



# VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

## FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

## ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

## IMPLEMENTACE CELKOVÉ EFEKTIVNOSTI ZAŘÍZENÍ PRO ZLEPŠOVÁNÍ VÝROBNÍCH PROCESŮ

IMPLEMENTATION OF TOTAL EFFECTIVENESS OF MECHANISM FOR PRODUCTION PROCESSES  
IMPROVING

### BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

BACHELOR'S THESIS

### AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Aneta Koppová

### VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

doc. Ing. Josef Sedlák, Ph.D.

BRNO 2017

# Zadání bakalářské práce

Ústav:	Ústav strojírenské technologie
Studentka:	<b>Aneta Koppová</b>
Studijní program:	Strojírenství
Studijní obor:	Základy strojního inženýrství
Vedoucí práce:	<b>doc. Ing. Josef Sedlák, Ph.D.</b>
Akademický rok:	2016/17

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

## **Implementace celkové efektivity zařízení pro zlepšování výrobních procesů**

### **Stručná charakteristika problematiky úkolu:**

Analýzovat současný stav implementace OEE (celková efektivnost zařízení) a zhodnotit adekvátnost stávajícího řešení. Vydefinovat možnosti dalšího rozvoje OEE v SEM (Siemens s.r.o., o.z. Elektromotory Mohelnice) zejména s ohledem na TPM (totálně produktivní údržba) a plánování výroby. Navrhnout systém vyhodnocování a ukazatelů včetně následné práce s nimi pro lepší využití potenciálu OEE v praxi.

### **Cíle bakalářské práce:**

1. Představení společnosti Siemens s.r.o., o.z. Elektromotory Mohelnice.
2. Analýza současného stavu implementace OEE.
3. Návrh možností dalšího rozvoje OEE (zejména s ohledem na preventivní údržbu zařízení a plánování výroby).
4. Technicko-ekonomické zhodnocení.

### **Seznam literatury:**

PÍŠKA, M. a kolektiv. Speciální technologie obrábění. CERM 1. vyd. 246 s. 2009. ISBN 978-80-2-4-4025-8.

KOŠTURIÁK, J. a kol. Štíhlý a inovativní podnik. Praha: Alfa Publishing, 2006. 237 s. Management studium. ISBN 80-86851-38-9.

MAŠÍN, I., DOSTÁL, D. Příručka samostatné údržby pro SVT 1. vyd. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2002. 88 s.

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

V Brně, dne

L. S.

---

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.  
ředitel ústavu

---

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

## ABSTRAKT

Práce se zabývá problematikou sledování efektivnosti výrobních strojů ve firmě Siemens s. r. o., o. z. Elektromotory Mohelnice, prostřednictvím ukazatele celkové efektivnosti zařízení. Cílem bylo analyzovat současný stav sledování strojů, zhodnotit stávající řešení a navrhnout možnosti dalšího rozvoje. Analýza současného stavu obsahuje popis způsobu sběru dat, jejich vyhodnocení a vizualizaci výsledků. Informace byly podkladem pro stanovení návrhu, kdy se firma zaměří na klíčové stroje, sestaví akční plán s cílem snížit prostoje a tím zvýšit produktivitu výroby.

## KLÍČOVÁ SLOVA

Celková efektivnost zařízení (OEE), štíhlá výroba, totálně produktivní údržba (TPM), sledování výroby, bezpapírová dokumentace.

## ABSTRACT

The bachelor thesis is focused on monitoring production machines efficiency in the Siemens s. r. o., o. z. Elektromotory Mohelnice company via the Overall equipment effectiveness indicator. The aim of the work was to analyze the current state of machine monitoring, to evaluate existing solutions, and to propose further development options. The analysis of the current state contains a description of the data collection method used, an evaluation of the data, and a visualization of the results. The information served as a basis for determining a scheme according to which the company will focus on the most important machines and draw up an action plan in order to reduce downtime and, consequently, increase production productivity.

## KEYWORDS

Overall equipment effectiveness (OEE), lean manufacturing, total productive management (TPM), monitoring of production, paperless documentation.

## BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

KOPPOVÁ, A. *Implementace celkové efektivnosti zařízení pro zlepšování výrobních procesů*. Brno: Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, 2017. 43 s., 1 příloha. Vedoucí bakalářské práce doc. Ing. Josef Sedlák, Ph.D.

## PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci na téma *Implementace celkové efektivity zařízení pro zlepšování výrobních procesů* vypracovala samostatně pod vedením doc. Ing. Josefa Sedláka, Ph.D. a uvedla v seznamu literatury všechny použité literární a odborné zdroje.

V Brně dne 25. května 2017

Aneta Koppová

## **PODĚKOVÁNÍ**

Tímto děkuji panu doc. Ing. Josefu Sedlákoví, Ph.D., za cenné připomínky a rady týkající se zpracování bakalářské práce. Dále bych chtěla poděkovat firmě Siemens s. r. o., o. z. Elektromotory Mohelnice a všem zaměstnancům za vstřícný přístup a poskytnuté informace. V neposlední řadě děkuji rodině za podporu při studiu.

# OBSAH

<b>Úvod</b>	<b>9</b>
<b>1 Celková efektivnost zařízení</b>	<b>10</b>
1.1 Historie.....	10
1.2 Výpočet koeficientu celkové efektivnosti zařízení .....	10
1.3 Ztráty na pracovišti .....	11
1.4 Záznam a vyhodnocení prostožů .....	13
1.5 Fáze při zavedení ukazatele .....	13
1.6 Zavedení ukazatele do praxe.....	14
1.7 Procesy pro zvyšování efektivnosti zařízení.....	14
1.7.1 Management toku hodnot .....	15
1.7.2 Metoda 5S .....	15
1.7.3 Management produktivity výrobních zařízení .....	15
1.7.4 Štíhlý layout a výrobní buňky.....	17
1.7.5 Vizualizace.....	17
1.7.6 Týmová práce.....	17
1.7.7 Synchronizace procesů a plynulé toky.....	18
1.8 Výrobní informační systém.....	18
1.9 Digitální továrna .....	19
<b>2 Představení společnosti Siemens s. r. o., o. z. Elektromotory Mohelnice</b>	<b>20</b>
2.1 Historie firmy.....	20
2.2 Výrobní program.....	21
2.3 Výrobní proces.....	21
2.4 Vize firmy .....	24
<b>3 Analýza současného stavu</b>	<b>25</b>
3.1 Sledování využití výrobního zařízení .....	25
3.1.1 Digitalizace výrobní dokumentace .....	26
3.1.2 Interpretace dat pro ukazatel celkové efektivnosti zařízení.....	29
3.2 Srovnání dostupnosti na vybraných strojích .....	30

<b>4</b>	<b>Návrh možností dalšího rozvoje</b>	<b>34</b>
4.1	Komplexní pohled na ukazatele v jednom systému.....	34
4.2	Propojení systémů.....	35
4.3	Využití informací.....	36
4.4	System odměňování.....	36
<b>5</b>	<b>Technicko-ekonomické zhodnocení</b>	<b>37</b>
<b>6</b>	<b>Závěr</b>	<b>39</b>
	<b>Seznam použitých zdrojů</b>	<b>40</b>
	<b>Seznam použitých symbolů a zkratk</b>	<b>42</b>
	<b>Seznam příloh</b>	<b>43</b>



# ÚVOD

S rozvíjející se digitalizací procesů musí podnik pružně a rychle reagovat na potřeby zákazníka a efektivně využívat vstupní zdroje.

Jednou z metod pro zajištění růstu produktivity a dlouhodobé konkurenceschopnosti podniku, je zvyšování efektivity výroby, která se posuzuje na základě velikosti ukazatele celkové efektivity zařízení. Pomocí ukazatele podnik může posoudit účinnost, s níž je zařízení používáno, identifikovat úzká místa ve výrobním procesu a odhalit nevyužité výrobní kapacity. Efektivnost zařízení je součinem tří složek. Jednotlivé složky pomáhají k určení zdrojů ztrát a následné minimalizaci plýtvání, které zvyšuje náklady, ale nezvyšuje hodnotu výrobku. Pro dosažení požadovaných výsledků je nutné zavést nástroje štíhlé výroby, jako je metoda totálně produktivní údržby, synchronizace procesů a další, které výrazně ovlivňují velikost ukazatele celkové efektivity zařízení.

Firma Siemens s. r. o., o. z. Elektromotory Mohelnice, která se zabývá výrobou nízkonapěťových asynchronních elektromotorů, zavedla automatizovaný sběr dat za účelem zjištění nevyužité kapacity strojů. Analýza současného stavu snímání, vyhodnocování a využití informací byla podkladem pro sestavení návrhu dalšího rozvoje.

# 1 CELKOVÁ EFEKTIVNOST ZAŘÍZENÍ

Celková efektivnost zařízení (CEZ) v anglickém překladu Overall Equipment Effectiveness (OEE) je jedním z ukazatelů používaných ve výrobním podniku při zeštíhlování procesů [1].

OEE umožňuje srovnání efektivnosti jednotlivých výrobních zařízení i celých výrobních podniků. Slouží k analýze všech zdrojů ztrát. Skládá se ze tří složek, které je možné samostatně vyhodnotit a využít k eliminaci ztrát [2, 3].

## 1.1 Historie

Ukazatel OEE byl vytvořen v 60. letech panem Seiichi Nakajimem ze společnosti Nippon Denso. Do podvědomí se dostal na konci 80. let. Další vývoj následoval v polovině 90. let, kdy byla metoda použita v odvětví výroby polovodičových součástek za účelem zvýšení produktivity výroby. Následně se rozšířila do dalších oblastí průmyslové výroby [3].

## 1.2 Výpočet koeficientu celkové efektivnosti zařízení

Vzorec pro stanovení ukazatele OEE (1) je součinem tří faktorů [4, 5]:

$$OEE = \text{míra dostupnosti} \times \text{míra výkonu} \times \text{míra kvality} \quad (1)$$

Dílčí složky (obr. 1) ukazatele OEE jsou uvedeny níže [4, 5].

**Míra dostupnosti** dle vztahu (2) zohledňuje prostoje zahrnující všechny události, které zastaví plánovanou produkci obvykle na několik minut. Příkladem jsou přestavby zařízení, technické poruchy, nedostatek materiálu. Čas na přestavbu je také zahrnut v koeficientu OEE, protože se jedná o formu prostoje [6].

$$\text{míra dostupnosti} = \frac{\text{doba možného provozu výrobního zařízení} - \text{prostoje}}{\text{doba možného provozu výrobního zařízení}} \quad (2)$$

**Míra výkonu** zohledňuje ztráty rychlosti (3), které zapříčiní to, že proces nemůže proběhnout maximální rychlostí bez přerušení. Příkladem je opotřebením strojů, neefektivita obsluhy, zaseknuté výrobky ve stroji [6].

$$\text{míra výkonu} = \frac{\text{počet vyrobených kusů} \times \text{ideální cyklus (takt)}}{\text{doba možného provozu výrobního zařízení} - \text{prostoje}} \quad (3)$$

**Míra kvality** dle vztahu (4) bere v úvahu počet vyrobených kusů, které nesplňují standardy kvality [6].

$$\text{míra kvality} = \frac{\text{počet vyrobených kusů} - (\text{zmetky} + \text{vícepráce})}{\text{počet vyrobených kusů}} \quad (4)$$

Vzorec po úpravě uveden níže (5).

$$OEE = \frac{\text{počet kvalitních výrobků} \times \text{ideální cyklus}}{\text{doba možného provozu stroje}} \quad (5)$$

TEORETICKÝ ČAS VÝROBY			
DOSTUPNOST	SKUTEČNÝ ČAS VÝROBY		Plánované prostoje
	ČISTÝ ČAS VÝROBY	Ztráty dostupnosti	
VÝKON	PLÁNOVANÝ VÝKON		Ztráty rychlosti
	SKUTEČNÝ VÝKON		
KVALITA	SKUTEČNÝ VÝKON		Ztráty kvality
	DOBŘE KUSY		

Obr. 1 Složky OEE [1].

### 1.3 Ztráty na pracovišti

Hlavním cílem je zvýšení produktivity redukcí času, který ubírá danému stroji kapacitu (výroba vadných kusů, přestavování zařízení, práce při snížené rychlosti, poruchy). Tyto časové ztráty jsou způsobené nejen procesem výroby a údržby, ale také lidskými chybami [1, 7].

Na každém pracovišti je možné najít šest velkých ztrát, jejichž velikost se mění v závislosti na konfiguraci linek, podílu lidské práce a dalších faktorech. Pokud má pracoviště mnoho prostojů, bude mít nízkou míru využití. Podobně bude mít nízkou míru výkonu v případě, že stroj bude zatěžován chodem naprázdno. Mezi další ztrátu řadíme nevyužití rychlosti stroje, která vzniká, pokud nastane rozdíl mezi rychlostí, pro kterou byl stroj zkonstruován a skutečnou rychlostí. Proto je důležité sledovat vliv jednotlivých druhů ztrát na pracovišti. Na základě výsledků analýzy je vhodné sjednat patřičná opatření a použít je v akčním plánu zvyšování celkové efektivity zařízení [1, 4, 7].

