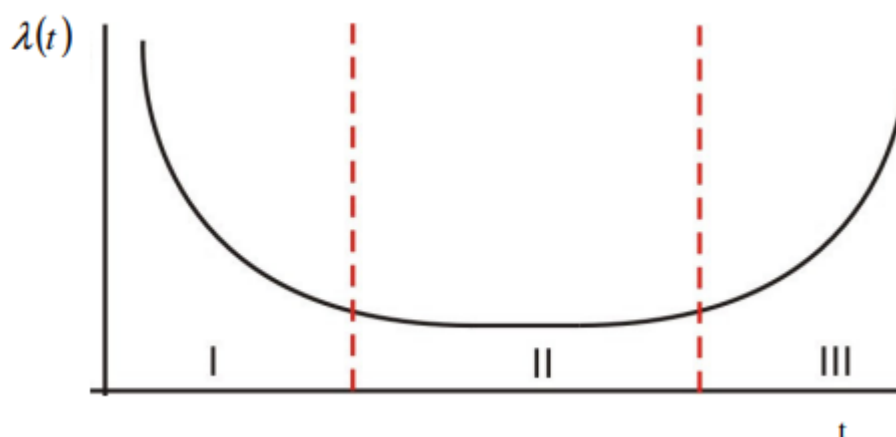
$$\lambda(t) = \frac{f(t)}{R(t)} = \frac{f(t)}{1 - Q(t)} \quad (4)$$

Typický tvar křivky závislosti intenzity poruch v čase je znázorněn na Obr. 5. Tato křivka je nazývána jako vanová křivka a je rozdělena na tři úseky.

V prvním úseku (I) je možné pozorovat postupný pokles intenzity poruch. Odpovídající časový interval je nazýván obdobím časných poruch (období záběhu, období počátečního provozu nebo období osvojování). Počáteční zvýšení intenzity poruch je v důsledku výrobních vad, nesprávné montáže, chyb při návrhu apod.

Druhý úsek (II) charakterizuje běžné používání již zaběhnutého zařízení. Případné poruchy jsou většinou zapříčiněny vnějšími příčinami, a ne opotřebením zařízení. Intenzita poruch je v tomto období přibližně konstantní. Odpovídající časový interval se nazývá obdobím normálního užití.

Ve třetím úseku (III) již začínají působit procesy stárnutí a opotřebením zařízení, v jejichž důsledku dochází ke zvýšení intenzity poruch. Odpovídající časový interval se nazývá obdobím poruch v důsledku stárnutí a opotřebením. [16]



Obr. 5: Průběh intenzity poruch v čase [16]

Střední doba bezporuchového provozu

Střední doba bezporuchového provozu je označována T_s resp. v mezinárodní literatuře bývá označována jako MTBF (Mean Time Between Failures), tedy střední doba mezi poruchami. Z matematického hlediska se jedná o střední hodnotu pravděpodobnosti bezporuchového provozu $R(t)$ a je definována následujícím vztahem (5). [14]

$$T_s = \int_0^{\infty} R(t) dt \tag{5}$$

1.2 Základní terminologie údržby

Účelem této kapitoly je definovat a popsat základní termíny používané při údržbě, případně při managementu údržby.

Údržba

Pojmem údržba se rozumí kombinace všech technických administrativních a manažerských činností během životního cyklu objektu, zaměřených na jeho zachování ve stavu, případně jeho navrácení do stavu, ve kterém je schopen nadále plnit požadovanou funkci. Součástí údržby může být i sledování a analýza stavu objektu.

Management údržby

Management údržby zahrnuje všechny manažerské činnosti, které určují požadavky, cíle, strategie a odpovědnosti údržby a jejich následnou aplikaci různými prostředky, jakými jsou například plánování údržby, řízení údržby, zlepšování činností údržby a jejich hospodárnost.

Strategie údržby

Strategie údržby je metoda managementu používaná k dosažení cílů údržby. Příkladem může být například outsourcing údržby nebo rozvržení zdrojů.

Cíle údržby

Cíle údržby jsou přiděleny a přijímány pro činnosti údržby. Mohou obsahovat charakteristiky jako je např. pohotovost, snížení nákladů, kvalita produktu, bezpečnost, ochrana životního prostředí nebo ochrana hodnoty majetku.

Plán údržby

Jedná se o strukturovaný a dokumentovaný soubor úkonů, do kterého jsou zahrnovány činnosti, postupy, zdroje a časové plánování nutné k provedení údržby.

Životní cyklus

Životní cyklus objektu je řada etap, kterými objekt prochází. Typický životní cyklus systému se skládá z pořízení objektu, provozu, údržby, modernizace, oficiálního vyřazení z provozu nebo vypořádání.

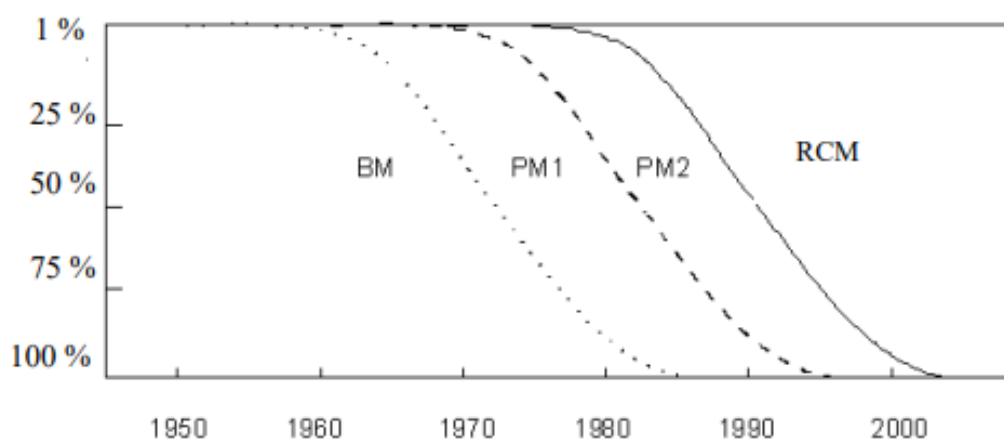
Provoz

Pojmem provoz se rozumí kombinace všech technických, administrativních a manažerských zásahů, které vedou k používání objektu. Provoz nezahrnuje zásahy údržby ani zásahy obsluhy provádějící běžnou údržbu. [3]

1.3 Historický vývoj údržby

Přestože měl člověk tendenci k základnímu pečování o své pracovní pomůcky už od dávné doby, za počátek moderních systémů údržby lze považovat průmyslovou revoluci a tedy vynalezení parního motoru.

Už při uvedení do provozu první parní lokomotivy vznikl problém s její údržbou. Systém údržby byl v té době poměrně jednoduchý, což nebylo způsobeno samotnou konstrukcí lokomotivy, ale omezeným poznáním vědy a techniky v daném oboru. Existovala silná vazba mezi vozidlem a jeho posádkou, která nejen řídila lokomotivu, ale také prováděla její údržbu. Tento systém měl určité výhody jako je například detailní znalost technického stavu stroje nebo potřeba malého počtu specializovaných pracovníků. To bylo však podmíněno nízkým stupněm provozu té doby. Dnes je tento systém obecně považován za zastaralý. [17,18] Obr. 6 popisuje schéma vzniku a zavádění vybraných systémů údržby, které budou dále popsány v kapitole 1.4.



Obr. 6: Schéma vzniku a zavádění systémů údržby [18]

- BM – údržba po poruše (Break – down Maintenance)
- PM1 – preventivní údržby (Preventive Maintenance)
- PM2 – Produktivní údržba (Productive (Maintenance)
- RCM – Údržba zaměřená na bezporuchovost (Reliability Centred Maintenance)

Dle [19] je možné historický vývoj systémů údržby rozdělit do tří generací:

První generace

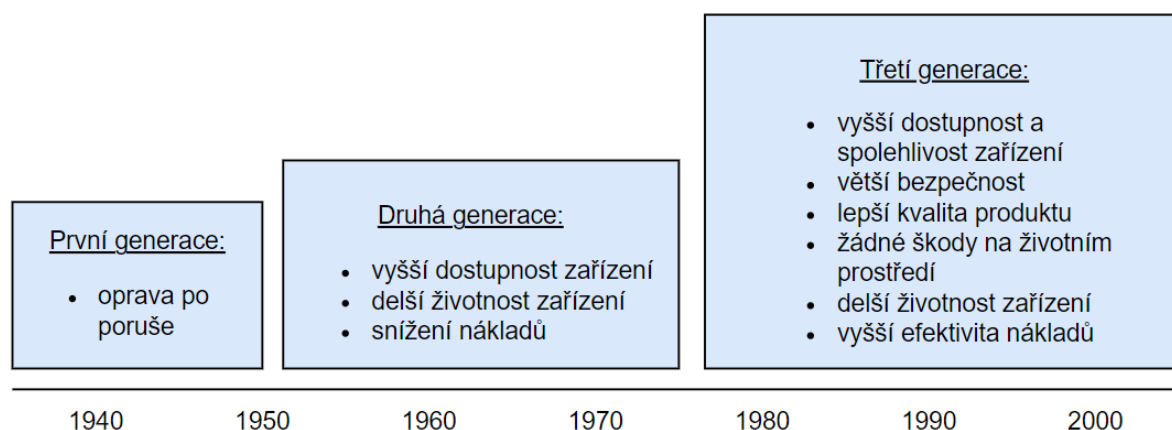
První generace systémů údržby pokrývá období do druhé světové války, kdy se průmysl vyznačoval nízkým stupněm mechanizace a výpadky produkce neměly takový význam, jako tomu je dnes. Následkem toho prevence poruch zařízení nebyla hlavní prioritou tehdejších manažerů. Zároveň samotná zařízení byla relativně jednoduchá, což přispívalo k jejich spolehlivosti a snadné opravitelnosti. V důsledku toho nebyla nutnost provádět komplexnější údržbu přesahující základní servis, čištění a mazání.

Druhá generace

Během druhé světové války došlo ke dramatickým změnám v průmyslu. Tlak válečného období zvýšil poptávku na zboží všeho druhu, zatímco průmyslová pracovní síla prudce klesla. To mělo za následek rozsáhlou mechanizaci průmyslu. S rozsáhlejší mechanizací rostl i význam výpadků produkce způsobených poruchami zařízení. To vedlo k myšlence, že poruchám zařízení by mělo být předcházeno, čímž vzniká pojem preventivní údržba.

Třetí generace

Třetí generace systémů údržby pokrývá období přibližně od poloviny 70. let minulého století. Podepsala se na ní zejména globalizace světové ekonomiky a rozvoj technických a informačních systémů. Tímto byl ovlivněn i proces změn v průmyslu, který nabral ještě většího rozpětí. To znamenalo zahrnutí výpočetní techniky i do procesů údržby, například při monitorování zařízení nebo při vyhodnocování jeho stavu diagnostickými zařízeními.



Obr. 7: Požadavky na systémy údržby jednotlivých generací [19]

1.4 Druhy systémů údržby

Z historického hlediska a s přihlédnutím k příčinám a jejich důsledkům lze identifikovat několik kritérií, podle kterých se systémy údržby člení a klasifikují. Většinou existuje shoda ve vymezení tří až čtyř základních vývojových stupňů těchto systémů. [20]

1.4.1 Údržba po poruše

„Údržba po poruše je dle ČSN EN 13306 definována jako údržba prováděná po zjištění poruchového stavu a zaměřená na obnovu objektu do stavu, ve kterém může vykonávat požadovanou funkci.“ [3]

Údržba po poruše je charakterizována minimálními náklady během provozu zařízení. Základní myšlenkou tohoto přístupu je předpoklad, že poruchy zařízení jsou nevyhnutelné a údržba se zaměřuje pouze na jejich následky. Následky se však projevují nejen okamžitě v podobě požadavku na opravu systému (výměna poškozených částí), tak i dlouhodobě v podobě odstávky zařízení a následného poklesu produkce. Tento způsob údržby po poruše tedy často vede k časovým ztrátám a vysokým nákladům, které zahrnují jak náklady na obnovu poškozeného zařízení, tak i ztráty způsobené výpadkem produkce. Je běžné, že tyto ztráty mohou být až mnohonásobkem samotných nákladů na opravu zařízení. Jak znázorňuje obrázek Obr. 8, veškeré náklady na údržbu jsou vynaloženy až po poruše.[20]

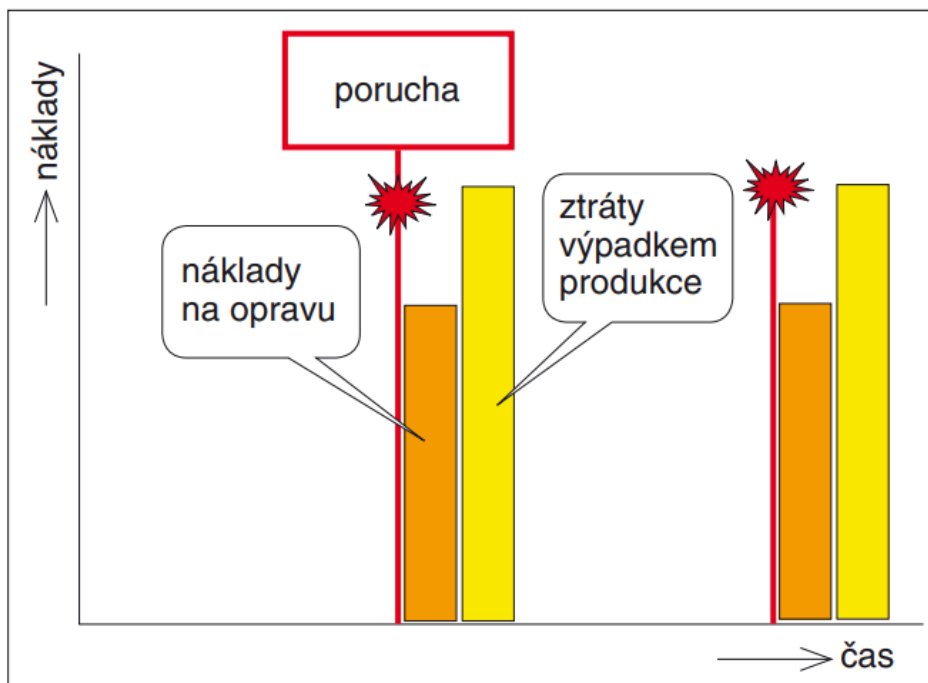
Dle normy ČSN EN 13306 existují dva typy údržby po poruše:

a) **Okamžitá údržba po poruše**

Okamžitá údržba po poruše je prováděna bezprostředně po detekci poruchového stavu objektu, aby nedošlo k případným ztrátám.

b) **Odložená údržba po poruše**

V případě odložené údržby po poruše nedochází k zásahu ihned po detekci poruchového stavu, ale odkládá se dle daných pravidel. [3]



Obr. 8: Schéma systému údržby po poruše [20]

1.4.2 Preventivní údržba

„Preventivní údržba je dle ČSN EN 13306 definována jako údržba prováděná se záměrem posoudit degradaci a/nebo zmírnit její následky a snížit pravděpodobnost poruchy objektu.“ [3]

Tento systém údržby se v současnosti ještě stále praktikuje. Je založen na obecné teorii spolehlivosti. Tato metoda stanovuje intervaly oprav a výměn klíčových prvků nebo uzlů systému na základě teoretické spolehlivosti a předpokládaných časových průběhů. Hlavní výhodou preventivní údržby je, že většině případů předchází poruchám. Pokud se však přece jen vyskytne porucha, její dopady a náklady na odstranění jsou zanedbatelné ve srovnání s předchozím přístupem. Nicméně je třeba počítat s vysokými náklady na plánované opravy a výměny podle stanoveného časového plánu. Tyto zásahy často zahrnují zbytečnou výměnu plně funkčních součástí systému, které jsou předem vyměněny z preventivních důvodů. Celkové náklady pak mírně klesají a jsou rovnoměrněji rozloženy v čase. [20]

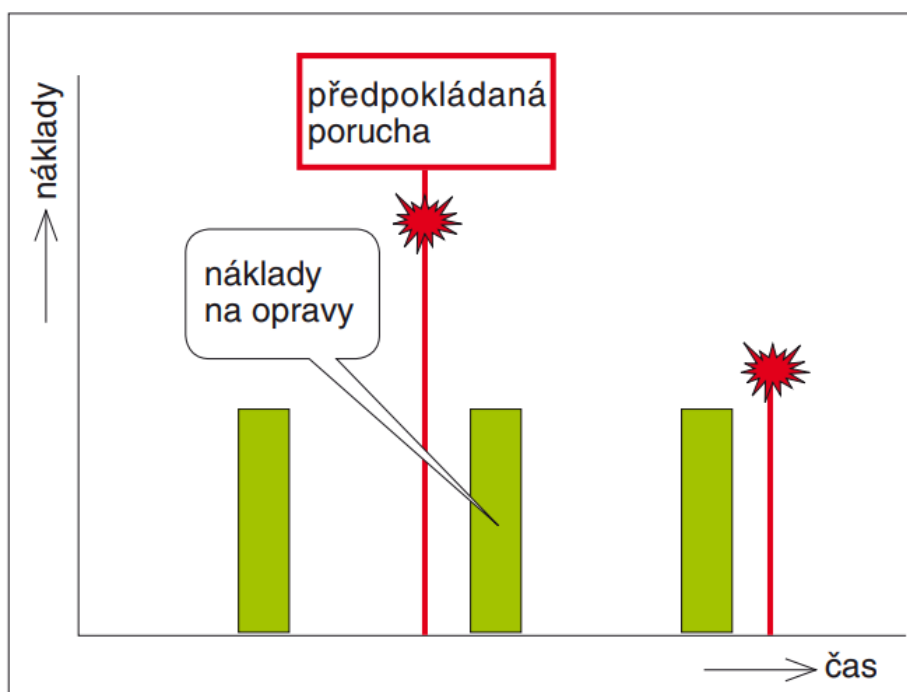
Dle normy ČSN EN 13306 se preventivní údržba dělí na:

a) **Údržba s předem stanovenými intervaly**

Jedná se o variantu preventivní údržby, která je prováděna bez předchozího zkoumání objektu v souladu se stanovenými časovými intervaly nebo stanoveným počtem jednotek používání. Časový interval nebo stanovený počet jednotek bývají stanoveny na základě znalosti mechanismů poruch objektu.

b) **Údržba podle stavu**

Údržba podle stavu je varianta preventivní údržby, při které dochází k posouzení technického stavu, analýze a případným následným zásahům údržby. Posuzování technického stavu může probíhat pomocí vícero mechanismů např. pozorováním obsluhy, inspekcí, nebo monitorováním parametrů systému.[3]



Obr. 9: Schéma systému preventivní údržby [20]

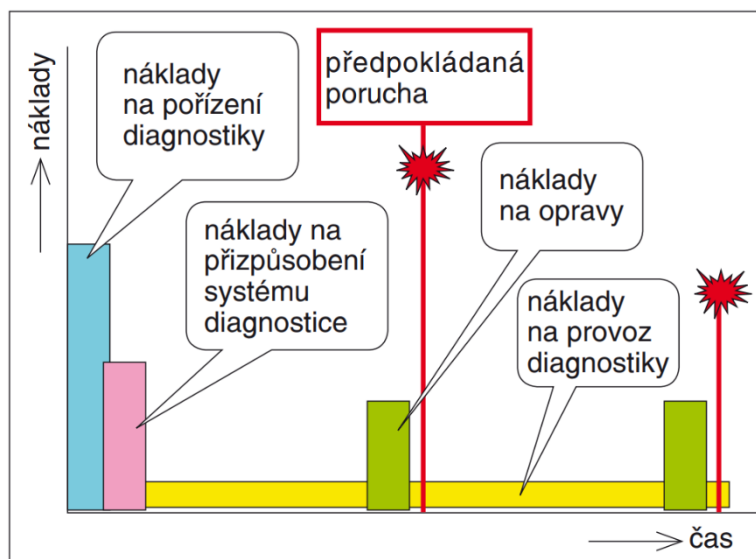
1.4.3 Prediktivní údržba

„Prediktivní údržba je dle ČSN EN 13306 definována jako údržba podle stavu prováděná na základě předpovědi odvozené zopakované analýzy nebo ze známých charakteristik a vyhodnocení významných parametrů degradace objektu.“ [3]

V důsledku rozvoje technické diagnostiky se v posledních desetiletích dostal do popředí moderní přístup k údržbě – prediktivní údržba. V rámci generací systémů údržby představuje současnou třetí generaci. Její hlavní přínos spočívá v tom, že opotřebované a ohrožené součásti nebo celé uzly jsou opravovány a vyměňovány v optimálním předstihu. Díky tomu se údržba zařízení provádí v optimální době, která je potřebná pro správné fungování systému. Údržba je konána dostatečnou časovou rezervou před vznikem poruchy nebo dosažením kritického stavu, ale již v okamžiku, kdy jsou součásti dostatečně opotřebované.

