



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV STROJÍRENSKÉ TECHNOLOGIE

INSTITUTE OF MANUFACTURING TECHNOLOGY

VYHODNOCOVÁNÍ CELKOVÉ EFEKTIVNOSTI VÝROBNÍHO ZAŘÍZENÍ

MEASUREMENT OF PRODUCTION OVERALL EQUIPMENT EFFECTIVENESS

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Miroslav Žanda

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.

BRNO 2019

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav strojírenské technologie
Student: **Bc. Miroslav Žanda**
Studijní program: Strojní inženýrství
Studijní obor: Strojírenská technologie a průmyslový management
Vedoucí práce: **prof. Ing. Miroslav Piška, CSc.**
Akademický rok: 2018/19

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

Vyhodnocování celkové efektivity výrobního zařízení

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Vyhodnocování celkové efektivity výrobního zařízení, rozbor ztrát, analýza možností zlepšování, motivování pracovníků k lepším výkonům, optimalizace a řízení výroby.

Cíle diplomové práce:

- Rozbor vyhodnocování celkové efektivity výrobního zařízení.
- Analýza prostojů a ztrát, příčin výroby neshodných kusů.
- Návrhy možností zlepšování, motivování pracovníků k lepším výkonům, k optimalizaci a řízení výroby.
- Rozbor výsledků.

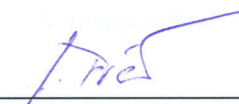
Seznam doporučené literatury:

- SCODANIBBIO, Carlo. Overall Equipment Effectiveness (OEE).
<https://www.scodanibbio.com/site/access/e_courses/downloads/preview/oeo_pw.pdf [cit. 25.10.2018]
- JUROVÁ, M. Řízení výroby I., část 1. Brno: Akademické nakladatelství Cerm, s.r.o., 2005. ISBN 80-214-3066-4.
- SYNEK, M. Výroba. In: SYNEK, M., eds. Manažerská ekonomika. Praha: Grada, 2011. s. 251-276. ISBN 978-80-247-3494-1.
- TOMEK, G. a V. VÁVROVÁ. Řízení výroby. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-80-7169-578-5.
- TOMEK, G. a V. VÁVROVÁ. Řízení výroby a nákupu. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1479-0.
- VYTLAČIL, M., I. MAŠÍN a M. STANĚK. Podnik světové třídy. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1997. s. 17. ISBN 80-902235-1-6.

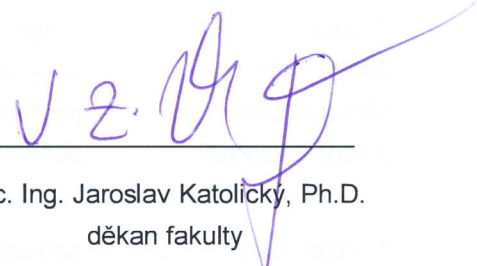
Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2018/19.

V Brně, dne 25. 10. 2018





prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.
ředitel ústavu



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

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá vyhodnocováním OEE strojního zařízení ve výrobní firmě Alfa. Nejprve je zpracována teoretická část týkající se obecně výrobou, TPM, štíhlou výrobou a OEE. Následně je popsána firma, sledované zařízení a technologie používána daným zařízením. V závěrečné části práce je vyhodnoceno OEE za období ledna, února a března; analyzovány prostoje, chyby a ztráty a navrženy jejich řešení. Poslední kapitola je věnována ekonomickému zhodnocení návrhu.

Klíčová slova

celková efektivnost zařízení (CEZ), komplexně produktivní údržba (TPM), MindSphere, štíhlá výroba, optimalizace

ABSTRACT

The diploma work deals with measurement of Production Overall Equipment Effectiveness in manufacturing company Alfa. Firstly, is processed the theoretical part concerning general production, TPM, lean manufacturing and OEE. After than is described the company, monitored device and technology used by the device. In the final section is evaluated the OEE for January, February and March; analyze downtimes, mistakes and losses and their solutions are proposed. The last chapter is devoted to the economic evaluation of the proposal.

Key words

Overall Equipment Effectiveness (OEE), Total Productive Maintenance (TPM), MindSphere, lean manufacturing, optimization

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

ŽANDA, Miroslav. *Vyhodnocování celkové efektivnosti výrobního zařízení*. Brno, 2019. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/117123>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav strojírenské technologie. Vedoucí práce prof. Ing. Miroslav Píška, CSc.

PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že jsem diplomovou práci na téma **Vyhodnocování celkové efektivity výrobního zařízení** vypracoval samostatně s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených na seznamu, který tvoří přílohu této práce.

Datum

Bc. Miroslav Žanda

PODĚKOVÁNÍ

Děkuji tímto panu prof. Ing. Miroslavu Piškovi, CSc. za odborné vedení a cenné připomínky a rady, které mi poskytl při vypracování diplomové práce. Dále bych chtěl poděkovat vedoucímu managementu firmy Alfa za umožnění vypracování práce v jejich prostředí a za maximální ochotu a pomoc při řešení problémů a zjišťování informací, pro práci potřebných. V neposlední řadě chci poděkovat rodině, jelikož bez jejich psychické i materiální podpory bych nebyl schopen na vysoké škole studovat a práci vypracovat.

OBSAH

ABSTRAKT	4
PROHLÁŠENÍ	5
PODĚKOVÁNÍ.....	6
OBSAH.....	7
ÚVOD	10
1 VÝROBA.....	11
1.1 Výrobní proces	11
1.1.1 Rozdělení dle typu výroby	12
1.1.2 Rozdělení dle formy organizace.....	13
1.1.3 Rozdělení dle plynulosti procesů	13
1.1.4 Rozdělení dle příslušnosti k oboru	14
1.2 Řízení výroby	14
1.2.1 Vývoj řízení výroby	15
1.2.2 Cíle řízení výroby	15
2 TPM	16
2.1 Historie TPM.....	17
2.2 Údržba vykonávaná ve výrobě	17
2.2.1 Počáteční čištění	18
2.2.2 Eliminování zdrojů znečištění.....	19
2.2.3 Normy mazání a čištění	19
2.2.4 Provedení všeobecné kontroly	20
2.2.5 Autonomní kontrola	20
2.2.6 Organizace a pořádek.....	20
2.2.7 Rozvoj autonomní údržby	20
2.3 Údržba vykonávaná oddělením údržby	20
2.3.1 Plánování údržby	21
2.3.2 Informační management	21
2.3.3 Management náhradních dílů	21
2.3.4 Řízení nákladů	21
2.3.5 Pomoc při autonomní údržbě	22
2.3.6 Proces plánování údržby.....	22
2.3.7 Korektivní údržba	22
2.3.8 Prevence.....	22
2.3.9 Prediktivní údržba	23
2.4 Plánování nových investic údržbou	23

2.5 Školení a trénink pracovníků	23
2.6 Kroky zavedení TPM	24
2.7 TPM sledovaného zařízení pro obsluhu stroje	24
2.8 TPM sledovaného zařízení pro oddělení údržby	26
3 DALŠÍ NÁSTROJE A TECHNIKY ŠTÍHLÉ VÝROBY	27
3.1 Kaizen	27
3.2 5S	27
3.3 Just in time	28
3.4 SMED	28
3.5 Kanban	28
3.6 Poka-joke	28
4 OEE	29
4.1 Rozdíl pojmů efektivnost a efektivita	29
4.2 Historie OEE	29
4.3 Charakteristika OEE	29
4.4 Definice a složky ukazatele OEE	30
4.4.1 Dostupnost	31
4.4.2 Výkon	32
4.4.3 Kvalita	33
4.4.4 Definice výrobních časů	34
4.5 Ztráty na stroji	35
4.5.1 Prostoje	35
4.5.2 Ztráty rychlosti	35
4.5.3 Ztráty kvality	35
4.6 Čas neplánovaný pro výrobu	36
4.7 Sběr dat a vyhodnocování	36
4.8 Úzká místa dle OEE	36
4.9 Zvyšování OEE	37
4.10 Souvislost ukazatelů OEE a produktivity	38
4.11 Ostatní ukazatele efektivnosti	38
4.11.1 Ukazatel TEEP	39
4.11.2 Ukazatel NEE	39
5 MINDSPHERE	40
5.1 Charakteristika	40
5.2 Aplikace	40
5.2.1 Manage MyMachines	41
5.2.2 Fleet Manager	41

5.3	Funkce MindSphere	45
6	CHARAKTERISTIKA ZAŘÍZENÍ	46
6.1	Popis firmy.....	46
6.2	Popis sledovaného zařízení	46
6.2.1	Čištění, rovnání a stříhání	47
6.2.2	Svařování.....	48
6.2.3	Montáž a nýtování.....	50
6.2.4	Zkušebna a balička	50
6.3	Popis používané technologie zařízení	51
7	VYHODNOCOVÁNÍ OEE ZAŘÍZENÍ	53
7.1	Měření OEE v období ledna 2019	53
7.2	Měření OEE v období února 2019.....	55
7.3	Měření OEE v období března 2019	56
7.4	Srovnání hodnot OEE	58
7.5	Příklad dne s ukázkovým OEE	58
7.6	Příklad dne s nízkým OEE.....	60
8	ANALÝZA PROSTOJŮ A ZTRÁT A JEJICH ŘEŠENÍ	62
8.1	Prostoje zařízení ve stavu 0	62
8.2	Prostoje zařízení ve stavu 1	62
8.2.1	Čekání na najetí vodiče.....	63
8.2.2	Nenajetí vodiče vlivem zaseknutí	65
8.2.3	Ruční nastavování programů	66
8.2.4	Prostoj při najetí sonotrody a počátku svařování	67
8.3	Prostoje a chyby zařízení ve stavu 2	68
8.3.1	Zasekávání kontaktů ve vibračníku.....	68
8.3.2	Oprava zařízení údržbou.....	70
8.3.3	Další poruchy a chyby ve stavu 2	70
8.4	Prostoje ve stavu 3.....	71
8.5	Prostoje ve stavu 4.....	72
8.6	Minimalizace doby neplánované pro výrobu.....	73
8.7	Další prostoje a chyby na zařízení	73
8.7.1	Špatné řízení zakázek.....	73
8.7.2	Využití funkcí MindSphere	74
9	HOSPODÁŘSKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ	75
	ZÁVĚR	77
	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	78
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	82

ÚVOD

Základem produktivity ve strojírenském podniku je efektivní výrobní zařízení. Aby bylo zařízení považované za efektivní, je potřeba sledovat kvalitu výsledné produkce, náklady na produkci i kapacitu daného zařízení. Jako ukazatel těchto parametrů pro hodnocení efektivity je považován OEE, který procentuálně vyjadřuje, s jakou efektivitou se v procesu transformují vstupy na výstupy. Díky ukazateli OEE lze odhalit skryté ztráty, nevyužité výrobní kapacity, prostoje i další činnosti spojené s chodem stroje. Pro podniky je ekonomicky efektivnější snižování prostojů než pořizování nových strojů.

Aby konkurenceschopnost firmy byla co nejvyšší, je podstatné, aby podnik nabízel zákazníkům produkty dle jejich volby a dokázal je vyrobit co nejefektivněji. Každý zákazník požaduje nízkou cenu, vysokou kvalitu a zároveň, co nejkratší možný čas na dodání produktu. Proto jsou firmy nuceny ke stálému zvyšování produkce výroby a její efektivity. Pod tlakem bývají členové vrcholového managementu, kteří jsou neustále zatěžováni otázkou, jak ještě více zvýšit efektivitu zaměstnanců či výrobních zařízení. Z tohoto důvodu bývají stroje často přetěžovány a opomíjeny údržbářské činnosti na nich provedené, které jsou popsány v TPM firmy (komplexně/totálně produktivní údržba).

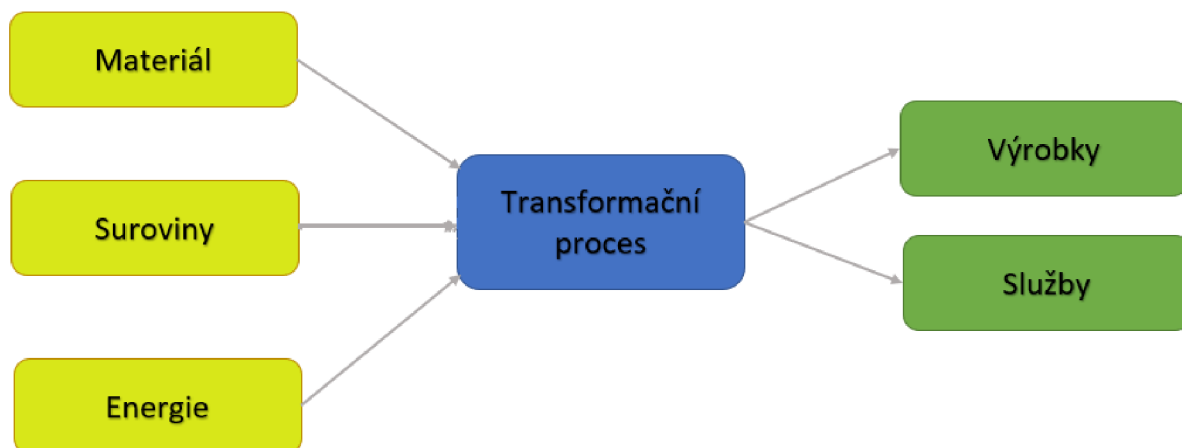
Dle programu TPM sloužícího pro zefektivnění produktivity údržby lze zvýšit efektivitu a snížit náklady na stroji. Základem této metody je zjištění současného stavu strojního zařízení a vytvoření možnosti zlepšení.

Po dohodě s vedením Ústavu strojírenské technologie bylo téma diplomové práce zvoleno jako Vyhodnocování celkové efektivity výrobního zařízení ve společnosti Alfa. Hlavním cílem práce bylo určení celkové efektivity podnikem zvoleného zařízení, následná analýza ztrát, prostojů a chyb; a následná optimalizace a řízení výroby na daném výrobním zařízení. Dle žádosti firmy došlo k podrobnému sledování práce softwarem MindSphere, který je danou firmou používán pro řízení výroby na výrobních zařízeních, nicméně s jeho funkcemi a výhodami nejsou zaměstnanci podniku zcela seznámeni.

Z důvodu ochrany osobních údajů a obchodních tajemství se vedení firmy rozhodlo, aby v této práci nebyl zveřejněn název firmy a nedošlo tak k úniku citlivých informací a dat firmy.

1 VÝROBA

Výroba je činnost, při které dochází k přeměně vstupů na výstupy. Proces je transformační (materiál, suroviny, energie se přeměňují na výrobky a služby za stálé účasti informací, viz obr. 1) [1].



Obr. 1 Transformační proces dle [1]. (oddělat informace)

Výroba je hlavní činnost podniku a má významnou funkci, při níž se zhotovují výrobky pro prvotní či konečnou spotřebu [2].

1.1 Výrobní proces

Výrobní proces se dá charakterizovat jako tvořivý proces, jehož funkcí je tvorba užitečných hodnot a představuje hlavní činnost podniku. Základní aspekty podniku jsou vyobrazeny na obr. 2 [3].



Obr. 2 Základní aspekty výrobního podniku dle [3].

Výrobní proces lze rozlišovat například dle typu výroby, formy organizace procesů, plynulosti výrobního procesu či příslušnosti k výrobnímu oboru [4].

1.1.1 Rozdělení dle typu výroby

Výrobu lze rozdělit podle typu na [4]:

- **kusovou výrobu** – kusová výroba je charakteristická výrobou jednoho nebo malého počtu výrobků. Tyto výrobky jsou předem předdefinované a vyrobené podle požadavků zákazníka ve stanoveném čase a za stanovené náklady. Tento typ výroby vyniká velkou variabilitou výrobků při nízkých objemech. Výroba, jako taková, pak většinou probíhá na víceúčelových strojích, které vyžadují dobře kvalifikovaný personál schopný splnit ojedinělé požadavky. Tento typ výroby je náročný na potřebný materiál, vysoké počáteční investice, nářadí a součástky pro výrobu. Důraz při výrobě je kladen na detailní plány, posloupnost a prioritizaci výrobních požadavků za účelem splnění veškerých kritérií ve smluveném čase a objemu;
- **sériovou výrobu** – při sériové výrobě je daná výrobní dávka a putuje skrz specializovaná pracoviště po sériích, přičemž cesta jednotlivých sérií se může lišit. Je charakteristická omezeným počtem výrobků v ustálených intervalech. Dle počtu výrobků v sérii rozlišujeme malosériovou a velkosériovou výrobu (případně středněsériovou). Výhodou sériové výroby oproti kusové je větší flexibilita, vyšší využití výrobních zařízení a závodu, kratší výrobní časy a nižší náklady. Problémem může být manipulace s materiálem z důvodu nepravidelných a delších toků výrobků. Důraz je zde kladen na plánování a kontrolu. V porovnání s hromadnou výrobou jsou zde vyšší náklady na seřízení strojů, a to zejména kvůli vyššímu počtu přetypování linek;
- **hromadnou výrobu** – je charakteristická obrovskými objemy produkce s technologicky či předmětně uspořádanými pracovišti. Výrobky bývají vysoce standardizovány a ve výrobním procesu prochází totožnými stanovišti. Výroba se provádí na strojích s vysokou kapacitou, výstupní rychlostí, ale s nižší schopností variability. Při tomto typu výroby se výrobní náklady na jednotku podstatně snižují. Požadavky na vysokou kvalifikovanost obsluhy nejsou tak markantní jako u kusové výroby a manipulace s materiálem je často automatizovaná. Výroba je navzájem velmi navazující, tudíž zastavení jednoho stroje často znamená zastavení celé produkce, proto je produktivita stroje velice citlivá na jakékoliv poruchy. Čas cyklu je určován tzv. úzkým místem – nejdelší čas operace na lince, který určuje takt celé linky. Cílem je tedy vyvážení časů jednotlivých operací, redukce poruchovosti a výkonný management údržby za účelem zvýšení efektivity.

1.1.2 Rozdělení dle formy organizace

Formu organizace výrobních procesů ovlivňuje způsob výroby, charakter výroby a množství vyráběných produktů. Díky těmto charakteristikám dělíme výrobu dle její plynulosti a rytmičnosti na [5]:

- **proudovou výrobu** – výroba, při níž je proces rozdělen na jednotlivé úkony a operace. Operace jsou prováděny na jednotlivých pracovištích, přičemž rozmístění těchto pracovišť je uspořádáno tak, aby výrobek přecházel z jednoho pracoviště na druhé plynule. Tohle uspořádání se nazývá předmětné uspořádání. Takto uspořádané pracoviště tvoří technologický celek, který je v souladu s předepsaným technologickým postupem. Operace jsou vysoce standardizované, avšak možnost variability vyráběných produktů je menší. Změna technologického postupu u tohoto typu výroby je časově náročná a může představovat ztráty na výrobní kapacitě. Proudová výroba může být efektivně využita v sériové i hromadné výrobě;
- **skupinovou výrobu** – výroba, při níž jsou pracoviště uspořádány podobně předmětně, avšak specializace pracovišť má obecnější charakter než u proudové výroby. Tento typ výroby umožňuje větší variabilitu výrobků, zařízení mají obecnější charakter a jsou tak schopné vyrábět širší typovost výrobků. Tohoto typu výroby je využíváno především u sériové výroby;
- **fázovou výrobu** – výroba, při níž dochází ke zhotovování zejména výrobků do neopakovatelných a nahodilých zakázek. Uspořádání pracovišť je podle technologické podobnosti výrobních zařízení. Tento typ se používá hlavně při častých změnách výrobních programů a významných modifikacích výrobků napříč zakázkami. Zákazníkovi může být nabídnut širší sortiment produktů z důvodu snadné zaměnitelnosti výrobních postupů. Nevýhodou fázové výroby je častá manipulace s materiálem, náročná koordinace navzájem navazujících procesů a vyšší náročnost na výrobní plochy.

1.1.3 Rozdělení dle plynulosti výrobních procesů

Dalším aspektem je rozdělení výroby podle plynulosti výrobních procesů na [4]:

- **plynulou výrobu (kontinuální)** – výroba, při níž není možné výrobní proces přerušit a nechat polotovary či výrobky v nedodělaném stavu. Důvodem bývá povaha výroby, technologie nebo ekonomické aspekty. Jako příklad se uvádí výroba skla, ropných produktů či chemikálií;
- **přerušovanou výrobu** – výroba, při níž lze proces výroby libovolně přerušit. Tento typ výroby se nachází u většiny výrobních podniků napříč strojním, automobilovým i elektrotechnickým průmyslem. Celková doba výroby se skládá i mnoha netechnologických procesů jako může být přesouvání materiálu mezi pracovišti.

1.1.4 Rozdělení dle příslušnosti k výrobnímu oboru

Posledním rozdělením je rozdělení dle příslušnosti k výrobnímu oboru na [6]:

- **hlavní výrobu** – výroba zahrnující operace, které mění složení, jakost surovin a materiálů a které vstupují do výroby přímo. Hlavní výrobní proces odpovídá výrobnímu plánu podniku;
- **vedlejší výrobu** – výroba, která zajišťuje všechny druhy energií;
- **pomocnou výrobu** – výroba, která zajišťuje výrobky a realizaci přidružených produktů pro hlavní výrobu;
- **přidruženou výrobu** – výroba v závodě, která bezprostředně nijak nesouvisí s výrobním plánem podniku.

1.2 Řízení výroby

Řízení výroby je zajištění nejlépe vyhovujícího fungování výrobního procesu a organizace práce. Výrobní řízení zahrnuje rozhodnutí, která se týkají pohybu materiálu a zboží v podniku, rozhodnutí ohledně logistiky materiálů od dodavatele na pracoviště i pohybu vlastní produkce z pracoviště k zákazníkovi [7,8].

Vrchní management rozhoduje, zda zaměřit výrobu podle firemní prognostiky nebo podle zakázek. Prognostické řízení výroby je založeno na odhadu budoucí poptávky ze strany zákazníka. Nejdříve dochází k přípravám dílů a podsestav, které se skladují, aby byly následně použity pro dokončení požadovaného výrobku. Konečná montáž výrobku je primárně orientována dle představy klientů. Náročnost přístupu tohoto výrobního postupu je odvozená od množství poskytovaných výrobků za stanovený čas na jejich zhotovení včetně následného dodání. Pro zákazníka je podstatná co nejnižší cena konečného výrobku, dodaného v co nejkratším čase. Aby bylo dosaženo těchto požadavků, podnik si vytváří skladové zásoby, které jsou však neekonomické. Pro eliminaci tohoto problému je důležitá komunikace s klienty a sjednávání rámcových dohod a zakázek s odběrateli [1,7].

Úkolem řízení výroby je dosažení optimálního fungování výrobních systémů s přihlédnutím na zvolené cíle. Jedná se o věcné, prostorové a časové spojení činitelů účastnících se ve výrobním procesu či výrobní proces ovlivňujících. Jde o sladění pracovníků ve výrobě, výrobních prostor, surovin, polotovarů, energií, výrobních a dopravních zařízení, rozpracovaných výrobků, informací, finančních prostředků i odpadů [9,10].

1.2.1 Vývoj řízení výroby

Prvotní přístup k řízení výroby byl spíše analytický a vycházel z myšlenky rozložení výrobního systému na dílčí části a ty následně řešil odděleně. Analytického myšlení bylo využíváno především v hromadné výrobě, přičemž pracovníci byli orientováni na jednotlivou činnost, která se neustále opakovala. Propagátory této teorie byli například A. Smith či F.W. Taylor [11].

S vývojem výrobních procesů se dnes organizace zaměřují na komplexní přístup pro řízení výroby. Moderní způsoby jsou charakteristické autonomií jednotlivých subsystémů k danému celku. Tyto subsystémy se navzájem nemůžou poškozovat ani nijak ohrožovat a jejich činnosti jsou v souladu s určenými cíli podniku. Zaměstnanci již nevykonávají pouze opakující se práci, ale jsou zapojováni do týmů, kde vykonávají více činností v daném pořadí. Neefektivnější řízení výroby je dosaženo pomocí metod, jakými jsou metoda Kaizen či metody štíhlé výroby [12].

1.2.2 Cíle řízení výroby

Primárním cílem je neustálé monitorování a optimalizace výroby vůči neustále se měnícím podmínkám trhu zboží a služeb takovým způsobem, aby daný podnik zůstal konkurenceschopným [7].

Kromě všeobecných cílů firmy se definují také specifické cíle pro jednotlivé oblasti firmy. Tyto cíle se týkají výroby a její kvality, vývoje výrobku, financí, marketingu a prodeje, personálního rozvoje, řízení, či využití informačních technologií [13].

Cíle podle úrovně řízení můžeme rozlišovat na strategické, taktické a operativní. Druhý způsob dělení je podle časového horizontu, tedy na krátkodobé, střednědobé a dlouhodobé cíle [14].

Základní cíle řízení výroby jsou vyobrazeny na obr. 3.



Obr. 3 Základní cíle řízení výroby dle [14].

2 TPM

TPM neboli anglicky *Total Productive Maintenance*, česky se však dá přeložit jako komplexně produktivní údržba. Jedná se o filozofii štíhlé výroby aplikovanou ke zkvalitňování procesů. Lze ji definovat jako systematickou metodu udržování soustředující se na zvyšování OEE při aktivním zájmu všech zaměstnanců včetně vrcholového managementu i obsluhy stroje [15].

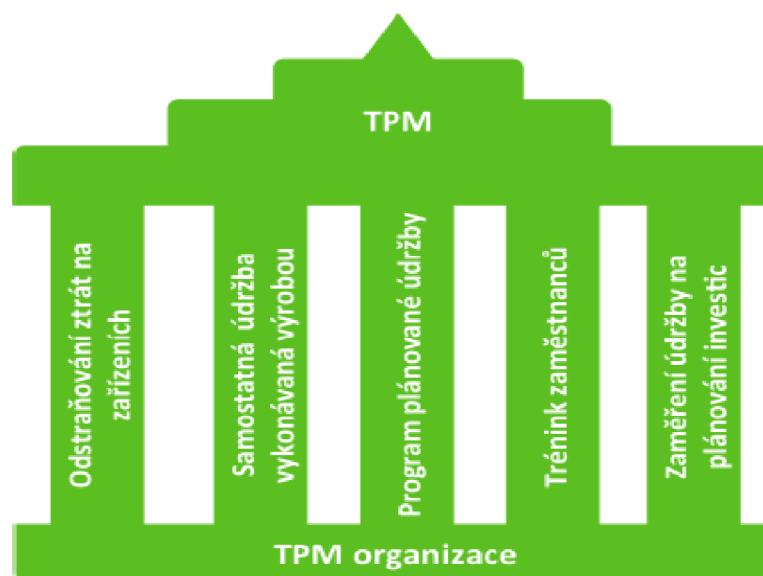
Hlavním úkolem současné údržby je, aby docházelo, místo operativnímu řešení chyb, k prevenci a předcházení poruch. Při dodržování této idey se prodlužuje životnost zařízení, zvyšuje se efektivita využití stroje a s tím souvisí i snížení množství nákladů, prostojů a ztrát. TPM je strategie údržby vyvinutá, aby splňovala nové potřeby. Jedná se o přístup k produktivní údržbě, který byl pozměněn, zlepšen a transformován na japonské průmyslové prostředí, kde se společně se s dalšími západními zeměmi stal populární metodou [15].

Totálně produktivní údržba je rozšířením preventivní údržby a je úzce spjata s metodami JIT (*Just In Time*) a TQM (*Total Quality Management*), díky čemuž stroje pracují na vysoké úrovni efektivity a produktivity. Odpovědnost za údržbu má zpravidla operátor či údržbář a zaměřuje se především na to, aby se problému zabránilo dřív, než k němu dojde [16].

Slovo „údržba“ není dle podstaty TPM úplně ideální, neboť může vyvolávat chybný dojem, že jde o metodu zabývající se čistě údržbou stroje. Metoda má však rozsah působnosti mnohem širší a lepším popisem může být management produktivity výrobních zařízení [17].

Aby docházelo ke správné funkčnosti TPM, musí se stát úplnou součástí kultury podniku a měli by v ní být zapojeni všichni pracovníci společnosti. Při zajištění dostačující podpory myšlenek metody ze strany managementu firmy, dosazení schopných lidí do organizační struktury TPM, při dodržování týmové práce a pokud je metoda součástí denních činností, pak je metoda TPM odsouzena ke správné funkčnosti. Při nedodržování těchto zásad nelze TPM dostatečně aplikovat [18].

Na obr. 4 jsou vyobrazeny základní pilíře TPM.



Obr. 4 Základní pilíře TPM dle [19].

2.1 Historie TPM

V někdejších letech byl proces údržby prováděn sporadicky, avšak bez toho, aby podniky znaly její důležitou roli ve strategii a výrobním procesu. Při stoupající potřebě zkvalitnění pružnosti výrobní linky, ve směru k široké řadě různých výrobků vysoké kvality, roste především v dnešní době i důležitost pravidelné a důkladné údržby. Při rozsáhlé automatizaci a mechanizaci zařízení se požadavky na vysokou kvalitu vyrobených dílů při dlouhé životnosti zařízení dává notný význam [20].

Počátek TPM metody najdeme v Japonsku, kde v 50. letech 20. století došlo k jeho zásadnímu využívání a rozšíření. Za zakladatele TPM je považován Seiichi Nakajima, jehož metoda se rychle rozšířila zejména do zemí západní Evropy [17].

Nakajima shrnul základní body a definoval TPM podle nich jako produktivní údržbu, ve které je zahrnuta celková účast zaměstnanců, maximalizuje efektivitu strojních zařízení a je řízena systémem PM, přičemž PM je souhrnná plánovaná údržba systému [21].

