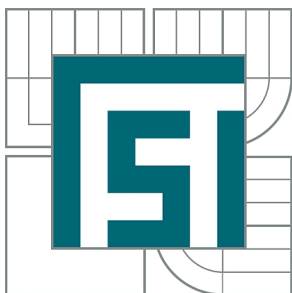


VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ
BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY



FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ
ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE
FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING
INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VYHODNOCOVÁNÍ ÚČINNOSTI STROJŮ PRO ZABEZPEČENÍ VÝROBNÍHO ÚKOLU

THE EFFICIENCY OF MACHINES EVALUATION FOR PRODUCTION TASK ENSURING

DIPLOMOVÁ PRÁCE
MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE
AUTHOR

Bc. MARTIN BEDNÁŘ

VEDOUCÍ PRÁCE
SUPERVISOR

prof. Ing. MARIE JUROVÁ, CSc.

BRNO 2011

Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství

Ústav strojírenské technologie

Akademický rok: 2010/2011

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

student(ka): Bc. Martin Bednář

který/která studuje v **magisterském navazujícím studijním programu**

obor: **Strojírenská technologie a průmyslový management (2303T005)**

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

Vyhodnocování účinnosti strojů pro zabezpečení výrobního úkolu

v anglickém jazyce:

The Efficiency of Machines Evaluation for Production Task Ensuring

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úvod

Popis současného stavu výrobního systému s ohledem na:

- výrobní program
- vybavenost vybraného výrobního úseku

Cíle řešení

Analýza současného stavu výrobní základny vybraného úseku

Popis teoretických metod pro hodnocení účinnosti a využití v praxi

Návrh hodnocení účinnosti strojů

Podmínky realizace a přínosy řešení

Závěr

Použitá literatura

Cíle diplomové práce:

Využití výsledků účinnosti strojů pro rozhodování výrobního manažera ke splnění zadaného výrobního úkolu v požadované jakosti, čase a optimálních nákladech.

Seznam odborné literatury:

FIALA,P. Modelování a analýza produkčních systémů. Praha Professional Publishing 2002, s. 259, ISBN 80-86419-19-3

KAVAN,M.Výrobní a provozní management. 1.vyd.Praha Grada Publishing 2002, s.424, ISBN 80-247-4099-5

MAŠÍN,J.,VYTLAČIL,M. Cesty k vyšší produktivitě. 1.vyd. Liberec IPI 1996, 254s. ISBN 80-902235-0-8

BLAŽEWICZ,J.,ECKER,K.H.,PESCH,E.,SCHMIDT,G.,WEGLARZ,J. Scheduling Computer and Munifaturing Processes. Berlin Springer 2001, 485s., ISBN3-540-41931-4

Vedoucí diplomové práce: prof. Ing. Marie Jurová, CSc.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2010/2011.

V Brně, dne 29.11.2010

L.S.

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
Ředitel ústavu

prof. RNDr. Miroslav Doupovec, CSc.
Děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá analýzou a vyhodnocením dat a to vzhledem k efektivnosti obráběcích strojů a jejich údržby. V teoretické části je v první části popsána technická obsluha výroby. V druhé části teoretického rozboru je uvedena jedna z největších možností zvýšení efektivnosti strojů a údržby a to TPM (totálně produktivní údržba). Praktická část obsahuje analýzu poskytnutých dat a jejich následné vyhodnocení pro potřeby firmy. Na závěr jsou uvedena doporučení a návrhy na zlepšení.

KLÍČOVÁ SLOVA

totálně produktivní údržba, technická obsluha výroby, efektivita strojního zařízení, analýza hodnot, FMEA

ABSTRACT

This master's thesis is focused on an analysis and data evaluation of effectiveness of tool machines and their maintenance. There is a description of a technical production handling in the first part of the theoretical section. In the second part one of the most productive options to increase the productivity of the machine maintenance is described, and so it is the TPM (total productive maintenance). The practical part consists of an analysis of given dates and their evaluation for company needs. Recommendations and suggestions for the improvement are presented at the end of the thesis.

KEY WORDS

total productive maintenance, production technical support, efficiency of machinery, analysis of values, FMEA

Bibliografická citace

BEDNÁŘ, M. *Vyhodnocování účinnosti strojů pro zabezpečení výrobního úkolu*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2011. 82s., 14 příloh. Vedoucí diplomové práce prof. Ing. Marie Jurová, CSc..

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma vyhodnocování účinnosti strojů pro zabezpečení výrobního úkolu vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum 12.5.2011

.....

Bc. Martin Bednář

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto prof. Ing. Marii Jurové, CSc. za velmi cenné připomínky, hodnotné rady a ochotu při vypracování této diplomové práce.

Dále bych chtěl poděkovat Ing. Vojtěchovi Sanetrníkovi, a dalším zaměstnancům firmy, kteří mi velmi pomáhali v práci a jejím úspěšném dokončení.

OBSAH

ABSTRAKT	5
PROHLÁŠENÍ	6
PODĚKOVÁNÍ.....	7
OBSAH	8
ÚVOD.....	10
1. FORMULACE PROBLEMATIKY – ROZBOR PROBLÉMU	11
2. O FIRMĚ.....	12
2.1 VIZE SPOLEČNOSTI.....	12
2.2 PRODUKTY	13
- SPORTOVNÍ OPTIKA	13
- VOJENSKÉ APLIKACE.....	13
2.3 VÝROBNÍ MOŽNOSTI	14
2.3.1 VÝROBA OPTIKY	14
2.3.2 MECHANICKÁ VÝROBA.....	14
2.3.3 MONTÁŽ	15
3. TECHNICKÁ OBSLUHA VÝROBY (TOV)	16
3.1 OBNOVOVACÍ PROCESY	16
3.1.1 POSTAVENÍ ÚDRŽBY VE VÝROBNÍM PROCESU	16
3.1.2 OBNOVOVACÍ PROCESY	17
3.1.3 ORGANIZAČNÍ STRUKTURA ÚDRŽBÁŘSKÝCH PROCESŮ	18
3.1.4 HODNOCENÍ ÚČINNOSTI ÚDRŽBÁŘSKÝCH PROCESŮ	19
3.1.5 ROZHODOVÁNÍ V OBLASTI ÚDRŽBY ČI VÝMĚNY ZAŘÍZENÍ.....	20
3.2 TOTÁLNĚ PRODUKTIVNÍ ÚDRŽBA.....	21
3.2.1 ZTRÁTY VE VYUŽÍVÁNÍ VÝROBNÍ ZÁKLADNY	21
3.2.2 CELKOVÉ EFEKTIVNÍ VYUŽÍVÁNÍ VÝROBNÍ ZÁKLADNY	23
3.2.3 PŘÍNOSY ZVYŠOVÁNÍ CEZ.....	24
3.2.4 ČASTÉ CHYBY PŘI VÝPOČTU OEE	25
3.2.5 OPTIMÁLNÍ VÝROBNÍ SYSTÉM	26
3.2.6 KONCEPCE TOTÁLNĚ PRODUKTIVNÍ ÚDRŽBY	28
3.2.7 PODMÍNKY REALIZACE TPM.....	31
3.2.8 ZAVEDENÍ TPM V PODMÍNKÁCH FIRMY	33
3.2.9 KLASICKÉ NÁSTROJCE PRO ZLEPŠOVÁNÍ PROCESŮ	35
3.3 FMEA	36
3.3.1 PRINCIP.....	36
3.3.2 VLASTNÍ METODA	36
3.4 MTTR, MTBF.....	38
4. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	39
4.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE	39
4.2 PŘEDMĚT PODNIKÁNÍ.....	39
4.3 KONKURENCE.....	40
4.4 ZAMĚSTNANCI	40

4.5	EXPORT.....	40
5.	ŘEŠENÍ ZADANÉHO PROBLÉMU.....	41
5.1	ROZBOR ZADANÉ TABULKY PORUCH	42
6.	VYHODNOCENÍ VŠECH PORUCH	44
6.1	PORUCHY V JEDNOTLIVÝCH STŘEDISCÍCH	47
6.1.1	8171 – KLASICKÉ SOUSTRUŽENÍ	47
6.1.2	8172 – NC SOUSTRUŽENÍ.....	47
6.1.3	8181 – CNC FRÉZOVÁNÍ	49
6.2	PARETOVA ANALÝZA PROSTOJŮ.....	50
6.3	REAKČNÍ DOBA.....	51
6.3.1	REAKČNÍ DOBA PODLE STŘEDISKA.....	51
6.3.2	REAKČNÍ DOBA PODLE TYPU PORUCHY	51
6.3.3	REAKČNÍ DOBA PODLE TYPU STROJE.....	52
6.4	DOBA OPRAVY.....	53
6.4.1	PRŮMĚRNÁ DOBA OPRAVY PODLE STŘEDISKA	53
6.4.2	PRŮMĚRNÁ DOBA OPRAVY PODLE TYPU PORUCHY	53
6.4.3	PRŮMĚRNÁ DOBA OPRAVY PODLE TYPU STROJE	54
6.4.4	PRŮMĚRNÁ DOBA OPRAVY JEDNOTLIVÝCH STROJŮ	54
6.5	MTTR	55
6.5.1	MTTR PODLE STŘEDISKA.....	55
6.5.2	MTTR PODLE TYPU PORUCHY	55
6.5.3	MTTR PODLE DRUHU STOJE.....	56
6.5.4	MTTR PODLE JEDNOTLIVÝCH STROJŮ.....	56
6.6	CELKOVÁ EFEKTIVNOST ZAŘÍZENÍ	57
6.6.1	MÍRA VYUŽITÍ STŘEDISEK	57
6.6.2	MÍRA VYUŽITÍ PRACOVÍŠŤ	59
6.6.3	MÍRA VYUŽITÍ JEDNOTLIVÝCH STROJŮ V PRACOVÍŠTI	60
6.6.4	MÍRA VYUŽITÍ JEDNOTLIVÝCH STROJŮ	60
6.6.5	MÍRA VYUŽITÍ V MĚSÍČNÍCH INTERVALECH	61
6.6.6	UMÍSTĚNÍ TABULE HODNOCENÍ TPM.....	62
6.7	EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ.....	63
6.8	ZAMĚSTNANCI	64
6.9	APLIKACE FMEA – ANALÝZA PORUCHOVOSTI STROJŮ	67
6.9.1	TABULKY PRO MOŽNOST REALIZACE FMEA.....	68
6.9.2	UKÁZKA POUŽITÍ FMEA.....	71
6.9.3	PORUCHOVÝ LÍSTEK.....	75
6.10	DOPORUČENÍ PRO ODSTRANĚNÍ PORUCH	76
7.	ZÁVĚR.....	77
8.	RESUMÉ	78
9.	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	79
10.	SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ	81
11.	SEZNAM PŘÍLOH.....	82

ÚVOD

S celkovou kulturní a ekonomickou globalizací světa dochází k nárůstu produktivity jednotlivých ekonomik a tedy i průmyslové výroby. Z tohoto důvodu je pro jednotlivé firmy důležité sledovat, jako jeden z faktorů ovlivňující cenu výrobku, tedy náklady na výrobu. V čemž nás ujistila celosvětová ekonomická krize, díky níž se podniky se snaží najít úspory a volné kapacity ve výrobě.

Jednou z možných forem snížení nákladů a zvýšení produkce je údržba. Dobře a cíleně vedená údržba s jasnými pravidly, časovými harmonogramy, schopnými vedoucími a kvalifikovanými pracovníky jak údržby, tak obsluhy strojů může firmě ušetřit značné množství finančních prostředků a tím zvýšit její konkurenční schopnost.

Právě k výše uvedeným důvodům je nutné se zabývat efektivním využitím strojů a strojního vybavení, jelikož provozuschopnost strojů a následné prostoje ovlivňují nepřímo i další náklady. Když stroj nepracuje, nepřidává výrobku žádnou přidanou hodnotu, čímž ovlivňuje hmotný a hodnotový tok podniku. Mezi další takto ovlivněné a tím i promarněné náklady patří např. neplnění výrobních norem, obsluha výroby není plně vytížena a je nutná údržba.

Proto je nutno řešit, měřit, analyzovat a správně vyhodnotit každé prostoje ve využití strojů.

1. FORMULACE PROBLEMATIKY – ROZBOR PROBLÉMU

Diplomová práce byla řešena pro firmu, která si nepřála, aby její skutečný název nebyl zmíněn v diplomové práci. Smyšlený název uvedený v práci bude Firma. Vyhodnocení problematiky bylo zadáno pro divizi Mechanika a její dílny:

- CNC frézárnu (40 strojů)
- NC soustružení (60 strojů)
- klasického soustružení (30 strojů).

Cílem této práce bylo poskytnout přínos a zpřehlednění v oblasti vyhodnocování účinnosti a efektivního využití strojního zařízení firmy. A to v návaznosti na její současný systém hlášení a zaznamenávání poruch, kde jsou příslušná data, ze kterých tato práce vycházela (viz Příloha 1).

Základním požadavkem a přínosem této práce bylo odpověď na základní otázky:

- Co počítat?
- Jak počítat?
- Jak často?
- Co sledovat?

Požadavky, které vznesla firma, vzhledem k zadaným údajům (viz Příloha 1):

- Sledování trendů
- Ukazatele pro management
- Vypovídající hodnoty z daných údajů
- Zhodnocení současného stavu

2. O FIRMĚ

Společnost, založena roku 1933, je nadnárodní společnost působící v oblasti výzkumu a vývoje, v konstrukční činnosti a ve výrobě optických i mechanických součástí a jejich montáži. Za dlouhou dobu své existence se stala globálním specialistou na optické produkty nejvyšší kvality pro průmyslové, vojenské a spotřební trhy.^[22]

Díky svým vyškoleným, vysoce kvalifikovaným a zručným zaměstnancům může vyvíjet a vyrábět některé z technologicky nejpokročilejších a nejvýkonnějších produktů na světě.^[22]

Nabyté zkušenosti v oblasti vývoje, konstrukce, předvýrobní i výrobní fáze, v oblasti měření a odborných expertíz, zvláště řemeslná zkušenost s prací s optickými elementy, jsou mimořádné a projevují se v celém spektru odvětví, do nichž naše produkty spadají, od přesných zdravotních a vědeckých přístrojů až k digitální filmové projekci, průzkumu vesmíru, spotřební sportovní optice a vojenským zbraňovým systémům.^[22]

Firma, sídlí v České republice, v Přerově a je pracovištěm pro více než 2200 vysoce kvalifikovaných zaměstnanců. Celý komplex se rozkládá na ploše téměř 135 tisíc m². Působí zde oddělení výzkumu a vývoje, engineeringu (konstrukce a technologie), výroba optiky i mechaniky, montáž a administrativa. Všechny procesy jsou prováděny v souladu se standardy ISO. Společnost plní požadavky systému řízení jakosti ISO 9001, systému řízení životního prostředí ISO 14001, systému řízení ochrany zdraví a bezpečnosti práce (OHSAS) ČSN OHSAS 18001 a je také držitelem českého obranného standartu ČOS 051622 a též plnění další související standardů NATO.^[22]

2.1 VIZE SPOLEČNOSTI

Firma se chce stát světovým lídrem v poskytování inovativních řešení určených pro specifické trhy zaměřené na oblasti zobrazovacích a osvětlovacích systémů určených pro spotřebitelské, průmyslové a vojenské aplikace. Staví na dlouhodobé tradici s opto-mechanickými a optoelektronickými produkty – od prvotního návrhu, vývoje, k výrobě, testování a dodání – stejně jako na dodržování všech etických a zákonných norem včetně ochrany životního prostředí. Cílem je zvyšování objemu přidané hodnoty našich výrobků a růst hodnoty firmy neustálým zlepšováním našich technologií, infrastruktury, řízení kvality a procesů.^[22]

2.2 PRODUKTY

Firma celosvětově zaujímá více jak 77 let vedoucí pozici v optických inovacích, dále pak velice významné místo v oblasti vývoje a výroby technologicky a provedením velice náročných optických celků. Jedná se například o přesné lékařské přístroje a vědecké přístroje pro digitální filmovou projekci, o optiku pro vesmírné výzkumy, armádní zbraňové systémy a optiku pro spotřební sportovní výrobky, apod. Současné výrobní portfolio a výrobní technologie společnosti firmy jsou v celosvětovém podvědomí velice dobře zapsané pro své vysoce kvalitní provedení veškerých výrobků, dále také z důvodu jejich jedinečných vlastností, a v neposlední řadě pro jejich mimořádnou hodnotu.^[22]

- SPORTOVNÍ OPTIKA



Obr. 2.1 Okulár DP1 30x WA^[22]

- VOJENSKÉ APLIKACE



Obr. 2.2 Puškohled MeoStar 4-16x44^[22]

2.3 VÝROBNÍ MOŽNOSTI

Společnost má dlouholetou tradici, odborné znalosti a všechny nezbytné zdroje pro výrobu optických a mechanických součástí a pro montáž opto-mechanických produktů a systémů. Firma je divizionálně rozdělaná. ^[22]

2.3.1 VÝROBA OPTIKY

Díky nejnovějším investicím do technologií pro výrobu optiky je možno zákazníkům nabídnout využití služeb jednoho z nejlépe vybavených provozů pro výrobu optických součástí na světě. Unikátní kombinace nejmodernějších zařízení je umístěna v hi-tech optických provozech, které využívají plochu 8700 m² a jejichž optimální využití zajišťuje více než 700 vysoce kvalifikovaných pracovníků. ^[22]

Pro výrobu optických součástí je používána klasická i CNC technologie, čistota optických součástí je garantována použitím nejmodernějších ultrazvukových mycích zařízení a také se používají nejmodernějšími vakuové napařovací komory. ^[22]



Obr. 2.3 Optická výroba^[22]

2.3.2 MECHANICKÁ VÝROBA

Pracovníci společnosti stále usilovně pracují na rozvoji výrobních možností a dostupné zdroje řídí tak, aby bylo možné rozšiřovat technologické možnosti nejmodernějšími zařízeními. Haly, kde je soustředěna mechanická výroba (7100 m²), obsahují desítky nejmodernějších zařízení a o jejich optimální využití se stará přes 500 vysoce kvalifikovaných dělníků a techniků. ^[22]

Zákazníkům je nabízeno klasické a CNC technologie obrábění (včetně obrábění magnesiových odlitků) a různé druhy povrchových a tepelných úprav. ^[22]

Pro výrobu vysoce přesných mechanických součástí využíváme klasická obráběcí zařízení a nejmodernější CNC zařízení. Díky široké nabídce

možností strojního obrábění, kterými disponují naše provozy, nabízíme našim zákazníkům kompletní řešení pro realizaci jejich výrobků. ^[22]



Obr. 2.4 Strojní obsazení frézárny^[22]

Mezi dostupná zařízení strojního obrábění patří CNC vertikální a horizontální frézovací centra různých výrobců jako Hyundai, Chiron atd., o 3-5 osách. Pro soustružení jsou používány CNC soustružnické centra značek HAAS, Hyundai, Spinner atd. ^[22]

Firma používá pro tepelnou úpravu kovů jako žíhání, žíhání na magnetické vlastnosti, normalizace, kalení plynem - rychlořezné oceli, nástrojové oceli a jejich popouštění atd. ^[22]

Firma nabízí různé typy povrchových úprav. Mezi základní schopnosti patří přípravné procesy (tryskání, broušení, leštění, čištění ultrazvukem, atd.), elektrochemické procesy (pokovování, chemická oxidace, černá oxidace, atd.) a organické povrchové úpravy (lakování, konzervování, sítotisk, atd.). ^[22]

2.3.3 MONTÁŽ

Přesná montáž opto-mechanických sestav je pro společnost charakteristická již přes 75 let. Montážní plocha (přes 5100 m²), kterou využíváme je tvořena jak standardními montážními linkami, tak i specializovanými čistými prostory s třídou 100 (dle US Federal Standard 209 E), kde jsou sestavovány ty nejnáročnější opto-mechanické a opto-elektronické celky. Kontrolní operace zakomponovány přímo v procesu montáže zase zajišťují kvalitu konečného produktu. ^[22]

3. TECHNICKÁ OBSLUHA VÝROBY (TOV)

Průmyslové výroby celého světa v posledních letech zaznamenaly obrovský nárůst produktivity. Zvyšování produktivity je nakonec hlavním motorem celosvětové ekonomiky. ^[2]

Provozeroschopnost výrobních zařízení je jedna z vlastností nezbytných pro zajištění výroby zboží, které slouží k uspokojení poptávky. Úroveň provozuschopnosti výrobních zařízení je ovlivňována řadou faktorů, především dlouhodobou reprodukcí výrobních zařízení. ^[2]

3.1 OBNOVOVACÍ PROCESY

Obnovovací procesy jsou chápány jako protipól opotřebení, kdy dochází vědomou činností k postupnému či jednorázovému odstranění důsledků opotřebení provozním udržováním, opravováním, modernizováním či rekonstruováním, případně náhradou opotřebovaných zařízení za nové. ^[2]

Údržba

Údržba je obnovovací proces, jehož smyslem je systematické odstraňování důsledků fyzického případně i ekonomického opotřebení jednotlivých prvků i celého systému zařízení, k němuž dochází v důsledku jeho využívání ve výrobním procesu při vynakládání optimálních nákladů. ^[2]

Systém údržby

Systém údržby chápeme jako soubor organizačních, časových, hmotných, finančních a jiných prvků, které dovolují ve vymezených podmínkách provádět údržbářské zásahy tak, aby údržba byla včasná, ekonomická a dostatečně spolehlivá. ^[2]

Moderní organizace údržby

Výrobní systémy by měly být pružnější především s ohledem na výrobu zboží, průběžné doby výroby zboží a nízké výrobní náklady. Tyto požadavky na pružnost výroby je třeba splnit při vysoké produktivitě výroby. Řešení dilematu mezi průběžnými časy, jako požadavku pružnosti a využitím systému, jako požadavku minimalizace kapitálových investic do kapacit obsahuje kompromis mezi pružností výroby na jedné straně a její hospodárností a produktivitou na straně druhé. ^[2]

3.1.1 POSTAVENÍ ÚDRŽBY VE VÝROBNÍM PROCESU

I přes objektivně rostoucí význam efektivní reprodukce výrobní základny, existuje jistá hranice ekonomického rozsahu obnovy a zabezpečování provozuschopnosti výrobní základny, tedy problematiky údržby, modernizace, rekonstrukce a její obnovy. Problém hospodaření s výrobní základnou je představován dvěma samostatnými problémy:

- využíváním výrobních zařízení
- zabezpečení provozuschopnosti výrobních zařízení.

