FAKULTA MECHATRONIKY,
INFORMATIKY A MEZIOBOROVÝCH
STUDIÍ TUL

Bakalářská práce

Bezpečnost práce v údržbě

Studijní program: B0714A270001 Mechatronika
Autor práce: **Štěpán Kubica**
Vedoucí práce: Ing. Věra Pelantová, Ph.D.
Zadávající katedra: Ústav mechatroniky a technické informatiky

Liberec 2022

FAKULTA MECHATRONIKY,
INFORMATIKY A MEZIOBOROVÝCH
STUDIÍ TUL

Zadání bakalářské práce

Bezpečnost práce v údržbě

Jméno a příjmení:	**Štěpán Kubica**
Osobní číslo:	M20000121
Studijní program:	B0714A270001 Mechatronika
Zadávající katedra:	Ústav mechatroniky a technické informatiky
Akademický rok:	2022/2024

Zásady pro vypracování:

1. Seznamte se s problematikou bezpečnosti práce v údržbě.
2. Proveďte průzkum stavu problematiky bezpečnosti práce v organizaci, především v údržbě.
3. Stanovte znaky systému managementu pro oblast bezpečnosti práce, údržby a environmentu.
4. Analyzujte problematiku vzhledem k procesnímu přístupu.
5. Stanovte doporučení pro organizace v této komplexní oblasti.
6. V závěru zhodnoťte dosažené výsledky.

Rozsah grafických prací:	Dle potřeby dokumentace
Rozsah pracovní zprávy:	30-40 stran
Forma zpracování práce:	Tištěná/elektronická
Jazyk práce:	Čeština

Seznam odborné literatury:

[1] LEGÁT, Václav: Management a inženýrství údržby. [Praha]: Professional Publishing, 2013.
ISBN 978-80-7431-119-2

[2] BENGTSSON, Marcus; SALONEN, Antti. Requirements and needs – A Foundation for reducing maintenance-related waste. In: Proceedings of the 10th World Congress on Engineering Asset Management (WCEAM 2015). Springer, Cham, 2016. p. 105-112.

[3] ČSN ISO 45001:2018 Systémy managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci – Požadavky s návodem k použití. Praha: ÚNMZ, 10/2018.

[4] ŠVECOVÁ, Lenka a Jaromír VEBER. Produkční a provozní management. Praha: Grada Publishing, 2021. Expert (Grada). ISBN: 978-80-271-1385-9.

Vedoucí práce:	Ing. Věra Pelantová, Ph.D. Ústav mechatroniky a technické informatiky
Datum zadání práce:	12. října 2022
Předpokládaný termín odevzdání:	14. května 2024

L.S.

prof. Ing. Zdeněk Plíva, Ph.D.
děkan

doc. Ing. Josef Černohorský, Ph.D.
vedoucí ústavu

V Liberci 12. října 2022

Prohlášení

Prohlašuji, že svou bakalářskou práci jsem vypracoval samostatně jako původní dílo s použitím uvedené literatury a na základě konzultací s vedoucím mé bakalářské práce a konzultantem.

Jsem si vědom toho, že na mou bakalářskou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb., o právu autorském, zejména § 60 – školní dílo.

Beru na vědomí, že Technická univerzita v Liberci nezasahuje do mých autorských práv užitím mé bakalářské práce pro vnitřní potřebu Technické univerzity v Liberci.

Užiji-li bakalářskou práci nebo poskytnu-li licenci k jejímu využití, jsem si vědom povinnosti informovat o této skutečnosti Technickou univerzitu v Liberci; v tomto případě má Technická univerzita v Liberci právo ode mne požadovat úhradu nákladů, které vynaložila na vytvoření díla, až do jejich skutečné výše.

Současně čestně prohlašuji, že text elektronické podoby práce vložený do IS/ STAG se shoduje s textem tištěné podoby práce.

Beru na vědomí, že má bakalářská práce bude zveřejněna Technickou univerzitou v Liberci v souladu s § 47b zákona č. 111/1998 Sb., o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších předpisů.

Jsem si vědom následků, které podle zákona o vysokých školách mohou vyplývat z porušení tohoto prohlášení.

14. května 2024 Štěpán Kubica

Bezpečnost práce v údržbě

Abstrakt

Tato práce se zabývá problematikou bezpečnosti práce a ochrany zdraví v oblasti údržby. Cílem je poskytnout komplexní pohled na tuto oblast. Práce je rozdělena do dvou částí: teoretické a praktické. V teoretické části jsou definovány pojmy jako bezpečnost práce, údržba, environment, legislativa, způsoby analýzy rizik a metodika. Praktická část obsahuje stručnou charakteristiku organizace, analýzu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v údržbě a obecně. Součástí práce je také zhodnocení a doporučení pro další rozvoj.

Klíčová slova

BOZP, FMECA, Paretova analýza, údržba

The Safety of Maintenance Work

Abstract

This thesis addresses the issues of occupational safety and health protection in maintenance. The aim is to provide a comprehensive view of this area. The thesis is divided into two parts: theoretical and practical. The theoretical part defines concepts such as occupational safety, maintenance, environment, legislation, risk analysis methods, and methodology. The practical part includes a brief characterization of the organisation and an analysis of safety and health protection at work in maintenance. The thesis also includes an evaluation and recommendations for further development.

Keywords

OHS, FMECA, Pareto analysis, maintenance

Poděkování

Rád bych vyjádřil vděčnost Ing. Věře Pelantové Ph.D., za její trpělivost, vedení a cenné rady, které mi poskytla během zpracovávání bakalářské práce. Dále bych rád poděkoval mé rodině a přítelkyni za jejich neutuchající podporu v tomto náročném období.

Obsah

Úvod **11**

1 Teoretická část **12**

1.1 Charakteristika BOZP 12

1.2 Charakteristika údržby 13

1.3 Environmentální management 14

1.4 Shrnutí legislativy pro BOZP, údržbu a environment 15

1.5 Bezpečnostní tabulky a signály 16

1.6 Nástroje pro zlepšení bezpečnosti práce 17

1.6.1 FMEA, FMECA 17

1.6.2 Paretův diagram 18

1.6.3 Metoda 5S 18

1.7 Řízení procesů 18

1.8 Problémy a trendy bezpečnosti práce v údržbě 20

1.8.1 Industriální internet věcí 20

1.8.2 Digitální dvojče 21

1.8.3 Virtuální a smíšená realita 21

2 Praktická část **22**

2.1 Představení organizace XY 22

2.2 BOZP ve společnosti XY 24

2.3 Údržba v organizaci XY 26

2.4 Enviromentální stránka organizace 30

2.5 Analýza problematiky z hlediska procesního přístupu 31

2.6 Soupis neshod 34

2.6.1 Výroba 34

2.6.2 Údržba 35

2.7 Vyhodnocení nalezených neshod 36

2.8 Návrhy vlastních opatření 40

2.9 Přehled úrazů v organizaci XY 42

2.10 Analýza Paretovým diagramem 43

2.11 Hodnocení konkrétních úrazů v údržbě 47

2.12 Obecné doporučení 53

Závěr **54**

Použitá literatura **56**

Seznam obrázků

Obrázek 1.1: Bezpečnostní tabulky [20] 16
Obrázek 1.2: Model procesu údržby [2] 19
Obrázek 2.1: Procesní mapa organizace 23
Obrázek 2.2: Eskalační pyramida [36] 25
Obrázek 2.3: Blokové schéma dělení údržby v organizaci 26
Obrázek 2.4: Schéma událostí při náhlé poruše 27
Obrázek 2.5: Organizační struktura údržby [36] 29

Seznam grafů

Graf 2.1: Paretův graf úrazů pro organizaci 45
Graf 2.2: Paretův graf úrazů pro údržbu 46

Seznam tabulek

Tabulka 2.1: Klíčové ukazatele výkonnosti na údržbě na lince DEF3 [36] 28
Tabulka 2.2: Procentuální zavedení procesního přístupu 33
Tabulka 2.3: Hodnotící kritéria pro FMECA 36
Tabulka 2.4: FMECA neshod organizace 37
Tabulka 2.5: Výsledky hodnocení FMECA 38
Tabulka 2.6: FMECA po odhadu změny RPN 41
Tabulka 2.7: Úrazy a havárie 42
Tabulka 2.8: Typy úrazů v údržbě 42
Tabulka 2.9: Úrazy a pracovní neschopnosti 42
Tabulka 2.10: Úrazy v organizaci pro Paretův diagram 45
Tabulka 2.11: Úrazy na údržbě pro Paretův diagram 46
Tabulka 2.12: Úraz číslo 1 [36] 47
Tabulka 2.13: Úraz číslo 2 [36] 48
Tabulka 2.14: Úraz číslo 3 [36] 49
Tabulka 2.15: Úraz číslo 4 [36] 50
Tabulka 2.16: Úraz číslo 5 [36] 51
Tabulka 2.17: Úraz číslo 6 [36] 52

Seznam zkratek

AR	Rozšířená realita (Augmented Reality)
BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
EHS	Oblast řízení životního prostředí a BOZP v organizaci (Environment, Healt and Safety)
EMAS	Systém ekologického řízení a auditu (Eco Management and Audit Scheme)
EMS	Systém environmentálního managementu (Environmental management system)
EPA	Elektrostaticky chráněná oblast (Electrostatic Protected Area)
ESD	Elektrostatický výboj (ElectroStatic Discharge)
FMEA	Analýza způsobů a důsledků poruch (Failure Mode and Effects Analysis)
FMECA	Analýza způsobů, důsledků poruch a kritičnosti poruch (Failure Mode, Effect and Criticality Analysis)
HVAC	Vytápění, větrání a klimatizace (Heating, Ventilation, and Air Conditioning)
IATF	Mezinárodní automobilová skupina (International Automotive Task Force)
ID	Identifikace
IIoT	Industriální internet věcí (Idustrial Internet of Things)
IoT	Internet věcí (Internet of Things)
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci (International Organization for Standardization)
KPI	Klíčové ukazatele výkonosti (Key Performance Indicator)
MCDP	Mycí, čistící a dezinfekční prostředky
MR	Smíšená realita (Mixed Reality)
OEM	Výrobce originálních dílů (Original Equipment Manufacturer)
OOPP	Osobní ochranné pracovní prostředky
PDCA	Naplánuj, proveď, ověř jednej (Plan, Do, Check, Act)
PN	Pracovní neschopnost
PO	Požární ochrana
TPS	Výrobní systém Toyota (Toyota Production System)
VR	Virtuální realita (Virtual reality)
VZV	Vysokozdvižný vozík

Úvod

Bezpečnost práce představuje významný aspekt pro každou organizaci. Zajištění bezpečného pracovního prostředí v organizaci není pouze závazkem vůči zaměstnancům, ale také představuje strategický cíl pro organizace, které se snaží minimalizovat rizika, spojená s provozem a udržováním zařízení a infrastruktury. Je nezbytné klást důraz na zajištění bezpečnosti v rámci organizace a údržby, čímž se předchází škodám, úrazům a v nejhorších případech i ztrátám na životech či dokonce bankrotu společnosti. V dnešní době je důležitější než kdy jindy, provést důkladný průzkum stavu problematiky bezpečnosti práce v rámci údržby, a to zejména v kontextu stále se měnících technologií a procesů.

Práce se zabývá zkoumáním a zhodnocením současného stavu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci (dále jen BOZP), údržby a managementu v organizaci XY. Cílem je získat přehled o stavu BOZP v údržbě a identifikovat případné nedostatky.

1 Teoretická část

1.1 Charakteristika BOZP

Bezpečnost a ochrana zdraví při práci je rozsáhlý vědní obor, zabývající se zdravím a bezpečností lidí v pracovním prostředí. Zahrnuje identifikaci, hodnocení a kontrolu rizik na pracovišti s cílem zajistit bezpečné a zdravé pracovní prostředí zaměstnanců a dalších osob, které se mohou na pracovišti vyskytovat. Jedná se např. o návštěvníky závodu, zaměstnance odběratelů společnosti atd. Ovšem, BOZP je obsáhlý pojem, proto má mnoho definic a rozdílných úhlů pohledu na danou problematiku [1].

Prof. Pačaiová [2, s. 220] charakterizuje BOZP jako: *„neoddělitelnou součást řízení úspěšného podniku. Ve snaze o efektivní management se stává integrovanou složkou systému řízení, kterými jsou řízení kvality a ochrany životního prostředí. V rámci trendů Evropské unie zlepšovat sociální prostředí při zvyšování konkurenceschopnosti podniků a organizací se analyzují všechny její dopady a hledají se způsoby zvyšování povědomí jak zaměstnavatelů, tak zaměstnanců“.*

Podle Neugebauera [3, s. 12] je BOZP *„soubor opatření (technických, organizačních, výchovných), která při správné aplikaci nebo realizaci vytvoří podmínky k tomu, aby se pravděpodobnost ohrožení nebo poškození lidského zdraví snížila na minimum. Mezivědní obor, zabývající se nalézáním a uplatňováním metod a prostředků, jejichž cílem je zajistit, aby člověk v pracovním procesu nebyl ohrožován fyzicky ani mentálně“.*

V současné době velké podniky kladou vysoký důraz na BOZP. Rozumí, že zajištění bezpečnosti, zdraví a dobrých životních podmínek jejich zaměstnanců je nejen zákonnou povinností, ale i morálním závazkem zaměstnavatele. BOZP slouží k ochraně zaměstnanců před fyzickým nebo jiným nebezpečím, ale také usiluje o snížení negativních vlivů při práci, počínaje obtěžováním, stresem, neekvivalentním jednáním apod. Slouží především zaměstnavateli, protože pracovní neschopnost znamená pro podnik ekonomické ztráty a s tím související náklady.

Pracoviště může pro zaměstnance představovat různá rizika. Tato rizika se dělí do čtyř kategorií. Pracovní nebezpečí se mohou vzájemně prolínat, což zdůrazňuje důležitost celkového přístupu k bezpečnosti a environmentu.

Fyzická rizika: Fyzická nebezpečí jsou nejběžnějším typem nebezpečí na pracovišti. Týká se to věcí, kterých se lze ve svém prostředí dotknout, jako jsou ergonomická rizika, stroje, pády, elektrická nebezpečí a mnoho dalšího [4].

Nebezpečí expozice: Riziko se nejvíce projevilo v minulých letech, kdy se podniky musely vypořádat s infekční nemocí COVID-19, ale to se netýká pouze infekčních nemocí. Další rizika jsou např. chemikálie, hluk, vibrace a nebezpečí jemných částic [4].

Psychosociální rizika: Jsou definována jako cokoli, co může způsobit psychickou újmu. Patří sem mnoho rizik, jako např. šikana, stres, traumatické události, vysoké a nízké nároky v práci atd. [5].

Environmentální nebezpečí: Je jakákoliv hrozba nebo riziko, vyplývající z činnosti organizace, které by mohly ovlivnit okolní prostředí. Řadí se do nich uvolňování znečisťujících látek, nesprávné nakládání s odpady, znečistění vzduchu nebo vody, ale také teplota vzduchu na pracovišti, prostory pracoviště apod. [5].

1.2 Charakteristika údržby

Tak jako vymezení bezpečnosti práce i údržbu lze vidět z mnoha různých úhlů a dá se definovat rozmanitě. Mnoho průmyslových odvětví, včetně výroby, dopravy, stavebnictví, ale i administrativy se silně spoléhá na údržbu. Je to proces, který zajišťuje, že nástroje a další zdroje jsou bezpečné pro použití a nadále správně fungují. Cílem údržby je zajistit, aby stroj nebo předmět vykonával požadovanou funkci, snížit čas, kdy stroj je mimo službu, a hlavně zabránit nehodám nebo zraněním na pracovišti. Současný trend v údržbě je předcházet poruchovým stavům pomocí prediktivní údržby namísto reaktivní, která řeší poruchy a opravy v okamžiku, kdy se stanou. Sekundární role údržby v organizaci představují zajišťování připravenosti pracovníků k bezpečné práci, aktivní vyhledávání podnětů/nápadů pracovníků, také hledání preventivních opatření spolu s provozovatelem/nadřízeným [6].

Podle prof. Polanky [2, s. 21], který definuje údržbu jako: *„Proces řízení definovaný jako kombinace všech technických, administrativních a manažerských opatření během životního cyklu objektu, zaměřených na jeho udržení ve stavu nebo jeho navrácení do stavu, v němž může vykonávat požadovanou funkci. Vše při zohlednění optimálních nákladů a požadavků na kvalitu, bezpečnost a environment“.*

Autor Buzik [2, s. 63] vymezuje cíle údržby takto: *„Udržování je provádění soustavných prací k zachování určité vlastnosti zařízení (strojů, staveb, technických prvků), ke zpomalení jeho fyzického opotřebení a k předcházení poruchovosti po celou dobu předpokládaného užitečného života“.*

Z hlediska vedení organizací je mnohdy oddělení údržby chápáno pouze jako dodatečný útvar. Zastaralý způsob vnímaní údržby spočíval v udržování zařízení ve stavu, kdy je schopno bezpečně a ekonomicky plnit svoji funkci. Moderní přístup používá metody, jejíž základy jsou zvyšování spolehlivosti, řízení majetku a jeho efektivní využívání, řízení zásob a řízení rizik. Hodnotí se na základě toho, jak rychle dovede zareagovat na poruchu, kolik času jí oprava zabere a jak dodržuje plán údržby. Údržbu lze členit na základní typy, které zároveň určují strategie údržby. Základním krokem je rozhodnout, zdali je možné údržbu provádět až po vzniku poruchy, nebo zamezit vzniku poruchy tak, že se jí bude předcházet. Strategie se rozdělují do čtyř kategorií [7].

Údržba po poruše: Jedná se o základní typ údržby, která se provádí, když se stroj neočekávaně porouchá. Tento typ údržby je nejrozšířenější a nejvíce se vyplatí pro objekty, které mají minimální vliv na pohotovost[1] zařízení. Údržba může být také plánovaná, protože je důležité mít na paměti, že objekt může mít pouze částečný poruchový stav. Znamená to, že může vykonávat svoji funkci, ale se sníženým výkonem a nevyžaduje okamžitou odstávku a zásah do objektu bude posunutý na plánovanou odstávku [2].

[1] Pohotovost je ukazatel spolehlivosti a vyjadřuje dobu použitelného nebo nepoužitelného času.