Díky tomuto přístupu jsou celkové náklady na samotnou údržbu mnohonásobně nižší než u předchozích metod. Díky předcházení poruchám jsou také minimální sekundární ztráty způsobené výpadkem výroby. Doba odstávky zařízení potřebná pro nutnou preventivní opravu je ve srovnání s údržbou po poruše zanedbatelná. Tento přístup lze již označit jako údržbu podle skutečného stavu zařízení.

Při zavádění prediktivní údržby jsou však nevyhnutelné narůstající počáteční náklady, především kvůli relativně vysokým pořizovacím cenám diagnostických systémů. Nicméně, průběžné náklady jsou ve srovnání s počátečními náklady již velmi nízké. Aby bylo možné správně stanovit vhodný okamžik pro údržbu, je nezbytné pravidelně monitorovat zařízení a na základě zjištěných provozních parametrů určit optimální časový bod pro provedení údržby. I když se diagnostické systémy přidávají do celkových nákladů (jsou zahrnuty v nákladech na údržbu), obvykle se vrátí v podobě úspor nákladů na odstranění následků poruchy nebo havárie, často i několikanásobně.[20]



Obr. 10: Schéma systému prediktivní údržby [20]

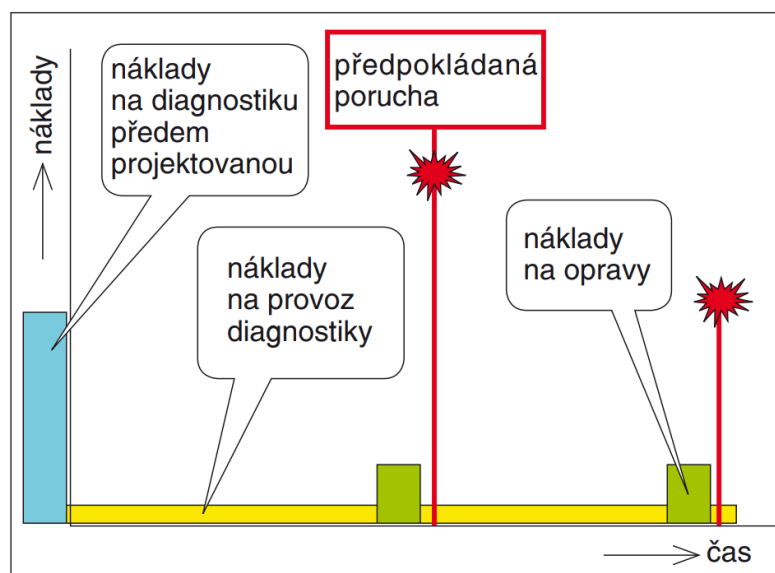
1.4.4 Proaktivní údržba

Proaktivní údržba je považována za další vývojovou úroveň v metodách údržby, avšak není jasné, zda by měla být označena jako nová, tedy čtvrtá generace údržby. Je pravděpodobnější, že tento typ údržby by měl být spíše hodnocen jako vylepšení předchozí třetí generace. Proaktivní údržba je v podstatě pokročilou formou prediktivní údržby, která rovněž vychází ze skutečného stavu provozovaného objektu.

Proaktivní varianta údržby staví na prediktivní údržbě a dále ji zdokonaluje, přičemž klíčovým prvkem je opět využití diagnostiky, která však bývá obvykle mnohem komplexnější. V moderních diagnostických systémech, které odpovídají potřebám proaktivní údržby, jsou kombinovány různé dosud relativně samostatné obory diagnostiky, aby bylo optimálně pokryto celé sledované zařízení.

Proaktivita se projevuje také tím, že nová zařízení jsou již navrhována s ohledem na snadnou implementaci diagnostiky. Při konstrukci stroje nebo zařízení se již počítá s možností připojení diagnostických systémů, umístěním senzorů a měřících bodů pro sledování vibrací, teploty, odběru vzorků maziv a dalších parametrů.

Použití proaktivní údržby výrazně snižuje náklady na zavedení diagnostických systémů pro periodické nebo trvalé sledování provozovaného zařízení. Dodatečná implementace diagnostiky na hotovém stroji není vždy jednoduchá a často vyžaduje úpravy, které se projeví vedlejšími náklady. Potřeba těchto úprav může také vést k dalším problémům a kompromisům. Proaktivní přístupy tomu předcházejí a umožňují použití předem stanovených optimálních metod diagnostiky s minimálním nárůstem nákladů. [20]



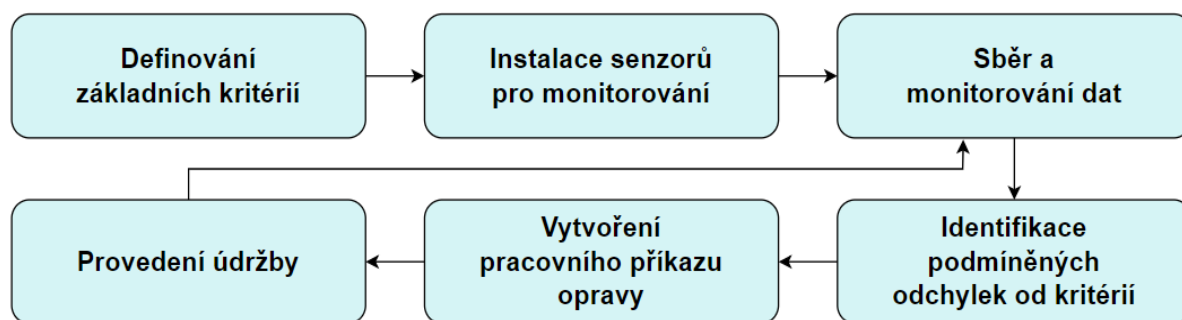
Obr. 11: Schéma systému proaktivní údržby [20]

1.5 Strategie řízení údržby

Strategie údržby se v během posledních padesáti let vyvíjela poměrně pomalu, zejména kvůli malému významu, který byl údržbě přikládán v průmyslových odvětvích ve srovnání s výrobními procesy. Během posledních dvou desetiletí se však začal zvyšovat význam údržby, což vedlo k postupnému přijímání různých strategií řízení údržby jako je například údržba založená na stavu (CBM), totální produktivní údržba (TPM) a údržba zaměřená na bezporuchovost (RCM).[21]

1.5.1 CBM

Údržba založená na stavu (CBM – Condition Based Maintenance) je strategie řízení údržby, při které se rozhoduje o opravě nebo výměně dílu na základě současného nebo budoucího stavu zařízení. Rozhoduje se na základě ukazatelů stavu zařízení, které mohou ukazovat klesající výkonnost zařízení, případně blížící se poruchu. Údaje o stavu zařízení lze shromažďovat buď v určitých intervalech nebo kontinuálně v případě, že je zařízení vybaveno interními snímači. [21, 22] Proces zavedení a fungování CBM je znázorněn na Obr. 12



Obr. 12: Pracovní postup při zavedení a fungování CBM [23]

1.5.2 TPM

Totální produktivní údržba (TPM – Total Productive Maintenance) je metoda strategie řízení údržby zaměřená na eliminaci hlavních faktorů výrobních ztrát. TPM se používá k optimalizaci preventivní údržby hlavně na základě výsledků a zkušeností získaných z provozu. Údržba je rozdělena do tří úrovní: první úroveň je nezávislá údržba prováděná obsluhou zařízení, druhá úroveň je prováděná pracovníky údržby a třetí úroveň je prováděná pracovníky výrobce. Cílem TPM je, aby pracovník cítil zodpovědnost za odvedenou práci na své úrovni a je tedy důležitá komunikace a vzájemné porozumění mezi všemi organizačními funkcemi.

Základní princip fungování metody TPM lze odvodit už ze samotného názvu, který se skládá ze tří slov:

- Totální – znamená zohlednění všech aspektů a zapojení všech osob od shora až dolů.
- Produktivní – znamená důraz na výrobu a minimalizaci potíží při výrobě.
- Údržba – znamená údržbu zařízení samostatně operátory výroby.

Úspěch této metody však je diskutabilní. Počet společností, které úspěšně zavedli metodu TPM je považován za relativně malý. Některé z významných problémů při zavádění TPM jsou kulturní odpor ke změnám, pouze částečná implementace TMP, příliš optimistická očekávání, nedostatek školení a vzdělávání a nedostatek organizační komunikace. [21,24]

1.5.3 RCM

Údržba zaměřená na bezporuchovost (RCM – Reliability Centered Maintenance) je strategie řízení údržby, která má za cíl dosažení požadované úrovně bezpečnosti a spolehlivosti zařízení a je navržena takovým způsobem, aby přispěla k celkovému zlepšení bezpečnosti, spolehlivosti a ekonomičnosti provozu. RCM se dá také popsat jako proces používaný k definici kroků, které je třeba učinit, aby bylo zajištěno, že jakákoliv fyzická část zařízení bude i nadále plnit funkci, pro kterou byla navržena za stávajících podmínek.

Princip metody RCM spočívá v těchto krocích:

- 1) definování hranic systému nebo subsystému
- 2) definování funkcí každého systému nebo subsystému
- 3) identifikování funkčně významných prvků
- 4) identifikování příslušných příčin poruch funkce funkčně významných prvků
- 5) předpověď následků těchto poruch a jejich výskytu
- 6) kategorizace následků poruch
- 7) identifikování použitelných a efektivních údržbářských zásahů
- 8) zavedení dynamického programu údržby, který vyplývá z rutinní a systematické aktualizace počátečního programu údržby a z jeho revizí pomocí sledování, sběru a analýzy dat z provozu. [21,25]

1.6 Plánování údržby

Plánování údržby je jedním z klíčových prvků v oblasti řízení údržby a je prováděno na třech různých úrovních: strategické, taktické a provozní plánování údržby. Na každé z těchto úrovní jsou vytyčeny určité cíle a činnosti, jimž se daná úroveň plánování věnuje. [26,27] Tab. 1 popisuje jednotlivé úrovně plánování údržby, jejich typické činnosti a časové období, které plány pokrývají.

Tab. 1: Tři úrovně plánování údržby [26]

Úroveň	Příklady činností	Časové období
Strategická	<ul style="list-style-type: none">rozpočtování údržbyzajištění personálu a fyzických zdrojů potřebných pro monitorování a opravy udržovaného zařízenísledování technologických změn a nového vývojezvažování ekonomických faktorů a investičních kritériírozhodování o vlastních kapacitách oproti outsourcingu různých funkcí	5-50 let
Taktická	<ul style="list-style-type: none">předpověď zatížení údržbyplánování kapacity údržbyanalýza shromážděných údajůmonitorování a kontrola provádění činností údržby	1-5 let
Provozní	<ul style="list-style-type: none">plánování pracovních příkazůrozvrhování údržbyprovádění každodenních činností údržbyurčování priorit pracíshromažďování příslušných údajů	1 den – 1 rok

1.6.1 Předpověď zatížení údržby

Zatížení údržby spadá do problematiky, kterou se zabývá plánování údržby na taktické úrovni a ukazuje objem prací, které jsou předpokládány v budoucnu. Je složeno ze dvou hlavních složek.

- Plánovaná údržba – zahrnuje všechny práce, které byly předem naplánovány a rozvrženy
- Neplánovaná údržba – zahrnuje všechny práce v důsledku nepředvídaných poruch a závad

U výrobků a zařízení je plánovaná údržba nejčastěji stanovena zásadami údržby doporučenými výrobcem. Neplánovaná údržba je závislá na stupni degradace, poruchovosti a na charakteristikách spolehlivosti. Existuje mnoho metod prognózování zatížení údržby a lze je obecně rozdělit na kvalitativní a kvantitativní. [26]

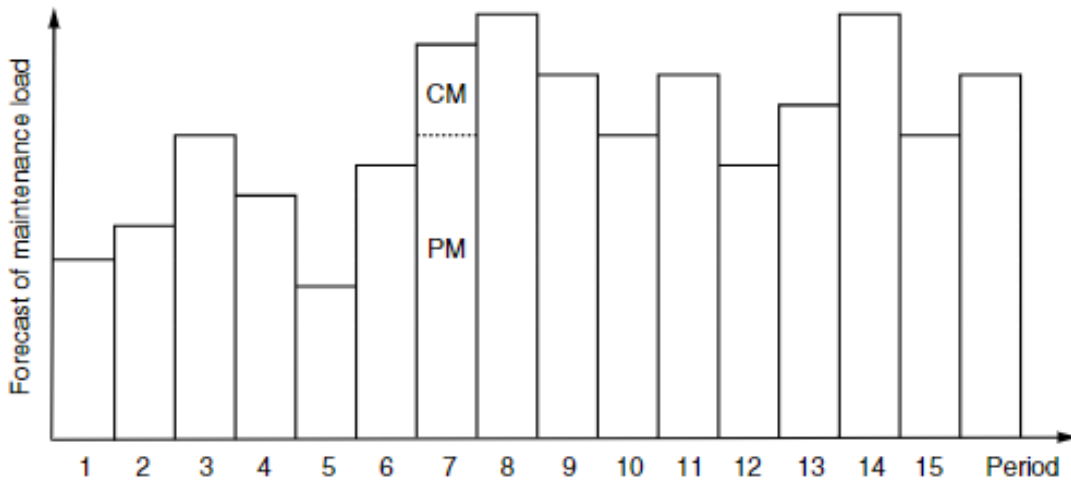
a) Kvalitativní metody

Jsou používány v případech, kdy není možné použít žádnou z kvantitativních metod v důsledku toho, že je k dispozici jen velmi omezené množství údajů pro hodnocení spolehlivosti nebo výkonnosti strojů a zařízení. Proto jsou prognózy vytvářeny skupinami odborníků s potřebnými znalostmi a zkušenostmi. Dvě běžně používané kvalitativní metody jsou následující:

- **Panelová shoda:** V tomto případě je prognóza vytvářena na základě průměrných odhadů skupiny odborníků. Spočívá v tom, že panel lidí z různých pozic je schopen vytvořit mnohem spolehlivější prognózu než užší skupina lidí. Panelové prognózy jsou výsledkem setkání s volnou výměnou názorů lidí ze všech úrovní řízení.
- **Metoda Delphi:** Při této metodě jsou odborníci individuálně dotazováni na jejich předpoklad budoucích událostí. Odborníci se v tomto případě nescházejí jako skupina, aby se snížila možnost, že dojde ke konsensu. Prognózy a doprovodné argumenty jsou shrnuty externí osobou a následně vráceny spolu s dalšími otázkami. Celý proces se opakuje, dokud není dosaženo konsensu. [26,28]

b) Kvantitativní metody Jsou založeny na dostupnosti historických dat strojů a zařízení. Četnost výskytu poruch udává očekávaný počet zásahů neplánované údržby na uvažované období. Poté je možné vypočítat celkové zatížení údržby součtem

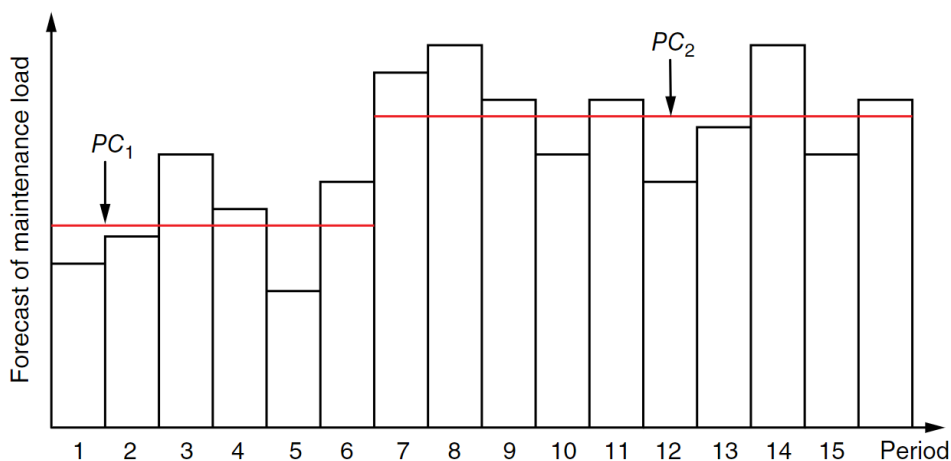
plánované a neplánované údržby v jednotlivém období. [26, 28] Na Obr. 13 je možné vidět typický graf prognózy zatížení údržby. *PM* označuje plánovanou údržbu a *CM* označuje údržbu neplánovanou.



