

Zjišťování poruch bezpečnostních prvků strojních zařízení

Jakub Šiška

Bakalářská práce
2022



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky
Ústav bezpečnostního inženýrství

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Jakub Šiška**
Osobní číslo: **A18543**
Studijní program: **B3902 Inženýrská informatika**
Studijní obor: **Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Zjišťování poruch bezpečnostních prvků strojních zařízení**
Téma práce anglicky: **Detection of Failures of Safety Elements of Machinery**

Zásady pro vypracování

1. Uvedte základní terminologii a legislativní rámec.
2. Rozeberte základní bezpečnostní prvky strojních zařízení.
3. Vypracujte analýzu rizik.
4. Provedenou analýzu rizik vyhodnoťte.
5. Navrhněte bezpečnostní opatření.

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

Seznam doporučené literatury:

1. HRUŠKA, František. Technické prostředky integrované automatizace. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2017, 1 online zdroj (315 stran). ISBN 978-80-7454-700-3. Dostupné také z: <https://digilib.k.utb.cz/handle/10563/41594>
2. LUKÁŠ, Luděk. Bezpečnostní technologie, systémy a management III. Zlín: Radim Bačuvčík – VeRBuM, 2015. ISBN 978-80-87500-35-4
3. SCHNEIDER ELECTRIC. Bezpečnostní příručka pro strojní zařízení. [online]. [cit. 2021-11-24]. Dostupné z: https://www.elektrotechnika-hulinsky.cz/cms_data/contents/base/media/dokumenty/schneider_bezpe-nostn-_p-ru-ka.pdf
4. KAREL, Špaček. Bezpečnostní prvky pro strojní zařízení [online]. 2010 [cit. 2021-11-24]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/41890.pdf>
5. Metody hodnocení rizik. In: Poradce bezpečnosti a ochrany zdraví 6/2011 [online]. 2011 [cit. 2021-11-24]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/metodiky-hodnoceni-rizik>
6. České republika. Zákon č. 22/1997 Sb., Zákon o technických požadavcích na výrobky. In Sbírka zákonů. 1997.

Vedoucí bakalářské práce:

Ing. Dora Kotková, Ph.D.

Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání bakalářské práce: **17. ledna 2022**

Termín odevzdání bakalářské práce: **31. května 2022**

doc. Mgr. Milan Adámek, Ph.D. v.r.
děkan



Ing. Jan Valouch, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 17. ledna 2022

Prohlašuji, že

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

Prohlašuji,

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

Ve Zlíně, dne 30.5.2022

Jakub Šiška v.r.
podpis studenta

ABSTRAKT

Bakalářská práce je zaměřena na zjišťování poruch bezpečnostních prvků strojních zařízení. V teoretické části je popsána základní terminologie a legislativní rámec. Dále jsou rozebrány základní bezpečnostní prvky strojních zařízení. Praktická část je zaměřena na analýzu rizik, na její vyhodnocení a následně na návrh bezpečnostních opatření.

Klíčová slova: bezpečnost, strojní zařízení, bezpečnostní prvky, analýza rizik, FMEA

ABSTRACT

The bachelor's thesis focuses on detecting failures of safety elements of machinery. The theoretical part describes the basic terminology and legislative framework. Furthermore, the essential safety elements of machinery are discussed. The practical part focuses on risk analysis, its evaluation, and the design of security measures.

Keywords: security, machinery, safety elements, risk analysis, FMEA

Poděkování:

Chtěl bych poděkovat Ing. Doře Kotkové, Ph.D., vedoucí bakalářské práce, za její odborné vedení, poskytnutí pomoci a cenných rad. Dále bych rád poděkovat panu Jiřímu Jugasovi, vedoucímu provozu lisovna PLT Continental Barum s. r. o. za poskytnutí potřebných podkladů a zodpovězení mých dotazů. V neposlední řadě bych také rád poděkoval rodině a přítelkyni za podporu během studia.

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

OBSAH

ÚVOD	6
I TEORETICKÁ ČÁST	7
1 TERMINOLOGIE A LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY NA STROJNÍ ZAŘÍZENÍ	8
1.1 TERMINOLOGIE	8
1.2 PRÁVNÍ PŘEDPISY	9
1.2.1 Zákon č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky	9
1.2.2 Nařízení vlády č. 176/2008 Sb. o technických požadavcích na strojní zařízení	10
1.3 TECHNICKÉ NORMY	10
1.3.1 Dělení norem	10
1.4 CERTIFIKÁT SHODY	13
1.4.1 Zákon č. 90/2016 Sb. posuzování shody stanovených výrobků při jejich dodávání na trh	13
1.4.2 Nařízení č. 117/2016 Sb. o posuzování shody výrobků z hlediska elektromagnetické kompatibility při jejich dodávání na trh	14
2 BEZPEČNOSTNÍ PRVKY STROJNÍCH ZAŘÍZENÍ	16
2.1 ELEKTRICKÉ A ELEKTRONICKÉ BEZPEČNOSTNÍ PRVKY	17
2.1.1 Vstupní prvky	17
2.1.1.1 Snímače polohy.....	18
2.1.1.2 Tlačítko nouzového zastavení.....	21
2.1.1.3 Bezpečnostní spínací rohože.....	21
2.1.1.4 Bezpečnostní spínací lišty.....	22
2.1.2 Logické prvky	22
2.1.2.1 Bezpečnostní relé.....	22
2.1.2.2 Bezpečnostní PLC.....	23
2.1.3 Výstupní zařízení	24
2.1.3.1 Stykače a relé	24
2.1.3.2 Optická a akustická signalizace	24
2.2 OCHRANNÉ KRYTY	25
3 ANALÝZA RIZIK	27
3.1 METODA FMEA.....	28
II PRAKTICKÁ ČÁST	31
4 CHARAKTERISTIKA STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ	32
4.1 VULKANIZACE.....	32
4.2 PRACOVNÍ REŽIMY VULKANIZAČNÍHO LISU	32
4.2.1 Ruční režim	33
4.2.2 Automatický režim.....	33
4.2.3 Výměna forem.....	33
4.3 POPIS ČÁSTÍ VULKANIZAČNÍHO LISU KRUPP CK.....	33
4.3.1 Hlavní části lisu.....	34
5 ANALÝZA RIZIK	37

5.1	IDENTIFIKACE AKTIV	37
5.2	ANALÝZA HROZEB.....	37
5.3	ANALÝZA ZRANITELNOSTI	38
5.4	ANALÝZA SOUČASNÉHO ZABEZPEČENÍ.....	39
5.4.1	Bezpečnostní procedura LOTO.....	41
5.4.2	Analýza častých úrazů.....	41
5.5	ANALÝZA ČASTÝCH BEZPEČNOSTNÍCH PORUCH A NEDOSTATKŮ	42
5.6	ANALÝZA POMOCÍ METODY FMEA.....	42
5.7	ANALÝZA RIZIK POMOCÍ METODY FMEA	46
6	VYHODNOCENÍ A NÁVRH BEZPEČNOSTNÍCH OPATŘENÍ	52
6.1	VYHODNOCENÍ.....	52
6.2	NÁVRH BEZPEČNOSTNÍCH OPATŘENÍ	54
	ZÁVĚR	57
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	58
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	61
	SEZNAM OBRÁZKŮ	62
	SEZNAM TABULEK.....	63

ÚVOD

Bakalářská práce je zaměřena na problematiku zabezpečení strojních zařízení, které pomáhá udržovat bezpečí na pracovišti. I přes snahu dosáhnout plně automatizované výroby je stále zapotřebí dohled obsluhy. Bohužel i v dnešní době dochází k častým, někdy i smrtelným úrazům během obsluhy těchto zařízení. Stroje totiž dokážou na rozdíl od obsluhy pracovat bezúnavně i během nepřetržitého provozu. Je tedy zapotřebí dbát na bezpečnost při práci s těmito zařízeními a využívat moderní bezpečnostní zařízení a technologie, které dokážou eliminovat počet úrazů na nejnižší možnou míru, nebudou překážet během výrobního procesu a vydrží v náročných podmínkách, při kterých strojní zařízení často pracují. Na trhu je velké množství firem zabývajících se problematikou zabezpečení strojních zařízení a zákazník si tak může vybrat přesně to co, potřebuje, a to, co bude vyhovovat jeho požadavkům. Vhodně zvolené bezpečnostní prvky tak mohou zajistit požadovanou úroveň bezpečnosti, snížení nebezpečí úrazu a zároveň plynulý průběh výrobního procesu.

Hlavním cílem bakalářské práce je navrhnout bezpečnostní opatření pro modelové strojní zařízení na základě analýzy rizik. Teoretická část začíná analýzou legislativních požadavků týkající se bezpečnosti strojních zařízení složených z právních předpisů, technických norem a procesu posouzení shody při uvádění výrobku na trh. Dále jsou v teoretické části popsány jednotlivé druhy bezpečnostních prvků, jejich funkce a princip, na kterém pracují. Závěrem teoretické části je kapitola o analýze rizik, kde jsou definovány důležité pojmy používané během vypracování analýzy a popsán postup při analýze rizik pomocí metody FMEA. Úvod do praktické části tvoří charakteristika modelového strojního zařízení, kde je popsána jeho funkce, jednotlivé části a fáze pracovního cyklu. V další kapitole je provedena analýza rizik pomocí metody FMEA a její následné vyhodnocení. Závěrem práce je návrh bezpečnostních opatření, které vedou k eliminaci pracovních úrazů a přispívají k plynulosti výrobního procesu.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 TERMINOLOGIE A LEGISLATIVNÍ POŽADAVKY NA STROJNÍ ZAŘÍZENÍ

Kapitola je zaměřena na vybrané právní předpisy a normy upravující bezpečnost strojních zařízení. Během konstrukce moderních strojních zařízení je zapotřebí se řídit jasně danými technickými a bezpečnostními požadavky pro zajištění jejich spolehlivosti a bezpečnosti.

1.1 Terminologie

Strojní zařízení je systém, který je vybaven poháněcím systémem přímo nevyužívající lidskou nebo zvířecí sílu. Systém je sestaven z částí a součástí, z nichž je alespoň jedna pohyblivá. Tyto části a součásti jsou vzájemně spojeny za účelem specificky přesně stanoveného použití. [1] [2]

Výrobek je jakákoliv věc bez ohledu na její původ a stupeň zpracování a je určena pro uvedení na trh ve stavu jako nová nebo použitá. [3]

Vyměnitelná přídatná zařízení jsou zařízení, která jsou po uvedení strojního zařízení do provozu připojena k tomuto strojnímu zařízení obsluhou za účelem pozměnění jeho funkce nebo přidání jiné funkce, nejedná-li se o nástroj. [2]

Bezpečnostní součásti jsou součásti strojního zařízení,

- které plní bezpečnostní funkci
- které jsou na trh uváděny samostatně
- jejich selhání nebo chyby funkce ohrožují bezpečnost osob
- které nejsou nezbytné pro správnou funkci strojního zařízení [2]

Mezi tyto bezpečnostní součásti patří například ochranné kryty bránící kontaktu obsluhy s pohyblivými částmi strojního zařízení. [2]

Neúplné strojní zařízení je zařízení, které samo o sobě nemůže plnit určitou funkci. Je určeno jako součást, která po spojení s dalším neúplným strojním zařízením nebo zařízením tvoří strojní zařízení schopné vykonávat specificky přesně stanovenou funkci. [2]

Dodání na trh je dodání výrobku k distribuci, spotřebě nebo použití na evropský trh v rámci obchodní činnosti, ať už za úplatu nebo bezúplatně.[4]

Uvedení na trh je první dodání nového výrobku na evropský trh. [4]

Výrobce je osoba, která výrobek vyrábí, nebo si ho nechává navrhnout a vyrobit a na trhu jej prodává pod svým jménem, ochrannou známkou nebo daný výrobek používá pro vlastní potřebu. [4]

Dovozce je osoba žijící v Evropské unii, která uvádí na trh Evropské unie výrobek pocházející ze země nespádající pod Evropskou unii. [4]

