

Univerzita Hradec Králové
Fakulta informatiky a managementu
Katedra informačních technologií

Model hodnocení efektivity strojního zařízení
Diplomová práce

Autor: Luboš, Materna
Studijní obor: Informační management

Vedoucí práce: Ing., Karel, Mls, PhD.

Prohlášení:

Prohlašuji, že jsem bakalářskou práci zpracoval samostatně a s použitím uvedené literatury.

V Hradci Králové dne 22.8.2018

Bc. Luboš Materna

Poděkování:

Rád bych poděkoval Ing. Karlovi Mlsovi, PhD. za trpělivost s vedením mé diplomové práce.

Dále bych rád poděkoval Mgr. Alešovi Endrychovi a Ing. Tomášovi Melegovi za poskytnutí detailních informací z oblasti kontroly využití kapacit strojů výrobního oddělení prvovýroba.

Poděkování patří také mé manželce Mgr. Andree Maternové za silnou podporu v průběhu celého mého studia.

Anotace

Tato diplomová práce se zabývá systémem kontroly vytížení výrobních zařízení. Popisuje základní metodiky pro kontrolu a zvyšování efektivity ve výrobě jak z historického pohledu na vývoj, tak na současné standardy. V této práci bude popsán původní systém kontroly efektivity výrobních zařízení ve výrobním podniku Tyco Electronics EC Trutnov s.r.o. a změna v jeho pojetí směrem k moderním standardům. Na základě srovnání stávajícího stavu a požadovaného cíle na využití nejmodernějších technologií pro hlídání efektivního využití strojů, budou navrženy změny pro lepší kontrolu nad využíváním strojů. Budou ukázány praktické změny ve výrobním procesu, které pomohli zvýšit vytížení strojů sledovaného výrobního oddělení. Bude navržen doplňkový software, aby pomohl zvýšit efektivitu výrobních zařízení. Navržený informační systém bude aplikován dle potřeb podniku tak, aby mohl pomoci z dlouhodobého horizontu k posílení konkurenceschopnosti podniku ve srovnání s podobnými podniky zabývajícími se obdobným výrobním portfoliem.

Annotation

This diploma thesis deals with the system of controlling the utilization of production facilities. It describes the basic methodologies for controlling and enhancing efficiency in production, both from the historical perspective of development and current standards. This work will describe the original system for the control of the efficiency of production facilities at Tyco Electronics EC Trutnov s.r.o. and a change in its conception towards modern standards. Based on a comparison of the current state and the desired goal of using state-of-the-art technologies to monitor machine efficiency, changes will be proposed to improve machine control. Practical changes in the manufacturing process which helped to increase use of the production machines in described department will be shown. Additional software will be designed to help increasing effectivity. The proposed information system will be applied according to the needs of the company so that it can help in the long run to strengthen the competitiveness of the company compared to similar enterprises dealing with a similar production portfolio.

Title

Efficiency of Production Devices and Proposal for Improvement of Controlling their Efficiency.

Klíčová slova: efektivita výrobních zařízení, informační systém, výrobní zařízení, OEE, 5S, MPDV Hydra

Keywords: preventive maintenance, information system, production device, MPDV Hydra, device breakdown, maintenance, injection molding machine

Seznam obrázků

Obr. 1 Ukázka zakládacího přípravku	15
Obr. 2 OEE	19
Obr. 3 Vstříkolis Arburg	21
Obr. 4 Vstříkolis Netstal	21
Obr. 5 Vstříkolis Engel	22
Obr. 6 Vstříkolis Fanuc.....	22
Obr. 7 Lis Bruderer 50t	22
Obr. 8 Lis Bruderer 18t	22
Obr. 9 T-test shody průměrů mezi vykazovaným a skutečným výkonem	27
Obr. 10 Zanesení výstupu signálu v programu stroje.....	28
Obr. 11 Využití programovatelného relé v rozvodné skříni	29
Obr. 12 Terminál Hydra	31
Obr. 13 Umístění centrální vizualizace alarmů strojů	36
Obr. 14 Ukázka zobrazení chybového stavu stroje.....	37
Obr. 15 Vyhodnocení nejhorších mikroprostožů	38
Obr. 16 Zobrazený výkon pracoviště pomocí samostatného Hydra terminálu.....	39
Obr. 17 Jednoduchý robot pro třídění výrobků z dopravníku	40
Obr. 18 Šestiosí robot pro vyjímání plastových výrobků z formy	40
Obr. 19 Šestiosý robot pro manipulaci s těžkými balnými jednotkami.....	40
Obr. 20 Regál s formami.....	42
Obr. 21 Konzole pro evidenci zaskladnění forem	45
Obr. 22 Vyhledávání formy ve skladovém systému	45
Obr. 23 Grafické znázornění polohy nalezené formy	45
Obr. 24 Starý vysekávací lis	51
Obr. 25 Starý odvíječ	51
Obr. 26 Nový stroj Bruderer s navíječem NOXON.....	52
Obr. 27 Nový stroj Bruderer s odvíječem NOXON	52
Obr. 28 Kontrolní kamera u nového stroje	53
Obr. 29 Vyhodnocení ANOVA – porovnání OEE stříhových lisů.....	55
Obr. 30 Infokoutek s informačním panelem	52
Obr. 31 Pohled na aplikaci detailního sledování OEE.....	52

Seznam tabulek

Tabulka 1 Typické hodnoty plýtvání v podnicích	4
Tabulka 2 Druhy chyb	13
Tabulka 3 Příklad původní evidence vyrobených kusů.....	23
Tabulka 4 Srovnání výrobních záznamů se skutečností.....	25
Tabulka 5 Seznam strojů a princip jejich zapojení k terminálu.....	30
Tabulka 6 Seznam aktuálně platných statusů pro režimy strojů.....	33
Tabulka 7 Měření doby vyhledání formy ve skladu	46
Tabulka 8 Porovnání OEE lisu 29 před a po změně	48
Tabulka 9 Porovnání OEEstřihových lisů.....	54

Seznam grafů

Graf 1 Krabicový graf, rozdíly mezi vykazovaným a skutečným výkonem	26
Graf 2 Týdenní report OEE.....	34
Graf 3 Detailní report stroje	35
Graf 4 Výsledek analýzy ANOVA	47
Graf 5 Test normality dat před změnami	49
Graf 6 Test normality dat po změnách	49
Graf 7 T-test shody průměrů mezi OEE před a po zavedením změn.....	50

Obsah

1 ÚVOD	1
2 CÍL PRÁCE	2
3 ZÁKLADNÍ TEORIE	2
3.1 JAK SE DÍVAT NA ŠTÍHLOU VÝROBU	2
3.2 CO JE PLÝTVÁNÍ	4
3.3 MUDA.....	5
3.3.1 <i>Muda zásob</i>	5
3.3.2 <i>Muda nadprodukce</i>	5
3.3.3 <i>Muda zpracování</i>	6
3.3.4 <i>Muda pohybu</i>	6
3.3.5 <i>Muda oprav a zmetků</i>	7
3.3.6 <i>Muda čekání</i>	7
3.3.7 <i>Muda Dopravy</i>	8
3.4 ZÁKLADNÍ NÁSTROJE LEAN.....	8
3.4.1 <i>5S</i>	8
3.4.2 <i>Standard work</i>	9
3.4.3 <i>Value Stream Mapping (VSM)</i>	11
3.4.4 <i>Total productive Maintenance (TPM)</i>	12
3.4.5 <i>Kaizen events</i>	12
3.4.6 <i>Mistake proofing</i>	13
3.4.7 <i>Visual factory</i>	15
3.4.8 <i>OEE – Overall equipment Efficiency</i>	16
4 SOUČASNÝ SYSTÉM KONTROLY VYUŽITÍ STROJŮ VE VYBRANÉM ODDĚLENÍ	20
4.1 PŘEDSTAVENÍ FIRMY	20
4.2 LISOVNA PLASTŮ	21
4.3 LISOVNA KOVŮ	22
4.4 PŮVODNÍ SYSTÉM KONTROLY VYUŽITÍ STROJŮ	23
4.5 SOUČASNÝ SYSTÉM SLEDOVÁNÍ VYTÍŽENÍ STROJŮ A JEHO VÝVOJ	24
5 NÁVRH ZMĚN V HODNOCENÍ EFEKTIVITY VYUŽITÍ STROJŮ A OPATŘENÍ PRO ZVÝŠENÍ OEE	41
5.1 NÁVRH ZMĚN	41
5.1.1 <i>Opatření pro zvýšení OEE</i>	41
5.1.2 <i>Hodnocení efektivity využití strojů</i>	43
5.2 ZAVEDENÍ ZMĚN	44
5.2.1 <i>Opatření pro zvýšení OEE</i>	44
5.2.2 <i>Hodnocení efektivity využití strojů</i>	56
6 ZÁVĚR	60
8 SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	61
9 PŘÍLOHY	63

1 Úvod

V dnešní době, kdy není problém na trhu objevit několik substitučních produktů k takřka čemukoli. Firmy musí čím dál více přemýšlet o ekonomickém vyvážení nákladů na své produkty. Jedná se o nikdy nekončící proces, který musí fungovat, pokud chce být firma úspěšnou. Firmám již nestačí pouze dobrý produkt a dobré jméno firmy pro zajištění si pevné pozice na trhu. Nezbytné je také udržování ceny produktu na takové úrovni, aby byla přijatelná pro spotřebitele. Firmy musí zohlednit jak ceny substitutů na současném trhu, tak velikost nákladů na daný produkt. Kromě častého zvyšování cen energií a vstupních materiálů potřebných pro výrobu, se musí počítat i se zvyšujícími se mzdovými náklady. Vlivem současné nízké nezaměstnanosti v České Republice, která podle indexu podílu nezaměstnaných osob k červnu roku 2018 dosahovala, dle statistik Ministerstva práce a sociálních věcí, 2,9% (Ministerstvo práce a sociálních věcí, 2018), dochází k nedostatku pracovní síly z místních regionů. Nedostatek pracovních sil je navíc již i ze zahraničí a musí firmy přemýšlet čím dál více podrobněji nad efektivitou svých procesů.

Vždy, když se začíná s analýzou efektivit výrobních procesů a vytížení strojů se dojde k závěru, že je potřeba mnohem více detailnějších informací, než máme v současné době k dispozici. Je to dáno zpravidla tím, že z počátku nebyla tato data z výroby požadována a je třeba zavést systém jejich sledování.

Pro hledání rezerv ve výrobě je třeba odhalit co nejvíce ztrát, které nemusí být bez detailních informací z procesu na první pohled patrné. Následně je možné odhalit například rozdíly ve výkonech mezi denními či nočními směnami i rozdíly mezi pracovními skupinami z pohledu poruchovosti strojů, doby využití pro údržbu, či seřízení strojů, zmetkovitosti, taktu výroby atd. Pro tyto analýzy je třeba mít data, která nebudou ovlivněna člověkem.

Důvodem vzniku diplomové práce je snaha o zanalyzování a zefektivnění systému hodnocení efektivit výrobních zařízení ve výrobním prostředí nadnárodní firmy vyrábějící elektro součásti, ve které je autor práce zaměstnán.

2 Cíl práce

Cílem diplomové práce je popsání původního systému hodnocení efektivity výrobních zařízení ve vybraném oddělení a změn, které se zavedli pro lepší získávání informací ohledně měření efektivity výrobních zařízení. Budou ukázány příklady z praxe, kterými se dosáhlo zvýšení efektivity. Na základě potřeb se navrhnou další změny v systému kontroly efektivity a zavedou se do výroby.

Zlepšení by následně měla vést z dlouhodobého horizontu k posílení konkurenceschopnosti podniku ve srovnání s podobnými podniky zabývajícími se obdobným výrobním portfoliem.

3 Základní teorie

Základní myšlenkou výrobní firmy by mělo být vyrábět kvalitní výrobky s optimálními náklady na jejich produkty. Pro zajištění optimálních nákladů na výrobu je třeba vědět, kde můžeme hledat rezervy. Jako dobrý nástroj pro hledání míst ke zlepšení slouží různé metodiky. Jednou z nich je například metodika štíhlé výroby (Lean manufacturing). Díky metodikám můžeme snáze vytypovat výrobní procesy a činnosti, na které se máme zaměřit. Dané procesy pak začneme sledovat a pomocí záznamů analyzovat. Když máme k dispozici údaje z procesu, můžeme popsat současný stav, ve kterém se náš proces nachází. Následně si musíme zvolit hodnoty, které jsou pro nás nedostačující, které vyhovující a hodnoty, kterých chceme dosáhnout. Jenom díky popsání současného stavu a stanovení si cíle, můžeme vyhodnocovat, jaká je stabilita daného procesu a zdali se nám daří námi zvolenému cíli přibližovat, či nikoli.

3.1 Jak se dívat na štíhlou výrobu

Na štíhlou výrobu je třeba se dívat tak, že jde o přístup k výrobě, který má za cíl uspokojit v maximální míře zákaznickou požadavky tím, že bude vyrábět jen to, co zákazník požaduje. Snaží se docílit výroby produktů v co nejkratší možné době a pokud možno s minimálními náklady. Štíhlá výroba je zaměřena na minimalizaci plýtvání zdroji a to nejen ve výrobním procesu.

Místo termínu štíhlá výroba se také používají názvy „Lean manufacturing“, „Lean production“, „Lean management“, nebo jen zkráceně Lean. Štíhlá výroba je původem z Japonska. Její přesnější název by se dal z originálu přeložit jako „přímá výroba“. Jde

totiž o napřímení a zkrácení cesty od výrobce k zákazníkovi, včetně zrychlení přípravy nových výrobků a zpružnění dodávek. (Jirásek, 1998, s. 199)

Počátky myšlenky "štíhlé výroby" (lean production, lean manufacturing) pochází z firmy Toyota, kde vznikla v 50-60 letech 20. století jako alternativa k hromadné výrobě v prostředí, které vyžadovalo vysokou úroveň flexibility a postrádalo finance na jinak nutné, nákladné investice. Myšlenka štíhlé výroby nabízí metody pro komplexní organizaci vývoje a výroby produktu, dodavatelů a kontakty se zákazníkem tak, aby při zlepšeném plnění zákaznicka požadavku bylo zapotřebí méně lidského úsilí, prostoru, kapitálu a času. Přitom dbá na to, aby produkty neztrácely kvalitu. (Žertová, 2015, s. 16)

Štíhlá výroba obsahuje souhrn metod, které popisují přístup k výrobě a mají za úkol zvýšit kvalitu, snížit náklady na výrobu a v neposlední řadě vyrobit produkt za co možná nejkratší dobu. Zjednodušeně řečeno co nejlépe a nejrychleji uspokojit zákazníka za co možná nejnižší výrobní náklady. Docílení tohoto je především plánováno minimalizací plýtvání.

Díky nástrojům obsažených v metodice štíhlé výroby, se dají nalézt jednotlivé problémové oblasti ve firemních procesech. Díky tomu a vyvinutí vhodné iniciativy, je možné postupně ztráty eliminovat. Nejedná se však přímo o návod, který nám řekne přesně, co a jak máme udělat.

Jedná se hlavně o náhled na výrobní procesy a zanalyzování jejich jednotlivých částí. Je zapotřebí, aby se vedoucí i obyčejní pracovníci zapojili a pokusili se nalezené nedostatky v produktivitě odstranit. Některé nástroje mají především za úkol pracovníky vychovat a naučit je uvažovat takovým způsobem, aby k plýtvání zdroji nedocházelo.

3.2 Co je plýtvání

Jako plýtvání můžeme označit v procesu takřka vše, co nám nepřidává hodnotu a tím je zbytečným vícenákladem. Možným plýtváním můžeme označit:

- **Nadvýroba** – vyrábí se zbytečně mnoho, nebo brzy
- **Zásoby**, které jsou vyšší, než je minimum nutný pro plnění výrobních cílů
- **Nadbytečná práce** – činnosti nad rámec specifikovaných prací
- **Čekání** na materiál, informace, součástky, či skončení strojového cyklu
- **Zbytečný pohyb**, který nepřidává hodnotu
- **Opravy** – odstraňování nekvality
- **Doprava** – každá manipulace a doprava
- **Nevyužité schopnosti pracovníků**

Příklady plýtvání v našich podnicích jsou uvedeny v následující tabulce.

Oblast plýtvání	Ukazatel	Hodnota	Příčina plýtvání
Produktivní využití zařízení	OEE	30 – 50% Cíl: 85%	Poruchy, čekání na materiál, neseřizování zařízení, práce při snížených rychlostech, nekvalita
Produktivní využití pracovníka	Procento činností, které přidávají hodnotu	30-40% Cíl: 70%	Zbytečné pohyby, hledání nástrojů, materiálu a informací, čekání, nedodržování pracovní doby
Podíl plýtvání na průběžné době výroby	VA Index	99-80% Cíl: 70%	Zásoby, čekání ve skladech, velké dávky, poruchy, chybějící komponenty, nefungující zásobování

Tabulka 1: Typické hodnoty plýtvání v podnicích (vlastní zpracování)

Zdroj: (Košťuriak a Frolík, 2006, s. 237)

V Japonsku, kde vznikl koncept Štíhlé výroby, se výraz plýtvání řekne „muda“, což se také dá přeložit jako odpad. Má však i mnohem hlubší význam. Práce je sérií procesů či kroků, kde na začátku jsou suroviny a na konci produkt nebo služba. Ke každému z těchto procesů je k produktu přidána hodnota a produkt pak putuje do dalšího procesu. V procesu lidé a stroje buď hodnotu přidávají, nebo nepřidávají. Termín muda označuje ty aktivity, které hodnotu nepřidávají. Taiichi Ohno klasifikoval muda na pracovišti do sedmi následujících kategorií (Imai, 2005. s70):

- Muda zásob
- Muda nadprodukce
- Muda zpracování
- Muda pohybu
- Muda oprav a zmetků
- Muda čekání
- Muda dopravy

3.3 Muda

3.3.1 Muda zásob

Muda zásob se týká finálních produktů, rozpracovaných produktů, obrobků, dílů i součástek. To jsou vše zásoby, které nepředávají žádnou hodnotu. Spíše zvyšují provozní náklady tím, že zabírají skladové místo a vyžadují nasazení dalších zařízení, jako jsou: sklady, vysokozdvizné vozíky a počítačem ovládané systémy pásových dopravníků. Kromě toho je nutné pro provoz a řízení skladů další lidské síly. Zatímco přebytečné položky leží ve skladu, nevzniká žádná hodnota. Navíc jejich kvalita může časem klesat. (Imai, 2005. s80)

3.3.2 Muda nadprodukce

Muda nadprodukce vzniká většinou z obav budoucích problémů, jako jsou poruchy strojů, zmetky a absence dělníků. Důsledkem snahy vyvarování se případných problémů vzniká nutkání vyrábět více, než je potřeba. Tento typ plýtvání vychází z předpokladu předstihu před výrobním plánem. Když je používáno drahé výrobní zařízení, požadavek na počet vyrobených produktů často ustupuje snaze účinně toto zařízení využít. Nadprodukce je důsledkem následujících nesprávných praktik nebo postupů:

- Vyrábí se v procesu tolik produktů, kolik je možné, bez ohledu na tempo, jakým může správně fungovat následující proces či následující výrobní linka

- Je dán obsluze strojů dostatek volnosti k práci
- Je zainteresován každý proces či linka na zvyšování jejich produktivity
- Je umožněno výrobním zařízeními produkovat víc než je potřeba, jelikož mají rezervní kapacity
- Jsou zaváděna do výroby nákladná výrobní zařízení, protože je nelze odepsat, dokud se nezvýší jejich koeficient využití (Imai, 2005. s80)

3.3.3 Muda zpracování

Nevhodná technologie, nebo nevhodné provedení, může vést k plýtvání v samotném procesu výroby produktu. Přílišný náběh, či naopak přeběh obráběcího stroje, neproduktivní údery lisu, či odstraňování otřepů, či jiných defektů, jsou vesměs příklady plýtvání ve zpracování, jemuž se lze vyhnout. V každém kroku, kde se pracuje na zpracovávaném produktu nebo informaci, je přidána hodnota. Produkt nebo informace jsou následně poslány do dalšího procesu. Odstranění plýtvání v oblasti zpracování lze často dosáhnout pomocí technik postavených na zdravém rozumu a nízkých nákladech. Někdy pomůže i jiná kombinace výrobních úkonů. (Imai, 2005. s82)

3.3.4 Muda pohybu

Jakýkoliv pohyb zaměstnanců, který není přímo spojen s přidáváním hodnoty, je neproduktivní. Jedná se o veškeré pohyby, kdy není výrobku přidávána jakákoliv hodnota. Ukázkovým příkladem může být hledání náradí. Nejen samotná chůze, ale především i těžká práce zaměstnanců, jako je zvedání nebo nošení těžkých předmětů, by měla být odstraněna. Potřebu přenášet těžké věci z místa na místo lze odstranit změnou uspořádání pracoviště. Při sledování obsluhy stroje při práci, lze spatřit momenty, kdy je skutečně přidávána hodnota. Ta trvá většinou pouze několik vteřin. Zbytek pohybů žádnou hodnotu nepřidává. Muže se jednat třeba o zvednutí či odložení obrobku. Často je stejný kus pracovníkem nejdříve uchopen pravou rukou a poté přehozen do levé ruky za účelem finálního úkonu.