V provozuschopnosti se metodicky rozlišují dvě oblasti činnosti:

- ekonomická oblast - je představována pojmem ekonomika provozuschopnosti výrobních zařízení
- hmotné technická oblast - představována vlastním pojmem péče o výrobní zařízení. ^[2]

3.1.2 OBNOVOVACÍ PROCESY

Při zajištění procesů opravářských činností a vlastní údržby je nutno přihlížet:

- aby na jedné straně byly zajištěny v únosných nákladech potřebné kapacity pro údržbu,
- aby na druhé straně byly minimalizovány prostoje zařízení ve výrobním procesu. ^[2]

Z hlediska systémového uspořádání zde platí obecné sled nezbytných činností, které vlastní výkon funkce údržby zajišťují (např. oblast diagnostiky, TPV, plánování oprav, hmotného zabezpečení oprav, oblast pomocných a obslužných činností v opravné, renovace náhradních dílů, realizace oprav, vstupní a výstupní kontroly). ^[2]

Vnitřně se údržba člení na udržování a opravy. Pro údržbářskou činnost jsou typické následující procesy:

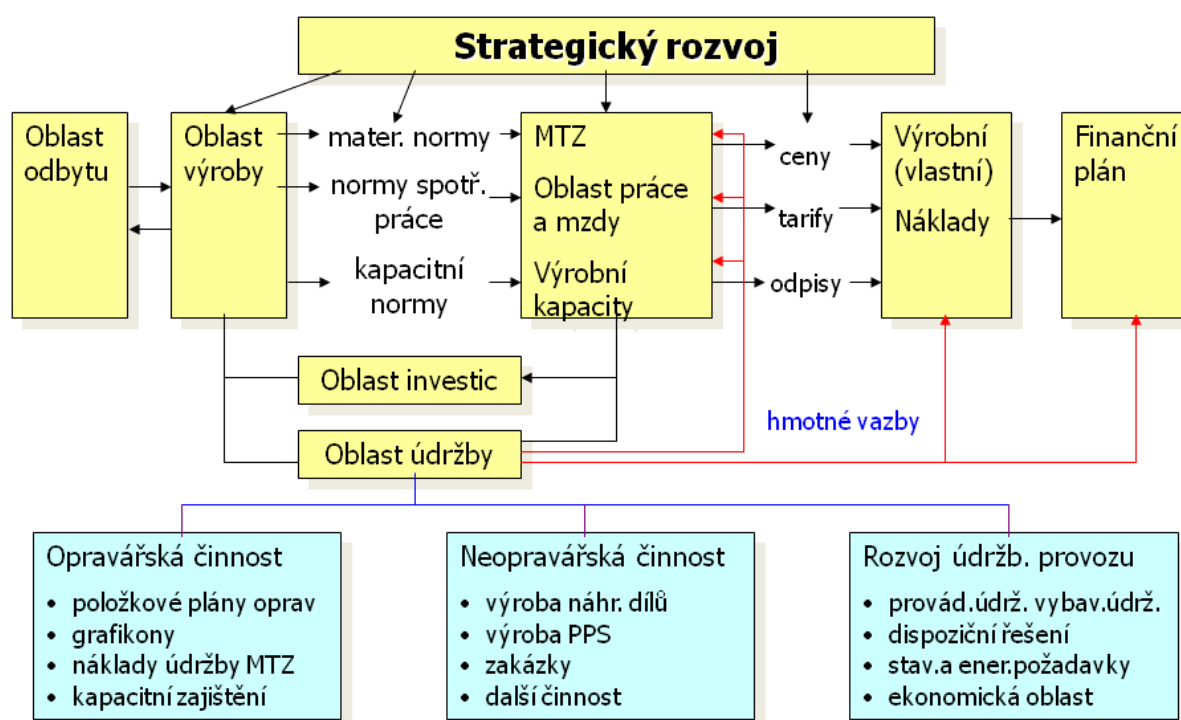
1. instruktáž obsluhujícího personálu
2. denní ošetřování výrobního zařízení
3. udržování výrobního zařízení - denní péče
4. inspekce a prohlídky
5. diagnostika technického stavu
6. opravy výrobního zařízení
7. modernizace a rekonstrukce ^[2]

Z celého souboru uvedených prvků jsou důležité především ty, které zajišťují běžnou, každodenní údržbu a průběžnou kontrolu stavu výrobních zařízení, s možností předvídat budoucí vývoj opotřebení. Údržba je v tomto chápání a v určitých pracovních, energetických i ekologických hranicích výhodnější, než mnohdy nepromyšlená investice. Na druhé straně nepravidelná a povrchně prováděná běžná údržba vede k rychlému znehodnocení výrobní základny, k častým poruchám a ke zvýšení nákladů na další následné procesy údržby. ^[2]

Z hlediska systémového přístupu zde platí obecné návaznost činností, které vlastní výkon obnovovacích procesů zajišťují a to:

- oblast diagnostiky - rozpoznání blížící se poruchy, případně příčin poruchy a vytvoření potřeb a nároků na realizaci vlastního odstranění závad

- oblast technické přípravy výroby (dále jen TPV) příprava technických podmínek pro realizaci oprav včetně přípravy příslušné informační základny
- oblast plánování oprav - tvorba plánů opravárenských procesů a nároků na jejich materiální zabezpečení
- oblast hmotného zabezpečení oprav - zajištění materiálů, náhradních dílů a výrobních pomůcek
- oblast pomocných a obslužných činností při zajištění opravárenské činnosti vlastními útvary
- oblast renovace náhradních dílů
- oblast realizace oprav - všechny procesy, kterými se zajišťuje odstranění poruch, havárií a opotřebení
- oblast kontroly jakosti obnovovacích procesů. [2]



Obr. 3.1 Vazby údržby na strategické řízení podniku^[2]

3.1.3 ORGANIZAČNÍ STRUKTURA ÚDRŽBÁŘSKÝCH PROCESŮ

Organizační uspořádání současné opravárenské základny je velmi dynamickou záležitostí. Přitom je nutno respektovat platnost zásady, že na promyšlené a účelné organizační struktuře závisí v nemalé míře i efektivnost zabezpečování opravárenské činnosti. [2]

Neexistuje obecný systém vhodný pro všechny podniky z hlediska velikosti, úrovně manažerského vedení i vybavenosti technicko-opravárenské

základny. Z hlediska odpovědnosti v rámci výrobního podniku lze definovat tři hlavní nositele odpovědnosti:

- uživatele (nejčastěji obsluhující personál, případně vedoucí organizační jednotky mistr, vedoucí výroby apod.). Zodpovědnost uživatele má tento nezbytný rozsah:
 - zodpovědnost za inventární stav zařízení
 - správné používání v souladu s provozními a bezpečnostními předpisy
 - předepsaný způsob denního udržování
 - ekonomické využívání a vytížení zařízení^[2]
- útvar péče o výrobní zařízení, kde tato činnost je základní pracovní náplní. Mezi hlavní oblasti odpovědnosti patří:
 - převzetí výrobního zařízení a včasné uvedení do provozu a likvidace z provozu po době životnosti
 - zajištění evidence a řádné archivace příslušné dokumentace — průběžný dozor nad technickým stavem
 - preventivní a hospodárný výkon údržby a oprav
 - vedení dat pro financování oprav, odpisy apod.^[2]
- technický úsek, který má zodpovědnost za:
 - stav výrobního zařízení z hlediska technické úrovně, produkční úrovně a za progresivní zavádění nových technologií do opravárenských metod
 - technickou úroveň nových výrobních zařízení.^[2]

3.1.4 HODNOCENÍ ÚČINNOSTI ÚDRŽBÁŘSKÝCH PROCESŮ

Metodika ekonomického hodnocení údržby má mnoho společného s obecnou teorií efektivnosti. Zásadní rozdíl je však v tom, že výsledky účinnosti údržby většinou nelze měřit údržbou samou, ale lze ji měřit v těch oblastech, kde se projevují její praktické důsledky. Tak např. zkrácení prostojů zařízení v důsledku oprav se projeví ve zvýšení výroby, kvalitně provedené opravy v kvalitě výroby a v prodloužení doby využití zařízení apod.^[2]

Kritérium ekonomické efektivnosti údržby je proto např.:

- zvýšení produktivity práce ve výrobě
- snižování nákladů
- zvýšená spolehlivost zařízení.^[2]

Při vyhodnocování údržby v podnikové praxi se setkáváme jak s naturálními, tak s hodnotovými ukazateli. Mezi naturální ukazatele účinnosti údržby patří např.:

- vzrůst či pokles celkového objemu nebo pracnosti oprav

- vzrůst či pokles nákladů na stejnorodé opravy
- pohyb počtu pracovníků v údržbě
- výše zásob náhradních dílů pro údržbu
- průběžné doby provádění údržbářských zásahů aj. ^[2]

Tyto ukazatele nejsou však pro hodnocení údržby směrodatné. Svědčí pouze o vývoji fyzických objemů těchto ukazatelů. ^[2]

Používané hodnotové ukazatele údržbářské činnosti, kterými se často vyjadřuje její efektivnost, mají také značné nedostatky. Vyplývají z jednostranně chápaného přínosu údržby, za který se až dosud považuje pouze zhospodárnění vlastní údržbářské činnosti. Např. se za jedno z hlavních kritérií pro ekonomické hodnocení efektivností technických opatření v opravárenství velmi často považují minimální náklady na údržbu a opravy. Takováto snaha může mít naopak za následek souhrnné ztráty. ^[2]

Nepřiměřené úspory zejména v běžné údržbě snižují provozuschopnost zařízení, zkracují dobu používání zařízení a zvyšují náklady na větší opravy. Stejně lze hodnotit i snahu o úsporu materiálu či náhradních dílů, spotřebovaných při opravě. Tato úspora může mít značný význam, nesmí však být prosazována za každou cenu. Je na místě při spotřebě pomocného režijního materiálu, nikoliv však při nezbytné výměně některé části zařízení. Je totiž nezbytné vyměnit ty součásti, které již nevydrží do příští plánované opravy, i když momentálně plní svou funkci, neboť hrozí nebezpečí budoucí havárie. ^[2]

Nejčastějším problémem v oblasti určování efektivností údržby a oprav jsou přesto problémy optimální výše nákladů na údržbu, což v podstatě znamená hledání takové varianty, při které - s ohledem na ztráty z prostojů - bude vliv údržby na úroveň výrobního procesu co největší. Jde tedy o hledání optimálního účinku údržby, který- je ovlivněn vzájemnými vztahy mezi náklady na údržbu a ztrátami z prostojů zařízení. Kombinace, při které je součet nákladů na údržbu ztrát z prostojů minimální, představuje maximum účinku údržby, což je pokládáno také za optimum jejího rozsahu. ^[2]

Způsobu a metod hodnocení údržby zná teorie i praxe několik desítek a využívá k tomu celý aparát statistických a matematických metod. Vzhledem k dostupnosti informací a dat je možno uvést dva okruhy hodnocení a to:

- hodnocení nákladů na opravy u individuálních zařízení
- metody sledování komplexního působení vybraných činitelů na souhrnnou účinnost oprav. ^[2]

3.1.5 ROZHODOVÁNÍ V OBLASTI ÚDRŽBY ČI VÝMĚNY ZAŘÍZENÍ

V praxi se často rozhodujeme, zda ponechat dosavadní zařízení nebo investovat do zařízení nového. Vždy je doporučováno postupovat systematicky, tj. pohlížet na zařízení jako na součást systému zařízení vzájemně propojených a při rozhodování

„nechat - modernizovat - vyměnit“

vycházet ze srovnání ročních úspor plynoucích ze změny a nákladů na změnu. Nesmíme zapomínat ani na to, že rozhodneme-li se „ponechat“, budeme tento problém řešit znovu v budoucnosti. Vyřazené zařízení můžeme využít v jiném provozu, kde zařízení bude pracovat jen menší počet provozních hodin.^[2]

Pro plánování obnovy zařízení můžeme použít i matematické metody teorie obnovy. Standardní postup výměny zařízení, který se používá v tržní ekonomice, vychází ze stejných principů, jako je hodnocení investic, základním ukazatelem je cash flow.^[2]

3.2 TOTÁLNĚ PRODUKTIVNÍ ÚDRŽBA

Manažeři, ať už z úrovně provozů nebo z úrovně vrcholového vedení téměř každý den deklarují nutnost zproduktivnit výrobu. Zatímco u výrobních operací se stále častěji setkáváme s aktivitami podporujícími zproduktivnění tohoto procesu, režijní činnosti zůstávají i v dnešní době z různých příčin těmito aktivitami nedotčeny. Nezbytné činnosti jako je údržba, seřizování a výměna nástrojů, jsou z hlediska provozu často posledními oblastmi, kde lze hledat a nalézat významné zdroje pro snižování nákladů. Pro dosažení tohoto cíle musí naši manažeři a provozní pracovníci přijmout a případně i modifikované aplikovat nástroje, které se ve vyspělých zemích používají s výraznými úspěchy již několik desítek let.^[2]

3.2.1 ZTRÁTY VE VYUŽÍVÁNÍ VÝROBNÍ ZÁKLADNY

Pro dosažení zproduktivnění výroby, využitím oblasti údržby strojů a zařízení, musíme uplatnit pravidlo tzv. produktivní údržby. Základní jeho ideou je, že „údržba musí, obdobně jako hlavní výrobní proces, maximálně přispívat ke zvyšování produktivity a stát se produktivní údržbou“. Tím se zákonitě tento pojem dostal do systému organizace a provádění údržby a tím i do názvu a je označován jako Totálně produktivní údržba (Total Productive Maintenance - dále jen TPM). Principy a přínosy pro celkovou produktivitu jsou uvedeny dále.^[2]

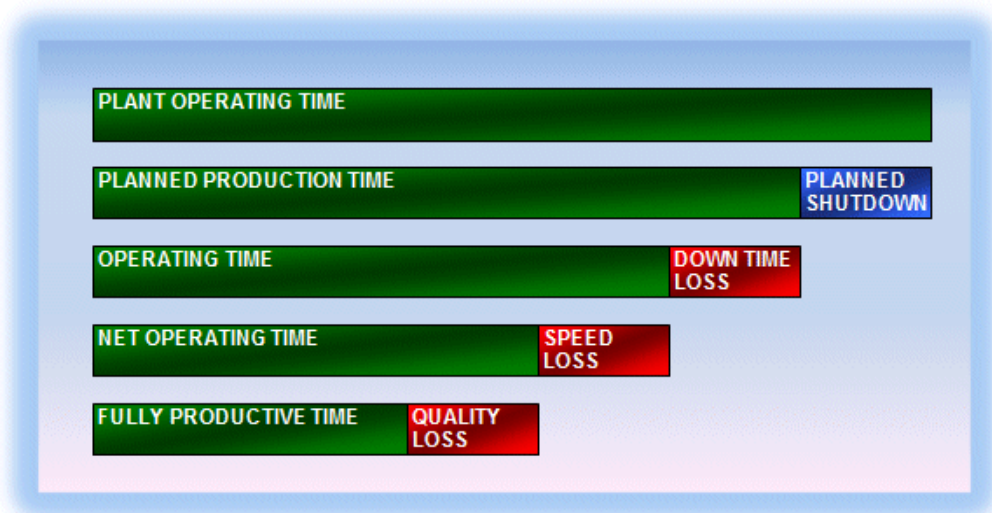
Jestliže chceme aplikovat systém TPM, musíme logicky začít ztrátami zatěžujícími provoz a výkon výrobní základny. Ztráty vznikají jednak na základě organizace výroby, provozování i údržby daného zařízení a jednak na základě nechtěných lidských chyb. Cílem údržby jakéhokoliv technického zařízení je tyto ztráty snížit nebo úplně vyloučit. Při tomto záměru je nezbytné nejprve analyzovat druhy ztrát, které se při provozu vyskytují.^[2]

V provozní praxi lze nalézt šest velkých ztrát, kterými jsou:

- prostoje související s poruchami strojů a neplánované prostoje
- čas na seřizování a nastavování parametrů (změny a výměny)
- ztráty způsobené přestávkami ve výkonu zařízení, krátkodobé poruchy
- ztráty rychlosti průběhu výrobních procesů
- kvalitativní důsledky procesních chyb (nejakost)

- snížení výkonu ve fázi náběhu výrobních procesů, technologické zkoušky. ^[2]

Ztráty v efektivním využívání výrobní základny jsou významnou překážkou úspěchu ve výrobě i prodeji. Poruchy se ztrátou funkce mají povahu náhlého výskytu, jsou snadnou zjistitelné, jejich průběh je většinou dramatický. Poruchy omezující funkci dovolují pokračovat v provozu, ale se sníženým výkonem. Při jejich přehlížení dochází k běhu na prázdko, ke krátkodobým přerušením, předělvkám, které omezují rychlost a způsobují jiné problémy. Problémy způsobují faktory všeho druhu, ale často si všímáme jenom velkých problémů a přehlížíme malé závady, které k nim také přispívají. Mnohé velké poruchy se vyskytují jenom proto, že si nikdo nevšimá zdánlivých maličností, které mohou zapříčinit velkou poruchu (např. uvolněné šrouby, opotřebení, odpad a znečištění). Ztráty času výrobního zařízení znamenají, že výrobní úkol je nižší než by to bylo možné z hlediska celkového času výrobního zařízení a tím limitují i ztráty výrobní kapacity (viz Obr. 3.2). ^[2]



Obr. 3.2 Využití stroje z hlediska možných ztrát^[23]

Ztráty při seřizování a změně rozměrů

jsou přerušení chodu stroje, kdy se vyměňuje materiálový prvek, nástroj či nastavuje stroj pro nový rozměr. Někdy je nutné seřizovat stroje z důvodů jejich nepřesnosti nebo jiných mechanických nedostatků. Pro omezení těchto ztrát je nezbytné využít např. systému SMED (Single Minuta Exchange Die - volně přeloženo jako výměna nástroje v čase 1 až 9 minut). ^[2]

Krátká přerušení a běh na prázdko

na rozdíl od běžných poruch jsou způsobeny dočasnými problémy stroje. Např. opracovaný kus se může zpříčit na skluzu nebo stroj může dále pracovat. Proto běh na prázdko a krátká přerušení ve výkonu se liší od obyčejných poruch, ale často významně ovlivňují celkovou efektivnost zařízení. ^[2]

Ztráty z nevyužití rychlosti stroje

nastávají tehdy, když se objeví rozdíl mezi provozní rychlostí stroje, pro kterou byl konstruován a rychlostí skutečnou. V provozních podmínkách je typické, že jsou tyto ztráty rychlosti přehlíženy, přestože představují velkou překážku v efektivním využívání výrobní základny a měly by být důkladně analyzovány. ^[2]

Kvalitativní ztráty a vícepráce

jsou ztráty kvality způsobené nesprávným provozem výrobního stroje. Sporadické vady se obecně nechají snadno identifikovat a rychle odstranit obnovením normálních podmínek provozu stroje. U chronických vad je někdy velmi obtížné najít příčiny vad. Provizorní nápravy tento problém zřídka vyřeší a skutečné příčiny vad zůstávají často opomenuty nebo zanedbávány. ^[2]

Ztráty při náběhu

mohou být způsobeny tím, že dochází k rozdílnému výkonu, případně k postupnému najíždění na plný výkon. Tyto ztráty jsou mnohdy těžko zjištělné. Jejich rozsah závisí na stabilitě technologických podmínek, schopnostech obsluhy, zaškolením pracovníků. ^[2]

3.2.2 CELKOVÉ EFEKTIVNÍ VYUŽÍVÁNÍ VÝROBNÍ ZÁKLADNY

Při snaze zvyšování produktivity se nelze omezovat jen na poruchy, které ovlivňují tzv. dostupnost výrobní základny. Např. při uvádění využití strojů a zařízení větší než 85 %, je možno usoudit, že výrobní základna běží účinně a efektivně. Je třeba si však uvědomit jak byl tento ukazatel vypočítán a na čem stojí daná kalkulace. To co se v praxi často označuje jako míra využívání strojů a zařízení, je ve skutečnosti pouze tzv. dostupnost. Je třeba se zabývat všemi faktory ovlivňujícími efektivní využívání strojů a zařízení a to:

- míra využití [dostupnost]
- míra výkonu [výkon]
- míra kvality

Na základě principů porovnání výstupů ke vstupům pak dostaneme vzhledem k pouhé dostupnosti daleko objektivnější vztah pro **celkovou efektivnost zařízení** (Overall Equipment Effectiveness - OEE, pro naše podmínky dále jen CEZ) ^[2]

Vztah pro výpočet tohoto ukazatele je následující:

$$CEZ = \text{míra využití} \times \text{míra výkonu} \times \text{míra kvality} \quad (3.1)$$

anglicky: OEE = AF \times PF \times QF

Dílčí ukazatele stanovíme:

Míra využití (Availability factor) ^[2]

$$AF = \frac{\text{doba možného provozu výrobního zařízení} - \text{prastoje}}{\text{doba možného provozu výrobního zařízení}} \quad (3.2)$$

Míra výkonu (Performance factor) ^[2]

$$PF = \frac{\text{počet vyrobených kusů} \times \text{ideální cyklus (takt)}}{\text{doba možného provozu výrobního zařízení} - \text{prostoje}} \quad (3.3)$$

Míra kvality (Quality factor) ^[2]

$$QF = \frac{\text{počet vyrobených kusů} - (\text{zmetky} + \text{vícepráce})}{\text{počet vyrobených kusů}} \quad (3.4)$$

Po úpravě dostaneme^[2]:

$$CEZ(OEE) = \frac{\text{počet kvalitních výrobků} \times \text{ideální cyklus}}{\text{doba možného provozu výrobního zařízení}} \quad (3.5)$$

3.2.3 PŘÍNOSY ZVYŠOVÁNÍ CEZ**Zvýšení efektivity výroby**

Zavedení sběru dat a systému pro zefektivnění výroby pomocí přesných výpočtů OEE není zadarmo a stojí určité úsilí a finanční prostředky. V porovnání se zavedením typického informačního podnikového systému (ERP), jehož přínosy na zefektivnění vlastních výrobních procesů lze velmi těžko kvantifikovat a které často jsou velmi sporadické, avšak její návratnost je velmi krátká a jednoznačně průkazná kvantifikovatelným zvýšením efektivity výroby. ^[14]

Přesný sběr dat o prostojích

Automatický sběr a vyhodnocení dat ulehčují práci operátorům ve výrobě a zajišťují, že se na nic nezapomene. Vznik prostoje, jeho typ a příčina jsou automaticky rozpoznány a operátoři jsou o jeho vzniku automaticky vyrozuměni. Základní údaje o prostoji (čas začátku a konce, doba, typ) jsou získány a automaticky zaznamenány a okamžitě jsou dostupné všem zainteresovaným pracovníkům v podniku. ^[14]