Plánovaná preventivní údržba: Preventivní prohlídky a opravy jsou stanoveny předem určenými intervaly. Může to být jak časový úsek, tak stanovený počet jednotek používání. Určení frekvence preventivních prohlídek bez správných údajů, založených na průběžném sledování, je složité. Mnohdy se stává, že i po preventivních prohlídkách vzniknou poruchy a ukáže se, že preventivní činnosti jsou bezvýsledné. Je důležité hledat střed mezi náklady na údržbu a náklady, které vzniknou, když objekt ztratí své vlastnosti a pohotovost. Tento druh představuje plánování práce a zpravidla přispívá ke snížení nákladů oproti nákladům po poruše [8].

Preventivní údržba podle stavu zařízení: Údržba podle stavu je založena na posouzení fyzického stavu, monitorování charakteristik a následném zásahu údržby. Když se bude vycházet z lidského vnímání, stálými dobrými ukazateli jsou hluk, přehřátí, netěsnosti a zhoršení stavu povrchu, které využívají lidské smysly – zrak, čich, hmat a sluch. Technologie senzorů jde stále kupředu, což umožňuje podstatně kvalitněji sledovat fyzikální vlastnosti zařízení. Metody vyhodnocování se postupem času zlepšují a umožňují tak lépe určit stav stroje. Výhoda této údržby spočívá v tom, že se provádí tehdy, když je objektivně potřebná [2].

Preventivní údržba podle předpokládaného stavu zařízení: Využívá nejnovější technologie k vyhodnocování získaných dat a na základě toho předpovídá budoucí stav zařízení. Tento přístup umožňuje určit kroky k tomu, aby se předcházelo nepříznivým stavům ještě, než dojde k výpadku. Pro získání potřebných informací je důležitá technická diagnostika. Diagnostiku lze provádět pomocí různých metod. Často se používá metoda, zvaná Matice kritičnosti[2]. Používáním prediktivní údržby se může minimalizovat počet odstávek, zvýšit životnost zařízení, zvýšit výkon a produktivita stroje. S tím je ovšem spojena počáteční investice do potřebného hardwaru a softwaru pro analýzu a vyhodnocování dat [9].

1.3 Environmentální management

Systém environmentálního managementu je v organizacích nástrojem, který umožnuje řídit všechny činnosti z pohledu ochrany životního prostředí a minimalizovat negativní dopady jejich provozů, výrobků a služeb na životní prostředí a také k hospodárnému využití energií a surovin.

Prof. Pačaiová [2, s. 241] interpretuje enviromentální management takto: *„Současnou dobu charakterizuje rychlý rozvoj vědy, techniky a výroby. Jeho přínosem je na jedné straně cílené zvyšování životní úrovně lidstva, na straně druhé může negativně působit na životní prostředí. Činnost organizací, především průmyslové sféry, je téměř vždy spojená s negativním ovlivňováním složek životního prostředí. To lze stručně charakterizovat výrazným čerpáním přírodních zdrojů, produkcí odpadních vod, emisemi do ovzduší, produkcí odpadů, nekontrolovanými úniky závadných látek do okolního prostředí, emisemi hluku, vibracemi atd.“.*

[2] Je nástroj, který stanovuje úroveň rizika podle pravděpodobnosti a následků. Někdy označována jako Matice rizika.

K minimalizaci ekologické stopy slouží systémy managementu EMAS (Eco Management and Audit Scheme) a ISO 14001 [10]. Oba sdílí společný cíl – snižování dopadu na životní prostředí a vykazují značnou míru podobnosti. Lze říci, že EMAS [11] představuje rozšíření a prohloubení systému ISO 14001. Mezi hlavní rozdíly patří [12]:

- Rozsah implementace: ISO 14001 je aplikovatelný v částech podniku, zatímco EMAS se zaměřuje na celý areál organizace.
- Transparentnost: EMAS vyžaduje zveřejňování environmentálních prohlášení, čímž se odlišuje od ISO 14001.
- Environmentální revize: V ISO 14001 je pouze doporučena, v EMAS je povinná.

1.4 Shrnutí legislativy pro BOZP, údržbu a environment

Zajištění bezpečného pracovního prostředí, spolu s údržbou zařízení a ochranou životního prostředí, je stanoveno legislativou. Autor práce zde zmíní pouze stručný výčet základních zákonů a norem, kterými se řídí v dané organizaci.

Zákon č. 262/2006 Sb. – Zákoník práce je základní právní předpis, který ustanovuje pracovněprávní vztahy mezi zaměstnavateli a zaměstnanci. Zahrnuje vznik a ukončení pracovních poměrů, pracovní dobu, odměňovaní, BOZP a další aspekty pracovního života. Jeho cílem je zajištění spravedlivých a bezpečných pracovních podmínek v souladu s právními normami [13].

Norma ČSN ISO 45001:2018 – Specifikuje požadavky na systém řízení BOZP. Norma poskytuje návod, jak organizace mohou předcházet pracovním úrazům a zdravotním problémům a aktivně zlepšovat svou výkonost v BOZP. Tento standard je vhodný pro všechny organizace, které chtějí minimalizovat rizika a řešit případné nedostatky systému v BOZP. Pokud organizace projde auditem, který ověří integritu normy v organizaci, dostane certifikát [14].

Norma ČSN EN ISO 14001:2016 – Je standard pro EMS (Environmental Management System), který se dá velmi dobře integrovat v praxi. Její účel je snižovat environmentální dopady činností, výrobků a služeb organizace. Instituce, které splňují tento standard, procházejí auditem. Po absolvování auditu je vydán certifikát potvrzující shodou s danou normou [10].

Vyhláška č. 304/2022 Sb. – Účelem zákona je chránit zdraví a pohodlí osob, zdržujících se v interiérech. Stanovuje limity pro teplotu, vlhkost, koncentraci CO_2 a škodlivin, které nesmí být překročeny [15].

Nařízení vlády č. 433/2022 Sb. – Nařízení se zabývá ochranou zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Nařízení mění předchozí nařízení vlády č. 272/2011 Sb., které upřesňuje pojmy a aktualizuje postupy. Stanovuje specifické technické normy pro měření a hodnocení hluku a vibrací. Cílem je zlepšit pracovní podmínky a chránit zaměstnance [16].

Zákon č. 390/2021 Sb. – Stanovuje povinnosti zaměstnavatele, týkající se poskytování osobních ochranných a pracovních prostředků (OOPP) a MCDP (Mycí, čistící a dezinfekční prostředky). Zaměstnavatel je povinen hradit náklady na OOPP, prokazatelně seznámit zaměstnance s jejich používáním a dbát na dodržování hygienických pokynů. Zákon dále definuje povinnosti zaměstnance, mezi které patří používání OOPP a MCDP dle pokynů a dodržování hygienických předpisů [17].

Zákon č. 250/2021 Sb. – Zabývá se bezpečným provozem strojů, tlakových zařízení, zdvihacích zařízení a elektrických zařízení. Stanovuje povinnosti provozovatele, osoby odborně způsobilé a osoby, obsluhující tato zařízení. Zároveň definuje požadavky na provozní podmínky, revize, zkoušky a technickou dokumentaci [18].

1.5 Bezpečnostní tabulky a signály

Bezpečnostní značení a signály provází lidi nejen v organizacích, ale také v každodenním životě. Bezpečnostní značení může být zvukové, obrazové nebo světelné. Jeho použití je vyžadováno v organizacích, ale i ve veřejném prostoru, aby byl zajištěn bezpečný chod. Hlavním účelem je chránit pracovníky tím, že upozorňuje na nebezpečná místa, zakázané činnosti, anebo na druhou stranu ukazuje chování, které je pro bezúhonný provoz nezbytné.

Obrázek 1.1 rozděluje bezpečnostní značení do pěti skupin.

Nařízení vlády č. 375/2017 Sb. Určuje vizuální stránku a umístění bezpečnostních značek [19].

Pro vyznačení rizika střetu zaměstnanců s překážkami nebo pádu osob se používá žlutočerné nebo červenobílé šrafování pod úhlem 45 °. Červenobíle šrafování má převážně zákazový význam [19].

Symbol	Význam	Barva bezpečnostní a kontrastní
	výstraha, nebezpečí	žlutá x černá
	zákaz	červená x bílá
	příkaz	modrá x bílá
	informativní	zelená x bílá
	požární ochrana	červená x bílá

Obrázek 1.1: Bezpečnostní tabulky [20]

1.6 Nástroje pro zlepšení bezpečnosti práce

1.6.1 FMEA, FMECA

FMEA (Failure Mode and Effect Analysis) je kvalitativní metoda pro odhalování a předcházení problémů. Spočívá v analýze způsobů a dopadů potenciálních poruch, čímž umožňuje vyhodnotit rizika a navrhnout preventivní opatření. Uplatňuje se v různých oblastech, ať už se jedná o prokazování požadavků norem, změny provozních podmínek, modernizaci systémů, návrh konstrukčních úprav, nebo schvalování výrobních postupů. FMECA (Failure Mode, Effects, and Criticality Analysis) rozšiřuje FMEA o analýzu kritičnosti. Kromě analýzy způsobů a dopadů poruch se metoda zabývá i pravděpodobností jejich vzniku. Umožňuje efektivnější prioritizaci rizik a zaměření se na nejdůležitější problémy. Součástí metody je i výpočet rizikového čísla. Po navržení nápravných opatření u rizikových způsobů poruch následuje přehodnocení a výpočet nového rizikového čísla. Nápravná opatření mohou mít preventivní nebo ochranný charakter.

Rizikové číslo RPN (Risk Priority Number) je hodnocení tří faktorů – Pravděpodobnost, Odhalitelnost a Následky. Rizikové číslo je součin těchto faktorů.

Pro úplnost je uveden vzorec:

$$RPN = Pravděpodobnost * Odhalitelnost * Následky \tag{1.1}$$

Faktory se hodnotí pomocí zvolených hodnotících kritérií, které mohou mít 5 až 10 stupňů. Po výpočtu rizikového čísla se stanoví hranice, nad kterou se způsoby poruch považují za neakceptovatelné a hledá se k nim nápravné opatření.

Metoda se dělí do tří kategorií:

FMEA konstrukční: Zaměřuje se na identifikaci a eliminaci poruchových stavů úpravou konstrukčního řešení.

FMEA procesní: Řeší problémy výrobních procesů a používá se v závěrečné fázi schvalování technické přípravy výroby.

FMEA systémová: Komplexně analyzuje stroje, lidský faktor, materiály a prostředí s důrazem na jejich vzájemné funkční souvislosti.

FMEA slouží jako efektivní nástroj prevence a zajištění spolehlivosti v široké škále oblastí [21].

1.6.2 Paretův diagram

Paretův diagram je účinný nástroj pro odhalení a uspořádání faktorů, přispívajících k úrazům v organizaci. Vychází z Paretova principu, který zdůrazňuje, že malá část příčin má za následek většinu problémů. Použití Paretova diagramu v oblasti úrazů umožňuje rozpoznat klíčové faktory a zaměřit se na ně s cílem zavést preventivní opatření a snížit riziko úrazů. V praxi je běžné, že se poměr pohybuje v rozmezí 80/20 a v extrémních případech i v poměru 90/10 [22].

1.6.3 Metoda 5S

Metoda 5S pochází z japonského konceptu Toyota Production System (dále jen TPS). Postup se zabývá uspořádáním a udržením bezpečného pracovního prostoru po výrobu až administrativu. Metoda obsahuje pět kroků seiri, seiton, seiso, seiketsu a shitsuke. Těchto pět kroků se dá přeložit do češtiny jako vytřídit, uspořádat, vyčistit, standardizovat a udržovat. První tři kroky jsou na aktuální zlepšení pracovního prostředí. Zbylé dva kroky jsou fází udržení a zlepšování celého systému [23].

Lenka Švecová; Jaromír Veber [24, s. 135] pohlížejí na metodiku 5S takto: *„Metoda 5S nabízí široké uplatnění nejen v klasických provozních pracovištích, ale například i administrativě. Zde je možná užitečnější než analyzovat provozní činnosti nejprve provést kritickou analýzu stávajících administrativních činností (ty zbytečné eliminovat), a pak aplikovat výše uvedené postupy 5S.“*.

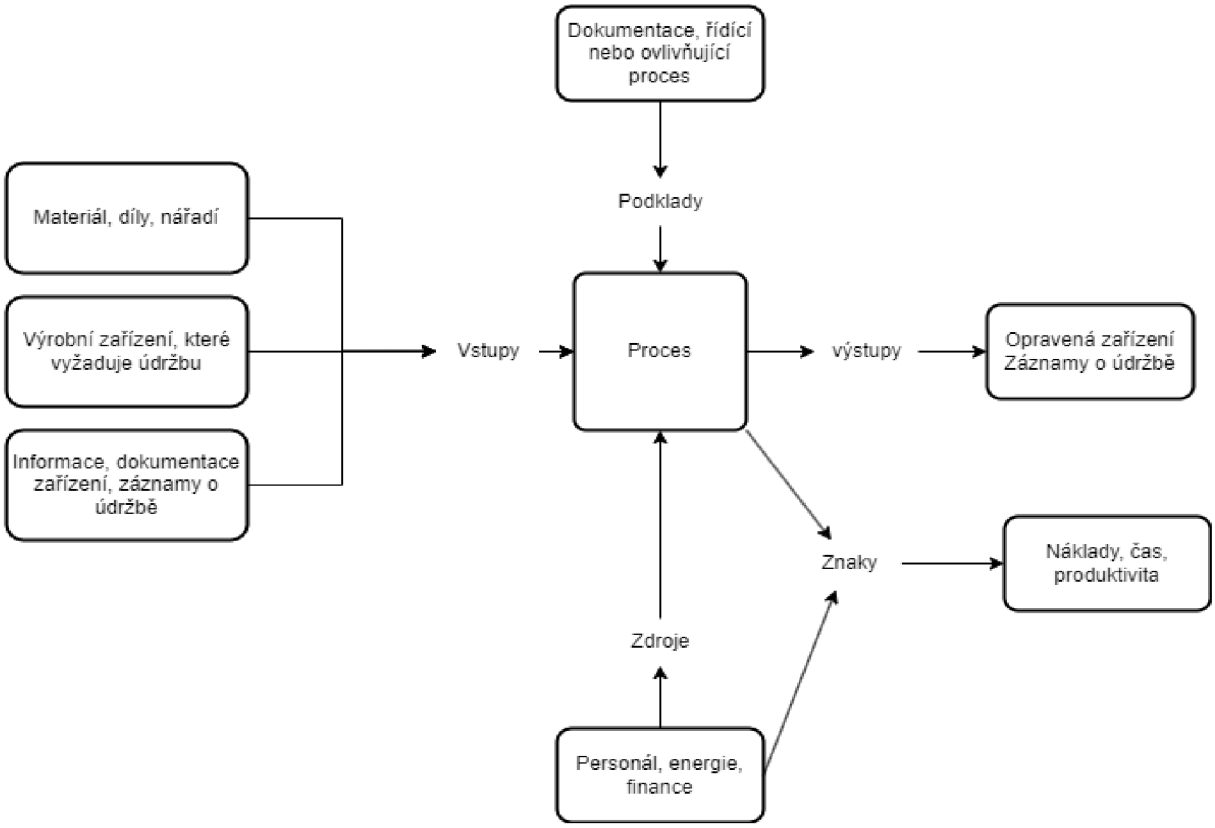
1.7 Řízení procesů

Pro dosažení svých cílů se veškeré organizace spoléhají na své procesy. Proces představuje tok práce nebo sérii činností. V podstatě lze každou organizaci vnímat jako propojenou soustavu procesů a aktivit, které se vzájemně ovlivňují a probíhají napříč odděleními. Tyto procesy reagují na různé vnitřní i vnější podněty a jejich cílem je transformace vstupů a zdrojů na výstupy, jež hodnotí zákazník procesu. Každý proces má svého zákazníka, vlastníka a dodavatele. Procesy se dělí do kategorií.

Hlavní procesy tvoří hodnotu nebo užitek pro zákazníka a vedou k výrobě produktů.

Podpůrné procesy jsou takové, jejichž cílem je zajištění bezproblémového fungování hlavních procesů a organizace jako celku [25].

Údržba je jedním z podpůrných procesů, který se podílí na dosahování výsledků hlavního procesu. Obrázek 1.2 ukazuje obecný model procesu údržby.



Obrázek 1.2: Model procesu údržby [2]

Prof. Legát [2, s. 191] vysvětluje proces a procesní přístup jako: *„Jakoukoliv činnost nebo soubor činností, které používají zdroje na transformaci vstupů na výstupy, je možno považovat za proces. Aby organizace mohly efektivně fungovat, musí identifikovat a řídit množství vzájemné provázaných a souvisejících procesů. Často výstup z jednoho procesu přímo vytváří vstup do dalšího procesu. Systematická identifikace a management procesu využívaných v organizaci a zejména interakce mezi těmito procesy se označují jako procesní přístup.“*.

Organizace řídí své činnosti a procesy třemi základními přístupy:

Funkční přístup: se vyznačuje dělbou práce, zaměřenou na jednoduché úkony, čímž umožňuje rozdělení práce mezi organizační jednotky, strukturované podle odborností.

Procesní přístup: orientuje se na plynulý průběh procesů napříč celou organizací, bez ohledu na formální strukturu.

Projektový přístup: využívá se pro jednorázové úkoly s definovaným cílem a časovým rámcem.

Procesní přístup se odlišuje od funkčního přístupu tím, že klade důraz na proces jako celek, nikoliv na organizační strukturu. V tomto přístupu má každý proces svého vlastníka, zodpovědného za jeho efektivní fungování, a svého zákazníka, který z procesu získává hodnotu. V případě údržby je zákazníkem výrobní proces a vlastníkem je buď pracovník výroby, zodpovědný za provedení údržby, nebo manažer údržby, zodpovědný za plánování a koordinaci údržbářských prací [25].

1.8 Problémy a trendy bezpečnosti práce v údržbě

V uplynulém desetiletí prošla údržba radikální transformací. Jde konkrétní cestou dopředu a táhne průmysl. Odvětví je neustále ovlivňované inovativními nástroji, technologiemi a softwarovými řešeními. V kontextu pandemie a nedostatku pracovních sil není překvapením, že lze sledovat množství vznikajících trendů, které podporují expanzi a prosperitu tohoto odvětví i v stále náročnějších podmínkách.