Šest hlavních ztrát je rozděleno do tří základních oblastí podle vlivu na složky OEE (tab. 1).

Tab. 1 Šest hlavních ztrát [3, 7, 8].

Druhy hlavních ztrát	Zařazení do OEE	Příklad výskytu
Havárie	Dostupnost	Selhání zařízení, poškození nástroje, neplánovaná údržba.
Nastavení a seřízení	Dostupnost	Přestavba zařízení, nedostatek materiálu.
Stroj nepracuje	Výkon	Zaseklé díly ve stroji, přerušení plynulého toku výrobku.
Ztráta rychlosti	Výkon	Nezkušenost obsluhy, práce se sníženou rychlostí.
Špatné kusy	Kvalita	Náběh procesu, technologické zkoušky, poškození.
Stroj produkuje špatné kusy	Kvalita	Opravy, poškození, vadné kusy.

Ztráty lze rozlišit také podle původce.

Ztráty zařízení [7, 9]:

- přestavba zařízení,
- poruchy,
- vzorkování,
- výměna nástroje,
- krátkodobé výpadky,
- snížená rychlost,
- ztráty při rozběhu,
- neshodné kusy.

Ztráty pracovníka [7, 9]:

- neobsazená směna,
- pozdní příchod,
- porady,
- školení,
- čištění pracoviště,
- kontrola a měření.

Ztráty výrobních zdrojů [7, 9]:

- chybějící materiál,
- ztráty energie,
- využití materiálu.

## 1.4 Záznam a vyhodnocení prostojů

Data lze zaznamenávat ručně do papírových formulářů nebo využít automatizovaná řešení. Automatické sběry dat jsou dostupné v reálném čase, eliminují vznik chyb a jsou podkladem pro vizualizaci výsledků, které poskytují detailní přehledy přes jednotlivé stroje až po celé výrobní podniky. Automatický sběr dovoluje sledovat také provozní veličiny (teplotu, tlak) a stav vstupního materiálu, což může pomoci při identifikaci ztrát ve výrobě [3, 10].

Získaná data je potřeba správně přiřadit jednotlivým složkám výpočtu. Pro určení kvality jsou vstupní data jednoznačná, počet kusů vyrobených a počet kusů vadných na daném stroji. Chyba může nastat při stanovení časových ztrát. Dostupnost zařízení je dána prostoji, kdy výrobní zařízení není schopno vyrábět. Ztráty výkonu představují zdržení, kdy má stroj vyrábět, ale z nějakého důvodu nevyrábí. Pro správný výpočet je klíčové stanovit teoretický výkon (množství kusů za čas), daný konstrukcí stroje [10].

Výsledky získané sledováním OEE jsou softwarem zpracovány do grafické podoby pro snadnější orientaci a následné řešení případné snížené produktivity [3].

## 1.5 Fáze při zavedení ukazatele

Implementace ukazatele OEE do výroby lze shrnout do 4 fází uvedených v tab. 2.

Tab. 2 Fáze OEE [9].

I. ZÁZNAMOVÁ FÁZE	Záznam prostojů
	Rozlišení prostojů
II. FÁZE VÝPOČTU	Výpočet ukazatele OEE
	Vyhodnocení a procentní rozklad OEE
III. ANALYTICKÁ FÁZE	Identifikace problémových oblastí
	Analýza hlavních příčin
	Stanovení nápravných opatření
IV. FÁZE ZHODNOCENÍ	Vyhodnocení účinnosti opatření

Průběžné zjišťování efektivity výroby je jedním z kritérií posouzení chodu podniku. Pokud podnik přijme opatření pro snížení ztrát, musí posoudit efekt těchto změn [11].

## 1.6 Zavedení ukazatele do praxe

Ukazatel OEE je často zaváděn na žádost mateřských zahraničních firem pro srovnání výkonnosti mezi jednotlivými závody [1].

Při zavedení ukazatele OEE do praxe může nastat problém v následujících případech [9, 11]:

- podnik neviduje informace potřebné pro výpočet,
- nejasná definice jednotlivých druhů ztrát,
- neexistující systém měření velikosti ztrát,
- chyba při zpracování dat.

Ukazatel OEE není nutné sledovat na každém stroji. Podnik by měl stroje kategorizovat, určit klíčová zařízení pro výrobu a zaměřit se na úzká místa. Důležité je odkrýt rezervy, vytvořit metodický pokyn pro zaměstnance a systematicky pracovat na jejich odstranění [9].

Přínosy sledování ukazatele OEE [1, 10]:

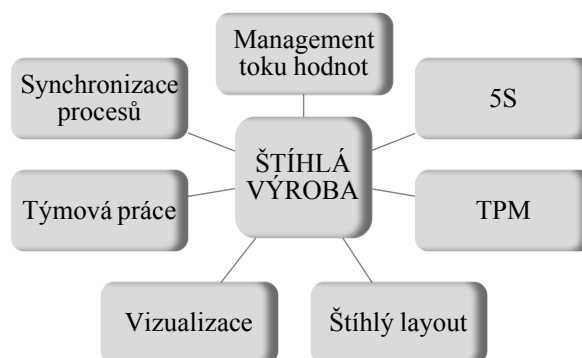
- zvýšení produktivního využití zařízení,
- sledování stavu výroby v reálném čase,
- přesné určení příčin prostojů,
- nalezení skryté kapacity výroby,
- zpřesnění intervalů údržby.

## 1.7 Procesy pro zvyšování efektivity zařízení

V následujícím textu jsou popsány metody štíhlé výroby (obr. 2), které slouží pro snížení ztrát, zefektivnění výroby a tím ke zvýšení koeficientu OEE.

Hlavní myšlenky štíhlé výroby [1]:

- efektivně využívat výrobní plochy a zdroje,
- mít nižší režijní náklady,
- eliminovat plýtvání,
- zkrátit dobu na vyřízení objednávky,
- dělat pouze to, co chce náš zákazník,
- minimalizovat počet činností, které navyšují hodnotu výrobku,
- zvýšit konkurenceschopnost podniku.



Obr. 2 Schéma štíhlé výroby [1].

### 1.7.1 Management toku hodnot

Metoda slouží k jednoduché analýze, vizualizaci a měření plýtvání v celém toku v podniku [1].

Metoda zachycuje [1]:

- tok materiálu,
- tok informací,
- způsob řízení výroby,
- parametry procesů,
- časy, kdy se hodnota přidává,
- časy, kdy se hodnota nepřidává.

Z výsledků této metody je možné stanovit, jak dlouho byl materiál uskladněn, jaká je skutečná doba výroby, kde se hromadí materiál, stav skladových zásob, rozpracovanost a využití zdrojů. Cílem metody je redukce průběžné doby výroby [1].

### 1.7.2 Metoda 5S

5S neboli štíhlé pracoviště, které je základem štíhlé výroby je popsáno pěti úkoly [1]:

- SETŘÍDIT – určit potřebné a nepotřebné položky, které je nutné odstranit,
- SYSTEMATIZOVAT – každá pomůcka má své místo,
- SPOLEČNĚ ČISTIT – čistota a pořádek na pracovišti,
- STANDARDIZOVAT – vytvoření pravidel a postupů pro udržování a sledování prvních tří S,
- STÁLE ZLEPŠOVAT – audity pro zajištění dodržování zásad 5S.

Těchto pět pravidel vytváří proces zlepšování pracovního prostředí. Začátkem je rozdělení věcí a následné oddělení toho, co je ve výrobním procesu nezbytné. Ostatní položky musí být z pracoviště odstraněny. Dalším krokem je přidělení místa každé pomůcce, a to v pořadí dle jejich potřeby. Poté je nutné postarat se o čistotu pracoviště. Následuje standardizace a dodržování správných postupů. Obecně se jedná o snahu udržet čisté a organizované pracoviště [2, 12].

Hlavní cíle štíhlého pracoviště [12]:

- nárůst výkonnosti,
- snížení pracovních úrazů a zatížení organismu,
- zvýšení autonomnosti (nezávislosti),
- zlepšení kvality a stability procesu.

### 1.7.3 Management produktivity výrobních zařízení

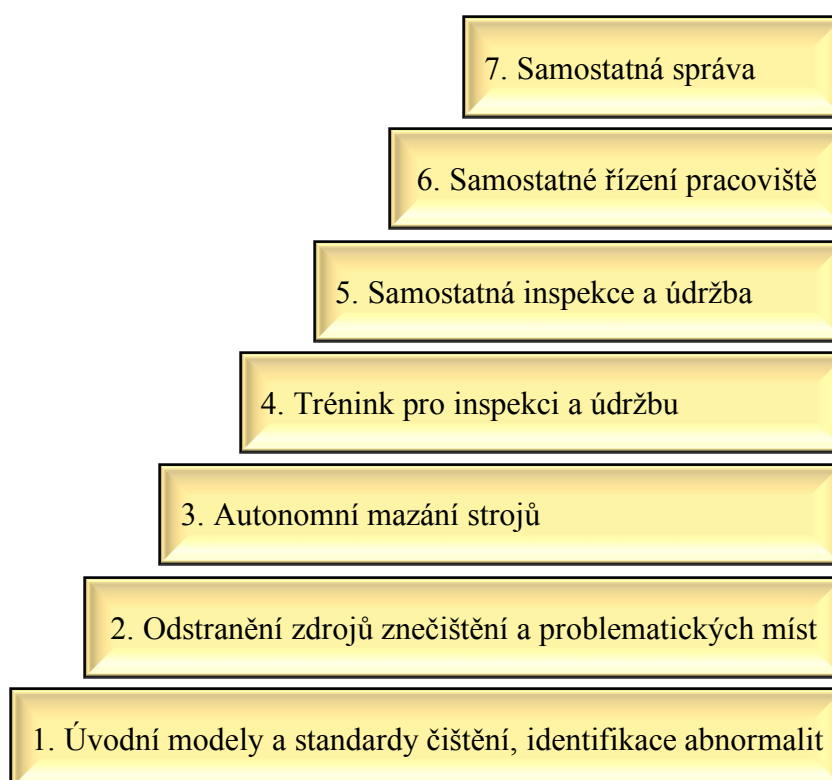
TPM (Total productive management = management produktivity výrobních zařízení) představuje nástroj pro dosahování vysoké produktivity výrobních zařízení. OEE se využívá v rámci implementace TPM, kdy firmy chtějí zjistit stav využití svých strojů [1].

Začátkem je zvýšení čistoty na pracovišti a kontrola stroje (uvolněné šrouby, kabely, kryty, mazání). Následuje požadavek, aby obsluha porozuměla svému stroji a mohla tak včas stanovit diagnózu a provést opravu. TPM se také zabývá eliminací ztrát při práci zařízení s poškozenými komponenty nebo při použití nesprávných pracovních metod (dlouhé časy na výměnu formy, práce při nižších řezných rychlostech) [1, 5].

Dalším krokem při TPM je odstranit rozdíl mezi pracovníky, kteří pracují na daném stroji a těmi, kteří jej opravují. Tato myšlenka vychází z toho, že pracovník, který obsluhuje stroj má největší šanci zachytit mimořádnosti a případné zdroje budoucích závad [5].

Poruchy lze rozdělit do dvou kategorií, a to na poruchy se ztrátou funkce a poruchy omezující funkci. Poruchy, při kterých stroj nefunguje, jsou náhlé a lehce zjistitelné, protože mají dramatický průběh. Avšak při poruchách, které funkci pouze omezují, je možné pokračovat ve výrobě se sníženým výkonem. Často se tyto poruchy přehlíží, a to má za následek vzniku velkých problémů, které vznikají kumulací menších problémů (uvolněné šrouby, opotřebení, znečištění, odpad) [7].

Zavedení samostatné údržby v podniku je rozděleno do sedmi kroků (obr. 3).



Obr. 3 Postup při zavádění TPM [7].

Každý krok zdůrazňuje různé aktivity a cíle. Proto je nutné zavádět úkony postupně a do dalšího kroku přejít až po zvládnutí předchozího. Provádění více věcí najednou je značně obtížné [7].

Cíle TPM [4]:

- nulové prostoje výrobních zařízení,
- nulové závady výrobního systému,
- nulové nehody systému člověk – stroj.

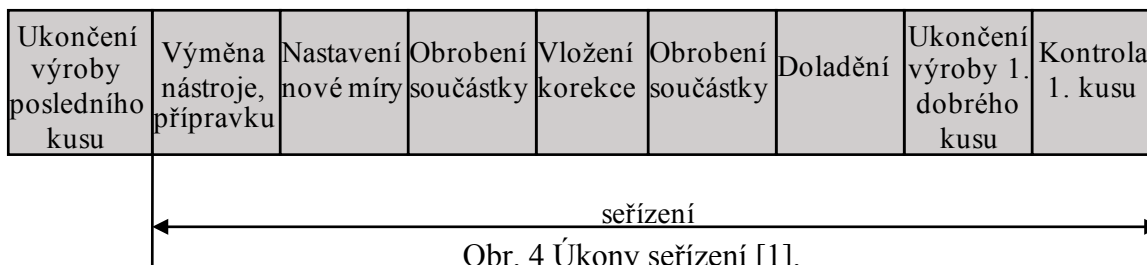
Přínosy TPM [1, 5]:

- zvýšení ukazatele OEE o 6 % za rok,
- redukce časů na přestavbu strojů a linek, eliminace příčin nekvality,
- redukce poruchovosti o 20÷35 % za rok,
- redukce vícepráce opravováním vadných kusů,
- efektivnější využití zařízení a prodloužení jejich živostnosti.