Sledování efektivity v reálném čase

Jsou-li k dispozici potřebná data, je možné v reálném čase vidět okamžitou dostupnost, výkonnost a kvalitu výroby konkrétního stroje a také automaticky počítat OEE. V reálném čase je zřejmá i celková efektivita výrobního zařízení pro aktuální směnu, den nebo zakázku. ^[14]

Přesné určení skutečné příčiny prostojů

Ve výrobním prostředí je někdy opravdu velmi obtížné přesně nalézt skutečné příčiny prostojů. Podrobné monitorování v reálném čase umožňuje zaznamenat příčiny různého typu, které mohou vzniknout i s nepatrným časovým odstupem v různých výrobních zařízeních a oblastech výrobního podniku, čímž jsou umožněny přesné analýzy jednotlivých dějů a jejich souvislostí. ^[14]

Odhalení skryté kapacity výroby

Přidání nového výrobního zařízení nebo zvýšení směnnosti výroby je velmi nákladné. Méně nákladnou cestou je optimalizovat stávající výrobní procesy a využít zdánlivě nedostupné výrobní kapacity závodu tím, že se sníží počet prostojů, ztráty výkonu a ztráty kvality v rámci výrobního procesu. Nedosahuje-li výrobní zařízení předepsaného výkonu, lze identifikovat, kde jsou rezervy. ^[14]

Optimalizace intervalů údržby

Informace o skutečném chodu výrobních zařízení mohou být použity ke stanovení spolehlivosti a skutečné doby provozu každého sledovaného výrobního zařízení. Tím je možné zpřesnit intervaly údržby podle skutečné potřeby a nevykonávat ji mechanicky jen na základě předem stanovených periodických časových intervalů. Sledování efektivity výroby pomocí OEE je součástí programu TPM. ^[14]

3.2.4 ČASTÉ CHYBY PŘI VÝPOČTU OEE

Chyby v metodice výpočtu

Přestože na první pohled vypadá výpočet jednoduše a jasně, ne vždy jsou všechna data přiřazena do správné položky ve výpočtu. ^[14]

Jednoznačně lze určit kvalitu výroby na zařízení. Celkový počet vyrobených kusů i počet špatných kusů vyrobených na daném zařízení (stroji, lince) za určitou dobu jsou exaktně spočítány. ^[14]

Nesprávná metodika je však někdy používána u časových ztrát (doba, na niž není plánována výroba, prostoje, ztráty výkonu). Podívejme se na významy jednotlivých časových ztrát a na jejich správné rozčlenění pro výpočet OEE. ^[14]

Doba, na niž není plánována výroba, je doba, kdy zařízení nepracuje např. proto, že není využita druhá nebo třetí směna. Tato doba se obvykle nezahrnuje do výpočtu OEE. Pro analýzu využití kapacity zařízení je však třeba mít údaje o této době k dispozici. ^[14]

Dostupnost zařízení pro výrobu je dána podílem skutečné doby výroby a plánované doby výroby. Běžně jsou uvažovány prostoje, které trvají řádově minuty a déle a významně ovlivňují dostupnost zařízení pro výrobu. Takové prostoje jsou způsobeny změnou produkce, přestávkou, sanitací, čištěním, preventivní údržbou, opravou zařízení, školením, rozjezdem a dojezdem zařízení, nedostatkem surovin, výpadkem napájení, ztrátou tlaku vzduchu apod. Tyto prostoje jsou ale někdy špatně klasifikovány jako doba, na niž není plánována výroba, čímž se zkracuje plánovaná doba výroby a uměle se zvyšuje hodnota koeficientu OEE, který je díky tomu zkreslen a neodpovídá skutečnosti. ^[14]

Ztráty výkonu jsou různá zdržení, která způsobují zmenšení výkonnosti zařízení. Zařízení je dostupné pro výrobu (v chodu), má vyrábět, ale z nějakého důvodu se to neděje nebo výroba probíhá pomaleji, než bylo plánováno. To se projeví ve vyrobení menšího počtu kusů výrobků, než by

bylo za danou dobu teoreticky možné vyrobit. Ztráty výkonu se projevují jako krátké prostoje, které trvají řádově sekundy až minuty, ale vyskytují se často a opakovaně, čímž celková ztráta výkonu za směnu tvoří desítky minut a má významný dopad na výkonnost zařízení. Většinou se tyto ztráty výkonu nikde nezaznamenávají.^[14]

Pro správný výpočet ztrát výkonu je nutné správně stanovit teoretický počet kusů, které lze na zařízení za danou dobu vyrobit. Ten je dán konstrukcí stroje. U složitějších zařízení (několik strojů, linka apod.) ovšem nemusí být snadné správně jej určit, a tak jen přesné změření ztrát výkonu umožní odhalit skrytou kapacitu výroby.^[14]

Vliv lidského faktoru

Prostojе jsou většinou zaznamenávány ručně operátory ve výrobě. Tato činnost je zdržuje od jejich hlavních pracovních úkolů, a je tedy sama o sobě zdrojem ztrát a snížení efektivity výroby.^[14]

Operátoři také často nezaznamenají všechny prostojе pro své časové vytížení nebo proto, že nechtějí přiznat problémy vzniklé na jejich pracovišti. Poctivost a svědomitost operátorů tedy rovněž významně ovlivňuje přesnost výpočtu.^[14]

Chyby způsobené ručním pořizováním záznamů

Ruční pořizování záznamů o vzniklých prostojích zatěžuje operátory ve výrobě, a proto většina firem zavedla různá zjednodušení. Ta spočívají v zanedbání sledování krátkých prostojů, zavedení stanovených průměrných dob pro konkrétní prostoj apod.^[14]

Jak již bylo uvedeno, výkonnost zařízení se počítá jako poměr celkového skutečného počtu kusů vyrobených za určitou dobu na daném zařízení a teoretického počtu kusů, které lze za tutéž dobu na daném zařízení vyrobit, což může vést k názoru, že sledování krátkých prostojů není třeba a lze je zanedbat. Cílem však není výpočet OEE, ale vyšší efektivita výroby. Jak je ale možné zvýšit efektivitu celé výroby, když nejsou známy všechny příčiny, které vedou ke snížení výkonnosti zařízení?^[14]

Příčiny snížení výkonnosti zařízení lze zjistit přesným měřením ztrát výkonu, které trvají řádově sekundy až jednotky minut a mohou být způsobeny pozdní dodávkou surovin nebo materiálu, špatným kapacitním sestavením linky, výpadky dodávky energie, např. regulací čtvrt hodinového maxima, nešikovností obsluhy apod.^[14]

3.2.5 OPTIMÁLNÍ VÝROBNÍ SYSTÉM

Výrobní systémy jsou tvořeny kombinacemi dvou základních činitelů:

- pracovníků (operátoři, obsluha, údržbáři)
- strojů.^[2]

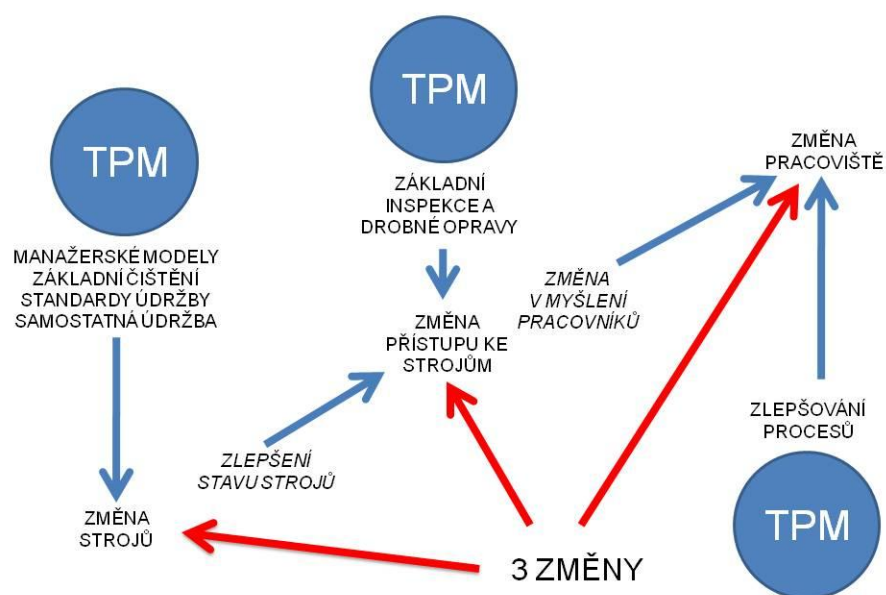
Na základě způsobu průběhu práce člověka a vazeb na práci a výkon strojů můžeme zjistit kvalitu tohoto systému. Pro maximální využívání stroje, je zapotřebí znát ideální podmínky pro chod jeho jednotlivých částí, současně

i hodnoty, které určují efektivní výkon stroje. Jakmile jsou tyto základní poznatky známy, je posláním pracovníků je udržovat. Čím je zařízení technicky náročnější a složitější, tím je odpovědnost za udržování výše uvedených podmínek větší.^[2]

Obsluha nechce znát abnormality v provozu zařízení, a proto přehlíží i první známky vznikajících problémů. Bere za samozřejmé, že problémy je potřeba řešit, až když se objeví. Obsluha vychází z domněnky, že odpovídá pouze za provoz a obsluhu i kontrolu kvality výrobků a nepředpokládá se, že bude schopna zjistit abnormality provozu.^[2]

Mnohá pracoviště jsou zatížena velkými ztrátami, kde důvod spočívá v tom, že se aktivně nepřistupuje k odstranění příčin ztrát. Např. jestliže se některý dílec či komponenta začne více opotřebovat nebo chvět, mnohý operátor si toho buď nevšimne nebo necítí potřebu závadu odstranit. Na pracovišti se proto musí mnohé změnit. Problematika skutečně produktivních systémů údržby je založena na těchto tří „změnách“ - viz Obr. 3.3:

- změna postojů a myšlení
- změna strojů a zařízení
- změna pracoviště^[2]



Obr. 3.3 Potřebné změny na pracovišti^[2]

Zlepšení výkonu stroje i kvality se dosáhne v okamžiku, kdy každý zaměstnanec převezme svůj díl zodpovědnosti za pracoviště, na kterém pracuje a nebude považovat každou poruchu za překážku. Kdykoliv dojde k poruše či závadě, je nutné, aby si pracovníci pečlivě analyzovali, proč k danému problému došlo a jaký je jejich podíl na jeho výskytu. Změna lidí zařízení i celého výrobního systému musí pokračovat krok za krokem. Lidé se musí změnit v tom smyslu, aby chápali a zacházeli se svou prací

a pracovištěm komplexně, tzn. sladit práci lidí s prací strojů. Při realizaci uvedených změn je vhodné využít následující postup:

- čištění se stává inspekci
- inspekce odhaluje abnormality
- abnormality se dají odstranit nebo zlepšit
- obnovení a zlepšení má pozitivní účinky
- pozitivní účinky vyvolávají dobrý pocit uspokojení ve vztahu ke strojům a podporují změnu myšlení pracovníků.^[2]

Zařízení se musí změnit tak, aby k poruchám a abnormalitám nedocházelo snadno. Je proto nutné po poruše stroje rozbořem přesně zjistit, co poruchu způsobilo a co mohlo poruše zabránit. Na základě výsledků analýzy je možno zjistit co poruchu způsobilo a co mohlo poruše zabránit, současně určit způsob jak jejímu výskytu pro další období zabránit. Pro obsluhu znamená „změna strojů a zařízení“ schopnost vidění abnormalit, realizovat jejich opravy a zakusit pocit uspokojení z nalezení způsobu jejich zlepšení a udržení nového stavu. I stroj může fungovat jako švýcarské hodinky.^[2]

Jestliže je obsluha schopna „vidět“ abnormality, není potřeba se omezovat jen na stroje a zařízení. Je možno změnit celé pracoviště - podmínky, systém řízení, nástroje apod. Zásadním krokem změny na pracovišti je specifikovat všechny předměty a věci, které je potřeba napravit. Zde je možné s úspěchem využívat metodiku dynamického zlepšování procesů.^[2]

3.2.6 KONCEPCE TOTÁLNĚ PRODUKTIVNÍ ÚDRŽBY

Totálně produktivní údržba je produktivní údržba prováděná na celopodnikové bázi. Kořeny přístupu TPM mohou být spojeny s filozofií preventivní údržby, která pochází z USA a byla uvedena v život v Japonsku v 50. letech. Filozofie TPM byla po prvé aplikována také v Japonsku v 70. letech v automobilovém průmyslu. V současnosti se přístup TPM využívá ve všech případech, kdy je průmyslová výroba založena na lidských operátorech. Zjednodušená definice upřesňuje: „TPM je soubor aktivit vedoucích k provozování strojního parku v optimálních podmínkách a ke změně pracovního systému, který udržení těchto podmínek zajišťuje“. Kompletní definice TPM zahrnuje následujících pět prvků:

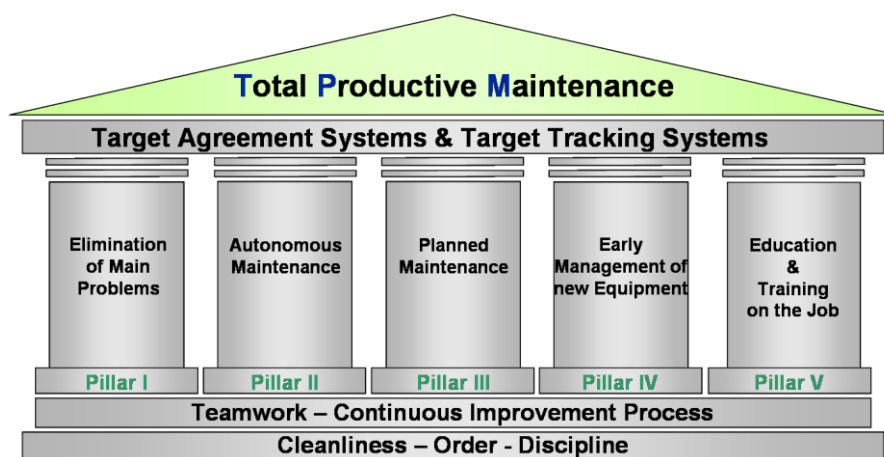
1. TPM má za cíl maximalizovat efektivnost výrobního zařízení
2. TPM je celopodnikový systém produktivní údržby obsahující preventivní i produktivní údržbu a zlepšování stavu stroje
3. TPM vyžaduje nejen účast obsluhy i údržbářů, ale i konstruktérů strojů a dalších techniků (zpětná vazba na výrobce)
4. TPM zahrnuje každého jednotlivého zaměstnance od TOP-managementu až pořadového pracovníka

5. TPM je založeno na podpoře produktivní údržby pomocí aktivity výrobních týmů.^[2]

TPM si získává v posledních letech širokou pozornost z mnoha důvodů. Nedotýká se jen oblasti předcházení poruchám, ale také oblasti redukce defektů, krátkodobých prostojů, zkracování doby změn sortimentu a tím i pružné reakce na přání zákazníka. TPM je progresivní přístup organizace údržby, který je objektivně vyžadován stále složitějším výrobním zařízením, stroji, nářadím a přístroji. Vzrůst automatizace a bezobslužné výroby neodstraňuje potřebu lidské práce - automatizovány jsou výrobní operace a údržba stále závisí na lidských zdrojích. Automatizovaná a technologicky pokroková výrobní zařízení vyžadují velmi často speciální znalosti a dovednosti za horizontem kvalifikovaného pracovníka v údržbě, což umocňuje efektivněji využívat speciálně kvalifikovaný personál údržby a v našich podmínkách mnohdy je „nedostatkovým zbožím“.^[2]

Přístup TPM je postaven na pěti pilířích (viz obr. 3.7),

The 5 Pillars of TPM-Concept

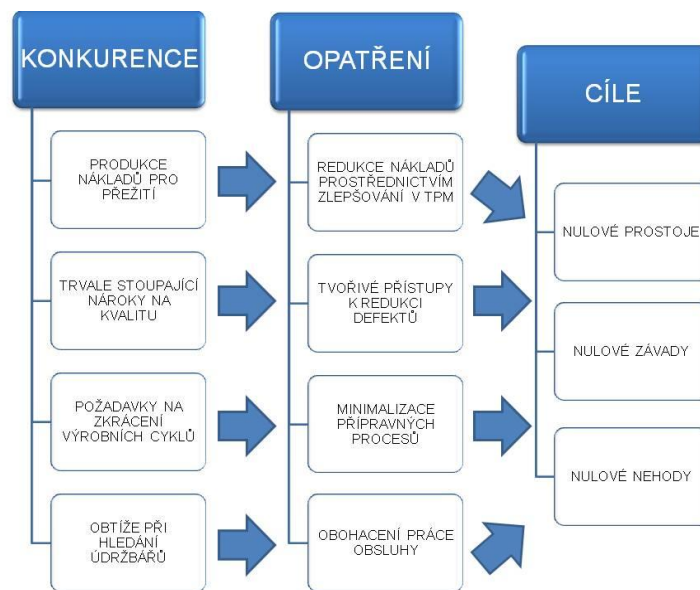


Obr. 3.4 Základní pilíře TPM^[24]

Současně s těmito pilíři TPM je třeba definovat i cíle TPM:

- nulové prostoje výrobních zařízení
- nulové závady výrobního systému
- nulové nehody systému člověk - stroj,^[2]

Porovnání opatření k dosažení cílů oproti konkurenci a zákazníkovi viz obr. č. 3.5.

Obr. 3.5 Základní cíle TPM ^[2]

Aby bylo dosaženo takto „agresivně postavených cílů“, musí se ve sledované oblasti provádět taková prevence, která by eliminovala výskyt jakéhokoliv případu jednou pro vždy. TPM klade prevenci na první místo a je založena na následujících principech:

- udržování normálních podmínek
- včasná identifikace abnormalit
- okamžitá reakce na abnormality. ^[2]

Z hlediska možnosti eliminace uvedených ztrát využívá TPM následujících nástrojů:

- změna postoje pracovníka k údržbě jako činnosti
- zvyšování kvalifikace a dovedností pracovníků z hlediska údržby strojů a zařízení
- měření a zvyšování efektivností každého zařízení v rámci dynamického zlepšování procesů
- implementace plánovitého přístupu k údržbě ve střediscích údržby
- prostřednictvím aktivit malých skupin pracovníků, výrobních týmů a týmů TMP. ^[2]

Tímto posledním nástrojem lze převést na pracovníky-operátory odpovědnost za údržbu. V průběhu přípravné fáze získávají jednotliví operátoři i výrobní týmy prostřednictvím spolupráce s údržbáři-specialisty a cíleného tréninku, znalostí a dovedností potřebné pro vykonávání potřebného spektra a objemu údržbářských činností, jako např.:

- čištění strojů a zařízení
- monitorizace a identifikace zdrojů poruch - rozpoznání abnormalit

- provádění procedur mazání
- autonomní kontrola chodu stroje či zařízení
- autonomní zajištění pořádku a čistoty
- autonomní řízení z hlediska základní péče a údržby - např. dokumentace.^[2]

Rozšiřování práce (job enlargement) v tomto směřuje jednoznačně v souladu s požadavkem doby na zvyšování multi-profesnosti pracovníků. V oblasti TPM se jedná především o zvyšování kvalifikace resp. prohlubování dovedností spojených se specifickou oblastí činnosti týmu. Člen týmu, který umí pouze ovládat nějaké zařízení je motivován, aby zvládl i základní údržbu a nakonec i svoje zařízení opravoval.^[2]

3.2.7 PODMÍNKY REALIZACE TPM

Výrobní provozy spolupracují na programu TPM především tzv. samostatnou údržbou, do které je možno zahrnout čištění, seřizování, mazání a další zpravidla jednoduché aktivity, které provádí obsluha strojů a zařízení, která prochází zaškolením a postupným tréninkem.^[2]

Cílem programu samostatné údržby je definovat ve třech rovinách úkoly a to:

1. spojit pracovníky z výroby i údržby při dosahování společného záměru - stabilizovat a zvyšovat úroveň efektivního využívání strojů a zařízení a zabránit zrychlenému zhoršování provozuschopnosti strojů za podmínky, že obsluha vykonává běžné denní úkoly z oblasti rutinní údržby (čištění a inspekci, mazání, kontroly přesnosti i jiné úkoly, včetně jednoduchých výměn a oprav),
2. seznámit obsluhu s funkcemi zařízení, které obsluhuje, s problémy, které se běžně vyskytují a proč resp. jak těmto problémům předcházet včasným zjištěním a jejich identifikací
3. připravit obsluhu jako aktivního partnera údržby a průmyslového inženýrství při zlepšení celkové efektivnosti zařízení a jeho spolehlivosti.^[2]

Rutinní postoj pracovníků provozu je tradičně zakotven v tvrzení „Já obsluhuji stroj, ty ho opravuješ“. Operátor je v převážné většině firem zodpovědný za vkládání polotovarů, obsluhu zařízení, kontrolu kvality odváděné práce. Všechna péče o zařízení je velmi často v zodpovědnosti údržby. Z uvedeného pohledu je jasné, že tento pracovní systém a styl uvažování nemůže zajistit optimální podmínky pro provoz zařízení.^[2]

Alternativy jsou z pohledu realizace TPM jednoduché. V okamžiku, kdy se obsluha naučí rozpoznat abnormální podmínky chodu zařízení, může snadno zabránit mnohým poruchám a problémům z kvalitou vyráběné produkce. Převážná část tréninku a vzdělávání probíhá v přímém kontaktu se zařízeními v rámci odstraňování nečistot a nánosů z jednotlivých částí stroje, čištění třecích ploch, utažení volných šroubů nebo namazání kluzných ploch.