Distributor je osoba se svolením výrobce nebo dovozce, která v dodavatelském řetězci daný výrobek dodává na trh. [4]

1.2 Právní předpisy

Jedná se o soubor právních norem (zákonů, předpisů a vyhlášek) týkajících se určité problematiky. V oblasti strojních zařízení se jedná především o stanovení technických požadavků na výrobky, které by mohly svou činností ve zvýšené míře ohrozit zdraví a život osob, majetek, nebo životního prostředí. [1]

1.2.1 Zákon č. 22/1997 Sb. o technických požadavcích na výrobky

„Zákon č. 22/1997 Sb. upravuje

- a) způsob stanovování technických požadavků na výrobky, které by mohly ve zvýšené míře ohrozit zdraví nebo bezpečnost osob, majetek nebo životní prostředí, popřípadě jiný veřejný zájem,*
- b) práva a povinnosti osob, které uvádějí na trh nebo distribuují, popřípadě uvádějí do provozu výrobky, které by mohly ve zvýšené míře ohrozit oprávněný zájem; tímto nejsou dotčena ustanovení zvláštních právních předpisů pro provoz výrobků,*
- c) práva a povinnosti osob pověřených k činnostem podle tohoto zákona, které souvisí s tvorbou a uplatňováním českých technických norem nebo se státním zkušebnictvím*
- d) způsob zajištění informačních povinností souvisejících s tvorbou technických předpisů a technických norem, vyplývajících z mezinárodních smluv a požadavků práva Evropských společenství.“ [3]*

Dle zákona č. 22/1997 Sb. je povinností výrobce, dovozce i distributora uvádět na trh Evropské unie pouze bezpečné výrobky. Za bezpečný výrobek je považován ten, který za běžných podmínek po dobu jeho stanovené životnosti nepředstavuje nebezpečí pro uživatele. Výrobek může představovat minimální nebezpečí, avšak za předpokladu, že se toto nebezpečí dá považovat za přijatelné pod podmínkou, že je úroveň ochrany odpovídající

chráněnému zájmu. Zákon také definuje technické předpisy, normy a soubor činností státního zkušebnictví. [3]

1.2.2 Nařízení vlády č. 176/2008 Sb. o technických požadavcích na strojní zařízení

„Toto nařízení zpracovává příslušné předpisy Evropské unie, zároveň navazuje na přímo použitelný předpis Evropské unie upravující schvalování zemědělských a lesnických vozidel a upravuje technické požadavky na

- a) strojní zařízení,*
- b) vyměnitelná přídatná zařízení,*
- c) bezpečnostní součásti,*
- d) příslušenství pro zdvihání,*
- e) řetězy, lana a popruhy,*
- f) odnímatelná mechanická převodová zařízení,*
- g) neúplná strojní zařízení.“ [2]*

Součástí nařízení je definice pojmů a požadavků na strojní zařízení. Nařízení upravuje uvádění výrobku na trh a do provozu, postup pro posuzování shody včetně postupu pro neúplné strojní zařízení. Dále upravuje omezování platnosti dokumentů, způsob značení CE, oznámení o uložení ochranného opatření, autorizace a notifikace. [2]

1.3 Technické normy

Jedná se o dokumentované dohody a pravidla, které zajišťují správnou kvalitu materiálu, výrobku a zařízení, aby odpovídaly danému účelu. Současně jsou technické normy brány jako doporučení, ale nikoliv jako povinné nařízení. Dodržování norem tedy není povinností výrobce, je to však výhodné vzhledem ke kompatibilitě s ostatními zařízeními a celkovým uvedením výrobku na trh. Tyto normy se dělí na národní a mezinárodní. Mezi mezinárodní patří normy s označením EN, ISO, IEC, ETSI. Českou normou je ČSN, která častokrát vychází z mezinárodních norem, a proto se setkáváme s označeními například ČSN EN, ČSN ISO, ČSN EN ISO atd. [5]

1.3.1 Dělení norem

Normy typu A jsou vnímány jako základní bezpečnostní normy zabývající se základními pojmy, postupy při návrhu a obecnými aspekty aplikovatelné na strojní zařízení. Příkladem této normy je ČSN EN ISO 12100, která specifikuje základní terminologii, zásady a

metodologii potřebnou pro dosažení bezpečnosti během konstrukce strojního zařízení. Norma je založena na znalostech a zkušenostech z konstrukce, zaznamenaných nehod, úrazů a rizik strojních zařízení. Taktéž je popsán postup pro identifikaci nebezpečí a pro odhad a hodnocení rizika v jednotlivých fázích životního cyklu strojního zařízení. [6] [7] [8]

Normy typu B jsou brány jako základní bezpečnostní normy, zaměřené více na odbornost a druh ochranných zařízení, které mohou být použity na různých typech strojních zařízení. Normy typu B se dále dělí na normy B1, zaměřeny na konkrétní bezpečnostní aspekty a na normy B2, které jsou určeny pro ochranná zařízení. [6] [8]

Mezi normy B1 patří například ČSN EN ISO 13849 1. a 2. část zabývající se všeobecnými zásadami pro konstrukci a ověřování. Norma přináší nové požadavky týkající se postupu v konstruování strojních zařízení, které se dají rozdělit do šesti kroků. [6] [8]

- Krok 1 – Definice požadavků na bezpečnostní funkce
 - Jedná se o nejdůležitější krok, při kterém musíme stanovit vlastnosti požadované pro bezpečnostní funkce. Například po otevření bezpečnostní branky musí být neprodleně zastaven nebezpečný pohyb stroje a jeho opětovné spuštění je možné až po zavření bezpečnostní branky.
- Krok 2 – Určení potřebných úrovní (Performace Levels)
 - Se zvyšujícím se rizikem jsou také zvyšovány požadavky na řídicí systém. Nebezpečné situace, které mohou nastat jsou rozděleny do pěti úrovní od a do e. Tyto jednotlivé stupně jsou zobrazeny v následující tabulce.

Tabulka 1. Stupně Performace Levels [8], upravil Šiška 2022

Performance Level	Popis
a	Příspěvek řídicí funkce ke snížení rizika je nízký
b	Příspěvek řídicí funkce ke snížení rizika je nižší
c	Příspěvek řídicí funkce ke snížení rizika je střední
d	Příspěvek řídicí funkce ke snížení rizika je vyšší
e	Příspěvek řídicí funkce ke snížení rizika je vysoký

Mezi další parametry, které norma používá k určení stupně Performace Levels patří:

Tabulka 2. Závažnost zranění [8], upravil Šiška 2022

Závažnost zranění (S)	Popis
S1	Lehké zranění, obvykle bez následků
S2	Těžké zranění s následky až smrt

Tabulka 3. Četnost a/nebo čas vystavení nebezpečí [8], upravil Šiška 2022

Četnost a/nebo čas vystavení nebezpečí (F)	Popis
F1	Situace nastává zřídka a/nebo je čas vystavení nebezpečí krátký
F2	Situace nastává často a/nebo je čas vystavení nebezpečí dlouhý

Tabulka 4. Šance vyhnout se nebezpečí [8], upravil Šiška 2022

Šance vyhnout se nebezpečí (P)	Popis
P1	Za určitých podmínek je možné se situaci vyhnout
P2	Je téměř nemožné se vyhnout situaci

- Krok 3 – Vytvoření a technická realizace bezpečnostní funkce
 - Bezpečnostní funkce navržená v prvním kroku se technicky realizuje. V případě bezpečnostní branky je tedy nutné navrhnout blokové schéma, kde bude umístěn snímač otevření/zavření branky a jeho propojení se systémem. V případě zaznamenání otevřené branky systém zastaví chod strojního zařízení po dobu otevření branky.
- Krok 4 – Určení Performace Levels a kvantitativní posouzení
 - Každá bezpečnostní funkce se skládá z částí senzor, logika a akční člen. V tomto kroku bude bezpečnostní funkce rozdělena na části pro určení dosažených úrovní Performace Levels, protože každá část má vlastní přínos pro bezpečnostní funkci. Tyto části se vloží do programu pro ověření funkční bezpečnosti, který vypočítá úroveň Performace Levels naší bezpečnostní funkce.
- Krok 5 – Verifikace
 - V tomto kroku se vypočítaná úroveň Performace Levels z programu porovnává s požadovanou úrovní Performace Levels. Pokud je výsledná úroveň Performace Levels stejná nebo vyšší než požadovaná, pak je bezpečnostní funkci možné použít k zabezpečení daného strojního zařízení.
- Krok 6 – Validace
 - Posledním krokem je ověření, aby bylo zabráněno systémovým chybám. Validace zajistí, že spolu mohou jednotlivé části bezpečnostního systému bez

problému komunikovat, nebude docházet k chybám nebo falešným signálům. [8]

Dále je zde také zařazena norma ČSN EN ISO 13855 řešící umístění ochranných zařízení s ohledem na rychlosti přiblížení části lidského těla. [8]

Mezi normy B2 řadíme normu ČSN EN ISO 13851, která je zaměřena na dvouruční ovládání zařízení a na zásady pro jeho konstrukci a výběr. Dále norma ČSN EN ISO 14120 určuje všeobecné požadavky pro konstrukci a výrobu pevných a pohyblivých ochranných krytů. [6] [8]

Normy typu C jsou normy zabývající se bezpečností strojních zařízení, tyto normy obsahují podrobné bezpečnostní požadavky na určité stroje a strojní systémy. Příkladem může být norma ČSN EN ISO 16092-3 zaměřena na bezpečnost hydraulických lisů. [6] [8]

1.4 Certifikát shody

Jedná se o písemný dokument, který ujišťuje výrobce, dovozce či distributora o tom, že daný výrobek splňuje požadavky technických předpisů platných v České republice a že během posuzování shody byl dodržen stanovený postup. Výrobky uváděné na trh spadají do dvou kategorií, neregulované a regulované. [9]

Mezi neregulované patří výrobky nepředstavující zvýšenou míru ohrožení oprávněného zájmu a dle zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky. Tyto výrobky musí plnit pouze obecné požadavky bezpečnosti. [9]

Mezi regulované jsou řazeny výrobky dle zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky, které představují zvýšenou míru ohrožení oprávněného zájmu. Výrobky musí splňovat vládou daná nařízení a u těchto výrobků musí být před uvedením na trh posouzena shoda. [9]

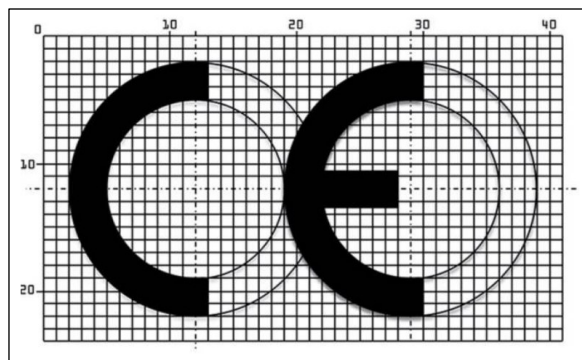
1.4.1 Zákon č. 90/2016 Sb. posuzování shody stanovených výrobků při jejich dodávání na trh

„Tento zákon zpracovává předpisy Evropské unie v oblasti dodávání výrobků na trh vydané v návaznosti na předpis Evropské unie o společném rámci pro uvádění výrobků na trh a k výrobkům, které jsou v souladu s těmito předpisy stanoveny nařízením vlády, upravuje

a) obecné zásady pro dodávání výrobků na trh, popřípadě uvádění výrobků do provozu,

- b) způsob stanovení výrobků k posuzování shody a technických požadavků, které musí výrobky splňovat,
- c) práva a povinnosti osob, které uvádějí na trh nebo na trh dodávají, popřípadě uvádějí do provozu výrobky, u kterých má být před uvedením na trh posouzena shoda s požadavky, stanovenými v právních předpisech,
- d) posuzování shody výrobků,
- e) výkon státní správy v oblasti státního zkušebnictví a dozoru nad trhem,
- f) práva a povinnosti osob oprávněných k činnostem podle tohoto zákona, které souvisejí se státním zkušebnictvím,
- g) povinnosti při poskytování informací souvisejících s dodáváním výrobků na trh, posuzováním shody a dozorem nad trhem.“ [4]