Základní body TPM dle Nakajimy [21]:

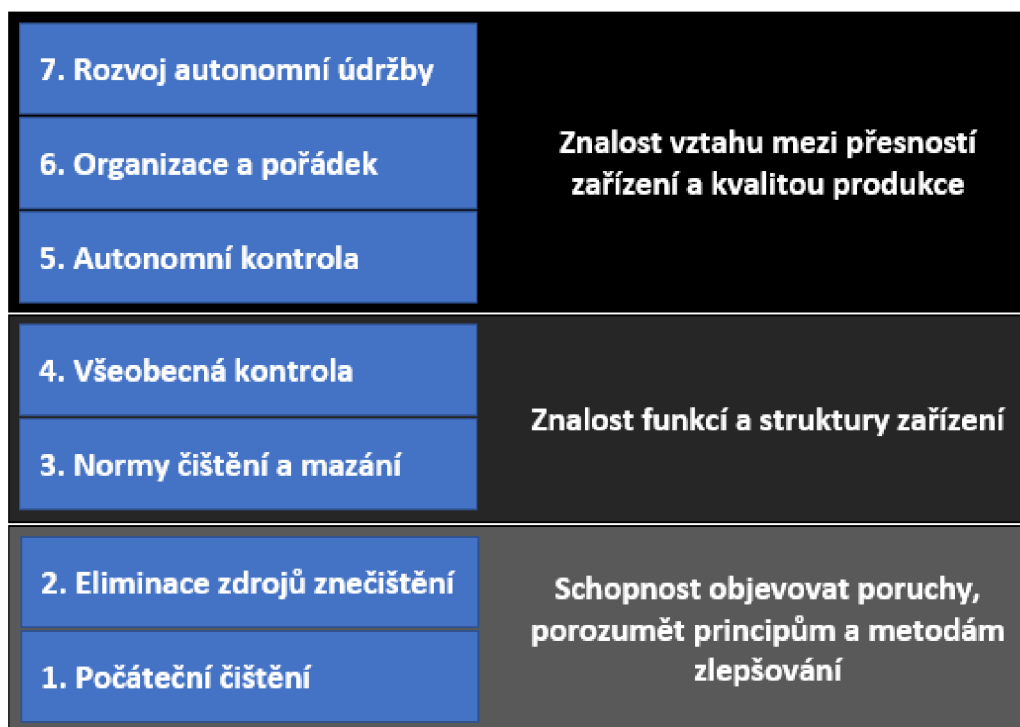
- maximalizace celkové efektivnosti výrobního zařízení;
- stanovit celkovou preventivní údržbu systému;
- zapojení široké škály zaměstnanců napříč podnikem;
- zahrnout TPM do strategie vrcholového managementu;
- podporovat a realizovat na základě samostatných, drobných skupinových aktivit.

Průkopníkem TPM ve Velké Británii byl Edward Willmott, který uznal pět Nakajimových bodů, ale považuje je pouze jako definici japonského pojetí TPM. Willmott přišel s definicí pro západní přístup, který říká, že TPM má snahu vyvolat změnu přístupu k výrobě v celé společnosti tak, aby nabývala světové třídy ve výkonu výroby, celkové účinnosti procesů a strojních zařízení [22].

Dalším zastáncem Nakajimovy metody se stal Američan Terry Wireman a ten naznačuje, že TPM je součástí všech pracovníků společnosti, a proto zahrnuje všechny útvary podniku – údržbu, provoz, projektování, technologii, konstrukci, nákup, obchod, oddělení zásob i účetní oddělení [23].

2.2 Údržba vykonávaná ve výrobě

Jedná se o údržbu, která je určena k provádění obsluhou strojního zařízení a cílem je přesunout co nejvíce pravomocí a úkonů z oddělení údržby přímo do výroby. Předpokladem je, že pracovníci v oblasti údržby jsou lépe kvalifikovaní a je jich vždy nedostatek. Samostatná údržba slouží k tomu, aby kapacity údržbářů byly uvolněny pro program plánované údržby. Samostatná údržba se zavádí v sedmi krocích, jak je zobrazeno na obr. 5 [24].



Obr. 5 Kroky autonomní údržby dle [24].

První tři kroky autonomní údržby jsou v dnešním podniku považovány za standardní, ostatní však bývají často neprávem opomíjeny. Pracovníci výroby se často drží zaběhlého pravidla, že oni na stroji pouze vyrábějí a údržbáři jej udržují. Snahou tohoto nástroje je změna postoje operátorů zařízení vzhledem k jeho údržbě. Operátor z výroby je se strojem většinu času jeho životnosti, a proto by jej měl nejlépe znát a odpovídat i za jeho stav [18].

2.2.1 Počáteční čištění

V prvním kroku je třeba poskytnout operátorům možnost k nalezení nedostatků na zařízení (uvolněné části, praskliny, olejové průsaky, poškozené části) a ověření si v praxi, že čištění zařízení je zároveň kontrolou. Součástí prvotního čištění je pak definice opatření na odstranění těchto nedostatků, čímž se zabraňuje rychlejšímu opotřebení strojního zařízení a vtahuje tak operátora do procesu TPM [25].

Základní kroky realizace prvotního čištění [18]:

- **příprava na čištění** – příprava čisticích pomůcek, strojní dokumentace, záznamových formulářů, odpadové nádoby;
- **schůze týmu** – svolání členů celého TPM týmu, proškolení členů týmu, definice cílů prvotního čištění, poznání strojního zařízení;
- **čištění stroje** – dochází k čištění stroje dle návodu, zhotovení fotodokumentace stavu před a po, vyznačení nedostatků, odstranění drobných nedostatků, definice standardu čištění zařízení;
- **opravná opatření** – odstranění veškerých nedostatků a postupné vylepšování čisticích technik;
- **udržování stavu stroje** – pravidelné čištění dle standardních návodů, provádění řádných záznamů o nedostacích, odstraňování abnormalit;

- **ověřování prvotního kroku autonomní údržby** – sepisování záznamů o provedení počátečního čištění, uskutečnění kontroly prvního kroku, provedení certifikace pracovních prostor na první krok údržby.

2.2.2 Eliminování zdrojů znečištění

Ve druhém kroku je třeba redukovat dobu čištění strojního zařízení na minimálně možnou pro dostatečné odstranění zdrojů znečištění [25].

Základní kroky realizace eliminace zdrojů znečištění [18]:

- **schůze týmu** – svolání členů TPM týmu, proškolení členů týmu, definice cílů druhého kroku údržby;
- **prohlídka stroje** – vizuální prohlédnutí veškerých částí strojního zařízení, definice zdrojů znečištění a provedení fotodokumentace;
- **proces eliminace zdrojů znečištění** – definice a provedení opatření na odstraňování zdrojů znečištění na těžko dostupných místech stroje;
- **redukování doby čištění** – svolání schůze týmu, konzultace nejvhodnějších pomůcek na čištění při redukcí doby potřebné na ono čištění;
- **ověřování druhého kroku autonomní údržby** – sepisování záznamů o provedení eliminace zdrojů znečištění, uskutečnění kontroly druhého kroku, provedení certifikace pracovních prostor na druhý krok údržby.

2.2.3 Normy mazání a čištění

Ve třetím kroku je třeba doplnit do standardů stanoviště standardy spojené s mazáním stroje. Za standardy mazání se považují veškeré činnosti, které souvisejí s doplněním provozních kapalin a olejů do strojního zařízení. V tomto kroku dochází k optimalizaci systému olejového hospodářství v podniku, přičemž se sjednocuje a minimalizuje počet maziv. Je třeba také zajistit vizualizaci a standardizaci skladových prostor pro jednotlivé oleje a maziva [25].

Základní kroky realizace optimalizace norem [18]:

- **schůze týmu** – svolání členů TPM týmu, proškolení členů týmu, příprava mazacího plánu dle nutnosti daného stroje;
- **prohlídka stroje** – vizuální i fyzická kontrola všech mazacích míst na stroji včetně způsobu promazání a ověření existence maziva, zapsání závad do karty závad;
- **proces eliminace problémů při mazání** – definice a provedení opatření na odstraňování nalezených závad, příprava konkrétních míst pro mazání, označení minima a maxima na mazacích měrkách na stroji;
- **vytvoření plánu mazání** – proces tvorby norem mazání pro každé strojní zařízení, viditelné označení míst určených pro namazání a pro jednoduchou kontrolu plnění činnosti;
- **ověřování třetího kroku autonomní údržby** – sepisování záznamů o provedení čištění a mazání zařízení, uskutečnění kontroly třetího kroku, provedení certifikace pracovních prostor na třetí krok údržby.

2.2.4 Provedení všeobecné kontroly

Ve čtvrtém kroku je třeba naučit obsluhu znát svůj stroj a tím dosáhnout zvýšení jeho kvalifikace, porozumění technickým pojmům a znalosti veškerých částí zařízení. Je třeba si uvědomovat, že každý pracovník nemá technické vzdělání a že automaticky rozumí veškerým pojmům, týkajících se částí stroje či odstraňování závad na stroji. Hlavním cílem všeobecné kontroly je příprava pracovníka na provádění údržbářských činností samostatně, které však odpovídají jeho znalostem a schopnostem. Součástí tohoto kroku je příprava standardů a návodů, s jejichž pomocí by se pracovník měl se zařízením dostatečně seznámit a umět jej obsluhovat [25].

2.2.5 Autonomní kontrola

V pátém kroku je třeba definovat standardy samosprávné údržby zařízení. Důležité je rozdělení odpovědností a kompetencí na stroji mezi údržbou a obsluhou ve výrobě. Součástí tohoto kroku je optimalizace vytvořených standardů čištění a mazání a rozšíření je o další činnosti, které je operátor schopen provádět po proškolení ve čtvrtém kroku údržby [18].

Po provedení pátého kroku údržby získáme přehled pro určení kapacit kvalifikovaných údržbářů, kterých je třeba pro provádění plánované údržby strojů [18].

2.2.6 Organizace a pořádek

V šestém kroku je třeba rozšířit kompetence pracovníků ve výrobě a progresivním zvyšováním jejich schopností postupně přenášet další činnosti z pracovníků údržby právě na operátory. Hlavní snahou je získat veškerou možnou nezávislost výroby na údržbě. V rámci tohoto kroku je nutné vytvoření systému pravidel pro údržbu zařízení a rychlou reakci při jeho zastavení [25].

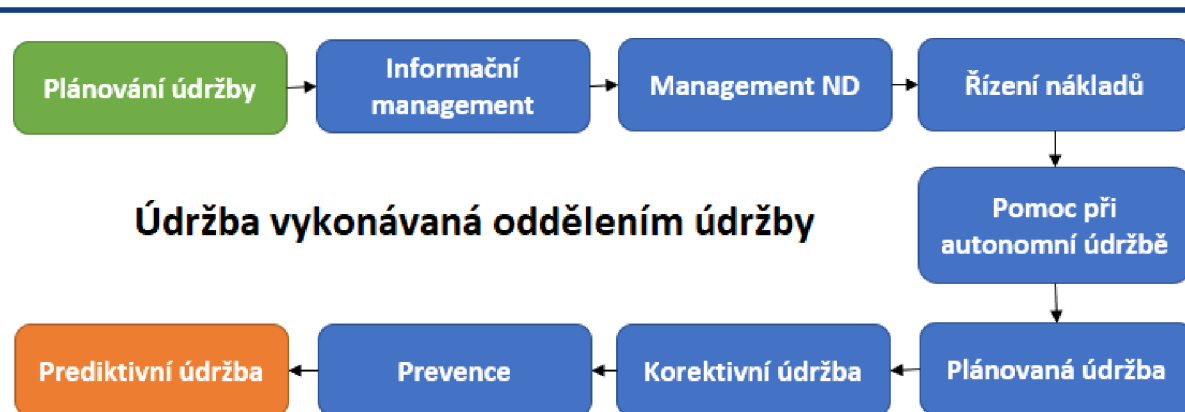
2.2.7 Rozvoj autonomní údržby

V sedmém kroku dochází k soustavnému zlepšování stavu samosprávné údržby. Cílem je absolutní předání veškerých kompetencí a odpovědností, které se týkají údržby, do rukou operátorů daných strojních zařízení ve výrobě [18].

2.3 Údržba vykonávaná oddělením údržby

Jedná se o plánovaný program prováděný především oddělením údržby podniku. V tomto kroku dochází k zavedení systému do údržby a maximalizaci využití odbornosti zaměstnanců. Při správném zavedení autonomní údržby dochází k přenesení kompetencí z pracovníků údržby na pracovníky ve výrobě. Cílem plánované údržby je využít uvolněné kapacity údržbářů pro naplánované aktivity a maximalizovat efekt prevence. Snahou je redukce vstupů (zvyšování efektivity údržby) a zlepšování výstupů (zvyšování dostupnosti stroje) [25].

Plánovaná údržba vykonávaná oddělením údržby zahrnuje 9 aktivit vyobrazených na obr. 6 [18].



Obr. 6 Souhrn aktivit plánované údržby dle [24].

2.3.1 Plánování údržby

Stejně jako ostatní oddělení podniku i oddělení údržby je řízeno dopředu naplánovanými opatřeními, která zapříčiňují zvyšování efektivity a kvality práce údržby. Cílem plánování je vymezit okruh stěžejních ukazatelů údržby a na jejich základě plánovat strategické kroky, které postupně vedou ke zlepšování těchto ukazatelů [25].

2.3.2 Informační management

Při plánované údržbě je nutné si vést podrobné záznamy. Problémem bývá, že v častých případech dochází ke špatné nebo neúplné dokumentaci o údržbě či opravách v minulosti. V těchto případech je při definování příčin vzniklých problémů velice složité správnou příčinu nalézt. U každého stroje by se měl vyskytovat Provozní deník, který obsahuje záznamy o chybách, poruchách, abnormalitách i analýzách příčin na zařízení. V deníku se také zaznamenávají provedené plánované, preventivní i prediktivní údržby. Součástí jsou i sesbíraná data, týkající se provozních kapalin, energií či výměny náhradních dílů. Cílem informačního managementu je řídit a sjednocovat veškeré informace související s kompetencí údržbářů v takové podobě, abychom mohli určovat trendy a hodnotit stavy jednotlivých strojů [18].

2.3.3 Management náhradních dílů

Jestli má být zajištěna nepřetržitá provozuschopnost zařízení, je třeba mít správně zajištěné náhradní díly. Správná funkčnost managementu náhradních dílů souvisí se standardizováním skladování individuálních součástí stroje, ale také s definováním jejich typů a množství. Cílem managementu je dosažení principu, že je třeba mít správné součástky, ve správném čase, ve správném množství a na správném místě (*Just In Time*) [18].

2.3.4 Řízení nákladů

Každé oddělení má za úkol minimalizovat množství nákladů. Je nutné tedy sledovat náklady stroje včetně nákladů oddělení údržby. Při rostoucí efektivity zařízení se snižují náklady na údržbu na něj vynaloženou. Pro snižování nákladů na jednotlivé údržbářské úkony je třeba je soustavně zlepšovat, optimalizovat a zefektivňovat [25].

2.3.5 Pomoc při autonomní údržbě

Při samosprávné údržbě mají údržbáři odpovědnost za společné vytváření standardů mazání, čištění i popisu zařízení. Kompetencí údržby je také aktivní podíl na tréninku pracovníků z výroby a zvyšováním jejich způsobilosti a kvalifikace [18].

2.3.6 Proces plánované údržby

Oddělení údržby musí zejména aktivně provádět plánovanou údržbu. Rozhodně není vhodné jen čekat na poruchu stroje, ale je třeba poruchám předcházet. Zařízení by mělo být pravidelně a soustavně kontrolováno a diagnostikováno. Úkolem této činnosti je kontrola, čištění, proměření a provedení údržbářských úkonů dle předepsaných standardů tak, aby byl udržován požadovaný stav stroje. Tyto aktivity jsou sepsány v Plánu údržeb strojů, který je vypracován oddělením údržby společně s výrobou a má několik stupňů dle období (roční, měsíční). Plnění plánů se vyhodnocuje a parametr plnění plánu údržeb je součástí kvalitativních ukazatelů pro oddělení údržby [18,27].

2.3.7 Korektivní údržba

Korektivní údržba je systém nástrojů a postupů, které musí nastat, když dojde k poruše. Důležitým úkolem údržby je sestavení tzv. Krizových plánů. Krizové plány popisují situace a jejich řešení v případě, že dojde k poruše na klíčovém stroji [25].

Základem plánu jsou eskalační scénáře obsahující jednotlivé úrovně odpovědností, kompetencí a časy na řešení daných situací tak, abychom při špatné kompetenci včas předali problém do kompetentnější úrovně. Cílem údržby je zajištění, aby v případě poruchy došlo k jejímu, co nejrychlejšímu, odstranění. Dalším podstatným úkolem je vypracování systému nástrojů pro určení příčin vzniku poruch. S těmito nástroji je nutné pracovat rychle hned po poruše, protože s narůstajícím časem se přichází o důkazy a nejsme již pak schopni správně identifikovat příčiny vzniku poruchy, což zamezuje zavedení preventivních opatření pro předcházení těchto poruch [18].

2.3.8 Prevence

Prevence je stěžejní součástí v systému údržby a vychází z doporučení výrobců zařízení i ze znalostí pracovníků údržby a výroby. Pointa činnosti vychází z toho, že preventivně provádíme údržbářské úkony, jako čištění a mazání, před vznikem poruchy a nečekáme do okamžiku, až porucha nastane. Údržbáři v rámci plánované údržby mažou a čistí místa stroje, která nejsou pro operátory snadno dostupná, vyměňují opotřebené části, odstraňují abnormality a provádějí preventivní diagnostiku k odhalení možných poruch [27].

2.3.9 Prediktivní údržba

Pro dosahování výsledků v oblasti TPM je nutno pravidelně shromažďovat data oddělením údržby. Důležité je si uvědomit, že údržba je zejména o datech a informacích, díky kterým můžeme řešit nejčastější otázky podniku: Stále se opakuje konkrétní porucha? Lze nastavit údržbou opatření tak, aby se poruše zabránilo [25]?

Díky shromážděným datům můžeme naleznout pravidelnost v opakování poruch a definovat opatření proti jejich vzniku, díky čemuž jsme před danými poruchami vždy o krok napřed [18].

2.4 Plánování nových investic údržbou

Cílem plánování investic údržbou do nových zařízení, při zavádění nové generace strojů a výrobků, je zúročení veškerých zkušeností z údržby stávajících zařízení. Údržba nových zařízení by měla probíhat snadněji a efektivněji. Důležité je vypracovat postupy pro definici technických požadavků na stroj, *checklisty* pro snadné přejímky stroje a zejména zapracovat veškeré vylepšení a technické úpravy údržby do nových zařízení. Při nákupu nového zařízení je neefektivní vymýšlet zlepšení a úpravy údržby vždy od začátku [26,28].

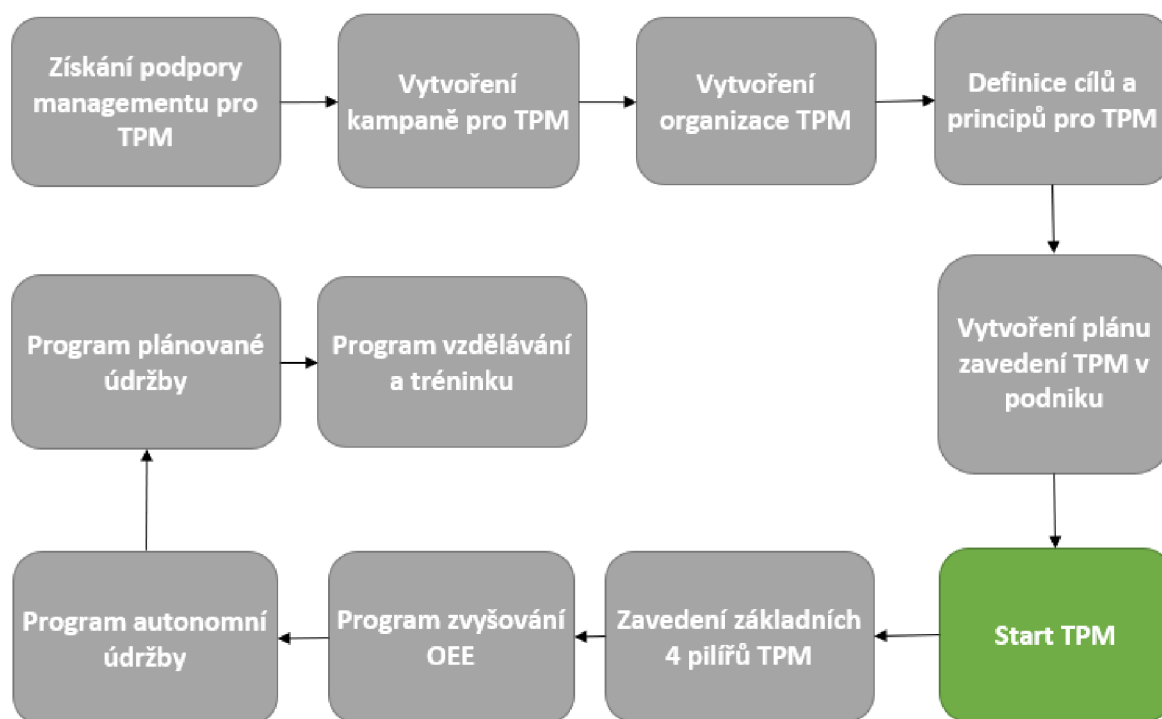
2.5 Školení a trénink pracovníků

Při zavádění TPM nesmíme zapomínat na pravidelný rozvoj a soustavné vzdělávání zaměstnanců. Samotné vzdělávání v této oblasti má počátek u seznámení s metodou TPM, jejími postupy, nástroji standardizace, nástroji zlepšování a nástroji pro řešení problémů a chyb. V dalším kroku vzdělávání se pokračuje v získávání znalostí o zařízení, používání pomůcek k diagnostikám, postupů údržby a využívání informačních systémů údržby. Poslední krok vzdělávání pracovníků je v oblasti statistiky managementu, řízení, technických disciplín a fyziky [25].

Jde o soubor vědomostí a znalostí, které často na počátku zavádění TPM v podniku v oddělení údržby chybí a nelze bez nich TPM správně realizovat. Trénink a školení se týká externích i interních zaměstnanců. Je stěžejní přeškolení údržbáře z obyčejného opraváře na trenéra a mentora pro ostatní operátory. Pracovníci v oblasti údržby mají zásadní roli v systémech školení a tréninků a je nezbytné je do nich zapojit [18].

2.6 Kroky zavedení TPM

Jednotlivé kroky zavedení fungujícího TPM jsou znázorněny na obr. 7.



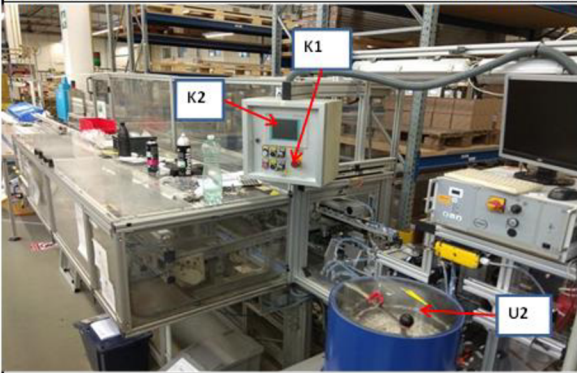
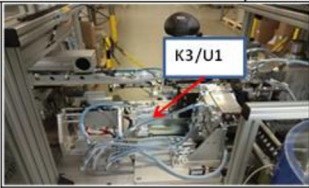
Obr. 7 Kroky zavedení TPM dle [28].

2.7 TPM sledovaného zařízení pro obsluhu stroje

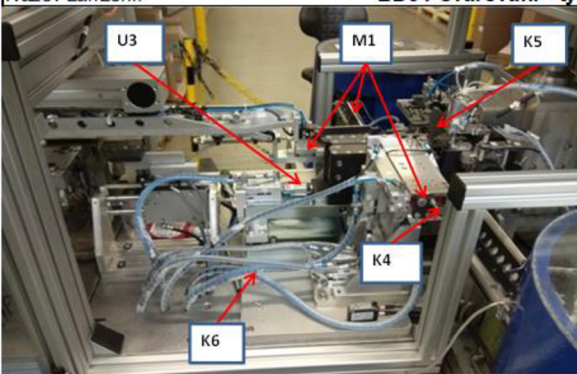

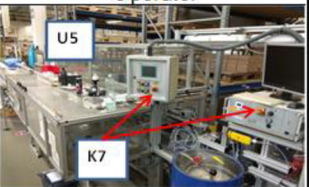

TPM bylo znovuvytvořeno a aktualizováno pro daný stroj na základě žádosti firmy v rámci dobrovolné pracovní činnosti v podniku. Informace a požadavky obsahované v TPM byly zvoleny pomocí strojních dokumentů a zkušeností zaměstnanců ve firmě. Daný konkrétní stroj, o jehož TPM se jedná a je znázorněno na obr. 8, obr. 9 a obr. 10; je popsán v kapitole 6 této práce.

Číslo	Co? Popis	Jak?	Stav stroje	Jak často	Čas min.	I.													
						Pond.		Úterý		Středa		Čtvrtek		Pátek		Sobota			
						1. směna	2. směna	1. směna	2. směna	1. směna	2. směna	1. směna	2. směna	1. směna	2. směna	1. směna			
BD01 Svařování - denně																			
K1	Tlačítko nouzového zastavení	zkontrolovat poškození	vyp	denně	1	1			1		1			1		1			
K2	Nastavení zařízení dle instrukce	zkontrolovat	zap	denně	3	3			3		3			3		3			
K3/U1	Svařovací ústrojí	zkontrolovat/očistit	vyp	denně	1	1			1		1			1		1			
U2	Vibrační podavače	zkontrolovat	zap	denně	1	1			1		1			1		1			
						6	6	0	6	0	6	0	6	0	6				
BD01 Svařování - týdně, měsíčně																			
U3	Linka	očistit od nečistot a kontaktů	vyp	týdně	1	1													
M1	Lože podavačů	namazat	vyp	měsíčně	1	1													
K4	Doraz	zkontrolovat správnost	zap	týdně	1				1										
K5	Nástroje a matrice	zkontrolovat správnost funkčnosti	zap	týdně	1				1										
K6	Pneumatika	zkontrolovat těsnost	zap	týdně	1				1										
U5	Celý stroj	očistit	vyp	měsíčně	10									10					
U6	Vypustit kondenzát	vypustit	vyp	měsíčně	1									1					
K7	Tlačítko nouzového zastavení	zkontrolovat funkčnost	zap	měsíčně	1	1													
U7	ÚDRŽBA	údržba	vyp	dle potřeby															
						17	3	0	3	0	0	0	0	0	11	0	0		
						23	9	0	9	0	6	0	6	0	17	0	6		

Obr. 8 Časový plán jednotlivých úkonů TPM znázorněný pro 1.týden měsíce.

Název zařízení: BD01 Svařování - denně		Zodpovídá: Operátor					
							
Číslo	Co? Popis	Jak?	Čím?	Jak často?	Stav stroje		
K1	Tlačítko nouzového zastavení	zkontrolovat poškození	K_vizuálně		denně	Vypnuto	
K2	Nastavení zařízení dle instrukce	zkontrolovat	K_vizuálně		denně	Zapnuto	
K3/U1	Svařovací ústrojí	zkontrolovat/očistit	K_vizuálně	U_vzduch	U_hadr	denně	Vypnuto
U2	Vibrační podavače	zkontrolovat	K_vizuálně			denně	Zapnuto
U Úklid M Mazání K Kontrola							
Revize: A							

Obr. 9 Návod pro obsluhu stroje při denní TPM.

Název zařízení: BD01 Svařování - týdně, měsíčně		Zodpovídá: Operátor				
						
						
						
Číslo	Co? Popis	Jak?	Čím?	Jak často?	Stav stroje	
U3	Linka	očistit od nečistot a kontaktů	U_hadr		týdně	Vypnuto
M1	Lože podavačů	namazat	M_olej		měsíčně	Vypnuto
K4	Doraz	zkontrolovat správnost	K_manuálně		týdně	Zapnuto
K5	Nástroje a matrice	zkontrolovat správnost funkčnosti	K_vizuálně		týdně	Zapnuto
K6	Pneumatika	zkontrolovat těsnost	K_sluchem		týdně	Zapnuto
U5	Celý stroj, zametení	očistit	U_hadr	U_smeták	měsíčně	Vypnuto
U6	Vypustit kondenzát	vypustit	U_manuálně vypustit		měsíčně	Vypnuto
K7	Tlačítko nouzového zastavení	zkontrolovat funkčnost	K_manuálně stlačit		měsíčně	Zapnuto
U Úklid M Mazání K Kontrola						
Revize: A						

Obr. 10 Návod pro obsluhu stroje při týdenní a měsíční TPM.

Součástí TPM obsluhy stroje je také pravidelná desetidenní výměna vody v mycí části linky, která zahrnuje vypuštění vody, výměnu čisticí vložky a napuštění nové lázně. Tento proces trvá přibližně 2 hodiny a nelze při něm stroj aktivně používat. Je proto třeba čas dobře naplánovat, aby operátor mohl v této době pracovat na montážní části linky a byl tak plně využit.

2.8 TPM sledovaného zařízení pro oddělení údržby

TPM bylo znovuvytvořeno a aktualizováno pro daný stroj na základě žádosti firmy v rámci dobrovolné pracovní činnosti v podniku. Informace a požadavky obsahované v TPM byly zvoleny pomocí strojních dokumentů a zkušeností zaměstnanců ve firmě.

Veškeré úkony pro častou údržbu stroje provádí obsluha stroje, na údržbáře zbývá pouze roční údržba, revize a výměny.

Daný stroj, o jehož TPM se jedná a je vyobrazeno na obr. 11, je popsán v kapitole 6 této práce.

Úkony při roční údržbě		Chyba	Řešení	Datum
Č. stroje: X Název stroje: Linka XXX				
1.	Výměna filtrů elektrických rozvaděčů			
2.	Kontrola šroubových spojů			
3.	Kontrola bezpečnostních prvků (kryty, centrální stop tlačítko, koncové spínače...)			
4.	Promazání vodicích a pohyblivých částí stroje			
5.	Výměna olejových náplní (mazání strojů)			
6.	Čištění pohyblivých částí stroje (nutná případná demontáž)			
7.	Kontrola stavu snímačů, kabeláže			
8.	Kontrola stavu těsnosti rozvodů pneumatiky a hydrauliky			
9.	Kontrola těsnosti rozvodů mycí části linky			
10.	Kontrola celkového stavu stroje			
Roční údržbu provedl:		Podpis:		

Obr. 11 Roční záznamový dokument TPM pro oddělení údržby.