K identifikaci plýtvání při pohybu se pozorovatel zaměřuje i na to, jak zaměstnanci používají ruce a nohy. V případě nalezení neshody, následuje změna uspořádání pracoviště pro zlepšení stavu věci. Může se jednat o umístění všech jeho částí do ideálních pozic a vytvoření vhodných nástrojů a pomůcek. (Imai, 2005. s82)

3.3.5 Muda oprav a zmetků

Zmetky mohou přerušit výrobu a vyžadují nákladné opravy. V případě, kdy je nelze opravit, nezbyvá nic jiného, než je na náklady výrobního oddělení, či někoho jiného vyhodit. Tím vzniká ohromné plýtvání zdroji a práce. Automatická zařízení často v případě poruchy vychrlí velké množství vadných produktů, než je problém vůbec zpozorován. Zmetky mohou navíc způsobit poškození dalších zařízení, jako například drahých upínacích, třídících či výrobních zařízení. Proto musí být u těchto vysokorychlostních zařízení neustále v pohotovosti obsluha, či kontrolní mechanismus, který je schopen stroj zastavit, jakmile se objeví porucha. Nutnost lidské přítomnosti jde proti smyslu vysokorychlostních automatických strojů a proto by měl být stroj primárně vybaven mechanismem, který stroj zastaví, jakmile se objeví vadné produkty. V ideálním případě by měl zamezit možnosti vzniku neshodného produktu. (Imai, 2005. s81)

3.3.6 Muda čekání

K plýtvání typu čekání dochází, nejsou-li ruce zaměstnance využity, tedy kdykoliv se práce zastaví z důvodu nerovnováhy na lince, například z důvodu nedostatku součástí nebo poruchy stroje. Zároveň k čekání dochází, když zaměstnanec pouze pozoruje stroj a čeká na dokončení jeho procesu, který přidává produktu hodnotu. Tento případ plýtvání by mělo být snadné odhalit. Složitější je odhalit plýtvání při čekání během zpracování nebo kompletace produktu na výrobní lince. Obsluha linky může na první pohled neustále pracovat, plýtvání však může existovat i ve formě vteřin či minut, kdy obsluha čeká, než se objeví další výrobek. Během tohoto intervalu obsluha jen pozoruje výrobní linku bez přidání hodnoty produktu. (Imai, 2005. s83)

3.3.7 Muda Dopravy

V procesech existuje mnoho druhů dopravy (jeřáby, vozíky, vysokozdvížené vozíky, dopravní pásy atd.). Doprava je nezbytnou součástí výrobního procesu. Pohyb materiálu a produktů však nepřidává žádnou hodnotu. Hrozí také riziko, že během přepravy může dojít k nepatrnému, ale i zásadnímu poškození produktu. Společně s nadměrnými zásobami a zbytečným čekáním je plýtvání dopravy vysoce viditelnou formou plýtvání, na které by se mělo soustředit v rámci zvýšení efektivity procesu. (Imai, 2005. s83)

3.4 Základní nástroje Lean

3.4.1 5S

První nástroj ze štíhlé výroby se z pravidla zavádí metoda 5S. 5S je především o odstranění nepotřebných předmětů z pracoviště, udržování pořádku na pracovišti, organizaci pracoviště a standardizaci v jeho uspořádání. Primární důraz musí být kladen na efektivní uspořádání pracoviště pro výrobu. Je jedním z prvních nástrojů, který má být zaveden pro usnadnění zavádění dalších nástrojů štíhlé výroby.

Název 5S je odvozen na základě prvních písmen následujících pěti bodů:

- Seiri / Sort (**roztřídit**) - Jde o oddělení nezbytných a zbytečných věcí na pracovišti a o odstranění těch zbytečných. Doporučuje se vytvořit mimo pracoviště místo, kde jsou po předem definovaný čas uschovány věci, o kterých nejsme jednoznačně schopni rozhodnout, zda jsou nepotřebné. Jedná se o vhodnou metodu především v případech, kdy se nejsme schopni shodnout na důležitosti daných věcí. Po uplynutí stanovené doby se zpravidla ponechané a nevyužité věci vyhodí, či odvezou mimo pracoviště. Následně se po další předem definované době zvolí, jak se s věcmi dále naloží.
- Seiton/Set in order (**srovnat**) - Jde o uspořádání věcí na pracovišti, které po prvním kroku zůstaly na pracovišti. Měly by být uspořádány tak, aby braly ohled na výrobu a byl k nim dobrý přístup. Potřebné položky by měly mít své pevné místo a být dobře vizuálně uspořádány.
- Seiso/Shine (**vyčistit**) – Cílem je udržet stroje, příslušenství i

pracovní prostředí v čistotě. Zajistit, aby všechna pracoviště byla čistá a uklizená. Je třeba vytvořit seznam položek, které musí být pravidelně uklizeny, čištěny.

- Seiketsu/ Standardize (**systematizovat**) - Čištění a kontrola musí být zařítou rutinní záležitostí. Aby se tomu tak stalo, je třeba vytvořit standard na pracoviště pro organizaci a údržbu všech pracovních komponentů. Ve standardu by mělo být obsaženo jednoduše a přesně vše, co se od činnosti požaduje, v jakém rozsahu úkon provádět a pokud je třeba, definovat i časovou náročnost úkonů. Takto vytvořený standard napomáhá k udržení funkčního, srozumitelného a především přehledného systému.

- Shitsuke/ Sustaine (**udržet**) - Jedná se o udržení vytvořeného standardu. Jelikož žádný nově zavedený systém nevydrží fungovat správně okamžitě, je třeba jeho fungování pravidelně kontrolovat a zjednávat nápravy v okamžiku, kdy se objeví odchylky. Kontroly je možno provádět například prováděním pravidelných auditů se zaměřením na 5S. Je přínosné jednotlivá pracoviště hodnotit tak, aby bylo možné sledovat zlepšení, či trendy. Pro udržení standardů se používají i školení zaměstnanců, které napomáhají k vytváření správných návyků. (Vývojový tým vydavatelství Productivity Press, 2009. s105)

3.4.2 Standard work

Standard work je dalším prvkem štíhlé výroby. Standard work se zaměřuje na samotný výrobní proces, tedy na stav, kdy dochází k vlastnímu přidávání hodnoty výrobku. Standard work má za úkol všechny druhy práce organizovat tak, aby se vytvořil efektivní sled operací s minimalizací plýtvání. Standardy by měli přinášet sjednocení pracovních postupů pro podobné procesy, omezovat dohady ohledně způsobu provádění dané činnosti a dosahovat trvalé kvality výstupů svým jednotícím standardizujícím přístupem. Toho by se mělo dosáhnout s pomocí přesného popisu každé pracovní aktivity, včetně času výrobního cyklu, času taktu, či sekvence specifických úkolů dané práce s minimálními zásobami dílů k zajištění průběhu dané činnosti.

Výhody Standard worku:

- Popsání doposud nejefektivnější cesty s minimem plýtvání
- Umožní stabilizovanou a opakovatelnou činnost, která bude minimalizovat možnosti chyb a snižovat odchylky procesu
- Udává základní bod pro další možné zlepšování procesu
- Popisuje kroky, které mohou být snadno provedeny
- Jedná se o vhodný podklad pro školení nových zaměstnanců, či přeškolení zaměstnanců současných (Interní dokumentace Tyco Trutnov Ltd. s.r.o., 2016.)

Vytváření standard worku má čtyři kroky:

- **Nastavení požadované doby taktu.** Doba taktu představuje rychlost, kterou musí být výrobky nebo součástky vyráběny, aby byly uspokojeny požadavky našich zákazníků. Nejedná se o ukazatel toho, co jsme schopni vyrobit, ale množství vypočítané tak, aby odpovídala požadavkům trhu. Pracovní cyklus je tak synchronizován s poptávkou a předchází se tak podprodukcí nebo nadvýrobě. Takt určuje rychlost pracovních toků a umožňuje spočítat dosažitelný objem práce. Doba taktu určuje zákazník, který tím stanovuje časový rámeček pro svázání tempa výroby s tempem prodeje.

$$\text{Doba taktu} = \text{Disponibilní čas} / \text{Poptávka zákazníka}$$

Tuto dobu taktu pak především využijeme při balancování linek. Balancování linek je procesem, při kterém je práce rovnoměrně rozdělena mezi pracovníky tak, aby byla splněna doba taktu.

- **Zaznamenání všech procesních kroků** v jejich postupném provádění. (Jedná se o činnost pozorování a zápisu veškerého dění v procesu).
- **Tvorba dokumentace** je logickým završením předchozích dvou kroků.
- **Udržení zlepšení** je třeba pomocí kontrol na pracovištích a včasných aktualizací dokumentací včetně jejich distribuce. Je třeba neustále kontrolovat a vybalancovávat procesy s ohledem na redukci plýtvání.

Standard worky, v podobě přesného popisu procesů a práce, je třeba distribuovat všem pracovníkům ve výrobním procesu. Může se jednat o tištěnou i elektronickou, sdílenou formu v podobě návodek v PC. Výhodou elektronických standard worků je jejich okamžitá distribuce a aktualizace pomocí firemní LAN sítě.

3.4.3 Value Stream Mapping (VSM)

Value Stream Mapping se používá pro ilustraci toku a znázornění vztahu mezi pracovními procesy. Value Stream Mapping (VSM), v překladu mapování toku hodnot, je analytická technika, která je jednou ze základních technik filosofie Lean. Technika Value Stream Mapping slouží pro mapování hodnotového toku ve výrobních i administrativních procesech. Klíčovým prvkem VSM je zviditelnění procesů, které produktu přidávají hodnotu a procesů nepřidávající hodnotu produktu. Využívá grafického zobrazení toku hodnot, který může být finanční, materiálový, informační nebo jiný. Pomocí VSM jsou tyto toky graficky znázorněny pro lepší pochopení celého toku produkčních procesů, které prochází skrz celou organizaci a jeho návazností na systém řízení organizace, plánování a požadavky zákazníka.

Cílem VSM je provedení mapování současného stavu, odhalení a definování možnosti konkrétních úspor a zrychlení průtoků mezi procesy. Součástí VSM by měl být i model budoucího stavu, kde se namodelují zamýšlené změny včetně detailů realizace a vyhodnocení jejich přínosu.

Praktické použití Value Stream Mapping je především jako podrobná vizualizace procesů, která umožní managementu identifikovat příčiny zbytečného plýtvání zdrojů (času, lidské práce, materiálních, informačních či finančních zdrojů). Techniku Value Stream Mapping používají vybraní pracovníci, kteří mají odpovědnost za neustálé zlepšování procesů či řízení kvality v dané firmě. Mapování hodnotových toků pomáhá odhalit případné ztráty, úzká místa v procesech a všeobecně důvody neefektivních toků kdekoli v organizaci. Je možné ji aplikovat na celou organizaci nebo jen na její určitou část s danými procesy. Snížení nebo odstranění procesů, které nepřidávají hodnotu činnosti, má velký význam pro efektivitu firmy. Po analýze všech procesů pomocí VSM, vyjde najevo, kde leží možné příležitosti ke zlepšení. (Managementmania , 2015)

3.4.4 Total productive Maintenance (TPM)

TPM je program pro plánování údržby k dosažení minimálních prostojů v procesech a zamezení prostojů z důvodu poruchy zařízení. Na samotnou obsluhu stroje se dává daleko větší odpovědnost za samotný stav stroje. Myšlenkou TPM je zároveň osvobození techniků údržby od běžné údržby a díky tomu se mohou zaměřit se na naléhavé opravy a proaktivní údržbu. Funkční TPM program umožní plánovat své prostoje a udržet poruchy na minimu. Cílem TPM je maximální efektivita výrobních zařízení po celou dobu jejich životnosti. Myšlenka TPM se týká všech zaměstnanců napříč odděleními a na všech pracovních úrovních. Součástí systému TPM jsou takové základní prvky, jako vytvoření systému údržby, školení v oblasti základní údržby a řešení problémů a činnosti vedoucí k nulové poruchovosti strojů. Je třeba, aby vrcholový management vytvořil systém, jenž uznává a oceňuje individuální schopnosti a aktivitu pracovníků v oblasti absolutní údržby výrobních prostředků. (Volko, 2018)

3.4.5 Kaizen events

Kaizen znamená zdokonalení. Znamená neustálé zdokonalování, týkající se všech. Jedná se o filosofii, založenou na týmové spolupráci, integrující všechny složky řízení

včetně výkonných pracovníků, dělníků, operátorů, či seřizovačů. Nezbytné je zapojení právě výkonných pracovníků, kteří by měli podporovat a motivovat dílčí iniciativy nižších složek. To následně vede k dlouhodobému přínosu. Jelikož dělníci jsou zaměstnanci, kteří jsou nejbližší vlastní výrobě, tak nejlépe znají realizační procesy a operace a existuje u těchto pracovníků předpoklad nejširšího potenciálu podnětů k realizaci drobných zlepšení. Kaizen událost je rychlá, přesně zaměřená zlepšovací aktivita, na které pracuje předem definovaný tým. Tým je zaměřen na snížení plýtvání a implementaci dalších nástrojů Leanu.

Mezi přínosy Kaizenu patří:

- Aktivní zapojení pracovníků do návrhu realizace změn
- Rozvoj znalostí a dovedností pracovníků v oblastech zlepšování
- Úspory plynoucí ze zefektivnění procesů (Interní dokumentace Tyco Trutnov Ltd. s.r.o., 2016.)
-

3.4.6 Mistake proofing

Mistake proofing je nástroj, který napomáhá při zavádění řešení, která minimalizují vznik selhání či chyby. Tento systém je také znám pod názvy Poka-yoke. Jeho smysl spočívá v eliminaci defektních výrobků pomocí prevence, nápravy a upozornění na lidské chyby, které tyto defekty způsobují. Ve většině případů se jedná o vytvoření mechanického nebo elektrického výrobního přípravku, mechanismu či zařízení, díky kterému nelze vyrobit špatný výrobek. Toto zařízení mechanicky nebo elektronicky zabraňuje například záměně součástek, záměně pořadí jednotlivých operací montáže ve výrobním procesu, nebo například chybnou montáž nějakého prvku. Přípravek tedy zabraňuje mechanikovi pokračovat v montáži výrobku dál, dokud něco chybí nebo není namontováno. Téměř většina vad je způsobena chybami pracovníků, příklady chyb jsou popsány v tabulce 2.

Druh chyby	Popis chyby	Způsob ochrany
Zapomnětlivost	V sériové výrobě, při produkci až několika tisíc výrobků za směnu dochází často k nesoustředění. Operátor například zapomene namontovat drobný dílec.	Montážní zařízení musí operátora upozornit (signalizovat zvukově, světelně), nedovolit vyjmout dílec bez namontovaného komponentu, popř. detekovat úplnost sestavy na nejbližším kontrolním zařízení.
Chyby způsobené nedorozuměním	Chyba způsobená tím, že je učiněno rozhodnutí bez znalosti konkrétní situace.	Výcvik, kontrola předem, standardizování pracovních postupů.
Chyby v identifikaci	Nesprávně vyhodnocená situace. Např. nezřetelné údaje na displeji.	Výcvik, pozornost, opatrnost, zvuková a světelná signalizace.
Chyby prováděné amatéry	Chyby vznikající z nedostatku zkušeností. Například, nový pracovník operaci nezná nebo je s ní sotva obeznámen.	Budování pracovních návyků, standardizace práce.
Úmyslné chyby	Chyba způsobená tím, že se za určitých okolností pracovník rozhodne ignorovat pravidla. Například operátor úmyslně vynechá mezioperační kontrolu a díl předá na další pracoviště.	Základní výchova a zkušenosti, označení dílu značkou po úspěšné kontrolní operaci.

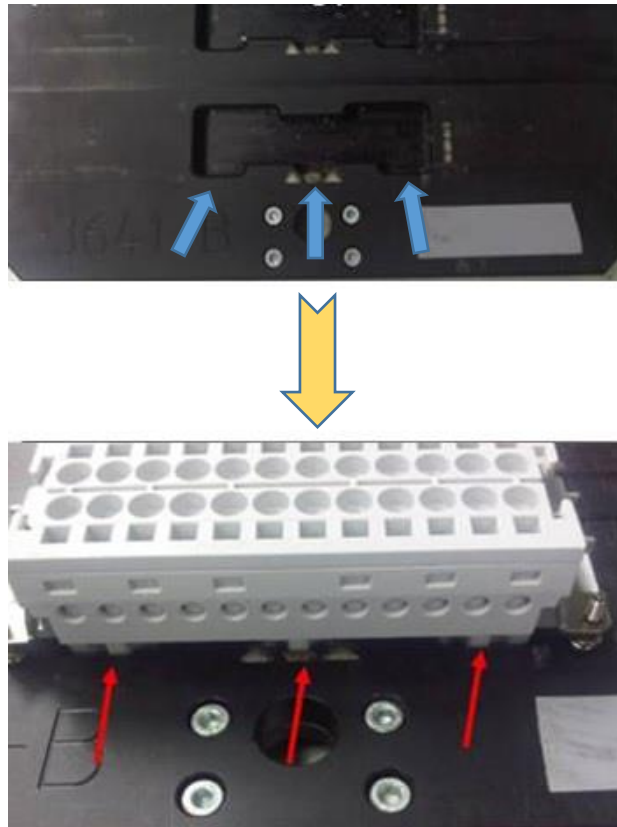
Neúmyslné chyby	Chyba, která je způsobena tím, že pracovník je „myšlenkami nepřítomen“, provede chybně operaci, aniž by věděl, jak k tomu došlo.	Pozornost, disciplína, standardizace práce.
Chyby způsobené pomalostí	Z důvodu nerozhodnosti (pomalého rozhodování, neznalosti) může dojít k zdravotní újmě, popř. finanční ztrátě.	Budování pracovních návyků, standardizace práce.
Chyby způsobené neexistencí norem	K některým chybám dojde tím, že nejsou k dispozici vhodné instrukce nebo pracovní normy.	Standardizace práce, pracovní instrukce.
Chyby z překvapení	Chyby někdy vznikají tím, že zařízení pracuje odlišně, než se očekává.	TPM (Total Productive Maintenance), standardizace práce.
Záměrné chyby	Někteří lidé dělají chyby schválně. Příkladem jsou trestné činy a sabotáže.	Základní výchova, disciplína.

