

Rizika vlivu lidského faktoru na bezpečnost provozu

Bc. Antonín Kuře

Diplomová práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta logistiky a krizového řízení

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta logistiky a krizového řízení

Ústav krizového řízení

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení:	Bc. Antonín Kuře
Osobní číslo:	L23338
Studijní program:	N1032A020002 Bezpečnost společnosti
Specializace:	Rizikové inženýrství
Forma studia:	Kombinovaná
Téma práce:	Rizika vlivu lidského faktoru na bezpečnost provozu

Zásady pro vypracování

1. Zpracujte literární rešerši týkající se předmětné problematiky.
2. Pomocí vhodných metod analyzujte současný stav vlivu lidského faktoru na vybrané pracoviště v kontextu rizik souvisejících s lidským faktorem.
3. Na základě výsledků analýzy navrhněte opatření zvyšující bezpečnost provozu.
4. Vámi navržená opatření zhodnoťte z hlediska jejich implementace do praxe.

Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

1. ANGELPOULOU, Anastasia; MYKONIATIS, Konstantinos a REDDY, Boyapati Nithisha. *Industry 4.0: The use of simulation for human reliability assessment*. Online. *Procedia Manufacturing*, 2019. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.094>. [cit. 2024-11-04].
2. BLECHARZ, Pavel. *Řízení a zlepšování kvality*. Jesenice: Ekopress, 2023. ISBN 978-80-87865-83-5.
3. HAJEROVÁ MÜLLEROVÁ, Lenka; DEPOO, Lucie a STRÍLECKÝ, Marek. *Řízení lidských zdrojů v kontextu organizačního chování*. Praha: Wolters Kluwer, 2024. ISBN 978-80-7676-996-0.
4. SALVENDY, Gavriel a KARWOWSKI, Waldemar. *Handbook of human factors and ergonomics*. Fifth edition. Hoboken: Wiley, 2021. ISBN 978-1-119-63608-3.
5. VEBER, Jaromír. *Management: základy, přístupy, soudobé trendy*. I. vydání. Praha: Ekopress, 2021. ISBN 978-80-87865-69-9.

Další odborná literatura dle doporučení vedoucí diplomové práce.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Eva Hoke, Ph.D.**
Ústav krizového řízení

Datum zadání diplomové práce: **2. prosince 2024**

Termín odevzdání diplomové práce: **25. dubna 2025**

L.S.

prof. Ing. Zuzana Tučková, Ph.D.
děkanka

Ing. et Ing. Jiří Konečný, Ph.D.
ředitel ústavu

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

- odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb., v platném znění bez ohledu na výsledek obhajoby;
- diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému a bude dostupná k nahlédnutí;
- jedno vyhotovení diplomové práce v listinné podobě bude ponecháno Univerzitě Tomáše Bati ve Zlíně k uložení;
- na moji diplomovou práci se plně vztahuje zákon č. 121/2000 Sb. o právu autorském, o právech souvisejících s právem autorským a o změně některých zákonů (autorský zákon) ve znění pozdějších právních předpisů, zejm. § 35 odst. 3;
- podle § 60 odst. 1 autorského zákona má Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona;
- podle § 60 odst. 2 a 3 mohu užít své dílo – diplomovou práci – nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen s předchozím písemným souhlasem Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně, která je oprávněna v takovém případě ode mne požadovat přiměřený příspěvek na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše);
- pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tj. k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům;
- pokud je výstupem diplomové práce jakýkoliv softwarový produkt, považují se za součást práce rovněž i zdrojové kódy, popř. soubory, ze kterých se projekt skládá; neodevzdání této součásti může být důvodem k neobhájení práce.

Prohlašuji, že

- jsem na diplomové práci pracoval(a) samostatně a použitou literaturu jsem řádně citoval(a); v případě publikace výsledků budu uveden(a) jako spoluautor;
- odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou obsahově totožné.

V Uherském Hradišti, dne 6.4.2025

.....
podpis autora

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá riziky vlivu lidského faktoru na bezpečnost provozu ve vybraném podniku. Teoretická část práce obsahuje literární rešerši z oblasti bezpečnosti práce, lidského faktoru a pracovního prostředí. Praktická část práce je zaměřena na podrobný popis výrobního procesu v podniku a jeho znázornění v podobě vývojového diagramu a procesní mapy. Po zhodnocení současného stavu podniku následuje identifikace a analýza rizik pomocí vybraných metod, jako jsou Ishikawa diagram, FMEA, TESEO a Paretova analýza. Na základě výstupů z analýz jsou navržena opatření ke snížení rizik, včetně technických úprav, změn pracovních postupů a zlepšení pracovního prostředí. Závěr práce patří zhodnocení navržených opatření a jejich implementaci do praxe, včetně jejich přínosu.

Klíčová slova: bezpečnost práce, lidský faktor, výrobní proces, FMEA, Ishikawa diagram, TESEO, Paretova analýza

ABSTRACT

The thesis deals with the risks of the human factor's impact on operational safety in a selected company. The theoretical part includes a literature review on occupational safety, human factors, and the working environment. The practical part focuses on a detailed description of the manufacturing process in the company and its representation in the form of a flowchart and process map. After evaluating the current state of the company, the identification and analysis of risks using selected methods such as Ishikawa diagram, FMEA, TESEO, and Pareto analysis follow. Based on the analysis results, measures are proposed to reduce risks, including technical modifications, changes in work procedures, and improvements in the working environment. The conclusion of the thesis evaluates the proposed measures and their implementation in practice, including their benefits.

Keywords: occupational safety, human factor, manufacturing process, FMEA, Ishikawa diagram, TESEO, Pareto analysis

Srdečně děkuji vedoucí práce, paní Ing. Evě Hoke, Ph.D., za její ochotu, cenné rady a odborné vedení, které mi poskytla během zpracování této práce. Také si velmi vážím podpory managementu společnosti, který mi umožnil přístup k potřebným informacím a dal mi příležitost tuto práci realizovat.

OBSAH

ÚVOD.....	11
CÍL PRÁCE A POUŽITÉ METODY.....	12
I TEORETICKÁ ČÁST	13
1 BEZPEČNOST A OCHRANA ZDRAVÍ PŘI PRÁCI	14
1.1 VYMEZENÍ PRÁVNÍCH PŘEDPISŮ V OBLASTI BEZPEČNOSTI PRÁCE	14
1.2 MANAGEMENT BOZP	16
BEZPEČNOSTNÍ OPATŘENÍ VE VÝROBNÍM PROCESU	18
1.2.1 Právní a normativní požadavky	18
1.2.2 Identifikace a hodnocení rizik	18
1.2.3 Organizační opatření	18
1.2.4 Technická opatření a ochranné prostředky	19
1.2.5 Ergonomie a pracovní prostředí	19
1.2.6 Plány pro mimořádné situace	19
1.2.7 Kontrola a audit BOZP	19
2 LIDSKÝ FAKTOR A JEHO ROLE V PROVOZU.....	20
2.1 DEFINICE LIDSKÉHO FAKTORU	20
2.2 TYPOLOGIE LIDSKÝCH CHYB	21
2.3 PSYCHOLOGICKÉ ASPEKTY LIDSKÉHO FAKTORU.....	22
3 VLIV PRACOVNÍHO PROSTŘEDÍ NA BEZPEČNOST A LIDSKÝ FAKTOR.....	24
3.1 ERGONOMIE PRACOVNÍHO MÍSTA	24
3.2 VÝZNAM PRACOVNÍCH PODMÍNEK, HLUKU, TEPLOTY, OSVĚTLENÍ NA BEZPEČNOSTNÍ ASPEKTY PRÁCE	25
3.2.1 Pracovní podmínky	25
3.2.2 Hluk.....	26
3.2.3 Teplota.....	26
3.2.4 Osvětlení	27
4 METODY HODNOCENÍ BEZPEČNOSTI VÝROBY V SOUVISLOSTI S LIDSKÝM FAKTOREM	29
4.1 FMEA (FAILURE MODE AND EFFECT ANALYSIS)	29
4.2 METODA TESEO	30
4.3 DIAGRAM PŘÍČIN A NÁSLEDKŮ	33
4.4 PARETOVA ANALÝZA	35
4.5 METODA POKA YOKE.....	37
4.6 SYSTÉMOVÉ A PROCESNÍ DIAGRAMY	38
5 ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI.....	40
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	41

6	POPIS VYBRANÉHO PODNIKU.....	42
7	ANALÝZA VYBRANÉHO VÝROBNÍHO PROCESU	45
7.1	POPIS VÝROBNÍHO PROCESU	45
7.2	ANALÝZA RIZIK LIDSKÉHO FAKTORU VE VYBRANÉM PROCESU.....	46
7.3	VÝVOJOVÝ DIAGRAM ČINNOSTI OPERÁTORA	47
8	ANALÝZA RIZIK VYBRANÉHO PROCESU	48
9	APLIKACE ISHIKAWA DIAGRAMU	49
10	APLIKACE METODY FMEA	50
11	PARETOVA ANALÝZA	66
12	METODA TESEO.....	71
13	PLÁN IMPLEMENTACE A VÝPOČET NÁKLADŮ NAVRŽENÝCH OPATŘENÍ	76
	ZÁVĚR.....	84
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY	85
	SEZNAM OBRÁZKŮ	90
	SEZNAM TABULEK.....	91
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	92
	SEZNAM PŘÍLOH.....	93

ÚVOD

Spolehlivost lidského faktoru je jedním z klíčových aspektů v oblasti bezpečnosti práce a efektivity výrobních procesů. Lidský faktor, ovlivňující schopnost pracovníků vykonávat úkoly správně, včas a bez chyb, má zásadní vliv nejen na kvalitu výroby, ale také na bezpečnost zaměstnanců. Současné studie ukazují, že v automobilovém průmyslu je většina pracovních incidentů způsobena lidskými chybami, jako jsou například nepozornost, nesprávný úsudek nebo vlivy únavy a stresu. Zajištění spolehlivosti lidského faktoru je zásadní nejen pro minimalizaci chyb, ale i pro ochranu zdraví pracovníků a prevenci škod na majetku.

Výběr tohoto tématu je motivován aktuálním trendem zaměření se na lidský faktor jako klíčový prvek zajištění bezpečnosti práce v moderních výrobních podmínkách. Zatímco technická řešení a automatizace mohou snížit míru rizika, vliv člověka na procesy stále zůstává významným faktorem, který nelze přehlížet. Existují mezery v efektivním zhodnocení specifických rizik spojených s lidským faktorem a jeho vlivu na bezpečnostní incidenty na výrobních pracovištích.

V první části práce je na základě odborné literatury zpracován teoretický podklad potřebný pro pochopení problematiky rizika vlivu lidského faktoru na bezpečnost provozu.

Druhá část práce je zaměřena na praktickou aplikaci metod analýzy rizik v oblasti rizika vlivu lidského faktoru na bezpečnost provozu, konkrétně ve výrobě pro automobilový průmysl. Pomocí vhodných metod je analyzován současný stav vybraného pracoviště v kontextu rizik souvisejících s lidským faktorem a prakticky aplikovány teoretické poznatky z první části práce.

Hlavním výstupem této práce je identifikace klíčových faktorů, které ovlivňují bezpečnostní rizika spojená s lidskými chybami, a návrh opatření, která je budou minimalizovat. V závěru práce jsou tato opatření zhodnocena z hlediska implementace do praxe.

Automobilový průmysl představuje prostředí, kde jsou nároky na pracovníky velmi vysoké. Komplexnost výrobních procesů, rychlost produkce a požadavky na přesnost vyžadují od zaměstnanců nejen technické dovednosti, ale i schopnost rychle se rozhodovat a přizpůsobovat se neustále měnícím se podmínkám. Chyby v tomto prostředí mohou mít vážné důsledky. Proto je analýza vlivu rizika lidského faktoru na bezpečnost práce v automobilovém průmyslu tak podstatná.

CÍL PRÁCE A POUŽITÉ METODY

Cílem této diplomové práce je identifikace klíčových faktorů, které ovlivňují bezpečnostní rizika spojená s lidskými chybami, a návrh opatření, která by tato rizika minimalizovala. Práce se zaměřuje na analýzu vlivu lidského faktoru na bezpečnost provozu ve výrobním procesu, konkrétně v automobilovém průmyslu. Hlavním výstupem je návrh opatření ke zvýšení bezpečnosti provozu a jejich zhodnocení z hlediska implementace do praxe.

V rámci literární rešerše je zpracována odborná literatura týkající se problematiky bezpečnosti práce, lidského faktoru a pracovního prostředí. Jsou vymezeny právní předpisy a normy v oblasti bezpečnosti práce a studovány psychologické aspekty lidského faktoru a jejich vliv na pracovní výkon a bezpečnost.

Analýza současného stavu zahrnuje procesní analýzu, rozbor jednotlivých kroků výrobního procesu a pozorování na vybraném pracovišti. Dále je použita metoda brainstormingu ve spolupráci s odborníky na bezpečnost, kvalitu a výrobu k identifikaci rizikových míst a činností. V práci dále budou aplikovány metody jako Ishikawa diagram, FMEA (Failure Mode and Effect Analysis), TESEO a Paretova analýza k systematickému hodnocení potenciálních selhání procesu, jejich příčin a následků.

Na základě výsledků analýzy budou navržena konkrétní opatření ke zvýšení bezpečnosti provozu, včetně technických úprav, změn pracovních postupů a zlepšení pracovního prostředí.

Navržená opatření budou zhodnocena z hlediska jejich implementace do praxe, včetně časové osy a výpočtu nákladů. Součástí bude také plán jejich implementace s ohledem na minimalizaci negativního vlivu na výrobní proces.

Tento přístup umožňuje komplexní analýzu vlivu lidského faktoru na bezpečnost provozu a poskytuje konkrétní návrhy ke zlepšení bezpečnosti ve výrobním procesu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 BEZPEČNOST A OCHRANA ZDRAVÍ PŘI PRÁCI

Pro správné pochopení problematiky související s bezpečností a ochranou zdraví při práci je nejprve nutné její teoretické vymezení.

Bezpečnost a ochrana zdraví při práci (BOZP) představuje soubor zásad, metod a opatření zaměřených na ochranu zdraví a života pracovníků během jejich pracovního výkonu. Jejím cílem je prevence pracovních úrazů, nemocí z povolání a dalších negativních zdravotních dopadů. BOZP se soustředí na vytvoření takového pracovního prostředí, které minimalizuje rizika spojená s pracovními činnostmi, a zároveň zajišťuje, že výrobní procesy probíhají bezpečně, efektivně a neohrožují zdraví zaměstnanců ani okolí (Šikýř, 2014).

Na zajištění BOZP se podílí zaměstnavatel i zaměstnanec. Zaměstnanec má zájem chránit své zdraví, což přispívá k jeho schopnosti uplatnit se na trhu práce. Zájem na BOZP má také stát, protože tím snižuje riziko zvyšování sociálních výdajů. Všechny tyto strany sledují společný cíl, kterým je ochrana zdraví osob na pracovišti (Neugebauer, 2017).

Klíčové prvky BOZP obsahují identifikaci rizik na pracovišti, jejich analýzu a zavedení preventivních opatření. To může zahrnovat používání ochranných pomůcek (např. přilby, rukavice, respirátory), pravidelné školení zaměstnanců, kontrolu strojů a zařízení nebo zavádění bezpečnostních postupů při manipulaci s nebezpečnými látkami. Důležitou součástí je také pravidelný monitoring a revize bezpečnostních opatření a spolupráce mezi zaměstnavatelem a zaměstnanci na zlepšování pracovních podmínek. Zajištění BOZP chrání nejen zdraví pracovníků, ale přispívá i k plynulosti a prevenci výpadků výroby a snížení finančních ztrát spojených s úrazy nebo nemocemi. Správně nastavený systém BOZP je klíčovým prvkem každého moderního podniku (Janáková, 2011).

1.1 Vymezení právních předpisů v oblasti bezpečnosti práce

V rámci legislativy je BOZP upraveno zákony a předpisy, které stanovují povinnosti zaměstnavatelů i zaměstnanců. Zaměstnavatel má povinnost zajistit bezpečné pracovní prostředí, zatímco zaměstnanci mají povinnost dodržovat stanovené předpisy a hlásit případné nedostatky.

V současnosti platí mnoho zákonů doplněných různými vyhláškami, nařízeními a normami, které jsou závazné jak pro zaměstnavatele, tak i pro zaměstnance. Vzhledem k tomu, že česká legislativa a normy se průběžně přizpůsobují evropským standardům, dochází také často i k jejich aktualizacím a změnám.

Hlavním právním předpisem, který reguluje oblast bezpečnosti a ochrany zdraví při práci, je zákoník práce. Tento zákon stanovuje práva a povinnosti zaměstnavatelů i zaměstnanců. Zákoník práce je rozdělen do šesti částí, přičemž nejdůležitější je část druhá nazvaná Pracovní poměr. Konkrétně hlava pátá se zaměřuje na BOZP, hlava sedmá řeší pracovní podmínky žen a mladistvých, hlava šestá upravuje péči o zaměstnance a hlava třetí stanovuje pravidla pro přestávky v práci (Hůlová, 2003).

Pro zajištění odborné způsobilosti v oblasti BOZP je nezbytné absolvovat specifické vzdělávací programy. Každá organizace by měla mít kvalifikovanou osobu, která školí celý tým zaměstnanců na základě svých znalostí (Hůlová, 2003).

Pro lepší přehled je zde uveden souhrn konkrétních zákonů, nařízení či vyhlášek vztahujících se k danému tématu práce:

- **Zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce** – základní právní předpis upravující pracovní vztahy a podmínky práce (ČESKO, 2006a).
- **Zákon č. 309/2006 Sb., o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci** – specifikuje požadavky na BOZP v pracovněprávních vztazích (ČESKO, 2006b).
- **Zákon č. 250/2021 Sb., o bezpečnosti práce v souvislosti s provozem vyhrazených technických zařízení a o změně souvisejících zákonů** – upravuje bezpečnostní požadavky na provoz vyhrazených technických zařízení (ČESKO, 2021a).
- **Zákon č. 258/2000 Sb., o ochraně veřejného zdraví** – zaměřuje se na ochranu zdraví obyvatelstva a prevenci zdravotních rizik (ČESKO, 2000).
- **Nařízení vlády č. 170/2014 Sb., o způsobu evidence úrazů, hlášení a zasílání oznámení o úrazu** – bylo vydáno jako novela k původnímu nařízení vlády č. 201/2010 Sb. (ČESKO, 2014).
- **Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci** – upravuje podmínky ochrany zdraví při práci. (ČESKO, 2007).
- **Nařízení vlády č. 390/2021 Sb., o bližších podmínkách poskytování osobních ochranných pracovních prostředků, mycích, čistících a dezinfekčních prostředků** – stanovuje podmínky pro poskytování OOPP a souvisejících prostředků (ČESKO, 2021b).

- **Nařízení vlády č. 272/2011 Sb., o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací** – specifikuje požadavky na ochranu před hlukem a vibracemi (ČESKO, 2011).
- **Nařízení vlády č. 406/2004 Sb., o bližších požadavcích na zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v prostředí s nebezpečím výbuchu** – stanovuje požadavky na práci v prostředí s nebezpečím výbuchu (ČESKO, 2004).
- **Nařízení vlády č. 116/2016 Sb., o posuzování shody zařízení a ochranných systémů určených k použití v prostředí s nebezpečím výbuchu při jejich dodávání na trh** – stanovuje požadavky na zařízení určená pro prostředí s nebezpečím výbuchu (ČESKO, 2016).
- **Nařízení vlády, č. 375/2017 Sb., o vzhledu, umístění a provedení bezpečnostních značek a značení a zavedení signálů** – Toto nařízení upravuje podmínky pro označování rizikových oblastí, zařízení, vybavení a pracovních prostorů, a to jak vizuálně, tak prostřednictvím zvukových a světelných signálů (ČESKO, 2017).

1.2 Management BOZP

Každý systém řízení je komplexním organismem, který pro dlouhodobé zachování plné funkčnosti vyžaduje zavedení řady podpůrných procesů. Tyto procesy je nutné neustále rozvíjet a zdokonalovat, což vede nejen k vynaložení pracovního úsilí, ale také k nutnosti zajištění potřebných zdrojů. Příklad procesu neustálého zlepšování je znázorněn na obrázku 1, který vizualizuje jednotlivé kroky kontinuálního zlepšování v rámci politiky BOZP (Nordlöf, 2015).



Obrázek 1 Proces neustálého zlepšování politiky BOZP (Nordlöf, 2015).

Pro efektivní fungování systému řízení BOZP je k dispozici široké spektrum metod a nástrojů. Společnosti si nastavují vlastní procesy tak, aby splnily základní legislativní požadavky. Malé podniky mohou využívat volně dostupné checklisty a další pomůcky, které umožňují s minimálními náklady implementovat nezbytná opatření pro zajištění BOZP. U středních a velkých firem však tyto nástroje obvykle nestačí, a proto existují specializované systémy. Tyto systémy umožňují například pravidelné sledování pracovních podmínek, analýzu rizik, monitoring nemocnosti nebo evidenci úrazů. Pečlivé zaznamenávání pracovních úrazů, skoronehod a nemocí z povolání je klíčové pro správnou dokumentaci, jelikož tyto údaje poskytují vedení cenné podklady k identifikaci oblastí na pracovišti, které vyžadují zvýšenou pozornost s cílem minimalizovat negativní dopady v budoucnu (Nordlöf, 2015; Frick, 2011).

Pro zlepšování systému BOZP ve firmě je klíčová znalost, že ukazatele jako sledování úrazovosti či jiné metriky kvality systému se vztahují pouze k minulým událostem – tedy k již proběhlým incidentům. Tyto metriky slouží jako zpětná vazba a v odborné literatuře jsou označovány jako „lagging indicators“, v překladu zpožděné ukazatele (Dyreborg, 2009).

Současné výzkumy se ale stále více zaměřují na proaktivní přístupy, které dokážou problémům v oblasti BOZP předcházet. Tyto ukazatele, označované jako „leading indicators“ nebo vedoucí ukazatele, poskytují vedení příležitost identifikovat a eliminovat potenciální rizika ještě předtím, než dojde k jejich realizaci (Dyreborg, 2009).

Zavádění nových přístupů se obvykle uskutečňuje prostřednictvím implementace různých interních směrnic, a to jak v oblasti BOZP, tak i CSR (společenské odpovědnosti firem). Manažeři tímto krokem přijímají závazek k neustálému zdokonalování kontrolních mechanismů a procesů pro dohled nad systémem BOZP (Anyfantis, 2016).

Pokud vedení společnosti dokáže podřízené pracovníky zaujmout otázkou bezpečnosti práce, otevírá se možnost jejich aktivního zapojení do systému BOZP. To zahrnuje pravidelné schůzky se zástupci zaměstnanců či odborů, vytváření dotazníků nebo zřízení tzv. schránek důvěry, kam mohou pracovníci anonymně vkládat své podněty k BOZP. Tímto způsobem vedení získá cennou zpětnou vazbu a lépe porozumí vnímání stávajícího systému BOZP. Pro efektivní rozvoj a monitorování systému je důležitá snaha vedení o integraci obou typů ukazatelů, tedy jak zpožděných, tak vedoucích. Tyto ukazatele se vzájemně doplňují a výsledkem je vyšší úroveň bezpečnosti na pracovišti společně s robustnějším přístupem k prevenci rizik (Dyreborg, 2009).

Bezpečnostní opatření ve výrobním procesu

Bezpečnostní opatření ve výrobním procesu jsou zásadní pro ochranu zdraví a bezpečnosti zaměstnanců, prevenci nehod a dodržování právních předpisů. Na rozdíl od klasického BOZP, které se soustředí na obecná pravidla, jako je prevence úrazů a používání ochranných pomůcek, bezpečnost ve výrobě se zaměřuje na specifická rizika. Ta mohou zahrnovat práci s nebezpečnými látkami, pohyblivými stroji nebo vysokými teplotami. V tomto případě je kladen důraz na technická opatření, jako jsou bezpečnostní zámky, senzory a automatizované systémy. Výroba také vyžaduje přísnější kontroly, pravidelná testování zařízení a detailní pracovní postupy, aby se minimalizovala rizika a zajistila co největší bezpečnost pracovníků.

1.2.1 Právní a normativní požadavky

V oblasti bezpečnosti práce zahrnují především zajištění souladu s platnou legislativou a příslušnými normami. To zahrnuje dodržování místních zákonů a předpisů, například v České republice zákon č. 262/2006 Sb., zákoník práce, a dalších specifických právních norem. Důležitou součástí je také zajištění certifikace a souladu s mezinárodními standardy, jako je ISO 45001, který definuje systém managementu bezpečnosti a ochrany zdraví při práci.

1.2.2 Identifikace a hodnocení rizik

Identifikace a hodnocení rizik je klíčovým procesem, který zahrnuje pravidelné analýzy pracovního prostředí s cílem identifikovat možná nebezpečí, jako je hluk, prach, nebezpečné látky nebo stroje. Na základě těchto analýz se zavádějí preventivní opatření, která minimalizují identifikovaná rizika a zajišťují bezpečnější pracovní prostředí (Kittelman et al., 2014).