## SMED (Single Minute Exchange of Die)

TPM využívá metodu SMED pro zkracování časů na přestavby pracoviště a seřízení stroje. Čas seřízení je čas potřebný na výměnu a nastavení přípravku, doladění parametrů a zkušební běhy (obr. 4). Celý postup vychází z analýzy seřízení, která probíhá přímo na pracovišti. Tato metoda se využívá na pracovištích, která jsou pro podnik úzkými místy [1].



### 1.7.4 Štíhlý layout a výrobní buňky

Štíhlý layout má za úkol eliminovat dlouhé materiálové toky, množství manipulačních, skladovacích a kontrolních činností a tím dosáhnout úspory ploch [1].

Parametry štíhlého layoutu [1]:

- přímý materiálový tok,
- minimalizace vzdáleností mezi operacemi,
- minimalizace průběžných časů,
- uspořádání pracovišť do buněk,
- flexibilita s ohledem na variabilitu produktů a změny výrobního procesu.

Výrobní buňky kromě zjednodušení materiálového toku také umožňují umístění strojů blízko sebe. Tím dochází ke snížení času, který nepřidává hodnotu a snížení velkých skladových zásob. Dalším důležitým prvkem výrobních buněk je jejich flexibilita. Minimalizací vzdáleností mezi stroji může operátor obsluhovat více strojů a dochází tak k tomu, že výstup jedné operace je vstupem do druhé. Nejčastějším případem je uspořádání výrobní buňky do tvaru písmene U [1].

### 1.7.5 Vizualizace

Vizualizace je důležitou součástí štíhlého pracoviště, která je určena pro rychlou kontrolu produktivity a efektivitu pracovišť. Mezi prvky vizualizace patří projektové a plánovací tabule, kontrolní listy, označení neshodných výrobků, vizuální postup práce, značení ploch na podlaze a další [1].

### 1.7.6 Týmová práce

Tým je pracovní skupina lidí, která si sama volí způsob dosažení zadaných cílů. Tím se dosahuje vyšší pružnosti, výkonnosti, lepší komunikace a spolupráce v podniku. Týmy jsou vhodnou cestou, jak efektivně využít lidské schopnosti a znalosti, protože člověk v týmu rozhoduje o způsobu své práce a nevykonává pouze zadané příkazy. To má za následek aktivní zapojení lidí do rozvoje firmy, zvýšení motivace a zájmu na výsledcích firmy [1].

### 1.7.7 Synchronizace procesů a plynulé toky

Podstatou je vyrábět pouze to, co si přeje zákazník, v potřebném množství, čase, kvalitě a s minimálními zásobami. Výsledkem je plynulý tok ve výrobě [1, 12].

Tok znamená, že od zadání objednávky zákazníkem se spustí proces zajišťování potřebného materiálu. Materiál poté proudí do výrobního závodu, kde dělníci vytvářejí díly, které následně putují do montážního závodu, v němž se kompletuje objednávka [12].

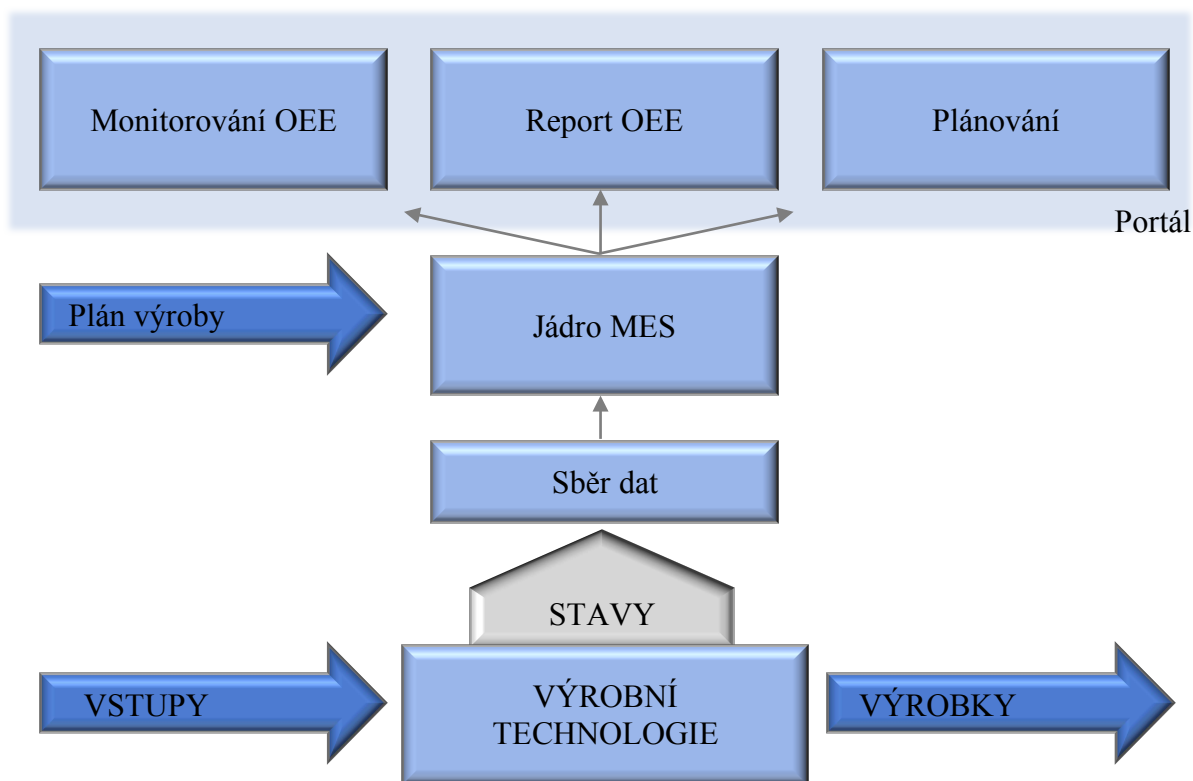
Synchronizace procesů znamená, že nikdo nevytváří nic dříve, než to skutečně potřebuje následující osoba v procesu. Procesy na sebe navazují, kdy výstup jedné operace je vstupem do druhé [1, 12].

## 1.8 Výrobní informační systém

Počítačový systém MES (Manufacturing Execution Systems), neboli výrobní informační systém, umožňuje získávat a zpracovávat provozní data v reálném čase přímo z výroby a následně tato data využít pro plánování výroby (obr. 5). Výrobní informační systémy zprostředkovávají komunikaci mezi podnikovými informačními systémy a systémy pro automatizaci výroby (řídící systémy NC, výrobní linky). Hlavním úkolem výrobních systémů je zefektivnění výrobních procesů, digitalizace a aktuálnost výrobní dokumentace [4, 13].

Hlavní oblasti MES [4]:

- řízení v reálném čase,
- řízení životního cyklu výrobku,
- oblast řízení kvality,
- štíhlá výroba,
- správa podnikových zdrojů.



Obr. 5 Schéma funkce systému MES [9].

Některé z aktivit, které systém MES sleduje, jsou popsány níže [13].

- Správa výrobních strojů zajišťuje sledování zdrojů a kapacit potřebných pro výrobní proces, informaci o dostupnosti zdroje a požadované kvalifikaci.
- Správa výrobních postupů představuje evidenci výrobních pravidel, kusovníku materiálu, výrobních zdrojů a dalších.
- Plánování výroby slouží k určení pořadí, v jakém se budou výrobní příkazy zpracovávat na stroji.
- Dispečerské řízení je souhrn aktivit, které zajišťují přiřazení práce, zajištění materiálu, sledování aktuálního stavu výroby a operativní řešení výpadků.
- Sběr výrobních a procesních dat, stavů zařízení.
- Sledování výrobku pro shromáždění informací o zdrojích pro vytvoření rodokmenu výrobku, který je důležitý z hlediska auditů a případných reklamací.
- Výkonnostní analýza pro stanovení koeficientu OEE a s tím související vyhodnocení úspěšnosti podniku.

## 1.9 Digitální továrna

Digitální neboli inteligentní továrna je základním prvkem 4. průmyslové revoluce, která představuje spojení virtuálního kybernetického světa se světem fyzické reality [14].

Mezi základní charakteristiky inteligentních továren patří [14]:

- optimalizace výrobních procesů prostřednictvím integrovaných IT systémů,
- plně automatizované a vzájemně propojené výrobní linky,
- virtuální návrhy výrobků, výrobních prostředků a výrobních procesů,
- zvýšení flexibility výroby a reakce na zákaznickou poptávku.

Inteligentní továrny monitorují důležité parametry výrobních procesů a logistiku pomocí čidel, ze kterých získávají informace o průběhu výroby. Data jsou použita pro analýzu, následné modelování a simulaci v reálném čase pro zefektivnění řízení výroby. Výsledkem jsou flexibilní výrobní procesy, které umožňují produkovat menší série výrobků a rychlejší dodávky dle individuálních přání zákazníků. Výrobní procesy jsou navázány na systémy plánování výroby, dodavatelské a odběratelské procesy. Nejedná se tedy pouze o nárůst produktivity a výrobní efektivity, ale i o snížení energetické a surovinové náročnosti výroby. Důležitým bodem je zajištění bezpečného, spolehlivého přenosu dat a jejich následná archivace.

V takových továrnách vznikají „inteligentní výrobky“, které jsou identifikovatelné a lokalizovatelné. Výrobky mají svůj rodokmen, kdy známe nejen historii, ale i aktuální stav [14].

## 2 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI SIEMENS S. R. O., O. Z. ELEKTROMOTORY MOHELNICE

Mohelnický Siemens (obr. 6) je největším závodem na výrobu nízkonapětových asynchronních elektromotorů v Evropě. Zaměstnává téměř 2 000 lidí a svou produkcí vytváří stovky návazných pracovních míst u regionálních dodavatelů. Denně podnik vyrobí téměř 4 tisíce elektromotorů, které jsou určeny k pohonu především průmyslových zařízení, jako jsou například ventilátory, čerpadla, kompresory či obráběcí stroje [15].



Obr. 6 Siemens s. r. o., o. z. Elektromotory Mohelnice [16].

### 2.1 Historie firmy

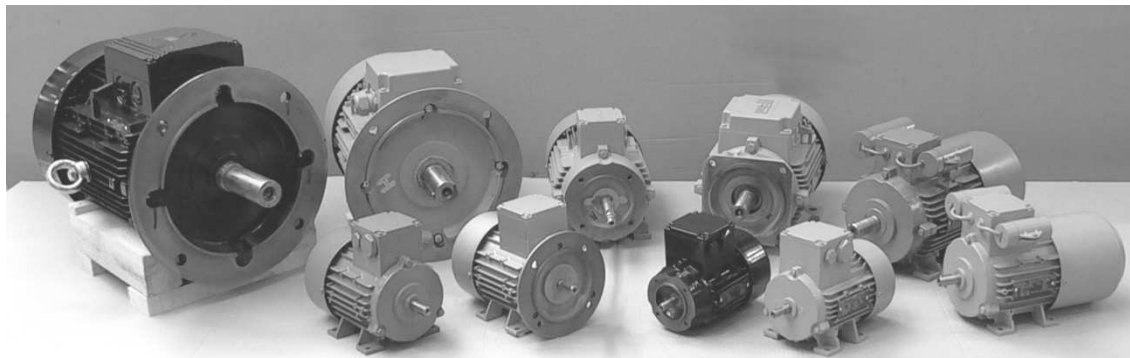
Dne 30. 9. 1904 byla založena společnost Ludwig Doczekal & Comp. – podnik pro výrobu elektrických zařízení se sídlem v Mohelnici. Fúzí Elektrotechnické a strojírenské a. s. v Mohelnici a Siemens & Co., komanditní společnost, v Praze vznikla v roce 1926 nová akciová společnost Siemens Elektrotechnika. V roce 1939 došlo k začlenění mohelnické továrny do koncernu Siemens – Schuckertwerke AG a následné modernizaci a specializaci výroby elektromotorů. Postavení závodu pod národní správu Siemens – Schuckertových závodů se sídlem v Praze následovalo v roce 1945. V roce 1950 se závod osamostatnil na n. p. MEZ Mohelnice [15].

V letech 1996-1999 bylo sídlo Siemens Elektromotory s. r. o. přemístěno z Prahy do Mohelnice a zároveň převedena výroba elektromotorů mezi závody Frenštát, Mohelnice a Bad Neustadt. Dále byla rozšířena výroba elektromotorů v Mohelnici. Roku 2001 byl zahájen projekt „Koncepce výroby elektromotorů v Evropě“. V roce 2010 zaniká společnost Siemens Elektromotory s. r. o. a dochází k začlenění závodu Mohelnice jako odštěpného závodu do společnosti Siemens, s. r. o. [15].