Tabulka 2: Druhy chyb (vlastní zpracování)

Zdroj: (Mildorf, s2-3)

Tento systém známe i z běžného života. Je užíván především u elektrozařízení, kdy samotný design výrobku má za cíl neumožnit jeho nesprávné zapojení. Jedná se například o USB a EURO konektory, které se nadají otočit, či patice pro osazení základních desek procesory, které mají, pro eliminaci chybného osazení, různé tvarové zámky včetně viditelného značení rohu pro orientaci CPU.

Ve výrobních procesech se může jednat například o různé zakládací přípravky, které neumožní vložení špatně orientovaného výrobku před dalším procesem.



Obrázek 1: Ukázka zakládacího přípravku znemožňujícího špatné orientace výrobku před dalším procesem potisku

Zdroj: vlastní fotodokumentace

Pokud se zavede nápravné opatření, které by mělo zabránit opětovnému vytvoření vady, či selhání pracovníka, je třeba provést vyhodnocení účinnosti. Správně nastavený systém Mistake proofing je robustní nástroj pro 100% kontrolu parametrů komponentů a výrobků výrobního procesu. Detekují se tak neshodné komponenty a vada je odhalena již na počátku, což je mnohem méně nákladné než odhalení chyby u zákazníka. Mistake proofing vytváří rychlou zpětnou vazbu tak, že protiopatření mohou být provedena okamžitě. (Mildorf, s10)

3.4.7 Visual factory

Visual factory, neboli vizualizace, má za úkol komunikovat a zdůrazňovat oblasti plývání. Systém vizuálního managementu zaměřuje pozornost na kritické procesy a aktivity a oznamuje stav klíčových oblastí v "reálném čase". Visual factory je celofiremní systém, který je zaměřen na efektivní komunikaci s myšlenkou. Jde o jednoduché a

názorné zviditelnění dat, informací a v neposlední řadě zvýraznění oblastí plýtvání. Nástroje použité k dosažení těchto cílů mohou být definovány jako jakákoliv forma vizuálních signálů nebo obrazovek, které zprostředkovávají informace všem, kteří vstoupí do dohledné vzdálenosti.

Vizualizace se používá i při zavádění dalších nástrojů Leanu. Například se využije pro kontrolu aktuálního stavu vybraného stroje, či při standardizaci 5S. Systém 5S vyžívá vizualizaci při použití barev a štítků k jasnému označení míst pro předem definované předměty.

Výhody:

- Zlepšení bezpečnosti a kvality
- Poskytnutí okamžitých informací o výkonnosti výroby
- Zlepšení morálky pracovníků
- Zlepšení výkonnosti a účinnosti práce
- Jednoduché pochopení výkonu výroby

3.4.8 OEE – Overall equipment Efficiency

OEE neboli celková efektivita zařízení se využívá pro sledování efektivnosti výrobního zařízení. Tento ukazatel se zavádí především na tak zvaná úzká místa výroby. Úzkým místem (bottleneck) je označován proces, který ovlivňuje průtok celým systémem. Čím větší má vliv, tím je úzké místo významnější. Označuje se takto například stroj, který má výrobní takt podobný taktu následující operace a tím pádem jakékoli zdržení v daném procesu může znamenat zpoždění procesu následujícího i celé výrobní linky jako takové.

Tento parametr je vhodný ke sledování zlepšení a to například pro vyhodnocení efektivity zařízení či procesu před a po zavedení nástrojů Leanu. Zároveň se dá tento parametr užít například pro srovnání efektivního využití strojů u podobných výrob pro více výrobních závodů. Tímto parametrem je možné objektivně porovnat a vyčíslit skutečné zlepšení.

OEE je nástroj, který se zaměřuje na více výrobních problémů. Tento nástroj pomáhá metodicky zlepšit proces pomocí základních údajů. OEE neboli efektivitu stroje můžeme vypočítat v případě, kdy máme k dispozici data o výrobě, data o prostojích a data o kvalitě. Tato data pak musíme převést na čas, například na hodiny.

Potřebujeme tedy znát celkový plánovaný čas na výrobu (všechny směny), celkové prostoje a to včetně plánované i neplánované údržby, dobu seřízení stroje a také čas kdy nebyla obsluha u stroje (přestávky). Dále nás zajímá, kolik kusů bylo vyrobeno a jaký je cycle time. Důležité jsou také údaje o kvalitě a to kolik času bylo plýtváno výrobou zmetků a případně jejich následnou opravou. OEE se skládá ze třech hlavních ukazatelů:

$$\text{OEE} = \text{dostupnost} \times \text{výkon} \times \text{kvalita}$$

Dostupnost (Availability): je definována jako poměr mezi výrobním časem a disponibilním časem. Výrobním časem se myslí doba, kdy je zařízení v chodu. Disponibilním časem se pak myslí očekávaná doba chodu zařízení vyjádřeným v procentech. Například, pokud měl stroj běžet 16 hodin, ale byl spuštěn pouze 12 hodin, pak "dostupnost" je 75% (12/16). 4 hodiny, pak činí doba, kdy stroj nebyl v provozu a to např. z důvodů seřízení poruchy nebo jiné odstávky (Materna, 2016. s13).

Vzorec:

$$\text{Availability} = \text{Operating Time} / \text{Loading Time}$$

Operating Time: skutečná doba běhu zařízení

Loading Time: očekávaná doba běhu zařízení

Výkon (Performance): je definován jako poměr mezi skutečným výstupem a plánovaným výstupem. Tato část rovnice se zaměřuje na maximální takt prováděné operace se skutečným chodem stroje. Například, pokud stroj vyrábí 70 kusů za hodinu, ale měl by vyrábět 100 ks za hodinu, tak "Výkon" je 70% (70/100).

Vzorci:

$$\text{Performance} = \text{Total Output} / \text{Potential Output}$$

$$\text{Performance} = (\text{Total Output} \times \text{Ideal Cycle Time}) / \text{Operating Time}$$

Total Output: celkový počet vyrobených kusů

Potential Output: plánovaný počet vyrobených kusů

Ideal Cycle Time: plánovaná délka cyklu (výroby jednoho kusu)

Operating Time: skutečná doba běhu zařízení, poměr mezi čistým výrobním časem a výrobním časem

Kvalita (Quality): je definována poměrem mezi výstupem kvalitních výrobků a výstupem všech výrobků. Počítá se v přepočtu na čas jako poměr mezi užitečným výrobním časem a čistým výrobním časem. Například, jestliže ze 100 vyrobených dílů je 90 v pořádku a 10 ks tvoří zmetky, "kvalita" je 90% (90/100) (Materna, 2016. s13).

Vzorec:

$$\text{Quality} = \text{Good Output} / \text{Total Output}$$

Good Output: počet vyrobených kvalitních kusů

Total Output: celkový počet vyrobených kusů (Wikipedie, 2017)

Kombinace výše uvedeného příkladu do výsledné OEE rovnice, OEE je:

$$\text{OEE} = 75\% \times 70\% \times 90\% = 47,25\%$$

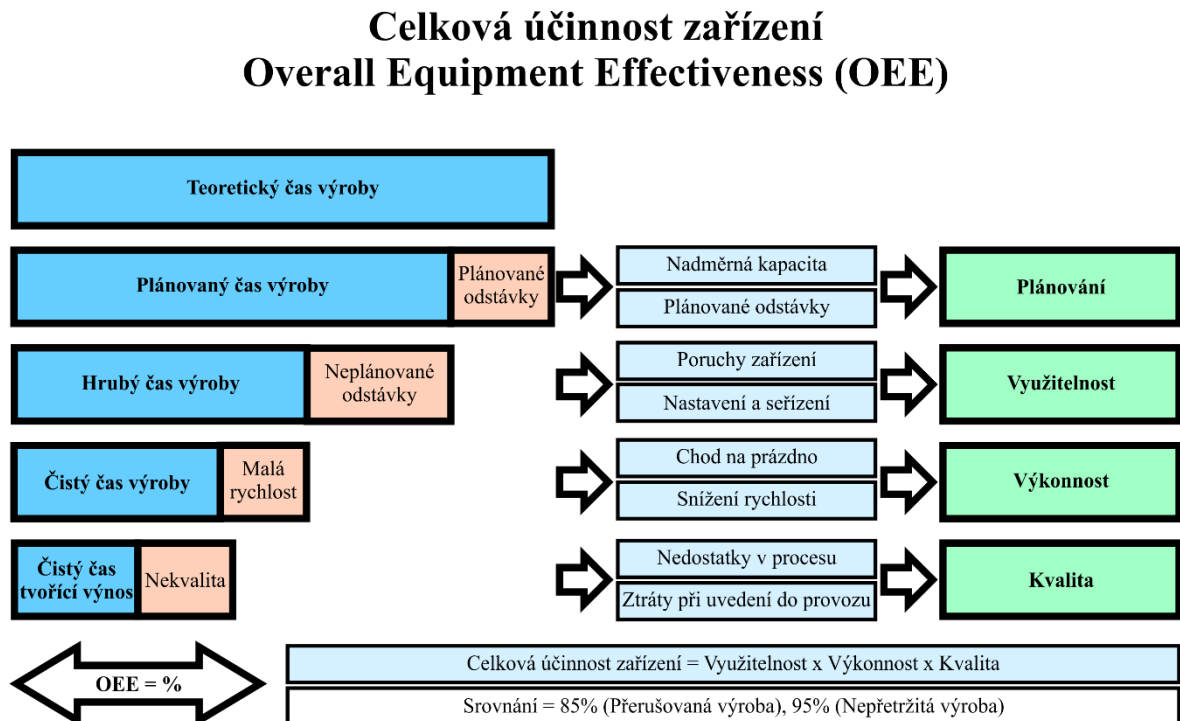
Z výše uvedeného příkladu je patrné, že dosažením OEE=100% vyžaduje neustálý chod stroje v plném taktu a výrobu bez neshodných výrobků. Samotné OEE je vhodné rozebrat na jednotlivé části, protože např. samotný výsledek např. 60% nic zajímavého nesdělí. Stroj, který za směnu vyrábí deset zakázek a při každé změně zakázky se na 15 minut zastaví kvůli seřízení, ztrácí v OEE 150 min. Zatím co stroj, který vyrábí jen jednu zakázku celou směnu, je v tomto hodnocení značně zvýhodněn. Rozebrání jednotlivých položek je tedy velmi důležité, abychom byli schopni data správně interpretovat.

Při rozboru OEE bychom se měli zaměřit na tak zvané:

- **Zpátečky** - jedná se o delší prostoje stroje např. technická porucha
- **Seřízení** – seřízení stroje na další zakázku
- **Zpomalení** - zpomalení chodu stroje
- **Mikro prostoje** - drobné zastavení stroje, většinou definovány jako zastavení netrvající déle než pět minut

- **Kvalita** - vyrobené zmetky nebo čas strávený opravami neshodných kusů.

Grafické znázornění rozpadu OEE je vidět na následujícím schématu:



Obrázek 2: OEE (vlastní zpracování autora)

Zdroj: (Helebrant, Hrabec, Blata, 2013, s. 14)

Díky výslednému ukazateli OEE se dá z dlouhodobého hlediska vyhodnotit trend efektivního využití strojů ve výrobě. Je vhodné si vyhodnocovat i dílčí ukazatele pro analýzu možného zlepšení v daných oblastech.

Většina nástrojů štíhlé výroby usiluje o odstranění plýtvání ve výrobě a tudíž i zvyšuje hodnoty OEE (Materna, 2016. s14).

4 Současný systém kontroly využití strojů ve vybraném oddělení

4.1 Představení firmy

Firma Tyco Electronics EC Trutnov s.r.o. ve které tato práce hledá možnosti pro zlepšení hodnocení efektivity výrobních zařízení je součástí společnosti TE Connectivity Ltd. „TE Connectivity v Trutnově je součástí nadnárodní společnosti a největším světovým výrobcem a dodavatelem kabelové a konektorové techniky. Hlavním zaměřením dvou trutnovských závodů je výroba komunikačních a síťových relé, speciálních konektorů a odporů, teplem smrštitelných ochranných a identifikačních prvků pro automobilový, letecký, elektrotechnický a zdravotnický průmysl.“ (TE Trutnov, 2018)

Společnost TE Connectivity Ltd. se světově dělí na 4 lokality. Ameriku, Čínu, Asii (bez Číny) a EMEA lokaci (Europe, Middle East, Africa). Celosvětově měla společnost, dle výroční zprávy za rok 2015, výrobní závody ve více jak 20 zemích světa. V dalších zemích má společnost jednotky se zaměřením na vývoj, controlling a další sekce. K 25. září 2015 měla společnost kolem 72.000 zaměstnanců. Z toho 25.000 v EMEA. V EMEA má firma 5 designových center a 30 výrobních závodů. (TE Connectivity Ltd. family of companies, 2016) Jeden z nich je trutnovský závod.

Závod v Trutnově je se svými zhruba 1300 zaměstnanci největším zaměstnavatelem v regionu a patří k největším závodům v Evropě v rámci mateřské společnosti. Dělí se na dvě lokality. V centru města je soustředěna výroba komunikačních i síťových relé, výroba konektorů a odporů. V druhé lokalitě Poříčí převažují plastikářské technologie, které se specializují na výlisky z materiálů s tvarovou pamětí pro kabelové systémy dopravních prostředků, strojů a vysokonapěťové rozvodné sítě. Do sortimentu patří ochranné a identifikační prvky pro kabely a kabelové systémy.

V současné době je závod Trutnov držitelem certifikací norem ISO 9001:2015, ISO 14001, OHSAS 18001, ISO/TS 16 949:2002 a IRIS:2007. Praktická část diplomové práce bude prováděna v oddělení Prvovýroba, která se zabývá především výrobou komponentních dílů pro výrobní linky kompletující relé a konektory. Oddělení Prvovýroba se dělí se na oddělení plastů a kovů. Základní systémy pro měření efektivity

jsou pro obě oddělení obdobná.

4.2 Lisovna plastů

Na lisovně plastů, oddělení prvovýroba, se používají vstřikovací lisy různých značek a typů pro výrobu plastových komponent nezbytných pro sestavení relé či dalších produktů firmy. Využívají se vstřikovací lisy značek Arburg, Netstal, Engel a Fanuc. Jedná se o lisy hydraulické, elektrické a hybridní. Rozsahy zavíracích sil lisů jsou 30 - 200 tun. Průměry šneků v plastifikačních válcích jsou 18 – 45 mm. Prostor pro formy mezi vodícími sloupky je mezi 270 – 520mm. Na výrobních zařízeních se lisují výrobky o vahách 0,02 – 75gramů. Zpracovávají se v nich různé druhy plastů jako PBT, LCT, PA, PC, POM, PPO, PCT s obsahem skla 0 - 45 %. Rozsah zpracovatelských teplot plastů je 200 – 360 °C.

Vstřikovací lisy jsou zároveň většinou osazeny odnímacími roboty různých typů a výrobců, které mají za účel dopravu právě vylisovaného výrobku co nejrychleji do požadovaného balení bez zásahu obsluhy a s co největší možnou eliminací případného znečištění výrobku. Tyto manipulátory jsou důležitou částí výrobního procesu.

Pro zajištění výroby se používá velké množství dalších drobných zařízení nutných pro samotný proces lisování či pro usnadnění manipulace s výrobky. Jedná se především o periferie typu externí řízení plastifikačních teplot, různé typy chladících zařízení forem, či třídících prvků a dopravních pasů. V současné době oddělení plastů disponuje 39 lisy.



Obr. 3 Vstřikolis Arburg.

Zdroj: vlastní zpracování



Obr. 4 Vstřikolis Netstal.

Zdroj: vlastní zpracování



Obr. 5 Vstřikolis Engel.

Zdroj: vlastní zpracování



Obr. 6 Vstřikolis Fanuc.

Zdroj: vlastní zpracování

4.3 Lisovna kovů

Oddělení kovů se specializuje na vysekávání a tvarování komponent, především pro montáž relé, ze svitků kovů různých tlouštěk i šíří. Zpracovává se zde železo i drahé kovy. I v oddělení kovů se využívají stroje různých tonáží a značek. V současné době je počet strojů 13. Využívají se stroje značek Bruderer, Finzer, Haulick a Schaal.



Obr. 7 Lis Bruderer 50t

Zdroj: vlastní zpracování



Obr. 8 Lis Bruderer 18t

Zdroj: vlastní zpracování

V této práci se bude autor zabývat všeobecnou otázkou zefektivnění kontroly vytížení výrobních strojů bez ohledu na typ stroje a jeho využití na lisovně kovů, či plastů.

4.4 Původní systém kontroly využití strojů

Oddělení prvovýroby ve svých počátcích začínalo jako malé středisko původní firmy se dvěma stříhovými lisami. Postupně přibývaly další stříhové lisami a objevil se i první vstřikolisy. Postupem času se strojový park natolik rozrostl, že bylo nutné středisko rozdělit na část zpracovávající kovy a část zpracovávající plasty. Vzhledem k historicky zažitým zvyklostem, se využití strojů příliš nehlídalo. Byl odhadnut cyklus stroje pro každou výrobu a kontrolovalo se především ze strany logistiky, zdali je dostatek dílů pro dodávky zákazníkům.

Výrobní záznamy byly ve formě papírové tabulkové evidence bez návaznosti na nějakou hlubší analýzu. Bylo využíváno také papírové směnové hlášení, do kterého seřizovači zapisovaly činnosti a nestandardní události, ke kterým na jejich směně došlo. Pokud bylo dostatek výrobků na skladech, nebylo třeba analyzovat, zdali je produkce odlišná směna od směny, či den ode dne.