To vše probíhá při zlepšení podmínek provozu zařízení a tyto pak zvyšují jeho životnost a spolehlivost. ^[2]

I když je obecně snadné tyto principy v provozu realizovat, málokdy se ve firmě důsledně a detailně plní. V praxi lze nalézt ucpané odtoky, nánosy špíny, chybějící díly a šrouby, nepřišroubované kryty, nečitelné štítky, uvolněné kabely a podobné výsledky „nedbalosti“ provozuschopnosti zařízení. Samostatná údržba učí obsluhu zařízení porozumět stroji, zařízení, se kterým pracuje. Znalost zařízení se nemůže omezit jen na jeho obsluhu a ovládání, ale je úkolem obsluhy provádět i to, co je tradičně považováno za práci údržby. Tento přístup je v současných podmínkách čím dál tím důležitější, neboť se zvyšují nároky na odbornost a kapacitu údržbářů díky všeobecnému nárůstu složitosti strojů a zařízení. ^[2]

Z hlediska produktivní údržby je důležité být schopen vnímat kvalitu produkce a identifikovat a zaznamenat stav, kdy stroj vykazuje odchylky od standardu. Úspěšné plnění této role je závislé třech principech:

- schopnosti rozlišit normální a abnormální chod stroje, schopnosti určit optimální podmínky
- schopnosti umět zajistit normální podmínky chodu stroje, schopnosti udržovat
- schopnosti umět zareagovat na abnormality, schopnosti napravit. ^[2]

Jakmile budou zvládnuty všechny tři principy, dojde k dostatečnému porozumění vlastnímu zařízení a rozpoznání příčin budoucích problémů. Současně se posílí uvědomění si, kdy hrozí výskyt závady nebo poruchy. ^[2]

Z hlediska vlastní obsluhy je nezbytné uvést schopnosti, které je nutno rozvíjet:

- schopnost zjistit, napravit a předejít abnormalitám na stroji a zjednat nápravu (např. správně mazat a kontrolovat vytypovaná místa, důležitá pro efektivní provoz zařízení)
- schopnost porozumět funkcím stroje a mechanismů, schopnost zjistit příčiny abnormalit (např. vědět co hledat při kontrole)
- schopnost porozumět vztahu mezi strojem a kvalitou (např. schopnost předpovědět problémy, porozumět příčinám vad apod.)
- schopnost opravit (např. vyměnit jednoduché součásti, porozumět životnosti dílů, schopnost využít nouzové řešení apod.). ^[2]

Operátor, který dosáhne všech výše uvedených schopností, je zjevně na vysoké úrovni, avšak nelze očekávat zvládnutí těchto schopností rychle. Potřeba rozvoje pracovníků a jejich schopností by měla být studována a posuzována odbornými pracovníky, a pokud jde o významnou schopnost pro dané podmínky, měla by být dlouhodoběji procvičována a trénována. ^[2]

Zavádění samostatné údržby se doporučuje rozdělit do několika logicky návazných kroků a to:

1. provedení úvodního čistění a inspekce

2. odstranění zdrojů znečištění a těžko přístupných míst
3. vytvoření provizorních standardů pro čištění, inspekci a mazání
4. vzdělávání v obecné inspekci, vytvoření inspekčních postupů
5. samostatné provádění inspekce
6. organizace a řízení pracoviště s ohledem na celkovou efektivnost zařízení
7. pokračování samostatné údržby a provádění dalších aktivit ve smyslu zlepšování celého pracoviště.^[2]

Rozdělení na dílčí kroky je nezbytné, vzhledem k tomu, že provádět více činností najednou je v rámci programu TPM, značně obtížné. A proto se z hlediska zvládnutí jednotlivých schopností postupuje krok za krokem a do dalšího kroku se přechází v okamžiku zvládnutí kroku předchozího.^[2]

Jednotlivé postupy v rámci uvedených sedmi kroků provádějí výrobní týmy a týmy TPM. Podporou je program vzdělávání operátorů i údržbářů, manažerů a pracovníků průmyslového inženýrství.^[2]

Každá etapa zavádění samostatné údržby zdůrazňuje různé vývojové aktivity a cíle, založené na podrobném porozumění a procvičení každé činnosti.^[2]

Krok jedna - úvodní čištění a inspekce, krok dva - odstranění zdrojů nečistot a nepřístupných oblastí a krok tři - vytváření standardů čištění, inspekce a mazání, pomáhají stanovit základní podmínky strojů a zařízení, které jsou podstatné pro efektivní samostatnou údržbu.^[2]

Krok čtyři -školení celkové inspekce a krok pátý - samostatná inspekce zdůrazňují pečlivou inspekci zařízení a následnou údržbu i standardizaci. Současně zvyšují u obsluhy schopnosti pozorného sledování a diagnostiky. V průběhu těchto etap lze očekávat podstatné snížení poruch ve firmě.^[2]

Krok šest a sedm - organizace pracoviště a samospráva, zdůrazňují aktivity zlepšování prostřednictvím rostoucích znalostí obsluhy. Obsluha by se měla ztotožnit s cíli firmy a mít snahu dosáhnout a udržet bezztrátovost na svém pracovišti prostřednictvím aktivit v oblasti udržování strojů.^[2]

3.2.8 ZAVEDENÍ TPM V PODMÍNKÁCH FIRMY

Filozofie přístupu, která podporuje změny v duchu koncepce TPM, musí být nejen vytvořena, ale i následně udržována. Rozhodující úlohu v tomto směru hraje TOP-management. Změny přístupů se musí projevovat v celé organizaci, nebo je známo, že izolovaný přístup i pozitivní výsledky je obtížné udržet, neuvažuje-li se i s okolím.^[2]

Plánování a příprava jsou nezbytností a základem k úspěšnému zavedení TPM v rámci celé firmy. Je praxí potvrzeno, že přípravné období trvá 3 až 6 měsíců, během kterých se vytváří podmínky a prostředí pro úspěšné zavedení a rozšíření koncepce TPM. V této etapě management firmy prezentuje své rozhodnutí o zavedení koncepce TPM, které je rozšířeno informací ve formě formálního vzdělávání - seminářů i dalším publikováním

záměrů např. v podnikovém časopisu, videoprogramem apod. Každý pracovník, který bude realizovat koncepci TPM, musí být informován o přínosech TPM. Současně musí být seznámen s postupnými kroky zavedení. Tento postup realizace je důležitý, neboť pomáhá překonat první nedorozumění při zavádění nového pracovního systému.^[2]

Dalším důležitým krokem je vytvoření organizace TPM, která zvyšuje účinnost koncepce, jakmile se začne prakticky provádět. Každý nový projekt potřebuje organizační strukturu, která pomůže odstraňovat příležitostné nesrovnalosti a pochybnosti, které se mohou v zaváděcí fázi vyskytnout. Organizační struktura je založena na týmech TPM, kde se vytváří prostor pro spolupráci různých profesí.^[2]

Úvodním úkolem týmu TPM v úrovni managementu je stanovit základní pravidla (např. ve formě příruček a manuálů) a měřitelné cíle. Toto opatření umožní týmům TPM na nižším hierarchickém stupni snadněji určit a rozvíjet jejich vlastní konkrétní cíle.^[2]

Obecné aktivity mají souběžně stanoven i obecný charakter. Je možno zařadit mezi ně:

- aktivity řízené z úrovně podniku
- manažerské modely
- audity TPM
- informační tabule
- schůzky a zápisy
- jednobodové lekce^[2]

Z pojmu samostatná údržba vyplývá, že ji výrobní týmy realizují samostatně, je však nezbytné je podporovat z úrovně managementu a podnikového vedení TPM prostřednictvím týmů TPM, ve kterých spolupracují všechny úrovně firmy od mluvčích týmů, mistrů, vedoucích provozů až po specialisty resp. manažery. Hierarchicky postavené týmy ve vyšší úrovni spíše koncepci TPM usměrňují a poskytují podporu týmům TPM nižší úrovně. Tento přístup zabezpečuje, že všechny aktivity, co se vykonávají v rámci koncepce TPM, jsou v souladu s jinými aktivitami prováděnými buď v rámci TPM případně i jinými celopodnikovými programy.^[2]

Manažerské modely jsou názorným příkladem realizace daného kroku v oblasti samostatné údržby. Tým „manažerského modelu“, složený z manažerů i provozních pracovníků, v úvodu každého kroku provádí společně jednotlivé činnosti. Manažerské modely jsou založeny na tom, že nejlepší způsob provádění změn je následující:

- nejdříve prakticky vyzkoušet a předvést danou činnost
- pak stanovit pravidla provádění dané činnosti pro obsluhu strojů
- nechat obsluhu danou činnost provádět podle přijatých pravidel
- provést audit daného kroku.^[2]

K zajištění srovnatelných výsledků i pro maximalizaci přínosů je stav dosažený především v jednotlivých krocích samostatné údržby hodnocen pravidelnými audity. Pro audity existují tři důležité oblasti:

1. rozhodnutí, zda byl krok plně zaveden
2. poskytnutí zpětné vazby týmům o jejich silných a slabých stránkách
3. ujasnění toho, co je třeba ještě dosáhnout a jaké cesty pro dosažení zvolit.^[2]

Před ukončením každé etapy zavádění koncepce TPM se doporučuje provádět oficiální audit, který velmi často následuje po auditu interním, provedeném výrobním týmem a týmem TPM. Oficiální audit se v tomto případě koná po dosažení uspokojivých výsledků před-audit.^[2]

V okamžiku, kdy jsou výsledky oficiálního auditu uspokojivé, jsou zahájeny aktivity dalšího kroku, přičemž se doporučuje, aby příprava předcházela.^[2]

Audit není tedy zkouškou či výběrem nejlepších provozů, ale prostředkem pro vzdělávání, motivaci a rozvoj operátorů. Provozní manažeři v případě nedostatečných výsledků auditu by neměli hledat viníky ve výrobním týmu. Příčinou může být i to, že operátoři nedostatečně porozuměli cílům a prostředkům daného kroku. Nedostatečné výsledky auditu je možno spíše přičíst neadekvátnímu způsobu vedení, podporování, vzdělávání a motivování jednotlivých týmů.^[2]

Důležitým výstupem auditu TPM jsou nejenom rady v oblasti technického rozvoje, ale i návrhy opatření k vytvoření vhodné atmosféry pro rozvoj aktivit samostatné údržby.^[2]

Audit je možno chápat také jako prostředek a příležitost pro trénink nejen operátorů, kteří se aktivně zúčastní prezentace spojené s auditem, ale i pro trénink pracovníků-auditorů, kteří se v budoucnu stanou manažery nebo koordinátory koncepce TPM.^[2]

3.2.9 KLASICKÉ NÁSTROJCE PRO ZLEPŠOVÁNÍ PROCESŮ

Již mnoho let jsou statistické metody používány v oblastech, jako je obchod, průmysl i vědecké disciplíny. Tyto metody v současné době hrají hlavní roli i ve všech fázích zlepšování procesů a jejich znalost je nevyhnutelně nutná pro každého pracovníka. Používání těchto metod má obecně následující přínosy:

- zlepšení informovanosti o procesech
- poskytování informací potřebných změn
- zlepšení komunikace
- možnost diskuze založené na faktických údajích
- podporu pro dosažení dohody^[12]

Tento posun v přístupu ke zlepšování procesů na druhé straně znamenal, že statistické nástroje, které mají být využívány na široké

podnikové úrovni, musí být jednoduché a přitom efektivní. Na tomto myšlenkovém základě bylo vybráno sedm jednoduchých statistických metod, které byly v pozdější době nazvány sedm klasických nástrojů řízení kvality. Tyto nástroje jsou využívány rovněž v týmové spolupráci. Mezi tyto nástroje patří:

- stratifikace
- datová (frekvenční) tabulka
- histogram
- Paretova analýza
- Diagram příčin a následků (rybí kost, Ishikawův diagram)
- analýza rozptylu a trendu dat
- kontrolní diagram ^[12]

Tyto nástroje poskytují jak grafickou, tak i numerickou prezentaci dat získaných v jednotlivém procesu a pro výrobní týmy jsou posilou při kontrole i při zlepšování produktů a procesů. ^[12]

3.3 FMEA

(Failure Mode & Effects Analysis) je strukturovaná metoda, která umožňuje odhadovat a prioritizovat možné problémy a jejich následky u nově vznikajících výrobku, služby, procesu nebo projektu. Následně pak vyhodnocovat vhodnost opatření, sloužící k eliminaci těchto problémů. ^[18]

3.3.1 PRINCIP

Princip této metody je založen na kvantifikaci častosti poruch, jejich závažnosti a snadnosti jejich detekce:

1. Nejprve je potřeba najít možné poruchy a:

- Určit následky těchto poruch a tyto ohodnotit podle závažnosti
- Určit příčiny těchto poruch a tyto ohodnotit podle častosti výskytu
- Určit kontrolní mechanismy, jak těmto poruchám zabránit a toto ohodnotit podle pravděpodobnosti úspěchu těchto mechanismů zabránit určeným poruchám.

2. Z těchto tří parametrů se pak pronásobením vypočítá tzv. koeficient rizika, jenž nám po seřazení určí ty poruchy, na které je potřeba se zaměřit.

3. Následně se pro stanovené poruchy stanoví způsob, jak jim předejít a celá analýza se může znovu spustit – tentokrát k ohodnocení efektivnosti stanovených opatření zabránit poruše a nalezení nových rizikových poruch. ^[18]

3.3.2 VLASTNÍ METODA

1. Následně se provede soupis všech možných problémů, které mohou nastat (zde je možné využít metodu Brainstorming), do tabulky. Optimální je

využít nějakého nástroje, např. FMEA formuláře, kdy na každý řádek se napíše jeden problém (tzv. Failure Mode).

2. Nyní se ke každému problému napíše následky tohoto problému – opět co jeden následek, to jeden problém.

3. Pak se u každého problému napíše možné příčiny tohoto problému – opět, co jedna příčina, to jeden řádek. (můžeme využít metodu Ishikawova diagramu).

4. Následně se pro každý problém, jeho následek a příčinu přepíše způsob, jak ošetříme, abychom takovýto problém odhalili případně zajistili aby vůbec nenastal).

5. Jakmile máme vše vypsáno v přehledné tabulce, začneme přidávat koeficienty.

- Nejprve začneme s následky poruch a podle závažnosti přidělíme koeficient od 1 do 10-ti, kde 10 je nejhorší možný. (přidělení tzv. „Severity“ koeficient)
- Následně procházíme jednotlivé příčiny poruch a podle předpokládaného výskytu opět přidělíme koeficient od 1 do 10-ti, kde 10 je nejhorší možný (přidělení tzv. „Occurrence“ koeficient)
- Pak procházíme tzv. kontrolní mechanismy, které mají možné problémy odhalit nebo jim předejít a těmto opět přidělíme koeficient od 1 do 10-ti, kde 10 nejhorší možný stav. (přidělení tzv. „Detection“ koeficient)

6. Následně všechny koeficienty v daném řádku vynásobíme („Severity“ $\times$ „Occurrence“ $\times$ „Detection“) a dostaneme tzv. RPN číslo, jenž opět zapíšeme na daném řádku. Toto RPN číslo nám udává míru rizika daného problému.

7. Jakmile projdeme všechny řádky, nastává čas všechny RPN čísla vyhodnotit a nalézt ta, na která zaměříme naši pozornost (nejvhodnější je využít Paretovu metodu). U těchto čísel doplníme opatření, která podnikneme pro minimalizaci možnosti jejich výskytu, přidáme termín a odpovědnou osobu.

8. Provedeme opatření, která jsme si stanovili v předchozím bodu.

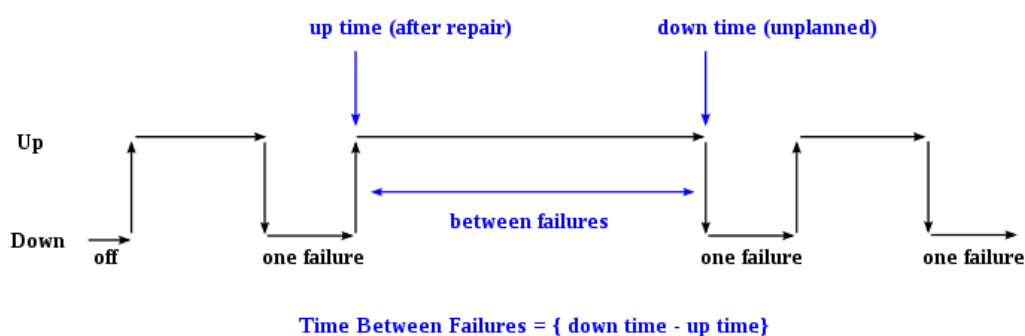
9. Nyní je možné pokračovat dalším krokem a znovu ohodnotit jednotlivé problémy, jejich následky i příčiny a zjistit, jak námi zvolená opatření jsou vhodná. ^[18]

Pokud je FMEA dobře zdokumentovaná, lze ji využít při návrhu dalších obdobných výrobků či služeb v budoucnu. ^[18]

3.4 MTTR, MTBF

MTTR (*Mean Time to Failure*) je zkratka pro metriku s neustáleným významem, která nejčastěji znamená průměrnou dobu, po kterou měřený subjekt nevykonává očekávanou činnost, případně vykazuje nadměrnou chybovost. Při použití zkratky je vhodné uvést správný význam. MTTR je časová hodnota udávaná nejčastěji v hodinách. Čím je tato hodnota menší, tím rychleji dojde k opravě a obnovení očekávané činnosti subjektu a tím je měřený subjekt spolehlivější. ^[20]

Střední doba mezi poruchami (*Mean Time Between Failures*) je statistická veličina, která slouží k ohodnocení spolehlivosti výrobku, nebo výrobního zařízení. Určuje se pro výrobek nebo zařízení, které se opravuje. U zařízení, které se neopravuje, se určuje střední doba do poruchy. V případě výrobního zařízení se vypočte jako skutečný výrobní čas vydělený počtem poruch. Skutečný výrobní čas se vypočte jako rozdíl plánovaného výrobního času a prostojů, tedy takových časů, kdy výrobní zařízení neprodukuje. ^[20]



Obr. 3.6 Grafické znázornění MTTR a MTBF ^[19]

4. ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

4.1 ZÁKLADNÍ ÚDAJE

Právní forma

Společnost s ručením omezeným

Předmět podnikání

Výroba optických a fotografických zařízení

Základní kapitál k (31.12.2009)

989 337 000 Kč

Tržby (k 31.12.2009)

1 178 098 000 Kč

Výsledek hospodaření za účetní období (rok 2009)

-44 027 000 Kč^[16]

4.2 PŘEDMĚT PODNIKÁNÍ

Mezi hlavní předměty Firmy, s.r.o. patří:

- výroba optických a fotografických zařízení
- výroba zdravotnických přístrojů a zdravotnických prostředků
- obráběčství
- galvanizérství, smaltérství
- broušení a lapování průmyslové keramiky a jiných křehkých materiálů na přesnou rovinnost
- vývoj, výroba, opravy, úpravy, přeprava, nákup, prodej, půjčování, uschovávání, znehodnocování a ničení zbraní
- koupě zboží za účelem jeho dalšího prodeje a prodej
- činnost technických poradců v oblasti normalizace
- atd.^[16]

4.3 KONKURENCE

Firma čelí konkurenci především německým společnostem Carl Zeiss a Leica. Neméně významným konkurentem je i rakouská společnost Swarovski a americká společnost Bushnell.

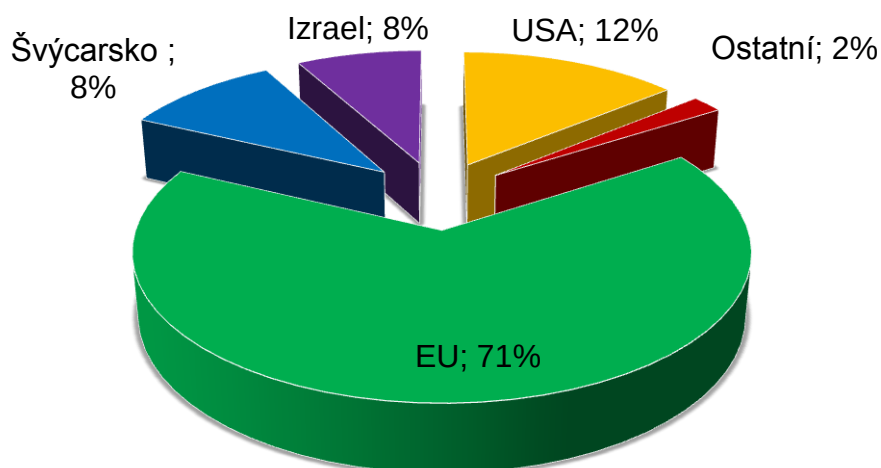
4.4 ZAMĚŠTNANCI

Ekonomická kondice firmy se dá také zjistit podle Vývoje stavu zaměstnanců (viz. Příloha 4). Je patrné, že firma se pomalu dostává z následků ekonomické krize, což je patrné z měsíců leden a únor, kdy se počet zaměstnanců vrací na stav v roce 2008.

V dalším grafu (viz. Příloha 5) ve kterém je zobrazen stav zaměstnanců dle kategorie, že počet THP zaměstnanců byl po celou dobu relativně stejný, počet dělníků se dramaticky měnil. V současné době se stav dělníků vrací na hodnoty roku 2008. Tento trend ukazuje, že firma se snažila ponechat si kvalitní řídicí pracovníky a kvalitní dělníky, ostatní byly propuštěni, v zájmu snížení nákladů podniku.

4.5 EXPORT

V současné době společnost vyváží přibližně do 55 zemí světa. Z nichž nejvýznamnějšími odběrateli jsou země Evropské Unie 71 %, USA 12%, Švýcarsko 8%, Izrael 7%, ostatní 2%.^[17]



Graf č. 4.1 Export Firma - optika s.r.o.^[17]

5. ŘEŠENÍ ZADANÉHO PROBLÉMU

Hlavním úkolem zadané práce je zjistit vypovídající hodnoty z Excel tabulky hlášení poruch. Vzhledem k zadání bylo nutné vyhodnotit, jestli zadaná data kopírují určitý trend, jaké jsou z nich možné ukazatele pro management, byl zhodnocen současný stav a následně byla doporučena vhodná výstupy a řešení.

V analytické části jsem se zaměřil na popis výrobního systému firmy, dále popisem dílen, pro které byla diplomová práce řešena, seznámením s fungováním údržby a nakonec rozbořem zadané tabulky poruch.

V začátku části vlastního řešení zadání, byla provedena současná analýza a vyhodnocení současného stavu ve firmě. V této části byla představena možnost použití Paretovy analýzy a také možné použití klouzavých průměrů.

Dále byly provedeny a nastíněny možnosti vyhodnocování časů. Byly porovnávány hodnoty časů, které bylo možno zjistit ze současného systému hlášení poruch. Jednotlivé časy byly mezi sebou porovnávány.

Po vyhodnocení časů byla předvedena metoda FMEA, která se dnes používá v celosvětovém měřítku, jako nástroj pro analýzu předcházení vzniku možných poruch.

Jako poslední byly doporučeny možnosti zlepšení současného stavu.

5.1 ROZBOR ZADANÉ TABULKY PORUCH

Období, pro které byl problém vyhodnocování dat stanoven a uplatněn je od června 2010 včetně, až po březen 2010 včetně. Jednotlivé hodnoty byly použity ze současného systému zaznamenávání poruch a to je formě tabulky programu MS Office EXCEL 2007.