Ukončením výroby odlitků ze šedé litiny se roku 2015 uzavírá jedna důležitá etapa v historii závodu. V rámci projektu Mohelnice 2015 dochází k reorganizaci výroby a redukci výrobních ploch, kdy se při stejném obrátu vyrábí polovina motorů [15].

## 2.2 Výrobní program

Asynchronní elektromotor (obr. 7) patří k nejstarším strojům, které přeměňují elektrickou energii v energii mechanickou. Pro svou jednoduchou konstrukci, spolehlivost a nenáročnou údržbu ho lidstvo využívá již přes 150 let.



Obr. 7 Asynchronní elektromotory [17].

Firma Siemens s. r. o., o. z. Elektromotory Mohelnice vyrábí [17]:

- třífázové asynchronní elektromotory s hliníkovou kostrou a litinovou kostrou,
- jednofázové asynchronní elektromotory s rozběhovým kondenzátorem, s rozběhovým a běhovým kondenzátorem nebo s kondenzátorem trvale připojeným.

Třífázové asynchronní elektromotory jsou určeny k pohonu průmyslových zařízení (ventilátorů, čerpadel, obráběcích strojů, lisů). Lze je používat pro prostředí mírného klimatu, ve zvláštních případech i v jiných klimatických podmínkách. Jednofázové asynchronní elektromotory se používají pro pohony malých výkonů [17].

## 2.3 Výrobní proces

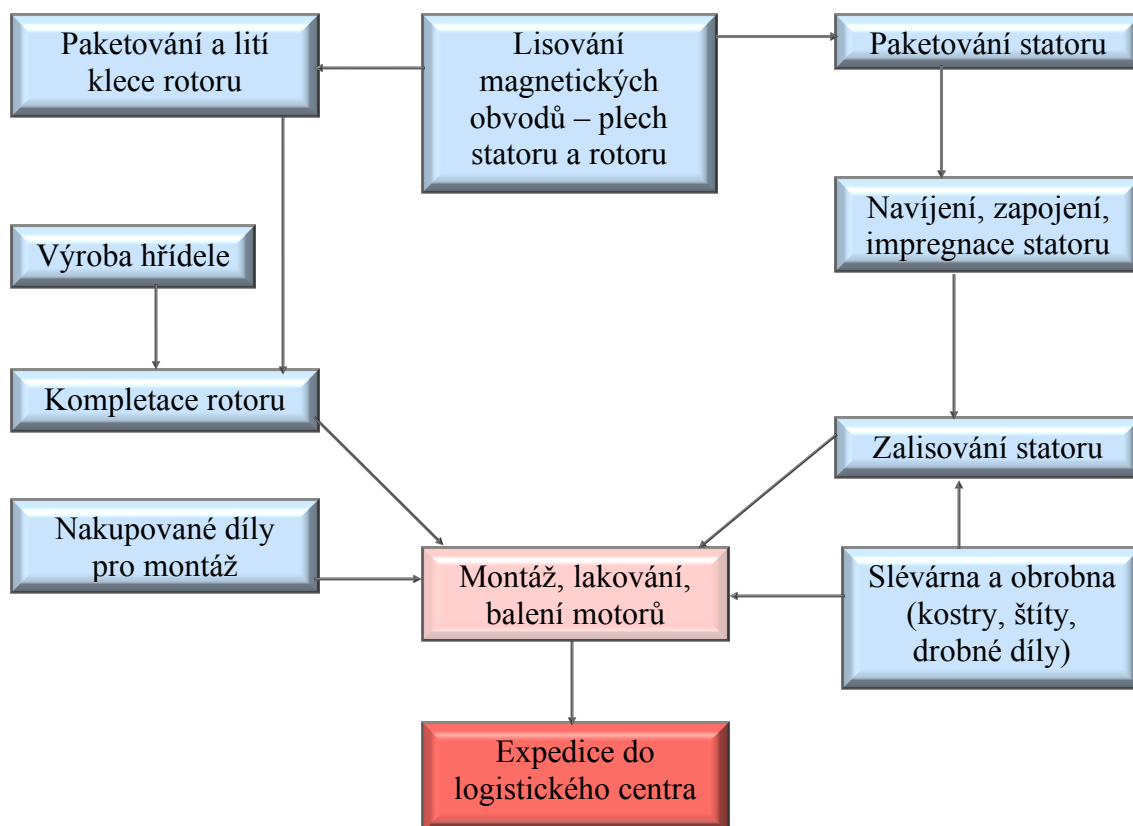
Výroba jednotlivých komponentů motoru je dělena na výrobní operace, pro které jsou vytvořeny čtyři základní výrobní dokumenty [18]:

- výkresová dokumentace,
- technologický postup,
- kontrolní a zkušební postup,
- výrobní plány, materiálový kusovník.

Základní komponenty elektromotoru [17]:

- kostra,
- skříň svorkovnicová,
- rotorový svazek,
- hřídel s ložisky,
- statorový svazek s vinutím,
- svorkovnicová deska,
- štíty,
- ložiska,
- ventilátor,
- kryt ventilátoru.

Základem elektromotoru je magnetický obvod, který je tvořen statorem a rotorem [18].  
Výroba komponentů elektromotoru (obr. 8) je popsána níže.



Obr. 8 Průběh výroby elektromotoru [18].

### Statorový svazek nenavínutý

Základem statorového svazku nenavínutého (obr. 9) jsou statorové plechy, které se lisují společně s rotorovými plechy na postupových nástrojích umístěných ve velkotonážních lisech. Aby nedocházelo k vířivým magnetickým proudům, je stator skládán z jednotlivých izolovaných plechů. Dále jsou statorové plechy rovnány v paketovacích strojích, kde jsou přesně odváženy, stlačeny lisem a zafixovány sponami [18].



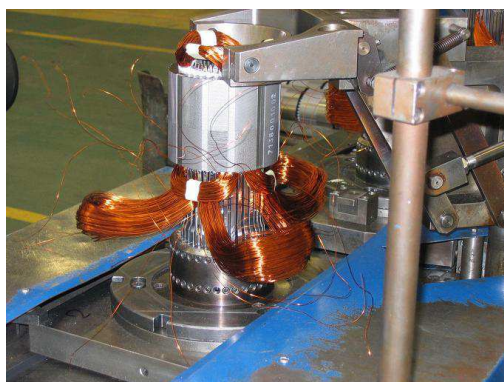
Obr. 9 Nenavínutý statorový svazek [18].

## Surový rotor

Rotorové plechy jsou na rovnacích strojích vychystány do paketů. V tlakových licích strojích se do drážek zastříkne pod vysokým tlakem hliník. Tím vzniká hliníková klec, která je na vnějších stranách rotoru uzavřena zkratovými kruhy, na kterých jsou předlity vyvažovací kolíky pro vyvážení celého rotoru [18].

## Statorový svazek navinutý

Statorový svazek se opatří izolací a poté se do něj strojně nebo ručně vkládá vinutí (obr. 10) tvořené soustřednými cívkami. Po vložení všech cívek vinutí jsou mezi jednotlivé soustavy cívek vkládány mezifázové izolace. Následuje vzájemné propojení cívek a přívodních vodičů svařením. Poté je celý svazek ponořen do impregnační lázně a tepelně vytvrzen [18].



Obr. 10 Strojní zatahování statorového vinutí [18].

## Výroba hřídelí a montáž elektromotoru

Hřídele jsou vyráběny z ocelových přířezů předepsaného průměru na programovatelných obráběcích centrech. První operací je zalisování hřídele do surového rotoru. To je prováděno na vertikálních lisech za pomoci lisovacích přípravků. Po zalisování je hřídel rotoru axiálně rovnána. Dále je soustružen povrch rotoru na předepsaný průměr, a nakonec je rotor dynamicky vyvážen [18].

Stator je nalisován do kostry, přívodní vodiče jsou připevněny na svorkovnicovou desku. Na hřídel rotoru se nalisují ložiska. Na jedno z ložisek se nasune ložiskový štít, tento celek se vsune do statoru s kostrou a štít se ke kostře přišroubuje. Z druhé strany elektromotoru se nasune na ložisko druhý ložiskový štít a přišroubuje ke kostře (obr. 11). Dále se motor opatří ventilátorem a jeho krytem. Na závěr je motor vyzkoušen připojením na elektrickou síť, opatřen výkonnostním štítkem, nalakován a zabalen k expedici [18].

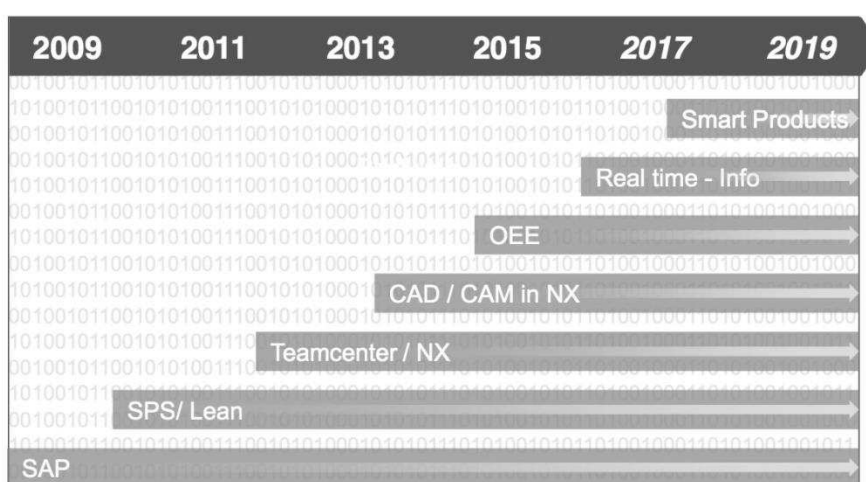


Obr. 11 Montáž elektromotoru [18].

Pro zalisování navinutého statoru do kostry se používají dvě technologie. Pokud se jedná o kostru z hliníkové slitiny, je nejprve nahřata na teplotu 250 °C, čímž se zvětší její vnitřní průměr a stator se do ní volně vsune. U kostry z šedé litiny je svazek nalisován s přesahem [17, 18].

## 2.4 Vize firmy

Firma Siemens s. r. o., o. z. Elektromotory Mohelnice má za cíl pomocí chytrých řešení zefektivnit produktivitu výroby, štiřlost procesů, rozvoj zaměstnanců, spokojenost zákazníků a tím zajistit stabilitu a růst závodu. Úkolem je dosáhnout prvků inteligentní továrny, která produkuje inteligentní produkty v horizontu 2 let (obr. 12). S prvními kroky firma začala v roce 2009 zavedením podnikového informačního systému SAP (Systems–Applications–Products in data processing) [16].



Obr. 12 Časový plán projektu [16].

Ukazatel OEE představuje nástroj pro denní řízení, zlepšování a organizaci procesů v týmu. Zapojením elektronického obvodu do řídicího systému stroje, dokáže firma online vyhodnocovat dostupnost zařízení, provádět analýzy a hledat zlepšení. Získává informace o aktuálním využití stroje a statistiky jeho provozu [16].



### 3 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Analýza současného stavu implementace ukazatele celkové efektivity zařízení popisuje způsob sběru dat, informační systém a vyhodnocení získaných dat u třech konkrétních strojů.

V podniku je sestaven tým lidí, který pracuje na implementaci OEE do výrobního procesu. Ukazatel celkové efektivity zařízení se sleduje na 80 % strojů ve firmě [16].

V současné době jsou získávána velká množství dat, která však nejsou dostatečně využita pro zvyšování efektivity zařízení.

#### 3.1 Sledování využití výrobního zařízení

Ukazatel OEE se skládá ze tří faktorů – dostupnosti, výkonu a kvality. Firma je schopná v současné době vyhodnocovat pouze složku dostupnosti. Pro výkon a kvalitu není výpočet funkční.

Dostupnost firma zobrazuje na interní webové stránce. Výpočet celkového koeficientu OEE probíhá pouze v testovací verzi. Získávání dat pro jednotlivé složky koeficientu OEE jsou popsány níže.

**Dostupnost** zařízení je počítána z dat získaných prostřednictvím MES systému nahraného v zařízení zvaném Quido (obr. 13), které bylo dodatečně zapojeno do řídicího systému starších strojů. Quido dokáže snímat různé operace stroje a tím určit, zda stroj produkuje výrobky. Sledovaný parametr závisí na typu stroje a lze jej snadno naprogramovat. Nevýhodou přídavného zařízení je omezený počet kanálů, přes které je možné data sbírat. Například u obráběcího stroje se sledují otáčky, které určují, zda stroj běží nebo neběží. Stroj může běžet, avšak nemusí produkovat výrobky, proto se navíc u obráběcího stroje snímá zatížení, aby podnik předešel zkresleným informacím v důsledku běhu stroje naprázdno.



Obr. 13 Quido [16].