Výrobek: RKT 5.0							
DATUM	SMĚNA	OD ŠARŽE	DO ŠARŽE	KS V POSLEDNÍ ŠARŽI	VSTUPNÍ MATERIÁL	Lis č.	JMÉNO
05.06.2005	Ranní	5	7	25 000	220106598	1	Novák
05.06.2005	Noční	7	8	45 000	220302332	1	Materna
06.06.2005	Ranní	8	10	50 000	220302332	1	Novák

Tabulka 3: Příklad původní evidence vyrobených kusů

Zdroj: Vlastní zpracování

Jak je patrné z tabulky č.3, nebyl ani evidován počet kusů vyrobených za jednotlivou směnu. V případě potřeby se muselo sečíst množství kusů v rozpracované šarži a množství z ukončených šarží. Jelikož skutečné množství výrobků v šarži mohlo být, například z důvodu zpracování zbytku vstupního materiálu, odlišné od plánovaného standardu, jednalo se spíše o odhad.

Tímto způsobem však bylo možné odhadnout pouze vyrobené množství výrobků. Vzhledem k absenci údajů o případné produkci vadných dílů a o době případných prostojů, se nedá v žádném případě mluvit o možném sledování efektivity výrobních zařízení.

4.5 Současný systém sledování vytížení strojů a jeho vývoj

V roce 1999 koupila původní firmu společnost Tyco Electronics, která pod názvem Tyco Electronics EC Trutnov s.r.o. funguje dodnes. Koncern TE v dnešní době využívá obchodní značku TE Connectivity.

S nástupem nové firmy a nových trendů v reportingu firemních výsledků, se postupně začal měnit i systém sledování výkonu. Od roku 2005 byl zahájen proces implementace ERP systému SAP, který měl zastřešit sdílení informací napříč firemními procesy a korporátními divizemi. Proces implementace byl ukončen v roce 2006. I když byla hlavní část implementace ukončena, dílčí součásti a funkcionality se stále doplňují a vyvíjí dle potřeb firem a legislativy.

Tento ERP systém je komplexní nástroj s vysokým potenciálem pro řízení firemních procesů. Základní nutností pro správné fungování každého systému, obzvláště pak ERP systému, jsou správná vstupní data. Vstupní data důležitá pro kontrolu efektivity výrobních zařízení jsou údaje o času cyklu výrobního zařízení pro každý z výrobků, požadavky na výrobu daných kusů a výsledné množství vyrobených dílů. Údaje o normovaném času cyklu jsou zadány technologem a jsou většinou po celý obchodní rok neměnné. Informace o požadavcích na výrobu a vyrobených kusech jsou do systému zadávány logistikem. Pokud do systému vstupují data přes člověka, nemůžeme se na data zcela spolehnout. Člověk může udělat chybu v zadávání, nebo data zkreslit. Zkreslení vstupních dat nemusí být úmyslné. Může se jednat o pouhý přepis z výrobních záznamů, které již mohli být ovlivněny nedůsledným zápisem operátora na dílně apod. Operátor, seřizovač, či jiný pracovník není zcela kontrolován a může dojít k situacím, kdy úmyslně nejsou přiznány vyrobené vadné díly, či se ve výkazu práce upraví čas strávený opravami, či přestávkami. Výsledné reporty ze systému pak mohou být zkreslené.

Data se do systému zadávala v intervalech podle potřeb logistiky. Z toho vyplývaly skokové změny ve skladových stavech. I když byla snaha systém aktualizovat každý den, ne vždy se to z časových důvodů dařilo. Pro víkendové směny, které pracovali od pátku do neděle, byly údaje o výrobě, díky přítomnosti logistiků pouze v běžné pracovní dny, kumulovány, čímž došlo k neúmyslnému skrytí případných výkyvů v produkci.

Zapsané výkony v běžných pracovních dnech a o víkendových směnách jsou

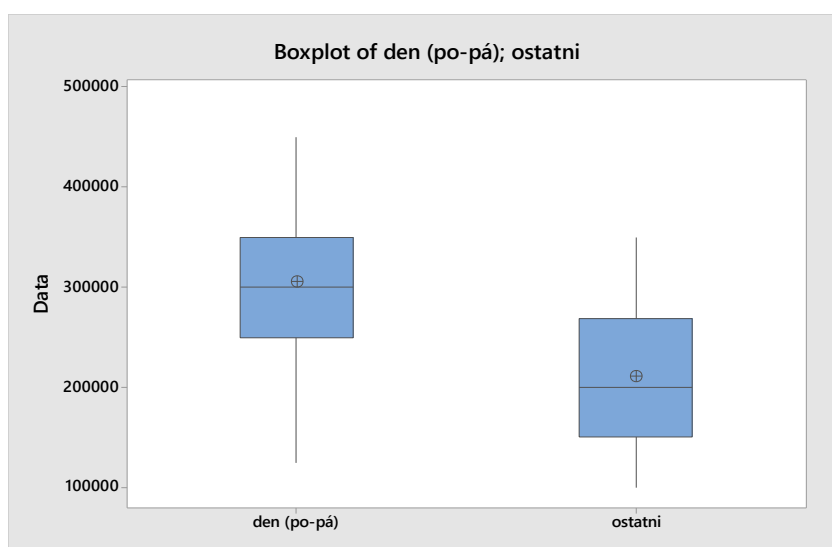
vidět v tabulce č.4 níže. Zde jsou uvedeny počty vyrobených kusů jednoho výrobku přeřpané z výrobních záznamů za 3 měsíce v roce 2010 ve srovnání s fyzicky vyrobenými kusy. Tabulka je doplněna o základní statistické údaje.

Výrobek: Pólový nástavec P2				období: září - listopad 2010			
DEN	SMĚNA	VÝROBA DLE ZÁZNAMŮ (KS)	VÝROBA SKUTEČNÁ (KS)	PRŮMĚR NA SMĚNU	MEDIAN NA SMĚNU	PRŮMĚR NA RANNÍ (PO - PÁ) SKUTEČNÝ	PRŮMĚR NA NOČNÍ (PO - PÁ + CELÉ VÍKENDY) SKUTEČNÝ
ÚT	Ranní	100 000	125 000				
ÚT	Noční	250 000	275 000				
ST	Ranní	300 000	350 000				
ST	Noční	300 000	200 000				
ČT	Ranní	250 000	250 000				
celkem:		1 200 000	1 200 000	240 000	250 000	241 667	237 500
ST	Ranní	150 000	200 000				
ČT	Ranní	300 000	400 000				
ČT	Noční	300 000	200 000				
PÁ	Ranní	300 000	350 000				
SO	Ranní	300 000	200 000				
celkem:		1 350 000	1 350 000	270 000	200 000	316 667	200 000
PO	Ranní	250 000	300 000				
PO	Noční	250 000	250 000				
ÚT	Ranní	350 000	400 000				
ÚT	Noční	350 000	250 000				
ST	Ranní	300 000	300 000				
celkem:		1 500 000	1 500 000	300 000	300 000	333 333	250 000
ČT	Ranní	300 000	350 000				
PÁ	Ranní	300 000	350 000				
SO	Ranní	250 000	250 000				
SO	Noční	250 000	150 000				
NE	Ranní	100 000	100 000				
celkem:		1 200 000	1 200 000	240 000	250 000	350 000	166 667
ST	Ranní	150 000	200 000				
ČT	Ranní	300 000	300 000				
ČT	Noční	150 000	100 000				
PÁ	Ranní	300 000	450 000				
PÁ	Noční	300 000	150 000				
celkem:		1 200 000	1 200 000	240 000	200 000	316 667	125 000
PÁ	Ranní	150 000	250 000				
PÁ	Noční	300 000	350 000				
SO	Ranní	300 000	350 000				
SO	Noční	300 000	300 000				
NE	Ranní	300 000	150 000				
NE	Noční	150 000	100 000				
celkem:		1 500 000	1 500 000	250 000	275 000	250 000	250 000
Total:				256 452	250 000	305 000	210 938

Tabulka 4: Srovnání výrobních záznamů se skutečností

Zdroj: Vlastní zpracování

Již z tabulky je možné vyčíst, že hlášené výkony směn nejsou totožné se skutečností. Rozdíly budou lépe vidět, pokud si data rozdělíme na denní směny v běžné pracovní dny, kdy jsou pracovníci pod dohledem a víkendové směny včetně nočních směn v běžné pracovní dny. Pro vizualizaci rozdílů výkonnosti použijeme krabicový graf neboli Box-plot. Pro zpracování statistických údajů budeme využívat software Minitab, který je ve firmě Tyco Electronics preferovaný. Rozdíly jsou graficky vidět na grafu níže.

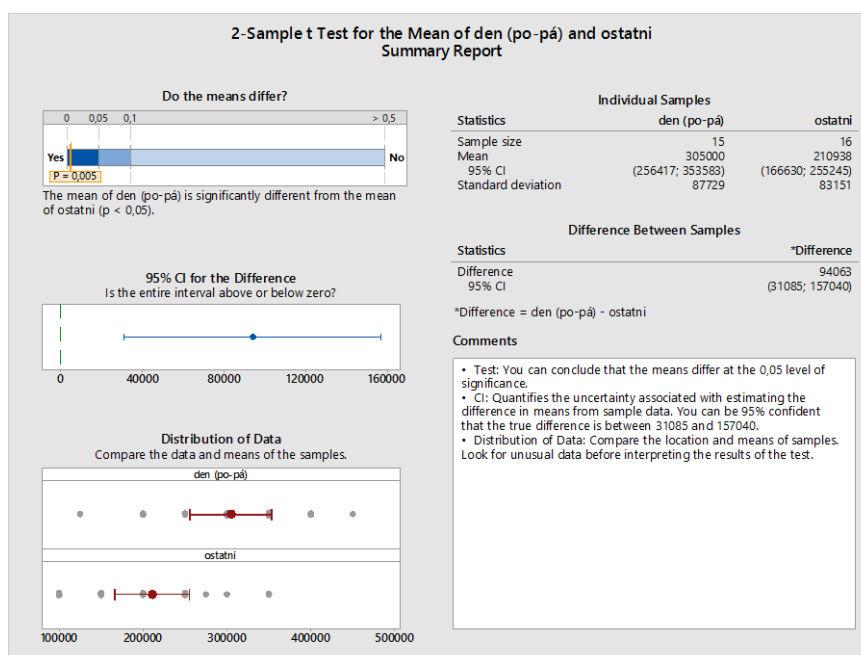


Graf 1: Krabicový graf, rozdíly mezi vykazovaným a skutečným výkonem

Zdroj: Software Minitab, vlastní zpracování

Na krabicovém grafu je vidět posun hodnot kvartilového rozpětí (QR) i rozdílné mediány a průměry. Abychom významný rozdíl průměrů obou souborů dat mohli statisticky potvrdit, je třeba provést test rozdílů průměrů. Jako vhodný test se vybral 2 vzorkový t-test. Pro vyhodnocení testu se opět zvolil software Minitab. Jako nulová hypotéza se zvolila, že oba průměry jsou shodné při hladině významnosti $\alpha=0.05$. Hladina významnosti (significance level) α udává pravděpodobnost, že se zamítne nulová hypotéza, ačkoliv ona platí.

Výsledek 2 vzorkového t-testu vyhodnoceném softwarem Minitab je možné vidět na následujícím obrázku.



Obrázek 9: T-test shody průměrů mezi vykazovaným a skutečným výkonem

Zdroj: Software Minitab, vlastní zpracování

Výsledkem testování hypotézy o rovnosti průměrů je P-hodnota. P-hodnota nám v daném případě vyšla menší, než definovaná hladina spolehlivosti 0,05. Z toho vyplývá, že hypotézu o rovnosti středních hodnot zamítáme. Průměry obou sad dat jsou významně odlišné.

Na základě výsledku testu je zřejmé, že pro získávání přesných dat potřebných pro analýzu efektivity výrobních zařízení se nemůžeme spoléhat pouze na člověka a je nutné využít modernější metody.

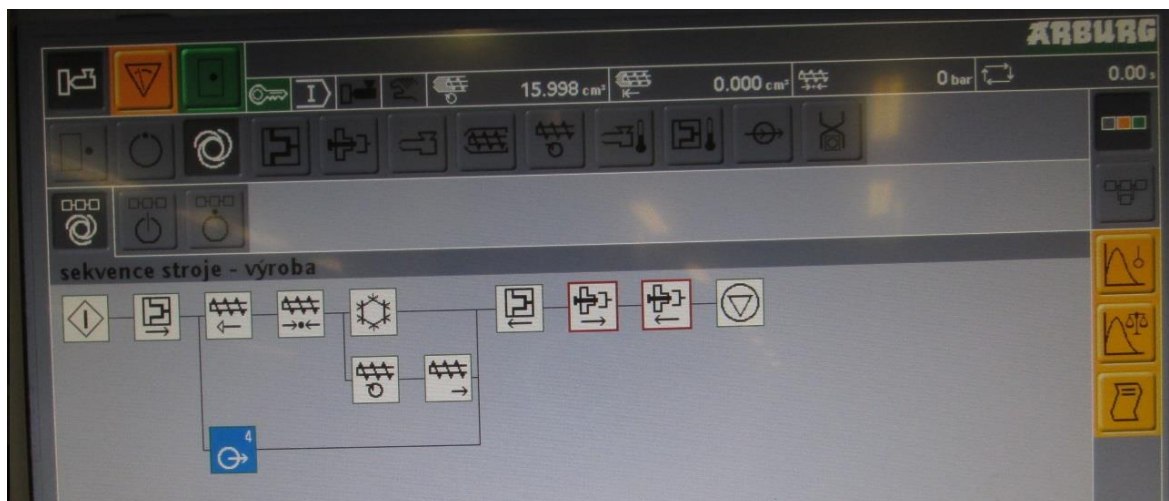
Při rozklíčování odchylek mezi uváděným a skutečným výkonem vyšlo najevo, že pracovníci přenechávali část nadprodukce, kterou často vyrobili pomocí zrychlení výrobního taktu, následujícím směnám z důvodu ulehčení si práce na nočních směnách a o víkendech. Ukázalo se, že se jedná o dlouhodobé nepsané pravidlo.

Z důvodu potřeby snížení rizika nepřesných dat za účelem efektivnějšího sledování vytížení výrobních strojů se rozhodlo o zavedení analytického databázového systému Hydra. K implementaci systému Hydra došlo v oddělení prvovýroby v roce 2011. Prvovýroba byla prvním oddělením z trutnovského závodu a jedním z prvních oddělení v divizích Tyco Electronics, kde se tento systém zaváděl. Systém Hydra má

stejně jako software SAP několik modulů. Hlavním modulem je sběr dat přímo ze strojů a následné vyhodnocení jejich efektivity.

System Hydra neřeší přímo získávání signálu ze strojů, ale především zpracování příchozích signálů a jejich vyhodnocení. Signály mohou znamenat ukončení jednoho výrobního cyklu, výrobu neshodného produktu, či poruchu. Jakým způsobem se budou získávat signály je na řešení každého uživatele. Přenos signálu se z pravidla provádí pomocí UTP kabelu, kterým je stroj připojen k takzvanému terminálu, kde mu je přiděleno číslo portu. Díky číslu portu systém rozpozná, který stroj odeslal daný signál. Dále má terminál informaci o výrobní zakázce daného lisu, takže je mu známo, jaký výrobek se právě vyrábí a kolik výrobků je vyrobeno za jeden cyklus stroje.

Nejsnazším způsobem je připojení nového, moderního stroje vybaveným programovatelným výstupem. V tomto případě se pouze do programu lisu doplní příkaz pro odeslání signálu, jak ukazuje obrázek č.10. Zde je vidět, že je signál odeslán ze vstříkolisu Arburg po zavření formy, vstříknutí plastu a procesu chlazení formy s novým výrobkem. Jedná se tedy o signál, že stroj provedl výrobní cyklus. Terminál pak dle nastavení ví kolik, bylo právě vyrobeno kusů.



Obrázek 10: Zanesení výstupu signálu v programu stroje

Zdroj: vlastní zpracování

Další způsoby získání signálu ze zařízení již nejsou tak snadné. Většina výrobních zařízení v provozech nebývají nejmodernější stroje s programovatelnými výstupy, ale starší zařízení, která nedisponují volnými signály. V takových případech je třeba hledat možnosti, jak si vlastní signál vytvořit z vnitřních signálů tak, abychom

požadovanou informaci do terminálu dostali. Téměř každý stroj však disponuje spoustou vnitřních signálů, například pro samokontrolu systémových funkcí. V takových případech je možno zapojit do obvodu stroje například programovatelné relé Siemens LOGO. Do programovatelného relé můžeme svést například signál informující stroj o úspěšném uzavření formy a o dosažení koncové polohy dávkovacího šneku. Tyto dva signály nám indikují, že došlo k úspěšnému dokončení cyklu stroje, neboť obě podmínky, nutné pro úspěšný cyklus byly zároveň splněny. Díky programovatelnému relé můžeme bezpečně oddělit samostatné signály, které mohou znamenat jen činnosti související s údržbou, či seřízením stroje od automatického cyklu. Teprve v případě, že programovatelné relé zaregistruje oba signály současně, zašle příslušný signál do terminálu.



Obrázek 11: Využití programovatelného relé v rozvodné skříní

Zdroj: vlastní zpracování

Obdobným způsobem lze získat signál pomocí implementování optočlenů, nových snímačů polohy jako jsou koncová čidla a polohová čidla na vačkách, či využití počítadel cyklů stroje.

Vzhledem ke skutečnosti, že oddělení prvovýroba disponuje stroji se stářím 0,5 až 45 let, je rozmanitost způsobu připojení výrobních zařízení k terminálům Hydra samozřejmostí. Rozmanitost možných způsobů zapojení dokládá tabulka níže.

TERMINÁL ČÍSLO	STROJ ČÍSLO	TYP STROJE	SIGNÁL
1	22	Arburg	prog. výst
	25	Arburg	prog. výst
	26	Arburg	prog. výst
	40	Arburg	optočlen
	41	Arburg	optočlen
	50	Arburg	prog. výst
2	11	Arburg	optočlen
	20	Arburg	optočlen
	21	Arburg	optočlen
	30	Arburg	optočlen
	31	Arburg	optočlen
	27	Arburg	prog. výst
	44	Arburg	prog. výst
3	4	Arburg	LOGO
	6	Netstal	LOGO
	7	Netstal	LOGO
	8	Netstal	LOGO
	9	Netstal	LOGO
4	5	Netstal	LOGO
	10	Netstal	optočlen
	18	Arburg	prog. výst
	19	Arburg	prog. výst
	24	Arburg	prog. výst
	37	Arburg	prog. výst

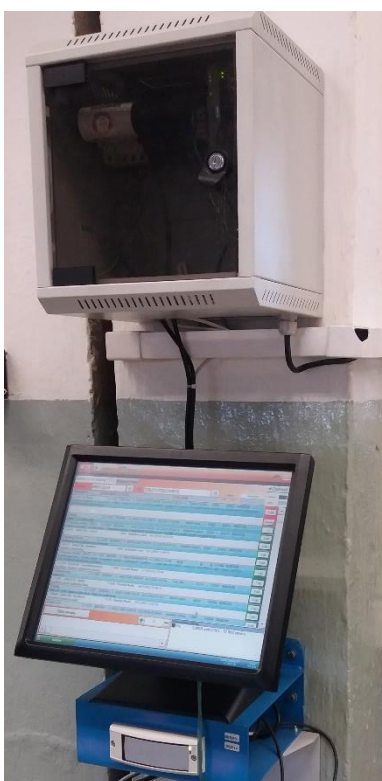
TERMINÁL ČÍSLO	STROJ ČÍSLO	TYP STROJE	SIGNÁL
5	1	Arburg	optočlen
	23	Arburg	prog. výst
	28	Arburg	optočlen
	29	Arburg	optočlen
	32	Arburg	optočlen
6	15	Arburg	optočlen
	16	Arburg	optočlen
	16a	Nýtování	optočlen
7	47	Linka F	Relé
	33	Arburg	optočlen
	38	Arburg	prog. výst
	39	Arburg	optočlen
	42	TOX (IMU ohyb)	optočlen
		Gechter	Počítadlo + optočlen
	48	Linka G	Relé
8	5	Bruderer	Prog. Vačka + optočlen
	11	Bruderer	Unidor + optočlen
	12	Haulik	Unidor + optočlen
	13	Bruderer	Unidor + optočlen
	15	Bruderer	optočlen
	9	1	Bruderer
	2	Bruderer	Počítadlo + optočlen
	3	Bruderer	Počítadlo + optočlen
	4	Shall	LOGO
	6	Finzer	Počítadlo + optočlen
	7	Bruderer	Unidor + optočlen
	8	Bruderer	Unidor + optočlen
	14	Essa	Unidor + optočlen

Tabulka 5: Seznam strojů a princip jejich zapojení k terminálu

Zdroj: dokumentace oddělení prvovýroby, vlastní zpracování

Ve sledovaném oddělení je problém se získáváním signálů ze strojů, i díky důvtipu elektroniků, vyřešen. Získávají se informace o každém výrobním cyklu stroje, každém zastavení stroje a u většiny výrob i o počtu vadných dílů detekovaných kontrolními stanicemi.