Tab. 5.1 Příklad záznamu poruchy (viz Příloha 1)

Osobní číslo zadavatele	Středisko	Stroj	Jméno stroje	Název poruchy	Poznámka	Datum oznámení poruchy	Datum začátku opravy	Datum ukončení opravy	Stav opravy	Type opravy
10502	8172	3431100/1-1	Soustruh čelní TAREX	elektro	30.3.2011 8:05:44 otacky	30.3.2011 8:05	30.3.2011 8:39	30.3.2011 12:11	Porucha opravená	Oprava

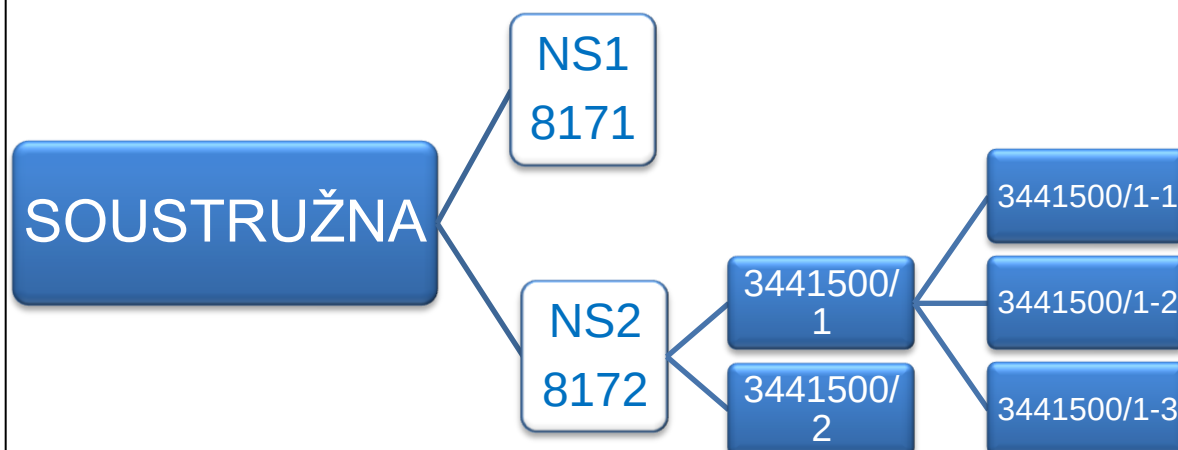
Tabulka poruch obsahuje:

- Osobní číslo zadavatele**

každý pracovník je v systému veden jako číslo. Každý zaměstnanec má své osobní číslo, pod kterým se přihlašuje do systému oprav a následně zadává Název poruchy a Poznámku.

- Středisko**

pod tabulkovým pojmem nákladové Středisko je jednoduše myšlena část dílny (viz. Obr. 5.1). Každá dílna má svého vlastního mistra, který se stará o nákladová střediska této dílny. Dále v každém nákladovém středisku je skupina pracovišť.



Obr. 5.1 Příklad rozdělení dílny

V našem případě jde o střediska:

- 8171 – středisko Klasického soustružení
- 8172 – středisko NC soustružení
- 8181 – středisko CNC frézování

- **Stroj**

číslo stroje je umístěno za číslem skupiny pracoviště, ve kterém se stroj nachází. Každý stroj v podniku je zařazen pod příslušné nákladové středisko, přiřazen pod příslušné pracoviště, a má konkrétní číslo ve skupině.

- **Jméno stroje**

uveden název stroje. Např. Soustruh čelní TAREX, Centrum obráběcí Chiron (5 osé) MILL, nebo Soustruh Schaublin 225 TM atd.

- **Název poruchy**

Na každé dílně je přítomen seřizovač, který rozhoduje o druhu této poruchy a vypisuje poznámku k této poruše v systému. Při hlášení poruchy vybírá ze čtyř možností druhů poruchy, a to elektro, elektrická, mechanická a ostatní (stroj jede).

- **Poznámka**

poznámku zadává seřizovač stroje a to podle vlastního uvážení a pracovních zkušeností.

- **Datum oznámení poruchy**

systém sám ukládá datum oznámení poruchy při zadání poruchy seřizovačem, který je přítomen na dílně.

- **Datum začátku opravy**

v dílně údržby je v provozu PC, na kterém se zobrazují poruchy. Začátek opravy vzniká při akceptování této opravy údržbou, která následně poruchu opravuje.

- **Datum ukončení opravy**

lze zadat na jakémkoliv PC, jak v dílně údržby tak třeba v mechanických dílnách. Datum ukončení opravy se do systému zapisuje, když údržba prováděnou poruchu opraví a následně opravu poruchy v systému potvrdí.

- **Stav opravy**

nabývá hodnot Porucha opravená, v případě když údržba označila poruchu jako opravenou, anebo Probíhá oprava, když je údržbáři poruchu právě opravují.

- **Typ opravy**

nabývá pouze hodnoty Oprava.

6. VYHODNOCENÍ VŠECH PORUCH

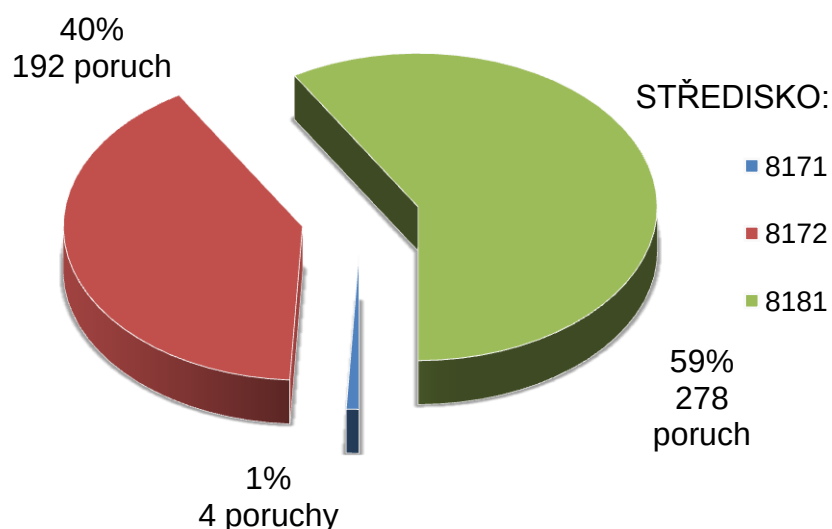
Zadané poruchy byly řešeny pro období 10 měsíců. Od června 2010 včetně, až po březen 2010 včetně.

Disponibilní čas, byl po dohodě určen na formu 24/7, což znamená, že stroj má být v provozu 24 hodin každý den v týdnu, každý den v roce. Jak je vidět v dalším pokračování práce, je právě tento model jeden z hlavních problémů v hodnocení efektivity zařízení.

Jak již bylo zmíněno, diplomová práce je vypracovávána pro tři střediska firmy. Následné grafy nám pomohou získat základní přehled a vazby mezi středisky, stroji, pracovišti, poruchami, časy atd.

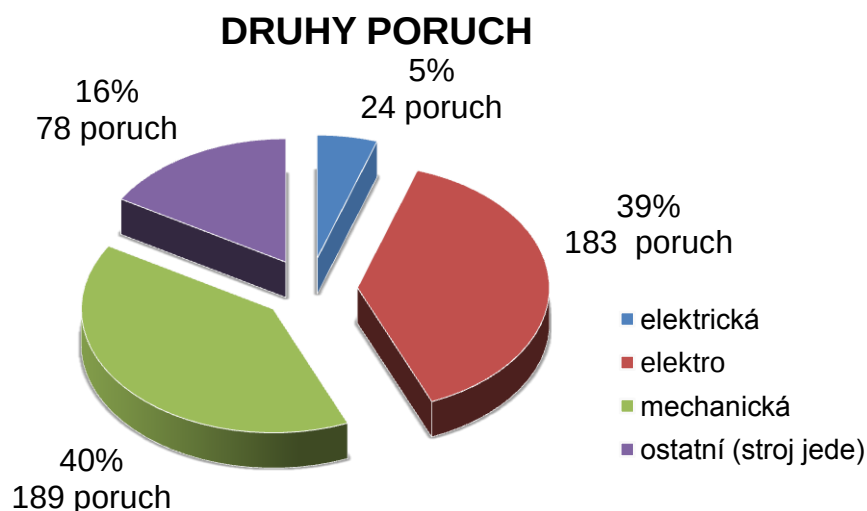
Jedním z rozhodnutí, které bylo nutné určit ze začátku, je čas, podle kterého poruchy spadají do určitého období. Jako určující čas bylo tedy zvoleno Datum oznámení poruchy, jelikož oprava by měla být provedena v co nejkratší době po nahlášení.

PORUCHY DLE STŘEDISKA



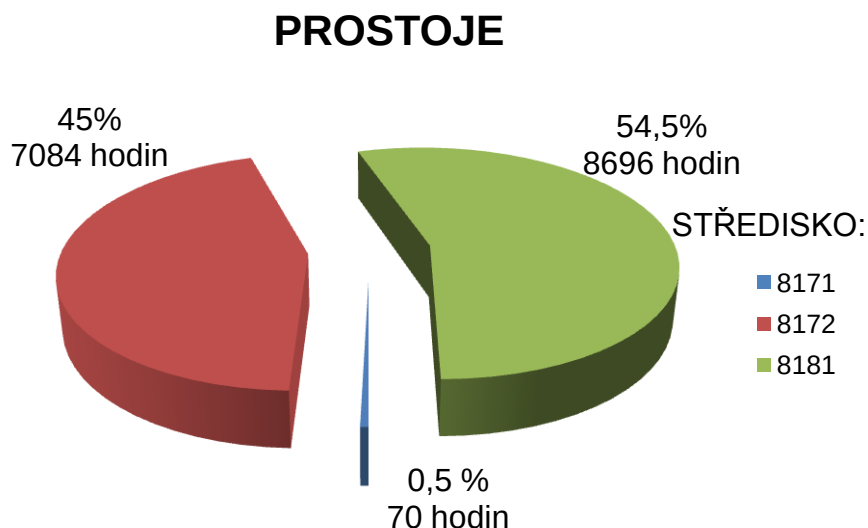
Graf 6.1 Poruchy strojů dle střediska

Z grafu (viz. Graf 6.1) vyplývá, že z celkového počtu 474 poruch jich je jich 59% (278 poruch) ve středisku 8172, což je středisko, ve kterém probíhá NC soustružení. Dále 40% (192 poruch) v dílně CNC frézování a pouze 1% (4 poruchy) v dílně klasického soustružení. Je tedy zřejmé, že v hodnocení a analýze dat, budou hrát hlavní roli nákladová střediska 8172 a 8181. Což je dáno pouze procentní účastí střediska 8171 na celkovém počtu poruch.



Graf 6.2 Počet jednotlivých druhů poruch

Z grafu (viz. Graf 6.2) vyplývá, že z celkového počtu 474 poruch jich je 189 mechanických, 183 elektro, 78 ostatní (stroj jede) a 24 elektrických. Procentuálně vyjádřeno jde u mechanických poruch o 40%, elektro poruch je 39%, 16% u poruchy typu ostatní (stroj jede) a pouze 24 poruch je elektrických.

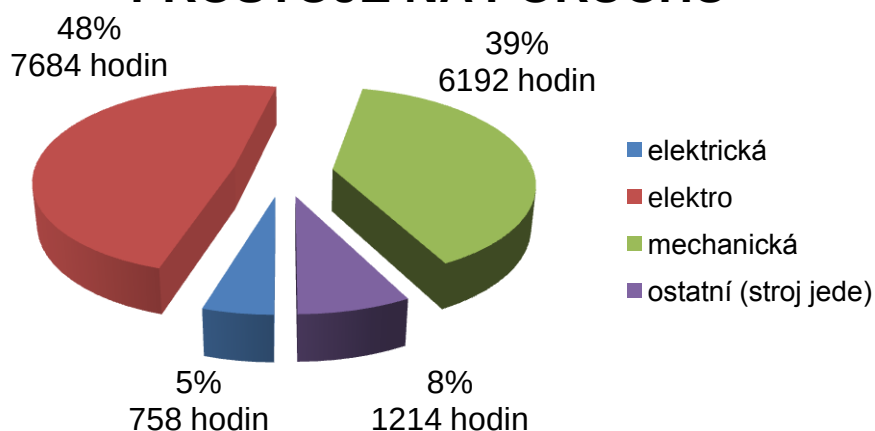


Graf 6.3 Čas prostojů na středisko

Z tohoto grafu (viz. Graf 6.3) je zřejmé, co již bylo jasné z předchozích dvou grafů, a to, že prostoje v nákladovém středisku 8171 za deset měsíců činnosti jsou pouze 70 hodin což je 0,5% ze všech prostojů, vzniklých poruchami a jejich následnou opravou.

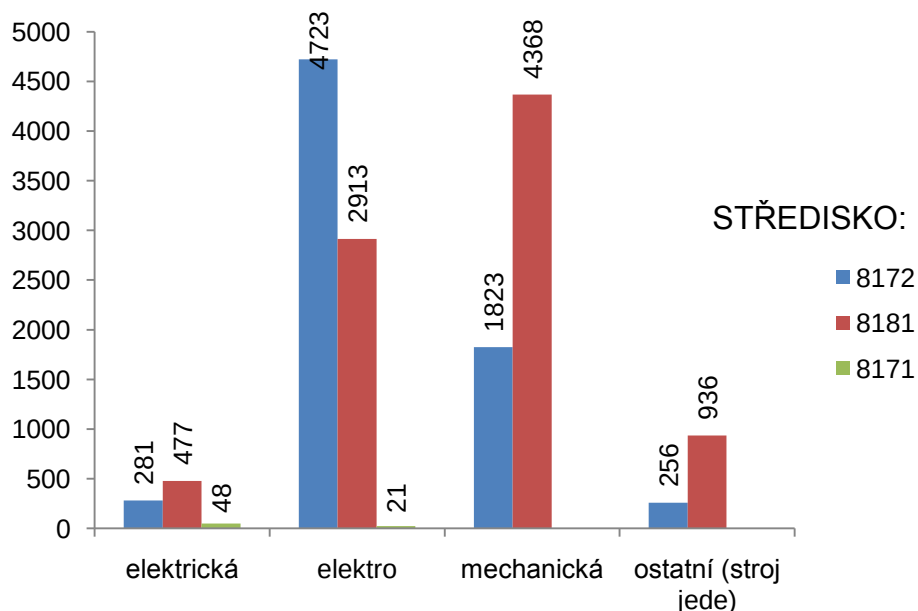
Při porovnání procentuálních hodnot počtu poruch (viz Graf 6.1) s prostoji (viz Graf 6.3) vyplývá, že délka prostoje na poruchu je u střediska 8181 kratší než u střediska 8171.

PROSTOJE NA PORUCHU



Graf 6.4 Prostoje na druh poruchy

Z celkového počtu 15850 hodin prostojů, tj. stavu kdy stroj nevyrábí, je 48% elektro, 39% mechanických, 8% ostatní (stroj jede) a 5% poruchy typu elektrická. Při porovnání hodnot v grafu 6.2 s hodnotami grafu 6.4 se snížila procenta na polovinu u poruchy ostatní (stroj jede). Jedním z důvodů, proč tomu tak je, je to, že prostoj u této poruchy není dán, jako u ostatních poruch součtem doby čekání na opravu a délkou opravy, ale pouze délkou opravy, jelikož, jak již název napovídá, stroj je při čekání na opravu ve stavu výrobní aktivity.



Graf 6.5 Druhy poruch v jednotlivých střediscích

Zajímavým jevem, který lze vypočítat je poměr mezi poruchami elektro a mechanickými, v jednotlivých střediscích 8172 a 8181. Na středisku 8172 jsou z důvodu délky prostojů největším problémem poruchy typu elektro, naproti tomu na středisku 8181 připadá z hlediska délky prostoje porucha mechanická.

6.1 PORUCHY V JEDNOTLIVÝCH STŘEDISCÍCH

K této analýze byly využity hodnoty, které již firma zaznamenává ve svém systému hlášení a záznamu poruch (viz. Příloha č.1). Data jsou za období 10 měsíců a jsou uváděna v hodinách. Při analýze a výpočtu se vychází pouze z neplánovaných oprav, plánované opravy jsou na žádost podniku v tomto případě zanedbávány.

6.1.1 8171 – KLASICKÉ SOUSTRUŽENÍ

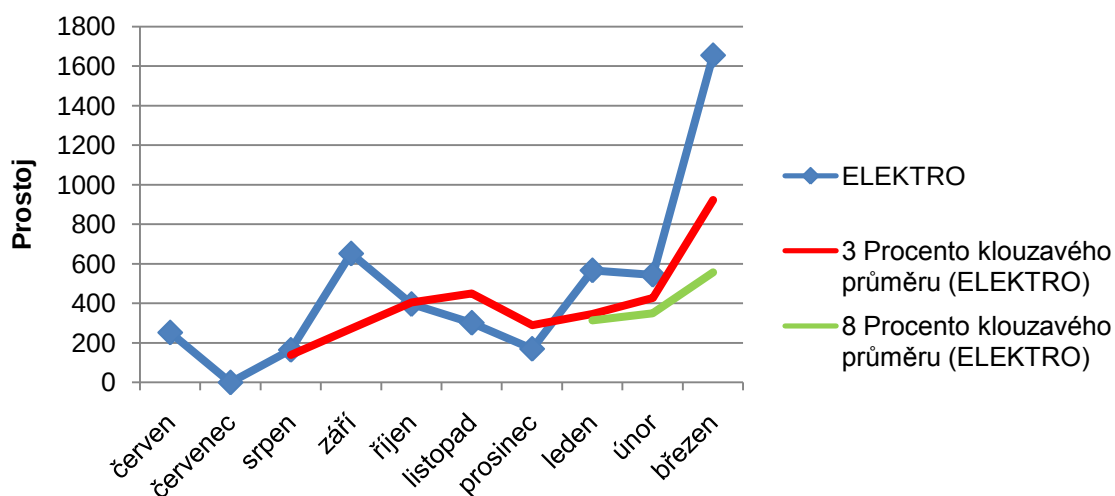
Z předchozích grafů (Grafy č. 6.1-6.5) je evidentní, že analýza dat a jejich následné vyhodnocení, není moc dobře možné. A bylo by zbytečné ji provádět, jelikož z celkových 474 poruch za sledovaných 10 měsíců byly na těchto strojích pouze 4 poruchy, což je procento z celkových poruch, a celkovým prostojem ve výrobě se tyto stroje podílely ještě menším procentuálním zastoupením.

Je možné tedy vyvodit závěr, že tyto stroje pracují velmi spolehlivě. Důvody malého počtu poruch jsou způsobeny jak jednoduchostí strojního zařízení, protože stroje nejsou řízeny elektronicky, ale přímo obsluhou. Dalším důvodem je obsluha, která je vysoce kvalifikovaná z nutnosti prováděných operací, které jsou nastavovány ručně. Méně poruch způsobuje i menší potřeba těchto strojů ve výrobním úkolu.

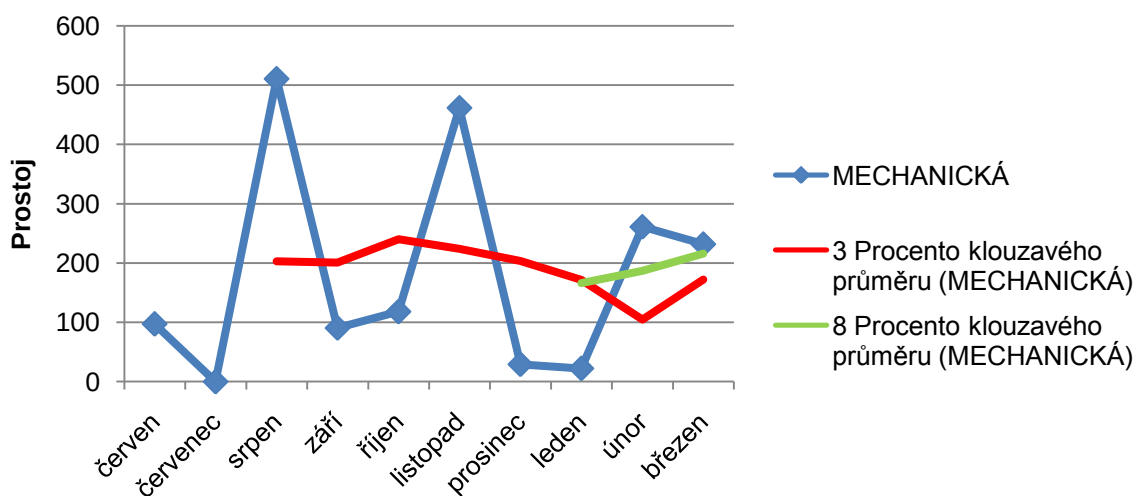
6.1.2 8172 – NC SOUSTRUŽENÍ

Při analýze současného stavu bylo využito klouzavých průměrů. Jde o průměr, který se využívá pro jednodušší hodnocení trendu časové řady. Je počítán jako průměr stejného počtu období, za sebou jdoucích.

V následujících grafech (grafy 6.7-6.10) je modrou barvou zobrazen typ poruchy. Jednotlivé body znázorňují dobu prostoje v příslušném měsíci. Červenou barvou je znázorněn klouzavý průměr období 3 měsíců, zelenou klouzavý průměr 8 měsíců za sebou jdoucích.

8172 - PORUCHA ELEKTRO

Graf 6.7 Klouzavé průměry poruchy elektro 8172

8172 - PORUCHA MECHANICKÁ

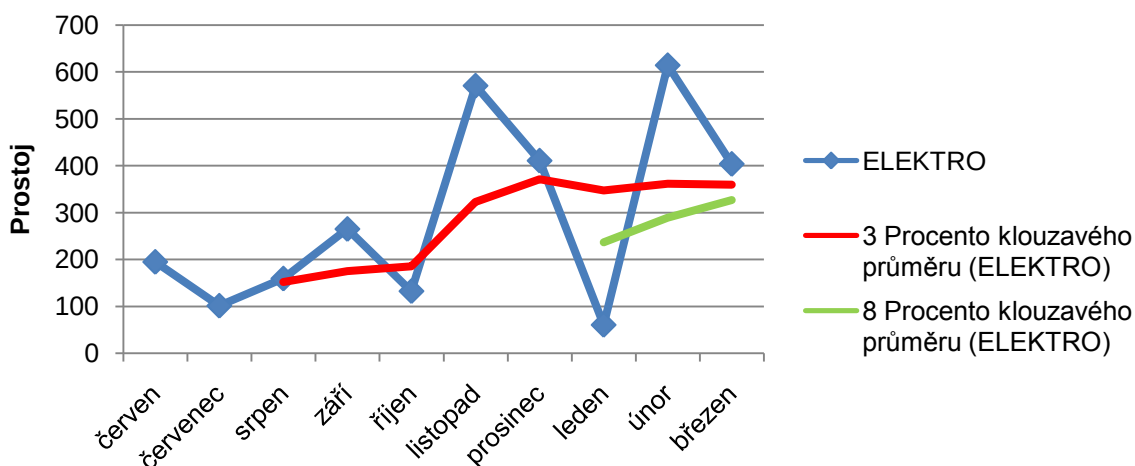
Graf 6.8 Klouzavé průměry poruchy mechanická 8172

Při sledování trendů vývoje prostoje sledováním klouzavých průměrů nám lépe situaci vyjasňuje zelený klouzavý průměr pro 8 měsíců za sebou jdoucích. Z jeho směru lze usoudit, že doba prostoje na středisku 8172, obou znázorněných poruch, se zvyšuje, jelikož spojnice klouzavých průměrů směřuje vzhůru.