Zákon zpracovává předpisy Evropské unie týkající se uvádění výrobků na evropský trh, upravuje postup státních orgánů při ochraně trhu před výrobky, které svojí funkcí mohou ohrozit život, zdraví, majetek, životní prostředí nebo jiný veřejný zájem. Zákon upravuje dozor nad trhem týkající se uvádění výrobků na trh a jejich označování. Zákon též definuje pojmy související s dodáváním výrobků na trh a definuje podmínky pro výrobce, dovozce a distributora. Dále udává postup posuzování shody a následné označení CE a další označení. [4]



Obrázek 1. Označení CE [10]

1.4.2 Nařízení č. 117/2016 Sb. o posuzování shody výrobků z hlediska elektromagnetické kompatibility při jejich dodávání na trh

„Toto nařízení zpracovává příslušný předpis Evropské unie a upravuje technické požadavky na výrobky z hlediska jejich elektromagnetické kompatibility, které musí splňovat při uvedení na trh nebo do provozu, podmínky a postupy při jejich dodávání na trh a způsoby posuzování shody.“ [11]

Zařízení musí být dle nařízení navržena a vyrobena tak, aby jejich funkce a elektromagnetické rušení, jež způsobují neovlivnilo ostatní zařízení, které by důsledkem toho nebyla schopna fungovat. Zároveň musí zařízení dosahovat určité úrovně odolnosti vůči elektromagnetickému rušení očekávaného během jejich provozu. [11]

DÍLČÍ ZÁVĚR

Právní předpisy jsou sbírka právních norem týkající se určité problematiky. Právní předpisy zmíněné v kapitole upravují především technické požadavky na strojní zařízení a další výrobky, které by mohly svým provozem ohrozit život, zdraví, majetek a další chráněné zájmy. Upravují podmínky dodání výrobků a trh a postup při posuzování shody. Technické normy jsou psané dohody a pravidla zajišťující správnou kvalitu výrobků. Normy jsou mezinárodní jako například ISO, EN, atd a české ČSN, které často vycházejí z mezinárodních norem. Dále normy rozdělujeme do skupin A, B a C, které se liší především v odbornosti a zaměření. Normy A definují základní pojmy a postupy při návrhu. Normy B jsou základní normy zaměřeny více na odbornost a použité bezpečnostní prvky. Normy C obsahují podrobné bezpečnostní požadavky na daný typ strojních zařízení. Výrobky musí při uvedení na trh splňovat dané požadavky, které jsou kontrolovány v rámci posuzování shody. V případě, že výrobek tímto procesem projde, obdrží certifikát shody, který ujišťuje výrobce, dovozce a distributora o tom, že daný výrobek splňuje požadavky technických předpisů.

2 BEZPEČNOSTNÍ PRVKY STROJNÍCH ZAŘÍZENÍ

Tato kapitola je zaměřena na bezpečnostní prvky zajišťující bezpečnost strojních zařízení. Pojem bezpečnost můžeme brát jako stav, při kterém jsou omezena všechna rizika, která mají za následek vznik bezpečnostního incidentu, během něhož může dojít k ohrožení života obsluhy, poškození samotného strojního zařízení nebo poškození či znehodnocení materiálu a výrobku. Z toho důvodu využíváme tři základní kroky, které nám pomohou dosáhnout bezpečného stavu. [12]

- Zamezení nebezpečí – eliminace rizik, která mohou nastat během provozu strojního zařízení již ve fázi návrhu strojního zařízení
- Ochrana před nebezpečím – zavedením nezbytných ochranných opatření snižující výskyt rizikových situací
- Upozornění na nebezpečí, které již nelze eliminovat pomocí výstražných značení, akustického nebo vizuálního signálu [12]

K zamezení, ochraně a upozornění na nebezpečné stavy využíváme bezpečnostní prvky. Osazení strojního zařízení bezpečnostními prvky se v dnešní době již stalo nedílnou součástí. Prvky mají za úkol snížit riziko vzniku nehody na normou přijatelnou úroveň. Zároveň musí bezpečnostní prvky fungovat bezchybně, jelikož jejich selhání může vést k nehodě, zranění či dokonce smrti obsluhy strojního zařízení. Bezpečnostní prvky strojních zařízení je proto nutné udržovat funkční v perfektním stavu a vzniklé problémy či poruchy neprodleně řešit. [12]

Osobám pohybujícím se v blízkosti strojních zařízení může hrozit zasažení a poranění pohyblivými částmi strojního zařízení nebo vymrštěním zpracovávaného materiálu. Hrozí také vtažení nebo zachycení části těla mezi řemeny, válečky atd. Ostré hrany mohou způsobit řezná nebo bodná poranění. Obsluze hrozí také rozdrcení mezi částmi strojního zařízení pohybujícími se k sobě nebo směrem k pevné části stroje či jiné pevné překážce, dvě části pohybující se kolem sebe mohou způsobit stříh. Obsluhu mohou zranit pohonná média, které strojní zařízení využívá pro svou funkci jako například pára, elektrická energie, voda, olej, vzduch atd. Zdrojem ohrožení mohou být také emise, které strojní zařízení vypouští jako například výfukové plyny, teplo, hluk atd. [13]

2.1 Elektrické a elektronické bezpečnostní prvky

Elektrické a elektronické bezpečnostní prvky zajišťují informace o stavu strojního zařízení a pohybu obsluhy v jeho blízkosti. Tyto údaje získávají pomocí měření fyzikálních veličin a jejich následnému vyhodnocení. Elektrické a elektronické bezpečnostní prvky se skládají z jednoho nebo více technických prvků:

- Měřicí snímač, který je umístěn na strojním zařízení v přímém nebo nepřímém styku s měřeným médiem a sleduje průběh měřené veličiny. Základním elementem je senzor měnící své parametry na základě měřené veličiny. Tato změna je převedena na elektrický signál, který je poté dále zpracováván.
- Převodník je součástka, která zpracovává většinou elektrický signál z měřicího senzoru a ten následně převádí na unifikovaný signál pro dálkový přenos a další zpracování.
- Vyhodnocovací jednotka je matematická, výpočetní nebo logická jednotka, která z jednoho nebo více vstupních signálů vyhodnocuje na vyšší informační úroveň. Výstupem je jeden nebo více signálů nebo údaje ve formě zprávy pro komunikaci.
- Propojující soustava zajišťuje propojení a přenos signálů a datových údajů. Tato soustava spojuje snímač, převodník, vyhodnocovací jednotku a další přístroje.
- Napájecí zařízení zajišťuje dodání potřebné energie do snímače, převodníku nebo vyhodnocovací jednotky, potřebné k správné funkci jednotlivých prvků. [14]

Bezpečnostní prvky jde tedy rozdělit na:

- vstupní prvky
- logické prvky
- výstupní prvky [12]

2.1.1 Vstupní prvky

Tyto prvky jsou umístěny v částech strojního zařízení, kde předpokládáme křížení pohybu částí strojního zařízení s pohybem obsluhy, nebo zde může vzniknout jiné nebezpečí. Tyto prvky tedy mají za úkol nebezpečí zaznamenat a poslat signál do logických prvků. Funkce vstupních bezpečnostních prvků je spuštěna zároveň se spuštěním strojního zařízení a jsou zapnuty po celou dobu provozu. [12]

2.1.1.1 Snímače polohy

Snímače polohy zaujímají z pohledu aplikací významné místo. Jsou používány pro bodové určení polohy předmětu či krytu. Funkce snímačů je v dnešní době rozšířena také na určení vzdálenosti mezi snímačem a předmětem. Snímače fungují na indukčním, optoelektronickém, kapacitním, ultrazvukovém, magnetickém nebo pneumatickém principu. Součástí snímače je také integrovaný elektronický převodník s binárním nebo analogovým výstupním signálem. [14]

Indukční snímače polohy jsou nejstarší snímače snímající přítomnost kovového předmětu v blízkosti snímače. Využívají principu změny indukčnosti snímací cívky za základě změny magnetického pole. [14]



Obrázek 2. Indukční snímače polohy [15]

Kapacitní snímače polohy slouží pro bezkontaktní identifikaci předmětů z elektricky vodivých ale i nevodivých materiálů, zvládnou tedy na rozdíl od indukčních snímat materiály jako dřevo, sklo, plast, papír, tekutiny atd. Snímač je tvořen kruhovými nebo rovnoběžnými elektrodami. Senzor je zapojen v obvodu vysokofrekvenčního oscilátoru a změna amplitudy nebo kmitů je vyhodnocena a převedena na binární signál. [14]



Obrázek 3. Kapacitní snímač polohy [15]

Optoelektronické snímače polohy využívají princip přerušování, odrazu nebo zaostření paprsku elektromagnetického světelného záření nebo optických vláken. Ve většině případů je použito infračervené záření. Spolehlivost optoelektronického snímače závisí na dostatečném kontrastu, tedy rozdílu intenzity přijatého záření. Rozdíl je dán průsvitností tělesa, jeho odrazivostí a odrazivostí odrazky. Na snímače může negativně působit okolní prostředí, snímač může rušit jiné světelné záření, prašné prostředí atd. Rozšířeným typem pracujícím na stejném principu jsou optické závory. Tato závora je tvořena několika paprsky střežící například vstup do pracovního prostoru strojního zařízení. [14]



Obrázek 4. Bezpečnostní optická závora [15]

Další možností je laserový skener, který zvládá monitorovat nebezpečný prostor a při vstupu obsluhy do tohoto prostoru zastaví pohyb stroje. Výhodou může být nastavení více zón, kdy v méně nebezpečné zóně se pouze omezí pohyb části stroje a při vstupu do nebezpečné zóny se zastavuje celý stroj. Skener funguje na principu vyslání laserového paprsku a měření času, než se odraz od předmětu, na který paprsek dopadne vrátí zpátky na senzor skeneru. [8] [15]



Obrázek 5. Bezpečnostní laserový skener [15]

Mechanické koncové spínače jsou zvláštní skupinou polohových snímačů. Ke své funkci nevyžadují napájení a jejich funkce spočívá v mechanickém kontaktu, který spíná nebo rozepíná elektrický kontakt. Jsou vyráběny s velkou přesností, citlivostí a vhodné i pro spínání velkých napětí a proudů. Nejčastěji jsou používány pro snímání koncové polohy. [15]



Obrázek 6. Mechanický koncový spínač [15]

Další variantou je blokovací zařízení s jištěním sloužící k bezpečnému blokování ochranných krytů po dobu hrozícího nebezpečí v daném prostoru. Zařízení má 2 základní funkce, a to monitorování polohy blokovacího ochranného zařízení a jejich zablokování v případě, že by při jejich odejmutí obsluze hrozilo nebezpečí, slouží tedy zároveň i jako výstupní zařízení. Tyto mechanické spínače již potřebují ke své funkci napájení. [15]



Obrázek 7. Blokovací zařízení s jištěním [15]

2.1.1.2 Tlačítko nouzového zastavení

Tlačítko nouzového zastavení patří mezi základní bezpečnostní prvky strojního zařízení. Tlačítko je možné použít v nouzových situacích, kdy obsluze hrozí nebezpečí nebo může dojít k poškození samotného strojního zařízení. Toto nebezpečí může vzniknout například při poruše strojního zařízení, z důvodů špatných vlastností zpracovávaného materiálu nebo i lidskou chybou. Funkce nouzového zastavení se dělí na dvě kategorie. První kategorií je okamžité odpojení, kdy se všechny pohyblivé části stroje okamžitě zastaví. Druhá kategorie je kontrolované zastavení. Zastavení stroje tak eliminuje nebezpečí hrozící obsluze nebo zamezí poškození samotného strojního zařízení a zpracovávaného materiálu. [12]



Obrázek 8. Tlačítko nouzového zastavení [15]

