

Projekt zavedení TPM na vybrané lince ve vybrané společnosti

Bc. František Pospíšil

Diplomová práce
2023



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Akademický rok: 2022/2023

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. František Pospíšil
Osobní číslo: M21689
Studijní program: N0488P050002 Průmyslové inženýrství
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Projekt zavedení TPM na vybrané lince ve vybrané společnosti

Zásady pro vypracování

Úvod
Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Zpracujte literární rešerši v oblasti údržby.

II. Praktická část

- Proveďte analýzu současného stavu provádění údržby realizované na vybrané lince.
- Na základě výsledků analýzy vypracujte projekt v oblasti údržby na vybrané lince.
- Zhodnoťte navrhaná řešení.

Závěr

Rozsah diplomové práce: **cca 70 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

- BRAU, Sebastian J. *Lean manufacturing 4.0: the technological evolution of lean: practical guide on the correct use of technology in lean projects Kanban, 5S, TPM, Kaizen, VSM, 6Sigma, SMED OEE, Hoshin Kanri, Gemba, JIT, TPS, PDCA*. Boca Raton: American Lean SD, 2016, 132 s. ISBN 978-15-393-2294-8.
- CHROMJAKOVÁ, Felicita. *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štitým řízením procesů*. Žilina: Georg, 2013, 116 s. ISBN 978-80-8154-058-5.
- DENNIS, Pascal. *Lean production simplified: a plain-language guide to the world's most powerful production system*. Third edition. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2016, 223 s. ISBN 978-1498708876.
- LEGÁT, Václav. *Management a inženýrství údržby*. Druhé doplněné vydání. Praha: Kamil Mařík – Professional Publishing, 2016, 622 s. ISBN 978-80-7431-163-5.
- SVOZILOVÁ, Alena. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 2011, 232 s. ISBN 978-80-247-3938-0.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Lucie Hrbáčková, Ph.D.**
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Datum zadání diplomové práce: **10. února 2023**
Termín odevzdání diplomové práce: **21. dubna 2023**

L.S.

prof. Ing. David Tuček, Ph.D.
děkan

prof. Ing. David Tuček, Ph.D.
garant studijního programu

Ve Zlíně dne 10. února 2023

**PROHLÁŠENÍ AUTORA
BAKALÁŘSKÉ/DIPLOMOVÉ PRÁCE**

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové/bakalářské práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby;
- beru na vědomí, že diplomová/bakalářská práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové/bakalářské práce bude uložen na elektronickém nosiči v příruční knihovně Fakulty managementu a ekonomiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně;
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že na moji diplomovou/bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou/bakalářskou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy;
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové/bakalářské práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové/bakalářské práce využít ke komerčním účelům;
- beru na vědomí, že pokud je výstupem diplomové/bakalářské práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá. Neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji,

1. že jsem na diplomové/bakalářské práci pracoval samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
2. že odevzdaná verze diplomové/bakalářské práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně

Jméno a příjmení:

.....
podpis diplomanta

ABSTRAKT

Tato diplomová práce je zaměřena na zavedení metody TPM na vybrané lince ve vybrané společnosti. Cílem této práce je aplikovat na zvolené lince jednotlivé pilíře TPM. Teoretická část je zaměřena na údržbu v podnikovém prostředí, metodu Total Productive Maintenance, LOTO proceduru a vyhodnocování klíčových ukazatelů výkonnosti. Teoretické poznatky jsou využity pro analýzu současného stavu vybraného strojního zařízení, která obsahuje popis oddělení údržby, analýzu prostojových skupin a auditní šetření. Na základě zjištěných nedostatků je realizován projekt na zavedení metody TPM na vybrané lince.

Klíčová slova: Totálně produktivní údržba, preventivní údržba, autonomní údržba, LOTO procedura, prediktivní údržba

ABSTRACT

This diploma thesis is focused on the implementation of the TPM method on a selected line in a selected company. The aim of this thesis is to apply the different pillars of TPM on the selected line. The theoretical part focuses on maintenance in a corporate environment, Total Productive Maintenance method, LOTO procedure and evaluation of key performance indicators. The theoretical knowledge is used to analyse the current state of the selected machinery, which includes a description of the maintenance department, an analysis of downtime groups and an audit investigation. Based on the identified gaps, is implemented a project to introduce the TPM method on the selected line.

Keywords: Total Productive Maintenance, Preventive Maintenance, Autonomous Maintenance, LOTO Procedure, Predictive Maintenance

Zde bych chtěl poděkovat vedoucí diplomové práce Ing. Lucii Hrbáčkové, Ph.D. za odborné vedení, pomoc a trpělivost při vytváření diplomové práce. Poděkování patří také společnosti, ve která byla diplomová práce prováděna, zejména vedoucímu oddělení údržby a správy budov za odborný dohled, rady a předané zkušenosti s údržbou ve strojním prostředí. Velké dík patří také rodině, přítelkyni a přátelům za podporu v průběhu celého studia.

Prohlašuji, že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

OBSAH

ÚVOD	10
CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE	11
I TEORETICKÁ ČÁST	12
1 ÚVOD DO PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ	13
1.1 LEAN SYSTÉM A PROCESNÍ STABILITA	14
1.1.1 Lean production	16
2 ÚDRŽBA V PODNIKOVÉM PROSTŘEDÍ	17
2.1 VÝVOJOVÉ ETAPY ÚDRŽBY V PODNIKOVÉ KULTUŘE	18
2.2 PŘÍSTUPY K PROVÁDĚNÍ ÚDRŽBY	19
2.2.1 Autonomní údržba.....	19
2.2.2 Reaktivní údržba	20
2.2.3 Preventivní údržba	20
2.2.4 Prediktivní údržba	20
2.2.5 Proaktivní údržba	21
2.3 TOTAL PRODUCTIVE MAINTENANCE.....	21
2.4 HISTORIE TPM.....	23
2.5 PILÍŘE TPM.....	23
2.6 VYUŽITÍ A PŘÍNOSY TPM	25
2.7 NOVÉ TRENDY V OBLASTI ÚDRŽBY.....	25
3 UKAZATELE VÝKONNOSTI	28
4 LOTO PROCEDURA	30
4.1 POSTUP LOTO PROCEDURY	30
4.2 LOTO PRVKY.....	31
4.2.1 LOTO zámky	31
4.2.2 LOTO štítky	31
5 PROJEKTOVÉ ŘÍZENÍ	33
5.2 GANTTŮV DIAGRAM	35
5.3 SMART METODA.....	36
5.4 PROJEKTOVÉ DIAGRAMY	36
5.4.1 Vývojový diagram.....	37
5.4.2 Histogram.....	37
II PRAKTICKÁ ČÁST	39
6 PŘEDSTAVENÍ VYBRANÉHO PODNIKU	40
6.1 ZÁKLADNÍ CHARAKTERISTIKA PODNIKU	40
6.2 ORGANIZAČNÍ STRUKTURA	40

6.3	HISTORIE	42
6.4	PRODUKTOVÉ PORTFOLIO	42
7	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU	43
7.1	POPIS ODDĚLENÍ ÚDRŽBY A STROJOVÉHO PARKU SPOLEČNOSTI	43
7.1.1	Oddělení údržby	45
7.2	POPIS JEDNOTLIVÝCH ČÁSTÍ VYBRANÉ LINKY PRO ANALÝZU ÚDRŽBY	48
7.2.1	Montážní linka č. 1	51
7.2.2	Stanice založení filmu	53
7.2.3	Svářecí zařízení	54
7.2.4	Montážní linka č. 2	55
7.3	POPIS HLÁŠENÍ PORUCHY NA STROJI	56
7.4	ANALÝZA PROSTOJŮ Z DŮVODU PORUCHY	57
7.4.1	Datová analýza poruchových skupin	60
8	SHRNUTÍ ANALYTICKÉ ČÁSTI	68
9	PŘEDSTAVENÍ PROJEKTU	70
10	CHARAKTERISTIKA PROJEKTU	75
10.1	ANALÝZA PORUCH	76
10.1.1	Porucha svářecího zařízení	76
10.1.2	Porucha vibračního bubnu	78
10.1.3	Porucha Accuplace	79
10.1.4	Pracovní postupy oprav	80
10.1.5	Strojní deník	81
10.2	AUTONOMNÍ ÚDRŽBA	82
10.2.1	Montážní linka č. 1	83
10.2.2	Svářecí stanice	84
10.2.3	Montážní linka č. 2	85
10.3	ŘEŠENÍ REDUKCE RIZIK V PRACOVNÍM PROSTŘEDÍ	87
10.4	PREVENTIVNÍ ÚDRŽBA	92
10.4.1	Montážní linka č. 1	93
10.4.2	Svářecí zařízení	94
10.4.3	Montážní linka č. 2	96
10.4.4	Seznam náhradních dílů	97
10.5	PREDIKTIVNÍ ÚDRŽBA	98
10.5.1	Fluke analyzer	99
10.5.2	Sonaphone pocket	101
10.6	ZAŠKOLENÍ PRACOVNÍKŮ	102
10.7	AKČNÍ PLÁN PRO KONEČNOU REALIZACI PROJEKTU	103
11	ZHODNOCENÍ NAVRHOVANÝCH ŘEŠENÍ	105
11.1	ANALÝZA PORUCHOVÝCH DAT	105

11.2	NEPENĚŽNÍ ZHODNOCENÍ	106
11.3	VÝSTUPNÍ AUDIT	107
	ZÁVĚR	109
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	110
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	116
	SEZNAM OBRÁZKŮ	117
	SEZNAM TABULEK.....	119
	SEZNAM PŘÍLOH.....	120

ÚVOD

V dnešním globálním tržním prostředí je pro podniky důležité udržovat své postavení na trhu, zvyšovat svou konkurenceschopnost a rozvíjet podnik pomocí zavádění inovativních prvků. Zlepšování tržního postavení je umožněno podnikům, které se snaží maximalizovat svůj zisk za vynaložení co nejmenšího množství nákladů, a přitom maximalizují užitek zákazníků. V oblasti výrobních podniků jsou kladeny požadavky zejména na kvalitu zboží, jeho množství a dobu dodání zákazníkovi. Pro zajištění těchto požadavků je pro podniky nezbytné, aby maximalizovaly dostupnost a efektivitu jednotlivých výrobních zařízení, minimalizovaly zmetkovitost a poruchové prostoje, zajistily výrobní flexibilitu pro jednotlivá výrobní zařízení. Z hlediska dostupnosti je nutné, aby byly minimalizovány poruchové prostoje, které se při výrobě vyskytují. Pro minimalizaci těchto prostojů a zlepšení strojní údržby vznikla ve firmě Toyota metoda Total Productive Maintenance. Tato metoda umožňuje zapojit všechny zaměstnance do procesů údržby, zlepšit kvalitu strojního prostředí a snížit prostoje související s poruchami.

Diplomová práce bude zaměřena na zavedení jednotlivých bodů metody TPM na vybranou linku ve vybrané společnosti. Důvodem zahájení tohoto projektu je snaha zlepšení stavu prováděné údržby na vybrané strojní lince, snížení velikosti poruchových hodin, vylepšení procesů údržby a zapojení širšího spektra pracovníků prováděných údržbových aktivit.

Tato diplomová práce je rozdělena na dvě části, teoretickou a praktickou část. V teoretické části jsou zahrnuty poznatky o významu údržby ve výrobním prostředí, metodě TPM a jejím využití v podnikovém prostředí, LOTO proceduře a klíčových ukazatelích výkonnosti. Na teoretickou část navazuje praktická, která má dvě části. V analytické části jsou obsaženy informace o oddělení údržby a analyzované lince. Pro zhodnocení stavu linky z hlediska údržby bylo provedeno auditní šetření. Na základě zjištěných nedostatků byly stanoveny cíle pro projektovou část diplomové práce. V projektové části jsou řešeny cíle z auditního řešení a po jejich zavedení je provedeno zhodnocení z hlediska velikosti poruchových hodin, nepeněžního charakteru a porovnáním se vstupním auditem.

CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Cílem diplomové práce je zavést metodu TPM na vybrané lince ve vybrané společnosti zabývající se výrobou plastových výrobků. Mezi dílčí cíle patří vytvoření standardů preventivní a autonomní údržby na lince XY, redukovat rizika v pracovním prostředí, analyzovat kořenové příčiny nejdéle trvajících poruch, implementovat prvky prediktivní údržby do linkového prostředí, vytvořit a zaškolit operátory a seřizovače do standardů pracovních postupů složitějších oprav, zavést strojní deník pro definování odpovědností a vytipování kritických dílů pro linku XY.

Teoretická část se zabývá popisem jednotlivých bodů řešených v projektové části diplomové práce. Poznatky získané z této části slouží jako podklad pro analytickou a projektovou část. Při zpracování literární rešerše byly použity zdroje z odborných vědeckých článků, vědeckých konferencí a česká i zahraniční odborná literatura.

Při zpracovávání analytické části byly použity programy Microsoft Excel, Word a Powerpoint, které umožnily provedení jednotlivých bodů. Pro zobrazení dat byly využity histogramy či lineární grafy a pro zachycení posloupnosti aktivit byly využity vývojové diagramy. Pro přesnější definování cílů pro projektovou část byl proveden audit, díky kterému byly zjištěny přesnější nedostatky na lince XY.

Součástí praktické části je zpracovaný projekt na zavedení metody TPM na vybrané lince. Cíle tohoto projektu jsou definovány pomocí metody SMART, harmonogram projektu je zobrazen pomocí Ganttova diagramu a jednotlivé aktivity jsou obsaženy v jeho logickém rámci. Časový interval pro vypracování projektu je stanoven od prosince roku 2022 do konce března roku 2023.

I. TEORETICKÁ ČÁST

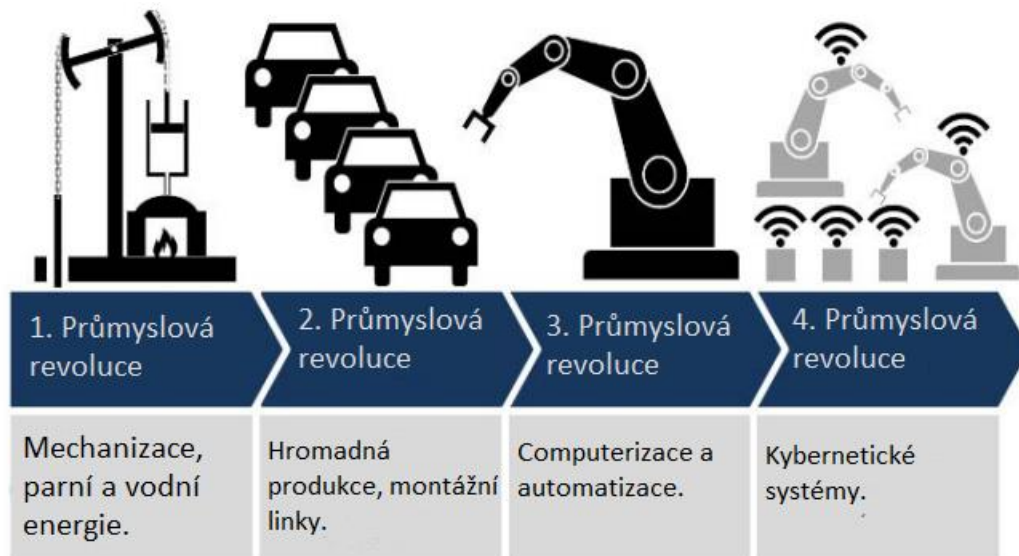
1 ÚVOD DO PRŮMYSLOVÉHO INŽENÝRSTVÍ

V dnešní době na nás působí různé procesy do takové blízkosti, že je považujeme za samozřejmost a častokrát nevnímáme jejich podstatu. Jediná věc, která zajímá uživatele procesu je jeho výsledek a s tím zvětšená míra užítku anebo naopak hledání důvodů, proč náš užitek nebyl naplněn dostatečně. Ve většině případů je pochopení jednotlivých procesů kvůli jejich komplexnosti velice složité a odhalení skutečných příčin může být velice komplikované. Snaha o hloubkovou analýzu problému a hledání jeho kořenových příčin je jedním z hlavních úkolů průmyslového inženýra. (Svozilová, 2011)

Pokud se budeme bavit o procesu jako takovém, jeho definice dle Svozilové (2011) zní: „*Proces je série logicky souvisejících činností nebo úkolů, jejichž prostřednictvím - jsou-li postupně vykonány – má být vytvořen předem definovaný soubor výsledků*“. Popis procesů zahrnuje informace o sledu jednotlivých činností, jejich vzájemnou kooperaci, popis podpůrných systémů a nástrojů či výkonnostní a kvalitativní parametry, které má daný proces plnit. (Svozilová, 2011, s.32)

V dnešní moderní době můžeme vidět mnoho změn, které ve výrobních podnicích nastávají. Důležitým bodem pro výrobní podniky je uvědomění, že změny, které v podniku nastávají jsou spojeny s kreativitou a potencionálem každého zaměstnance. Pro propojení zaměstnanecké kreativity a jejich potencionálu slouží průmyslový inženýr, jehož hlavním úkolem je motivace zaměstnanců ke změně myšlení o produktech a navádění zaměstnanců k akcím, které povedou ke zvětšení přidané hodnoty pro zákazníka i pro podnik. Díky inovacím, které přicházejí od zaměstnanců můžeme docílit zlepšení jednotlivých výkonnostních ukazatelů a zvýšit efektivnost a produktivitu. Při delším časovém intervalu můžeme vidět zlepšení konkurenceschopnosti podniku a zlepšení jeho tržního postavení. (Chromjaková, 2013)

Pokud se budeme bavit o etapách vývoje průmyslu, hovoříme o tzv. průmyslových revolucích. První průmyslová revoluce znamenala rozvoj mechanizace s využitím vodních a parních pohonů. Další etapu průmyslové revoluce ovlivnilo zavádění elektrické energie a zakládání prvních podniků s charakterem hromadné produkce. Ve třetí průmyslové revoluci zaznamenáváme rozvoj prvních logicky programovatelných zařízení. Čtvrtá průmyslová revoluce znamená zavádění systémů umělé inteligence, které mohou predikovat budoucí stav zařízení. Grafické znázornění průmyslové revoluce nalezneme na obrázku č. 1. (Nissoul et al., 2020)



Obrázek 1 Etapy průmyslové revoluce (vlastní zpracování dle Nissoul et al., 2020)

Pokud se bavíme o vlastnostech průmyslového inženýra, s rozvojem moderních technologií se rozrůstá pole jeho pracovního působení. Mezi jeho klíčové vlastnosti lze zařadit schopnost plánování a řízení projektů ve formě tvorby aktivit a jejich následné integrace do pracovních plánů, dovednost organizovat informační a materiálové toky pro řízení vztahů se zákazníky, způsobilost pro analýzu měření práce a znalost metod pro zjištění ergonomických stránek jednotlivých procesů, plánovat a organizovat výrobu, ale také podílet se na vývoji a implementaci nových výrobních konceptů, strategicky plánovat jejich zavedení a finančně danou implementaci vyčíslit. (Chromjaková, 2013)

1.1 Lean systém a procesní stabilita

Myšlenka Lean systému vznikla ve firmě Toyota. Znamená produkovat více za méně času, s menším prostorem, menším zapojením lidské a strojní práce, a přitom zachovat kvalitu a parametry výrobku požadované zákazníkem. Charakteristickými znaky Lean systému je definování účelu pro každou část podniku. Každá z těchto částí je autonomní a pro pochopení jednotlivých částí je nutné porozumět jejich významu v podnikovém měřítku. (Pascal a Shook, 2016)

Základními oblastmi Lean systému jsou stabilita a standardizace. K dosažení cílů stanovených v těchto oblastech je používáno široké spektrum metod, které umožňují splnění definovaného záměru. Pro dosažení výrobní stability a definované úrovně standardizace se využívají metody jako 5S, Jidoka, Total Productive Maintenance nebo Kanban. (Pascal a Shook, 2016)

Metoda 5S se skládá z pěti kroků, které pomohou podniku vytvořit prostředí vhodné pro provádění zlepšení. Při zavedení metody můžeme vidět zlepšení výrobních časů, výrobní kvality a zvýšení bezpečnosti na pracovišti. Prvním krokem je Seiri neboli odstranění nepotřebných nástrojů, zásob a materiálu, které pracovišti nepřidávají hodnotu. Dalším krokem je Seiton – uspořádání, systematizování pracoviště. Zde se jedná o označení pozic pracovních nástrojů pro usnadnění jejich používání ve výrobním procesu. Následujícím krokem je Seiso – uklízení. Pracovníci na denní bázi provádí úklid pracoviště a jeho okolí pro možnost zabezpečení vyšší kvality a bezpečnosti práce. Předposledním krokem je Seiketsu – standardizování podoby pracoviště. Posledním krokem je Shitsuke – kontinuální zlepšování v rámci pracovního prostředí. (Barbieri-silva, Flores-perez a Alvarez, 2022)

Standards mají v podnikovém prostředí nezastupitelnou funkci. Jejich významem je vizualizace jasného obrazu požadovaného stavu výrobního zařízení či výrobního prostředí. Pro zachování výstižné a informativní stránky standardů je zapotřebí standardy tvořit jednoduché, srozumitelné a vizuálně vhodné. Hlavní funkcí standardů je zkrácení doby při hledání poruchy a zkrácení časů opravy pomocí definovaných postupů vyskytujících se ve standardu, ale také možnost pracovníka efektivně informovat o daném výrobním pracovišti. (Pascal a Shook, 2016)

Rozvoj moderních informačních technologií má také vliv na fungování Lean managementu. Pro propojení jednotlivých podnikových částí se využívají ERP (Enterprise Resource Planning) software, který sbírá data z podnikových oblastí, které slouží pro budoucí rozhodování. S ERP software můžeme sledovat snížení počtu software v podnikovém prostředí a také snížení papírové dokumentace. (Brau, 2016)

Výhod, které systémy ERP přinášejí do podnikového prostředí, je mnoho. ERP systémy umožňují efektivnější a kratší implementaci Lean metod díky eliminování plýtvání v procesu sběru a předávání informací. Při používání zařízení jako tablet, smartphone, počítač se eliminuje papírová dokumentace a proces se stává štihlejší. ERP software umožňují propojení jednotlivých podnikových částí a vytváří možnost pro sdílení finančních, administrativních a interních informací o podnikových odděleních. Ve výrobní části podniku ERP software poskytují informace zejména o průběhu výroby, její výkonnosti a plánovaném výrobním programu. Jsou zde zahrnuty všechny aspekty informací, které jsou s výrobou spojené aby výstupy systému byly založeny na reálných datech. ERP systémy

umožňují včasnou detekci problémů, která umožňuje rychle najít řešení a reagovat na výpadek výroby, čímž se zkracuje doba trvání poruchy a s ní spojené důsledky. (Brau, 2016)

1.1.1 Lean production

Prvky Lean produkce se objevují již v padesátých letech dvacátého století ve firmě Toyota. Hlavním znakem tohoto výrobního systému je přenesení odpovědnosti na pracovníky, kteří skutečně provádí danou činnost. Přenesení odpovědností se netýká pouze jednotlivých výrobních oddělení, ale výroby jako celku. Hlavním cílem Lean managementu je omezení jednotlivých druhů plýtvání, mezi které patří: nadprodukce vyššího množství výrobků, čekání na další výrobní operace, přepracování výrobků, velikost zásob větší než minimální množství, nadbytečný pohyb zaměstnanců, výroba nekvalitních výrobků a části výrobku, které nepřidávají hodnotu. (Darling, 2023, s. 548)

Pro správnou implementaci Lean metod do podnikového prostředí je nezbytné zapojení všech zaměstnanců a za jejich spolupráce stanovení společných standardů pro jejich práci. Úlohou vedoucích pracovníků je organizace operátorů do jednotlivých pracovních týmů, tvorba pracovních standardů, jejich vylepšování a aktualizace. Dalším bodem, který je pro Lean metodu důležitým, je využívání moderních technologií pro vizualizaci údajů o výkonnosti, dostupnosti stroje a zajištění využívání moderních technologií pro rozvoj podniku. Vizualizovaná data jsou dostupná všem zaměstnancům pro jejich budoucí rozhodování ve výrobním procesu. (Darling, 2023, s. 548)

2 ÚDRŽBA V PODNIKOVÉM PROSTŘEDÍ

Pozice údržby v podnikové hierarchii má významné postavení, protože se přímo podílí na zvyšování produktivity výroby. Při správně nastaveném systému údržby v podniku můžeme vidět zvyšování produktivity, disponibility výrobních zařízení, ale také vzrůst přidané hodnoty jednotlivých výrobních procesů. Přidaná hodnota procesů se projevuje snížením poruch, snížením nákladů a vytvořením konkurenční výhody pro podnik. (Legát, 2016)

V podnikovém řízení nalezneme různé úrovně podnikového managementu. Management v širším pojetí zahrnuje koordinaci hmotných i nehmotných zdrojů za účelem dosažení stanoveného cíle. Manažerské aktivity jsou dle Legáta (2016) rozděleny dle charakteru na:

- Strategické – tyto aktivity jsou stanovovány na interval 3–5 let; jsou zde stanovovány dlouhodobé cíle a rozvojové záměry podniku, plánování zdrojů pro zabezpečení vhodných výrobních podmínek.
- Taktické – hlavním úkolem je konkretizace strategických cílů podniku a specifikace aktivit z hlediska finančního a úkolového. S těmito aktivitami je také spojeno přiřazení specifických zdrojů ke konkrétním podnikovým cílům.
- Operativní – cílem operativního managementu je zabezpečení průběhu jednotlivých činností a řešení vzniklých poruch, problému či neshod. (Legát, 2016)

Cíle pro údržbu, jakožto části podnikové struktury, by měly vycházet z cílů strategického managementu. Strategie podniku obsahuje informace o budoucím výrobním a produktovém portfoliu, programu provozu výroby a jejich jednotlivých částí, změny ve výrobních procesech či předpokládanou velikost finančních zdrojů. Tyto údaje představují pro oddělení údržby základní parametry pro nastavení jejího fungování v podnikovém prostředí. Mezi základní činnosti, které spadají na oddělení údržby patří: zabezpečení provozuschopného stavu zařízení ve výrobním podniku, zajištění bezpečnostní stránky provozu, odstraňování poruch a předcházení jejich vzniku. (Legát, 2016, s. 25)

Definice údržbového procesu dle Legáta (2016), s. 21 zní: „*Údržba představuje proces definovaný jako kombinaci všech technických, manažerských a administrativních opatření během životního cyklu objektu, zaměřených na jeho udržení ve stavu nebo navrácení do stavu, v němž může vykonávat požadovanou funkci.*“

Pokud se budeme bavit o údržbě, dala by se charakterizovat jako proces zachování stavu a funkční schopnosti zařízení. Je kombinací všech technických a administrativních opatření,

která mají za cíl udržet zařízení ve stavu, ve kterém může plnit svoji funkci dle nastavených parametrů, popřípadě jej do tohoto stavu vrátit. Práce údržby se vyskytují na zařízení po celou dobu jeho životnosti a pro chod zařízení je nutné, aby tyto opravy byly úspěšné. U poruch jsou stanovovány jejich kořenové příčiny, které jsou vyhodnocovány a zavedeny nápravná opatření. (Legát, 2016)

S údržbou jsou také spojeny dvě významná KPI, neboli Key Performance Indicators, které mají vztah k poruchám na výrobních zařízeních. Prvním je ukazatel MTTR, neboli „Mean Time To Repair“. V českém překladu tento ukazatel vyjadřuje střední dobu trvání poruch. Vypočítá se jako podíl celkového poruchového času ku celkovému počtu poruch. Dalším ukazatelem je „Mean Time Between Failures“, čili MTBF. Tento ukazatel vyjadřuje střední dobu mezi jednotlivými poruchami a jeho hodnotu dostaneme podílem skutečného výrobního času ku celkovému počtu výskytu poruch. (Mohan, Roselyn a Uthra, 2022)

2.1 Vývojové etapy údržby v podnikové kultuře

Údržba má v podnikovém prostředí nezastupitelnou funkci. S růstem komplexnosti moderních technologií se také vyvíjí údržbové postupy. Dle Legáta (2016) můžeme vidět tři vývojové generace údržby.

- První generace údržby se řadí do období let 1930–1950, kdy údržba spočívala zejména v odstranění poruchy v co nejkratším čase a s optimálním využitím nákladů. Údržba probíhala zejména až po poruše.
- Další etapou bylo období let 1950-1980, kdy byly kladeny nároky na vyšší pohotovost údržby a snahu o minimalizaci nákladů v údržbovém prostředí. Důraz je kladen zejména na preventivní údržbu a její plánování. Cílem preventivní údržby bylo zejména prodloužení životnosti daného zařízení.
- Poslední uvedenou etapou je období let 1980 – dodnes, kdy vidíme značný vliv moderních technologií na podnikové prostředí. Parametry údržby jsou stanoveny na zabezpečení vyšší spolehlivosti, bezpečnosti a pohotovosti prováděných operací. V údržbovém prostředí jsou využívány prvky prediktivní údržby, které zajišťují zvýšení životnosti jednotlivých strojních částí. Jednou z charakteristik prediktivní údržby je diagnostikování stavu výrobního zařízení a za využití informačních technologií předcházení vzniku poruch. Prostředky, které jsou při pracích údržby

používány, jsou ohleduplné k životnímu prostředí a náklady spojené s procesy údržby jsou efektivně vynakládány.

2.2 Přístupy k provádění údržby

Teorie a metody provádění údržbových bodů se mění společně se změnami v používaných výrobních technologiích. V podnicích se vyskytuje mnoho druhů údržby, které zabezpečují chod strojních zařízení. Prvním typem je reakční údržba, která reaguje na právě vzniklou poruchu a snaží se minimalizovat dobu jejího trvání. V mnoha podnicích nalezneme také údržbu založenou na pravidelné kontrole strojních bodů pro zachování funkčnosti strojního zařízení neboli preventivní údržbu. Mezi další typy se řadí prediktivní údržba a proaktivní údržba. Hlavním cílem provádění údržby je minimalizovat prostoje stroje, náklady spojené s opravami a snaha o nalezení rovnováhy mezi jednotlivými postupy. (Sahoo, 2020, s. 1)

2.2.1 Autonomní údržba

Autonomní údržba je jedním z hlavních pilířů metody TPM. Tento typ údržby by se dal charakterizovat jako provádění jednoduchých údržbářských aktivit pracovníky vyskytující se u stroje či linky. Každé zařízení vyžaduje údržbové zásahy jako čištění, mazání nebo dotažení spojů. Tyto činnosti nevykazují složitý charakter a mohou být vykonávány i nekvalifikovanými pracovníky pro údržbu. (Kose et al., 2022)

Dle autorů Guariente et al. (2017) je definována autonomní údržba jako soubor preventivních a prediktivních údržbových činností prováděných operátory na výrobních linkách, kteří se podílejí na udržení provozuschopnosti stroje a jsou za jeho provoz zodpovědní. Autonomní údržba má v podnikovém prostředí zásadní význam z důvodu podpory ve zlepšování výrobních výsledků, snižování plýtvání a zajištění kvality vyráběných výrobků a poskytovaných služeb.

Pro měření výkonnosti jednotlivých strojů jsou ve výrobách zaváděny ukazatele OEE, neboli Overall Equipment Effectiveness. Pomocí tohoto ukazatele dokážeme měřit výkonnost, dostupnost a kvalitu na výrobním zařízení. Z tohoto ukazatele můžeme také kvantifikovat změny prováděné na výrobním zařízení. Pro dosažení nulových poruch a nulových oprav je klíčové zavedení autonomní údržby. Při zavedení autonomní údržby dokážeme zvýšit efektivitu práce a strojního parku, ale především přenést určité body odpovědnosti na pracovníky u stroje. Činnosti, které operátoři provádějí mají charakter čištění, jednoduchých oprav či zjišťování nepravidelností. Prováděné činnosti mohou minimalizovat výskyt

poruch, zlepšovat kvalitu výrobku ale také rozvíjet pracovní schopnosti operátorů. (Furman a Małysa, 2022)

2.2.2 Reaktivní údržba

Reaktivní údržba, známá také jako „*run to failure strategy*“ je založena na opravě stroje po vzniku poruchy. Tato strategie se může zdát méně nákladná z hlediska vynakládání zdrojů pouze na nefunkční díly, ale čas strávený s opravami je nákladnější z hlediska nižší provozní efektivity zařízení. (Sahoo, 2020)

2.2.3 Preventivní údržba

Hlavním úkolem preventivní údržby je stanovení vhodných intervalů, ve kterých bude prováděna. Tyto intervaly jsou stanovovány na základě časového vytížení nebo opotřebení jednotlivých strojních částí. Pro soubor více prováděných činností na výrobním zařízení je vhodná volba časových intervalů z důvodu naplánování provádění v nevýrobní časy. Jedním z důvodů, proč je preventivní údržba implementována do podnikového prostředí je maximalizace dostupnosti stroje na základě údajů o opravách a poruchách na stroji. Dalším přínosem preventivní údržby je zvýšení životnosti jednotlivých strojních částí díky pravidelné kontrole jejich technického stavu. Plánování preventivní údržby by mělo probíhat společně s plánováním výroby. Provádění samostatných aktivit souvisejících s preventivní údržbou by mělo mít flexibilní charakter a probíhat výhradně v nevýrobní časy na výrobním zařízení a zajistit maximální dostupnost stroje. (Geurtsen et al., 2023)

Preventivní údržba se dá chápat také jako metoda pro snížení pravděpodobnosti poruchy nebo zhoršení výkonnosti strojního zařízení. Pro eliminování reaktivní údržby jsou stanovovány časové intervaly kontroly jednotlivých strojních bodů. Intervaly provádění jednotlivých činností jsou stanovovány na základě určitých časových periodik nebo počtu strojních hodin. Hlavním cílem preventivní údržby je snížit počet neplánovaných prostojů a nákladů na opravy stroje. (Sahoo, 2020)

2.2.4 Prediktivní údržba

Prediktivní údržba je založena na sledování aktuálního technického stavu zařízení a přijímání opatření, které udrží zařízení v požadovaném stavu. Díly na strojním zařízení nejsou vyměňovány operativně, ale na základě nestandardního chování, které by mohlo omezit chod zařízení. (Furch a Krobot, 2020)

Tento typ údržby je umožněn zejména díky vývoji v oblasti monitorování a detekce možných problémů umožněných díky speciálním přístrojům a příslušenství. Prediktivní údržba je založena na sledování příznaků poruch a závad. Cílem této metody je určit stav jednotlivých strojních komponent a určit, zda je údržba nutná a včas reagovat na vznikající problém. Pro určení stavu jednotlivých strojních prvků se používá analýza oleje, vibrací, teploty, ultrazvuku či termografie. Pro zařízení, která pracují v nepřetržitých provozech, snižuje provádění prediktivní údržby neplánované odstávky a prostoje. Tyto přístroje ovšem vyžadují značné počáteční náklady na technologie a školení personálu z hlediska sbírání jednotlivých dat. (Sahoo, 2020)

2.2.5 Proaktivní údržba

Cílem proaktivní údržby je neustále zlepšovat činnosti prováděné na strojních zařízeních a zastavit činnosti, které způsobují poruchy strojů. Tento typ údržby je založen na vzájemném učení pomocí předávání zkušeností mezi jednotlivými pracovníky. Jsou zde zahrnuty přímé informace od pracovníků údržby až po výsledky měření z preventivních kontrol. Hlavním cílem proaktivní údržby je zvýšit efektivitu zařízení a upravit práci údržby tak, aby se nedostatky na strojních zařízeních odstranily. (Sahoo, 2020)

Proaktivní údržba se dá chápat jako jedna z kombinací a vylepšení preventivní a prediktivní údržby. Cílem této metody je řešit příčiny poruch, předcházet poruchám způsobujícími nevyhovujícími podmínkami zařízení a přijímat preventivní opatření k zamezení jejich budoucího vzniku. (Furch a Krobot, 2020)

2.3 Total Productive Maintenance

V dnešní dynamickém globálním tržním prostředí je pro podniky nezbytné zlepšování výrobních systémů ve formě zefektivňování výrobních metod a technik, které pomohou k naplnění požadavků zákazníka a uspokojení poptávky. Dalšími prvky, na které se podniky zaměřují je zvýšení produktivity, kvality, disponibility, redukci výrobních nákladů a prostojových časů. Pro zachování konkurenceschopnosti podniku jsou zaváděny metody Lean (štíhlého) managementu, jehož zavedené prvky ve výrobě zkracují výrobní čas a podílejí se na zvyšování kvality výrobku, což vede k většímu uspokojení potřeb a zlepšení konkurenceschopnosti podniku. (Gurtu a Singh, 2021)

Jednou z metod Lean managementu je TPM neboli Total Productive Maintenance. Dle autora Gurtu (2021) je metoda TPM chápána jako celostní přístup k údržbě strojů a zařízení.