1.8.1 Industriální internet věcí

IIoT (Industriální internet věcí) spadá pod širší koncept internetu věcí (IoT), který propojuje běžné předměty a umožňuje jejich vzájemnou komunikaci a automatizaci procesů. Na druhé straně IIoT navazuje na tyto principy a rozšiřuje je o optimalizaci průmyslových procesů a podporu digitální transformace. Z IIoT profituje údržba, bezpečnost i životní prostředí. IIoT umožňuje organizacím v reálném čase monitorovat stav strojů a optimalizovat jejich údržbu i opravy. Navíc dokáže předvídat výpadky a defekty, čímž pomáhá předcházet neočekávaným prostojům a minimalizovat náklady. Dříve se díly vyměňovaly na základě pevných intervalů nebo provozních hodin, což je v éře moderních technologií neefektivní. Senzory, které podporují IIoT, shromažďují data napříč sítí strojů a posílají je nejčastěji lokální nebo virtuální sítí. IIoT systémy generují obrovské množství dat, proto je jedním z největších úskalí šířka pásma přenášených dat. Zároveň potřebuje nízkou latenci, aby se zajistila včasná reakce [26].

V oblasti bezpečnosti práce umožňuje IIoT automaticky generovat zprávy o dodržování předpisů a norem, čímž zajišťuje aktuální dokumentaci pro organizace. V oblasti zdraví zaměstnanců se IIoT uplatňuje v nositelných zařízeních, jako jsou exoskelety, chytré hodinky a další. Tyto technologie analyzují vitální funkce, jako je srdeční tep, teplota těla a hladina kyslíku v krvi. Díky tomu pomáhají zvládat fyzickou zátěž, snižují celkovou únavu organismu a přispívají k předcházení úrazům [27].

IIoT zvyšuje celkovou efektivitu organizace a tím pádem snižuje produkci odpadu a zmenšuje uhlíkovou stopu. Např. v energetické oblasti umožňuje IIoT vytvořit z nasbíraných dat produkční model, využít samoobslužné analýzy a optimalizovat hospodaření s energií. Existuje mnoho příkladů, jak IIoT zefektivňuje procesy, čímž redukuje uhlíkovou stopu, šetří peníze a čas [28].

1.8.2 Digitální dvojče

Je přesný digitální model skutečného fyzického stroje, procesu nebo budovy. Pomocí digitálního dvojčete, které interaguje s IIoT daty, lze optimalizovat konfiguraci strojů, pracovní postupy a rozložení budov před provedením fyzických změn. Snižují náklady a rizika, spojená s danými procesy. Digitální dvojče je krokem do digitální transformace, navazující na Průmysl 4.0 a nabízí komplexní soubor nástrojů. Studovaný objekt nese různé senzory, monitorující aspekty jeho funkčnosti. Senzory zachycují data o různých vlastnostech výkonu objektu, jako je např. výstupní výkon, teplota, vibrace a další. Systém tato data přijímá a integruje do digitálního dvojčete. Digitální model, který má relativní data, umožňuje provádět simulace, analyzovat problémy a navrhovat potencionální vylepšení. Hlavním cílem je získat poznatky pro optimalizaci simulace fyzického objektu. Budoucnost digitálních dvojčat je prakticky bez hranic. Díky neustále rostoucímu kognitivnímu výkonu se učí a rozvíjejí [29].

Digitální dvojče nachází uplatnění i v oblasti preventivní údržby. Plánování této údržby obvykle zajišťují zkušení manažeři údržby. Z bezpečnostních důvodů se v mnoha případech přistupuje k zvýšené frekvenci preventivní údržby. Nasazení digitálního dvojčete by v tomto ohledu znamenalo efektivnější plánování údržbářských aktivit. Přesnost digitálního dvojčete je v této roli důležitá, protože použití neověřených digitálních dvojčat by mohlo vést k nežádoucím účinkům [30]. V oblasti prediktivní údržby má digitální dvojče potenciál maximalizovat míru predikce. Data, která přicházejí ze senzorů, se porovnávají s historickými hodnotami. Neuronové sítě v datech odhalují anomálie. Na základě těchto analýz prediktivní modely digitálních dvojčat generují vzorce pro předvídání poruch. Pokud hrozí selhání stroje, technici se mohou včas připravit nebo předejít dané poruše [31].

V oblasti bezpečnosti mohou digitální dvojčata zlepšit interakci se stroji v reálném čase a předcházejí kolizím. Monitorují bezpečnostní parametry (zákaz vstupu, omezení rychlosti) a zajišťují automatické sledování v pracovních zónách. V případě konfliktu vyrozumí pověřený personál a konkrétní účastníky konfliktu formou notifikace. Díky vyhodnocování situace v reálném čase dokáží předcházet i kritickým událostem [32].

1.8.3 Virtuální a smíšená realita

Brýle pro virtuální (VR) a smíšenou (MR) realitu se začínají prosazovat v průmyslových odvětvích. VR brýle generují celý virtuální svět, zatímco MR promítá objekty do reality. MR je vyspělejší AR (rozšířená realita). Pro oblast údržby se jeví jako nejvhodnější MR, jelikož technik vnímá skutečnost s doplňujícími informacemi a zároveň má přehled o okolním dění. Brýle dokáží zobrazit vizuálního průvodce údržbou a tím zkrátit prostoje. Navíc umožňují efektivnější komunikaci s vedoucími inženýry přímo v provozu a umožňují okamžitou vzdálenou spolupráci [33]. V oblasti bezpečnosti práce nacházejí brýle dvojí uplatnění. Jednak slouží jako školící nástroj, jednak se používají přímo ve výrobě. Ve výrobním prostředí zobrazují v reálném čase bezpečnostní informace, týkající se daného stroje a napomáhají předcházet nebezpečným situacím. V oblasti školení je velkou výhodou, že se zaměstnanci mohou zaučovat na virtuálních strojích, vytvořených naskenováním reálných zařízení, než začnou pracovat na strojích fyzických [34].

2 Praktická část

2.1 Představení organizace XY

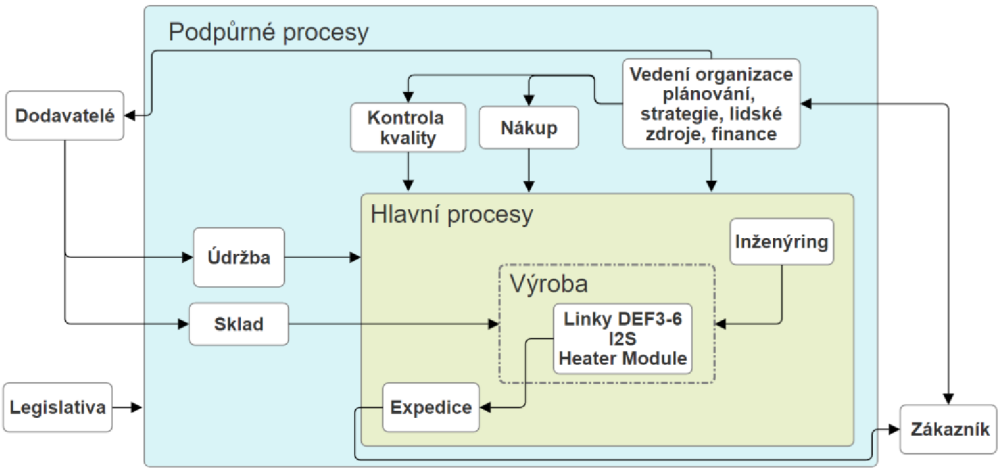
Organizace XY je nadnárodní podnik, který se zabývá výrobou specializovaných senzorů a měřidel pro automobilový průmysl a jiná odvětví. Společnost se zaměřuje na výrobu magnetických snímačů, snímačů tlaku a snímačů vodní hladiny. Výrobky společnosti se distribuují výhradně přes svoji síť distribučních partnerů nebo velkých OEM (Original Equipment Manufacturer) zákazníků. Konečné výrobky lze najít v řadách automobilů, motocyklů, nákladních vozidel, hromadné dopravy, VZV (vysokozdvižný vozík), ale také např. i v HVAC (Heating, Ventilation, and Air Conditioning) systémech. Konkrétně v České republice vyrábí hladinové snímače, tlakové snímače a integrované ohřívače. V závodě se nyní připravuje výroba digitálních měřidel tlaku a hladiny.

Od skromných začátků, kdy organizace přišla ze zahraničí, narostla do velikosti 700 zaměstnanců a rozkládá se na 3500 m^2. Skládá se z třípodlažní budovy s: výrobní halou, záložními sklady, hotovými výrobky a administrativními kancelářemi. Venkovní část budovy tvoří náměstí s vyvýšenou plošinou pro nakládku a vykládku surovin, výrobků a odpadu. Ve výrobní hale se pracuje na dvě směny, systémem krátkým a dlouhým týdnem, v administrativní a logistické části se pracuje standardně 8 h. denně. Inženýrské pozice mají směnu 8 h., ale s tou výjimkou, že po skončení směny drží telefonní pohotovost.

Protože se jedná o organizaci, která vyrábí citlivá snímací zařízení, je v budově udržována vysoká čistota a je kladen vysoký důraz na antistatické prostředí, a to zvláště při vstupu do výrobní haly.

Výrobní hala se skládá z několika výrobních linek, které vyrábí jeden hotový výrobek, senzor hladiny, a dva částečně zpracované produkty, tlakové senzory a integrované ohřívače, které se posílají na kompletaci do externích podniků. V případě dokončeného výrobku vše začíná přivezením plastové kostry, která se postupně na lince osadí tištěnými spoji a připájí konektory. Hotový výrobek projde základní kontrolou kvality a na paletě se distribuuje do testovacích zařízení. Částečně zpracované produkty začínají ve výrobní hale jako holé kovové válce, které se později osazují tištěnými spoji a samotnými snímači. Tyto částečně zpracované produkty mají vnitřní strukturu vakuově uzavřenou. Na konci těchto činností je testování požadované funkce polotovarů. Když některé z nich nesplňují požadované vlastnosti, jdou na podrobnější testování. Pokud je daná chyba opravitelná, zaměstnanec provede potřebné úpravy a obrobek vrátí zpátky do oběhu. Tyto neúplné produkty se posílají externím podnikům na zkompletování.

Organizace komunikuje se zákazníky, se kterými dolaďují konkrétní požadavky a přání na dané výrobky. Cílem společnosti je poskytovat senzorová řešení a produkty, které přesahují jejich očekávání z hlediska kvality, výkonu a hodnoty. Organizace se podílí na neustálém zlepšování výroby, aby snížili náklady a negativní dopady na životní prostředí. Organizace vlastní IATF 16949:2016 [35] certifikát. Také splňuje podmínky norem ISO 45001:2018 [14] a ISO 14001:2016 [10]. Podnik stále zdokonaluje svoje výrobní technologie a plánuje rozšířit výrobu v České republice o další své produkty.



Obrázek 2.1: Procesní mapa organizace

Zdroj: Vlastní zpracování

Procesní mapa organizace na se rozděluje na dva procesy viz Obrázek 2.1. Hlavní procesy a podpůrné procesy. Hlavní proces se rozděluje na výrobu, inženýring a logistiku. Výrobní proces se skládá z 6 linek, konkrétně DEF3-6, I2S a Heater modulu.

DEF3 až DEF6 – Vyrábí hladinové snímače s tím rozdílem, že číslo linky symbolizuje jiné parametry daných snímačů. Od založení polotovaru prochází desítkami hlavních procesů výrobní linky. Součástí každého kroku je kontrola daného produktu (váha, vizuální podle kamer). Postupně se do polotovaru integrují dva piezokrystaly pro detekci signálů. Finální fáze zahrnuje přidání plošného spoje a jeho zalití pryskyřicí, který tvrdne v peci. Závěrečným krokem je lidská kontrola.

I2S – Tato linka produkuje tlakové snímače. Linka má od založení polotovaru jednotky hlavních procesů. Liší se od DEF3-6 např. v kontrole daných procesů. Skládá se z jedné finální kontroly, která má dvě fáze. V první fázi tlakový snímač testuje tlakem od 10 do 250 Bar. Druhá fáze kontroly je teplotní zkouška s rozsahem teplot od 50 do -150 °C. Nízká teplota se dosahuje pomocí rozprašování tekutého dusíku do komory. Tlakový snímač, který nesplní požadavky testu, je označen jako SCRAP. V opačném případě je produkt zabalen a expedován.

Heater module – Na lince probíhá výroba integrovaných ohřívačů. Heater module je nejrozsáhlejší linkou v rámci organizace. Proces výroby zahrnuje postupné svařování, lisování a ohýbání kovové trubky do požadovaného tvaru a osazování nezbytnými konektory. Následuje fáze chemického čištění. Kontrola kvality, zaměřená na kritické stanice linky, probíhá na základě vzorových kusů a je prováděna zaměstnanci.

Inženýring zasahuje v organizaci, když jsou potřeba rozsáhlé úpravy na linkách, závažné poruchy nebo zavádění nových linek. Součástí inženýringu je vývojová a plánovací sekce. IT oddělení spravuje všechny podpůrné programy v organizaci.

Expedice zajišťuje hladký tok zboží mezí výrobou a zákazníkem.

Do kategorie podpůrných procesů spadá mnoho procesů. Většina z nich je realizována interně (in-house), s výjimkou oblastí energetiky, stravování, nakládání s odpady a úklidu, které jsou externě zadávány (outsourcing).

Podpůrné procesy se skládají z kontroly kvality, nákupu, údržby, skladování a vedení organizace [36].

2.2 BOZP ve společnosti XY

Organizace XY nebere BOZP na lehkou váhu a považuje ji za jednu ze svých hlavních priorit. Vedení společnosti vyčleňuje prostor a finanční prostředky na prevenci pracovních úrazů a minimalizaci poškození zdraví ve všech firemních procesech.

Proti vzniku úrazových událostí slouží v organizaci systém školení. Základem je povinné periodické školení BOZP a PO (požární ochrana) pro všechny zaměstnance, které zajišťuje EHS (Environmental, Healt and Safety) manažer. Zaměstnanci absolvují vstupní a pravidelná školení v předem stanovených termínech. Příkladem je roční školení BOZP a PO. Důležitou součástí jsou specifická školení pro pracovníky rizikových pracovišť. Zaměstnanci údržby, kteří čelí široké škále rizik, procházejí školením zaměřeným na tlakové nádoby, práci s roboty, manipulaci s kryogenními kapalinami, bezpečnou práci s chemikáliemi a obsluhu VZV.

Všechny procesy a jednotlivé kroky jsou v organizaci pečlivě zdokumentovány v řídicím systému Plex Manufaturing. Pravidelně probíhají bezpečnostní kontroly na pracovišti a zároveň jsou zaměstnanci povinni kontrolovat stav bezpečnostních prvků, jako jsou lékárničky a hasicí přístroje. Pro případ nebezpečných událostí, jako je požár nebo zranění zaměstnance, má organizace vypracované plány, se kterými jsou všichni zaměstnanci seznámeni v rámci pravidelných školení.

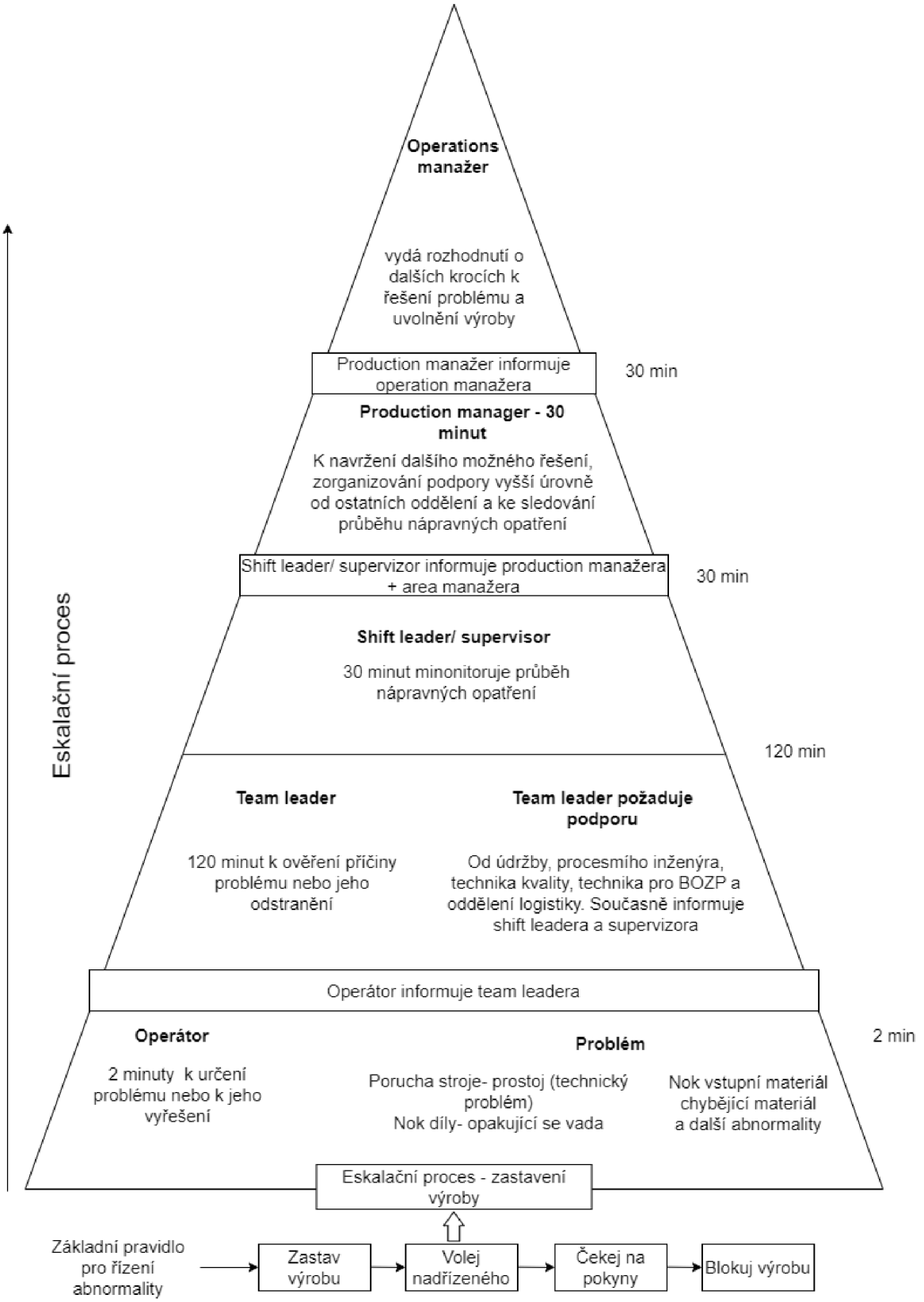
Organizace vypracovává na každý rok cíle, kterých chtějí v BOZP a ochraně životního prostředí dosáhnout. Organizace míří na nulový počet úrazů ročně. Tento cíl splnili pracovníci údržby v roce 2019, viz Tabulka 2.7. Celé organizaci se tento cíl doposud splnit nepodařilo. Pro skoronehody má organizace stanovenou toleranci ≤ 2. Cíle jsou formulovány, aby zajišťovaly neustálé zlepšování bezpečnostních standardů a snižování rizik. Organizace k zlepšování používá PDCA (Plan Do Chceck Act) cyklus.