2.1.1.3 Bezpečnostní spínací rohož

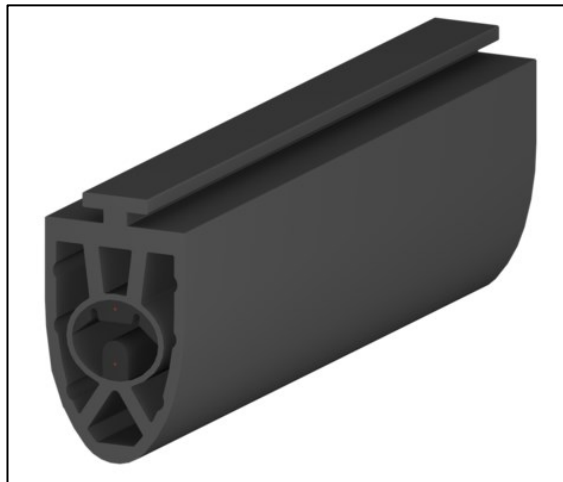
Jedná se o gumovou rohož složenou ze dvou vodivých desek oddělených pružnými izolačními rozpěrkami. Desky jsou zality v polyuretanovém materiálu a jsou tedy odolné vůči znečištění, vodě, oleji atd. Deska je umístěna pracovní zóně strojního zařízení a v případě, že obsluha vstoupí do tohoto prostoru, aktivuje rohož a zastaví tak chod pohyblivých částí strojního zařízení. [6] [16]



Obrázek 9. Bezpečnostní spínací rohož [16]

2.1.1.4 Bezpečnostní spínací lišty

Jde o senzory, které chrání obsluhu strojních zařízení nebo zpracovávaný materiál před sevržením nebo stříhem. Při aktivaci bezpečnostní lišty dojde k sepnutí normálně otevřeného kontaktu a je vyslán signál do vyhodnocovací jednotky. V případě, že bezpečnostní lišta namontovaná na pohyblivé části strojního zařízení zaznamená kontakt s obsluhou nebo jinou překážkou ihned zastaví pohyb dané pohyblivé části strojního zařízení. [17]



Obrázek 10. Bezpečnostní spínací lišta [16]

2.1.2 Logické prvky

Tyto prvky mají za úkol vyhodnocovat signály ze vstupních prvků a následně vyslat signál do výstupních prvků. Zajistí tak buď přímé odpojení pohyblivé části strojního zařízení od energie nebo řízené zastavení kdy přívody energie zůstávají připojeny do zastavení a poté jsou odpojeny nebo zůstávají připojeny i po zastavení. Kontrola signálů ze vstupních zařízení probíhá ihned po spuštění strojního zařízení. [12]

2.1.2.1 Bezpečnostní relé

Jde o bezpečnostní elektronické zařízení, které zajišťuje sledování signálů vstupních zařízení a zajišťuje jejich správné vyhodnocení dle integrované funkce, kterou není možné změnit. Další funkcí bezpečnostního relé je zabránění vzniku nebezpečných situací a poruch, které mohou nastat v případě zkratu, přemostění stop tlačítka nebo jinak poškozených kontaktů. Bezpečnostní prvky se do relé připojují dvojitě. To zamezí v případě poškození jednoho kanálu pokračovat v provozu zařízení, dokud není závada opravena. Relé je také často vybaveno resetovacím tlačítkem umístěno mimo nebezpečnou pracovní oblast strojního zařízení pro zpětnou aktivaci bezpečnostního relé. [18]



Obrázek 11. Bezpečnostní
relé [15]

2.1.2.2 Bezpečnostní PLC

PLC je malý průmyslový počítač, využívaný k řízení procesů v reálném čase. Pomocí logických funkcí uložených v paměti lze vytvářet návaznosti bezpečnostních obvodů a podmňovat jednu funkci druhou. Bezpečnostní PLC je vhodné pro zapojení většího množství bezpečnostních prvků. V případě potřeby více vstupů je možné bezpečnostní PLC rozšířit dalšími moduly. Podobně jako bezpečnostní relé pak přímá signály vstupních zařízení, které vyhodnotí a pošle signál do výstupních zařízení. [18]



Obrázek 12. Bezpečnostní PLC [8]

2.1.3 Výstupní zařízení

Jde o prvky, které mají za úkol spínat a odspínat silovou část a tím spouštět nebo zastavovat pohyb strojního zařízení. Dalším úkolem výstupních prvků může být upozornění na poruchu nebo nebezpečný stav. [12]

2.1.3.1 Stykače a relé

Stykač je elektromagnetická součástka určená pro spínání větší proudové zátěže jako například elektromotory. Hlavní kontakty stykače jsou drženy elektromagnetem sepnuté, když logická jednotka vyšle signál na pomocné kontakty stykače, cívkou elektromagnetu přestane procházet proud a hlavní spínače se rozpojí. Na podobném principu funguje i elektrické relé s tím rozdílem, že je určeno pro spínání menších proudů a nemá žádné pomocné kontakty. [19]



Obrázek 13. Stykač [19]

2.1.3.2 Optická a akustická signalizace

Jde o zařízení upozorňující obsluhu strojního zařízení a poruchu nebo aktuální nebezpečný stav. Upozornění může být optické jako například blikající maják nebo akustické pomocí sirény. [15]



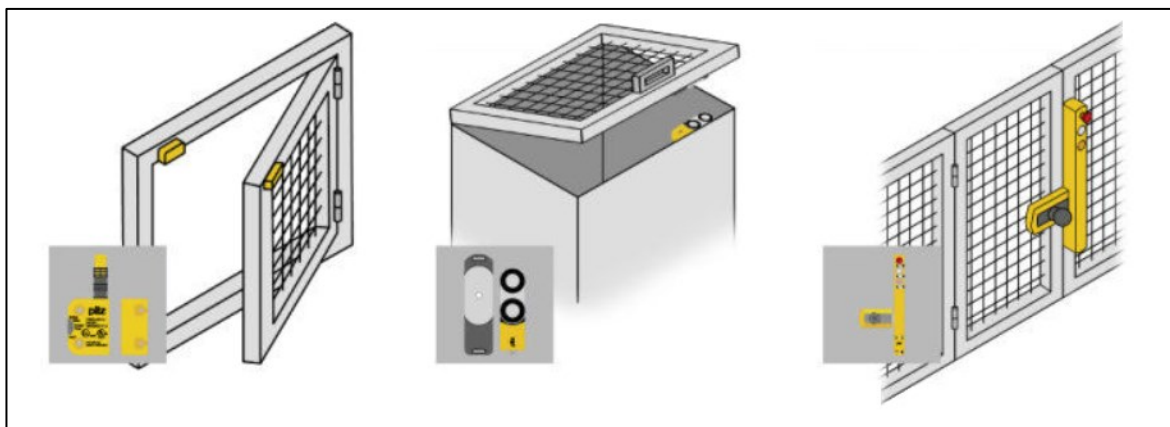
Obrázek 14. Signalizační světlo [15]

2.2 Ochranné kryty

Ochranný kryt slouží jako fyzická překážka zamezující kontaktu pohyblivé části strojního zařízení s obsluhou. Ochranný kryt může být tvořen pletivem, plechem, plexisklem atd. Všeobecné požadavky na vytvoření a zhotovení pevných a pohyblivých ochranných krytů definuje norma EN ISO 14120. [8]

Pevný ochranný kryt je takový kryt, který je ke strojnímu zařízení napevno přimontován pomocí šroubů, nýtů atd. Bez použití nářadí nelze takový kryt uvolnit nebo jej sejmut. Upevňovací prostředky musí být i po sejmutí krytu spojeny s krytem nebo strojním zařízením. [8]

Pohyblivý ochranný kryt je takový kryt, který je většinou spojen s rámem nebo pevnou částí strojního zařízení. Kryty mohou být upevněny pomocí pantů nebo umístěny v kolejnici. Tyto kryty je možné otevřít i bez pomoci nářadí a jsou často spojovány s blokovacími zařízeními, které zajistí zastavení strojního zařízení v době, kdy je kryt otevřen. K opětovnému spuštění strojního zařízení je nutné kryt vrátit do zavřené polohy. [8]



Obrázek 15. Pohyblivé bezpečnostní kryty opatřeny blokovacím zařízením [8]

DÍLČÍ ZÁVĚR

Bezpečnostní prvky zajišťují bezpečnost strojních zařízení a chrání tak obsluhu před zraněním nebo zpracovávaný materiál před poškozením. Elektrické a elektronické bezpečnostní prvky zajišťují informace o stavu strojního zařízení a pohybu obsluhy v jeho těsné blízkosti. Bezpečnostní prvky tyto informace získávají pomocí měření fyzikálních veličin, které může pohyb obsluhy v blízkosti strojního zařízení ovlivnit. Mezi tyto prvky řadíme například optoelektronické snímače polohy, nouzová tlačítka, bezpečnostní snímací lišty atd. Další skupinu tvoří ochranné kryty, které dále dělíme na pevné a odnímatelné. Tyto kryty mohou být tvořeny plechem, pletivem nebo například plexisklem a chrání obsluhu strojního zařízení před kontaktem s pohyblivými částmi strojního zařízení. Kryty bývají často opatřeny blokovacím zařízením.

3 ANALÝZA RIZIK

Poslední kapitola teoretické části je zaměřena na definici pojmů, které jsou v průběhu analýzy rizik používány. Analýza rizik je proces, při kterém dochází k identifikaci rizik. Analýza rizik je rozdělena na:

- analýzu aktiv
- analýzu hrozeb
- analýzu zranitelnosti
- stanovení výsledného rizika [20]

Následně je analýza rizik vyhodnocena a je proveden návrh bezpečnostních opatření regulující riziko. Po aplikování bezpečnostních opatření je možné provést pozorování nebo opakovaně analýzu rizik pro ověření funkčnosti bezpečnostních opatření. [20]

Bezpečnost je stav, kdy jsou všechny hrozby eliminovány na nejnižší možnou úroveň a zároveň je objekt vybaven prvky schopnými eliminovat stávající i potenciální hrozby. [21]

Aktivum je cokoliv, co má pro danou společnost nebo osobu nějakou hodnotu. Tato hodnota může být zmenšena nebo ztracena působením hrozby. Aktiva je možné rozdělit na hmotná (peníze, vybavení, nemovitost) a aktiva nehmotná (autorská práva, know-how, informace). Jako aktivum lze považovat také osoby. Hodnotu aktiva může určit dle peněžní hodnoty nebo subjektivním posouzením důležitosti. [20] [22]

Hrozba je vnější síla či jev, který má potenciální schopnost způsobit škody. Jde především o škodlivé působení přímo na aktivum nebo na bezpečnostní opatření chránící aktivum, které lze rozdělit na úmyslné tedy působené činitelem s úmyslem poškodit objekt a neúmyslné, například přírodní jevy, technické poruchy atd. Škoda, kterou hrozba způsobí je označována jako dopad hrozby. [20] [21]

Zranitelnost je vlastnost aktiva na fyzické, logické nebo administrativní úrovni, kterou může zneužít hrozba pro uplatnění svého nežádoucího vlivu. [20] [22]

Riziko vzniká vzájemným působením hrozby a aktiva. Riziko je vyjadřováno součinem pravděpodobnosti výskytu bezpečnostního incidentu a jeho dopadu na aktivum. Míra rizika bývá vyjádřena jako pravděpodobnost vyplývající z hrozby a zranitelnosti daného objektu. [20] [21]

Havárie je brána jako bezpečnostní incident související s provozem technických zařízení, budov nebo při nakládání s nebezpečnými chemickými látkami. [21]

Bezpečnostní opatření na fyzické, logické, nebo administrativní úrovni, které snižuje zranitelnost a ochraňuje tak aktivum před působením hrozby. [20] [22]

Bezpečnostní opatření zajišťuje:

- „*snižení zranitelnosti aktiva*
- *eliminaci zdrojů hrozeb*
- *snižení pravděpodobnosti výskytu bezpečnostního incidentu*
- *snižení závažnosti dopadu bezpečnostního incidentu*“ [20]

Zbytkové riziko je riziko, které zůstane i přes zavedení všech bezpečnostních opatření. Toto riziko je přijatelné, je však nutné o něm vědět a upozornit na něj. [20] [23]

3.1 Metoda FMEA

FMEA (Analýza způsobů a následků poruch) je systematická metoda řízení rizik, která je založena na vyhledávání a ohodnocování možných vad výrobků nebo výrobních procesů a jejich následků. Součástí metody je i návrh opatření již v návrhové etapě. Často je používána již při návrhu a konstrukci nového zařízení či objektu a funguje tak jako prevence před případnými poruchami. Jako porucha je brána jakákoliv ztráta schopnosti objektu plnit správně danou funkci. Poprvé se metoda FMEA použila v projektu Apollo a dnes je používána při konstrukci letadel, v automobilovém průmyslu a v mnoha dalších odvětvích. [24]

Výhodou metody je její systematickosti, která zaručuje odhalení a možnost zabránit všem očekávaným poruchám. Na analýze pracuje více osob s různých odvětví a s různými zkušenostmi, což zaručuje vysokou šanci odhalit většinu vad a přináší nová řešení a zlepšení výrobků nebo procesů. [24]

Analýza pomocí metody FMEA je rozdělena do deseti bodů:

- Krok 1 – Formulace problému a vytvoření týmu pro FMEA

Metoda může být využita na objekt nebo proces. Tým pracující na analýze by se měl skládat z konstruktéra, technologa, osoby zodpovědné za výrobu a obsluhy. V tomto kroku je také určen rozpočet a konečný termín.