Systém Hydra je propojen s ERP systémem SAP. Díky tomuto spojení Hydra ví, jaké jsou aktuální výrobní zakázky a požadované výrobní cykly na daný stroj a výrobek. Hydra pak automaticky zasílá zpět do systému SAP údaje o počtu vyrobených OK a NOK výrobků v každé zakázce.



Obrázek 12: Terminál Hydra

Zdroj: vlastní zpracování

Jelikož je systém Hydra zaveden především jako nástroj pro sledování a zlepšování efektivity výrobních zařízení, byl nastaven pro vyhodnocování ukazatele OEE vysvětleném v teoretické části práce.

Jak bylo popsáno v teoretické části, výpočet ukazatele OEE se skládá ze tří částí. Je to dostupnost, výkon a kvalita. Aby bylo možno OEE správně vyhodnotit, je třeba vědět, kdy je stroj v režimu seřízení, kdy v režimu poruchy, kdy čeká na opravu, kdy na operátora či materiál, zdali jede ve správném taktu, zdali vyrábí dobré výrobky atd.

Kromě fyzického propojení strojů se systémem Hydra, díky kterému je

k dispozici informace o provozu stroje, rychlosti a kvalitě výroby, byl nastaven systém přihlašování seřizovačů do Hydry pomocí ID karet a čteček. Tím je možné data spojit s konkrétní osobou na směně a v případě potřeby je vyhodnotit. Dále byl vytvořen seznam statusů strojů, které by nejvíce vystihovali aktuální stav výrobního zařízení. Stroj ani Hydra neumí rozpoznat příčinu aktuálního prostoje a tak je povinností každého pracovníka zodpovědného za konkrétní lis v případě prostoje zvolit na terminálu správný status. Každý status je zařazen do té kategorie OEE, kterou nejvíce ovlivňuje. Díky možnosti rozklíčování nejčastějších negativních statusů se dá zaměřit na hledání nápravných akcí vedoucích ke zvýšené produktivitě. Dokud není přiřazen konkrétní status operátorem, je v systému prostoj veden jako „status nepřirazen“, který spadá do kategorií zhoršujících OEE neboť ho není možné přesněji identifikovat. Systém zároveň zaznamenává i takzvané mikroprostoje, kdy se stroj zastaví jen na krátkou chvíli, která je zpravidla dlouhá jen pár sekund a není v moci obsluhy stroje zareagovat změnou statusu.

<i>KOD STATUSU</i>	<i>NÁZEV STATUSU</i>	<i>TYP STATUSU</i>	<i>POZNÁMKA</i>
100	Výměna nástroje	Change-overs	Status pro nasazení a sundání nástroje a přípravu výroby. Patří sem sundání, nasazení formy, ohřev, chlazení formy, výměna materiálu, sušení materiálu. Vše co ovlivňuje seřizovač. Status monitoruje QCO.
120	Výměna materiálu	Change-overs	Výměna vstupní pásoviny, výměna beden pod lisem na odpad, výměna cívek s hotovými výrobky...
200	Výroba	Running time	Přiřazuje se automaticky nebo ručně - podle P-lock
212	Oprava nástroje	Change-overs	Forma je sundaná z lisu a je připravena k opravě...
310	Mechanic. oprava stroje	Break-downs	Např.oprava šneku lisu, oprava kroužků, ložisek apod.
311	Elektric.oprava stroje	Break-downs	Oprava elektronikem – tj.programování, výměna pojistek, výměna čidel, přehřátí stroje a příslušenství ...
313	Plánovaná údržba	Break-downs	Předem plánovaná údržba stroje – generální oprava, seřízení a doplnění mazacího systému, konzervace stroje, ale i úklid na konci směny!!!
324	Seřízení nástroje	Break-downs	Forma i materiál jsou připraveny, pouští se lis, padají kusy, kontrola stavu výrobků. Z technologických, nebo kvalitativních důvodů se upravují parametry nebo příslušenství lisu. Tento status vždy koresponduje se zápisem do nástrojové knížky!
330	Chybí materiál	Break-downs	Chybí vstupní, výstupní nebo obalový materiál.
360	Problémy s kvalitou	Break-downs	Výroba pozastavena kontrolou. Není rozhodnuto, jakým způsobem se bude řešit situace. Stroj nevyrábí.
370	Testování vzorkování	Un-Scheduled Production	Stav většinou pro technology. Vyrábějí se vzorky, často bez tlg. postupu. Hydra kusy nepočítá.
380	Ostatní	Break-downs	Tento status se připojuje v případě, že nedokážete přiřadit jiný status (školení...)
390	Přerušení zakázky	Break-downs	Status přeruší zakázku a přiřadí se status Žádné zakázky.
399	Žádné zakázky	Un-Scheduled Production	Stav lisu, který informuje, že po technické stránce je vše v pořádku, ale momentálně není na stroji co vyrábět.

Tabulka 6: Seznam aktuálně platných statusů pro režimy strojů

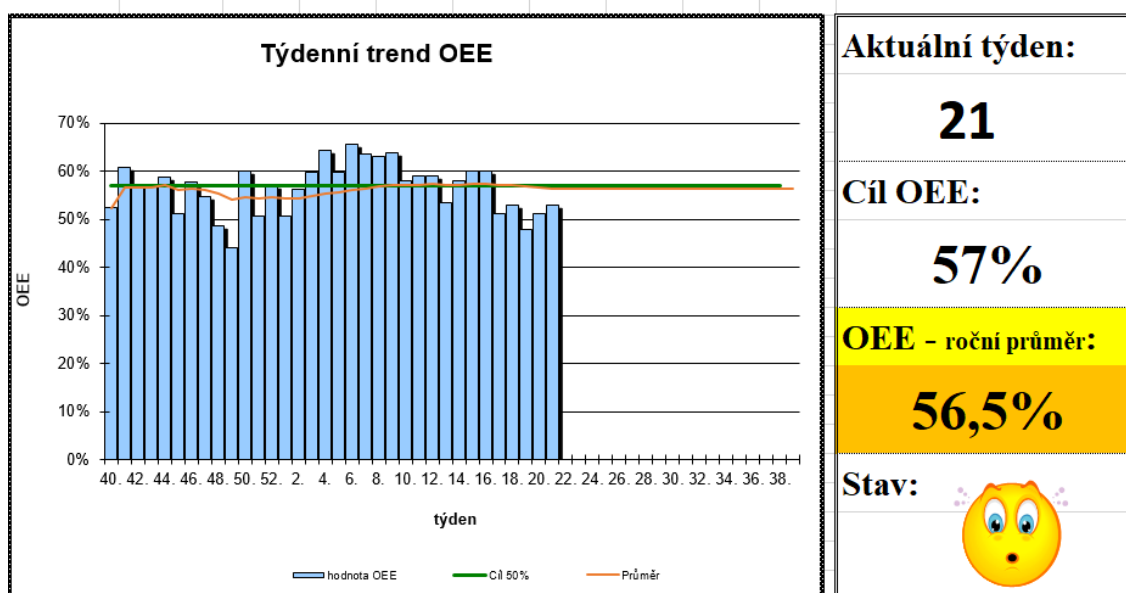
Zdroj: dokumentace oddělení prvovýroby, vlastní zpracování

Při dodržování správného zapisování statusů strojů do terminálů HYDRA se dají dlouhodobým pozorováním zjistit případné trendy, či další závislosti, které z krátkodobého pozorování nejsou na první pohled zřejmé. Je však nezbytné si kontrolovat správnost statusů a zodpovědnost pracovníků s prací na terminálech. V opačném případě se může stát, že vlivem nepravdivých statusů vyvodíme nesprávné závěry a plánovaná opatření i se souvisejícími náklady přijdou vniveč.

V současné době se v oddělení prvovýroba využívá pro sledování efektivního využití výrobních strojů týdenního reportingu OEE jak to ukazuje obrázek č.

OEE PRV - Lisovna kovů

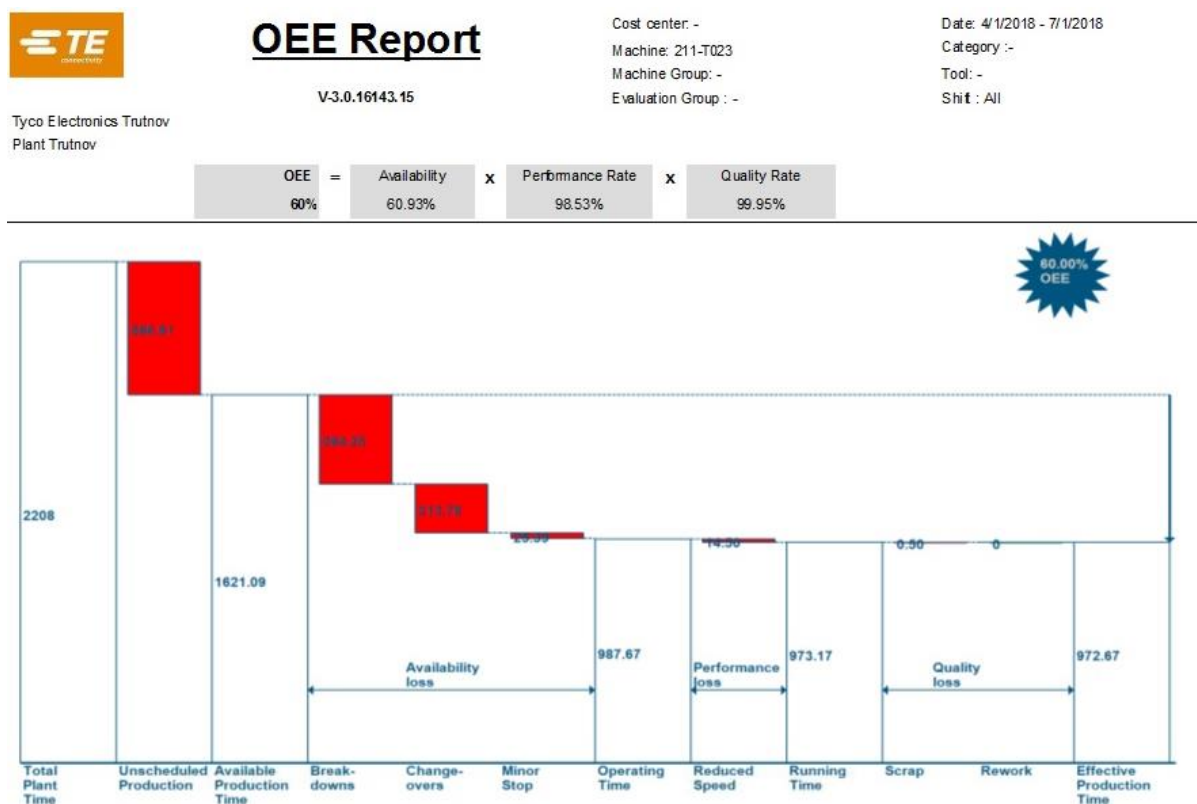
Týdenní vyhodnocení celkové efektivity strojů



Graf 2: Týdenní report OEE

Zdroj: výstup ze softwaru Hydra

Ze systému Hydra je možné reportovat samozřejmě i využití jednotlivých strojů viz. graf č.13 níže. Na daném reportu je detailně vidět, kde máme silné a kde slabé stránky, v kterých částech OEE jsme ztráceli a na které se máme tím pádem zaměřit.



Graf 3: Detailní report stroje

Zdroj: výstup ze softwaru Hydra

Na uvedeném příkladu je názorně vidět, kde jsme ztratily nejvíce ve využití stroje za cca 3 měsíce. Je vidět, že pro zvolené období daný vzorový stroj neztratil v části kvality ani výkonu takřka žádnou kapacitu, zatímco v dostupnosti ztratil 40%. Z grafu je jasné, že lis vyráběl především kvalitní výrobky a ve správném taktu. Na druhou stranu jsme ztratily přes 200 hodin seřizováním a téměř 400 hodin poruchami stroje, či nástrojů. Pokud by byl tento stroj nejslabším místem oddělení, náš fokus by se zaměřoval právě na tyto dvě oblasti.

Z grafu je zároveň možno, díky sloupci ukazující nezaplánovanou výrobu, vyčíst, že stroj má v daném analyzovaném období cca 600 hodin volnou kapacitu. To odpovídá cca 25 dnům, kdy můžeme stroj využít k produkci jiných výrobků.

Pro rychlou informaci o čistém využití stroje se stačí podívat na sloupec Operating Time, který nám říká, že, pomíneme-li opravy stroje a nástrojů, čas nutný na

seřízení a mikroprostoje, stroj byl produktivní cca 990 hodin za sledované tři měsíce. To odpovídá cca 41 dnům.

Pro sledování mikroprostoje byla vyvinuta aplikace spolupracující se systémem Hydra, která zaznamenává všechny mikroprostoje a je schopna vytvořit rychlý přehled neproblémovějších strojů z pohledu počtu mikroprostoje, či z pohledu nejdelších prostoje. Při programování aplikace se využilo i nabraných zkušeností z návštěv jiných závodů TE Connectivity v zahraničí. Do aplikace byla díky tomu implementována společná alarmová vizualizace strojů. Do této doby měl každý lis svůj vlastní alarm a kontrolní diodu informující o stavu stroje. Problém nastal s každým rozšířením strojového parku, protože hluk z okolních strojů z pravidla chybový alarm přehlušil. Operátor, který mohl být dočasně vzdálen ze svého pracoviště, nemohl včas zareagovat na vzniklou situaci. Vlivem toho docházelo k větším prostoje, než bylo nutné. Někdy i k vícenákladům z důvodu poškození zařízení vlivem včasného neodstranění chyby. V sesterském závodě byl zaveden centrální alarm, který se rozezněl vždy, když měl jakýkoli stroj poruchu. Všichni operátoři pak museli jít na své pracoviště a zkontrolovat, zdali není v poruše právě jejich stroj.

Na rozdíl od daného závodu, měl ten trutnovský již implementovaný systém Hydra, díky kterému bylo možné rozšířit původní myšlenku centrálního alarmu o vizuální podobu. Vizualizace informuje přesně, který stroj je v chybě a tím je zalarmován jen ten správný operátor.



Obrázek 13: Umístění centrální vizualizace alarmů strojů

Zdroj: vlastní zpracování

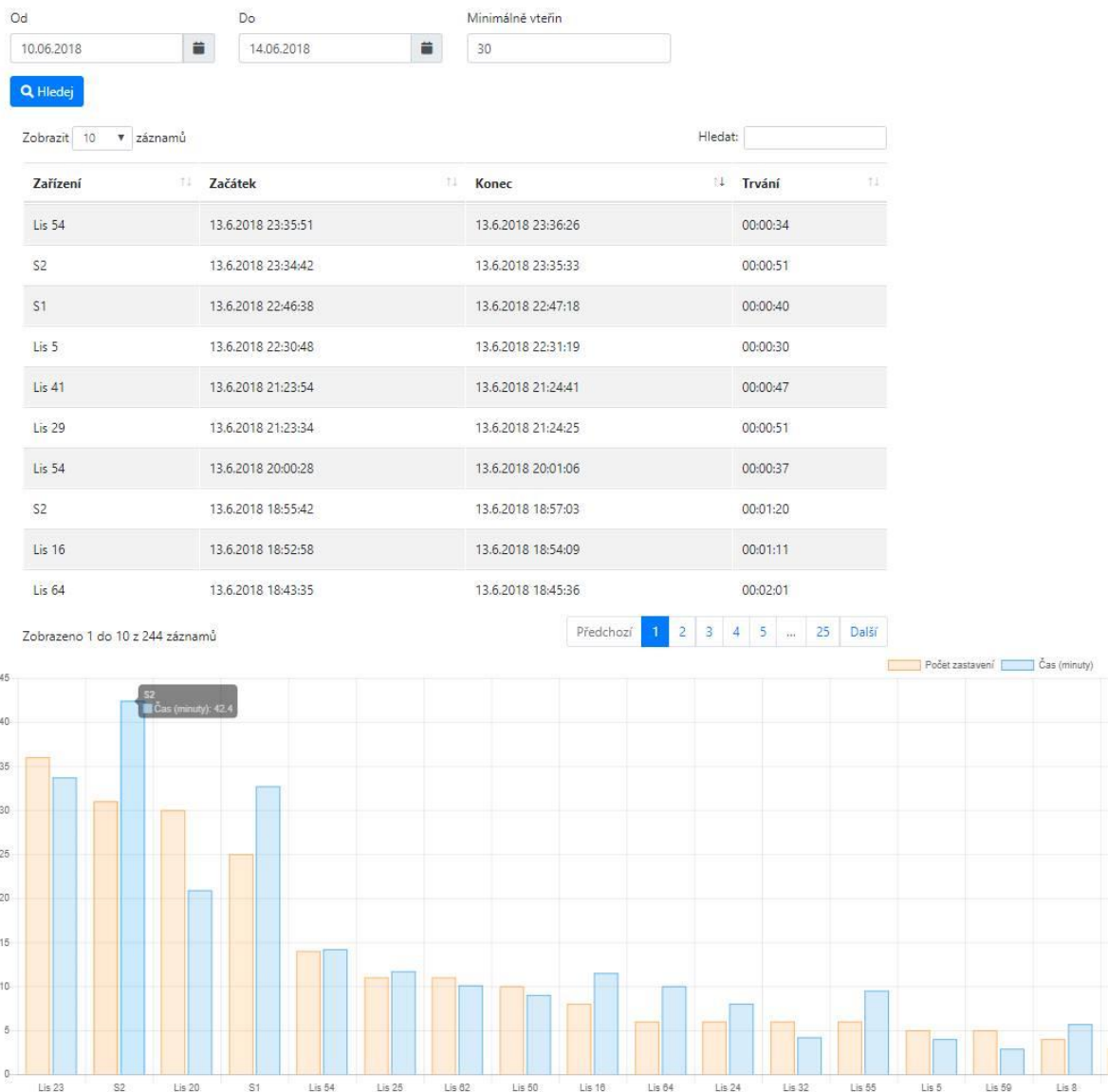
Jak ukazuje obrázek výše, aplikace se zobrazuje na LCD displejích, které jsou rozmístěné po celé dílně a natočeny v různých úhlech tak, aby na něj bylo vidět z každé strany dílny. V případě, že není žádný ze strojů v chybovém stavu, je zobrazena zelená kontrolní hláška. V případě poruchy stroje se na displejích zobrazí červeně podbarvené číslo stroje, či strojů, které jsou v současné době v chybovém stavu a rozezní se alarm.