3 DALŠÍ NÁSTROJE A TECHNIKY ŠTÍHLÉ VÝROBY

TPM není jedinou metodikou pro zlepšování a zkvalitňování procesů, které se ve výrobě může využívat. Ostatními metodikami, technikami či nástroji štíhlé výroby se tato práce nezabývá, v této kapitole jsou však některé ve zkratce zmíněny [29].

3.1 Kaizen

Základní myšlenka metody Kaizen spočívá v tom, že zaměstnanci ve firmě by měli používat rozum stejně kvalitně jako ruce a svaly. Kaizen tvrdí, že management podniku vůbec nezná až 99 % problémů ve výrobě a 60–70 % těchto problémů lze odstranit bez finančního vynaložení. Zaměstnanci by neměli být placeni pouze za odvedené výrobní výkony, ale je od nich požadováno, aby odhalovali všechny formy mrhání kolem sebe a práci navrhovali lepší, rychlejší a levnější. Management podniku musí zajistit, aby pracovníci byli za tyto činnosti, nad rámec jejich povinností, dostatečně odměněni [30].

Principem této filozofie je zlepšování kvality, zlepšování pracovních postupů nebo zvyšování produktivity výroby. Dle myšlenky Kaizenu neexistuje absolutní dokonalost a pořád je co vylepšovat. Pokud pracovník nenachází žádné nedostatky či možnosti ke zlepšení, je to špatně. Každé chyby i nedostatky je potřeba ihned vyřešit a zlepšit tak kvalitu výroby [31].

3.2 5S

Princip japonské metody 5S se zakládá na udržování pořádku ve výrobě a stálém systematickém úklidu. Uspořádané a čisté pracoviště je efektivní prostředek pro redukování ztrát na kvalitě nebo na výkonu [29].

Zásady metody jsou následující [31]:

- **seiri = roztřídit** (*sort*) – zásadou roztřídění je kontrola a vytřídění pracoviště. Dojde k odstranění nepotřebných položek, aby nepřekážely;
- **seiton = srovnat** (*stabilize*) – jedná se o uklizení a srovnání věcí a nástrojů tak, aby jejich nalezení trvalo co nejkratší dobu;
- **seiso = čistit** (*shine*) – eliminování všech druhů nečistot na pracovišti, aby se předcházelo veškerým poruchám;
- **seiketsu = standardizovat** (*standardize*) – dochází ke standardizování a dokumentování veškerých postupů včetně udržování osobní čistoty obsluhy, a tak i čistoty pracoviště;
- **shitsuke = dodržovat** (*sustain*) – motivace, udržování, hodnocení. Dochází k budování disciplíny a udržování pořádku.

3.3 Just in time

JIT je termín, který lze přeložit jako „právě včas“ a umožňuje podniku vyrábět produkty ve zvoleném čase a množství podle žádostí zákazníka. Tato metoda zvyšuje produktivitu práce a její hlavním faktorem je čas. Je třeba sloučit rychlost práce s přizpůsobivostí na změny. Principem je minimalizace pohybu materiálu ze skladů a vše se řídí aktuální potřebou. Výsledkem správné funkčnosti metody je minimalizace zpoždění dodávek, redukce nákladů na skladování, odpady a variabilitu, a schopnost rychle reagovat na nově způsobené problémy [32].

3.4 SMED

SMED (*Single Minute Exchange of Die*) je proces k redukování časů potřebných pro seřízení či přetypování stroje. Soustředí se tedy na čas mezi opracováním dvou jiných typů výrobků. Ztráty vznikající při přestavbě zařízení výrazně snižují efektivitu výroby. Zkracování časů je dosaženo především standardizací a zjednodušením jednotlivých operací přestavby. Mezi principy redukce časů přestavby patří i investice do univerzálních a flexibilních nástrojů a zařízení [17].

3.5 Kanban

Kanban v doslovném překladu znamená „cedule“ a je nástrojem úzce spojeným se systémem *Just in time*, kterým se vizualizuje stav zásob a výroby. Jedná se o individuální štítek přiřazený ke každé části výroby a označuje dodávku množství výrobků, komponentů či určitých součástí potřebných v daném kroku. V okamžik, kdy jsou všechny díly použity, vrátí se štítek na místo, kde slouží jako záznam o provedení práce a posluhuje pro objednání dalších dílů. Tento systém objednávek je neefektivnější pro opakovanou výrobu shodných součástek s rovnoměrným odbytem [33].

3.6 Poka-yoke

Jde o japonský výraz vyjadřující „zabraňování pochybení“, z čehož plyne, že se jedná o metodu pro systematické minimalizování chyb z nepozornosti či neúmyslných chyb. Příkladem systému jsou zvukové alarmy upozorňující na nestandardní váhy výrobků, které by nemusely obsahovat všechny díly. Součástí tohoto myšlení je i úprava tvarů a velikosti různých komponentů, aby do sebe přesně zapadaly a nebylo možné je změnit či prohodit [34].

4 OEE

Overall Equipment Effectiveness neboli česky **Celková efektivnost zařízení (CEZ)** je označována jako základní kvantitativní ukazatel efektivnosti práce výrobních zařízení. Udává měřitelné srovnání efektivnosti celých výrobních podniků, stejně tak jako jednotlivých výrobních zařízení. Obsahuje v sobě složky ovlivňující celkovou efektivnost, které lze vyhodnotit i samostatně a využít k minimalizaci ztrát výkonu, kvality či organizace. OEE je nástrojem štíhlé výroby [35].

4.1 Rozdíl pojmů efektivnost a efektivita

Nejprve je třeba rozlišit pojmy efektivita a efektivnost, které jsou často považovány za synonyma, avšak význam těchto slov není úplně stejný [36].

Efektivnost (anglicky *effectiveness*) je účelnost a smysluplnost ve vztahu mezi daným cílem a následkem, zatímco efektivita (anglicky *eficiency*) je účinnost, tedy obecný poměr mezi přínosem nějaké činnosti a nákladem vynaloženým na onu činnost [35].

Podle tradičního pohledu TPM je OEE definováno jako *Overall Equipment Efficiency*, tedy jako celková efektivita zařízení, zatímco moderní pojetí vidí OEE jako *Overall Equipment Effectiveness*, tedy jako celkovou efektivnost zařízení. V praxi se pak tedy nyní pracuje se zkratkou OEE jako s *Overall Equipment Effectiveness* [35].

4.2 Historie OEE

Ukazatel *Overall Equipment Effectiveness* se poprvé objevil v 60. letech v Japonsku ve společnosti Nippon Denso, jehož autorem byl Seiichi Nakajima. Tato jeho metoda se významně dostala do povědomí v 80. letech, a to zejména díky rozšíření TPM. K významné aplikaci Nakajimovy metody dochází v polovině 90. let ve firmě Sematech při výrobě polovodičů, za účelem vyšší produktivity výrobních zařízení. V následujících letech pak byla tato metodika přijata i do ostatních odvětví průmyslu [37].

4.3 Charakteristika OEE

Parametr OEE seskupuje tři základní ukazatele do souhrnné veličiny, která nás informuje o celkovém využívání výrobního zařízení a popisuje, jak efektivně firma přeměňuje vstupy na výstupy. Určujeme ho jako součin těchto ukazatelů – jde tedy o součin míry dostupnosti zařízení, kvality a výkonu [38].

Výsledná hodnota je poměrová, vyjadřovaná v procentech. Teoreticky tedy může totální efektivnost zařízení OEE maximálně dosahovat i 100 %, tento výsledek není však reálný. Firmy světových měřítek dosahují výsledného OEE mezi 85-90 %. Většina podniků však dosahuje hodnot kolem 60 % a lze je i tak považovat za úspěšné [17].

OEE je vhodné pro monitoring a ke zvyšování efektivity výrobních procesů – strojů, montážních linek či výrobních buněk. Často bývá také součástí TPM, kde je využíván jako měřítko jeho účinností a poskytuje celkový rozsah pro měření efektivity výroby [17].

Cílený proces na zvyšování produktivity je způsobený zvyšujícím se koeficientem OEE, jehož se docílí pravidelným sběrem dat, jejich vizualizací a relevantním vyhodnocováním. CEZ není potřeba sledovat u všech zařízení podniku, jelikož je efektivní se zaměřovat na zvyšování ukazatele na úzkých místech výroby, či na stěžejních zařízeních podniku, zařízeních s vysokou variabilitou procesu, zařízeních se zvýšenou zmetkovitostí výrobků nebo na nestabilních zařízeních [38].

Mezi výhody po zavedení monitoringu výroby a následným zjišťováním OEE lze také zařadit kvantifikaci a identifikaci ztrát, které vznikají ve výrobním procesu a možnost zavedení ovlivnitelných ukazatelů do údržby, výroby i do motivace pracovníků. Díky tomuto měření lze dosahovat snižování ztrát, úspory lidských zdrojů, úspory energií, vyššího využití strojů, zvýšení výkonnosti a produktivity celého provozu [39].

Jak již bylo napsáno, jde tedy o ukazatel, který popisuje celkovou efektivnost výrobního zařízení a jelikož do parametru vstupují i činitelé, kteří jsou ovlivněni výrobními operátory, lze díky tomu také hodnotit i výkon obsluhy. Existuje pár důležitých rad, kterými bychom se dle literatury, při hodnocení a analýze OEE, měli neustále držet. Zejména je třeba si uvědomit, že ukazatel slouží prvotně pro samotný podnik k identifikaci úzkých míst pro zlepšování, tudíž by se měl vyvarovat zbytečných nátlaků na neustále zvyšování hodnoty parametru za účelem uspokojení managementu a zapůsobením na zákazníky. Při této nevhodné tendenci se může stát, že zaměstnanci pověřeni sběrem dat pro vypočítávání OEE nebudou ochotni sdílet pravdivé hodnoty. K eliminaci těchto nástrah podniky využívají různé modifikace koeficientu OEE pomocí parametrů TEEP a NEE, které budou popsány v dalších kapitolách [38].

Výrobní proces, technologie i portfolio jsou specifickými faktory každého podniku, proto by aplikace parametru měla být přizpůsobena charakteristikám podniku. Cílem je vysledování a odhalení prostorů pro případné zlepšení procesů. Sbíráni dat by mělo být nenáročné a racionální. Při nepřiměřeném nakládání sil na sbíráni dat, které nebudou zhodnoceny, dochází ke zbytečnému plýtvání energie i zdrojů [39].

4.4 Definice a složky ukazatele OEE

Po výběru vhodného zařízení podniku je pozornost věnována k měření jeho efektivnosti a spolehlivosti. Jak již bylo zmíněno, při určování OEE se kombinují informace o výkonnosti a dostupnosti výrobního zařízení a kvalitě výroby na onom zařízení. Výsledné naměřené údaje umožňují porovnatelné a jednoznačné hodnocení vypovídající o využitelnosti daného zařízení. Každá minuta, při které jsou výrobní zařízení vypnuté, v poruše či pracují při nižším výkonu, má nepochybně negativní vliv na ziskovost výroby či její produktivitu [37].

Hodnota CEZ dává první informaci o možných potenciálech pro zlepšování zařízení. Podle pravidla 80:20 je možno, díky cílených akcí na 20 % příčin ztrát, odstranit až 80 % všech prostojů [40].

Základní myšlenka definice OEE (bezrozměrný ukazatel):

$$OEE = \frac{T_u}{T_d} \quad (4.1)$$

T_u ... užitečný čas zařízení = doba, kdy zařízení vyrábí dobré výrobky [min]

T_d ... disponibilní čas zařízení = doba, kdy by mělo být zařízení v provozu [min]

$$OEE = D \cdot V \cdot Q \quad (4.2)$$

D... dostupnost výroby – poměr mezi výrobní dobou a disponibilní dobou [-]

V... výkon výroby – poměr mezi čistou výrobní dobou a výrobní dobou [-]

Q... kvalita výroby – poměr mezi užitečnou výrobní dobou a čistou výrobní dobou [-]

Pro vyjádření konkrétních ukazatelů využíváme následujících vztahů:

4.4.1 Dostupnost

Dostupnost nebo také **využití stroje** (anglicky *Availability*) je složka ukazatele OEE vyjadřující procentuální poměr mezi výrobním časem a disponibilním časem. Jako výrobní čas se myslí čas, kdy je zařízení v chodu (T_{sk}). Disponibilní čas je pak očekávaná doba chodu zařízení (T_d). Jako doba měření se vyjadřuje nejčastěji v rámci týdne nebo měsíce, k celkově dostupnému výrobnímu času, ve kterém je zařízení teoreticky schopno vyrábět [35].

Dostupnost zařízení je dílčím činitelem ukazatele OEE. Vyjadřuje se v procentech a říká nám, kolik procent času zařízení reálně vyrábělo v rámci naplánované výroby. Často se tento ukazatel vyjadřuje v podniku i samostatně [41].

$$D = \frac{T_{sk}}{T_d} \quad (4.3)$$

T_{sk} ... skutečná doba běhu zařízení [min]

Očekávaná doba běhu zařízení (T_d) může být předem snížena o výluky, se kterými se počítá a uvažuje se s nimi ve výrobním plánování. Jako příklad těchto skutečností, o které je vhodné dostupný čas zařízení při výpočtu zbavit, jsou zákonem nařízené přestávky, neplacené pauzy na oběd či plánované údržby na stroji, které jsou periodicky opakovatelné. Rozhodující je její opakovatelnost, začlenění do výrobního plánu a nevyhnutelnost [43].

Očekávaná doba běhu zařízení tedy zahrnuje reálný výrobní čas, kdy zařízení reálně produkuje výrobky, stejně tak jako čas neaktivity. V podnicích se tato neaktivita obvykle nazývá jako *downtime* neboli prostoj [44].

Čím je výsledný index bližší 1, tím je stroj více využíván.

Dostupnost zařízení je ovlivněna [43]:

- přestavbou a seřízením zařízení;
- poruchami strojů;
- logistikou vstupního materiálu;
- neplánovanými přestávkami;
- čekáním na přidělení práce.

4.4.2 Výkon

Výkon (anglicky *Performance*) je složka ukazatele OEE vyjadřující procentuální poměr mezi skutečným výstupem a plánovaným výstupem. Tento parametr je ovlivněn rychlostí stroje a jedná se o rozdíl mezi skutečnou a plánovanou rychlostí výroby. Mezi ztráty patří odchylky, přerušení operátorem kvůli ovládní zařízení či manipulace s výrobky, kvůli kterým stroj nevyrábí konstantní rychlostí po celou dobu chodu [44].

$$V = \frac{T_{net}}{T_{sk}} \quad (4.4)$$

T_{net} ... skutečný (čistý) výrobní čas [min]

Přičemž skutečný (čistý) výrobní čas (T_{net}) je doba potřebná na výrobu reálně vyrobeného počtu kusů dle podnikem stanovené normy a je vyjádřený jako součin normovaného času na jeden kus výrobku a počtem vyrobených kusů. Konečný poměr mezi skutečnou dobou běhu zařízení a očekávanou produkcí vyjadřuje ztráty na rychlosti způsobené nesprávným nastavením stroje, nezkušeností zaměstnanců, špatnou kondicí stroje, zpomalováním rychlosti linky či nevhodným nastavením výrobního programu, který může způsobovat hromadění výrobků na konkrétních místech [45].

Čím je výsledek bližší 1, tím je výkon stroje lepší. Ukazatel je též ovlivněn nastavením norem. Jestliže je norma špatně nastavená – příliš měkká, může dosahovat ukazatel hodnot vyšších než 1, čemuž je třeba se vyhnout [44].

Výkon zařízení je ovlivněn [43]:

- špatným technickým stavem zařízení;
- nezkušeností obsluhy;
- nestandardní kvalitou materiálu na vstupu;
- špatně stanovenými technologickými parametry výroby.

4.4.3 Kvalita

Kvalita (anglicky *Quality*) je složka ukazatele OEE vyjadřující procentuální poměr mezi počtem vyrobených kvalitních (dobrých) výrobků a celkovým počtem všech vyrobených kusů. Je celkem samozřejmé, že při nízké úrovni kvality vznikají ztráty [44].

Špatné neboli vadné kusy mohou být navždy znehodnoceny a vyřazeny tak z výrobního procesu nebo je lze v určitých případech vrátit zpět do výroby k opravě. Literatura však upozorňuje, že i takto *reworkované* kusy znamenají ztrátu ve výrobní kapacitě. Doba, která byla využita na výrobu těchto zmetků, představuje nenávratnou ztrátu. Proto je třeba zohlednit v parametru i výrobky, které nebyly úplně znehodnoceny [41].

$$Q = \frac{P_{ok}}{P_c} \quad (4.5)$$

P_{ok} ... počet vyrobených kvalitních výrobků [ks]

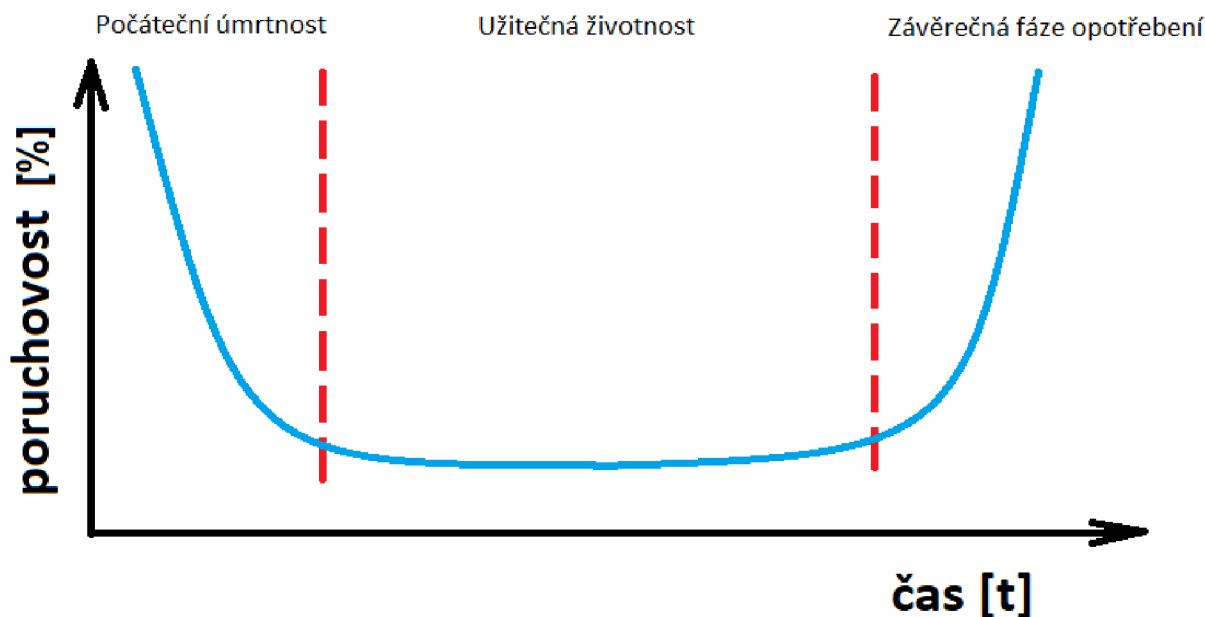
P_c ... celkový počet všech vyrobených výrobků [ks]

V čitateli vztahu je počet vyrobených kvalitních výrobků, který zjistíme jako rozdíl celkového počtu vyrobených všech výrobků a zmetků. Díky tomuto výpočtu získáme index kvality, který se blíží 1. Čím více se blíží 1, o to více se blíží k 100% kvalitní výrobě [44].

Kvalita výroby na zařízení je ovlivněna [43]:

- poruchami stroje;
- chybami pracovníka;
- špatnou kontrolní metodou;
- špatným pochopením pracovního návodu;
- špatně stanovenou technologií;
- špatným vstupním materiálem.

Grafický princip spolehlivosti v čase je vyobrazován v grafu 1 tzv. „Vanové křivky“. Na křivce jsou znázorněny tři stěžejní etapy míry výskytu poruch. Jde o počáteční tzv. úmrtnost se snižující se mírou poruchovosti, užitečnou životnost zařízení s nízkou stálou poruchovostí a závěrečnou fází opotřebení, ve které se míra poruchovosti zase zvyšuje [46].

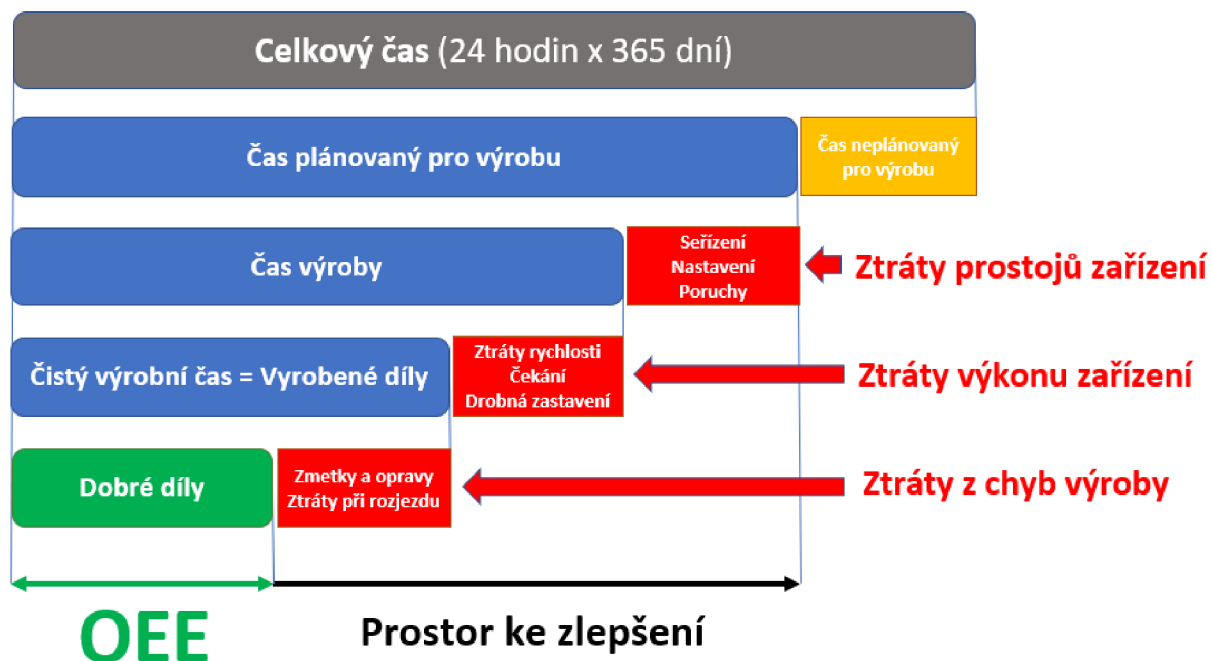


Graf 1 Vanová křivka dle [46].

Stroje se opotřebovávají v závislosti na jeho stáří a míře jejich využitelnosti. Z tohoto důvodu preventivní údržba zařízení během jeho životnosti představuje zásadní roli k dosažení nízké míry zmetkovitosti a vysoké spolehlivosti [47].

4.4.4 Definice výrobních časů

V následujícím grafickém zpracování na obr. 12 jsou znázorněny definice konkrétních časů používaných se k výpočtům složek ukazatele OEE, tedy výkonu zařízení, jeho dostupnosti i jeho kvality. Stejně tak jsou charakterizovány nejdůležitější ztráty na stroji vznikající při procesu [37].



Obr. 12 Grafické znázornění OEE dle [40].

Stěžejní informace důležité k určení jednotlivých časů získáme z dokumentů, standardů a norem podniku. Součástí těchto dokumentů jsou výrobní plány i popisy individuálních kroků výroby [43].

V prvním řádku je zobrazen celkový čas, tedy období jednoho roku vyjádřené v hodinách, které je následně rozděleno na čas plánovaný pro výrobu, tedy na očekávanou dobu běhu zařízení a na čas, který není pro výrobu plánovaný, tudíž je pro výpočet nepodstatný. Čas plánovaný pro výrobu dále dělíme na čas výroby, tedy skutečnou dobu běhu zařízení a na ztráty způsobené prostoji zařízení. V dalším kroku dochází k rozdělení času výroby na čistý výrobní čas, tedy na čas, při kterém jsou vyrobeny hotové výrobky, a na ztráty způsobené výkonem zařízení. V posledním rozřídění dělíme celkový počet vyrobených dílů v čistém výrobním čase na ztráty způsobené chybami výroby a na výsledné kvalitní (dobré) výrobky [48].

4.5 Ztráty na stroji

Ztrát vznikajících na strojním zařízení a ovlivňují tak OEE je spousta a je třeba si je uvědomovat, sledovat je, analyzovat je a následně se je naučit (alespoň částečně) eliminovat či jim předcházet [40].

4.5.1 Prostoje

Prvním typem ztrát vznikajících ve výrobním procesu jsou ztráty způsobené prostojem zařízení. Mezi tyto ztráty patří poruchy vyplývající z chyb na zařízení, jeho opravy, výpadky energie a prostoje způsobené seřizováním a ustavováním přípravků či nástrojů (přestavba zařízení, výměna nástroje) [40].

4.5.2 Ztráty rychlosti

Dalším typem ztrát jsou ztráty způsobené výkonem zařízení. Tato chyba nastává, když skutečná doba, potřebná k vytvoření jednoho kusu, je delší než předepsaný výrobní čas. Stroj tak produkuje výrobky, nikoliv však s možnou navrženou rychlostí [49].

Následující ztráty z této kategorie jsou časy, při kterých stroj běží na prázdko nebo dochází k jeho drobným zastavením, což znamená, že stroj nevyrábí stabilní rychlostí a brání tak plynulému toku výroby. Ztráty z běhu na prázdko jsou způsobeny technickými chybami. Například zaseklé výrobky mohou blokovat funkčnost senzorů. Operátor stroje může takové chyby snadno odstranit, avšak časté pozastavování snižuje efektivitu zařízení [40].

Tyto ztráty často zahrnují ztráty způsobené chybou údržby – neprovádí analýzu problémů, neznají abnormality provozu a nezajímají se o zmetky či vady. Příčinou bývá nezáměr pracovníků o čistotu, pořádek, TPM, tedy i o stav stroje [49].

4.5.3 Ztráty kvality

Ztráty kvality jsou ztráty způsobené chybami výroby. Jde o výrobky, které plně neodpovídají předepsaným specifikacím kvality požadovaným zákazníkem. Jedná se o chyby v procesech a opravách, tedy o zmetky a nedostatcích v kvalitě výroby – výrobky, které potřebují opravu. Do této kategorie také můžeme zahrnout ztráty způsobené redukcí času mezi startem stroje a stabilním provozem [40].

4.6 Čas neplánovaný pro výrobu

Přestože se čas neplánovaný pro výrobu nezapočítává do výpočtu OEE, bývá velmi podstatným údajem u analýzy využití stroje. Pokud se tyto časy monitorují, můžou se rozlišit podle původu a je možné standardizovat jejich postupy i trvání, případně přijít na přijatelnější postupy, tak aby určité činnosti bylo možné provádět, když je zařízení v chodu a tím tak zvýšit využitelnost zařízení. Mezi nejčastější plánované prostoje patří plánovaná údržba, výroba jen na jednu směnu, přestávky, obědová pauza, výroba vzorků, období bez zakázky, školení, porady a *meetingy* [50].

4.7 Sběr dat a vyhodnocování

Data pro výpočet parametru můžeme dle literatury získat třemi základními postupy [17]:

- **ručním sběrem dat** – odpovědný pracovník ručně zaznamenává do dokumentů, speciálního formuláře či do programu typu Excel;
- **poloautomatickým sběrem dat** – využití terminálů komunikujících s informačním systémem, speciálních čipů, kódů prostojů či *offline* automatického vyhodnocování dat z procesu výroby;
- **automatickým sběrem dat** – vyhodnocuje data v reálném čase díky online přenosu z výrobního procesu přímo do podnikového systému za pomoci MES systémů (*Manufacturing Executive System*).

Výchozí data pro vypočítávání efektivnosti zařízení nabízí prostor pro následující rozvoj na základě dat získaných o jednotlivých složkách. Postupování při výpočtu je velice snadné, ale reálně může docházet k problémům při správném zařazení jednotlivých časů ztrát a jejich správné identifikaci. Pro správné výpočty hodnot, a vykazování jejich skutečné hodnoty, je potřeba dodržovat doporučenou metodiku výpočtu [48].

4.8 Úzká místa dle OEE

Cílem monitoringu úzkých míst není jen analýza. Ve skutečnosti se v mnoha podnicích bere OEE jako ukazatel pro manažerské schůzky a dále se s ním nijak npracuje. Pokud se s touto analýzou dále nepokračuje, nedochází tak k využívání jejího potenciálu. Po sesbírání dat, vyhodnocení, vizualizaci je dalším krokem analýzy opatření pro zvyšování parametru OEE, nejčastěji pomocí metodiky SMED či TPM, které bývají velice účinné. Jak již bylo napsáno, dosažení 100 % OEE je nereálné, analýza však odhalí, na jaké hranici OEE je, a přestože výstupem nemusí být opatření zvyšující ukazatel, podnik získá podklady pro rozhodnutí k investici do dalšího stroje či podnět pro řešení úzkého místa, například zvolením jiné technologie nebo zahájením spolupráce s externí firmou [17].

Mezi nejčastěji identifikované chyby při monitorování OEE patří [48]:

- dochází k ručnímu záznamu prostojů, tudíž s nepřesnostmi;
- do výpočtu nebývají zahrnuty opravitelné zmetky;
- není zdokumentována metodika stanovení OEE v podniku;
- nejsou stanoveny procesy sběru dat;
- při přechodu na nový typ výroby, seřízení nebývá zahrnuto v prostojích;
- rozvržení práce není zahrnuto do prostojů;
- nezachycují se tzv. mikroporuchy;
- výpočet bývá vytvořen jen pro jednoho reprezentanta;
- nebývá provedena analýza a stanovení nápravných opatření.