1.2.3 Organizační opatření

V rámci organizačních opatření je důležité pravidelně školit zaměstnance v oblasti bezpečnosti práce, používání osobních ochranných pomůcek a správné reakce na mimořádné události. K tomu slouží bezpečnostní politika, která definuje směrnice a postupy zaměřené na ochranu zdraví a bezpečnost zaměstnanců (Kittelman et al., 2014).

1.2.4 Technická opatření a ochranné prostředky

Technická opatření zahrnují instalaci ochranných zařízení, jako jsou bezpečnostní kryty, zábrany a senzory na strojích. Pravidelné kontroly a údržba zařízení zajišťují jejich bezpečný provoz. Rovněž je nutné mít systémy nouzového vypnutí, které umožňují okamžité zastavení strojů v případě havárie. Používání ochranných prostředků zahrnuje poskytování osobních ochranných pracovních prostředků, jako jsou helmy, ochranné brýle, rukavice, respirátory a protihluková sluchátka. Na rizikových pracovištích je zavedena povinnost tyto pomůcky používat (Kittelman et al., 2014).

1.2.5 Ergonomie a pracovní prostředí

Ergonomie a pracovní prostředí jsou další důležitou oblastí, kde se pracoviště a pracovní nástroje optimalizují tak, aby minimalizovaly fyzickou námahu a únavu zaměstnanců. Důraz je kladen na zajištění dostatečného osvětlení a kvalitní ventilace vzduchu pro pohodlné a zdravé pracovní prostředí (Znalostní systém prevence rizik v BOZP, ©2016-2025).

1.2.6 Plány pro mimořádné situace

Plány pro mimořádné situace, jako je bezpečnostní plán, který stanovuje postupy pro pověřené osoby v případě nenadálé situace, nebo evakuační plán s jasně definovanými kroky pro evakuaci v případě požáru či jiných nečekaných událostí, jsou klíčovou součástí bezpečnostních opatření, a to i ve výrobním procesu. Tyto plány zahrnují také potřebné vybavení, například hasicí přístroje, lékárničky nebo umístění nouzových východů. Součástí plánů jsou pravidelně prováděné cvičné evakuace, které pomáhají zaměstnancům připravit se na krizové situace (Neugebauer, 2023; Mikšátko, ©2025).

1.2.7 Kontrola a audit BOZP

Kontrola a audit BOZP zahrnuje pravidelné inspekce pracovišť a vybavení odborně způsobilými osobami. Bezpečnostní audity se provádějí pravidelně, aby byly identifikovány a aktualizovány potřebné změny v systému řízení BOZP. Komunikace a zpětná vazba jsou klíčové pro zlepšování bezpečnostních opatření. Zaměstnanci jsou podporováni v hlášení bezpečnostních problémů, přičemž jejich zpětná vazba je využívána k optimalizaci procesů a opatření (Bezpečnost práce, 2021).

2 LIDSKÝ FAKTOR A JEHO ROLE V PROVOZU

Lidský faktor je chápán jako soubor vlastností a schopností člověka, které jsou posuzovány především z psychologického, fyziologického a fyzického hlediska a které jsou vždy nějakým způsobem v dané situaci ovlivňovány, čímž je následně ovlivňována i výkonnost, efektivnost a spolehlivost pracovního systému (Health and Safety Authority, 2013).

Lidský faktor patří mezi nejčastější příčiny mimořádných událostí ve výrobním procesu, kterým však často není věnována dostatečná pozornost. Většina incidentů vzniká v důsledku nedbalosti, nepozornosti, nedostatečných schopností nebo úmyslného porušování pravidel ze strany jednotlivců. Přesto nelze incidenty vnímat pouze jako selhání lidského faktoru, ale také jako selhání celého systému. Proto je důležité pochopit nejen lidský faktor, ale i kontext systému, ve kterém funguje. Teprve na základě tohoto pochopení je možné provést hodnocení rizik, včetně analýzy vlivu lidského faktoru na BOZP (Dhillon, 2014; Health and Safety Authority, 2013).

Mezi další příčiny patří nesprávné pracovní postupy a nedostatky v uživatelských příručkách, poruchy způsobené společnými faktory, jazykové nesrovnalosti, chyby v nastavení a měření, nedostatek praxe, vlivy pracovního prostředí, omezený přístup k informacím, stres či nízká úroveň motivace (Dhillon, 2014; Health and Safety Authority, 2013).

2.1 Definice lidského faktoru

Lidský faktor označuje psychologické, fyziologické a sociální charakteristiky pracovníků, které ovlivňují jejich výkon, chování a schopnost pracovat bezpečně. V kontextu bezpečnosti práce jde o pochopení, jak lidské chování, rozhodování a interakce přispívají k prevenci nebo vzniku pracovních úrazů a chyb (Dhillon, 2014; Angelpoulou et al., 2019).

Hlavní oblasti lidského faktoru:

- **Kognitivní funkce:** Schopnost vnímat, analyzovat a rozhodovat.
- **Fyzická zdatnost:** Výdrž, síla a schopnost provádět úkoly bez nadměrné únavy.
- **Emoční stabilita:** Vliv stresu, nálady a emocí na chování pracovníků.
- **Sociální interakce:** Spolupráce v týmu, komunikace a vliv skupinové dynamiky.

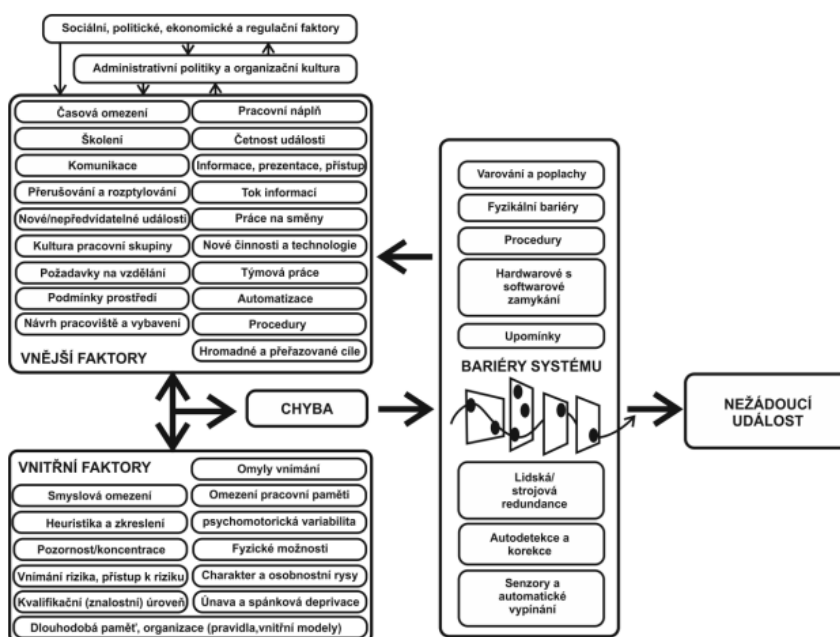
2.2 Typologie lidských chyb

Lidské chyby jsou důsledkem selhání jednotlivců při plnění úkolů a mohou být klasifikovány na základě různých kritérií. Reason rozlišuje tři základní typy: chyby z nepozornosti, omyly a vědomé chyby.

Chyby z nepozornosti vznikají nezáměrně a bývají často důsledkem opomenutí. Tyto chyby jsou spojovány se smyslovým vnímáním, selháním paměti a chybami pozornosti. O chybě z nepozornosti je hovořeno tehdy, když se člověk snaží vykonat práci správně, ale přesto na něco zapomene. Například technik údržby může být vyrušen, jeho pozornost na práci se sníží, a přestože věděl, kterou součástku má odmontovat, odmontuje jinou (Kuselman et al., 2012).

Omyly jsou způsobovány nesprávnými přesvědčeními a vznikají tehdy, když je informace špatně vyhodnocena, zatímco je člověk přesvědčen, že jedná správně. K omylům dochází při špatném pochopení pravidel nebo v případě, že žádná pravidla neexistují (Kuselman et al., 2012).

Systém vzájemných vazeb ovlivňujících vznik lidské chyby a selhání ochranných bariér vedoucí ke vzniku nehody, ukazuje komplexní interakce mezi různými faktory, které mohou ovlivnit bezpečnostní procesy ve výrobě znázorňuje Obrázek 2.



Obrázek 2 Systém vzájemných vazeb ovlivňujících vznik lidské chyby a selhání ochranných bariér vedoucí ke vzniku nehody (Skřehot, 2013).

Vědomé chyby jsou činěny tehdy, když je nesprávná akce vykonána záměrně, například při úmyslném porušení bezpečnostních pravidel, urychlení práce nebo jiném zkratkovitém jednání. Tyto chyby, označované také jako porušení, jsou nejhůře potlačitelné a bohužel bývají managementem často tolerovány. V takovém případě je hovořeno o latentní chybě, což je skrytá chyba v systému, která čeká na příležitost. Latentní chyby bývají způsobovány provozními a organizačními nedostatky a je možné jim předejít. Naopak aktivní chyby jsou spojovány přímo s nedostatky lidského faktoru a nikdy je nelze zcela eliminovat. Aktivní chyba vzniká pochybením člověka v činnosti, na které se podílí přímo (Kuselman et al., 2012).

2.3 Psychologické aspekty lidského faktoru

Psychologické aspekty lidského faktoru významně ovlivňují, jak zaměstnanci vnímají rizika, reagují na stresové situace a zapojují se do bezpečnostních opatření. Schopnost pracovníků soustředit se na bezpečnostní pokyny je často snižována stresem, který vzniká v důsledku vysokého pracovního tempa, nedostatku času nebo mezilidských konfliktů. Pokud je stres dlouhodobý, může vést k vyhoření, což výrazně zvyšuje riziko chyb (Paulík, 2017).

Dalším aspektem je motivace zaměstnanců, která hraje důležitou roli v dodržování bezpečnostních pravidel. Motivovaní zaměstnanci mají větší tendenci tato pravidla respektovat, zatímco nedostatek motivace může způsobovat laxní přístup k prevenci rizik. Významný vliv má také vnímání rizika, které se u jednotlivých pracovníků liší. Zatímco zkušenější zaměstnanci mohou rizika podceňovat, nováčci bývají obvykle opatrnější a obezřetnější (Paulík, 2017).

Důležitým faktorem je také kognitivní zátěž, která může být způsobena nadměrným množstvím informací nebo složitostí úkolů, což zvyšuje pravděpodobnost chyb. Na druhé straně opakující se rutinní činnosti často vedou ke ztrátě pozornosti, což také negativně ovlivňuje výkon a bezpečnost (Paulík, 2017).

Emoční stavy, jako je hněv nebo frustrace, mají přímý vliv na schopnost pracovníků rozhodovat se. Tyto negativní emoce snižují kvalitu rozhodování a zvyšují riziko impulzivního chování, které může mít negativní dopad na bezpečnost a efektivitu práce (Paulík, 2017).

Obecné znaky neoptimální pracovní zátěže:

Člověk, který je na pracovišti vystaven vysoké pracovní zátěži se obvykle potýká také se špatnými vztahy v pracovním kolektivu. Neoptimální pracovní zátěž je z pohledu psychologického aspektu podpořena nadměrným množstvím podnětů (např. intenzivní hluk, chlad, teplo, vlhkost), nebo naopak jejich nedostatkem (např. nuda, monotonie). Za základní stresový faktor je považován časový tlak, který se stal u některých pracovních pozic již jejich běžnou součástí (Paulík, 2017; Veber, 2021).

Při dlouhodobém vystavení vysoké pracovní zátěži dochází ke zvýšení pravděpodobnosti vzniku chyb při rozhodování, které následně vedou k riziku vzniku škod. Provádění vnější kontroly snižuje samostatnost rozhodování a možnost volby, což je vnímáno jako rušivý faktor pro kontrolované i kontrolující osoby nebo jako překážka pro osobní rozvoj a využití individuálních schopností pracovníka. Za zvlášť stresující je označována kontrola a omezení volnosti rozhodování a pravomocí, zejména pokud jsou spojeny s vysokou odpovědností. V mnoha případech je zaznamenáván také nedostatek informací potřebných pro učinění rozhodnutí a řešení naléhavých problémů. Pracovní stres je také pociťován v důsledku neadekvátního hodnocení práce, nedostatku podpory, malé pravděpodobnosti povýšení a omezené možnosti osobního rozvoje. Posledním faktorem je nejistota a obava ze ztráty zaměstnání (Paulík, 2017; Veber, 2021).

3 Vliv pracovního prostředí na bezpečnost a lidský faktor

Pracovní prostředí hraje zásadní roli při předcházení pracovním úrazům a zlepšování výkonu zaměstnanců v organizaci. Faktory, jako je správné uspořádání pracovního místa, kvalitní osvětlení, nízká hladina hluku, správná teplota, pracovní režim nebo psychologická pohoda, přímo ovlivňují, jak dobře a bezpečně lidé pracují.

Tato kapitola se zaměřuje na to, jak tyto faktory spolu souvisejí, jak ovlivňují výkon a bezpečné chování zaměstnanců. Důraz je kladen na to, jak předcházet rizikům spojeným s nevhodným prostředím, a také na opatření, která mohou pracovní podmínky zlepšit a usnadnit tak práci zaměstnancům.

3.1 Ergonomie pracovního místa

Ergonomie pracovního místa se zabývá tím, jak přizpůsobit pracovní prostředí a podmínky konkrétním potřebám zaměstnanců, kteří zde vykonávají svou práci. Při úvaze nad tím, jak pracovní místo upravit a uspořádat, není důležité jen vybavení jako nářadí, nábytek nebo osvětlení. Klíčové je také zohlednit fyzické a psychické vlastnosti každého jednotlivce. To, jak se člověk na pracovišti cítí a jak podává výkon, ovlivňuje například:

- Mikroklima na pracovišti – teplota, vlhkost a kvalita vzduchu,
- Velikost a uspořádání prostoru – dostatek místa na pohyb a organizaci,
- Pracovní vybavení – jako je stůl, židle nebo další pomůcky,
- Délka pracovní doby – jak dlouho je práce vykonávána,
- Typ práce – ať už jde o fyzickou, duševní, nebo kombinovanou činnost,
- Pracovní pozice a pohyby – správné držení těla nebo opakované pohyby,
- Zdravotní stav zaměstnance – například fyzická síla, stres či chronické nemoci,
- Individuální fyziologické vlastnosti – věk, pohlaví, tělesná stavba apod. (Znalostní systém prevence rizik v BOZP, ©2016-2025).

Hlavním cílem při navrhování pracovního místa je odstranit všechno, co pracovníka zbytečně zatěžuje, ruší nebo mu jinak znepríjemňuje práci. Správně nastavené podmínky by měly co nejvíce přispět k pohodlí zaměstnanců (Znalostní systém prevence rizik v BOZP, ©2016-2025).

Při hodnocení pracovního systému, je snahou přijít na příčiny nepohodlí nebo problémů, které způsobují nespokojenost, únavu, stres či zdravotní obtíže. Mezi časté potíže patří přetěžování pohybového aparátu, zvýšená námaha, svalová únava, zrakové potíže nebo pocit monotónní práce. Tyto informace lze získat například rozhovorem se zaměstnanci nebo pomocí dotazníků, které odhalí názory a potřeby celého pracovního kolektivu (Salvendy a Karwowski, 2021).

Pokud se tyto poznatky zohlední při úpravách pracoviště, dojde ke zlepšení podmínek, ale často i ke zvýšení produktivity zaměstnanců. Firmy si toho začínají být stále více vědomy, a proto se ergonomii pracovních míst věnují nejen velké korporace, ale i střední a malé podniky. Správně nastavené ergonomické podmínky jsou tak užitečné napříč všemi velikostmi organizací (Salvendy a Karwowski, 2021).

3.2 Význam pracovních podmínek, hluku, teploty, osvětlení na bezpečnostní aspekty práce

Pracovní podmínky, hluk, teplota a osvětlení, mají významný vliv na bezpečnost a zdraví zaměstnanců. Tyto faktory ovlivňují nejen komfort pracovníků, ale také jejich schopnost vykonávat pracovní úkoly bezpečně a efektivně. Hluk na pracovišti může být příčinou narušení komunikace, ale i dlouhodobého poškození sluchu nebo psychických problémů. Teplota, ať už příliš vysoká nebo nízká, může vést k únavě, ztrátě koncentrace a v krajních případech i k vážným zdravotním komplikacím. Osvětlení je dalším klíčovým faktorem, který ovlivňuje schopnost vykonávat práci bez zbytečného zatížení.

Všechny tyto podmínky jsou neoddělitelně spojeny s prevencí pracovních úrazů a nemocí z povolání. Správné nastavení těchto podmínek je nezbytné pro zvýšení produktivity práce a zajištění bezpečného pracovního prostředí.

3.2.1 Pracovní podmínky

Základní zaměstnanecká práva, jako je nárok na adekvátní pracovní podmínky a spravedlivou mzdu, jsou v českém právním řádu ukotvena na nejvyšší úrovni, konkrétně v článku 28 Listiny základních práv a svobod. Navazující článek této Listiny zaručuje právo na zvláštní ochranu zdraví při práci a upravuje specifické pracovní podmínky pro ženy, mladistvé a osoby se zdravotním postižením (Bělina a Pichrt, 2017; Hajerová et.al.,2024).

Hlavním právním předpisem upravujícím pracovní právo je Zákoník práce, který již v úvodních ustanoveních garantuje zaměstnancům bezpečné a vyhovující podmínky pro výkon

práce. Tyto podmínky představují jednu ze základních zásad pracovněprávních vztahů. Zaměstnavatel je povinen zajišťovat takové pracovní prostředí, které umožní bezpečný výkon práce. Zároveň musí vytvářet, rozvíjet a udržovat zařízení určená pro zaměstnance, dbát na jejich bezpečnost a ochranu zdraví při práci a zajistit odpovídající hygienické a sociální zázemí, které je nedílnou součástí každého pracoviště (Bělina a Pichrt, 2017, Hajerová et al., 2024).

Pracovní podmínky lze chápat jako souhrn základních faktorů, které ovlivňují pracovní vztah mezi zaměstnancem a zaměstnavatelem. Tyto podmínky zahrnují ekonomické, technické a technologické aspekty, stejně jako pracovní dobu, režim práce, bezpečnost, pracovní prostředí, sociální podmínky a péči o zaměstnance. Mezi pracovní podmínky spadá například také stanovení pracovní doby, doby odpočinku a dalších pravidel souvisejících s organizací práce (Bělina a Pichrt, 2017, Hajerová et al., 2024).

3.2.2 Hluk

Hluk je obecně definován jako jakýkoli zvuk, který má nepříznivý, rušivý nebo škodlivý dopad na člověka. V současné době je považován za jeden z nejzávažnějších škodlivých faktorů, který může dlouhodobě ovlivnit zdraví zaměstnanců, přičemž jeho důsledky se často projeví až po delší době. Dlouhodobé působení hluku zvyšuje pracovní zátěž a negativně ovlivňuje výkonnost zaměstnanců. Je klíčové rozlišovat různé druhy zvukových podnětů, které působí na pracovníky, jelikož se liší svou intenzitou a mají odlišné účinky na zdraví i efektivitu práce (Dvořáková, 2007).

Hluk ztěžuje komunikaci mezi lidmi a má škodlivý vliv na nervovou soustavu, což může vést ke změnám v nervovém systému a přispět k duševním problémům. Kromě toho může dlouhodobé vystavení vysoké úrovni hluku způsobit částečnou až úplnou ztrátu sluchu. Ochrana proti hluku může být řešena technologickými opatřeními, jako je úprava strojů, použití materiálů pohlcujících zvuk, nebo osobními ochrannými prostředky, jako jsou špunty do uší nebo chrániče sluchu. Volba vhodného ochranného opatření závisí na konkrétní pracovní situaci a druhu činnosti (Dvořáková, 2007).

3.2.3 Teplota

Mikroklimatické podmínky na pracovišti, jako jsou teplota, vlhkost a rychlost proudění vzduchu, jsou určeny pro jednotlivé pracovní činnosti v rámci takzvaných tříd práce. Mezi

rizikové faktory těchto podmínek patří tepelná zátěž a zátěž chladem. Optimální mikroklimatické hodnoty lze stanovit pouze s ohledem na konkrétní pracovní prostředí, přičemž důležitou roli hraje i povaha vykonávané práce. Teplota na pracovišti je klíčovým aspektem pracovního hygienického dohledu (Pauknerová, 2012).

Mikroklimatické podmínky jsou obvykle stanoveny normativně. Za zvláště nepříjemné je považováno silné proudění vzduchu, známé jako průvan. Podle Pauknerové (2012) „by se teplota na pracovišti měla pohybovat mezi 20–28 °C (například v kancelářích), přičemž s rostoucí fyzickou náročností práce se požadovaná teplota snižuje.“ Mnohé společnosti dnes využívají čističky vzduchu nebo ventilátory, aby zaměstnancům zajistily co nejstabilnější klimatické podmínky během letních i zimních měsíců.

3.2.4 Osvětlení

Osvětlení na pracovišti může být zajištěno dvěma hlavními způsoby. První je přirozené denní světlo, které je základním typem osvětlení. Druhý typ je umělé osvětlení. Pokud denní světlo není dostatečné, používá se umělé osvětlení, čímž vzniká kombinace obou typů, což nazýváme sdruženým osvětlením. Osvětlení na pracovišti musí odpovídat nárokům na zrakovou náročnost práce a zdravotní ochranu, a to v souladu s příslušnými normami a požadavky. V případě využívání denního světla je nutné chránit pracovníky před nadměrným teplem a oslněním. Je důležité, aby pracoviště byla vybavena clonami nebo jinými prostředky, které umožní regulaci přímého slunečního záření. Správné osvětlení je klíčové, protože zrak je hlavním zdrojem informací pro člověka (Pauknerová, 2012).

Druh pracovní činnosti	Intenzita osvětlení - množství světla na m ²
veřejné venkovní pracoviště	30 lux
osvětlení místnosti pro základní orientaci při občasném pobytu	50 lux
pracoviště s příležitostními činnostmi, ale se zásadní rolí zraku	100 lux
pracoviště, kde dochází k manipulaci na zařízení s vysokým kontrastem	300 lux
pracoviště, kde dochází k manipulaci se středním kontrastem	500 lux
pracoviště, kde dochází k manipulaci s předměty s nízkým kontrastem	1000 lux
pracoviště, kde dochází k manipulaci s předměty na hranici viditelnosti	3000 - 10000 lux
chodby a místa pro komunikaci	100 lux
recepce	300 lux
šatny a toalety	200 lux
kanceláře - psaní, čtení, zpracování dat	500 lux
kanceláře - třídění dokumentů, kopírování	300 lux
odpočinkové prostory	100 lux
nákladové rampy	150 lux
regálové sklady bez obsluhy	20 lux
regálové sklady s obsluhou	150 lux
pekárna	300 lux
prádelna a čistírna	300 lux
kadeřnictví	500 lux
šperkařství	1000 lux
montáž elektroniky	1000 lux
hodinářství	2000 lux

Obrázek 3 Doporučené intenzity osvětlení v různých typech provozů
(Znalostní systém prevence rizik v BOZP, ©2016-2025).

Denní světlo je pro člověka přirozené a zdravější, nicméně v některých případech není možné ho využít, nebo je nedostatečné kvůli chybám, jako je zanedbání čistoty oken. V prostorách, kde by bylo možné využít denní světlo, jako jsou výrobní haly nebo kanceláře, se viditelnost výrazně zhorší, pokud nejsou okna umyta. Špinavá okna mohou snížit úroveň osvětlení až o 60 %. Pokud tedy není možné dostatečně využít denní světlo, je nutné ho nahradit umělým osvětlením. V tomto případě je důležitá správná intenzita osvětlení a je třeba se vyvarovat problémům, jako jsou přílišné kontrasty, nerovnoměrné osvětlení nebo oslnění (Pauknerová, 2012).

4 METODY HODNOCENÍ BEZPEČNOSTI VÝROBY V SOUVISLOSTI S LIDSKÝM FAKTOREM

Hodnocení bezpečnosti výroby v souvislosti s lidským faktorem je prováděno pomocí různých analytických metod, které se zaměřují na identifikaci a minimalizaci rizik vyplývajících z lidské činnosti. Pro tyto účely jsou využívány metody, jako je analýza selhání a jejich důsledků (FMEA) nebo metody založené na příčinách a následcích, například Ishikawův diagram. Při hodnocení jsou zjišťovány možné chyby, jejich příčiny a potenciální dopady na bezpečnost procesů.

Při použití metody FMEA je každá potenciální chyba systematicky identifikována a je jí přiřazena priorita na základě závažnosti, pravděpodobnosti výskytu a schopnosti detekce. Metoda TESEO kvantitativně hodnotí lidská selhání, využívá se zejména v oblasti bezpečnostního inženýrství a řízení kvality. Ishikawův diagram je využíván k vizualizaci příčin potenciálních problémů a k odhalení hlavních zdrojů rizik. Pareto analýza pak umožňuje soustředit se na nejvýznamnější faktory, které mají největší dopad na bezpečnost výroby (Filip, 2019).