Obr. 13: Předpověď zatížení údržby [26]

1.6.2 Plánování kapacit údržby

Plánování kapacit údržby je rovněž předmětem řešení na taktické úrovni plánování údržby. Účelem plánování kapacit údržby je najít způsob, jak vyhovět kolísající zátěži údržby v každém období. Toho se docílí stanovením, kolik kapacity údržby (normální pracovní doba, přesčas, subdodávky) by mělo být naplánováno, aby bylo možné zvládnout konkrétní zátěž údržby. Celý proces je možné demonstrovat na Obr. 14. V období 1-6 je plánovaná kapacita PC_1 a v následujících obdobích PC_2 . Je důležité si uvědomit skutečnost, že pokud zatížení údržby přesáhne plánovanou kapacitu, je nutné ji kompenzovat buď pomocí přesčasů nebo outsourcingem některých údržbových úkolů. [26,29]



Obr. 14 Plánování kapacity údržby [26]

Hlavním cílem kapacitního plánování je minimalizace celkových nákladů na práci a nevyřízené úkoly. Existuje mnoho přístupů k určení optimální kapacity, které lze obecně rozdělit na deterministické a stochastické.

a) Deterministický přístup

Běžný deterministický přístup spočívá ve formulování problému kapacity pracovních sil údržby jako matematického programu, který zpravidla obsahuje:

- Rozhodovací proměnné (počet pracovníků, přesčasových hodin atd.)
- Cílovou funkci (minimalizaci celkových nákladů na pracovní sílu)
- Omezení (rovnováha mezi zatížením údržby a velikost pracovní síly, omezení přesčasů a subdodávek)

b) Stochastický přístup

Stochastický přístup je v praxi používán poměrně zřídka, protože vyžaduje složité formulace a simulace pro provedení analýzy a optimalizace. Využívá principy teorie pravděpodobnosti. [26,29]

1.6.3 Plánování pracovních příkazů

Plánování pracovních příkazů je klíčovým krokem při přípravě údržbářských prací, aby mohly být v budoucnu provedeny účinným a efektivním způsobem. Osoba odpovědná za plánování údržby provádí podrobnou analýzu každého plánovaného zásahu údržby s cílem identifikovat a popsat práci, která má být provedena, stanovit pořadí úkolů, metodiku a potřebné zdroje.

Pro efektivní plánování je zapotřebí zkušeného personálu. Osoba odpovědná za plánování údržby by měla disponovat znalostí udržovaných technických objektů, znalostí nástrojů, technik plánování a metod analýzy dat a měla by mít dobré komunikační schopnosti.

Pro usnadnění této práce je stále více využíváno počítačových systémů řízení údržby CMMS. Tento systém umožňuje snadný a rychlý přístup ke všem potřebným informacím a pomáhá sbírat a analyzovat data, případně generovat různé zprávy. [26,30]

Výsledkem plánování pracovních příkazů je formulář pracovního příkazu, který může mít papírovou nebo elektronickou formu. Jeho hlavním účelem je poskytování potřebných informací týkajících se konkrétní práce požadované pro údržbu. Správně navržený formulář by měl obsahovat následující informace:

- informace o udržovaném objektu (inventární číslo, umístění)
- informace o požadované práci (popis, priorita)
- informace o potřebných zdrojích (odhadovaná délka trvání prací, počet potřebných techniků, minimální úroveň potřebných dovedností, náhradní díly, nástroje)
- informace o metodách, bezpečnostních postupech a technické informace (výkresy, příručky)
- informace potřebné pro správné řízení (skutečný vynaložený čas a použité náhradní díly, příčiny a důsledky poruch) [26,31]

1.7 Rozvrhování údržby

Zatímco plánování údržby se zabývá otázkou, kdo a jakým způsobem má provádět práce související s údržbou. Rozvrhování údržby se zabývá rozhodováním o tom, kdy mají být konkrétní úkoly údržby provedeny. Rozvrhování údržby je vždy specifické pro daný objekt, přičemž důležitá je interakce s výrobními/provozními odděleními. Je důležité přiřadit jednotlivým činnostem jejich důležitost, přičemž vždy mají přednost činnosti s nejvyšší prioritou a rozvrhují se jako první. Práce by měly být naplánovány takovým způsobem, aby měly co nejmenší dopad na provozní plán a aby zároveň optimalizovaly využití zdrojů údržby, zejména pracovních sil. [26,32,33]

Rozvrh údržby je možné vypracovávat v různých časových horizontech:

a) Dlouhodobý rozvrh údržby (od jednoho čtvrtletí do jednoho roku)

Hlavním účelem dlouhodobého rozvrhu údržby je dosažení vyváženosti mezi požadovanou údržbou a potřebnými zdroji během určitého časového období, porovnání těchto potřebných zdrojů s prostředky, které jsou v organizaci k dispozici a naplánování jejich včasného zajištění. Často používaný nástroj při tomto rozvrhování je MRP (Material Requirement Planning) což je metoda, která usnadňuje a zefektivňuje zajištění prostředků tím, že přesně plánuje jejich nákup, díky čemuž budou k dispozici v době, kdy je jich třeba v závislosti na rozvrhu údržby. [34,35]

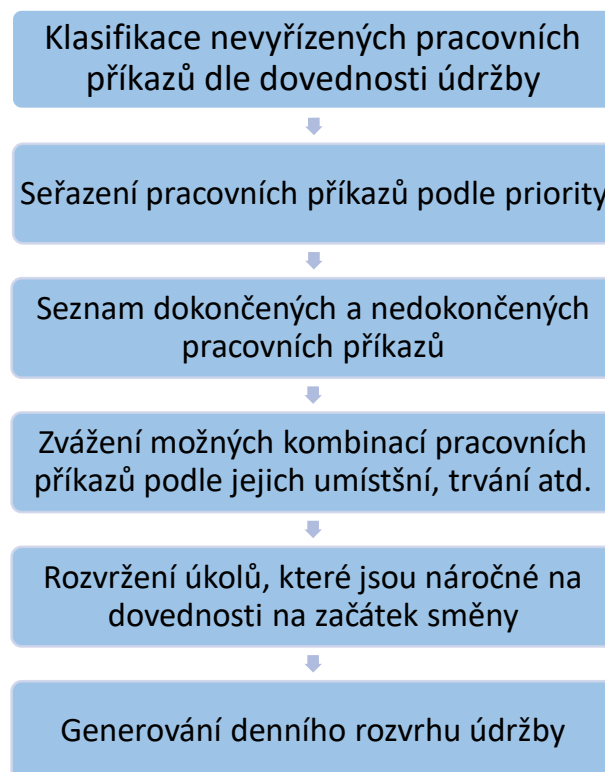
b) Týdenní rozvrh údržby

Týdenní rozvrh údržby je vytvářen nezávisle na dlouhodobém plánu údržby a zohledňuje aktuální plán výroby a příslušné ekonomické aspekty. Je důležité, aby byl rozvrh aktuální, proto bývá každý týden aktualizován. Pořadí úkolů údržby vychází z jejich priority. K tomuto rozvrhování se používají následující techniky. [34]

- CPM (Critical Path Method) – Je technika, při které se použitím síťového grafu zjistí očekávaná doba projektu a časové rezervy. Tyto údaje jsou užitečné při optimalizaci plánu projektu. [36]
- PERT (Program Evaluation and Review Technique) – Je jednou z běžných technik síťové analýzy. V podstatě se jedná o zobecněnou metodu CPM. Je vhodná pro plánování a řízení projektů, které mají stochastický charakter.[37]

c) Denní rozvrh údržby

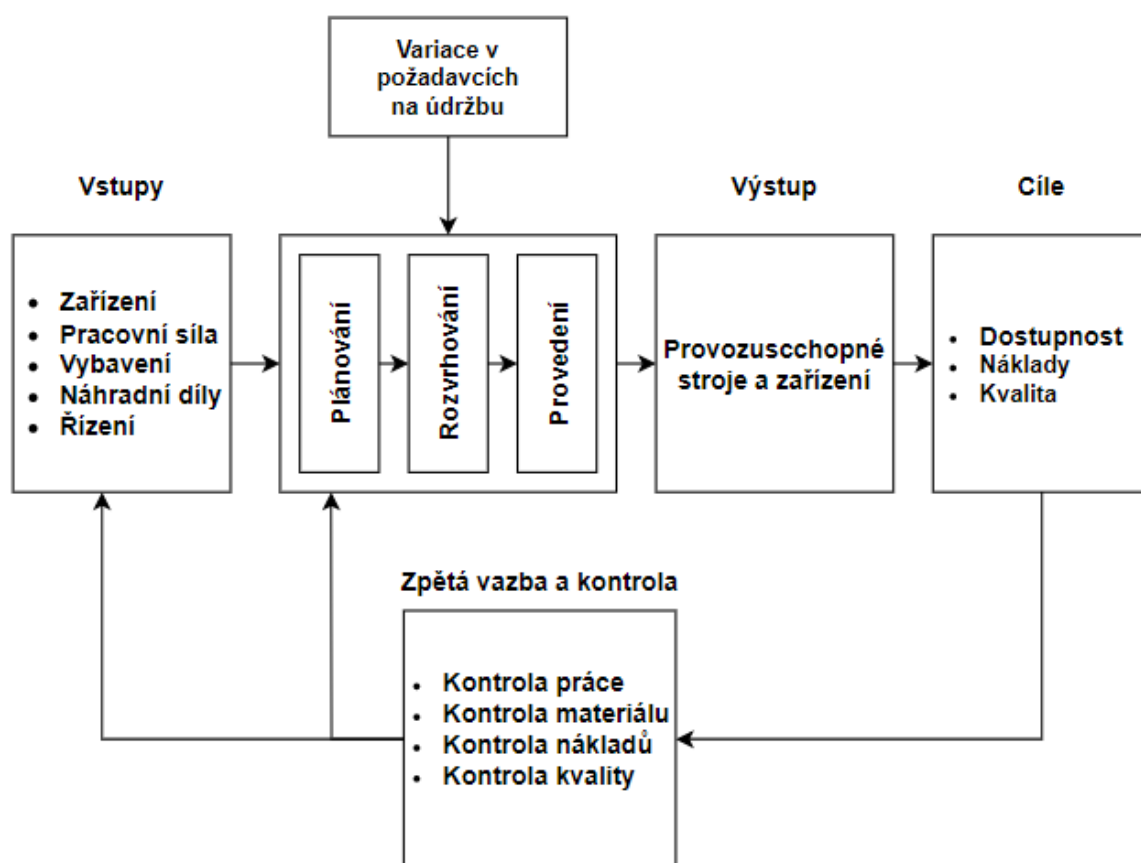
Denní rozvrh údržby je vytvářen nezávisle na týdenním rozvrhu, a to obvykle jeden den před vydáním úkolů údržby. Harmonogramy bývají často upravovány kvůli naléhavým úkolům nebo neočekávaným událostem. I když jsou jasně stanoveny priority pro plánování jednotlivých úkolů, je v praxi běžné, že odpovědnost za přidělování úkolů v souladu s těmito prioritami nese vedoucí údržby. [34] Na Obr. 15 je znázorněn postup při procesu denního rozvrhování.



Obr. 15: Proces denního rozvrhování [34]

1.8 Kontrola údržby

Systém údržby lze chápat jako jednoduchý systém, jehož součástí jsou určité vstupy a výstupy. Vstupy do systému mohou být: pracovní síla, selhávající zařízení, materiál, náhradní díly, nástroje, informace, zásady a postupy. Výstupem je provozuschopné a spolehlivé zařízení. Součástí systému je i soubor činností, mezi které patří plánování, rozvrhování, vlastní provedení prací údržby a kontrola. Zpětná vazba a kontrola je důležitou funkcí v tomto systému, jelikož ji lze využít ke zlepšení výkonnosti systému údržby, optimalizaci spolehlivosti zařízení a k dosažení optimálního využití zdrojů. [38] Systém údržby a proces kontroly údržby je znázorněn na Obr. 16



Obr. 16: Systém údržby a proces kontroly [38]

Dle [38] se kontrola údržby skládá z těchto hlavních prvků:

- Kontrola práce – zabývá se sledováním efektivity prováděných údržbářských prací
- Kontrola kvality – má dvě hlavní složky: vliv údržby na kvalitu podnikových výrobků nebo služeb a kvalita prováděných údržbářských prací
- Kontrola nákladů – je třeba měřit přímé i nepřímé náklady na údržbu, aby je bylo možné lépe kontrolovat

1.9 Budoucí vývoj údržby

Lze očekávat, že digitalizace a automatizace budou hrát v budoucnu klíčovou roli v oblasti podnikové údržby. Nasazování digitálních technologií do různých průmyslových oblastí má za cíl eliminovat pracné úkoly, optimalizovat plány údržby, zvýšit produktivitu a vytvářet bezpečnější pracovní prostředí.

Vize větší digitalizace a automatizace je poháněna rychlým rozvojem digitálních technologií. Exponenciální růst těchto technologií motivuje podniky držet krok s tímto tempem změn. Pro podniky je zásadní pochopit budoucí podobu podnikové údržby a přijmout opatření, která jim umožní plně využít výhody automatizace a digitalizace a zároveň se vyhnout jejich potencionálním rizikům. [39]

Na základě postupného zavádění digitálních technologií lze očekávat zásadní transformaci podnikové údržby v několika oblastech, včetně například:

a) Zvýšení proaktivní údržby s cílem zkrátit prostoje

Důležitost efektivity systému má dnes čím dál větší význam. Průmyslové organizace se budou stále více zaměřovat na proaktivní přístup k podnikové údržbě s cílem minimalizace prostojů, optimalizace plánování a zvýšení produktivity. Zvláště významným trendem bude princip prediktivní údržby. Průmyslové organizace již nebudou čekat na poruchy zařízení, spíše se budou snažit poruchy predikovat a včas jim zamezit, aby se vyhnuly neplánovaným odstávkám. [39]

b) Rostoucí kognitivní automatizace v systémech údržby

Neustálý rozvoj automatizace bude mít za následek, že činnosti údržby budou vysoce automatizované, a i samotné systémy údržby budou schopny samy diagnostikovat poruchy zařízení a zároveň budou poskytovat podněty k zadání příkazů, výměně komponent nebo k přivolání techniků pro konkrétní servisní úkoly v terénu.

Pro účely údržby se budou stále více využívat drony a roboti. Získají kognitivní schopnosti, které jim umožní lépe shromažďovat informace na základě kontextu a načasování úkolu údržby. Údržba a servisní činnosti tedy budou prováděny s minimálním zásahem člověka. Technici v oblasti údržby budou navíc schopni analyzovat mnohem více dat o zařízeních, včetně digitálních dvojčat procesů údržby, která umožňují simulovat provoz zařízení. [39]

c) Přijetí zásad preskriptivní údržby

Vývoj v oblasti podnikové údržby směřuje k většímu využití nástrojů umělé inteligence a kognitivní analýzy dat. To tvoří základ pro přístup k údržbě zvanému "preskriptivní údržba". Systémy preskriptivní údržby budou pracovníkům poskytovat pokyny k provedení činností pouze v případech, kdy je to skutečně potřeba.

Preskriptivní údržba představuje další pokrok oproti prediktivní údržbě, jelikož nejen předpovídá, ale také poskytuje informace o tom, jak poruchu oddálit, případně zcela odstranit. Na základě těchto znalostí systémy preskriptivní údržby doporučí nejlepší možnost opravy vzhledem k technickému stavu zařízení.

Díky pokročilým algoritmům jsou systémy preskriptivní údržby schopny analyzovat historická data, vyhledávat různé provozní stavy, extrahovat vzory a extrapolovat data, aby vytvořily hypotetické provozní scénáře. Tím umožňují simulaci kaskády účinků a důsledků malých úprav průmyslových procesů. Modely preskriptivní údržby tak umožňují provádět nákladné a riskantní experimenty v bezpečném prostředí počítačové simulace. [39,40]

d) Začlenění ekologičtějších přístupů k údržbě

Výzkum a vývoj v oblasti údržby v posledních letech přináší nové technologie, ekologické a udržitelné produkty a vylepšené postupy, díky čemuž se mění pohled na průmyslovou údržbu. Průmyslové organizace si stále více uvědomují výzvy spojené s klimatickými změnami a začínají integrovat ekologické iniciativy a udržitelnost do svého provozního modelu.

Udržitelnost a ekologičnost přináší řadu výhod jako je konkurenční výhoda a lepší image značky. Organizace jsou tedy stále více uvědomělé a ochotněji investují do výrobků a služeb, které jsou ekologicky šetrné. To vytváří příležitost pro průmyslovou údržbu, která je často spojována se škodlivými vlivy na životní prostředí. [41]

Dle [41] Existuje několik způsobů, jak dosáhnout ekologičtějších postupů průmyslové údržby:

- přechod z rozpouštědel na odmašťovadla na vodní bázi
- snížení plýtvání zdroji pomocí dávkovacích systémů
- lepší ovládání systému vytápění, větrání a klimatizace
- recyklace odpadního materiálu
- zavedení dlouhodobých změn k dosažení ekologických cílů

2 Procesy údržby ve strojírenském podniku

Prvním krokem praktické části této práce bude představení modelové společnosti a zmapování stávajících procesů údržby. Cílem této části je systematicky prozkoumat stávající procesy údržby a odhalit případné nedokonalosti těchto procesů, které mají za následek následné neefektivní provádění údržby.

2.1 Představení společnosti P-D Refractories CZ a.s.

Společnost P-D Refractories CZ a.s. je součástí koncernu P-D Group, pod něhož spadají celkem tyto tři skupiny:

- P-D Refractories (žárovzdorná výroba)
- P-D FibreGlass Group (výroba a zpracování skleněných vláken)
- P-D Services (servis a ochrana životního prostředí)

P-D Refractories CZ a.s. je v současnosti jedním z lídrů na evropském trhu v oblasti výroby a distribuce žárovzdorných materiálů jako jsou například magnéziové kameny, magnéziové zirkonové kameny, spinelové kameny, dinasové kameny, šamotové kameny, bazické kameny, zirkonové kameny a další. Většina výrobků je vyráběna na základě objednávek, avšak v určité míře jsou výrobky vyráběny i na sklad. V reakci na aktuální podmínky trhu se rozsah dodávek průběžně přizpůsobuje a aktuálně zahrnuje více než 16 000 různých produktů.

Společnost v rámci České republiky provozuje celkem tři závody. První a v současnosti největší závod byl postaven v roce 1892 ve Velkých Opatovicích a byl zaměřený na výrobu šamotových výrobků. Dnes se zde nachází sídlo společnosti i výroba tvarových kamenů pomocí vibrolití, výroba komínových vložek, žárovzdorných tmelů, betonů a akumulčních kamenů do kamen. Druhý závod, na který je zaměřena tato práce, se nachází ve Svitavách (Obr. 17), tento závod byl postaven mezi lety 1981 a 1985 za účelem výroby základního žárovzdorného materiálu – dinasu. Dinas Svitavy vyrábí dinasové kameny pro metalurgii (Obr. 18, Obr. 19), koksárenské pece a sklářský průmysl a dodává je zákazníkům po celém světě. Kromě dinasu produkuje závod také keramické komínové vložky. Třetí závod se nachází v Březině a slouží k těžbě jílu a jeho následnému vypalování na šamot.[42]



Obr. 17: Svitavský výrobní závod [42]

2.2 Analýza procesů údržby ve společnosti

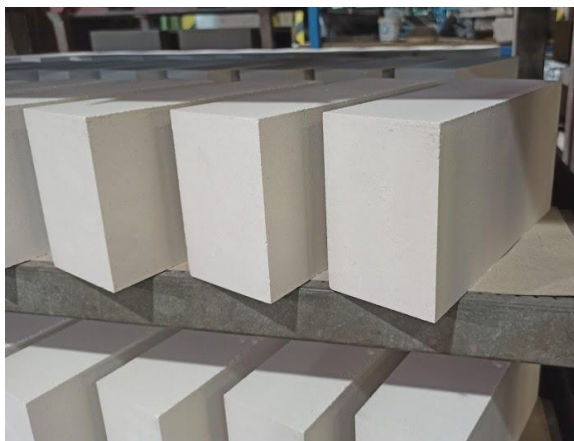
V této kapitole budou zanalyzovány stávající procesy údržby ve společnosti. Analýza proběhla ve spolupráci s oddělením údržby. Celkové shrnutí analýzy současného stavu údržby bude vyjádřeno prostřednictvím SWOT analýzy, která identifikuje pozitivní a negativní charakteristiky údržby ve společnosti.