Novější CNC stroje (Computer Numeric Control = počítačem řízené obráběcí stroje) mají řídicí systém SINUMERIK od firmy Siemens AG, který přímo sbírá data ze zařízení. Je schopný sbírat větší množství dat než Quido, protože má neomezené množství kanálů a dostatečné uložení. Zajišťuje ochranu informací, avšak pořizovací cena systému je mnohonásobně vyšší.

Složka **výkonu** se počítá na základě množství zahlášených výrobků pracovníkem. Výpočet není zatím zcela funkční z důvodu přenosu velkého množství dat mezi elektronickým výkazem a systémem vyhodnocujícím OEE. Podnik snímá data ze stroje a zároveň získává informace z elektronického výkazu, které zadal pracovník. V důsledku neprovázanosti systémů mohou vznikat odchylky mezi vyrobenými a zahlášenými kusy. Zároveň vznikají nepřesné časové údaje, kdy operátor zapomene zadat začátek či konec prováděné činnosti.

Míra **kvality** se stanovuje s jednodenním zpožděním. Pokud obsluha stroje vyhodnotí vyrobený kus jako vadný, odkládá díl na určené místo. Následně pracovník kvality posoudí, zda jde o dobrý či špatný kus a tuto informaci zahlásí do programu SAP. SAP zobrazuje informace o množství vadných dílů na daný stroj v elektronickém výkazu, avšak není znám čas, kdy neshodný kus vznikl. Vyrobený polotovar může pracovník vyhodnotit jako správný, ale při dalších operacích bude zjištěno, že se jedná o vadný díl. Tím dochází ke zkrácení výpočtu kvality, které je nutno eliminovat. Firma zatím nemá prostředky pro snímání kvality výrobku přímo ze stroje, jak je tomu u dostupnosti.

### 3.1.1 Digitalizace výrobní dokumentace

Digitalizace výrobní dokumentace: systém PAP (Papier Arme Produktion) neboli bezpapírová výroba, je softwarové prostředí nahrané v tabletech a počítačích, které se nachází u každé pracovní operace. Využívá se pro dokumentaci zakázky a zahlášení vyrobených kusů. Pro pracovníka, který se přihlásí pod svým osobním číslem, je zde k dispozici materiálový kusovník, upozornění na problematické operace, informace o případné reklamaci a nekvalitě. PAP je propojen s programem SAP, kde se okamžitě zaznamenávají vyrobené výrobky a přestávky. U CNC strojů je počet odvedených kusů automaticky kontrolován s počtem cyklů stroje.

Obrazovka je rozdělena do několika oken (obr. 14). Na levé straně se nachází seznam, kde jsou umístěny všechny zakázky pro dané pracoviště. Po otevření příslušné zakázky se na pravé straně zobrazí následující informace.

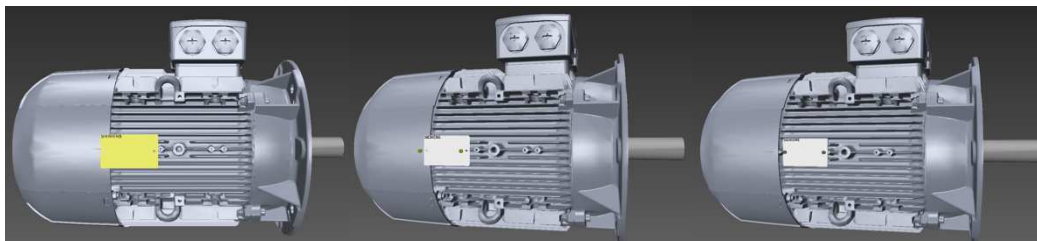
The screenshot displays the Siemens PAP system interface. The top bar shows the Siemens logo and system status. The main interface is divided into several sections:

- Top Bar:** Displays system information such as 'CZMHCN300V12:1-ML-31-163.242.102.143', 'ML0011-Soustružení zdárků kostry', and various time-based metrics like 'PLNĚNÍ.PRAC 125,0 %', 'ODPR.NH.PRAC 144,7 Min', 'ODV.NH.PRAC 181,38 Min', 'SERIZ.PRAC 5,7 Min', and 'SKLUZ.NH.PRAC 0'.
- Left Panel (Seznam zakázek):** A list of orders with columns for order number, quantity, and status. The selected order is 241.
- Center Panel (Hlavička zakázky a ostatní):** Displays details for order 241, including priority (241), start/end times, and a list of production tasks (e.g., 'Výrobní zakázka: 76430290', 'Množství: 7', 'Materiál: 58528160213013').
- Right Panel (Postup):** A detailed list of production steps and materials, such as '0028 ML001 IN01 2.622 18.354', '0040 ML001 IN01 2.622 18.354', and '0065 ML001 IN02 2.622 18.354'.
- Far Right Panel (Kusovník):** A list of parts and materials with columns for part number, description, and quantity.

Obr. 14 Obrazovka systému PAP [16].

**Základní údaje** o zakázce jako je termín zahájení a ukončení, množství kusů, typ nástroje, materiál a další.

**Vizualizovaný postup** pro montáž a lepení výkonostních a informativních štítků (obr. 15). Za použití softwaru lze jednoduchým způsobem vytvářet videosekvence a díky nim popsat a graficky znázornit způsob montáže, umístění jednotlivých prvků nebo vytvářet servisní návody. Například záznam sešroubování štítu s kostrou: pracovník vidí pomalé video a poté, co provede zašroubování, se sekvence přepne na další krok výrobního postupu. Tím je kontrolována správnost provedení montáže.



Obr. 15 Vizualizovaný postup montáže štítu [16].

V současné době má firma vytvořených přes 3500 videosekvencí, které definují [16]:

- správné umístění a polohu výkonostních štítků,
- správné umístění a natočení nálepek, značek, upozornění.

System je rovněž použitelný pro animaci montáže celého elektromotoru, speciálně u velmi komplikovaných a složitých provedení.

Zavedením plnohodnotného 3D modelu je dosaženo:

- přenosu výrobních informací (tolerancí, jakostí povrchu) na místa, kde jsou dále využita,
- přímého vztahování informací ke geometrii,
- omezení možných chyb,
- možnosti provádět všechny typy analýz (tuhosti, pevnosti, odvodu tepla, proudění kolem povrchu),
- kontroly speciálních rozměrů.

Kompletní **výkresovou dokumentaci** dílců, kdy se převedením papírové dokumentace do elektronické verze minimalizuje riziko chyb a zajistí se promítnutí všech změn do výrobního procesu. Do PAPu je převedena výrobní dokumentace, technologické a kontrolní postupy, výkresová dokumentace a všeobecné informace ze závodního informačního systému.

**Kusovník** obsahuje všechny prvky, které mají být na daném pracovišti namontovány. Pokud se v zakázce nachází nestandartní součástka, například jiný typ šroubu, je barevně označena (obr. 16). Předchází se tak montáži neshodných kusů.

0100	30000318201004	0010
	MATICE ISO4032-M10-8-A2K	4
0110	50000217000001	0010
	PODLOZKA VYR. SN60098-57 6209	1
0120	50000531000014	0010
	KROUZEK WAO 45x52x5 NBR TPD-05-02-25	1
0130	12913000101000	0010
	ÓCHR.PRSTENEC AH160 L=160 ; GA15-22 (GX)	1
0140	20000005009982	0010
	SROUB ISO7045-M5X10-10.9-Z-F-A2K-ODV	4
0150	19303145011003	0010
	LOPATKOVE KOLO 2CC2402;PA;3 LOPATKY 30°;	1
0160	20000000500693	0010
	PERO DIN6885-A 6x6x20	1
0170	11874100102000	0010
	PODLOZKA 26X8,4X5	1
0180	10000212331000	0010
	SROUB ISO4017-M8X45-A2-NEREZ	1
0190	20000006001860	0010
	LOCTITE 243 OBJ.C. 24333 - 50ml NL	1
0200	30000002066140	0010
	TUK MAZACI-KLUBERFLUID BQH 75-100	0,05
0210	20000006001551	0010
	TMEL TEROSON - FLUID D 200 ml	1
0220	50000212000070	0010
	SROUB ZAVESNY DIN580-M10-C15E-A2F	1
0230	10000536150105	0010
	PODLOZKA-ISO 7089-10-PSP	1
0240	50000261000019	0010
	ZATKA M10 C PE Ø8,8 TL-4-088 GUMMI-JÄGER	1
0899	0010	
	Lopatkové kolo zajištěné proti axiálnímu	1
0900	0010	
	posuvu šroubem s podložkou, závit šroubu	1
0901	0010	
	potřít lepidlem Loctite.	1
0902	0010	

Obr. 16 Kusovník [16].

Součástí softwaru je odvádění výroby a hlášení činnosti online. Obsluha stroje na základě prováděné činnosti zahlásí do systému jednu z následujících možností:

- zahlášení počtu vyrobených výrobků,
- seřízení stroje,
- čištění stroje,
- prostoje způsobené nedostatkem materiálu nebo poruchou stroje,
- přestávky.

Pokud zaměstnanec zadá přestávku na stroji, okno zůstane otevřené, dokud nebude vybrána jiná činnost.

Informace zadané pracovníkem se zaznamenávají do elektronického výkazu v programu SAP, kde se nachází přehled odpracovaných hodin, jméno pracovníka a název výkonu (obr. 17). Na základě těchto informací se vypočítá míra výkonu a kvality.

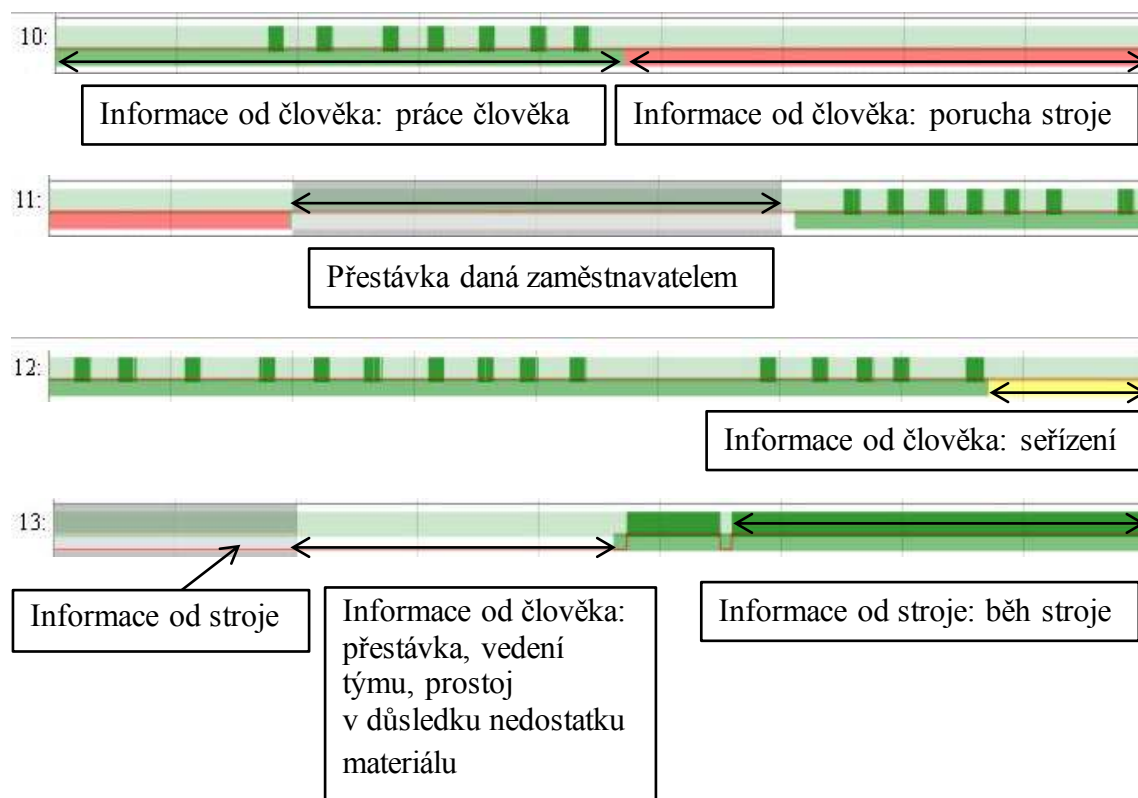
Datum od	Čas od	Datum do	Čas do	Stř. vzniku	Prac. vznik	Konto	Název	Nmin	Nhod	Os. č.	Jméno	Komentář
21.3.2017	6:00:00	21.3.2017	8:00:00	M310	LI0018	1120	JEDNICOVÁ MZDA	120	2,00	12345678	Novák Jan	
21.3.2017	8:00:00	21.3.2017	8:30:00	M310	LI0018	9010	PŘESTÁVKA	30	0,50	12345678	Novák Jan	
21.3.2017	8:30:00	21.3.2017	11:00:00	M310	LI0018	0186	PROSTOJ - PORUCHA STROJE	150	2,50	12345678	Novák Jan	
21.3.2017	11:00:00	21.3.2017	14:00:00	M310	LI0018	1427	SEŘÍZENÍ STROJE	180	3,00	12345678	Novák Jan	SEŘÍZENÍ Z TYPU NA TYP
21.3.2017	14:00:00	21.3.2017	14:30:00	M310	LI0018	9010	PŘESTÁVKA	30	0,50	12345678	Novák Jan	
21.3.2017	14:30:00	21.3.2017	18:00:00	M310	LI0018	1120	JEDNICOVÁ MZDA	210	3,50	12345678	Novák Jan	

Obr. 17 Záznam z elektronického výkazu [16].