Zaváděním těchto metod je zajišťováno nejen snížení pravděpodobnosti výskytu chyb, ale také zvýšení efektivity opatření na jejich prevenci. Výsledky analýz jsou využívány k navrhování a implementaci konkrétních zlepšení v procesních postupech, školeních zaměstnanců a optimalizaci pracovního prostředí. Pokud je třeba detailnější vysvětlení nebo rozšíření některé z uvedených metod, stačí upřesnit požadavky (Filip, 2019).

4.1 FMEA (Failure Mode and Effect Analysis)

FMEA je považována za jednu ze základních ochranných technik managementu kvality a je vnímána jako důležitá součást přešetření návrhu. Je prováděna jako kolektivní rozbor, při němž jsou zkoumány možnosti vzniku rozporů u posuzovaného návrhu, určována rizikovost a následně navrhována ochranná opatření, která vedou ke zlepšení kvality (Blecharz, 2023).

V průběhu zpracovávání FMEA jsou v řešitelském týmu zastoupeni pracovníci vývoje, technologie, konstrukce, kontroly, výroby, řízení jakosti, zásobování a ekonomického útvaru. V některých případech může být zahrnuta i zákaznická sféra, přičemž zástupci bývají obvykle zaměstnanci marketingu. Pro zajištění efektivního průběhu je doporučeno metodické

a organizační řízení kolektivu zkušenou osobou. Kolektivní práce je považována za efektivní, z důvodu napomáhání procesu myšlení a zajišťování potřebné odborné kvalifikace (Beblavý, 2007).

Metoda FMEA je rozdělena do tří druhů:

- a) Systémová
- b) Konstrukční
- c) Procesní

Tato indukativní metoda využívá strukturovanou kvalitativní analýzu k identifikaci příčin, způsobů poruch a jejich důsledků v systémech. Zaměřuje se na to, jak mohou objekty na nižších úrovních systému selhat a jaký dopad mohou tato selhání mít na vyšší úrovně. Hlavním cílem metody je vyhodnotit následky a sekvenci událostí pro každý zjištěný způsob poruchy komponentu. Porucha může být způsobena různými příčinami na různých funkčních úrovních systému (Filip, 2019).

Tato analýza se nejčastěji používá během fáze návrhu a vývoje jako součást revize návrhu. Dále je využívána při úpravách, modernizacích systému nebo při změnách provozních podmínek. Aplikuje se třemi hlavními způsoby. Výsledky analýzy mohou být následně použity k navrhování konstrukčních změn systému, stanovení požadavků na provádění testů nebo pro návrh diagnostických metod a systémů údržby. U větších a složitějších systémů je analýza považována za náročnou, časově i pracovní náročnou (Blecharz, 2023).

4.2 Metoda TESEO

Tato metoda slouží ke kvantitativnímu hodnocení lidského selhání a nachází uplatnění především v bezpečnostním inženýrství a řízení kvality. Její název, Tecnica Empirica Stima Errori Operatori, lze volně přeložit jako „Empirická metoda odhadu chyb operátorů“. Vyvinuli ji v roce 1980 G.C. Bello a C. Columbori s cílem vytvořit jednoduchý a praktický nástroj pro analýzu chyb, kterých se operátoři mohou dopustit při výkonu své práce, a tím přispět k minimalizaci rizik a zvýšení bezpečnosti pracovních procesů (Kotek a Babinec, 2009; Ščurek, 2016).

Patří mezi screeningové metody, což znamená, že slouží k rychlému a orientačnímu posouzení míry lidského selhání v konkrétním procesu nebo pracovním prostředí. Řadí se mezi jednodušší metody, protože vyžaduje pouze minimální kapacitní a materiální zdroje, a je tedy relativně snadno implementovatelná i v podnicích s omezenými možnostmi pro detailní

analýzy. Použití této metody může pomoci při rozhodování o nutnosti podrobnějšího zkoumání specifických rizik souvisejících s lidským faktorem (Kotek a Babinec, 2009; Ščurek, 2016).

Nevýhodou této metody je však její omezený rozsah. Z mnoha faktorů, které mohou ovlivnit spolehlivost obsluhy a pravděpodobnost lidského selhání, bere v úvahu pouze pět základních. To znamená, že výsledky získané touto metodou nemusí být dostatečně komplexní pro složitější provozní podmínky, kde je třeba analyzovat široké spektrum vlivů, včetně psychologických, ergonomických, organizačních a environmentálních aspektů (Kotek a Babinec, 2009; Ščurek, 2016).

Navzdory tomuto omezení může být metoda TESEO cenným nástrojem pro prvotní posouzení úrovně rizika lidského selhání a identifikaci oblastí, které vyžadují další podrobnou analýzu nebo preventivní opatření. Díky své jednoduchosti a efektivitě nachází uplatnění zejména v průmyslových odvětvích s vysokými požadavky na bezpečnost a kvalitu, jako je například automobilový průmysl, letecká doprava nebo energetika (Kotek a Babinec, 2009; Ščurek, 2016).

Pět základních aspektů spolehlivosti lidského faktoru:

- K_1 - tento faktor vychází z typu vykonávané činnosti a míry její rutinnosti, pokud se jedná o běžnou, opakovaně prováděnou rutinní aktivitu, pravděpodobnost chyby operátora je velmi nízká,
- K_2 - tento faktor představuje přechodový stresový vliv v závislosti na době potřebné k vykonání činnosti (tedy zda jde o rutinní úkol či nikoliv) a dostupném čase, zvýšená úroveň stresu může vést ke zvýšenému riziku nehody či havárie,
- K_3 - faktor zaměřující se na kvalitu operátora, především na jeho zkušenosti a úroveň výcviku, čím více praxe a odborné přípravy pracovník má, tím výrazněji klesá pravděpodobnost vzniku chyby,
- K_4 - faktor související s úzkostí a stresem, které vyplývají z pracovních činností ovlivněných konkrétní pracovní situací,
- K_5 - tento faktor zohledňuje pracovní podmínky a ergonomii strojních zařízení, která operátor používá (Král, 2020).

K faktorům K_1 až K_5 přiřadí hodnotitel vždy specifikované hodnoty dle tabulky 1.

Tabulka 1 Hodnocení faktorů spolehlivosti (Král, 2020).

Faktor	Kategorie	Kvantitativní charakteristika		Hodnota K_i
K_1	typ činnosti	jednoduchá, rutinní		0,001
		vyžadující pozornost, rutinní		0,01
		neobvyklá		0,1
K_2	přechodný stresový faktor pro běžné činnosti	doba pohotovosti (s)	2	10
			10	1
			20	0,5
	přechodný stresový faktor pro mimořádné činnosti		3	10
			30	1
			45	0,3
			60	0,1
K_3	kvality operátora	dobře vybavený, expert, školený		0,5
		průměrné znalosti a školení		1
K_4	vliv úzkosti a stresu	závažná nepředvídaná situace		3
		nepředvídaná situace		2
		normální stav		1
K_5	vliv ergonomie	vynikající mikroklima i koordinovanost s provozem		0,7
		dobré mikroklima, dobrá koordinovanost s provozem		1
		slabé mikroklima, slabá koordinovanost s provozem		3
		slabé mikroklima, chabá koordinovanost s provozem		7
		špatné mikroklima, chabá koordinovanost s provozem		10

Pravděpodobnost selhání operátora K při konkrétní pracovní činnosti se stanovuje jako součin všech uvedených faktorů. Na základě hodnoty K se následně určuje pravděpodobnost výskytu chyby lidského faktoru podle tabulky 2 (Kotek a Babinec, 2009; Ščurek, 2016).

Tabulka 2 Hodnocení faktorů spolehlivosti (Král, 2020).

$K \geq 1$	Selhání téměř jistě nastane
$K = 0,7$ až $0,9$	Pravděpodobnost vzniku mimořádné události
$K = 0$ až $0,6$	Mimořádná událost nehrozí

4.3 Diagram příčin a následků

Diagram příčin a následků, známý také jako Ishikawův diagram nebo diagram rybí kosti, je vizuální analytická metoda vyvinutá Kaoru Ishikawou. Slouží k systematickému znázornění a analýze příčin vedoucích k určitému problému nebo následku. Jeho hlavním cílem je přehledně strukturovat všechny možné faktory ovlivňující danou situaci, což usnadňuje identifikaci kořenových příčin a podporuje efektivní řešení problémů (Filip, 2019).

Tento přístup vychází z principu, že každý problém nebo jeho důsledek má svou příčinu, případně soubor vzájemně propojených příčin. Jeho hlavním cílem je identifikovat nejpravděpodobnější zdroj problému, aniž by se v této fázi navrhovalo konkrétní řešení. Při tvorbě Ishikawova diagramu se často využívá brainstorming, během něhož odborníci z různých oblastí společně analyzují daný problém a hledají všechny možné faktory, které k němu mohly přispět. Tento diagram nachází široké uplatnění zejména v řízení kvality při identifikaci příčin nedostatků, ale také v dalších oblastech zaměřených na systematické řešení problémů (Svozilová, 2011).

Identifikace příčin se zaměřuje na osm klíčových oblastí označovaných jako 8M. Názvy těchto kategorií vycházejí z anglických slov, která začínají písmenem „M“:

Materials (materiály) – Příčiny způsobené vadami nebo vlastnostmi materiálů, které mohou ovlivnit kvalitu produktu nebo procesu (Svozilová, 2011).

Man power (pracovníci) – Příčiny způsobené lidskými faktory, jako jsou chybovost, nedostatečné proškolení, špatná motivace nebo neodpovídající dovednosti pracovníků pro danou pozici (Svozilová, 2011).

Methods (metody) – Příčiny způsobené nedostatečnými nebo neefektivními normami, technologickými, výrobními a servisními procesy, postupy nebo legislativními požadavky (Svozilová, 2011).

Machines (stroje) – Příčiny způsobené problémy se stroji, výrobními linkami, sklady, dopravními zařízeními, počítači, náradím nebo nástroji (Svozilová, 2011).

Measurements (měření) – Příčiny vzniklé z chybného nebo nesprávně zvoleného měření, které ovlivňuje přesnost a spolehlivost dat (Svozilová, 2011).

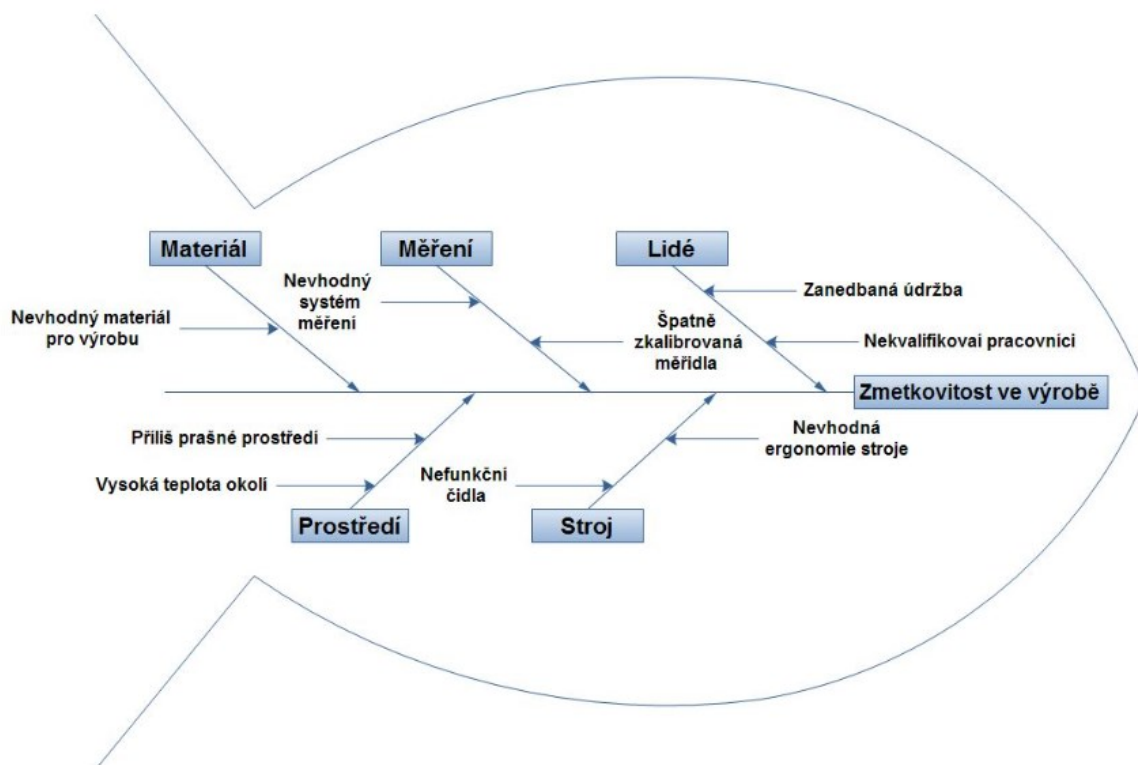
Mother nature (prostředí) – Příčiny způsobené vlivy z okolí, jako jsou teplota, vlhkost, ekologické požadavky nebo jiné environmentální faktory (Svozilová, 2011).

Management – Příčiny vyvolané nesprávným řízením, nedostatečným vedením týmu, problémovým řízením nákladů, cen, zisků nebo celkovou strategií společnosti (Svozilová, 2011).

Maintenance (údržba) – Příčiny vzniklé z nesprávné nebo nedostatečné údržby strojů, zařízení nebo jiných důležitých prvků, které vedou k jejich poruchám nebo selháním (Svozilová, 2011).

Sestrojení diagramu příčin a následků

Prvním krokem při sestavování diagramu příčin a následků je sestavení týmu. Tým musí být tvořen lidmi, kteří mají dostatečné znalosti a zkušenosti v souvislosti s řešeným problémem. Následně je identifikovaný problém, zakreslen do obdélníku představující hlavu rybí kosti. Z obdélníku je dále zakreslena vodorovná čára představující páteř diagramu. K páteři jsou připojeny jednotlivé větve znázorňující všechny možné oblasti výskytu příčin problému. Vychází se přitom z 8M (Materiály, Lidé, Metody, Stroje, Měření, Prostředí, Management, Údržba). Na každou z těchto větví jsou jednotlivě připojeny příčiny problému, které mohou vést k danému následku. Každý člen týmu ohodnotí příčiny váhovým koeficientem například od 0 do 10 podle jejich důležitosti nebo pravděpodobnosti výskytu. Příčiny ohodnoceny nejvyššími váhovými koeficienty jsou následně podrobněji analyzovány, aby bylo možné zjistit jejich skutečný dopad na řešený problém. Dle Paretova diagramu nebo bodové metody je stanoveno pořadí ve kterém budou jednotlivé příčiny dle výsledné důležitosti řešeny. Na závěr je vytvořen konkrétní návrh k odstranění vybraných příčin, vedoucích ke vzniku identifikovaného problému. Po zavedení nápravných opatření je vývoj problému dále soustavně monitorován čímž je ověřeno, že došlo k identifikaci skutečné kořenové příčiny. V případě následného přetrvávání nebo opětovného výskytu problému je nutné celý proces znovu opakovat (Blecharz, 2023).



Obrázek 4 Příklad diagramu rybí kosti (Lean Six sigma Consulting company, 2025).

4.4 Paretova analýza

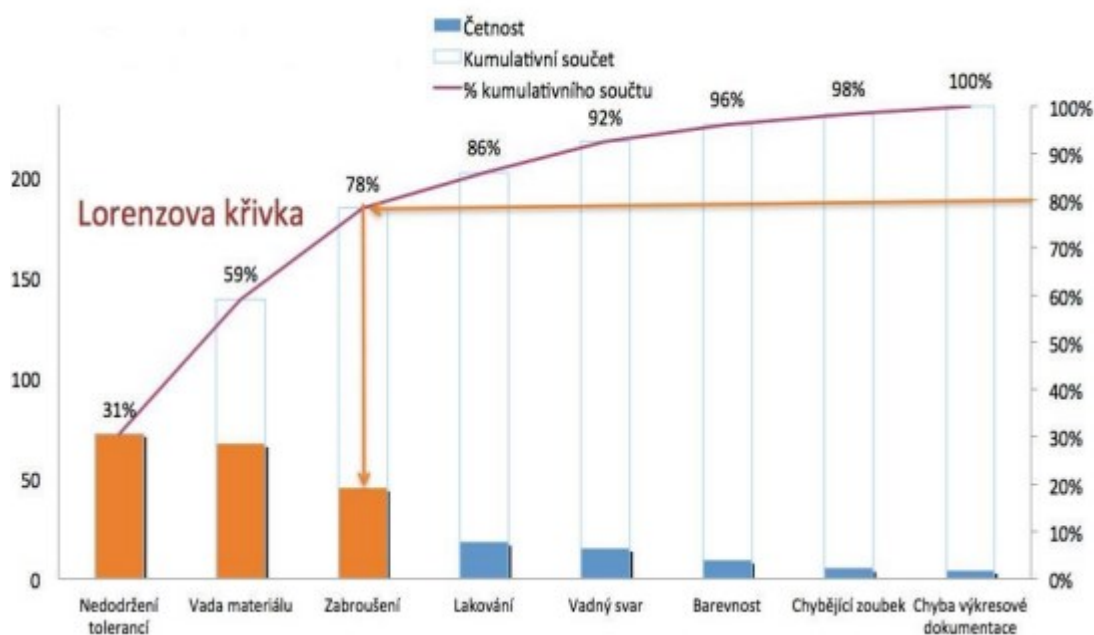
Paretova analýza je strukturovaná metoda, která je užitečná v situacích, kde existuje mnoho možných opatření, která vyžadují pozornost. Jde o řešení problémů, při němž se odhaduje efektivita jednotlivých opatření. Následně se vyberou ta nejúčinnější, která mají celkový přínos blízký maximálnímu možnému výsledku (Doležal, Máchal, Branislav, 2012).

Tato analýza je užitečným nástrojem pro odhalení příčin problémů. Její účinnost však může být omezená, pokud přehlédne drobné nedostatky, které se mohou postupem času prohloubit. Z tohoto důvodu je vhodné ji doplnit dalšími analytickými metodami, jako jsou například FMEA nebo analýza stromu poruchových stavů, které umožňují komplexnější hodnocení rizik (Blecharz, 2023).

Paretovo pravidlo 80/20 vychází z myšlenky, že 80 % problémů je způsobeno pouze 20 % příčin. V řízení rizik tato metoda pomáhá managementu soustředit se na klíčové faktory s nejvýraznějším dopadem na projekt. Často se využívá při strategické analýze firem a je oblíbená pro svou jednoduchost a široké uplatnění. Najdeme ji nejen ve výrobě a řízení kvality, ale také v ekonomii, psychologii, sociologii či marketingu (Střelec, 2012).

Postup realizace Paretovy analýzy lze rozdělit do sedmi základních kroků:

- 1. Definování místa analýzy** – Nejprve je nutné vybrat konkrétní proces nebo činnosti, u kterých se má zlepšit zisk nebo efektivita (Střelec, 2012).
- 2. Sběr dat** – Pro správnou analýzu je nezbytné shromáždit relevantní data o fungování vybraného procesu. Tyto hodnoty se zaznamenají do tabulky, která bude sloužit jako základ pro další kroky (Střelec, 2012).
- 3. Uspořádání dat** – Jakmile jsou data sesbírána, seřadí se podle jejich četnosti, výskytu, váhy nebo jiného kritéria. Data uspořádat od největší k nejmenší hodnotě (Střelec, 2012).
- 4. Lorenzova kumulativní křivka** – Vzniká tím, že jsou hodnoty kumulativních součtů jednotlivých dat vyneseny do grafu. Tím dojde k vizualizaci kumulujících se problémů prostřednictvím celkového rozložení hodnot (Střelec, 2012).
- 5. Stanovení kritéria rozhodování** – V této fázi je určen prahový bod pro použití při výběru problémů k řešení. Je možné se řídit striktním Paretovým pravidlem 80/20, nebo zvolit jiný cíl, například odstranit 60 % neshod (Střelec, 2012).
- 6. Identifikování hlavních příčin** – Na základě dat získaných a seřazených v tabulce je vynesena na Lorenzovu křivku čára odpovídající hodnotě 80 %. Poté je spuštěna svislá čára, která odděluje případy, na které je nutné se soustředit (Střelec, 2012).
- 7. Stanovení nápravných opatření** – Na závěr jsou navržena nápravná opatření, která budou zaměřena na odstranění příčin vedoucích k největším ztrátám, nebo naopak na zlepšení těch, které přispívají k růstu zisku (Střelec, 2012).



Obrázek 5 Graf Paretovy analýzy (Střelec, 2012).

4.5 Metoda Poka Yoke

Princip Poka-Yoke se v různých podobách uplatňuje již od počátků hromadné výroby. Ale teprve japonský inženýr Shigeo Shingo tento koncept významně rozvinul a vytvořil z něj účinný nástroj pro dosažení nulové chybovosti a eliminaci potřeby rozsáhlých kontrol jakosti (Blecharz, 2023).

Poka-Yoke pomáhá pracovníkům převzetím opakujících se úkolů nebo kroků vyžadujících pozornost a paměť, čímž umožňuje soustředit se na kreativnější činnosti. Lidé mají přirozenou tendenci zapomínat a chybovat, což se na pracovišti často řeší obviňováním, které však problém neodstraňuje ale negativně ovlivňuje morálku zaměstnanců (Blecharz, 2023).

Filozofie Poka-Yoke spočívá v přesvědčení, že ani minimální množství vadných výrobků není akceptovatelné. Pokud chce být společnost konkurenceschopná, musí se zavázat k produkci s nulovou chybovostí. Metoda Poka-Yoke nabízí jednoduchý a praktický přístup k dosažení tohoto cíle (Blecharz, 2023).

Hlavním principem této metody je prevence chyb, přičemž cílem je okamžitá detekce problémů během výroby a jejich případná oprava. Nástroje Poka-Yoke jsou rozděleny do různých kategorií podle jejich funkce a způsobu nastavení. Prvním typem je kontrola, která zachycuje chyby ještě před vznikem vady a je umístěna přímo u zdroje problému. Příkladem může být kolík, který zabrání nesprávné orientaci dílu. Druhým typem je kompletní kontrola

dílu pomocí spolehlivého a cenově dostupného snímacího zařízení, jako je například koncový spínač. Třetím typem jsou okamžité kroky k zastavení procesu při zjištění vady, jako je blokovací obvod, který automaticky vypne stroj. Používání Poka-Yoke opatření pomáhá snižovat interní zmetkovitost a následně i počet reklamací od zákazníků (Blecharz, 2023).

4.6 Systémové a procesní diagramy

Pro analýzu a identifikaci specifických rizik vyplývajících z firemních procesů se často používají procesní a systémové diagramy. Tyto nástroje jsou efektivními prostředky pro vizualizaci a analýzu různých typů procesů v organizaci. Zejména jsou užitečné pro:

- Výrobní procesy – umožňují sledovat tok materiálů, informací a práce, identifikovat úzká místa nebo neefektivitu v procesech a pomáhají v optimalizaci výrobního cyklu (Korecký a Trkovský, 2011).
- Workflow – zahrnují řídicí procesy, nákupní toky a schvalovací (manažerské) procesy. Tyto diagramy pomáhají zlepšit koordinaci mezi jednotlivými odděleními, usnadňují komunikaci a zajišťují, že všechny kroky v procesu jsou prováděny v odpovídajícím pořadí a ve správném čase (Korecký a Trkovský, 2011).

Tyto diagramy mohou také sloužit k analýze externích procesů, kde je potřeba systematického sledování kroků:

- Získávání certifikátů a schválení provozu – procesy spojené s legislativními požadavky, jako jsou certifikace nebo schválení provozních podmínek od úřadů, mohou být zjednodušeny prostřednictvím diagramů, které umožní sledovat všechny potřebné kroky, což pomůže minimalizovat chyby a zpoždění v těchto administrativních procesech (Korecký a Trkovský, 2011).
- Potvrzení návrhů představenými nebo zákazníky – v některých procesech je nutné získat schválení nebo zpětnou vazbu od nadřízených či zákazníků. Diagramy pomáhají identifikovat kritické body, kde by mohl vzniknout problém se schválením a poskytují návod na zajištění správného postupu při komunikaci s externími partnery (Korecký a Trkovský, 2011).

Procesní diagramy slouží k zobrazení různých fází procesu a jednotlivých úkolů, které je třeba vykonat, pomocí symbolů, které představují specifické podmínky, činnosti nebo osoby

zodpovědné za daný proces. Symboly v těchto diagramech mohou zahrnovat činnosti, rozhodovací body, vstupy, výstupy a tok informací nebo materiálů mezi různými fázemi procesu (Korecký a Trkovský, 2011).

5 ZÁVĚR TEORETICKÉ ČÁSTI

Teoretická část diplomové práce poskytla komplexní přehled o různých aspektech bezpečnosti práce, lidského faktoru, pracovního prostředí a rizik vyplývajících z těchto faktorů. První kapitola se zaměřila na bezpečnost a ochranu zdraví při práci, kde byly podrobně probírány právní předpisy a normy, které upravují tuto oblast. Současně byla definována také role managementu BOZP, jenž se podílí na zavádění a kontrole bezpečnostních opatření, která jsou nezbytná pro ochranu zdraví a bezpečnosti zaměstnanců ve firmách.