2.2.1 Výrobní technologie

V této kapitole budou stručně charakterizovány technologie výroby žáruvzdorných materiálů používaných ve společnosti i dalších technologie, které jsou ve společnosti používány například pro výrobu kovových forem.

Celý proces výroby žáruvzdorných materiálů začíná ve skladu výchozích surovin, jimiž jsou jíla, ostřivo a recyklát. Ze skladu jsou tyto vstupní suroviny dopravovány pomocí jeřábu a dopravníku do přípravny, kde dochází k jejich rozmělnění pomocí dvou drtičů. Po rozmělnění směs putuje do mísiče, kde po přidání vody a dalších aditiv již získá své finální vlastnosti. Následně je směs tvarována v závislosti na produktové řadě konkrétního výrobku. Svitavský závod využívá pro tvarování technologie hydraulického lisování a kontinuálního extrudování. Aplikací těchto metod sice dostane výrobek svůj finální tvar, ale ne svoje finální vlastnosti. Těch je dosaženo až po sušení a následném vypalování materiálu ve vysokoteplotních tunelových pecích. Do sušáren jsou výrobky dopravovány pomocí sušárenských vozů, ze kterých jsou následně překládány na vozy pecní.

Společnost rovněž vyrábí kovové formy pro žáruvzdornou keramiku využitím celé řady technologií jako je klasické frézování, CNC 3D frézování, tvarové a rovinné broušení a pro dělení materiálu se používá pásová pila, elektroerozivní obrábění (drátořez), pálicí automat a vodní paprsek.



Obr. 18: Příklad lehčených dinasových kamenů



Obr. 19: Příklad tvarových hutných dinasových kamenů

2.2.2 Strojní vybavení

Je důležité si uvědomit, na jak velkou množinu zařízení je aplikován stávající systém údržby. V této kapitole budou představeny typy zařízení, které jsou společností provozovány a udržovány.

Příklady udržovaných zařízení

Ve společnosti je provozováno a udržováno stovky různých zařízení, která jsou důležitá pro její každodenní chod. Bohužel dodnes není znám jejich přesný počet. Jejich počet se v průběhu času mění v důsledku obnovování, doplňování nebo odstraňování starších zařízení.

Typickým příkladem udržovaných zařízení jsou různé druhy motorů a převodovek od široké škály výrobců. V podniku jsou provozována jak nová zařízení, tak i zařízení stará desítky let, která dnes již nejsou na trhu dostupná a výrobcem podporovaná. To ve velké míře komplikuje jejich údržbu, protože je obtížné shánět vhodné náhradní díly, a i jejich technická podpora je značně omezená.

Dalším příkladem udržovaného zařízení jsou lisy. Společnost provozuje hydraulické lisy značky SGP (Obr. 20), Sacmi a Horn a šnekové lisy značky Griesse a Händle (Obr. 21). Poměrně problematické z hlediska údržby jsou lisy SGP, které mají časté opakující se poruchy jako jsou úniky oleje a potřeba výměny hydraulických prvků. Z důvodu časové vytíženosti mají pracovníci údržby často omezenou možnost se věnovat opakujícím se poruchám. Místo dlouhého hledání a řešení příčiny poruchy ve většině případů dochází pouze k výměně poškozeného dílu a pokračování v provozu.

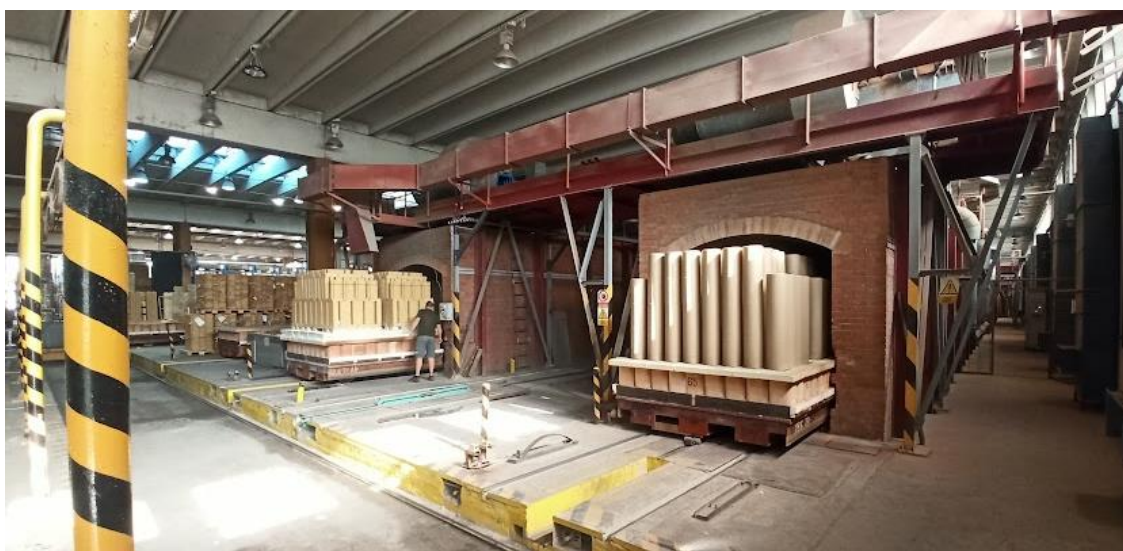


Obr. 20: Hydraulický lis SGP



Obr. 21: Šnekový lis Händle

Dalším důležitým prvkem, který je třeba udržovat jsou dvě tunelové pece (Obr. 22), tři tunelové předehřívárny a vozokomorové předehřívárny. Tyto zařízení mají rovněž velké množství opakujících se poruch, nicméně stejně jako v případě lisů pracovníci údržby nemají časový prostor pro zdlouhavé hledání jejich příčin.



Obr. 22: Tunelové pece s pecními vozy

Dále jsou udržovány drtící zařízení (Obr. 23), mísiče, dieselové agregáty, pecní a sušárenské vozy, rozvody všeho druhu, dopravníky, kompresory, obráběcí stroje, olejové hospodářství a běžná infrastruktura jako je osvětlení, rozvody vody a kanalizace.

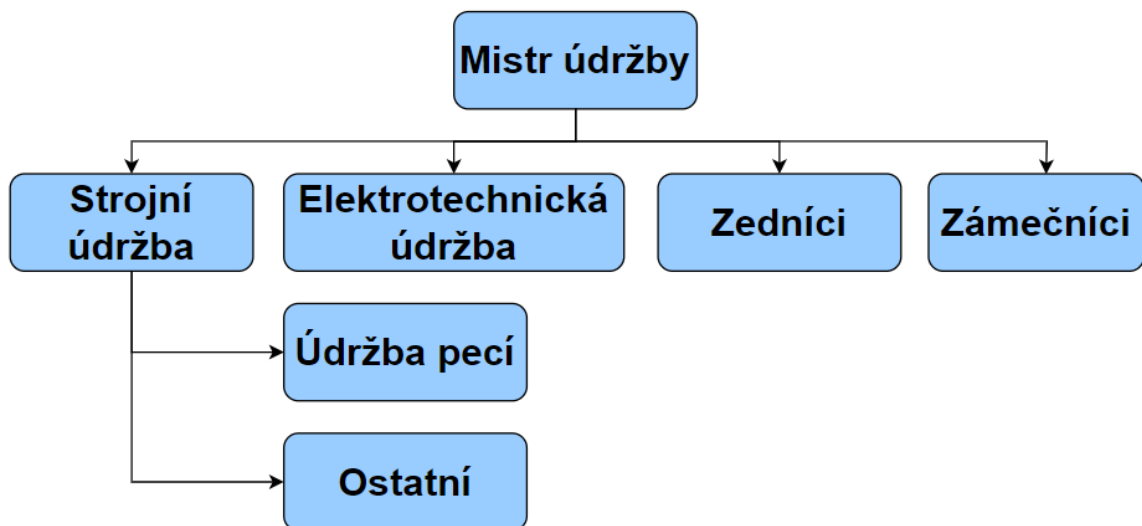


Obr. 23: Drtící linka

2.2.3 Organizační uspořádání oddělení údržby

V čele hierarchie údržby v podniku stojí mistr údržby. Jeho náplní práce je plánování úkolů a směn, zajištění dostupnosti náhradních dílů a někdy i samotné provádění údržbářských prací. Dále dohlíží nad činností strojních údržbářů a zámečnicků, jejichž celkový počet je deset a nad činností elektrotechnických údržbářů, kterých je celkem rovněž deset. Dohlíží i nad činností zedníků, kteří mají na starosti opravy sušárenských a pecních vozů. Údržbu všech zařízení v rámci celého podniku má na starosti celkem 23 pracovníků.

Dva pracovníci strojní údržby jsou označováni jako údržba pecí a věnují se pouze poruchám tunelových pecí, sušáren a předehříváren. Zbylí strojní údržbáři se věnují ostatním zařízením. Ti, kteří chodí na dvanáctihodinové směny mají mezi sebou stanovenou funkci provozního údržbáře, která po nich postupně rotuje. Úkolem provozního údržbáře je zajištění plynulého provozu, a tedy řešení případných poruch zařízení. Ostatní pracovníci, kteří chodí pouze na ranní směny se primárně věnují dlouhodobým opravám, preventivní údržbě, výrobě spotřebních dílů nebo pomáhají řešit poruchy provoznímu údržbáři, pokud jich je nahlášeno více najednou.



Obr. 24: Organizační uspořádání údržby

2.2.4 Metody údržby ve společnosti

V této kapitole budou charakterizovány procesy plánované a neplánované údržby ve společnosti. Cílem bude nalezení případných nedostatků v těchto procesech a možnosti dopadů těchto nedostatků na spolehlivost, bezpečnost a ekonomické aspekty provozu.

Plánovaná údržba

Stávající systém plánované údržby závisí na znalostech pracovníků údržby. Pracovníci údržby vědí, která zařízení mají být pravidelně udržována, vědí i veškeré činnosti, které preventivní údržba na oněch zařízeních zahrnuje, i jejich periody. V současnosti však neexistuje žádný dokument, který by všechny tyto znalosti sumarizoval. To značně ztěžuje zaučení případných nových pracovníků údržby. Pravidelná preventivní údržba některého zařízení může být opomenuta ať už vlivem lidské chyby nebo chybě v komunikaci. Taková zařízení pak mohou být mnohem náchylnější k náhlým poruchám a mohou se předčasně opotřebit a snížit tak svou životnost. Častým výskytem poruch dochází rovněž k nestabilitě výrobního procesu a ke snížení celkové produktivity. Často nastává stav, kdy vlivem velké časové vytíženosti pracovníků údržby, kteří se primárně věnují opravám poruch, je nutné plánovanou preventivní údržbu vykonávat buď pouze v mezičasech nebo ji odkládat na později, a to základě pokynů od vedoucího oddělení údržby. Typické činnosti plánované preventivní údržby jsou preventivní mazání lisů a ložisek.

Vedoucí oddělení údržby přiřazuje jednotlivým činnostem konkrétní pracovníky údržby s ohledem na jejich zkušenost a kvalifikaci a na základě jejich časové vytíženosti na konkrétní směně. Pokud na směně není vedoucí údržby k dispozici, tak si činnosti plánují sami údržbáři na základě jejich interní domluvy. Provedené zásahy si každý údržbář eviduje sám ve svém výkazu práce vždy na konci směny. Výkaz práce je veden papírovou formou.

Součástí plánované údržby je i autonomní údržba. Na každém typu zařízení se provádí v jiné míře. I když by měla tyto činnosti provádět obsluha daného zařízení, prakticky kromě automatických linek jsou tyto činnosti prováděny pracovníky údržby.

Neplánovaná údržba

Neplánovaná údržba, tedy všechny práce prováděné v důsledku nepředvídaných poruch a závad, funguje tak, že pokud je obsluhou zařízení detekována porucha, tak má několik možností, jak dále postupovat. První možností je opustit své stanoviště a vyhledat pracovníka údržby a informovat ho o poruše. Druhá možnost je zavolat na služební telefon daného útvaru, který má konkrétní zařízení na starost (strojní údržba, údržba pecí, elektroúdržba). Ve většině případů se však kontaktuje pouze strojní údržba, která poruchu identifikuje a pokud vyhodnotí, že je pro opravu zařízení potřeba zásahu i jiného útvaru údržby, kontaktuje jej už samotný strojní údržbář, který poruchu identifikoval. Pokud obsluha zařízení vyhodnotí, že porucha zařízení je kritická, kontaktuje přímo vedoucího údržby, který opět určí konkrétního údržbáře, který se má poruchou zabývat na základě jeho zkušeností a časového vytížení. Třetí možností je informovat mistra výroby, který poté následně informuje oddělení údržby o probíhající poruše.

Tím, že proces nahlášení poruch není jasně a srozumitelně definován, dochází k vytváření nejistot v tom, jak a komu má obsluha zařízení poruchy nahlášovat. Pokud obsluha zařízení zvolí například první možnost nahlášení poruchy, může tím poměrně prodloužit celý proces opravy. Může samozřejmě docházet i ke ztrátám důležitých informací o poruchách, což komplikuje následnou analýzu a identifikaci opakujících se poruch. Nedefinovaný proces nahlášení poruch způsobuje i komunikační problémy mezi jednotlivými odděleními a pokud není jasné, jaké informace by měli být zahrnuty v hlášení o poruše, může dojít k nesprávné interpretaci informací na straně údržby a k neúplnému vyřešení problému.

Pokud nastane situace, kdy je vlivem poruchy vícero zařízení mimo provoz, vedoucí údržby nebo samotní údržbáři na základě zkušeností rozhodnou, které zařízení má v tu chvíli přednost na opravu poruchy. Ve většině případů se rozhodují správně a náklady na odstávky nejsou tak vysoké, jako by tomu mohlo být, pokud by taková rozhodnutí dělal buď nový nebo ne tak zkušený pracovník. V důsledku nedostatku časového prostoru není realizována žádná složitější kalkulace nákladů na odstávku. Taková kalkulace by výrazně usnadnila rozhodování o tom, jaké zařízení má v danou chvíli prioritu pro provedení opravy.

Provedené zásahy neplánované údržby si stejně jako v případě plánované údržby evidují samotní údržbáři prostřednictvím svého výkazu práce, který má papírovou formu.

2.2.5 Stávající nástroje údržby ve společnosti

V této kapitole budou charakterizovány stávající nástroje údržby používané ve společnosti. Konkrétně budou popsány nástroje pro zaznamenávání provedené údržby, nástroje pro diagnostikování stavu zařízení a nástroje pro rozvrhování a kontrolu údržby.

Forma zaznamenávání údržby

V současnosti je ve společnosti P-D Refractories CZ a.s. využíváno několika druhů údržby strojů a zařízení, které byly popsány v kapitole 2.2.4. Nezanedbatelným prvkem, který mají tyto metody společný je forma jejich zaznamenávání. Bohužel je většina relevantních záznamů týkajících se evidence provedené údržby vedena papírovou formou. Tento způsob vedení záznamů o provedené údržbě s sebou přináší řadu nevýhod. Papírové záznamy jsou obecně náchylné k poškození nebo ztrátě, což vede k nedostatečnému nebo nepřesnému záznamu o provedených činnostech a opravách. Při používání papírových záznamů je rovněž obtížné sdílení informací s ostatními pracovníky údržby, vedoucími a případně i dalšími odděleními, jelikož přenos informací vyžaduje fyzický přístup k dokumentům. Organizace, vyhledávání a analýza dat jsou tak časově velmi náročné, neefektivní a brání v optimalizaci procesů údržby jako celku. Vzhledem k pokročilé automatizaci a digitalizaci dnešní doby by i řešením těchto nedostatků byla celková digitalizace těchto záznamů, například pomocí specializovaných softwarových systémů pro správu údržby. Nejde pouze jen o otázku nahrazení papírových záznamů o provedené údržbě, ale o digitalizaci procesů údržby obecně. To s sebou přináší mnoho dalších výhod a má pozitivní vliv na provozuschopnost výrobních zařízení a tím i na celkovou konkurenceschopnost společnosti.

Technická diagnostika

V současnosti je využití technické diagnostiky pro účely údržby pouze v malém měřítku – v rámci jednotek zařízení. Konkrétně snímání teploty ložisek na automatické výrobní lince komínových vložek. Do budoucna je však uvažováno o frekvenční analýze, akustickém snímání pomocí kamery a o instalaci akcelerometrů na stěžejní převodovky ložiska.

Rozvrhování údržby

Aktuálně se neprovádí rozvrhování údržby způsobem, který je popsán v kapitole 1.7. Vedoucí údržby vždy rozepisuje konkrétní pracovníky na směny a sepíše seznam činností, které mají za daný den/týden stihnout. Pro případ, kdyby došlo k nějakým změnám či aktualizacím v plánu činností, vedoucí údržby osobně rozdává každé ráno před směnou úkoly, které mají daný den stihnout.

Kontrola údržby

V současnosti není prováděna komplexnější kontrola provedených údržbářských prací v důsledku nedostatku času. Mistr údržby pouze během dne dotazuje pracovníky, zda vykonali práci, kterou měli na konkrétní směně vykonat. Určitá forma komplexnější kontroly se provádí pouze v případě, pokud například přijde stížnost na nedostatečnou kvalitu provedené práce. Nedostatečná zpětná kontrola údržby může mít vliv na celkovou kvalitu prováděných prací, protože případné nedostatky a chyby zůstávají neodhaleny. Práce rovněž mohou být naplánovány a prováděny z hlediska času a nákladů neefektivně, což ve výsledku může mít dopad na celkovou výkonnost údržby.

2.3 SWOT analýza údržby ve společnosti

Na základě analýzy současného stavu procesů údržby ve společnosti byla provedena SWOT analýza. SWOT analýzou byly identifikovány silné a slabé stránky, příležitosti a hrozby ve společnosti související s údržbou zařízení.

Tab. 2: SWOT analýza údržby ve společnosti

SWOT analýza		
Vnitřní vlivy	Strenghts – silné stránky	Weaknesses – slabé stránky
	<ul style="list-style-type: none"> • Kvalifikovaný personál • Podpora vedení firmy • Přátelské pracovní prostředí 	<ul style="list-style-type: none"> • Absence postupů • Stávající nástroje údržby • Nejasná komunikace mezi odděleními • Nízký počet pracovníků vzhledem k množině udržovaných zařízení • Nedefinovaná plánovaná údržba
Vnější vlivy	Opportunities – příležitosti	Threats – hrozby
	<ul style="list-style-type: none"> • Využití softwaru CMMS • Větší využití technické diagnostiky • Částečný outsourcing údržby • Digitalizace procesů údržby 	<ul style="list-style-type: none"> • Snížení rozpočtu na údržbu • Snížení motivace pracovníků údržby • Stárnoucí stroje a zařízení • Ztráta znalostí o zařízeních v případě výpovědi pracovníků údržby
	Pozitivní vlivy	Negativní vlivy

3 Návrhy na zlepšení údržbářských procesů ve společnosti

V této části práce budou představeny možné návrhy na zlepšení stávajících procesů údržby ve společnosti, případně navržení procesů nových. Tyto návrhy jsou reakcí na kapitolu 2.2, která popisuje stávající systém údržby ve společnosti a odhaluje jeho neefektivnosti a nedostatky. Navrhovaná opatření a zlepšení mají za cíl odstranit tyto problémy a tím zajistit efektivnější a spolehlivější fungování celého systému údržby. Z dlouhodobého hlediska by měla přinést úsporu nákladů, zvýšení produktivity provozu a tím i zvýšení celkové konkurenceschopnosti podniku.