Organizace provádí interní audity, které slouží k monitorování stavu bezpečnosti práce v organizaci. Výsledky kontrol jsou vyhodnocovány a používány k identifikaci nedostatků a návrhu nápravných opatření.

Je vhodné zmínit OOPP vzhledem k nalezeným neshodám v organizaci níže. OOPP představují nezbytnou součást bezpečnostního a ochranného systému na pracovišti. Jejich správné přidělování hraje klíčovou roli v minimalizaci rizik na pracovišti. Nařízení vlády č. 390/2021 Sb. [17] specifikuje nároky na vybavení s ohledem na rizika na pracovišti. Každý pracovník má nárok na nový kus ochranné pomůcky po určitém časovém intervalu. V případě poškození OOPP před uplynutím této doby hrozí pracovníkovi ze strany organizace finanční postih. Vybavení pracovníků adekvátními OOPP odpovídá povaze jejich práce a identifikovaným rizikům.

Po pracovním úrazu a poskytnutí první pomoci postiženému se zaznamenají okolnosti události pro pozdější analýzu. Vyšetřování probíhá formou brainstormingu s nadřízenými dané sekce a metodou 6M, která slouží ke zjištění příčin. Dosažené výsledky se zapracují do instrukce pro stroj, na kterém se úraz stal, a zároveň se provede školení personálu, obsluhujícího danou linku.

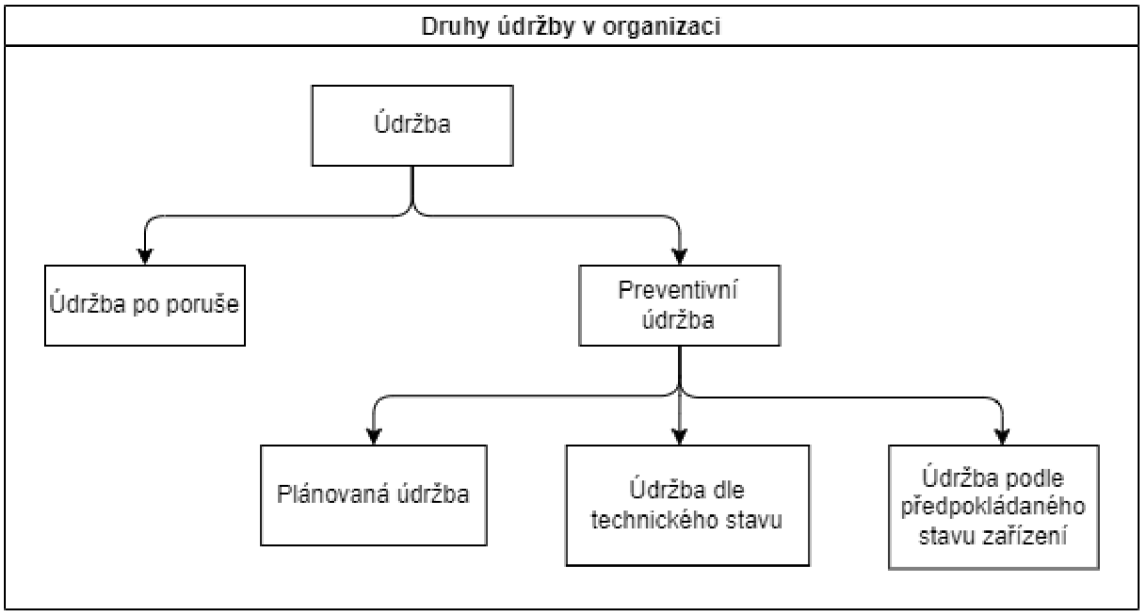
Organizace se řídí eskalační pyramidou pro řešení mimořádných událostí viz Obrázek 2.2. Definuje postupy pro chování zaměstnanců v případě nehody, chyby ve výrobě, chybějícího materiálu, abnormality výrobku či poruchy stroje.



Obrázek 2.2: Eskalační pyramida [36]

2.3 Údržba v organizaci XY

Proces údržby v podniku je postaven na preventivním a reaktivním přístupu, viz Obrázek 2.3. Pravidelná údržba strojů a zařízení je zajišťována pomocí měsíčních a týdenních plánů údržby. Kromě plánované údržby organizace disponuje postupy pro údržbu po poruše. Obrázek 2.4 popisuje detailně její postup. Údržbu podle předpokládaného stavu zařízení realizují pomocí analýzy dat z linek, která se podílí na plánování údržeb. Po provedení údržby se vše zaznamená do Plex Manufaturingu. V těsné blízkosti údržby je sklad náhradních dílů a materiálů, potřebných pro údržbu zařízení. Nejčastěji používané náhradní díly jsou uloženy v TPM (Total Productive Maintenance) skříni přímo na výrobě. V organizaci aplikují autonomní údržbu, která je prvkem v TPM a spočívá v drobných opravách a údržbě, prováděné přímo operátory, není součástí celkové údržby. Seřizovači dohlíží na autonomní údržbu a v případě složitějších problémů předávají poruchu údržbě. Podnik nově zavedl metodu SMED (Single Minute Exchange of Dies). Metoda se zaměřuje na optimalizaci a zefektivnění přechodu z výroby jednoho typu produktů na druhý. Cílem je minimalizovat prostoje a maximalizovat využití výrobních kapacit, které se v minulosti ztrácely při zdlouhavém konfigurování strojů. Postupným aplikováním této metody se podařilo snížit čas konfigurace strojů ze 4 h. na 1 h. a 30 min.

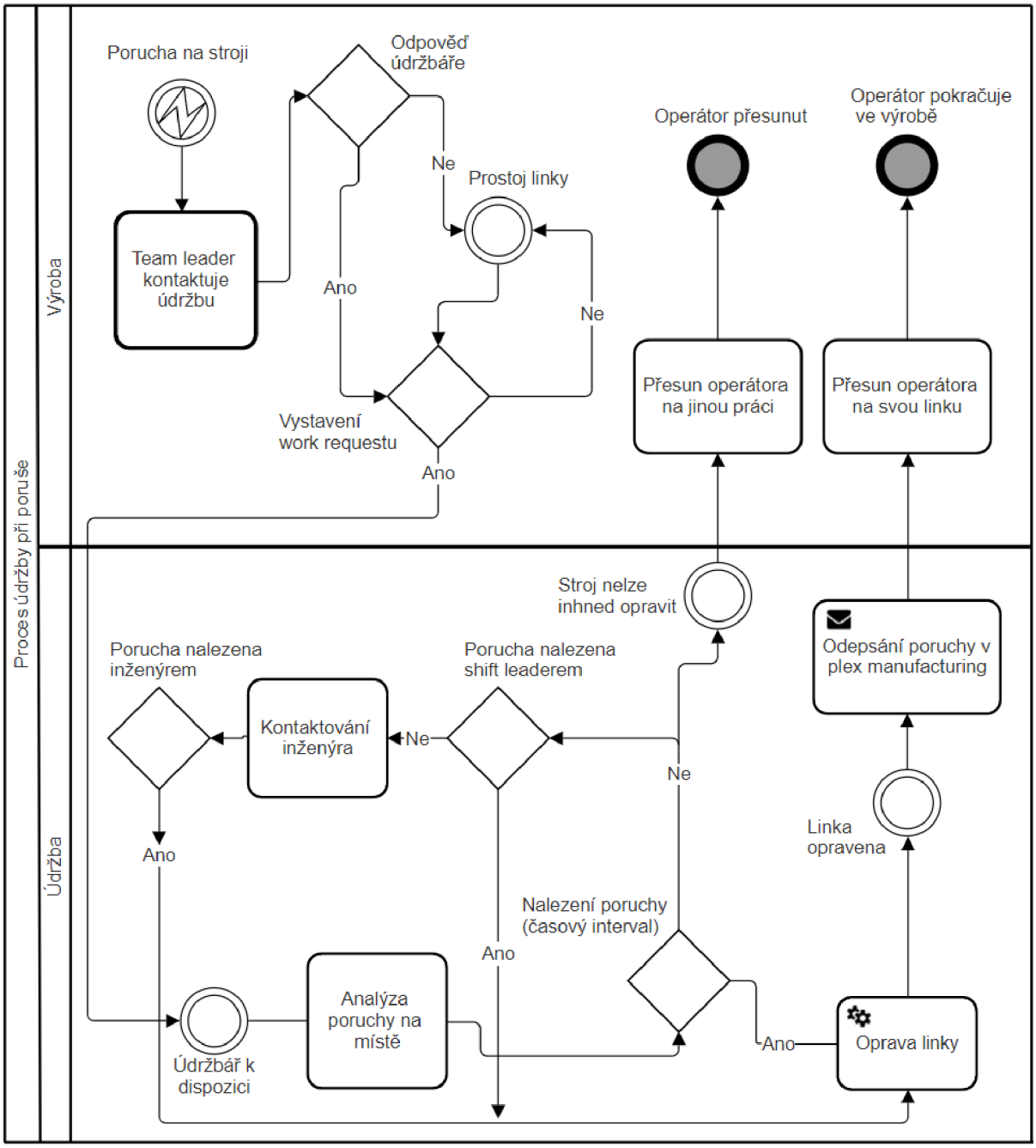


Obrázek 2.3: Blokové schéma dělení údržby v organizaci

Zdroj: Vlastní zpracování

Organizace v oblasti údržby uplatňuje hybridní přístup. To znamená, že je aplikován procesní přistup s prvky funkčního přístupu. Samotná údržba není rozdělena na sekce, ale má funkční hierarchii zaměstnanců údržby, viz Obrázek 2.5. Všichni zaměstnanci údržby postupně prochází proškolením v údržbě všech strojů a linek. Každý technik má po stanovenou dobu na starosti vybranou sekci linek. Toto rozdělení však neznamená, že by se technik věnoval pouze práci na jediné lince.

V případě náhlé poruchy je nutné vystavit work request, který slouží jako podrobný podklad pro opravu. Request může vystavit vedoucí týmu nebo seřizovač. V případě, že request neobsahuje dostatek informací o specifice poruchy, prohlédne technik místo poruchy a zhodnotí situaci. Na základě zjištění si vyhledá v Plex Manufacturingu potřebné náhradní díly a provede opravu. Pracovní postupy jednotlivých údržbářských úkonů jsou k dispozici v případě potřeby. Tento proces náhlé poruchy zobrazuje schéma událostí viz Obrázek 2.4.



Obrázek 2.4: Schéma událostí při náhlé poruše

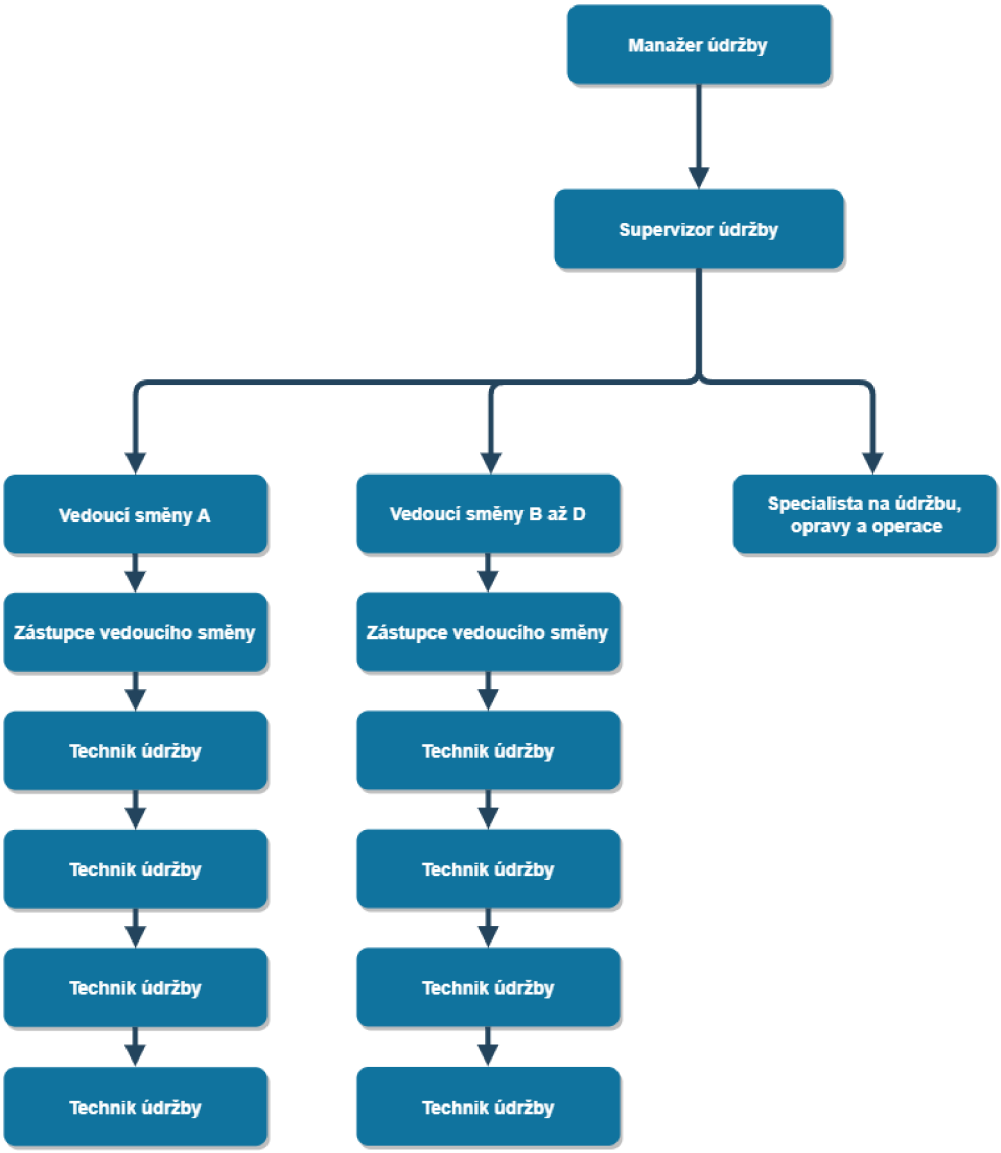
Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka 2.1: Klíčové ukazatele výkonnosti na údržbě na lince DEF3 [36]

	MTTR	MTBF
leden	0,33	122
únor	0,24	121
březen	0,38	97
duben	0,3	67
květen	0,31	65
červen	0,33	76
červenec	0,26	97
srpen	0,26	75
září	0,36	78
říjen	0,28	64
listopad	0,26	91
prosinec	0,27	71

Na údržbě sledují klíčové ukazatele výkonnosti (KPI), které se měří podle ročnících cílů. Pro rok 2024 má organizace stanovenou střední dobu mezi poruchami (MTBF)> 2 h. a střední doba do obnovení (MTTR) ≤ 0,35 h. Tabulka 2.1 poukazuje, že MTBF na lince DEF3 bylo splněno každý měsíc za rok 2023. Cíle na MTTR na lince DEF3 organizace nesplnila v březnu a v září.

Tým údržby v organizaci se skládá ze 24 členů. Manažer údržby se stará o plnění cílů, definování priorit údržby a je zodpovědný za celkovou strategii údržby. Supervisor zodpovídá za koordinaci údržbových aktivit a dohled nad prací vedoucích směn. Zároveň dbá na dodržování bezpečnostních a provozních standardů. Vedoucí směny řídí chod údržbových prací a dohlížejí na práci techniků údržby, kterou v případě potřeby sami provádějí. Technici provádí údržbové práce a opravy na strojních a jiných zařízeních. Systém hierarchie zajišťuje úplnou transparentnost při přidělování odpovědnosti a efektivní řízení údržbových procesů.



Obrázek 2.5: Organizační struktura údržby [36]

2.4 Enviromentální stránka organizace

Při plánování údržby a provozu linek zohledňuje organizace životní cykly zařízení, a to jak nově instalovaných, tak i stávajících. Tento přístup umožňuje minimalizovat prostoje a prodloužit životnost strojů. Organizace má zavedeny efektivní postupy pro separaci, sběr a recyklaci odpadů, v souladu s platnou legislativou. Odvoz odpadů zajišťuje externí firma, která se stará o další nakládání s ním. Pravidelně se monitorují emise a spotřeba energie ve všech provozech.

Organizace si klade za cíl pro rok 2024 mít produkci $CO_2 \leq 0{,}5$ kgCO_2/1pc. Týká se to emisních kategorií 1 a 2. Kategorie zahrnují přímé emise podniku a nepřímé emise z nakupované energie.

Organizace plánuje environmentální cíle a strategie s projekty pro jejich dosažení. Na implementaci daných projektů je vyčleněný tým. Na dosažení plánů bývá v organizaci vyčleněné časové rozmezí. Organizace sleduje vlastní environmentální výkon a hodnotí jeho efektivitu. Zároveň je organizace držitelem certifikace normy ISO 14001:2016 [10] a probíhají interní audity pro ověření integrity. Na rok 2024 má organizace tři projekty, které by měly být implementovány do organizace.

Jedná se o instalaci fotovoltaické elektrárny do roku 2025. Solární panely by mohly snížit spotřebu energie o 500 MWh [36] za rok.

Dalším projektem je nahrazení polymerů z USA na dovoz materiálu z lokálních zdrojů. Tento konkrétní krok by měl snížit emise CO_2 až o 5 t [36].

Posledním projektem je projekt, který využije odpadní teplo z provozu kompresorovny k ohřevu administrativní budovy. Tímto projektem organizace sníží spotřebu zemního plynu.