Celostní přístup je zajišťován pomocí kooperace a spolupráce jednotlivých oddělení napříč podnikem. Oddělení údržby a výroby spolupracují na snížení plýtvání a nákladů. Cílem jejich spolupráce je zlepšení kvality výrobku a zvýšení dostupného času na zařízení.

Naopak Ondra (2022) definuje metodu TPM jako management vybavení, který je nutný k optimálnímu a efektivnímu chodu strojů. Metoda TPM vede ke snížení prostojů, poruch na zařízení, redukování nákladů na údržbu a zvyšuje operativní a výrobní efektivitu.

Metodu TPM dle autorů Kalpande a Toke (2023) chápeme jako nástroj používaný ke zvýšení efektivity ve vztahu mezi lidmi a strojního zařízení podniku. Úkolem metody TPM je zvýšení dostupnosti zařízení pomocí stanovení údržbové strategie. Při zavedení metody TPM do podnikového prostředí můžeme sledovat snížení délky jednotlivých prostojů a snížení časů oprav těchto poruch. Základní rozdělení intervalů provádění údržby na strojních zařízeních jsou krátkodobé a dlouhodobé. Krátkodobé intervaly jsou určeny zejména pro autonomní údržbu, která probíhá na zařízení. Dlouhodobé intervaly jsou stanoveny zejména pro preventivní a prediktivní údržbu.

Autoři Drewniak a Drewniak (2022) chápou jako hlavní cíl TPM redukcí nákladů na servis strojů ve formě oprav přes efektivnější způsob vykonávání tohoto procesu při zapojení zaměstnanců napříč podnikovým spektrem. Metoda TPM klade důraz na vzdělávání zaměstnanců pro zlepšení kvalifikovanosti a informovanosti o technologiích se kterými se setkávají v pracovním prostředí.

Metoda TPM se dá také chápat jako nástroj pro dosažení výrobní excelence a zlepšení schopností jednotlivých zaměstnanců. TPM je kontinuální proces provádění údržby na jednotlivých zařízeních a automatizovaných linkách v režii operátorů a kvalifikovaných pracovníků. Hlavní body této metody jsou zaměřeny na zvýšení efektivity a dostupnosti zařízení pomocí preventivních zásahů v průběhu výrobního procesu. Nejdůležitějším prvkem metody TPM je stanovení intervalů autonomní údržby, která je vykonávána zaškolenými operátory na lince. Autonomní údržba obsahuje aktivity a postupy, které pomohou operátorům detekovat anomálie na lince a tyto anomálie včas odstranit. (Quiroz-flores a Vega-alvites, 2022)

Pro všechny zúčastněné zaměstnance, kterých se metoda TPM dotýká, je hlavním úkolem odstranění šesti velkých ztrát, které snižují efektivnost zařízení. Ve strojním prostředí se jedná zejména o snížení poruchových časů, přestaveb a nastavení stroje. Mezi další ztráty se řadí volnoběh stroje, snížení výrobní rychlosti stroje a výroba nekvalitních výrobků.

Všechny tyto ztráty vedou k snížení výnosů, což má negativní následek na podnik. (Pascal a Shook, 2016)

Pro vyhodnocování stavu jednotlivých zařízení a pro správné zavedení metody TPM je nutné stanovení klíčových ukazatelů výkonnosti. Jedná se o dostupnost, která charakterizuje dobu provozu výrobního zařízení a výkonnost charakterizující efektivitu stroje během výrobních cyklů. Posledním ukazatelem je OEE (Overall Equipment Effectiveness), neboli celková efektivita zařízení. Tento ukazatel vykazuje komplexní charakter, protože jsou v něm zahrnuty další tři ukazatele – dostupnost, výkonnost, kvalita, které společně tvoří tento celkový ukazatel výkonnosti výrobního zařízení. (Pascal a Shook, 2016)

2.4 Historie TPM

Tvůrcem systému Total Productive Maintenance je Seichi Nakajima, který v 50. letech 20. století studoval, analyzoval odlišnosti a rozvíjel systémy preventivní a produktivní údržby v USA a Evropě. Metoda TPM byla v počátcích založena na stanovení posloupnosti kroků, které vedou ke zvýšení efektivnosti výroby. Efektivnost výroby byla maximalizována zlepšováním jednotlivých metod a udržováním stavu výrobního zařízení. V dalším stupni vývoje metody TPM byl kladen důraz na autonomní údržbu, která je prováděna operátory u výrobního zařízení. Údržbářské činnosti jako čištění, mazání, dotahování či kontrola funkčního stavu strojních částí jsou přiděleny operátorům a složitější opravy jsou přiděleny pracovníkům údržby. Poslední vývojový stupeň TPM je zaměřen na vytvoření malých týmů, kde členové týmově spolupracují na odstranění poruchy a jsou za ni všichni stejně odpovědní. Hlavním cílem metody TPM je snaha o překonání rozdělení pracovníků, kteří stroj obsluhují a kteří na něm provádějí opravy. Pracovníci, kteří stroj obsluhují tráví delší časový fond u stroje, a tak mají možnost dříve vypořádat zdroje budoucích chyb či poruch. (Legát, 2016)

2.5 Pilíře TPM

Metoda TPM je postavena na pilířích, které zajišťují její funkci ve výrobním procesu. S odstupem času můžeme sledovat, že se počty pilířů, na kterých je metoda TPM postavena, mění. S přicházejícími novými trendy můžeme sledovat zasahování údržby do více podnikových částí. (Skoogh a Cetin, 2018)

Například dle autorů Skoogh a Cetin (2018) můžeme vidět osm pilířů, na kterých je metoda TPM postavena. Jedná se o tyto následující typy:

- 1) Autonomní údržba – tento typ údržby vyžaduje pravidelné čištění, mazání a kontrolu jednotlivých strojních částí. Činnosti jsou vykonávány jednotlivými operátory u strojního zařízení.
- 2) Cílené zlepšování – soustředí se na odstranění plýtvání a ztrát kvality prostřednictvím malých úprav způsobu provozu zařízení, což má za následek zvýšení celkové efektivity zařízení neboli OEE.
- 3) Preventivní údržba - zaměřuje se na plánovanou údržbu na základě míry poruchovosti, analytických předpovědí či pozorováním a prováděním jednotlivých údržbářských prací.
- 4) Quality management – usiluje o zamezení kvalitativních závad na výrobku pomocí lokalizace zdroje odchylek a jeho odstranění.
- 5) Trénink a vzdělávání zaměstnanců – je zaměřeno na předávání znalostí potřebných pro správné uplatňování TPM postupů, proto je nutné vytvořit vzdělávací programy a provádět školení.
- 6) Early equipment management – soustředí se na design nových strojních zařízení a na základě předešlých zkušeností zajišťuje plnění bezpečnostních cílů ve výrobě.
- 7) Bezpečnost, zdraví a životní prostředí – je zacíleno na vytvoření bezpečného a zdravého pracovního prostředí.
- 8) TPM v administrativě – zásadní pro zaručení služeb a komunikace mezi jednotlivými odděleními.

Jednotlivé pilíře metody TPM se mohou také přizpůsobovat podniku, dle jeho specifických potřeb. Například Kiran (2022) uvádí jako základní pilíře TPM tyto body:

- 1) Kontinuální zlepšování – je proces neustálého, postupného zlepšování.
- 2) Plánovaná údržba – zaměřuje se na zvýšení dostupnosti zařízení a snížení jeho poruchovosti.
- 3) Zahájení výroby nového produktu s co nejkratší dobou seřízení stroje.
- 4) Vzdělávání a školení samostatných pracovníků v potřebných dovednostech a metodách údržby.
- 5) Autonomní údržba – jedná se o rutinní údržbové činnosti na zařízení prováděné operátory.

- 6) Vztah údržby a kvality – znamená zachovávání principu nulových vad nebo Six sigma pomocí takového nastavení stroje, které neumožňuje vznik chyb.
- 7) 5S – japonská myšlenka uspořádání výroby, která se stala klíčovou pro udržení vysoké produkce.
- 8) Bezpečnost, hygiena, životní prostředí – hlavním cílem je vytvořit bezpečné a zdravé pracoviště, kde nedochází k nehodám. Za tímto účelem jsou identifikovaná nebezpečná místa, která jsou postupně zlepšována a odstraňována.

2.6 Využití a přínosy TPM

V každém průmyslovém prostředí je jedním z hlavních cílů managementu podniku omezit faktory, které vedou ke zpoždění výroby a snížení ziskovosti podniku. Společnosti, které zavedly postupy TQM a metodu TPM dosahují těchto pěti nulových (ang. – zero) bodů – nulová poruchovost, nulový výskyt vad, žádná zranění, nulové znečištění a nulové zásoby. Poslední bod – nulové zásoby, je zahrnován v podnicích, kde jsou spojeny vysoké náklady s držetím těchto zásob. Tyto body se týkají zejména výrobní části podniku. Jedním z přínosů, který metoda TPM nabízí je standardizace postupu předcházení známým a neznámým ztrátám. Vytvořením transparentní organizace, na jejímž chodu se podílejí jednotlivá oddělení a zaměstnanci vede ke kontinuálnímu zlepšování výkonnosti podniku. (Kiran, 2022)

Pro maximalizaci provozní efektivity zařízení klade TPM důraz na proaktivní a prediktivní údržbu. Tím, že se na údržbě zařízení podílejí také operátoři, stávají se součástí procesu údržby. Při zavedení metody TPM můžeme sledovat rozvoj sdílené odpovědnosti za zařízení, což vede k větší motivaci a aktivnější účasti zaměstnanců. Zavedením této metody můžeme sledovat zvýšení doby provozu zařízení, zkrácení doby odstranění jednotlivých poruch a zvýšení produktivity. (Howell, 2021)

2.7 Nové trendy v oblasti údržby

V důsledku čtvrté průmyslové revoluce můžeme vidět nástup moderních digitálních technologií a systémů, které spolu komunikují přes internetovou síť a umožňují rychlejší, snadnější a efektivnější rozhodování pro výrobu s kvalitními výrobky a nižšími náklady. Jedním z přínosů Industry 4.0 do oblasti údržby je využívání prediktivních technik a diagnostik, které umožňují předvídat poruchy a vylepšovat tak dosavadní údržbové postupy. Prediktivní údržba je založena na nedestruktivních testech jako měření teploty, analýze

vibrací, oleje a dalších částic, které pomohou včas indikovat poruchu. Používání umělé inteligence v údržbovém prostředí napomáhá v diagnostice provozního stavu strojních zařízení. Díky vývoji jednotlivých strojních systémů a výskytu senzorů na jednotlivých částech linky může údržba dříve zasáhnout a zamezit vzniku poruchy. (Reynoso, 2022).

Autor Reynoso (2022) uvádí tři oblasti prediktivní údržby:

1. Operativní úroveň – zde je důležité zapojení senzorů a dalšího vybavení do prostředí výrobního zařízení, které jsou schopny rozpoznat činnosti a přijímat příslušná opatření. Tyto senzory shromažďují výrobní data a jsou propojeny se servery, kde jednotlivá data přenášejí a ukládají.
2. Technická úroveň – charakteristikou této úrovně je implementování procesů pro sběr dat, provádění logických operací a ukládání historie dat chování jednotlivých strojních zařízení. Důležitým prvkem je propojení jednotlivých procesů pro sledování důležitých proměnných.
3. Technologická úroveň – tato část je zaměřena na analýzu dat, která jsou získávána ze strojních zařízení. Pomocí deskriptivních statistických metod a matematických modelů založených na historických a reálných datech jsou stanovovány trendy a vzorce chování strojních částí. Výsledky z jednotlivých analýz slouží jako podklad pro predikci budoucího stavu zařízení a usnadnění rozhodování o provádění údržby.

2.7.1 Digitální dvojče

Jedním z trendů, které podniky v dnešní době používají je Digital twin neboli digitální dvojče. Pojem digitální dvojče můžeme chápat jako počítačový model systému, procesu nebo služby, který podporuje další technologie jako analýzu výsledných dat či určení nákladů jednotlivým aktivitám. Tento model zahrnuje technologické postupy jednotlivých strojů a práci jednotlivých výrobních oddělení ve výrobním procesu. Hlavním cílem modelu je vytvoření simulace stavu jednotlivých subjektů ve výrobním procesu, vyhodnocování nasimulovaných dat a na jejich základě přijímat opatření. (Khan et al., 2020)

S nástupem Industry 4.0 můžeme vidět rozrůstající se pole působnosti digitálních technologií. Dle článku autorů Hassan, Svadling a Björzell (2023) můžeme vidět zapojení digitálních dvojčat v prediktivní údržbě v podnikovém prostředí. V současné době mnoho firem různého charakteru vlastní stroje starší výroby, které nejsou naprojektovány pro získávání detailních informací o jeho parametrech. S růstem důležitosti prvků Industry 4.0

v podnikové kultuře z hlediska sledování výkonnostních parametrů strojů se digitální dvojče stává vhodným nástrojem pro získávání podkladů pro výpočty jednotlivých parametrů.

Digitální dvojče je zde chápáno jako model určeného systému, který je vytvořen pomocí virtuální simulace založené na datech získaných ze strojního prostředí. Model je založen na třech pilířích – fyzické prostředí, virtuální prostředí a spojením mezi předešlými body. Fyzickým prostředím je myšlena kombinace strojního systému a jeho měřících zařízení. Virtuálním prostředím je myšlen model, který bude simulovat chování určeného systému na základě získaných dat z fyzického prostředí. Hlavním bodem je spojení mezi těmito dvěma subjekty, které je důležité pro správnou simulaci. (Hassan, Svadling a Björssel, 2023)

3 UKAZATELE VÝKONNOSTI

Pro vyhodnocování jednotlivých ukazatelů výkonnosti je nutná implementace prvků Business Intelligence do podnikového prostředí. Tato technologie nám umožňuje sběr surových dat z výrobních zařízení a transformuje je na smysluplné a praktické informace, které slouží jako podklad pro rozhodování. Klíčové ukazatele výkonnosti neboli KPI se řadí do metod pro měření efektivnosti v podnikovém prostředí. KPI ukazatele nám pomáhají měřit pokrok při dosahování dílčích výrobních cílů. K měření těchto ukazatelů se používá řada technických, technologických a administrativních přístupů, jejichž cílem je zobrazit produktivitu podniku. (Ahmed, Zaied a Hagag, 2022)

Ukazatele KPI slouží jako nástroj pro komunikaci o výkonnosti jednotlivých zařízení pomocí výpočtu měřitelných ukazatelů. Typy jednotlivých ukazatelů jsou definovány na základně konkrétních podmínek strojního zařízení nebo projektu. Pro možnost výpočtu ukazatelů je nutné, aby byla dostupná relevantní data, ze kterých budou tvořeny statistické analýzy, které budou porovnány s očekávaným výkonem. Pro ukazatele KPI je důležitá jejich periodicita vyhodnocování. Pro zachování aktuálnosti ukazatelů je nejvhodnějším intervalem denní. Pokud se jedná o ukazatele KPI dlouhodobějšího charakteru je vhodné použít maximálně týdenní interval. Při zavádění ukazatelů KPI je nutné stanovit očekávané hodnoty jednotlivých ukazatelů pro definování jejich cílových hodnot. Pokud jsou KPI ukazatele vyhodnocovány, je nutná také debata o jejich aktuálních hodnotách a popřípadě vymyšlení řešení, které by hodnoty jednotlivých ukazatelů vylepšilo. (Bible a Bivins, 2019)

Důležitým ukazatelem pro podnik z výrobního hlediska je ukazatel OEE neboli celková efektivnost zařízení. Tento ukazatel nám nabízí komplexní pohled pro hodnocení výroby. Ukazatel je založen na měření skutečné dostupnosti stroje, efektivitě jeho výkonu a kvalitě výrobků. Ukazatel OEE měří dostupnost jednotky v době jejího naplánovaného provozu. Díky jednotlivým částem tohoto ukazatele můžeme vidět vyjádření jednotlivých aspektů výrobního procesu. Naopak ukazatel TEEP nám vyjadřuje výkonnost stroje v celkovém časovém fondu – 365 dní v roce, 24 hodin denně. Hodnotí, jak podnik dokáže využívat svá aktiva v časovém intervalu jednoho kalendářního roku. Tyto ukazatele jsou významné pro všechny pracovníky, kteří se v podniku nacházejí, protože vyjadřují výrobní stav jednotlivých strojů v časových intervalech. (Gulati, 2021)

Pro výpočet celkové efektivity zařízení můžeme použít následující rovnice:

$$Dostupnost = \frac{(Požadovaná dostupnost - prostoje)}{Požadovaná dostupnost}$$

$$Výkonnost = \frac{Ideální cyklový čas(h) * výstupy stroje(h)}{Provozní doba zařízení}$$

$$Kvalita = \frac{Celkový počet výrobků - Počet vadných výrobků}{Celkový počet výrobků}$$

$$Celková efektivita zařízení = Dostupnost \times výkonnost \times kvalita [\%]$$

Rovnice 1 Výpočty dílčích částí ukazatele OEE (vlastní zpracování dle Gulati, 2021)

4 LOTO PROCEDURA

Koncept redukce rizika v pracovním prostředí je založen na dosažení minimální nebo tolerantní velikosti rizika. Pro redukci rizika jsou využívány prvky Lockout Tagout procedury, která pomáhá snížit velikost rizika na pracovišti a eliminovat riziko poranění pracovníka náhodným spuštěním zdroje energie. (LOCKOUT/TAGOUT, 2019)

Jakýkoliv zdroj energie, ať už se jedná o elektrickou, mechanickou, pneumatickou nebo tepelnou může pracovníka ohrozit při práci na výrobním zařízení. Provádění běžné údržby nebo servisu jednotlivých strojů nese řadu rizik ve smyslu nepředvídaného spuštění nebo uvolnění energie, která mohou způsobit zranění pracovníka. LOTO procedura je založena na postupu, který eliminuje náhodné spuštění stroje pomocí izolace jednotlivých druhů energií. (Kay a Schuster, 2020)

4.1 Postup LOTO procedury

Postup LOTO procedury se skládá ze dvou hlavních částí. První část – Lockout (uzamčení) znamená fyzické uzamčení zdroje energie, pro zamezení jeho náhlého spuštění. Osoba, která umístila zámek či další blokovací zařízení je odpovědná za opravu zařízení a jen ona může zámek s blokovacím zařízením odstranit. Další částí LOTO procedury je Tagout (označení). Jedná se o umístění informativní cedulky se základními informacemi o probíhající údržbě. Po umístění blokovacího zařízení a informační cedulky může pracovník bezpečně začít provádět pracovní úkony. (Bakkitha, 2018)

Při izolaci zdroje elektrické energie je nutné zajistit odpojení zařízení všech zdrojů energie pomocí hlavních vypínačů. Pokud nelze tyto zdroje uzamknout nebo zajistit aplikaci LOTO prvků, musí být tento zdroj fyzicky odpojen certifikovaným elektrikářem. Prvním krokem při odpojení zařízení od elektrické energie je jeho vypnutí pomocí hlavních vypínačů. Všechny vypínače, které musí být pro danou činnost v nulovém stavu jsou zabezpečeny pomocí LOTO zámků či přídatných blokantů, které zajistí zdroj proti spuštění. Následně proběhne uvolnění uložené energie v elektrických obvodech na nulovou hodnotu. Pro zajištění nulových hodnot v elektrických obvodech a možnost zahájit servisní práce je nutné měření napětí v jednotlivých elektrických obvodech. Po provedení pracovních operací je nutné izolaci zdrojů energií odstranit. Před odstraněním jednotlivých zámků je nutné se ubezpečit, že se v pracovním prostoru stroje nenacházejí žádné předměty a jednotlivé části stroje jsou funkční. Uvolní se izolované zdroje energií, odstraní se jednotlivé štítky a vedoucím pracovníkům je oznámeno ukončení oprav strojního zařízení. (Sutton, 2017)

4.2 LOTO prvky

Pro zabránění náhodného spuštění nebo uvolnění nahromaděné energie při údržbářských nebo servisních pracích jsou využívány prvky LOTO systému. Tyto prvky umožňují deaktivaci zdroje energie a zajištění bezpečného pracovního prostředí pro vykonávání pracovních činností. Prvky, které jsou při LOTO proceduře využívány, brání náhodnému a opětovnému spuštění zařízení bez vědomí obsluhujícího pracovníka. Mezi charakteristické prvky používané při LOTO proceduře patří visací zámky, informační visačka, blokanty pro deaktivaci pákových a dalších typů ventilů, které regulují konkrétní typ energie. (Delpla et al., 2022)

4.2.1 LOTO zámky

Speciální visací zámky se využívají v LOTO proceduře zejména k uzamčení strojního zařízení a zdrojů elektrické energie. Každý zaměstnanec vlastní svůj zámek s přiděleným klíčem pro izolaci zdrojů při prováděných pracích. Vedoucí zaměstnanci vlastní univerzální klíč pro jednotlivé zámky. Aby bylo možné identifikovat jednotlivé zaměstnance podílející se na strojních pracích je nutné, aby byly jednotlivé zámky od sebe barevně označeny. Dle autora Sutton (2017) můžeme vidět následující vizuální rozdělení zámků – žlutá pro operátory, červená pro elektrikáře, modrá náleží pracovníkům údržby, zelená patří seřizovačům a bílá barva patří vedoucím pracovníkům. V závislosti na počtu zaměstnanců a velikosti strojního parku společnosti mohou být LOTO zámky přidělovány jednotlivě nebo mohou být umístěny v boxech pro společné použití. Pokud jsou zámky sdíleny mezi jednotlivými zaměstnanci je nutné, aby byl veden protokol kdo, kdy a kde zámky LOTO používá. (Sutton, 2017)

4.2.2 LOTO štítky

Na LOTO blokanty nacházející se na kruhových, pákových ventilech nebo na LOTO zámky je nutné umístění informační cedulky, která uvádí kdo izoloval daný zdroj energie, kdy došlo k izolaci bodu, proč je tento bod izolován a kontaktní informace na obsluhujícího pracovníka. Při jednotlivých izolacích mohou být štítky doplněny o další doplňující informace jako pracovní číslo údržbové zakázky či délku trvání izolace. Pro LOTO štítky je nutné, aby měly možnost spojení s LOTO zámky a LOTO blokanty pomocí kovového očka a byly odolné vůči vodě, mechanickému poškození a dalším specifickým podmínkám, které se v daném výrobním prostředí nacházejí. (Dewi a Zebua, 2018)

LOTO procedura je implementována do výrobní kultury pro ochranu jednotlivých zaměstnanců, zejména pracovníků údržby, kteří se pohybují ve strojním prostředí, ve kterém je zvýšené riziko zranění kvůli náhlému uvolnění nahromaděné energie. Mechanismy LOTO procedury jsou určeny k zastavení toků jednotlivých druhů energií do výrobních strojů nebo zařízení před prováděním údržbářských, servisních prací pro zajištění bezpečného pracovního prostředí. Pro zabránění uvolnění nahromaděné energie mají pověřené a proškolené osoby pravomoc uzavřít a označit zdroj energie dle definovaných postupů. Při provádění izolací jednotlivých druhů energií, které jsou v poloze „vypnuto“, jsou aplikovány jednotlivé druhy blokantů a specifických visacích zámků, které zamezí spuštění stroje bez vědomí obsluhujícího pracovníka. Na jednotlivé blokovací zařízení jsou umístovány informační cedulky se základními informacemi o probíhajících pracích. Tyto cedulky slouží jako indikátor probíhajících prací ve strojním prostředí a že nesmí být spuštěn do doby, kdy odpovědný pracovník neodstraní svůj zámek. Předpokladem při zavádění systému LOTO je zabránění nehodám, zraněním nebo smrtelným úrazům, které se mohou stát při provádění servisních prací. (Dewi a Zebua, 2018)

Pro LOTO proceduru je jedním z důležitých bodů školení zaměstnanců, pro správné pochopení významu a jednotlivých postupů, které se aplikují při zabezpečení zdrojů energie. Při spolupráci výrobních oddělení na strojních pracích je nutné, aby každý zúčastněný zaměstnanec vlastnil svůj zámek s odlišnými vizualizačními prvky. Pokud je LOTO procedura implementována do podnikového prostředí a nejsou dodržovány stanovené postupy, jsou následná zranění zaměstnanců většinou fatálního charakteru. (Stanley, Yamin a Xi, 2017)

Častokrát údržbářské nebo servisní práce, založené na seřízení nebo diagnostice, vyžadují provoz některých druhů energie nebo strojních částí, aby mohly být vykonány. V těchto případech se stává LOTO metoda náročnou na pracovní sílu a čas, která může významně ovlivnit produktivitu pracovníků a strojního zařízení, na kterém jsou LOTO prvky aplikovány. (Kay a Schuster, 2020)

5 PROJEKTOVÉ ŘÍZENÍ

Práce na řízení a realizování projektu reprezentuje specifickou formu organizace řešení složitých úkolů. V prvotních fázích je nutné si určit organizaci a strukturu projektu pro definování odpovědností jednotlivých účastníků. Pro projektový styl řešení problémů jsou vhodné úlohy, které mají dlouhodobější charakter, jsou komplexního charakteru a vyžadují splnění širokého spektra úkolů. Z toho vyplývá že k projektům přistupujeme individuálně na základě jejich charakteristiky, která je základem pro jejich plánování a realizaci. Mezi charakteristiky každého projektu patří jeho komplexnost ve formě zapojení mnoha oblastí, které budou v daném projektu zahrnuty. Jedná se o oblast zaměstnanců, organizačních jednotek, technologií a podnikových systémů. Pro správnou implementaci projektu musí být zapojeny oddělení napříč podnikovým spektrem, aby mohly být zapojeny znalosti všech zaměstnanců. Vývojové prvky, které projekty přinášejí, vedou k výsledkům, které budou mít pozitivní dopad na zaměstnance, provozní dobu zařízení ale také v na oblast obchodních vztahů. (Mikkelsen a Riss, 2017)

V začátcích projektu je vhodné stanovit tyto body:

- Přínosy projektu – zde jsou stanoveny základní charakteristiky projektu z hlediska nákladové a výnosové analýzy, faktorů úspěchu, přínosů pro podnik v oblasti plnění strategického plánu a stanovení měřitelnosti výstupů.
- Rozsah projektového úkolu – definování úkolů a otázek, které mají být do projektu zahrnuty a identifikace kritických částí.
- Výstupy – vymezují se požadovaná řešení, produkty, na které jsou následně vytvářeny moduly a koncepční řešení, která popisují jeho vlastnosti a možnost vytvoření konkurenční výhody, ale také ekonomický a zdrojový rozsah projektu.
- Očekávané změny – obsahuje informace o předpovídané změně výkonnostních ukazatelů, výrobních cyklů a výsledné kvality výrobku.
- Časový rámec – jsou zde definovány základní datумы realizací a ukončení jednotlivých projektových částí, vizualizace odpovědností za jednotlivé části projektu a časový interval projevení jeho jednotlivých částí. (Mikkelsen a Riss, 2017)

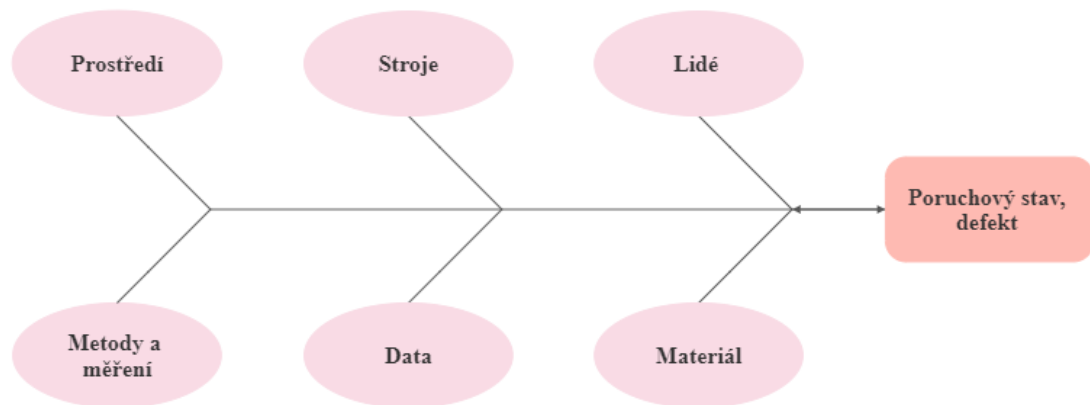
Pro zohlednění rizik, které projekty mohou ohrožovat je vhodné využití RIPRAN analýzy. Tato metoda představuje analýzu rizik postavenou na systémovém přístupu a je zaměřena na identifikování hrozeb, které mohou mít na trvání projektu negativní vliv. S hrozbami

uvedenými v RIPRAN analýze je nutno pracovat již před implementací projektu. Hlavní výhodou je možnost kvantifikovat jednotlivá rizika a sledovat jejich celkový dopad na projekt. Díky vypracování RIPRAN analýzy můžeme vymyslet alternativní scénáře, které mohou hrozbu minimalizovat, modifikovat definované scénáře, přenést či rozdělit riziko a snížit velikost škody. (Lacko, 2017)

5.1 Ishikawa diagram

Ishikawa diagram nám nabízí možnost graficky vizualizovat, identifikovat a analyzovat všechny faktory, které se vztahují k danému problému. Výsledný diagram umožňuje lepší pochopení vztahů mezi definovanými částmi diagramu a příčinami, které způsobují zkoumaný problém. Metody, které jsou využívány k tvorbě Ishikawa diagramu jsou založeny na určitých pravidlech. Základním bodem při tvorbě je jasné definování zkoumaného problému a určení kategorií příčin, které jsou větvemi diagramu. Při vizualizaci diagramu se zkoumaný problém umísťuje do pravé části a příčinné kategorie do levé části. Pro určení vedlejších příčin v jednotlivých větvích diagramu se uspořádá brainstorming, během kterého se příčiny v jednotlivých oblastech definují a zaznamenají do diagramu. (Luca, Pasare a Stancioiu, 2017)

Diagram je rozdělen do šesti hlavních částí, které charakterizují jednotlivé celky, které ovlivňuje definovaný problém. Jedná se o měření a metody získávání dat, materiál, zaměstnance, stroje, prostředí a metody související s daným procesem. Počet jednotlivých ramen, které jsou v diagramu používány záleží na specifické situaci. Hlavním přínosem Ishikawa diagramu je získání povědomí o vlivu externích faktorů na strojní zařízení. Podobu zpracovaného diagramu nalezneme na obrázku č. 2. (Ogrodnik, 2020)

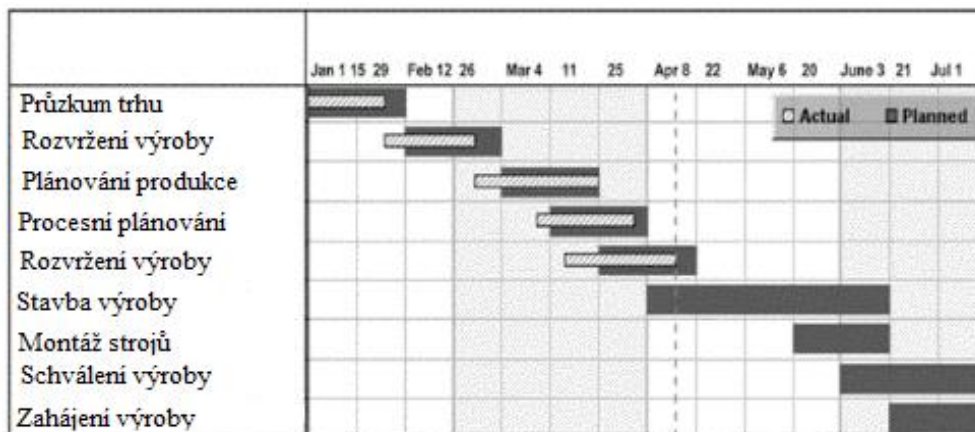


Obrázek 2 Ishikawa diagram (vlastní zpracování dle Ogrodnik, 2020)

5.2 Ganttův diagram

Ganttův diagram slouží k zobrazení jednotlivých činností, úkolů nebo událostí v závislosti na čase a datu zahájení a ukončení. Každý úkol v Ganttově diagramu je znázorněn sloupcem, jehož velikost značí trvání jednotlivého úkolu od začátku do konce. Díky Ganttovu diagramu můžeme snadno zjistit informace o vyčleněném čase na každou definovanou aktivitu, do jaké míry se jednotlivé činnosti překrývají s ostatními a datumy začátku a ukončení projektových částí a zejména dochází k vizualizaci časového harmonogramu projektu. Většina Ganttových diagramů se využívá v řízení projektů pro vizualizaci plánovaných činností. (Kiran, 2019)

Ganttův diagram je rozdělený do dvou hlavních částí. V pravé části nalezneme definované jednotlivé úkoly a pracovní střediska, které jsou za splnění tohoto úkolu zodpovědné. Mohou zde být doplněny další údaje jako datum a ukončení úkolu, potřebné prostředky či nákladová náročnost daného úkolu. Podobu Ganttova diagramu na výstavbu a zahájení výroby nalezneme na obrázku č. 3 pod textem. (Kiran, 2019)



Obrázek 3 Ganttův diagram (vlastní zpracování dle Kiran, 2019)

5.3 SMART metoda

Metoda SMART slouží k přesnější definici stanoveného projektového cíle. Jednotlivé písmena definují kategorie, které upřesňují charakteristiku cíle. Jedná se o:

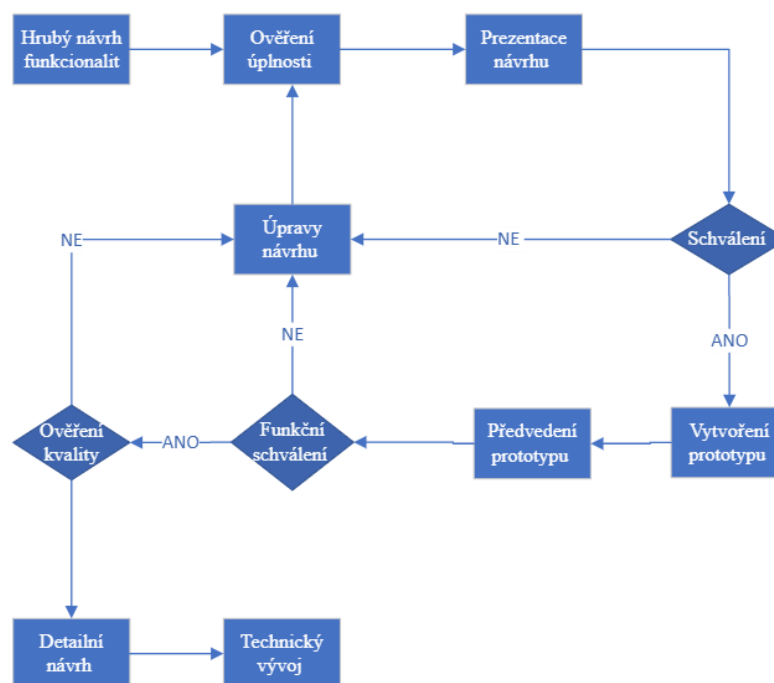
- **Specifi** – cíle mají být konkrétní a specifické.
- **Measurable** – projektové cíle musí mít vyjádření v měřitelných parametrech, pomocí kterých lze určit stav plnění daných cílů.
- **Assignable** – cíle mají být přidělitelné určitým zaměstnancům, kteří mají odpovědnost a autoritu k výkonu rozhodnutí.
- **Realistic** – cíle mají být dosažitelné za pomoci vynaložení optimálního množství zdrojů a přizpůsobeny pro danou situaci.
- **Time – bound** – jednotlivé cíle musí mít časové ohraničení. (Svozilová, 2016)

5.4 Projektové diagramy

V projektovém prostředí nalezneme mnoho nástrojů, které umožňují zefektivnit jeho průběh. Pro vizualizování příčin, které mohou způsobovat výskyt daného problému jsou v projektech využívány různé metody. Mezi nejpoužívanější diagramy patří vývojové digramy, histogramy, Pareto diagramy či diagramy procesních toků. Tyto nástroje nám umožňují graficky znázornit související jevy a příčiny, strukturovat přístup k řešení problému a získat přehled o jednotlivých částech, které se na problému podílejí. (Svozilová, 2016)

5.4.1 Vývojový diagram

Vývojové diagramy slouží jako grafická vizualizace obecného procesu. Hlavní funkcí vývojových diagramů je definování aktivit, které vedou k určenému cíli. Pokud nebude nějaká aktivita schválena, můžeme díky jejich propojení určit následující kroky. Hlavní výhodou použití vývojových diagramů je možnost analyzovat jednotlivé aktivity a určit problémovou. V praxi mají vývojové diagramy širokou škálu využití – dají se využít k analýze procesů, procesních toků, analýze průběhu komunikace a vytváření dokumentace, umožňují analyzovat rozhodovací body a systém zpětných vazeb a znázorňují časové nesrovnalosti a kapacitní problémy. Podobu vývojového diagramu při vývoji software nalezneme na obrázku č. 4. (Svozilová, 2016)

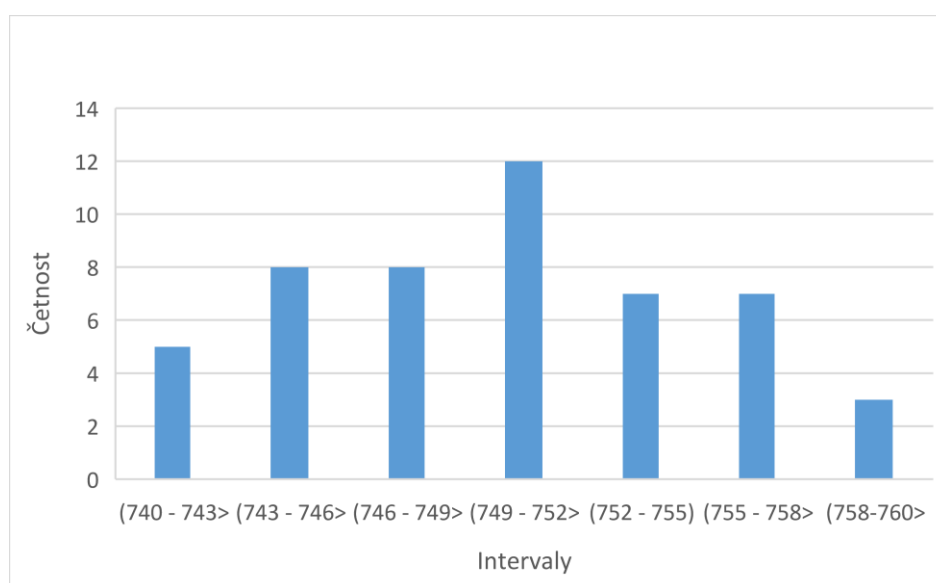


5.4.2 Histogram

Histogram je forma sloupcového grafu, která charakterizuje data vyskytující se v určitém rozmezí s minimální a maximální hodnotou. Jejich využití spočívá zejména v sumarizaci dat a zobrazení rozložení četností. Histogramy zobrazují rozdělení četností jednotlivých datových bodů, které se v datovém souboru nacházejí. Data jsou následně rozdělena do skupin dle stanovených intervalů a v těchto skupinách je zobrazena četnost jednotlivých datových bodů. Prvním krokem při vytvoření histogramu je výběr vhodných zkoumaných dat. V praxi se nejčastěji setkáme s rychlostí, hmotností, časem nebo rozměry. V návaznosti na vybranou kategorii dat je nutné shromáždit dostatečný počet datových jednotek pro

provedení histogramu. Z datového vzorku jsou určeny minimální a maximální hodnoty, ze kterých jsou následně stanoveny intervaly jednotlivých datových skupin. Velikost intervalové skupiny se vypočítá jako druhá odmocnina z celkového počtu datových bodů. Po vytvoření histogramu dochází k interpretaci dat. Při uspořádání histogramu dle velikostí jednotlivých skupin můžeme také aplikovat Paretovo pravidlo. Sloupce zobrazené v levé části histogramu zobrazují největší četnosti výskytů představují nejvhodnější pole pro provedení zlepšení. (Rose, 2022)

Podobu histogramu zpracovaného pro měření velikosti hladiny inkoustů dle vlastního zpracování nalezneme na obrázku č. 5.