Metodiku OEE by firma neměla přebírat z literatury, měla by sloužit čistě cíli podniku. Z tohoto důvodu platí, že jasnost, výstižnost a rychlost jsou pro podnik důležitější než příliš složitý, přesný a pracný systém. V určitých firmách dochází ke sledování i logistických prostojů či prostojů zapříčiněné nepřítomností operátora na pracovišti. Vše v první řadě závisí na tom, co je cílem podniku při sledování OEE [17].

4.9 Zvyšování OEE

Postup pro zvyšování OEE se nedá příliš dobře zevšeobecňovat na veškerá strojní zařízení z důvodu pestrosti těchto zařízení či výroby. Obecně by se však měly postupy skládat z těchto základních činností [43]:

- identifikování úzkých míst ve výrobě;
- identifikování 6 základních ztrát ve výrobě (viz kapitola 4.5);
- určení metodiky měření OEE;
- automatizace přesného výpočtu OEE;
- zlepšování hodnoty ukazatele OEE – redukce ztrát, nápravná opatření;
- implementace nápravných opatření na stroji;
- vyhodnocování účinnosti nápravných opatření.

Jak již bylo řečeno v kapitole 4.3, hodnota koeficientu OEE podniku světové úrovně se pohybuje okolo 85-90 %. V následující tabulce (tab. 1) jsou zobrazeny podmínky hodnot jednotlivých ukazatelů u těchto podniků [51].

Tab. 1 Hodnoty jednotlivých ukazatelů u podniku světové třídy dle [17].

Podnik světové třídy	
Parametr	Optimální hodnota
OEE	>85 %
Dostupnost	>90 %
Výkon	>95 %
Kvalita	>99 %

Pro zvyšování OEE je třeba správné organizace zlepšování. Tato organizace je zpracována na obr. 13 [51].



Obr. 13 Organizace zlepšování OEE dle [51].

4.10 Souvislost parametrů OEE a produktivity

Vymezení parametru produktivity ukazuje, že ukazatel OEE má těsnou spojitost na produktivitu práce konkrétního strojního zařízení ve výrobě. V souvislosti s určením OEE jde o produktivitu měřenou počtem vyrobených výrobků za danou časovou jednotku. Při pravidelné analýze příčin ztrát ve výrobním procesu a následném řešení těchto problémů lze očekávat, že bude narůstat počet vyrobených kvalitních kusů [39].

4.11 Ostatní ukazatelé efektivity

Existuje mnoho jiných ukazatelů efektivity vyvozených od ukazatele OEE, které lze rovněž používat pro analýzu celkové efektivity a zjišťování produktivity výrobního procesu. Někteří ukazatelé mohou přinést nejenom jiný pohled na efektivnost daného zařízení, ale také důležité informace o situaci ve výrobě podniku [35].

4.11.1 Ukazatel TEEP

Prvním z vyvozených ukazatelů od OEE je ukazatel celkové efektivity produktivity zařízení, tedy zkratkou **TEEP** (anglicky *Total Effective Equipment Productivity*). Tento ukazatel se používá k hodnocení celkového vytížení stroje v rámci kalendářního času a přináší pohled na využití strojního zařízení v rámci naplánované doby výroby stejně tak, jak je tomu u určování OEE. Na základě výsledků dle TEEP můžeme hodnotit důležitost stroje v podniku nebo využití zařízení ve srovnání se zařízeními zbylými. K uplatnění ukazatele dochází především v podnicích s provozem pracujících ve více směnách [17,35].

K výpočtu se dle literatury používá vztah [35]:

$$\text{TEEP} = \text{SV} \cdot \text{OEE} \quad (4.6)$$

SV... stupeň využití [-]

Stupeň využití vyjadřuje podíl disponibilního času dne, který zohledňuje plánované přestávky, a celkového teoretického času výroby. Celkový teoretický čas je vyjádřen jako kalendářní den, který má 24 hodin [17].

4.11.2 Ukazatel NEE

Druhým z vyvozených ukazatelů od OEE je ukazatel netto efektivity zařízení, tedy zkratkou **NEE** (anglicky *Net Equipment Effectiveness*). Tento ukazatel je velmi podobný výpočtu ukazatele OEE, avšak při určování dostupnosti se poměří jenom ztráty vzniklé z důvodu poruch. Z plánovaného výrobního času tedy pak odpadnou časy zahrnující přestavby zařízení – celkový výsledný ukazatel nabývá vyšších hodnot [35].

$$\text{NEE} = D_p \cdot V \cdot Q \quad (4.7)$$

D_p ... provozní dostupnost [-]

Provozní dostupnost se pak vypočítá podobným postupem jako u OEE, pouze jmenovatel vztahu je zbaven o přestavby, které u OEE bývají součástí prostojů [17].

$$D_p = \frac{T_{sk}}{T_d - P} \quad (4.8)$$

P... přestavby [min]

5 MINDSPHERE

Pro analýzu a vyhodnocování celkové efektivnosti výrobního zařízení je ve zvoleném podniku využíváno softwaru MindSphere a jedním z požadavků firmy při udělení zadání diplomové práce bylo úplné pochopení a probádání problematiky v tomto softwaru a využití jeho výhod ve prospěch řízení výroby.

5.1 Charakteristika

MindSphere je operační systém, který podporuje firmy na cestě k digitalizaci bez ohledu na velikost firmy či obor podnikání. Mezi hlavní výhody patří velmi rychlá implementace [52].

Platforma MindSphere disponuje otevřeným rozhraním, to znamená, že je vhodným ekosystémem pro sdílení dat i mezi třetími stranami a propojuje široké spektrum zařízení a produktů. Standardy a rozhraní umožňují sbírání dat ze zařízení z různých podniků a jejich následnou analýzu v MindSphere [53].

5.2 Aplikace

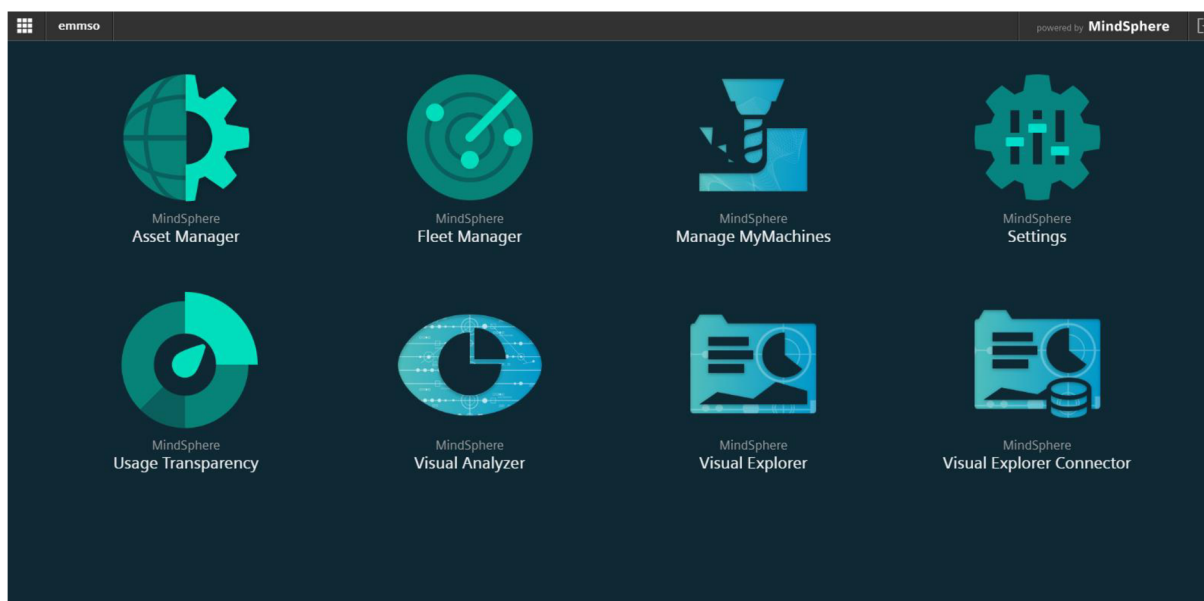
K efektivní práci se softwarem MindSphere jsou potřeba aplikace, které jsou stěžejní částí operačního systému. Aplikace otevírají nové možnosti, jak lze využívat data za účelem optimalizace výroby, snížení nákladů či zvýšení přidané hodnoty pro zákazníka [52].

Stále je řada aplikací stále ve vývoji. Nové aplikaci mohou být tvořeny, jak třetími stranami, tak samotnými zákazníky. Vzhledem k otevřenému prostředí je pro vývoj aplikací potenciál téměř nekonečný [53].

Aplikace lze využívat pro správu dat, preventivní údržbu, analýzu a sběr dat z životního cyklu produktu, monitoring zařízení či optimalizaci využití zdrojů [52].

Výchozím bodem po přihlášení do softwaru je seznam, ve kterém můžeme zvolit vhodnou aplikaci či změnit nastavení.

Na obr. 14 je znázorněna úvodní obrazovka zobrazená po přihlášení do MindSphere se seznamem aplikací.



Obr. 14 Seznam aplikací v operačním systému MindSphere v podniku Alfa.

5.2.1 Manage MyMachines

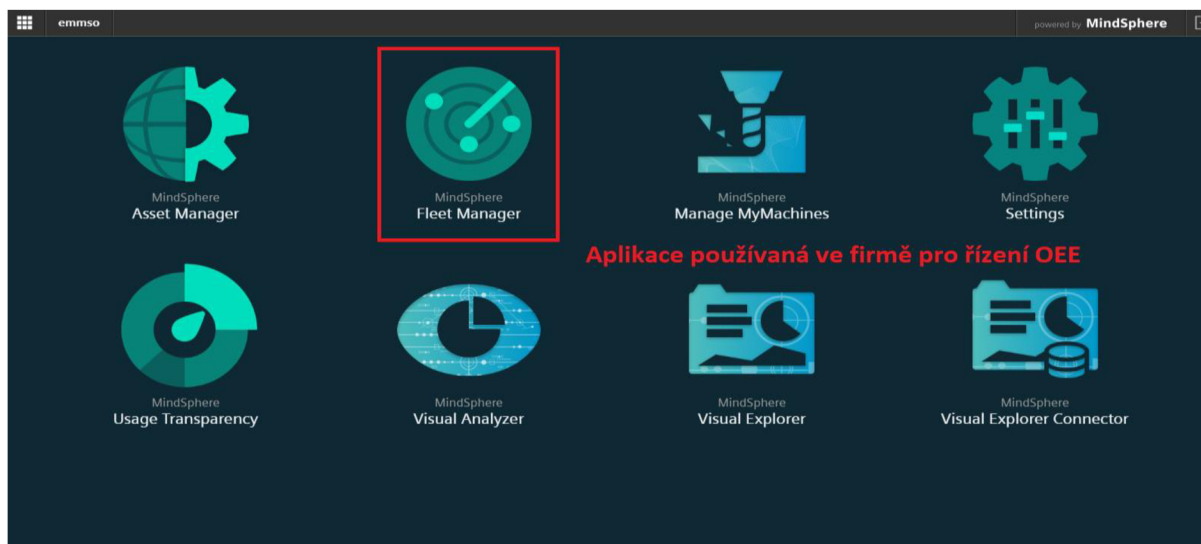
Základní aplikací vyvinutou společností Alfabet, tudíž aplikací, která je součástí základního balíčku aplikací v MindSphere, je Manage MyMachines. Tato aplikace umožňuje monitorování a optimalizaci provozu obráběcích strojů [53].

5.2.2 Fleet Manager

Základní aplikací systému je Fleet Manager, která je výchozí složkou pro zobrazení přehledu veškerých připojených zařízení na zeměpisné mapě a obsahuje základní monitorování.

Aplikace Fleet Manager je stěžejním nástrojem k analýze a vyhodnocování celkové efektivity výrobního zařízení v podniku Alfa, tedy i v této diplomové práci. Aplikace monitoruje stavy stroje každou vteřinou.

Po přihlášení zvolíme ze seznamu aplikací Fleet Manager, jak je vidět na obr. 15.

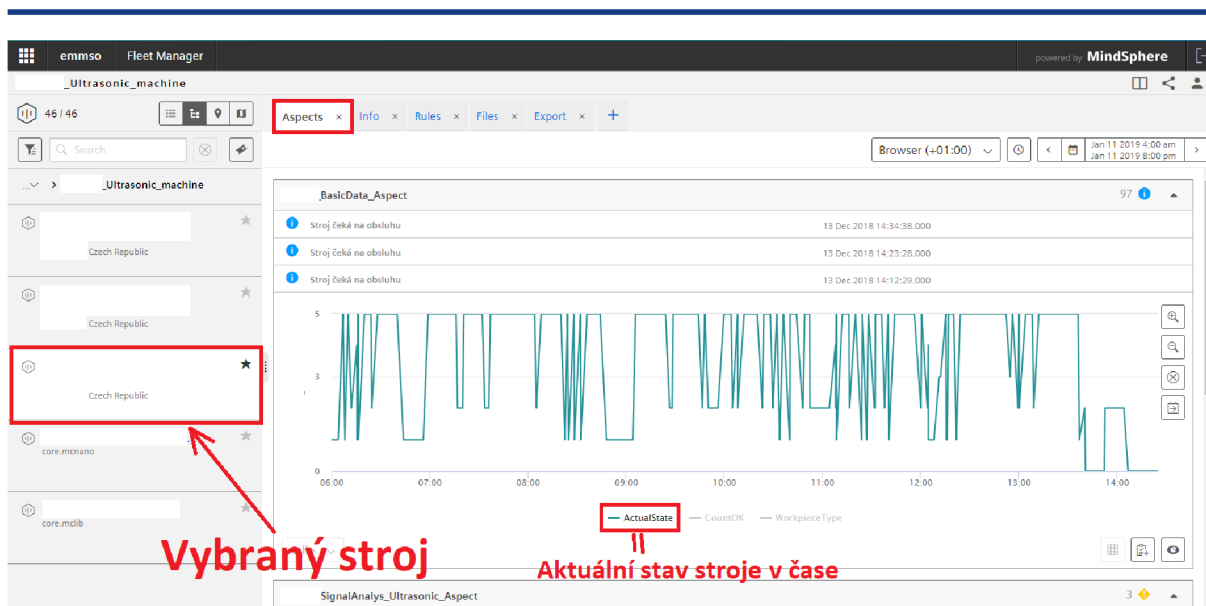


Obr. 15 Aplikace Fleet Manager vybraná k analýze OEE.

V prvotním rozhraní aplikace je nutno vybrat si napojené zařízení v systému v seznamu na levé straně. V seznamu se mohou nacházet všechny napojené zařízení napříč celou společností. Obsahuje tak tedy i zařízení nacházející se i v jiném státě, v případě že daná společnost má zázemí rozmístěné ve více zemích.

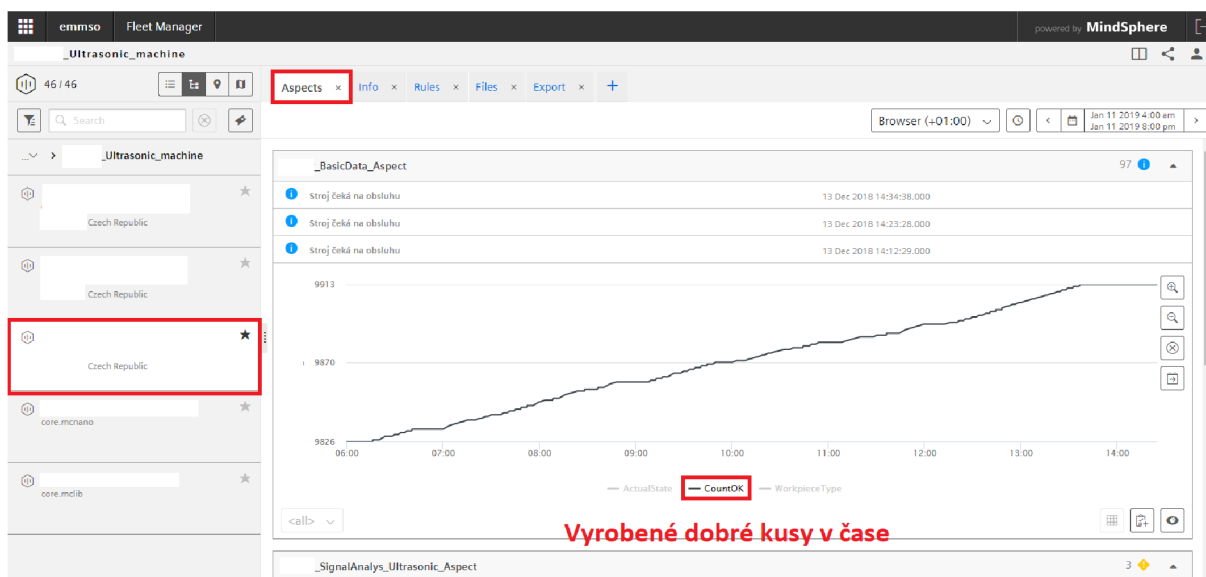
Z důvodu diskrétnosti naměřených dat jsou veškeré informace o názvu zařízení, názvu společnosti či geografickému umístění společnosti umazána, případně začerněna (viz obr. 16).

Po vybrání zařízení si ve složce **BasicData_Aspect** zvolíme podsložku **'Aspects'** a vybereme ukazatel **'ActualState'**, vykreslí se graf stavu stroje, přičemž na ose x je čas a osa y udává stav stroje v rozmezí 0-5 (viz obr. 16).



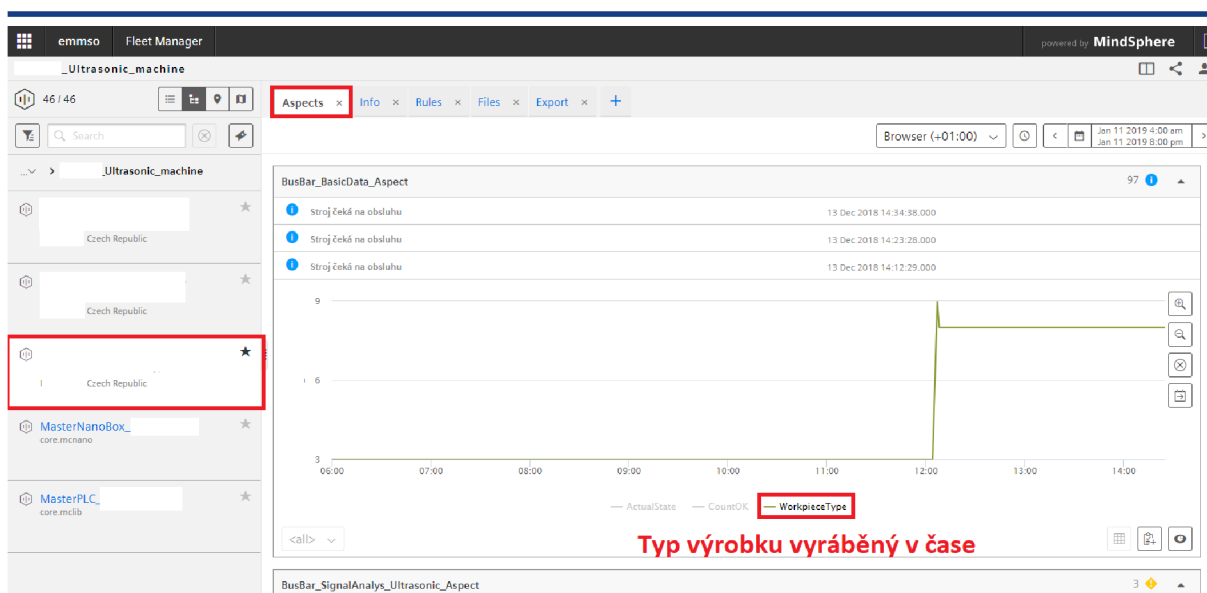
Obr. 16 Aplikace Fleet manager zobrazující aktuální stav stroje v čase.

Po zvolení složky **BasicData_Aspect**, podsložky **'Aspects'** a vybrání ukazatel **'CountOK'**, vykreslí se graf stavu stroje, přičemž na ose x je čas a osa y udává počet vyrobených dobrých výrobků (viz obr. 17).



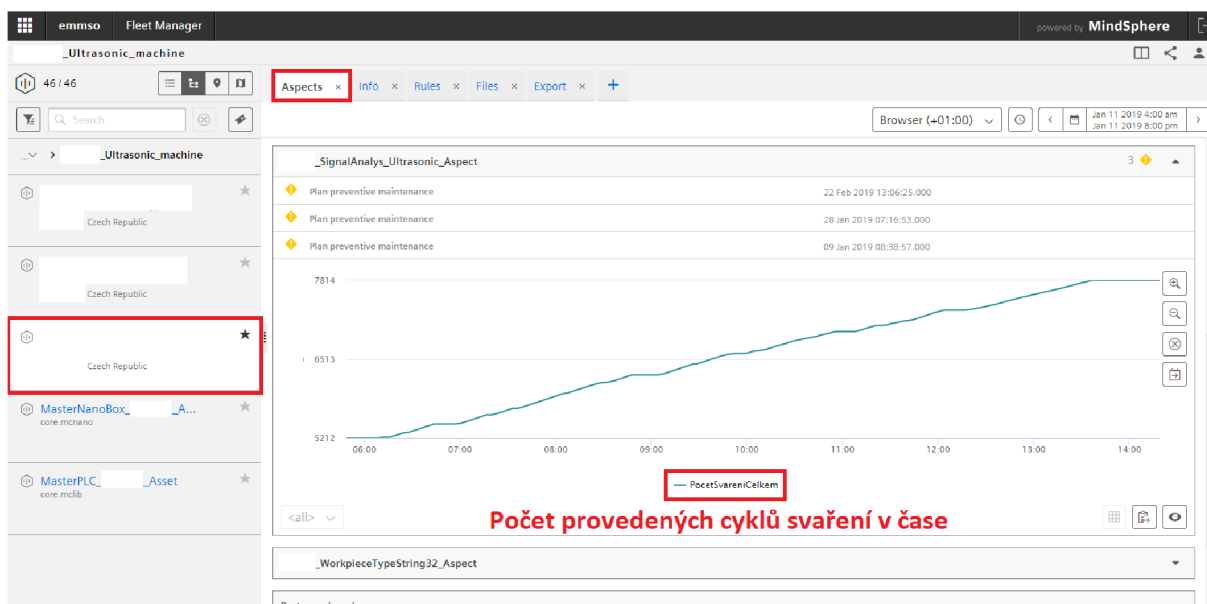
Obr. 17 Aplikace Fleet Manager zobrazující počet dobrých kusů v čase.

Po zvolení složky **BasicData_Aspect**, podsložky **'Aspects'** a vybrání ukazatel **'WorkpieceType'**, vykreslí se graf stavu stroje, přičemž na ose x je čas a osa y udává typ daného výrobku vyráběného na stroji v rozmezí 1-32 (viz obr. 18). Co se týká popisu konkrétních typů výrobku, nebudou v této práci, v rámci ochrany údajů firmy, zveřejněny.



Obr. 18 Aplikace Fleet Manager zobrazující typ vyráběného výrobku v čase.

Po zvolení složky **SignalAnalys_Ultrasonic_Aspect** a podsložky **'Aspects'** se vykreslí graf stavu stroje, přičemž na ose x je čas a osa y udává počet provedených kroků stroje – v tomto případě se jedná o svařovací stroj, tudíž jde o počet svaření (viz obr. 19).



Obr. 19 Aplikace Fleet Manager zobrazující celkový počet svaření v čase.

Při zvolení podsložky **'Rules'** si můžeme nastavit pravidla v aplikaci, tudíž lze nastavit pokyny k zasílání emailů v případě, zda se stroj dostane do určitého stavu. Například lze zasílat upozornění na email po provedení určitého počtu kroků stroje (svaření), při dlouhodobé nečinnosti stroje či při pokažení stroje (viz obr. 20).

The screenshot shows the Fleet Manager interface with the 'Rules' tab selected. A table lists rules with columns for Name, Description, Additional actions, and Active status. A red box highlights the 'Rules' tab in the top navigation bar. A red arrow points to the table. A red text box contains the text: "Nastavení pravidel pro MindSphere. Možnost zaslání emailů při zvolených akcích."

Name	Description	Additional actions	Active
Nevyužívaní stroje	Stroj čeká na obsluhu	Email:	✘
	Plan	Email:	✓

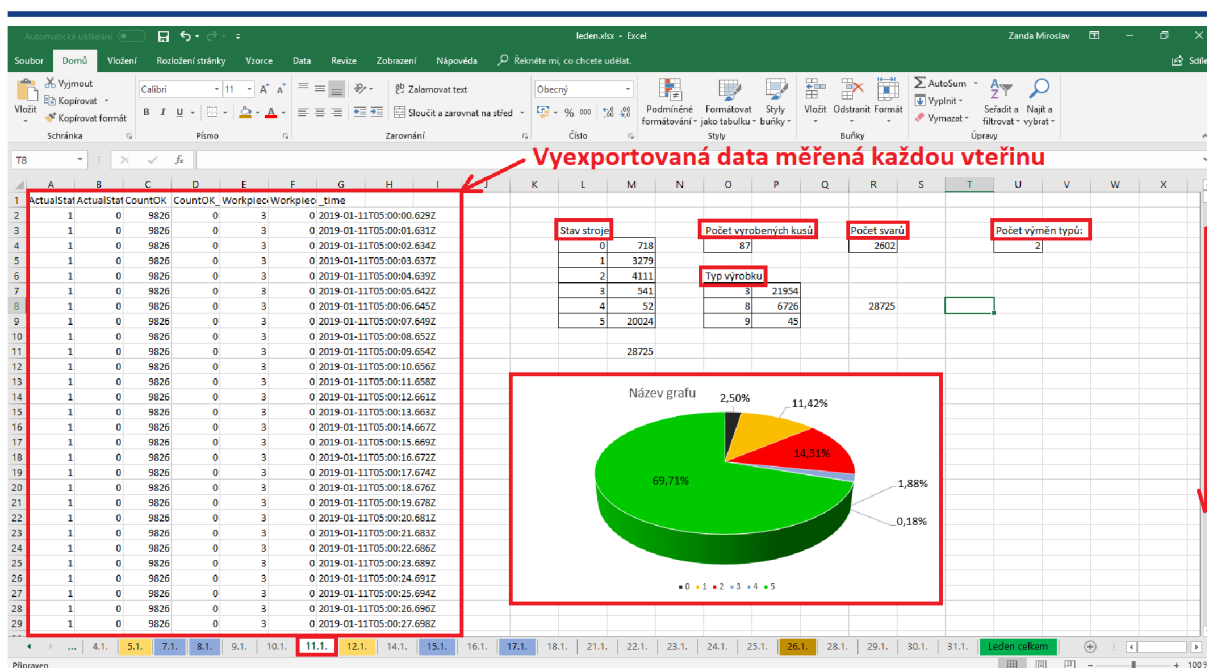
Obr. 20 Aplikace Fleet Manager a zadávání pokynů do podsložky Rules.

Při zvolení podsložky 'Export' je umožněno exportování dat z aplikace s příponou .json nebo .csv, tudíž s příponou kompatibilní s programem Excel (viz obr. 21).

The screenshot shows the Fleet Manager interface with the 'Export' tab selected. A red box highlights the 'Export' tab in the top navigation bar. A red text box contains the text: "Možnost exportování dat z MindSphere s příponou CSV - kompatibilní s programem EXCEL."

Obr. 21 Aplikace Fleet Manager umožňuje export naměřených dat do programu Excel.

Po vyexportování naměřených dat každou vteřinou a následném otevření v programu Excel se objeví tabulka znázorňující stav stroje, vyrobený kus, vyrobený typ výrobku, v konkrétním datumu a čase. Z této tabulky pomocí funkcí programu Excel snadno shromáždíme data a můžeme analyzovat OEE a další cenné informace, jak je zobrazeno na obr. 22.



Obr. 22 Vyexportovaná data z Fleet Manageru do programu Excel.

5.3 Funkce MindSphere

Podnikem definovaná data se zabezpečeně sbírají a dále shromažďují v operačním systému MindSphere, kde se postupně zpracovávají. Následně jsou ukládána do cloudu či jiného místního datového centra. Data se tak stávají připravená pro například analýzu pomocí postupů založených na umělé inteligenci. Analýzou dat získává uživatel hodnotné informace, které se dají využít pro optimalizaci napojených zařízení a systémů, a využívat tak jejich potenciálu naplno [52].

MindSphere umožňuje vývin aplikací, zpřístupnění ostatním uživatelům a jejich provoz. Díky tomu tak zpřístupňuje možnosti ke vzniku nových obchodních modelů [53].

6 CHARAKTERISTIKA ZAŘÍZENÍ

Jak již bylo zmíněno v úvodu práce, diplomová práce je z důvodu citlivých informací podniku psána pod skrytým názvem a bude v následujících kapitolách používán univerzální název firmy Alfa.

6.1 Popis firmy

Pro vypracování diplomové práce byl zvolen podnik Alfa, který je odštěpným závodem globálního elektrotechnického koncernu Alfabeta, s.r.o.

Výrobní hala podniku byla vybudována v roce 2005 na zelené louce v areálu XXX Město a je v ní soustředěna výroba přípojnicových systémů. Samostatný odštěpný závod vznikl v roce 2010 spojením se společností Alfabeta, s.r.o. a v dnešní době zaměstnává přes 200 zaměstnanců v technologicky a klimaticky vhodných prostorech.

Co se týče přípojnicových systémů, tak se jedná o flexibilní systémy, které přenášejí a rozvádějí elektrickou energii v průmyslových a účelových budovách, ale také v jiných prostorech, jako jsou letiště, elektrárny a námořní lodě. Na rozdíl od tradičních kabelů přinášejí přípojnicové systémy zřejmé výhody zejména v rychlosti a flexibilitě montáže či demontáže připojení koncových zařízení a strojů.

Varianty přípojnicových systémů (skryté pravé názvy z důvodu ochrany citlivých údajů firmy) [54]:

- přípojnice typu 1 (25 až 40 A);
- přípojnice typu 2 (40 až 160 A);
- přípojnice typu 3 (160 až 1250 A);
- přípojnice typu 4 (1250 až 6300 A).