6.1.3 8181 – CNC FRÉZOVÁNÍ

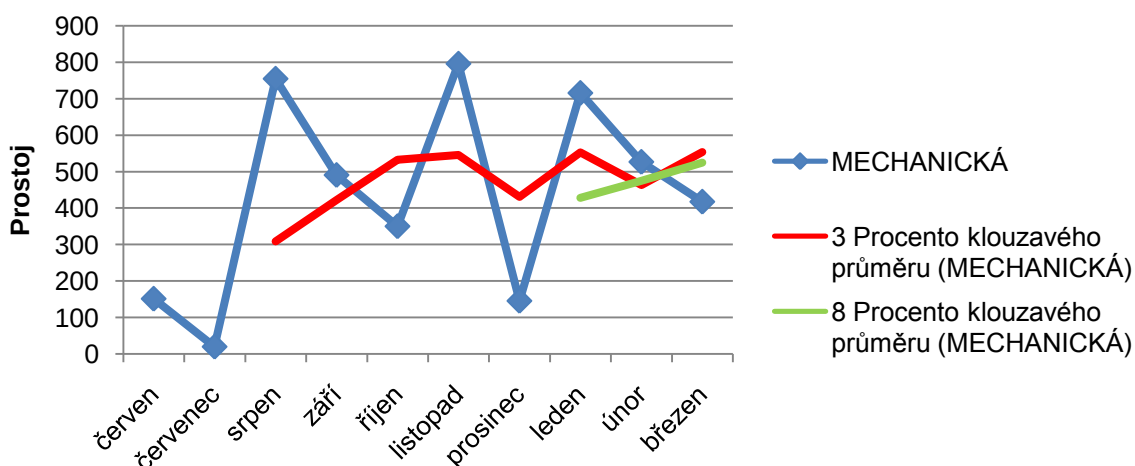
Při analýze tohoto střediska a trendu vývoje doby prostojů byla použita stejná metodika jako u střediska 8172, a to klouzavé průměry.

8181 - PORUCHA ELEKTRO



Graf 6.9 Klouzavé průměry poruchy elektro 8181

8181 - PORUCHA MECHANICKÁ

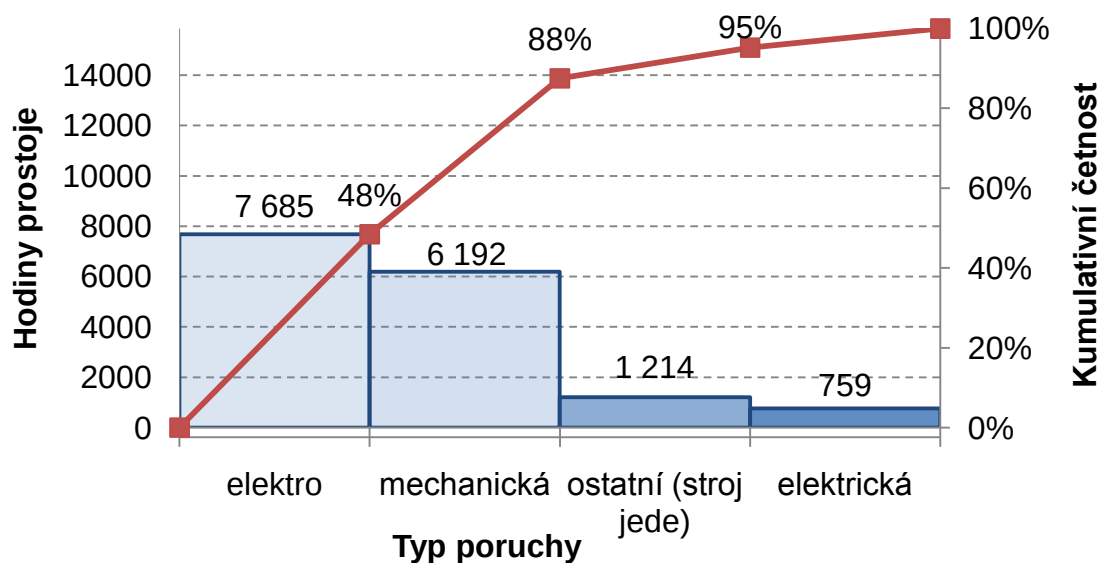


Graf 6.10 Klouzavé průměry poruchy mechanická 8181

U střediska 8181 je situace stejná jako u střediska 8172, sklon spojnice nám znázorňuje, že doba prostojů jednotlivých poruch se při použití klouzavého průměru 8 měsíců za sebou zdouvá, zvyšuje.

6.2 PARETOVA ANALÝZA PROSTOJŮ

Paretova analýza se používá v mnoha odvětvích průmyslu. Jedno z jejích použití je předvedeno na druhu poruchy v závislosti na době prostoje. Příslušný graf (Graf 6.11) nám říká, že 88% všech hodin prostoje je způsobeno poruchami typu Elektro a Mechanická. Další dvě poruchy se na době prostoje podílejí pouze 12%.



Graf 6.11 Paretova analýza prostojů

6.3 REAKČNÍ DOBA

Jednou z možností hodnocení poruch je délka doby čekání na opravu. Jedná se o dobu, která uplyne od nahlášení poruchy po začátek opravy poruchy. Nejedná se ovšem o možnost hodnocení efektivity a spolehlivosti strojů, jde ovšem o ukazatel hodnocení kvality a reakce schopnosti údržby.

6.3.1 REAKČNÍ DOBA PODLE STŘEDISKA

Prvním hodnocením reakční doby je hodnocení pro jednotlivá střediska. V případě průměrné reakční doby podle střediska, jde pouze o informativní zobrazení reakce údržby, jelikož řešení reakční doby podle střediska je hodně obecné a obsahuje mnoho faktorů, které ovlivňují tuto dobu.

Tab. 6.1 Reakční doba podle střediska

Středisko	Doba čekání na opravu	Počet poruch	Průměrná délka čekání na opravu
8171	33,63	4	8,41
8172	3370,82	192	17,56
8181	4616,06	278	16,60
Celkový součet	8020,51	474	16,92

6.3.2 REAKČNÍ DOBA PODLE TYPU PORUCHY

Dalším hodnocením je reakční doba podle typu poruchy. Průměrná doba opravy je 16,92 hodiny. Při použití hodnoty 250 Kč za každou hodinu prostoje jen z důvodů čekání na opravu jde třeba u poruch typu elektro počítat s průměrnou peněžní ztrátou 4500 Kč.

Tab. 6.2 Reakční doba podle poruchy

Typ poruchy	Doba čekání na opravu	Počet poruch	Průměrná délka čekání na opravu	Peněžní ztráta
elektrická	361,24	24	15,05	3762 Kč
elektro	3294,39	183	18,00	4500 Kč
mechanická	3170,46	189	16,77	4192 Kč
ostatní (stroj jede)	1194,43	78	15,31	0 Kč
Celkový součet	8020,51	474	16,92	4230 Kč

Při celkovém součtu a použití hodnoty 250 Kč jako peněžní ztráty za hodinu prostoje, vychází ztráty způsobené čekáním na opravu 1 706 183. To znamená, že za jeden měsíc je to průměrně 170 618 Kč.

6.3.3 REAKČNÍ DOBA PODLE TYPU STROJE

Mezi časy reakční doby u různých typů už jsou už patrné větší rozdíly. Tyto rozdíly jsou dány už větší možností výrazně větší doby čekání na opravu ovlivnit celkový výsledek. Při použití hodnoty 250 Kč za každou hodinu prostoje jen z důvodů čekání na opravu jde třeba u stroje Centrum obráběcí HAAS EC-400 počítat s průměrnou peněžní ztrátou 10 225 Kč. Vysoká doba čekání na opravu je u tohoto typu stroje také způsobena poruchou, kdy se čekalo na náhradní díl.

Tab. 6.3 Reakční doba podle typu stroje

Typ stroje	Doba čekání na opravu	Počet poruch	Průměrná délka čekání na opravu
Centrum obráběcí HAAS EC-400	245,38	6	40,90
Soustruh CNC Huyndai-Kia SKT-21	208,39	8	26,05
Centrum obrabeci Steinel	149,88	6	24,98
Soustruh CNC Hyundai HiT-20M	71,60	3	23,87
Soustruh čelní TAREX	842,26	37	22,76
Soustruh CNC Hyundai HiT-8	381,52	18	21,20
Celkový součet	8020,51	474	16,92

Podíváme-li se na celkovou průměrnou dobu čekání na opravu, která je 16,92 hodiny, znamená to pro nás, že při jakékoliv poruše na jakémkoliv stroji musíme počítat s průměrnou peněžní ztrátou 4230 Kč.

Celá tabulka ukazatelů míry jednotlivých pracovišť za sledované období je uvedena v Příloze 6.

Velké hodnoty průměrných dob čekání na opravu jsou dány hlavně tím, že údržbáři jsou přítomni pouze na ranní směně. To znamená, že vyskytne-li se porucha v jinou směnu, stroj čeká na opravu nejméně do začátku následující ranní směny. Při těchto hodnotách peněžních ztrát (viz. Kap 6.7 Ekonomické zhodnocení), by stálo za zvážení přítomnost údržbářů ve všech směnách.

6.4 DOBA OPRAVY

K dalšímu nástroji hodnocení údržby byla použita doba opravy.

6.4.1 PRŮMĚRNÁ DOBA OPRAVY PODLE STŘEDISKA

Při hodnocení doby opravy vyjdeme ze základního rozdělení a to výpočtem průměrné délky opravy pro jednotlivá střediska.

Tab. 6.4 Průměrná doba opravy podle střediska

Středisko	Doba opravy	Počet oprav	Průměrná délka doby opravy
8171	67,57	4	16,89
8172	4154,47	192	21,64
8181	4801,88	278	17,27
Celkový součet	9023,92	474	19,04

Z tabulky (viz Tab. 6.4) při porovnání průměrných délek oprav vychází jako nejrychlejší opravy ve středisku 16,89 hodiny. Druhým střediskem je 8181 s 17,27. Jako nejhorší z hlediska délky opravy se ukázalo středisko 8172 s průměrnou délkou opravy 21,64 hodiny.

6.4.2 PRŮMĚRNÁ DOBA OPRAVY PODLE TYPU PORUCHY

Na základě rozdílů průměrné doby opravy v jednotlivých střediscích byla provedena analýza průměrné délky opravy u jednotlivých typů poruch v daných střediscích (viz. Tab. 6.5).

Tab. 6.5 Průměrná doba opravy podle typu poruchy

	Doba opravy	Počet oprav	Průměrná délka doby opravy
8171			
elektro	46,13	2	23,07
ostatní (stroj jede)	21,43	2	10,72
8172			
elektrická	256,05	4	64,01
elektro	2703,38	109	24,80
mechanická	938,58	46	20,40
ostatní (stroj jede)	256,45	33	7,77
8181			
elektrická	141,65	20	7,08
elektro	1640,98	72	22,79
mechanická	2082,78	143	14,56
ostatní (stroj jede)	936,47	43	21,78
Celkový součet	9023,92	474	19,04

Je patrné, že průměrná délka elektro je delší než délka opravy poruchy typu mechanická. A to v případě střediska 8172 o zhruba 4 hodiny a u střediska je tento rozdíl ještě větší a to přes 8 hodin.

U poruch typu elektrická je rozdíl mezi středisky ještě větší a to průměrně 58 hodin. Zde byl problém v tom, že u střediska 8172 byly pouze 4 poruchy a jedna z nich byla přes 71 hodin, čím ovlivnila výsledek.

6.4.3 PRŮMĚRNÁ DOBA OPRAVY PODLE TYPU STROJE

Tab. 6.6 Průměrná délka doby opravy podle typu stroje

Typ stroje	Doba opravy	Počet oprav	Průměrná délka doby opravy
Soustruh CNC MATRA	119,38	1	119,38
Soustruh CNC Huyndai-Kia SKT-28	345,82	3	115,27
Soustruh CNC HAAS SL-30T	101,98	1	101,98
Centrum obráběcí Muga (5 osé) RMV 160RT	405,98	9	45,11
Centrum obráběcí Hermle (5 osé) C40	564,15	13	43,40
Centrum obráběcí Chiron FZ 08K WM	842,47	20	42,12
Centrum obráběcí HAAS EC-400	244,48	6	40,75

Mezi nejdéle opravované typy strojů patří Soustruh CNC MATRA a Soustruh CNC Huyndai-Kia SKT-28. Jde ovšem o typy strojů s malým počtem oprav, což má za důsledek možnost zkreslení výsledných hodnot čekáním na náhradní díl, což je případ třeba Soustruhu CNC MATRA. Za zmínku proto stojí stroje Centrum obráběcí Hermle (5 osé) C40 a Centrum obráběcí Chiron FZ 08K WM. Tyto stroje jsou z hlediska délky opravy a tedy i závažnosti poruch nejhorší, jelikož množství oprav umožní rozptýlit opravy které třeba čekají na náhradní díl do většího počtu poruch.

6.4.4 PRŮMĚRNÁ DOBA OPRAVY JEDNOTLIVÝCH STROJŮ

Tab. 6.7 Průměrná délka doby opravy pro jednotlivé stroje

Číslo stroje	Název stroje	Doba opravy	Počet poruch	Průměrná délka doby opravy
3441850/1-1	Soustruh CNC Huyndai-Kia SKT-28	341,77	2	170,88
4522700/1-1	Hyundai -Kia VX500	555,32	4	138,83
3441610/1-4	Soustruh CNC MATRA	119,38	1	119,38
4525100/1-3	Centrum obráběcí Hyundai SPT-V500D	223,05	2	111,52
3444800/1-1	Soustruh CNC HAAS SL-30T	101,98	1	101,98
3451600/1-1	Poloautomat soustruznický	641,85	7	91,69
3441500/1-2	Soustruh CNC Weiler	272,20	3	90,73

6.5 MTTR

MTTR (Mean time to repair), volně přeloženo se jedná o průměrný čas, kdy stroj není schopen pracovat. Jedná se tedy o průměrnou dobu prostoje. V našem případě jde o průměrný rozdíl mezi dobou zadání poruchy a ukončením opravy. Je snahou mít hodnotu MTTR co nejmenší, jelikož menší hodnota průměrné doby prostoje znamená větší průměrnou dobu výroby.

MTBF (Mean time before failure) volně přeloženo do češtiny se jedná o průměrnou dobu mezi poruchami. V našem případě ji počítat nebudeme, jelikož při použití disponibilního času u všech strojů to nemá význam, jelikož je závislá a přímo úměrná velikosti MTTR.

6.5.1 MTTR PODLE STŘEDISKA

Jako první byla hodnota MTTR použita pro nákladová střediska.

Tab. 6.8 MTTR pro jednotlivá střediska

	Prostoj	Počet oprav	MTTR
8171	69,72	4	17,43
8172	7084,35	192	36,90
8181	8695,92	278	31,28
Celkový součet	15850,00	474	33,44

V tomto případě se potvrzují předchozí výpočty, jelikož MTTR je u střediska větší než u střediska 8172. To znamená, že prostoj vlivem poruchy na středisku 8172 je o víc jak 5 hodin delší jak na středisku 8181.

6.5.2 MTTR PODLE TYPU PORUCHY

Tab. 6.9 MTTR podle typu poruchy

	Počet oprav	Prostoj	MTTR
8171			
elektro	2	48,29	24,15
ostatní (stroj jede)	2	21,43	10,72
8172			
elektrická	4	281,58	70,40
elektro	109	4722,94	43,33
mechanická	46	1823,38	39,64
ostatní (stroj jede)	33	256,45	7,77
8181			
elektrická	20	477,36	23,87
elektro	72	2913,66	40,47
mechanická	143	4368,44	30,55
ostatní (stroj jede)	43	936,47	21,78
Celkový součet	474	15850,00	33,44

6.5.3 MTTR PODLE DRUHU STOJE

Tab. 6.10 MTTR podle druhu stroje

Druh stroje	Počet poruch	Prostoj	MTTR
Soustruh CNC Huyndai-Kia SKT-28	3	386,93	128,98
Soustruh CNC MATRA	1	119,76	119,76
Soustruh CNC HAAS SL-30T	1	108,73	108,73
Centrum obráběcí HAAS EC-400	6	361,95	60,32
Centrum obráběcí Chiron FZ 08K WM	20	1175,90	58,79
Poloautomat soustruznický	38	2113,39	55,62
soustruh CNC HAAS SL-20TAPL	12	595,38	49,62

Tabulka (tab. 6.10) zobrazuje postupně od nejvyšší hodnoty MTTR Druhy strojů.

Celá tabulka MTTR jednotlivých druhů stroje za sledované období je uvedena v Příloze 12.

6.5.4 MTTR PODLE JEDNOTLIVÝCH STROJŮ

Tab. 6.11 MTTR pro jednotlivé stroje

Číslo stroje	Název stroje	Prostoj	Počet oprav	MTTR
3441850/1-1	Soustruh CNC Huyndai-Kia SKT-28	382,47	2	191,24
4522700/1-1	Hyundai -Kia VX500	599,15	4	149,79
3441610/1-4	Soustruh CNC MATRA	119,76	1	119,76
4525100/1-3	Centrum obráběcí Hyundai SPT-V500D	233,43	2	116,72
3444800/1-1	Soustruh CNC HAAS SL-30T	108,73	1	108,73
3451600/1-1	Poloautomat soustruznický	697,01	7	99,57

Hodnota MTTR u Soustruhu CNC Huyndai-Kia SKT-28 čísla 3441850/1-1 je značně alarmující, jelikož jedna porucha znamená prostoj 191 hodin. Poloautomat soustruznický čísla 3451600/1-1 dosahuje vysokých hodnot MTTR a to i při vysokém počtu oprav, což znamená, že hodnota nebude tak daleko od skutečné hodnoty.

Celá tabulka MTTR jednotlivých strojů za sledované období je uvedena v Příloze 13.

6.6 CELKOVÁ EFEKTIVNOST ZAŘÍZENÍ

Celková efektivnost zařízení (CEZ), anglicky Overall equipment effectiveness (OEE), je jedním z hlavních ukazatelů zavadení TPM na pracovišti. Celková efektivnost zařízení (viz kap. 3.2.2) se skládá ze tří ukazatelů. A to z ukazatele míry využití, míry výkonu a míry kvality.

Je také možné díky celkové efektivnosti zařízení blíže specifikovat a určit výkon (efektivnost) strojů a jejich přínos popřípadě špatný vliv na výrobu. Výhodou tohoto ukazatele je to, že se zde nepočítá pouze s časy nevyužité výroby, ale jsou zahrnuty další faktory, jako je zmetkovitost a ztráty výkonu stroje. Počet zmetků na počet kvalitních výrobků má na hodnocení stroje vliv z důvodu, jelikož když není stroj schopen vyrábět výrobky v požadované jakosti, je čas, který je nutný na výrobu zmetku využit neefektivně a je ztracen.

V případě této práce bude využito pouze ukazatele míry využití, jelikož ostatní informace nejsou známy, nebo jsou známy, ale nejsou vyhodnocovány v potřebné formě. Pro míru využití tedy vycházíme z časů, které jsou dostupné v tabulce (viz. Příloha 1).

6.6.1 MÍRA VYUŽITÍ STŘEDISEK

Základní výpočet pro jednotlivá střediska je proveden ve formátu 24/7. Podle vzorce (3.2) tedy vypočteme míru využití na jednotlivých střediscích.

Při výpočtu míry využití je důležité při počítání při typu opravy Ostatní (stroj jede) nebrát čekání na opravu jako prostoj. Jelikož při typu opravy Ostatní (stroj jede) stroj je při čekání na opravu pořád v provozu. Jak je vidět z tabulky (viz. Tab. 6.12) u tohoto typu poruchy se prostoj rovná vlastní délce opravy. Tato metodika je použita i u dalších výpočtů míry využití.

Tab. 6.12 Časy jednotlivých typů poruch na střediscích

	PROSTOJ	OPRAVA	ČEKÁNÍ NA OPRAVU
8171	69:43	67:34	33:37
elektro	48:17	46:08	2:09
ostatní (stroj jede)	21:26	21:26	31:28
8172	7084:21	4154:28	3370:49
elektrická	281:35	256:03	25:32
elektro	4722:56	2703:23	2019:33
mechanická	1823:22	938:35	884:47
ostatní (stroj jede)	256:27	256:27	440:56
8181	8695:55	4801:53	4616:03
elektrická	477:21	141:39	335:42
elektro	2913:39	1640:59	1272:40
mechanická	4368:26	2082:47	2285:39
ostatní (stroj jede)	936:28	936:28	722:01
Celkový součet	15849:59	9023:55	8020:30

Tab. 6.13 Počet sledovaných hodin provozu strojů

Středisko	Počet strojů	Pracovní hodiny	Počet sledovaných dnů	Počet sledovaných hodin
8181	40	24	304	291840
8172	71	24	304	518016
8171	31	24	304	226176

Tabulka nahoře (tab .6.13) je důležitá vzhledem ke sledovanému počtu hodin, jelikož ty se používají při výpočtu CEZ.

Středisko 8171

$$AF_{8171} = \frac{\text{doba možného provozu výrobního zařízení} - \text{prстоje}}{\text{doba možného provozu výrobního zařízení}} \quad (3.2)$$

$$= \frac{226\,176 - 69,72}{226\,176} = 0,99969$$

Středisko 8172

$$AF_{8172} = \frac{\text{doba možného provozu výrobního zařízení} - \text{prстоje}}{\text{doba možného provozu výrobního zařízení}} \quad (3.2)$$

$$= \frac{518\,016 - 7084,35}{518\,016} = 0,98632$$

Středisko 8181

$$AF_{8181} = \frac{\text{doba možného provozu výrobního zařízení} - \text{prстоje}}{\text{doba možného provozu výrobního zařízení}} \quad (3.2)$$

$$= \frac{291\,840 - 8695,92}{291\,840} = 0,9702$$

Z vypočtených koeficientů vyplývá, že nejvíce je využit výkon střediska 8171, a to skoro ze sta procent. Druhým ve využití výkonu strojů je středisko 8172 s devadesáti osmi procenty. Jako poslední se při hodnocení tohoto faktoru umístilo středisko 8181 s devadesáti sedmi procenty.