Obrázek 5 Histogram měření hladiny lahví (vlastní zpracování)

II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 PŘEDSTAVENÍ VYBRANÉHO PODNIKU

V této kapitole bude představen podnik, ve kterém bude prováděna diplomová práce. Budou zde uvedeny jeho základní údaje jako historie, počet zaměstnanců a druh výroby, na který se podnik specializuje.

6.1 Základní charakteristika podniku

Podnik greiner – assistec, s.r.o. sídlí ve Slušovicích u Zlína a má charakter středního podniku. Zápis do obchodního rejstříku byl proveden 15. září 2009 a zaměstnává do 500 zaměstnanců, tudíž má charakter středního podniku. Je dceřinou společností firmy greiner – packaging, která provozuje dalších pět závodů podobné charakteristiky, jako ve Slušovicích. Hlavním zaměřením podniku je výroba plastových výrobků. Mezi primární technologie, které podnik využívá při výrobě, patří vstřikování a tvarování termoplastů. Díky uvedeným technologiím, dokáže podnik efektivně a ekonomicky splnit požadavky širokého spektra zákazníků a výrobních specifikací.

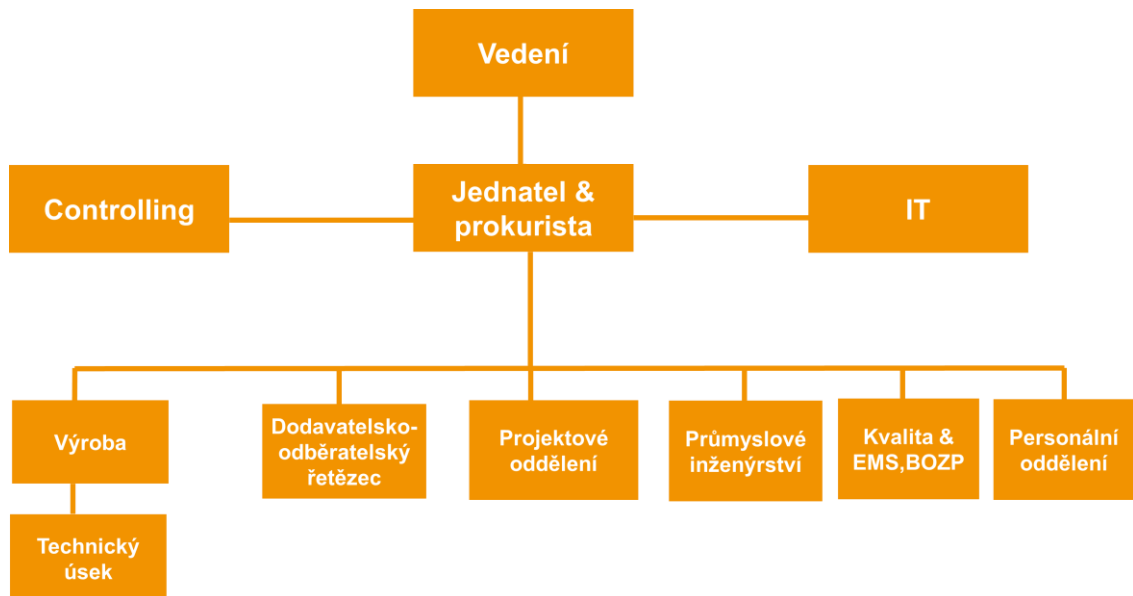
Za léta působení na trhu získal podnik značné množství certifikátů:

- ISO 9 001 – certifikát managementu kvality
- ISO 14 001 – certifikát řízení ochrany životního prostředí
- ISO 28 000 – certifikát řízení dodavatelských řetězců

Mezi další certifikáty patří ISO 19600 – certifikát shody s předpisy, regulacemi legislativy, certifikát Zelená firma a další certifikáty, které umožňují uskutečnění dodavatelsko – obchodních závazků.

6.2 Organizační struktura

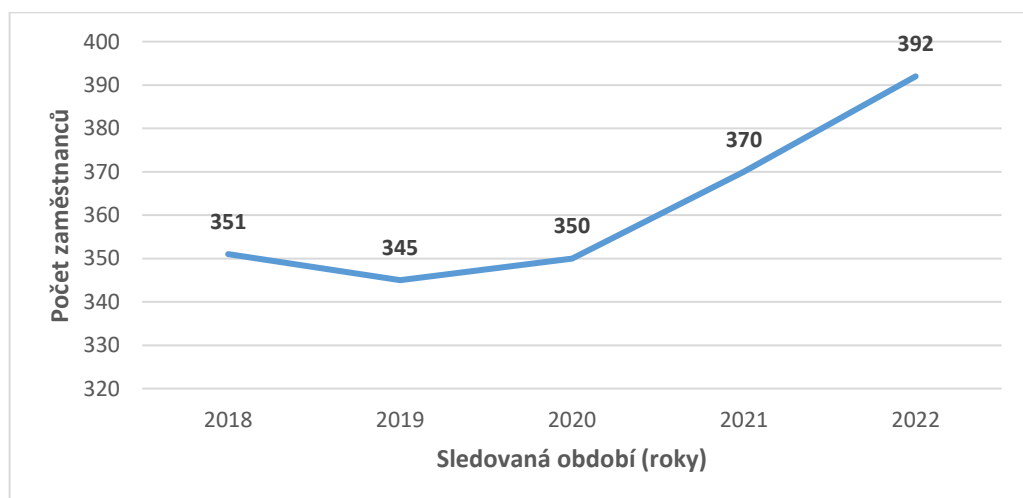
V podniku můžeme vidět typické hierarchické organizační uspořádání. Vedení společnosti se zodpovídají jednatel a prokurista, kteří řídí celý výrobní závod ve Slušovicích. Na společné hierarchické úrovni se nacházejí také Controlling a IT. Pod jednatele a prokuristu spadají vedoucí jednotlivých výrobních oddělení. Podobu hierarchického uspořádání společnosti nalezneme na obrázku č. 6.



Obrázek 6 Hierarchie vrcholného vedení společnosti (interní zdroje společnosti)

V oblasti personální můžeme vidět, že se jedná o podnik středního charakteru. Podnik má zaměstnance rozdělené do různých skupin dle specifických znaků – maminky na mateřské dovolené, aktivně pracující důchodci, agenturní zaměstnanci či aktivní zaměstnanci, kteří tvoří jádro podniku.

Za období let 2018–2022 můžeme vidět průměrný stav 362 aktivních kmenových zaměstnanců. Tito pracovníci zde pracují na hlavní pracovní poměr a aktivně se zapojují do podnikových procesů. Při zvýšeném objemu výroby podnik využívá zaměstnanců v dalších skupinách pro naplnění požadované pracovní kapacity. Graf vývoje počtu zaměstnanců nalezneme na obrázku č. 7.



Obrázek 7 Graf počtu zaměstnanců za sledovaná období (vlastní zpracování)

6.3 Historie

Počátky výrobního závodu sahají do doby komunistického režimu, kdy se závod soustředil na výrobu plastových obalů pomocí technologie vyfukování. Po revoluci byl tento závod odkoupen rakouskou společností Greiner a spadl pod výrobní skupinu Greiner packaging Slušovice.

V této době vlastnil podnik stroje na vyfukování plastů. Prvním technickým projektem většího charakteru byla výroba vyfukované nádoby na toner. S tímto zákazníkem firma spolupracuje do dnešní doby a vyrábí pro něj širokou škálu produktů. Dalším významným produktem byla vstřikolisem vyráběná lisovaná nádobka pro firmu Carrera.

Dalším zlomovým bodem pro firmu byl rok 2010, kdy se osamostatnila od firmy Greiner Packaging a stala se samostatnou jednotkou.

6.4 Produktové portfolio

Podnik greiner – assistec využívá při výrobě svých výrobků širokou škálu technologií. Mezi nejpoužívanější technologie patří vstřikování pomocí vstřikolisů Engel, které mají rozmezí uzavíracích sil od 25 tun až po 1 350 tun, takže dokážou vyrobit výrobky různých rozměrů a tvarů. Vstřikolis mají také možnost vícekomponentního vstřikování pro ekonomičtější a efektivnější řešení. Podnik také nabízí možnost vertikálního i horizontálního vstřikování pro širokou škálu tvarů.

Další podstatnou část podniku tvoří montáže. Vyrobené plastové výrobky ze vstřikolisů se kompletují na automatických linkách, kde dochází k tvorbě finálního výrobku. Tyto linky jsou vybaveny dopravníkovými pásy, robotickými pracovišti a speciálními středisky jako laserové řezání, kontrolou kvality jednotlivých výrobních kroků či montážními pracovišti jednotlivých komponent, kde jsou vykonávány specifické operace. Na montážích se kompletuje široké spektrum výrobků.

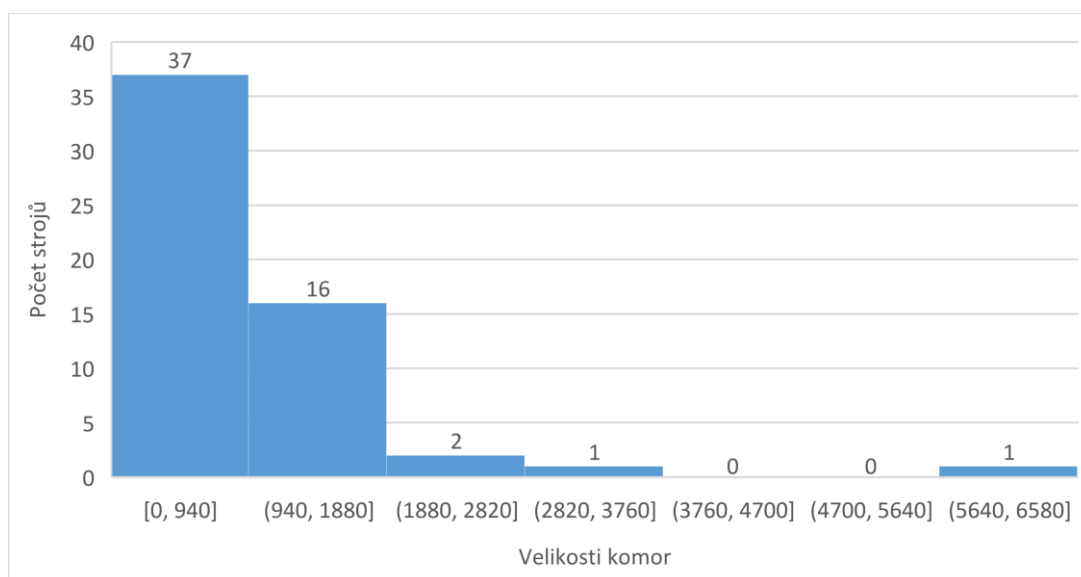
Podnik dbá na možnost efektivního využití celého životního cyklu výrobků, a proto je ve výrobě zavedeno také oddělení renovací. Zde je hlavní úkol vyčištění vybraných výrobků a jejich zpětné navrácení do užívání.

7 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU

Tato kapitola se zaměřuje na analýzu současného stavu linky XY z pohledu provádění údržby. Na začátku je uveden organizační celek údržby a představení strojního parku společnosti, poté následuje detailní charakteristika jednotlivých částí linky a popis procesu opravení chyby na stroji pomocí vývojového diagramu. V návaznosti na poruchy je uvedena analýza četností dílčích poruch za určené období. Jako poslední část této kapitoly bude vyhodnocení auditu týkajícího se výskytu prvků metody TPM na vybrané lince a stanovení cílů pro projektovou část.

7.1 Popis oddělení údržby a strojového parku společnosti

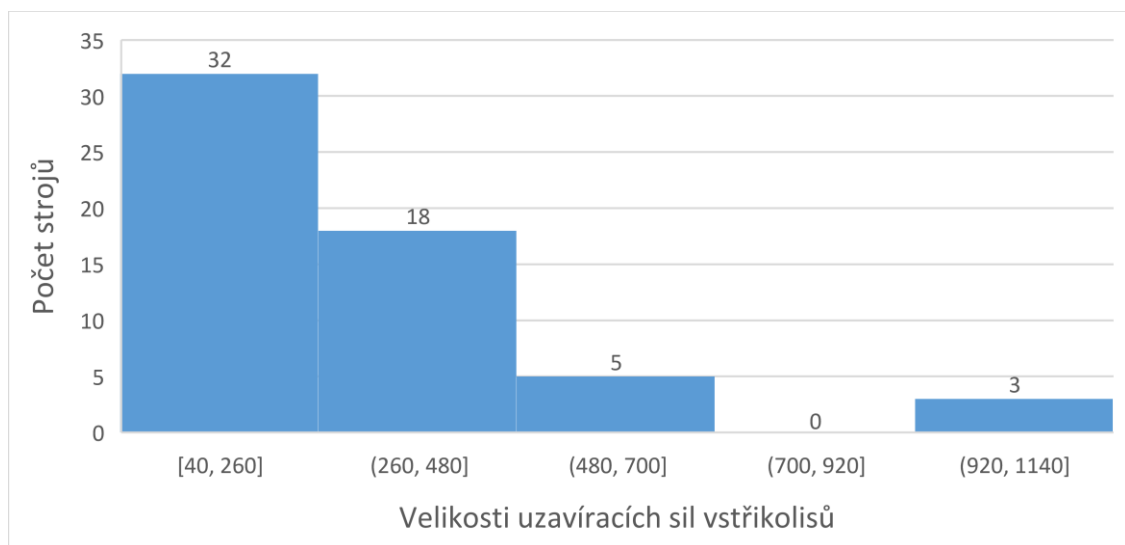
V podniku se vyskytují celkem čtyři výrobní haly – Hala 1, Hala 2, Hala 4 a Montáže a renovace. Hala 1 a Hala 2 se nacházejí ve společné budově. Na těchto halách nalezneme celkem 47 vstřikolisů o různých velikostech uzavíracích sil a rozměrech šneku. Na tyto vstřikolisy navazují dopravníkové pásy, které výrobek dopraví k operátorovi ke kontrole a uskladnění, nebo po dopravníkovém pásu pokračuje na automatizovanou linku k dalšímu zpracování. Hlavním prvkem ve vnitřní části vstřikolisu je šnek, který přivádí materiál do plastifikační jednotky. Podnik disponuje vstřikolisy s různými velikostmi uzavíracích komor, jak můžeme vidět na obrázku č. 8. Dalším důležitým parametrem vstřikolisů je uzavírací síla. Rozdělení strojů dle velikostí uzavíracích sil nalezneme na obrázku č. 9.



Obrázek 8 Počty vstřikolisů dle velikostí komor [cm³] (vlastní zpracování)

Na Hale 4 se již nevyskytují zejména vstřikolisy, ale ve větším zastoupení jsou zde automatizované linky. Proto jsou na této hale zapotřebí mechatronici, kteří automatizaci

rozumí a umí vyřešit poruchy s ní spojené. Na hale se nacházejí celkem čtyři velké automatizované linky s jejichž výrobou jsou spojené vedlejší vstřikolisy, které produkují komponenty pro finální výrobek na daných linkách. Na těchto linkách najdeme široké spektrum montážních operací, které vykonávají šestiosí roboti, Scara roboti nebo pístové či otočné mechanismy. Pro manipulaci jsou využity ramena na lineárních pojezdech či dopravníkové pásy s paletkami pro umístění výrobku a následnou přepravu po výrobních operacích linky. V zadní části této haly se nachází místo pro pracoviště ručních montáží. Podobu vstřikolisu používaného ve výrobě nalezneme na obrázku č. 10.



Obrázek 9 Počty vstřikolisů dle velikosti uzavíracích sil (vlastní zpracování)

Na poslední hale, Montáže a renovace, mají zastoupení zejména ruční operace, ale nalezneme i robotické linky, kde probíhá montáž jednotlivých komponent výrobků. Nachází se zde i specializované pracoviště, kde probíhá montáž elektrotechnických komponent na výrobky. V pravé části nalezneme oddělení renovací. Hlavní náplní práce tohoto střediska je renovace tonerových kazet ve formě jejich vyčištění, zkontrolování jejich stavu a další operace, které umožní znovupoužití výrobku.

Ke každé z výše uvedených hal náleží technická místnost. Zde se nacházejí elektrické rozvaděče pro výrobu, čerpadla pro chlazení hydrauliky a forem, chlazení oleje, akumulární nádoby či kompresory stlačeného vzduchu.



Obrázek 10 Vstřikolis používaný ve výrobě (interní zdroje společnosti)

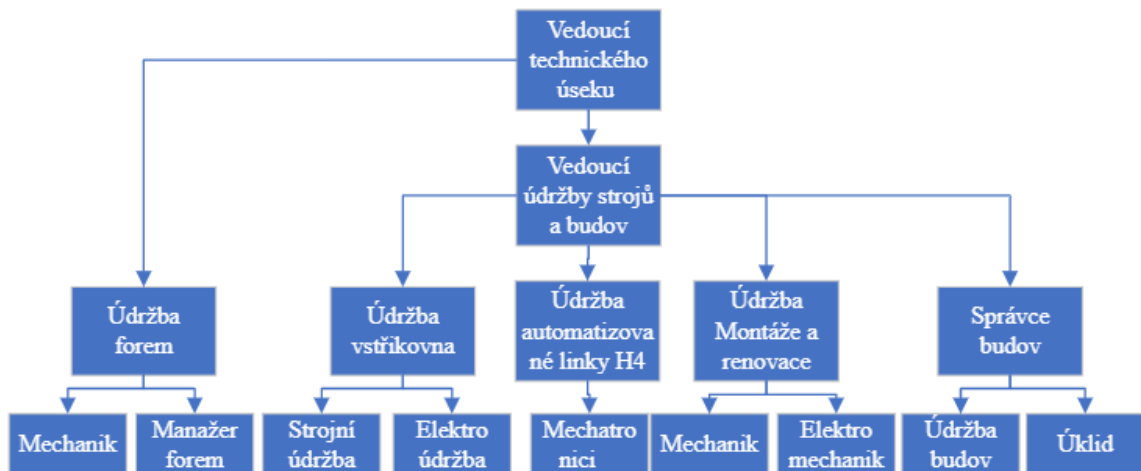
Na všech strojích, které se v podniku vyskytují je zavedeno měření výkonnostních ukazatelů – OEE a TEEP. Vzhledem k tomu, že podniková výroba má charakter nepřetržitého provozu, je pro ni sledování těchto ukazatelů důležité. Hlavním prvkem, který umožňuje komunikaci operátorů s informačním systémem podniku – MES, je tablet, který se nachází u pracoviště operátorů. Zde se zadávají informace o výrobním procesu ve formě typu zakázky, délky trvání zakázky či typy jednotlivých poruch. Všechna data o strojích jsou shromažďována a společně s daty ze systému MES vizualizována v aplikaci PowerBI.

7.1.1 Oddělení údržby

Vzhledem k povaze činností prováděných na oddělení údržby je zařazena pod technický úsek společnosti. Za chod oddělení odpovídá vedoucí technického úseku, pod jehož zodpovědnost spadá jedno z oddělení – údržba forem. Zde mají pracovníci hlavní náplň práce starost o stav forem, které budou použity v jednotlivých vstřikolisových jednotkách.

Dalším vedoucím pracovníkem je vedoucí údržby strojů a budov. Jeho hlavním úkolem je zařídit chod dalších oddělení, které spadají pod jeho pravomoci. Tyto oddělení jsou rozděleny dle jednotlivých výrobních hal. Na Hale č. 1 a č. 2, neboli vstřikovně, nalezneme zejména strojní údržbu, jako mechaniky, seřizovače a elektrotechniky, z důvodu vysokého zastoupení vstřikolisových jednotek ve výrobě. Na dalších halách, hala č. 4 a montáže, nalezneme vedle seřizovačů také mechatroniky, kteří se starají o chod automatizovaných linek, kde se vyskytují robotická pracoviště či další mechanické montáže. Posledním úsekem, který spadá pod oddělení údržby je správa budov. Funkcí tohoto oddělení je zabezpečení chodu neprovozních částí budov a dalšího majetku společnosti ve formě

zajištění oprav či úklidu jednotlivých prostor. Strukturu skupin pracovníků oddělení údržby nalezneme na obrázku č. 11.



Obrázek 11 Hierarchie technického úseku společnosti (interní zdroje společnosti)

7.1.2 Druhy údržeb realizovaných ve firmě

Na oddělení údržby strojů a budov se realizuje široká škála pracovních činností, které jsou prováděny jednotlivými pracovníky. Pokud se budeme bavit o údržbě související s výrobním procesem, lze ji rozdělit do třech kategorií:

- **Reakční údržba strojů a zařízení**

Tato údržba je typická zejména pro seřizovače a pracovníky kvalifikované na opravy stroje. Jedná se o odstranění poruchy v co nejkratším čase a uvedení stroje znovu do provozu. Pokud je doba opravy kratší než pět minut, do systému se zapíše nedefinovaný prostoj. Při překročení stanovené doby je nutné prostoj definovat v systému pro opětovné spuštění linky. Za tento typ údržby jsou odpovědní zejména zaměstnanci strojní údržby, mechanici a mechatronici.

- **Preventivní údržba strojů a zařízení**

Preventivní údržba v rámci podniku je zaměřena zejména na vstříkolisy a robotická pracoviště. Jsou zde stanoveny intervaly dvoutříměsíční (šestkrát za rok), půlroční (dvakrát za rok) a roční údržby (jedenkrát za rok) na kontrolu jednotlivých výrobních zařízení. Při provádění preventivní údržby na strojích a robotických pracovištích jsou kontrolovány jednotlivé body z checklistu a osoba odpovědná za kontrolu napíše datum a příjmení do záznamového archu. Tento typ údržby mohou vykonávat pouze proškolení pracovníci, kteří jsou seznámeni se strojním prostředím – mechanici, mechatronici a pracovníci strojní údržby.

V ročním intervalu také probíhá generální kontrola vstřikolisů a sušících zařízení od externí firmy. U této roční kontroly se u vstřikolisů jedná zejména o měření parametrů hlavních strojních částí. Tato firma je výrobcem vstřikolisů a nabízí služby k lepšímu využívání jejich prostředí. Prvním doplňkem, který podnik využívá je služba EverQ. Tato služba umožňuje vyhodnocovat data ze vstřikolisů na strojním tabletu, popřípadě je exportovat do počítače. Další služby, které podnik využívá je E – service 24, který umožňuje pracovníku externí firmy vzdálené připojení ke vstřikolisu a možnost ovládat jeho rozhraní a službu E – connect, která shromažďuje informace o servisu, počtu vyměněných dílů či manuály ke strojům. Pokud si odpovědný pracovník neumí poradit s opravou poruchy má možnost kontaktovat telefonickou podporu, která mu pomůže při řešení daného úkolu souvisejícího se vstřikolisem.

- **Prediktivní údržba strojů a zařízení**

V dnešní době si také podnik uvědomuje, že zastoupení prediktivní údržby má své opodstatnění a úlohu. Jako první krok k provádění prediktivní údržby podnik zakoupil zařízení na měření elektrické energie Fluke a ultrazvukové zařízení Sonaphone Pocket, které měří úniky stlačeného vzduchu pomocí ultrazvukových signálů a začíná s jejich implementací do výrobního provozu.

Podnik využívá prvky prediktivní údržby u robotických pracovišť, která se vyskytují na linkách. Pro zajištění servisu je outsourcována firma výrobce robotů z důvodu vysokých znalostních nároků na obsluhu. Ta také provádí SIS analýzu na těchto zařízeních. Jedná se o nástroj pro diagnostiku a predikci životnosti robotických os s převodovkami. Výsledkem této analýzy je predikce životnosti převodovky v motohodinách a definice parametrů, které mají na životnost převodovky vliv.

Ukázku SIS analýzy můžeme vidět na obrázku č. 12. Při SIS analýze jsou sbírána data a následně pomocí připojení software analyzována a vizualizována. Na kloubech robota se sledují tyto veličiny: počet otočení jednotlivých kloubů, průměrná rychlost, průměrný točivý moment, stupně využívání robota v závislosti na rychlosti a točivém momentu. Z těchto parametrů je vyhodnoceno skóre využití jednotlivých robotických kloubů. Pro přesnější vyjádření jednotlivých hodnot slouží barevná škála s popisky: low (nízká, tmavě zelená), medium (střední, světle zelená), high (vysoká, oranžová), very high (velmi vysoká, červená), extreme (extrémní, tmavě červená). Tyto výsledky nalezneme ve spodní části uvedeného obrázku.

Production line name: SIS Data	SIS file name:		SisAnalyzer version:			
Customer Robot S/N:	Version Robotware:		SIS extraction date: 2022-11-03			
Robot type:	Production time (h): 5190		SIS data reset: Yes			
	Robot duty factor (%):		Balancing cylinder mileage (m): 0.0			
SIS Data Name	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4	Axis 5	Axis 6
A> Calculated joint duty factor (%)	27,1	36,3	34,8	1,8	35,4	25,5
A> Calculated joint turns (million)	1,038	1,069	1,106	0,016	0,707	0,281
A> Calculated L10h ratio (%)	---	---	---	---	---	---
R> Calculated scaled average speed	1,5	1,5	1,5	0,0	1,0	0,2
R> Calculated scaled average torque	0,78	1,07	1,01	1,23	0,61	1,00
R> Calculated scaled joint duty factor	1,1	1,1	1,1	0,1	1,2	1,0
H> Production time with speed > 80% (%)	0,1	1,0	0,0	0,0	0,0	0,0
H> Production time with max speed (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0
H> Production time with torque > 60% (%)	0,2	5,8	2,0	0,0	0,0	0,0
H> Production time with torque peaks (%)	0,0	0,3	0,2	0,0	0,0	0,0
H> Ratio torque used > 60% max	0,2	4,6	1,6	0,0	0,0	0,0
Calculated joint usage score	Medium	Medium	Medium	Medium	Medium	Low
Estimated gearbox lifetime range (h)	---	---	---	---	---	---

Obrázek 12 Ukázka výsledků SIS analýzy (interní zdroje společnosti)

Dalším prvkem, který využívá podnik v rámci prediktivní údržby je tribodiagnostika. Jedná se chemickou analýzu jednotlivých prvků obsažených v mazivech stroje. Výsledkem této analýzy je oznámení o výskytu cizích látek v mazivu, které upozorňují na začínající poruchu či pomohou lépe určit místo závady.

7.2 Popis jednotlivých částí vybrané linky pro analýzu údržby

Ve vybraném podniku se nachází celkem 84 výrobních zařízení. S postupnou implementací moderních technologií jako robotizace a automatizace do výrobního prostředí strojních zařízení se mění charakter prováděných údržbářských činností. Pro výběr vhodné linky k provedení analýzy stavu údržby byly stanoveny tři kritéria, podle kterých byl prováděn výběr vhodného strojního zařízení:

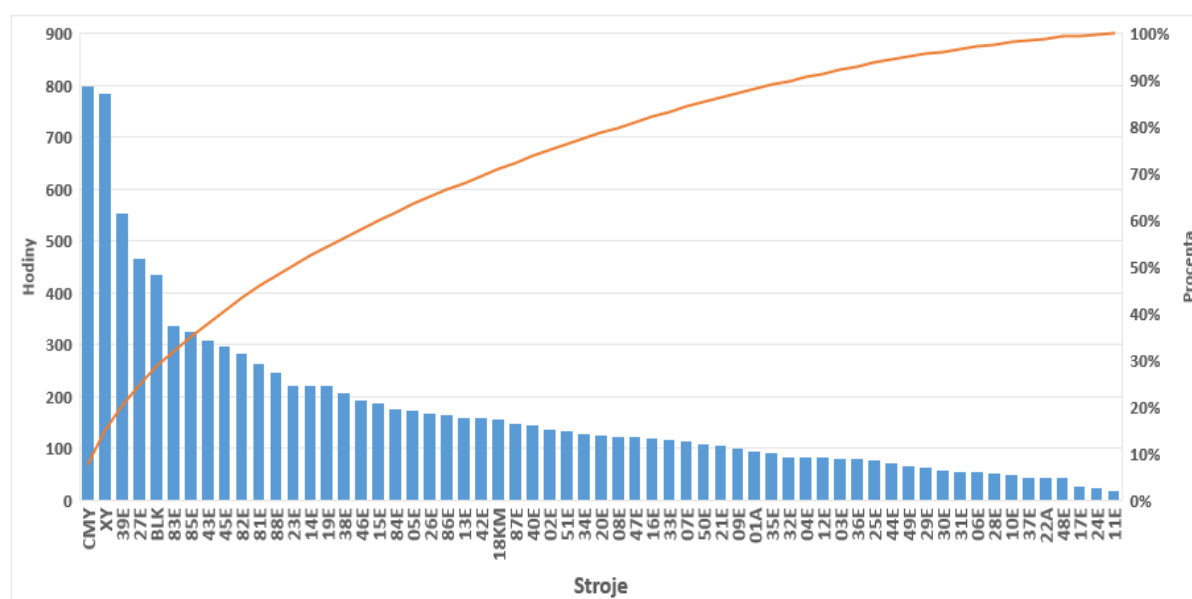
- Dostupnost ve výrobě
- Počet poruchových hodin za sledované období (rok 2022)
- Počet duplicitních montážních strojů s ostatními linkami v podniku

Dle počtu poruchových hodin jednotlivých strojů nám z grafu (obrázek č. 13) vychází linka CMY, linka XY a stroj 39E jako nejvhodnější objekty k implementaci. Linkou s nejvíce poruchovými hodinami je linka CMY. Tato linka je automatizovaná, má celkem sedm

výrobních stanovišť a dva napojené vstříkolisy pro výrobu komponent do linky. Další linkou je linka XY. Tato linka má celkem šest stanovišť pro operátory a jsou na ni také napojeny dva vstříkolisy. Další výrobním objektem v pořadí je stroj 39E. Jedná se o vstříkolis a navazující automatizovanou linku na které probíhá kompletace finálního výrobku velice křehkého charakteru a složitým procesem kompletace.

Co se týká duplicitních pracovišť s ostatními stroji, na lince XY nalezneme vibrační bubny, zařízení na lepení těsnění a další podobné prvky, které nalezneme na linkách CMY a BLK. Funkčnost těchto pracovišť je pro tuto linku klíčová, z důvodu stanovení jejího výrobního plánu ve dvaceti čtyřhodinových intervalech.

Pro analýzu údržby byla vybrána montážní linka XY. Důvodem pro výběr této linky je zastoupení různorodých montážních strojů, které se vyskytují i na ostatních linkách, dostupnost ve výrobě a vysoký počet poruchových hodin za sledované období (viz. graf níže).