6.2 Popis sledovaného zařízení

Jedná se o linku určenou pro výrobu přípojnic typu 2 – přímých délek. Seznam vyráběných druhů přípojnic je vyjádřen v tab. 2 se skrytými názvy.

Tab. 2 Seznam vyráběných přípojnic dle [54]

XXXX -40-2-0,5	XXXX -100-3-0,5
XXXX -40-2-1	XXXX -100-3-1
XXXX -40-3-0,5	XXXX -125-2-0,5
XXXX -40-3-1	XXXX -125-2-1
XXXX -63-2-0,5	XXXX -125-3-0,5
XXXX -63-2-1	XXXX -125-3-1
XXXX -63-3-0,5	XXXX -160-2-0,5
XXXX -63-3-1	XXXX -160-2-1
XXXX -100-1-0,5	XXXX -160-3-0,5
XXXX -100-2-0,5	XXXX -160-3-1
XXXX -100-2-1	XXXX -SON**

Linka je podnikem rozdělena na 4 jednotlivé části:

6.2.1 Čištění, rovnání a stříhání

Jako vstup do strojního zařízení se používá Al či Cu vodič smotaný ve svitku. Svitok s vodičem je umístěn na odvíjecím zařízení (obr. 23) a postupně odmotáván skrz zařízení mechanického čištění do myčky (obr. 24), kde dochází k odmaštění vodiče a k jeho vyleštění pomocí kartáčů, čistících filců, čistícího roztoku a čistících vložek (obr. 25).

Po průchodu myčkou prochází vodič měřicím kolečkem (obr. 26) skrz rovnací zařízení (obr. 27, obr. 28), kde dojde k jeho vertikálnímu i horizontálnímu srovnání, a dorazí do zařízení stříhacího (obr. 29), přičemž ho odstříhne na požadovanou délku dle zvoleného programu (obr. 30).



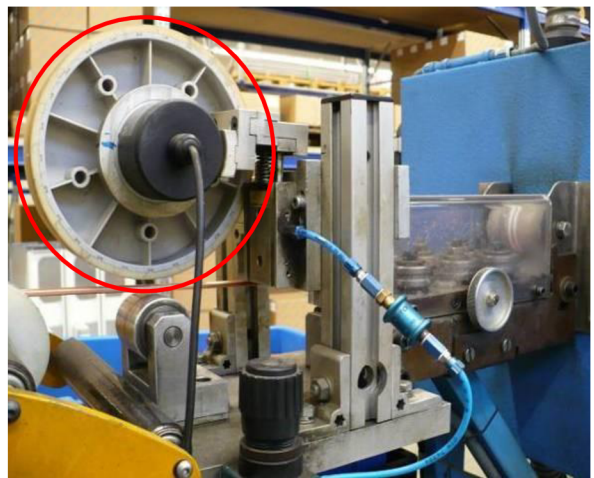
Obr. 23 Odvíjecí zařízení se svitkem.



Obr. 24 Mycí zařízení vodiče.



Obr. 25 Leštění vodiče v myčce.



Obr. 26 Měřicí kolečko.



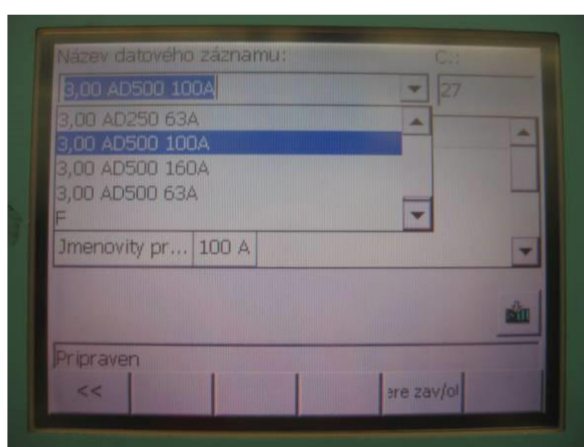
Obr. 27 Vertikální srovnání vodiče.



Obr. 28 Horizontální srovnání vodiče.



Obr. 29 Stříhací zařízení vodiče.



Obr. 30 Příklad volby programu.

6.2.2 Svařování

Ve druhé části linky je vstupem vyčištěný srovnaný vodič a jsou na něj pomocí metody ultrasonického svařování navařovány L-kontakty a Z-kontakty, které jsou odmaštěny a najíždějí do svařovny pomocí vibračních válců (obr. 32, obr. 33, obr. 34).

Svařené vodiče s kontakty zajíždí dále linkou do připravených plastových izolačních profilů. Po dohotovení 4 vodičů je základní část jedné přípojnice hotová a vyjede z automatizované linky ven (obr. 35).

Tato část linky je částí stěžejní, jak pro linku, tak pro firmu samotnou. Z tohoto důvodu je tato práce soustředěna právě na tento úsek výrobního procesu.

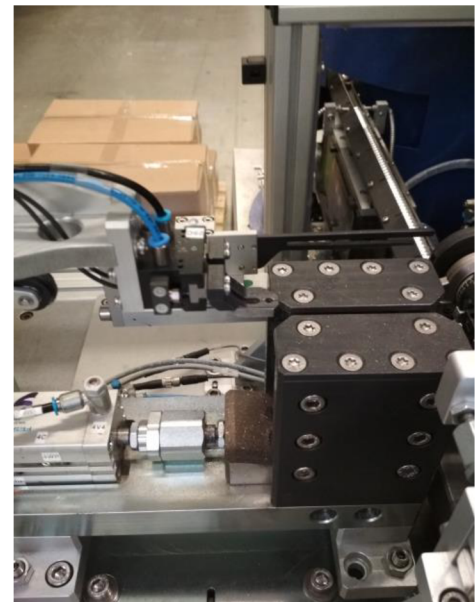
Na obr. 31 jsou technické údaje o zařízení, které se objevují u stroje.



Obr. 31 Technické údaje o zařízení pro ultrazukové svařování vodičů.



Obr. 32 Svařovací část linky.



Obr. 33 Horizontální srovnání vodiče.



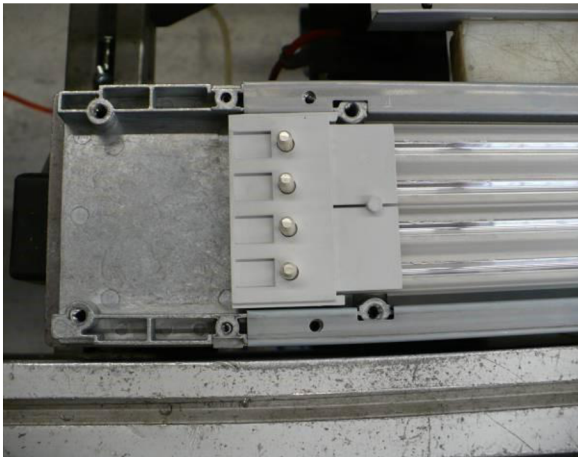
Obr. 34 L-kontakt a Z-kontakt.



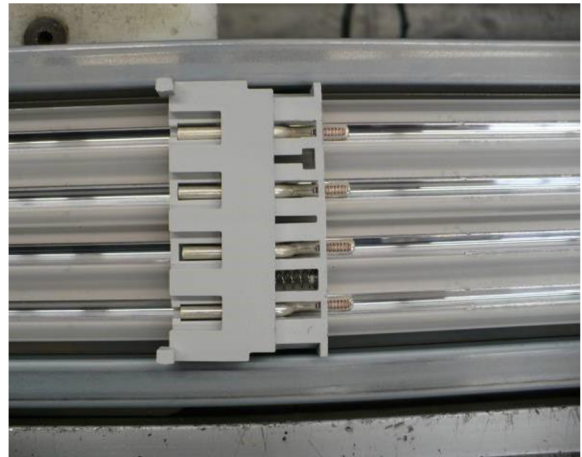
Obr. 35 Hotová základní část přípojnice.

6.2.3 Montáž a nýtování

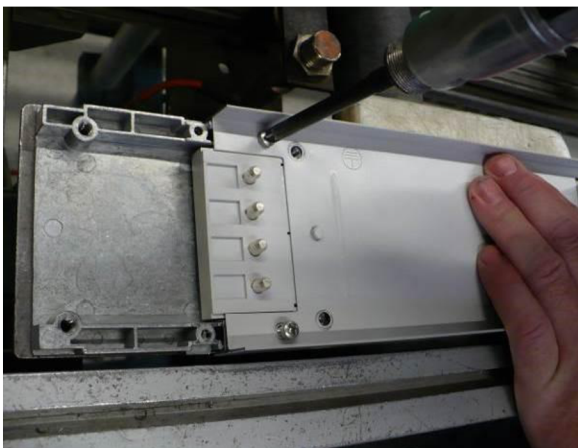
Ve třetí části linky dochází k manuální montáži základní části přípojnice v plastovém krytu ze svařovny se spodním dílem *joint-packu*, dolním profilem přípojnice, koncovými držáky (obr. 36), držáky vodičů výstupního místa, kryty výstupního okna (obr. 37) a horním profilem přípojnice. Montáž těchto částí je docílena pomocí šroubků dotažených pneumatickým šroubovákem (obr. 38). Smontovaná přípojnice je posunuta dále linkou po pojezdovém pásu vstříc nýtování profilů. Na obr. 39 je část linky pro zanýtování profilů.



Obr. 36 Montáž přípojnice typu 2.



Obr. 37 Montáž přípojnice typu 2.



Obr. 38 Montáž přípojnice typu 2.



Obr. 39 Část linky pro zanýtování profilů.

6.2.4 Zkušebna a balička

V posledním kroku výroby přípojnice dochází k jejímu zkoušení ve zkušebně (obr. 41) a v případě kvalitního kusu přejde do balícího zařízení, kde v balicí peci dochází k jejímu zabalení do igelitové ochrany (obr. 42). Na obr. 40 je zobrazen panel, kde se zobrazují vyhodnocené zkoušky.

Výstupem je hotová přípojnice typu 2 dle nastaveného programu (obr. 43).



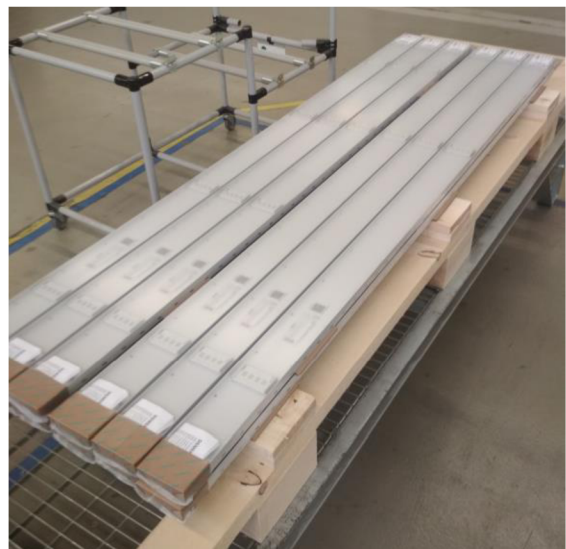
Obr. 40 Panel s vyhodnocenými zkouškami.



Obr. 41 Zkušebna.



Obr. 42 Pec a balíčka přípojnic typu 2.



Obr. 43 Příklad hotových přípojnic typu 2.

6.3 Popis používané technologie zařízení

Na sledovaném zařízení v části svařování Al a Cu vodičů přípojnic typu 2 se používá technologie **ultrazvukového svařování**.

Princip této metody se zakládá na využívání energie ultrazvuku při vysokých frekvencích. Frekvence při svařování se pohybují od 20 kHz až do 40 kHz a používají se ke generování mechanických vibrací, které vykazují nízkou amplitudu. Tato amplituda dosahuje hodnot mezi 1 μm a 25 μm . Vibrace se přenášejí ze zdroje na svařovaný materiál pomocí sonotrod, přičemž je vyvoláno mechanické tření, které generuje teplo na styčných plochách svařovaných dílů. V důsledku vzniku tepla dochází k natavování materiálu a za stálého přitlačování dílů, k postupnému ochlazení a vytvoření tak tíženého spoje. Ultrazvuková metoda svařování patří mezi

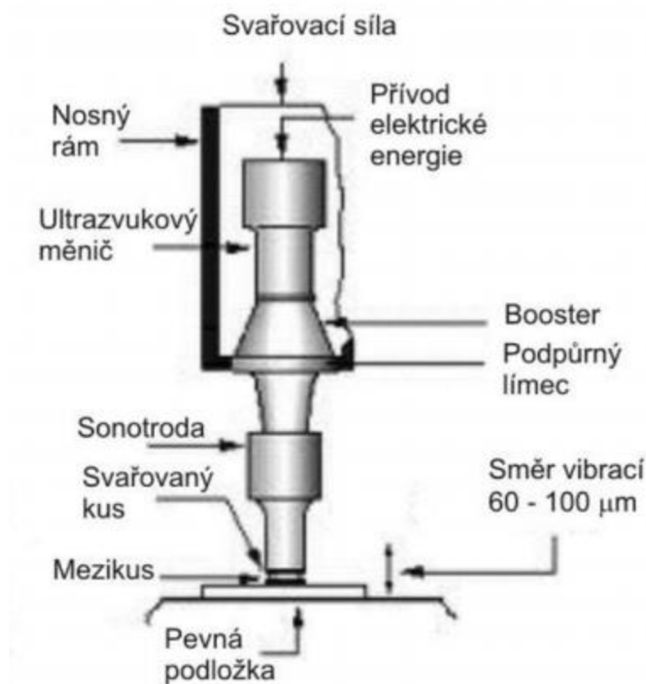
časově nejrychlejší metody, například oproti tepelnému svařování je doba svařování až dvakrát rychlejší [55].

Délka trvání procesu svařování je v rozmezí 10 ms až do několika sekund a velikost přítlačného tlaku v oblasti svaru se pohybuje v oblasti 0,1 do 0,3 násobku tvrdosti materiálu měřeného metodou podle Vickerse. Ostatní parametry svařování závisí na tloušťce, vlastnostech a rozměrech spojovaných materiálů [56].

Podstata vzniku svaru ultrasonického svařování je stejná jako u ostatních druhů svařování a odlišuje se pouze kinetikou jednotlivých kroků procesu tvorby svaru. Proces začíná vytvořením kontaktu, přičemž dochází k fyzikálnímu přiblížení atomů. Vzdálenost mezi atomy je taková, že je umožněno průběhu alespoň slabých chemických interakcí mezi nimi. V dalším kroku se vytváří aktivní centra mezi spojovanými materiály. Těmi jsou myšleny strukturní poruchy, jako například vakance či dislokace. V posledním kroku svařování dochází ke vzniku objemových procesů po vytvoření aktivních center. S tímto krokem je spojena interakce svařovaných materiálů v místě dotyku a vytvoření tak pevných vazeb. Výsledek tohoto procesu je tvorba mikrosvarů s vazbami, samodifuze prvků, difuze prvků, vznik nových napětí i relaxace napětí [57].

Ultrasonicky svařovat se může s velkými amplitudami, menšími přítlačnými silami, velkou deformací materiálu a rychlým zvýšením teploty v místě kontaktu nebo s malými amplitudami, velkými přítlačnými silami, bez opotřebení materiálu a s velkými deformacemi. Druhá metody svařování vykazuje lepší pevnostní vlastnosti materiálu. Při změně poměru velikostí přítlačné síly a amplitudy při svařování materiálů je možno docílit spojů s výrazně rozdílnou pevností, plasticitou i strukturou [56].

Na obr. 44 je zobrazeno schéma zařízení pro ultrazvukové svařování.



Obr. 44 Schéma zařízení dle [58].

7 VYHODNOCOVÁNÍ OEE ZAŘÍZENÍ

Za dobu vyhodnocování OEE stroje byla zvolena doba 3 měsíců, kdy bylo zařízení pečlivě sledováno a to, jak digitálně v aplikaci Fleet Manager, tak i fyzickou přítomností na pracovišti. Jde o období ledna, února a března roku 2019.

Nejprve je třeba vysvětlit význam dat naměřených aplikací Fleet Manager. Jak již bylo zmíněno v kapitole 5.2.2, aplikace vyhodnocuje stavy stroje v rozmezí 0-5. Vysvětlení těchto stavů je v tab. 3.

Tab. 3 Vysvětlení stavu stroje.

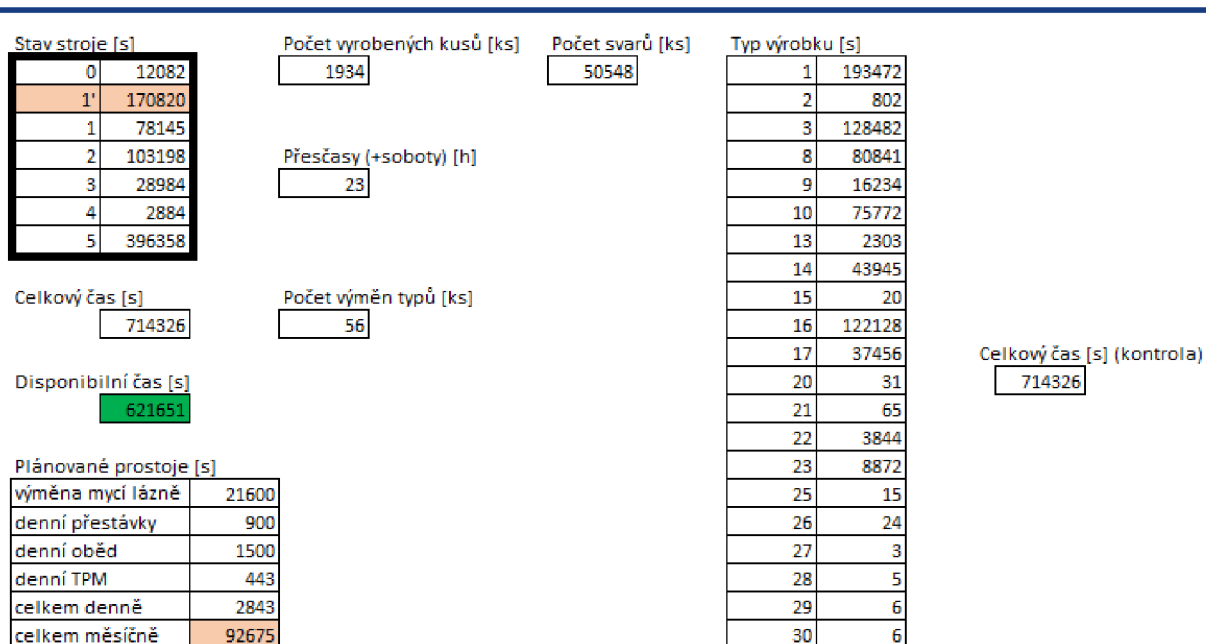
Stav	Název	Vysvětlení	OEE
0	Switched off	Stroj je ve vypnutém stavu	x
1	Stand by	Stroj je zapnutý, ale nepracuje	x
2	Failure	Stroj se zastavil – hlásí chybu	x
3	Setup	Stroj je ve stavu nastavení	x
4	Operator work	Ochranný kryt stroje je oddělaný a operátor provádí na stroji úpravy či korekce	x
5	Auto	Stroj je zapnutý v automatickém režimu	✓

Co se týká stavů 3 a 4, jsou si velmi podobné a při sledování OEE daného zařízení jsou v systému MindSphere ne úplně dobře vzájemně rozeznatelné. Při přeprogramování stroje by bylo vhodné zvolení lepší rozeznatelnosti těchto stavů, aby bylo pro zaměstnance pracujícího se systémem MindSphere snadnější rozeznat, k jakým úkonům v daných stavech dochází. Pro výpočet OEE je však rozdílnost stavů 3 a 4 nepodstatná. Stroj se v obou případech nachází ve stavu, kdy nepracuje. Stejně tomu tak je ve stavech 0, 1 a 4, proto hodnotu OEE vyjadřuje pouze stav 5, tedy jediný stav, při kterém je zařízení v automatickém chodu.

7.1 Měření OEE v období ledna 2019

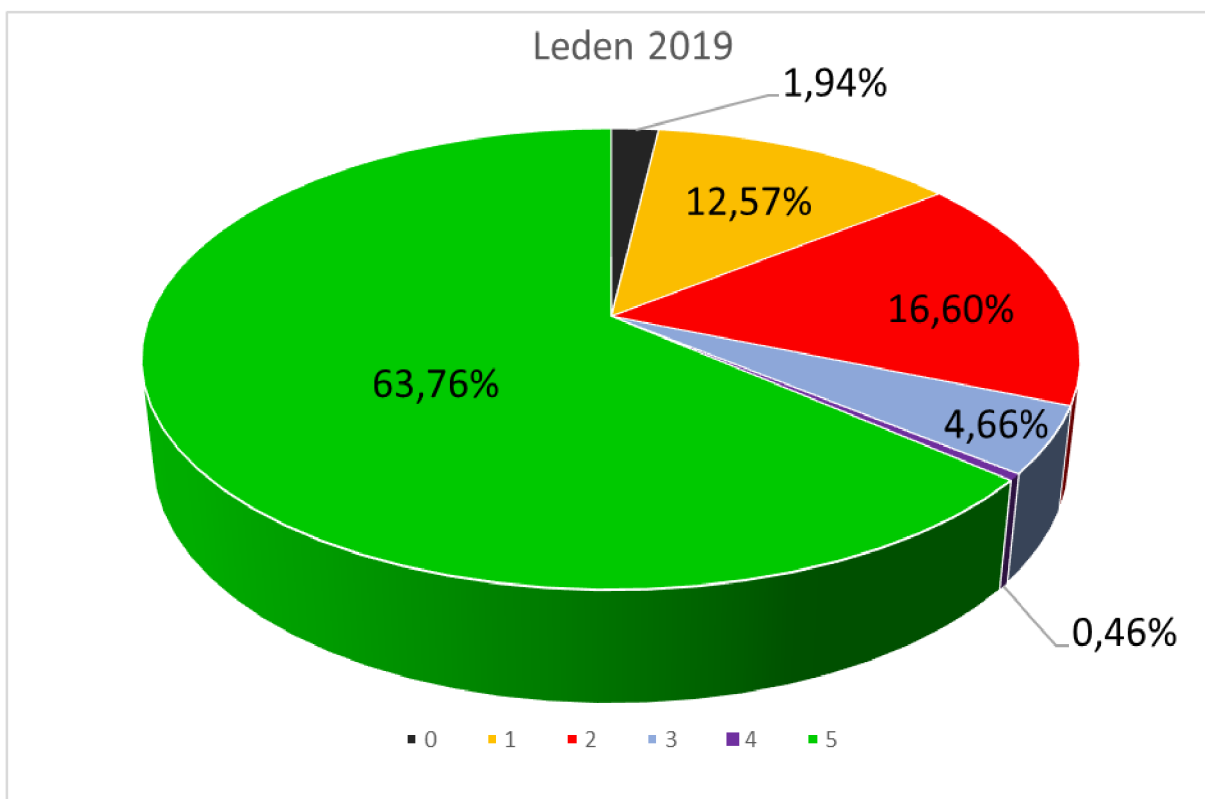
V lednu 2019 byl stroj spuštěn ve 25 dnech, z toho ve všech 22 pracovních a 3 výjimečných sobotních. Na stroji se pracovalo po 8hodinových směnách a s přičtením mimořádných sobot a přesčasů, které činily v lednu 23 hodin, měl celkový čas výroby na zařízení hodnotu 714326 sekund. Po odečtení plánovaných prostojů měl disponibilní čas výroby na stroji hodnotu 621651 sekund.

Vyrábělo se 21 z celkových možných 32 typů výrobků, přičemž došlo k 56 přenastavení stroje na tyto jiné typy. Celkem se vyrobilo 1934 kvalitních kusů a zařízení při jejich výrobě vykonalo 50548 cyklů svaření. Celková hodnota OEE dosáhla hodnoty 63,76 % a je vyjádřena v grafu 2.



Obr. 45 Vyhodnocená data při měření OEE stroje za leden 2019.

Na obr. 45 jsou veškerá data zjištěná aplikací Fleet Manager s pomocí funkcí programu Excel. Nejdůležitější informací je pro nás tabulka nazvaná 'Stav stroje', kde nalezneme konkrétní dobu v sekundách, kdy se v daném stavu naše zařízení vyskytovalo. Stav 1' je ještě neupravený stav 1, přičemž od něj byly odečteny plánované prostoje a upravila se tak celková doba z celkového času výroby na čas disponibilní. Stav 1' je tedy pro vyjádření OEE nepodstatný a dále ho nevyužijeme a v grafu se nevyskytuje.

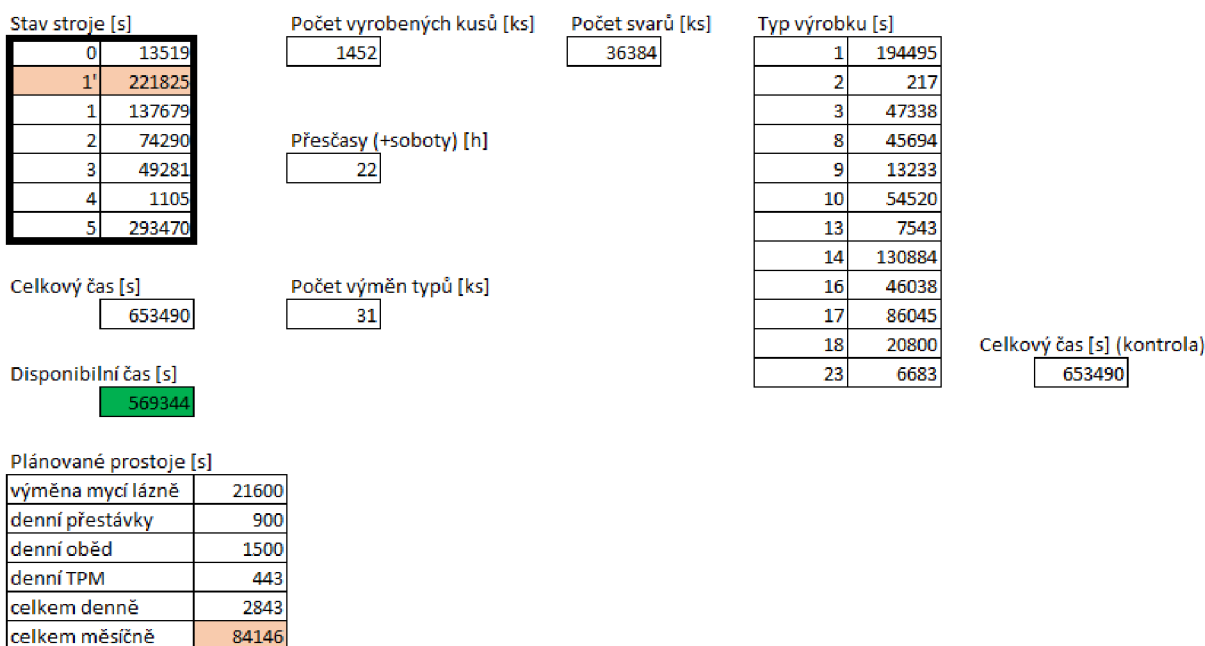


Graf 2 Graf OEE vyjadřující poměry všech 5 stavů stroje v období leden 2019.

7.2 Měření v období února 2019

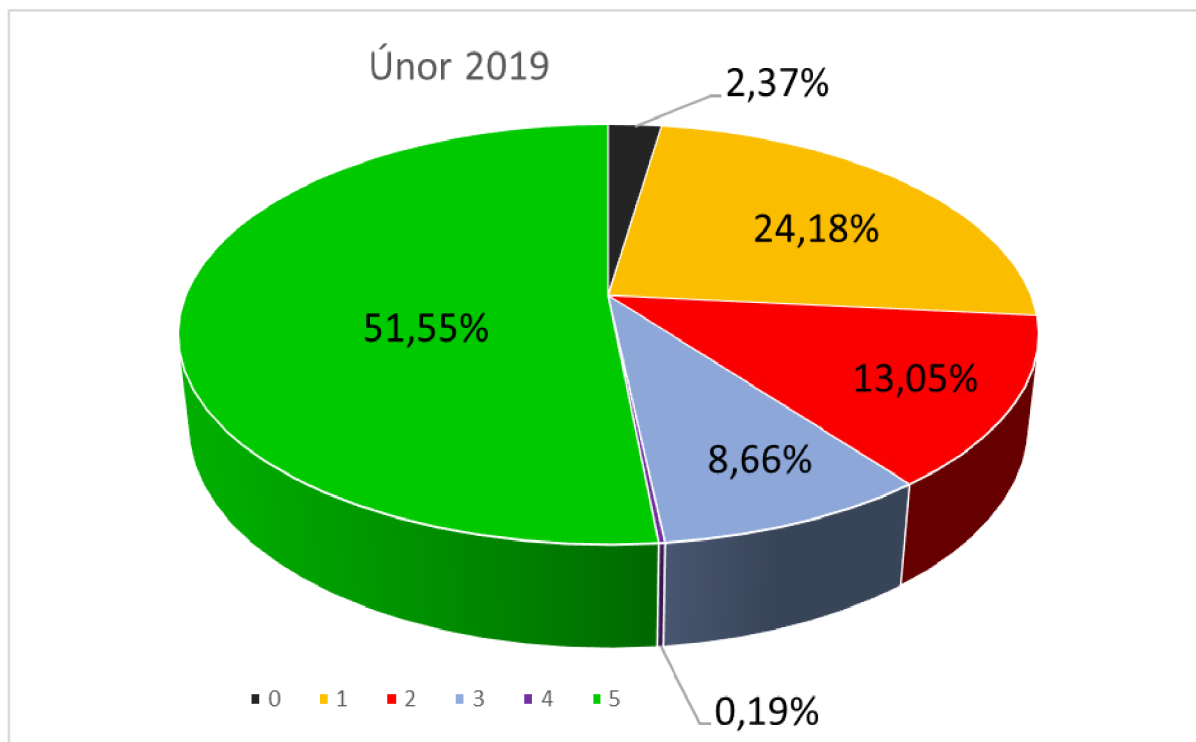
V únoru 2019 byl stroj spuštěn ve 22 dnech, z toho ve všech 20 pracovních a 2 výjimečných sobotních. Na stroji se pracovalo po 8hodinových směnách a s přičtením mimořádných sobot a přesčasů, které činily v únoru 22 hodin, měl celkový čas výroby na zařízení hodnotu 653490 sekund. Po odečtení plánovaných prostojů měl disponibilní čas výroby na stroji hodnotu 569344 sekund.