V rámci bezpečnostních opatření ve výrobním procesu byla zdůrazněna důležitost implementace právních a normativních požadavků, identifikace rizik, organizačních opatření a technických prostředků, včetně ochranných pomůcek a ergonomických řešení. Tato opatření zajišťují nejen bezpečnost pracovníků, ale i plynulost a efektivitu pracovních procesů.

Druhá kapitola se zaměřila na lidský faktor, jeho roli v provozu a vliv na bezpečnostní aspekty práce, včetně typologie lidských chyb. Psychologické aspekty lidského faktoru, jako je stres, únava a psychická zátěž, byly identifikovány jako klíčové faktory, které mohou mít zásadní vliv na pracovní výkon a bezpečnost. Identifikace a prevence lidských chyb je proto nezbytná pro minimalizaci rizik na pracovištích.

Ve třetí kapitole bylo definováno pracovní prostředí a jeho vliv na bezpečnost a lidský faktor. Ergonomie pracovního místa byla označena jako klíčová pro ochranu zdraví a bezpečnosti zaměstnanců. Pozornost byla také věnována faktorům, jako je hluk, teplota a osvětlení, jejichž hraniční hodnoty následně vedou k vyšší míře chyb a nehod.

Závěrem teoretické části lze konstatovat, že bezpečnostní aspekty práce jsou neoddělitelně spjaty s řadou faktorů, které ovlivňují jak pracovní prostředí, tak i samotné pracovníky. Úspěšné řízení bezpečnosti práce a zdraví zaměstnanců vyžaduje komplexní přístup, jenž zohledňuje právní předpisy, technická a organizační opatření, stejně jako psychologické a fyziologické aspekty lidského faktoru. Efektivní implementace těchto opatření vede k minimalizaci rizik, zlepšení pracovní pohody a bezpečnosti, což má přímý vliv na výkonnost a stabilitu organizace.

Úvodní teoretická část práce poskytne nezbytné poznatky, které následně poslouží jako podklad pro praktickou analýzu zaměřenou na konkrétní výrobní podnik.

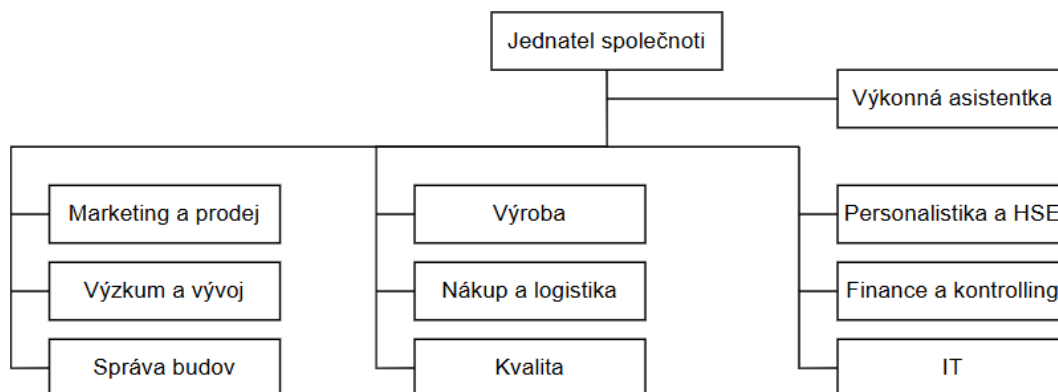
II. PRAKTICKÁ ČÁST

6 POPIS VYBRANÉHO PODNIKU

V této práci je z důvodu ochrany interních informací a pracovních postupů, na základě žádosti vedení společnosti, použito fiktivní označení XYZ s.r.o. Tento krok pomáhá chránit citlivé údaje týkající se její činnosti výroby i obchodní strategie.

Hlavním zaměřením podniku je výroba a vývoj částí bezpečnostních komponent pro osobní automobily. Tyto prvky splňují přísné normy a přispívají k ochraně pasažérů, chodců, vozidel a dalších elektronických zařízení pracujících s velkokapacitními bateriemi. Díky moderním technologiím a preciznímu zpracování se společnost řadí mezi spolehlivé dodavatele v oblasti automobilového průmyslu. Kromě automobilového průmyslu se vybraný podnik věnuje i výrobě aplikací pro zajištění bezpečnosti ve stavebním a důlním průmyslu. Tyto odolné a precizní komponenty pomáhají zvyšovat bezpečnost uživatelů i v náročných podmínkách.

Ve vybraném podniku je zavedena liniová organizační struktura v čele s generálním ředitelem, který má pod sebou manažery jednotlivých úseků. Schéma struktury je znázorněno na obrázku 6.



Obrázek 6 Organizační struktura vybraného podniku (zdroj: vlastní dle podkladů firmy)

Další oblastí působení je výroba aktivátorů pro zábavní pyrotechniku. Vývoj a výroba aktivátorů pyrotechnických prvků probíhá s důrazem na kvalitu, bezpečnost a požadavky zákazníků, aby výsledné produkty splňovaly vysoké standardy a zároveň přinášely působivý vizuální efekt díky své správné a včasné aktivaci. Svým širokým záběrem, technologickými inovacemi a důrazem na kvalitu si firma vybudovala pověst spolehlivého partnera ve všech oblastech své působnosti.

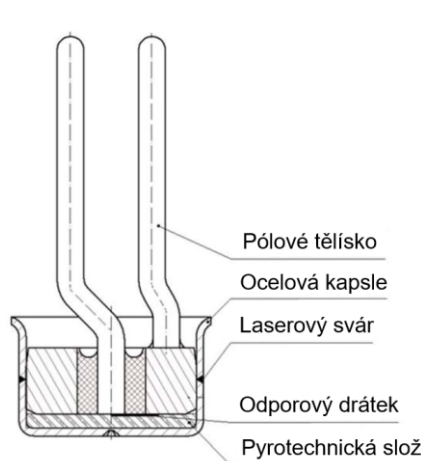
Mateřské sídlo popisované společnosti se nachází v Rakousku, kde sídlí nejvyšší management, následně jsou její dceřiné pobočky rozmístěny v České republice, Maďarsku a Číně. Pro účely zpracování diplomové práce byla zvolena pobočka nacházející se v České republice v Jihomoravském kraji. Díky své poloze mimo technologický park a jinou obydlenu zástavbu má firma ideální podmínky na výrobu iniciátorů pro automobilový průmysl a práci s pyrotechnickou složkou. Dle výroční zprávy za rok 2023 je průměrný počet zaměstnanců na této pobočce 212.

Charakteristika vyráběného produktu

Většina výroby je zaměřena na produkci iniciátorů pro automobilový průmysl. Iniciátory jsou zařízení, která přeměňují různé formy vstupní energie (elektrickou, mechanickou nebo laserovou) na chemickou a kinetickou energii, kterou vyjadřují teplo, tlak nebo rázové vlny. Tyto procesy zajišťují rychlou a přesnou iniciaci požadované reakce, což je klíčové pro jejich bezpečné a efektivní použití. Na trhu existuje široká škála iniciátorů, které se liší svou konstrukcí, složením náplně a způsobem aplikace.

Vybraný podnik se zaměřuje výhradně na elektrické iniciátory typu bridge-wire, tedy iniciátory využívající odporový drátek. Tento typ představuje přibližně 80 % podíl trhu a nejčastěji se využívá v inflátorech airbagů. Jejich popularita vychází z jednoduché konstrukce, spolehlivosti a schopnosti přesné aktivace v požadovaném okamžiku. Správná funkčnost těchto iniciátorů je zásadní pro bezpečnost a účinnost celého systému, ve kterém jsou použity.

Na Obrázku 7 je znázorněn průřez iniciátorem typu bridge-wire, s popisky jeho hlavních složek. Funkce základních složek je popsána dále v této práci.

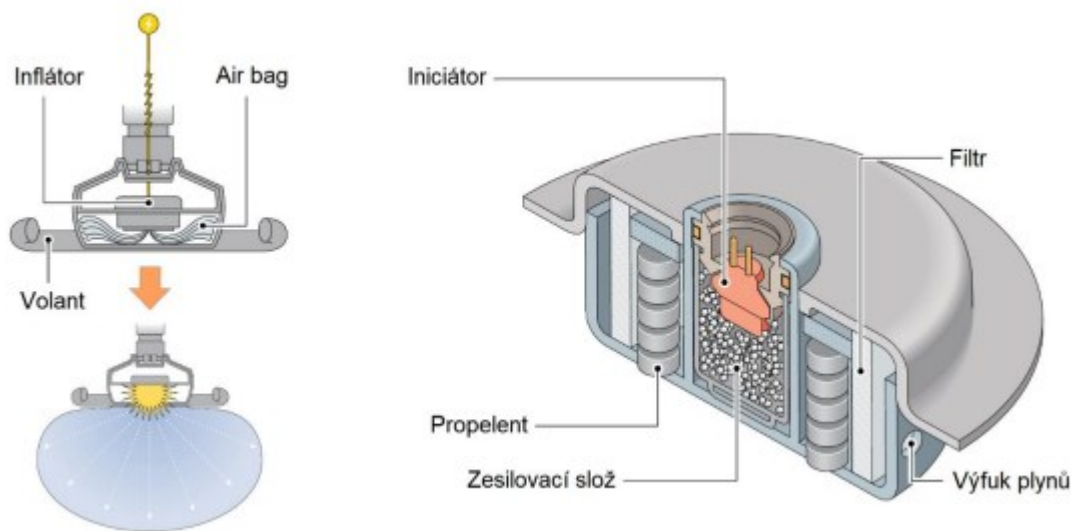


Obrázek 7 Schéma iniciátoru
(zdroj: vlastní dle podkladů firmy)

Pólové tělísko slouží jako spouštěcí prvek iniciátoru. Jak je zobrazeno na Obrázku 7, skládá se ze dvou vzájemně izolovaných kontaktů, které jsou propojeny uzemněným odporovým drátkem. Když elektrický proud prochází tímto drátkem, způsobí jeho zahřátí díky Jouleovu teplu, což následně vede k iniciaci pyrotechnické složky. Parametry elektrického proudu jsou přesně definovány – při hodnotě do 0,4 A k iniciaci nedojde, ale při proudu vyšším než 1,2 A musí k iniciaci dojít.

Pyrotechnická složka je nalisována mezi pólové tělísko a kovové pouzdro. Jakmile teplota proudem zahřátého odporového drátku překročí mez vznícení, pyrotechnická složka začne uvolňovat svou termochemickou energii, což vede k jejímu hoření. Během hoření generuje pyrotechnická složka dostatek tepla k tomu, aby udržela chemickou reakci až do úplného vyčerpání materiálu. Mezi hlavní produkty této reakce patří plyny a kovové oxidy s velmi vysokou teplotou.

Obalovou část iniciátoru tvoří kovové pouzdro, které slouží především jako ventil. Jakmile tlak uvnitř systému, vyvolaný plyny z hoření pyrotechnické složky, překročí 15 MPa, dojde k otevření perforovaného čela pouzdra. Tím se uvolní produkty hoření a žhavé kovové oxidy se dostanou na povrch propelentu, což vede k jeho zapálení.



Obrázek 8 Průřezové schéma airbagem (Inton et al., 2014)

7 ANALÝZA VYBRANÉHO VÝROBNÍHO PROCESU

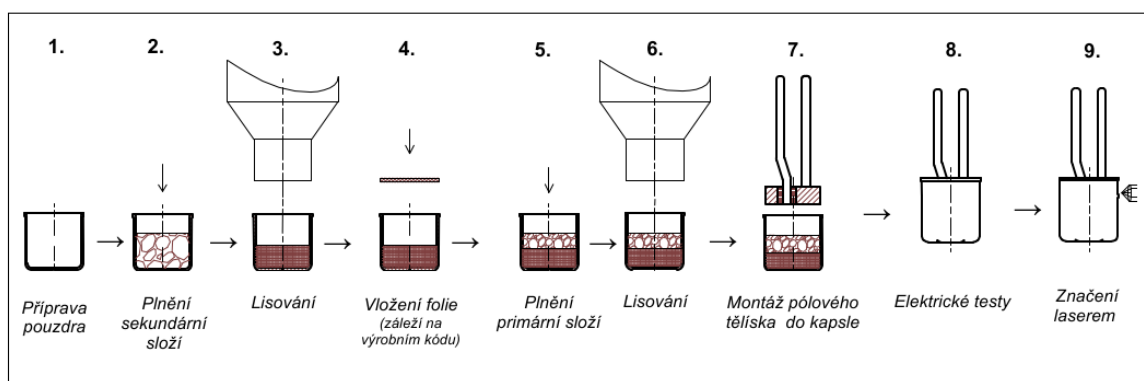
Vzhledem k rozsáhlosti a složitosti celého výrobního procesu bylo nutné pro účely diplomové práce zvolit pouze jeho konkrétní část, která bude dále detailně analyzována. Z důvodu lepší přehlednosti a možnosti důkladného zpracování byl vybrán úsek výrobního procesu, ve kterém probíhá dávkování a následné zalisování pyrotechnické složky do ocelových kapslí. Tato část výroby byla zvolena nejen kvůli své klíčové roli v celkovém procesu, ale také s ohledem na specifické požadavky na bezpečnost a přesnost provedení.

Práce s otevřenou pyrotechnickou složkou představuje výrazné bezpečnostní riziko, a proto je tento úsek považován za jednu z nejkritičtějších fází celého výrobního procesu. Jakékoli chyby nebo nepřesnosti mohou mít vážné důsledky, ať už z hlediska kvality finálního produktu, nebo z pohledu ochrany zdraví a bezpečnosti zaměstnanců. Z tohoto důvodu jsou při práci v této fázi nezbytná přísná bezpečnostní opatření, která zahrnují jak technická řešení, tak přísné dodržování provozních předpisů a kontrolních mechanismů.

Důraz je kladen nejen na precizní dávkování primární a sekundární složky, ale také na správné nastavení lisovacího procesu, který musí zajistit optimální vlastnosti zalísované pyrotechnické složky. Každý krok této části výroby je pečlivě monitorován a dokumentován, aby bylo možné minimalizovat jakékoli riziko a zajistit maximální úroveň bezpečnosti a kvality.

7.1 Popis výrobního procesu

Proces dávkování a lisování pyrotechnické složky obsahuje jak automatizované, tak manuální činnosti prováděné operátorem výrobní linky.



Obrázek 9 Vybraný výrobní proces laborace (zdroj: vlastní dle podkladů firmy)

Prvním krokem procesu laborace iniciátorů je příprava ocelových kapslí. Existuje více typů ocelových kapslí, které mají stejný vnitřní průměr, ale liší se výškou. Výška je variabilní v závislosti na požadavku zákazníka a následné montáži do vyššího celku. U vyšších kapslí je nadávkováno větší množství pyrotechnické složky díky čemuž má iniciátor vyšší výkon.

Ve druhém kroku je do ocelové kapsle automaticky naplněna sekundární složka, která slouží k dosažení potřebného výkonu iniciátoru. Na následující stanici výrobní linky proběhne zalisování sekundární složky.

V případě, že se jedná o typy pyrotechnických složek, které nesmějí být společně v kontaktu, je pro jejich separaci použita fólie. V následujícím kroku je naplněna na fólii nebo vrstvu sekundární složky primární. Tato složka je mnohem reaktivnější, jelikož jejím účelem je co nejrychlejší zažehnutí složky sekundární. Následně je provedeno její zalisování.

Kapsle naplněná sekundární a primární pyrotechnickou složkou je následně uzavřena zalisováním pólového tělíska s navařeným tenkým odporovým drátkem, který je vmáčknut do vrstvy primární pyrotechnické složky tak, aby byl ve složce v hloubce o velikosti svého průměru. Správnost a hloubka zalisování má významný vliv na výslednou rychlost reakce při aktivaci iniciátoru. Poté jsou výrobní linkou automaticky provedeny testy elektrických vlastností a v případě, že jsou všechny naměřené hodnoty ve specifikaci proběhne na poslední stanici výrobní linky laserový popis. Obsahem laserového popisu je výrobní šarže iniciátoru, která slouží ke snadné identifikaci typu výrobku a následně ke zpětné dohledatelnosti naměřených výrobních hodnot v databázi.

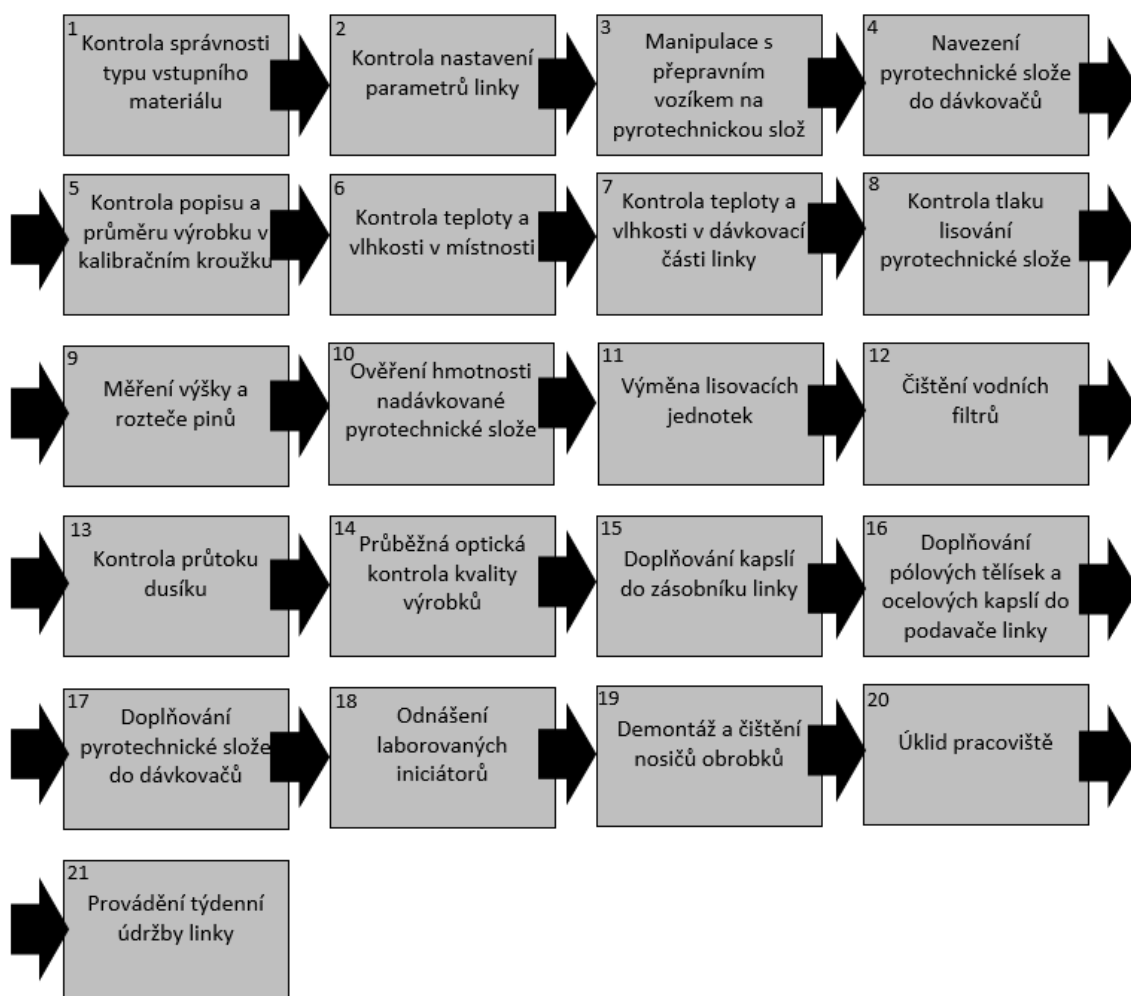
7.2 Analýza rizik lidského faktoru ve vybraném procesu

Jednotlivé kroky vybrané části výrobního procesu jsou realizovány buď přímo operátorem výrobní linky, nebo jsou jeho zásahy a rozhodnutí významně ovlivněny. Operátor se podílí na manipulaci se vstupním materiálem, provádění čištění linky, nastavování parametrů a kontrolních úkonech včetně vizuálních kontrol. Každá z těchto činností s sebou nese určité riziko, které je spojeno s lidským faktorem, ať už jde o nepozornost, chybnou interpretaci pracovních instrukcí, únavu nebo nepříznivé vlivy pracovního prostředí.

V důsledku těchto faktorů mohou vznikat různé odchylky od stanovených procesních požadavků, což může vést k nevyhovující kvalitě výrobků, zmetkovitosti, prodloužení výrobních časů nebo dokonce k bezpečnostním incidentům. Lidský faktor proto hraje klíčovou roli při posuzování celkové bezpečnosti a spolehlivosti výrobního procesu.

Cílem této části diplomové práce je podrobná analýza a vyhodnocení potenciálních rizik a hrozeb, které mohou vzniknout v důsledku vlivu lidského faktoru. Důraz je kladen na identifikaci nejčastějších příčin vzniku chyb, jejich následků a možných opatření ke snížení těchto rizik. Výsledkem této analýzy bude návrh možných variant vedoucích ke zlepšení bezpečnosti sledovaného výrobního procesu s ohledem na minimalizaci negativních vlivů lidského faktoru.

7.3 Vývojový diagram činnosti operátora



Obrázek 10 Vývojový diagram činností operátora (zdroj: vlastní dle podkladů firmy)

8 ANALÝZA RIZIK VYBRANÉHO PROCESU

Seznámení se a pochopení vybraného procesu dávkování pyrotechnické složky proběhlo prostřednictvím procesní analýzy rozbořením jednotlivých kroků a pozorováním přímo na vybraném úseku v podniku. Jako podpora pro podrobnější analýzu byly poskytnuty interní materiály vztahující se k oblasti bezpečnosti na vybraném výrobním úseku a osobní konzultace společně s bezpečnostním technikem firmy. Na základě znalosti procesu a poskytnutých podkladů proběhl následně řízený brainstorming ve spolupráci s bezpečnostním technikem, inženýrem kvality, specialistou výrobní linky dávkování pyrotechnických složek a inženýrem výzkumu a vývoje. Výstupem brainstormingu byla zmapovaná riziková místa a činnosti v průběhu výroby, které mohou ohrozit bezpečnost pracovníků vybraného procesu.

Výstupy z brainstormingu byly zaznamenány do Ishikawa diagramu a dále použity jako základ pro zpracování FMEA analýzy. Identifikovaná rizika zahrnovala jak technické faktory související se samotnou dávkovací linkou pyrotechnické složky, tak lidské faktory, jako jsou možné chyby obsluhy, neadekvátní školení nebo nedostatečná ergonomie pracoviště.

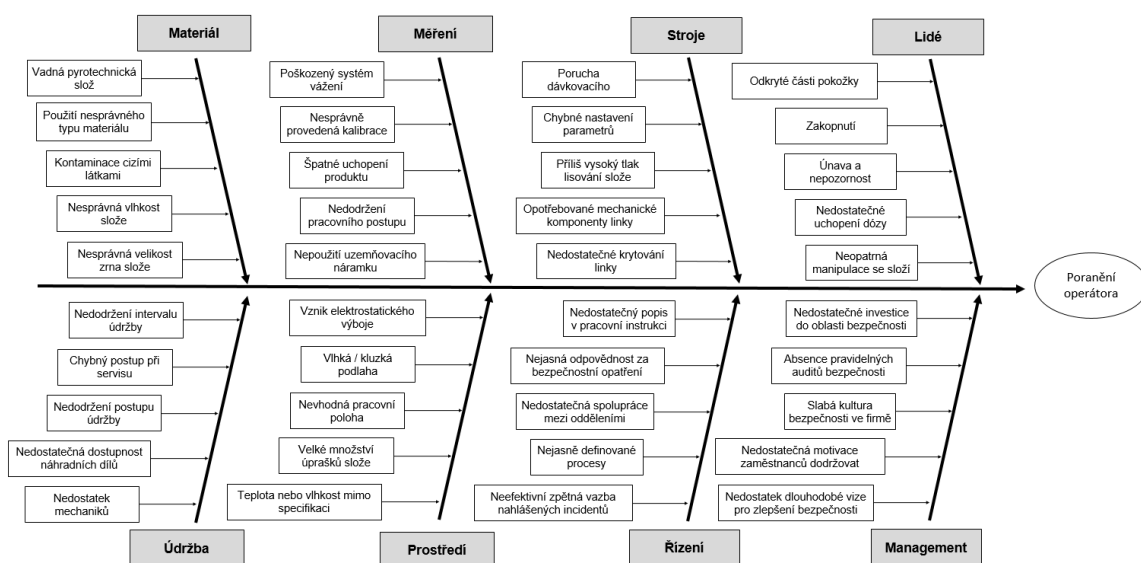
Na základě těchto zjištění byla vypracována podrobná procesní mapa, která znázorňuje jednotlivé kroky výroby a identifikovaná riziková místa. Součástí analýzy bylo rovněž využití metod FMEA pro systematické hodnocení potenciálních selhání procesu a Ishikawa diagramu pro identifikaci kořenových příčin problémů. Významnou roli hrála také analýza TESEO, která umožnila kvantitativní pohled hodnocení lidského selhání spojená s lidským chováním a rozhodováním při práci s pyrotechnickou složkou.