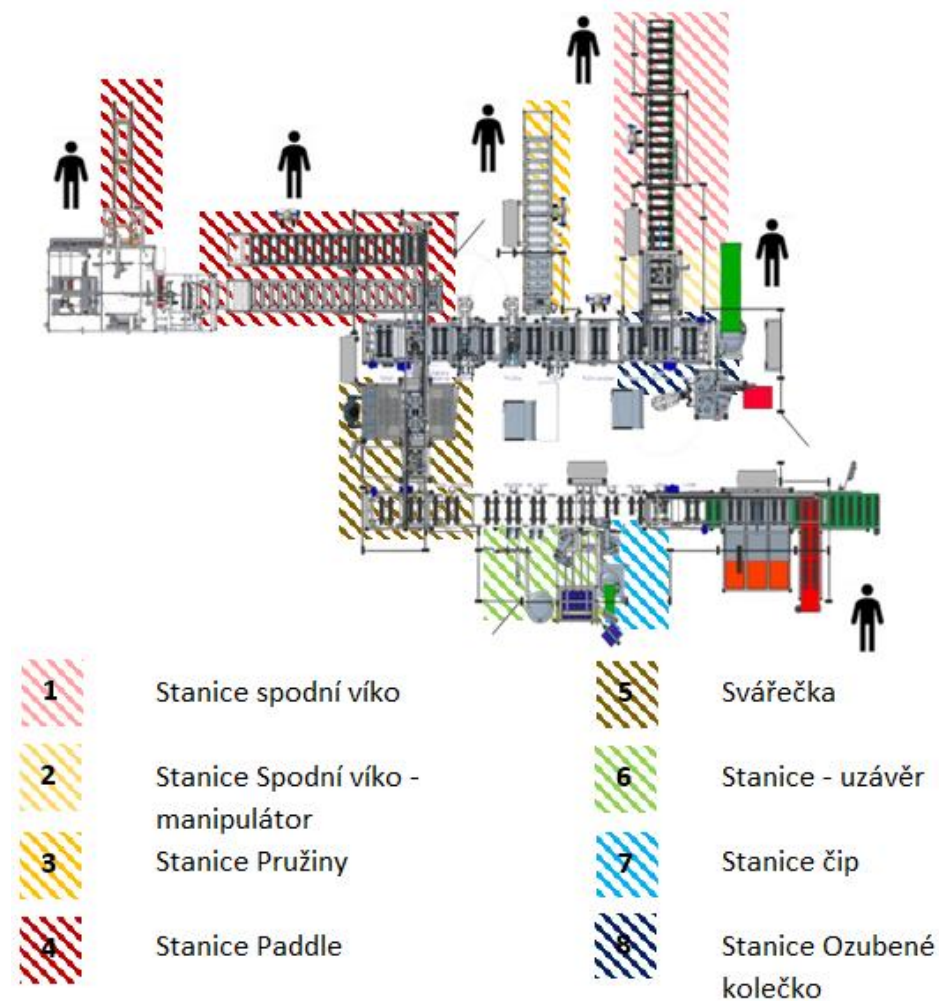
Obrázek 13 Graf celkových prostojů za sledované období (vlastní zpracování)

Pracoviště montážní linky se skládá ze tří na sebe navazujících celků – dvě montážní linky a jedna svařovací stanice. Linka XY byla uvedena do provozu v květnu roku 2022 a její výrobní místo se nachází na hale č. 4. Výrobním intervalem je osm kusů výrobku za minutu. Jejím hlavním cílem je montáž, kompletace a kontrola kvality finálního výrobku – toneru do tiskárny. Tento výrobek se skládá z deseti částí – horní a spodní části toneru, pružiny, dvou kusů ozubených koleček, dvou kusů O – těsnění k ozubeným kolečkům, pružiny, čipu, krytu pro čip, filmu, kostry pro založení filmu, uzávěru a těsnění pod uzávěr.

Při práci na lince se musí používat ochranné rukavice a síťka na vlasy z hygienických a bezpečnostních důvodů. Samotná linka má také několik bezpečnostních prvků, které zabraňují vzniku nehody – pracovní prostor linky je ohraničen klecí; dveře vedoucí do vnitřní části linky mají dvoufázovou kontrolu otevření a zavření dveří a celá linka je propojena STOP tlačítky.

Linka je orientována do tvaru U a má celkem 5 stanovišť pro operátory. Tyto stanoviště se nacházejí u dopravníkových pásů s komponenty pro finální výrobek. Dopravníkový pás s paletkami se vyskytuje na montážních linkách č. 1 a č. 2. Na jejich začátku a konci je umístěn lineární výtah pro přesun paletek po dopravníkovém pásu z horní do spodní části a opačně. Prostřední část linky je obsluhována pomocí dvou mechanických ramen se servopohony, jejichž úkolem je přemísťování výrobku do svářecího zařízení. Podobu výrobního layoutu analyzované linky XY nalezneme na obrázku č. 14.

Hlavní funkcí lineárních výtahů, které se nacházejí na začátcích a koncích dopravníkových pásů, je přesun prázdných paletek ze spodního do horního patra pásu a opačně. Výtahy nalezneme na analyzované lince celkem čtyři. Na dopravníkových pásech nalezneme paletky, na které jsou umístěny jednotlivé komponenty finálního výrobku Toner. Na první montážní lince nalezneme paletky s pozicemi pro umístění dvou komponent a na druhé lince s pozicí pouze pro svařené tonerové víko.



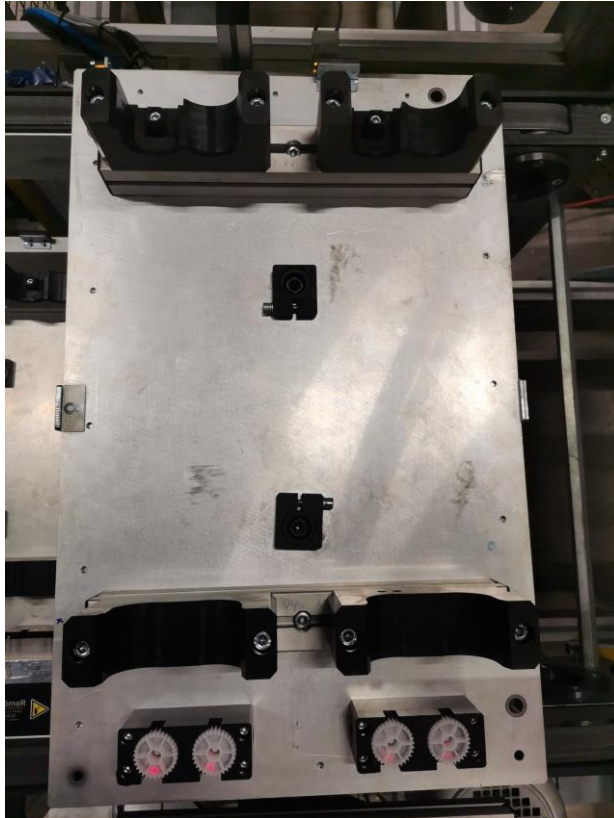
Obrázek 144 Layout analyzované linky XY (interní zdroje společnosti)

7.2.1 Montážní linka č. 1

První celek tvoří montážní linka č. 1. Na tomto celku probíhá kompletace spodní části tonerové kazety a založení horního dílu. Podobu prázdné paletky, která je umístěna na dopravníkovém pásu nalezneme na obrázku č. 15.

Na začátku linky dochází k nalepení O – těsnění na ozubené kolečko. Ozubené kolečko je pomocí vibračního bubnu přesun na karuselovou stanici, kde dochází k nalepení O – těsnění pomocí stroje Accuplace. Ozubené kolečko s nalepeným O – těsněním je za pomoci šestiosého robota přesunuto na paletku umístěnou na dopravníkovém pásu. Další stanoviště, které navazuje na montáž O – těsnění je založení spodního víka toneru. Víko je ze vstřikolisu dopraveno přes dopravníkový pás ke stanovišti operátora, který tyto víka vizuálně zkontroluje a uloží je horní stranou na dopravníkový pás vedoucí do linky. Z tohoto pásu jsou mechanickým ramenem, umístěného na lineárních pojezdech, otočeny pomocí gripperu s přísavkami a přesunuty pomocí ramene na dopravníkový pás s paletkou. Na paletku jsou

prvně uloženy dva kusy ozubených koleček s nalepeným těsněním a poté dva kusy spodního víka. Proběhne kontrola založení pozic pomocí čidel a výrobek pokračuje. Pokud jedno z těchto pracovišť je v poruše, nebo nastane specifická situace, je možné tyto díly do linky vkládat ručně.



Obrázek 15 Paletka na hlavním dopravníkovém pásu linky č. 1 (vlastní fotografie)
Jedním z komponentů, který se na této lince montuje do vnitřní části tonerové kazety je pružina. Ta je zakládána operátorem na dopravníkový pás, jehož konec uvnitř linky obsluhuje šestiosý robot, který montuje pružiny do spodního dílu toneru, který se nachází na dopravníkovém pásu. Této operaci předchází založení ozubeného kolečka do pravého otvoru na tonerovém víku pomocí pístových mechanismů. Po dokončení operace proběhne kontrola pozic pomocí světelných čidel. Následuje založení levého ozubeného kolečka, obdobným mechanismem jako pravý kus, a čekání na díly z linky založení filmu. Podobu operátorských pracovišť nalezneme na obrázku č. 16.



Obrázek 16 Stanice založení spodního víka a pružiny – operátorská stanoviště (vlastní fotografie)

7.2.2 Stanice založení filmu

Stanice založení filmu se nachází na konci montážní linky č. 1. a je zobrazena na obrázku č. 17. Výstupem této části je založený film na plastový rám. Vedle pásu se zkompletovaným dílem rámu a filmu se nachází pás, který přináší horní víko toneru do výrobního procesu.

Operátor, či operátoři zde obsluhují dva dopravníkové pásy. Na první pás operátor zakládá horní víko toneru, které odebírá ze sousedního vstřikolisu, popřípadě zakládá z krabic skladových zásob. Před uložením na pás probíhá vizuální kontrola jednotlivých komponent.

Druhý pás se nachází u vstupu stanice založení filmu. Jsou zde zakládány plastové rámy, které jsou posléze umístěny na karuselovou stanici, kde probíhá založení filmu, kontrola přesnosti uložení a umístění na dopravníkový pás vedoucí do linky. I zde je prostor na ruční zakládání složených dílů do linky.



Obrázek 17 Stanice založení filmu (vlastní fotografie)

7.2.3 Svářecí zařízení

Před procesem svařování dochází ke kompletaci těla toneru. Na hlavním dopravníkovém pásu dojde k montáži plastového rámu s filmem do vnitřní části toneru pomocí šestiosého robota a založení horního víka toneru uchopeného na přísavkách mechanického ramene se servomotorem. Díky umístění ramena na lineárních pojezdech a umístění mechanických držáků na gripperu mechanického ramene dojde k přesunutí kompletního dílu na svářecí stanici. Podobu svářecí linky nalezneme na obrázku č. 18.

Pomocí svářecích sonotrod se svaří horní a spodní část toneru dohromady. Po provedení sváru následuje stanice kvality. Na díl jsou kladeny vysoké kvalitativní nároky a stanice je zde proto, aby se zamezilo postupu nekvalitních dílů napříč výrobním procesem a chyby mohly být co nejdříve odstraněny. Při procesu svařování je aktivní odsávání vzduchu z důvodu zamezení úniku škodlivých látek do ovzduší výrobní haly.



Obrázek 18 Prostřední část linky obsluhována mechanickým ramenem na lineárních pojezdech (vlastní fotografie)

7.2.4 Montážní linka č. 2

Po provedení kontroly kvality na svářecím zařízení dochází k přesunutí kompletního dílu na další část montážní linky. Přesun je umožněn pomocí mechanického ramene se servomotorem, které odebírá svařené díly ze svářečky na dopravníkový pás s paletkami obsluhující tuto linku. Prvním operačním stanovištěm je kompletace uzávěru. V prvním kroku dochází k umístění uzávěru do kolejnic z vibračního bubnu. Následuje nalepení těsnění pomocí stroje Accuplace a přemístění pod pozici mechanického ramene. Poté proběhne montáž tohoto dílu na toner. Výrobní umístění montážní linky č. 2 nalezneme na obrázku č. 19.

Dalším výrobním krokem je založení čipu a jeho zabezpečení pomocí krytu. Operátor vkládá přesně uložené čipy na platech do zásobníku na lince, kde následně potvrdí jejich pozici. Pomocí dvou Scara robotů dojde k založení čipu do toneru a následné zabezpečení pomocí krytu. Na konci dopravníkového pásu dojde k přemístění finálního výrobku z paletky pomocí mechanického ramene na stanici finální kontroly. Odtud jsou hotové výrobky operátory ofoukány vzduchem a uloženy do krabic.



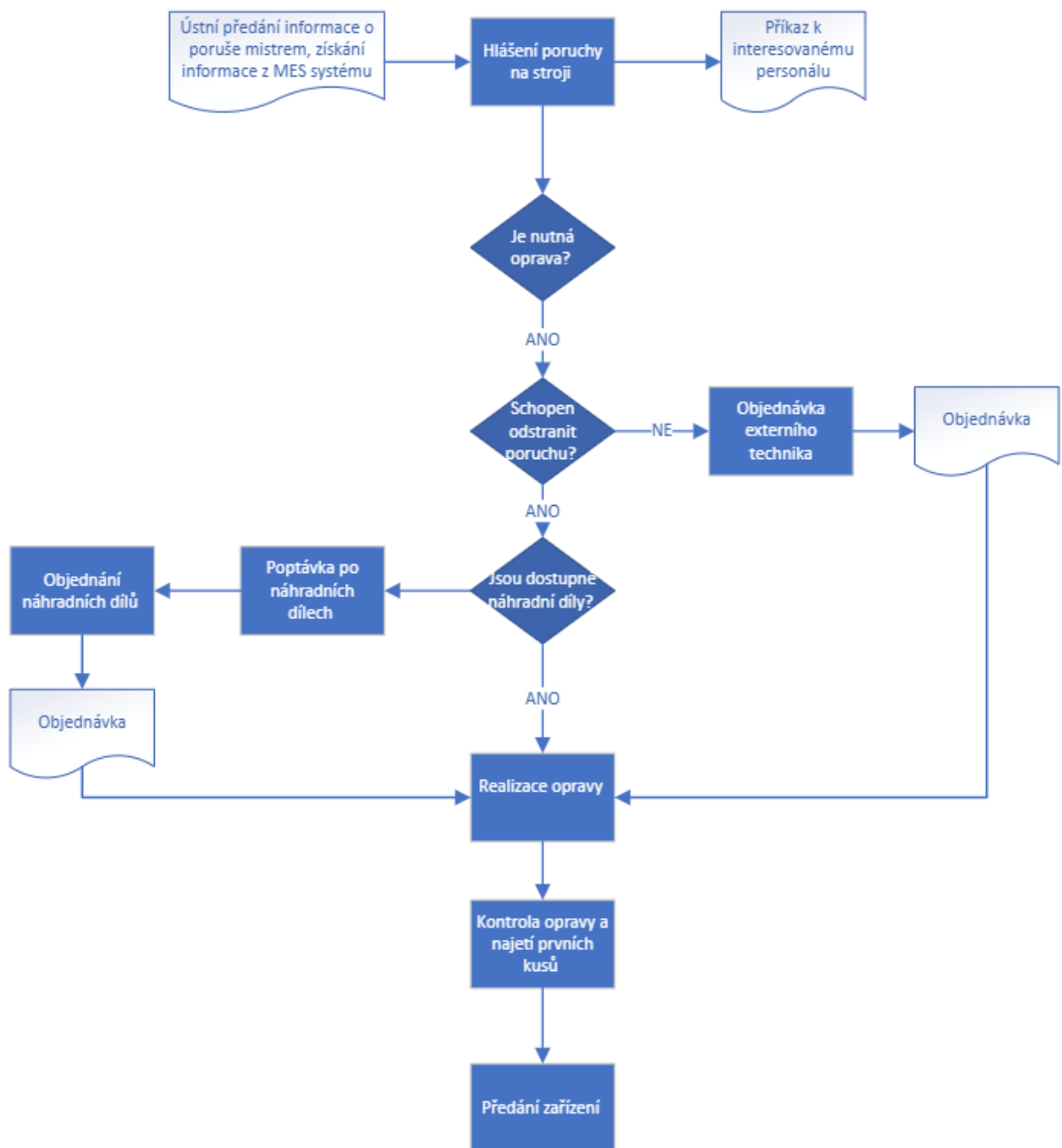
Obrázek 19 Montážní linka č. 2 (vlastní fotografie)

7.3 Popis hlášení poruchy na stroji

V této kapitole je popsán postup hlášení poruchy na stroji a její odstranění. Budou zde popsány jednotlivé situace, které při nastávají při výskytu poruchy. Vývojový diagram tohoto hlášení je zobrazen na obrázku č. 20.

Na začátku každé opravy dochází k podání hlášení o poruše v ústní podobě, či získání informace z informačního systému. Pro přesnější identifikaci místa poruchy ve strojním prostředí analyzované linky XY slouží technikům světelné značení na viditelných částech linky, založené na principu barevného rozlišení. Po identifikaci chyby nalezne technik vhodné řešení problému a opraví jej. Pokud opravu není schopen provést, objedná opravu u externího servisu a stroj do příjezdu servisu odstaví. Po dokončení opravy je stroj uveden do chodu, vyrobeny první kusy a zkontrolována jejich kvalita. Podle schválení kvality nových výrobků je stroj uveden do plného provozu, popřípadě se pracuje na nově vzniklých chybách.

Z popisu průběhu řešení poruchy na stroji můžeme vidět, že v procesu chybí místo pro sdílení druhu a formy provedení jednotlivých oprav, určení odpovědnosti za provedení opravy, metody hledání kořenových příčin jednotlivých poruch na lince či místo pro zpětnou vazbu ať už ze strany personálu, tak ze strany managementu.



Obrázek 20 Vývojový diagram průběhu opravy poruchy (vlastní zpracování)

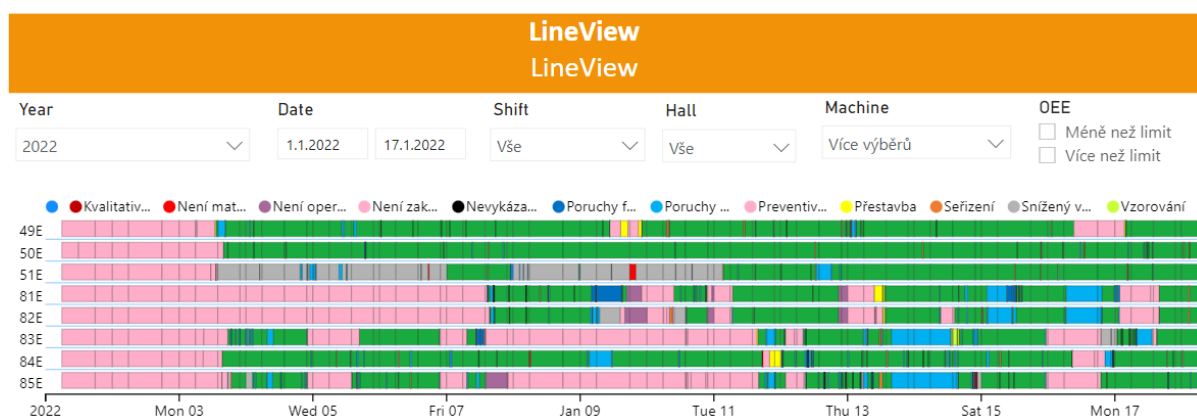
7.4 Analýza prostojů z důvodu poruchy

Na analyzované lince XY se vyskytuje mnoho automatizovaných pracovišť, kde je kladen vysoký důraz na přesnost a výslednou kvalitu výrobku. Podnik sbírá data o této lince, která následně pomáhají efektivnějšímu rozhodování pro výrobní plánování a výrobu samotnou.

Podnik ze svých výrobních linek získává data, která se dají rozdělit do dvou velkých skupin: data ze strojního prostředí získaná pomocí PLC a data přijatá od operátorů prostřednictvím systému MES.

Při využívání dat ze stroje se využívá tzv. PLC neboli Programovatelný logický automat, který sbírá data z čidel nainstalovaných na stroji. Čidla, která se na strojích vyskytují jsou různého charakteru – teplotní, početní či čidla pro přenos signálu. V případě analyzované linky nalezneme celkem 8 PLC stanic, které zaznamenávají celkový počet vyrobených a vadných výrobků, přesnost sváru na svářecí stanici či počty vadných výrobků během výrobního procesu napříč kontrolními stanicemi.

Jednotlivá PLC jsou napojena na SQL server, kde jsou data ukládána do skupin dle charakteru. Určité typy výrobních dat mají přímé napojení na software PowerBI, kde jsou za pomoci softwarových inženýrů upraveny, analyzovány a vizualizovány do grafů či tabulek. Tyto informace jsou následně zobrazeny na obrazovkách ve výrobních halách pro informování všech pracovníků o aktuálním dění na linkách. Jsou zde zobrazovány délky výrobních cyklů na jednotlivých linkách, délka trvání poruchy nebo typ výrobní zakázky, druh vyráběného výrobku ale také ukazatelé OEE a TEEP. Aktualizace výrobních dat v systému PowerBI probíhá v nejkratším možném intervalu. Hlavním cílem analýzy těchto dat je jejich převod na informace. Ukázkou ze systému Microsoft Power BI nalezneme na obrázku č. 21.



Obrázek 21 Ukázkou ze systému PowerBI (interní zdroje společnosti)

Každé výrobní stanoviště v podniku disponuje ovládacím tabletem umístěným na začátku stroje, linky. Tablet je propojený se systémem MES, který zajišťuje komunikaci mezi operátory a strojem. Do tabletu jsou zadávány informace o chodu linky či vstřikolisové jednotky ve formě čísla zakázky, definování poruchy nebo zahájení a ukončení přestavby.

Tyto informace jsou zadávány obsluhujícími operátory linky a pracovníky podílející se na výrobním chodu linky.

Při poruše na stroji se na tabletu zobrazí červené pole „Nevykázaný prostoj“. Pokud je tento prostoj ukončen do pět minut, operátor nemusí definovat důvod tohoto prostoje a výroba pokračuje. Je – li prostoj delší než pět minut, je operátor povinen definovat tento prostoj. Po ukončení opravy a definování prostoje na tabletu je znovu spuštěna výroba. Tyto data jsou následně zpracována a vizualizována v PowerBI.

Pro řešení příčin jednotlivých poruch mezi zaměstnanci a vedoucími pracovníky slouží Shopfloor meeting, který se koná vždy na začátku směny. Zde jsou řešeny problémy z minulého dne a vytvoření snahy o jejich zamezení v průběhu následující směny.

Jednotlivé shopfloor meetingy mají v podniku již zavedenou tradici a staly se nedílnou součástí výrobního procesu. Konají se na začátku směny a jsou několika úrovněvé. První meeting je pro zástupce jednotlivých výrobních oddělení jako kvalita, formárna nebo údržba. Další meeting probíhá mezi vedoucími pracovníky výrobních oddělení a mistry na jednotlivých halách. Zde dojde k předání informací jak ze strany vedoucího pracovníka k mistrovi, tak ze strany mistra k vedoucímu pracovníkovi. Pokud se jedná o věc závažnějšího charakteru provede mistr shopfloor meeting s operátory nebo jim předá informace ústní formou.

Data o prostojích se v podniku rozdělují do určitých skupin dle vztahu k výrobnímu oddělení. Z hlediska materiálu nalezneme dělení na nekvalitní vstupní materiál, chybějící materiál, nevysušený materiál či prostoj odstavení kvalitou z důvodu nevyhovujícího materiálu. Další prostoje, které se týkají materiálu ve výrobním procesu, souvisí zejména s přebarvením či vzorováním. Další skupiny prostojů se týkají vstřikolisové formy. Zde jsou zahrnuty její poruchy, provádění autonomní údržby, čištění ale také přestavby forem na jednotlivých vstřikolisových jednotkách. Prostoje týkající se oddělení údržby jsou následující:

- Porucha automatizace – není možné spuštění automatizovaných částí linky využívající softwarové řízení (dopravníkové pásy, mechanická ramena, lineární pojezdy, mechanické montážní pracoviště).
- Porucha robota – robot nepustí stroj do automatického režimu.
- Seřízení automatizace – zastavení stroje v určitém intervalu z důvodu zachování technologických postupů.

- Porucha infrastruktury – centrální porucha elektřiny; chladicího, hydraulického okruhu; přívodu stlačeného vzduchu nebo slaboproudu.
- Porucha periferie – porucha periferie se týká přípojných zařízení ke stroji, lince (sušičky materiálu, drtiče či další montážní zařízení).
- Porucha stroje – vždy, když stroj nejde spustit do automatického režimu.
- Prevence infrastruktura – preventivní údržba (probíhá bez závislosti na OEE).
- Porucha temperačního zařízení (vstříkolis) – temperační zařízení nefunguje v pořádku.
- Prevence stroj – preventivní údržba (probíhá bez závislosti na OEE).
- Výpadek chlazení – výpadek chlazení na stroji.
- Výpadek elektrické energie – výpadek elektrické energie na stroji.
- Výpadek nasávání – výpadek nasávání na stroji.

7.4.1 Datová analýza poruchových skupin

Pro vstupní analýzu dat bylo zvoleno období 3 měsíců, a to srpna, září a října roku 2022. V tomto období byla linka v provozu jedenáct týdnů, kde byla její průměrná dostupnost 50 %. Data použitá pro analýzu byla exportována ze systému MES a dále zpracovávána v Microsoft Excel software. V systému MES jsou zaznamenávány prostoje dle jednotlivých kategorií a délky jejich trvání. Jednotlivé prostoje jsou komentovány operátory, což umožňuje snadnější orientaci v chodu linky. Některé prostoje nejsou přesněji definovány z důvodu jejich přesně vystihující definice nebo účasti vedoucích pracovníků při opravách. Pro naši analýzu jsme si zvolili prostoje týkající se údržby a výsledky získané z analýzy nalezneme v tabulce č. 1. Podrobné výsledky z této analýzy nalezneme v příloze č. 5.

Tabulka 1 Výsledky analýzy poruch za vybrané období srpen až říjen 2022 (vlastní zpracování)

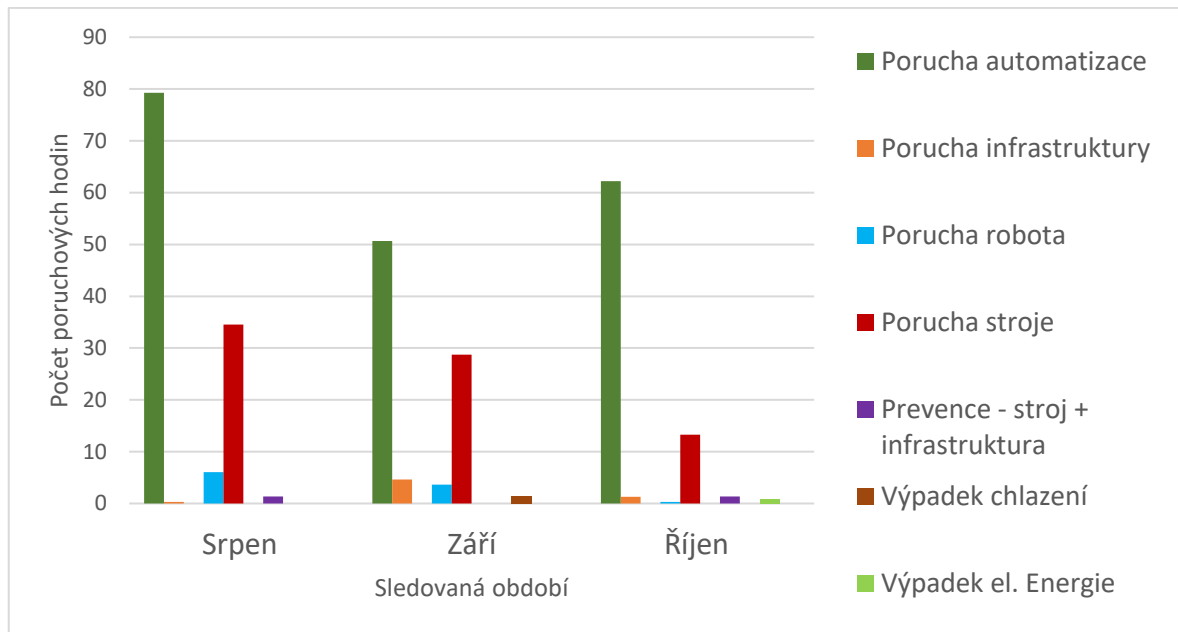
<i>Název poruchové oblasti</i>	<i>Průměrná doba trvání</i>	<i>Minimální doba trvání</i>	<i>Maximální doba trvání</i>	<i>Směrodatná odchylka</i>	<i>Četnosti</i>	<i>Střední doba opravy</i>
1. Porucha automatizace	14,78	1,55	23,32	6,37	13,00	1,14
2. Porucha infrastruktury	0,89	0,16	3,59	1,14	7,00	0,13
3. Porucha robota	1,69	0,19	6,18	2,08	6,00	0,28
4. Porucha stroje	6,40	0,75	14,51	4,39	12,00	0,53
5. Prevence - stroj	0,57	0,23	1,16	0,36	4,00	0,14
6. Výpadek chlazení a el. energie	1,07	0,77	1,37	0,30	2,00	0,54

Za analyzované období srpna až října roku 2022 se na lince vyskytovalo celkem 290 poruchových hodin. Nejvíce zastoupenou skupinou byla porucha automatizace v celkovém počtu 192 hodin. Skupina automatizace zahrnuje prostoje montážních zařízení na jednotlivých částech linky. Další skupinou, která měla vysoký počet poruchových hodin, 76,65 hodin, je porucha stroje. V této skupině jsou zahrnuty zejména výměnné operace dílů na jednotlivých zařízení a servisní práce. Třetí poruchovou skupinou je porucha robota, která měla v tomto intervalu 10,16 poruchových hodin. Dalšími skupinami, které se v tomto období vyskytovaly jsou výpadek elektrické energie a chlazení či porucha infrastruktury.

V prostojové skupině porucha automatizace nalezneme celkem třináct prostojových událostí. Průměrná doba trvání jednotlivých prostojů v této kategorii je 14,78 hodiny. Nejdéle trvající poruchou byla porucha zaseklých uzávěrů ve vibračním bubnu, nesprávné svařování na svařecím zařízení a špatné lepení těsnění na Accuplace, v celkovém trvání 23,32 hodin. Další poruchové události se odehrály zejména na lince Accuplace, kde nedocházelo ke správnému lepení těsnění a zasekávání návinnu pásky. Další významnou poruchou je seřízení robota u stanice založení filmu a její oprava. Tato porucha trvala celkem 21,71 hodin.

Následující skupinou prostojů je porucha stroje. Střední doba opravy tohoto typu poruch je v analyzovaném období 0,53 hodiny. V této skupině prostojů nalezneme zejména mechanické opravy strojních zařízení. Jedná se o instalaci urvaných čidel, opravu zařízení Accuplace, seřízení svařovacích sonotrod či vypadlou hadici z temperačního zařízení, které se nachází na vedlejším vstřikolisu, který produkuje komponenty pro tuto montážní linku. V těchto prostojích jsou zahrnuty také jednotlivé seřizovací operace a nájezd linky pro kontrolu kvality jednotlivých výrobků.

Třetí významnou prostojovou skupinou v tomto období je porucha robota. Nejdelší poruchu v analyzovaném období nalezneme u robota při stanici vkládání filmu. Tato porucha trvala celkem 6,18 hodin. V tomto období je zaznamenán také prostoj výpadek elektrické energie a chlazení. Výpadek chlazení trval 1,37 hodiny a jednalo se o problém s chlazením sousedního vstřikolisu. Výpadek elektrické energie trval v tomto období 0,77 hodiny a byl způsoben povětrnostními podmínkami. Grafické znázornění jednotlivých poruchových skupin nalezneme na obrázku č. 22.



Obrázek 22 Graf poruchových hodin na lince XY za období srpen, září, říjen 2022 (vlastní zpracování)

7.5 Audit údržby na analyzované lince XY

Pro objektivní zhodnocení současného stavu vybrané linky XY z hlediska implementace metody TPM byl vytvořen auditní list současného stavu. Je strukturován do osmnácti otázek, z nichž každá charakterizuje určitou část metody TPM a má návaznost na prvky standardu ISO 9001:2016. Auditový list je určen zejména pro linky automatizovaného charakteru, na kterých nejsou zavedeny prvky metody TPM.

Audit byl prováděn na automatizované lince XY, kde nalezneme celkem tři hlavní montážní části. Při auditu byl zúčastněný vedoucí údržby, zástupce průmyslového inženýrství a mechatronik, se kterými při následné diskusi byly jednotlivé otázky ohodnoceny a řádně okomentovány pro stanovení jasných nedostatků plynoucích z auditového šetření.

V první části checklistu nalezneme otázky týkající se obecného podvědomí o metodě TPM a otázky týkající se pracovního prostředí v rámci linky. Další část se již zaměřuje na jednotlivé body TPM – standardy kontrolních bodů, mazací či údržbové intervaly a plány. Zde je nutno zjistit, zda se v podniku vyskytují plány preventivní či autonomní údržby a v jaké formě jsou tyto materiály předávány zaměstnancům. Na tuto část navazují otázky týkající se získávání dat o lince – zda jsou na lince vyhodnocovány výkonnostní ukazatele, jak probíhá komunikace mezi zaměstnanci a strojem. V závěrečné části jsou otázky týkající se managementu a vyhodnocování poruch na lince.

Pro vyhodnocení dotazníku byla použita známkovací bodovací metoda. Metrikou této metody jsou známky 1-5 dle blíže určených kritérií. Ke každému hodnocení bylo přidáno pole pro případné poznámky k jednotlivým otázkám. Škála jednotlivých hodnocení byla zvolena následující:

- 90–100 % - vynikající; vynikající výkon a kvalita jednotlivých prvků se zapojením moderních technologií, které umožňují sledovat data v reálném čase, hodnocení 1
- 70-89 % - dobré; vše funguje dostatečně kvalitně a spolehlivě s náchylností k občasným anomáliím, hodnocení 2
- 50-69 % - průměrné; tento proces, prvek funguje spolehlivě ale je potřeba zlepšit jeho výkonnost a spolehlivost pomocí modernizace, hodnocení 3
- 30-49 % - velmi slabé; proces funguje s velkými nedostatky a není schopen plnit stanovené úkoly, hodnocení 4
- 0–29 % - kriticky nedostatečné; hodnocené objekty nejsou ve stavu efektivně plnit svůj účel, účinnost prvků je minimální a potřebují zásadní změnu, hodnocení 5

Po provedení auditu pomocí vytvořeného checklistu proběhla diskuse s vedoucím pracovníkem údržby a zástupcem průmyslového inženýrství, kde byly řešeny výsledky získané z checklistu a stanovení oblastí, které by měly být zlepšeny v oblasti TPM. Podobu auditového listu naleznete v příloze č. I.

Odpovědi na jednotlivé otázky jsou následující:

1. Jsou odpovědní pracovníci za údržbu, obsluhu stroje seznámeni s konceptem TPM?

Hodnocení: 3

Komentář: vzhledem k tomu, že podnik je v implementaci TPM teprve v počátcích, nejsou zatím vytvořeny informační materiály, avšak jednotliví zúčastnění zaměstnanci mají ponětí o jednotlivých pilířích metody TPM.

2. Jsou na stroji zřetelně vystaveny pracovní postupy a seznámení s jednotlivými částmi?

Hodnocení: 1

Komentář: Na pracovištích, kde se vyskytují operátoři či montážní operace je vždy umístěn šanon s dokumenty, které k danému pracovišti náleží –

pracovní postup, kusovník. Na začátku linky je umístěn layout, na kterém jsou zobrazeny jednotlivé výrobní části (viz. obrázek č. 15).