Vyrábělo se 12 z celkových možných 32 typů výrobků, přičemž došlo k 31 přenastavení stroje na tyto jiné typy. Celkem se vyrobilo 1452 kvalitních kusů a zařízení při jejich výrobě vykonalo 36384 cyklů svaření. Celková hodnota OEE dosáhla hodnoty 51,55 % a je vyjádřena v grafu 3.



Obr. 46 Vyhodnocená data při měření OEE stroje za únor 2019.

Na obr. 46 jsou veškerá data zjištěná aplikací Fleet Manager s pomocí funkcí programu Excel. Nejdůležitější informací je pro nás tabulka nazvaná 'Stav stroje', kde nalezneme konkrétní dobu v sekundách, kdy se v daném stavu naše zařízení vyskytovalo. Stav 1' je ještě neupravený stav 1, přičemž od něj byly odečteny plánované prostoje a upravila se tak celková doba z celkového času výroby na čas disponibilní. Stav 1' je tedy pro vyjádření OEE nepodstatný a dále ho nevyužijeme a v grafu se nevyskytuje.



Graf 3 Graf OEE vyjadřující poměry všech 5 stavů stroje v období únor 2019.

7.3 Měření v období března 2019

V březnu 2019 byl stroj spuštěn ve 25 dnech, z toho ve všech 21 pracovních a 4 výjimečných sobotních. Na stroji se pracovalo po 8hodinových směnách a s přičtením mimořádných sobot a přesčasů, které činily v březnu 44,5 hodiny, měl celkový čas výroby na zařízení hodnotu 762813 sekund. Po odečtení plánovaných prostojů měl disponibilní čas výroby na stroji hodnotu 670138 sekund.

Vyrábělo se 16 z celkových možných 32 typů výrobků, přičemž došlo k 56 přenastavení stroje na tyto jiné typy. Celkem se vyrobilo 2016 kvalitních kusů a zařízení při jejich výrobě vykonalo 47360 cyklů svaření. Celková hodnota OEE dosáhla hodnoty 59,85 % a je vyjádřena v grafu 4.

Stav stroje [s]		Počet vyrobených kusů [ks]	Počet svarů [ks]	Typ výrobku [s]	
0	25571	2016	47360	1	121795
1'	136850			2	2649
1	44175			3	54175
2	141770	Přesčasy (+soboty) [h]		8	47002
3	50693	44,5		9	20657
4	6877			10	74686
5	401052			11	40
				14	22779
				16	112061
				17	243174
				18	38304
				22	13665
				25	39
				26	64
				31	4
				32	11719

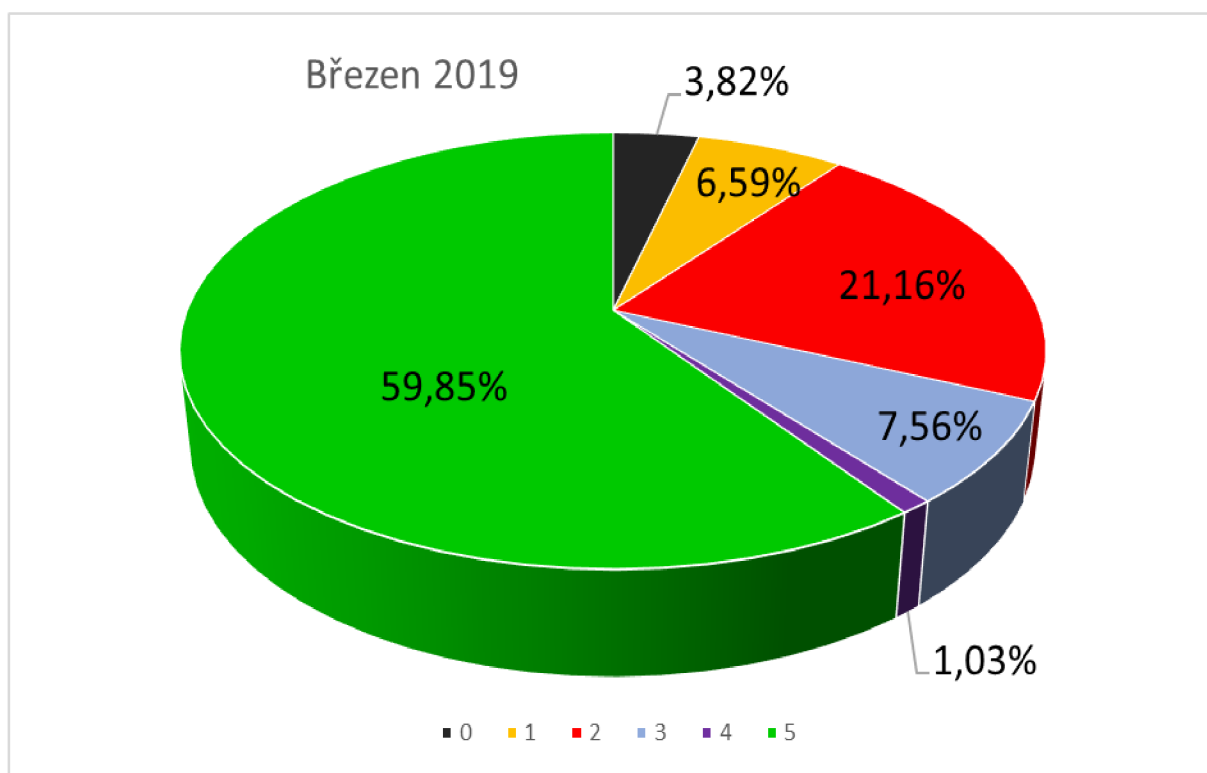
Celkový čas [s]		Počet výměn typů [ks]	Celkový čas [s] (kontrola)	
762813	56	762813		

Disponibilní čas [s]	
670138	

Plánované prostoje [s]	
výměna mycí lázně	21600
denní přestávky	900
denní oběd	1500
denní TPM	443
celkem denně	2843
celkem měsíčně	92675

Obr. 47 Vyhodnocená data při měření OEE stroje za březen 2019.

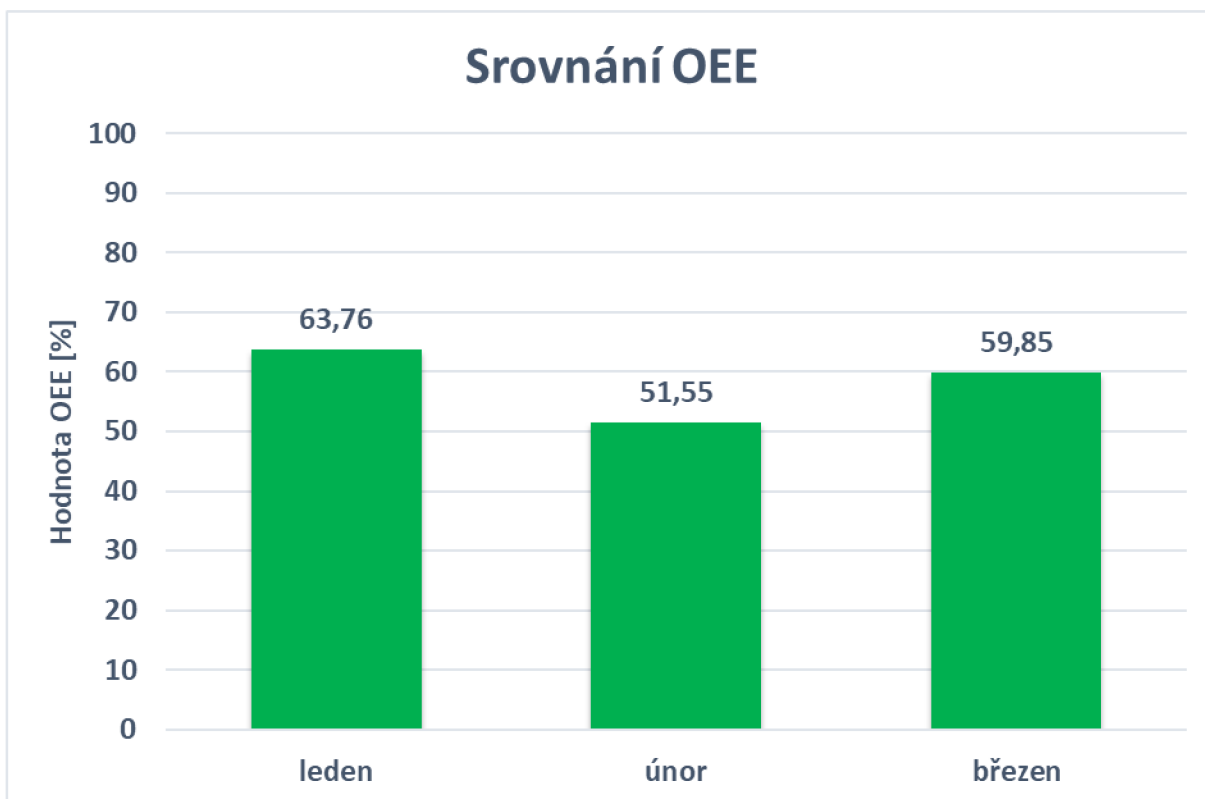
Na obr. 47 jsou veškerá data zjištěná aplikací Fleet Manager s pomocí funkcí programu Excel. Nejdůležitější informací je pro nás tabulka nazvaná 'Stav stroje', kde nalezneme konkrétní dobu v sekundách, kdy se v daném stavu naše zařízení vyskytovalo. Stav 1' je ještě neupravený stav 1, přičemž od něj byly odečteny plánované prostoje a upravila se tak celková doba z celkového času výroby na čas disponibilní. Stav 1' je tedy pro vyjádření OEE nepodstatný a dále ho nevyužijeme a v grafu se nevyskytuje.



Graf 4 Graf OEE vyjadřující poměry všech 5 stavů stroje v období březen 2019.

7.4 Srovnání hodnot OEE

Vzhledem ke sledování tří následujících měsíců můžeme porovnat vývoj hodnoty OEE a všech konkrétních stavů. Porovnání bylo provedeno v grafu 5.



Graf 5 Graf vyjadřující porovnání a vývoj hodnoty OEE napříč měřenými měsíci.

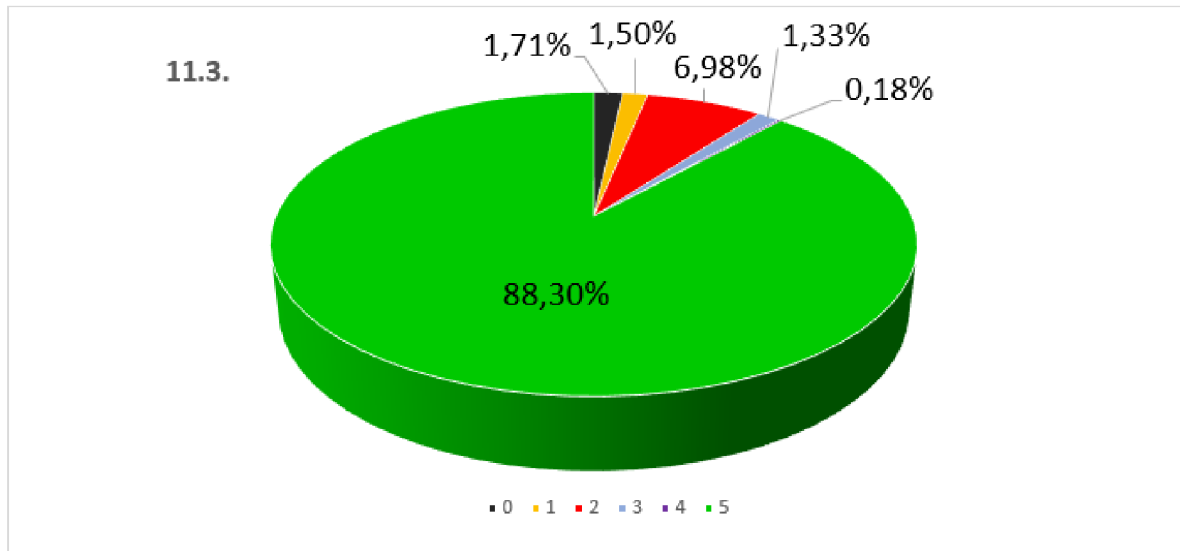
Při pozorování zařízení a následné konzultaci hodnot a průběhů s obsluhou a zaměstnanci firmy jsme došli k závěru, že hodnota OEE, při normálním výrobním zatížení výroby, se téměř stabilně pohybuje mezi 55-65 %. Výjimečně slabým byl měsíc únor, ve kterém podnik disponoval nízkým počtem zakázek, bylo tedy méně práce a strojní zařízení se nadprůměrně často vyskytovalo ve stavu 1 – ve stavu nečinnosti.

7.5 Příklad dne s ukázkovým OEE

Jako příklad, kdy bylo dosaženo výsledků produktivity a hodnoty OEE světových měřítek, byl vybrán 11. březen 2019, který je vyobrazený v grafu na obr. 48.

V tento den se v jedné směně, navýšené o 2 hodiny přesčas, dokázalo vyrobit 124 kusů přípojnic jednoho typu za minimálních hodnot prostojů a chyb. Celková hodnota OEE dosáhla čísla 88,30 %, což lze považovat za vynikající výsledek.

Stav stroje [s]		Počet vyrobených kusů [ks]	Počet svarů [ks]	Počet výměn typů:
0	592	124	3883	0
1'	1860			
1	517			
2	2412			
3	458			
4	63			
5	30494			
34536		Typ výrobku[s]	Přesčas [h]	Plánované prostoje [s]
		1 34536	2	Denní přestávky 900
				Denní TPM 443



Obr. 48 Výsledky ze dne 11.3. včetně grafu vyjadřujícího stavy stroje.

Příčinu výborného výsledku výkonu stroje v tento den ovlivňuje mnoho faktorů. Hlavní výhodou byla velikost zakázky, tedy stálost vyráběných kusů od stejného typu po celý pracovní den – netřeba měnit nastavení stroje. Chybovost a zasekávání stroje v tento den vykazovala hodnotu necelých 7 %, což lze, ve srovnání s ostatními dny, považovat za výborný stav. Důležitým faktorem bylo nepozastavení stroje v době obědové přestávky, což nebývá pravidlem. Zařízení díky tomu ušetřilo 25 minut, které se sice nezahrnují do výpočtu parametru OEE, ale vzhledem k předvedenému výkonu umožňují rychlejší vyhotovení výrobků. Podstatný je také přesčas, který nijak neobsahuje přestávky ani neprodlužuje délku denní TPM a zvedá maximální dobu disponibilního času. Průběh výroby v čase je vyobrazen na obr. 49.



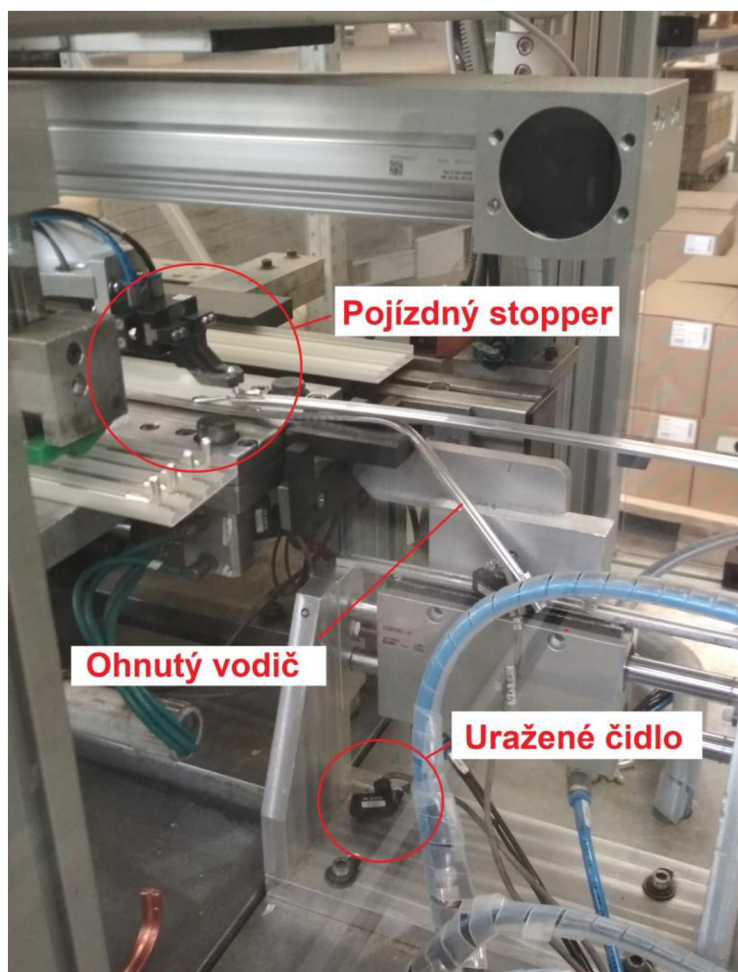
Obr. 49 Průběh výroby kusů v čase dne 11.3.

7.6 Příklad dne s nízkým OEE

Jako ukázkový příklad dne, kdy OEE dosahovalo špatných výsledků, byl zvolen den 14.2., kdy zařízení dosáhlo hodnoty OEE 29,67 % a bylo vyrobeno pouze 40 výrobků.

Příčinu špatného výsledku výkonu stroje v tento den ovlivnilo mnoho faktorů. Jak lze vidět na obr. 50, došlo k celkem 4 výměnám/přenasazení zařízení z důvodu změny typu výroby, což vždy zahrnuje důkladnou kontrolu 1.kusu a podstatně zdržuje práci. Jak již bylo zmíněno v kapitole 7.4, únor byl pro podnik slabším měsícem, při kterém bylo nedostatek práce, což také významně ovlivnilo proces výroby zejména v průběhu začátku a ke konci směny.

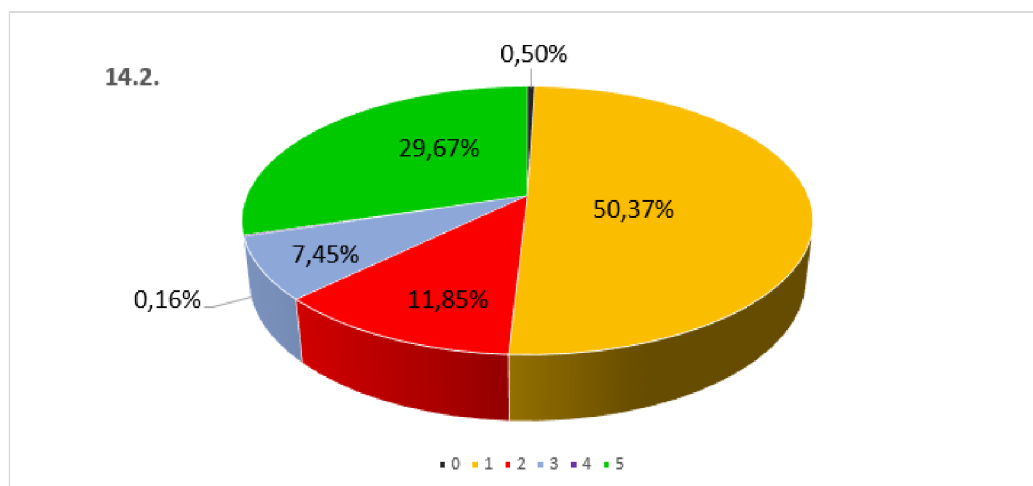
V tento den docházelo k přílišnému nadbytku opakujících se chyb a poruchovosti stroje, které budou blíže přiblíženy a identifikovány v následujících kapitolách. Výjimečnou chybou byla chyba v čase 9:33 (obr. 50), která byla zřejmě způsobena špatným nastavením programu operátorem a "stopper" (pojízdné kleštiny) při cestě zpět, pro další vodič, zavadil o navařený kontakt na již hotovém vodiči zajištěm v izolačním profilu a násilně ho stáhl zpět do svařovací části linky, ohnul ho a urazil tak kontrolní čidlo. Touto nehodou se stroj ihned zastavil. Následovala identifikace problému, dojití operátora pro pracovníka údržby. Údržbář postupně vyjmul poškozené výrobky, přimontoval opravené čidlo a opravil vyosení pojezdu stoppera. Po resetování chyb následovala znovu kontrola správnosti rozměrů výrobků dle zakázky a pokračování v automatické výrobě.



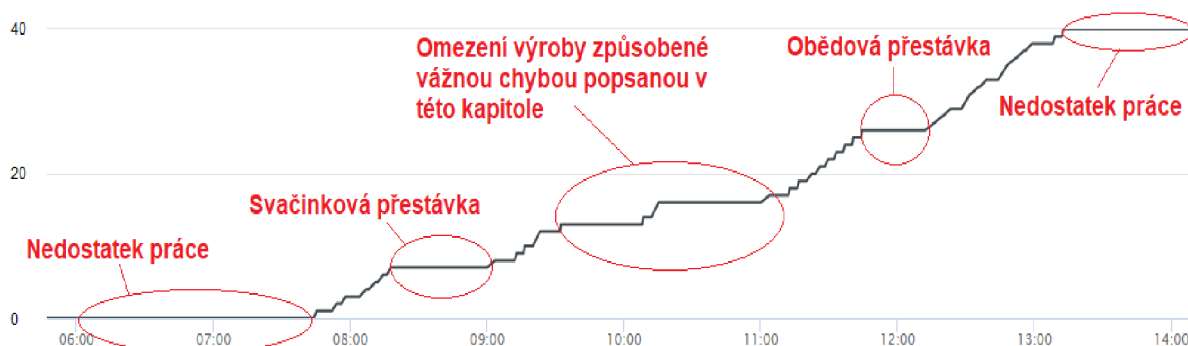
Obr. 50 Foto nehody stroje ze dne 14.2.

Na obr. 51 jsou vyobrazeny denní výsledky včetně grafu a na obr. 52 je vidět průběh výroby v konkrétním čase.

Stav stroje [s]	Počet vyrobených kusů [ks]	Počet svarů [ks]	Typ výrobku [s]	Počet výměn typů:
0	40	981	2	4
1'			8	
1			10	
2			14	
3			23	
4				
5				
25883		Celkový čas [s] 28726		
			Plánované prostoje [s]	
			Celkem 2843	



Obr. 51 Výsledky ze dne 14.2. včetně grafu vyjadřujícího stavy stroje.



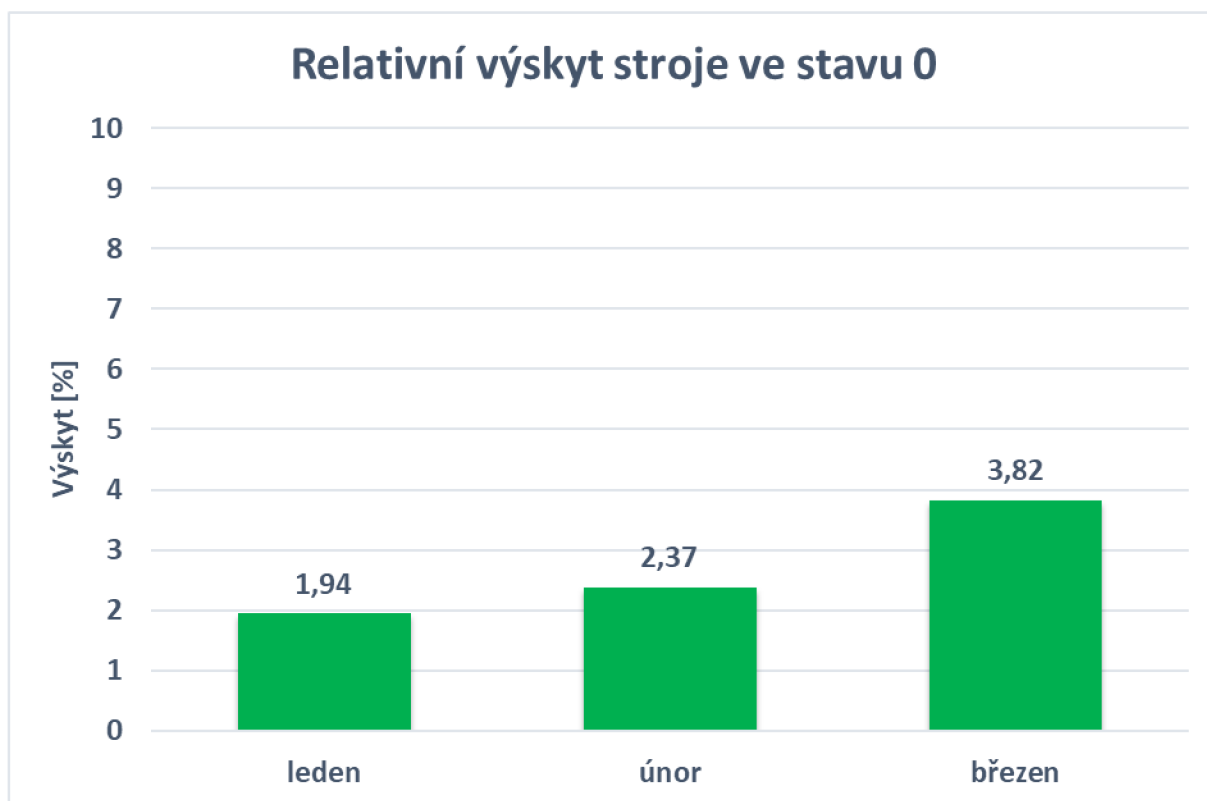
Obr. 52 Průběh výroby kusů v čase dne 14.2.

8 ANALÝZA PROSTOJŮ A ZTRÁT A JEJICH ŘEŠENÍ

8.1 Prostoje zařízení ve stavu 0

Ve stavu 0 je zařízení vypnuté, a jelikož se jedná o automatickou linku, je zařízení téměř stále zapnuté, tudíž je hodnota minimální. Pokud se zařízení vyskytuje v tomto stavu, obsluha jej zapnula po začátku pracovní doby či před koncem pracovní doby. Nutnost vypnutí stroje dříve, než skončí operátorovi směna je řízena dle TPM a jeho rozvrhem činností, které je třeba vykonávat při vypnutém stavu.

Hodnoty výskytu zařízení ve stavu 0 v daných měsících jsou vyjádřeny v grafu 6.

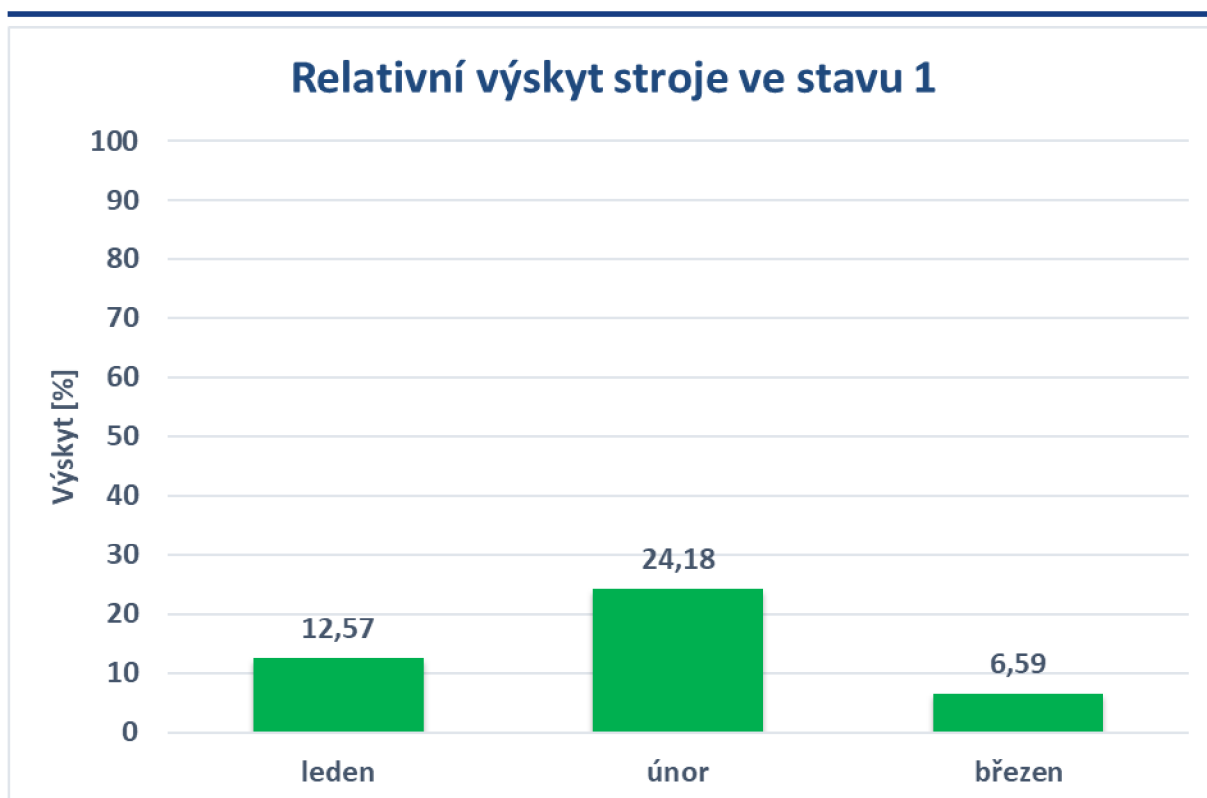


Graf 6 Měsíční porovnání procentuálního časového zastoupení ve stavu 0.

8.2 Prostoje zařízení ve stavu 1

Ve stavu 1 je zařízení zapnuté, ale nepracuje (jede na prázdko). V tomto stavu je, když stroj nemá zadanou/naprogramovanou výrobní zakázku, čeká na materiál, je pozastaven v době absenci obsluhy, při kontrole správnosti rozměrů hotových výrobků, při navíjení nového svitku materiálu či při činnostech TPM, které je nutno vykonávat při zapnutém stavu.