Během návštěvy autora prokázali zaměstnanci, s výjimkou dvou ojedinělých případů nevhodného třídění odpadu, zodpovědný přístup k environmentálním cílům organizace.

2.5 Analýza problematiky z hlediska procesního přístupu

Pro hodnocení neshod z organizace vzhledem k procesnímu přístupu si autor práce vybral tato hlediska:

1. Definice procesů
2. Vlastníci procesů
3. Měření výkonu procesů
4. Zlepšování procesů a zapojení zaměstnanců
5. Komunikace
6. Revize a audit
7. Flexibilita
8. Struktura organizace

Definice procesů: Každý proces v organizaci je detailně popsán v řídícím systému Plex Manufacturing. Systém je dostupný pro shift leadery a v případě nutnosti údržby pro všechny techniky údržby. Jasně definuje každý výstup daného procesu. Součástí této definice jsou i podrobné kroky pro provedení jednotlivých úkonů. Technici údržby si pokyny pro provádění mohou pohodlně zobrazit na tabletu nebo počítači.

Vlastníci procesů: Každý z procesů má konkrétního vlastníka. V případě údržby je vlastníkem procesu supervisor údržby, který je dostupný každý všední den. U linek a dalších hlavních procesů má každá svého vlastníka, který je odpovědný za výsledky procesu. Vlastníci procesů jsou oprávněni je optimalizovat. Setkávají se každý den na schůzce, kde probíhá vzájemná komunikace.

Měření výkonu procesů: Pro každý proces jsou stanoveny KPI, které jsou zobrazovány na informačních panelech, umístěných u daných procesů. Hodnoty KPI se aktualizují denně. V případě negativního vývoje dochází k analýze procesů shift leadera a na základě sesbíraných dat se implementují opatření ke zlepšení. V oblasti údržby se sledují zejména ukazatele MTBF a MTTR.

Zlepšování procesů a zapojení zaměstnanců: Organizace neefektivně aplikuje PDCA cyklus, s chybami ve fázi kontroly, kdy zavedené metody selhávají. Metoda 5S, používaná údržbou, neodpovídala požadovaným kritériím, jak je podrobněji popsáno níže. Zaměstnanci se mohou aktivně zapojit do zlepšování procesů v organizaci pomocí formuláře, nazvaného Kaizen. V tomto formuláři mohou navrhovat a realizovat vlastní vylepšení procesů v rámci pracovní doby. Manažer údržby klade důraz na aktivní zapojení do zlepšování. Ohodnocení za Kaizen je pevně stanoveno na 1500 Kč, avšak fixní odměna může pro některé zaměstnance působit demotivujícím dojmem.

Komunikace: Před zahájením směny probíhá koordinační setkání shift leaderů, během kterého se projednávají události minulého a nadcházejícího dne. Na začátku a konci směny informují shift leadeři o důležitých závěrech své zaměstnance. Vedení aktivně podporuje zpětnou vazbu od zaměstnanců. V případě zjištění poruchy zařízení nebo nebezpečného jednání kolegů jsou zaměstnanci povinni danou situaci hlásit. Hlášení nebezpečného jednání kolegů probíhá anonymně.

Revize a audity: Organizace realizuje interní i externí audity za účelem udržování zavedených standardů. Získané poznatky z auditů jsou sdíleny s relevantními stranami. V době autorovy návštěvy zaměstnanci mylně vnímali jeho přítomnost jako auditní kontrolu, a proto začali striktně dodržovat bezpečnostní předpisy a informovali své nadřízené. V organizaci panuje obava z auditů, pramenící z vědomého nedodržování bezpečnostních standardů. V případě zjištění porušení bezpečnostních pravidel nebo nesplnění standardů kvality jsou vedoucí pracovníci povinni proškolit dané zaměstnance, případně jim udělit sankci úměrnou závažnosti přestupku.

Flexibilita: Výrobní procesy jsou optimalizovány na drobné změny dle požadavků zákazníka. Podle složitosti změny je schopna organizace zareagovat na tyto změny po ukončení série zrovna zadaných výrobků v určitém časovém rozmezí. Rozmezí je určeno složitostí změn v procesu, pohybuje se v řádech minut až hodin. Jak již bylo zmíněno výše, organizace pro rekonfiguraci strojů zavedla metodu SMED.

Struktura organizace: Podnik má zavedenou funkční organizační strukturu s prvky maticové organizační struktury. Jsou jasně definované zodpovědnosti za oddělení, ale v případě kombinované spolupráce mezi odděleními je zodpovědnost nejasná. Bariéry mezi jednotlivými odděleními se snaží překonat každodenními meetingy vedoucích pracovníků. Kvůli rozsahu organizace a striktním požadavkům na produkty s vysokým počtem informací se vedoucí pracovníci účastní třech meetingů denně.

Celkové hodnocení: Na základě výše zmíněné analýzy je vidět, že organizace usiluje o vedení cestou procesního přístupu, ale vyžaduje další rozvoj. Organizace úspěšně definuje všechny své procesy v rámci svého řídícího systému, což zajišťuje, že zaměstnanci mají k dispozici jasné postupy pro svou práci. Každý proces v organizaci má svého vlastníka, což podporuje odpovědnost za jeho řízení a optimalizaci. V celé organizaci se monitorují KPI, což umožňuje organizaci rychle identifikovat problémy a implementovat preventivní opatření. Dalším kritériem je komunikace mezi odděleními. Jak je již napsáno výše, komunikace mezi zaměstnanci a vedením je aktivní a transparentní, což přispívá k efektivnímu řešení problémů. Zároveň je na to navázaná rychlá reakce na změny požadavků zákazníka. Nicméně jsou v organizaci také aspekty, které nesplňují zásady procesního řízení. Konkrétně se jedná o nedostatečnou motivaci zaměstnanců k aktivnímu zapojení do zlepšování procesů. Další negativní vliv na procesní řízení má nedostatečná aplikace PDCA cyklu, kdy organizace nedostatečně kontroluje zavedené metody, konkrétně metodu 5S v údržbě. Nedostatečná informovanost zaměstnanců o účelu auditů může vést k obavám a nejistotě. Je třeba zdůraznit důležitost auditů pro udržování standardů a posílení vzdělávání zaměstnanců. Struktura organizace neumožňuje spolehlivě určit zodpovědného pracovníka v případě spolupráce mezi odděleními, což je z procesního hlediska problém. Celkově lze říci, že organizace má pokročile zavedený procesní přístup, ale je zde stále prostor pro zlepšení. Tabulka 2.2 říká, že orientační míra zavedení procesního přístupu v organizaci, která se pohybuje mezi 70-80%.

Tabulka 2.2 hodnotí procentuální zavedení procesního přístupu v organizaci. Hodnocení vypracoval podle svého uvážení autor práce, tudíž je orientační. Pro srozumitelnost tabulky autor uvede příklad výpočtu.

$$Vážený\ průměr = \frac{\sum(Váhy * hodnocení)}{\sum Váhy} = \frac{8000}{100} = 80\% \quad (2.1)$$

Tabulka 2.2: Procentuální zavedení procesního přístupu

Zdroj: Vlastní zpracování

Kritérium	Váha (%)	Hodnocení (%)	Vážené hodnocení	Vážený průměr
Definice procesů	12,5	100	12,5	80
Vlastníci procesů	12,5	100	12,5	
Měření výkonu procesů	12,5	100	12,5	
Zlepšování procesů a zapojení zaměstnanců	12,5	50	6,25	
Komunikace	12,5	100	12,5	
Revize a audit	12,5	50	6,25	
Flexibilita	12,5	80	10	
Struktura organizace	12,5	60	7,5	

2.6 Soupis neshod

2.6.1 Výroba

Celá výrobní hala je EPA (Electrostatic Protected Area) pracoviště. Každý, kdo jde do výroby, musí mít antistatickou obuv, oděv a ochrannou čepici na hlavu. Před vstupem do výrobní haly prochází pracovníci terminálem, kde se postaví na nášlapnou dvojitou desku a umístí ruku na kovovou podložku, která daného zaměstnance zbaví ESD (Electrostatic Discharge). EPA se porušuje tím, že zaměstnanci prochází vjezdem pro VZV, tudíž obcházejí antistatickou kontrolu. Toto by mohlo vyústit v poškození polovodičových komponentů.

Na příslušných pracovištích, kde jsou potřeba OOPP, je vždy uvedena tabulka, které konkrétní OOPP by měli zaměstnanci užívat. Operátor linky, kde se pracuje se surovým teplým obrobkem, nepoužíval OOPP, konkrétně rukavice. Operátor u robotického ramene, které osazuje plastové kostry piezokrystaly, manipuluje s plasty uvnitř linky bez náležitých OOPP i přesto, že zde visí bezpečnostní tabulka o nasazení ochranných brýlí. U stanoviště, kde se natavovala kovová součástka na plastový kus, byla výrazně zvýšená hlučnost. Pracovníci měli v dostatečné blízkosti k dispozici špunty do uší a pouze jedna ochranná sluchátka. Ovšem, dva zaměstnanci nepoužívali žádnou ochranu sluchu, i přes fakt, že jsou o bezpečnosti práce v okolí stroje zřetelně informováni, což dokazuje i informační tabule na stroji.

Ve výrobní hale je několik výrobních linek, které jsou rozdělené na určitá stanoviště. Tato stanoviště mají každé vlastní odpadkové koše na nebezpečný odpad, plast (PET, fólie), SCRAP[3], papír a směsný odpad. Autor práce nalezl v popelnici na nebezpečný odpad zbytky svačiny a ve smíšeném odpadu zbytky cínu.

Na stanovišti, kde se provádělo svařování, end lisování a ohýbání kovové trubice, kape olej z obrobku na podlahu. Jsou zde sice koberce, je u nich však nutností je po nasáknutí olejem vyměnit. Do savých koberců se zachytává mazací olej, který vyteče při manipulaci ze stroje. Mimo savé koberce byly stopy rozšlapaného oleje na podlaze. Zde hrozilo nebezpečí uklouznutí.

Na paletách, které byly umístěny na zemi v obdélníku „prázdné fixtury“, se nacházely fixtury naplněné polotovary. Nevhodně označená paleta se mohla dostat na špatné oddělení.

Před rokem se instalovala nová část výroby, ve které se nachází chladicí lednice, ve které je vysokotlaká pumpa, která pumpuje teplovodivou pastu. V chladničce byly pohozené špinavé hadry. Uvnitř chladničky se nacházel špatně vytřený olej, hrozilo zde nebezpečí uklouznutí. Na chladicí zařízení tohoto typu se nevztahuje norma ČSN EN 378 1-4 [37], protože chladivý materiál není hořlavý. V prostoru pumpy se nacházely dvě tabulky. První poukazovala na to, že manipulovat s chladicím zařízením může pouze pověřený pracovník. Druhá poukazovala na nebezpečí vytrysknutí tekutiny. Chyběla tabulka na použití OOPP v blízkosti chladničky, konkrétně ochranných brýlí.

[3] Odpadní materiál, který vzniká během výrobního procesu.

Každý pracovní sektor má svojí vlastní lékárničku. Na výrobních linkách, kde hrozí vytrysknutí materiálu do očí, se nachází oční sprcha. Každý supervisor se zodpovídá za vlastní zkontrolovanou zaplombovanou lékárničku. Plomby jsou zde umístěny, aby se monitorovalo otevření lékáren, z důvodu přítomnosti všech lékárenských potřeb. Každý týden kontrolují jednotlivá stanoviště svoje vlastní lékárničky. Jedna ze tří lékárniček na údržbě nebyla zaplombovaná. Zde se vyskytuje potencionální nebezpečí absence lékařského materiálu v případě potřeby.

2.6.2 Údržba

Při úklidu a údržbě prostor se využívá metoda 5S. Na stanovišti údržby jsou na stěně umístěny různé pomůcky pro dodržování metody. Na stěně chybí některé čistící prostředky (např. smetáčky, lopatky). V dílně údržby se nachází regály s náhradními díly, které nejsou označené. Ve skříni s hořlavými, toxickými, žíravými, nebezpečnými látkami byly označeny tyto látky na policích popisnými štítky. Příslušné označení však nekorespondovalo s obsahem polic a uložené látky neodpovídaly štítkům. Problém mohlo způsobit nezavedení celého systému do všech částí organizace. V organizaci je metoda zavedena všude kromě administrativy. Autor práce v tomto shledává problém, jelikož tím management vysílá signál, že změny nemyslí vážně, když je sám nechce uplatňovat. Metoda 5S je zaměřena na procesy a je jedno, jakého jsou typu.

Autor práce shledává problém ve flexibilitě programu Plex Manufacturing. Pokud chce firma provést jakékoliv změny, musí zaslat požadavek do USA vývojářům programu a až poté se změna provede. Reakce ze strany vývojářů ovšem trvá v řádech měsíců.

Pro údržbu stanovišť se vystavují bezpečnostní tabulky na stroje (na zařízení se pracuje, probíhá oprava, pozor odhalený vodič atd.), které měli zaměstnanci používat při zadaných úkonech na stroji. Na místě, kde se měly tabulky nacházet, autor zaznamenal absenci tabulek, tzn. pouze jedna tabulka z mnoha byla přítomna na vozíku. Při údržbách by nemohly vyvěsit dané tabulky, tudíž by zde bylo riziko úrazu pro operátory.

Při pozorování údržby dopravního pásu, který přivážel výrobek k lisu, autor práce zaznamenal zaměstnance bez ochranných brýlí vstupovat do prostoru robota. Manipuloval v bezprostřední blízkosti lisu, který byl aktivní a spouštěl se dolů. V tomto případě byla porušena všechna bezpečnostní nařízení a zaměstnanec mohl přijít k závažnému zranění. Při tomto výkonu pracoval samostatně.

Zaměstnanec údržby popsal, že v případě neřešitelného problému musel kontaktovat inženýra na pohotovosti. Ten však reagoval laxně a nezodpovědně, s prodlenou reakční dobou. Zavinil tudíž zbytečné prostoje stroje.

Při údržbě jsou používány údržbové vozíky, na kterých jsou magnetická značení „Práce na stroji, nezapínat“. Někteří zaměstnanci značku nechávají na vozíku. Značka musí viset na daném stroji, na kterém se provádí údržba, a to i v době, kdy zaměstnanec údržby opustí prostor, ale linka nebo stroj zůstává v údržbovém stavu. Na sériovou linku se přikládá magnet, který stroj přepne do módu údržby. Chybný úkon zaměstnance autor zpozoroval v situaci, kdy údržbář opustil prostor a nechal bezpečnostní oplocení otevřené.

2.7 Vyhodnocení nalezených neshod

Tabulka 2.3 hodnotící čísla RPN je nástroj, používaný v rámci metody FMECA pro semikvantitativní hodnocení rizik, spojených s různými režimy selhání. Umožňuje porovnat rizika mezi sebou a zaměřit se na nejrizikovější režimy selhání, které je nutné prioritně řešit. Každý z těchto faktorů je hodnocen na stupnici 1 až 6. Tabulka 2.4 je soupisem nalezených neshod ve výrobě a na údržbě. Výsledkem této analýzy by měly být neshody, pro které je potřeba nalézt opatření.

Tabulka 2.3: Hodnotící kritéria pro FMECA

Zdroj: Vlastní zpracování

Hodnotící kritéria RPN pro tabulku neshod organizace:			Rozdělení následků (Risk)		
			1	Velmi nízká	Nevýznamná neshoda s minimálním dopadem
			2	Nízké	Malá neshoda s omezeným dopadem
			3	Střední	Mírná neshoda s potencionálním dopadem
			4	Vysoké	Značná neshoda s významným dopadem
			5	Velmi vysoké	Kritická neshoda s velkým dopadem
			6	Katastrofa	Selhání systému s katastrofálními následky
Možnost odhalení neshody (Probability)			Pravděpodobnost výskytu neshody (Number)		
1	Velmi vysoká	Vysoká pravděpodobnost odhalení	1	Velmi nízká	Neobvyklé, prakticky nemožné
2	Vysoká	Dobrá pravděpodobnost odhalení	2	Nízké	Ojediněle, malá šance na výskyt
3	Střední	Průměrná šance na odhalení neshody	3	Střední	Možné, ale nepravidelné
4	Nízká	Nízká šance na odhalení neshody	4	Vysoké	Pravděpodobné, s poměrně velkou šancí na výskyt
5	Velmi nízká	Neshoda s minimální pravděpodobností odhalení včas	5	Velmi vysoké	Vysoce pravděpodobné, s velkou šancí na výskyt
6	Neodhalená	Téměř neodhalitelná neshoda	6	Prakticky jistá	Očekávané, s jistotou se vyskytne

Tabulka 2.4: FMECA neshod organizace

Zdroj: Vlastní zpracování

Prvky/oblasti nalezených neshod	Funkce/úkon	ID	Pozorovaný problém	Možný následek poruchy	R	P	N	RPN
Antistatický prostor	Chrání výrobky před ESD	1	Procházení vjezdem pro VZV	Zničení elektro součástky	3	2	3	18
OOPP	Chrání zaměstnance před nepříznivými vlivy výroby	2	Nepoužívání rukavic v prostoru s obrobky	Pracovní úraz – zranění rukou	4	2	4	32
		3	Nepoužívání sluchové ochrany v hlučném prostředí	Pracovní úraz – poškození sluchu	4	3	2	24
		4	Nepoužívání ochrany zraku u robotického ramene, které osazuje plastové kostry	Pracovní úraz – poškození zraku	4	2	3	24
Odpad	Třízení odpadu a tím splnit environmentální cíle organizace	5	Zbytky cínu v kontejneru na směsný odpad	Zvýšené náklady na likvidaci odpadu	3	2	2	12
		6	V nebezpečném odpadu se nacházely zbytky svačiny	Zvýšené náklady na likvidaci odpadu	2	2	2	8
Olejové koberce	Zamezení vytečení oleje na podlahu	7	Přetékající olejové koberce, olej vytékal na podlahu	Pracovní úraz – možnost pádu	4	1	5	20
Přeprava palet	Přeprava hotových výrobků/polotovarů po hale	8	Špatně označené palety s obrobky	Prostoje linky	2	3	2	12
Lékárnička	Pomůcky pro první pomoc	9	Nezaplombovaná lékárnička	Absence lékařského vybavení	4	2	2	16
Dílna údržby	Základna pro techniky údržby	10	Neúplné pomůcky pro metodu 5S.	Snížení produktivity	2	2	4	16
		11	Chybně označené nebezpečné látky ve skříni	Poškození strojů	3	2	3	18
Plex Manufacturing	Řídící systém organizace	12	Flexibilita přijímání konkrétních úprav systému trvá i přes rok	Zpomalená inovace, snížená efektivita	2	1	5	10
Bezpečnostní tabulky	Poukazuje na nebezpečí a nařizují druh OOPP	13	Absence bezpečnostních tabulek na vozíku údržby	Pracovní úraz operátora	4	3	3	36
		14	Údržbář opustil prostor udržovaného stroje a nepoužil při tom tabulku "práce na stroji, nezapínat"	Pracovní úraz operátora	5	4	2	40
		15	Chybějící tabulka o používání ochranných brýlí	Pracovní úraz – poškození zraku	2	3	2	12
Údržba buňky s lisem	Výměna kola u dopravního pásu	16	Údržbář si nezastavil lis stroje, ten se v jeho těsné blízkosti spustil	Pracovní úraz – zranění lisem	6	5	3	90
Telefonická podpora	Případná pomoc při řešení problému	17	Nezájem inženýra řešit danou situaci	Prostoje linky	5	4	1	20

Na základě FMECA analýzy byla vytvořena přehledná hodnotící Tabulka 2.5, která poukazuje na závažnost nalezených neshod od nejvyšší po nejnižší. V potaz byly brány pouze hodnoty čísla RPN, převyšující 20.