Obrázek 14: Ukázka zobrazení chybového stavu stroje

Zdroj: vlastní zpracování

Samotný report aplikace Kontrola lisů je vidět na obrázku níže. Program umožňuje uživateli volit minimální délku mikroprostoje a tím z reportu vyloučit natolik zanedbatelné prostoje, jak uzná za vhodné. Výsledný graf pak zobrazuje nejen seřazené stroje podle nejčtetnějších prostoje, ale zobrazuje i celkovou dobu trvání mikroprostoje, což při analýze pomáhá uvědomit si, zdali je pro nás aktuálně nejdůležitější se zaměřit na počty, či délky mikroprostoje. Je důležité si uvědomit, zdali je problém samotný mikroprostoj, nebo fakt, že operátor zareagoval až za tři minuty místo standardních dvaceti sekund. Databáze ukládá nejen počet a délku prostoje, ale i čas zahájení a ukončení alarmu. Tyto údaje jsou klíčové pro zjišťování podrobností k danému prostoji. Aplikace je dostupná z intranetu Tyco Electronics Trutnov na adrese . <http://kontrola-lisu.cz.tycoelectronics.com/>



Obrázek 15 Vyhodnocení nejhorších mikroprostožů
Zdroj: report interní aplikace Kontrola lisů

V poslední době se oddělení prvovýroba snaží v rámci neustálého zlepšování možností hodnocení efektivity výrobních zařízení rozšířit počet Hydra terminálů na dílnách s cílem nevyužívat jeden terminál pro více strojů. Představa jednoho Hydra terminálu na každém stroji je inspirována opakovanými zkušenostmi, že u konkurenčních i nekonkurenčních firem, které jsme měli možnost navštívit, je toto nutným standardem. Předpokladem je, že operátor je u přiděleného stroje vždy, když je jeho přítomnost vyžadována. Pokud má tedy operátor na dosah ruky terminál, nic ho neomezuje v zadání vždy správného statusu do systému bez výrazné prodlevy. Pokud by měl terminál vzdálený, jako doposud, až za dalším strojem, či za více stroji, může to

vést k nezaznamenání informací operátorem, či jejich neúplnost v důsledku myšlenky „na zapsání teď nemám čas, doplním to, až bude volněji a půjdu kolem“. Toto je důležité pro další rozvoj sledování výkonnosti.

Operátor by měl navíc tímto rozšířením Hydra terminálů možnost sledovat výkon svého stroje okamžitě přímo na místě a reagovat na jeho případný negativní vývoj, kterým může být zpomalení výrobního cyklu, vyšší zmetkovitost a další faktory. V současné době jsou takto cvičně osazena dvě pracoviště.



Obrázek 16: Zobrazený výkon pracoviště pomocí samostatného Hydra terminálu

Zdroj: vlastní zpracování

V neposlední řadě se oddělení prvovýroba snaží, vzhledem k současnému trendu digitalizace a s ním související automatizace výroby, aplikovat roboty do svých procesů. S každým vyloučením lidského faktoru se předpokládá stabilnější a efektivnější výkon výrobního procesu, navíc s benefitem výhledového snížení personálních nákladů. K aplikaci robotizace dochází především v procesech manipulace se právě vyrobeným zbožím, kdy se nyní testují tři odlišné typy robotů ve třech odlišných aplikacích.



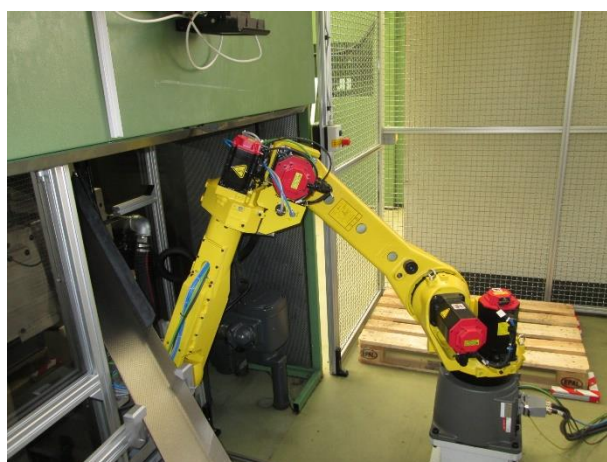
Obrázek 17: Jednoduchý robot pro sortaci produktů z dopravníku

Zdroj: vlastní zpracování



Obrázek 18: Šestiosý robot pro vyjímání plastových výrobků z formy a ukládání do balných jednotek

Zdroj: vlastní zpracování



Obrázek 19: Šestiosý robot pro manipulaci s těžkými balnými jednotkami

Zdroj: vlastní zpracování

5 Návrh změn v hodnocení efektivity využití strojů a opatření pro zvýšení OEE

Oddělení prvovýroba má k dispozici silný nástroj pro sledování efektivity výrobních zařízení. Bohužel, stejně jako v historii, kdy byl k dispozici jen výrobní protokol, se výkon hodnotí kumulativně, což nás připravuje o cenné detaily, které by mohli pomoci k eliminaci dalšího plýtvání a zvýšení efektivity výrobních zařízení.

5.1 Návrh změn

5.1.1 Opatření pro zvýšení OEE

Jak už bylo uvedeno, OEE je složeno z několika částí. Pro zvýšení celkového OEE stačí vylepšit jakoukoli za tří složek. Jelikož kvalita je specifickou oblastí, která je řešena oddělením kvality v rámci neustálého zlepšování a výkon se dá ovlivnit změnou taktu výroby, který podléhá kontrole technologů, zvolila se jako vhodný cíl pro zlepšení část dostupnost. Dostupnost je zároveň nejčastějším prvkem, který celkové OEE snižuje.

Do sekce dostupnosti spadají události, jako jsou opravy strojů a zařízení, doba seřízení či přenastavení stroje na jiný výrobek a mikroprostoje, které mohou být způsobené nejrůznějšími vlivy.

Jako první možnost zlepšení byl vytipován stroj č. 29, který je využíván pro specifickou výrobu konektorů. Výroba na tomto stroji je typická malými výrobními sériemi a častým přeseřizováním. Pokud vezmeme v potaz, že se na většině strojů jedou buď nekonečné série, nebo výrobní dávky atakující půl milionu a více kusů, tak stroj číslo 29, který vyrábí výrobní dávky v množství 250 kusů až pár tisíc kusů, má zajisté v sekci dostupnosti potenciál pro zlepšení.

Portfolio vyráběných plastových konektorů, pro daný stroj, čítá přes 200 typů. Pro zajištění výroby těchto dílů je k dispozici přes 90 forem. Tyto formy musí být logicky někde skladovány tak, aby bylo možné potřebnou formu přivést, stroj přeseřídít a zajistit plynulou změnu výroby. K uskladnění forem v oddělení lisovny plastů slouží regály ve skladu k tomu určeným. Vyhledání potřebné formy zabírá čas, který prodlužuje dobu přeseřizování a ovlivňuje tak OEE. Vzhledem k celkovému počtu forem, kterých je přes 230 se analýza doby strávené hledáním správné formy jeví jako dobrá cesta ke snížení doby seřízení.



Obrázek 20: Regál s formami

Zdroj: vlastní zpracování

Tato domněnka se potvrdila i při informování pracovníků, že se budeme zabývat otázkou rychlejšího vyhledání forem ve skladu. Z dotázaných 18-cti pracovníků se 14 vyslovilo, že je hledání některých forem opravdu zdlouhavé a zabírá jim několik minut až desítek minut. Na dotaz jaký systém při hledání forem pracovníci mají, bylo odpovězeno různě. Jedni sdělili, že si již pamatují přibližné velikosti forem, či jejich specifické příslušenství a tak na první pohled vizuálně eliminují jednoznačně odlišné formy, což jim urychluje hledání. Další sdělili, že se snaží dávat určité formy do určitých pozic, aby formy příště našly. Tato metoda se ale ukázala jako nepříliš funkční, protože ne všichni pracovníci se ztotožnili s daným systémem a navíc není dostatečné množství skladových pozic pro rezervování stabilního místa každé formě. Rozšíření skladových prostor nepřicházelo v úvahu z ekonomického pohledu, kdy by bylo nutné zainvestovat do nových regálů a zároveň by se omezila už tak omezená výrobní plocha, která je zapotřebí pro nové stroje, které přinášejí zisk. I v současné době jsou formy skladovány na více místech, protože není k dispozici prostor, kam by se vešly všechny potřebné regály. Někteří pracovníci sdělili, že žádný systém pro hledání nemají a berou hledání forem jako formu odpočinku.

Během následujících týdnů bylo prováděno náhodné měření doby, kterou pracovník stráví hledáním formy. Měření (viz. tabulka č.7) ukázalo průměrnou dobu hledání formy přes dvě a půl minuty a medián jednu a půl minuty.

5.1.2 Hodnocení efektivity využití strojů

Jelikož se v současné době hodnotí efektivita výrobních zařízení kumulativně za celé oddělení, je obtížnější nacházet slabá místa jednotlivých strojů. Bezproblémové stroje snadno zamaskují svým výkonem výkyvy problematictějších strojů. Tím, že se pravidelně vyhodnocují jen skupiny lisů a nikoli samotné stroje, nejsou k dispozici jiné historické údaje, než kumulované. V případě potřeby zpětné analýzy konkrétního stroje narazíme na problém dostupnosti historických dat jen tři měsíce zpětně standardní cestou. V případě potřeby získání starších dat je třeba kontaktovat datové centrum Hydra v zahraničí.

Jednou z hlavních příčin nevyhodnocování jednotlivých strojů je časová náročnost a nemožnost automatizace. Případná žádost o úpravu samotného systému Hydra podléhá složitému a zdlouhavému procesu, který musí zohlednit požadavky i dalších uživatelů mimo žádající firmu. Navíc, každá změna bývá zpoplatněna nemalou částkou. Cílem je proto zavedení vlastní softwarové nadstavby, která by umožňovala sledování a archivaci hodnot dle aktuálních požadavků oddělení včetně vizualizace aktuálního stavu a porovnání výkonu s předchozí směnou.

Rozdělení sledovaného souboru strojů na menší skupiny, či přímo na jednotlivé stroje, nám pomůže k popsání skutečného stavu vytížení strojů. Z logiky výpočtu OEE by se neměli míchat ve vyhodnocení stroje, které jsou jednoúčelové, se stroji, které mají nekonečný výrobní cyklus a stroji na kterých se běžně mění typ výroby, nebo se často zastavují vlivem malých balných jednotek finálních produktů. Každá z těchto skupin strojů by měla být hodnocena zvlášť a měli by mít i své různé cíle. Je nemyslitelné dosáhnout u strojů, u kterých se často přeseřizuje na jiné výrobky takového vytížení, jako je u strojů vyrábějících dlouhé, či nekonečné zakázky. Při opačném pohledu je zároveň neefektivní mít cíl průměrován na všechny stroje tak, aby náš cíl byl evidentně nižší, než je běžné vytížení strojů s nekonečnými zakázkami. Pokud se vyhodnocuje celkové vytížení všech strojů, mělo by se při vyhodnocování vždy brát v úvahu i skutečnost aktuální skladby výroby.

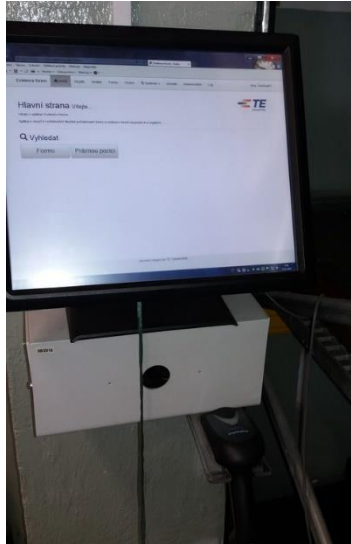
5.2 Zavedení změn

V této kapitole bude popsáno praktické zavedení navrhovaných změn.

5.2.1 Opatření pro zvýšení OEE

Jako první změna v systému vyhledávání ze zavedlo značení forem pomocí magnetické cedulky s číslem formy. Každá forma měla své číslo a v případě uskladnění se její magnetická cedulka umístila pod danou skladovou pozici. Opět se provedlo náhodné měření doby potřebné pro vyhledání formy. Výsledky ukázali zlepšení oproti původnímu stavu, kdy se průměrná doba hledání snížila na přibližně minutu a půl a medián se přiblížil jedné minutě. Nevýhodou tohoto systému však bylo, že se často magnetické tabulky ztrácely, či poškozovali. Navíc daný systém stále nezohledňoval situace, kdy hledaná forma nebyla ve skladu vůbec umístěna, například z důvodu opravy.

Jako další vylepšení bylo proto autorem této práce navrženo řešení evidování zaskladnění pomocí databáze. Tento způsob uvažoval využití databáze o stejných dimenzích, jako jsou skladovací regály (tj. shodný počet pozic na šířku, na délku i na hloubku). Databáze skladu byla propojena s databází forem, díky čemuž získávala informace o popisu každé formy a jejím ID. Každá forma byla vybavena unikátním čárovým kódem obsahujícím její evidenční číslo. Počítač umístěný v těsné blízkosti skladovacích regálů umožňoval vyhledání přesné skladové pozice požadované formy, díky jednoduchému grafickému uživatelskému rozhraní, v řádu několika sekund. Aby systém mohl správně fungovat, bylo nutné doplnit software o funkcionalitu uskladňování forem. Při zaskladňování forem systém zobrazí volné regálové pozice a operátor jedním kliknutím vybere tu, kterou využije. V dalším kroku pouze operátor zadá číslo formy, která byla uskladněna. Pro eliminaci chyb při zadávání ID formy a zrychlení operace, byl počítač vybaven čtečkou čárových kódů.



Obrázek 21: Konzole pro evidenci zaskladnění forem

Zdroj: vlastní zpracování

Evidence forem [Domů](#) [Regály](#) [Rodiny](#) [Formy](#) [Pozice](#) [Vyhledat](#) [Kontakt](#) [Administrátoři](#) [Log](#) Ahoj, Lubos Mate

Vyhledání formy

Vyberte rodinu

PP HTS

Vyberte formu

- M0055226 - HTS
- M0055226 - HTS
- M0055229 - HTS
- M0050486 - HTS
- M0054938 - HTS
- M0054942 - HTS

Obrázek 22: Vyhledávání formy ve skladovém systému

Zdroj: aplikace Evidence forem, vlastní zpracování

ID	80
Family	PP HTS
Resource	M0055226
Designation	HTS

[Vymout formu z pozice](#)
[Posuň formu na zadní pozici](#)

R5

E1	E2	E3
Přední Zadní	Přední Zadní	Přední Zadní
D1	D2	D3
Přední Zadní	Přední Zadní	Přední Zadní
C1	C2	C3
Přední Zadní	Přední Zadní	Přední Zadní

Obrázek 23: Grafické znázornění polohy nalezené formy

Zdroj: aplikace Evidence forem, vlastní zpracování

Po zavedení softwaru do ostrého provozu, bylo opět provedeno měření délky vyhledávání forem ve skladu. Výsledky všech měření jsou shrnuty v následující tabulce. Ostrá verze programu pro evidenci uskladnění forem je dostupná z intranetu firmy Tyco Electronics na adrese <http://evidence-forem.cz.tycoelectronics.com/>

ČASY VYHLEDÁNÍ FORMY (s)			
POZOROVÁNÍ	PŮVODNÍ	MAGNETICKÉ CEDULKY	SOFTWARE
1	23	62	6
2	45	45	5
3	235	173	7
4	62	18	9
5	52	16	5
6	85	38	6
7	495	41	8
8	78	233	9
9	39	196	5
10	127	8	7
11	324	53	5
12	54	50	6
13	11	116	8
14	68	47	9
15	76	38	11
16	95	39	5
17	38	28	8
18	66	345	9
19	287	212	6
20	864	93	4
21	398	51	5
22	52	56	7
23	69	125	9
24	163	155	14
25	122	33	9

ČASY VYHLEDÁNÍ FORMY (s)			
POZOROVÁNÍ	PŮVODNÍ	MAGNETICKÉ CEDULKY	SOFTWARE
26	156	99	8
27	65	48	9
28	23	50	7
29	68	514	5
30	56	111	8
31	72	74	17
32	135	17	7
33	44	90	6
34	205	151	13
35	69	51	9
36	256	96	6
37	184	129	8
38	526	28	4
39	64	67	6
40	283	70	6
41	127	8	8
42	231	48	9
43	58	94	10
44	128	151	7
45	169	68	6
46	93	57	5
47	175	366	8
48	224	17	6
49	695	145	8
50	25	93	9

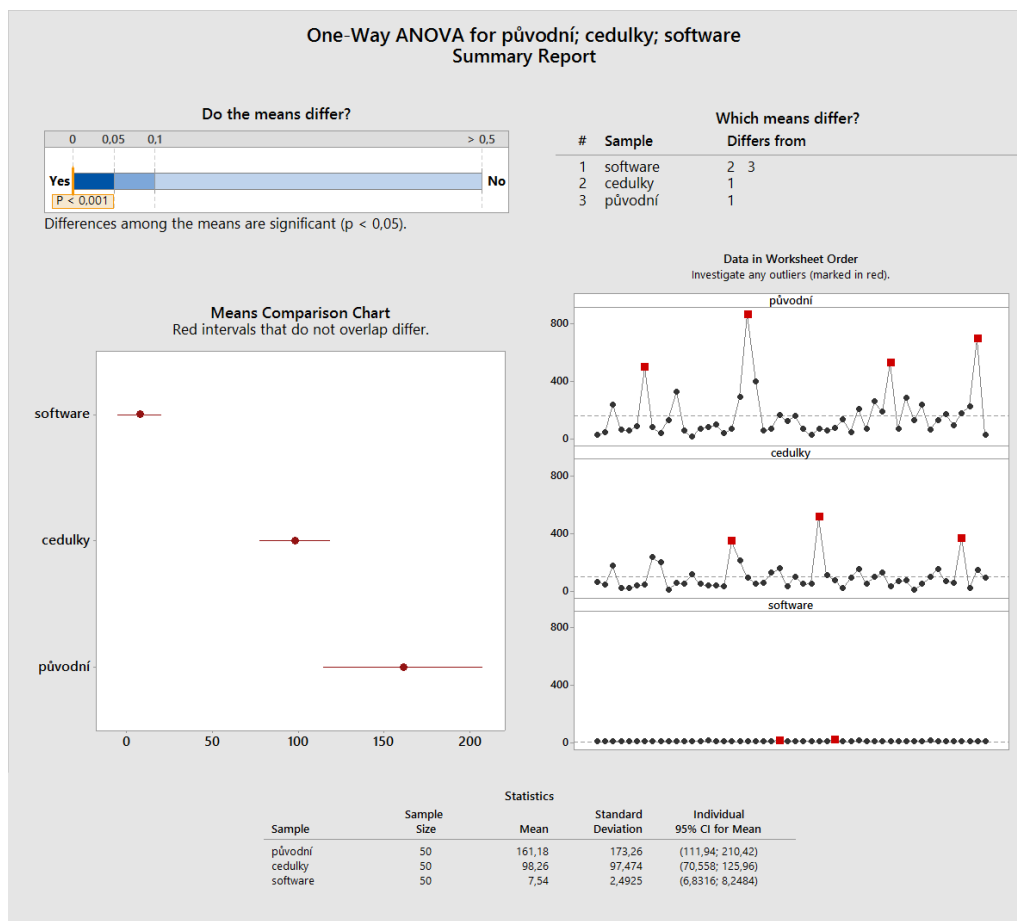
CELKEM (S)	8 059,00	4 913,00	377,00
PRŮMĚR (S)	161,18	98,26	7,54
MEDIÁN (S)	89,00	64,50	7,00

CELKEM (MIN)	137,0	83,5	6,4
PRŮMĚR (MIN)	2,7	1,7	0,1
MEDIÁN (MIN)	1,5	1,1	0,1

Tabulka 7: Měření doby vyhledání formy ve skladu

Zdroj: vlastní zpracování

Již ze základních statistických údajů, jako je průměr a medián, je vidět zlepšení v době vyhledávání forem u obou zavedených opatření. Abychom si výsledky statisticky ověřili, využijeme opět software Minitab. Tentokrát bude použita jednofaktorová ANOVA pro porovnání středních hodnot. Výsledky provedené analýzy jsou vidět na následujícím reportu vygenerovaném softwarem Minitab.