3. Jak probíhá komunikace mezi strojem a zainteresovaným personálem?

Hodnocení: 2

Komentář: Komunikace mezi linkou a personálem probíhá pomocí strojového tabletu, světelné signalizace. Pracovníci uvedli, že na některé signalizační zařízení je špatně vidět, a tudíž nemohou správně určit stanici s poruchou. Tyto podněty byly předány mistrům jednotlivých směn a v této diplomové práci řešeny nebudou.

4. Funguje externí servis při opravách složitějšího charakteru?

Hodnocení: 1

Komentář: Externí servis zajišťuje nejmenovaná společnost, která zajišťovala návrh, výrobu a montáž linky. Poskytované služby od této společnosti zahrnují telefonickou pomoc při složitých poruchách či možnost online připojení do strojového prostředí a provedení analýz.

5. Jsou jasně definovány role pracovníků při opravách na stroji?

Hodnocení: 2

Komentář: Role pracovníků jsou definovány, ale chybí určení odpovědnosti za provedení jednotlivých oprav.

6. Jsou dodržovány standardy BOZP a bezpečnosti na pracovišti (pracovní pomůcky)?

Hodnocení: 2

Komentář: Na pracovišti jsou všemi operátory dodržovány standardy bezpečnostních pracovních pomůcek. Co se týká bezpečnosti při provádění údržbářských prací, v několika situacích došlo k selhání bezpečnostního systému a linka byla uvedena do provozu a z tohoto důvodu by bylo vhodné zamezit příštímu vzniku tohoto stavu.

7. Jsou zdroje energií (elektrina, voda, vzduch) na stroji jasně vizualizovány?

Hodnocení: 2

Komentář: Pro zastavení stroje slouží STOP tlačítka, která se nachází na lince. Na lince jsou také označeny jednotlivé rozvaděče a zdroje energií.

8. Jak probíhá proces reakční údržby na analyzované lince?

Hodnocení: 3

Komentář: Reakční údržba se zaměřuje zejména na operativní opravu poruchy na lince. Hlavním úkolem tohoto typu údržby je co nejkratší doba trvání celkové poruchy. Při provádění jednotlivých oprav můžeme sledovat dlouhou dobu jejich trvání z důvodu dlouhého času stráveného hledáním příčiny tohoto problému.

9. Jsou definovány intervaly autonomní údržby a existuje seznam kontrolních bodů?

Hodnocení: 5

Komentář: Standardy autonomní údržby se na lince nevyskytují v žádné podobě.

10. Jsou definovány intervaly preventivní údržby a existuje seznam kontrolních bodů?

Hodnocení: 5

Komentář: Intervaly preventivní údržby jsou stanoveny pouze v rámci haly jako celku. Standardy s body údržby pro tuto linku nejsou vytvořeny.

11. Jsou definovány intervaly mazání lineárních ložisek?

Hodnocení: 5

Komentář: Interval mazání lineárních ložisek není stanoven. Pokud jsou ložiska na jednotlivých stanicích mazána, děje se tak na operativní bázi.

12. Je u linky veden seznam náhradních dílů?

Hodnocení: 4

Komentář: Seznam u linky není veden a díly se objednávají operativně nebo vypůjčují z ostatních odstavených strojů.

13. Je na stroji zavedeno měření ukazatelů výkonnosti?

Hodnocení: 1

Komentář: Na stroji je zavedeno měření mnoha ukazatelů – OEE, TEEP, zmetkovitost. Vizualizace těchto ukazatelů probíhá přes software PowerBI. Na analyzované lince probíhá také hlubší analýza zmetkovitosti – několik stanovišť OK/NOK kontroly, vizualizace přesnosti sváření sonotrod na svářecím zařízení.

14. Probíhá vyhodnocování dat o poruchách a jsou informace předávány zaměstnancům?

Hodnocení: 3

Komentář: Data o poruchách jsou vyhodnocována a diskutována se zaměstnanci na denních Shopfloor schůzkách. Zde je hlavním úkolem zamezení vytvoření dané poruchy v budoucnu.

15. Jsou prováděny audity vedením o technickém stavu linky?

Hodnocení: 2

Komentář: Kontrola technického stavu linky není v podniku zavedena. Jako vizuální kontrolu můžeme chápat každodenní pochůzky vedoucího výroby, vedoucího kvality a průmyslového inženýra.

16. Jsou analyzovány kořenové příčiny vzniku neshod?

Hodnocení: 3

Komentář: pro analýzu prostojů slouží zejména systém MES. Zde jsou zaznamenávány jednotlivé prostojové komentáře od zaměstnanců. Od roku 2023 podnik zavedl na analyzované lince sběr chybových dat, které umožňují přesné určení jednotlivých poruch a místo jejich výskytu. Další a hlubší analýza z těchto dat již ale neprobíhá.

17. Jsou do chodu stroje zapojení lidé z vyššího managementu?

Hodnocení: 1

Komentář: Na chodu linky se aktivně podílejí všichni lidé, kteří k ní mají pracovní vztah. Poruchy či problémy vyskytující se na lince jsou řešeny i v rámci Shopfloor porad vyššího managementu.

18. Probíhá na lince proces kontinuálního zlepšování?

Hodnocení: 2

Komentář: V podniku je zaveden systém kontinuálního zlepšování, avšak mnoho zaměstnanců jej nevyužívá. Z oblasti údržby můžeme vidět zlepšení v tvorbě standardů preventivní a autonomní údržby na kritických linkách, nakoupení nových přístrojů pro provádění prediktivní údržby a zapojení pracovníků do tvorby jednotlivých standardů.

Z auditu údržby vyplynuly tyto následující nedostatky:

- Absence standardů autonomní údržby
- Absence standardů preventivní údržby
- Absence mazacích plánů lineárních ložisek
- Pracovníci mají nízké podvědomí o metodě TPM
- Neprobíhá hlubší analýza poruch na lince
- Nejsou zde stanoveny intervaly prediktivní údržby v rámci linky ani v rámci výrobní haly
- Na lince nejsou dostatečně vyřešeny bezpečnostní systémy z hlediska ochrany pracovníka při provádění pracovních úkonů
- Chybí seznam kritických náhradních dílů pro analyzovanou linku XY

Na základě zjištěných nedostatků, které vyplynuly z auditu, budou vypracována řešení, které zlepší stav jednotlivých prvků v oblasti údržby a zavedou prvky metody TPM do strojního prostředí linky XY. Tyto řešení budou zpracovány v projektu Zavedení metody TPM na vybraném pracovišti – linka XY. Řešení jednotlivých bodů se nachází v projektové části diplomové práce.

8 SHRnutí ANALYTICKÉ ČÁSTI

Prvním krokem v analytické části diplomové práce bylo vytvoření seznamu kontrolních bodů pro vstupní audit týkající se údržby na lince XY ve vybraném podniku. Jednotlivé body obsažené v seznamu charakterizují pilíře metody TPM a pomocí definovaných hodnotících kritérií je možné určit stav jejich zavedení na analyzovaném strojním zařízení. Otázky jsou zaměřeny zejména na podobu standardů jednotlivých druhů údržby, zavedení ukazatelů dostupnosti a výkonnosti a stav vyhodnocování dat o poruchách. Samotný audit probíhal za přítomnosti vedoucího pracovníka oddělení údržby a správy budov, pracovníka z oddělení průmyslového inženýrství a mechatronika.

Z provedeného auditu vyplynuly tyto následující nedostatky:

- Absence standardů autonomní údržby
- Absence standardů preventivní údržby
- Absence mazacích plánů lineárních ložisek
- Pracovníci mají nízké podvědomí o metodě TPM
- Neprobíhá hlubší analýza poruch na lince
- Nejsou zde stanoveny intervaly prediktivní údržby v rámci linky ani v rámci výrobní haly
- Na lince nejsou dostatečně vyřešeny bezpečnostní systémy z hlediska ochrany pracovníka při provádění pracovních úkonů
- Chybí seznam kritických náhradních dílů pro analyzovanou linku XY

V analýze poruchových dat ze systému MES za období srpen až říjen roku 2022 došlo celkem k 290 poruchovým hodinám. Nejčetnější poruchovou skupinou byla porucha automatizace, které měla trvání celkem 192 poruchových hodin. Nejdéle trvající poruchou byla porucha vibračního bubnu u stanice Shutter na montážní lince č. 2.

Pro lepší pochopení funkcí jednotlivých částí výrobní linky XY byly části detailně popsány dle rozdělení montážních linek. V návaznosti na montážní celky linky XY byl vytvořen vývojový diagram průběhu opravy poruchy.

Z výše uvedených poznatků a provedených pozorování byly stanoveny cíle, které budou řešeny v projektové části diplomové práce. Jednotlivé dílčí cíle jsou:

- Vytvořit standardy autonomní údržby, checklist bodů autonomní údržby a záznamový arch.
- Vytvořit standardy preventivní údržby a mazání lineárních ložisek na analyzované lince XY, checklist provedení jednotlivých bodů.
- Analýza nejčtetnějších poruch na lince a určení jejich kořenových příčin.
- Zvýšení bezpečnosti na pracovišti pomocí LOTO procedury.
- Zajistit zdroje, metody pro aplikování prediktivní údržby na vybrané lince.
- Zajistit a vytipovat kritické náhradní díly pro linku XY.
- Vytvořit prostor pro definování odpovědností při jednotlivých opravách.

9 PŘEDSTAVENÍ PROJEKTU

Obsahem této kapitoly bude představení projektu zavedení metody TPM na lince XY. Prvky metody TPM pomáhají ve zvyšování dostupnosti stroje a redukování jeho poruchových časů a v podnikovém prostředí se tyto prvky vyskytují pouze v obecné rovině a nejsou vztaženy na jednotlivá strojní zařízení. Důvodem pro zahájení projektu v oblasti údržby je snaha o zavedení standardizovaných postupů, informačních materiálů a hmotných prvků, které mohou údržbové postupy zlepšit a zvyšovat jejich efektivitu.

Název projektu – Projekt zavedení TPM na vybrané lince ve vybrané společnosti

Hlavní cíl projektu – zavedení metody TPM na lince XY

Měřitelná metrika – snížení prostojů z důvodu poruchy na lince XY

Dílčí cíle projektu:

- Vytvořit standardy autonomní údržby, checklist bodů autonomní údržby a záznamový arch.
- Vytvořit standardy preventivní údržby a mazání lineárních ložisek na analyzované lince XY, checklist provedení jednotlivých bodů.
- Výstup z nejčtetnějších poruch na lince a určení jejich kořenových příčin.
- Zvýšení bezpečnosti na pracovišti pomocí LOTO procedury.
- Zajistit zdroje, metody pro aplikování prediktivní údržby na vybrané lince.
- Zajistit a vytipovat kritické náhradní díly pro linku XY.
- Vytvořit prostor pro definování odpovědností při jednotlivých opravách.

Cíle projektu dle metody SMART:

- S – specifický – zavedení prvků metody TPM na lince XY
- M – měřitelný – sledování ukazatele OEE a velikosti poruchových skupin
- A – dosažitelný – body projektu byly schváleny podnikem a vedoucím oddělení údržby
- R – realistický – pro realizování definovaných cílů jsou vytvořeny vhodné podmínky v podnikovém prostředí

- T – časově ohraničený – období prosinec 2022–duben 2023

Projektový tým

Do projektového týmu byli zahrnuti zaměstnanci, kteří se podílejí provozním chodu linky zejména z údržbového a servisního hlediska. Pro koordinaci informací a výstupů byl do týmu zahrnut také průmyslový inženýr a vedoucí pracovník oddělení údržby. Složení projektového týmu bylo následující:

- Vedoucí oddělení údržby a správy budov
- Průmyslový inženýr
- Tým mechatroniků
- Tým strojní údržby
- „Partáči“ operátorských skupin

Harmonogram projektu

Pro vytvoření projektu bylo nutné definování jeho dílčích částí. Tyto body byly definovány na auditu linky XY, kde byl analyzován její současný stav za účasti dalších pracovníků.

Celková doba trvání projektu je stanovena na sedmáct týdnů v období od prosince 2022 do konce března roku 2023, ovšem pokračování v implementaci a zlepšování jednotlivých projektových bodů nekončí.

Prvním prováděným bodem v projektu je stanovena datová analýza poruchových prostožů linky XY, která začíná na začátku měsíce ledna roku 2023. Zde bude prováděna analýza kořenových příčin pomocí Ishikawa diagramu a budou vytvořeny prostředky pro redukci poruchových časů.

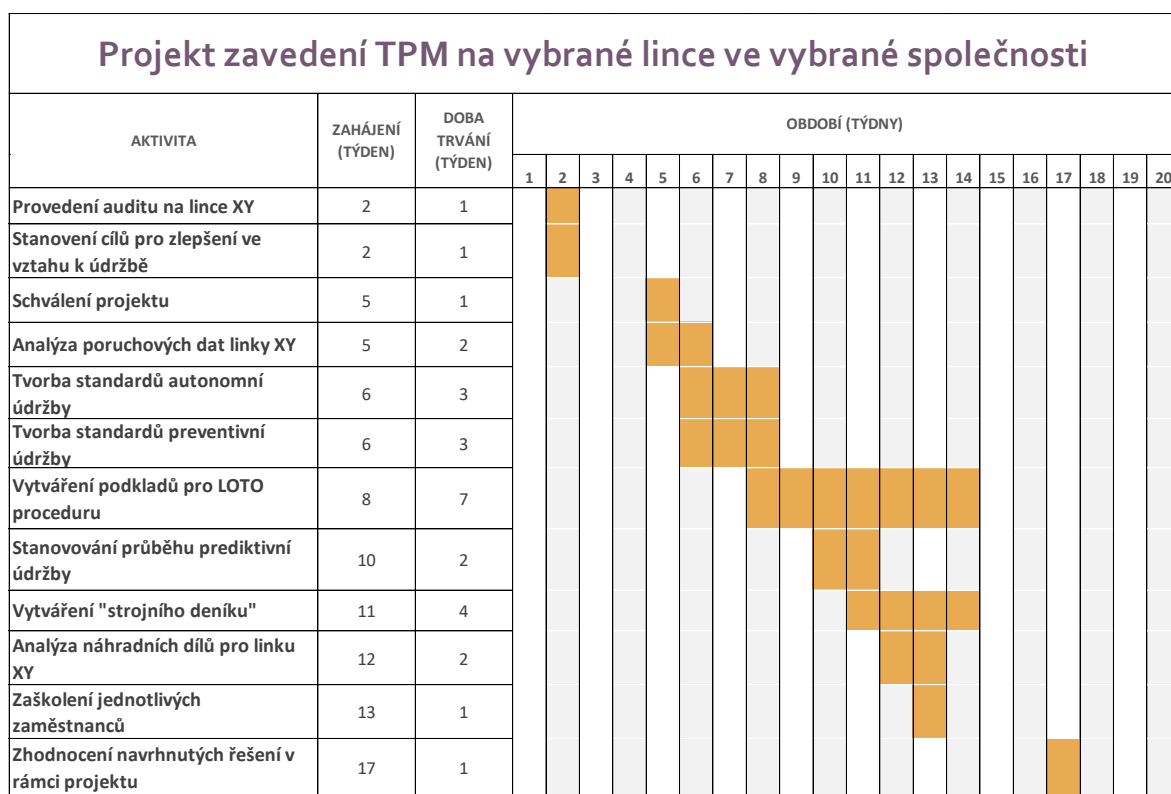
Další část je zaměřena na tvorbu standardů preventivní a autonomní údržby. Jedná se o prostředek, který umožňuje rychlejší orientaci ve strojním prostředí a jasně definuje prováděné činnosti při údržbářských pracích. Tato část projektu je stanovena pro šestý týden projektu v trvání třech týdnů. Pro kompletaci standardů jednotlivých typů údržeb dle TPM budou stanoveny intervaly používání přístrojů pro prediktivní údržbu – Sonaphone pocket a Fluke analyzer.

Z hlediska zvýšení bezpečnosti na pracovišti je v tomto projektu zahrnutá LOTO procedura, která zamezuje nečekanému spuštění stroje pomocí LOTO blokantů. V tomto bodu se jedná

zejména o vytvoření informační směrnice, pracovních postupů pro izolaci zdrojů energie a kusovníku pro jednotlivé pracovníky údržby.

Pro zlepšení stavu náhradních dílů na lince XY bude ve spolupráci s dodavatelem linky konzultován seznam náhradních dílů a vytipovány kritické díly, které jsou na lince nejvíce poruchové. V návaznosti na poruchy a určení odpovědnosti za jejich provádění bude do strojního prostředí zaveden strojní deník, který bude sloužit k dokumentaci pracovníků odpovědných za opravy.

Posledním bodem projektu je zaškolení zaměstnanců ohledně vytvořených materiálů a seznámení konceptem TPM a ukazateli, které se využívají ve výrobním prostředí podniku. Vizualizovaný harmonogram projektu nalezneme na obrázku č. 23.



Obrázek 23 Harmonogram projektu (vlastní zpracování)

Logický rámec projektu

V logickém rámci projektu jsou definovány jednotlivé cíle a klíčové aktivity, které jsou pro splnění projektu nezbytné. Ke každému z dílčích cílů je stanoven měřitelný ukazatel a prostředky, které slouží k ověření jeho stavu. Pro zahrnutí všech faktorů, které na projekt působí, jsou zde stanoveny i rizikové faktory. Součástí logického rámce je časový horizont jednotlivých aktivit.

Hlavním cílem logického rámce je definování jednotlivých zdrojů, klíčových aktivit a výstupů, které souvisejí s dosažením hlavního cíle projektu – zavedení metody TPM na lince XY. Prvním důležitým bodem v logickém rámci je provedení auditu, na kterém se stanoví jednotlivé nedostatky na lince XY. Nedostatky z tohoto auditu se stávají podkladem pro další řešené body v rámci projektu. Mezi body obsažené v logickém rámci projektu nalezneme vytvoření standardů preventivní a autonomní údržby, vytvoření pracovních postupů a pravidel pro LOTO proceduru, analýzu kořenových příčin pomocí Ishikawa diagramu a vytvoření pracovních postupů pro redukování časů oprav a seznamu kritických náhradních dílů pro linku XY. Podobu logického rámce nalezneme v příloze č. 6.

RIPRAN analýza

Analýza RIPRAN nám slouží pro bližší specifikaci rizik, které s projektem souvisejí a mohou průběh projektu ohrozit. K jednotlivým hrozbám a jejich scénářům byly přiřazeny hodnoty charakterizující pravděpodobnost vzniku tohoto rizika a jeho dopad. Vysvětlivky pro RIPRAN analýzu nalezneme na obrázku č. 24.

Pravděpodobnost rizika	Nastalo a může nastat	3	střední riziko 3	vysoké riziko 6	vysoké riziko 9	VR	Okamžité řešení
	Může nastat	2	nízké riziko 2	střední riziko 4	vysoké riziko 6	SR	Stanovení opatření
	Nenastane	1	nízké riziko 1	nízké riziko 2	střední riziko 3	NR	Akceptace
			1	2	3		
			Nízké	Střední	Vysoké		
			Významnost rizika (dopad)				

Obrázek 24 Legenda RIPRAN analýzy (vlastní zpracování)

Z RIPRAN analýzy uvedené v tabulce č. 2 můžeme zjistit, že největším rizikem je nedostatečné zaškolení zaměstnanců na provádění jednotlivých údržbových aktivit na lince XY. Proto je stanoveno školení, kde budou zaměstnanci podrobně seznámeni s charakterem prací a bonusu, které jim tyto činnosti mohou přinést. Na základě školení by zaměstnanci měli dodržovat stanovené standardy a v případě nejasností se obrátit na informované zaměstnance.

Pro minimalizaci hrozby nerelevantních dat pro datové analýzy byli požádáni software inženýři, aby provedli ukázkou správného exportu dat z podnikových systémů a jejich formální úpravu, pro vytvoření lepších vizualizačních podmínek.

Pro správné zavedení metody TPM a jejich pilířů je nutné mít správné informace a znalosti o strojním prostředí. Pro získání teoretických znalostí byla vytvořena teoretická část diplomové práce, která se zabývá jednotlivými body v projektové části.

Tabulka 2 RIPRAN analýza (vlastní zpracování)

ID	Hrozba	Scenář	Pravděpo dobnost	Dopad	Celková hodnota rizika	Opatření
1.	Nedodržování vytvořených standardů	Pracovníci nejsou motivováni pro plnění těchto standardů, nemají dostatečné proškolení	2	3	VR	Důraz na komunikaci a spolupráci během projektu
2.	Špatná komunikace v projektovém týmu	Nezájem pracovníků na plnění dílčích částí projektu	1	2	NR	Stanovení odpovědností za cíle, zlepšení komunikace
3.	Navržená řešení nepovedou ke zlepšení	Zavedená řešení nebudou mít vliv na měřitelné metriky	2	3	VR	Podrobné zpracování teoretických podkladů pro jednotlivé cíle
4.	Nedodržení harmonogramu projektu	Opoždění projektu	2	2	SR	Spolupráce mezi členy týmu, častá informovanost
5.	Nedostatek potřebných informací	Vytvořená řešení nebudou mít odpovídající informační charakter	1	2	NR	Důraz na získání daných informací
6.	Nerelevantní data pro analýzy prostožů	Data nebudou mít vhodný charakter o prostožích	2	3	VR	Důraz na získání daných informací

10 CHARAKTERISTIKA PROJEKTU

Projekt na implementaci TPM na linku XY se skládá z několika částí. V návaznosti na předešlou kapitolu, kde byly stanoveny jednotlivé nedostatky, budou tyto věci řešeny a popsány.

Z analýzy dat ze systému MES nám vyšly tyto chyby jako nejvíce zastoupené – porucha vibračního bubnu, nesprávné polohy sonotrod a nesprávné lepení pásky na zařízení Accuplace. Pro analyzování strojního prostředí bude využit Ishikawa diagram, který jednotlivá prostředí vizualizuje a pomůže snadněji odhalit kořenovou příčinu poruchy. V návaznosti na poruchové stavy linky XY budou vytvořeny pracovní postupy, kde budou vizualizovány pracovní kroky pro odstranění chyby. Tyto postupy budou sloužit zejména seřizovačům a pracovníkům údržby z důvodu složitějšího charakteru oprav.

První část projektu se týká vytvoření standardů autonomní údržby. Standardy jsou vhodným prostředkem pro popsání kontrolních bodů na výrobních pracovištích, popsání činností pro vytvoření ideálního stavu výrobní části a četností jejich provádění včetně definování odpovědného zaměstnance. Standardy autonomní údržby se budou týkat zejména operátorů a seřizovačů, kteří se na lince nacházejí. Prováděné činnosti budou probíhat v krátkých intervalech, maximálně týdním. Společně se standardy bude vytvořen také záznamový arch pro dokumentaci provádění autonomní údržby operátory. Standardy budou umístěny na jednotlivých montážních stanicích společně s pracovními postupy. V první podobě budou standardy zavedeny v papírové podobě, ale s rozvojem digitalizace ve výrobě se počítá s jejich převedením do elektronické podoby.

Na část autonomní údržby navazuje implementace LOTO procedury. LOTO procedura zajišťuje bezpečnost pracovníka při provádění oprav nebo údržbových pracích. Cílem této metody je zamezení náhlému spuštění stroje nebo zdroje energie pomocí visacích zámků a dalších blokantů, které zamezí spuštění stroje, energie.

V návaznosti na standardy autonomní údržby budou vytvořeny standardy preventivní údržby. Tyto standardy se budou týkat zejména definování jednotlivých mazacích bodů lineárních ložisek a čištění lineárních vedení. Lineární ložiska a vedení jsou zastoupeny na každém výrobním stanovišti a jejich správná funkce je klíčová pro fungování linky. Standardy preventivní údržby budou sloužit zejména mechatronikům. Tyto standardy nebudou umístěny na lince, ale na sdíleném disku oddělení údržby v excelovém souboru,

kde bude umístěn také checklist pro evidování provedení jednotlivých bodů preventivní údržby.

Poslední částí, co se týká údržbových standardů, je zaměřena na prediktivní údržbu. Zde se jedná zejména o zapojení nových přístrojů – Fluke, Sonaphone pocket do prostředí linky. Přístroj Fluke slouží k měření veličin elektrické energie jako napětí, proud a přístroj Sonaphone pocket je ultrazvukové zařízení pro měření netěsností v rozvodech stlačeného vzduchu, kapalin. Pro přístroj Sonaphone pocket bude také vytvořen checklist pro záznam o jednotlivých měření dle jednotlivých hal.

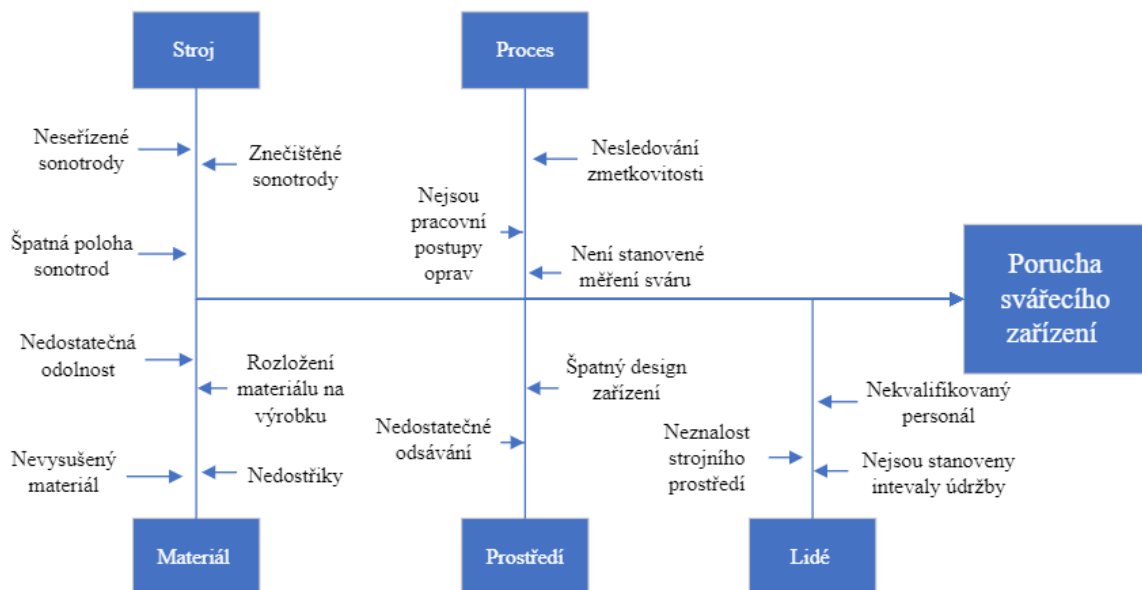
V metodě TPM je důležité, aby byla pochopena zaměstnanci, na které má vliv. Proto bude nakonec uskutečněno školení, kde budou vysvětleny jednotlivé principy metody TPM, definice jednotlivých ukazatelů OEE a TEEP a pro kvalifikované pracovníky seznámení se standardy preventivní a autonomní údržby.

10.1 Analýza poruch

Kapitola analýza poruch má dvě části: v první části bude provedena analýza kořenových příčin třech nejčastějších poruch, které jsme získali v analyzovaném období. Oblasti, které mají na poruchu vliv budou vizualizovány pomocí Ishikawa diagramu a stanoveny body pro zamezení jejich vzniku. Druhá část se bude týkat tvorby standardů pracovních postupů oprav, které pomohou redukovat prostojový čas a seznámí pracovníky se strojním prostředím.

10.1.1 Porucha svářecího zařízení

Porucha svářecího zařízení společně s poruchou zařízení Accuplace měly v analyzovaném období roku 2022 (srpen–říjen) nejdelší dobu trvání. Pro možnost analyzovat jednotlivé příčiny, při kterých vzniká porucha na zařízení, byl využit Ishikawa diagram. Na tomto diagramu nalezneme celkem pět oblastí, které souvisejí s danou výrobní poruchou. V těchto oblastech jsou podrobněji rozebrány jednotlivé faktory, které mohou mít na vznik dané poruchy vliv. Podobu Ishikawa diagramu – porucha svářecího zařízení, nalezneme na obrázku č. 25.



Obrázek 25 Ishikawa diagram – porucha svářecího zařízení (vlastní zpracování)

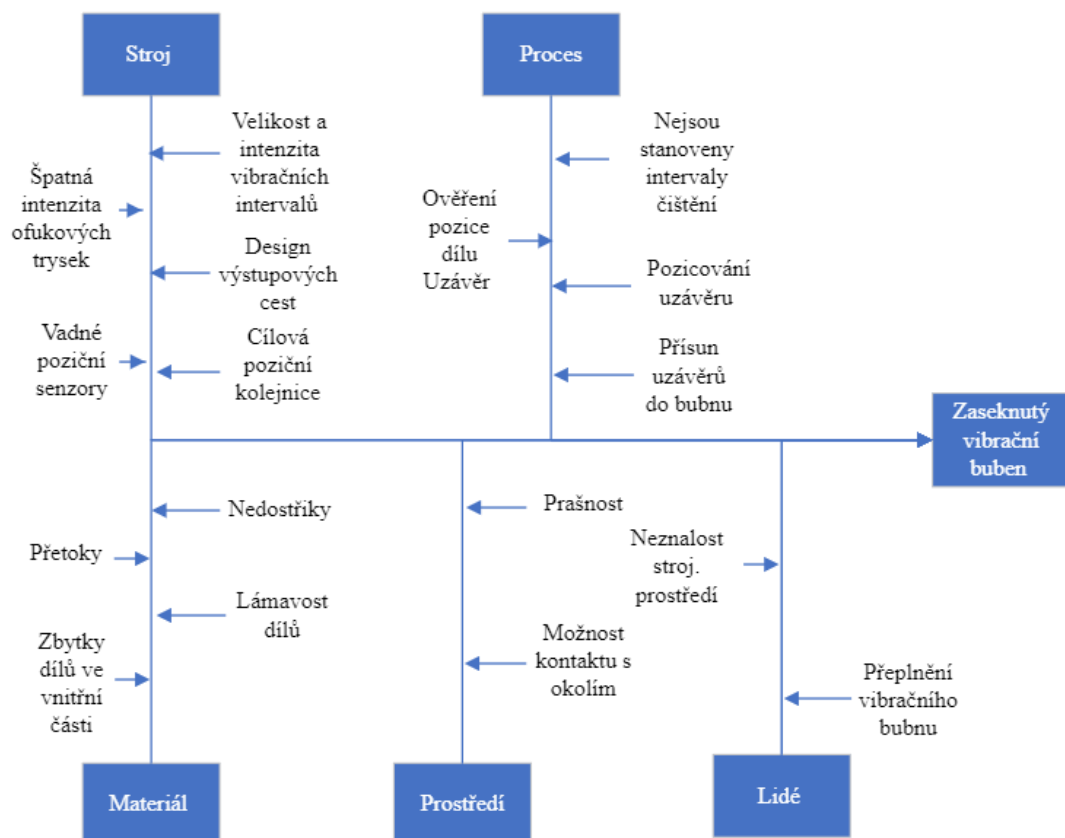
Na uvedeném Ishikawa diagramu můžeme vidět jednotlivé příčiny v daných oblastech, které mohou mít na poruchu svářecího zařízení vliv. U poruch ve strojní oblasti můžeme vidět nejvíce zastoupení v oblasti sonotrod. Jejich poloha, seřízení a čistota mají zásadní vliv na výslednou kvalitu sváru. Pro zajištění pozic a čistoty jednotlivých sonotrod byly vytvořeny údržbové standardy, které stanovují měření velikosti spár mezi nimi. Optimální velikost spáry je 0,4 mm. Toto měření bude prováděno pomocí spároměrky na denním intervalu seřizovačem na příslušné směně. Společně s měřením pozic sonotrod bylo stanoveno také jejich čištění. Pro měření poloh sonotrod bylo stanoveno také měření úchylkoměrem s maximální odchylkou 0,1 mm. Toto měření je prováděno na měsíčním intervalu mechatronikem. Pokud je odchylka větší, je nutné jednotlivé sonotrody seřídít.

V další části Ishikawa diagramu můžeme vidět příčiny týkající se procesní oblasti. Zde je hlavním bodem chybějící pracovní postupy pro opravy a měření jednotlivých parametrů svářecího zařízení. Ve spolupráci s mechatroniky a seřizovači byly vytipovány nejčastější typy poruch. Na tyto typy poruch byly stanoveny postupy, díky kterým je pracovník schopen poruchu odstranit. Pro získání většího podvědomí o strojním prostředí linky budou standardy umístěny u strojního zařízení, aby byly dostupné všem zaměstnancům. Pracovníci, kterých se jednotlivé opravy budou jednat budou o postupech informováni a seznámeni na školení.

10.1.2 Porucha vibračního bubnu

Porucha vibračního bubnu společně s poruchou svářecího zařízení byla nejdéle trvající poruchou v analyzovaném období. Nejvíce možných příčin, které mohou tuto poruchu způsobovat nalezneme ve strojní oblasti. Pohyb uzávěru do koncové pozice pro montáž se odehrává na kovové kolejnici. Po stranách jsou umístěny vzduchové trysky, které umožňují pohyb jednotlivých dílů. Intenzita vzduchu, který umožňuje pohyb uzávěru po kolejnici je pro tento proces klíčová a často je nastavení intenzity těchto trysek řešením problému.

Další příčinou, která může způsobovat poruchu vibračního bubnu je výskyt zbytků výrobků v prostoru vibračního bubnu. Tyto zbytky se zde objevují zejména od vadných výroků nebo díky přetokům nebo nedostřikům, které se mohou na uzávěrech vyskytovat. Pro zajištění čistoty vnitřní části bubnu byl stanoven týdenní interval jeho čištění v odpovědnosti partáka operátorské skupiny. V průběhu výroby na lince XY se také objevily případy, kdy byl vibrační buben přeplněný, a tak nemohl správně vykonávat svoji funkci. Z tohoto důvodu byli operátoři upozorněni, aby kontrolovali počet uzávěrů ve vnitřní části bubnu a přidávali pouze po vhodných dávkách. Podobu Ishikawa diagramu pro tuto poruchu nalezneme na obrázku č. 26.



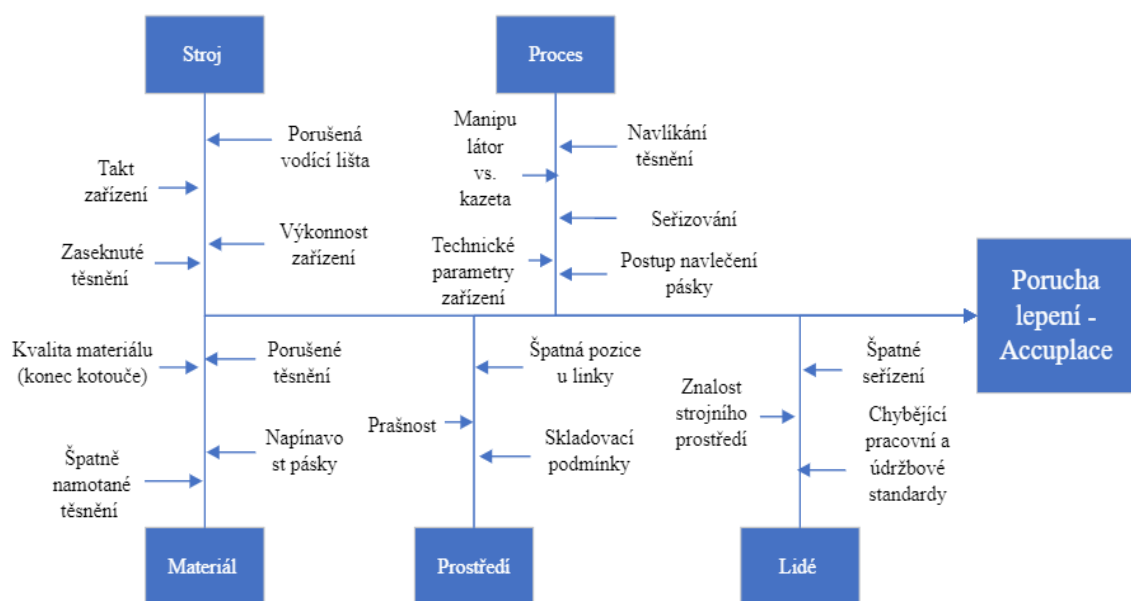
Obrázek 2615 Ishikawa diagram – porucha vibračního bubnu (vlastní zpracování)

10.1.3 Porucha Accuplace

Porucha na zařízení Accuplace další z déle trvajících poruch v analyzovaném období. Na zařízení Accuplace dochází k lepení na těsnění na výrobní komponenty. Těsnění se do přístroje dostává přes návin na kotouči s páskou a nalepeným těsněním. První oblastí, kde můžeme vidět vysoký počet příčin je oblast materiálu. Zde můžeme vidět hlavní příčinu poruchy v namotání pásky na klubko nebo její napínavost a možnost přetrhnutí. Tyto veličiny ovlivňují zejména skladovací podmínky tohoto komponentu. Pokud je páska vystavena vyšším teplotám dochází k její deformaci a její vlastnosti se zhoršují. Pro klubka s namotanými těsněními byly vytvořeny speciální místa ve skladech, kde jsou podmínky pro jejich skladování ideální. Podobu Ishikawa pro tuto poruchu nalezneme na obrázku č. 27.