- Krok 2 – Seznámení se s konstrukcí

Všichni členové týmu obdrží výkresy a dokumenty ohledně daného objektu či pracovního postupu, které musí nastudovat a na základě nich poté hledají možné vady.

- Krok 3 – Odhalení všech potencionálních poruch

Po prostudování plánek členové týmu přemýšlí nad všemi možnými vadami, které mohou ovlivnit kvalitu výrobku, spolehlivost nebo bezpečnost procesu.

- Krok 4 – Sepsání všech efektů pro každý možný způsob poruchy

Po identifikaci možných způsobů poruch se vše zapisuje do tabulky a následně na to se určují příčiny a následky vad.

- Krok 5 – Ohodnocení závažnosti, výskytu a možnosti detekce jednotlivých poruch

Každá příčina se dále hodnotí pomocí tří čísel, které symbolizují závažnost, šanci na vznik a šanci na detekci. Hodnotí se na stupnici od 1 do 10, kdy 1 znázorňuje nejmenší následky a 10 největší následky

- Krok 6 – Vypočítání MR (míry rizika)

MR se počítá jako součin vzniku, šance na vznik a šance na odhalení. Hodnota MR vyjde v rozmezí 1 až 1000.

- Krok 7 – Seřazení způsobů poruch pro následující vylepšení

V tomto kroku se mohou způsoby poruch seřadit dle nejvyšší MR. Dále se tým rozhodne dle počtu poruch s vysokým MR, kterými se bude zabývat a pokusí se snížit jejich míru rizika.

- Krok 8 – Návrh opatření pro snížení poruch s vysokým rizikem

U každého způsobu poruchy s vysokou MR se tým snaží najít opatření, které míru rizika eliminuje na přijatelnou úroveň.

- Krok 9 – Výpočet míry rizika po návrhu opatření

U každého návrhu opatření se znovu vypočítá MR a zjistí se tak, zda je opatření účinné.

- Krok 10 – Provedení navržených opatření

Doporučená opatření se zaznamenají včetně jejich hodnocení a výsledné hodnoty MR. Také se určí člověk, zodpovědný za provedení opatření. [24]

DÍLČÍ ZÁVĚR

Tato kapitola je zaměřena na analýzu rizik, její vypracování a definici důležitých pojmů, které se při analýze používají. Dále je zmíněna konkrétní metoda analýzy rizik FMEA, která bude dále využita v praktické části. Jedná se o systematickou metodu pro řízení rizik a je vhodná na odhalení možných vad, bezpečnostních incidentů a jejich následné nápravě.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

4 CHARAKTERISTIKA STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ

Tato kapitola se zabývá charakteristikou vybraného typu vulkanizačního lisu. Tyto vulkanizační lisy jsou využívány v gumárenském průmyslu ke zpracování surového pláště. V lisu dochází za daného tlaku, teploty a času k vulkanizaci a tvarování pláště. Lisy můžeme rozdělit dle počtu forem, lisovací síly nebo způsobu ohřevu forem. Při vulkanizaci pláštů určených pro osobní automobily se nejčastěji využívají hydraulické lisy se dvěma komorami, které jsou vyhřívány pomocí páry pod vysokým tlakem.

4.1 Vulkanizace

Proces vulkanizace byl objeven Charlesem Goodyearem v roce 1839, který během své výzkumné práce zjistil, že kaučuk ponořený do roztavené síry tuhne a stává se odolným vůči teplotním změnám a organickým rozpouštědlům. [25] [26]

Vulkanizace je proces, při kterém se kaučuková směs při vhodné teplotě a času mění na pryž. Důsledkem chemické reakce mezi kaučukem a ostatními složkami kaučukové směsi dochází k síťování a látka plastická se přeměňuje na látku elastickou. Zvulkanizovaná látka (vulkanizát) získává mnohem lepší vlastnosti, mezi které patří větší mechanická pevnost, pružnost, odolnost proti namáhání, tažnost, tvrdost, odolnost vůči teplotním změnám a odolnost vůči organickým rozpouštědlům. Další roli hraje během vulkanizace tlak, který sice není důležitý z hlediska chemických reakcí, ale zabraňuje vzniku nežádoucích pórů ve výrobku. Tyto póry vznikají důsledkem vývoje plyných látek, především vypařováním vody. [25] [26]

Nejčastější způsob vulkanizace je pomocí vulkanizačního lisu. V takovém případě je spojeno tvarování finálního výrobku a jeho vulkanizace v jeden proces. Výrobek je zavřen ve vyhřáté formě, která na směs přenesení teplo potřebné k vulkanizaci a vzorek formy dodá stlačenému výrobku požadovaný tvar. [25] [26]

4.2 Pracovní režimy vulkanizačního lisu

Vulkanizační lis má tři režimy, ve kterém dokáže pracovat, režim volí operátor pomocí polohového přepínače. Tyto režimy jsou voleny dle úkonu, který je na lisu prováděn.

4.2.1 Ruční režim

Tento režim používá obsluha při nastavení vulkanizačního lisu pro předehřátí membrány a nastavení lisu do startovní polohy. Dále je tento režim využíván údržbou, která na vulkanizačním lisu provádí drobné opravy, při kterých není nutné lis úplně vypnout.

4.2.2 Automatický režim

V automatickém režimu je vulkanizační lis řízen programem. Operátor do tohoto programu nemůže zasahovat a pouze se stará o dodávku materiálu a kontroluje průběh pracovního cyklu. Celý pracovní cyklus se skládá z několika procesů:

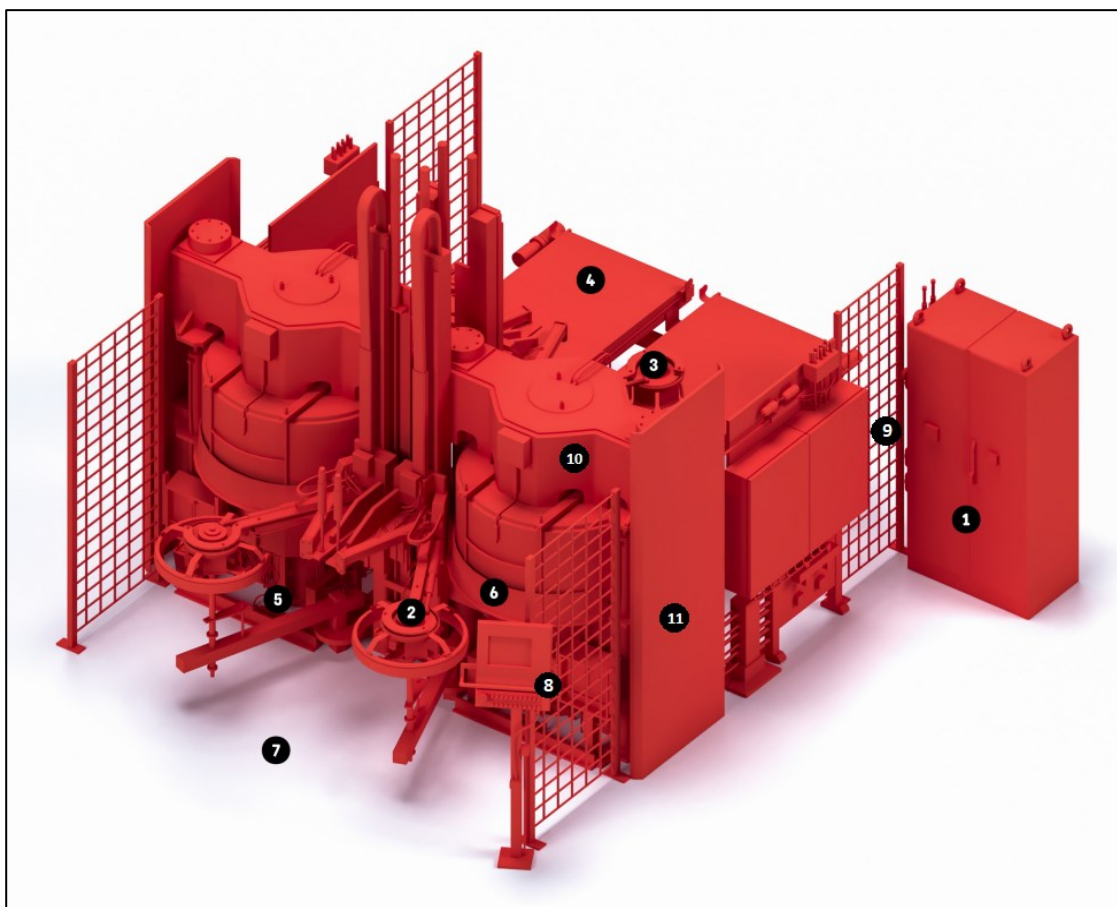
- Vulkanizační lis je otevřený, zakladač přesune surový plášť do osy vyhřáté formy
- Po usazení pláště následuje předbombírování membrány zajišťující zafixování pláště
- Membrána vyplní prostor surového pláště, zakladač jej pustí a vyjede ven z lisu
- Následuje uzavření lisu, po uzavření je membrána natlakovaná na provozní tlak a forma lisu vyhřívána na požadovanou teplotu
- Během vulkanizace zakladač uchopí za patku přichystaný surový plášť ze stojanu
- Po ukončení procesu vulkanizace klesne tlak v membráně a lis se otevře
- Po otevření je pneumatika položena na spodní části formy
- Tato pneumatika je přesunuta vykladačem na skluzu
- Po odebrání pneumatiky z formy se celý proces opakuje

4.2.3 Výměna forem

Tento režim je určen pro formaře, kteří mění formy vulkanizačního lisu. V tomto režimu se formaři pohybují v pracovním prostoru lisu. Je kladen vyšší nárok na bezpečnostní požadavky a proškolení.

4.3 Popis částí vulkanizačního lisu Krupp CK

Vulkanizační lis Krupp CK je strojní zařízení od výrobce HF Tire Tech Group určené pro výrobu pneumatik pro osobní automobily. Jde o zařízení s rozměry 4 m na šířku, 4,4 m hloubky a 4,75 m na výšku, hmotnost zařízení je přibližně 14 tun. Jde o hydraulický vulkanizační lis se dvěma komorami vyhřívány pomocí páry.