3.1 Preventivní údržba kritických zařízení

Jelikož v současné době není k dispozici žádný dokument, který by shrnoval preventivní údržbu všech zařízení, která mají zásadní vliv na provoz společnosti, prvním návrhem pro zlepšení stávajícího stavu údržby ve společnosti bude vytvoření takového dokumentu.

V první řadě je třeba definovat seznam klíčových zařízení, která jsou pro společnost důležitá a jejich případné selhání by mělo vážné důsledky pro provoz společnosti. Seznam kritických zařízení byl sepsán ve spolupráci s mistrem údržby a obsahuje tyto zařízení:

Tab. 3: Seznam kritických zařízení používaných ve společnosti

Číslo zařízení	Název zařízení
1	Linka KKV
2	Lis SGP
3	Lis Sacmi
4	Lis Griese
5	Mísič Teka
6	Mísič Eirich
7	Drtící linka
8	Čelistový drtič
9	Kanálová a komorová sušárna
10	Tunelová pec
11	Kolový mlýn
12	Šroubové kompresory AM 22

Dalším krokem je shromáždění potřebných informací týkajících se správné preventivní údržby pro každé z těchto zařízení. To zahrnuje seznam činností, které je třeba pravidelně provádět, aby se minimalizovalo riziko selhání. Dále je důležité specifikovat periodicitu provádění jednotlivých údržbářských činností, tedy definovat časový interval, po kterém je nutné danou činnost opakovat.

Při tvorbě tohoto dokumentu byly využity informace týkající se preventivní údržby zařízení dostupné z patřičných manuálů pro provoz a údržbu jednotlivých zařízení. Preventivní údržba popisovaná v manuálech měla poměrně velkou periodicitu a obvykle zahrnovala činnosti jako výměna oleje nebo výměna opotřebovaných částí. Pro činnosti preventivní údržby prováděné v menších periodách (denně, týdně) byly využity informace poskytnuté od současných pracovníků údržby ve společnosti získané prostřednictvím jejich dlouholetých zkušeností a znalostí.

MÍSIČ EIRICH					
Č. ČINNOSTI	POPIS ČINNOSTI	FREKVENCE ZÁSAHU [časová jednotka/provozní hodiny]			
		denně	týdně	čtvrtročně	půlročně
1	Kontrola olejové náplně	•			
2	Kontrola mazací náplně	•			
3	Kontrola stavu bezpečnostních prvků	•			
4	Kontrola stavu lopatek, vířiče a běhounu - případné seřízení		•		
5	Kontrola odsávacího zařízení		•		
6	Seřízení dopravníků			•	
7	Kontrola šroubovaných spojů			•	
8	Kontrola stavu koncových spínačů			•	
9	Kontrola řemenů			•	
10	Kontrola vypouštěcího mechanismu			•	
11	Kontrola funkčnosti hydraulického zařízení				•

Obr. 25: Ukázka preventivní údržby mísiče Eirich

Dokument je součástí přílohy této práce a může být použit jako základ pro další navrhovaná zlepšení a opatření. V budoucnu může být postupně rozšiřován o další udržovaná zařízení a o další data jako jsou například informace o zařízeních, historie oprav, pracovní postupy a další. Společně s těmito dodatečnými daty by pak mohl tvořit vstupní data například při přechodu na prediktivní systém údržby nebo při konfiguraci CMMS softwaru.

3.2 Implementace CMMS softwaru

Dalším návrhem na zlepšení stávajícího stavu údržby ve společnosti je implementace softwaru CMMS (Computerized Maintenance Management System), což je informační systém navržený pro správu a organizaci údržby ve společnosti. Jedná se o specializovaný software, který umožňuje centralizované sledování, plánování, správu a dokumentaci všech údržbových činností a souvisejících úkolů. Tímto nástrojem by bylo možné eliminovat hned několik nedostatků stávajícího systému údržby ve společnosti, které budou blíže specifikované v kapitole 3.2.1

3.2.1 Očekávané přínosy implementace CMMS softwaru

Zavedení softwaru CMMS přináší efektivnější a optimalizovanou správu údržby a zařízení, což v konečném důsledku vede ke snížení nákladů, zvýšení produktivity a spolehlivosti zařízení a zlepšení celkového výkonu společnosti. Konkrétní očekávané přínosy jsou popsány v následujících bodech:

- **Centralizace a přehlednost** – centralizace veškerých informací o údržbě a zařízení do jednoho systému, čímž je zajištěna přehlednost a snadný přístup ke všem potřebným údajům.
- **Snadné plánování údržby** – software CMMS poskytuje nástroje pro efektivní plánování pravidelné údržby, čímž by pomáhal minimalizovat výpadky a prodlužovat životnost strojů a zařízení.
- **Sledování historie oprav** – ukládání kompletní historie provedených oprav a údržby zařízení. Tím by bylo umožněno detekovat opakující se problémy, čímž by se usnadnilo celkové plánování budoucí údržby a rozhodování o případné náhradě zařízení.
- **Optimalizace zásob** – sledování spotřeby náhradních dílů a možnost optimalizovat skladové zásoby. By se zajistila dostupnost potřebných součástek.
- **Zvýšení efektivity předávání informací** – díky rychlému a snadnému nahlašování poruch a jejich následnému přesměrování k příslušným pracovníkům by se zkrátila doba, po kterou je zařízení mimo provoz. CMMS software by poskytoval pracovníkům údržby okamžitě všechny potřebné informace pro efektivní provedení údržbových úkolů. Pracovníci údržby by mohli snadno evidovat své provedené činnosti, čímž by se zvýšila přehlednost provedených prací.

- **Optimalizace nákladů** – CMMS software umožňuje sledovat náklady spojené s údržbou, opravami a náhradními díly. Tím by se usnadnila identifikace oblastí s vysokými náklady a přijímat opatření pro jejich optimalizaci.
- **Zvýšení bezpečnosti** – možnost sledování a dokumentace bezpečnostních opatření, revizí a školení, čímž by se přispělo k zajištění bezpečného pracovního prostředí a snižování rizika nehod.

3.2.2 Zadání požadavků na CMMS software

Na základě provedené analýzy údržbářských procesů ve společnosti P-D Refractories CZ a.s. byly ve spolupráci s mistrem oddělení údržby definovány následující požadavky na funkce a moduly, kterými by měl vhodný CMMS software disponovat:

- **Modul pro plánování údržby (preventivní, havarijní, prediktivní)**

Vytváření příkazů k údržbě na základě plánu údržby pro konkrétního pracovníka nebo pro mistra/vedoucího údržby, který by požadavky na údržbu dále přiřadil konkrétnímu pracovníkovi i s termínem provedení dané údržby. Modul by měl umět automaticky generovat požadavky jak na periodickou, tak na prediktivní údržbu a umět kombinovat jednu časovou periodu s libovolným počtem period v jiných jednotkách, (strojohodiny, cykly, počty výrobků, počty řezů apod.). Měl by mít i možnost nastavení automatizovaného generování příkazů podle monitorování naměřených hodnot a umět přiřazovat plánované i vykázané činnosti údržby k plánovaným odstávkám i skutečným prostojeům.

- **Modul pro řízení skladového hospodářství údržby**

Modul, který by zajistil snadné a rychlé získávání informací o dostupnosti potřebných náhradních dílů a informací o tom kde se daný díl momentálně nachází. Měl by mít možnost sledovat skladové pohyby, spotřebu náhradních dílů i s jejich přiřazením ke konkrétnímu zařízení, na kterém byl daný díl použit. Tím by byla umožněna zpětná analýza a provedení případných opatření.

- **Modul pro plánování pracovních čt a směn**

Tento modul by umožnil snadné plánování a spravování pracovních směn na základě potřeb a požadavků společnosti. Poskytl by přehled o dostupných zaměstnancích, jejich dovednostech a omezeních. Na základě těchto informací by mohl vytvářet a upravovat rozvrhy směn a přidělovat pracovníky na konkrétní směny.

- **Modul pro plánování fronty práce údržby**

Modul umožňující plánovat a spravovat údržbové úkoly a přidělovat je kvalifikovaným pracovníkům údržby. Tento modul by poskytoval přehled o plánovaných, běžících a dokončených pracích údržby, což umožňuje efektivní řízení a optimalizaci provádění údržby.

- **Možnost evidence úkonů údržby**

Modul umožňující správu a sledování různých typů úkonů údržby, včetně plánované údržby, oprav, preventivní údržby, inspekcí, revizí a dalších činností. Umožnil by pracovníkům údržby zaznamenávat podrobnosti o každém úkonu, jako jsou datum a čas provedení, popis práce, použité náhradní díly, spotřebu materiálu a pracovní hodiny. To by umožnilo sledovat časovou náročnost jednotlivých úkonů údržby, analyzovat provedenou práci a vyhodnocovat výkonnost údržbových týmů.

- **Mobilní aplikace**

Mobilní aplikace by v rámci CMMS umožnila pracovníkům přístup do systému přes mobilní zařízení, jako jsou chytré telefony nebo tablety. Mobilní zařízení by využívali i operátoři zařízení, kteří by jejich prostřednictvím nahlašovali poruchy a dávali požadavky na provedení údržby. Pracovník údržby by pak byl na svém mobilním zařízení neustále informován o všech aktuálních požadavcích na údržbu, kterou má provést. Načtením identifikátoru stroje (NFC čip nebo QR kód) by byl informován o všech požadovaných činnostech údržby pro konkrétní zařízení a měl by okamžitý přístup ke všem relevantním dokumentům týkajících se onoho zařízení.

- **Modul pro vytváření reportů a statistik**

Schopnost vytvářet reporty a statistiky, které poskytují užitečné informace o výkonu údržby, nákladech, stavu zařízení a dalších aspektech správy údržby. Tato funkce by umožnila společnosti analyzovat data a získat komplexní pohled na výkonnost a efektivitu údržby.

- **Možnost nahrávání dokumentů**

Možnost nahrávání dokumentů, včetně fotografií, dokumentace a výkresů, které jsou relevantní pro správu údržby zařízení. Tato funkce by umožnila centralizovat dokumentaci a získat přístup k důležitým informacím přímo v CMMS, čímž by se usnadnilo sdílení a výměna informací mezi členy týmu údržby a umožnilo rychlé a efektivní získávání dokumentů pro práci údržby.

- **Kompatibilita se systémy používaných ve společnosti**

Tato funkce umožňuje integraci CMMS s existujícími informačními systémy a softwary, používaných ve společnosti. Konkrétně se jedná o docházkový systém Anet, software pro měření spotřeby elektřiny a plynu Strata a systém pro zpracování dat SAP. Kompatibilita s existujícími systémy ve společnosti usnadňuje přenos dat mezi systémy, snižuje duplicitu informací a zlepšuje efektivitu a spolehlivost správy údržby.

- **Možnost využití virtuální rozšířené reality při zásahu**

Tato funkce by umožňovala údržbářům využívat technologie virtuální reality pro lepší vizualizaci a interakci se zařízeními při provádění údržbových prací. S využitím virtuální reality si mohou údržbáři vizualizovat zařízení, simulovat opravy a vytvářet interaktivní průvodce a návody k opravám. Využití virtuální reality při zásahu údržby by umožnilo zvýšit efektivitu, bezpečnost a přesnost údržbových prací. Údržbáři by mohli získat lepší povědomí o zařízení a lépe se tak připravit na prováděné zásahy.

- **Možnost monitorování stavu strojů a zařízení**

Tato funkce by umožnila sledovat klíčové parametry a indikátory poskytující informace o provozu, výkonu a stavu zařízení. Bylo by možné sledovat provozní data strojů a zařízení, jako jsou například provozní časy, teploty, tlaky a otáčky a dostávat upozornění na překročení jejich limitů.

- **Modul pro sledování nákladů střediska údržby**

Tento modul by umožnil společnosti sledovat a analyzovat náklady související s údržbou a opravami zařízení. Funkce tohoto modulu by měli zahrnovat: sběr informací ohledně vynaložených nákladů střediska údržby, případně jednotlivých pracovních čt, kategorizaci těchto nákladů a generování reportů a statistik týkajících se nákladů údržby. Sledováním nákladů údržby prostřednictvím CMMS se získá kompletní přehled o finanční stránce údržby a oprav zařízení, což pomáhá při řízení a optimalizaci nákladů, plánování rozpočtů, vyhledávání možností úspor a strategickém rozhodování v oblasti správy údržby.

- **Možnost importu kontaktů na externí dodavatele náhradních dílů**

Tato funkce by umožnila snadný import a správu informací ohledně kontaktů na externí dodavatele, se kterými spolupracuje při získávání náhradních dílů, čímž by se zajistil plynulý proces objednávání náhradních dílů, minimalizace chyb a efektivní spolupráce se spolehlivými dodavateli.

3.2.3 Rešerše CMMS softwarů

Na základě požadavků na funkce softwarů definovaných v kapitole 3.2.2 byla provedena rešerše CMMS softwarů aktuálně dostupných na trhu. Některé softwary vyhovují stanoveným požadavkům, zatímco jiné nevyhovují z různých důvodů. Tab. 4 Ukazuje softwary, které neodpovídají požadavkům a představám společnosti.

Tab. 4: Softwary nevyhovující stanoveným požadavkům

Nevyhovující CMMS Software	Důvody
Aptien	<ul style="list-style-type: none">• Software je spíše zaměřen na řízení podniku jako celku• Nízký počet požadovaných funkcí pro řízení údržby• Málo využívaný ve strojírenství
Evis PRO	<ul style="list-style-type: none">• Webové stránky nevypadají reprezentativně• Nepřehledné uživatelské rozhraní• Využívaný hlavně ve zdravotnických zařízeních
Insio	<ul style="list-style-type: none">• Málo využívaný ve strojírenském odvětví• Omezená funkcionalita
Q-Lanys	<ul style="list-style-type: none">• Nepřehledné uživatelské rozhraní• Hlavním zaměřením softwaru není řízení údržby, které v důsledku toho nemá mnoho funkcí

Následující softwary vyhovují většině požadavků definovaných v kapitole 3.2.2:

a) SGM

SGM je specializovaný CMMS software poskytovaný společností Synergit spol. s.r.o. pro řízení údržby majetku a výrobních zařízení. Tento software představuje komplexní řešení jak pro preventivní, tak i pro údržbu po poruše. Software SGM je vybaven následujícími funkcemi a moduly [43]:

- **Struktura zařízení** – centrum celého softwaru. Ukazuje stromovou strukturu udržovaných zařízení s neomezeným rozpadem a přiřazením činností údržby na jakékoli úrovni.
- **Workflow procesů v údržbě** – podpora automatizace procesů. Pomáhá řešit řízení procesů údržby a přizpůsobí jej konkrétním podnikovým procesům, které jsou ve společnosti zavedeny.
- **Plán údržby** – komplexní nástroj pro plánování údržby. Je schopen generovat požadavky na provedení údržby na základě kombinace časových a výkonových period i na základě výstupů z měřících zařízení. Ke generování požadavku dochází, pokud je indikován alespoň jedním z ukazatelů.
- **Mobilní aplikace** – pro pracovníky údržby i výroby. Pracovníci výroby mohou prostřednictvím mobilní aplikace a identifikátoru zařízení nahlašovat jeho poruchy. Přiřazený pracovník údržby má na svém mobilním telefonu přehled o všech svých požadavcích na údržbu. Načtením identifikátoru zařízení se mu zobrazí všechny potřebné informace k provedení opravy jako je historie minulých oprav, kompletní dokumentace k zařízení včetně výkresů a schémat. Pomocí mobilní aplikace je rovněž možné zjistit dostupnost náhradního dílu přímo na místě zásahu.
- **Mobilní aplikace pro manažery** – možnost sledovat aktuální problémy v údržbě, neplánované odstávky zařízení, údržbáře bez jakékoliv zahájené činnosti, kontrolovat provádění naplánovaných prací a sledovat žádanky v prodlení, aby všechny požadované opravy poruch byly vyřízeny v co nejkratším čase.
- **Kiosek** – dotyková obrazovka se čtečkou NFC/RFID, QR/Čárového kódu. Prostředek pro nahlašování poruch či jiných požadavků na údržbu pracovníky výroby. Zároveň může fungovat i jako alternativa k mobilnímu zařízení pracovníků údržby, kteří jeho prostřednictvím mohou zaznamenávat začátek a konec údržby přímo na místě.
- **Zásoby náhradních dílů** – možnost operativního sledování zásob náhradních dílů a synchronizace s podnikovým informačním systémem. Umožňuje snadné a rychlé zjištění lokace a dostupnosti náhradních dílů. Jejich spotřebování lze poté přiřadit ke konkrétnímu zařízení.

- **Reporting** – vestavěný reporting do MS Excel. Umožňuje základní analýzu dat pomocí filtrace, třídění, seskupování dat, výpočtů, podmíněného formátování a exportování dat do prostředí MS Excel.
- **Správa dokumentů** – integrovaný nástroj pro připojování a správu potřebných dokumentů. Možnost připojení potřebného souboru ke konkrétnímu zařízení ve stolní i v mobilní verzi systému. Lze připojovat i aktuálně pořízené fotografie z mobilu. Potřebnou dokumentaci ke konkrétnímu zařízení lze pak načíst mobilním zařízením skenováním NFC čipu, QR kódu nebo čárového kódu. Je možné i nastavení přístupových práv ke konkrétním dokumentům.
- **Importy a integrace s jinými systémy** – možnost integrace a propojení na další systémy. Do SGM lze importovat strukturu zařízení z již existujícího systému nebo z dat definovaných pomocí MS Excel. [43]

b) MaintPlan CMMS

MaintPlan je software pro správu a plánování údržby, který nabízí různé funkce pro organizaci a plánování údržby strojů a zařízení. Tento software je poskytován společností EasySoft, spol. s r.o. a jeho součástí jsou následující funkce a moduly: [44]

- **Zařízení** – možnost evidence všech typů zařízení (stroje, nástroje, přístroje), které jsou společností provozovány. Ke každému zařízení je možné uvádět základní identifikační údaje (typ, model, obrázek zařízení, dodavatel, výrobce, servisní firma, rok výroby, sériové číslo apod.) Je možné i nastavení detailních struktur zařízení podle jednotlivých dílů. K jednotlivým zařízením lze i přiřadit informace týkající se plánu údržby, veškeré potřebné dokumenty a servisní výkazy.
- **Servis a údržba** – přináší možnost evidovat všechny úkony údržby, které na zařízeních byly nebo budou provedeny. Plán údržby lze nastavit zvlášť pro každé zařízení. Program umožňuje vygenerovat servisní plán na zvolené období na základě nastavených intervalů pravidelné údržby. Servisní výkazy uvádějí veškeré informace ohledně nákladů souvisejících s provedeným zásahem (práce techniků, dopravní a materiálové náklady, náklady z důvodu prostojů, případně náklady fakturované externí servisní firmou). Tyto servisní výkazy je možné přiřazovat vlastním pracovníkům údržby nebo dodavatelským firmám.