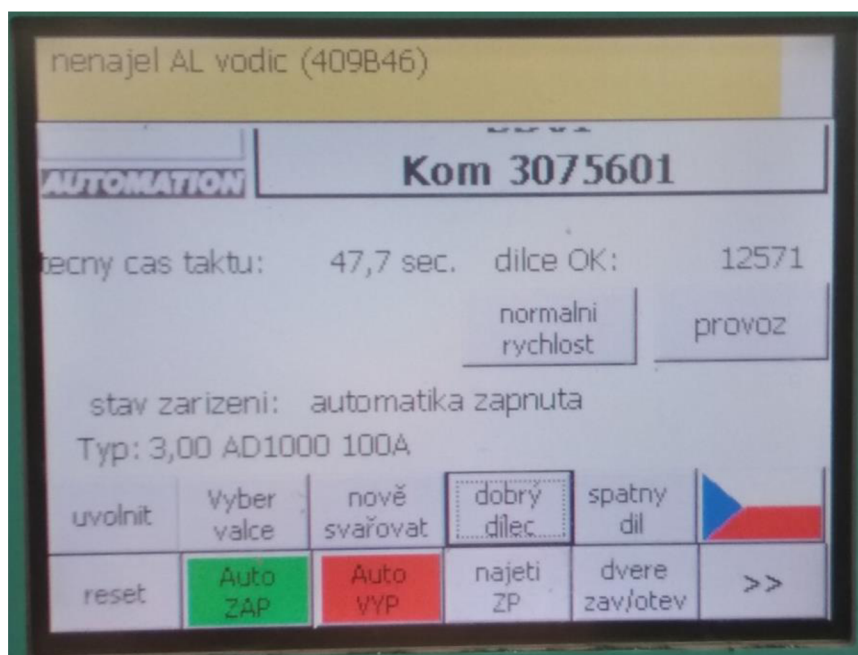
Hodnoty výskytu zařízení ve stavu 1 v daných měsících jsou vyjádřeny v grafu 7.



Graf 7 Měsíční porovnání procentuálního časového zastoupení ve stavu 1.

8.2.1 Čekání na najetí vodiče

Při analýze prostojů a ztrát při automatickém chodu zařízení dochází ke zbytečným prostojům, když je dokončeno svařování 1 vodiče (1/4 přípojnice). Po dohotovení vodiče, který zajel do izolačního obalu, se pojízdný stopper vrací do základní polohy, aby byl nachystaný na uchopení následujícího vodiče. V tomto okamžiku už by měl být zahájeno svařování dalšího kusu. K tomu však nedochází v ten stejný moment a nastává zbytečný prostož zaznamenaný strojem na obr. 53.



Obr. 53 Displej strojního zařízení včetně hlášení ve žlutém poli upozorňující na nenajetí dalšího vodiče.

Pro měření tohoto prostoje byla použita metoda opakovaných měření. Celkem bylo provedeno 136 měření a výsledky měření jsou zobrazeny na obr. 54.

Stopování prostoje [s]		Aritmetický průměr hodnot [s]
Měření	Hodnota	3,442336
1	4,1	Směrodatná odchylka [s]
2	3,5	0,502944
3	4	Parametry mechanických stopek:
4	3,1	Rozlišení [s]
5	2,5	0,1
...	...	Nepřesnost [s]
132	3,9	0,25
133	3,4	
134	3,9	
135	3,5	
136	3,3	

Obr. 54 Hodnoty měření a výpočtů z programu Excel.

S následujícími hodnotami se dále pracuje a určí se hodnoty nejistot, tak že výsledná hodnota času a nejistoty měření vychází z následujících vztahů [59]:

$$t_c = (\bar{t} \pm u_c) \quad (8.1)$$

$$u_c = \sqrt{u_A^2 + u_B^2} \quad (8.2)$$

$$u_B = \frac{A}{\sqrt{3}} \quad (8.3)$$

t_c ... interval celkového času prodlevy obsahující právě 95 % výsledků [s]

\bar{t} ... průměrný čas naměřený programem Excel [s]

u_c ... celková nejistota měření [s]

u_B ... nejistota měření typu B [s]

u_A ... nejistota měření typu A [s]

A... nepřesnost stopek [s]

Při vysokém počtu měření se nejistota měření typu A rovná směrodatné odchylce [59].

$$u_A = 0,502944 \text{ s} \quad u_B = 0,144338 \text{ s} \quad u_c = 0,523246 \text{ s}$$

$$t_c = (3,442336 \pm 0,523246) \text{ s}$$

Obr. 55 Vyobrazení výpočtů v programu Excel provedeny dle vztahů v kapitole 8.

Přestože výsledek z obr. 55 se zdá zanedbatelný, průměrně se za směnu v podniku vyrobí 92 přípojnic, to znamená 368 svařených vodičů, což by v případě minimalizování tohoto prostoje mohlo ušetřit průměrně až 1267 sekund času, což znamená více než 21 ušetřených minut.

Tyto prostoje lze snadno vyřešit přeprogramováním chodu linky. Každý následující vodič by do svařovací linky mohl vjíždět už po odjetí předešlého. Není třeba čekat vždy až na dojetí stoppera do základní pozice.

8.2.2 Nenajetí vodiče vlivem zaseknutí

Při pozorování chodu linky bylo zjištěno, že průměrně při každém desátém najetí vodiče (nemusí být relevantní, nebylo pozorováno denně) se vodič zasekl v dopravníku vlivem vyosení jeho částí. Průběh vady byl nepravidelný, což znamená, že někdy chyba nestala například jinou směnu, jindy se opakovala stále, nicméně, jak již bylo řečeno, ve výsledku docházelo k tomuto problému přibližně v desetině případů.

K řešení tohoto problému docházelo samovolně, kdy dopravník stroje po určitém čase samovolně "přetlačil" vyosení linky, vodič prošel kritickým místem (viz obr. 56) a pokračoval tak v automatickém chodu. Délka problému trvala někdy jen 10 sekund, jindy však déle než minutu. Nejdelší naměřený interval do samovolného vyřešení problému trval 75,9 sekundy.

Tento problém lze také vyřešit mechanickým posunutím operátorem, který se však při automatickém chodu nenachází vždy u svařovací části linky a zařízení tento problém nijak nehlásí, pouze signalizuje prostoj, viz obr. 53.

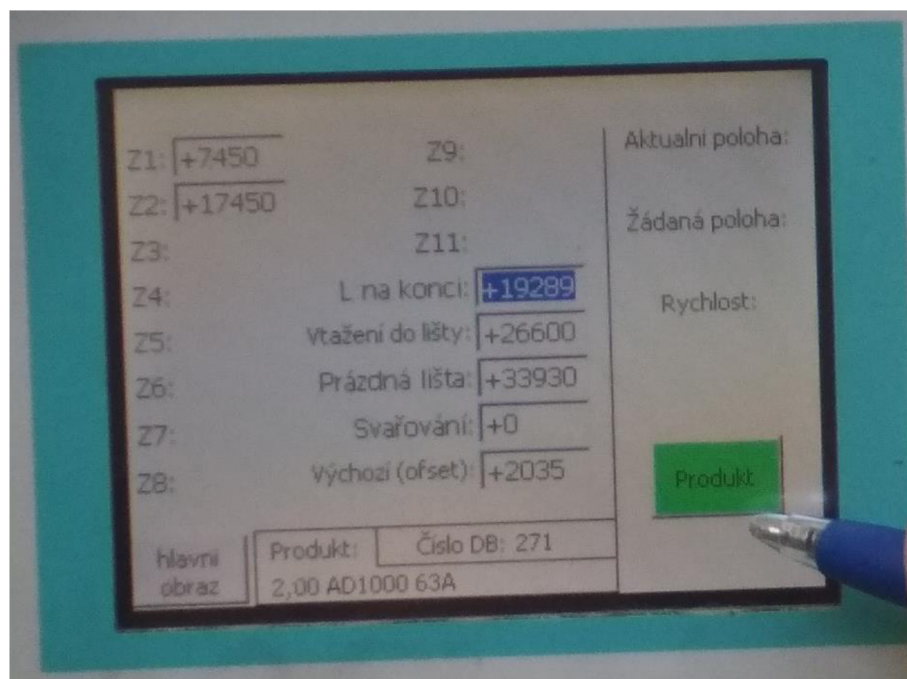


Obr. 56 Kritické místo přechodu z dopravníku do svařovací části.

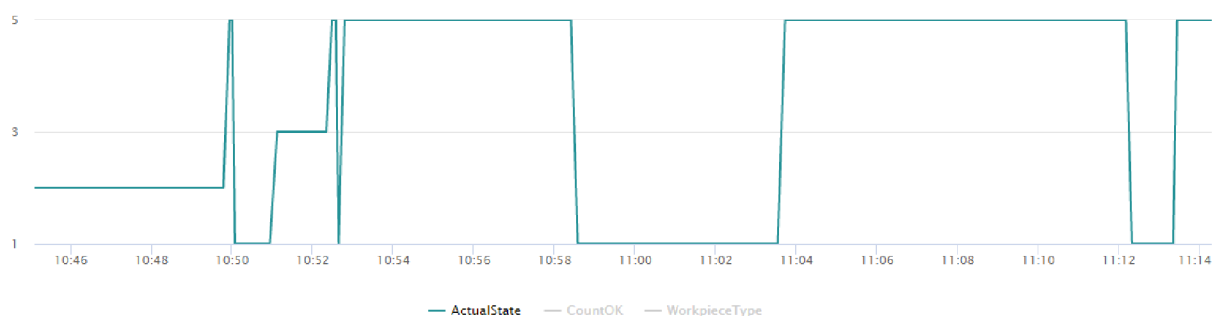
Návrhem na řešení tohoto problému by mohlo být zavedení nového dopravníku vodičů či alespoň zkvalitnění chodu dopravníkem a zamezování jeho vyosení. Tento problém je třeba dále sledovat zaměstnanci podniku a zjistit, zda se stále opakuje a je třeba ho řešit nebo zda se pouze náhodně a výjimečně vyskytoval v přítomnosti autora diplomové práce.

8.2.3 Ruční nastavování programů

Významným zdržením při zadávání nové zakázky a přechodu na vyrábění jiného typu výrobků je ruční nastavování programu a následná kontrola prvních kusů. Tohle zdržení souvisí s prostoji ve všech stavech zařízení (1-4) a to z důvodu ne úplně dokonalého propojení snímání stavu zařízení v operačním systému MindSphere. Jak je vidět na obr. 58, při nastavování se zařízení chaoticky vyskytuje v různých stavech.



Obr. 57 Příklad ručního nastavení programu dle vlastních výpočtů.



Obr. 58 Průběh nastavení nového programu ze dne 29.3.

Na obr. 58 je znázorněn průběh zavádění nastavení programu na výrobu dle nové zakázky aplikací Fleet Manager. V čase 10:45 operátor zahájil nastavování programu, při kterém pomocí kalkulačky vypočítal důležité parametry a rozměry a ručně zadal hodnoty do programu, viz obr. 57. V 10:53 spustil automatickou výrobu, kterou v 10:59 přerušil, aby zkontroloval první kusy zakázky. Kontrola byla nevyhovující, tak mírně pozměnil parametr v nastavení a v 11:03 znovu spustil výrobu. V 11:12 opět pozastavil stroj pro kontrolu nově upravené výroby, aby posléze potvrdil správnost zadání a od 11:14 zahájil automatickou výrobu bez potřeby kontroly. Celkový interval, kdy docházelo k nastavování zakázky a k nevyrábění, byl od 10:45 do 11:03 a k tomu nesmíme zapomenout na zdržení obsluhy kontrolou v 11:12.

Vzhledem k celkovému počtu 32 typů výrobků, které lze na daném strojním zařízení vyrábět, by se mělo zvážit přednastavení těchto programů, přičemž by operátor pouze vybral daný typ výrobku dle zakázky a spustil jej. Nemusel by se tak zdržovat počítáním a zadáváním při každé změně nastavení stroje. Při sledování stroje v daných zmíněných 3 měsících došlo k celkem 143 změnám programů, což vychází téměř přesně na 2 změny za směnu. Průměrnou dobu nastavování bylo těžké určit, nicméně je rozhodně nezanedbatelná a je třeba promyslet její minimalizaci.

8.2.4 Prostoje při najetí sonotrody a počátku svařování

Prostoje způsobené pomalého najetí sonotrody při svařování kontaktů k vodiči je podobným problémem jako problém v kapitole 8.2.1, takže i zde byly měřeny časy.

Po popojetí vodiče do nastavené vzdálenosti uchopí chapadlo kontakt (Z nebo L, záleží na nastavení programu) a popojede s ním k vodiči, kde jej přiloží na horní stranu onoho vodiče. Po ustálení polohy dojde k přijetí sonotrody a následnému ultrasonickému svaření. Tento proces je zachycen na obr. 59 a obr. 60.



Obr. 59 Stav před přijetím sonotrody.



Obr. 60 Stav po přijetí sonotrody.

Prostoje před najetím sonotrody, k již připravenému vodiči s kontaktem byl měřen stejně jako v 8.2.1. Naměřené a vypočtené výsledky jsou znázorněny na obr. 61.

$\bar{t} = 1,205 \text{ s}$	$u_A = 0,186239 \text{ s}$
$u_B = 0,144338 \text{ s}$	$u_C = 0,235623 \text{ s}$
$t_C = (1,205 \pm 0,236) \text{ s}$	

Obr. 61 Vyobrazení naměřených prostoje při svařování kontaktu k vodiči.

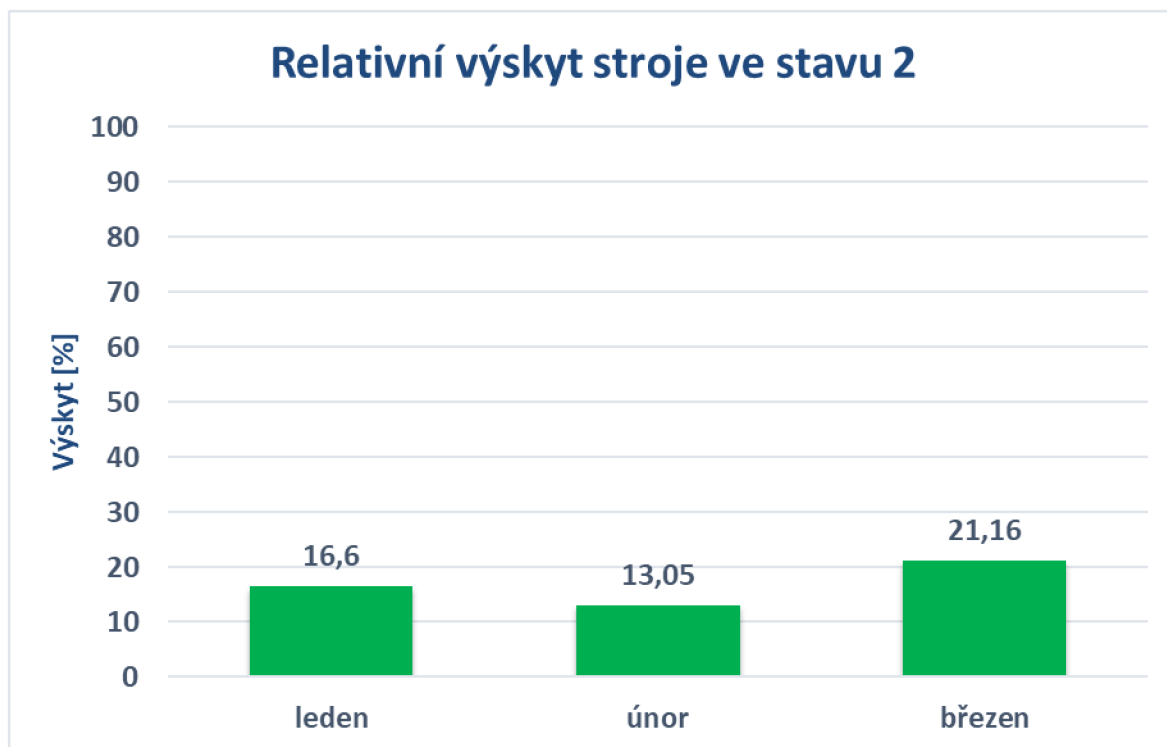
Výsledná hodnota prostoje ($1,205 \pm 0,236$) s se zdá zanedbatelná, nicméně se jedná o prostoj při každém svaření na vodiči. Je jasné, že hodnotu tohoto prostoje nejde snížit na nulovou, ale šlo by ji minimalizovat na nižší hodnotu, například na 0,5 s (návrh). Každý vodič vyráběný podnikem obsahuje 4 až 8 navařených kontaktů, což při průměrných 6 kontaktech na vodič znamená, že za směnu stroj provede 2208 cyklů svařování.

Přeprogramováním strojního zařízení na minimalizování dobu prostojů na 0,5 sekundy se ušetří přibližně 0,705 sekundy, což za celou směnu znamená 1557 sekund. V přepočtu jde o necelých 26 minut, a to už je opravdu zanedbatelnou dobu.

8.3 Prostoje a chyby zařízení ve stavu 2

Ve stavu 2 je zařízení zapnuté, ale nejede – hlásí chybu. V tomto stavu se stroj nachází, když z jakéhokoliv důvodu nedokáže sám pokračovat v automatickém chodu.

Hodnoty výskytu zařízení ve stavu 2 v daných měsících jsou vyjádřeny v grafu 8.



Graf 8 Měsíční porovnání procentuálního časového zastoupení ve stavu 2.

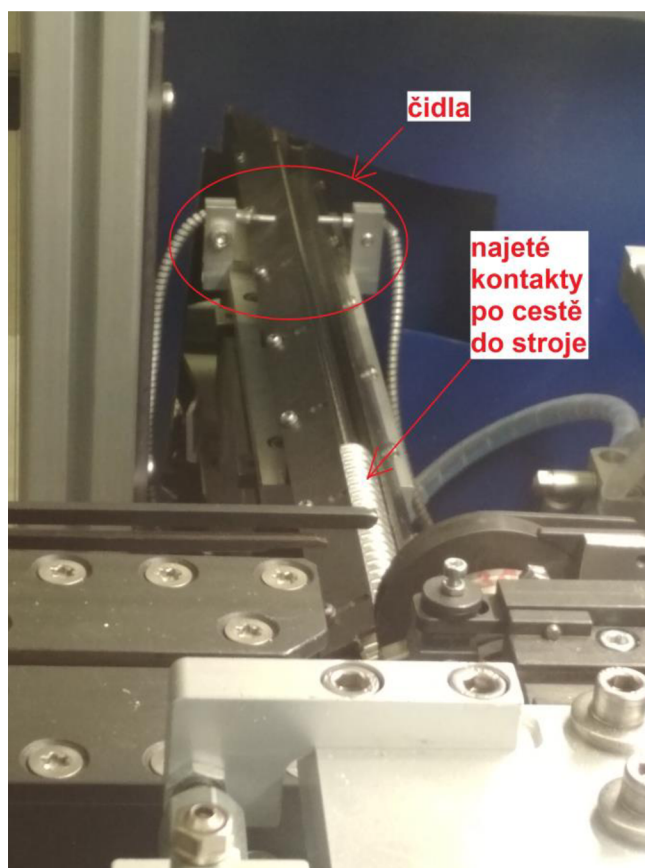
8.3.1 Zasekávání kontaktů ve vibračníku

Zařízení používá pro automatické najíždění Z i L kontaktů vibračníky, které pomocí jejich vhodného spádu a vibrací zajišťují přenos kontaktů ze zásobníku do útrob stroje, odkud si je chapadlo automaticky odebírá (viz obr. 62)

Vzhledem k ojedinělým nedokonalostem kontaktů a vibračního zařízení dochází k častým a opakovaným zasekáváním kontaktů v cestě do stroje. Tuhle chybu lze považovat za velice častou, jelikož nastávala více či méně často při každém sledování stroje.



Obr. 62 Vibračník plný kontaktů.



Obr. 63 Dráha vibračníku pro L-kontakty směrem do stroje.

Vibračník je automaticky zapínán/vypínán podle zaplnění dráhy najetými kontakty. Nedostatek daných kontaktů je zaznamenáván namontovanými čidly, jak je znázorněno na obr. 63. Pokud čidla nedetekují přítomnost kontaktů, automaticky zapnou vibračník a dojde tak k najetí kontaktů dalších. Problémem však bývá zasekávání kontaktů v oblasti před čidly. Zařízení není schopno nijak poznat, že došlo k zaseknutí kontaktů a pouze detekuje jejich nepřítomnost a spustí práci vibračníku. Výsledkem bývá postupné hromadění zaseknutých kontaktů v oblasti před čidly a ubývání kontaktů v oblasti před vstupem do stroje. Tato chyba ovlivňuje samovolný automatický chod linky a hrozí, že veškeré kontakty budou spotřebovány a zařízení nebude moct pracovat dále. Tato chyba je sice snadno vyřešena pouhým manuálním vytažením zaseknutého kontaktu, nicméně vyžaduje neustálou vizuální kontrolu chodu zařízení operátorem.

Řešením tohoto problému by mohla být výměna dopravníků kontaktů do stroje, které by vykazovaly lepší spolehlivost a efektivitu práce. Vzhledem k jednoduchosti a rychlosti vyřešení těchto opakujících se chyb, které v počátku nepozastavují práci zařízení, se zavádění nových typů dopravníků zdá zbytečně nákladné, a proto se nezdá vhodné.

Vhodnějším řešením by mohlo být namontování dalšího páru čidel po dráze do stroje, které nevyžadují pro podnik nijak velkou investici. První stávající pár čidel by i nadále zajišťoval zapínání/vypínání vibračníku. Druhý nově zavedený pár v místě těsně před strojem by měl funkci hlasatele a upozorňoval by (zvukovou či světelnou signalizací) operátora, že kontakty nejsou přítomny na cestě do zařízení a je třeba je zkontrolovat, případně zařízení pozastavit.

8.3.2 Oprava zařízení údržbou

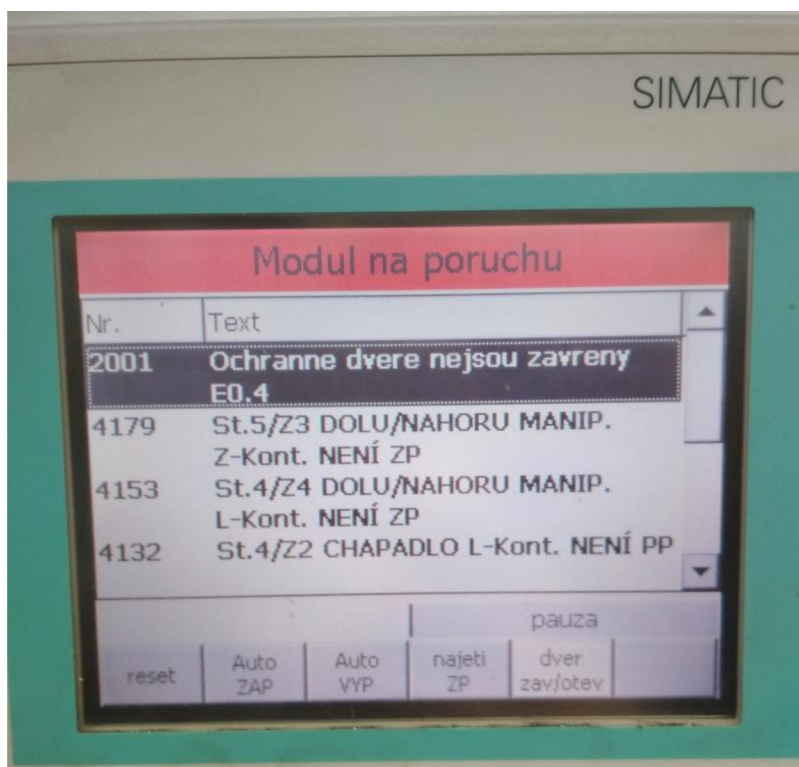
Pokud dojde k závažnější chybě, kterou operátor vyhodnotí, že ji nedokáže sám opravit, je donucen dojít pro údržbáře firmy a oprava této chyby se stává jejich kompetencí.

Operátor je donucen jít pěšky do oddělení údržby, aby údržbáře požádal o vyřešení problému na stroji. Vzhledem k velikosti firmy a pracovní vytíženosti údržbářů bývá však někdy zdlouhavé, než je operátor vyhledá a chybu na stěžejním stroji podniku oznámí.

Přestože se jedná o zdržení v rámci několika jednotek minut, dá se považovat za zdržení zbytečné a snadno redukovatelné. Údržbáři firmy jsou neustále vybaveni telefony a řešením by bylo vybavit telefonem i obsluhu stroje, která by tak nemusela opraváře vyhledávat, nýbrž jim rovnou zavolat a problém oznámit telefonicky. Vzhledem k velikosti firmy a vysokým množstvím nevyužívaných mobilních telefonů by znamenal nulový náklad na vyřešení problému.

8.3.3 Další poruchy a chyby ve stavu 2

Největší zastoupení prostoje zařízení ve stavu 2 zaujímají nepředvídatelné jednorázové vady a chyby, které nelze očekávat a těžko na ně operátora připravit. Většinou je potřeba údržbářů pro opravení těchto poruch. Jako příklad je uvedena porucha s vyosením pojízdného "stopperu" (pojízdných kleštin). Hlášení o chybě je vyobrazeno na obr. 64.



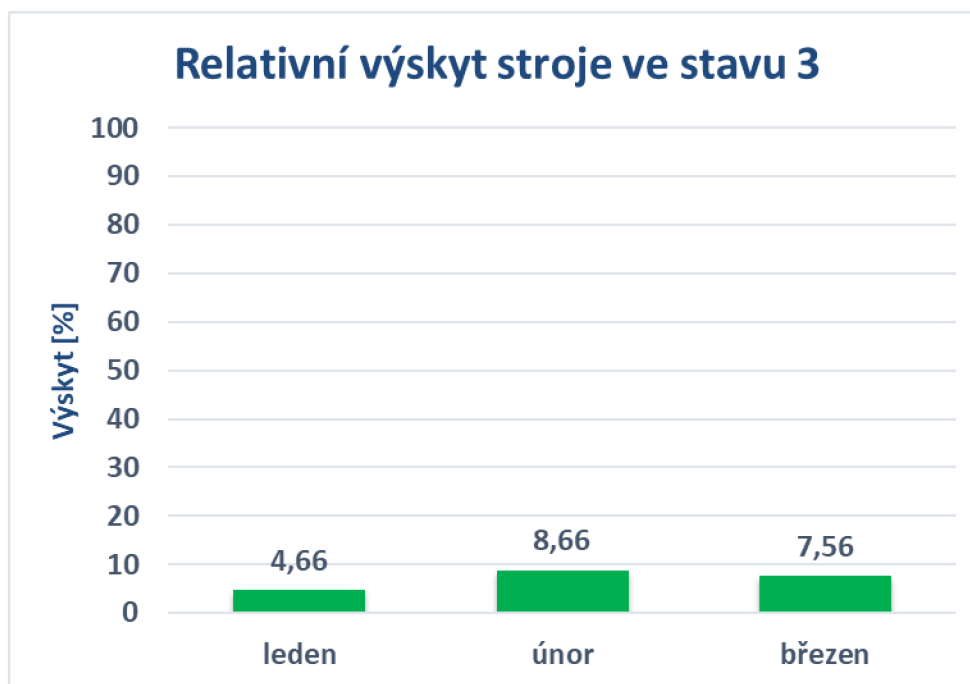
Obr. 64 Hlášení o poruše s vyosením pojízdného stoppera.

Tato porucha způsobovala, že pojízdné kleštiny najížděly příliš nízko, uchopovaly vodič za kontakt ve špatném místě a hotové vodiče tak nenajížděly ve správné poloze do připravené drážky. Porucha byla řešena operátorem 13 minut, poté operátor odešel pro údržbáře, se kterým po 10 minutách přišel, aby následná oprava, zahrnující vertikální i horizontální korekci polohy kleštin, trvala 24 minut. Porucha tedy zastavila stroj celkem na 47 minut.

8.4 Prostoje zařízení ve stavu 3

Ve stavu 3 je zařízení zapnuté, ale je pozastavené. V tomto stavu je, když dochází k programování stroje operátorem při zadávání či upravování zakázky. Průběh nastavování je úzce spjat i s prostoji zařízení ve stavu 1, jak je vyobrazeno na obr. 58. K minimalizaci prostoje v tomto stavu by pomohlo doporučení přednastavení programů pro výrobu přípojníc dle daných opakujících se typů – jak je již zmíněno v kapitole 8.2.3.

Hodnoty výskytu zařízení ve stavu 3 v daných měsících jsou vyjádřeny v grafu 9.

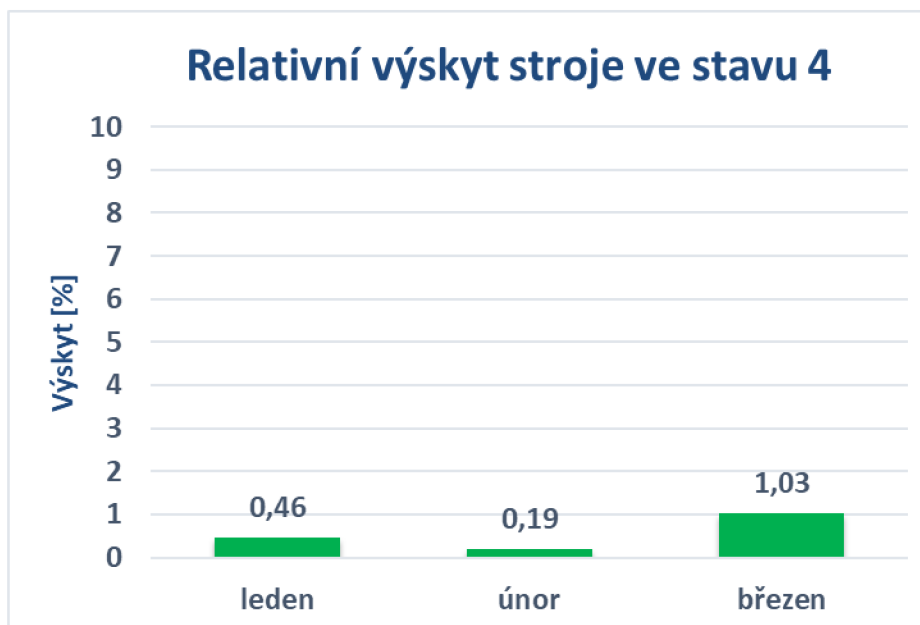


Graf 9 Měsíční porovnání procentuálního časového zastoupení ve stavu 3.