Obrázek 16. Části vulkanizačního lisu Krupp CK (vlastní)

Tabulka 5. Části vulkanizačního lisu Krupp CK (vlastní)

Část	Název	Popis funkce
1	Rozvaděč	Skříň s elektroinstalací a elektronickými přístroji
2	Zakladač a stojan	Slouží k zakládání surových pláštěů do lisu
3	Vykladač	Slouží k vyložení pneumatiky z lisu
4	Skluz	Slouží k ochlazení vytažené pneumatiky
5	Prostor pod lisem	Nachází se zde vedení hlavového dílu a membránový výsuvný mechanismus
6	Forma	Ve formě probíhá vulkanizace surového pláště
7	Prostor před lisem	V této části se pohybuje obsluha lisu
8	Ovládací panel	Slouží k ovládání vulkanizačního lisu
9	Branka	Vstup do prostoru za lisem
10	Konstrukce lisu	Na konstrukci jsou připevněny ostatní části lisu
11	Ochranné kryty	Slouží jako ochrana obsluhy

4.3.1 Hlavní části lisu

- **Zakladač** slouží k nabrání surového pláště položeném na stojanu a jeho založení do lisu, kde následuje jeho zpracování. Zakladač je poháněn pneumatickými písty, které

jím pohybují nahoru a dolů a do osy stojanu nebo osy formy. Může zde dojít k přimáčknutí části těla ke stojanu nebo vtažení do lisu. Mohou hrozit také úniky vzduchu nebo že zakladač vyjede mimo pozici.

- **Vykladač** má podobnou konstrukci a funkci jako zakladač, rozdíl je pouze v tom, že vykladač vykládá vylisované surové pláště (pneumatiky) z formy a odkládá je na chladicí skluz. Zde může hrozit přimáčknutí obsluhy ke skluzu nebo vyjetí zakladače mimo polohu.
- **Forma** má za úkol vytvarovat výrobek do požadovaného tvaru a přenést na něj teplo potřebné k vulkanizaci, bývá tedy často vyhřátá na 160°C až 180 °C. Při neopatrné manipulaci může dojít k popálení nebo rozdrčení části těla během zavírání vulkanizačního lisu.
- **Konstrukce lisu** se dělí na spodní část, která je pevně spojena se zemí a osazena vyhřívanou pracovní deskou, spodní částí formy a membránovým výsuvným mechanismem. Druhou částí je hlavový díl, který je spojen se spodní konstrukcí pomocí vodících tyčí a je osazen horní a boční částí formy. Na konstrukci je z forem přenášeno teplo a hrozí tak popálení.
- **Ovládací panel** slouží pro řízení vulkanizačního lisu a monitorování procesu vulkanizace. Je vybaven monitorem a ovládacími tlačítky. Pokud dojde k rozbití tlačítek může dojít k úrazu elektrickým proudem.
- **Rozvaděč** je skříň, do které jsou přivedeny kabely od snímačů umístěných na vulkanizačním lisu. Skříň je vybavena elektrickými přístroji pro jištění, měření a zpracování signálů. Může zde hrozit poranění elektrickým proudem. Přístup do rozvaděče mají pouze pracovníci elektroúdržby.
- **Prostor pod lisem** je vyplněn membránovým výsuvným mechanismem a vedením hlavového dílu. Nachází se zde také hydraulický agregát, který zajišťuje vytvoření tlaku pro otevření a zavření vulkanizačního lisu. Do tohoto prostoru mají přístup pouze oprávněné osoby jako například pracovníci údržby.
- **Prostor před lisem** je místo, kde se nejčastěji ohybuje obsluha a manipuluje zde se surovými plášti
- **Prostor za lisem** je tvořen parovodním potrubím a ochlazujícím skluzem. Po poruše procesu vulkanizace nebo po čištění formy je nutné vylisovanou pneumatiku označit, při neopatrné manipulaci tak může dojít k popálení o parovodní potrubí.

DÍLČÍ ZÁVĚR

První kapitola praktické části je zaměřena na charakteristiku modelového strojního zařízení, kterým je vulkanizační lis Krupp CK od firmy HF Tire Tech Group. Jedná se o dvoukomo-rový lis určený pro vulkanizaci pláštěů na osobní automobily. Vulkanizace je proces, při kterém dochází za daných podmínek k přeměně kaučukové směsi na pryž. Dále jsou popsány pracovní režimy, ve kterých vulkanizační lis pracuje. Mezi hlavní části vulkanizačního lisu patří konstrukce lisu, formy, zakladač vykladač, výsuvný membránový mechanismus atd., jejichž umístění a funkce je v kapitole blíže popsána.

5 ANALÝZA RIZIK

Během analýzy rizik je důležité stanovit hrozby a zranitelnosti, které mohou nastat během vulkanizačního cyklu a při obsluze vulkanizačního lisu. Na základě těchto zjištění je vypracována analýza rizik a následně vyhodnocena. Dle vyhodnocení jsou navržena bezpečnostní opatření.

5.1 Identifikace aktiv

Identifikace aktiv byla provedena na základě fyzické obhlídky vulkanizačního lisu a pozorování procesu vulkanizace. Mezi hlavní aktiva patří život a zdraví zaměstnanců a dále samotné strojní zařízení a jeho části.

- Život a zdraví zaměstnanců a ostatních osob nacházejících se v objektu
- Vulkanizační lis a jeho příslušenství
- Objekt a jeho okolí
- Ostatní vybavení objektu
- Materiál, polotovary a finální výrobky

5.2 Analýza hrozeb

Analýza aktiv byla provedena na základě charakteristiky vulkanizačního lisu a jeho fyzické obhlídky. Vulkanizační lis využívá ke své funkci několik médií, a tak byly hrozby rozděleny na tři kategorie, které byly následně rozvedeny:

- Mechanické nebezpečí
 - Tato hrozba může nastat při kontaktu pohyblivé části vulkanizačního lisu s obsluhou, může se jednat například o srážku se zakladačem, přimáčknutí zakladačem, rozdrčení části těla při zavírání lisu nebo poranění o ostré hrany.
 - Při kontaktu pohyblivé části s materiálem či jinou částí lisu může dojít k poškození a finanční ztrátě.
- Elektrické nebezpečí
 - Poranění elektrickým proudem může nastat při zkratu či přetížení obvodů nebo kontaktu s živou částí.
 - Během zkratu nebo přetížení může dojít k požáru, který může způsobit výrazné finanční ztráty a újmu na zdraví zaměstnanců.

- Emise (teplo, hluk, únik nebezpečných látek)
 - Popálení může nastat při kontaktu s teplou částí lisu, úniku páry či přetlakován a následném výbuchu membrány. Poškození sluchu hrozí při výbuchu membrány, úniku vzduchu nebo páry a během samotného výrobního procesu. Dále hrozí únik oleje nebo dusíku.

5.3 Analýza zranitelnosti

Analýza zranitelnosti byla provedena na základě charakteristiky vulkanizačního lisu, jeho fyzické obhlídky a sledování pracovního postupu během provozu. Zranitelnost byla rozdělena na zranitelnost obsluhy a zranitelnost vulkanizačního lisu.

Zranitelnost obsluhy

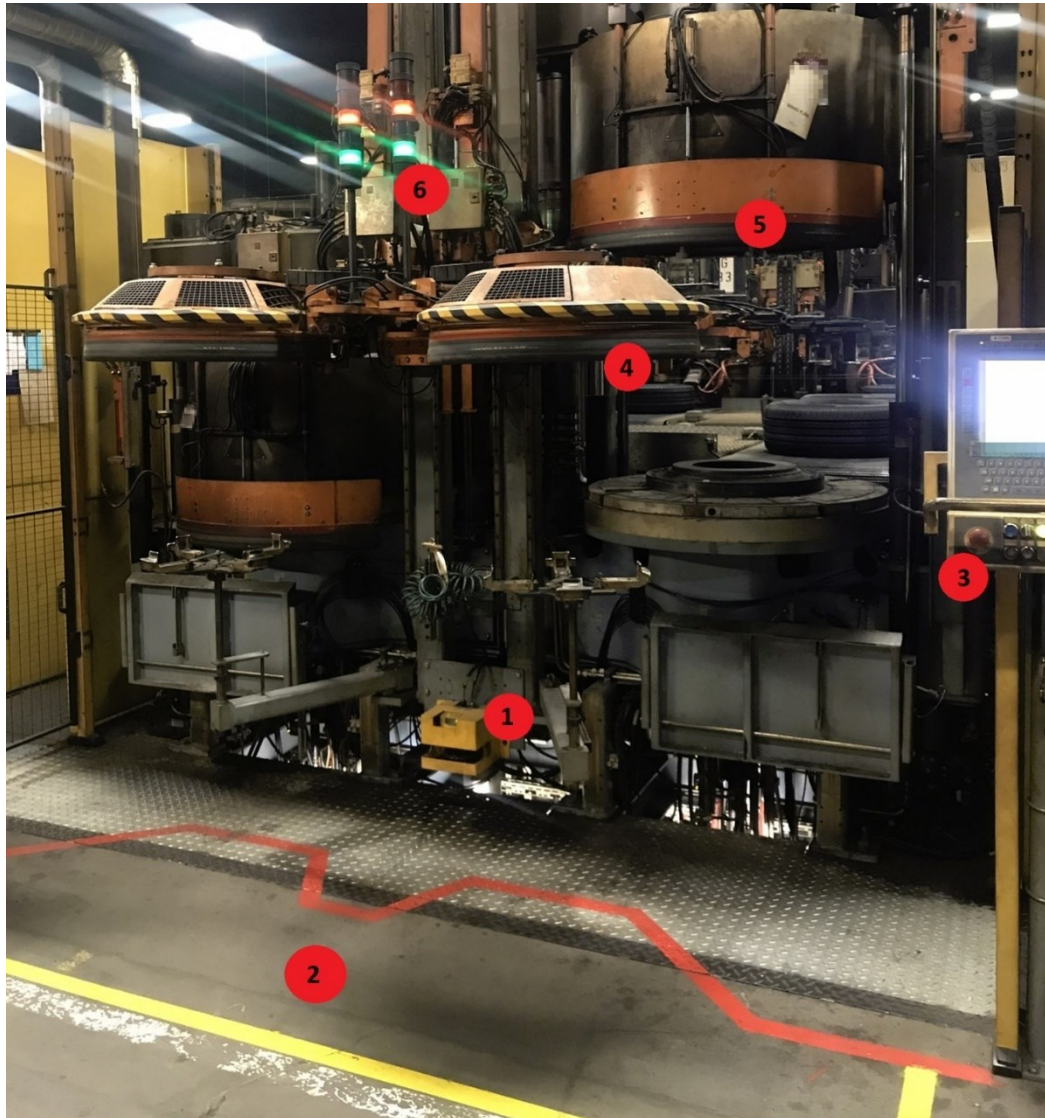
- Úmyslné
 - Nedodržování bezpečnostních předpisů
 - Sabotování bezpečnostních prvků / obcházení bezpečnostních prvků
- Neúmyslné
 - Nepozornost
 - Únava
 - Ztráta respektu

Zranitelnost strojního zařízení

- Poruchovost
- Citlivost na prach a znečištění
- Citlivost na změnu napětí
- Nepravidelná údržba
- Shoření
- Poškození
- Nevhodné používání

5.4 Analýza současného zabezpečení

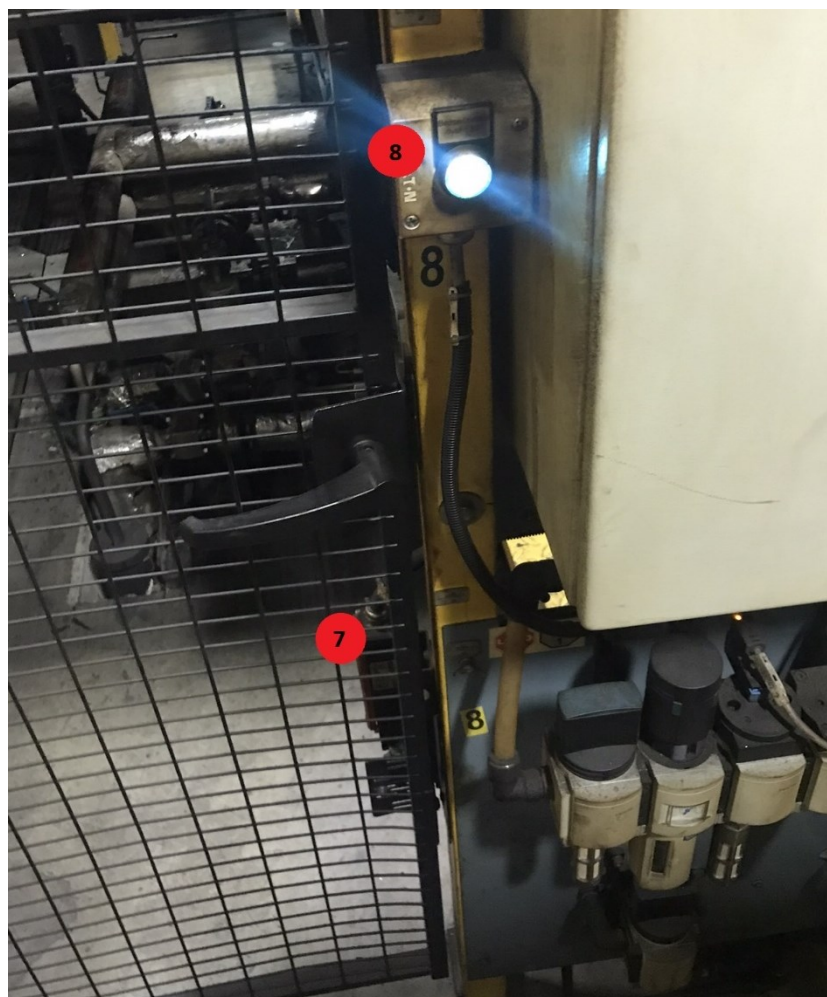
Tato část se zabývá analýzou aktuálního zabezpečení vulkanizačního lisu Krupp CK. Jsou zde popsány jednotlivé bezpečnostní prvky, jejich umístění a funkce.