- **Náhradní díly** – možnost evidence skladu náhradních dílů a jiného spotřebního materiálu. Funkce umožňuje i analýzu spotřeby náhradních dílů prostřednictvím tabulkových i grafických přehledů.
- **Společnosti a osoby** – tento modul slouží k evidenci kontaktů a základních informací o externích firmách (dodavatelé, servisní firmy) a osobách, které jsou s nimi spojeny.
- **Aktivity a úkoly** – tento modul umožňuje vést nejen evidenci všech aktivit a úkolů souvisejících s provozem a údržbou zařízení, ale i obecnou komunikaci a delegování úkolů v rámci podniku.
- **Dokumenty** – tento modul umožňuje přiřazovat různé kategorie dokumentů (smlouvy, návody, výkresy, schémata, obrázky, videa apod.) k jednotlivým firmám, osobám, zařízením nebo servisním činnostem.
- **MaintPlan Mobile** – jedná se o mobilní aplikaci, která slouží jako online klient softwaru MaintPlan CMMS. [44]

c) Profylax

Profylax je software poskytovaný společností PROFYLAX spol. s.r.o. Jedná se o ryze český produkt dostupný na trhu od roku 2004. Tento software je navržen pro automatické plánování servisních činností a umožňuje podniku získat úplný přehled o provedených údržbách a nákladech. Profylax obsahuje následující funkce a moduly: [45]

- **Karta stroje** – v kartě stroje je možné zaznamenávat veškeré relevantní informace o zařízení. Kromě předdefinovaných údajů lze využít textové pole pro poznámky neomezené délky, připojovat fotografie, případně návod k použití. Karta stroje slouží i k definování různých druhů údržby zařízení: stupňovitě a nestupňovitě.
- **Plánování** – program automaticky generuje plán údržeb a odstávek na zvolené období, a to na základě informací obsažených v kartě stroje. Plán údržby může být zobrazen ve formě kalendáře nebo podrobné tabulky. Klíčové faktory pro plánování zahrnují periodu údržby, toleranci periody a datum poslední provedené údržby.
- **Druhy údržby** – v programu lze rozlišovat až tři druhy údržby – stupňovitá, nestupňovitá a oprava. Stupňovitá údržba v sobě zahrnuje více stupňů údržby (např. 3. stupeň – výměna dílu, 2. stupeň – seřízení, 1. stupeň – promazání).

Konkrétní činnosti je možné zapisovat formou volného textu nebo jako databázi úkonů. Každé zařízení má omezený počet stupňovitých údržeb na pět. Nestupňovitých údržeb může být neomezený počet.

- **Hlášení poruch** – tato funkce umožňuje operátorovi zařízení zapsat požadavek na opravu poruchy. Patříčný údržbář následně dostane upozornění na požadovanou opravu.
- **Nákladová střediska** – modul pro vytvoření a definování nákladových středisek společnosti a jejich prostřednictvím pak sledovat náklady spojené s údržbou zařízení. Nákladová střediska se vytvářejí hierarchicky, tedy začíná se od nejvyššího bodu hierarchie (podnik) a k němu je možné přiřazovat podřízená nákladová střediska.
- **Body odstávky** – v systému je možné definovat body odstávky, což představuje skupinu strojů, jejichž provoz musí být zastaven při údržbě jen jednoho z oněch strojů. Na základě definice bodů odstávek je poté automaticky vytvářen plán odstávek, který je sladěn s plánem údržby.
- **Provedené údržby** – tato funkce poskytuje kompletní přehled o všech provedených údržbách a nákladech s nimi spojených.
- **Pracovníci** – tato funkce slouží k zadání všech pracovníků, kteří se podílejí na provádění údržby. Pracovníky je možné přiřazovat k jednotlivým druhům údržby, plánovaným údržbám a záznamům o provedených údržbách.
- **Partneři** – tato funkce umožňuje vytvořit seznam partnerů, kteří jsou spojeni s nějakým zařízením ať už jako dodavatelé náhradních dílů, servisní organizace a další.
- **Sklad** – tato funkce umožňuje přiřazovat náhradní díly a další materiál specifickým druhům údržby. Během plánování je možné sledovat jejich stav a při zapisování provedené údržby je možné zaznamenávat jejich spotřebu.
- **Uživatelé** – tato funkce umožňuje definovat nové uživatele systému a přiřadit jim práva k jednotlivým položkám hlavního menu nebo práva přístupu ke konkrétním strojům. [45]

d) TechIS

TechIS je modulární software navržený pro plánování, řízení a evidenci údržby podnikových strojů, technických zařízení, systémů, vozového parku, IT vybavení, budov a místních komunikací. Tento software spadá do kategorie CMMS/EAM a je poskytován společností ELVAC SOLUTIONS s. r. o. Tento software je vybaven následujícími funkcemi: [46]

- **Nástěnka** – pomocí této funkce je možné mít neustálý přehled probíhající údržbě ve společnosti. Je možné sledování aktuálních probíhajících úkolů údržby na jednotlivých zařízeních a zaznamenávat i jejich aktuální stav, tedy jestli jsou dokončené, opožděné nebo jestli jsou momentálně prováděny.
- **Karta stroje** – do karty stroje je možné evidovat všechny relevantní informace o jednotlivých zařízeních. Je možné zaznamenávat například historii servisní činnosti, osoby odpovědné za zařízení a popis zařízení formou volného textu. K jednotlivým zařízením je možnost připojování relevantních dokumentů (návod k obsluze, pracovní postupy a další.)
- **Nahlašování poruch** – tato funkce umožňuje snadné a rychlé nahlašování poruch zařízení prostřednictvím tzv. tiketů. V oznámení o probíhající poruše je možné zaznamenávat mnoho relevantních informací (popis poruchy, čas vzniku, prioritu a další.)
- **Kalendář** – funkce kalendář umožňuje uživateli mít neustálý přehled o naplánované údržbě na následující dny / týdny.
- **Analýza nákladů na údržbu** – tato funkce umožňuje sledovat náklady na jednotlivé činnosti údržby (opravy poruch, preventivní údržbu, inspekce, revize) a zobrazovat je prostřednictvím různých grafů.
- **Přehled vývoje KPI** – tato funkce umožňuje sledovat vývoj klíčových ukazatelů výkonnosti zařízení v čase (MTBF, MTTR).

Existuje možnost doplnění systému o TechIS Web Terminal, což je aplikace s webovým rozhraním systému TechIS, která umožňuje rychlou a snadnou práci s evidovanými tikety (požadavky na údržbu). TechIS Mobile je mobilním klientem systému TechIS. Mobilní aplikace pracuje v on-line režimu a data jsou tedy automaticky synchronizována s databází aplikace.[46]

3.3 Využití moderních technologií

Třetím návrhem na zlepšení stavu údržby ve společnosti je širší využití moderních technologií v údržbě, jako je například technická diagnostika. I když je v současnosti technická diagnostika v určitém měřítku součástí systému údržby ve společnosti, existuje řada dalších příkladů, kde by mělo smysl technickou diagnostiku aplikovat.

3.3.1 Technická diagnostika hydraulických lisů

V rámci modelové společnosti by mělo význam monitorovat klíčové parametry hydraulických lisů, které jsou z hlediska opakujících se poruch poměrně problematické a často na nich dochází k výměnám různých dílů.

Hlavním klíčovým parametrem, který je možné monitorovat v rámci hydraulického lisu, je tlak hydraulického systému lisu. Jeho monitorováním by bylo možné odhalit nepravidelné odchylky tlaku od normy, které signalizují potenciální selhání některé z hydraulických komponent lisu nebo úniky hydraulického oleje. Pro účely monitorování tlaku hydraulického systému je využíváno speciálních senzorů a snímačů (Obr. 26).



Obr. 26: Univerzální tlakový spínač PBS Plus [47]

3.3.2 Technická diagnostika tunelových pecí

Dalším příkladem zařízení, u kterého by mělo smysl ve větším měřítku aplikovat technickou diagnostiku jsou tunelové pece. Jedním z klíčových parametrů u tohoto zařízení je teplota uvnitř pece. Měření teploty v různých částí pece by umožnilo odhalovat nerovnoměrné ohřevy nebo přehřátí. Teplotu uvnitř tunelových pecí je možné monitorovat například pomocí infračervených teploměrů (Obr. 27), které dokáží spolehlivě měřit až do teplot 1600 °C.



Obr. 27: Infračervený teploměr thermoMETER CTM2 [48]

3.3.3 Zavedení prediktivní údržby

Postupné rozšiřování technické diagnostiky na více zařízení by umožnilo přesun k modernějšímu přístupu k údržbě, a to k prediktivní údržbě. Data, získávaná prostřednictvím technické diagnostiky, ať už kontinuálně v reálném čase nebo v krátkých pravidelných intervalech, je možné následně analyzovat pomocí algoritmů strojového učení a umělé inteligence. Na základě této analýzy dat je následně možné predikovat možné závady a poruchy a včas tak naplánovat zásahy, které jim zabrání. Detailnějšímu popisu prediktivní údržby a jejich výhod a nevýhod s ní souvisejících je věnována kapitola 1.4.3.

3.4 Částečný outsourcing údržby

V kapitole 2.2 se několikrát zmiňují o velké časové vytíženosti pracovníků údržby, které je zapříčiněno především z důvodu poměru velkého počtu udržovaných zařízení na malý počet pracovníků údržby. Výše zmíněné návrhy na zlepšení stavu údržby ve společnosti by už měli do jisté míry zefektivnit celý systém údržby ve společnosti a pracovníci by měli více časového prostoru se věnovat plánované údržbě a nemuseli

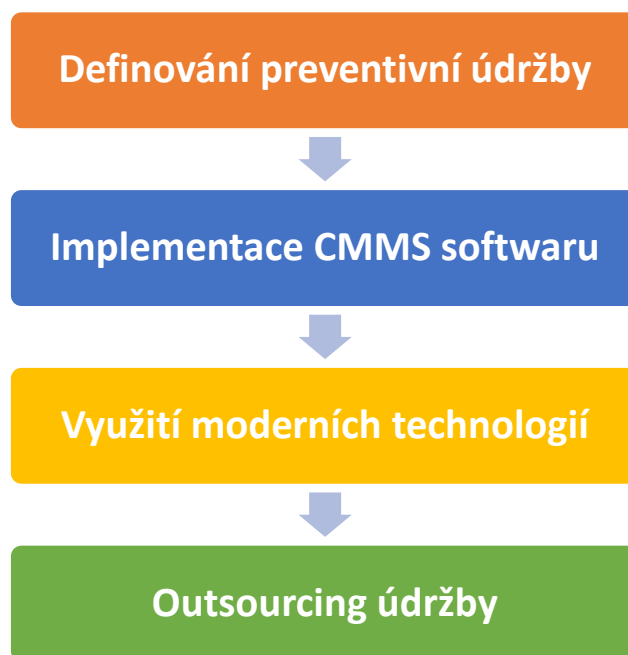
by jí nadále odkládat. Pokud by i nadále přetrvával problém velké časové vytíženosti pracovníků údržby a vedení společnosti by nemělo zájem o rozšíření oddělení údržby o nové zaměstnance ať už z kapacitních nebo praktických důvodů, řešením tohoto problému by mohl být částečný outsourcing údržby. Převedením části povinností údržby na externí firmu by došlo ke snížení zatížení údržby.

Na outsourcing údržby je možné nahlížet ze dvou úhlů pohledu v závislosti na tom, jaký je motiv k jeho zavedení a jaké jsou současné dovednosti interního týmu údržby. Buď je požadováno, aby outsourcing údržby pokryl každodenní běžné činnosti údržby, které nevyžadují vyšší stupeň kvalifikace, nebo je požadováno, aby outsourcing údržby pokryl kvalifikované činnosti údržby. V případě modelové společnosti by byl motivem pro zavedení outsourcingu údržby úspora pracovních sil a vzhledem k poměrně kvalifikovanému současnému personálu oddělení údržby je tedy vhodné uvažovat spíše o první variantě outsourcingu údržby. Při poptávání tohoto typu outsourcingu údržby jsou hlavním faktorem při rozhodování náklady, protože důsledky výkonu je možné poměrně snadno napravit.

Externí firma by mohla provádět běžné rutinní úkoly údržby, které nevyžadují velkou specializaci jako je například údržba běžné infrastruktury (osvětlení, rozvody vody, kanalizace, klimatizace, chladicí jednotky, pravidelná údržba elektroinstalací a další). To by interním údržbářům umožnilo se více soustředit na plánovanou údržbu, důkladné kontroly zařízení a provádění pravidelné údržby bez odkladu.

3.5 Návrh implementace zlepšení údržbářských procesů

V této kapitole bude detailně shrnuto, jak postupovat krok po kroku při implementaci navržených vylepšení, která jsou popsána v kapitolách 3.1, 3.2, 3.3 a 3.4.



Obr. 28: Schéma postupné implementace navržených zlepšení

Prvním bodem je definování preventivní údržby klíčových zařízení. Tento krok byl částečně zpracován v rámci této práce. Byla identifikována zařízení, která jsou klíčová pro provoz a produktivitu podniku. Seznam zařízení je možné postupně rozšiřovat o další už méně klíčová zařízení a přidávat dodatečné informace o nich a kompletně tak definovat preventivní údržbu všech zařízení udržovaných ve společnosti. Ke všem kritickým zařízením byl vytvořen plán jejich preventivní údržby na základě zkušeností současných pracovníků údržby a informací dostupných z manuálů pro údržbu jednotlivých zařízení. Všechny prováděné činnosti jak plánované, tak neplánované údržby je vhodné řádně sledovat a zaznamenávat. Všechna data postupně nashromážděná v tomto bodě budou v budoucnu sloužit jako vstupní data při konfiguraci CMMS softwaru.

Definování preventivní údržby

1) Identifikace klíčových zařízení

2) Vytvoření plánu preventivní údržby

3) Rozšíření o další zařízení a informace

4) Sledování a zaznamenávání údržby

Obr. 29: Kroky pro definování preventivní údržby všech zařízení ve společnosti

Druhým bodem je implementace CMMS softwaru pro řízení údržby strojů a zařízení. Implementace těchto softwarů bývá poměrně komplexní proces, který vyžaduje spolupráci mezi vývojáři, implementačním týmem a konečnými uživateli. Nejprve je nutné provést důkladnou analýzu požadavků společnosti, čímž se identifikují cíle a specifické potřeby společnosti. Tento krok byl zpracován v kapitole 3.2.2. Dalším krokem je výběr vhodného CMMS softwaru s ohledem na jeho moduly, kompatibilitu s existujícími systémy a na jeho uživatelskou přívětivost. V rámci tohoto kroku byla provedena rešerše vhodných softwarů na základě splnění specifických potřeb společnosti (kapitola 3.2.3). Po výběru vhodného softwaru je dalším krokem konfigurace a přizpůsobení systému, včetně nastavení pracovních postupů, definování rolí, přístupových práv a zakládání datových položek. Důležitý je import relevantních dat, sesbíraných v prvním bodě navržených zlepšení, do systému (informace o zařízeních, údržbě, historii oprav apod.). Poté by pro správné a efektivní využívání CMMS softwaru mělo proběhnout školení uživatelů, kterých se zavedení systému CMMS bude týkat. Každý uživatel by měl umět software správně používat a efektivně využívat jeho funkce. Před spuštěním systému se provádí testování systému a ladění případných nedostatků. Po nasazení systému je důležité sledovat jeho výkon a provádět jeho pravidelnou údržbu, včetně monitorování dat, aktualizací softwaru a řešení případných problémů.

Implementace CMMS softwaru

1) Analýza požadavků společnosti

2) Výběr vhodného CMMS softwaru

3) Konfigurace a přizpůsobení systému

4) Školení personálu

5) Testování a optimalizace systému

6) Sledování výkonu a udržování softwaru

Obr. 30: Kroky pro správnou implementaci CMMS softwaru

Třetím bodem je širší využívání moderních technologií pro potřeby údržby, konkrétně využití technické diagnostiky pro následný přechod k prediktivnímu systému údržby. Základem pro tento bod je již zaběhnutý a správně fungující systém CMMS. I když existují i softwary, které se zaměřují výhradně na plánování prediktivní údržby, tak s ohledem na potřeby podniku představuje software CMMS mnohem komplexnější řešení nedostatků stávajícího systému údržby.

V rámci zavedení technické diagnostiky na více typů zařízení je nejprve důležité identifikovat klíčové parametry a ukazatele, které nejvíce ovlivňují stav a výkon zařízení. Tyto parametry mohou zahrnovat například teplotu, tlak, vibrace, průtok, hladinu oleje a další. Dalším krokem je instalace senzorů a monitorovacích zařízení na kritická zařízení tak, aby byly schopné ideálně kontinuálně sbírat data a přinášet je do systému pro následnou analýzu. Poté následuje konfigurace systému ve smyslu nastavení alarmů a upozornění. Pokud by hodnoty sledovaných parametrů překročily stanovené limity nebo by byly

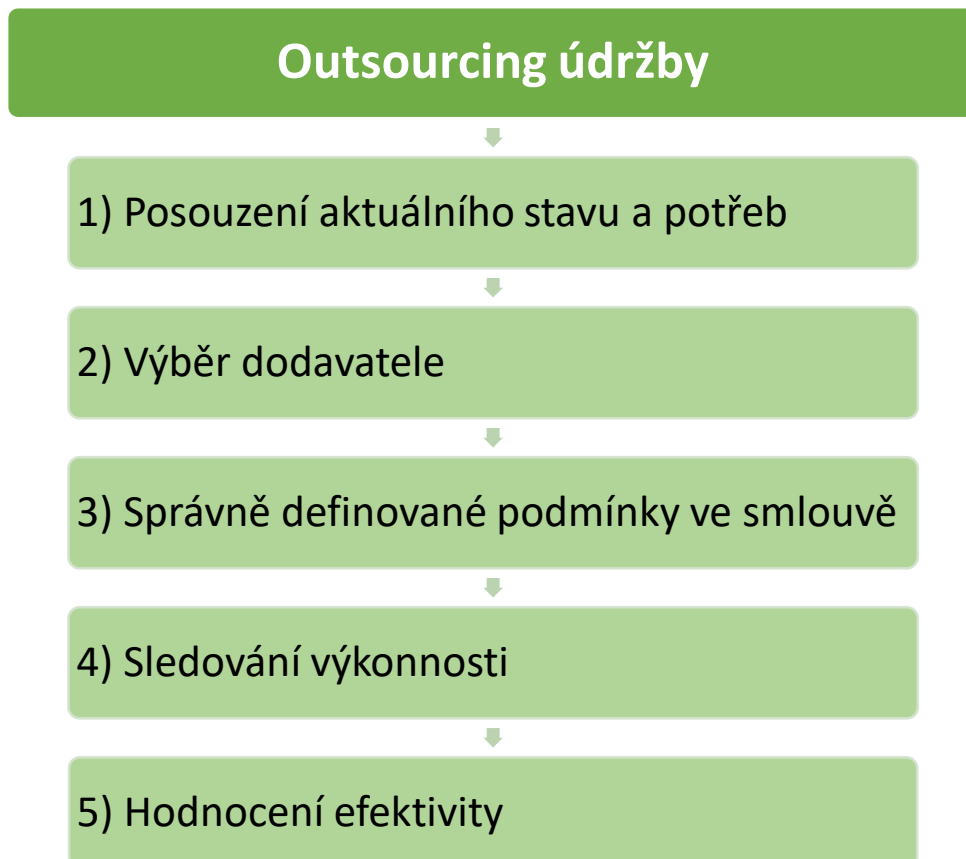
detekovány odchylky od normálního stavu, systém by následně generoval alarmy a upozornění zajišťující rychlou reakci na potencionální problémy. Dalším krokem je využití technologií analýzy dat pomocí algoritmů strojového učení a umělé inteligence ke zpracování dat ze senzorů. Na základě prediktivních modelů získaných prostřednictvím analýzy dat se následně vytváří efektivní plán údržby. Tento plán umožní provádět opravy pouze tehdy, hrozí-li porucha zařízení a minimalizovat tak náklady na údržbu



Obr. 31: Kroky pro využívání technické diagnostiky a následný přechod k prediktivnímu systému údržby

Posledním bodem je případné využití outsourcingu údržby. Při uvažování o možném outsourcingu údržby je nutné nejdříve posoudit aktuální stav údržby po implementaci předešlých návrhů na zlepšení. To zahrnuje posouzení aktuálních interních zdrojů, schopností a finanční situace v porovnání s nabídkami externích údržbových služeb. Dalším krokem je výběr dodavatele údržbových služeb na základě potřeb společnosti, a na zkušenostech a referencích dodavatele. Po výběru vhodného dodavatele služeb je důležité se ujistit, že smlouva bude obsahovat jasně definované podmínky, rozsah služeb, odpovědnosti, termíny a ceny, aby se předešlo případným nedorozuměním. Po zavedení outsourcingu údržby je dalším krokem průběžně sledovat její výkonnost a hodnotit, zda

partner plní stanovené cíle a zda má jeho odvedená práce požadovanou kvalitu. Posledním krokem je provádění pravidelného hodnocení efektivity outsourcingu údržby, aby bylo možné posoudit, zda přináší požadované výsledky a zda bylo dosaženo očekávaných přínosů pro společnost.