### 3.1.2 Interpretace dat pro ukazatel celkové efektivnosti zařízení

Záznamy hlášení z průběhu celé směny a údaje od stroje jsou zobrazeny na interní webové stránce, kde je možné vidět časovou osu a statistiku.

Časová osa je rozdělena na 2 části, kdy horní část představuje data získaná od stroje a dolní část informace od člověka (obr. 18). Při najetí kurzorem na určitý úsek, se zobrazí malé okno s informací o přesné délce časového úseku a sledovaný parametr stroje.



Obr. 18 Grafické zobrazení dat [16].

Zařízení Quido, popřípadě systém SINUMERIC získává informace ze stroje, které jsou zobrazeny jako tenká červená čára, která představuje automatické sledování dodržování technologických podmínek (řezné rychlosti, posuvy). V případě nedodržení podmínek dochází k přetěžování stroje, které se projeví nárůstem červené čáry nad střední hodnotu.

V horní části časové osy jsou zobrazeny tmavě zelené úseky, které znamenají chod stroje.

V dolní části časové osy jsou zobrazena data zadaná obsluhou stroje do systému PAP, která jsou barevně odlišena a jednotlivé barvy znamenají:

- žlutá = seřízení stroje,
- světle zelená = práce člověka,
- bílá = přestávka, vedení týmu, prostoj v důsledku nedostatku materiálu,
- červená = porucha stroje.

Šedá barva představuje přestávku danou zaměstnavatelem.

Statistika zobrazuje dostupnost získanou od stroje (obr. 19). Jedná se o data z časové osy označená tmavě zelenou barvou. Dostupnost je vyjádřena v procentech pro jednotlivá pracoviště a stroje. Stránka je rozdělena na roky, měsíce a dny a vždy k příslušnému stroji zobrazen graf. V pravé části se nachází průměrná hodnota dostupnosti za měsíc.



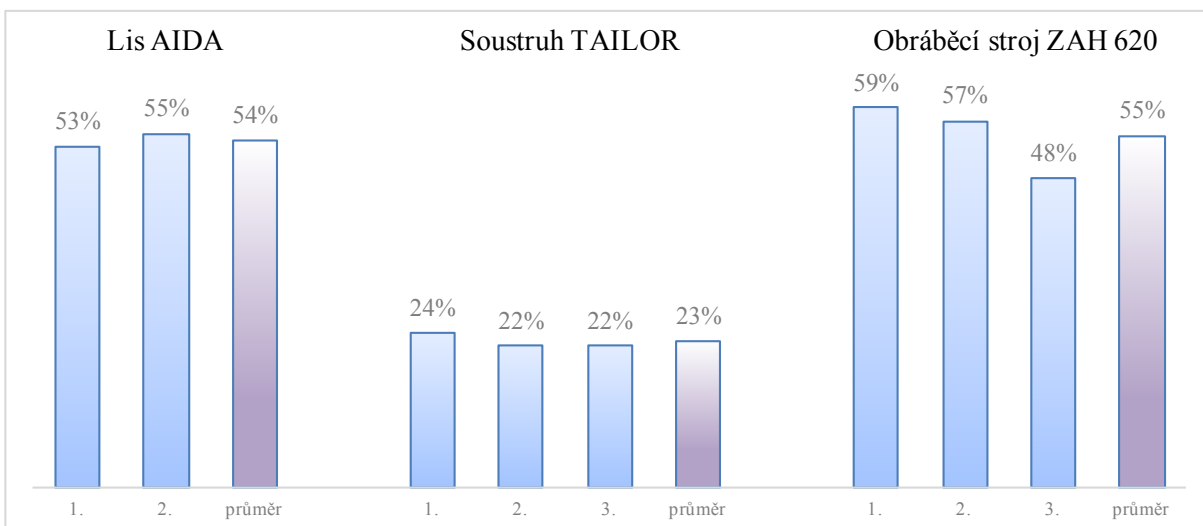
Obr. 19 Vizualizace dat [16].

Vizualizovaná aktuální data o dostupnosti strojů jsou k dispozici všem zaměstnancům podniku. Nejvíce je však využívají mistři, vedoucí provozu a technologové.

### 3.2 Srovnání dostupnosti na vybraných strojích

Pro srovnání byly vybrány tři stroje. Jedná se o lis AIDA pro lisování plechů, soustruh TAILOR pro obrábění kostry motoru a obráběcí stroj ZAH 620 určený k zarovnávaní, navrtávání a závitování hřídele [16].

Na strojích byla provedena analýza v průběhu jednoho pracovního dne. Pro lis se jednalo o dvě dvanáctihodinové směny, pro soustruh a obráběcí stroj o tři osmihodinové směny. Následně byla vypočítána a stanovena průměrná hodnota dostupnosti stroje. Na obr. 20 je zobrazeno srovnání mezi jednotlivými stroji. Zdrojová data pro obr. 20 jsou dostupná v příloze 1.



Obr. 20 Dostupnost strojů.

Z grafů je patrné, že míra dostupnosti u soustruhu je v porovnání s ostatními stroji nízká. Tento fakt je způsoben tím, že soustruh není schopen dosáhnout vyšších hodnot z důvodu daného pracovního postupu. Soustruh minutu pracuje a poté má 2 minuty na manipulaci.

Hodnoty dostupnosti jako součást OEE se mohou výrazně lišit. Důvodem je, že současný model nezohledňuje směny, přesčasy a nereaguje na flexibilitu výroby. Každý stroj má svoje maximum, přes které se z důvodu daného technologického postupu nedostane. U jednoho stroje se může jednat o 50 % a u jiného 20 %. Tím vzniká odchylka, kterou je nutné eliminovat.

V následujících třech tabulkách (tab. 3, tab. 4, tab. 5) jsou zaznamenány délky jednotlivých činností na pracovišti, které jsou podkladem pro výpočet výkonu a kvality. V tabulkách jsou rozepsaná jednotlivá měření, celkový součet a procentuální vyjádření. Na základě tabulek byly sestaveny grafy pro jednotlivé stroje, ve kterých jsou vyhodnoceny činnosti během směny (obr. 21). Zdrojová data pro tab. 3, tab. 4, tab. 5 a obr. 21 jsou dostupná v příloze 1.

Tab. 3 Zaznamenané činnosti pro lis AIDA.

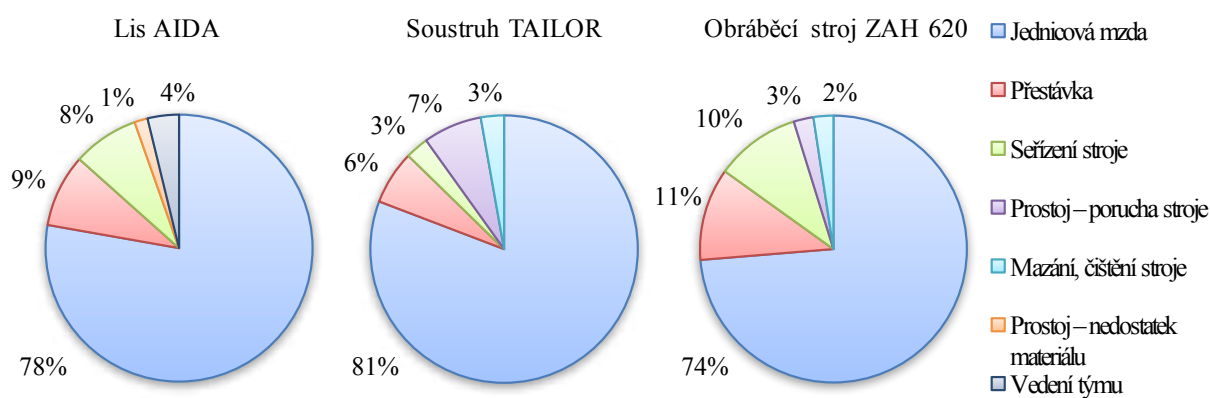
Lis AIDA				
Možnost zadaná pracovníkem	1. odečet [hod.]	2. odečet [hod.]	Celkový počet hodin	Procentuální vyjádření
Jednicová mzda	10:07:00	8:33:00	18:40:00	77,78 %
Vedení týmu	00:55:00	-	00:55:00	3,8 %
Přestávka	00:58:00	1:09:00	2:07:00	8,82 %
Seřízení stroje	-	1:55:00	1:55:00	8 %
Prostoj (nedostatek materiálu)	-	00:23:00	00:23:00	1,6 %
Součet	12:00:00	12:00:00	24:00:00	100 %

Tab. 4 Zaznamenané činnosti pro soustruh TAILOR.

Soustruh TAILOR					
Možnost zadaná pracovníkem	1. odečet [hod.]	2. odečet [hod.]	3. odečet [hod.]	Celkový počet hodin	Procentuální vyjádření
Jednicová mzda	7:09:00	6:50:00	5:25:00	19:24:00	80,8 %
Přestávka	00:31:00	00:30:00	00:32:00	1:33:00	6,5 %
Seřízení stroje	00:20:00	-	00:21:00	00:41:00	2,8 %
Prostoj (porucha stroje)	-	-	1:42:00	1:42:00	7,1 %
Mazání, čištění stroje	-	00:40:00	-	00:40:00	2,8 %
Součet	8:00:00	8:00:00	8:00:00	24:00:00	100 %

Tab. 5 Zaznamenané činnosti pro obráběcí stroj.

Obráběcí stroj ZAH 620					
Možnost zadaná pracovníkem	1. odečet [hod.]	2. odečet [hod.]	3. odečet [hod.]	Celkový počet hodin	Procentuální vyjádření
Jednicová mzda	6:28:00	6:14:00	5:00:00	17:42:00	73,7 %
Přestávka	00:57:00	00:58:00	00:46:00	2:41:00	11,2 %
Seřízení stroje	00:16:00	00:32:00	1:40:00	2:28:00	10,3 %
Prostoj (porucha stroje)	-	-	00:34:00	00:34:00	2,4 %
Mazání, čištění stroje	00:19:00	00:16:00	-	00:35:00	2,4 %
Součet	8:00:00	8:00:00	8:00:00	24:00:00	100 %



Obr. 21 Časové rozdělení směny.



Grafy zobrazují, kolik času trvají jednotlivé činnosti operátora a zda jsou dodržovány přestávky. Pro osmihodinovou směnu je přestávka stanovena na 30 minut a pro dvanáctihodinovou na 60 minut. Z výše uvedených informací je zřejmé, že na obráběcím stroji ZAH 620 nejsou stanovené přestávky dodržovány. Zároveň není jasné, jaký typ poruchy stroje nastal a zda nemohl být řešen rychleji.

Výstupní data jsou důležitým podkladem pro mistry, vedoucí provozu a technology. Technologům slouží informace pro kontrolu činnosti stroje. Mistři a vedoucí provozu využívají informace pro plánování výroby. Na základě vyhodnocení dostupnosti a záznamu z elektronického výkazu musí zjistit příčiny prostožů a provést opatření, která jim budou předcházet. V současné době není stanoven postup řešení prostožů. Každý vedoucí k problematice přistupuje jinak a tím dochází k nevyužití získaných dat.

V tab. 6 je pomocí SWOT analýzy shrnut aktuální stav sledování OEE v podniku Siemens s. r. o., o. z. Elektromotory Mohelnice.

Tab. 6 SWOT analýza [19].