Obrázek 17. Aktuální zabezpečení vulkanizačního lisu Krupp CK (vlastní)

Bezpečnostní skener (1) je připevněn ke konstrukci lisu cca 15 centimetrů nad zemí. Skener snímá pohyb v prostoru před lisem. Tento prostor je znázorněn barevným označením na zemi (2). Zóna se dělí na žlutou a červenou. Při vstupu do žluté zóny se zastaví všechny části lisu kromě membránového mechanismu. Pokud obsluha vstoupí do červené zóny stroj se kompletně zastaví. U tohoto konkrétního lisu není zóna rozdělena na pravou a levou polovinu. Pokud je jedna z polovin v pohybu není možné připravovat materiál na druhou polovinu. Na ovládacím panelu je umístěno tlačítko nouzového zastavení (3) sloužící k nouzovému zastavení vulkanizačního lisu. Bezpečnostní snímací lišty (4) na zakladači chrání

obsahu před zmáčknutím mezi zakladač a stojan při nabírání surového pláště. Bezpečnostní snímací lišta umístěna na krytu horní části formy (5) chrání obsluhu před přivřením do formy v průběhu zavírání lisu. Také může zamezit sevření zakladače nebo cizího předmětu, který by se nacházel při zavírání v prostoru formy. Maják s akustickou sirénou (6) signalizuje poruchy, průběh vulkanizace nebo bezpečnostní incidenty. Při narušení žluté zóny během pohybu zakladače, otevírání nebo zavírání formy se maják rozsvítí a vydává akustický signál, který upozorňuje obsluhu na nebezpečný stav. Veškerý pohyb pokračuje až po opuštění žluté zóny. Pokud by byla narušena červená zóna je potřeba navíc po jejím opuštění zmáčknout restartovací tlačítko, to samé platí i v případě aktivace bezpečnostních spínacích lišt.



*Obrázek 18. Aktuální zabezpečení branek lisu Krupp CK
(vlastní)*

Zadní branka vulkanizačního lisu je vybavena blokovacím zařízením (7), které snímá polohu branky. Pokud chce obsluha lisu branku otevřít musí nejdříve zmáčknout přístupové/resetovací tlačítko (8), které odemkne branku. Po opuštění nebezpečného prostoru a uzavření

branky je třeba opět zmáčknout tlačítko, které branku uzamkne a cyklus vulkanizace pokračuje. V případě, že lis bude končit vulkanizační cyklus blokovací zařízení branku uzamkne a po dobu otevírání, vykládání pneumatiky až po založení surového pláště a zavření vulkanizačního lisu není možné branku otevřít.

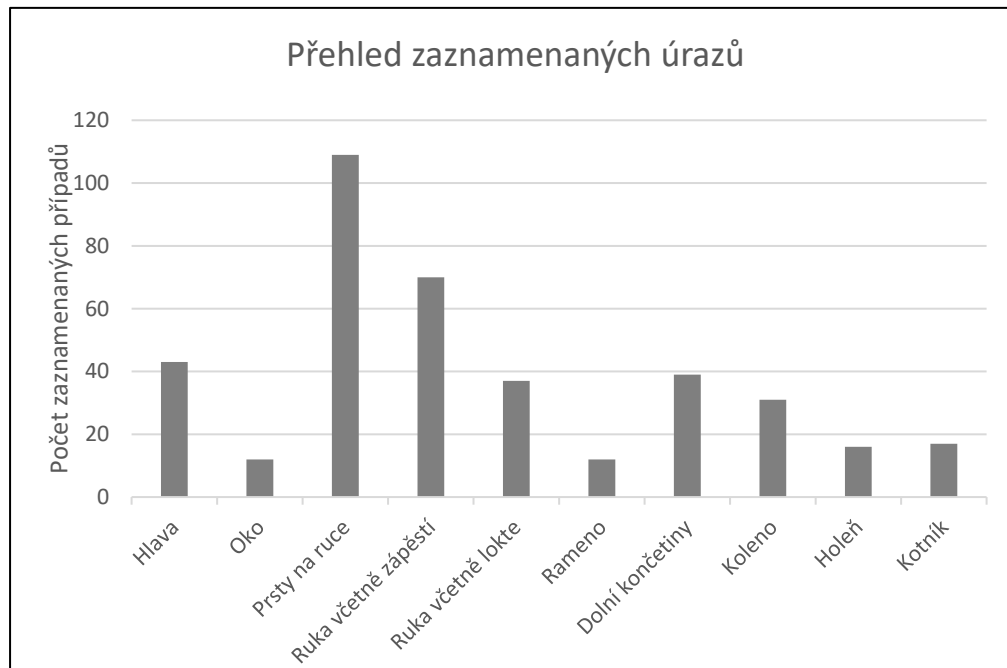
5.4.1 Bezpečnostní procedura LOTO

Jedná se o bezpečnostní proceduru prevence nehod způsobených neočekávanými pohyby částí lisu nebo neočekávaného uvolnění energie během přítomnosti osob v nebezpečných zónách. Tato procedura platí pro obsluhu, údržbu i další osoby, které provádí na vulkanizačním lisu opravy, údržbu, instalaci nových zařízení nebo vstupují do nebezpečných zón. Principem procedury je použití LOTO zámku a jeho uzamčení v místě, kde znemožní spuštění vulkanizačního lisu. Například uzamčení zámku v rámu bezpečnostní branky, kde zamezí zavření branky. Po ukončení činnosti osoby v nebezpečném prostoru osoba zámek odemkne a je možné vulkanizační lis opět uvést do provozu.

5.4.2 Analýza častých úrazů

Během roku 2021 došlo ve firmě Continental Barum s. r. o. celkem k 446 pracovním úrazům. Vzhledem k počtu zaměstnanců firmy to znamená, že každý dvacátý zaměstnanec se během roku zranil. Nejvíce úrazů bylo zaznamenáno při manipulaci s materiálem, břemeny a předměty. S tím také souvisí zranění ruky a prstů na ruce, které tvoří cca 45 % všech zranění. Většina těchto zranění je způsobena nevěnováním pozornosti prováděnému úkonu, nesoustředění se nebo ztráta respektu. Celkem 21 případů úrazu se stalo důsledkem nedodržení pracovních předpisů ze strany zaměstnance. Tyto úrazy mají obvykle větší zdravotní následky. Zranění způsobená pouze strojem se vyskytují velmi zřídka. [27]

Během práce však dochází i k drobným úrazům jako například škrábnutí, natažení svalu atd., které zaměstnanci ne vždycky nahlásí a nejsou tak zaznamenány v této analýze.



Obrázek 19. Přehled zaznamenaných úrazů [27], upravil Šiška 2022

5.5 Analýza častých bezpečnostních poruch a nedostatků

Tato analýza byla provedena na základě pozorování výrobního procesu, pozorování funkce vulkanizačního lisu a konzultace s obsluhou vulkanizačního lisu.

Mezi nejčastější poruchy bezpečnostního skeneru patří narušení bezpečnostní zóny unikající párou, zašpinění snímače a přehřívání skeneru v letních měsících. Mezi další časté poruchy patří uvolněné blokovací zařízení na bočních brankách a aktivace bezpečnostní snímací lišty způsobené jejím posunutím mimo danou polohu. Tyto poruchy způsobují zastavení lisu nebo poškození surových pláštěů a vylisovaných pneumatik, a tak výraznou finanční ztrátu, k poranění obsluhy dochází pouze ve výjimečných případech. Mezi méně časté případy patří rozbité tlačítko nouzového zastavení způsobené neopatrnou manipulací s vozíky s materiálem. Taková porucha může způsobit v závislosti na situaci jak finanční újmu, tak újmu na zdraví.

5.6 Analýza pomocí metody FMEA

Pomocí FMEA (analýzy způsobů a následků poruch) budou zjištěny nebezpečné stavy, které mohou během provozu nastat. Jednotlivé nebezpečné stavy jsou dále hodnoceny dle tří parametrů, a to závažnosti situace, pravděpodobnosti vzniku a šance na odhalení. Součinem těchto čísel získáme hodnotu, která nám demonstruje možné riziko.

Maximální hodnota možného rizika může vyjít 1000, jedná se však o velmi výjimečné situace. Vzhledem k tomu, že analýza byla zpracovávána na modelovém zařízení vybaveném bezpečnostními prvky, nebude míra rizika tak vysoká a následné bezpečnostní opatření budou zaměřeny na situace, kdy míra rizika přesáhne hodnotu 50.

Parametr závažnosti situace byl rozdělen na dvě části, a to na újmu na zdraví a majetkovou újmu.

Tabulka 6. Hodnocení závažnosti újmy na zdraví [24], upravil Šiška 2022

Bodové ohodnocení	Závažnost	Újma na zdraví
1	Zanedbatelný	Žádné poranění
2	Nízká	Lehké poranění
3		Lehké poranění s nutností ošetření
4	Střední	Poranění bez nutnosti ošetření
5		Poranění s nutností ošetření
6		Poranění s následnou neschopností práce na určitou dobu
7	Vysoká	Poranění s nutností hospitalizace
8		Vážné zranění s nutností hospitalizace bez trvalých následků
9	Velmi vysoká	Vážné zranění s nutností hospitalizace s trvalými následky
10		Úmrtí

Hodnocení újmy na zdraví představuje závažnost následků bezpečnostního incidentu pro osobu. Při hodnocení závažnosti újmy na zdraví byly následky rozděleny do deseti možností a jsou hodnoceny body od 0 do 10. Nejzávažnější bezpečnostní incident představuje úmrtí a za zanedbatelný je považován bezpečnostní incident bez poranění.

Tabulka 7. Hodnocení závažnosti majetkové újmy [24], upravil Šiška 2022

Bodové ohodnocení	Závažnost	Újma na majetku
1	Zanedbatelná	Žádná majetková újma
2	Nízká	0 Kč až 5 000 Kč
3		5 000 Kč - 10 000 Kč
4	Střední	10 000 Kč - 20 000 Kč
5		20 000 Kč - 50 000 Kč
6		50 000 Kč - 100 000 Kč
7	Vysoká	100 000 Kč - 500 000 Kč
8		500 000 Kč - 5 000 000 Kč
9	Velmi vysoká	5 000 000 Kč - 15 000 000 Kč
10		15 000 000 Kč až nevyčísitelná hodnota

Hodnocení majetkové újmy představuje závažnost bezpečnostního incidentu pro majetek, respektive vyčíslení finanční ztráty. Při hodnocení závažnosti majetkové újmy byly následky rozděleny do deseti možností a jsou hodnoceny body od 0 do 10. Jako nejzávažnější je brána finanční ztráta 15 milionů Kč a více. Za zanedbatelný je považován bezpečnostní incident, při kterém nedojde k žádné finanční ztrátě.