Graf 4: Výsledek analýzy ANOVA

Zdroj: software Minitab, vlastní zpracování

System Minitab nám vygeneroval výsledný souhrnný report. Jako hlavní údaj nám sděluje, že P-hodnota, která je výsledkem testování hypotézy o rovnosti středních hodnot, je menší, než definovaná hladina spolehlivosti 0,05. Z toho vyplývá, že hypotézu o rovnosti středních hodnot zamítáme. Standardní jednofaktorová ANOVA popisuje pouze vyjádření, zda mezi všemi soubory je rozdíl jejich středních hodnot statisticky významný.

Další údaj, který můžeme z reportu vyčíst je, že výsledné hodnoty měření po zavedení softwaru jsou významně odlišné od původních hodnot i hodnot po zavedení

značení forem cedulkami. Na základě provedeného testu můžeme prohlásit, že bylo prokázáno zlepšení časové náročnosti hledání forem po zavedení skladového systému.

Report nám vizualizuje také, že při porovnání 95% intervalů spolehlivosti můžeme potvrdit, že se jednotlivé stavy od sebe liší. Je vidět, že došlo k postupnému zkrácení doby vyhledávání forem. Pro rychlý přehled ohledně průběhu naměřených hodnot nám poslouží i zobrazení histogramu s odlehými hodnotami. V poslední části můžeme vidět vypočtené statistické hodnoty pro jednotlivé soubory dat, jako je průměr, mean, směrodatnou odchylku a konfidenční intervaly.

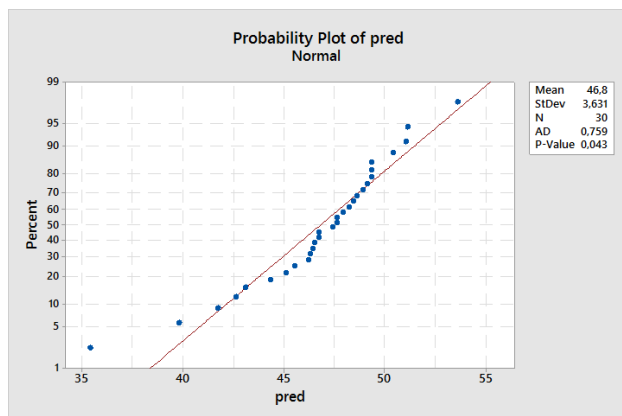
Výše jsme si prokázaly, že zavedené změny měly významný vliv na zkrácení doby vyhledávání forem za účelem změny výroby. Nyní ještě zbývá ověřit, zdali nám tato změna pomohla v měřeném OEE. Abychom nebyli ovlivněni ostatními složkami OEE, budeme porovnávat pouze složku dostupnost pro zvolený stroj č.29 před zavedením změn a po zavedení systému pro skladovou evidenci forem. Porovnávat se bude 30 dní z časového úseku před zavedením první změny v systému zaskladňování forem a 30 dní po zavedení aplikace pro evidování skladování forem do ostrého provozu. Výsledné hodnoty jsou uvedeny v tabulce níže.

OEE - DOSTUPNOST PRO STROJ Č.29			
před změnami		po změnách	
46,3	42,6	48,6	53,3
48,9	43,1	49,3	55,7
49,1	48,6	51,5	57,4
39,8	46,7	50,2	49,8
51,1	45,5	55,4	51,6
49,3	49,3	58,3	57,3
47,4	50,4	56,7	56,7
47,9	51	55,1	56,3
48,2	53,6	62,3	53,4
47,6	49,3	61,5	56,2
46,5	46,2	53,9	57,1
48,4	35,4	52,3	55,6
47,6	44,3	63,1	57,4
45,1	46,4	54,8	56,3
41,7	46,7	55,6	56,1
PRŮMĚR:	46,8	PRŮMĚR:	55,3
MEDIÁN:	47,5	MEDIÁN:	55,7

Tabulka 8: Porovnání OEE lisu 29 před a po změně

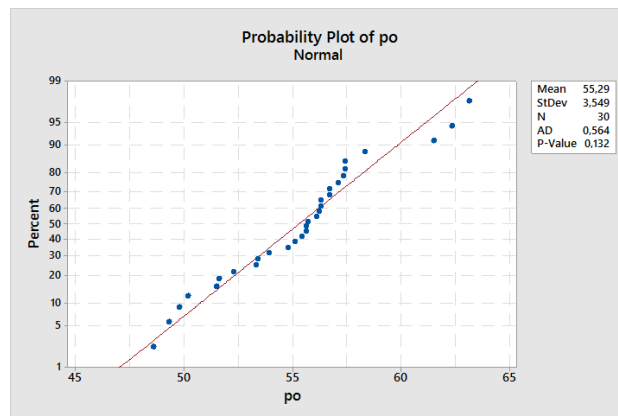
Zdroj: vlastní zpracování

Abychom mohli provést statistické vyhodnocení dat, je třeba zkontrolovat, zdali mají soubory dat normální rozložení. K testu normality dat využijeme software Minitab, který umožňuje i tento test.



Graf 5: Test normality dat před změnami

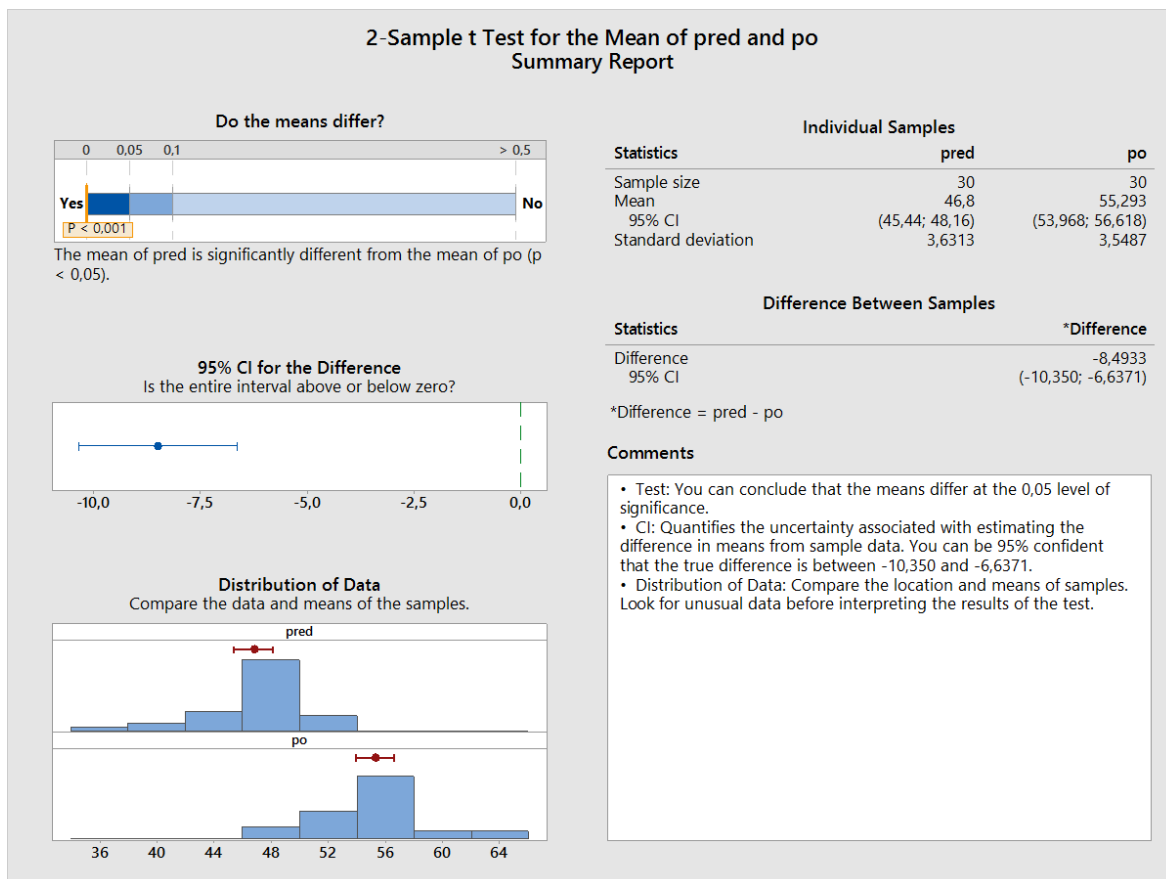
Zdroj: Software Minitab, vlastní zpracování



Graf 6: Test normality dat po změnách

Zdroj: Software Minitab, vlastní zpracování

Výsledná p-hodnota testu normality pro oba soubory dat je větší, než 0,005, čímž potvrzujeme, že mají data přibližně normální rozdělení a můžeme přejít k dalšímu testování. Pro zjištění statisticky významné odlišnosti průměrů využijeme opět software Minitab a zvolíme dvou vzorkový t-test. Vyhodnocení testu nalezneme v reportu níže.



Graf 7: T-test shody průměrů mezi OEE před a po zavedením změn

Zdroj: Software Minitab, vlastní zpracování

Výsledná P-hodnota dvou vzorkového t-testu vyšla menší, než definovaná hladina spolehlivosti 0,05. Z toho vyplývá, že hypotézu o rovnosti středních hodnot zamítáme. Průměry obou sad dat jsou významně odlišné a můžeme tedy prohlásit, že zavedené změny měly statisticky významný vliv na OEE složku dostupnosti.

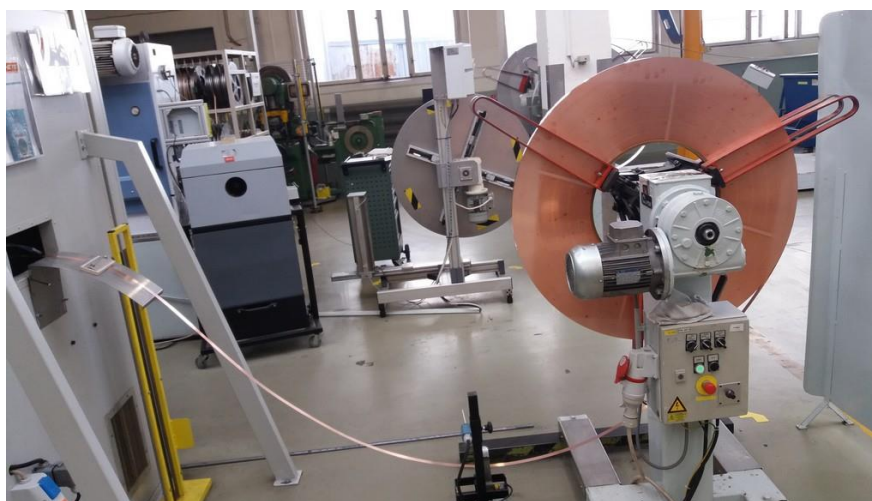
Další možností pro zvýšení OEE je seskupení výroby ze dvou, či více strojů na jeden. Tato možnost byla využita na oddělení lisovny kovů, kdy se rozhodlo o zrušení dvou starších strojů pro vysekávání kovových pásků a nahrazení je zcela novým, moderním zařízením.

Starší stroje byli poruchové, nezvládali vyšší rychlosti a neuměli detekovat vadný výrobek. Zároveň využívali jednoduché odvíječe a navíječe pásků, což z pohledu obsluhy znamenalo častější prostoje z důvodu výměny vstupního či výstupního materiálu. Obě periferie zvládali mít nasazeno jen jedno vstupní, resp. výstupní kolo.



Obrázek 24: Starý vysekávací lis

Zdroj: Vlastní zpracování



Obrázek 25: Staré odvíjecí zařízení

Zdroj: Vlastní zpracování

Jako náhradní zařízení byl vytypován nový, moderní 28 tunový lis značky Bruderer BSTA 280. K lisu se zakoupilo odvíjecí zařízení určené pro odvíjení několika cívek vstupního materiálu najednou, takzvaný multi-coil, což by mělo ušetřit čas přeseřzení. Jako odvíjecí zařízení bylo vytypováno zařízení NOXON, schopné navíjet výstupní pás na více cívek s funkcí automatického navedení. Tím bylo v plánu ušetřit další čas z doby přeseřzení, která negativně ovlivňuje celkový ukazatel OEE.



Obrázek 26: Nový stroj Bruderer s navíječem Noxon
Zdroj: Vlastní zpracování



Obrázek 27: Nový stroj Bruderer s odvíječem Noxon
Zdroj: Vlastní zpracování

Jelikož ukazatel OEE ovlivňuje i kvalita, byla do stroje implementována kamera BALLUFF kontrolující vystřižený pásek, která díky propojení s lisem v případě zjištění výskytu vady stroj zastaví. Dále bylo odvíjecí zařízení naprogramováno tak, že před navedením výstupního pásku na novou cívku, vždy ostříhne 20 cm dlouhý vzorek pro účel další kontroly.



Obrázek 28: Kontrolní kamera u nového stroje

Zdroj: Vlastní zpracování

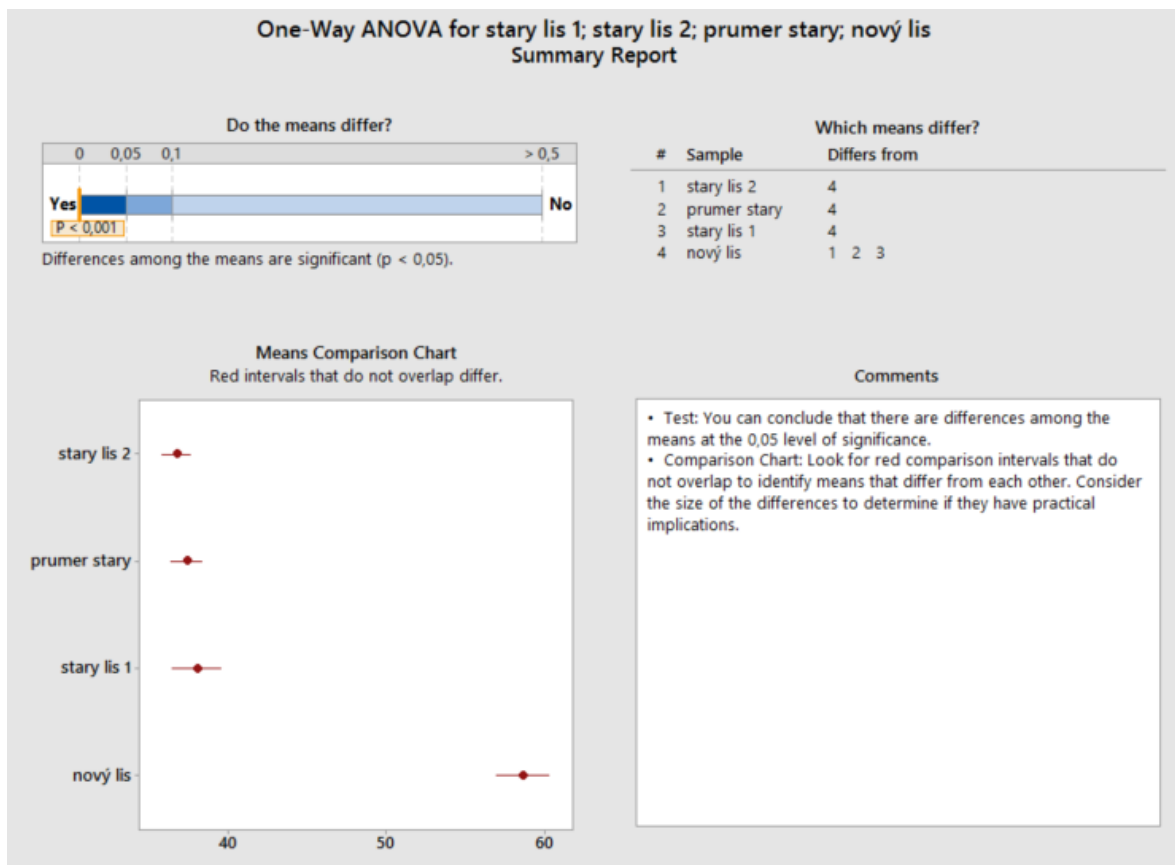
Pro potvrzení zvýšení OEE, po zavedení nového stroje, se sledovalo po dobu 50 směn OEE nového stroje a porovnávalo se s výkony starších lisů. Pro srovnání byl opět použit software Minitab.

pozorování	srovnání OEE střížných lisů			
	původní lis 1	původní lis 2	průměr původních lisů	nový lis
1	34,7	34,2	34,45	60,2
2	41,7	36,4	39,05	58,1
3	39,5	37,6	38,55	59,3
4	41,6	41,5	41,55	59,4
5	32,4	38,8	35,6	60,6
6	45,1	39,4	42,25	63,1
7	39,9	37,8	38,85	57,2
8	41,5	36,4	38,95	40,1
9	43,6	39,4	41,5	61,2
10	44,2	41,5	42,85	63,8
11	44,4	42,6	43,5	59,9
12	51,2	38,4	44,8	59,6
13	48,3	36,4	42,35	61,2
14	42,3	38,4	40,35	62,2
15	45,6	32,6	39,1	64,3
16	41,3	41,3	41,3	60,4
17	38,4	38,4	38,4	58,9
18	44,6	39,4	42	61,2
19	38,9	34,1	36,5	60,4
20	41,2	38,4	39,8	63,8
21	43,6	41,5	42,55	51,6
22	43,9	37,6	40,75	58,6
23	35,6	34,8	35,2	61,9
24	38,4	34,4	36,4	48,2
25	36,5	35,7	36,1	40,3

pozorování	srovnání OEE střížných lisů			
	původní lis 1	původní lis 2	průměr původních lisů	nový lis
26	35,8	32,2	34	61,3
27	39,4	38,3	38,85	58,9
28	35,6	39,5	37,55	63,4
29	34,8	31,6	33,2	64,3
30	35,8	35,6	35,7	66,1
31	40,6	32,1	36,35	59,4
32	38,2	32,8	35,5	61,6
33	34,6	28,8	31,7	61,4
34	35,2	37,6	36,4	50,6
35	42,2	33,5	37,85	50,3
36	24,4	37,2	30,8	62,5
37	38,1	34,8	36,45	61,6
38	35,2	32,8	34	61,5
39	28,5	43,1	35,8	59,8
40	38,1	42,5	40,3	65,1
41	30,5	38,2	34,35	42,8
42	31,7	34,2	32,95	44,6
43	40,9	38,7	39,8	61,2
44	36,6	36,6	36,6	60,4
45	36,4	30,4	33,4	59,6
46	24,3	34,7	29,5	60,4
47	30,8	33,6	32,2	60,4
48	30,9	37,4	34,15	60,3
49	26,9	38,5	32,7	59,9
50	38,6	35,4	37	59,8

Tabulka 9: Porovnání OEE střížových lisů

Zdroj: Vlastní zpracování



Obrázek 29: Vyhodnocení ANOVA - Porovnání OEE stříhových lisů

Zdroj: software Minitab, Vlastní zpracování

Na obrázku číslo 28 je vidět výsledný report softwaru Minitab. Vidíme, že výsledná p-hodnota testu ANOVA nám vyšla menší, než 0,05. Můžeme tedy s 95% jistotou tvrdit, že rozdíly v OEE mezi starými lisy a novým, včetně průměrů starých lisů, jsou významné. Lze tedy tvrdit, že i tato změna v procesu měla významný vliv na zvýšení OEE daných výrob.