Identifikovaná riziková místa byla dále podrobně zkoumána s cílem navrhnout účinná opatření ke zvýšení bezpečnosti a snížení pravděpodobnosti výskytu kritických situací. Výsledky analýz zároveň posloužily jako východisko pro návrh optimalizací pracovních postupů, školení zaměstnanců a případné úpravy technologického vybavení či změn OOPP zaměstnanců, čímž došlo k přispění k celkovému zvýšení bezpečnosti vybraného výrobního procesu.

9 APLIKACE ISHIKAWA DIAGRAMU

Prostřednictvím aplikace této metody byly identifikovány konkrétní příčiny problémů ve všech osmi klíčových oblastech podniku, které mohou mít přímý vliv na bezpečnost pracovníků a vést až ke vzniku poranění. Ishikawa diagram posloužil v tomto případě jako velmi efektivní nástroj během brainstormingové seance, kde účastníci aktivně přispívali nápady a návrhy, které byly následně systematicky zaznamenány do příslušných kategorií. Tento vizuální nástroj umožnil organizovaně a přehledně zobrazit všechny možné příčiny, které mohou negativně ovlivnit bezpečnostní standardy v podniku.

V rámci vybraného procesu byly identifikovány příčiny ve všech osmi oblastech, jako jsou: materiál, měření, stroje, lidé, údržba, prostředí, řízení a management. Každá z těchto oblastí zahrnovala faktory, které mohou přispět k riziku zranění operátora, jako například nedostatečná školení, špatně udržované stroje, nepoužití OOPP nebo nedodržení pracovního postupu.



Obrázek 11 Ishikawa diagram (zdroj: vlastní)

Výstupy z této metody byly následně využity jako základ pro provedení analýzy FMEA, která byla zaměřena na hodnocení rizik spojených s jednotlivými identifikovanými příčinami. Pomocí této metody byla každé příčině přiřazena míra rizika na základě její závažnosti, pravděpodobnosti výskytu a schopnosti detekce. Tento systematický přístup umožnil přesně ohodnotit potenciální nebezpečí a vybrat oblasti s nejvyšším rizikem, které vyžadují okamžitou pozornost a provedení nápravných opatření.

10 APLIKACE METODY FMEA

Stejně jako v předchozí analýze, i tentokrát se na tvorbě podílel tým tvořený, inženýrem kvality, specialistou výrobní linky, bezpečnostním technikem, inženýrem výzkumu a vývoje a autorem této práce. Tým společně doplňoval jednotlivé položky v tabulce metody FMEA jako například jednotlivé prvky procesu, hledal možné vady, jejich následky, příčiny poruch, prevence pro předcházení nalezených poruch a nástroje pro řízení detekce možných vad. Ve spolupráci s ostatními členy týmu byly také jednotlivým prvkům přiřazeny hodnoty významu, výskytu a odhalitelnosti jejichž součinem byla výsledná hodnota rizikového čísla.

Pro hodnocení jednotlivých kategorií (významnost, výskyt, odhalitelnost) byly vytvořeny tabulky bodové klasifikace. Pro lepší vizuální přehlednost jsou kategorie barevně rozlišeny: kategorie s vysokým významem označeny červeně, středně významné kategorie označeny oranžově a kategorie s nízkým významem nebo nepravděpodobné označeny zeleně.

Tabulka významnosti, uvedená v příloze P I, hodnotí význam v oblasti dopadu chyb na bezpečnost zaměstnanců. Nejvyšší význam s hodnotou deset je přiřazen chybám, které způsobují vícenásobné úmrtí nebo extrémní ohrožení osob. Střední hodnoty jsou přiřazeny chybám, které mohou způsobit úrazy s krátkou pracovní neschopností. Nejnížší hodnoty významu byly přiděleny chybám, které vedou k drobným nebo lehkým zraněním bez nutnosti lékařské péče.

Druhou z hodnotících tabulek je tabulka hodnocení pravděpodobnosti výskytu vady, která se dělí do různých časových intervalů – od denní, týdenní, měsíční až po roční, případně téměř nemožný výskyt vady viz příloha P II.

Třetí tabulka se soustředí na hodnotu odhalitelnosti problémů, tedy na schopnost detekovat chyby a metody jejich zjištění, jako jsou pravidelné, pečlivé nebo opakované kontroly. Nejvyšší hodnota byla přidělena vadám, které nelze odhalit nebo zjistit, jak je uvedeno v příloze P III.

Pomocí uvedených hodnotících tabulek tým odpovědný za řešení problému vyhodnotil a přiřadil hodnoty významnosti možného dopadu jednotlivých příčin, pravděpodobnosti výskytu konkrétní vady, a nakonec stanovil hodnotu její odhalitelnosti. Na základě těchto tří faktorů – významnosti, pravděpodobnosti výskytu a odhalitelnosti – byl vypočítán součin, který představuje rizikové číslo, známé jako Risk Priority Number (RPN). Tento výsledek slouží k určení celkového rizika a určuje prioritu pro zavedení nápravných opatření.

Výsledné hodnoty RPN byly zařazeny do škály akceptovatelnosti rizika, která je uvedena v tabulce 3. Hodnoty zvýrazněné zeleně představují rizika, která jsou považována za akceptovatelná, a pro ně není nutné přijímat žádná opatření. Oranžově zvýrazněné hodnoty, v rozmezí 121 až 200, označují oblasti, kde je třeba navrhnout a zavést opatření ke snížení rizika. Červeně zvýrazněné hodnoty, tedy RPN vyšší než 201, představují nepřijatelná rizika, která vyžadují okamžité a prioritní zavedení nápravných opatření k jejich snížení na přijatelnou úroveň.

Tabulka 3 Míra akceptovatelnosti rizika s hodnotami RPN (zdroj: vlastní)

Míra rizika	Nutnost opatření	RPN
Akceptovatelné	Není nutné zavádět opatření	< 120
Nežádoucí	Nutná implementace opatření	121-200
Nepřijatelné	Nutná okamžitá implementace opatření	> 201

Další fáze analýzy spočívala v návrhu konkrétních opatření, která měla pomoci snížit identifikovaná rizika, a v určení osob zodpovědných za jejich realizaci. Poté bylo nezbytné zaznamenat, jaká opatření byla skutečně provedena, protože během jejich implementace mohou nastat změny v původních postupech, které je třeba reflektovat. Pro úplné uzavření analýzy je kladeno důraz na zhodnocení účinnosti přijatých opatření a následné vyhodnocení, jaký vliv měly na celkové riziko, vyjádřené prostřednictvím RPN. Tento krok slouží k ověření, zda byla rizika adekvátně snížena a zda opatření splnila stanovené cíle.

Tabulka 4 Analýza FMEA (zdroj: vlastní)

Název FMEA:										Datum vytvoření:			Číslo strany:			
FMEA činností operátora pracoviště linek zpracování pyrotechnické složky										03.03.2025			1			
Řešitelský tým:										Datum poslední změny:			Revize:			
Antonín Kuře, inženýr kvality, specialista výrobní linky, bezpečnostní technik, inženýr výzkumu a vývoje										11.03.2025			2/2025			
Prvek	Možná vada	Možný následek vady	Stávající proces							Doporučené opatření	Odpovědnost	Proces po implementaci opatření				
			Význam	Možná příčina poruchy	Prevence	Výskyt	Nástroj řízení detekce	Odhaditelnost	RPN			Přijatá opatření	Význam	Výskyt	Odhaditelnost	RPN
Kontrola správnosti typu vstupního materiálu	Použití nesprávného typu materiálu	Riziko explozivního zahoření při smíchání s jiným typem složky	6	Chyba při identifikaci materiálu	Skenování čárových kódů	3	Automatizovaný systém kontroly materiálu	3	54	Není vyžadováno	-	-	-	-	-	-
Kontrola nastavení parametrů linky	Chybné nastavení parametrů	Riziko explozivního zahoření	6	Nepozornost operátora při zadávání parametru	Automatické načtení parametrů linky	4	Kontrola parametrů vedoucím před zahájením produkce	3	72	Není vyžadováno	-	-	-	-	-	-
Manipulace s přepravním vozíkem na pyrotechnicko u slož	Nezabrždění vozíku při nakládce a vykládce	Přejetí, přiřazení končetin	4	Chyba operátora	Návod k obsluze	5	Podepsané školení	2	40	Není vyžadováno	-	-	-	-	-	-
	Špatný stav koleček		4	Zanedbaná údržba	Nastavení intervalů údržby	5	Záznamový formulář o údržbě	3	60	Není vyžadováno	-	-	-	-	-	-
	Nevhodná pracovní poloha		4	Najetí vozíkem do nevhodné pozice	Proškolení operátora	7	Není zaveden	5	140	Školení a vyznačení pozic pro vozíky	Vedoucí směny	Školení a vyznačení pozic pro vozíky	4	4	2	32

Tabulka 5 Analýza FMEA (zdroj: vlastní)

Název FMEA:										Datum vytvoření:				Číslo strany:			
FMEA činností operátora pracoviště linek zpracování pyrotechnické složky										03.03.2025				1			
Řešitelský tým:										Datum poslední změny:				Revize:			
Antonín Kuře, inženýr kvality, specialista výrobní linky, bezpečnostní technik, inženýr výzkumu a vývoje										11.03.2025				2/2025			
Prvek	Možná vada	Možný následek vady	Stávající proces							Doporučené opatření	Odpovědnost	Proces po implementaci opatření					
			Význam	Možná příčina poruchy	Prevence	Výskyt	Nástroj řízení detekce	Odhaltitelnost	RPN			Přijatá opatření	Význam	Výskyt	Odhaltitelnost	RPN	
Kontrola teploty a vlhkosti v dávkovací části linky	Teplota nebo vlhkost mimo specifikaci	Zvýšené riziko elektrostatického výboje s potenciálem vzniku explozivního zahoření	8	Chybné nastavení průtoku dusíku	Vizuální kontrola regulátorů průtoku	6	Ukazatel průtoku	3	144	Úprava softwaru linky, aby v případě, že bude teplota nebo vlhkost mimo specifikaci došlo k automatickému odstavení výrobní linky	Specialista výrobní linky	Úprava softwaru linky, aby v případě, že bude teplota nebo vlhkost mimo specifikaci došlo k automatickému odstavení výrobní	8	6	1	48	
Kontrola tlaku lisování pyrotechnické složky	Příliš vysoký tlak lisování složky	Explozivní zahoření	6	Chybná funkce tlakového senzoru	Pravidelná kontrola	4	Ověření hodnoty lisovacího tlaku kalibrovaným tlakovým senzorem a porovnání s hodnotou na panelu výrobní	3	72	Není vyžadováno	-	-	-	-	-	-	
Měření výšky a rozteče pinů	Špatné uchopení produktu	Bodnutí / píchnutí do prstu	3	Nedodržení pracovního postupu	Proškolení operátora	5	Podepsaná školení	2	30	Není vyžadováno	-	-	-	-	-	-	
	Vznik elektrostatického výboje	Aktivace iniciátoru	6	Absence zemnicího bodu na kontrolním stole	Není zavedena	5	Kontrola zemnicích bodů na měsíční údržbě mechanikem	6	180	Nastavení vyšší četnosti kontrol zemnicích bodů	Mechanik	Zavedení kontrol zemnicích bodů na týdenní bázi	5	2	3	30	

Tabulka 6 Analýza FMEA (zdroj: vlastní)

Název FMEA:										Datum vytvoření:		Číslo strany:				
FMEA činností operátora pracoviště linek zpracování pyrotechnické složky										03.03.2025		1				
Řešitelský tým:										Datum poslední změny:		Revize:				
Antonín Kuře, inženýr kvality, specialista výrobní linky, bezpečnostní technik, inženýr výzkumu a vývoje										11.03.2025		2/2025				
Prvek	Možná vada	Možný následek vady	Stávající proces							Doporučené opatření	Odpovědnost	Proces po implementaci opatření				
			Význam	Možná příčina poruchy	Prevence	Výskyt	Nástroj řízení detekce	Odhalitelnost	RPN			Přijaté opatření	Význam	Výskyt	Odhalitelnost	RPN
Ověření hmotnosti nadávkované pyrotechnické složky	Pád nadávkované kapsle se složí z důvodu špatného uchopení pinzetou	Explozivní zahoření nadávkované kapsle	6	Použití pinzety bez drážkování	Není zavedena	6	Není zaveden	4	144	Přiřazení pinzety s drážkováním na pracoviště kontroly dávkování pyrotechnické složky	Vedoucí směny	Přiřazení pinety s drážkováním na pracoviště kontroly dávkování pyrotechnické složky	6	1	4	24
	Vznik elektrostatického výboje	Aktivace iniciátoru	6	Absence zemnicího bodu na kontrolním stole	Není zavedena	5	Kontrola zemnicích bodů na měsíční údržbě mechanikem	6	180	Nastavení vyšší četnosti kontrol zemnicích bodů	Mechanik	Zavedení kontrol zemnicích bodů na týdenní bázi	5	2	3	30
Výměna lisovacích jednotek	Velké množství úprašků pyrotechnické složky	Explozivní zahoření pyrotechnické složky	6	Nedostatečně provedené čištění	Školení operátorů	4	Kontrola vedoucím směny	4	96	Není vyžadováno	-	-	-	-	-	-
	Pád lisovací jednotky	Přiřazení horních končetin při montáži	6	Nedodržení montážního postupu	Školení operátorů	3	Podepsaná školení operátorů	4	72	Není vyžadováno	-	-	-	-	-	-
Čištění vodních filtrů	Odkryté části pokožky	Kontakt složky s pokožkou	2	Absence OOPP	Pravidelná školení bezpečnosti	5	Podepsaná školení operátorů	2	20	Není vyžadováno	-	-	-	-	-	-

Tabulka 7 Analýza FMEA (zdroj: vlastní)

Název FMEA:										Datum vytvoření:				Číslo strany:			
FMEA činností operátora pracoviště linek zpracování pyrotechnické složky										03.03.2025				1			
Řešitelský tým:										Datum poslední změny:				Revize:			
Antonín Kuře, inženýr kvality, specialista výrobní linky, bezpečnostní technik, inženýr výzkumu a vývoje										11.03.2025				2/2025			
Prvek	Možná vada	Možný následek vady	Stávající proces							Doporučené opatření	Odpovědnost	Proces po implementaci opatření					
			Význam	Možná příčina poruchy	Prevence	Výskyt	Nástroj řízení detekce	Odhaltitelnost	RPN			Přijaté opatření	Význam	Výskyt	Odhaltitelnost	RPN	
Kontrola průtoku dusíku	Průtok dusíku mimo toleranci	Explozivní zahoření dávkovací části výrobní linky	7	Nedodržení četnosti kontrol průtoku	Záznamový formulář o provedení kontroly	5	Kontrola vyplnění záznamového formuláře	4	140	Úprava softwaru linky, aby v případě, že bude průtok dusíku mimo specifikaci došlo k automatickému odstavení výrobní linky	Specialista výrobní linky	Úprava softwaru linky, aby v případě, že bude průtok dusíku mimo specifikaci došlo k automatickému odstavení výrobní	7	5	1	35	
Průběžná optická kontrola kvality výrobků	Špatné uchopení produktu	Bodnutí / píchnutí do prstu	3	Nedodržení pracovního postupu	Proškolení operátora	5	Podepsaná školení	2	30	Není vyžadováno	-	-	-	-	-	-	
	Vznik elektrostatického výboje	Aktivace iniciátoru	6	Absence zemnicího bodu na kontrolním stole	Není zavedena	5	Kontrola zemnicích bodů na měsíční údržbě mechanikem	6	180	Nastavení vyšší četnosti kontrol zemnicích bodů	Mechanik	Zavedení kontrol zemnicích bodů na týdenní bázi	5	2	3	30	
Doplňování kapslí do zásobníku linky	Pád uzavíracího víka zásobníku	Přivření / skřípnutí prstů	3	Poškozený uzavírací mechanismus	Záznamový formulář o provedení kontroly	4	Kontrola na týdenní údržbě mechanikem	4	48	Není vyžadováno	-	-	-	-	-	-	

Tabulka 8 Analýza FMEA (zdroj: vlastní)

Název FMEA:										Datum vytvoření:		Číslo strany:			
FMEA činností operátora pracoviště linek zpracování pyrotechnické složky										03.03.2025		1			
Řešitelský tým:										Datum poslední změny:		Revize:			
Antonín Kuře, inženýr kvality, specialista výrobní linky, bezpečnostní technik, inženýr výzkumu a vývoje										11.03.2025		2/2025			
Prvek	Možná vada	Možný následek vady	Stávající proces							Doporučené opatření	Odpovědnost	Proces po implementaci opatření			
			Význam	Možná příčina poruchy	Prevence	Výskyt	Nástroj řízení detekce	Odhaltitelnost	RPN			Přijaté opatření	Význam	Výskyt	Odhaltitelnost
Doplňování kapslí do zásobníku linky	Pád uzavíracího víka zásobníku	Přivření / skřípnutí prstů	3	Poškozený uzavírací mechanismus	Záznamový formulář o provedení kontroly	4	Kontrola na týdenní údržbě mechanikem	4	48	Není vyžadováno	-	-	-	-	-
Doplňování pólových tělísek do podavače linky	Špatně usazená paletka	Přivření / skřípnutí prstů	3	Špatně zreferované rameno podavače	Popis nastavení reference ramena v údržbové instrukci	4	Kontrola mechanikem před začátkem výroby	4	48	Není vyžadováno	-	-	-	-	-
Doplňování pyrotechnické složky do dávkovačů	Nedostatečné uchopení dózy	Pád dózy s následným explozivním zahořením	8	Nedodržení pracovního postupu	Pravidelná školení operátorů	2	Podepsaná školení	2	32	Není vyžadováno	-	-	-	-	-
	Odkryté části pokožky	Kontakt složky s pokožkou	2	Absence OOPP	Pravidelná školení bezpečnosti	5	Kontrola používání OOPP	2	20	Není vyžadováno	-	-	-	-	-
Odnášení laborovaných iniciátorů	Poškozená dóza	Pád dózy s iniciátory s následným aktivováním iniciátorů	7	Neprovedení kontroly dózy před použitím	Popis kontroly v pracovní instrukci	2	Vizuální kontrola dózy operátorem	3	42	Není vyžadováno	-	-	-	-	-
		Bodnutí, píchnutí, pořežání horních končetin	3	Nedodržení pracovního postupu	Proškolení operátora	5	Podepsaná školení	2	30	Není vyžadováno	-	-	-	-	-

Tabulka 9 Analýza FMEA (zdroj: vlastní)

Název FMEA:										Datum vytvoření:		Číslo strany:				
FMEA činností operátora pracoviště linek zpracování pyrotechnické složky										03.03.2025		1				
Řešitelský tým:										Datum poslední změny:		Revize:				
Antonín Kuře, inženýr kvality, specialista výrobní linky, bezpečnostní technik, inženýr výzkumu a vývoje										11.03.2025		2/2025				
Prvek	Možná vada	Možný následek vady	Stávající proces							Doporučené opatření	Odpovědnost	Proces po implementaci opatření				
			Význam	Možná příčina poruchy	Prevence	Výskyt	Nástroj řízení detekce	Odhalitelnost	RPN			Přijatá opatření	Význam	Výskyt	Odhalitelnost	RPN
Demontáž a čištění nosičů obrobků	Zůstatek pyrotechnické složky na nosiči obrobku	Explozivní zahoření pyrotechnické složky při demontáži	6	Nedostatečné očištění pyrotechnické složky	Popis postupu čištění v pracovní instrukci	6	Podepsaná školení	4	144	Úprava pracovního postupu při čištění nosičů obrobků	Procesní inženýr	Úprava pracovního postupu při čištění nosičů obrobků	6	2	3	36
	Odkryté části pokožky	Zasažení kůže čistící chemickou látkou	2	Absence OOPP	Pravidelná školení bezpečnosti	5	Kontrola používání OOPP	2	20	Není vyžadováno	-	-	-	-	-	-
	Použití nedostatečně odolných OOPP při demontáži	Pořezání horních končetin	4	Špatně nastavené použití OOPP	Pravidelné revize OOPP	7	Kontrola prováděných revizí	5	140	Změna typu OOPP při demontáži nosičů obrobků	Bezpečnostní technik	Změna typu OOPP při demontáži nosičů obrobků	4	3	3	36
	Stohování nosičů obrobků	Poranění dolních končetin	6	Špatná stabilita nosičů obrobku při stohování	Není zavedena	6	Není zaveden	4	144	Úprava pracovní instrukce	Procesní inženýr	Úprava pracovní instrukce	6	4	4	96

Tabulka 10 Analýza FMEA (zdroj: vlastní)

Název FMEA:										Datum vytvoření:		Číslo strany:				
FMEA činností operátora pracoviště linek zpracování pyrotechnické složky										03.03.2025		1				
Řešitelský tým:										Datum poslední změny:		Revize:				
Antonín Kuře, inženýr kvality, specialista výrobní linky, bezpečnostní technik, inženýr výzkumu a vývoje										11.03.2025		2/2025				
Prvek	Možná vada	Možný následek vady	Stávající proces							Doporučené opatření	Odpovědnost	Proces po implementaci opatření				
			Význam	Možná příčina poruchy	Prevence	Výskyt	Nástroj řízení detekce	Odhalitelnost	RPN			Přijatá opatření	Význam	Výskyt	Odhalitelnost	RPN
Úklid pracoviště	Mokrý podlaha	Uklouznutí na mokré podlaze	5	Nedostatečně vysušení podlahy po úklidu	Provádění úklidu pravidelně ve stejný čas	4	Označení prostoru výstražnou cedulí	3	60	Není vyžadováno	-	-	-	-	-	
	Poškozený žebřík	Pád z výšky při použití žebříku	7	Nenahlášení poškození žebříku	Není zavedena	4	Není zaveden	5	140	Jednoduchý systém prevence hlášení poškození	Vedoucí směny	Jednoduchý systém prevence hlášení poškození	7	2	3	42
	Odkryté části pokožky	Kontakt čisticích prostředků pokožkou	2	Absence OOPP	Pravidelná školení bezpečnosti	5	Kontrola používání OOPP	2	20	Není vyžadováno	-	-	-	-	-	
	Ostré hrany linky	Poranění rukou, nohou, trupu, hlavy	3	Nedostatečná údržba zařízení	Školení pracovníků údržby	6	Evidence o provedené údržbě	4	72	Není vyžadováno	-	-	-	-	-	
	Velké množství úprašků složky	Explozivní zahoření	6	Díra v krytování linky	Pracovní instrukce údržby	4	Pravidelná kontrola stavu krytování linky	4	96	Není vyžadováno	-	-	-	-	-	

Tabulka 11 Analýza FMEA (zdroj: vlastní)

Název FMEA:										Datum vytvoření:				Číslo strany:			
FMEA činností operátora pracoviště linek zpracování pyrotechnické složky										03.03.2025				1			
Řešitelský tým:										Datum poslední změny:				Revize:			
Antonín Kuře, inženýr kvality, specialista výrobní linky, bezpečnostní technik, inženýr výzkumu a vývoje										11.03.2025				2/2025			
Prvek	Možná vada	Možný následek vady	Stávající proces							Doporučené opatření	Odpovědnost	Proces po implementaci opatření					
			Význam	Možná příčina poruchy	Prevence	Výskyt	Nástroj řízení detekce	Odhaltitelnost	RPN			Přijatá opatření	Význam	Výskyt	Odhaltitelnost	RPN	
Provádění týdenní údržby linky	Mokrý podlaha	Uklouznutí na mokré podlaze	5	vyсуšení podlahy po úklidu	úklidu pravidelně ve stejný čas	4	Označení prostoru výstražnou cedulí	3	60	Není vyžadováno	-	-	-	-	-	-	
	Odkryté části pokožky	Kontakt čisticích prostředků pokožkou	2	Absence OOPP	Pravidelná školení bezpečnosti	5	Kontrola používání OOPP	2	20	Není vyžadováno	-	-	-	-	-	-	
	Poškozená kabeláž linky	Zasažení elektrickým proudem	9	Obnažené elektrické kabely	Pravidelná interval výměny kabelů	2	Pravidelná kontrola stavu kabelů	5	90	Není vyžadováno	-	-	-	-	-	-	
	Velké množství úprašků složky	Explozivní zahoření	6	Díra v krytování linky	Pracovní instrukce údržby	4	Pravidelná kontrola stavu krytování linky	4	96	Není vyžadováno	-	-	-	-	-	-	

Tabulka 12 Analýza FMEA (zdroj: vlastní)

Název FMEA:										Datum vytvoření:		Číslo strany:				
FMEA činností operátora pracoviště linek zpracování pyrotechnické složky										03.03.2025		1				
Řešitelský tým:										Datum poslední změny:		Revize:				
Antonín Kuře, inženýr kvality, specialista výrobní linky, bezpečnostní technik, inženýr výzkumu a vývoje										11.03.2025		2/2025				
Prvek	Možná vada	Možný následek vady	Stávající proces							Doporučené opatření	Odpovědnost	Proces po implementaci opatření				
			Význam	Možná příčina poruchy	Prevence	Výskyt	Nástroj řízení detekce	Odhalitelnost	RPN			Přijaté opatření	Význam	Výskyt	Odhalitelnost	RPN
Navezení pyrotechnické složky do dávkovačů	Vysypání dózy	Kontakt složky s pokožkou	2	Neopatrnost operátora	Pravidelná školení bezpečnosti	5	Podepsaná školení	2	20	Není vyžadováno	-	-	-	-	-	
	Uvolnění zavíracího víka vozíku	Poranění ruky, zlomení prstů	5	Poškozený uzavírací systém víka	Není zavedena	5	Vyplnění formuláře o provedené kontrole	6	150	Nastavení intervalu kontroly	Mechanik	Vytvoření kontrolního formuláře	5	2	4	40
	Pád dózy	Explozivní zahoření	8	Nedodržení pracovního postupu	Pravidelná školení operátorů	2	Podepsaná školení	2	32	Není vyžadováno	-	-	-	-	-	
Kontrola popisu a průměru výrobku v kalibračním kroužku	Vznik elektrostatického výboje	Aktivace výrobku	5	Absence zemnicího bodu na kontrolním stole	Není zavedena	5	Kontrola zemnicích bodů na měsíční údržbě mechanikem	6	150	Nastavení vyšší četnosti kontrol zemnicích bodů	Mechanik	Zavedení kontrol zemnicích bodů na týdenní bázi	5	2	3	30
Kontrola teploty a vlhkosti v místnosti	Teplota nebo vlhkost mimo specifikaci	Zvýšené riziko elektrostatického výboje s potenciálem vzniku explozivního zahoření	7	Porucha klimatizace	Údržba filtrů a kontrola chladiva	5	Stanice pro měření teploty a vlhkosti	3	105	Není vyžadováno	-	-	-	-	-	
				Otevřené dveře	Není zavedena	6	Není zaveden	3	126	Montáž automatického zavírání dveří	Údržbář	Montáž automatického zavírání dveří	7	3	3	63

Výstupy z FMEA analýzy

Výsledky analýzy FMEA ukázaly, že žádný prvek vybraného procesu není ohrožen rizikem s hodnotou RPN vyšší než 201, což znamená, že neexistuje žádné riziko, které by vyžadovalo okamžitou implementaci nápravného opatření. U rizik, jejichž hodnoty RPN se pohybují v rozmezí 121-200, je však nutné přistoupit k implementaci nápravných opatření. Tato rizika představují střední úroveň ohrožení, která vyžaduje takový zásah, aby byla rizika snížena na přijatelnou úroveň. Pro každý prvek procesu, který byl identifikován s RPN hodnotou v tomto rozmezí, byla navržena specifická nápravná opatření zaměřená na eliminaci nebo zmírnění příčin rizik. Cílem těchto opatření je snížit hodnotu RPN u těchto prvků na úroveň nižší než 120, čímž je dosaženo požadovaného snížení rizika na akceptovatelnou úroveň, která neohrožuje bezpečnost a efektivitu celkového procesu.