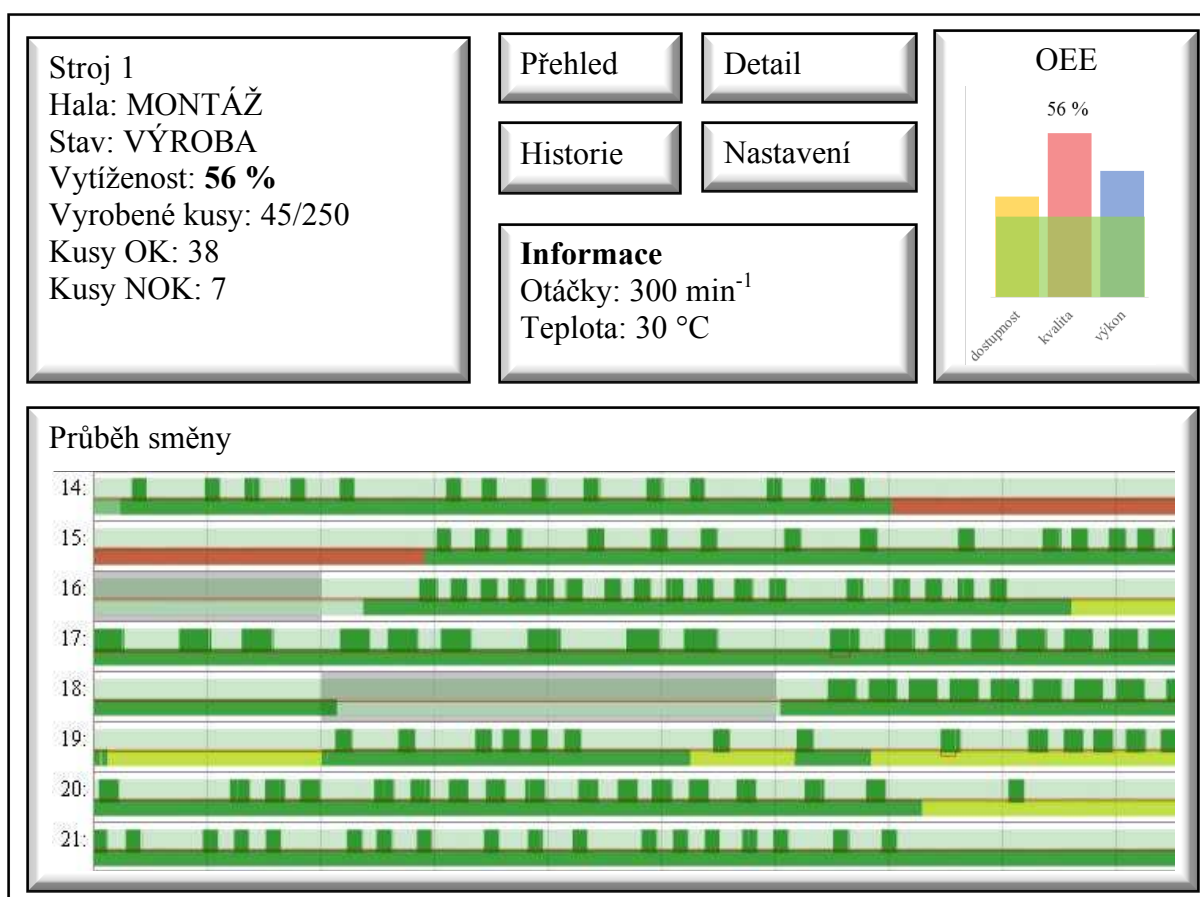
SILNÉ STRÁNKY	SLABÉ STRÁNKY
Kvalifikovaní pracovníci. Velmi dobré technické vybavení pro sledování efektivnosti výroby.	Nedostatečné využití získaných informací.
PŘÍLEŽITOSTI	HROZBY
Zvýšení pružnosti výroby a reakce na zákaznickou poptávku. Možnost optimalizace výrobních a dodavatelsko-odběratelských vztahů.	Nedostatečné zabezpečení zpracovávaných dat. Finanční a technologická náročnost.

## 4 NÁVRH MOŽNOSTÍ DALŠÍHO ROZVOJE

Na základě analýzy současného stavu sledování a vyhodnocování ukazatele OEE ve firmě Siemens s. r. o., o. z. Elektromotory Mohelnice byl navržen postup dalšího rozvoje.

### 4.1 Komplexní pohled na ukazatele v jednom systému

Zahrnutí výkonu a kvality do koeficientu OEE je náročné z důvodu přenosu velkého množství dat. Informace zadané pracovníkem do PAPu se musí přes program SAP přenést do systému stanovující koeficient OEE. Řešením je určit klíčové stroje, pro které se zobrazí dostupnost, výkon, kvalita a celkové OEE. Tím se sníží počet sledovaných strojů, což by vedlo ke snížení množství přenášených informací. Vedení podniku se tak může efektivněji zaměřit na prostoje ve výrobním procesu a snažit se o jejich snížení. Stroje, které nejsou klíčové lze ze statistiky dočasně vyjmout. Ve chvíli, kdy se osvědčí stanovení ukazatele OEE na klíčových strojích, může dojít k rozšíření portfolia sledovaných strojů. Výsledný koeficient zobrazený v přehledném rozhraní spolu s dalšími informacemi je znázorněn na obr. 22.



Obr. 22 Rozhraní zobrazující OEE.

Další problém nastává v případě srovnání OEE mezi jednotlivými stroji. Vzhledem k tomu, že stroje nemají stejná maxima, není možné objektivně porovnat OEE. Proto je nutné přepočítat využití strojů podle konkrétních parametrů na stejnou úroveň.

## 4.2 Propojení systémů

V současné době informace ze stroje zobrazené na časové ose nevypovídají o důvodu zastavení stroje. Propojením systému sledující chod stroje se systémem PAP by bylo možné tyto údaje získat. V případě zastavení stroje se na obrazovce tabletu či počítače zobrazí okno s možností výběru, o jaký problém se jedná. Operátor po odstranění závady musí zadat příčinu prostoje a poté může stroj pracovat dál. Pro stanovení typu příčin prostoje, které je potřeba do systému PAP naprogramovat, se po dobu dvou týdnů spustí testovací provoz. Na základě výsledků se stanoví nejčastější prostoje, které je nutné do PAPu přidat. Propojením systémů se zároveň zajistí automatická kontrola. Ověří se, zda korespondují informace zadané pracovníkem a data od stroje, zda pracovník dodržuje přestávky, začátek a konec směny. V případě, že pracovník nastaví možnost seřízení nebo je stroj dle výkazu v poruše, ale ve skutečnosti produkuje kusy, automaticky bude informován mistr. Stejně tak v případě nedodržování přestávek. Pomocí provázanosti systémů je možné stanovit průměrnou délku seřízení a upozornit mistra ve chvíli, kdy nastane výrazná odchylka.

V aktuální verzi systému může vzniknout rozdíl mezi programem, který pracovník navolí na stroji a programem, který označí v PAPu. Cílem je eliminace chyb člověka vytvořením nové možnosti v PAPu, kdy obsluha stroje zadá číslo zakázky a program na stroji se automaticky nahraje.

Pro objektivní vyhodnocení kvality produkce je důležitou informací, kdy vznikl špatný kus, v jakém množství a kdo je odpovědná osoba. Jakmile operátor označí dílec jako vadný, odloží tento dílec na určené místo. Pracovník kvality by procházel výrobou v pravidelných intervalech a vyhodnocoval odložené dílce. V případě, že vyhodnotí kus jako vadný, zadá tento údaj do systému pod příslušnou zakázku a osobu. Tím dojde k zaznamenání počtu vadných kusů s minimálním zpožděním.

S ohledem na metodu TPM bude mít pracovník stanovený určitý čas na opravu stroje. V případě, že není schopen uvést stroj do chodu, je v PAPu možnost odeslat požadavek na středisko údržby. Stejný postup je možný i v případě, že nastane problém s odladěním programu, kdy bude přivolán technolog. Systém začne sledovat časové prostoje stroje. V případě, že stroj nevyrábí po určitou dobu i v situaci, kdy podle výrobního plánu by měl produkovat kusy a není zadán požadavek na středisko údržby, bude automaticky odeslána zpráva pověřené osobě.

Pokud stroj stojí:

15 minut → mistr,

30 minut → šéf výroby,

60 minut → výrobní ředitel.

V této posloupnosti upozorňování nadřízených osob vznikne tlak jak na obsluhu stroje, tak na mistry, kteří budou nuceni situaci bez odkladů řešit.

Automatické hlídání plánovaných požadavků na údržbu eliminuje riziko vzniku prostojů způsobených náhlou odstávkou stroje. Systém bude vyhodnocovat data pro vznik požadavku na údržbu a upozorní příslušnou osobu e-mailem. Například systém bude načítat počet cyklů nebo množství vyrobených kusů. Pracovník údržby si tak může efektivněji naplánovat činnost a má možnost operativního nahlédnutí do historie oprav.

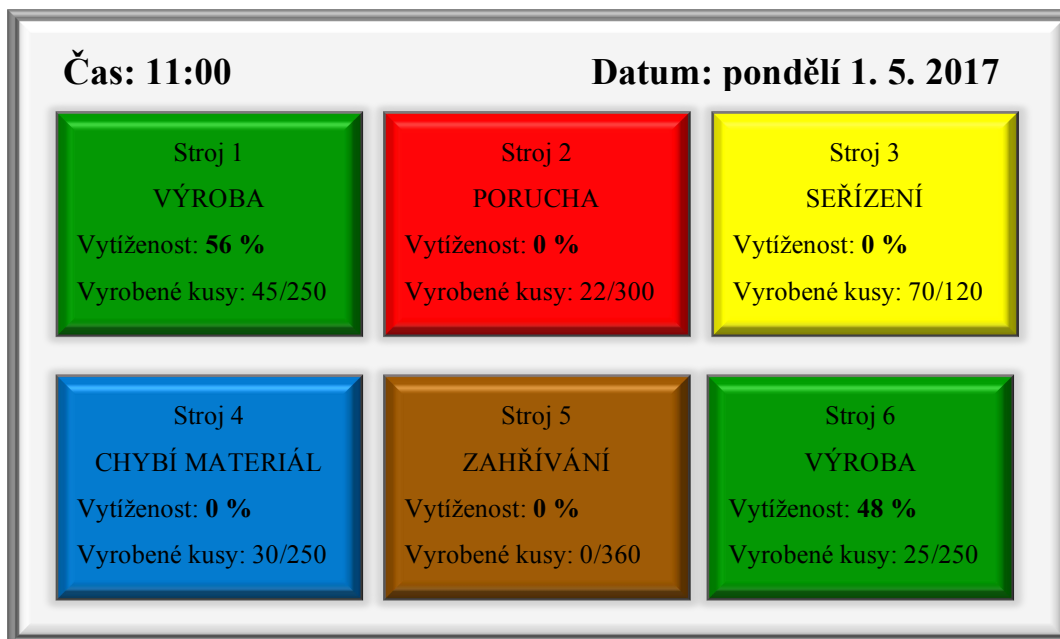
### 4.3 Využití informací

Součástí implementace OEE do výroby je stanovení obecného návodu, jak se získanými informacemi dále pracovat a jak aktivně řešit vzniklé prostoje. Systém pouze upozorní na vzniklé prostoje. Z toho důvodu bude na konci každé směny k dispozici souhrnný přehled činností vzniklých na pracovišti, na jehož základě bude vytvořen akční plán s cílem tyto prostoje odstraňovat. Akční plán obsahuje body k řešení, zodpovědnou osobu, prioritu a termín vyřešení. Zároveň bude pro mistry vytvořen jednoduchý návod, jak postupovat v určitých situacích. Výsledky nápravných opatření budou v pravidelných intervalech hlášeny výrobnímu řediteli. Dlouhodobě nasnímaná data jsou zároveň podkladem pro zlepšení kvality plánování výroby, kdy podnik může přesně stanovit trvání jednotlivých činností.

Získaná data je nutné využít za účelem zvýšení produktivity a snížení prostojů. Jedním z návrhů je vizualizovat data na velkoplošných obrazovkách přímo na pracovišti (obr. 23). Zobrazení aktuálního stavu provozu strojů zajistí přehled pro vedení firmy i pro pracovníky a s tím spojenou motivaci eliminovat prostoje.

Příklady provozních stavů:

- výroba = jsou splněny podmínky pro výrobu a stroj produkuje dílce,
- stroj stojí = jsou splněny podmínky pro výrobu, ale stroj neprodukuje dílce,
- seřízení = stroj je v seřizovacím režimu,
- porucha = stroj je v poruše,
- chybí materiál = stroj nemá žádné vstupy,
- stroj nevyšílá informace.



Obr. 23 Obrazovka na pracovišti.

### 4.4 Systém odměňování

Zvyšování hodnoty OEE závisí zejména na pracovnících výroby. Aby podnik zaměstnance motivoval, bude stanovena hodnota OEE, která bude podkladem pro odměňování. Cílem je, aby obsluha stroje pochopila důvod snižování prostojů na stroji a aktivně se snažila o jejich eliminaci.

## 5 TECHNICKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ

Zavedení navrhovaných řešení pro podnik znamená úsporu z hlediska snížení prostojů, ale zároveň investici do velkoplošných obrazovek. V souvislosti s naprogramováním nových modulů do systému PAP dojde k zatížení oddělení informačních technologií. Úspora je stanovena procentuálním snížením prostojů za jeden rok. Snížení prostojů je odborným odhadem stanoveno na 10 %. Detailní informace jsou uvedeny v následujících tabulkách (tab. 7, tab. 8, tab. 9). Zdrojem dat pro stanovení úspor je příloha 1.

Tab. 7 Úspora při snížení prostojů na Lise AIDA.

Počet pracovních dnů v roce	250 dnů
Úspora	10 %
Prostoje za 1 den (2 směny po 12 h)	03:20:00 hodin
Časová úspora za 1 den (2 směny po 12 h)	00:20:00 hodin
Finanční úspora za 1 den (2 směny po 12 h)	575 Kč/den
Časová úspora za rok	83:20:00 hodin
<b>Finanční úspora za rok</b>	<b>143 750 Kč/rok</b>

Tab. 8 Úspora při snížení prostojů na soustruhu TAILOR.