Při použití formátu výroby 24/7 bude největší odchylka od reálného využití výkonu strojů u střediska 8171, jelikož v tomto středisku pracuje většina strojů na jednu směnu. Naopak nejmenší odchylka od reálného využití výkonu bude u střediska 8181, protože většina strojů pracuje v nepřetržitém provozu.

6.6.2 MÍRA VYUŽITÍ PRACOVÍŠŤ

Míra využití pracovišť je počítaná stejně jako míra využití pro jednotlivá nákladová střediska. I v tomto případě jsou do ukazatele míry využití započítány stroje, které jsou na pracovišti, ale ve sledované době nebyly porouchané, což zvyšuje efektivní časový fond strojů, ovšem dopočítali jsme se ke správnému výsledku.

Tab. 6.14 Míra využití pracovišť (ukázka z přílohy)

DRUH STROJE	ČISTÝ PROSTOJ	POČET STROJŮ	ČASOVÝ EFEKTIVNÍ FOND	MÍRA VYUŽITÍ
Centrum obráběcí Chiron (5 osé) MILL	694,22	1	7296	0,905
Centrum obráběcí Hermle (5 osé) C40	602,98	1	7296	0,917
Centrum obráběcí Chiron FZ 08K WM	1175,90	2	14592	0,919
Poloautomat soustružnický	2113,39	4	29184	0,928
Centrum obráběcí Muga (5 osé) RMV 160RT	437,23	1	7296	0,940
Centrum obráběcí HAAS EC-400	361,95	1	7296	0,950
Soustruh čelní TAREX	1039,55	3	21888	0,953
Centrum obráběcí Chiron (5 osé)	633,83	2	14592	0,957
soustruh CNC HAAS SL-20TAPL	595,38	2	14592	0,959
Hyundai -Kia VX500	2021,57	8	58368	0,965

Je zřejmé, že na pracoviště, které má míru využití mezi 0,9 až 0,95, je nutné se zaměřit. V teoretické části se jako ideální hodnota CEZ pohybuje na hranici 85%. Těchto 85% a více představuje velmi úspěšnou a kvalitní údržbu.

V našem případě se pracoviště Centrum obráběcí Chiron (5 osé) MILL, Centrum obráběcí Hermle (5 osé) C40 a Centrum obráběcí Chiron FZ 08K WM postává k 90% a to jen díky ukazateli míry využití. Při použití dalších dvou ukazatelů by jsme se s velkou pravděpodobností dostali pod onu ideální hranici 85%.

Celá tabulka ukazatelů míry jednotlivých pracovišť za sledované období je uvedena v Příloze 9.

6.6.3 MÍRA VYUŽITÍ JEDNOTVILÝCH STROJŮ V PRACOVÍŠTI

U výpočtu míry využití pracovišť jsme si daný výpočet předvedli na pracovišti 4522700/1, kde jsou stroje **Hyundai -Kia VX500**.

Tab. 6.15 Míra využití jednotlivých strojů v pracovišti 4522700/1

DRUH STROJE/ ČÍSLO STROJE	ČISTÝ PROSTOJ	ČASOVÝ EFEKTIVNÍ FOND	MÍRA VYUŽITÍ
Hyundai -Kia VX500	2021,57	58 368	0,965
4522700/1-1	599,15	7296	0,918
4522700/1-2	35,39	7296	0,995
4522700/1-3	297,06	7296	0,959
4522700/1-4	255,76	7296	0,965
4522700/1-5	103,95	7296	0,986
4522700/1-6	305,51	7296	0,958
4522700/1-7	199,00	7296	0,973
4522700/1-8	225,75	7296	0,969

Tento výpočet je vhodný pro posuzování efektivy strojů, jelikož už fyzicky vidíme přítomné stroje.

Ve sledovaném období je to u úplně stejných strojů je maximální rozdíl 7,7%. Což ukazuje, že stroj 4522700/1-1 je o 7,7% spolehlivější než stroj 4522700/1-2. V hodinovém vyjádření jde o 563,76 hodin. Kdyby horší stroj měl ukazatel míry využití jako stroj první, ušetřilo by se tím 70,47 osmi hodinové směny za 10 měsíců, což představuje skoro 13%.

Celá tabulka ukazatelů míry využitelnosti strojů u jednotlivých pracovišť za sledované období je uvedena v Příloze 10.

6.6.4 MÍRA VYUŽITÍ JEDNOTLIVÝCH STROJŮ

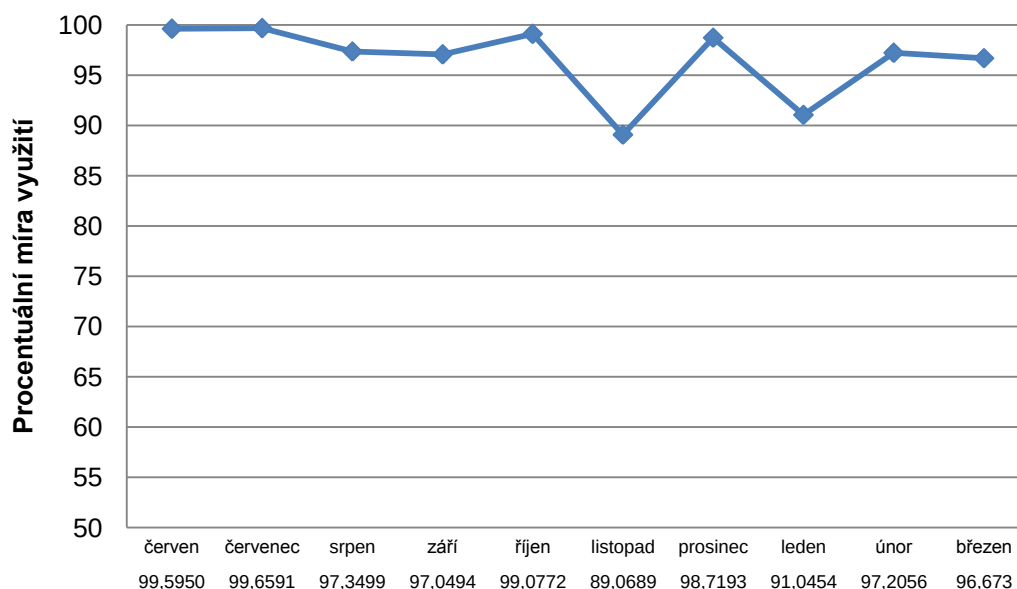
Z tabulky (viz tab.3,2) pod odstavcem, je nejhorším strojem vzhledem k míře využití stroj číslo 4525400/1-1 Centrum obráběcí Chiron FZ 08K WM a to díky 88,8%. Při porovnání s druhým strojem stejného typu ve stejném pracovišti je jeho využití nižší o 6,3% (viz. Příloha 11).

Tab. 6.16 Míra využití jednotlivých strojů

ČÍSLO STROJE	DRUH STROJE	ČISTÝ PROSTOJ	ČASOVÝ EFEKTIVNÍ FOND	MÍRA VYUŽITÍ
4525400/1-1	Centrum obráběcí Chiron FZ 08K WM	816,96	7296	0,888
3451220/1-1	Poloautomat soustruznický	723,47	7296	0,901
3451600/1-1	Poloautomat soustruznický	697,01	7296	0,904

6.6.5 MÍRA VYUŽITÍ V MĚSÍČNÍCH INTERVALECH

U výpočtu míry využití pracovišť jsme si daný výpočet předvedli na pracovišti 4522700/1, kde jsou stroje **Hyundai -Kia VX500**. Grafické znázornění bude nejlepší v měsíčních intervalech.



Graf 6.12 Měsíční zobrazení míry využití strojů Hyundai -Kia VX500

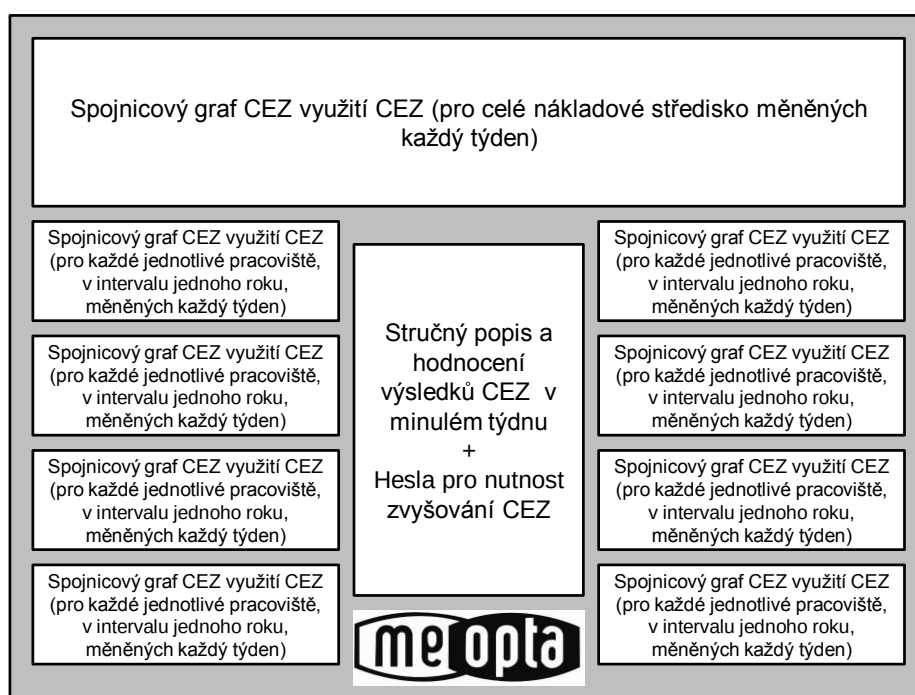
Měsíční zobrazení je vybráno z důvodů toho, že z celkového ukazatele celkové efektivnosti zařízení zobrazujeme pouze míru využití. Z grafu (viz. Graf 6.12) je zřejmé, že míra využití se postupem času zhoršuje. Lze to usuzovat jak ze spojnice procentuálních bodů, tak i z hodnot uvedených pod měsíci.

Dalším z možných řešení je denní hodnocení a zobrazování míry využití. Při denním grafickém zobrazování a hodnocení míry využití by tabulka a graf vykazovaly hodně 100% dnů míry využití, když by nebyla v daný den porucha. Na druhou stranu by obsahovaly druhé extrémy, a to když by v daný den byla porucha. Jednalo by se tedy o rovnou čáru na sto procentní hranici s pár zuby, které by zobrazovaly poruchu v daný den. Tento graf by tedy nebyl přehledný a o ničem vypovídající.

Při výpočtu CEZ za pomoci všech tří ukazatelů, je možné využívat i denní nebo směnové vyhodnocení CEZ.

6.6.6 UMÍSTĚNÍ TABULE HODNOCENÍ TPM

Stejně tak jako správné vyhodnocení CEZ je důležité prezentovat tyto výsledky ve zlepšování CEZ na pracoviště. A to z důvodů větší přehlednosti pro pracovníky, kteří se podílejí na úspěšném zavádění systému TPM a jiných systémů zlepšujících proces. Vizualizace těchto výsledků je důležitá i z toho důvodu, že jde názorně vidět, jaký vliv na výkonnost má zavádění těchto systémů. V neposlední řadě působí jako pozitivní stimul, jelikož přináší zdravé soupeření mezi pracovníky jednotlivých pracovišť a to ve snaze mít hodnotu CEZ co nejvyšší.



Obr. 6.1 Tabule Celkové efektivnosti zařízení

Tabule (viz. Obr. 6.1) by měla být na pracovišti vhodně umístěna na místě, kde se nejvíce vyskytují pracovníci, jako je třeba odpočinková místnost, nebo např. chodba, kudy pracovníci přicházejí na směnu.

6.7 EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Při ekonomickém zhodnocení byla stanovena stejná konstanta peněžní ztráty při jedné hodině prostoje stroje, a to pro všechny stroje 250 Kč.

Díky použití této konstanty se ztráta všech strojů stává závislá na době prostoje ze sledovaného období. Při použití různých hodnot ztrát namísto této konstanty by výsledky byly nezávislé na době prostoje, což by znamenalo, že by se pořadí nejvíce ztrátových strojů mohlo změnit.

Tab. 6.17 Ekonomické vyhodnocení

Číslo stroje	Název stroje	Peněžní ztráta	Průměrná peněžní ztráta na opravu	Průměrná peněžní ztráta na měsíc	Průměrná peněžní ztráta na den
4525400/1-1	Centrum obráběcí Chiron FZ 08K WM	204240	22693	20424	672
3451220/1-1	Poloautomat soustruznický	180867	13913	18087	595
3451600/1-1	Poloautomat soustruznický	174253	24893	17425	573
4526600/1-1	Centrum obráběcí Hermle (5 osé) C40	150744	11596	15074	496
4522700/1-1	Hyundai -Kia VX500	149788	37447	14979	493
3431100/1-2	Soustruh čelní TAREX	125028	6946	12503	411
4528100/1-1	Centrum obráběcí Muga (5 osé) RMV 160RT	109306	12145	10931	360

Jako příklad jsme si vybrali stroj, který byl nejdéle mimo provoz a to Centrum obráběcí Chiron čísla 4525400/1-1. V případě tohoto stroje je průměrná měsíční ztráta poruchami 20424 Kč. Při teoretické životnosti stroje 8 let, což je 96 měsíců, při současném trendu poruchovosti by byly ztráty způsobené poruchami 1 960 704 Kč.

Větší rozbor ekonomické stránky problému není nutné řešit, jelikož při počítání se zadanou konstantou, budou výsledky shodné jako u časů, s tím rozdílem, že hodnoty budou vynásobeny právě touto konstantou.

Ekonomické hodnocení všech strojů je zobrazeno v Příloze 14.

6.8 ZAMĚSTNANCI

Jak vyplývá z teoretického rozboru údržby, a její metody TPM, která je ve firmě zaváděna, jedním z hlavních elementů, ovlivňující chod a provozuschopnost strojního zařízení bývá jeho obsluha. V tomto případě jde o operátory, kteří se starají hlavně o výměnu obrobeného kusu, za kus na daném zařízení ještě neobrobený.

Jedním z problémů, který je koncepčně nevyřešený, je hlášení poruchy. Obsluha stroje informuje seřizovače, který je na dané dílně přítomný. Tento seřizovač, který podle svých zkušeností vyhodnotí poruchu, následně zadává své zhodnocení do počítače pod svým zaměstnaneckým číslem. Toto řešení hodně zkresluje možnost vyhodnocení poruch podle zaměstnance, u jehož stroje se porucha vyskytne, což je patrné z tabulek (viz. Tab. 6.18 a 6.19).

Tab. 6.18 Výskyt počtu nahlášených oprav

Počet nahlášených oprav na jednoho pracovníka	Výskyt
102	1
27	1
20	1
19	1
18	1
13	2
12	3
11	2
10	3
9	1
8	2
7	5
6	2
5	6
4	3
3	10
2	10
1	10

Tab. 6.19 Počet ohlášených poruch na obsluhu

Osobní číslo zadavatele	Počet ohlášených poruch
25740	102
37148	27
30865	20
16713	19
30904	18
35469	13
18601	13
17704	12
12339	12
39710	12
11419	11
35462	11
15535	10

Z výše uvedených tabulek (viz. Tab. 6.18 a 6.19), je patrné, že zaměstnanec s osobním číslem 25740 hlásí nejvíce poruch. Toto je právě způsobeno nedokonalostí systému, jelikož se jedná o mistra daného střediska, který je pod svým osobním číslem přihlášen do systému hlášení poruch a vzniklé poruchy do něj pod svým číslem zadává.

Jedná se sice o malou vypovídací hodnotu, při které by se řešily poruchy podle osobního čísla zaměstnance. Teoreticky je ale možné i podle

čísla zaměstnance zjistit možnosti a kvalitu obsluhy strojů. A to hlavně poměrem mezi časem, když stroj čeká na opravu a délkou vlastní opravy. Není výjimkou, že stroj čeká na opravu přes 12 hodin a oprava je provedena řádově do tří minut, což je znázorněno v tabulce (viz Tab. 6.20).

Tab. 6.20 Počet oprav mezi 0-5 minut

Opravy 0 - 5 minut			
délka opravy	počet oprav	čekání na opravu	peněžní ztráty čekáním na opravu [Kč]
0:00	83	2688:06	672026
0:01	9	227:34	56893
0:02	2	14:18	3579
0:03	2	66:25	16605
0:04	6	106:48	26702
0:05	2	46:51	11713
Celkem	104	3150:04	787519

Z tabulky (viz. Tab. 6.20) je patrné, že z celkového počtu 474 oprav za sledované období deseti měsíců je alarmující, že u 83 oprav je délka opravy zadaná do systému nula minut. Toto je způsobeno jak špatnou prací údržbářů se systémem poruch, tak i fungováním obsluhy stroje, která raději nahlásí banální poruchu, i když je možnost opravy samotnou obsluhou.

Při hodinové sazbě, která byla pevně zadána firmou pro všechny stroje stejně, 250 Kč ztráty při nečinnosti stroje, díky 83 opravám, které jsou v systému délky nula minut, je délka čekání (při použití disponibilního času strojů 24/7) 2688 hodin a 6 minut za 10 měsíců. V peněžní ztrátě jde o 672 026 Kč.

Problematika těchto krátkých délek oprav stojí za další přezkoumání, jelikož nám zkresluje výpočty CEZ, MTTR, MTBF a atd. Nejedná se o významné zkreslení výsledků, ovšem i malé zpřesnění má pro vedoucí pracovníky velký význam.

6.9 APLIKACE FMEA – ANALÝZA PORUCHOVOSTI STROJŮ

Metoda FMEA a její princip je založen na kvantitativním posouzení poruch, jejich opakovaném výskytu a možnosti jednoduchosti jejich zjištění pracovníky.

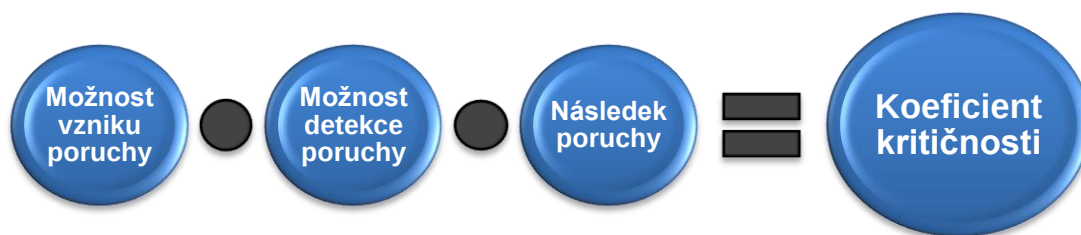
Doporučené využití a aplikace metody FMEA bylo předvedeno na jednom z nejvíce poruchových druhů strojů. Jedná se o obráběcí CNC stroje Hyundai - Kia VX500, kterých je ve středisku 8181 celkem osm (viz. Příloha 2), stroje spadají pod pracoviště 4522700/1. Tyto frézky podle předchozího řešení práce patří co do počtu poruch a délky opravy mezi nejhorší z daných středisek a dobře poslouží k předvedení možností využití metody FMEA.



Obr. 6.2 Hyundai -Kia VX500^[21]

K samotnému vypracování byla také použita tabulka poruch (viz. Příloha 1), a to pro vyhodnocení jak pravděpodobnosti vzniku poruchy, její možné predikci a významnosti poruchy pro zajištění výrobního úkolu a chodu stroje.

Před samotným sestavením vlastního formuláře FMEA je nutné si stanovit tři koeficienty, a to závažnost poruchy, možnost opakování výskytu poruchy a jednoduchosti detekce vzniklé poruchy. Díky těmto třem koeficientům bude možné stanovit a vypočítat samotný koeficient kritičnosti. Jedná se o koeficient, který vznikne pronásobením tří základních koeficientů (viz Obr 6.3.)



Obr. 6.3 Výpočet koeficientu kritičnosti

Jedná se o metodu, která je svým sestavením schopna předem identifikovat hlavní možné zdroje poruch, četnost jejich výskytu a vliv na samotnou výrobu. Díky koeficientu kritičnosti máme přehled o největších hrozbách a možných následcích u jednotlivých skupin strojů.

Platí, že čím vyšší součet koeficientů kritičnosti, tím je daná skupina (daný stroj) větší hrozbou pro naši výrobu. Také je možné podle tohoto koeficientu hodnotit vhodnost stroje pro firmu, jelikož čím bude vyšší koeficient kritičnosti, tím je vyšší pravděpodobnost poruchy s většími následky pro výrobu. Je tedy vhodné se na velikost koeficientu kritičnosti dívat, například při pořizování nových strojů od samého výrobce, nebo pořizování úplně stejných strojů.

6.9.1 TABULKY PRO MOŽNOST REALIZACE FMEA

Prvním koeficientem, který vstupuje do FMEA analýzy je možnost vzniku poruchy. V této tabulce jde o bodové ohodnocení pravděpodobnosti vzniku poruchy.

- **Hodnocení pravděpodobnosti výskytu poruchy**

Tab. 6.21 Tabulka hodnocení pravděpodobnosti výskytu poruchy

Vznik poruchy	Slovní vyjádření	Bodové ohodnocení
Velmi vysoká	Vznik poruchy je skoro nevyhnutelný	10
		9
Vysoká	Poruchy se velmi často opakují	8
		7
Střední	Příležitostné poruchy	6
		5
Nízká	Poměrně malý výskyt poruch	4
		3
Vzdálená	Vznik poruchy patrně vůbec nehrozí	2
		1

- Hodnocení následku vzniklé poruchy**

Druhým koeficientem je následek poruchy. V tabulce (viz. Tab 6.22) je uvedeno bodové ohodnocení v závislosti na závažnosti následku poruchy.

Tab. 6.22 Tabulka hodnocení možných následků poruchy

Následek poruchy	Slovní vyjádření	Bodové ohodnocení
Nebezpečný, bez výstrahy	Porucha stroje bez výstrahy ovlivňuje chod stroje a bezpečnost vzhledem k zákoným požadavkům	10
Nebezpečný, s výstrahou	Porucha stroje s výstrahou ovlivňuje chod stroje a bezpečnost vzhledem k zákoným požadavkům	9
Velmi vážný	Poruchou stroj ztratí schopnost vykonávat požadovanou funkci, stroj je významně poškozen, výkonnost je na nule, ovšem není ohrožena bezpečnost	8
Vážný	Vážný následek znamená sníženou výkonnost a schopnost vykonávat požadovanou činnost	7
Střední	Poruchou stroj ztratí schopnost plnit požadovanou funkci, porucha obtěžuje při manipulování	6
Nízký	Nízká schopnost plnit požadovanou funkci zajišťující pohodlí uživatele	5
Velmi nízký	Poruchou stroj ztratí schopnost plnit požadovanou funkci působící pouze minimální potíže uživatele	4
Malý	Nelze plnit estetickou funkci, kterou zjistí průměrný uživatel	3
Velmi malý	Nelze plnit estetickou funkci, kterou zjistí náročný uživatel	2
Žádný	Porucha se neprojeví žádným následkem	1

- Hodnocení predikce poruch**

Posledním koeficientem pro metodu FMEA je možnost predikce poruchy. V tabulce (viz. Tab 6.22) je uvedeno bodové ohodnocení v závislosti na závažnosti následku poruchy.