Prvním identifikovaným rizikem z kategorie nežádoucí byla nevhodná pracovní poloha operátora z důvodu najetí přepravního vozíku do špatné pozice. Následkem takové vady může být přiražení nebo přejetí končetin. Doporučeným opatřením je důsledné proškolení operátorů na přítomnost tohoto rizika a následné vyznačení vhodných pozic pro zastavování vozíků na pyrotechnickou slož. Potenciální místa pro vyznačení těchto pozic je důležité nejprve zkontrolovat s bezpečnostním technikem, tak aby zůstaly zachovány minimální zákonné šířky uliček.



Obrázek 12 Operátor s vozíkem na pyrotechnickou slož (zdroj: vlastní)

Kontrola teploty a vlhkosti v dávkovací části výrobní linky je kontrolována pouze vizuálně operátorem dle odečtení hodnot na řídicím panelu výrobní linky. V případě neprovedení této kontroly hrozí, že teplota nebo vlhkost bude mimo specifikaci a vznikne elektrostatický výboj s potenciálem následného explozivního zahoření. Úprava softwaru linky, kdy bude vlhkost a teplota hlídána automaticky a v případě hodnoty mimo specifikaci dojde k jejímu automatickému zastavení sníží hodnotu RPN na akceptovatelnou úroveň.

Při měření výšky a rozteče pinů dochází k manipulaci s laborovaným iniciátorem, který ještě nemá obvodový svár a kapsle tedy není hermeticky uzavřena. Při manipulaci s iniciátory je nutné, aby měli operátoři nasazen ESD náramek, který je vodivě spojen se zemnicím bodem na kontrolním stole. V případě, že je zemnicí bod poškozen, nedojde ke svedení elektrostatického náboje a při kontaktu takto nabitého operátora s iniciátorem hrozí riziko aktivace iniciátoru při které dojde k poranění a popálení rukou a horní části těla. Doporučeným nápravným opatřením je nastavení vyšší četnosti kontrol zemnicích bodů mechanikem. Navrhovaná úprava četnosti kontrol bude probíhat na týdenní bázi, kdy mechanik pomocí multimetru ověří funkčnost kabeláže a poté pomocí zapojení zemnicího konektoru ověří, že konektor není poškozen a je možné ho bez obtíží připojit. V souvislosti s použitím zemnicích bodů je totožné nápravné opatření navrženo ještě u činnosti ověření hmotnosti nadávkované pyrotechnické složky, průběžné optické kontroly kvality výrobků a při kontrole popisu a průměru výrobku v kalibračním kroužku.

V průběhu ověřování hmotnosti nadávkované pyrotechnické složky do ocelové kapsle manipuluje operátor s touto kapslí prostřednictvím pinzety. V případě, že použije typ pinzety s hladkým zakončením může dojít k vyklouznutí a následnému pádu kapsle s pyrotechnickou složkou, čímž vznikne riziko explozivního zahoření. Přiřazením pinzety se speciálním drážkováním na jejím konci se sníží riziko pádu nadávkované kapsle na přijatelnou úroveň.



Obrázek 13 Pinzeta s drážkováním (zdroj: vlastní)

V případě, že operátor neprovede kontrolu průtoku dusíku a jeho průtok bude mimo specifikaci, dojde ke zvýšení rizika explozivního zahoření dávkovací části výrobní linky. Momentálně je pro kontrolu průtoku dusíku používán záznamový formulář, který je ručně vyplňován operátorem. Navrhovaným opatřením je proces zautomatizovat stejně jako u kontroly teploty a vlhkosti.

Jedním z velmi rizikových prvků vybraného procesu je demontáž a čištění nosičů obrobků. V průběhu výroby na dávkovacích stanicích pyrotechnické složky dochází k ulpívání úprašků na záhybech a spojích nosičů obrobku. Tyto úprašky mohou při demontáži nosiče obrobků způsobit explozivní zahoření a poranit operátora. Pro zvýšení bezpečnosti je navržena úprava pracovní instrukce, tak aby byly nosiče před demontáží zavodněny a tím úprašky inertizovány a nemohlo dojít k jejich explozivnímu zahoření. Dalším rizikem při demontáži jsou ostré hrany nosičů obrobku, o které se mohou operátoři pořezat na ruku. Navrhovaným opatřením je změna typu používaných rukavic z tenkých gumových na pevnější typ určený pro montáže, které mají vyšší odolnost proti prořezu. Posledním zmíněným rizikem při demontáži nosičů obrobku je poranění dolních končetin při pádu nosiče z důvodu stohování na více pater. Doporučeným opatřením pro tento bod je úprava pracovní instrukce pro operátory, tak aby v ní bylo popsáno, že se nosiče nesmějí vrstvit a hrozí pak riziko poranění dolních končetin.



Obrázek 14 Vozík s nosiči obrobků v několika vrstvách (zdroj: vlastní)

Aby se operátoři při úklidu pracoviště dostali i na vyšší místa výrobní linky používají k tomu hliníkový žebřík. V případě, že je žebřík poškozen a operátor si toho nevšimne a bude žebřík používat může dojít k jeho rozlomení a následnému pádu operátora. Navrhovaným opatřením je vytvoření jednoduchého systému hlášení poškození.

Při navážení pyrotechnické složky do dávkovacích zařízení používají operátoři přepravní vozík s uzavíratelným dřevěným víkem. V případě poškození uzavíracích pantů víka může dojít k uvolnění a poranění ruky operátora. Navrhovaným opatřením je nastavení kontroly uzavíracích pantů mechanikem a následný zápis do formuláře o provedení kontroly.

Stejně jako je důležité mít správnou vlhkost a teplotu uvnitř dávkovacích zařízení je nutné sledovat také jaká je vlhkost a teplota ve výrobní hale vybraného úseku. Teplota a vlhkost je na hale měřena prostřednictvím kalibrovaného zařízení. Operátor odečte hodnoty a zapíše je do záznamového formuláře ve výrobním listu. Vlhkost a teplota jsou značně ovlivněny otevíráním dveří vedoucími z vnitřních prostor haly do venkovního areálu firmy. Navrhovaným opatřením je montáž automatického zavírání dveří, které zabezpečí, že dveře nezůstanou po průchodu operátora otevřeny.



Obrázek 15 Vstupní dveře bez automatického zavírání (zdroj: vlastní)

FMEA analýza efektivně pomohla identifikovat nejvíce rizikové oblasti vybraného procesu, na které je třeba se zaměřit a věnovat jim zvýšenou pozornost. Kromě toho umožnila také vymezit prvky, které nevyžadují tolik pozornosti, což umožňuje soustředit se na klíčové oblasti procesu, které mají větší dopad na bezpečnost.

11 PARETOVA ANALÝZA

Paretova analýza byla zpracována na základě výstupů z FMEA analýzy. Analyzováno bylo vybrané pracoviště dávkování pyrotechnické složky, kterému se věnovaly i všechny předchozí analýzy v rámci této diplomové práce. Sesbíraná data možných vad jednotlivých prvků procesu byly sepsány do tabulky 13. K jednotlivým možným vadám byly dále přiřazeny počty výskytů za uplynulý rok 2024. Přesné informace ohledně počtů výskytů vad byly získány z interních materiálů firmy. Přesněji z evidence pracovních úrazů, knihy záznamů skoro nehod a výrobní evidence linek dávkování pyrotechnické složky, kde operátoři podrobně zaznamenávají všechny informace o průběhu dané směny.

Tabulka 13 Data pro zpracování
Paretovy analýzy

Možná vada	Počet výskytů za rok	Četnost [%]	Četnost RPN dle analýzy FMEA [%]
Nevhodná pracovní poloha	15	17,24	5,29
Teplota nebo vlhkost místnosti mimo specifikaci	11	12,64	4,76
Zůstatek pyrotechnické složky na nosiči obrobku	10	11,49	5,44
Teplota nebo vlhkost dávkovacího zařízení mimo specifikaci	9	10,34	5,44
Stohování nosičů obrobků	5	5,75	5,44
Použití nedostatečně odolných OOPP při demontáži	4	4,60	5,29
Ostré hrany linky	4	4,60	2,72
Nezabrždění vozíku při nakládce a vykládce	2	2,30	1,51
Špatný stav koleček	2	2,30	2,27
Vysypání dózy	2	2,30	0,76
Uvolnění zavíracího víka vozíku	2	2,30	5,66
Vznik elektrostatického výboje	2	2,30	6,80
Špatné uchopení produktu	2	2,30	1,13
Pád nadávkované kapsle se složí z důvodu špatného uchopení pinzetou	2	2,30	5,44
Odkryté části pokožky	2	2,30	0,76
Průtok dusíku mimo toleranci	2	2,30	5,29
Poškozená dóza	2	2,30	1,59
Použití nesprávného typu materiálu	1	1,15	2,04
Chybné nastavení parametrů	1	1,15	2,72
Příliš vysoký tlak lisování složky	1	1,15	2,72
Velké množství úprašků pyrotechnické složky	1	1,15	3,63
Pád lisovací jednotky	1	1,15	2,72
Pád uzavíracího víka zásobníku	1	1,15	1,81
Špatně usazená paletka	1	1,15	1,81
Poškozený žebřík	1	1,15	5,29
Velké množství úprašků složky	1	1,15	3,63
Pád dózy	0	0,00	1,21
Nedostatečné uchopení dózy	0	0,00	1,21
Mokrá podlaha	0	0,00	2,27
Poškozená kabeláž linky	0	0,00	3,40

Pro účely diplomové práce posloužila Paretova analýza jako vhodný analytický nástroj k identifikaci klíčových faktorů ovlivňujících zvolený proces. Cílem bylo zjištění, které z možných vad představují největší riziko a efektivně směřovat opatření k jejich eliminaci. Na následující straně, na obrázku 12, je uveden výstup Paretovy analýzy pro vybraný výrobní proces.

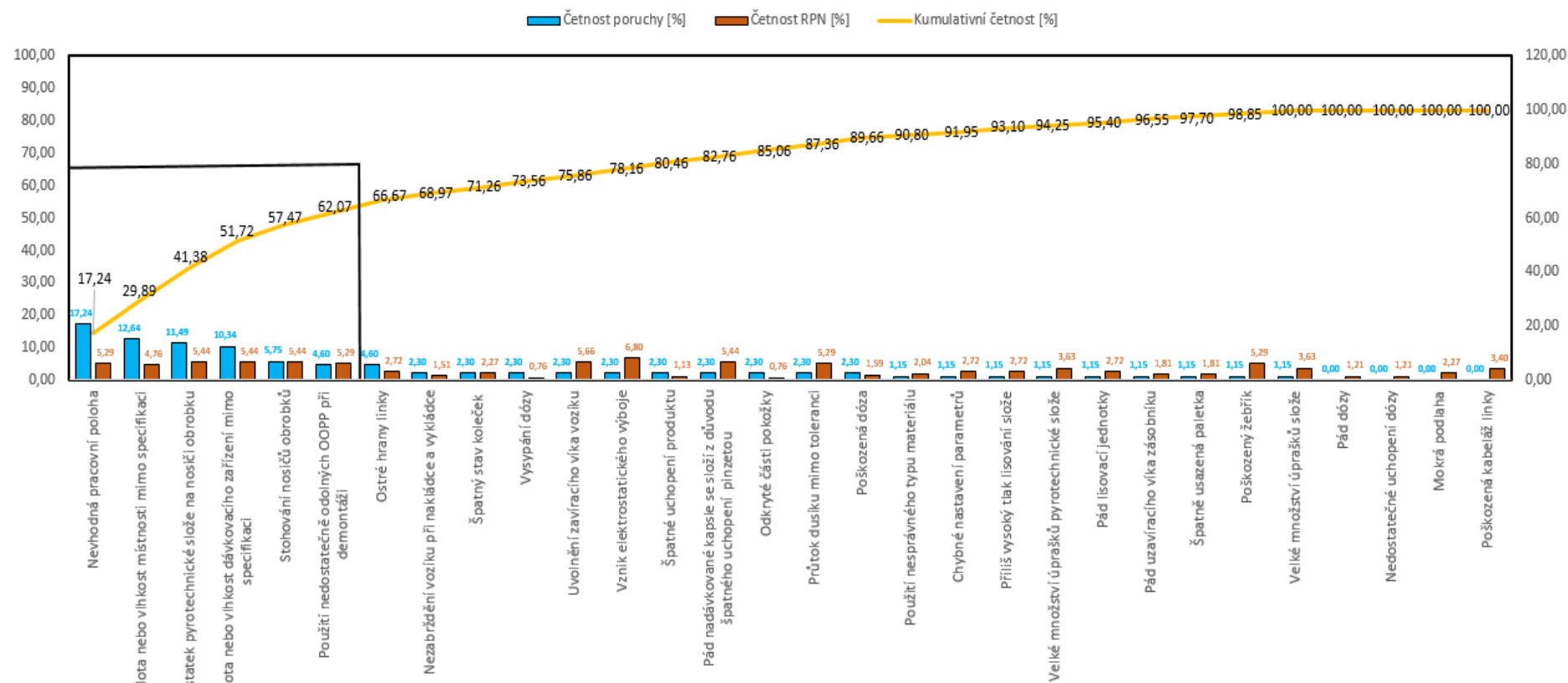
Jednotlivé možné vady byly nejprve pečlivě identifikovány a následně seřazeny podle počtu výskytů od nejvyšší po nejnižší. Tento postup umožnil lépe pochopit, které typy vad se v analyzovaném výrobním procesu objevovaly nejčastěji a jaký byl jejich relativní podíl na celkovém počtu výskytů. Důkladná analýza těchto dat poskytla přehled o tom, které poruchy představovali nejvýznamnější problémy z hlediska četnosti, což je zásadní pro efektivní zavedení vhodných nápravných opatření.

Pro lepší interpretaci byla četnost jednotlivých vad převedena na procentuální hodnoty, což umožnilo jednodušší porovnání mezi různými druhy vad. Tyto přepočítané procentuální četnosti byly následně vizualizovány v grafu prostřednictvím světle modrých sloupců, které poskytly názorný přehled o rozložení vad v rámci analyzovaného procesu. Grafické zobrazení usnadnilo identifikaci nejvýznamnějších vad a umožnilo jejich efektivní vyhodnocení v kontextu bezpečnosti výroby. Kromě samotné četnosti byla zohledněna také závažnost jednotlivých vad. Proto byly do analýzy zahrnuty také hodnoty RPN vycházející z předchozí analýzy FMEA. Tyto hodnoty umožnily lépe posoudit, které poruchy představují největší riziko z hlediska bezpečnosti a provozuschopnosti výrobního úseku.

Kumulativní četnost byla znázorněna Lorenzovou křivkou, která vznikla kumulativním součtem počtu výskytů jednotlivých vad. Tato křivka pomáhá identifikovat, od kterého bodu začíná významný pokles četnosti výskytu vad a kde se nachází hranice kritických faktorů.

Rozhodovací kritérium pro vyhodnocení priorit vychází z Paretova pravidla 80/20. Toto pravidlo uvádí, že 80 % důsledků je způsobeno 20 % příčin. V případě této diplomové práce bylo analyzováno celkem 30 druhů poruch. Dvacet procent z tohoto počtu odpovídá šesti nejčastějším poruchám. Právě těmito poruchami je nutné se dále podrobněji zabývat, protože mají největší dopad na bezpečnost a stabilitu provozu v daném výrobním úseku.

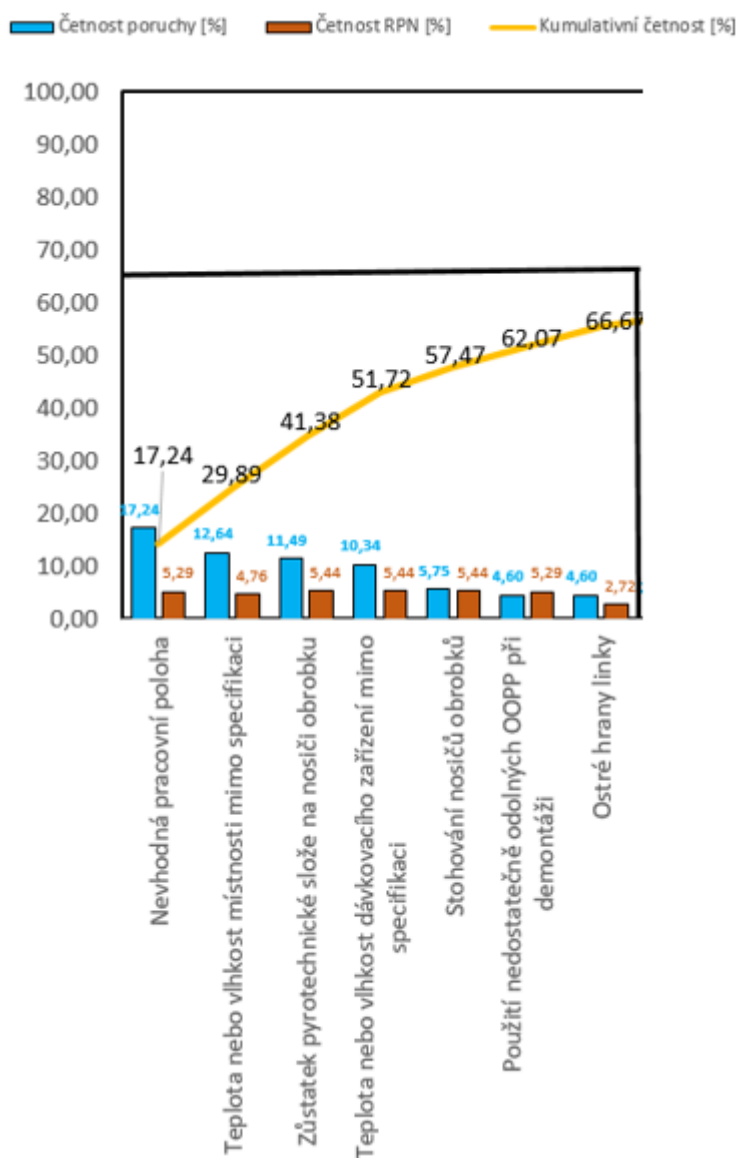
Zjištěné poznatky budou dále využity k navržení opatření pro minimalizaci rizik. Na základě těchto výsledků lze efektivně směřovat zlepšovací aktivity a optimalizovat opatření vedoucí ke snížení výskytu kritických vad.



Obrázek 16 Paretova analýza (zdroj: vlastní)

Výsledky Paretovy analýzy

Pomocí Paretovy analýzy bylo zjištěno 6 hlavních možných vad s nejvyšším výskytem, které představují na vybraném výrobním úseku nejvyšší bezpečnostní riziko. Tato analýza umožnila identifikovat klíčové problémy, které mají největší dopad na bezpečnostní standardy v daném procesu.



Obrázek 17 20% nejvýznamnějších možných vad (zdroj: vlastní)

Nejvýznamnější vadu představuje nevhodná pracovní poloha při manipulaci s přepravním vozíkem na pyrotechnickou složku, kdy může dojít k přejetí nebo přiražení končetin operátora. Tato situace vzniká především při manipulaci a odstavení přepravního vozíku, kdy operátor není dostatečně chráněn před mechanickým zraněním. Tato potenciální vada má v analýze

FMEA vysokou hodnotu RPN, což poukazuje na její závažnost. Význam této vady byl potvrzen i v rámci Paretovy analýzy, která ukázala, že právě tato vada se vyskytuje nejčastěji a představuje největší bezpečnostní riziko v daném výrobním procesu. Proto je nezbytné implementovat preventivní opatření, která zahrnují optimalizaci pracovních pozic, zajištění správného školení operátorů.

Druhou nejvýznamnější vadou je případ, kdy je teplota nebo vlhkost v místnosti mimo specifikaci, což představuje zvýšené riziko vzniku elektrostatického výboje. Elektrostatické výboje mohou vést k explozivnímu zahoření pyrotechnických materiálů, což má katastrofální následky, včetně rizika zranění pracovníků a poškození zařízení. Taková situace vzniká zejména v případě špatného řízení mikroklimatu v místnosti, kde se pyrotechnické složky skladují nebo zpracovávají. Paretova analýza ukázala, že i toto riziko má vysokou frekvenci výskytu, což potvrzuje významnost kontroly a regulace teploty a vlhkosti v těchto prostorech.

Třetí významnou vadu představuje zůstatek pyrotechnické složky na nosiči obrobku, kdy může dojít k explozivnímu zahoření při jeho demontáži operátorem. Tento problém se objevuje v případě, že nosič obrobků není správně očištěn, což zvyšuje riziko, že zbytková složka v kombinaci s mechanickým zásahem (např. při demontáži) může vést k nebezpečné reakci.

Další významnou vadou je situace, kdy teplota nebo vlhkost v dávkovacím zařízení není v souladu s technickými specifikacemi, což může vést k vzniku elektrostatického výboje a následnému explozivnímu zahoření.

Poslední dvě vady, které mají podobný počet výskytů a hodnotu RPN, se týkají stohování nosičů obrobků a použití nedostatečně odolných osobních ochranných pracovních prostředků (OOPP) při demontáži. Stohování obrobků zvyšuje riziko jejich pádu a následného zranění pracovníků, zatímco použití nedostatečných OOPP může vést k zranění při práci s nebezpečnými materiály nebo při manipulaci s těžkými náklady. I přesto, že tyto vady nejsou nejčastější, jsou stále považovány za významné v kontextu bezpečnosti, což potvrzuje jejich zařazení mezi dvacet procent nejvýznamnějších vad.

Ostatní možné vady, které byly analyzovány, mají nižší výskyt a hodnotu RPN, a proto nebyly zařazeny mezi dvacet procent nejvýznamnějších vad. I přesto, některé z nich vykazují vysokou hodnotu RPN, což znamená, že je třeba jim věnovat pozornost, ale vzhledem k jejich nižší frekvenci výskytu není jejich priorita tak vysoká jako u výše uvedených vad.

12 METODA TESEO

Vzhledem k tomu, že lidský faktor hraje klíčovou roli ve vybraném výrobním procesu na výrobní lince, byla metoda TESEO vybrána jako vhodná pro hodnocení pravděpodobnosti selhání operátora. Tato metoda a její principy jsou podrobněji popsány v teoretické části diplomové práce v podkapitole 4.2. Pro aplikaci metody byl sestaven tým tvořený autorem práce a bezpečnostním technikem vybraného výrobního podniku.

První analyzovanou situací je manipulace s otevřenou vysušenou pyrotechnickou složí. Do této kategorie je zařazena manipulace s přepravním vozíkem na pyrotechnickou slož, ověření hmotnosti nadávkované pyrotechnické složky a navedení složky do dávkovačů. Všechny tři činnosti je možno zahrnout v rámci jedné hodnotící tabulky a společného koeficientu spolehlivosti K. Výsledky hodnocení jsou uvedeny v tabulce 14.