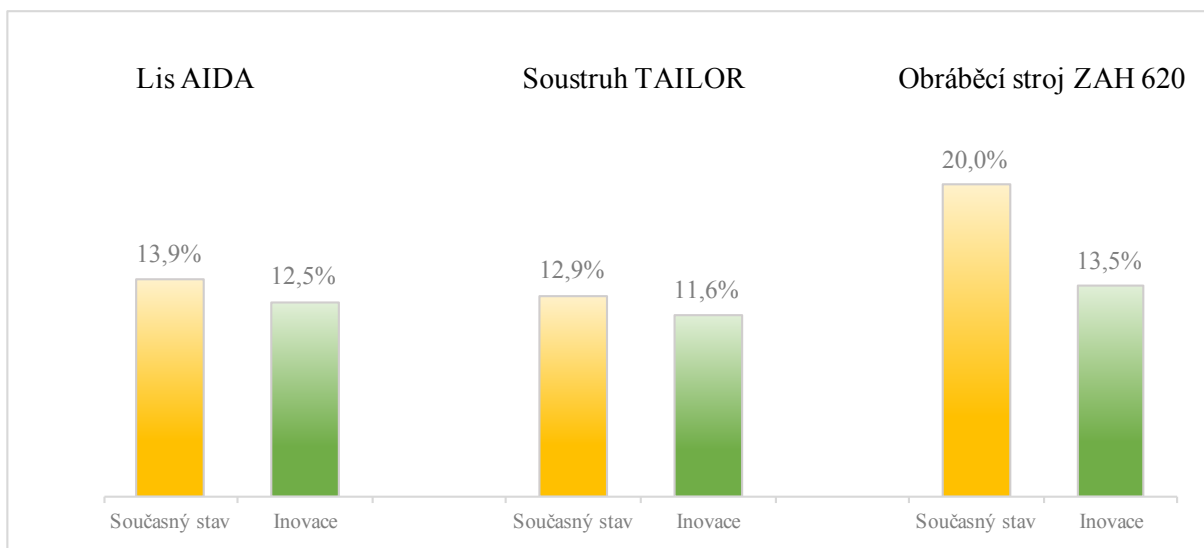
Počet pracovních dnů v roce	250 dnů
Úspora	10 %
Prostoje za 1 den (3 směny po 8 h)	03:06:00 hodin
Časová úspora za 1 den (3 směny po 8 h)	00:19:00 hodin
Finanční úspora za 1 den (3 směny po 8 h)	218 Kč/den
Časová úspora za rok	79:10:00 hodin
<b>Finanční úspora za rok</b>	<b>54 500 Kč/rok</b>

Tab. 9 Úspora při snížení prostojů na Obráběcím stroji ZAH 620.

Počet pracovních dnů v roce	250 dnů
Úspora	10 %
Prostoje za 1 den (3 směny po 8 h)	03:37:00 hodin
Časová úspora za 1 den (3 směny po 8 h)	00:22:00 hodin
Finanční úspora za 1 den (3 směny po 8 h)	478 Kč/den
Časová úspora za rok	91:40:00 hodin
<b>Finanční úspora za rok</b>	<b>119 500 Kč/rok</b>

Z výše uvedených tabulek vyplývá, že celková finanční úspora činí 317 750 Kč za rok pro vybrané 3 stroje. V tomto výpočtu je zahrnuto jen 10% snížení prostojů. Pokud však bude firma pomocí systému PAP také sledovat, zda pracovník dodržuje přestávku, začátek a konec směny, může eliminovat prostoje vzniklé z nedodržování stanovených časů. Jak bylo zjištěno v kapitole 3.2.1 Analýza pracovního dne, na obráběcím stroji ZAH 620 nebyly dodržovány přestávky. Z toho důvodu vzrostla doba prostoje o 1 hodinu a 11 minut, což představuje 1 542 Kč za jeden den, 385 500 Kč za rok. V případě, že pracovník dodrží přestávku a dojde ke snížení prostojů o 10 %, bude celková úspora na obráběcím stroji činit 2 020 Kč za jeden den, to je 505 000 Kč za rok. U lisu AIDA a soustruhu TAILOR došlo k nedodržení přestávek v rozmezí dvou až devíti minut, což je v toleranci. Proto byly tyto minuty započteny do celkového prostoje. Při sečtení 10% úspory na sledovaných třech strojích a úspory při dodržování daných přestávek činí celková roční úspora 703 250 Kč. Výpočty nezahrnují náklady spojené s pořízením velkoplošných obrazovek, jejichž počet se odvíjí od počtu klíčových strojů.

Na obr. 24 jsou graficky zobrazeny prostoje vyjádřené v procentech. Pro každý stroj byla vypočítána délka prostojů při současném stavu a hodnota snižená o 10 % po zavedení navrhovaných řešení. Základem výpočtu byl jeden pracovní den (24 hodin). V rámci 24 hodin dojde ke snížení o 1,4 % na lise AIDA a o 1,3 % na soustruhu TAILOR. Pro obráběcí stroj ZAH 620 se prostoje sníží o 6,5 % za předpokladu, že zaměstnanec bude dodržovat stanovené přestávky.



Obr. 24 Srovnání velikosti prostojů

Kromě finančních úspor představují navrhovaná řešení pro podnik následující přínosy:

- možnost sledovat koeficient OEE na klíčových strojích a věnovat pozornost úzkým místům, které nejvíce ovlivňují produktivitu celého podniku,
- splnění požadavků od mateřské firmy,
- zvýšení konkurenceschopnosti podniku na trhu,
- eliminaci chyb člověka propojením systémů sledování výroby,
- úspora času pro středisko údržby,
- jasný postup při řešení problémů daný akčním plánem,
- motivaci pro pracovníky stanovením odměn a vizualizací na provozu.

## 6 ZÁVĚR

Práce je zaměřena na analýzu současného stavu implementace OEE, zhodnocení stávajícího řešení a návrh dalšího rozvoje ve firmě Siemens s. r. o., o. z. Elektromotory Mohelnice. Z důvodu zveřejnění práce na internetu byly použity omezené informace.

Analýza současného stavu vedla ke zjištění, že podnik vyhodnocuje pouze jednu ze tří složek koeficientu OEE, a to dostupnost stroje. Hodnota dostupnosti stroje je zobrazena na interní webové stránce, kam má přístup každý zaměstnanec firmy. V případě nízké hodnoty dostupnosti by měl mistr, popřípadě vedoucí výroby podniknout patřičné kroky. V tomto bodě je nutné se zaměřit na využití získaných dat a navrhnout postup případné nápravy.

Firma disponuje velmi dobrou technickou vybaveností pro sledování efektivnosti zařízení, avšak zvyšování OEE není pouze o technické vybavenosti podniku, ale záleží i na zapojení všech zaměstnanců, od vedení firmy až po pracovníky ve výrobě.

Základem návrhu dalšího rozvoje je určení strojů, které jsou pro výrobní proces klíčové. Pro tyto důležité stroje stanovit vyšší dostupnosti, výkonu, kvality a celkový koeficient OEE. Mezi další návrhy patří propojení a rozšíření možností systémů sledujících chod celého výrobního procesu a vizualizovat aktuální hodnoty OEE na viditelných místech, což zvýší motivaci pracovníků.

Zavedením předložených návrhů by došlo ke snížení prostojů o 10 %, což představuje značnou finanční úsporu.

Závěrem lze konstatovat, že všechny cíle bakalářské práce byly splněny.

# SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] KOŠTURIÁK, Ján a Zbyněk FROLÍK. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha: Alfa Publishing, 2006. Management studium. ISBN 80-86851-38-9.
- [2] Štíhlá výroba – používané metody a nástroje. In: *Akademie produktivity a inovací, s. r. o.* [online]. 2015 [cit. 2017-03-28].  
Dostupné z: <http://www.e-api.cz/25786n-stihla-vyroba-pouzivane-metody-a-nastroje>
- [3] PATOČKA, Miroslav. OEE a odvozené ukazatele TEEP, PEE, OAE, OPE, OFE, OTE a CTE. In: *MES Centrum* [online]. 2013 [cit. 2017-04-08].  
Dostupné z: <http://www.mescentrum.cz/clanky/mes-mom/133-oee>
- [4] JUROVÁ, Marie. *Výrobní a logistické procesy v podnikání*. Praha: Grada Publishing, 2016. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-5717-9.
- [5] LEGÁT, Václav. *Management a inženýrství údržby*. Druhé doplněné vydání. Praha: Kamil Mařík – Professional Publishing, 2016. ISBN 9788074311635.
- [6] The Fast Guide to OEE. In: *Vorne* [online]. [cit. 2017-03-28].  
Dostupné z: <http://www.vorne.com/pdf/fast-guide-to-oee.pdf>
- [7] MAŠÍN, Ivan. *Nové cesty k vyšší produktivitě: metody průmyslového inženýrství*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 2000. ISBN 8090223567.
- [8] NALLUSAMY, S. Enhancement of Productivity and Efficiency of CNC Machines in a Small Scale Industry Using Total Productive Maintenance. *International Journal of Engineering Research in Africa* [online]. 2016, **25**, 119-126 [cit. 2017-04-09]. DOI: 10.4028/www.scientific.net/JERA.25.119. ISSN 16633571.  
Dostupné z: <https://www.scientific.net/JERA.25.119>
- [9] Zvyšování OEE – Webináře TMI, 15. 11. 2016. In: *Trade Media International s. r. o.* [online]. 2016 [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=Npwajn3pdvE>
- [10] SVĚTLÍK, Vladimír. Sledování a řízení efektivity výroby. In: *System Online* [online]. 2003 [cit. 2017-05-04].  
Dostupné z: <https://www.systemonline.cz/clanky/sledovani-a-rizeni-efektivita-vyroby.htm>
- [11] ALEŠ, Zdeněk, Václav LEGÁT a Vladimír JURČA. Měření výkonnosti údržby prostřednictvím ukazatelů efektivnosti. In: *Česká společnost pro jakost* [online]. Praha, 2014 [cit. 2017-05-04].  
Dostupné z: [http://www.csq.cz/fileadmin/user\\_upload/Spolkova\\_cinnost/Odborne\\_skupiny/Spolehlivost/Sborniky/Ales\\_indikatory\\_uzrby.pdf](http://www.csq.cz/fileadmin/user_upload/Spolkova_cinnost/Odborne_skupiny/Spolehlivost/Sborniky/Ales_indikatory_uzrby.pdf)
- [12] LIKER, Jeffrey K. *Tak to dělá Toyota: 14 zásad řízení největšího světového výrobce*. Praha: Management Press, 2007. Knihovna světového managementu. ISBN 978-80-7261-173-7.
- [13] Co je MES – Výrobní informační systém. In: *MES Centrum* [online]. 2012 [cit. 2017-04-08].  
Dostupné z: <http://mescentrum.cz/o-projektu/co-mes>
- [14] Průmysl 4.0 má v Česku své místo. In: *Ministerstvo průmyslu a obchodu* [online]. 2016 [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: <http://www.mpo.cz/cz/prumysl/zpracovatelsky-prumysl/prumysl-4-0-ma-v-cesku-sve-misto--176055/>



- [15] Siemens, s. r. o., odštěpný závod Elektromotory Mohelnice. In: *SIEMENS* [online]. [cit. 2017-03-28]. Dostupné z: [http://w5.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty\\_a\\_sluzby/OZ\\_Mohelnice/Pages/Elektromotory\\_Mohelnice.aspx](http://w5.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty_a_sluzby/OZ_Mohelnice/Pages/Elektromotory_Mohelnice.aspx)
- [16] *Interní materiály firmy Siemens s. r. o., o. z. Elektromotory Mohelnice*. Mohelnice, 2017. Dostupné také z: [http://w5.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty\\_a\\_sluzby/OZ\\_Mohelnice/Pages/Elektromotory\\_Mohelnice.aspx](http://w5.siemens.com/web/cz/cz/corporate/portal/home/produkty_a_sluzby/OZ_Mohelnice/Pages/Elektromotory_Mohelnice.aspx)
- [17] *Výrobní program*. Siemens s. r. o., o. z. Elektromotory Mohelnice, 2008. Interní dokument firmy.
- [18] *Stručný popis asynchronního elektromotoru, jeho výroby a aspekty kvality*. Siemens s. r. o., o. z. Elektromotory Mohelnice, 2013. Interní dokument firmy.
- [19] SWOT analýza. In: *Management mania* [online]. Wilmington (DE), 2017 [cit. 2017-05-06]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/swot-analyza>

# SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

CEZ	[%]	Celková efektivnost zařízení
CNC	[-]	Computer Numeric Control
MES	[-]	Manufacturing Execution Systems
NC	[-]	Numeric Control
o. z.	[-]	odštěpný závod
OEE	[%]	Overall Equipment Effectiveness
PAP	[-]	Papier Arme Produktion
SAP	[-]	Systems – Applications – Products in data processing
SMED	[-]	Single Minute Exchange of Die
SWOT	[-]	Strengths Weaknesses Opportunities Threats
TPM	[-]	Total productive management

# SEZNAM PŘÍLOH

Příloha 1      CD se zdrojovými daty