Správnou pozici pásky ve výrobním zařízení zajišťuje vodící lišta umístěná ve spodní části u manipulátoru. Kvůli nutnosti napnuté pásky při výrobním procesu dochází ke zvýšenému opotřebení lišty v místech styku s páskou a tvorbě rýh. Pro možnost opravy byla vodící lišta zařazena na seznam kritických dílů linky XY.

Z hlediska strojního prostředí můžeme vidět možné příčiny zejména v technickém provedení stroje a nastavení jeho výkonnosti. Při tvorbě Ishikawa diagramu padly názory, že zařízení je poddimenzované a nestíhá nastavený takt linky. Tento návrh byl předán vedoucím pracovníkům, kteří se ním dále zabývají.



Obrázek 27 Ishikawa diagram – porucha zařízení Accuplace (vlastní zpracování)

Z důvodu, že se zařízení Accuplace vyskytuje ještě na dalších dvou automatizovaných výrobních linkách na výrobní hale, bylo dohodnuto s vedoucím výroby, že v případě poruchy Accuplace na lince XY je možnost tyto zařízení vyměnit z dalších dvou linek, pokud budou odstaveny a nebude na nich probíhat výroba.

10.1.4 Pracovní postupy oprav

V této části se bude jednat o chyby které se na lince vyskytují často a jsou zaznamenávány zejména zaměstnanci. Jedná se o chyby, které zastaví provoz linky, avšak kvůli neznalosti operátorů či seřizovačů strojní prostředí a postup opravy, musí zavolat kvalifikovaného pracovníka a tím se zvyšuje délka jednotlivých prostojů.

První část bude zaměřena na operátory. Ti, vzhledem k tomu, že nemají dostatečnou kvalifikovanost nemohou vykonávat zásahy do strojního prostředí. Při součinnosti u analýzy poruch bude snaha o vytipování vadných dílů na lince. Jedná se hlavně o paletky, které se pohybují na dopravníkovém pásu. Pokud se na paletce vyskytuje kaz a nedojde ke správnému uložení jednotlivých komponent, může se stát, že následující operace nebudou provedeny v pořádku a kus bude vadný. Sledování jednotlivých paletek je vhodným úkolem pro operátory z důvodu jejich neustálé přítomnosti v průběhu výrobního procesu. Tyto souboru neslouží pouze k řešení poruch, ale zejména pro seznámení zaměstnanců s jednotlivými poruchami ve strojním prostředí. Podobu tohoto postupu nalezneme v příloze č. IV.

V navazující části se jedná o vytvoření pracovních postupů oprav pro seřizovače. Kvůli nepřetržitému provozu ve výrobě probíhá přeučování zaměstnanců na nové technologie a tento proces je velice náročný. Vzhledem k tomu, že se jedná o linku vázanou ve výrobě, jsou ve spolupráci s mechatroniky vytvářeny také pracovní postupy složitějších oprav, které se na lince často vyskytují. Tyto opravy budou prováděny zejména seřizovači, kteří se na lince vyskytují, avšak nyní nemají dostatečnou znalost o opravách. Ve standardech se bude jednat zejména o postupy pro nastavení robota do domovské pozice pomocí strojního počítače či další pracovní postupy, které se díky jednotlivým ovládacím stanicím vykonávají. Další část, co standardy zahrnují jsou mechanické opravy na jednotlivých částech. Jedná se o postupy pro výměnu přísavek na gripperech robota. Jedná se zejména o nastavení robotů do domovské pozice pro znovu najetí linky či postup na výměnu přísavky na gripperu u robota nebo seřízení polohy válce u stanice založení filmu.

10.1.5 Strojní deník

V návaznosti na poruchovou část byl zjištěn nedostatek ve formě nevidování jednotlivých oprav a jmen pracovníků, kteří danou opravu provedli. Jako operativní řešení tohoto nedostatku byl na lince zaveden strojní deník, kde daní zaměstnanci budou zapisovat charakter prováděné opravy, datum provedení a do příslušného řádku vyplní své jméno. Vzhledem k tomu, že strojní deník bude sloužit zejména pro seřizovače a mechatroniky, je umístěn na začátku montážní linky č. 2 z její vnější části. Podobu umístění strojního deníku nalezneme na obrázku č. 28.



Obrázek 2816 Strojní deník na lince XY (vlastní fotografie)

Jako řešení se strategickým charakterem, které odpovídá požadavkům Lean výroby, bylo zvoleno zavedení strojního deníku v elektronické podobě na strojním tabletu, který se nachází u finální kontroly kvality. Zde byly zahájeny kroky k definování jednotlivých parametrů tohoto deníku, jeho vizuální podoba a proces implementace do tabletu. Do této implementace jsou zapojeny IT oddělení, oddělení údržby a průmyslového inženýrství.

10.2 Autonomní údržba

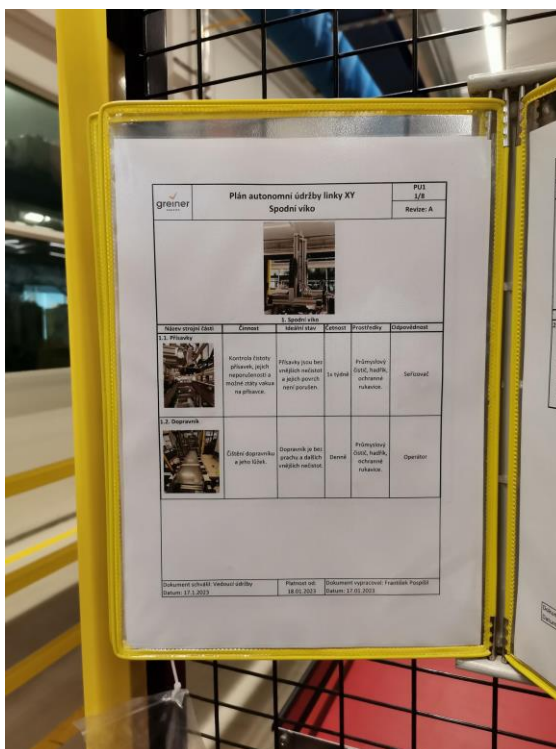
Pro první část projektu byla vybrána tvorba standardů autonomní údržby. Autonomní údržba pokrývá činnosti, které jsou vykonávány na denní bázi a nejsou pracovně složité. Tento druh údržby je významný zejména z pohledu zajištění vhodného výrobního prostředí pro výrobní pracoviště. Na analyzované lince XY nalezneme celkem osm operačních buněk, na kterých bude prováděna autonomní údržba.

Pro činnosti prováděné při autonomní údržbě byly stanoveny dva druhy intervalů – denní, týdenní. Denní interval se týká zejména čištění jednotlivých částí a okolí stroje. Tyto činnosti jsou určeny zejména pro operátory vyskytující se na lince. Týdenní interval je stanoven zejména pro seřizovače. Jedná se o čištění složitějšího charakteru ve vnitřních částech linky anebo na robotických pracovištích, kde má přístup pouze kvalifikovaný personál.

Analýza jednotlivých strojních částí z pohledu autonomní údržby probíhala ve spolupráci s pracovníky externího servisu, kteří prováděli montáž linky. Při provádění servisních prací jim byly kladeny otázky týkající se jednotlivých výrobních pracovišť z pohledu technického vybavení a jeho fungování. U daných dílů byly kladeny doplňující otázky na jeho životnost, druh a způsob opravy nejčastějších problémů daného dílu. Díky podrobným otázkám týkající se daných pracovišť byl vytvořen seznam kontrolních bodů, které budou v autonomní údržbě prováděny. Využití pracovníků servisu je vhodné pro jejich zkušenosti s danými díly, které se na lince nacházejí. Upřesnění formy, vzhledu a umístění standardu na linku XY probíhalo ve spolupráci s oddělením průmyslového inženýrství.

Celkový standard autonomní údržby obsahuje 9 stran včetně úvodu, co autonomní údržba obsahuje, jaké jsou její přínosy a nejčastěji prováděné úkony. Poté následují body jednotlivých výrobních stanic a definované činnosti a prostředky pro umožnění provedení údržby. Standardy autonomní údržby budou umístěny na poslední operátorské stanici, kde probíhá finální kontrola kvality výrobku a jeho balení a také u jednotlivých montážních částí

linky XY, kde bude autonomní údržba prováděna. Ukázku dvou stran tohoto standardu nalezneme v příloze II a umístění standardů na výrobní lince na obrázku č. 29.

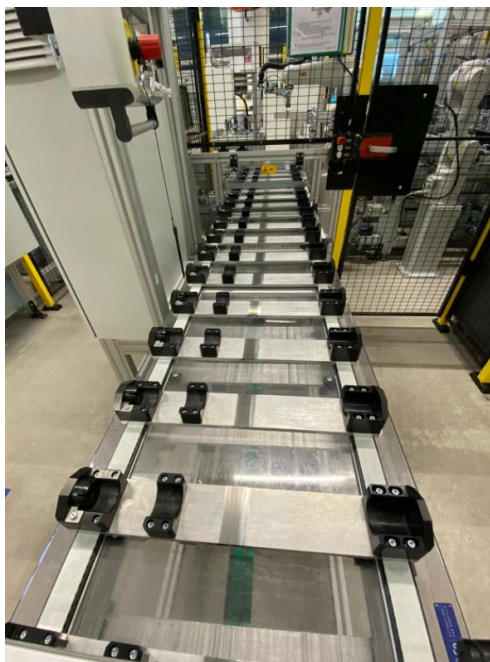


Obrázek 29 Standard autonomní údržby umístěný na lince XY (vlastní fotografie)

10.2.1 Montážní linka č. 1

V první výrobní části linky XY (montážní linka č.1) nalezneme značné množství dopravníkových pásů, které zajišťují transport komponent do výrobního procesu nebo zajišťují pohyb výrobku napříč linkou.

Na bázi denních intervalů bylo stanoveno čištění dopravníkových pásů a palet na jednotlivých operátorských stanicích – založení spodního víka, založení pružiny (obrázek č.30), hlavní dopravníkový pás, stanici založení filmu – vnitřní dopravníkový pás s hotovými díly i vnější pás s kostrou pro film. Pro čištění jednotlivých částí dopravníků mohou zaměstnanci používat vodu s jarovým čističem a hadřík, či koncentrovaný alkohol (složení 70% alkohol, 30% voda).



Obrázek 30 Dopravníkový pás u zakládání pružin (vlastní fotografie)

V týdenních intervalech je zahrnuto zejména čištění přísavek na gripperech mechanických ramen a vizuální kontrola jejich mechanického opotřebení. Toto čištění a kontrolu provádí seřizovači, kteří jsou k lince přidělení.

10.2.2 Svářecí stanice

U svářecí stanice byla stanovena autonomní údržba zejména pro seřizovače. Hlavní částí stanice jsou svářecí sonotrody. V denních intervalech byla stanovena kontrola vzdálenosti mezi jednotlivými spárami sonotrod pomocí „spároměrky“ a čištění vnějšího povrchu sonotrod. Čištění těchto částí je prováděno zředěným alkoholem a hadříkem. Podobu lahve se zředěným alkoholem nalezneme na obrázku č. 31.



Obrázek 31 Lahev se zředěným alkoholem (vlastní fotografie)

Vzhledem k tomu, že u svařecí stanice dochází k manipulaci paletek na hlavních dopravníkových pásech obou výrobních linek, byla zde stanovena kontrola jejich technického stavu a čištění paletek na týdenních intervalech.

10.2.3 Montážní linka č. 2

Na montážní lince č. 2 dochází ke kompletaci komponent na již svařený díl z předešlého pracoviště. Po svaření následuje stanice kontroly kvality výrobku a vadné kusy jsou odejmuty z linky.

Na této montážní lince se vyskytují celkem dva vibrační bubny, které zajišťují přenos jednotlivých komponent k místu montáže. Interval čištění pomocí průmyslového čističe a hadříku byl stanoven na jeden týden. Tento interval bude upřesňován na základě analýzy dat. Podobu vibračního bubnu můžeme vidět na obrázku č. 32. Co se týká přísavek na jednotlivých robotických gripperech, byl zvolen týdenní interval čištění v režii seřizovačů. Na týdenním intervalu bylo zvoleno také čištění přísavek na gripperech jednotlivých robotických ramen. Toto čištění je stanoveno v režii seřizovačů.



Obrázek 32 Vibrační buben s uzavěří (vlastní fotografie)

Body stanovené ve standardech autonomní údržby na analyzované lince XY mají hlavní cíl zajistit bezproblémový chod jednotlivých strojních částí. Jedná se o zejména čištění strojního prostředí a měření definovaných bodů pro prodloužení délky jejich životnosti a umožnění správné funkčnosti.

Pro autonomní údržbu je důležité pravidelné vykonávání. Za účelem kontroly provedení jednotlivých kontrolních bodů ze strany zaměstnanců byl vytvořen záznamový arch, který je umístěn u koncového operátorského stanoviště. Zde zaměstnanci za pomoci svého podpisu potvrdí provedení bodů autonomní údržby na výrobním zařízení. Vedle checklistu se také nachází seznam s kontrolními body celé linky a krátký popis prováděných činností. Pro provádění autonomní údržby je zásadní, aby nesnižovala dostupný čas zařízení pro výrobu, proto je snaha o provádění údržby zejména v neproduktivních časech zařízení. Autonomní údržba bude prováděna zejména na ranních směnách.

Mezi přínosy, které nám stanovení intervalů a bodů autonomní údržby přináší je zejména zajištění vhodných a čistých podmínek na lince XY. Díky stanovení údržbových intervalů jsme schopni zajistit vhodné podmínky pro fungování jednotlivých montážních částí linky. Vhodnými podmínkami je myšleno pracovní prostředí, ve kterém se nenacházejí žádné nečistoty a pro jednotlivé části linky jsou vytvořeny podmínky pro bezproblémový chod. Jednotlivé body autonomní údržby se nacházejí v tabulce č. 3 a jsou vyplňovány seřizovačem, operátorem do příslušných řádků vedlejšího archu.

Tabulka 3 Seznam bodů autonomní údržby (vlastní zpracování)

Název stroje:		Linka XY	Výrobní číslo:			
Stanice	Činnost:	Četnost:	Denně		Týdně	
		Zodpovídá:	Parták	Seřizovač	Parták	Seřizovač
Svářečka	Celková kontrola čistoty svářečky a případné vysátí nečistot.					✓
Svářečka	Celková kontrola čistoty sonotrod a velikosti jejich spáry.			✓		
Spodní víko, pružina, založení filmu	Očištění dopravníků a jeho lůžek.	✓				
Spodní víko, uzávěr, čip	Kontrola čistoty všech přísavek a případné ztráty vakua.					✓
Uzávěr, čip	Čištění vibráků od prachu u dílu Shutter a Cover Crum.					✓
Accuplace	Kontrola funkčnosti čidel pomocí testu "Uvolnění výroby".			✓		
Ozubené kolečko, svářečka	Očištění paletok a jejich lůžek.				✓	
Ozubené kolečko	Čištění pístů u paletok.					✓
Ozubené kolečko	Čištění výsekového nástroje.					✓
Uzávěr	Čištění válečku u Accuplace.					✓

10.3 Řešení redukce rizik v pracovním prostředí

V roce 2023 stanovil podnik v akčním plánu zvýšení bezpečnosti na pracovišti. Vedoucí pracovníci na oddělení výroby si určili jako řešení tohoto cíle implementaci LOTO procedury.

LOTO procedura neboli Lockout/Tagout je postup, který zajišťuje bezpečnostní uzamčení stroje a jeho vizuální označení během opravy, čištění nebo preventivní údržby. Uzamčením stroje je myšleno zabránění náhodnému, nechtěnému spuštění nebo uvolnění energií (elektrina, vzduch, voda) během pracovních úkonů, které by mohly ohrozit pracovníka na zdraví. Hlavními prvky, které vystihují LOTO proceduru jsou visací zámky a další blokanty, které zamezují spuštění stroje nebo určitého druhu energií. Pro odlišení jednotlivých skupin zaměstnanců se využívají zámky různých druhů barev. Pro podnik bylo určeno celkem pět

odpovědnostních skupin, které budou LOTO zámky vlastnit. Vizualizaci jednotlivých pracovních skupin nalezneme na obrázku č. 33.

	Dosypávači
	Seřizovači, mechatronici
	Elektrikáři
	Údržbáři
	Vedoucí údržby a správy budov

Obrázek 33 Rozdělení údržbových oddělení pro LOTO proceduru (vlastní zpracování)
Při implementaci metody LOTO si podnik vybral dva objekty pro pilotní projekt. Prvním z objektů je vstříkolis z důvodu četného výskytu ve výrobě. Protože se v podniku vyskytují také automatizované montážní linky tak jako druhým objektem byla vybrána právě linka XY.

V prvním kroku LOTO metody byla potřeba analyzovat výskyt jednotlivých typů energií, které se na lince vyskytují. Na analyzované lince se vyskytuje elektrická energie a stlačený vzduch, která by mohla způsobit úraz pracovníkovi při prováděných opravách. Následně byly vytvořeny pro postupy pro izolaci jednotlivých zdrojů energie a vývojový diagram situací potřeby zabezpečení zdrojů jednotlivých energií.

Z bezpečnostních prvků, co se nacházejí na lince nalezneme značené množství Total stop tlačítek. Na celém okruhu nalezneme celkem 21 Total stop tlačítek, které při stlačení okamžitě vypnou linku. Tyto tlačítka se nacházejí na jednotlivých operátorských stanicích a vstupních dveřích do vnitřního prostředí linky. Dalším bezpečnostním prvkem jsou speciální kliky na dveřích, u kterých probíhá dvojitě ověření jejich polohy – otevřeno, zavřeno. Při otevření těchto dveří se vysune otvor, do kterého bude vkládán LOTO zámek při jednotlivých opravách.

Z obrázku č. 36. můžeme vidět proces postupu LOTO procedury. Prvotním bodem každé aplikace LOTO procedury je vyvěšení informační cedulky při začátku opravy na stroji. Následují celkem tři další řešení scénáře, které mohou nastat.

Při nedostupnosti náhradních dílů a neschopnosti odstranit danou poruchu musí seřizovač, mechatronik objednat externí servis. Do příjezdu externího servisu odstaví linku od přívodu elektrické energie a tlačítko hlavního vypínače zajistí zámek s vyplněnou visačkou. Tato visačka má žlutou barvu a informuje zaměstnance o odstavení strojního zařízení. V uvedeném případě můžeme vidět vypnutí strojního zařízení od seřizovače. Na žluté

cedulce je uveden důvod odstavení tohoto zařízení a datum provedení. Příklad tohoto uzamčení nalezneme na obrázku č. 34.



Obrázek 34 Izolování zdroje elektrické energie (vlastní fotografie)

Dalším scénářem je dostupnost náhradního dílu. Po dobu každého výskytu opravujícího pracovníka na lince je linka vypnuta a její provoz je přerušen. Na základě zhodnocení rizik a zkušeností dojde k blokaci zdrojů energií, které by mohly způsobit poranění a následnému provedení opravy. Při každém vstupu do vnitřní části výrobní linky musí pracovník projít přes bezpečnostní dveře. Ty jsou vybaveny dvojfázovými bezpečnostními klikami, které umožňují spuštění stroje až po potvrzení odchodu zaměstnance. V rámci oprav se budou umisťovat LOTO zámky s červenými štítky, které informují o probíhající opravě na připravené místo, které se nachází u vstupních dveří. Po provedení opravy dojde k odblokování jednotlivých energetických zdrojů a uvedení linky do provozu.

Z níže uvedeného obrázku můžeme vidět odlišnosti od izolace zdroje energie. Důležitým prvkem je změna informační cedulky. Ta má bíločervenou barvu a informuje zaměstnance o zrovna probíhající opravě. Jsou zde definovány základní informace o opravě jako jméno zaměstnance, druh opravy, datum a čas začátku opravy. Na zadní části kartičky se nacházejí pracovní postupy, které je nutno vykonat pro správnou izolaci. K zabezpečení linky proti spuštění byla využita tzv. Multispona, na kterou je možné umístit více zámků. Při provádění

opravy ze strany více profesí je nutné, aby každý zaměstnanec umístil svůj zámek na izolační místo s multisponou. V daném případě (obrázek č. 35) můžeme vidět spolupráci seřizovače a pracovníka strojní údržby.

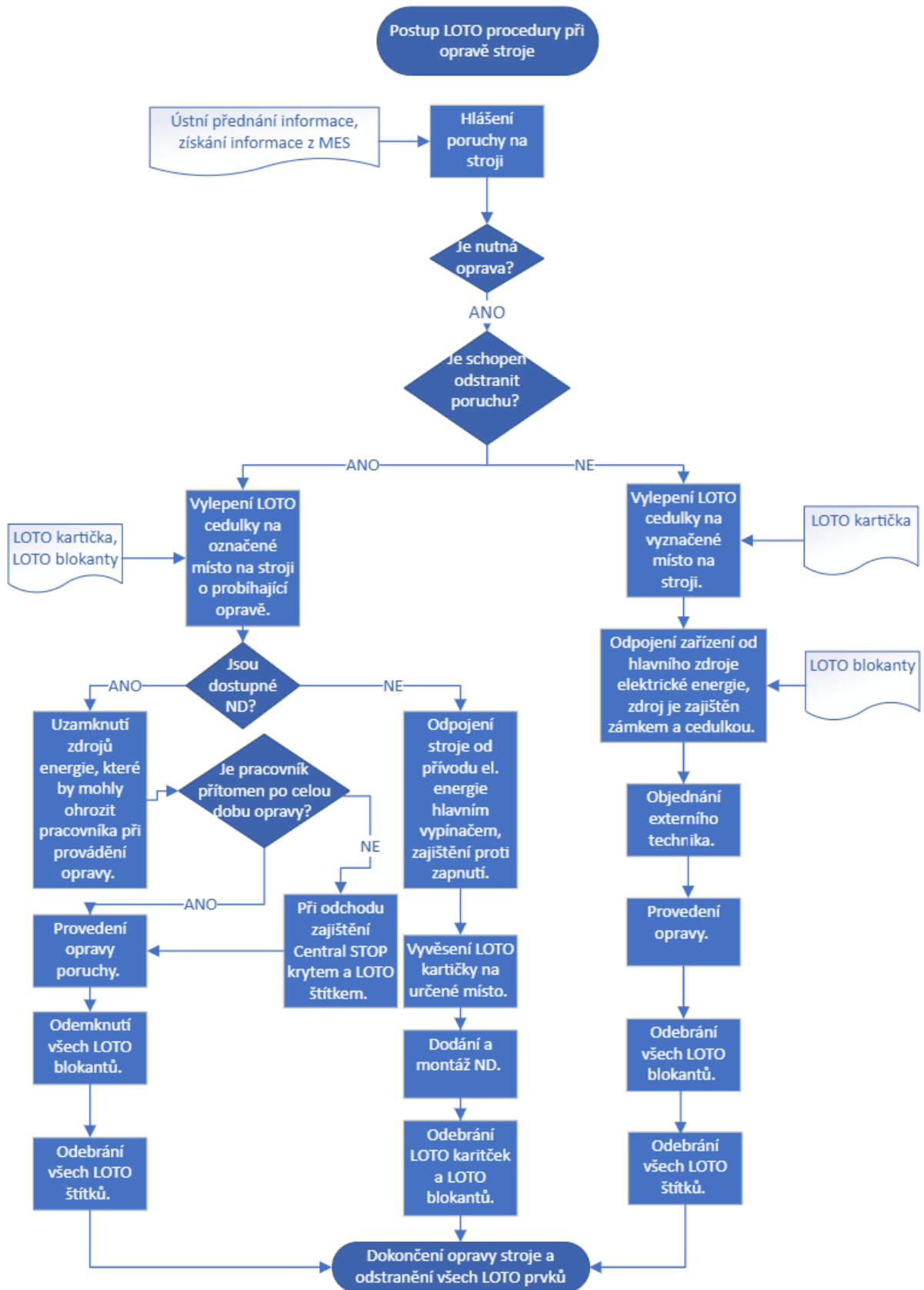


Obrázek 35 Zabezpečení linky XY během probíhající opravy (vlastní fotografie)

Pokud pracovník provádějící opravu nebo údržby stroje musí odejít, je nutné, aby zajistil stlačené Start – stop tlačítko krytem a uzamknul jej zámkem s vyplněnou visačkou. Opětovné spuštění stroje po provedení opravy je možné až po odstranění všech LOTO štítků a LOTO blokantů, které se na daném stroji nacházejí.

Na základě těchto postupů byla vytvořena LOTO směrnice, která udává rozsah působení této procedury, definuje pomocí vizualizace jednotlivé druhy zaměstnanců včetně určení jejich odpovědností a udává teoretický pohled na provádění blokace jednotlivých druhů energií.

Přínosy, které má LOTO metoda pro podnikové prostředí je mnoho. V uvedeném případě se jedná zejména o zamezení spuštění linky, v případě výskytu pracovníka ve vnitřní části i mimo ni. Tuto funkci zajišťují zámky umístěné na bezpečnostních klikách dveří nebo na zdrojích izolované energie. Mezi další přínosy řadíme redukci prvků, které mohou pracovníka při opravě ohrozit, zlepšení vizualizačních prvků oprav a zvýšení bezpečnosti během provádění servisních a údržbových prací.



Obrázek 36 Vývojový diagram LOTO procedury (vlastní zpracování)

10.4 Preventivní údržba

Preventivní údržba v podniku zahrnuje kontrolu stavů jednotlivých mechanických částí linky, ale zahrnuje také další činnosti jako čištění či kontrolní měření. Důležitým faktorem je stanovení délky intervalů provádění bodů preventivní údržby, a to na základě výrobního plánu, provozních podmínek nebo časových intervalech. Pro linku XY byly stanoveny měsíční údržbové intervaly. Preventivní údržbu smí provádět pouze proškolená obsluha – mechatronici a údržbáři, kteří strojnímu prostředí linky rozumí a jsou s jednotlivými standardy obeznámeni.

U analyzované linky XY jsou do preventivní údržby zahrnuty také plány mazání jednotlivých lineárních ložisek a čištění lineárních pojezdů. Lineární ložiska jsou na lince zastoupena v každé manipulační operaci zajišťují pohyb mechanického ramene po lineárním vedení a další pohybové operace. Mazací intervaly byly stanoveny na základě doporučení výrobce jedenkrát za tři měsíce (čtyřikrát ročně). Důvod velikosti tohoto intervalu je snaha o optimální velikost nanesení maziva. Při větším výskytu maziva na lineárních pojezdech dochází k zachycení nečistot a zhoršení povrchových vlastností.

Stanovování samostatných bodů preventivní údržby na lince XY bylo postaveno na odborných znalostech pracovníků podniku, tak pracovníků externího servisu zhotovitele linky. Při vykonávání externího servisu byly pracovníkům kladeny otázky na jednotlivé funkční části linky z pohledu mechanického opotřebení nebo potřeby mazání. Při kontrole jednotlivých bodů je kladen důraz zejména na kontrolu vůle a vizuální kontrolu mechanického opotřebení jednotlivých částí. Tento druh údržby provádí mechatronici. Intervaly provádění bodů preventivní údržby byly stanoveny na tříměsíční (čtyřikrát za rok). Následně budou analyzována data o chodu linky a případných výpadcích. Budou stanoveny nové intervaly údržby na základě strojových hodin, což je přesnější interval než – li kalendářní dny.

Standard pro preventivní údržbu na lince XY má celkový rozsah 12 stran. Podobu vybraných stran nalezneme v příloze č. 3. Tento standard bude sloužit zejména pro mechatroniky a seřizovače na lince. Jedná se celkem o deset částí, kde se provádějí jednotlivé pracovní úkony.

10.4.1 Montážní linka č. 1

Náplň preventivní údržby na této lince bude spočívat zejména ve stanovení vhodných mazacích intervalů lineárních ložisek. Na této části linky dochází k přemísťování jednotlivých komponent na dopravníkový pás, kde probíhá jejich montáž na spodní díl. Všechny mechanická ramena či lineární výtahy jsou umístěny na lineárních ložiscích, které jsou situovány na lineárních pojezdech.

Preventivní údržba na prvním montážním stanovišti, montáž ozubeného kolečka a O – těsnění, je stanovena ve formě mazání lineárních ložisek u karuselového podavače. Při mazání je nutné lineární vedení očistit a až poté pomocí mazací tuby o vhodném průměru provést mazání. Toto mazání je prováděno v tříměsíčních intervalech.

U stanice založení spodního dílu dochází k přemístění spodního dílu na hlavní dopravníkový pás. Tento přesun je zajištěn pomocí mechanických ramen umístěných na lineárních pojezdech. Z tohoto důvodu je zde stanovena kontrola tlaku a vůle jednotlivých pístů a vizuální kontrola mechanického opotřebení. Dalšími body preventivní údržby jsou mazání lineárních ložisek, které se nacházejí u manipulátorů spodního víka, u lineárního výtahu umístěného na začátku dopravníkového pásu linky č. 1. ale také na manipulátoru umístěného nad hlavním dopravníkovým pásem linky. U tohoto manipulátoru je navíc stanoven bod kontroly těsnosti a vizuální kontrola rozvodu stlačeného vzduchu. Podobu lineárního ložiska (červená část uprostřed obrázku č. 37), lineárního vedení a připojení vzduchových hadic na mechanické rameno nalezneme na obrázku pod textem.



Obrázek 37 Zobrazení lineárního pojezdu a lineárního ložiska (vlastní fotografie)

Na dalších stanicích montážní linky jsou v rámci preventivní údržby stanoveny zejména stanoveny body pro mazání jednotlivých lineárních ložisek. Pro stanici zakládání pružiny se jedná o mazání lineárních ložisek na hlavním dopravníkovém pásu a mazání lineárních ložisek na jednotlivých lineárních pojezdech u stanice založení filmu.

10.4.2 Svářecí zařízení

Přesun výrobků na svářecí stanoviště zajišťují dva manipulátory umístěné na lineárních pojezdech. U těchto manipulátorů je důležité z hlediska preventivní údržby zajistit správný chod lineárních ložisek po lineárním vedení. Pro čištění lineárních pojezdů je zvolen lihový čistič a pro mazání jednotlivých ložisek mazací tuba o vhodném průměru s určeným mazivem. Vzhledem k tomu, že se po obou stranách svářecí stanice nacházejí lineární výtahy pro přesun palet na dopravníkovém pásu, je zde zahrnuto také jejich mazání a čištění.



Obrázek 38 Úchylkoměr pro měření odchylek (vlastní fotografie)

U samotného svářecího zařízení (obrázek č. 39) byly zvoleny dva kontrolní body preventivní údržby. První bod zahrnuje čištění lineárních pojezdů a mazání lineárních ložisek pomocí mazací tuby v tříměsíčních intervalech. V týdenním intervalu bylo stanoveno měření rovinnosti svářecích sonotrod. Při takto malých odchylkách se musí pro měření zvolit speciální měřidlo – číselníkový úchylkoměr, který měří odchylky v rámci setin milimetru. Pokud bude odchylka od roviny jednotlivých sonotrod větší než 0,1 mm, je nutno sonotrody seřídít. Podobu úchylkoměru nalezneme na obrázku č. 38.



Obrázek 39 Svářecí zařízení analyzované linky XY (vlastní fotografie)

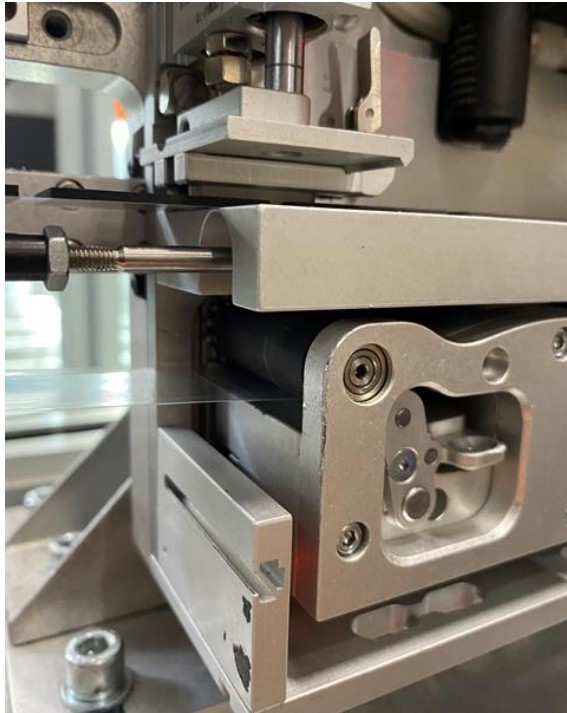
10.4.3 Montážní linka č. 2

Podobně jako na první části linky XY, tak i zde se v rámci preventivní údržby jedná zejména o stanovení mazacích bodů a jejich intervalů provádění.

Po svaření horního a dolního víka na svářecí stanici proběhne kontrola kvality a následný transport výrobku na stanici založení uzávěru. Zde probíhá lepení těsnění na uzávěr a následná montáž na svařený díl. V měsíčním intervalu je stanoveno čištění válců na Accuplace pomocí průmyslového čističe. Dalšími čistícími prvky jsou přísavky na gripperech a lineární ložiska na stanici Accuplace.

Na stanici založení čipu, kde dochází k založení čipu a jeho krytu na toner, jsou tři robotická pracoviště. Z důvodu náročnosti prováděné údržby na těchto robotech je údržba outsourcována a poskytována externím servisem. Jako bod preventivní údržby je zde stanoveno mazání lineárních ložisek, které zajišťují dopravu čipů k robotickým pracovištím. Pro stanici finální kontroly byl stanoven tříměsíční interval mazání lineárních ložisek a dotažení rámových šroubů.

U stanice Accuplace je rovněž stanoveno mazání lineárních ložisek a také čištění válců, které umožňují odebrání zbylé pásky po nalepení těsnění. Toto čištění bylo stanoveno na měsíčních intervalech v odpovědnosti pracovníků údržby. Podobu válců na stanici Accuplace nalezneme na obrázku č. 40.



Obrázek 40 Válce u stanice Accuplace (vlastní fotografie)

Vzhledem k tomu, že preventivní údržbu provádí zejména mechatronici, budou standardy umístěny na sdílený disk oddělení údržby, kde společně s kontrolními body bude umístěn záznamový arch pro potvrzení vykonání jednotlivých kontrolních bodů. Vzhledem k tomu, že standardy jak preventivní, tak autonomní údržby budou umístěny na sdíleném disku, na začátku každého souboru je vytvořena tabulka, kde se po vytvoření základní verze standardů budou evidovat další přidávané kontrolní body a jméno osoby, která ji do standardů zahrnula, aby se zamezilo neshodám a komunikačnímu šumu.