Tabulka 2.5: Výsledky hodnocení FMECA

Zdroj: Vlastní zpracování

Riziko	ID	RPN
Zranění lisem	16	90
Pracovní úraz operátora	14	40
Pracovní úraz operátora	13	36
Zranění rukou	2	32
Poškození sluchu	3	24
Poškození zraku	4	24
Prostoj linky	17	20
Možnost pádu	7	20

Nejzávažnější nalezenou neshodou je s ID (identifikační číslo) 16 a RPN hodnotou 90. Jedná se o riziko, které se projevilo při preventivní údržbě vyměňování pojezdového kola na dopravním pásu na lince DEF3. Průběh údržby dopravníku neproběhl v souladu s pracovní instrukcí. Údržbář potřeboval vidět průběh činnosti linky a vstoupil do prostoru lisu, který se spouštěl dolů, navíc neměl náležité OOPP (brýle). Následek mohl být natolik fatální, že dostal známku následku 6. Možnost odhalení neshody je v tomto případě minimální, jelikož jednání se odhalí až v případě zadání daného úkolu. Konkrétně je ohodnocena známkou 5. Pravděpodobnost výskytu je hodnocena známkou 3. Doposud se nestal pracovní úraz s lisem v organizaci. Jednalo se o nepozornost daného údržbáře.

Druhá nejzávažnější nalezená neshoda s ID 14 a hodnotou RPN 40 spočívala v opuštění prostoru stroje během údržby bez umístění bezpečnostní tabulky "Práce na stroji, nezapínat". Údržbář byl v časovém skluzu. Neshoda mohla vést k úrazu obsluhy, která nebyla informována o probíhající údržbě. Z tohoto důvodu je hodnocení závažnosti následků 5. Odhalení neshody je možné pouze při kontrole nezainteresovaným pozorovatelem, a proto je hodnoceno 4. Pravděpodobnost výskytu je hodnocena 2, jelikož zaměstnanec si byl vědom povinnosti umístit tabulku.

Dále se zaměřuje na neshody vysoké závažnosti, označené oranžovou barvou. Zahrnují nepoužívání ochranných rukavic operátorem při manipulaci s teplými kovovými obrobky a absenci bezpečnostních tabulek na údržbářském vozíku. Neshody nesou označení ID 2 a 13 s hodnotami RPN 32 a 36. Nenošení ochranných rukavic při manipulaci s teplým kovovým obrobkem může vést ke zranění. Hodnota následku je 4. Odhalení této neshody je pravděpodobné (2), jelikož operátor pracuje na viditelném místě. Pravděpodobnost výskytu je vysoká (4), protože danému operátorovi nevyhovují dostupné ochranné rukavice. Absence bezpečnostních tabulek na údržbářském vozíku může vést k podobným situacím jako v předchozím případě, a proto je hodnota následku také 4. Odhalitelnost neshody a pravděpodobnost výskytu jsou hodnoceny 3. Nepořádek na údržbářském vozíku může být odhalen náhodně, při kontrole nebo až během údržbářských prací. Neshoda se v údržbě vyskytuje nepravidelně (3).

Následující neshody spadají do kategorie střední závažnosti a jsou označeny žlutou barvou. Jsou to neshody s ID 4, 3, 7 a 17, s hodnotami RPN 24, 24, 20 a 20. Spadá do nich nepoužívání sluchové ochrany v hlučném prostředí, nepoužívání ochrany zraku u robotického ramene, nezájem inženýra řešit vzniklou situaci a přetékající olejové koberce.

ID 4: Nepoužívání ochranných brýlí při kooperaci s robotickým ramenem, které osazuje plastové kostry piezokrystaly. Potencionální následky dané neshody jsou ohodnoceny 4. Odhalitelnost dané neshody je vysoká (2) z důvodu vizuální kontroly operátora a jeho umístění. Pravděpodobnost výskytu neshody je střední (3), jelikož se neshoda vyskytovala opakovaně, ale není pravidlem, že nenosí ochranné brýle.

ID 3: Nepoužívání ochranných pomůcek sluchu (OOPP) operátory při práci se stlačeným vzduchem, který ochlazoval natavený materiál. Tato neshoda má vysoký dopad (4), jelikož poškození sluchu je nevyhnutelné a je pouze otázkou času. Odhalitelnost dané neshody je hodnocena 3. Operátorky používají buď ochranná sluchátka přes hlavu nebo špunty do uší. Při náhodné kontrole autor zjistil, že operátorka nemá zavedené špunty do uší. Pravděpodobnost výskytu neshody je nízká (2), protože pravděpodobnost, že si operátorka uvědomí riziko, je vysoká.

ID 7: Neshoda s přetékajícími olejovými koberci na lince Heater module je hodnocena stupněm 4. Důvodem je riziko pádu a úrazu operátora. Odhalení této neshody je snadné, jelikož olejové stopy od bot operátora v okolí stanice jasně indikují problém. Z tohoto důvodu je hodnocení odhalení 1. Tato neshoda se v organizaci vyskytuje opakovaně, a proto je hodnocena stupněm 5.

ID 17: Neochotný přístup inženýra k řešení náhlé poruchy na noční směně a odkládání opravy na směnu denní může mít kritické dopady na prostoje linky. Z tohoto důvodu je hodnocení závažnosti takovéto neshody velmi vysoké (5). Možnost odhalení podobné neshody je nízká (4), jelikož se jedná o ojedinělý problém, se kterým si shift leader a údržbář nedokázali poradit. Pravděpodobnost výskytu je velmi nízká (1) vzhledem k tomu, že se jednalo o jedinou takovouto událost.

2.8 Návrhy vlastních opatření

Návrhem vlastních opatření se potlačí číslo RPN na nižší hodnoty. Změny hodnot v FMECA analýze jsou odhadem autora viz Tabulka 2.6.

Pro neshodu s ID 16 a RPN 90. Implementace dalšího bezpečnostního zámku na lisu, který by byl aktivní i v údržbářském režimu linky a musel by se deaktivovat separátně při práci na lisu. Tím by se zabránilo nechtěnému spuštění lisu v údržbářském režimu linky při práci na dopravníku. Zavedení vizuální a akustické signalizace spouštění lisu v údržbářském režimu. Je možno realizovat indikátorem, který bude reagovat na senzor, připojený na PLC. Indikátor je aktivován s údržbářským režimem a spouštěním lisu. Revize pracovní instrukce pro výměnu součástí dopravníku je nutná v případě nezavedení akustické a vizuální signalizace. Revize by měla obsahovat kontrolu lisu linky zaměstnancem, než začne manipulovat v jeho blízkosti. Implementace těchto opatření by měla ovlivnit jak pravděpodobnost výskytu nehody, tak i možnost jejího včasného odhalení.

Neshoda s ID 14 a RPN 40. Vylepšení systému předávání linky mezi operátorem a údržbářem, aby bylo jasně patrné, že linka je v rukou údržby. Opatření je možné zavést pomocí akustického nebo světelného signálu v blízkosti operátora, který bude reagovat na aktivování údržbářského režimu na lince. Navýšení počtu údržbářů ze stávajících 24 na 26, aby se snížilo pracovní vytížení a tlak na ně. To jim umožní věnovat více času a pozornosti údržbě a dodržování bezpečnostních předpisů. Zajištění adekvátního personálního obsazení v době špičky, kdy je potřeba zvládnout více údržbářských úkolů. Ovšem, oproti akustickému/světelnému signálu, je nábor nových údržbářů výrazně nákladnější. Zavedení navrhovaných opatření by měla vést ke snížení rizika jak neshody, tak i jejího neodhalení.

Neshoda s ID 13 a RPN 36. Posoudit efektivitu implementace metody 5S v údržbě a identifikovat oblasti pro zlepšení. Jasně definovat standardy pro úklid a údržbu pracoviště. To zahrnuje popis činností, které je nutné provádět a jejich frekvenci. Poté provádění namátkových kontrol v určitém časovém intervalu. Poskytnout údržbě dostatečné množství náhradních tabulek v případě ztráty. Ve formě školení zaměstnancům vysvětlit kladné dopady metody. Implementace navržených opatření by měla vést ke snížení hodnoty P i N.

Neshody s ID 2, 3 a 4 s čísly RPN 32, 24 a 24. Nenošení OOPP v daných případech, ať už se jedná o ochranu sluchu, zraku a rukou, postup nápravných opatření bude stejný. Důležité je, aby poskytované OOPP byly v dobré kvalitě, velikosti a funkčnosti. Doporučení je nákup několika prototypů OOPP a po konzultaci se zaměstnanci si je nechat vybrat, které konkrétní OOPP jim vyhovují nejvíce. Důležité je, aby si zaměstnanci plně uvědomovali rizika nenošením OOPP. Školení by mělo proběhnout ve formě grafických ukázek úrazů, spojených s nenošením OOPP. Snížit je potřeba intervaly nároku na nové OOPP. V tomto specifickém kontextu by navrhovaná opatření měla vést k výraznému snížení pravděpodobnosti výskytu těchto neshod.

Neshoda s ID 7 a RPN 20. Pokud by organizace chtěla zachovat savé olejové koberce, měla by se zvýšit frekvence výměny absorpčních koberců, aby nedocházelo k přetékání. Nahrazení stávajících koberců za jiný typ je potřeba. Operátor by měl mít v případě přetečení koberců v blízkosti nové koberce, za které by je mohl vyměnit. Zároveň by se ohraničil prostor, kde je možnost oleje na podlaze, aby se předešlo úrazu. Pro opatření je u linky dostatek prostoru. V případě většího a nákladnějšího zásahu by se upravil daný stroj přidáním funkce

automatického vyčištění oleje z obrobků. Zavedením těchto nápravných opatření by se měla ovlivnit pravděpodobnost výskytu neshody.

Neshoda s ID 17 a RPN 20. Zavedení roční kontroly dostupnosti inženýrů na telefonu. Kontrola zajistí, že v případě mimořádných událostí bude vždy k dispozici kompetentní osoba. Seznámení s chybou inženýra mezi kolegy je nezbytné. Informování ostatních členů týmu o chybě pomůže zabránit jejímu opakování v budoucnu. V případě opakování podobných neshod by mohlo být zváženo zavedení sankcí pro zodpovědné osoby. Realizace uvedených opatření by měla ovlivnit jak pravděpodobnost výskytu, tak i odhalení dané neshody.

Odhadovaná změna parametrů RPN je označená barvami, které korespondují s hodnotícími kritérii. Neshody s ID 2, 3, 4 a 7 jsou neshody, nálezné ve výrobě. Neshody s ID 13, 14, 16 a 17 autor identifikoval v oblasti údržby a činností s ní souvisejících.

Tabulka 2.6: FMECA po odhadu změny RPN

Zdroj: Vlastní zpracování

Prvky/oblasti nalezených neshod	Funkce/úkon	číslo chyby	Pozorovaný problém	Možný následek poruchy	R	P	N	RPN
OOPP	Chrání zaměstnance před nepříznivými vlivy výroby	2	Nepoužívání rukavic v prostoru s obrobky	Pracovní úraz – mechanická poranění	4	2	2	16
		3	Nepoužívání sluchové ochrany v hlučném prostředí	Pracovní úraz – poškození sluchu	4	3	1	12
		4	Nepoužívání ochrany zraku u robotického ramene, které osazuje plastové kostry	Pracovní úraz – poškození zraku	4	2	2	16
Olejové koberce	Zamezení vytečení oleje na podlahu	7	Přetékající olejové koberce, olej vytékal na podlahu	Pracovní úraz – možnost pádu	4	1	2	8
Bezpečnostní tabulky	Poukazuje na nebezpečí a nařizují druh OOPP	13	Absence bezpečnostních tabulek na vozíku údržby	Pracovní úraz operátora	4	2	2	16
		14	Údržbář opustil prostor udržovaného stroje a nepoužil při tom tabulku "práce na stroji, nezapínat"	Pracovní úraz operátora	5	3	1	15
Údržba buňky s lisem	Výměna kola u dopravního pásu	16	Údržbář si nezastavil lis stroje, ten se v jeho těsné blízkosti spustil	Pracovní úraz – zranění lisem	6	2	1	12
Telefonická podpora	Případná pomoc při řešení problému	17	Nezájem inženýra řešit danou situaci	Prostoje linky	5	2	1	10

Všechny upravené hodnoty čísla P a N se posunuly do hodnocení nízké až velmi nízké, krom ID 14, kde možnost odhalení se snížila pouze do kategorie střední. Všechna navrhnutá opatření se snaží eliminovat potencionální rizika selhání dřív, než k nim dojde. Provedené kroky ovlivňují pouze odhalení a pravděpodobnost výskytu neshody. Tabulka 2.6 představuje všechny nalezené neshody, které po zavedení navrhnutých opatření jsou pod hranicí RPN hodnoty 20, kterou si autor zvolil jako kritickou.

2.9 Přehled úrazů v organizaci XY

Tabulka 2.7: Úrazy a havárie

Zdroj: Vlastní zpracování

Přehled úrazů								
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023	**Celkem**
Havárie	0	0	0	0	0	0	0	0
Úrazy v údržbě	1	1	0	2	1	1	1	7
Ostatní oddělení	2	2	3	2	3	8	5	25
Celkem v závodě	3	3	3	4	4	9	6	32

Tabulka 2.7 zobrazuje statistiky úrazů v údržbě a v ostatních částech organizace v období od roku 2017 do roku 2023. Během prvního pětiletí fungování organizace došlo v závodě k 17 pracovním úrazům, z nichž 5 se týkalo údržby. Rok 2022 se vymyká předchozím rokům co do počtu úrazů. Rozdíl mezi roky 2021 a 2022 je více než dvojnásobný. V tomto roce organizace najala do výroby nové zaměstnance, čímž došlo k nárůstu úrazovosti. V rámci vstupních školení kladli školitelé důraz na hlášení všech zranění, která se stala v pracovní době. To se promítlo do zvýšené úrazovosti v organizaci. Více, než polovina úrazů v letech 2022 a 2023, patřila mezi pády a zhmožděniny. V roce 2023 došlo k celkovému poklesu počtu úrazů.

Tabulka 2.8: Typy úrazů v údržbě

Zdroj: Vlastní zpracování

Přehled úrazů – údržba							
	2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Úrazy	1	1	0	2	1	1	1
Druh zranění	Cizí látka v oku	Tržná rána	0	Popálení	Zhmožděnina	Řezná rána	Řezná rána

Tabulka 2.9: Úrazy a pracovní neschopnosti

Zdroj: Vlastní zpracování

		Rozdělení úrazů dle závažnosti – PN						
		2017	2018	2019	2020	2021	2022	2023
Úrazy bez PN	Údržba	1	1	0	2	1	1	1
	Ostatní oddělení	1	2	2	2	2	7	5
Úrazy s PN	Údržba	0	0	0	0	0	0	0
	Ostatní oddělení	1	0	0	0	0	1	1

Tabulka 2.9 shrnuje statistiky pracovní neschopnosti v organizaci a na údržbě. V celé organizaci došlo ke 3 pracovním úrazům s následnou pracovní neschopností (PN). Žádný z postižených neměl trvalé následky. V roce 2017 délka PN trvala jeden měsíc. V roce 2022 byla délka PN na pět měsíců a v roce 2023 trvala PN pouze 3 dny. Dotyčným zaměstnancům byla podle zákonného pojištění odpovědnosti za škody z pracovních úrazů a nemocí z povolání vyplacena náhrada škody, která zahrnovala bolestné, kompenzaci ztráty výdělku a úhradu účelně vynaložených nákladů na léčbu. V údržbě nebyl zaznamenán žádný pracovní úraz s PN. Tabulka 2.8 popisuje určité druhy zranění na údržbě, které se staly za období 2017-2023.

2.10 Analýza Paretovým diagramem

Pro určení významnosti úrazů v údržbě a v organizaci je využit Paretův diagram. Paretův diagram zobrazuje absolutní četnost a kumulativní četnost typů úrazů v organizaci a na údržbě v období 2017-2023. Graf 2.1 a Graf 2.2 mají invertovanou Lorenzovu křivku, která ukazuje závislost kumulace relativní četnosti na absolutní četnosti úrazů. Kumulativní relativní četnost je na pravé ose Y. Na levé ose Y je absolutní četnost úrazů. Na ose X se jsou typy úrazů.

Po vytvoření a vzestupném seřazení tabulky úrazu je doplněna o relativní četnost. Pro úplnost je uveden příklad výpočtu z prvního řádku viz Tabulka 2.10.

Relativní četnost se vypočítá následovně:

$$Naraženina = \frac{Počet\ daných\ úrazů}{\sum všech\ úrazů} = \frac{7}{25} = 0{,}28 \tag{2.2}$$

Tabulka 2.10 se doplní o kumulativní relativní četnost úrazů. Tato četnost udává součet četností daného úrazu a všech předcházejících chyb. Výjimkou je první řádek viz Tabulka 2.10, kde kumulativní relativní četnost odpovídá relativní četnosti. Tabulka 2.11 se sestaví stejným způsobem. Příklad je uveden z druhého řádku viz Tabulka 2.10.