Tab. 6.23 Tabulka hodnocení predikce poruchy

Možnost predikce	Slovní vyjádření	Bodové ohodnocení
Absolutně nemožná	Hlubší zkoumání nezjistí vznik poruchy ani původ poruchy	10
Nepravděpodobná	Není pravděpodobná možnost, že zkoumání odhalí vznik poruchy nebo původ poruchy	9
Hodně malá	Hodně malá možnost, že zkoumání odhalí vznik poruchy nebo původ poruchy	8
Malá	Malá možnost, že zkoumání odhalí vznik poruchy nebo původ poruchy	7
Lehce podprůměrná	Lehce podprůměrná možnost, že zkoumání odhalí vznik poruchy nebo původ poruchy	6
Průměrná	Průměrná možnost, že zkoumání odhalí vznik poruchy nebo původ poruchy	5
Lehce nadprůměrná	Lehce nadprůměrná možnost, že zkoumání odhalí vznik poruchy nebo původ poruchy	4
Vysoká	Vysoká možnost, že zkoumání odhalí vznik poruchy nebo původ poruchy	3
Velmi vysoká	Velmi vysoká možnost, že zkoumání odhalí vznik poruchy nebo původ poruchy	2
Jistá	posuzování téměř jistě odhalí možnou poruchu	1

Takto vytvořené tabulky pro tyto koeficienty jsou základním kamenem pro metodu FMEA. Jejich využití v praxi je znázorněno v kap. 6.9.2 Ukázka použití FMEA. Bodové ohodnocení je ovšem individuální, což může občas výsledky zkreslit, z velké části jde pouze o minimální zkreslení celkového koeficientu kritičnosti.

6.9.2 UKÁZKA POUŽITÍ FMEA

Tab. 6.24 Rozbor FMEA daného stroje

FMEA PRACOVISTĚ 4522700/1									
					BODOVÉ HODNOCENÍ				
Název stroje:		Hyundai -Kia VX500			Pravděpodobnost poruchy	Následek poruchy	Predikce poruchy	Koeficient kritičnosti	
Pracoviště:		4522700/1							
Středisko:		8181							
Typ poruchy	Část stroje	Funkce	Způsob poruchy	Způsob zjištění					
MECHANICKÁ	Zásobník nástrojů	Výměna nástrojů	Vypadávání nástrojů	Při výměně vypadávají nástroje z vřetene	9	8	6	432	
MECHANICKÁ	Zásobník nástrojů	Výměna nástrojů	Zaseklé podávací rameno výměny nástrojů	Při výměně nástroje se zasekne podávací rameno	10	8	7	560	
MECHANICKÁ	Chladicí systém	Chlazení hlavy	Nefunguje chlazení	Vypíná se, chybové hlášení	6	6	3	108	
ELEKTRO	Osvětlení	Osvětlení pracovního prostoru	Prasklá zářivka	Pracovní prostor není osvětlen	3	1	8	24	
OSTATNÍ (STROJ JEDE)	Chladicí systém	Chlazení hlavy	Chvění čerpadla	Čerpadlo se nepřírozně chvěje	2	4	2	16	

					BODOVÉ HODNOCENÍ			
Název stroje:		Hyundai -Kia VX500			Pravděpodobnost poruchy	Následek poruchy	Predikce poruchy	Koeficient kritičnosti
Pracoviště:		4522700/1						
Středisko:		8181						
Typ poruchy	Část stroje	Funkce	Způsob poruchy	Způsob zjištění				
OSTATNÍ (STROJ JEDE)	Chladicí systém	Chlazení hlavy	Zahřívání stroje způsobená chladicí emulzí	Chybové hlášení, stroj se vypíná	6	7	8	336
ELEKTRICKÁ	Řídicí systém	Řízení obrábění	Nejede osa Y, poloha osy v zásobníku	Chybné hlášení na panelu stroje	3	2	7	42
MECHANICKÁ	Nářadí	Přípravek	Špatná geometrie dělicí hlavy	Při kontrole součástí	2	4	7	56
MECHANICKÁ	Zásobník nástrojů	Výměna nástrojů	Stroj si bere špatné nástroje	Následná kolize po výběru špatného nástroje	5	8	7	280
ELEKTRO	Mechanický systém	Pohyb stolu	Zastavení stroje	Chybové hlášení, stroj se vypíná	5	4	6	120

					BODOVÉ HODNOCENÍ			
Název stroje:		Hyundai -Kia VX500			Pravděpodobnost poruchy	Následek poruchy	Predikce poruchy	Koeficient kritičnosti
Pracoviště:		4522700/1						
Středisko:		8181						
Typ poruchy	Část stroje	Funkce	Způsob poruchy	Způsob zjištění				
MECHANICKÁ	Mechanický systém	Pohyb vřetene	Zpomalení rychloposuvu	Vizuální kontrola	7	3	8	168
MECHANICKÁ	Zásobník nástrojů	Výměna nástrojů	Chyba snímače odepnutí nástroje	Chybové hlášení	5	6	8	240
ELEKTRO	Chladicí systém	Chlazení hlavy	Zastavení stroje	Chybové hlášení	2	4	4	32
ELEKTRO	Chladicí systém	Chlazení vřetene	Zastavení stroje	Chybové hlášení	2	4	4	32

Metoda FMEA pro daný typ stroje ukázala, že tyto stroje mají hlavní problém v Části stroje Zásobník nástrojů. V analýze byl největší koeficient kritičnosti u Zaseklé podávací rameno výměny nástrojů, a to 560. Největší hodnocení u této poruchy má koeficient Pravděpodobnosti poruchy, kde bylo uvedena největší hodnota a to 10. Jedná se totiž v počtu poruch o nejvíce frekventovanou poruchu. Další koeficienty dostaly také vysoké bodové ohodnocení, jelikož Následek poruchy je velmi vážný a predikce poruchy je velmi malá. A to z důvodu, že u CNC strojů je předpovídání nastalé poruchy

v daném případě velmi malá, protože obsluha stroje výměnu nástrojů nemůže nijak ovlivnit.

Na druhém místě vzhledem ke kritičnosti bylo Vypadávání nástrojů s 384 body hodnocení. V tomto případě poruchy jde o ty samé problémy jako ve výše uvedeném odstavci. Hodnocení 9 v Pravděpodobnosti poruchy dostal problém díky tomu, že se vyskytuje v menší míře jako zasekávání ramene.

Dalším důležitým problémem u těchto strojů je Chladicí systém a jeho Chlazení hlavy. U této poruchy dostaly nejmenší hodnocení koeficienty, jelikož se této poruše dá předcházet pravidelnou výměnou provozních kapalin a důsledným dodržováním nastavených metod TPM a 5S.

Použitím a aplikováním této metody FMEA, u další skupin strojů, je možné zjistit nejvíce problémové druhy strojů, díky součtu koeficientů kritičnosti. Je možné se také zabývat odstraněním vzniku poruch dle největších koeficientů kritičnosti u daných druhů strojů, a tím zajistit menší poruchovost. S menší poruchovostí souvisí i menší prostoje ve výrobě, což přináší lepší využití výrobních možností stroje.

6.9.3 PORUCHOVÝ LÍSTEK

Návrh a používání poruchového lístku je využito jak do analýzy FMEA, tak ovšem víc specifikuje danou poruchu na daném stroji. V současné době je porucha zaznamenána pouze Poznámkou v Tabulce poruch (viz. Příloha 1).

Tab. 6.25 Poruchový lístek

Poruchový lístek stroje		
Analýza způsobů a důsledků poruch - FMEA/FMECA		
Název stroje	Hyundai -Kia VX500	
Stroj	4522700/1-8	
Středisko	8181 - CNC Frézárna	
Datum opravy	30. srpen 2010	
Vypracoval	31813	
Typ poruchy	MECHANICKÁ	BODOVÉ OHODNOCENÍ PORUCHY FMEA
Část stroje	Zásobník nástrojů	
Funkce	Výměna nástrojů	
Způsob poruchy	Zaseklé podávací rameno výměny nástrojů	
Příčina poruchy	Špatné upnutí nástrojů ve výměníku	
Způsob zjištění poruchy	Při výměně nástroje se zasekne podávací rameno	
Důsledky poruchy	Prostoj stroje	
Pravděpodobnost poruchy		10
Následek poruchy		8
Predikce poruchy		7
Koeficient kritičnosti		560

Zavedení poruchového lístku pro každý stroj znamená hodnotnější záznam a zpřehlednění situace poruchy jak pro údržbáře, tak pro vyšší management a jeho rozhodování v oblasti oprav strojů.

Poruchový lístek obsahuje dva typy vyplňujících se kolonek. Prvním typem je kolonka otevřená. Jedná se o ty kolonky, do kterých údržba vyplňuje informace libovolně, dle vlastního úsudku, výcviku a zkušeností. Druhým typem je kolonka uzavřená, která nabízí již předdefinované možnosti v závislosti na předem vybraných možnostech.

V první části je v první kolonce zadáván Název stroje. Výběrem příslušného druhu stroje a jeho zadáním zavřených kolonek Název stroje se automaticky v řádku Stroj zpřístupní pouze čísla strojů, které jsou daného předem vybraného typu stroje. Datum opravy je automaticky generováno podle počítače. Kolonka Vypracoval je vyplněna také automaticky, jelikož údržbáři se do systému přihlašují pod vlastním číslem.

V další části se jedná už o popis samotné poruchy. V této části jsou opět předem definované kolonky Typu poruchy a Část stroje. Další kolonky už zadává údržba sama. Ovšem při důkladnějším rozboru by se daly i tyto kolonky ve velké míře převést z otevřených na uzavřené.

Díky uzavřeným kolonkám je možné použití nástrojů na analýzu dat, jako je třeba Paretova analýza, podle které lze analyzovat a hodnotit stroje z různých hledisek. Například je možné použít tuto analýzu na kolonku Typ poruch třeba poruchy typu Mechanická. Tato porucha je dále rozčleněna na různé části stroje (chladicí systém, zásobník nástrojů atd.). Díky Paretově analýze lze zjistit problémovou část. A to v závislosti na součtu koeficientů kritičnosti, kde je možné zjistit které součásti jsou u daného stroje z hlediska součtu koeficientů kritičnosti nejvíce problémovým.

6.10 DOPORUČENÍ PRO ODSTRANĚNÍ PORUCH

Na základě předchozího vypracování práce byly doporučeny možnosti jak poruchy sledovat a následně efektivněji odstranit:

- Grafické zobrazení. Použití Paretovy analýzy pro jednotlivé typy poruch, která nám díky kumulativní četnosti zobrazuje procentuální hodnoty. Při sledování trendů se hodí metoda např. klouzavých průměrů.
- Snažit se co nejvíce rozebrat každý prostoj ve výrobě, po jednotlivých i malých časových prostojích. Díky tomu bude možné analyzovat i menší časové období, než je předvedeno měsíčně.
- Pro použití CEZ jako nejvýznamnějšího ukazatele údržby, je nutné správně a vhodně vyhodnocovat i zmetkovost výroby, tedy i vlastních strojů.
- Zavedení programu na sledování dob a CEZ.
- Zlepšení organizace práce. Údržba na každé směně. Délka čekání na opravu je v průměru zhruba 20 hodin, což by znamenalo snížení této doby a tím i snížení ztráty prostojem stroje.
- Použití metody FMEA. Díky této metodě můžeme poruchy identifikovat lépe a dříve než se stanou.

7. ZÁVĚR

Cílem této práce bylo zhodnocení současného stavu strojního zařízení divize mechanika společnosti Firma, s.r.o., v návaznosti na efektivitu strojů a údržby.

Jako první nástroj k objasnění současného stavu byla použita reakční doba údržby, ve které bylo horší nákladové středisko 8172 než 8181. Bylo také použito srovnání reakčních dob podle typu poruchy, jelikož ne na každý typ jsou vysíláni ti samí údržbáři. Při porovnání se nejdéle čekalo na údržbu při poruše typu elektro a nejméně při poruše typu elektrická.

Další hodnotnou informací o údržbě je délka doby opravy. Při porovnání průměrných dob bylo opět horší nákladové středisko 8172, a to o víc jak 4 hodiny oproti středisku 8181. Při hodnocení průměrné doby opravy byly srovnány i průměrné doby opravy podle typu stroje. Nejhuře si v tomto ukazateli vedly stroje typu Soustruh CNC MATRA. Za zmínku ovšem stojí stroje typu Centrum obráběcí Hermle (5 osé) C40 a Centrum obráběcí Chiron FZ 08K WM, které při své vysoké poruchovosti mají průměrnou dobu opravy přes 40 hodin na jednu opravu.

Za pomoci dvou předchozích dob byla využita tzv. doba MTTR. Jedná se o průměrnou délku prostoje. Mezi druhy strojů, které mají nejvyšší hodnotu, což je ve výsledku špatné, opět patří Centrum obráběcí Chiron FZ 08K WM s 58,79 hodinami průměrného prostoje na poruchu a také stroje typu Poloautomat soustružnický, jehož doba prostoje na jednu poruchu je 55,62 hodiny.

Při použití míry využití byly jako nejhorší druhy strojů Centrum obráběcí Chiron (5 osé) MILL a to s 90,5%. Jako příklad hodnocení jednotlivých strojů podle míry využití bylo popsáno hodnocení na pracovišti se stroji Hyundai -Kia VX500, jehož míra využití je 96,5%. Rozdíl mezi nejlepším a nejhorším strojem byl 7,7%. Na tomto pracovišti bylo předvedeno grafické znázornění a umístění těchto grafů ve firmě.

Ekonomické zhodnocení ukázalo to, co bylo z výsledků sledování jednotlivých dob zřejmé. Jako nejhorší se za sledovaných 10 měsíců ukázal stroj Centrum obráběcí Chiron FZ 08K WM čísla 4525400/1-1, který měl celkovou peněžní ztrátu 204 240 Kč. Na dalších dvou místech se z pohledu peněžní ztráty umístily stroje Poloautomat soustružnický, čísel 3451220/1-1 a 3451600/1-1 se ztrátou 180 867 Kč, respektive 174 253 Kč.

Metoda FMEA předvedená na jednom ze strojů, představuje možnost, jak předejít zejména závažným problémům, které generují závažné dlouhé prostoje.

8. RESUMÉ

Při řešení práce byly nastíněny možnosti vyhodnocování časů vzniklých při poruše. Jednalo se o data, která byla poskytnuta firmou na analýzu.

Možnosti, jak dané časy, měřené a vypočtené hodnoty lépe hodnotit spočívají hlavně ve větší konkretizaci příčin poruch. Při kvalitním a relevantním posuzování je nutné mít správná data. Při současném systému proto není moc možností podle čeho data řadit a následně hodnotit. Jestli chceme podrobnou analýzu poruch, v závislosti na stroje, ne nutné mít podrobná data. S tímto problémem souvisí i zavedení metody FMEA.

Při úrovni strojního zařízení firmy by bylo velmi dobré stroje a jejich výkon hodnotit pomocí ukazatele Celkové Efektivnosti Zařízení (CEZ). Možností jak tedy zpřehlednit výkony strojů je tedy zavedení vlastního programu, který by získával informace z jiných systémů ve firmě, a následně by sám vyhodnocoval data pomocí předdefinovaných vztahů nastavených firmou. Jednalo by se v hlavní části o monitorování skutečných disponibilních časů strojů, podle kterých je možné přesně určit míru využití. Dále by bylo vhodné započítávat zmetkovitost. Už při znalosti těchto faktorů, je možno lépe a přesněji měřit CEZ. Což platí i pro to, jak často CEZ sledovat. Při přesnějších informacích je možné v časovém horizontu ukazatel CEZ hodnotit i pro každou směnu.

Efektivnost strojů je možné ovlivnit a zlepšit za pomoci metody FMEA. Jedná se sice o náročnou práci, jelikož na tvorbě a zavádění této metody se musí účastnit více zaměstnanců, ovšem jak ukazují celosvětové zkušenosti implementace této metody do firem a její aplikace ve výrobním systému. Doporučení je tedy na snadě, a to zavést metodu FMEA pro jednotlivé druhy strojů a za pomoci poruchového lístku ji aktualizovat. Nejedná se totiž pouze o předcházení poruchám, ale tyto data by mohla být použita i k další analýze a hodnocení strojů.

9. SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] JUROVÁ, Marie. *Řízení výroby I*. Vyd. 2. Přepřac. A dopl. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2005. 81 s. ISBN 80-214-3066-4
- [2] JUROVÁ, Marie. *Řízení výroby I*. Vyd. 2. Přepřac. A dopl. Brno : Akademické nakladatelství CERM, 2006. 138 s. ISBN 80-214-3134-2.
- [3] MYKYSKA, Antonín. *Bezpečnost a spolehlivost technických systémů*. Vyd. 2. Přepřac. Praha: Nakladatelství ČVUT Praha, 2006. 206 s. ISBN 80-01-02868-2.
- [4] NOVÁK, Mirko. *Bezpečnost a spolehlivost systémů*. Vyd. 2. Praha: Nakladatelství ČVUT Praha, 2003. 160 s. ISBN 80-01-02807-0
- [5] MAŠÍN, Ivan, VYTLAČIL, Milan. *TPM: Management a praktické zavádění*. 1. Vyd. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2000. 247 s. ISBN 80-902235-5-9.
- [6] KEŘKOVSKÝ, Miloslav. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 2. Vyd. V Praze : C.H. Beck, 2009. 137 s. ISBN 978-807-4001-192.
- [7] MAŠÍN, Ivan, VYTLAČIL, Milan. *Nové cesty k vyšší produktivitě*. 1. Vyd. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2000. 311 s. ISBN 80-902235-6-7
- [8] KOŠTURIK, Jan, FROLÍK, Zbyněk. *Štíhlý a inovativní podnik*, 1. Vyd. Praha : Alfa Publishing, 2006. 237 s. ISBN 80-86851-38-9
- [9] VYTLAČIL, Milan, MAŠÍN, Ivan. *Dynamické zlepšování procesů*. 1. Vyd. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1999. 193 s. ISBN 80-902235-6-7
- [10] TUČEK, David, BOBÁK, Roman, *Výrobní systémy*. 1. Vyd. Zlín: UTB Zlín, FaME Zlín, 2006. 297 s. ISBN 80-7318-381-1
- [11] NOSKIEVIČOVÁ, Darja. *Statistické metody v řízení jakosti*. VŠB-TU Ostrava. Ostrava 2000. 99 s. ISBN 80-7078-318-4
- [12] VYTLAČIL, Milan; MAŠÍN, Ivan. *Týmová společnost : Podnik v globálním prostředí*. 1. Vyd. Liberec : Institut průmyslového inženýrství, 1998. 407 s. ISBN 80-902-2352-4.
- [13] PLURA, Jiří. *Plánování a neustálé zlepšování jakosti*. Vyd. 1. Praha : Computer Press, 2001. 244 s. ISBN 80-722-6543-1
- [14] SVĚTLÍK, Vladimír. Sledování prostojů a celkové efektivity

- výrobních zařízení. *Automa : časopis pro automatizační techniku* [online]. 2003, č.10, [cit. 2011-02-10]. Dostupný z WWW:
http://www.odbornecasopisy.cz/index.php?id_document=28950.
- [15] Dostupné z WWW: <http://www.udrzba-cspu.cz/index.php>
- [16] Dostupné z WWW:
<http://www.justice.cz/xqw/xervlet/insl/getFile?listina.@slCis=800306157&listina.@rozliseni=pdf&listina.@klic=19fa5ef295cdf3434a7c2d12c5ac1c41> [cit. 2011-04-24]
- [17] Interní materiály firmy
- [18] Dostupné z WWW:
<http://www.vlastnicesta.cz/metody/metody-kvalita-system-kvality-iso/fmea-analyza-moznych-vad-a-jejich-dusledku/> [cit. 2011-03-01]
- [19] Dostupné z WWW:
http://upload.wikimedia.org/wikipedia/commons/thumb/9/92/Time_between_failures.svg/725px-Time_between_failures.svg.png [cit. 2011-01-21]
- [20] Dostupné z WWW:
http://www.apcmedia.com/salestools/VAVR-5WGTSB_R0_CZ.pdf [cit. 2011-03-18]
- [21] Dostupné z WWW: <http://www.qtecmidwest.com/> [cit. 2011-01-21]
- [22] Firma, s.r.o. [online]. [cit. 2011-01-21]. Dostupné z WWW:
<http://www.firma.com>
- [23] Dostupné z WWW:
<http://www.leanproduction.com/oe.html> [cit. 2011-01-24]
- [24] Dostupné z WWW: <http://tpslean.com/leantools/tpm.htm> [cit. 2011-01-29]

10. SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK A SYMBOLŮ

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
AF	[-]	míra využití
CEZ	[-]	celková efektivnost zařízení
FMEA	[-]	Failure Mode & Effects Analysis (Nedodržení režimu & analýza účinků)
MTTR	[-]	Mean Time to Failure (průměrný čas prostoje)
MTBF	[-]	Mean Time Between Failures (průměrný čas mezi opravami)
OEE	[-]	Overall Equipment Effectiveness (Celková efektivnost zařízení)
PF	[-]	míra výkonu
QF	[-]	míra kvality
RPN	[-]	číslo, udávající míru rizika
TPM	[-]	Total productive maintenance (Totálně produktivní údržba)

11. SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1	Tabulka poruch – vybraná část
Příloha 2	Seznam středisek
Příloha 3	Organizační struktura
Příloha 4	Vývoj počtu zaměstnanců
Příloha 5	Vývoj stavu zaměstnanců dle kategorie
Příloha 6	Reakční doba podle typu stroje
Příloha 7	Průměrná délka doby opravy jednotlivých strojů
Příloha 8	Průměrná délka doby opravy podle typu stroje
Příloha 9	Míra využití podle druhu stroje
Příloha 10	Míra využití pracovišť
Příloha 11	Míra využití pro jednotlivé stroje
Příloha 12	MTTR pro druhy strojů
Příloha 13	MTTR pro jednotlivé stroje
Příloha 14	Ekonomické zhodnocení jednotlivých strojů