Mezi hlavní přínosy preventivní údržby v podniku můžeme pozorovat zlepšení stavu jednotlivých strojních částí, které vykonávají pohybové činnosti na lince, díky stanovení intervalu mazání jednotlivých lineárních ložisek. Dalším přínosem je zapojení zaměstnanců údržby do tvorby těchto standardů. Mohou se lépe seznámit se strojním prostředím a podílet se na definování kontrolních bodů, které budou následně vykonávat.

10.4.4 Seznam náhradních dílů

Z důvodu neustálého snižování prostojů lince XY byly definovány také kritické náhradní díly, které jsou pro provedení strojních oprav klíčové. Tyto díly byly vytipovány ve spolupráci s jednotlivými pracovníky údržby, kteří na lince XY vykonávají pracovní činnosti a pracovníky zhotovitele linky, kteří prováděli konstrukci, výrobu a montáž linky. Díly byly vybrány na základě zkušeností pracovníků s jejich poruchovostí v jednotlivých strojních

zařizování. Jedná se celkem o 13 náhradních dílů, které musí být při jejich poruše vyměněny za nový kus.

10.5 Prediktivní údržba

Jak již bylo uvedeno v kapitole – Analýza současného stavu, podnik zakoupil přístroj na měření elektrické energie Fluke a ultrazvukový přístroj Sonaphone Pocket. Tyto přístroje byly zakoupeny ale stanovení intervalů nebo podmínek jejich používání stanoveny nebylo. Prvky prediktivní údržby používal již dříve – tribodiagnostika nebo SIS analýza. Tribodiagnostika se zabývá chemickou analýzou olejových kapalin, které se nacházejí na lince. Hlavním cílem tribodiagnostiky je určení chemických prvků, jako železo, hliník, vápník či měď, vyskytujících se v olejové kapalině. Na základě výskytu chemických prvků v kapalině je určen technický stav linky a doporučeny kroky pro zlepšení stavu linky.

SIS analýza se naopak zaměřuje na převodovky jednotlivých robotů, odhaduje délku jejich životnosti a měří zatížení jednotlivých ramen. Tato analýza je prováděna nejmenovanou externí společností. Na lince XY byla prováděna již několikrát a díky jejímu provedení mohly být stanoveny nápravná opatření, které zlepšily stav robotů. Jedním z případů využití SIS analýzy bylo stanovení kořenové příčiny poruchy šestiosého robota na prvním stanovišti linky XY (založení ozubeného kolečka a O – těsnění). Díky provedení SIS analýzy jsme mohli pozorovat zvýšené zatížení na druhém a třetím kloubu robota. Toto zatížení způsobovalo vyšší namáhání robotické brzdy, která tak nefungovala správně. Jako řešení pro snížení hmotnosti tohoto ramene, byly přesunuta kabeláž z tohoto ramene ke spodní části robota a došlo tak ke snížení namáhání těchto robotických kloubů. Výsledky SIS analýzy z tohoto měření nalezneme na obrázku č. 41.

Production line name:	SIS file name:		SisAnalyzer version:			
Customer Robot S/N:	Version Robotware:		SIS extraction date:			
Robot type:	Production time (h): 2685		SIS data reset:			
	Robot duty factor (%): 20,6		Balancing cylinder mileage (m): 0.0			
SIS Data Name	Axis 1	Axis 2	Axis 3	Axis 4	Axis 5	Axis 6
A> Calculated joint duty factor (%)	12,6	18,7	17,5	15,7	17,9	17,8
A> Calculated joint turns (million)	0,181	0,279	0,267	0,283	0,265	0,694
A> Calculated L10h ratio (%)	---	---	---	---	---	---
R> Calculated scaled average speed	0,5	0,7	0,7	0,8	0,7	1,0
R> Calculated scaled average torque	1,19	1,35	1,63	0,77	1,55	4,22
R> Calculated scaled joint duty factor	0,5	0,6	0,6	0,7	0,6	0,7
H> Production time with speed > 80% (%)	0,0	0,2	0,3	0,1	0,0	2,1
H> Production time with max speed (%)	0,0	0,0	0,0	0,0	0,0	0,1
H> Production time with torque > 60% (%)	0,6	13,2	64,1	0,1	0,2	0,6
H> Production time with torque peaks (%)	0,0	0,7	0,9	0,0	0,0	0,1
H> Ratio torque used > 60% max	0,5	10,1	45,8	0,0	0,2	0,5
Calculated joint usage score	Low	VERY HIGH	VERY HIGH	Low	Medium	Medium
Estimated gearbox lifetime range (h)	---	---	---	---	---	---

Obrázek 41 SIS analýza robotického pracoviště na začátku linky (interní zdroje společnosti)

10.5.1 Fluke analyzer

Přístroj na měření elektrické energie Fluke slouží pro měření jednotlivých elektrických veličin v elektrickém obvodu. Jako elektrické veličiny jsou myšleny jednotlivé druhy výkonů (činný, jalový, zdánlivý) [kWh] ale také procentuální zastoupení harmonického zkreslení či velikost odběru elektrické energie [MWh] a jeho následná kalkulace pro aktuální ceny elektrické energie. Přístroj také zaznamenává nečekané události, jako změnu či pokles napětí v elektrické síti.

Princip fungování tohoto přístroje spočívá v napojení na dílčí fáze elektrické energie, kde v zaznamenává elektrické veličiny a jejich hodnoty ukládá je do úložiště. Po odpojení proběhne export dat ze zařízení do počítače a ve speciálním software jsou data vyhodnoceny a vizualizovány. Software také umožňuje export dat do zpráv, dle parametrů jednotlivých standardů, které se v podniku nacházejí. Zpráva obsahuje události, které se udály na jednotlivých fázích, souhrnné výsledky měření frekvencí, odchylky od napětí a procentní zastoupení supraharmónického napětí. Supraharmónické napětí znamená výskyt násobků základní frekvence (50 Hz) napětí, které se vyskytují v elektrické síti. Toto napětí má negativní vliv na chod zařízení a při delším působení může způsobit vážné poruchy. Limit pro supraharmónické napětí je 8 %.

Činný výkon [kW]		A	B
Max.		5,841 kW 03.12.2022 22:24:00	0,0001 kW 12.12.2022 6:44:59
lineární průměr		0,172 kW	-0,352 kW
Min.		-0,0000 kW 12.12.2022 6:44:59	-3,458 kW 05.12.2022 16:19:00
Zdánlivý výkon [kVA]		A	B
Max.		6,238 kVA 03.12.2022 22:24:00	6,244 kVA 03.12.2022 22:24:00
lineární průměr		0,499 kVA	0,500 kVA
Min.		0,0000 kVA 12.12.2022 6:44:59	0,0000 kVA 12.12.2022 6:44:59
Nečinný výkon [kvar]		A	B
Max.		2,769 kvar 04.12.2022 10:28:00	5,236 kvar 03.12.2022 22:24:00
lineární průměr		0,451 kvar	0,342 kvar
Min.		0,0000 kvar 12.12.2022 6:44:59	0,0000 kvar 12.12.2022 6:44:59

Obrázek 42 Ukázka z Fluke software o měření výkonu na dvou fázích (interní zdroje společnosti)

Praktické využití zařízení Fluke na lince XY spočívá v měření proudového zatížení. Zvýšené proudové zatížení může například znamenat opotřebení ložisek elektromotorů. Díky tomuto přístroji a měření elektrického odběru můžeme kvantifikovat změny na výrobním zařízení a tyto změny porovnat. Podobu jednotlivých bodů nacházejících se v software Fluke nalezneme na obrázku č. 42.

Díky souhrnné zprávě ze softwaru Fluke získáme sumarizované výsledky o měření. V této zprávě je obsaženo měření frekvencí, odchylek napětí či měření harmonického napětí. Následně jsou rozepsány samostatné časové intervaly s naměřenými hodnotami. Tyto hodnoty jsou následně porovnány s limitními hodnotami a určeny výsledky porovnání. Výňatek z této zprávy nalezneme na obrázku č. 43.

Hlavním přínosem zapojení tohoto přístroje do výrobního prostředí je možnost analýzy prováděných změn, které jsou těžko měřitelné a neposkytují vhodná data o jejich stavu. Díky možnosti měření jednotlivých veličin elektrické energie jsme schopni kvantifikovat probíhající změny ve vztahu k velikosti odběru elektrické energie a určit technický stav zařízení pomocí měření supraharmonického napětí. Výsledné zprávy, které se exportují z Fluke software sumarizují výstupy jednotlivých měření, jsou k dispozici jednotlivým pracovníkům údržbových oddělení a slouží jako podklad pro budoucí rozhodování stavu výrobního zařízení.

Souhrn

Frekvence	PASS
Pomalé odchylky napětí	PASS
Napětí – harmonické	PASS
Nesymetrie	PASS
Blikání Plt	(není měřeno)
Signalizační síťové napětí	(není měřeno)
Výsledek	PASS

Frekvence

Požadované hodnoty v limitu	99,5% / 100% času, podle normy EN50160:2010
Maximum 99,5% / 100%	+1% / +4% z 50 Hz
Minimum 99,5% / 100%	-1% / -6% z 50 Hz

Výsledky

	99,5% hodnota	100% hodnota
Výsledek	PASS	PASS
% v limitu	100,00%	100,00%
Maximum 99,5% / 100%	50,06Hz (0,12%)	50,08Hz (0,17%)
Čas		10.12.2022 06:03:00
Minimum 99,5% / 100%	49,94Hz (-0,12%)	49,9Hz (-0,20%)
Čas		10.12.2022 20:02:40


Obrázek 43 Ukázka ze zprávy Fluke software o měření na kompresorech (interní zdroje společnosti)

10.5.2 Sonaphone pocket

Dalším zařízením je ultrazvukový přístroj Sonaphone pocket. Tento přístroj je určen zejména pro měření netěsností rozvodů stlačeného vzduchu nebo dalších plynů, tekutin či pomáhá v diagnostice ložisek pomocí vysílání ultrazvukového vlnění. Výsledné hodnoty měření se zobrazují na displeji umístěném na přístroji. Při používání přístroje má operátor na hlavě sluchátka, přes které slyší ultrazvuk na jednotlivých bodech. Pro možnost přenášet zvuk do sluchátek je nutná konverze ultrazvuku do slyšitelného pásma. Tento přístroj disponuje také řadou sond, které nabízejí uživateli různé funkce. Hlavní sondou je bezkontaktní sonda, která se dá připojit přímo na přístroj. Pro zvýšení přesnosti detekce se dá připojit směrná trubice. Další sondy jsou přizpůsobeny k měření ve specifických podmínkách – vlhko, pevné těleso či těžko přístupné prostory.

Pro využití tohoto přístroje v prediktivní údržbě byla stanovena měsíční kontrola jednotlivých částí linky pomocí ultrazvukového přístroje. Byl vytvořen checklist, do kterého se budou zapisovat zjištěné úniky na kontrolovaných bodech a pomocí fotodokumentace doloženo místo úniku s datem nálezu. Následně proběhne oprava, v režii podniku nebo externího servisu, a do checklistu se vloží foto po opravě společně s datem provedení. Tento

system je vhodný z důvodu přehlednosti provedených nápravných opatření. Podobu vzorového záznamového listu pro halu 4 nalezneme na obrázku č. 44.

	Checklist prediktivní údržby - Hala 4 stroje					PU1
						3/4
						Revize: A
Bod kontroly	Únik	Fotka	Hodnota úniku	Kontroloval:	Datum:	Datum opravy
3. Hala 4 - stroje						
88	<input type="checkbox"/>					
87	<input type="checkbox"/>					
86	<input type="checkbox"/>					
85	<input type="checkbox"/>					
E600	<input type="checkbox"/>					
84	<input type="checkbox"/>					
E600	<input type="checkbox"/>					
83	<input type="checkbox"/>					
82	<input type="checkbox"/>					
81	<input type="checkbox"/>					
3. Hala 4 - kompresory						
Kompresor 1	<input type="checkbox"/>					
	<input type="checkbox"/>					
Kompresor 2	<input type="checkbox"/>					

Obrázek 44 Záznamový arch Sonaphone pocket (vlastní zpracování)

Přínosem tohoto přístroje ve výrobním prostředí linky XY je zejména zjištění technického stavu jednotlivých rozvodů určitých typů energií pomocí ultrazvukových vln. Při výskytu poruchového stavu jednotlivých strojních částí detekuje pracovník pomocí zvukového signálu poruchu a provede kroky k odstranění této poruchy. Netěsnosti v přívodech energií jsou pro podniky s nepřetržitým provozem velice nákladné kvůli nepřetržitému vzniku ztrát.

10.6 Zaškolení pracovníků

Pro zavedení jednotlivých projektových cílů do prostředí linky XY je důležité správně informovat zaměstnance o jednotlivých změnách. Školení, která souvisejí s tímto projektem budou celkem tři. První dvě školení se budou týkat standardů preventivní a autonomní údržby. Třetí školení se bude týkat LOTO procedury a jejího průběhu na strojních zařízeních. První dvě školení, autonomní a preventivní údržba, má určené konání v třináctém týdnu. Další školení na LOTO proceduru budou probíhat po skončení projektu.

První školení je určeno na seznámení s body autonomní údržby. Školení je určeno pro operátory obsluhující linku a seřizovače. Tento druh školení probíhal ve dvou dnech, vždy v čase výměny ranní a odpolední směny, pro seznámení operátorů na všech směnách.

Školení se zúčastnili také mistři jednotlivých směn, kterým byly předány komplexnější informace o probíhajícím projektu na lince XY.

Na začátku školení byli zaměstnanci seznámeni s konceptem TPM a pravidly pro autonomní údržby. Následně proběhlo názorné předvedení jednotlivých kontrolních bodů na jednotlivých montážních linkách, demonstrování prováděných aktivit a seznámení se záznamovým archem pro autonomní údržbu.

Další školení bylo zaměřeno na preventivní údržbu na lince XY. Toto školení bylo určeno zejména pro mechatroniky a strojní údržbu obsluhující danou linku. Charakter tohoto školení byl odlišný. Na začátku školení byli zaměstnanci seznámeni s konceptem TPM, ukazateli OEE, TEEP a byly jim předvedeny funkce systému Microsoft Power BI. Zde jim byly vysvětleny jeho základní funkce a oblasti, které jsou z hlediska linky XY podstatné. Jedná se zejména o sestavy se zmetkovitostí, průběhem výrobního času a vývojem ukazatele OEE či detailní data získaná z jednotlivých PLC umístěných na lince XY.

Další část se týkala standardů preventivní údržby a jednotlivých bodů v nich obsažených. S těmito body byli seznámeni a aktivity, které jsou s těmito body spojeny jim byly předvedeny. V poslední části byli seznámeni s intervaly provádění preventivní údržby a bylo jim názorně předvedeno zaznamenávání vykonané údržby do excelového souboru. Pracovníci byli také požádáni o doplňování kontrolních bodů preventivní údržby a postupem jejich přidání do excelového souboru.

10.7 Akční plán pro konečnou realizaci projektu

Pro vylepšení jednotlivých projektových částí byl stanoven akční plán, který popisuje dílčí činnosti, které ještě musí být provedeny. Jedná se zejména o přizpůsobení tabletu pro možnost zobrazení strojního deníku, standardů pracovních postupů, autonomní a preventivní údržby v elektronické podobě. Proto je nutné přizpůsobit jeho prostředí a vytvořit vhodnou strukturu, v jaké budou standardy vizualizovány. Na plnění tohoto úkolu se podílí software inženýr, průmyslový inženýr a vedoucí údržby.

Pro vhodnější a výstižnější vizualizaci poruch vyskytujících se na lince byly vytvořeny návrhy, které by pomohly pracovníkům rychleji získat informace o průběhu a výskytu poruch na jednotlivých strojních částech linky XY. Tento návrh bude konzultován se software inženýrem, se kterým se bude hledat vhodné řešení pro implementaci tohoto zobrazení v systému Microsoft Power BI.

Dalším bodem je schválení potřebné investice pro nákup LOTO vybavení pro jednotlivé výrobní haly. V dnešní době probíhá debata o přesné podobě kusovníku pro jednotlivé haly a zaměstnance. Pro správnou implementaci LOTO procedury z hlediska byrokratického je nutné vytvořit odpovídající směrnici, kterou schválí bezpečnostní pracovník a vedoucí údržby. Vzhledem k tomu, že pochybení při zavedení LOTO metody mají smrtelný charakter je nutné, aby byli zaměstnanci řádně proškoleni. Na podobě a harmonogramu školení se budou spolupracovat vedoucí údržby, bezpečnostní pracovník a vedoucí výroby. Podrobnou podobu akčního plánu nalezneme v tabulce č. 4.

Tabulka 4 Akční plán pro konečnou realizaci projektu (vlastní zpracování)

Činnost	Zodpovědná osoba	Termín
1. Zavedení standardů údržby, strojního deníku do operátorského tabletu	Průmyslový inženýr	červenec 2023
1.1 Vytvoření podmínek pro zavedení	Vedoucí údržby, Průmyslový inženýr, Software inženýr	květen 2023
1.2 Vytvoření programu do tabletu	Software Inženýr	červen 2023
1.3 Stanovení pravidel používání	Vedoucí výroby, vedoucí údržby	červen 2023
2. Zavedení LOTO procedury do výrobního prostředí	Vedoucí údržby, bezpečnostní pracovník	červenec 2023
2.1 Schválení investice do celkového počtu LOTO vybavení	Vedoucí údržby, vedoucí výroby, vedoucí technického úseku	červen 2023
2.2 Schválení směrnice bezpečnostním pracovníkem a vedením společnosti	Bezpečnostní pracovník, vedoucí údržby	červen 2023
2.3 Zaškolení pracovníků do LOTO procedury	Bezpečnostní pracovník	červen 2023
3. Vylepšení systému Power BI	Vedoucí údržby, software inženýr	srpen 2023
3.1 Definování nových parametrů a vizuálů pro potřeby údržby	Vedoucí údržby, software inženýr	červen 2023
3.2 Vytvoření definovaných požadavků	Software Inženýr	červenec 2023
3.3 Zavedení vizuálů	Software Inženýr	červenec 2023

11 ZHODNOCENÍ NAVRHOVANÝCH ŘEŠENÍ

V této části jsou zhodnoceny přínosy jednotlivých bodů, které jsou obsaženy v projektu zavedení metody TPM na lince XY. Jako hlavní přínosy tohoto projektu se dá označit zavedení prvků autonomní, preventivní a prediktivní údržby do prostředí linky XY, zvýšení bezpečnosti pomocí LOTO procedury a zavedení standardů pro pracovní postupy oprav na strojním zařízení.

Při průběhu projektu zavedení metody TPM na lince XY nevznikly žádné nadbytečné náklady. Zaměstnanci se podíleli na projektu během pracovní doby a zařízení pro prediktivní údržbu – Sonaphone pocket a Fluke analyzer nebyly nakupovány v rámci tohoto projektu. V projektu bylo řešeno stanovení intervalu pouze jejich používání. Také náklady spojené s LOTO procedurou se týkají výroby jako celku. Pro momentálně zakoupené vybavení pro pilotní projekty – 4x LOTO zámky, 1x pákový blokant, 1x tlačítkový blokant, 1x multispona a visačky, byla nákupní cena od nejmenovaného dodavatele celkem 7440 Kč.

11.1 Analýza poruchových dat

Pro porovnání stavu před a po nám jako metrika poslouží prostojové hodiny na lince XY. Odhadovaný cíl stanovený projektovým týmem je snížení velikosti prostojových skupin oproti analyzovanému období o 20 %. Vizuelní porovnání jednotlivých období nalezneme na obrázku č. 45. Stav před projektem je zachycen v modrých sloupcích a oranžové sloupce zachycují velikost poruchových hodin po projektu.

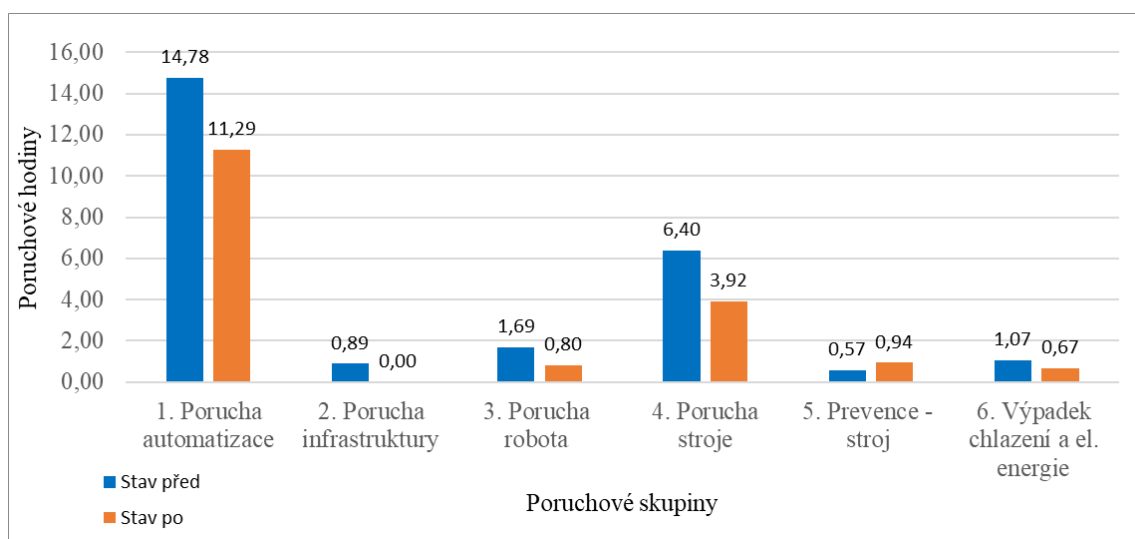
V analyzované období mělo interval jednoho měsíce a ve sloupcovém grafu má oranžovou barvu a jako porovnávací skupina byla využita průměrná doba trvání jednotlivých poruch. Ve sledovaném období můžeme sledovat pokles průměrného trvání poruch automatizace o 24%. Tato porucha má největší vliv na pracovní náplň pracovníků údržby. Poruchy, které se v tomto období objevovaly měly složitější charakter, ale při opravách kratšího trvání byly použity pracovní standardy, které dle informací od pracovníků redukovaly čas opravy díky rychlejšímu nalezení vhodného pracovního postupu. Podrobné údaje o poruchových hodinách v tomto časovém intervalu nalezneme v tabulce č. 5.

Tabulka 5 Analýza poruchových dat (vlastní zpracování)

Název poruchové oblasti	Průměrná doba trvání	Minimální doba trvání	Maximální doba trvání	Směrodatná odchylka	Četnosti	Střední doba opravy
1. Porucha automatizace	11,29	4,92	18,58	5,06	4,00	2,82
2. Porucha infrastruktury	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00	0,00
3. Porucha robota	0,80	0,10	1,79	0,72	3,00	0,27
4. Porucha stroje	3,92	2,95	5,69	1,25	3,00	1,31
5. Prevence - stroj	0,94	0,53	1,54	0,44	3,00	0,31
6. Výpadek chlazení a el. energie	0,67	0,24	1,35	0,48	3,00	0,22

Díky zavedení pochůzek s přístrojem Sonaphone pocket, který byl využit na lince pro detekci úniků stlačeného vzduchu můžeme vidět nulové hodnoty v kategorii porucha infrastruktury. Na základě měření byly stanoveny únikové body, které byly v rámci pracovní doby zaměstnanců opraveny.

I v dalších poruchových skupinách můžeme vidět pokles oproti analyzovanému období. Jedinou skupinou, kde můžeme vidět nárůst poruchových hodin je prevence stroje. Tato porucha znamená provádění úkonů preventivní údržby a její růst má pozitivní charakter.



Obrázek 45 Porovnání průměrného trvání prostojevých hodin (vlastní zpracování)

11.2 Nepeněžní zhodnocení

Tato část popisuje přínosy zavedených návrhů, které nemají finanční charakter, ale mají význam na zlepšení údržby na lince XY. Jedná se o tyto body:

- *Definování odpovědností u provedených oprav* – díky zavedení strojního deníku na lince XY je pro pracovníky jednodušší určení osoby odpovědnou za opravu. Pro všechny pracovníky zúčastněných na chodu linky je důležité vědět jaký byl charakter

opravy a kdo ji provedl z důvodu získání zkušeností a informací o provedené opravě přímo od pracovníka pro možné pozdější využití.

- *Zavedení standardů autonomní údržby* – implementování prvků autonomní údržby mělo za následek zejména zlepšení fungování dopravníkových pásů. Po zavedení čištění pásů zaměstnanci uvedli, že poruchy s nimi spojené se děly s menší četností. Dalším přínosem je zlepšení podvědomí o strojním prostředí linky u jednotlivých zaměstnanců. Díky seznámení s prvky autonomní údržby mohli proniknout lépe do fungování dílčích strojních částí linky XY.
- *Vytvoření standardů preventivní údržby* – preventivní údržba a její vykonávání je určeno zejména pro mechatroniku a seřizovače na lince XY. Ti ocenili podobu standardů zejména pro zrychlení procesu hledání dílčích kontrolních částí. Díky seznamu kritických náhradních dílů také mohli rychleji provést jednotlivé opravy bez nutnosti čekat na náhradní díl a hledat náhradní řešení pro zprovoznění linky.
- *Implementace LOTO procedury* – vzhledem k tomu, že neproběhlo oficiální školení pro tuto proceduru v podnikovém měřítku, ale byli s ní seznámeni pouze mechatronici a seřizovači na lince XY, jedná se o subjektivní pocity. Ti uvedli, že se cítí bezpečněji při práci ve vnitřních částech linky kvůli zamezení jejího spuštění pomocí zámku umístěného na klice bezpečnostních dveří.
- *Zavedení standardů pracovních postupů* – tyto dokumenty slouží zejména pro seřizovače a mechatroniky. Kvůli jejich zaškolení na jednotlivých halách jsou tyto standardy vhodným prostředkem pro zrychlení jejich školení díky fotodokumentaci jednotlivých oprav.
- *Stanovení využívání přístrojů prediktivní údržby* – z hlediska linky XY a pravidelnějšího využívání je přínosem přístroj Sonaphone pocket. Ten dokáže měřit netěsnosti na rozvodech stlačeného vzduchu, určit místo vzniku a následnou opravou eliminovat ztráty, které jsou v podnicích s nepřetržitým provozem v dlouhodobém časovém intervalu vysoké.

11.3 Výstupní audit

Pro porovnání stavu linky XY po zavedení jednotlivých projektových cílů byl proveden audit, který měl podobnou strukturu jako vstupní, který nalezneme v analytické části.

Účastníky tohoto auditu byl vedoucí údržby a autor diplomové práce. Podobu výstupního auditu nalezneme v příloze č. VII.

Hlavním rozdílem v provedených auditech je hodnocení u stavu preventivní a autonomní údržby. Vzhledem k tomu, že hodnotící škála byla použita stejná jako u vstupního auditu, hodnocení těchto bodu není nejlepší. Důvodem tohoto hodnocení je možnost zavedení standardů v elektronické podobě do operátorského tabletu či dalšího zařízení, které by umožňovalo jejich zobrazení pro zaměstnance. Výhodou tohoto zavedení je eliminace papírové dokumentace v prostředí linky.

Dalšími body, kde vidíme možnost pro zlepšení je komunikace mezi strojem a personálem. Jedná se zejména o přizpůsobení prostředí v systému Power BI. Po konzultaci s pracovníky byl vytvořen návrh, který by lépe vizualizoval chyby získávané z jednotlivých PLC, které se nacházejí na lince. Pro údržbu jako oddělení by také bylo vhodné sledování specifických ukazatelů výkonnosti jako mezní dobu mezi opravami či střední dobu oprav. Tyto ukazatele nejsou v sestavách tohoto systému zahrnuty a jejich vyhodnocování by mohlo pomoci v lepším hodnocení výkonnosti údržby jako celku. Návrh byl předán pracovníkům IT oddělení, se kterými se bude dále spolupracovat.

ZÁVĚR

Cílem této diplomové práce bylo zavedení metody TPM na lince XY ve vybraném podniku, který se zabývá plastikářským průmyslem. Tento cíl byl za přispění všech zúčastněných zaměstnanců splněn. Diplomová práce je rozdělena do tří hlavních částí teoretická, analytická a projektová část.

V teoretické části jsou uvedeny odborné poznatky o nových přístupech ve výrobním prostředí, které jsou rozděleny do pěti kapitol. V první kapitole nalezneme úvod do průmyslového inženýrství a Lean systému. Druhá kapitola se zabývá údržbou a jejím vztahem k podnikovému prostředí. Jsou zde uvedeny její základní přístupy k provádění a její vývojové etapy. Na vývojové etapy navazuje kapitola o metodě Total Productive Maintenance, která se stává pro dnešní podniky nezbytnou. Tato metoda je postavena na pilířích, které umožňují zlepšení procesů údržby a zapojují všechny zaměstnance do jejích procesů. V návaznosti na provádění údržby je nutné dbát na bezpečnost. LOTO procedura zajišťuje bezpečné pracovní pomoci izolace zdrojů energie, které by mohly pracovníka při výkonu ohrozit. Poslední část se věnuje projektovému řízení a metodám, které se v projektech používají.

Na základě poznatků z teoretické části byla vytvořena praktická část diplomové práce. V úvodu této práce je představení vybrané společnosti, její organizační struktura, historie a produktové portfolio. Na tuto část navazuje kapitola analýza současného stavu, které popisuje vybranou linku XY a oddělení údržby. V této kapitole je zahrnuta analýza proustojových skupin za určité období a výsledky z auditu, který byl prováděn na lince za účelem analyzování jejího současného stavu a na základě zjištěných nedostatků stanovit cíle pro projektovou část diplomové práce.

Třetí část diplomové práce týkala projektu na Zavedení metody TPM na lince XY. V úvodu jsou definovány projektové náležitosti jako cíle definované dle metody SMART a výstupů z auditu. V této kapitole je uveden také časový harmonogram dílčích částí projektu a jeho logický rámec. V projektové části jsou řešeny nedostatky stanové z analytické části, které jsou na jejím konci zhodnoceny dle daných kritérií.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

AHMED, Assem Khalaf, Abdel Nasser H. ZAIED a Riham HAGAG, Using Data Mining Techniques to improving Key Performance Indicators. 2nd International Mobile, Intelligent, and Ubiquitous Computing Conference (MIUCC), Mobile, Intelligent, and Ubiquitous Computing Conference (MIUCC), 2022 2nd International [online], p. 63-68 [cit. 2023-04-03], 2022, ISBN 9781665466776, dostupné z: doi:10.1109/MIUCC55081.2022.9781743

ARTHUR, Will et al., A Practical Guide to TPM 2.0: Using the New Trusted Platform Module in the New Age of Security, p. 1-5, 2015, ISBN 978-1430-2658-32, dostupné z: doi:10.1007/978-1-4302-6584-9_1

BAKKITHA, Nabil E., Condensed Handbook of Measurement and Control. 4th Edition. International Society of Automation, 2018, ISBN 978-1-5231-1777-2, dostupné také z: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsknv&an=edsknv.kpCHMCE011&scope=site>

BARBIERI-SILVA, Stephano, Alberto FLORES-PEREZ a Jose C. ALVAREZ, TPM, SMED and 5S model to increase efficiency in an automated production line for a company in the food sector. 2022 Congreso Internacional de Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI), Innovación y Tendencias en Ingeniería (CONIITI), 2022 Congreso Internacional de [online], p. 1-5, [cit. 2023-03-22], 2022, ISBN 978-1-6654-6525-0, ISSN 2539-4320, dostupné z: doi:10.1109/CONIITI57704.2022.9953721

BIBLE, Michael J. a Susan S. BIVINS, Project Interface Management: Reducing Risk on Major Projects [online]. U.S.A: J. Ross Publishing [cit. 2023-03-26], 2019, ISBN 978-1-5231-1998-1, dostupné z: <https://lccn.loc.gov/2018025761>

BRAU, Sebastian J., Lean manufacturing 4.0: the technological evolution of lean: practical guide on the correct use of technology in lean projects Kanban, 5S, TPM, Kaizen, VSM, 6Sigma, SMED OEE, Hoshin Kanri, Gemba, JIT, TPS, PDCA... Boca Raton: American Lean SD, 2016, 132 s. ISBN 978-15-393-2294-8.

DARLING, Peter, SME mining engineering handbook [online]. Society for Mining, Metallurgy, and Exploration [cit. 2023-04-04], 2023, 1840 p., ISBN 978-0-87335-485-1, dostupné z: http://worldcat.org/search?q=on:UKMMM+https://icon.iom3.org/cgi-bin/koha/oai.pl+DCG_ENTIRE_REPOSITORY+CNTCOLL

DELPLA, Victor et al., Towards intelligent manufacturing system safety strategies: Generating LockOut/TagOut sheets by Machine Learning – a case study. IFAC PapersOnLine [online]. **55**(10), p. 1001-1006 [cit. 2023-03-23], 2022, ISSN 2405-8963, dostupné z: doi:10.1016/j.ifacol.2022.09.493

PASCAL, Dennis a John SHOOK, Lean production simplified: a plain-language guide to the world's most powerful production system. Third edition. Boca Raton: CRC Press, Taylor & Francis Group, 2016, 223 s. ISBN 978-1-4987-0887-6.

DEWI, Luciana Triani, Investigation of Lockout/Tagout Procedure Failure in Machine Maintenance Process. Jurnal Teknik Industri [online]. **20**(2), p. 135-140 [cit. 2023-03-23], 2018, ISSN 1411-2485, dostupné z: doi:10.9744/jti.20.2.135-14

DREWNIAK, R. a Z. DREWNIAK, Improving business performance through TPM method: The evidence from the production and processing of crude oil. PLoS ONE [online]. **17**(9) [cit. 2023-03-16], 2022, ISSN 1932-6203, dostupné z: doi:10.1371/journal.pone.0274393

FURCH, Jan a Zdeněk KROBOT, Trends in Predictive and Proactive Maintenance of Motor Vehicles. Acta Universitatis Agriculturae et Silviculturae Mendelianae Brunensis [online]. Mendel University Press, **68**(2), p. 311-322 [cit. 2023-03-25], 2020, ISSN 1211-8516, dostupné z: doi:10.11118/actaun202068020311

FURMAN, Daniel J. a Tomasz MAŁYSA, Autonomous Maintenance (AM) in the Aspect of Improvement Work Safety in the Steel Sector in Poland. Metalurgija [online]. **61**(3/4), p. 848-851 [cit. 2023-03-21], 2022, ISSN 0543-5846, dostupné z: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=a9h&an=160083909&scope=site>

GEURTSSEN, Michael et al., Production, maintenance and resource scheduling: A review. European Journal of Operational Research [online]. **305**(2), p. 501-529 [cit. 2023-03-21], 2023, ISSN 0377-2217, dostupné z: doi:10.1016/j.ejor.2022.03.045

GUARIENTE, P. et al., Implementing autonomous maintenance in an automotive components manufacturer. Procedia Manufacturing [online]. **13**, p. 1128-1134 [cit. 2023-03-21], 2017, ISSN 2351-9789, dostupné z: doi:10.1016/j.promfg.2017.09.174

GULATI, Ramesh, Maintenance and Reliability Best Practices. 3rd Edition. U.S.A: Industrial Press, 2021, ISBN 978-1-5231-4109-8, dostupné také z: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsknv&an=edsknv.kpMRBPE012&scope=site>

GURTU, Amulya a Rajesh Kumar SINGH, Prioritizing success factors for implementing total productive maintenance (TPM). *Journal of Quality in Maintenance Engineering* [online]. Emerald, (28), p. 810-830 [cit. 2023-03-16], 2021, ISSN 1355-2511, dostupné z: doi:<https://doi.org/10.1108/jqme-09-2020-0098>

HASSAN, Muhammad, Marcus SVADLING a Niclas BJÖRSELL, Experience from implementing digital twins for maintenance in industrial processes. *Journal of Intelligent Manufacturing* [online]. Springer US, p. 1-10 [cit. 2023-03-20], 2023, ISSN 0956-5515, dostupné z: doi:[10.1007/s10845-023-02078-4](https://doi.org/10.1007/s10845-023-02078-4)

HOWELL, Marvin T. a Fadi ALSHAKHSHIR, *Data Driven Energy Centered Maintenance*. 2nd Edition. U.S.A: River Publishers, 2021, ISBN 978-1-5231-3877-7, dostupné také z: <https://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpDDECME08/data-driven-energy-centered/data-driven-energy-centered?kpromoter=federation>

CHROMJAKOVÁ, Felicita, *Průmyslové inženýrství: trendy zvyšování výkonnosti štíhlým řízením procesů*. Žilina: Georg, 2013, 116 s. ISBN 978-80-8154-058-5.