Kumulativní relativní četnost se vypočítá následovně:

$$Zhmožděnina = \ 0{,}28 + 0{,}2 = 0{,}48 = 48\% \tag{2.3}$$

Pro sestavení Paretova grafu viz Graf 2.1 pro organizaci je použita Tabulka 2.10. Výsledkem Paretova diagramu je, že nejvíce vyskytované úrazy jsou naraženina, zhmožděnina, tržná rána, cizí látka v oku a popálení. V rámci organizace je proto klíčové zaměřit se na prevenci těchto typů úrazů. Pro detailní analýzy úrazů v organizaci nebyla autorovi poskytnuta dodatečná data.

Sestavení Paretova grafu viz Graf 2.2 pro úrazy na údržbě je použita Tabulka 2.11. V údržbě se výsledky úrazů liší od organizace v četnosti. Vlivem malého počtu úrazů vychází jako nejvíce opakované úrazy popálení, řezná rána, cizí látka a zhmožděnina. Jelikož cizí látka v oku, zhmožděnina a tržná rána mají stejnou absolutní četnost, byla vypracována srovnávací Tabulka 2.8, která určila pořadí závažnosti úrazů následovně: cizí látka v oku, tržná rána a poté zhmožděnina. Detailněji analyzované úrazy jsou popsány v práci níže, včetně cizí látky v oku a tržné rány.

Tabulka 2.8 Rozhodovací tabulka pro úrazy na údržbě

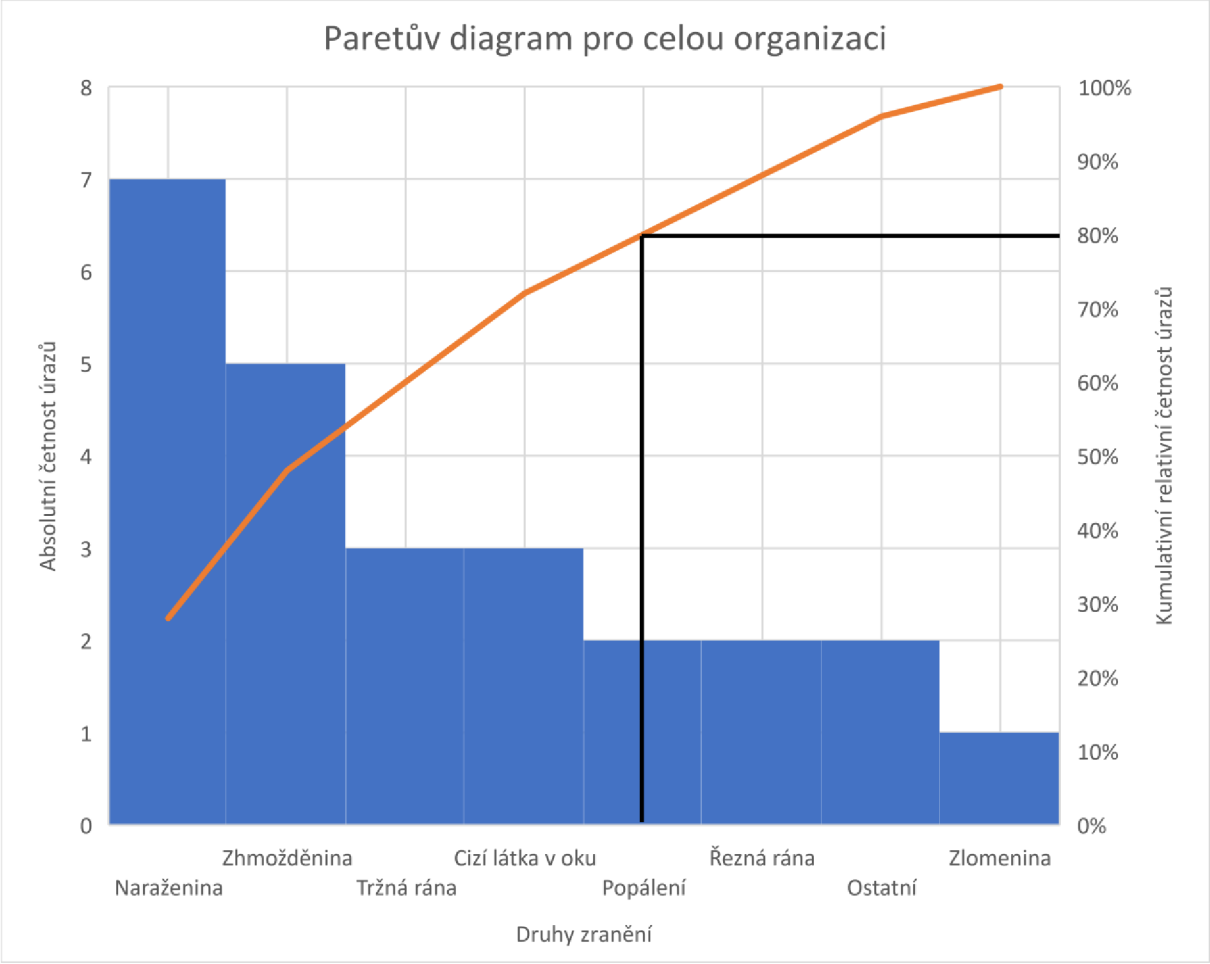
Zdroj: Vlastní zpracování, vychází z interních zdrojů organizace

	RZS	Noc v nemocnici	Oční sprcha	Použití prostředků první pomoci v rámci závodu	Alkohol test pozitivní	AED	Ošetření lékařem
cizí látka v oku	NE	NE	ANO	ANO	NE	NE	ANO
tržná rána	NE	NE	NE	ANO	NE	NE	NE
zhmožděnina	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE

Tabulka 2.10: Úrazy v organizaci pro Paretův diagram

Zdroj: Vlastní zpracování

Druh zranění	Absolutní četnost	Relativní četnost	Kumulativní relativní četnost
Naraženina	7	0,28	28%
Zhmožděnina	5	0,2	48%
Tržná rána	3	0,12	60%
Cizí látka v oku	3	0,12	72%
Popálení	2	0,08	80%
Řezná rána	2	0,08	88%
Ostatní	2	0,08	96%
Zlomenina	1	0,04	100%



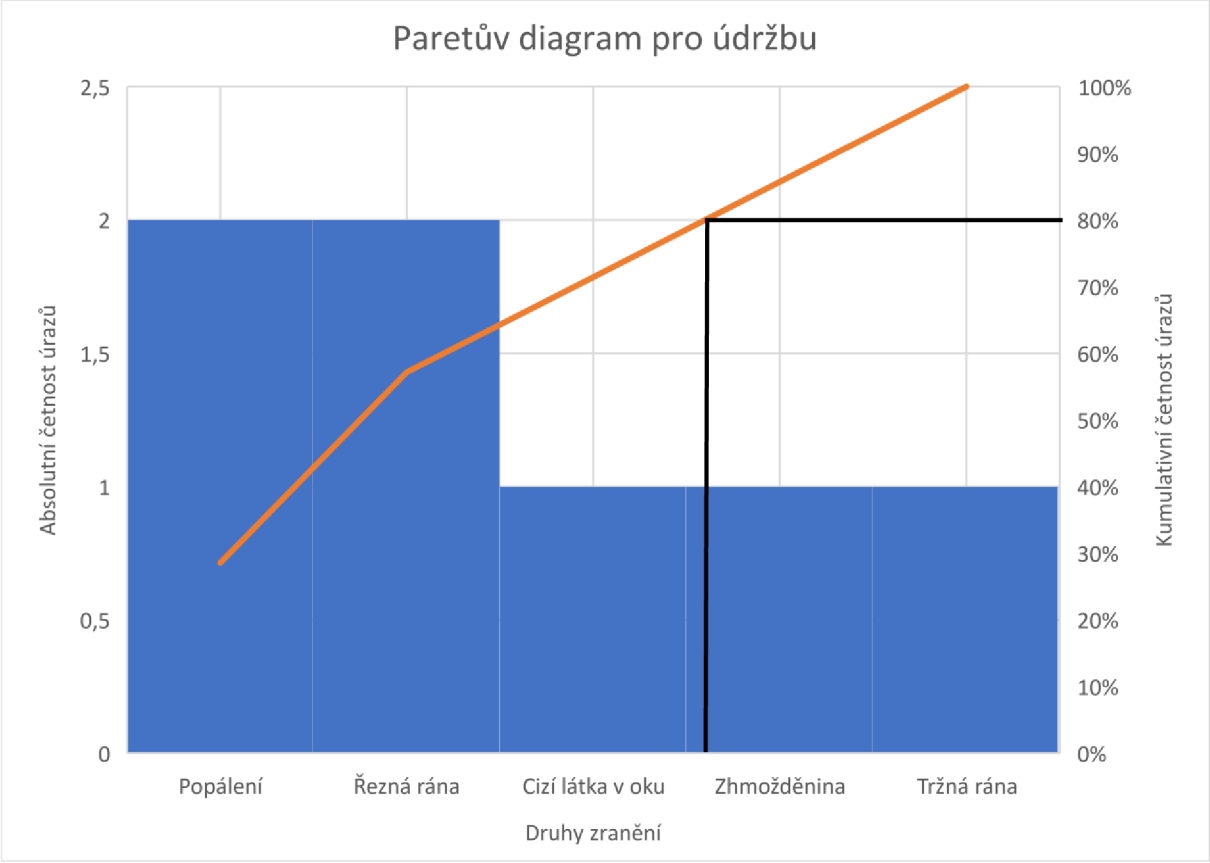
Graf 2.1: Paretův graf úrazů pro organizaci

Zdroj: Vlastní zpracování

Tabulka 2.11: Úrazy na údržbě pro Paretův diagram

Zdroj: Vlastní zpracování

Druh zranění	Absolutní četnost	Relativní četnost	Kumulativní relativní četnost
Popálení	2	0,286	29%
Řezná rána	2	0,286	57%
Cizí látka v oku	1	0,143	71%
Zhmožděnina	1	0,143	86%
Tržná rána	1	0,143	100%



Graf 2.2: Paretův graf úrazů pro údržbu

Zdroj: Vlastní zpracování

2.11 Hodnocení konkrétních úrazů v údržbě

Vybrání těchto konkrétních úrazů na údržbě je na základě Paretové analýzy. Z této analýzy vyplývá, na jaké typy úrazů se autor zaměří. Konkrétně se jedná o popálení, řezné rány, cizí látku v oku a tržnou ránu. Autor práce ověří, zdali byla aplikována nápravná opatření, navrhnutá organizací. Popřípadě navrhne vlastní opatření. Tabulka 2.12 až Tabulka 2.17 shrnují základní informace o úrazech.

Tabulka 2.12: Úraz číslo 1 [36]

Úraz 17.08. 2020 popálení	
RZS	NE
Noc v nemocnici	NE
Oční sprcha	NE
Použití prostředků první pomoci v rámci závodu	NE
Alkohol test pozitivní	NE
AED	NE
Ošetření lékařem	NE
Počet zraněných osob	1
Místo úrazu	DEF3, vozík
Příčina úrazu	Nepozornost

Popis úrazu: Při opravě hadic na lince DEF3 použil zaměstnanec horkovzdušnou pistoli. Po ukončení práce ji zanechal na vozíku, aniž by ji nechal vychladnout. Při další manipulaci se nechtěně opřel levou rukou o vozík. V důsledku toho si zaměstnanec popálil část levé dlaně [36].

Nápravná opatření organizace: Navrhované opatření organizací bylo informování ostatních zaměstnanců údržby o incidentu. Dalším opatřením bylo udržování pořádku na pracovních vozících údržby [36].

Nápravná opatření organizace nebyla dostatečná a po revizi autorem byla vyhodnocena jako nefunkční.

Doporučení autora práce: Při návštěvě organizace autora práce v roce 2023 a 2024 byly vozíky údržby neorganizované a daný úraz by se mohl opakovat znovu. Autor práce doporučuje zlepšit implementaci 5S metody, konkrétně 5. kroku. Ve formě školení je potřeba zaměstnancům vysvětlit, proč je daná metoda důležitá. Dalším doporučením autora práce je vytvoření pracovní instrukce pro manipulaci s horkovzdušnou pistolí. To by mělo zahrnovat pokyny pro její používání, skladování a potřebné OOPP pro manipulaci.

Tabulka 2.13: Úraz číslo 2 [36]

Úraz 31.08. 2020 popálení	
RZS	NE
Noc v nemocnici	NE
Oční sprcha	NE
Použití prostředků první pomoci v rámci závodu	NE
Alkohol test pozitivní	NE
AED	NE
Ošetření lékařem	NE
Počet zraněných osob	1
Místo úrazu	DEF 3, střihací box
Příčina úrazu	Nevhodný pracovní postup

Popis úrazu: Během demontáže střihacího mechanismu na lince DEF3 zaměstnanec povoloval šroub a pravou rukou zavadil o pájecí hrot. Při činnosti nebyly použity OOPP [36].

Nápravná opatření organizace: Pracovní postup pro demontáž střihacího mechanismu byl upraven. V aktualizované instrukci je zvýrazněno upozornění na riziko kontaktu s pájecím hrotem: „Pozor na pájecí hrot!“ [36].

Nápravná opatření organizace byla zavedena a fungují i po přezkoumání autorem.

Doporučení autora práce: Při údržbě střihacího boxu je velmi stísněný pracovní prostor, čímž se manipulace stává obtížnou. I když by údržbáři měli při tomto úkonu používat ochranné rukavice, z důvodu stísněného prostoru je nenosí. Autor práce navrhuje dvě varianty: buď správné používání OOPP a pokračování v údržbářském úkonu, nebo schlazeni pájecího hrotu stlačeným vzduchem, i když to znamená prostoj.

Tabulka 2.14: Úraz číslo 3 [36]

Úraz 17.5.2022 řezná rána	
RZS	NE
Noc v nemocnici	NE
Oční sprcha	NE
Použití prostředků první pomoci v rámci závodu	ANO
Alkohol test pozitivní	NE
AED	NE
Ošetření lékařem	ANO
Počet zraněných osob	1
Místo úrazu	Zázemí údržby
Příčina úrazu	Nevhodný pracovní postup

Popis úrazu: V dílně údržby zaměstnanec řezal přímočarou pilou hliníkové profily s plastovou deskou. Při zapnutí pily a přiložení plátku k profilu se plátek zasekl a pila se vymrštila nad stůl. Při pádu pila zasáhla zaměstnance plátkem na 3. a 4. prst levé ruky. Pilový plátek byl vhodný pro řezání hliníkových profilů. Při činnosti nebyly použity OOPP [36].

Nápravná opatření organizace: Seznámení ostatních zaměstnanců údržby s tímto úrazem, aby se zahrnulo toto riziko do uvažování. Zpracování instrukce pro práci s přímočarou pilou proběhlo [36].

Nápravná opatření, která si zvolila organizace, byla v tomto případě dodržena a splněna.

Doporučení autora práce: Doporučuje se systematický nákup adekvátních OOPP pro údržbářské práce, a to ve spolupráci se zaměstnanci, jejichž zkušenosti a potřeby jsou brány v úvahu při výběru vhodných ochranných prostředků. Opakované případy úrazů, způsobených nevhodnými OOPP naznačují, že organizace nedostatečně zohledňuje pohodlí a efektivitu ochranných pomůcek, což vede k jejich nedostatečnému používání zaměstnanci. Je nezbytné poskytnout zaměstnancům komfortní a efektivní OOPP, které je motivují k jejich pravidelnému nošení a přispívají k celkové bezpečnosti pracoviště. To vyžaduje nejen investici do kvalitních ochranných pomůcek, ale také pravidelnou revizi a aktualizaci sortimentu v souladu s nejnovějšími bezpečnostními standardy a požadavky zaměstnanců.

Tabulka 2.15: Úraz číslo 4 [36]

Úraz 12.7.2023 řezná rána	
RZS	ANO
Noc v nemocnici	NE
Oční sprcha	NE
Použití prostředků první pomoci v rámci závodu	ANO
Alkohol test pozitivní	NE
AED	NE
Ošetření lékařem	ANO
Počet zraněných osob	1
Místo úrazu	DEF4, dopravník
Příčina úrazu	Nevhodný pracovní postup

Popis úrazu: Zaměstnanec pracoval na lince DEF4, kde vyměňoval poškozené lamely na pásu pece. Odstavil dopravník a sundal přední kryt, aby mohl demontovat jednotlivé lamely. Ty odkládal na zem poblíž. Při demontáži každé lamely musel dojít k ovládání dopravníku, aby posunul pás o další lamelu. Mezitím se jedna, z již demontovaných lamel, sesunula na zem a zůstala ležet ostrými hranami nahoru. Toho si zaměstnanec nevšiml a při pokleknutí na levé koleno, aby se dostal k další lamele, si kolenem klekl přímo na hranu lamely. Zranění si nevšiml. Na znečištěný pracovní oděv ho upozornila až kolegyně. Poté zjistil, že mu ostrá hrana lamely rozřízla kůži na levém koleni [36].

Nápravná opatření organizace: V dokumentaci tohoto úrazu nemá organizace stanovena žádná nápravná opatření.

Doporučení autora práce: Pracovní instrukci pro demontáž lamel je nutné upřesnit a zahrnout do ní podrobné pokyny pro manipulaci s demontovanými lamelami, včetně jejich bezpečného odkládání. O úrazu a provedených nápravných opatřeních by měli být proaktivně informováni všichni pracovníci údržby formou školení. Preventivní opatření zahrnuje vytvoření stojanu na lamely, který zajistí jejich uložení ostřím směrem k zemi, a zvážení zavedení vizuálních značek pro snazší orientaci při výměně.

Tabulka 2.16: Úraz číslo 5 [36]

úraz 24.5. 2017 cizí látka v oku	
RZS	NE
Noc v nemocnici	NE
Oční sprcha	ANO
Použití prostředků první pomoci v rámci závodu	ANO
Alkohol test pozitivní	NE
AED	NE
Ošetření lékařem	ANO
Počet zraněných	1
Místo úrazu	DEF3, Injection cell
Příčina úrazu	Nevhodný pracovní postup

Popis úrazu: Pracovník údržby na lince DEF3 odpojil tlakové potrubí od vstřikovací hlavy pro čištění. Zapomněl však uzavřít ventil tlakového systému a při uvolňování spony se mu pod tlakem rozprášil zbytkový materiál. I když používal ochranné brýle a OOPP, došlo k úrazu [36].