5.2.2 Hodnocení efektivity využití strojů

Jak bylo uvedeno, je třeba zavést vlastní systém pro detailnější vyhodnocování efektivity a vytížení výrobních zařízení s archivací dat pro možné zpětné analýzy.

Základním pilířem pro získávání dat o výrobě však zůstává dále systém Hydra. Za účelem povolení přístupu k databázovému serveru systému Hydra, byly vysláni dva klíčoví pracovníci trutnovského závodu zodpovědní za procesy zlepšování na školení u výrobce daného systému. Díky tomuto školení jsme jako závod získaly přístup k databázím systému Hydra a můžeme je využívat, dle našich potřeb.

Jako základní potřeba se vyhodnotila nutnost získávání online dat z výrobních zařízení pro právě probíhající produkci, rozdělených na co nejmenší časové úseky. Jako nejmenší časový úsek se zvolila jedna hodna.

Dalším požadavkem bylo vizuální porovnání současné pracovní směny a předchozí směny. Toto je důležité pro rozhodnutí, zdali případný výkyv ve výrobě se dal očekávat v souvislosti s vývojem na minulé směně, či zda se jedná o zlomový skok, pravděpodobně způsobený aktuální směnou, či nenadálými okolnostmi.

Nedílnou součástí sledování výkonu zařízení po hodinových intervalech by měla být možnost přidání komentáře operátorem k nestandardním výsledkům. Tím se odbourává zbytečné hledání informací, které především při zpětném dohledávání bývají již zkreslené.

Dalším požadavkem byla možnost eskalací, když nedosáhne daný stroj požadovaného výkonu. Jedná se o další krok v automatizaci procesů, kdy je cílem omezit administrativu a zabývat se jen skutečnými problémy.

Finální nadstavbou zamýšleného systému, by měla být i schopnost propočítání využití lidských zdrojů. Díky nastaveným normohodinám a definované obslužnosti na každý výrobní proces, by mělo být možné v součinnosti s docházkovým systémem průběžně propočítávat, vyhodnocovat a zobrazovat aktuální stav pracovníků na dílně ve vztahu k jedoucím výrobním zařízením. Cílem je, aby byl každý pracovník sám schopen vyhodnotit, zdali je aktuální pracovní směna ekonomicky výkonná a tím, zdali si na sebe takzvaně vydělá. Pracovníci by pak měli z vlastní iniciativy regulovat počet vyrábějících strojů na ekonomicky únosnou mez.

V první fázi byl naprogramován, v jazyku DOT.NET, který je jediným oficiálně schváleným a podporovaným jazykem ve firmách TE Connectivity, grafický interface

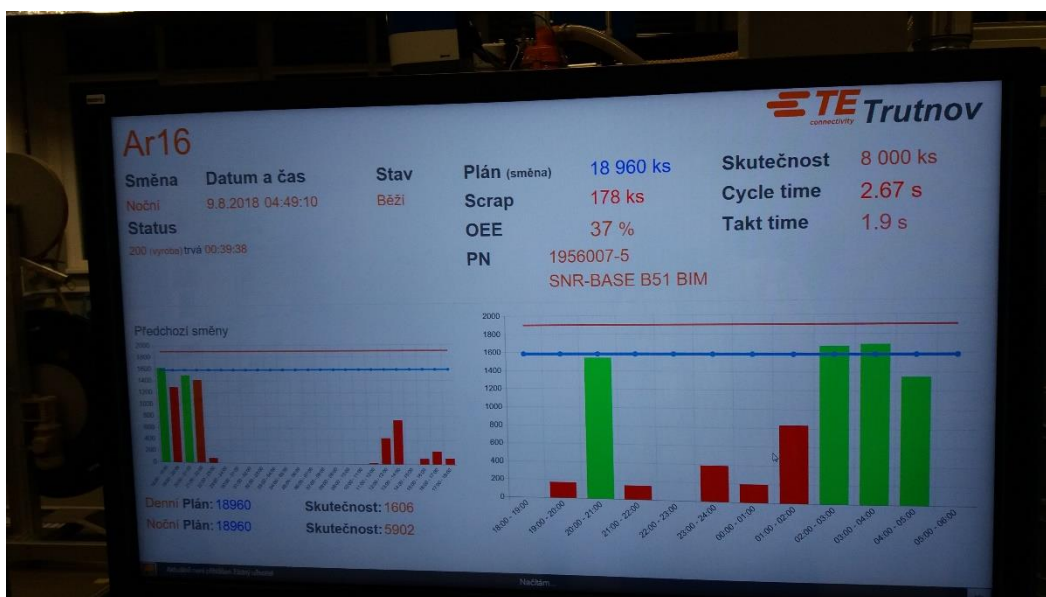
požadované aplikace a byl nastaven potřebný server. Po odladění funkčních nedostatků se program testoval procesním inženýrem prvovýroby s koordinací s firemním programátorem. Následně se doplňovali funkcionality jako požadované zobrazení historických dat z předešlé směny a editovatelné pole pro popis nestandardních výkonů a to ať v pozitivním, tak negativním smyslu.

Aplikace běží na dotykovém informačním panelu lisovny plastů, který je umístěn v informačním koutu sloužícím pro sdílení informací a předávání směn mezi operátory.



Obrázek 30: Infokoutek s informačním panelem

Zdroj: vlastní zpracování



Obrázek 31: Pohled na aplikaci detailního sledování OEE

Zdroj: vlastní zpracování

Jak je vidět na obrázku č. 17, každý pracovník prvovýroby si může zobrazit aktuální výkony svého stroje a směny předešlé. Má na jedné obrazovce informaci o svém aktuálním OEE, plánované produkci, své aktuální výrobě i zmetkovitosti. Může výkon porovnat s cyklem stroje, díky čemuž vidí, zdali jede stroj ve správném taktu, či nikoli.

Zobrazená obrazovka na obrázku č. 17 zachycuje situaci, kdy se zprovozňoval zcela nový typ vstřikolisu a bylo třeba kontrolovat ze začátku veškeré prostoje a produkci. Aplikace umožňuje kontrolovat všechny výrobní zařízení připojené do systému Hydra.

Základní funkcionality jsou otestovány a zahajuje se využívání aplikace pro vyhodnocování detailního OEE pro zvolené výrobní zařízení.

Aplikace je dostupná z intranetu společnosti Tyco Electronics na adrese <http://vizualizace.cz.tycoelectronics.com/Screen>

6 Závěr

Pro efektivní výrobu, zahrnující i systém neustálého zlepšování, je třeba kontinuálně kontrolovat zažité činnosti pracovníků. Je nutné, pro udržení kultury pracovního prostředí, mít zažitou zodpovědnost a pravidla ohledně správného přístupu k pracovním povinnostem včetně předávání informací a sběru dat.

Pomocí moderních technologií je sice možné snižovat lidský faktor ovlivňující výrobu a sběr dat, ten však bude ale vždy nedílnou součástí procesu, který je jím ovlivňován. Bez aktivního a zodpovědného přístupu pracovníků, nebude nikdy možné dosáhnout vybalancované produkce za pomoci systému neustálého zlepšování. Člověk je ke každé změně zdrženlivý a brání se neznámému. Je proto nutné se všemi zaměstnanci aktivně pracovat tak, aby pochopily souvislosti a neměli zbytečné obavy, které každá změna přirozeně přináší.

Každá firma, včetně trutnovského závodu Tyco Electronics, pracuje ve vysoce konkurenčním prostředí a mělo by být jejím cílem neustále hledat rezervy ve svých procesech a zvyšovat efektivitu její výroby, či služeb. Jen tak je možné udržet krok s konkurencí a moderními trendy.

V rámci práce byly předvedeny možnosti hlídání efektivního využívání výrobních strojů. Byly popsány interně vyvinuté aplikace pro sledování vytížení strojů z různých pohledů. Byly navrženy změny v modelovém systému vyhodnocení efektivity. Byl popsán způsob, jakým se firma Tyco Electronics snaží docílit zvyšování výkonnosti a byl popsán a vyhodnocen proces zavedení změn s cílem navýšení ukazatele OEE.

Na základě statistických metod byla potvrzena účinnost zavedených změn, které se projeví navýšením ukazatele OEE, který je nyní možno díky novým aplikacím lépe kontrolovat, analyzovat a tím snáze zvolit nejvhodnější strategii pro efektivnější řízení výroby. Byla navržena a zavedena aplikace pro změnu systému vyhodnocování efektivity výrobních zařízení. Cíl práce považuji za úspěšně splněný.

8 Seznam použité literatury

1. Internetový portál MPSV: Vývoj nezaměstnanosti od července 2004 [online]. 2018 [cit. 2018-07-18]. Dostupné z: https://portal.mpsv.cz/sz/stat/nz/vyvoj_od_072004/?piref37_240420_37_240419_240419.next_page=%2Findex.do&piref37_240420_37_240419_240419.statse=200000000011&piref37_240420_37_240419_240419.statsk=2000000000017&piref37_240420_37_240419_240419.send=send&piref37_240420_37_240419_240419.stat=2000000000018&piref37_240420_37_240419_240419.obdobi=F&piref37_240420_37_240419_240419.uzemi=1000&ok=Vybrat
2. HELEBRANT, F., HRABEC, L., BLATA, J. Provož, diagnostika a údržba strojů (online). Ostrava, 2013 (čítače únor, 17., 2016). Příštup ž Internetu: <URL:www.340.vsb.cz/doc/cms.../provoz-diagnostika-a-udrzba-stroju-189.pdf>
3. Interní dokumentace Tyco Trutnov Ltd. s.r.o. Trutnov, 2016.
4. IMAI, Masaaki. Gemba Kaizen: Řízení a zlepšování kvality na pracovišti. 1. Brno: Computer Press, 2005. ISBN 80-251-0850-3.
5. JÁN, Košturiak a Frolík ZBYNĚK. Štíhlý a inovativní podnik. 1. Praha: Alfa Publishing, 2006. ISBN ISBN 8086851389.
6. JIRÁSEK, Jaroslav. Štíhlá výroba. 1. Praha: Grada Publishing, 1998. ISBN 80-7169-394-4.
7. Managementmania: VSM (Value Stream Mapping) Mapování toku hodnot [online]. 2015 [cit. 2018-07-02]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/value-stream-mapping>
8. MATERNA, Luboš. Návrh optimalizačního systému pro správu výrobních zařízení. Hradec Králové, 2016. Bakalářská práce. Univerzita Hradec Králové, Fakulta informatiky a managementu, Katedra informačních technologií. Vedoucí práce Mgr., Josef, Horálek, PhD.
9. MILDORF, Lukáš. Poka – Yoke: zabránění vzniku neshod ve výrobním procesu [online]. [cit. 2018-06-20]. Dostupné z: <http://katedry.fmmi.vsb.cz/639/qmag/mj41-cz.pdf>. článek. Vedoucí práce Doc. Ing. Darja Noskievičová, CSc.
10. TE Trutnov: Proč k nám do Trutnova [online]. Trutnov, 2018 [cit. 2018-08-04]. Dostupné z: <https://te.jobs.cz/trutnov/>
11. Volko Partners: Slovníček výkonného podniku [online]. 2018 [cit. 2018-04-10]. Dostupné z: http://www.volko.cz/new/slovník_vykonnosti.php?ID_term=2

12. VÝVOJOVÝ TÝM VYDAVATELSTVÍ PRODUCTIVITY PRESS. 5S pro operátory: 5 pilířů vizuálního pracoviště. 1. New York: Productivity Press, 2009. ISBN 978-80-904099-1-0
13. Wikipedie: Celková efektivnost zařízení [online]. 2017 [cit. 2018-02-15]. Dostupné z: https://cs.wikipedia.org/wiki/Celková_efektivnost_zařizení
14. ŽERTOVÁ, Jana. IMPLEMENTACE „LEAN MANUFACTURING“ [online]. online, 2015 [cit. 2018-07-01]. Dostupné z: file:///C:/Users/Mat/Downloads/BPTX_2013_2_11210_0_383291_0_151099.pdf. Bakalářská práce. Univerzita Karlova v Praze. Vedoucí práce Ing. Martina Sieber, Ph.D.

9 Přílohy

- 1) Zkratky a pojmy
- 2) Oskenované zadání

ISO: International Organization for Standardization – mezinárodní organizace zabývající se tvorbou norem. (Iso.cz, © 2015)

Norma ISO 9001 se zabývá principy řízení dokumentace, lidských zdrojů, infrastruktury, zavádí procesy komunikace se zákazníky, hodnocení dodavatelů, měření výkonnosti procesů a také interní audity za účelem získání zpětné vazby. (Iso.cz, © 2015)

Norma ISO 14001 se týká environmentálního managementu, tedy managementu životního prostředí a je určen výrobcům, dodavatelům a poskytovatelům služeb ve všech oborech podnikání. Environmentální management snižuje dopady činností organizace na životní prostředí, což má za následek zlepšení životního prostředí a zlepšení profilu společnosti. (Wikipedia.org, © 2015)

Norma ISO/TS 16 949 specifikuje požadavky na systém managementu kvality výrobců dílů pro automobilový průmysl. Základem normy jsou požadavky ISO 9001 v plném rozsahu doplněné zvláštními požadavky na systém managementu kvality pro výrobce automobilů jejich dílů. (Iso.cz, © 2015)

Norma IRIS je certifikace systému kvality v oblasti železničního průmyslu (International Railway Industry Standard). Jedná se o speciální požadavky na systém managementu kvality dodavatelů pro výrobce železničních zařízení a prostředků. Předpisy vychází z rozšíření požadavků normy ISO 9001:2008 mezinárodní pracovní skupinou expertů pro sektor železničního průmyslu (UNIFE) vydány souhrnně jako norma IRIS. (Iso.cz, © 2015)

Norma OHSAS 18001 je certifikace systému managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci (BOZP). Norma OHSAS 18001:2007 (v ČR vydaná jako ČSN OHSAS 18001:2008) nahradila původní specifikaci OHSAS 18001 z roku 1999. Přestože existují i jiné systémy, je OHSAS 18001 v současné době standardem pro systémy managementu BOZP. Certifikace je obecně použitelná pro jakýkoliv podnikatelský subjekt. (Wikipedia.org, © 2016)

BOZP je zkratka pro Bezpečnost a ochranu zdraví při práci

ERP (Enterprise Resource Planning) je systém plánování podnikových zdrojů, který z pravidla zajišťuje speciální podnikový informační systém. Díky speciálnímu softwaru může firma propojit a řídit většinu, či všechny své procesy jako jsou příjem zakázek, plánování výroby, skladové hospodářství, prodej, personalistika atd. Data shromažďována v databázích jsou možná sdílet, dle potřeb, s vlastníky firmy, s ostatními závody dané korporace či se zákazníky.

Oskenované zadání

Univerzita Hradec Králové
Fakulta informatiky a managementu
Akademický rok: 2017/2018

Studijní program: Systémové inženýrství a informatika
Forma: Kombinovaná
Obor/komb.: Informační management (im2-k)

Podklad pro zadání DIPLOMOVÉ práce studenta

PŘEDKLÁDÁ:	ADRESA	OSOBNÍ ČÍSLO
Bc. Materna Luboš	Dlouhá 583, Trutnov - Horní Staré Město	I1600243

TÉMA ČESKY:

Model hodnocení efektivity strojního zařízení

TÉMA ANGLICKY:

Model of efficiency of machinery

VEDOUcí PRÁCE:

Ing. Karel Mls, Ph.D. - KIT

ZÁSADY PRO VYPRACOVÁNÍ:

Cílem práce je vytvoření modelu, který bude využit pro sledování a případné řízení efektivity využití výrobních zařízení ve vybrané firmě. Výsledný model bude využit aplikováním do vizuální podoby.

Osnova:

1. Úvod
2. Cíl a metodika práce
3. Základní teorie využití strojů
4. Současný systém kontroly využití strojů ve vybraném oddělení
5. Návrh nového modelu hodnocení na základě zjištění
6. Závěr

SEZNAM DOPORUČENÉ LITERATURY:

BEN-DAYA, Mohamed at al., Handbook of maintenance management and engineering (on-line). London New York: Springer, 2007 (citace prosinec, 21., 2015). Přístup z Internetu: URL:http://link.springer.com/chapter/10.1007/978-1-84882-472-0_17

LEGÁT, J. - CINDR, P. Spolehlivost a preventivní údržba (on-line). Praha, 2006 (citace srpen, 30., 2015). Přístup z Internetu: URL:http://www.csq.cz/fileadmin/user_upload/Spolkova_cinnost/Odborne_skupiny/Spolehlivost/Sborniky/25_Spolehlivost_preventivni_uzrba.pdf

VDOLEČEK, František, Spolehlivost a technická diagnostika (on-line). Brno, 2002 (citace leden, 15., 2016). Přístup z Internetu: URL:<http://autnt.fme.vutbr.cz/lab/a1-731a/FSD.pdf>

Podpis studenta: 

Datum: 13.10.2017

Podpis vedoucího práce: 

Datum: 13.10.2017