Tabulka 14 Manipulace s otevřenou vysušenou pyrotechnickou složí (zdroj: vlastní)

Faktor	Kategorie	Kvantitativní charakteristika		Hodnota K_i
K_1	typ činnosti	vyžadující pozornost, rutinní		0,01
K_2	přechodný stresový faktor pro běžné činnosti	dobu pohotovosti (s)	20	0,5
K_3	kvality operátora	dobře vybavený, expert, školený		0,5
K_4	vliv úzkosti a stresu	závažná nepředvídaná situace		3
K_5	vliv ergonomie	slabé mikroklima, chabá koordinovanost s provozem		7
		Koeficient spolehlivosti K		0,0525

Pro faktor K_1 byla stanovena hodnota parametru 0,01 na základě znalosti procesu. Jedná se o rutinní činnost, která vyžaduje neustálou pozornost operátora. Faktor K_2 , který zohledňuje vztah mezi časovým vytížením a stresem, byl ohodnocen hodnotou 0,5 protože se jedná o běžnou činnost s dobou trvání do dvaceti sekund. Pro faktor K_3 byla zvolena hodnota 0,5, jelikož na výrobních linkách dávkování pyrotechnické složky jsou oprávněni pracovat pouze dobře zaškolení operátoři s délkou praxe minimálně šest měsíců. Faktor K_4 má hodnotu 3, protože operátor manipuluje s vysušenou pyrotechnickou složí, která představuje bezpečnostní riziko. Faktor K_5 byl stanoven na hodnotu 7, jelikož při manipulaci s otevřenou vysušenou pyrotechnickou složí musí být operátor vybaven kevlarovou vestou a přilbou, což mu

způsobuje značné nepohodlí a je to také velmi fyzicky náročné. Dalším negativním aspektem je změna teploty prostředí při odebrání pyrotechnické složky v meziskladech, kde je v letních měsících velmi vysoká teplota a zimním období jsou zde naopak teploty nízké.

Tabulka 15 Provádění kontrol parametrů (zdroj: vlastní)

Faktor	Kategorie	Kvantitativní charakteristika		Hodnota K_i
K_1	typ činnosti	vyžadující pozornost, rutinní		0,01
K_2	přechodný stresový faktor pro běžné činnosti	dobu pohotovosti (s)	10	1
K_3	kvality operátora	dobře vybavený, expert, školený		0,5
K_4	vliv úzkosti a stresu	normální stav		1
K_5	vliv ergonomie	dobré mikroklima, dobrá koordinovanost s provozem		1
		Koeficient spolehlivosti K		0,005

V tabulce 15 jsou uvedeny výsledky hodnocení pro provádění kontrol parametrů na úseku dávkovacích linek pyrotechnické složky. Mezi tyto činnosti je řazena kontrola teploty a vlhkosti v dávkovací části linky, kontrola průtoku dusíku a kontrola teploty a vlhkosti na výrobní hale. Pro faktor K_1 byla stanovena hodnota 0,01 na základě znalosti daného procesu. Tato činnost je rutinní a vyžaduje stálou pozornost operátora. Faktor K_2 , který zohledňuje vztah mezi časovým vytížením a stresem, obdržel hodnotu 1, protože se jedná o běžnou činnost trvající přibližně deset sekund. U faktoru K_3 byla hodnota nastavena na 0,5, protože na linkách pro dávkování pyrotechnické složky mohou pracovat pouze operátoři s odpovídajícím školením a minimálně šesti měsíci praxe. Faktor K_4 má hodnotu 1, protože operátor nemanipuluje s vysušenou otevřenou pyrotechnickou složkou. Faktor K_5 obdržel hodnotu 1, protože pracoviště bylo navrženo s ohledem na ergonomii, v hale je udržována stálá teplota a zajištěno adekvátní osvětlení.

Tabulka 16 Provádění kontrol iniciátoru (zdroj: vlastní)

Faktor	Kategorie	Kvantitativní charakteristika		Hodnota K_i
K_1	typ činnosti	vyžadující pozornost, rutinní		0,01
K_2	přechodný stresový faktor pro běžné činnosti	doba pohotovosti (s)	10	1
K_3	kvality operátora	dobře vybavený, expert, školený		0,5
K_4	vliv úzkosti a stresu	závažná nepředvídaná situace		3
K_5	vliv ergonomie	dobré mikroklima, dobrá koordinovanost s provozem		1
		Koeficient spolehlivosti K		0,015

Tabulka 16 obsahuje výsledky hodnocení pro provádění kontrol iniciátoru. Mezi tyto činnosti patří měření výšky a rozteče pinů, kontrola popisu a průměru výrobku v kalibračním kroužku a průběžná optická kontrola kvality výrobků. U všech zmíněných činností musí operátor iniciátor uchopit a je vystaven riziku, že dojde k jeho aktivaci. Pro faktor K_1 byla určena hodnota 0,01. Tato činnost je rutinní a vyžaduje neustálou pozornost operátora. Faktor K_2 , který zohledňuje vztah mezi časovým vytížením a stresem, byl ohodnocen hodnotou 1, protože se jedná o běžnou činnost, která trvá přibližně deset sekund. U faktoru K_3 byla stanovena hodnota 0,5, jelikož na linkách pro dávkování pyrotechnické složky mohou pracovat pouze proškolení operátoři s alespoň šesti měsíci praxe. Faktor K_4 má hodnotu 3, protože operátor je v přímém kontaktu s laborovaným iniciátorem. Faktor K_5 byl ohodnocen hodnotou 1, protože pracoviště bylo navrženo s ohledem na ergonomii, v hale je stabilní teplota a zajištěno potřebné osvětlení.

Poslední hodnocenou kategorií byla demontáž a čištění nosičů obrobků. Výsledky hodnocení jsou uvedeny níže v tabulce 17.

Tabulka 17 Demontáž a čištění nosičů obrobků (zdroj: vlastní)

Faktor	Kategorie	Kvantitativní charakteristika		Hodnota K_i
K_1	typ činnosti	vyžadující pozornost, rutinní		0,01
K_2	přechodný stresový faktor pro běžné činnosti	doba pohotovosti (s)	20	0,5
K_3	kvality operátora	dobře vybavený, expert, školený		0,5
K_4	vliv úzkosti a stresu	závažná nepředvídaná situace		3
K_5	vliv ergonomie	dobré mikroklima, dobrá koordinovanost s provozem		1
		Koeficient spolehlivosti K		0,0075

Pro faktor K_1 byla určena hodnota 0,01. Tato činnost je rutinní a vyžaduje neustálou pozornost operátora. Faktor K_2 , který zohledňuje vztah mezi časovým vytižením a stresem, byl ohodnocen hodnotou 0,5, protože se jedná o běžnou činnost, která trvá přibližně dvacet sekund. U faktoru K_3 byla stanovena hodnota 0,5, jelikož na linkách pro dávkování pyrotechnické složky mohou pracovat pouze proškolení operátoři s alespoň šesti měsíci praxe. Faktor K_4 má hodnotu 3, protože je operátor vystaven riziku, že při demontáži dojde k explozivnímu zahoření úprašků pyrotechnické složky. Faktor K_5 byl ohodnocen hodnotou 1, protože pracoviště bylo navrženo s ohledem na ergonomii, v hale je stabilní teplota a zajištěno potřebné osvětlení.

Tabulka 18 Posouzení koeficientu spolehlivosti pro všechny čtyři vybrané činnosti (zdroj: vlastní)

Činnost	Koeficient spolehlivosti K
Manipulace s otevřenou vysušenou pyrotechnickou složkou	0,0525
Provádění kontrol parametrů	0,005
Provádění kontrol iniciátorů	0,015
Demontáž a čištění nosičů obrobků	0,0075

Na základě výsledků uvedených v tabulce 18 je možné konstatovat, že ani u jedné z uvedených činností nehrozí při současném stavu vznik mimořádné události. Nejvyšší riziko vzniká při manipulaci s otevřenou pyrotechnickou složí. Druhá nejvyšší hodnota dle analýzy TESEO odpovídá provádění kontrol iniciátorů, kdy přichází operátor do přímého kontaktu s laborovaným iniciátorem.

Výsledné hodnoty koeficientů spolehlivosti K jsou nízké hlavně z důvodu propracovaného systému školení operátorů, kdy není možné, aby nezaškolený nebo nedostatečně zaškolený operátor prováděl samostatně činnosti na pracovišti linek dávkování pyrotechnické složce.

13 PLÁN IMPLEMENTACE A VÝPOČET NÁKLADŮ NAVRŽENÝCH OPATŘENÍ

Na základě výstupů provedených analýz byly identifikovány nejrizikovější činnosti vybraného procesu a navržena odpovídající nápravná opatření. Pro každé z těchto opatření byl následně sestaven časový plán implementace. Součástí tohoto plánu je také výpočet nákladů spojených s realizací jednotlivých opatření. Náklady byly stanoveny s ohledem na materiální požadavky, potřebné investice do technologií, školení zaměstnanců a případné úpravy pracovních postupů.

Cílem tohoto přístupu je zajistit, aby implementace nápravných opatření byla nejen technicky proveditelná, ale také ekonomicky efektivní, a aby přinesla očekávané zlepšení v oblasti bezpečnosti výrobního procesu.

V tabulce 19 je uveden rozpad nákladů pro vyznačení pozic vozíku na pyrotechnickou slož. Na vybraném výrobním úseku jsou tři plně automatické dávkovací linky, každá linka má čtyři dávkovací zařízení, u kterých je nutné vyznačit pozici pro zastavení vozíku. Další tři pozice je nutné vyznačit v meziskladu pyrotechnických slož. Celkem se jedná tedy o vyznačení patnácti pozic. V prvním kroku budou bezpečnostním technikem vytipována vhodná místa, která budou sloužit pro zastavování vozíku. Předpokládaná doba, kterou stráví bezpečnostní technik implementací tohoto opatření jsou čtyři hodiny. Následujícím krokem je samotné označení pozic, které provede pracovník údržby pomocí žlutých výstražných lepicích pásek. Před nalepením je nutné podlahu důkladně odmastit, aby došlo ke vzniku pevného spoje, který se nebude v budoucnu odlepovat.

Tabulka 19 Rozpad nákladů pro vyznačení pozic vozíku na pyrotechnickou slož (zdroj: vlastní)

Položka	Množství	Cena [Kč]
Odmašťovač	1 l	365
Žlutá páska	4 ks	1 180
Bezpečnostní technik	4 h	1 200
Údržbář	4 h	800
Celkové náklady na opatření		3 545

V tabulce 20 je uveden rozpad nákladů pro implementaci nápravného opatření spočívajícího v úpravě softwaru výrobní linky tak, aby automaticky kontrolovala teplotu a vlhkost pyrotechnické složky v dávkovacím zařízení. Na vybraném výrobním úseku jsou tři plně automatické dávkovací linky, každá linka má čtyři dávkovací zařízení, u kterých je nutné zavést

automatizovanou kontrolu těchto parametrů. V prvním kroku bude provedena úprava vizualizace softwaru, která zajistí přehledné zobrazení aktuálních hodnot teploty a vlhkosti na ovládacím panelu linky. Vizualizace bude zahrnovat i varovné hlášení v případě přiblížení se k definovaným limitům, což umožní operátorům včasnou reakci na změny prostředí. V případě překročení nastavených limitů bude linka automaticky zastavena. Následujícím krokem je uvedení do provozu a testování upraveného softwaru. Tento proces zahrnuje instalaci softwarové aktualizace, ověření správné funkčnosti systému v reálných podmínkách výroby a případné úpravy na základě získaných výsledků. Testování bude probíhat v několika fázích, včetně simulace různých provozních podmínek, aby byla zajištěna spolehlivost nového řešení. Poslední položkou je doprava, která zahrnuje přepravu techniků zodpovědných za úpravu softwaru a testování na výrobní provoz. Celý proces bude koordinován tak, aby doba implementace byla co nejkratší a nenarušovala plynulost výrobního procesu.

Tabulka 20 Rozpad nákladů na SW úpravu linky pro automatickou kontrolu teploty a vlhkosti (zdroj: vlastní)

Položka	Cena [Kč]
Úprava vizualizace	45 500
Uvedení do provozu a testování	15 500
Doprava	4 800
Celkové náklady na opatření	65 800

V tabulce 21 je uveden rozpad nákladů pro implementaci nápravného opatření spočívajícího ve změně typu pinzet používaných při manipulaci s pyrotechnickou složkou. Stávající pinzety s plastovým koncem bez drážek budou nahrazeny pinzetami s drážkami, které zajistí lepší uchopení ocelových kapslí a sníží riziko nechtěného sklouznutí při manipulaci. Na vybraném výrobním úseku se nacházejí tři plně automatické dávkovací linky, u nichž operátoři v určitých fázích výrobního procesu využívají pinzety k ruční manipulaci. Pro každou výrobní linku bude přidělena jedna nová pinzeta s drážkami, přičemž jedna další bude sloužit jako náhradní v případě opotřebení nebo poškození. Celkem tedy budou pořízeny čtyři kusy nových pinzet. Hlavním přínosem této změny je zvýšení bezpečnosti a stability při manipulaci s citlivým materiálem. Drážkovaná pinzeta umožní přesnější uchopení a sníží pravděpodobnost nechtěného pádu ocelové kapsle, což přispěje k bezpečnějšímu výrobnímu procesu. Implementace tohoto opatření nevyžaduje žádné dodatečné úpravy pracovního postupu, pouze se operátoři seznámí s novým typem nástroje a jeho správným používáním.

Tabulka 21 Náklady na pořízení pinzet s drážkou (zdroj: vlastní)

Položka	Množství	Cena [Kč]
Pinzeta s drážkou	4 ks	556
Celkové náklady na opatření		556

V tabulce 22 je uveden rozpad nákladů pro implementaci nápravného opatření spočívajícího v úpravě softwaru výrobní linky pro kontrolu průtoku dusíku, který operátoři využívají k řízení vlhkosti uvnitř dávkovacího zařízení. Stávající systém neumožňuje operátorům přesné sledování a nastavování průtoku dusíku v reálném čase, což může vést k odchylkám v regulaci vlhkosti. Cílem této úpravy je zajistit přesnější řízení tohoto parametru a tím optimalizovat podmínky v dávkovacím zařízení. Prvním krokem implementace je úprava vizualizace softwaru výrobní linky. Nová vizualizace bude zobrazovat aktuální hodnoty průtoku dusíku v reálném čase a umožní operátorům provádět úpravy podle stanovených limitů. Systém bude rovněž vybaven varovnými hlášeními, která upozorní na případné odchylky od požadovaných hodnot, čímž se minimalizuje riziko negativního ovlivnění výrobního procesu. Dalším krokem je uvedení do provozu a testování upraveného softwaru. Tento proces zahrnuje instalaci softwarových úprav, ověření správné funkčnosti systému v reálných podmínkách výroby a testování v různých provozních režimech. Během testovací fáze budou simulovány různé úrovně průtoku dusíku, aby se zajistila správná funkčnost systému při různých podmínkách a zátěži. Poslední položkou je doprava, která zahrnuje přepravu techniků zodpovědných za úpravu softwaru a testování. Celý proces bude koordinován tak, aby doba implementace byla co nejkratší a nenarušovala plynulost výrobního procesu. Úprava systému přinese operátorům lepší kontrolu nad klíčovým parametrem a tím zvýší stabilitu a bezpečnost výrobního procesu.

Tabulka 22 Rozpad nákladů na SW úpravu linky pro kontrolu průtoku dusíku (zdroj: vlastní)

Položka	Cena [Kč]
Úprava vizualizace	40 500
Uvedení do provozu a testování	15 500
Doprava	4 800
Celkové náklady na opatření	60 800

Tabulka 23 zobrazuje rozpad nákladů pro implementaci nápravného opatření spočívajícího ve změně typu osobních ochranných pracovních prostředků, konkrétně rukavic

používaných při demontáži nosičů obrobků. Stávající elastické gumové rukavice budou nahrazeny pevnějšími montérskými rukavicemi s pogumovanými prsty, které zajistí lepší ochranu rukou operátorů před poraněním. Hlavním důvodem této změny je zvýšení bezpečnosti pracovníků, zejména ochrana prstů před mechanickým poškozením při manipulaci s nosiči obrobků. Nový typ rukavic poskytuje lepší úchop, vyšší odolnost proti oděru a větší ochranu proti případným nárazům nebo stlačení prstů během práce. V rámci tohoto opatření je nutné zajistit dostatečné množství nových rukavic pro všechny operátory dávkovacích zařízení. Celkem bude pořízeno 30 párů rukavic, což zahrnuje také určitou rezervu pro případ výměny opotřebovaných rukavic. Součástí implementace je rovněž aktualizace karet OOPP, ve kterých bude změna typu rukavic zaznamenána. Operátoři budou seznámeni s novým druhem ochranných pomůcek a jejich správným používáním, aby byla zajištěna maximální účinnost ochrany a komfort při práci. Implementace tohoto opatření přispěje k celkovému zvýšení bezpečnosti pracovníků a snížení rizika pracovních úrazů na daném výrobním úseku.

Tabulka 23 Náklady na změnu typu OOPP
(zdroj: vlastní)

Položka	Množství	Cena [Kč]
Rukavice - pogumované	30 ks	3 540
Celkové náklady na opatření		3 540

V tabulce 24 je uveden rozpad nákladů pro implementaci nápravného opatření spočívajícího ve vytvoření formuláře pro evidenci poškození pracovních pomůcek. Cílem tohoto opatření je zajistit systematickou evidenci opotřebení a poškození pracovních pomůcek, což umožní jejich včasnou výměnu a snížení rizika používání nevyhovujících nebo nebezpečných nástrojů a ochranných prostředků. Prvním krokem implementace je vytvoření standardizovaného formuláře, který bude obsahovat základní informace o poškozené pomůcce, včetně typu pomůcky, popisu poškození, data nahlášení a jména pracovníka, který poškození zaznamenal. Formulář bude rovněž obsahovat sekci pro schválení výměny nebo opravy nadřízeným pracovníkem. Následujícím krokem je distribuce formuláře na pracoviště. Vedoucí směny bude mít na starosti předání formuláře operátorům a jejich seznámení s novým systémem evidence. Předpokládaný čas potřebný pro vytvoření, distribuci a základní proškolení zaměstnanců je tři hodiny. Toto opatření přispěje ke zvýšení bezpečnosti na pracovišti, snížení počtu neplánovaných výpadků způsobených používáním nefunkčních pomůcek a lepší kontrole nad

stavem pracovního vybavení. Zavedení evidence poškození pomůže také při plánování nákupu nových pracovních pomůcek a optimalizaci nákladů na jejich údržbu.

Tabulka 24 Náklady na vytvoření formuláře evidence poškození pracovních pomůcek (zdroj: vlastní)

Položka	Množství	Cena [Kč]
Vytvoření formuláře evidence a distribuce na pracoviště vedoucím směny	3 h	600
Celkové náklady na opatření		600

Tabulka 25 zobrazuje rozpad nákladů pro implementaci nápravného opatření spočívajícího v montáži automatických zavíračů na dveře ve výrobní hale. Cílem tohoto opatření je zajistit automatické zavírání dveří, čímž se minimalizuje riziko jejich nechtěného ponechání otevřených, což může vést k nežádoucímu proudění vzduchu, narušení klimatických podmínek v hale nebo zvýšenému hluku na pracovišti. V rámci opatření budou na dvě vybrané dveře ve výrobní hale namontovány automatické dvevní zavírače. Tyto zavírače zajistí, že se dveře po každém otevření samostatně a plynule zavřou, čímž se eliminují situace, kdy zůstávají nechtěně otevřené. Instalaci provede pracovník údržby, který se postará o správné uchycení a nastavení mechanismu zavíračů. Předpokládaná doba potřebná k montáži a seřízení obou zavíračů je dvě hodiny. Zavedením tohoto opatření dojde ke zvýšení kontroly nad uzavíráním dveří bez nutnosti zásahu zaměstnanců, čímž se sníží ruční manipulace a zajistí stabilnější pracovní podmínky v daném výrobním prostoru.

Tabulka 25 Náklady na implementaci automatického zavírání dveří (zdroj: vlastní)

Položka	Množství	Cena [Kč]
Dvevní zavírač	2 ks	4 550
Údržbář	2 h	400
Celkové náklady na opatření		4 950

V tabulce 26 je uveden rozpad nákladů pro implementaci nápravného opatření spočívajícího v zavedení automatického systému hlášení teploty a vlhkosti na výrobní hale. Cílem tohoto opatření je zajistit nepřetržitý monitoring klíčových klimatických para-

metrů, které mohou ovlivnit stabilitu výrobních procesů, zejména při manipulaci s pyrotechnickými složemi. Automatizovaný systém umožní včasnou detekci odchylek od stanovených limitů a jejich okamžité hlášení operátorům. Prvním krokem implementace je instalace potřebných senzorů a hardwaru. Tyto senzory budou rozmístěny na vhodných místech výrobní haly, aby pokryly všechny důležité výrobní úseky a zajistily přesné měření teploty a vlhkosti. Přenášena data budou následně odesílána do centrálního monitorovacího systému, kde budou k dispozici operátorům a vedoucím pracovníkům.

Další fází je softwarová implementace, která zahrnuje konfiguraci systému pro zpracování naměřených dat a nastavení automatických hlášení. V případě překročení předem definovaných mezních hodnot teploty nebo vlhkosti systém automaticky odešle upozornění odpovědným pracovníkům, kteří mohou provést potřebná opatření k nápravě situace. Po dokončení softwarové implementace bude následovat fáze testování a integrace do provozu. Testování ověří funkčnost systému v reálných podmínkách výrobní haly a zajistí jeho správnou komunikaci s operátory. Integrace zahrnuje školení odpovědných pracovníků na práci se systémem a vyhodnocení jeho prvotních výstupů. Poslední položkou je doprava, která zahrnuje přepravu techniků a potřebného vybavení na místo instalace. Celý proces bude koordinován tak, aby byla minimalizována doba potřebná k implementaci a systém mohl být co nejdříve plně funkční.

Zavedením automatického systému hlášení teploty a vlhkosti dojde ke zvýšení stability výrobního prostředí, což přispěje k minimalizaci odchylek v procesu a zvýšení bezpečnosti manipulace s citlivými materiály.

Tabulka 26 Náklady na automatizovaný systém
hlášení teploty a vlhkosti na výrobní hale (zdroj:
vlastní)

Položka	Cena [Kč]
Senzory a hardware	26 800
Softwarová implementace	37 500
Testování a integrace do provozu	15 500
Doprava	3 500
Celkové náklady na opatření	83 300

V případě, že se firma rozhodne pro zavedení všech výše uvedených nápravných opatření budou celkové náklady na implementaci 223 091 Kč.

Tabulka 27 Časová osa implementace nápravných opatření (zdroj: vlastní)

Nápravné opatření	Začátek	Konec	Délka trvání (dny)	CW13				CW14				CW15				CW16				CW17				CW18			
				Po	Út	St	Čt	Pá	Po	Út	St	Čt	Pá	Po	Út	St	Čt	Pá	Po	Út	St	Čt	Pá	Po	Út	St	Čt
Vyznačení vhodných pozic pro zastavování vozíku na pyrotechnickou slož	24.03.2025	01.04.2025	7																								
Úprava SW linky na automatickou kontrolu teploty a vlhkosti	24.03.2025	29.04.2025	27																								
Zakoupení pinzet s drážkováním	24.03.2025	27.03.2025	4																								
Úprava SW linky na automatickou kontrolu průtoku dusíku	24.03.2025	24.04.2025	24																								
Změna typu používaných OOPP	24.03.2025	02.04.2025	8																								
Vytvoření systému hlášení poškození	24.03.2025	26.03.2025	3																								
Automatizovaný systém hlášení teploty a vlhkosti na výrobní hale	27.03.2025	18.04.2025	17																								
Automatické zavírání dveří	24.03.2025	01.04.2025	7																								

Časová osa implementace nápravných opatření je uvedena v tabulce 27. Implementace nápravných opatření byla naplánována tak, aby probíhala co nejefektivněji a zároveň minimalizovala jakýkoli negativní vliv na výrobní proces. Všechna opatření byla naplánována na zahájení ve stejný den, kromě automatizovaného systému hlášení teploty a vlhkosti na výrobní hale, který bude zahájen o tři dny později. Tento odklad je způsoben vytížeností klíčových zaměstnanců, kteří budou zpočátku zajišťovat implementaci ostatních opatření.

Prvním krokem bude vyznačení vhodných pozic pro zastavování vozíků na pyrotechnickou slož. Tento proces bude probíhat po dobu sedmi dní. V rámci tohoto opatření bezpečnostní technik vytipuje vhodná místa pro zastavení vozíků, následně pracovník údržby na těchto místech označí pozice žlutými výstražnými páskami. Tento krok zajistí bezpečné zastavení vozíků v souladu s požadavky na bezpečnost a provozní efektivitu.