Obr. 32: Kroky pro zavedení a správné fungování outsourcingu údržby

Závěr

Při tvorbě této práce jsem se zaměřil na porozumění důležitosti údržby v rámci modelové společnosti a jejímu vlivu na celkovou výkonnost společnosti. Hlavním cílem práce bylo navrhnout racionalizaci a zefektivnění stávajících procesů údržby, které by mohly mít dlouhodobý pozitivní vliv nejen na současný stav údržby, ale i na celkový růst a úspěch společnosti.

Před vlastním navržením těchto zlepšení bylo nejdříve nutné provést důkladnou analýzu současného stavu procesů údržby. Analýza měla za cíl identifikovat oblasti, které jsou zdrojem neefektivností v rámci systému údržby, a také odhalit potencionální nedostatky ve stávajících postupech. Mezi faktory omezující efektivitu a účinnost stávajícího systému údržby patří nízký poměr pracovníků údržby k velkému počtu udržovaných zařízení, což vede k občasnému přetížení pracovníků údržby a někdy i k částečnému odkládání naplánovaných činností. Dále je prostor pro zlepšení v oblastech plánování preventivní údržby, komunikace mezi odděleními a stávající nástroje údržby.

V reakci na tyto nedostatky byly představeny návrhy na zlepšení stávajícího stavu údržby, které mají za cíl uvedené zdroje nedostatků eliminovat. Součástí navržených zlepšení bylo i zhodnocení jejich využitelnosti. Mezi navržená zlepšení patří vytvoření dokumentu, který by shrnoval veškeré informace o zařízeních provozovaných ve společnosti týkajících se preventivní údržby. Implementace počítačového systému pro řízení a správu údržby, který by mimo jiné umožnil centralizovat a správu a sledovat aktivity údržby. Širší využití moderních technologií, konkrétně technické diagnostiky, pro monitorování stavu zařízení a s tím spojený systém prediktivní údržby. Částečný outsourcing údržby, který by převedl část povinností údržby na externí firmu, a interní pracovníci údržby by tak měli více času na plánované činnosti údržby.

Na závěr byla podrobně popsána možná implementace navržených zlepšení. Nejdříve byly všechny návrhy na zlepšení chronologicky seřazeny a následně byly popsány i konkrétní kroky a postupy, které je nutné provést pro úspěšnou implementaci navržených vylepšení do praxe.

Seznam použité literatury

[1] LEGÁT, Václav. *Management a inženýrství údržby*. 1. Průhonice: Professional Publishing, 2013. ISBN 9788074311192.

[2] ČEP, Robert a Jana PETRŮ. *Technologie obrábění v příkladech* [online]. 1. 2013 [cit. 2023-06-22]. ISBN 978-80-248-3014-8. Dostupné z:

https://projekty.fs.vsb.cz/463/edubase/VY_01_003/Technologie%20obr%C3%A1b%C4%9Bn%C3%AD%20-%20v%20p%C5%99%C3%ADkladech/03%20Text%20pro%20e-learning/Technologie%20obrabeni%20v%20p%C5%99%C3%ADkladech%2003%20Mont%C3%A1%C5%BE.pdf

[3] ČSN EN 13306 - *Údržba – Terminologie údržby*. 2. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2018.

[4] BRIŠ, Radim a Martina LITSCHMANNOVÁ. *Statistika II*. [online]. 1. Ostrava, 2007 [cit. 2023-06-22]. ISBN 978-80-248-1482-7. Dostupné z:

https://homel.vsb.cz/~bri10/Teaching/Statistika%20II/skriptum/4_Teorie_spolehlivosti.PDF

[5] BLATA, Jan. *Metody technické diagnostiky* [online]. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2010 [cit. 2023-07-04]. ISBN ISBN 978-80-248-2735-3. Dostupné z: <https://projekty.fs.vsb.cz/147/ucebniopory/978-80-248-2735-3.pdf>

[6] VDOLEČEK, František a Daniel ZUTH. Možnosti a problémy moderní (vibro)diagnostiky. *Automa* [online]. 2009, 3(1), 11-12 [cit. 2023-07-04]. Dostupné z: https://automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/39703.pdf

[7] Vibrační diagnostika. *Adash* [online]. Ostrava: Adash spol. s r.o. [cit. 2023-07-04]. Dostupné z: <https://adash.com/cs/vibracni-diagnostika/vibracni-diagnostika/>

[8] MIHAJLOV, Darko I. a Momir PRASCEVIC. Model of vibrodiagnostic procedure for predictive maintenance of rotary machines. *Safety Engineering* [online]. 2020, 10(1), 39-44 [cit. 2023-07-04]. Dostupné z: [file:///C:/Users/Ond%C5%99ej%20Kr%C5%88%C3%A1vek/Downloads/Model_of_vibrodiagnostic_procedure_for_predictive_%20\(1\).pdf](file:///C:/Users/Ond%C5%99ej%20Kr%C5%88%C3%A1vek/Downloads/Model_of_vibrodiagnostic_procedure_for_predictive_%20(1).pdf)

[9] *Technická diagnostika a spolehlivost: Tribodiagnostika* [online]. 1. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2001 [cit. 2023-07-05]. ISBN 80-7078-883-6. Dostupné z: <https://www.fs.vsb.cz/export/sites/fs/340/.content/galerie-souboru/vyuka/Technicka-diagnostika-I-Tribodiagnostika-skripta.pdf>

[10] KREIDL, Marcel a Radislav ŠMÍD. *Technická diagnostika: senzory, metody, analýza signálu*. 1. BEN – technická literatura, 2006. ISBN 80-7300-158-6.

[11] TERMOKAMERY PRO ÚDRŽBU. *Fokusindustry* [online]. Praha: TMVSS s.r.o [cit. 2023-07-05]. Dostupné z: <https://fokusindustry.cz/i?/Pr%C5%AFmyslov%C3%A9+kamery/termokamery+pro+%C3%BAdr%C5%BEbu>

[12] SMETANA, Jaroslav. Měření při údržbě pohonů a motorů (10. část) Jak a kde pomůže termovize při údržbě pohonů a motorů. *Elektro: Časopis pro elektrotechniku* [online]. Blue Panther, 2016, 14. 11. 2016 [cit. 2023-07-05]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/clanek/mereni-pri-udrzbe-pohonu-a-motoru-10-cast-jak-a-kde-pomuze-termovize-pri-udrzbe-pohonu-a-motoru--2112>

[13] Nedestruktivní defektoskopie (NDT). *Seps: Servis potrubních systémů* [online]. Bratislava: SEPS [cit. 2023-07-05]. Dostupné z: <https://www.sepssk.cz/nedestruktivni-defektoskopie-kontrola-ndt>

[14] BEDNAŘÍK, J. *Technika spolehlivosti v elektronické praxi*. Praha: SNTL, 1990. 336 s. ISBN 80-03-00422-5

[15] PowerWiki. *Spolehlivost a zabezpečení soustav: Spolehlivost v elektroenergetice – část 6* [online]. 1998 [cit. 2023-07-13]. Dostupné z: <http://www.powerwiki.cz/attach/X15ZSE/Kap01.pdf>

[16] *Statistika a spolehlivost v lékařství: Charakteristiky spolehlivosti prvků I* [online]. [cit. 2023-07-13]. Dostupné z: https://cw.fel.cvut.cz/b182/_media/courses/a6m33ssl/cviceni/cviceni1.pdf

[17] DHILLON, B. S. *Engineering Systems Reliability, Safety, and Maintenance: An Integrated Approach* [online]. 1. Boca Raton: CRC Press, 2017 [cit. 2023-06-22]. ISBN 9781498781640. Dostupné z: <https://www.taylorfrancis.com/books/mono/10.1201/9781315160535/engineering-systems-reliability-safety-maintenance-dhillon>

[18] FRAMULÍK, Jan, Jana MÍKOVÁ a Radek KRZYŽANEK. *Teorie údržby* [online]. 1. Ostrava: Ediční středisko VŠB – TUO, 2007 [cit. 2023-06-22]. ISBN 978-80-248-1509-1. Dostupné z: <http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/TU/TU/>

[19] John Moubray. *Reliability-centered maintenance* [online]. 2. New York: Industrial Press, 1997 [cit. 2023-06-22]. ISBN 08-311-3078-4. Dostupné z: <http://www.irantpm.ir/wp-content/uploads/2013/11/Reliability-Centered-Maintenance-II.pdf>

[20] VDOLEČEK, František. *Technická diagnostika v systémech údržby. Automa* [online]. 2008, 2(5), 30–31 [cit. 2023-06-22]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/37313.pdf>

[21] PRABHAKAR, Deepak P. a Jagathy V. P. RAJ. *CBM, TPM, RCM and A-RCM – A Qualitative Comparison of Maintenance Management Strategies. IJMBS* [online]. 2019, 4(3), 49-56 [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/330498150_CBM_TPM_RCM_and_A-RCM_-_A_Qualitative_Comparison_of_Maintenance_Management_Strategies

- [22] What is condition-based maintenance (CBM)?. *Fiixsoftware* [online]. Toronto: Fiix [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://www.fiixsoftware.com/maintenance-strategies/condition-based-maintenance/>
- [23] Condition based maintenance workflow. In: *MaintainX* [online]. MaintainX [cit. 2023-07-06]. Dostupné z: <https://www.getmaintainx.com/learning-center/condition-based-maintenance/>
- [24] AHUJA, I. Total Productive Maintenance. In: *Handbook of Maintenance Management and Engineering* [online]. 1. Londýn: Springer, 2009, s. 417-459 [cit. 2023-07-06]. ISBN 978-1-84882-472-0. Dostupné z: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-84882-472-0_17
- [25] ÚDRŽBA ZAMĚŘENÁ NA BEZPORUCHOVOST (RCM). In: *Česká společnost pro jakost* [online]. Praha: Česká společnost pro jakost, 2004 [cit. 2023-07-07]. Dostupné z: https://www.csq.cz/fileadmin/user_upload/Clenstvi/Centra/Sborniky_spolehlivost/17_RCM.pdf
- [26] BED-DAYA, Mohamed, Uday KUMAR a Prabhakar MURTHY. *Introduction to Maintenance Engineering: Modeling, Optimization, and Management* [online]. 1. Hoboken, United Kingdom: John Wiley, 2016 [cit. 2023-07-02]. ISBN 9781118487198. Dostupné z: <https://onlinelibrary.wiley.com/doi/book/10.1002/9781118926581>
- [27] Maintenance Management. *Lysator* [online]. [cit. 2023-07-02]. Dostupné z: http://www.lysator.liu.se/~ej/public_notes/public_notesse2.html
- [28] ALFARES, Hesham a Salih O. DUFFUAA. *Maintenance Forecasting and Capacity Planning* [online]. In: 2009 [cit. 2023-07-02]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/286858689_Maintenance_Forecasting_and_Capacity_Planning

[29] ALFARES, Hesham a Salih O. DUFFUAA. *Methods and Approaches for Maintenance Capacity Planning* [online]. Dubai, United Arab Emirates, 2015 [cit. 2023-07-02]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/348931231_Methods_and_Approaches_for_Maintenance_Capacity_Planning

[30] TROUT, Jonathan. Maintenance Planning and Scheduling: An Overview. *Reliableplant* [online]. Noria Corporation [cit. 2023-07-02]. Dostupné z: <https://www.reliableplant.com/Read/30261/maintenance-planning-scheduling>

[31] PIECHOWSKI, Mariusz a Małgorzata JASIULEWICZ-KACZMAREK. *Improvement Maintenance Processes through CMMS System-Case study* [online]. 2017 [cit. 2023-07-02]. Dostupné z: https://www.researchgate.net/publication/319199118_Improvement_Maintenance_Processes_through_CMMS_System-Case_study

[32] KISTER, Timothy C. a Bruce HAWKINS. Performing the Maintenance Scheduling Function. In: *Maintenance Planning and Scheduling* [online]. 1. Butterworth-Heinemann, 2006, s. 189-210 [cit. 2023-07-03]. ISBN 978-0-7506-7832-2. Dostupné z: <https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/B9780750678322500094>

[33] DAVIS, Jonathan. What is Maintenance Scheduling?. *Hippocmms* [online]. Atlanta: Eptura, 2021, 1. listopadu 2021 [cit. 2023-07-03]. Dostupné z: <https://hippocmms.iofficecorp.com/blog/what-is-maintenance-scheduling>

[34] Models to Deal with Maintenance Scheduling Issues. In: *The Maintenance Management Framework* [online]. 1. Londýn: Springer, 2007, s. 225–262 [cit. 2023-07-03]. ISBN 978-1-84628-821-0. Dostupné z: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-84628-821-0_14

[35] Material Requirements Planning (MRP) Scheduling. *MasterControl* [online]. Salt Lake City: MasterControl [cit. 2023-07-03]. Dostupné z: <https://www.mastercontrol.com/manufacturing/mrp-scheduling/>

- [36] Metoda kritické cesty (CPM). *PMConsulting* [online]. Praha: PM Consulting [cit. 2023-07-03]. Dostupné z: <https://www.pmconsulting.cz/slovníkový-pojem/metoda-kriticke-cesty-cpm/>
- [37] Metoda PERT (Program Evaluation and Review Technique). *Managementmania* [online]. Praha: Educus z.s, 2016 [cit. 2023-07-03]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/metoda-pert>
- [38] Maintenance Control. In: *Handbook of Maintenance Management and Engineering* [online]. 1. Londýn: Springer, 2009, s. 93–113 [cit. 2023-07-04]. ISBN 978-1-84882-472-0. Dostupné z: https://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-84882-472-0_5
- [39] The Future of Maintenance Work: How Will the Era of Accelerated Change Affect You?. *Prometheus Group* [online]. Raleigh: Prometheus Group, 2022 [cit. 2023-07-05]. Dostupné z: <https://www.prometheusgroup.com/resources/posts/the-future-of-maintenance-work-how-will-the-era-of-accelerated-change-affect-you-part-1>
- [40] Prescriptive Maintenance. *Aspentech* [online]. Bedford: Aspen Technology [cit. 2023-07-05]. Dostupné z: <https://www.aspentech.com/en/apm-resources/prescriptive-maintenance>
- [41] Ten ways to make industrial maintenance greener. *Ncheurope* [online]. Bilston: NCH Europe [cit. 2023-07-05]. Dostupné z: <https://www.ncheurope.com/en/blog-details/maintenance/ten-ways-to-make-industrial-maintenance-greener>
- [42] Lokality – P-D Refractories CZ. *P-D Refractories* [online]. Velké Opatovice: P-D Refractories [cit. 2023-07-25]. Dostupné z: <http://www.pd-refractories.cz/lokality>
- [43] SGM Řízení údržby. *Synergit* [online]. Hradec Králové: Synergit [cit. 2023-07-25]. Dostupné z: <https://synergit.cz/sgm-rizeni-udrzby/>

[44] Základní informace o MaintPlan CMMS. *Easysoft* [online]. Nitra: EasySoft, spol. s r.o. [cit. 2023-07-25]. Dostupné z: <https://www.easysoft.sk/cs/crm-cmms/cmms-maintplan/informace.html>

[45] Úvod. *Profylax* [online]. Lovosice: Profylax [cit. 2023-07-25]. Dostupné z: <https://www.profylax.cz/>

[46] *Ukázka softwaru TechIS* [online]. [cit. 2023-07-25]. Dostupné z: <https://techis.eu/#ukazka>

[47] Univerzální tlakový snímač PBS plus. *Sick* [online]. Bratislava: SICK Slovakia [cit. 2023-07-26]. Dostupné z: <https://www.sick.com/sk/cs/pritomnost/univerzalni-tlakovy-snimac/pbs-plus/c/g507653>

[48] Infrateploměry. *Micro-Epsilon* [online]. Bechyně: Micro-Epsilon Czech Republic [cit. 2023-07-26]. Dostupné z: https://www.micro-epsilon.cz/temperature-sensors/thermoMETER_CT_basic/

Seznam tabulek

Tab. 1: Tři úrovně plánování údržby [26]	32
Tab. 2: SWOT analýza údržby ve společnosti	51
Tab. 3: Seznam kritických zařízení používaných ve společnosti	52
Tab. 4: Softwary nevyhovující stanoveným požadavkům	58