KALPANDE, Shyamkumar D. a Latit K. TOKE, Reliability analysis and hypothesis testing of critical success factors of total productive maintenance. *International Journal of Quality and Reliability Management* [online]. Emerald Publishing, **40**(1), p. 238–266, [cit. 2023-03-16], 2023, ISSN 0265-671X, dostupné z: doi:[10.1108/IJQRM-03-2021-0068](https://doi.org/10.1108/IJQRM-03-2021-0068)

KAY, John A. a George K. SCHUSTER, Enhanced Productivity With Lockout/Tagout Alternatives: Exploring Alternative Protective Measures. *IEEE Industry Applications Magazine* [online]. **26**, p. 32-38 [cit. 2023-03-22], 2020, ISSN 1558-0598, dostupné z: doi:[10.1109/mias.2020.2981096](https://doi.org/10.1109/mias.2020.2981096)

KHAN, Samir et al., On the requirements of digital twin-driven autonomous maintenance. *Annual Reviews in Control* [online]. **50**, p. 13-28 [cit. 2023-03-20], 2020, ISSN 1367-5788, dostupné z: doi:[10.1016/j.arcontrol.2020.08.003](https://doi.org/10.1016/j.arcontrol.2020.08.003)

KIRAN, Dookhony R., *Production Planning and Control – A Comprehensive Approach* [online]. Elsevier [cit. 2023-03-26], 2019, ISBN 978-0-1281-8937-5, dostupné z: [10.1016/C2018-0-03856-6](https://doi.org/10.1016/C2018-0-03856-6)

KIRAN, Dookhony. R., *Principles of economics and management for manufacturing engineering* [online]. Butterworth-Heinemann [cit. 2023-04-04], 2022, ISBN 978-0-323-99863-5, dostupné z: [10.1016/B978-0-323-99862-8.09985-4](https://doi.org/10.1016/B978-0-323-99862-8.09985-4)

KOSE, Yildiz et al., Axiomatic design for lean autonomous maintenance system: An application from textile industry. *International Journal of Lean Six Sigma* [online]. [cit. 2023-03-21], 2022, ISSN 2040-4166, dostupné z: doi:10.1108/IJLSS-01-2022-0020

LACKO, Branislav, Systémový a procesní přístup v metodě RIPRAN. *Acta Informatica Pragensia* [online]. 6(1), s. 86-93 [cit. 2023-04-13], 2017, dostupné z: doi:10.18267/j.aip.102

LEGÁT, Václav, Management a inženýrství údržby. Druhé doplněné vydání. Praha: Kamil Mařík – Professional Publishing, 2016, 622 s., ISBN 978-807-4311-635.

LOCKOUT/TAGOUT: ASSP Supports Reopening OSHA's Rulemaking, *Professional Safety* [online]. 64(10), p. 25 [cit. 2023-03-23], 2019, ISSN 0099-0027, dostupné z: <https://www.jstor.org/stable/48689814>

LUCA, Liliana, Minodora PASARE a Alin STANCIOIU, Study to Determine a New Model of the Ishikawa Diagram for Quality Improvement. *Fiability* [online]. (1), p. 249-254 [cit. 2023-03-26], 2017, ISSN 1844-640X, dostupné z: <https://doaj.org/article/eb2cd606e5ed445f94dd38109c467394>

MIKKELSEN, Hans a Jens O. RISS, 2017. *Project Management: A Multi-Perspective Leadership Framework* [online]. United Kingdom: Emerald Publishing [cit. 2023-04-04], 2017, ISBN 978-1-78743-266-6, dostupné z: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=nlebk&an=1549784&scope=site>

MOHAN, T. Roosefert, Preetha J. ROSELYN a Annie R. UTHRA, Anomaly Detection in Machinery and Smart Autonomous Maintenance in Industry 4.0 During Covid-19. *IETE JOURNAL OF RESEARCH* [online]. 6(68), p. 1-13 [cit. 2023-03-21], 2022, ISSN 0377-2063, dostupné z: doi:10.1080/03772063.2022.2101556

NISSOUL, Hakim et al., Impact of maintenance 4.0 on the performance of the production function: Application to the automotive industry in Morocco. 2020 5th International Conference on Logistics Operations Management (GOL), *Logistics Operations Management (GOL)*, 2020 5th International Conference [online], p. 1-5 [cit. 2023-03-25], 2020, ISSN 978-1-7281-6425-0, dostupné z: doi:10.1109/GOL49479.2020.9314737

OGRODNIK, Peter, 2020. *Medical Device Design - Innovation from Concept to Market*. 2nd Edition. United Kingdom: Elsevier, 2020, 541 p., ISBN 978-0-1281-4963-8.

ONDRA, Pavel, The Impact of Single Minute Exchange of Die and Total Productive Maintenance on Overall Equipment Effectiveness. *Journal of Competitiveness* [online]. **14**(2), p. 113-132 [cit. 2023-03-16], 2022, ISSN 1804-171X, dostupné z: doi:10.7441/joc.2022.03.07

QUIROZ-FLORES, Juan. C. a Melanie L. VEGA-ALVITES, Review Lean Manufacturing Model of Production Management Under the Preventive Maintenance Approach to Improve Efficiency in Plastics Industry SMES: A Case Study, *South African Journal of Industrial Engineering* [online]. **33**(2), p. 143-156 [cit. 2023-03-17], 2022, ISSN 1012-277X, dostupné z: doi:10.7166/33-2-2711

REYNOSO, David Huertas, Maintenance 4.0 Applied To The Condition Analysis Of Rotating Electrical Engines: A Work in Progress. *2022 IEEE Integrated STEM Education Conference (ISEC), Integrated STEM Education Conference (ISEC)* [online], p. 423-425 [cit. 2023-04-04], 2022, ISSN 978-1-6654-8429-9, dostupné z: doi:10.1109/ISEC54952.2022.10025130

ROSE, Kenneth H., *Project Quality Management, Third Edition: Why, What and How* [online]. 3rd Edition. J. Ross Publishing [cit. 2023-04-04], 2022, 240 p., ISBN 978-1-5231-4849-3.

SAHOO, Dr. Trinath, *Machinery Lubrication and Reliability* [online]. U.S.A: Industrial Press [cit. 2023-03-24], 2020, ISBN 978-0-8311-3638-3, dostupné z: https://app.knovel.com/kn/resources/kpMLR00011/toc?q=reactive%20maintenance&facet_expanded=concept&include_synonyms=no&q=reactive%20maintenance&sort_on=default

SKOOGH, Anders a Nihan CETIN, 2018. *Prediction of Industry 4.0's Impact on Total Productive Maintenance Using a Real Manufacturing Case* [online]. Springer International Publishing [cit. 2023-04-04], 2018, ISSN 978-3-319-92266-9, dostupné z: doi:10.1007/978-3-319-92267-6_11

STANLEY, Rodney, Samuel YAMIN a Min XI, Self-audit of lockout/tagout in manufacturing workplaces: A pilot study. *American Journal of Industrial Medicine* [online]. **60**(5), p. 504-509 [cit. 2023-03-23], 2017, ISSN 0271-3586, dostupné z: doi:10.1002/ajim.22715

SUTTON, Ian, *Plant Design and Operations (2nd Edition)*. United Kingdom: Elsevier, , 2017, ISBN 978-0-12-812884-8. Dostupné také z: <https://search.ebscohost.com/login.aspx?direct=true&db=edsknv&an=edsknv.kpPDOE0001&scope=site>

SVOZILOVÁ, Alena, *Projektový management*. Třetí vydání, Praha: Grada, 2016, 424 s. ISBN 978-80-271-0075-0.

SVOZILOVÁ, Alena, *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 2011, 232 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

TPM Total Productive Maintenance

OEE Overall Equipment Effectiveness

PLC Programovatelný logický automat

LOTO Lock Out Tag out

Et al. A jiní autoři

Microsoft Power BI Microsoft Power Bussines Intelligence

MTTR Meantime to Repair

MTBR Meantime Between Failures

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1	Etapy průmyslové revoluce (vlastní zpracování dle Nissoul et al., 2020)	14
Obrázek 2	Ishikawa diagram (vlastní zpracování dle Ogrodnik, 2020)	35
Obrázek 3	Ganttův diagram (vlastní zpracování dle Kiran, 2019)	36
Obrázek 4	Vývojový diagram software vývoje (vlastní zpracování dle Svozilové, 2016)	37
Obrázek 5	Histogram měření hladiny lahví (vlastní zpracování)	38
Obrázek 6	Hierarchie vrcholného vedení společnosti (interní zdroje společnosti)	41
Obrázek 7	Graf počtu zaměstnanců za sledovaná období (vlastní zpracování)	41
Obrázek 8	Počty vstřikolisů dle velikostí komor [cm ³] (vlastní zpracování)	43
Obrázek 9	Počty vstřikolisů dle velikosti uzavíracích sil (vlastní zpracování)	44
Obrázek 10	Vstřikolis používaný ve výrobě (interní zdroje společnosti)	45
Obrázek 11	Hierarchie technického úseku společnosti (interní zdroje společnosti)	46
Obrázek 12	Ukázka výsledků SIS analýzy (interní zdroje společnosti)	48
Obrázek 13	Graf celkových prostojů za sledované období (vlastní zpracování)	49
Obrázek 14	Layout analyzované linky XY (interní zdroje společnosti)	51
Obrázek 15	Paletka na hlavním dopravníkovém pásu linky č. 1 (vlastní fotografie).....	52
Obrázek 16	Stanice založení spodního víka a pružiny – operátorská stanoviště (vlastní fotografie)	53
Obrázek 17	Stanice založení filmu (vlastní fotografie).....	54
Obrázek 18	Prostřední část linky obsluhována mechanickým ramenem na lineárních pojezdech (vlastní fotografie)	55
Obrázek 19	Montážní linka č. 2 (vlastní fotografie).....	56
Obrázek 20	Vývojový diagram průběhu opravy poruchy (vlastní zpracování).....	57
Obrázek 21	Ukázka ze systému PowerBI (interní zdroje společnosti).....	58
Obrázek 22	Graf poruchových hodin na lince XY za období srpen, září, říjen 2022 (vlastní zpracování).....	62
Obrázek 23	Harmonogram projektu (vlastní zpracování)	72
Obrázek 24	Legenda RIPRAN analýzy (vlastní zpracování)	73
Obrázek 25	Ishikawa diagram – porucha svářečského zařízení (vlastní zpracování).....	77
Obrázek 26	Ishikawa diagram – porucha vibračního bubnu (vlastní zpracování).....	78
Obrázek 27	Ishikawa diagram – porucha zařízení Accuplace (vlastní zpracování)	79
Obrázek 28	Strojní deník na lince XY (vlastní fotografie).....	81
Obrázek 29	Standard autonomní údržby umístěny na lince XY (vlastní fotografie)	83
Obrázek 30	Dopravníkový pás u zakládání pružin (vlastní fotografie).....	84
Obrázek 31	Lahev se zředěným alkoholem (vlastní fotografie).....	85
Obrázek 32	Vibrační buben s uzávěry (vlastní fotografie).....	86

Obrázek 33 Rozdělení údržbových oddělení pro LOTO proceduru (vlastní zpracování) ...	88
Obrázek 34 Izolování zdroje elektrické energie (vlastní fotografie)	89
Obrázek 35 Zabezpečení linky XY během probíhající opravy (vlastní fotografie)	90
Obrázek 36 Vývojový diagram LOTO procedury (vlastní zpracování)	91
Obrázek 37 Zobrazení lineárního pojezdu a lineárního ložiska (vlastní fotografie)	94
Obrázek 38 Úchylkoměr pro měření odchylek (vlastní fotografie).....	95
Obrázek 39 Svářecí zařízení analyzované linky XY (vlastní fotografie)	96
Obrázek 40 Válce u stanice Accuplace (vlastní fotografie)	97
Obrázek 41 SIS analýza robotického pracoviště na začátku linky (interní zdroje společnosti)	99
Obrázek 42 Ukázka z Fluke software o měření výkonu na dvou fázích (interní zdroje společnosti)	100
Obrázek 43 Ukázka ze zprávy Fluke software o měření na kompresorech (interní zdroje společnosti)	101
Obrázek 44 Záznamový arch Sonaphone pocket (vlastní zpracování).....	102
Obrázek 45 Porovnání průměrného trvání prostojevých hodin (vlastní zpracování).....	106

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Výsledky analýzy poruch za vybrané období srpen až říjen 2022 (vlastní zpracování).....	60
Tabulka 2 RIPRAN analýza (vlastní zpracování).....	74
Tabulka 3 Seznam bodů autonomní údržby (vlastní zpracování).....	87
Tabulka 4 Akční plán pro konečnou realizaci projektu (vlastní zpracování).....	104
Tabulka 5 Analýza poruchových dat (vlastní zpracování)	106

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Auditní list TPM

Příloha P II: Standard autonomní údržby

Příloha P III: Standard preventivní údržby


Příloha P IV: Pracovní postupy oprav poruch zaměstnanců

Příloha P V: Datová analýza prostojových skupin

Příloha P VI: Logický rámec projektu

Příloha P VII: Výstupní audit linky XY

PŘÍLOHA P I: AUDITNÍ LIST TPM

	Vstupní TPM audit stroje	PU1 1/2
		Revize: A
1. Číslo stroje <i>Linka XY</i>	2. Počet PLC 8	
3. Počet obsluhujícího personálu 4+ 2	4. Datum provedení checklistu 8.12.2022	


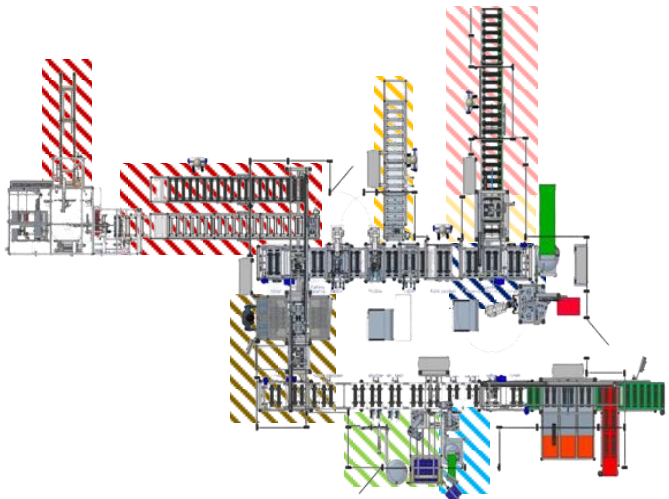
















































Kontrolní body	Hodnocení	Poznámky
1. Jsou odpovědní pracovníci za údržbu, obsluhu stroje seznámeni s konceptem TPM?	3	Nejsou seznámeni s metodou, ale podvědomí mají.
2. Jsou na stroji zřetelně vystaveny pracovní postupy a seznámení s jednotlivými částmi?	1	
3. Jak probíhá komunikace mezi strojem a zainteresovaným personálem?	2	Nejsou vyřízené "zlepšováky" od operátorů.
4. Funguje externí servis při opravách složitějšího charakteru?	1	
5. Jsou jasně definovány role pracovníků při opravách na stroji?	2	Chybí možnost zápisu odpovědnosti o opravě
6. Jsou dodržovány standarty BOZP a bezpečnosti na pracovišti (pracovní pomůcky,...) ?	2	Nošení rukavic a sítky na hlavě bez problému.
7. Jsou zdroje energií (elektřina, voda, vzduch) na stroji jasně vizualizovány?	2	V některých částech chybí vizuální zobrazení.
8. Jak probíhá proces reakční údržby na analyzované lince?	3	
9. Jsou definovány intervaly autonomní údržby a existuje seznam kontrolních bodů?	5	Neexistují.
10. Jsou definovány intervaly preventivní údržby a existuje seznam kontrolních bodů?	5	Existují pouze v obecné formě bez bližší specifikace na linku.

	Vstupní TPM audit výrobního zařízení	PU1 2/2
		Revize: A

Kontrolní body	Hodnocení	Poznámky
11. Jsou definovány intervaly mazání lineárních ložisek?	5	Neexistují; probíhá operativně.
12. Je u linky veden seznam náhradních dílů?	4	Nejsou sepsány kritické díly .
13. Je na stroji zavedeno měření ukazatelů výkonnosti?	1	
14. Probíhá vyhodnocování dat o poruchách a jsou informace předávány zaměstnancům?	3	Informace předávány na shopfloorch, chybí hlubší analýza.
15. Jsou prováděny audity vedením o technickém stavu linky?	2	
16. Jsou analyzovány a stanovovány kořenové příčiny vzniku neshod?	4	Nejsou vyhodnocovány.
17. Jsou do chodu stroje zapojeni lidi z vyššího managementu?	1	
18. Probíhá zde proces kontinuálního zlepšování?	2	



Vypracoval: František Pospíšil

PŘÍLOHA P II: STANDARD AUTONOMNÍ ÚDRŽBY





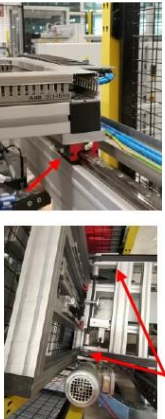
	<h3>PLÁN AUTONOMNÍ ÚDRŽBY LINKY XY</h3>	PU1																		
<p>Strategie autonomní údržby předpokládá systematický přístup k údržbě pomocí zapojení obsluhy strojů a zařízení do běžné údržby.</p> <p>Do autonomní údržby zahrnujeme čištění, seřizování, mazání a další, zpravidla jednoduché aktivity, které provádí proškolená obsluha strojů.</p> <p>Činnosti jsou prováděny bez ohledu na aktuální stav nebo skutečné využití zařízení. Frekvence jednotlivých prováděných činností je uvedena u jednotlivých stanic.</p> <p>Plán autonomní údržby je vypracován k jednotlivým stanicím. Plán je umístěn jak na výstupu linky, tak jsou jeho jednotlivé části umístěny u daných stanic.</p> <p>Přípravky a čisticí prostředky potřebné k údržbě naleznete na definovaném místě dané linky. Použité prostředky je nutné vždy vrátit na své místo a nenechávat volně na pracovišti.</p> <p>V případě možných chybějících kroků údržby některé z částí linky se obraťte na schvalovatele tohoto dokumentu.</p> <div style="text-align: center;">  </div> <table border="0" style="width: 100%; margin-top: 10px;"> <tr> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>1 Stanice spodní víko</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>2 Stanice Spodní víko - manipulátor</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>3 Stanice Pružiny</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>4 Stanice Paddle</td> </tr> </table> </td> <td style="width: 50%; vertical-align: top;"> <table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>5 Svářečka</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>6 Stanice - uzávěr</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>7 Stanice čip</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>8 Stanice Ozubené kolečko</td> </tr> </table> </td> </tr> </table>		<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>1 Stanice spodní víko</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>2 Stanice Spodní víko - manipulátor</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>3 Stanice Pružiny</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>4 Stanice Paddle</td> </tr> </table>		1 Stanice spodní víko		2 Stanice Spodní víko - manipulátor		3 Stanice Pružiny		4 Stanice Paddle	<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>5 Svářečka</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>6 Stanice - uzávěr</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>7 Stanice čip</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>8 Stanice Ozubené kolečko</td> </tr> </table>		5 Svářečka		6 Stanice - uzávěr		7 Stanice čip		8 Stanice Ozubené kolečko	Revize: A
<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>1 Stanice spodní víko</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>2 Stanice Spodní víko - manipulátor</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>3 Stanice Pružiny</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>4 Stanice Paddle</td> </tr> </table>		1 Stanice spodní víko		2 Stanice Spodní víko - manipulátor		3 Stanice Pružiny		4 Stanice Paddle	<table border="0"> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>5 Svářečka</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>6 Stanice - uzávěr</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>7 Stanice čip</td> </tr> <tr> <td style="text-align: center;"></td> <td>8 Stanice Ozubené kolečko</td> </tr> </table>		5 Svářečka		6 Stanice - uzávěr		7 Stanice čip		8 Stanice Ozubené kolečko			
	1 Stanice spodní víko																			
	2 Stanice Spodní víko - manipulátor																			
	3 Stanice Pružiny																			
	4 Stanice Paddle																			
	5 Svářečka																			
	6 Stanice - uzávěr																			
	7 Stanice čip																			
	8 Stanice Ozubené kolečko																			
Dokument schválil: Vedoucí údržby Datum: 24.01.2023		Platnost od: 25.01.2023	Dokument vypracoval: František Pospíšil Datum: 24.01.2023																	





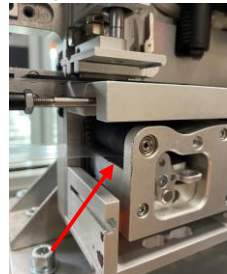
1. Spodní víko

Název strojní části	Činnost	Ideální stav	Četnost	Prostředky	Odpovědnost
1.1. Přísavky 	Kontrola čistoty přísavek, jejich neporušenosti a možné ztáty vakua na přísavce.	Přísavky jsou bez vnějších nečistot a jejich povrch není porušen.	1x týdně	Průmyslový čistič, hadřík, ochranné rukavice.	Seřizovač
1.2. Dopravník 	Čištění dopravníku a jeho lůžek.	Dopravník je bez prachu a dalších vnějších nečistot.	Denně	Průmyslový čistič, hadřík, ochranné rukavice.	Operátor


PŘÍLOHA P III: STANDARD PREVENTIVNÍ ÚDRŽBY

	Plán preventivní údržby linky XY Spodní víko				PU1
					
1. Spodní víko					
Název strojní části	Činnost	Ideální stav	Četnost	Prostředky	Odpovědnost
1.1. Přemísťovač 	Kontrola tlaku a vůle přemísťovače.	Přemísťovač je pod tlakem bez vůle.	1x za 3 měsíce	Manuální kontrola.	Údržba
1.2. Dorazy 	Kontrola, zda dorazy fungují správně a nepoškozují výrobek.	Dorazy nejsou poškozené a nepoškozují díl.	1x za 3 měsíce	Vizuální kontrola.	Údržba
1.3. Lineární ložiska 	Mazání a kontrola čistoty lineárních ložisek. 4x na posuvné části 4x na fixní části 2x na vedlejší části	Lineární ložiska jsou čistá a promazaná speciálním mazivem.	1x za 3 měsíce	Mazací tuba s vhodným průměrem, hadřík a průmyslový čistič.	Údržba
Dokument schválil: Vedoucí údržby Datum: 01.02.2023		Platnost od: 02.02.2023		Dokument vypracoval: František Pospíšil Datum: 01.02.2023	


7. Stanice uzávěr

Název strojní části	Činnost	Ideální stav	Četnost:	Prostředky	Odpovědnost
7.1. Lineární ložiska  	<p>Mazání a kontrola čistoty lineárních ložisek. 2x na Accu place</p> <p>Mazání a kontrola čistoty lineárních ložisek. 2x na pojezdu přísavek</p>	<p>Lineární ložiska jsou čisté a promazané speciálním mazivem.</p>	<p>1x za 3 měsíce</p>	<p>Mazací tuba s vhodným průměrem, hadřík a průmyslový čistič.</p>	<p>Údržba</p>
7.2. Čištění válců Accuplace 	<p>Čištění válečku uvnitř Accuplace.</p>	<p>Váleček je čistý a není znečištěný nebo zalepený.</p>	<p>1x měsíčně</p>	<p>Průmyslový čistič, hadřík, ochranné rukavice.</p>	<p>Údržba</p>

PŘÍLOHA P IV: PRACOVNÍ POSTUPY OPRAV PORUCH ZAMĚSTNANCŮ – OPERÁTOŘI

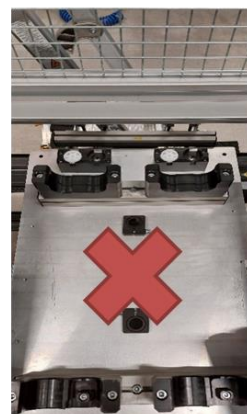
	PRACOVNÍ POSTUP Working Instruction	D – 40 Strana: 1 - 3
Hala č. 4	Zvýšený počet neshodných dílů Linka XY	20.02.2023

Popis – na stroji se nachází zvýšený počet neshodných dílů

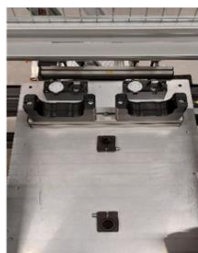
1. Při výskytu zvýšeného počtu neshodných dílů pozorujeme, zda chyba nenastává na paletce.



2. Pokud ano, vadnou paletku vypozerujeme a informujeme seřizovače/ mechatronika.



3. Seřizovač/ mechatronik paletku vyjme a opraví.




Vypracoval: F. Pospíšil
Datum: 20.2.2023
Podpis:

Platnost od:
21.2.2023
Revize A

Schválil: Vedoucí údržby
Datum: 20.2.2023
Podpis:

PŘÍLOHA P IV: PRACOVNÍ POSTUPY PORUCH ZAMĚŠTANANCŮ – SEŘIZOVAČI

	PRACOVNÍ POSTUP Working Instruction	D – 40 Strana: 2 - 3
Hala č. 4	Špatná poloha spodní přísavky Linka XY	08.03.2023

Popis – nesprávné uložení uzávěru + těsnění do lůžka

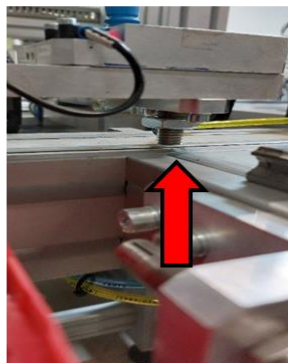
1. Při nesprávném nastavení přísavek dochází k nepřesnému uložení uzávěru do lůžek.



2. Jedná se o špatnou polohu spodní přísavky. Je potřeba seřídit výšku.



3. Je třeba vyšroubovat imbusový šroub a pak jde dotáhnout matice.



Vypracoval: F. Pospíšil
Datum: 20.02.2023
Podpis:

Platnost od:
21.02.2023
Revize A

Schválil: Vedoucí údržby
Datum: 20.02.2023
Podpis:

PŘÍLOHA P V: DATOVÁ ANALÝZA PROSTOJOVÝCH SKUPIN


Týdenní intervaly	Typ poruchy	Délka trvání [h]	Komentář poruchy
I.	Porucha automatizace	1,55	
	Porucha stroje	4,17	Špatné zakládání filmů, stroj založení filmj
II.	Porucha automatizace	13,61	Porucha výtahu, restart linky; seřizování linky
	Porucha stroje	13,19	Programování svářečky, seřizování linky; restart
	Prevence - stroj	1,16	
III.	Porucha automatizace	15,41	
	Porucha automatizace	12,43	Zaseklý manipulátor víka; V24-1 chapadlo není sevřeno; není vysunuté lůžko; zaseknutý uzávěr
	Porucha infrastruktury	0,22	
	Porucha stroje	3,69	
IV.	Porucha automatizace	20,83	Výpadek elektřiny; výměna těsnění; nastaven a čištění svářečky, špatné zapojení kabelů.
	Porucha robota	6,18	Poruha robota - vkládání filmu
	Porucha stroje	12,68	Oprava urvaných čidel u robota, úprava založení filmu
	Porucha automatizace	23,32	Externí servis; zaseklé uzávěry ve vibráku; nekvalitní sváry - svářečka; špatně nalepené těsnění - Accuplace
	Porucha infrastruktury	0,26	
	Porucha robota	1,79	Reset linky
	Porucha stroje	2,59	
	Prevence - stroj	0,17	
V.	Porucha automatizace	20,03	Zaseknutý Accuplace; zaseknutý robot; nesevřeno chapadlo filmu .
	Porucha robota	0,19	
	Porucha stroje	14,51	
	Výpadek chlazení	1,37	Problém u chlazení vstříkolisu dolních vík - teče spojka.
VI.	Porucha automatizace	13,11	Úprava linky Support paddle - čištění elektrod; zaseklý housing; kalibrace svářečky
	Porucha infrastruktury	3,59	
	Porucha robota	1,16	
	Porucha stroje	5,02	
VII.	Porucha automatizace	9,64	Porucha ovládacího tabletu;
	Porucha infrastruktury	0,86	
	Porucha robota	0,51	
	Porucha stroje	7,63	Oprava Accuplace; seřízení svařovacích sonotrod; výměna těsnění O - těsnění
VIII.	Porucha automatizace	4,52	Porucha robota na založení filmu; úprava Accuplace
	Porucha infrastruktury	0,89	
	Porucha robota	0,33	
	Porucha stroje	0,75	
IX.	Porucha automatizace	16,34	Odladění leak testu (kontroly)
	Porucha stroje	3,44	Vypadlá hadice z temperačního zařízení (vstříkolis)
X.	Porucha automatizace	21,71	Oprava svářečky; úprava dopravníku filmu; oprava linky založení filmu; seřízení robota; nájezd linky; oprava zakládání filmu
	Porucha infrastruktury	0,23	
	Porucha stroje	5,67	Čištění svářečky; seřizování stroje založení filmu; není založen film; lůžko není vysunuto
	Prevence - infrastruktura	0,37	
	Prevence - stroj	0,23	
	Výpadek el. Energie	0,77	
XI.	Porucha automatizace	19,64	čištění svářečky; oprava čidel u filmu a kostry; seřízení čidel; seřizování čidel na založení filmu
	Porucha infrastruktury	0,16	
	Porucha stroje	3,41	
	Prevence - stroj	0,53	


PŘÍLOHA P VI: LOGICKÝ RÁMEC PROJEKTU

	<i>Hierarchie dílčích cílů</i>	<i>Měřitelné ukazatele</i>	<i>Prostředky ověření</i>	<i>Rizika a předpoklady</i>
<i>Obecný cíl</i>	Snížení nákladů na oddělení údržby	Výkonnost údržbářů Prostoje z důvodu údržby	Informační systém	-
<i>Účel</i>	Zavedení metody TPM na lince XY	Snížení prostojevých hodin,	Pravidelné provádění aktivit a vyhodnocování dat	Zpoždění dokončení plnění úkolu
<i>Výstupy</i>	1. Datová analýza poruchových hodin linky XY	Počet hodin v poruchových kategoriích	Splněná analýza a definování jednotlivých poruch	Data pro analýzu nebudou mít dostatečnou vypovídající hodnotu, pracovníci nebudou dodržovat vytvořené standardy, navržená řešení nepovedou ke zlepšení údržby na lince XY
	2. Určení kořenových příčin nejvýznamnějších poruch z datové analýzy	Počet Ishikawa diagramů	Stanovené prostředky pro odstranění kořenových příčin	
	3. Standardy autonomní údržby	Počet autonomních standardů	Vytvořené a používané standardy	
	4. Standardy preventivní údržby	Počet preventivních standardů	Vytvořené a používané standardy	
	5. Zavedení prvků prediktivní údržby	Počet měření přístrojů prediktivní údržby	Zavedené měsíční prohlídky s přístroji	
	6. Implementace LOTO procedury do strojního prostředí linky XY	Počet úrazů na lince XY	Nulový stav vzniklých úrazů	
	7. Zavedení strojního deníku	Zavedený strojní deník	Výskyt strojního deníku u linky	
	8. Vytvoření seznamu kritických dílů	Seznam kritických náhradních dílů linky XY	Výskyt náhradních dílů ve skladu	
	9. Vytvoření pracovních standardů oprav pro kvalifikované pracovníky	Počet pracovních postupů oprav	Výskyt pracovních postupů v linkovém prostředí	

		Potřebné zdroje	Časový rámec aktivit (číslo týdne)	Rizika a předpoklady
Klíčové aktivity	1.1 Vstupní audit na lince XY	Auditový arch, projektový tým, fotoaparát	týden 2 (2022)	Nedodržení časového harmonogramu projektu, špatná komunikace v podnikovém prostředí, nedostatek informací pro provedení jednotlivých aktivit
	2.1 Analýza poruchových dat	Microsoft Excel, počítač, interní informační systém	týden 2 (2023)	
	3.1 Tvorba standardů autonomní údržby	Fotoaparát, Microsoft Excel, počítač	týden 6 (2023)	
	4.1 Tvorba standardů preventivní údržby	Fotoaparát, Microsoft Excel, počítač	týden 6 (2023)	
	5.1 Získání informací o LOTO proceduře	Internet, počítač	týden 8 (2023)	
	5.2 Tvorba podkladů pro implementaci LOTO procedury	Microsoft Excel, počítač, fotoaparát	týden 8 (2023)	
	6.1 Stanovení intervalů pro přístroje prediktivní údržby	Informace o měřících přístrojích, Microsoft Excel, počítač	týden 10 (2023)	
	7.1 Analýza náhradních dílů na lince XY	Pracovníci externího servisu, Interní informační systém	týden 12 (2023)	
	7.2 Vytvoření prostředí pro zavedení strojního deníku	Deník v papírové podobě, informace o možnosti zavedení deníku do MES systému	týden 11 (2023)	
	8.1 Zaškolení zaměstnanců	Školící místnost, promítací zařízení, počítač, vypracované materiály	týden 13 (2023)	

PŘÍLOHA P VII: VÝSTUPNÍ AUDIT LINKY XY

	Výstupní TPM audit stroje		PU1
			1/2
			Revize: A
1. Číslo stroje <i>Linka XY</i>	2. Počet PLC 8		
3. Počet obsluhujícího personálu 4+ 2	4. Datum provedení checklistu 24.03.2023		
Kontrolní body	Hodnocení	Poznámky	
1. Jsou odpovědní pracovníci za údržbu, obsluhu stroje seznámeni s konceptem TPM?	1		
2. Jsou na stroji zřetelně vystaveny pracovní postupy a seznámení s jednotlivými částmi?	1		
3. Jak probíhá komunikace mezi strojem a zainteresovaným personálem?	2		
4. Funguje externí servis při opravách složitějšího charakteru?	1		
5. Jsou jasně definovány role pracovníků při opravách na stroji?	1		
6. Jsou dodržovány standardy BOZP a bezpečnosti na pracovišti (pracovní pomůcky,...) ?	1		
7. Jak probíhá proces reakční údržby na analyzované lince?	2		
8. Jsou definovány intervaly autonomní údržby a existuje seznam kontrolních bodů?	2	Elektronická podoba přímo na pracovišti	
9. Jsou definovány intervaly preventivní údržby a existuje seznam kontrolních bodů?	2	Elektronická podoba přímo na pracovišti	

	Výstupní TPM audit výrobního zařízení	PU1
		2/2
		Revize: A
Kontrolní body	Hodnocení	Poznámky
10. Jsou definovány intervaly mazání lineárních ložisek?	2	
11. Je u linky veden seznam náhradních dílů?	2	Pouze kritické díly
12. Je na stroji zavedeno měření ukazatelů výkonnosti?	1	
13. Probíhá vyhodocování dat o poruchách a jsou informace předávány zaměstnancům?	2	Lepší propojení a vizualizace v Power BI
14. Jsou do chodu stroje zapojeni lidi z vyššího managementu?	1	
Vypracoval: František Pospíšil		