Dalším opatřením bude úprava softwaru výrobní linky pro automatickou kontrolu teploty a vlhkosti, která bude realizována v průběhu 27 dní. Během této doby proběhnou potřebné úpravy vizualizace softwaru, jeho testování a následné uvedení do provozu. Tato změna umožní operátorům výrobní linky automatické monitorování a regulaci teploty a vlhkosti v dávkovacích zařízeních, což zlepší kontrolu nad klíčovými parametry a zvýší bezpečnost výrobního procesu.

Ve stejném čase bude probíhat i zakoupení pinzet s drážkováním, což je opatření plánované na 4 dny. Nové pinzety s drážkami nahradí stávající typy, čímž se zvýší bez-

pečnost při manipulaci s obrobky a sníží riziko jejich poškození nebo zranění operátorů. Tato změna bude také zahrnovat distribuci nových pinzet mezi operátory výrobní linky.

Dále bude implementována úprava softwaru linky pro automatickou kontrolu průtoku dusíku, která potrvá 24 dní. Tento systém bude sledovat a regulovat průtok dusíku používaný k řízení vlhkosti v dávkovacích zařízeních. Cílem této úpravy je zlepšení stabilizace procesů a snížení rizika odchylek v regulaci vlhkosti.

Změna typu používaných osobních ochranných pracovních pomůcek (OOPP) je dalším důležitým opatřením, které bude realizováno za 8 dní. V rámci tohoto opatření dojde k nákupu nových rukavic s pogumovanými prsty, které nahradí dosavadní elastické gumové rukavice. Tato změna přispěje k lepší ochraně operátorů před poraněním prstů při manipulaci s obrobky. Součástí opatření bude také aktualizace karet OOPP a zaškolení operátorů na používání nových ochranných pomůcek.

K vytvoření systému pro hlášení poškození pracovních pomůcek, který bude probíhat po dobu 3 dnů, bude vytvořen standardizovaný formulář. Tento formulář umožní zaměstnancům evidovat poškození pracovních pomůcek, což zajistí včasnou výměnu a sníží riziko používání nebezpečných nebo nefunkčních nástrojů. Formulář bude distribuován na pracoviště a zaměstnanci budou seznámeni s novým systémem evidence.

Automatizovaný systém hlášení teploty a vlhkosti na výrobní hale bude zahájen o tři dny později než ostatní opatření a potrvá 17 dní. Tento systém zahrnuje instalaci senzorů pro měření teploty a vlhkosti, softwarovou implementaci pro sledování a hlášení naměřených hodnot, testování a integraci do provozu. Tento systém poskytne operátorům a vedoucím pracovníkům v reálném čase data o klíčových parametrech výrobní haly a umožní rychlé reakce na odchylky.

Posledním opatřením je instalace automatických zavíračů na dveře ve výrobní hale, které bude realizováno během 7 dní. Automatické zavírání dveří zajistí, že dveře nebudou ponechány otevřené, což přispěje k lepším podmínkám v hale a zvýší bezpečnost pracovníků.

Celkový časový rámec implementace těchto nápravných opatření byl pečlivě naplánován tak, aby probíhal efektivně a bez narušení výrobního procesu. V případě, že v průběhu implementace nenastanou žádné větší komplikace bude poslední nápravné opatření dokončeno po 27 dnech.

ZÁVĚR

Diplomová práce na téma rizika vlivu lidského faktoru na bezpečnost provozu se zaměřila na analýzu vlivu lidského faktoru na bezpečnost provozu, ve výrobě pro automobilový průmysl. Cílem práce bylo identifikovat klíčové faktory, které ovlivňují bezpečnostní rizika spojená s lidskými chybami, a navrhnout opatření, která by tato rizika minimalizovala.

V teoretické části práce byly podrobně rozebrány aspekty bezpečnosti a ochrany zdraví při práci (BOZP), včetně právních předpisů, managementu BOZP a bezpečnostních opatření ve výrobním procesu. Dále byla věnována pozornost lidskému faktoru, jeho definici, typologii lidských chyb a psychologickým aspektům, které ovlivňují pracovní výkon a bezpečnost. Byly také analyzovány vlivy pracovního prostředí, jako jsou ergonomie, hluk, teplota a osvětlení, na bezpečnost práce.

Praktická část práce se zaměřila na konkrétní výrobní proces v podniku XYZ s.r.o., kde byly aplikovány různé analytické metody, jako FMEA, TESEO, Ishikawa diagram a Paretova analýza, k identifikaci a hodnocení rizik spojených s lidským faktorem. Výsledky těchto analýz poskytly cenné informace o nejrizikovějších činnostech a umožnily navrhnout konkrétní opatření ke zvýšení bezpečnosti.

Implementace navržených opatření byla pečlivě naplánována s ohledem na efektivitu a ekonomickou náročnost. Byly vyznačeny pozice pro zastavování vozíků, upraven software výrobní linky pro automatickou kontrolu teploty a vlhkosti, zakoupeny pinzety s drážkováním, změněn typ osobních ochranných pracovních pomůcek, vytvořen systém hlášení poškození pracovních pomůcek, namontovány automatické zavírače na dveře a zaveden automatizovaný systém hlášení teploty a vlhkosti na výrobní hale.

Závěrem lze konstatovat, že práce poskytla komplexní přehled o vlivu lidského faktoru na bezpečnost provozu a navrhla konkrétní opatření ke zlepšení bezpečnosti ve výrobním procesu. Implementace těchto opatření přispěje k minimalizaci rizik, zlepšení pracovních podmínek a zvýšení bezpečnosti zaměstnanců, což má přímý vliv na výkonnost a stabilitu organizace.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ANGELPOULOU, Anastasia; MYKONIATIS, Konstantinos a REDDY, Boyapati Nithisha. *Industry 4.0: The use of simulation for human reliability assessment*. Online. *Procedia Manufacturing*, 2019. Dostupné z: <https://doi.org/https://doi.org/10.1016/j.promfg.2020.02.094>. [cit. 2024-11-04].

ANYFANTIS, Ioannis; BOUSTRAS, Georgios; KARAGEORGIOU, Alexandros, 2016. *Maintaining occupational safety and health levels during the financial crisis – A conceptual model*. *Safety Science*. Online. DOI: 10.1016/j.ssci.2016.02.014. ISSN 09257535. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S092575351600059X>.

BĚLINA, Miroslav a PICHRT, Jan, 2017. *Pracovní právo*. 7. dopl. a přeprac. vydán. Praha: C.H.Beck. ISBN 978-80-7400-667-8.

BEZPEČNOST PRÁCE, 2021. *Audit bezpečnosti práce (BOZP). Příprava, postupy a tipy pro realizaci*. Online. BOZP.cz. Dostupné z: <https://www.bozp.cz/aktuality/audit-bezpecnosti-prace/>. [cit. 2025-01-24].

BLECHARZ, Pavel, 2023. *Řízení a zlepšování kvality*. Jesenice: Ekopress. ISBN 978-80-87865-83-5.

ČESKO, 2000. Zákon č. 258 ze dne 14. července 2000, o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. Online. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 74/2000. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz/sb/2000/258?zalozka=text>. [citováno 2025-01-01].

ČESKO, 2004. Nařízení vlády č. 406 ze dne 2. června 2004, o bližších požadavcích na zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v prostředí s nebezpečím výbuchu. Online. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 131/2004. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz/sb/2004/406?zalozka=text>. [citováno 2025-01-01].

ČESKO, 2006a. Zákon č. 262 ze dne 21. dubna 2006, zákoník práce. Online. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 84/2006. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz/sb/2006/262/2025-01-01?f=262%2F2006&zalozka=text>. [citováno 2025-01-01].

ČESKO, 2006b. Zákon č. 309 ze dne 23. května 2006, kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy (zákon

o zajištění dalších podmínek bezpečnosti a ochrany zdraví při práci). Online. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 96/2006. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz/sb/2006/309?zalozka=text>. [citováno 2025-01-01].

ČESKO, 2007. Nařízení vlády č. 361 ze dne 12. prosince 2007, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. Online. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 111/2007. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz/sb/2007/361?zalozka=text>. [citováno 2025-01-01].

ČESKO, 2011. Nařízení vlády č. 272 ze dne 24. srpna 2011, o ochraně zdraví před nepříznivými účinky hluku a vibrací. Online. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 97/2011. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz/sb/2011/272?zalozka=text>. [citováno 2025-01-01].

ČESKO, 2014. Nařízení vlády č. 170 ze dne 6. srpna 2014, kterým se mění nařízení vlády č. 201/2010 Sb., o způsobu evidence úrazů, hlášení a zasílání záznamu o úrazu. Online. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 71/2014. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz/sb/2014/170?zalozka=text>. [citováno 2025-01-01].

ČESKO, 2016. Nařízení vlády č. 116 ze dne 30. března 2016, o posuzování shody zařízení a ochranných systémů určených k použití v prostředí s nebezpečím výbuchu při jejich dodávání na trh. Online. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 45/2016. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz/sb/2016/116?zalozka=text>. [citováno 2025-01-01].

ČESKO, 2017. Nařízení vlády č. 375 ze dne 23. října 2017, o vzhledu, umístění a provedení bezpečnostních značek a značení a zavedení signálů. Online. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 131/2017. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz/sb/2017/375?zalozka=text>. [citováno 2025-01-01].

ČESKO, 2017. Nařízení vlády č. 375 ze dne 23. října 2017, o vzhledu, umístění a provedení bezpečnostních značek a značení a zavedení signálů. Online. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 131/2017. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz/sb/2017/375?zalozka=text>. [citováno 2025-01-01].

ČESKO, 2021a. Zákon č. 250 ze dne 9. června 2021, o bezpečnosti práce v souvislosti s provozem vyhrazených technických zařízení a o změně souvisejících zákonů. Online. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 106/2021. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz/sb/2021/250?zalozka=text>. [citováno 2025-01-01].

ČESKO, 2021b. Nařízení vlády č. 390 ze dne 11. října 2021, o bližších podmínkách poskytování osobních ochranných pracovních prostředků, mycích, čisticích a dezinfekčních prostředků. Online. In: *Sbírka zákonů České republiky*. Částka 173/2021. Dostupné z: <https://www.e-sbirka.cz/sb/2021/390/2021-11-01?f=390%2F2021&zalozka=text>. [citováno 2025-01-01].

DHILLON, B. S., 2014 *Human reliability, error, and human factors in power generation*. Cham: Springer. Springer series in reliability engineering. ISBN 978-3-319-04018-9.

DOLEŽAL, Jan; MÁČAL, Pavel; BRANISLAV Lacko et al., 2012. *Projektový management podle IPMA - 2.*, aktualizované a doplněné vydání, Praha: Grada. 526 s. ISBN 978-80-247-4275-5.

DVOŘÁKOVÁ, Zuzana, 2007. *Management lidských zdrojů*. Praha: C.H.Beck. ISBN 978-80-7179-893-4.

DYREBORG, Johnny, 2009. *The causal relation between lead and lag indicators*. Safety Science. 47(4), 474-475. DOI: 10.1016/j.ssci.2008.07.015. ISSN 09257535. Dostupné z: <http://linkinghub.elsevier.com/retrieve/pii/S0925753508001173>. [citováno 2025-01-01].

FILIP, Ludvík, 2019. *Efektivní řízení kvality*. Pointa. ISBN 978-80-907530-5-1.

FRICK, Kaj, 2011. *Worker influence on voluntary OHS management systems – A review of its ends and means*. Safety Science. Online. DOI: 10.1016/j.ssci.2011.04.007. ISSN 09257535. [citováno 2025-01-01].

HAJEROVÁ MÜLLEROVÁ, Lenka; DEPOO, Lucie a STŘÍLECKÝ, Marek. *Řízení lidských zdrojů v kontextu organizačního chování*. Praha: Wolters Kluwer, 2024. ISBN 978-80-7676-996-0.

Health and Safety Authority, 2013. Behaviour Based Safety Guide. Online. ISBN 978-1-84496-175-7. Dostupné z: https://www.hsa.ie/eng/Publications_and_Forms/Publications/Safety_and_Health_Management/behaviour_based_safety_guide.pdf. [cit. 2025-01-26].

HŮLOVÁ, Marie, 2003. *Management bezpečnosti a ochrany zdraví při práci: určeno pro posluchače vedlejší specializace MQE*. Praha: Oeconomica. ISBN 80-245-0590-8.

INTON, Chris, Joanna BERNSTEIN a Ben KLAYMAN., 2014. *Takata air bag probe zeroes in on troubled Mexican plant: Air bag deployment*. Reuters.

JANÁKOVÁ, Anna, 2011. *Abeceda bezpečnosti a ochrany zdraví při práci*. 5. rozšířené vyd. Olomouc: Nakladatelství ANAG. 501 s. ISBN 978-80-7263-685-3.

KITTELMANN, Marlies; TSCHÖCKE, Evelyn; PAČAIOVÁ, Hana; BISCHOFF, Hans-Jurgen; DRODOFSKY, Stefan et al., 2014. *Rizika při práci na strojích a jiném výrobním zařízení: identifikace a hodnocení rizik, navrhovaná opatření*. ISSA, 2014. ISBN 978-80-87676-08-0.

KORECKÝ, Michal a TRKOVSKÝ, Václav, 2011. *Management rizik projektů: se zaměřením na projekty v průmyslových podnicích*. 1. vyd. Expert (Grada). Praha: Grada. ISBN 978-80-247-3221-3.

KOTEK, Luboš a BABINEC, František. © 2014 - 2024. *Použití metody Human HAZOP při redukci chyb operátorů*. In: FCC Public [online]. Praha: FCC Public [cit. 2025-03-16]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/39901.pdf>.

KRÁL, Miroslav. © 2020. *Přístup k analýze a hodnocení spolehlivosti člověka v pracovním systému*. In: Práce a mzda [online]. Praha: Wolters Kluwer [cit. 2025-03-16]. Dostupné z: <https://www.praceamzda.cz/clanky/pristup-k-analyze-hodnoceni-spolehlivosti-cloveka-v-pracovnim-systemu>.

KUSELMAN, Ilya; PENNECCHI, Francesca; FAJGELJ, Aleš a KARPOV, Yury, 2012. *Human errors and reliability of test results in analytical chemistry*. Online. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s00769-012-0934-y>. [cit. 2025-01-28].

Lean Six sigma Consulting company, 2025. Online. Dostupné z: <https://lean6sigma.cz/analyza-pricin/>. [cit. 2025-01-28].

MIKŠÁTKO, Pavel, ©2025. *Návod: Jak vytvořit efektivní bezpečnostní plán pro firmy*. Online. Top Security. Dostupné z: <https://www.topsecurity.cz/blog/clanek/navod-jak-vytvorit-efektivni-bezpecnostni-plan-pro-firmy-ve-spolupraci-s-bezpecnostni-agenturou>. [cit. 2025-01-24].

NEUGEBAUER, Tomáš, 2017. *O bezpečnosti a ochraně zdraví při práci*. Online. Dostupné z: http://bozppo-neu.cz/?page_id=688 [cit. 2025-01-03].

NEUGEBAUER, Tomáš, 2023. *Evakuace a požární evakuační plán*. Online. Dostupné z: https://bozppo-neu.cz/?page_id=789. [cit. 2025-01-24].

NORDLÖF, Hasse, 2015. *Prerequisites and Possibilities for Manufacturing Companies to Prioritize and Manage Occupational Health and Safety*. ISBN ISBN 16516206.

PAUKNEROVÁ, Daniela. *Psychologie pro ekonomy a manažery*. 3., aktualiz. a dopl. vyd. Praha: Grada, 2012, s. 122. Management (Grada). ISBN 978-80-247-3809-3.

PAULÍK, Karel, 2017. *PSYCHOLOGIE LIDSKÉ ODOLNOSTI*. 2. přepracované a doplněné vydání. Grada. ISBN 978-80-247-5646-2.

SALVENDY, Gavriel a KARWOWSKI, Waldemar. *Handbook of human factors and ergonomics*. Fifth edition. Hoboken: Wiley, 2021. ISBN 978-1-119-63608-3.

SKŘEHOT, Petr, 2013. *Identifikace potenciálních lidských chyb pomocí kombinované metodiky HTA-PHEA*. Praha. ISBN 978-80-02-02434-7.

STŘELEČ, Jiří, 2012. *Vlastní cesta: Pareto analýza*. Online. [cit. 2025-01-01]. Dostupné z: <http://www.vlastnicesta.cz/metody/pareto-analyza/> [cit. 2025-01-24].

SVOZILOVÁ, Alena, 2011. *Zlepšování podnikových procesů*. Praha: Grada, 223 s. Expert (Grada). ISBN 978-80-247-3938-0.

ŠČUREK, Radomír, 2016. *Analýza rizik objektu kritické infrastruktury*. In: The Science for Population Protection [online]. Lázně Bohdaneč: MV [cit. 2025-03-16]. Dostupné z: <http://www.population-protection.eu/prilohy/casopis/10/74.pdf>.

ŠIKÝŘ, Martin, 2014. *Nejlepší praxe v řízení lidských zdrojů*. Praha: GradaPublishing. 200 s. ISBN 978-80-247-5212-9.

VEBER, Jaromír. *Management: základy, přístupy, soudobé trendy*. I. vydání. Praha: Ekopress, 2021. ISBN 978-80-87865-69-9.

ZNALOSTNÍ SYSTÉM PREVENCE RIZIK V BOZP, ©2016-2025. *Ergonomie: Ergonomie pracovního místa*. Online. Dostupné z: <https://zsbozp.vubp.cz/ergonomie-pracovniho-mista>. [cit. 2025-01-23].

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Proces neustálého zlepšování politiky BOZP (Nordlöf, 2015).	16
Obrázek 2 Systém vzájemných vazeb ovlivňujících vznik lidské chyby a selhání ochranných bariér vedoucí ke vzniku nehody (Skřehot, 2013).	21
Obrázek 3 Doporučené intenzity osvětlení v různých typech provozů (Znalostní systém prevence rizik v BOZP, ©2016-2025).	28
Obrázek 4 Příklad diagramu rybí kosti (Lean Six sigma Consulting company, 2025).	35
Obrázek 5 Graf Paretovy analýzy (Střelec, 2012).	37
Obrázek 6 Organizační struktura vybraného podniku (zdroj: vlastní dle podkladů firmy) .	42
Obrázek 7 Schéma iniciátoru (zdroj: vlastní dle podkladů firmy).....	43
Obrázek 8 Průřezové schéma airbagem (Inton et al., 2014)	44
Obrázek 9 Vybraný výrobní proces laborace (zdroj: vlastní dle podkladů firmy)	45
Obrázek 10 Vývojový diagram činností operátora (zdroj: vlastní dle podkladů firmy)	47
Obrázek 11 Ishikawa diagram (zdroj: vlastní)	49
Obrázek 12 Operátor s vozíkem na pyrotechnickou slož (zdroj: vlastní).....	61
Obrázek 13 Pinzeta s drážkováním (zdroj: vlastní)	63
Obrázek 14 Vozík s nosiči obrobků v několika vrstvách (zdroj: vlastní).....	64
Obrázek 15 Vstupní dveře bez automatického zavírání (zdroj: vlastní)	65
Obrázek 16 Paretova analýza (zdroj: vlastní)	68
Obrázek 17 20% nejvýznamnějších možných vad (zdroj: vlastní).....	69

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Hodnocení faktorů spolehlivosti (Král, 2020).	32
Tabulka 2 Hodnocení faktorů spolehlivosti (Král, 2020).	32
Tabulka 3 Míra akceptovatelnosti rizika s hodnotami RPN (zdroj: vlastní)	51
Tabulka 4 Analýza FMEA (zdroj: vlastní)	52
Tabulka 5 Analýza FMEA (zdroj: vlastní)	53
Tabulka 6 Analýza FMEA (zdroj: vlastní)	54
Tabulka 7 Analýza FMEA (zdroj: vlastní)	55
Tabulka 8 Analýza FMEA (zdroj: vlastní)	56
Tabulka 9 Analýza FMEA (zdroj: vlastní)	57
Tabulka 10 Analýza FMEA (zdroj: vlastní)	58
Tabulka 11 Analýza FMEA (zdroj: vlastní)	59
Tabulka 12 Analýza FMEA (zdroj: vlastní)	60
Tabulka 13 Data pro zpracování Paretovy analýzy	66
Tabulka 14 Manipulace s otevřenou vysušenou pyrotechnickou složi (zdroj: vlastní)	71
Tabulka 15 Provádění kontrol parametrů (zdroj: vlastní)	72
Tabulka 16 Provádění kontrol iniciátoru (zdroj: vlastní)	73
Tabulka 17 Demontáž a čištění nosičů obrobků (zdroj: vlastní)	74
Tabulka 18 Posouzení koeficientu spolehlivosti pro všechny čtyři vybrané činnosti (zdroj: vlastní)	74
Tabulka 19 Rozpad nákladů pro vyznačení pozic vozíku na pyrotechnickou slož (zdroj: vlastní)	76
Tabulka 20 Rozpad nákladů na SW úpravu linky pro automatickou kontrolu teploty a vlhkosti (zdroj: vlastní)	77
Tabulka 21 Náklady na pořízení pinzet s drážkou (zdroj: vlastní)	78
Tabulka 22 Rozpad nákladů na SW úpravu linky pro kontrolu průtoku dusíku (zdroj: vlastní)	78
Tabulka 23 Náklady na změnu typu OOPP (zdroj: vlastní)	79
Tabulka 24 Náklady na vytvoření formuláře evidence poškození pracovních pomůcek (zdroj: vlastní)	80
Tabulka 25 Náklady na implementaci automatického zavírání dveří (zdroj: vlastní)	80
Tabulka 26 Náklady na automatizovaný systém hlášení teploty a vlhkosti na výrobní hale (zdroj: vlastní)	81
Tabulka 27 Časová osa implementace nápravných opatření (zdroj: vlastní)	82

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

%	Procento
°C	Stupeň Celsia
A	Ampér
BOZP	Bezpečnost a Ochrana Zdraví při Práci
CSR	Corporate Social Responsibility, společenská odpovědnost firem
č.	Číslo
ESD	Electrostatic discharge, elektrostatický výboj
FMEA	Failure Mode and Effects Analysis, analýza možného výskytu a vlivu vad
h	Hodina
Kč	Koruna česká
ks	Kus
l	Litr
OOPP	Osobní ochranné a pracovní prostředky
RPN	Risk Priority Number, Číslo priority rizika
s	Sekunda
s.r.o.	Společnost s ručením omezeným
Sb.	Sbírka zákonů
SW	Software
TESEO	Empirical Tehnique for estimating Operator's Errors, empirická metoda pro odhad chyb operátora

SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I: Tabulka hodnot významnosti k analýze FMEA.

Příloha P II: Tabulka hodnot pravděpodobností výskytu k analýze FMEA.

Příloha P III: Tabulka hodnot odhalitelnosti k analýze FMEA.

PŘÍLOHA P I: TABULKA HODNOT VÝZNAMNOSTI K ANALÝZE FMEA

Význam	Význam v oblasti bezpečnosti zaměstnanců	Klasifikace
Katastrofický	Vícenásobná smrt nebo extrémní ohrožení více osob	10
Kritický	Smrtelné zranění jednotlivce	9
Velmi vysoký	Život ohrožující zranění, dlouhodobá nebo trvalá pracovní neschopnost	8
Vysoký	Těžké zranění s trvalými následky (částečná invalidita)	7
Středně vysoký	Závažnější zranění (zlomeniny, popáleniny), delší pracovní neschopnost	6
Střední	Mírná pracovní úrazovost (např. podvrtnutí), krátká pracovní neschopnost	5
Středně nízký	Lehká zranění (např. řezné rány) vyžadující první pomoc	4
Nízký	Drobné poranění (oděrky, modřiny), není nutná lékařská péče	3
Velmi nízký	Mírné nepohodlí, bez vlivu na zdraví	2
Žádný	Žádné zranění ani ohrožení zdraví	1

PŘÍLOHA P II: TABULKA HODNOT PRAVDĚPODOBNOSTÍ VÝ- SKYTU K ANALÝZE FMEA

Výskyt	Pravděpodobnost výsktu	Klasifikace
Konstantní	Neustále přítomné	10
Extrémně častý	Vícekrát denně	9
Velmi častý	1x denně	8
Častý	1x za týden	7
Pravidelný	1x za měsíc	6
Občasný	1x za 6 měsíců	5
Středně nízký	1x za rok	4
Málo pravděpodobný	1x za 2-5 let	3
Zřídka	1x za 5-10 let	2
Velmi vzácný	Téměř nemožný, méně než 1x za 10 let	1

PŘÍLOHA P III: TABULKA HODNOT ODHALITELNOSTI K ANALÝZE FMEA

Odhalitelnost	Odhalování vady	Klasifikace
Nemožná	Nelze odhalit nebo zjistit	10
Velmi málo pravděpodobná	Minimální šance na odhalení	9
Velmi nízká	Vada je nepozorovatelná při kontrole, je nutné ji cíleně vyhledat	8
Nízká	Vada je velmi těžce pozorovatelná při kontrole, je nutné kontrolu opakovat	7
Středně nízká	Nízká šance na odhalení vady při důkladné kontrole	6
Střední	Střední šance na odhalení vady při důkladné kontrole	5
Středně vysoká	Dobrá šance na odhalení vady při důkladné kontrole	4
Vysoká	Okamžité odhalení vady běžnou kontrolou	3
Velmi vysoká	Zpozorování vady při běžném provozu	2
Téměř jistá	Znalost vady	1