Seznam obrázků

Obr. 1: Schéma členění strojírenského výrobku [2]	12
Obr. 2: Schéma obecných znaků kvality výrobku [1]	13
Obr. 3: Příklad vhodného umístění snímačů při vibrodiagnostice rotačních strojů [6]	17
Obr. 4: Kontrola ložisek motoru termokamerou [12]	18
Obr. 5: Průběh intenzity poruch v čase [16]	21
Obr. 6: Schéma vzniku a zavádění systémů údržby [18]	23
Obr. 7: Požadavky na systémy údržby jednotlivých generací [19]	24
Obr. 8: Schéma systému údržby po poruše [20]	26
Obr. 9: Schéma systému preventivní údržby [20]	27
Obr. 10: Schéma systému prediktivní údržby [20]	28
Obr. 11: Schéma systému proaktivní údržby [20]	29
Obr. 12: Pracovní postup při zavedení a fungování CBM [23]	30
Obr. 13: Předpověď zatížení údržby [26]	34
Obr. 14: Plánování kapacity údržby [26]	34
Obr. 15: Proces denního rozvrhování [34]	37
Obr. 16: Systém údržby a proces kontroly [38]	38
Obr. 17: Svitavský výrobní závod [42]	43
Obr. 18: Příklad lehčených dinasových kamenů	44
Obr. 19: Příklad tvarových hutných dinasových kamenů	44
Obr. 20: Hydraulický lis SGP	45
Obr. 21: Šnekový lis Händle	45
Obr. 22: Tunelové pece s pecními vozy	45
Obr. 23: Drtící linka	46
Obr. 24: Organizační uspořádání údržby	47
Obr. 25: Ukázka preventivní údržby mísiče Eirich	53
Obr. 26: Univerzální tlakový spínač PBS Plus [47]	64
Obr. 27: Infračervený teploměr thermoMETER CTM2 [48]	65
Obr. 28: Schéma postupné implementace navržených zlepšení	67
Obr. 29: Kroky pro definování preventivní údržby všech zařízení ve společnosti	68
Obr. 30: Kroky pro správnou implementaci CMMS softwaru	69

Obr. 31: Kroky pro využívání technické diagnostiky a následný přechod k prediktivnímu systému údržby.....	70
Obr. 32: Kroky pro zavedení a správné fungování outsourcingu údržby	71

Příloha č. 1 – Preventivní údržba kritických zařízení

LINKA KKV					
Č. ČINNOSTI	MÍSTO ZÁSAHU	POPIS ČINNOSTI	FREKVENNÍ ZÁSAHU [časová jednotka/provozní hodiny]		
			denně	týdně	měsíčně
1	Vývěv	Kontrola hladiny vody na vývěvě Handle	•		
2		Kontrola dostatečné zásoby oleje pro všechny stroje	•		
3		Doplnění oleje	•		
4		Vylítí kalů z odkalovacích nádob	•		
5		Mazání mazacích míst	•	•	
6		Čištění filtrů a sání			•
7	Dopravní cesty KKV + NP	Seřízení	•		
8		Kontrola ložisek	•		
9		Kontrola stěrky	•		
10		Kontrola řemenů	•		
11	Šnekový lis	Kontrola řetězů	•		
12		Kontrola převodovky	•		
13		Mazání mazacích míst	•		
14		Kontrola šnekových lisů	•		
15	Šnekový lis - ložiska vřetenového hřídele	Mazání			•
16	Šnekový lis - těsnění ložiska vřetenového hřídele	Mazání	•		
17	Šnekový lis - těsnění šnekového hřídele	Mazání	•		

LIS SGP

Č. ČINNOSTI	POPIS ČINNOSTI	FREKVENNICE ZÁSAHU [časová jednotka/provozní hodiny]							
		denně	týdně	měsíčně	ročně	1000 hod	2000 hod	5000 hod	
1	Kontrola stavu oleje, případné doplnění	•							
2	Výměna oleje							•	
3	Kontrola úniků oleje	•							
4	Kontrola stavu vysokotlakého filtru			•					
5	Čištění vysokotlakého filtru		na základě výsledků periodické kontroly						
5	Čištění filtru v potrubí unikajícího oleje						•		
6	Čištění vzduchového filtru							•	
6	Mazání rolen	•							
7	Kontrola stavu bezpečnostních prvků	•							
9	Teplotní kontrola oleje		•						
11	Kontrola dusíkových náplní akumulátorů			•					
11	Kontrola stavu koncových spínačů			•					
13	Kontrola šroubovaných spojů						•		

LIS SACMI 1/2

Č. ČINNOSTI	MÍSTO ZÁSAHU	SLOUPKY	POPIS ČINNOSTI	FREKVENNICE ZÁSAHU [časová jednotka / provozní hodiny]						
				40	80	200	500	1000	2000	5000
1	Stírací kroužky		Kontrola účinnosti	•						
2			Výměna						•	
3	Mazání		Kontrola účinnosti	•						
4			Výměna filtru							•
TRAVERZA S FORMOU										
5	Zajišťovací klíny		Mazání			•				
6	Těsnění zásobníku		Kontrola účinnosti	•						
7	Stírací kroužky vedení		Kontrola účinnosti	•						
8	Svislé sáně		Mazání			•				
9	Ložiska, čepy, pouzdra		Mazání							•
10	Planetová převodovka a skříň navijáčky zásobní		Kontrola hladiny oleje			•				
11			Výměna oleje							•
STŮL										
12	Hydraulické koncové dorazy		Čištění zarážek a mikrosopínačů	•						
OLEJOHYDRAULICKÝ SYSTÉM										
13	Jednotka		Kontrola hladiny oleje				•			
15			Recirkulace a filtrace oleje					•		
16			Výměna oleje						Dle dodavatele vybraného oleje	
17			Výměna filtrů						•	
18			Čištění výměníku							•
19			Mazání ložiska motorů hlavních čerpadel							•
20			Mazání ložiska motoru recirkulačního vedení							•
21			Mazání ložiska motoru vedení hlavního ovládání							•
22	Akumulátor		Kontrola plnění							•
23	Potrubi		Kontrola úniků			•				
24			Výměna hadic							
Po 6 000 000 cyklech lisu, ne však déle než po 5 letech										

LIS GRIESE							
Č. ČINNOSTI	POPIS ČINNOSTI	FREKVENNICE ZÁSAHU [časová jednotka/provozní hodiny]					
		denně	týdně	měsíčně	ročně	1000 hod	2000 hod
1	Kontrola filtrů, teploty, těsnosti	•					
2	Kontrola pneumatické soustavy, odkalení	•					
3	Kontrola stavu bezpečnostních prvků	•					
4	Kontrola podlatku, těsnost komor	•					
5	Seřízení dopravníků		•				
6	Kontrola maziva převodovky		•				
7	Kontrola šneků a lopatek			•			
8	Šnekový hřídel - kontrola radiálního těsnícího kroužku				•		
9	Šnekový hřídel - kontrola náplně mazacího oleje				•		
10	Výměna maziva převodovky				•		
11	Spojka - kontrola venkovní lamely a těsnosti				•		
12	Spojka - kontrola napětí a opotřebení klínového řemene, případná výměna				•		
13	Spojka - kontrola házení a těsnosti hlavy přípojky vzduchu				•		
14	Kontrola šroubovaných spojů					•	

MÍŠIČ TEKA

Č. ČINNOSTI	POPIS ČINNOSTI	FREKVENNICE ZÁSAHU [časová jednotka/provozní hodiny]				
		denně	týdně	1000 hod	2000 hod	5000 hod
1	Kontrola stavu koncových spínačů	•				
2	Kontrola stavu bezpečnostních prvků	•				
3	Kontrola hladiny oleje		•			
4	Kontrola úniků vzduchu		•			
5	Kontrola úniku technických kapalin		•			
6	Kontrola deformací ramen		•			
7	Kontrola ucpávek čerpadel		•			
8	Kontrola výšky běhounu ode dna		•			
9	Výměna oleje			•		
10	Výměna filtru			•		
11	Kontrola šroubovaných spojů			•		
12	Výměna ucpávek čerpadel			•		

MÍŠIČ EIRICH

Č. ČINNOSTI	POPIS ČINNOSTI	FREKVENNICE ZÁSAHU [časová jednotka/provozní hodiny]			
		denně	týdně	čtvrťročně	půlročně
1	Kontrola olejové náplně	•			
2	Kontrola mazací náplně	•			
3	Kontrola stavu bezpečnostních prvků	•			
4	Kontrola stavu lopatek, vířiče a běhounu - případné seřízení		•		
5	Kontrola odsávacího zařízení		•		
6	Seřízení dopravníků			•	
7	Kontrola šroubovaných spojů			•	
8	Kontrola stavu koncových spínačů			•	
9	Kontrola řemenů			•	
10	Kontrola vypouštěcího mechanismu			•	
11	Kontrola funkčnosti hydraulického zařízení				•

DRTÍČÍ LINKA

Č. ČINNOSTI	POPIS ČINNOSTI	FREKVENNICE ZÁSAHU [časová jednotka/provozní hodiny]		
		denně	měsíčně	čtvrťročně
1	Vizuální a poslechová kontrola celého pracoviště	•		
2	Vizuální a poslechová kontrola chodu jednotlivých pohonů	•		
3	Kontrola opotřebování magnetu		•	
4	Kontrola všech vyložení jednotlivých svodů a vyložení částí strojů		•	
5	Kontrola opotřebení pohyblivých částí na pásovém dopravníku		•	
6	Kontrola opotřebení pohyblivých částí na elevátoru		•	
7	Kontrola opotřebení korečku, v případě nutnosti vyčistit spodní stanice		•	
8	Kontrola drtíčích listů na válcovém drtíči		•	
9	Kontrola šroubových spojů nosných a funkčních součástí			•
10	Detailní vizuální kontrola pracoviště			•
11	Kontrola a doplnění mazacích míst			•

ČELIŠŤOVÝ DRTIČ

Č. ČINNOSTI	POPIS ČINNOSTI	FREKVENNICE ZÁSAHU [časová jednotka/provozní hodiny]			
		denně	měsíčně	čtvrťročně	ročně
1	Kontrola odsávacího zařízení	•			1000 hod
2	Kontrola mazací náplně		•		
3	Výměna pružin			po únavě pružin	
4	Kontrola šroubovaných spojů			•	
5	Mazání valivých ložisek ojnice				•
6	Mazání valivých ložisek ložiskových těles ojnice				•
7	Mazání valivých ložisek ložiskových těles kyvadla				•
8	Kontrola čistoty valivých ložisek				•

KANÁLOVÁ SUŠÁRNA

Č. ČINNOSTI	POPIS ČINNOSTI	FREKVENCE ZÁSAHU [časová jednotka/provozní hodiny]	
		půlročně	ročně
1	Kontrola vstupního ventilátoru	•	
2	Kontrola výstupního ventilátoru	•	
3	Kontrola cirkulačního ventilátoru	•	
4	Kontrola rotomixerů 1 (č.1-14)	•	
5	Kontrola rotomixerů 3 (č.1-14)	•	
6	Kontrola pojezdu rotomixerů 1,2	•	
7	Kontrola pojezdu rotomixerů 3,4	•	
8	Kontrola hydraulického agregátu 1,2		•
9	Kontrola hydraulického agregátu 3,4		•
10	Kontrola pístnice zavážeč č.1		•
11	Kontrola pístnice zavážeč č.2		•
12	Kontrola pístnice zavážeč č.3		•
13	Kontrola pístnice zavážeč č.4		•
14	Kontrola předního uzávěru č.1	•	
15	Kontrola předního uzávěru č.2	•	
16	Kontrola předního uzávěru č.3	•	
17	Kontrola předního uzávěru č.4	•	
18	Kontrola zadního uzávěru č.1	•	
19	Kontrola zadního uzávěru č.2	•	
20	Kontrola zadního uzávěru č.3	•	
21	Kontrola zadního uzávěru č.4	•	
22	Kontrola vyvážecích válečků č.1		•
23	Kontrola vyvážecích válečků č.2		•
24	Kontrola vyvážecích válečků č.3		•
25	Kontrola vyvážecích válečků č.4		•
26	Kontrola mechanických klapek		•
27	Kontrola mkoncových vypínačů		•
28	Měření teplot a vlhkostí		•
29	Válečkové dráhy 1,2,3,4		•
30	Kontrola mechanické přesuvny		•
31	Vodní vlhčení		•

KOMOROVÁ SUŠÁRNA

Č. ČINNOSTI	POPIS ČINNOSTI	FREKVENCE ZASAHU [časová jednotka/provozní hodiny]	
		půlročně	ročně
1	Kontrola vstupního ventilátoru	•	
2	Kontrola výstupního ventilátoru	•	
3	Kontrola ventilátoru chlazení servopohonů	•	
4	Kontrola cirkulačního ventilátoru 1.1	•	
5	Kontrola cirkulačního ventilátoru 1.2	•	
6	Kontrola cirkulačního ventilátoru 1.3	•	
7	Kontrola cirkulačního ventilátoru 1.4	•	
8	Kontrola cirkulačního ventilátoru 2.1	•	
9	Kontrola cirkulačního ventilátoru 2.2	•	
10	Kontrola cirkulačního ventilátoru 2.3	•	
11	Kontrola cirkulačního ventilátoru 2.4	•	
12	Kontrola cirkulačního ventilátoru 3.1	•	
13	Kontrola cirkulačního ventilátoru 3.2	•	
14	Kontrola cirkulačního ventilátoru 3.3	•	
15	Kontrola cirkulačního ventilátoru 3.4	•	
16	Kontrola cirkulačního ventilátoru 4.1	•	
17	Kontrola cirkulačního ventilátoru 4.2	•	
18	Kontrola cirkulačního ventilátoru 4.3	•	
19	Kontrola cirkulačního ventilátoru 4.4	•	
20	Kontrola cirkulačního ventilátoru 5.1	•	
21	Kontrola cirkulačního ventilátoru 5.2	•	
22	Kontrola cirkulačního ventilátoru 5.3	•	
23	Kontrola cirkulačního ventilátoru 5.4	•	
24	Kontrola cirkulačního ventilátoru 6.1	•	
25	Kontrola cirkulačního ventilátoru 6.2	•	
26	Kontrola cirkulačního ventilátoru 6.3	•	
27	Kontrola cirkulačního ventilátoru 6.4	•	
28	Kontrola cirkulačního ventilátoru 7.1	•	
29	Kontrola cirkulačního ventilátoru 7.2	•	
30	Kontrola cirkulačního ventilátoru 7.3	•	
31	Kontrola cirkulačního ventilátoru 7.4	•	
32	Kontrola servopohonu vstup 1		•
33	Kontrola servopohonu vstup 2		•
34	Kontrola servopohonu vstup 3		•
35	Kontrola servopohonu vstup 4		•
36	Kontrola servopohonu vstup 5		•
37	Kontrola servopohonu vstup 6		•
38	Kontrola servopohonu vstup 7		•
39	Kontrola servopohonu odtah 1		•
40	Kontrola servopohonu odtah 2		•
41	Kontrola servopohonu odtah 3		•
42	Kontrola servopohonu odtah 4		•
43	Kontrola servopohonu odtah 5		•
44	Kontrola servopohonu odtah 6		•
45	Kontrola servopohonu odtah 7		•
46	Kontrola vstupního tlaku servopohonu		•
47	Kontrola vstupní teploty servopohonu		•

TUNELOVÁ PEC

Č. ČINNOSTI	POPIS ČINNOSTI	FREKVENVCE ZÁSAHU [časová jednotka/provozní hodiny]	
		půlročně	ročně
1	Kontrola ventilátoru ve vjezdové komoře (V1)		•
2	Kontrola ventilátoru pro odtah spalin (V2a)	•	
3	Kontrola ventilátoru pro odtah spalin (V2b)	•	
4	Kontrola ventilátoru pro odtah z podpeční chodby (V3)		•
5	Kontrola ventilátoru cirkulace spalin 1 (V4)		•
6	Kontrola ventilátoru cirkulace spalin 2 (V5)		•
7	Kontrola ventilátoru cirkulace spalin 3 (V6)		•
8	Kontrola ventilátoru spalovacího vzduchu (V7a)	•	
9	Kontrola ventilátoru spalovacího vzduchu (V7b)	•	
10	Kontrola ventilátoru rychlého chlazení (V8)		•
11	Kontrola ventilátoru pro odtah z chladicího pásma 1 (V9)		•
12	Kontrola ventilátoru pro odtah z chladicího pásma 2 (V10)		•
13	Kontrola ventilátoru výjezdová clona (V11)		•
14	Kontrola ventilátoru chlazení podvozků (V12)		•
15	Kontrola hydraulického agregátu		•
16	Kontrola posunovací pístnice		•
17	Kontrola vnějšího svislého uzávěru		•
18	Kontrola vnitřního svislého uzávěru		•
19	Kontrola řetězového posunovače (výjezd)		•
20	Kontrola řetězového posunovače (vjezd)		•
21	Kontrola servopohonu klapky tahu v peci		•
22	Kontrola servopohonu klapky vstupu do spalin. výměníku		•
23	Kontrola servopohonu klapky pro výdech spalin		•
24	Kontrola servopohonu klapky zóna 1		•
25	Kontrola servopohonu klapky zóna 2		•
26	Kontrola servopohonu klapky zóna 3		•
27	Kontrola servopohonu klapky zóna 4		•
28	Kontrola servopohonu klapky zóna 5		•
29	Kontrola servopohonu klapky zóna 6		•
30	Kontrola servopohonu klapky zóna 7		•
31	Kontrola servopohonu klapky zóna 8		•
32	Kontrola servopohonu klapky zóna 9		•
33	Kontrola servopohonu klapky rychlého chlazení		•
34	Kontrola servopohonu klapky odtah z CHP 1		•
35	Kontrola servopohonu klapky odtah z CHP 2		•
36	Kontrola servopohonu klapky výdech z CHP 1		•
37	Kontrola servopohonu klapky výdech z CHP 2		•
38	Kontrola servopohonu klapky výjezdová clona		•
39	Kontrola servopohonu klapky vstup do vzduch. výměníku		•

KOLOVÝ MLÝN

Č. ČINNOSTI	POPIS ČINNOSTI	FREKVENNICE ZÁSAHU [časová jednotka/provozní hodiny]					
		denně	týdně	měsíčně	1000 hod	2000 hod	5000 hod
1	Kontrola hladiny oleje, případné doplnění	•					
2	Kontrola tlaku oleje	•					
3	Kontrola stavu bezpečnostních prvků	•					
4	Kontrola stavu sít	•					
5	Kontrola stavu lopatek		•				
6	Kontrola stavu běhounu		•				
7	Kontrola odsávacího zařízení		•				
8	Kontrola stavu ozubených kol v převodové skříně		•				
9	Kontrola tlaku hydraulického zařízení			•			
10	Kontrola šroubovaných spojů					•	

ŠROUBOVÝ KOMPRESOR AM 18 B1 / AM 22 B1 / AM 30 B1

Č. ČINNOSTI	POPIS ČINNOSTI	FREKVENNICE ZÁSAHU [časová jednotka / provozníhodiny]				
		100	500	1500	6000	12000
1	Kontrola stavu oleje	•				
2	Kontrola / vyčištění / výměna vložky sacího filtru		•			
3	Výměna olejového filtru			•		
4	Kontrola šroubovaných spojů			•		
5	Výměna vložky sacího filtru			•		
6	Kontrola napnutí klínového řemenu			•		
7	Vyčištění chladiče			•		
8	Výměna vložky odlučovacího filtru			•		
9	Výměna tlakových hadic				•	
10	Výměna klínového řemenu					•
11	Výměna ventilu minimálního tlaku					•
12	Výměna řídicího magnetického ventilu					•
13	Výměna pojistného ventilu					•