8.5 Prostoje zařízení ve stavu 4

Ve stavu 4 je zařízení zapnuté, ale je pozastavené. V tomto stavu je, když dochází k ručnímu nastavování stroje operátorem za otevřeného stavu zařízení či k drobným korekcím na stroji. Prostoj je způsoben například při odstraňování zaseklých kontaktů v podavači stroje po otevření ochranného krytu.

Hodnoty výskytu zařízení ve stavu 4 v daných měsících jsou vyjádřeny v grafu 10.



Graf 10 Měsíční porovnání procentuálního časového zastoupení ve stavu 3.

Vzhledem k velmi nízkým hodnotám výskytu zařízení v tomto stavu, nepovažujeme prostoje ve stavu 4 za podstatné zdržení v chodu stroje.

8.6 Minimalizace doby neplánované pro výrobu

Ačkoliv se jedná o automatickou výrobní linku, při každé směně dochází k jejímu pozastavování z důvodů povinné denní TPM, přestávky na oběd, přestávky na svačinu či výměny mycí lázně. V tomto čase nedochází k výrobě na stroji, což se u samostatně pracujícího stroje zdá jako zbytečné zdržení. Je jasné, že dobu TPM omezit nelze, nicméně v době přestávek může operátor ponechat stroj zapnutý a nechat jej pracovat. Pokud dojde k zaseknutí zařízení (k chybě), stroj by se měl sám zastavit a neměla by hrozit žádná rizika a operátor by tedy nebyl nutně potřeba přítomen. Touto úpravou by zařízení mohlo pracovat celkem o 40 minut za směnu déle.

Tento návrh je třeba prodiskutovat s vedením firmy, zda je proveditelný, aby nedocházelo k porušení bezpečnosti práce na pracovišti, se kterou student nebyl detailně seznámen.

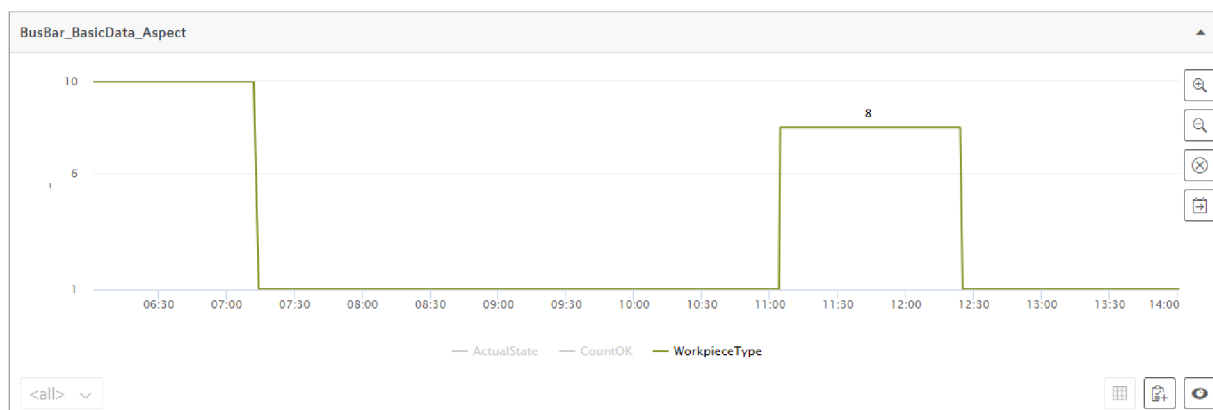
8.7 Další prostoje a chyby na zařízení

Na zařízení se vyskytují obecné chyby a prostoje, které nelze zařadit jako prostoje zařízení přiřazené ke konkrétním stavům výskytu.

8.7.1 Nevhodné řízení zakázek

Jak již bylo řečeno v kapitolách 8.2 a 8.4, zdržení výroby vlivem nastavování programu při změně zakázky je podstatným prostojem, při kterém nedochází k výrobě produktů. Za sledované období lze říci, že ke změně programu dochází průměrně téměř 2x denně.

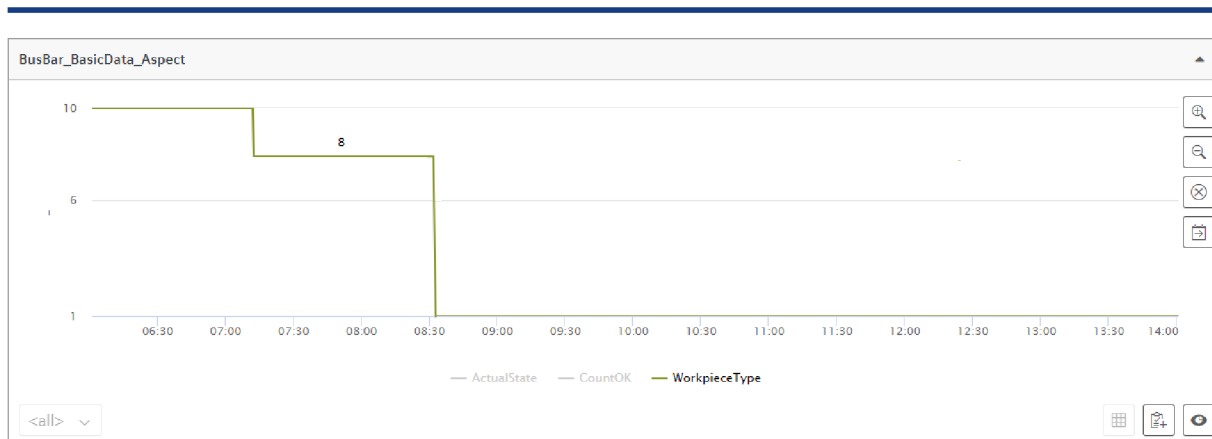
Příkladem problémového řízení zakázek je řízení ze dne 6.2. Tento den se vyráběly 3 typy výrobků vyobrazené na obr. 65.



Obr. 65 Vyráběné typy výrobků v daném čase dne 6.2.

Za směnu došlo k 3 přeprogramováním stroje dle zakázek. V 7:15 z typu 10 na typ 1, v 11:05 z typu 1 na typ 8 a v 12:25 z typu 8 na typ 1. Dle zakázky bylo třeba vyrobit 10 kusů výrobku typu 8. Zařízení bylo z tohoto důvodu přeprogramováno z typu výrobku 1 za 20 minut. Po vyrobení těchto 10 kusů došlo ke znovu přeprogramování stroje zpět na typ 1 za 18 minut.

Při správném řízení zakázek mělo dojít k výrobě produktů typu 8 již při změně v 7:15 a po vyrobení daných 10 kusů přenastavit výrobu dle velké zakázky pro produkty typu 1, která trvala do dalších dní a ušetřilo by se tak průměrně 19 minut času. Návrh lepšího řízení je navržen na obr. 66.



Obr. 66 Návrh na přijatelnější vyrábění výrobků v daném čase dne 6.2.

8.7.2 Využití funkcí MindSphere

Podstatnou funkcí aplikace Fleet Manager operačního systému MindSphere je možnost zasílání emailů z různých důvodů různým zaměstnancům v podsložce 'Rules' viz kapitola 6.2.2.

Vzhledem k faktu, že MindSphere zaznamenává každý provedený krok svaření, lze nastavit obdržování emailů pro vedoucí oddělení výroby či oddělení údržby pro pravidelnou kontrolu počtů provedených cyklů stroje a následné upravení TPM dle těchto cyklů, nikoliv dle času, jak je tomu nyní. Nastavení TPM dle času může být velice nepřesné, protože v něm nebývají zahrnuty přesčasy či zavedení druhé směny při nadbytku zakázek a může tak dojít k přetížení stroje, který není pravidelně udržován, aniž by operátoři nebo údržbáři pochybili – řídí se TPM nastaveným dle času.

Při aplikaci návrhu ponechání chodu stroje v době neplánované pro výrobu viz kapitola 8.5 lze nastavit, aby docházelo k zasílání emailů vedoucímu výroby nebo operátorovi, zda v této době dojde k chybě a zaměstnanec, který se u stroje nevyskytuje, dostane zprávu, že zařízení přestalo automaticky samo pracovat.

Tento návrh lze aplikovat také v době, kdy firma má nedostatek pracovníků a operátor obsluhující dané zařízení musí zároveň obsluhovat jiné. Kdykoliv by stroj přestal pracovat, dostal by operátor zprávu a šel problém vyřešit.

Pro vedení podniku může být také podstatné zasílání emailů po vyšší době nečinnosti stroje (vhodná doba zvolená vedením), když nedochází k výrobě produktů. Díky tomuto upozornění může docházet k důkladnější kontrole zařízení i pracovníků.

9 HOSPODÁŘSKO-EKONOMICKÉ ZHODNOCENÍ PRÁCE

V kapitole 8 byly zaznamenány některé vyzorované prostoje, ztráty či chyby zařízení, které je třeba odstranit. Většinu z nich lze vyřešit prostým přeprogramováním a přenastavením chodu zařízení, tudíž krom práce údržbářů, kteří jsou zodpovědní těmto činnostem, nevyžadují žádnou další, pro firmu podstatnou, investici. Převážně jde o prostoje, které jsou těžko časově měřitelné, a je tedy těžké odhadnout, kolik podniku ušetří výrobního času, a tedy i financí.

Výjimkou jsou prostoje týkající se čekání na najetí vodiče (kapitola 8.2.1), prostojů při najetí sonotrody (kapitola 8.2.4) a doby neplánované pro výrobu (kapitola 8.6). Redukcí těchto prostojů by firma ušetřila celkem 87 minut výrobního času za směnu.

Při uvážení, že zasekávání najíždějícího vodiče do svařovací části linky není stále opakující se závažný problém a stačí ho řešit prostým montážním seřízením zařízení (kapitola 8.2.2), jediným vynaloženým nákladem by se tak stal nákup a montáž čidel (kapitola 8.3.1).

Ekonomické údaje firmy jsou zapsány v tab. 4.

Tab. 4 Tabulka představující ekonomické údaje firmy.

Náklad na chod stroje (N_s)	1164 Kč/hod
Náklad na zaměstnance (N_z)	211 Kč/hod
Cena nového čidla (N_c)	nezjištěno

Po konzultaci s vedením bylo zjištěno, že firma disponuje velkým množstvím náhradních čidel, tudíž výdaj na zakoupení nových, není třeba vynakládat. Z údajů z tab. 4 je snadno vypočitatelné ušetření firmy po zavedení daných úprav. Pro roční vyjádření úspor bylo využito hodnoty počtu pracovních dní v roce 2019.

$$N_{s1} = T_h \cdot N_s = 1,45 \cdot 1164 = 1687,8 \text{ Kč} \quad (9.1)$$

$$N_{z1} = T_h \cdot N_z = 1,45 \cdot 211 = 305,95 \text{ Kč} \quad (9.2)$$

$$N_c = N_{s1} + N_{z1} = 1687,8 + 305,95 = \mathbf{1993,75 \text{ Kč}} \quad (9.3)$$

$$N_{cr} = N_c \cdot P_d = 1993,75 \cdot 251 = \mathbf{500\ 431,25 \text{ Kč}} \quad (9.4)$$

N_{s1} ... ušetřený náklad na stroj za 1 směnu [Kč]

N_{z1} ... ušetřený náklad na operátora za 1 směnu [Kč]

T_h ... celkový ušetřený čas po redukci prostojů [h]

N_c ... celkové ušetřené náklady na zařízení za 1 směnu [Kč]

N_{cr} ... celkové ušetřené náklady na zařízení za 1 rok [Kč]

P_d ... počet pracovních dní pro rok 2019 [-]

Investice na zavedení nového čidla je vzhledem k velikosti firmy nepodstatná a v celkovém zhodnocení ji nepovažujeme za významnou. Po redukci prostojů a ztrát navrhovaných v práci firma ušetří 1993,75 Kč za každou směnu. Tato částka je však pouze orientační a ve skutečnosti je vyšší, a to z důvodu, že po redukci dalších prostojů je úspora těžko časově vyjádřitelná. Kolik času úspory ve skutečnosti podniku ušetří nelze přesně určit, protože je buď nelze vyjádřit finančně, nebo jsou prostoje nepravidelně opakovatelné.

Předchozí výpočty předpokládají, že po zavedení redukci prostojů a ztrát v práci analyzovaných, firma bude vyrábět stejný počet výrobků, avšak ušetří čas, který je potřeba na výrobu stejného počtu kusů a toto ušetření na zařízení je vyjádřeno finančně. Ve skutečnosti však tento ušetřený čas podnik využije pro výrobu dalších výrobků a zvýší tak svoji produkci.

K danému zařízení je stanovena norma 92ks/směnu. Jak již bylo zmíněno v kapitole 7, směna po odečtení přestávek a TPM má hodnotu času plánovaného pro výrobu zhruba 7 hodin a 13 minut.

$$T_1 = \frac{T_d}{P_s} = \frac{433}{92} = 4,71 \text{ min} \quad (9.5)$$

$$P_u = \frac{T_h}{T_1} = \frac{87}{4,71} \cong 18 \text{ ks} \quad (9.6)$$

T_d ... čas plánovaný pro výrobu [min]

T_1 ... čas potřebný pro výrobu 1 kusu dle norem [min]

P_s ... počet výrobků vyrobených za směnu dle norem [ks]

P_u ... počet výrobků navíc vyrobených při redukci prostojů [ks]

Po přepočítání norem při ušetření 87 minut redukcí prostojů by bylo možné vyrobit 110 ks/směnu místo stávajících 92 ks/směnu.

ZÁVĚR

Cílem práce bylo vyhodnocení celkové efektivnosti sledovaného výrobního zařízení v podniku Alfa a nalezení úzkých míst ve výrobním procesu, případně i jejich nápravných opatření.

Po pravidelném sledování zařízení pomocí operačního systému MindSphere po dobu 3 měsíců lze říci, že OEE stroje vykazuje k celosvětovým porovnáním průměrných výsledků. Co se týče jednotlivých ukazatelů, tak zařízení nedosahuje vyšších hodnot OEE zejména z důvodu dostupnosti a výkonu, s kvalitou problém není.

Každý měsíc bylo v rámci měření OEE zjišťováno celkem 6 stavů zařízení, přičemž stavy 0-4 znamenaly, že stroj nevyrábí a stav 5 znamenal, že stroj vyrábí v automatickém režimu. Poměrové porovnání stavu 5 se stavy ostatními tedy znamenalo vyhodnocení OEE strojního zařízení.

Co se týče výsledků, tak nejslabším měsícem byl měsíc únor (51,55 %), který však byl ovlivněn nedostatkem zakázek a práce. Nejlepším měsícem ze sledovaných v ohledu na OEE byl leden, kdy OEE dosahovalo hodnoty 63,76 %. Posledním ze sledovaných měsíců byl březen, kdy hodnota OEE byla rovna 59,85 %.

Vzhledem ke každodennímu sledování a analyzování výsledků výkonu zařízení lze s ohledem na ukázkový den 11. března, kdy hodnota OEE dosáhla 88,30 %, říct, že je firma schopna vyrábět na stroji při těchto "světových" hodnotách stále, pokud se bude vyvarovat chyb, prostojů a ztrát, jako jsou například: čekání na najetí vodiče, nenajetí vodiče vlivem zaseknutí, ruční nastavování programů, prostoje při najetí sonotrody, zasekávání kontaktů ve vibračníku, nevyužití doby neplánované pro výrobu či špatné řízení zakázek; které byly blíže specifikovány v této práci.

Vzhledem k nízké nákladovosti navrhovaných vylepšení a řešení nedostatků se jeví pro firmu vhodné dané úpravy zvážit a aplikovat je.

SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] BRICHTOVÁ, M. *Štíhlá výroba jako systém* [online]. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, Fakulta ekonomická, 2012. [citováno 2019-05-20].
- [2] SYNEK, M. *Výroba*. In: SYNEK, M., eds. *Manažerská ekonomika*. Praha: Grada, 2011. s. 251-276. ISBN 978-80-247-3494-1.
- [3] ADMIN@EUROEKONOM.SK. *Výroba a výrobný proces*. EuroEkonom.sk. [citováno 2019-05-20].
- [4] KUMAR, S. A. & Suresh, N. *Operations management*. Daryaganj, New Delhi, 2009: NewAge International (P) Limited, Publishers. Dostupné z: <http://ebookcentral.proquest.com/lib/vsep/detail.action?docID=437706>
- [5] SVOBODOVÁ, H., VEGER, Jaromír. *Produktový a provozní management*. Praha, Česko: Oeconomica, 2006.
- [6] MATĚJOVSKÁ, Petra. *Výroba*. [online] 2010. [citováno 2019-05-20]. Dostupné z: http://ilex.kin.tul.cz/~petra.matejovska/multiedu/EKR/ERP9_Vyroba.ppt
- [7] RASTOGI, M. *Production and operation management*. Bangalore: University science press, 2010. 168 s. ISBN 978-938-0386-812.
- [8] SCODANIBBIO, Carlo. *Overall Equipment Effectiveness (OEE)*. JUROVÁ, M. *Řízení výroby I., část 1*. Brno: Akademické nakladatelství Cerm, s.r.o., 2005. ISBN 80-214-3066-4.
- [9] TOMEK, G. a V. VÁVROVÁ. *Řízení výroby*. Praha: Grada, 1999. ISBN 80-80-7169-578-5.
- [10] TOMEK, G. a V. VÁVROVÁ. *Řízení výroby a nákupu*. Praha: Grada, 2007. ISBN 978-80-247-1479-0.
- [11] POČTA, Jan. *Řízení výrobních procesů: učební text*. Ostrava: Vysoká škola báňská - Technická univerzita Ostrava, 2012. ISBN 978-80-248-2589-2.
- [12] KYSEŘ, M. *Štíhla výroba - lean*. IPA Slovakia [online]. 2012 [citováno 2019-05-20]. Dostupné z: <http://www.ipaslovakia.sk/sk/ipa-slovník/stihla-vyroba-lean>
- [13] KEŘKOVSKÝ, Miloslav. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 1. vyd. Praha: C. H. Beck, 2001. 115 s. ISBN 8071794716.
- [14] KEŘKOVSKÝ, Miloslav. *Moderní přístupy k řízení výroby*. 2. vyd. Praha: C. H. Beck, 2009 ISBN 978-80-7400-119-2.
- [15] MAŠÍN, Ivan. *Výkladový slovník průmyslového inženýrství a štíhlé výroby*. 1. vyd. Liberec: Institut technologií a managementu, 2005, 106 s. ISBN 80-903533-1-2.
- [16] WIREMAN, Terry. *Total Productive Maintenance Second Edition*. New York: Industrial Press, 2004, 206 s. ISBN: 978-0-8311-0210-4.]
- [17] KOŠTURIÁK, J., FROLÍK, Z. *Štíhlý a inovativní podnik*. Praha, Česko: Alfa Publishing, 2006.

-
- [18] STOHR, T. *Neustálé zlepšování procesů - Kaizen*. escare.cz [online]. [citováno 2019-05-20]. Dostupné z: <http://www.escare.cz/leanhealthcare/metodika/metodika-snizovani-nakladu/neustale-zlepsovani-procesu-kaizen>
- [19] Escare. *Pilíře TPM* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.escare.cz/blog/tpm-totalne-produktivni-udrzba/>
- [20] KUNAR, Rajiv Sharma a Dinesh KUMAR a Pradeep KUMAR. *Manufacturing excellence through TPM implementation: a practical analysis*. Industrial Management & Data Systems, 2006, Vol. 106 Iss.: 2, 256 - 280 s. ISSN: 0263-5577.
- [21] NAKAJIMA, Seiichi. *Introduction to TPM: total productive maintenance*. New York: Productivity Press, 1988, 129 s. ISBN: 978-0-9152-9923-2.
- [22] WILLMOTT, Peter. *Total Productive Maintenance: The Western Way*. Oxford: Butterworth-Heinemann Limited, 1994, 253 s. ISBN: 978-0-7506-1925-7.
- [23] WIREMAN, Terry. *Total Productive Maintenance Second Edition*. New York: Industrial Press, 2004, 206 s. ISBN: 978-0-8311-0210-4.
- [24] STOHR, T. *TPM*. escare.cz [online]. [citováno 2019-20-5]. Dostupné z: <http://escare.cz/lean-healthcare/metodika/metodika-snizovani-nakladu/tpm-totalne-produktivni-udrzba>
- [25] Trade media international. *Řízení a údržba průmyslového podniku* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <http://www.udrzbapodniku.cz/>
- [26] GREGOR, M. a kol. *Dynamické plánovanie a riadenie výroby*. 1.vyd. Žilina Žilinská univerzita 2000, 284s. ISBN 80-7100-607-6.
- [27] MAŠÍN, Ivan. *Výroba velkého sortimentu v malých sériích: principy výrobních systémů pro 21. století*. Liberec: Institut technologií a managementu, 2004, 101 s. ISBN 80-903533-0-4.
- [28] MICHAČÍK, V. *Implementace TPM na vybraných pracovištích : diplomová práce*. Ostrava : VŠB – Technická univerzita Ostrava, Fakulta strojní, Katedra mechanické technologie, 2017, 81 stran. Vedoucí práce: Schindlerová, V.
- [29] HEIZER, J., RENDER, B. *Operations management*. Boston, Massachusetts: Pearson, 2011.
- [30] KOŠTURIÁK, J., *Kaizen: osvědčená praxe českých a slovenských podniků*. Brno Computer Press 2010, 234s. ISBN 978-80-251-2349-2.
- [31] HLAVÁČ, I. *Kaizen a jeho možná implementace do vysokoškolských knihoven* [online]. Brno: Masarykova univerzita, Filozofická fakulta, 2011 [citováno 2019-05-20]. Bakalářská práce. Dostupné z: https://is.muni.cz/th/342491/ff_b/Hlavac_Bakalarska_prace.txt
- [32] Historie. *LEAN company* [online]. [citováno 2019-05-20]. Dostupné z: <http://www.leancompany.cz/historie.html>
- [33] BAUER, M. a kolektiv. *KAIZEN: Cesta ke štíhlé a flexibilní výrobě*. Brno: BizBooks, 2012, s. 193. ISBN 978-80-265-0029-2.
- [34] STEVENSON, W. J. *Operations Management*. New York, New York: McGraw-Hill Irwin., 2007.
-

-
- [35] MES centrum.cz. *OEE a odvozené ukazatele TEEP, PEE, OAE, OPE, OFE, OTE a CTE* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://web.archive.org/web/20130928040645/http://mescentrum.cz/mes/clanky/mes-mom/oee>
- [36] Efektivnost, produktivita (Efficiency). In: ManagementMania.com [online]. Wilmington (DE) 2011-2019, 02.11.2016 [cit. 20.05.2019]. Dostupné z: <https://managementmania.com/cs/efektivnost>
- [37] PANTEK. *Výpočet celkové efektivity zařízení (OEE)*. pantek.cz. [online]. © 2013 [cit. 2013-03-17]. Dostupné z: <http://www.pantek.cz/produkty/vypocet-celkove-efektivni-zarizeni-oee/>
- [38] VEBER, J. a kol. *Management: Základy, moderní manažerské přístupy – výkonnost a prosperita*. Praha, Česko: Management Press, 2014.
- [39] TRIFID CONSULT. *Celková efektivita zařízení (CEZ - OEE)*. trifidconsult.eu [online]. © 2011 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <http://www.trifidconsult.eu/?page=reseni&id=14>
- [40] SVĚT PRODUKTIVITY Beta. *CEZ (OEE)* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/CEZ-OEE.htm>
- [41] MAŠÍN, I., VYTLAČIL, M. *TPM: management a praktické zavádění*. Liberec, Česko: Institut průmyslového inženýrství, 2000.
- [42] VYTLAČIL, M., I. MAŠÍN a M. STANĚK. *Podnik světové třídy*. Liberec: Institut průmyslového inženýrství, 1997. s. 17. ISBN 80-902235-1-6.
- [43] ANDRÝSEK, Leoš. *Možnosti zvyšování celkové efektivnosti zařízení*. [online]. 2008 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: http://www.inventio.cz/admin/upload/news/Autosap_%20_Moznosti_zvysovani_celkove_efektivnosti_zarizeni_17.9-2008_Kolin_3%5B1%5D.ppsx
- [44] SAMAT, H. A., KAMARRUDIN, S., AZID, I. A. *Integration of Overall Equipment Effectiveness (OEE) and reliability method for measuring machine effectiveness*. Bedfordview, Jižní Afrika: *South African Journal of Industrial Engineering*. 2012 [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: [//search.proquest.com/docview/1023246788?accountid=17203](http://search.proquest.com/docview/1023246788?accountid=17203)
- [45] PRENDERGAST, J., MURPHY, E., STEPHENSON, M. *Building-in reliability - implementation and benefits*. *International Journal of Quality & Reliability Management*, 1996. 13(3), 77-90. doi: 10.1108/02656719610118115.
- [46] JEONG, Kiyong, PHILLIPS, T. Don. *Operational efficiency and effectiveness measurement*. *International Journal of Operations & Production Management*, 2001. 21. 1404-1416. 10.1108/EUM0000000006223.
- [47] ENDRENYI, J., ANDERS, G.J. *Aging, maintenance, and reliability - approaches to preserving equipment health and extending equipment life*. *IEEE Power and Energy Magazine*, 2006. 4(3), 59-67. doi: 10.1109/MPAE.2006.1632455.
- [48] SVĚTLÍK, V. *Sledování a řízení efektivity výroby*. SystemOnline: S přehledem ve světě informačních technologií, 2003. [vid. 2018-03-27]. Dostupné z: <http://www.systemonline.cz/clanky/sledovani-a-rizeni-efektivni-vyroby.htm>
- [49] TUČEK, David a Roman BOBÁK. *Výrobní systémy*. 2. upr. vyd. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2006, 298 s. ISBN 80-7318-381-1.
-

-
- [50] SYNEK, M., KISLINGEROVÁ, E. a kol. Podniková ekonomika. 5. přepracované a doplněné vydání. Praha: C. H. Beck, 2010.
- [51] IPA More Than Expected. *CEZ (OEE)* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://www.ipaczech.cz/cz/ipa-slovník/cez-oeo>
- [52] ALFABETA. *Co je MindSphere?* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://new.alfabeta.com/cz/cs/reseni/mindsphere.html>
- [53] MindSphere. *MindSphere World* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z: <https://mindsphereworld.de/en/>
- [54] Alfabeta, s.r.o., odštěpný závod Alfa. *Alfabeta, s.r.o.* [online]. [cit. 2019-05-20]. Dostupné z webu: skryto
- [55] ULTRASCHALL, Herrmann. *Ultrasonic welding technology: Basics* Plastics, 2014.
- [56] IDOC.VSB.CZ. *Teorie a technologie svařování - Ultrazvukové svařování* [online]. Dostupné z: <http://homen.vsb.cz/~hla80/2009Svarovani/2-06-41.pdf>
- [57] TURŇA, M. *Špeciálne metódy zvarovania*. 1.vyd. Bratislava: Alfa, 1989. 384 s. ISBN80-05-00097-9.
- [58] TŘEŠŇÁK, Michal. *Technologie spojování plastových dílů s důrazem na ultrazvukové sváření*. 1. Pardubice: Univerzita Pardubice, Doprávní fakulta Jana Pernera - diplomová práce, 2015. [cit. 2019-05-20]. Dostupná z: [https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/61489/TresnakM_Technologie%20s pojovani_PS_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=yhttps://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/40707/laga_2017_dp.pdf?sequence=1&isAllowed=y](https://dk.upce.cz/bitstream/handle/10195/61489/TresnakM_Technologie%20s%20pojovani_PS_2015.pdf?sequence=1&isAllowed=yhttps://digilib.k.utb.cz/bitstream/handle/10563/40707/laga_2017_dp.pdf?sequence=1&isAllowed=y)
- [59] PALENČÁR, R. *Nejistoty v měření I: vyjadřování nejistot*. Automa, strana 50, 7-8, 2001.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

Zkratka/Symbol	Jednotka	Popis
\bar{t}	s	průměrný čas naměřený programem Excel
t_c	s	interval celkového času prodlevy
U_A	s	nejistota měření typu A
U_B	s	nejistota měření typu B
U_C	s	celková nejistota měření
A	s	nepřesnost stopek
Al	-	hliník
CEZ	-	celková efektivnost zařízení
Cu	-	měď
D	-	dostupnost výroby
D_p	-	provozní dostupnost
JIT	-	Just in time
MES	-	Manufacturing Executive System
N_c	Kč	celkové ušetřené náklady na zařízení za 1 směnu
N_{cr}	Kč	celkové ušetřené náklady na zařízení za 1 rok
N_{s1}	Kč	ušetřený náklad na stroj za 1 směnu
N_{z1}	Kč	ušetřený náklad na operátora za 1 směnu
NEE	-	Net Equipment Effectiveness
OEE	-	Overall Equipment Effectiveness
P	min	přestavby
P_c	ks	celkový počet všech vyrobených výrobků
P_d	-	počet pracovních dní v roce 2019
P_{ok}	ks	počet vyrobených kvalitních výrobků
P_s	ks	počet výrobků vyrobených za směnu dle norem
P_u	ks	počet výrobků navíc vyrobených při redukci prostojů
Q	-	kvalita výroby
SMED	-	single Minute Exchange of Die
SV	-	stupeň využití
T_1	min	čas potřebný pro výrobu 1 kusu dle norem
T_d	min	disponibilní čas zařízení plánovaný pro výrobu
T_h	h	celkový ušetřený čas po redukci prostojů
T_{net}	min	skutečný (čistý) výrobní čas
T_{sk}	min	skutečná doba běhu zařízení
T_u	min	užitečný čas zařízení
TEEP	-	Total Effective Equipment Productivity
TPM	-	Total Productive Maintenance
V	-	výkon výroby