Nápravná opatření organizace: Vytvoření instrukce pro danou činnost a implementace na další místa v závodě. Aktualizace pravidel pro OOPP pro danou činnost – nošení obličejového štítu namísto ochranných brýlí [36].

Nápravná opatření organizace byla splněna jen částečně. Ochranné štíty jsou dostupné a vyžadované na tento typ údržby, nicméně byly zaznamenány případy, kdy zaměstnanci použili ochranné brýle namísto štítu.

Doporučení autora práce: Doporučuje zavedení akustického a světelného indikátoru tlaku v tlakovém potrubí, který by pracovníka údržby upozornil na přítomnost tlaku v potrubí. Signalizaci tlaku lze realizovat instalací kontrolky opatřené akustickou funkcí. Instalace tlakové kontrolky lze realizovat v řádech tisíců korun. Opatření by mohlo významně přispět k prevenci podobných úrazů, jaký byl popsán v zadaném textu. Je potřeba zdůraznit zaměstnancům důležitost nošení ochranných štítů namísto ochranných brýlí.

Tabulka 2.17: Úraz číslo 6 [36]

úraz 14.1. 2018 tržná rána	
RZS	NE
Noc v nemocnici	NE
Oční sprcha	NE
Použití prostředků první pomoci v rámci závodu	ANO
Alkohol test pozitivní	NE
AED	NE
Ošetření lékařem	NE
Počet zraněných	1
Místo úrazu	DEF3, vakuová komora
Příčina úrazu	Absence pracovního postupu

Popis úrazu: Pracovník údržby zjišťoval netěsnost vakuového systému na míchacím zařízení. Vyměnil průhledové okénko z odolného materiálu za plexi sklo, aby mohl přetlakovat systém. Při natlakování systému na 0,5 Bar došlo k destrukci plexi krytu. Plastový střep poranil pracovníka údržba na palci levé ruky [36].

Nápravná opatření organizace: Zpracování pracovního postupu pro zjišťování netěsnosti vakuového systému. Seznámení pracovníků údržby se zpracovaným postupem [36].

Autor práce zkontroloval navrhovaná opatření organizace a opatření se dodržují dle ustanovení.

Doporučení autora práce: Na základě výše uvedeného není potřeba doporučit další preventivní opatření. Je však důležité, aby organizace dále monitorovala dodržování zavedených opatření.

2.12 Obecné doporučení

Pro dosažení vyšší úrovně bezpečnosti práce, jak na údržbě, tak v organizaci jsou dána následující doporučení. Realizovat navržená opatření pro vyřešení identifikovaných neshod, která byla vyhodnocena jako nejzávažnější pomocí FMECA analýzy. Zahrnuje instalaci vizuálních a akustických signalizací na určitá stanoviště. Vylepšení komunikace bude mezi operátorem a údržbářem při údržbářských pracích. Zavedení náhradních olejových koberců do zmíněného pracoviště se předpokládá. Zavedení kontroly inženýrů je potřeba, zdali dodržují pohotovost. Tato opatření by měla být prováděna v souladu s bezpečnostními standardy a postupy, aby byla zajištěna maximální účinnost a ochrana zaměstnanců.

Dále je doporučováno provést revizi výše zmíněných procesů a postupů v organizaci s cílem zajištění její efektivity a optimalizace v kontextu bezpečnosti práce. Upravit organizační strukturu s cílem jasného rozdělení zodpovědnosti za projekty v rámci vzájemné spolupráce mezi odděleními je nutné. Této změny by organizace mohla dosáhnout Maticí odpovědnosti.

Na základě zhodnocení konkrétních úrazů na údržbě autor doporučuje, aby management chodil více do výroby, a to nejen v případě auditů. Všeobecně změnit přístup k nápravným opatřením po úrazech, aby byla stále dodržována. To znamená aktivně monitorovat a vyhodnocovat provádění nápravných opatření a zajistit, aby byla dodržována příslušná dokumentace a procedury. V případě odepisování poruch je potřeba odepisovat poruchy ihned po dokončení údržby, a ne až na konci směny. Odpisy údržeb jednotlivých zařízení poté může tvořit bias v KPI ukazatelích.

Zároveň doporučuje přehodnotit přístup k nákupu, kontrole a frekvenci výměny OOPP. To zahrnuje pravidelné posouzení efektivity používaných OOPP, zavedení systému sledování a zaznamenávání stavu OOPP a aktualizaci politiky nákupu a výměny OOPP v souladu s nejnovějšími bezpečnostními standardy a technologiemi.

Doporučuje se přepracovat stávající ohodnocení zaměstnanců v případě jejich návrhů na zlepšení procesu a to tak, aby odměna byla dostatečně motivující. To znamená zavedení transparentních postupů pro hodnocení návrhů zaměstnanců, které zohledňují jejich přínos k bezpečnosti práce a efektivitě procesů. Tak, aby nemuselo vedení organizace vyvíjet tlak na vylepšování procesů skrze zaměstnance, ale spíše podporovalo jejich iniciativu a angažovanost v této oblasti.

Závěr

Cílem práce bylo prozkoumat problematiku bezpečnosti práce v údržbě v dané organizaci. Následně provést analýzu stávajícího stavu BOZP, údržby a managementu. Na základě důkladné analýzy bylo cílem vyhodnotit získané poznatky a předložit konkrétní návrhy na účinná preventivní opatření.

V teoretické části práce jsou definovány a charakterizovány důležité pojmy jako BOZP, údržba a environmentální management. Dále je zde prezentován stručný souhrn legislativy relevantní pro zkoumanou organizaci. Následně jsou popsány nástroje, použité v praktické části a shrnuty nejmodernější trendy ve zkoumané oblasti. Všechna témata v teoretické části jsou vytvořená na základě uvedené literatury.

Praktická část se nejprve zaměří na obecnou charakteristiku organizace. Následně analyzuje fungování BOZP s popsáním procesní mapy a stanovením znaků pro tuto oblast. V oblasti bezpečnosti práce by se organizace měla zaměřit na zlepšení těchto znaků systému. Organizace by měla zhodnotit rizika, spojená s úrazy, které se v organizaci staly, a tím snížit pravděpodobnost opakování daných úrazů. Druhým znakem, na který by se organizace měla zaměřit, jsou pravidelné dohledy a audity kontrolující dodržování bezpečnostních pravidel a postupů. Je nutné, aby byla bezpečnostní pravidla dodržována konstantě, a nejen v době auditů a dohledů. Dále se práce věnuje problematice údržby, konkrétně popisu aktuálního stavu a stanovení náležitých znaků. Konkrétně v údržbě autor práce doporučuje, aby se organizace soustředila na tyto konkrétní znaky: kontrola zavedených metodik a reportování provedených údržeb. V další kapitole se práce zaměřuje na environmentální stránku organizace, kde identifikuje její charakteristiku a uvádí specifické projekty, které organizace plánuje splnit do nadcházejícího roku. Vzhledem k nalezeným neshodám je organizaci doporučeno věnovat pozornost vzdělání zaměstnanců v oblasti třídění odpadů a tím eliminovat dotyčné nalezené neshody. I když je cílem organizace na rok 2024 změnit dovážené polymery za lokální zdroj, je potřeba nahradit více dovozových materiálů za lokální zdroje. Eliminovalo by se tím zbytečné CO_2, generované dovozem z USA, kde má organizace sídlo.

Při analýze organizace z hlediska procesního přístupu autor srovnával osm zvolených hledisek s aktuálním stavem organizace. Snaží se vést organizaci cestou procesní, ale stále zbývá prostor pro zlepšení. Zhodnocením určených hledisek autor došel k závěru, že organizace má zavedený procesní přístup z 70-80 %. Další kapitolou je soupis neshod, které autor práce odhalil při průzkumu stavu v organizaci. Nalezení neshod v organizaci proběhlo nad očekávání autora. Na jejich základu je provedená semikvantitativní FMECA analýza. Podle stanovené hranice rizikového čísla autor práce určil, že téměř polovina nalezených neshod vyžaduje zásah. To vypovídá o tom, že i když organizace dbá na bezpečnost práce, je zde stále prostor pro zlepšení. Autor navrhl vlastní opatření, která by snížila riziková čísla daných neshod. Po odhadovaném přepočtu rizikových čísel, která vychází z navrhovaných opatření z předchozí analýzy, již žádná neshoda nepřekračovala pomyslnou hranici kritického čísla. Následuje kapitola, která se věnuje všem úrazům v celé organizaci. Data byla použita k Paretově analýze samotné údržby a zbytku organizace. Výsledkem je určení úrazů na údržbě, na které by se mělo zaměřit. U daných úrazů autor ověřil integritu nápravných opatření a v případě potřeby doporučil vlastní návrhy na zlepšení. Z provedených analýz vyplývá, že vedení společnosti nechodí často do provozu výroby a nápravná opatření, která organizace zdokumentuje, nejsou vždy plně dodržována.

Úroveň bezpečnosti práce v údržbě je s ohledem na velikost organizace poměrně vysoká, a to i s výjimkou výše zmíněných neshod. Autorovi se i přesto podařilo identifikovat oblasti, v nichž údržba pokulhává. Implementací navrhovaných opatření by se nedostatky měly minimalizovat a dovést úroveň bezpečnosti práce v této oblasti na vyšší úroveň. I přes opakované dotazování autora, organizace neposkytla dostatečná data na podrobnější analýzu úrazů ve zbytku organizace. Proto nemohla být provedena hlubší analýza problematiky.

Použitá literatura

[1] CRDR. *Co je BOZP? Definice, cíle, legislativa a principy*. Online. 2015. Dostupné z: https://www.bozp.cz/aktuality/co-je-bozp/.

[2] LEGÁT, Václav. *Management a inženýrství údržby*. [Praha]: Professional Publishing, 2013. ISBN 9788074311192.

[3] NEUGEBAUER, Tomáš. *Bezpečnost a ochrana zdraví při práci v kostce*. Wolters Kluwer ČR, 2010. ISBN 9788073575564.

[4] *Hazards*. Online. We are union OHS reps. C2015. Dostupné z: https://www.ohsrep.org.au/hazards.

[5] CRDR. *Rozdíl mezi pracovním nebezpečím a rizikem v souvislosti s BOZP*. Online. BOZP.cz. 2019. Dostupné z: https://www.bozp.cz/aktuality/pracovni-nebezpeci-riziko/.

[6] TARLENGCO, Jona. *Maintenance: Definitions, Benefits, and Application*. Online. SafetyCulture. 2024. Dostupné z: https://safetyculture.com/topics/maintenance/.

[7] COSTELLA; F., M.; DALCANTON; F.; CARDINAL et al. Maintenance, occupational health and safety: a systematic review of the literature. Online. 2020. Dostupné z: https://doi.org/https://doi.org/10.1590/0104-530X3922-20.

[8] ZIMA, Martin. *Preventivní, prediktivní a reaktivní údržba*. Online. Olify. 2023. Dostupné z: https://olify.io/cs/blog/posts/preventivni-prediktivni-a-reaktivni-udrzba.

[9] *Prediktivní vs. preventivní: Debata a budoucnost*. Online. Vše o průmyslu. 2017, s. 1. Dostupné z: https://www.vseoprumyslu.cz/udrzba-a-diagnostika/asset-management/prediktivni-vs-preventivni-debata-a-budoucnost.html.

[10] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ (ÚNMZ). ČSN EN ISO 14001, *Systémy environmentálního managementu*. 3. vydání. 2016.

[11] EVROPSKÁ KOMISE. *About EMAS*. Online. Green Business. 2024. Dostupné z: https://green-business.ec.europa.eu/eco-management-and-audit-scheme-emas/about-emas_en.

[12] MINISTERSTVO ŽIVOTNÍHO PROSTŘEDÍ. *O EMAS*. Online. EMAS. 2023. Dostupné z: https://emaseu.cz/o-emas.

[13] Zákon č. 262 ze dne 21. dubna 2006 o zákoníku práce. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2006, částka 84, s. 3146-3272. Dostupné také z: https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-262.

[14] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ (ÚNMZ). ČSN ISO 45001, *Systémy managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci – Požadavky s návodem k použití*. 2018.

[15] Nařízení vlády č. 304 ze dne 26. září 2022, kterým se mění nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2022, částka 140, s. 3354-3368. Dostupné také z: https://www.epravo.cz/_dataPublic/sbirky/2022/sb0140-2022.pdf.

[16] Nařízení vlády č. 433 ze dne 7. prosince 2022 o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací, ve znění pozdějších předpisů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2022, částka 196, s. 5202-5208. Dostupné také z: https://www.epravo.cz/_dataPublic/sbirky/2022/sb0196-2022.pdf.

[17] Nařízení vlády č. 390 ze dne 11. října 2021 o bližších podmínkách poskytování osobních ochranných pracovních prostředků, mycích, čisticích a dezinfekčních prostředků. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2021, částka 173, s. 4970-5000. Dostupné také z: https://www.epravo.cz/_dataPublic/sbirky/2021/sb0173-2021.pdf.

[18] Zákon č. 250 ze dne 9. června 2021 o bezpečnosti práce v souvislosti s provozem vyhrazených technických zařízení a o změně souvisejících zákonů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2021, částka 106, s. 2546-2576. Dostupné také z: https://www.epravo.cz/_dataPublic/sbirky/2021/sb0106-2021.pdf.

[19] Nařízení vlády č. 375 ze dne 23. října 2017 o vzhledu, umístění a provedení bezpečnostních značek a značení a zavedení signálů. In: *Sbírka zákonů České republiky*. 2017, částka 131, s. 4258-4280. Dostupné také z: https://www.epravo.cz/_dataPublic/sbirky/2017/sb0131-2017.pdf.

[20] TECHNOR PRINT S.R.O. HRADEC KRÁLOVÉ. *Bezpečnostní tabulky a značky*. Online. Bezpečnostní tabulky. 2023. Dostupné z: https://www.bezpecnostni-tabulky.cz/clanky-bezpecnostni-tabulky/bezpecnostni-tabulky-popis/.

[21] KAMENICKÝ, Jan. *Funkční bezpečnost v technické praxi: Metody FMEA a FMECA*. Přednáška. Liberec: Fakulta mechatroniky, informatiky a mezioborových studií TUL. 2023.

[22] LIPKOVÁ, Jana. *Paretův graf*. Online. 2024. Dostupné z: https://www.twinelo.cz/j-paretuv-graf/.

[23] CRDR. *Analýza a řízení rizik BOZP. Identifikace, hodnocení a management ve firmách a jiných organizacích*. Online. DokumetaceBOZP. 2017. Dostupné z: https://www.dokumentacebozp.cz/aktuality/analyza-rizik-bozp-rizeni-hodnoceni-identifikace-management/.

[24] ŠVECOVÁ, Lenka a VEBER, Jaromír. *Produkční a provozní management*. Expert (Grada). Praha: Grada Publishing, 2021. ISBN 9788027113859.

[25] MANAGEMENTMANIA. *Řízení procesů (Process Management)*. Online. ManagementMania.com. 2016. Dostupné z: https://managementmania.com/cs/rizeni-procesu.

[26] IOTPORT. *Co bude firmy přitahovat na technologii IIoT v roce 2024*. Online. IoTPort. 2024. Dostupné z: https://www.iotport.cz/iot-novinky/prumysl-a-iiot/co-bude-firmy-pitahovat-na-technologii-iiot-v-roce-2024.

[27] WHITLEY, Eric. *How Industrial IoT Devices Can Improve Worker Safety*. Online. Built In. 2023. Dostupné z: https://builtin.com/internet-things/industrial-internet-of-things-improve-worker-safety.

[28] MINIOTEC – INTELLIGENT SOLUTIONS. *IIoT and Decarbonisation Projects: Assisting Emission Reductions Across Scopes 1, 2 and 3*. Online. Miniotec. 2023. Dostupné z: https://www.miniotec.com/post/iiot-and-decarbonisation-projects.

[29] BAKER, Bonnie. *Digitální dvojče, co vlastně je?* Online. Automatizace.HW.cz. 2022. Dostupné z: https://automatizace.hw.cz/digitalni-dvojce-jak-to-vlastne-funguje.html.

[30] ERRANDONEA, Itxaro; BELTRÁN, Sergio a ARRIZABALAGA, Saioa. Digital Twin for maintenance: A literature review. Online. *Computing industry*. 2020, s. 1-14. ISSN 0166-3615. Dostupné z: https://www.sciencedirect.com/science/article/pii/S0166361520305509.

[31] Moderní vizualizační systémy pro oblast prediktivní údržby a monitoringu procesů. Online. *Vše o průmyslu*. 2023, roč. 2023/podzim, s. 30-31. Dostupné z: https://www.vseoprumyslu.cz/knihovna/rizeni-a-udrzba/rizeni-a-udrzba-prumysloveho-podniku-2-2023.html.

[32] STREICHER, Dietmar. *Digitální dvojče: dokonalý nástroj pro zvýšení bezpečnosti výroby*. Online. Mcae. 2020. Dostupné z: https://www.mcae.cz/digitalni-dvojce-dokonaly-nastroj-pro-zvyseni-bezpecnosti-vyroby/.

[33] VOJÁČEK, Antonín. *Smíšená a rozšířená realita pro průmysl*. Online. Automatizace.HW.cz. 2023. Dostupné z: https://automatizace.hw.cz/smisena-a-rozsirena-realita-pro-ruzne-prumyslove-oblasti.html.

[34] KESSLER, Jowita. *Improve workplace with augmented reality (AR) health and safety training*. Online. Nsflow. 2022. Dostupné z: https://nsflow.com/blog/augmented-reality-safety.

[35] *Norma IATF 16949:2016 Norma pro systém management kvality v automobilovém průmyslu. Požadavky na systém managementu kvality v organizacích zajišťující sériovou výrobu a výrobu příslušných náhradních dílů v automobilovém průmyslu*. IATF, 2016.

[36] ORGANIZACE XY. *Interní zdroje BOZP organizace*. 2023.

[37] ÚŘAD PRO TECHNICKOU NORMALIZACI, METROLOGII A STÁTNÍ ZKUŠEBNICTVÍ (ÚNMZ). ČSN EN 378 1-4, *Chladicí zařízení a tepelná čerpadla – Bezpečnostní a environmentální požadavky*. 2017.