Tabulka 8. Hodnocení pravděpodobnosti vzniku bezpečnostního incidentu [24], upravil Šiška 2022

Bodové hodnocení	Pravděpodobnost vzniku	Jak často situace nastane
1	Zanedbatelná	1 x za rok a méně
2	Nízká	1 x za půl roku
3		1 x a vícekrát za měsíc
4	Střední	1 x za týden
5		3 x za týden
6		5 x za týden
7	Vysoká	1 x denně
8		2 x denně
9	Velmi vysoká	1 x za směnu
10		2 x a vícekrát za směnu

Pravděpodobnost vzniku představuje šanci, že nastane možný bezpečnostní incident. Při hodnocení pravděpodobnosti vzniku byly šance rozděleny do deseti možností a jsou hodnoceny body od 0 do 10. Jako velmi častý bezpečnostní incident je považován ten, který se stane dvakrát a vícekrát během osmi hodinové směny. Jako zanedbatelný je považován takový bezpečnostní incident, který nastane maximálně jednou za rok.

*Tabulka 9. Hodnocení pravdivosti odhalení bezpečnostního incidentu [24],
upravil Šiška 2022*

Bodové hodnocení	Pravděpodobnost odhalení
1	Jisté odhalení
2	Velmi vysoká šance odhalení
3	Vysoká šance odhalení
4	Středně vysoká šance odhalení
5	Střední šance odhalení
6	Nízká šance odhalení
7	Velmi nízká šance odhalení
8	Minimální šance odhalení
9	Téměř nemožná šance odhalení
10	Nemožná šance odhalení

Pravděpodobnost odhalení představuje šanci, že bude možný bezpečnostní incident odhalen. Při hodnocení pravděpodobnosti odhalení byly šance rozděleny do deseti možností a jsou hodnoceny body od 0 do 10. Za nejhorší bezpečnostní incident je považován ten, který není možné odhalit a jako nejlepší je považován bezpečnostní incident s jistým odhalením.

5.7 Analýza rizik pomocí metody FMEA

Pro vypracování analýzy rizik pomocí metody FMEA byla vytvořena tabulka, do níž byly zapsány jednotlivé situace, které mohou během provozu nastat. Ty byly následně ohodnoceny a byla vypočítána míra rizika.

Tabulka 10. Analýza rizik FMEA vulkanizační lis Krupp CK, část 1. (vlastní)

Aktivum	Možná hrozba	Možné příčiny	Možné následky	Stávající opatření	Význam	Vznik	Odhalení	Možné riziko
Zaměstnanci	Mechanické nebezpečí	Chyba během instalace skeneru a jeho nastavení, popřípadě následek restartu	Ohrožení zdraví a života obsluhy	Nahlášení poruchy údržbě	5	2	7	70
		Porucha snímačů polohy nebo porucha pohonu pohyblivých částí vulkanizačního lisu			5	5	3	75
		Poškozená bezpečnostní spínací lišta na zakladači			6	1	9	54
		Poškozená bezpečnostní spínací lišta na krytu formy			9	1	9	81
		Rozbité tlačítko důsledkem manipulace s vozíky se surovými plášti	Stroj se v nouzové situaci nezastaví a hrozí zranění obsluhy	Nahlášení poškozeného tlačítka údržbě	7	2	3	42

	Elektrické nebezpečí	Kontakt s živou částí (poškozený kabel)	Úraz elektrickým proudem	Nahlášení poruchy údržbě	10	1	5	50
	Emise	Popálení unikající párou z potrubí nebo membrány	Ohrožení života a zdraví obsluhy	Nahlášení úniků údržbě	5	2	3	30
		Neopatrnost/nepozornost obsluhy, porušení bezpečnostních předpisů v blízkosti teplých částí vulkanizačního lisu	Popálení části těla obsluhy	Bezpečnostní předpisy a piktogramy	5	3	5	75
		Exploze membrány, únik vzduchu	Poškození sluchu	Používání OOPP (špunty do uší)	2	3	6	36
		Uklouznutí na unikajícím oleji / mazivu	Ohrožení zdraví obsluhy	Nahlášení úniků údržbě	2	3	3	12
Vulkanizační lis a jeho příslušenství	Mechanické nebezpečí	Chyba připojení / napájení bezpečnostního skeneru	Zastavení vulkanizačního lisu do doby, než se porucha neopraví	Nahlášení poruchy údržbě	4	2	2	16
		Uvolněné blokovací zařízení bočních branek			4	3	3	36
		Posunutí bezpečnostní snímací lišty na zakladači či krytu formy mimo polohu	Zastavování lisu během zakládacího nebo vykládacího cyklu		4	3	5	60
		Povolené kontakty bezpečnostních snímacích lišt			4	3	5	60

	Porucha snímačů polohy nebo porucha pohonu pohyblivých částí vulkanizačního lisu	Pohyblivé části vulkanizačního lisu se mohou nacházet mimo pozici a může dojít k jejich poškození	Nahlášení poruchy údržbě	4	5	3	60
	Poškozená bezpečnostní spínací lišta na zakladači nebo krytu formy	Může dojít k poškození pohyblivých částí vulkanizačního lisu		6	1	9	54
Elektrické nebezpečí	Zkrat	Poškození vulkanizačního lisu	Pojistky a jističe	9	1	3	27
	Vznik požáru důsledkem zkratu		Hasící přístroje	9	1	2	18
Emise	Aktivace bezpečnostního skeneru unikající párou	Zastavování lisu během vulkanizačního cyklu	Nahlášení úniků údržbě	4	5	3	60
	Aktivace bezpečnostního skeneru nečistotami zvířenými důsledkem úniku vzduchu či průvanem		Kartony a jiné improvizované kryty (nevyhovují bezpečnostním požadavkům)	4	5	3	60
	Přehřívání bezpečnostního skeneru (pozorováno hlavně v letním období)		-	5	5	3	75
	Zašpinění snímače bezpečnostního skeneru		Nahlášení poruchy údržbě	3	3	2	18
	Únik páry do prostoru rozvaděče	Poškození rozvaděče a jeho vybavení	Nahlášení úniků údržbě	3	2	2	12

V této části byly na základě vypočítané míry rizika navrženy bezpečnostní opatření, které řeší danou situaci a mohou tak ovlivnit její dopad, šanci na vznik nebo zvýšit šanci na odhalení. Následně na to byla opět vypočítána míra rizika pro zjištění, zda klesla na přijatelnou úroveň.

Tabulka 11. Analýza rizik FMEA vulkanizační lis Krupp CK, část 2. (vlastní)

Aktivum	Možná hrozba	Možné příčiny	Možné riziko	Návrh opatření	Význam	Vznik	Odhalení	Možné riziko
Zaměstnanci	Mechanické nebezpečí	Chyba během instalace skeneru a jeho nastavení, popřípadě následek restartu	70	Kontrola seřízení skeneru údržbářem, který skener instaloval / opravoval	5	2	2	20
		Porucha snímačů polohy nebo porucha pohonu pohyblivých částí vulkanizačního lisu	75	Pravidelná kontrola a údržba bezpečnostních prvků	5	4	2	40
		Poškozená bezpečnostní spínací lišta na zakladači	54	Pravidelná kontrola funkčnosti lišty	6	1	3	18
		Poškozená bezpečnostní spínací lišta na krytu formy	81		9	1	3	27
		Rozbité tlačítko důsledkem manipulace s vozíky se surovými plášti	42	-				
	Elektrické nebezpečí	Kontakt s živou částí (poškozený kabel)	50	-				

	Emise	Popálení unikající párou z potrubí nebo membrány	30	-				
		Neopatrnost/nepozornost obsluhy, porušení bezpečnostních předpisů v blízkosti teplých částí vulkanizačního lisu	75	Pravidelné čištění a udržování bezpečnostních piktogramů	5	2	3	30
		Exploze membrány, únik vzduchu	36	-				
		Uklouznutí na unikajícím oleji / mazivu	12	-				
Vulkanizační lis a jeho příslušenství	Mechanické nebezpečí	Chyba připojení / napájení bezpečnostního skeneru	12	-				
		Uvolněné blokovací zařízení bočních branek	36	-				
		Posunutí bezpečnostní snímací lišty na zakladači či krytu formy mimo polohu	60	Pravidelná kontrola bezpečnostních prvků a jejich zafixování	4	3	2	24
		Povolené kontakty bezpečnostních snímacích lišt	60		4	3	2	24
		Porucha snímačů polohy nebo porucha pohonu pohyblivých částí vulkanizačního lisu	60	Pravidelná kontrola a údržba bezpečnostních prvků	4	3	3	36

	Poškozená bezpečnostní spínací lišta na zakladači nebo krytu formy	54		6	2	2	24
Elektrické nebezpečí	Zkrat	27	-				
	Vznik požáru důsledkem zkratu	18	-				
Emise	Aktivace bezpečnostního skeneru unikající párou	60	Oddělení prostoru pod lištem odnímatelným krytem	4	3	3	36
	Aktivace bezpečnostního skeneru nečistotami zvrženými důsledkem úniku vzduchu či průvanem	60	Pravidelný úklid prachu, nečistot a usazenin	4	3	3	36
	Přehřívání bezpečnostního skeneru (pozorováno hlavně v letním období)	75	Instalace chlazení bezpečnostního skeneru	5	3	3	45
	Zašpinění snímače bezpečnostního skeneru	18	-				
	Únik páry do prostoru rozvaděče	12	-				

DÍLČÍ ZÁVĚR

V této kapitole byla provedena identifikace aktiv, analýza rizik a analýza zranitelnosti. Součástí kapitoly je také analýza aktuálního zabezpečení, popis funkce a umístění jednotlivých bezpečnostních prvků na modelovém zařízení. Dále byla také provedena analýza častých pracovních úrazů. Následně na to byla vypracována analýza rizik pomocí metody FMEA.

6 VYHODNOCENÍ A NÁVRH BEZPEČNOSTNÍCH OPATŘENÍ

V této kapitole bude vyhodnocena analýza rizik. Jak už bylo zmíněno výše, budou vyhodnocovány situace, kde hodnota dosahuje 50 bodů a více. Tyto situace budou detailně rozebrány a následně na to bude provedeno bezpečnostní opatření, jejich odůvodnění a přínos.

6.1 Vyhodnocení

Z důvodu vyhodnocení byly z celkové analýzy rizik FMEA vybrány situace, jejichž míra rizika je větší než 50. Tyto situace byly seřazeny sestupně dle míry rizika. Zvláště byly rozděleny situace hrozící obsluze a vulkanizačnímu lisu a jeho příslušenství.

Tabulka 12. Vyhodnocení analýzy rizik FMEA (vlastní)

Aktivum	Možné nebezpečí	Možné příčiny	Možné následky	Stávající opatření	Možné riziko
Zaměstnanci	Mechanické nebezpečí	Poškozená bezpečnostní spínací lišta na krytu formy	Možné rozdrčení části těla obsluhy	Nahlášení poruchy údržbě	81
		Porucha snímačů polohy nebo porucha pohonu pohyblivých částí vulkanizačního lisu	Ohrožení zdraví a života obsluhy		75
	Emise	Neopatrnost/nepozornost obsluhy, porušení bezpečnostních předpisů v blízkosti teplých částí vulkanizačního lisu	Popálení části těla obsluhy	Bezpečnostní předpisy a piktogramy	75
	Mechanické nebezpečí	Chyba během instalace skeneru a jeho nastavení, popřípadě následek restartu	Ohrožení zdraví a života obsluhy	Nahlášení poruchy údržbě	70
		Poškozená bezpečnostní spínací lišta na zakladači			54
	Emise	Přehřívání bezpečnostního skeneru (pozorováno hlavně v letním období)	Zastavování lisu během vulkanizačního cyklu	-	75

Vulkanizační lis a jeho příslušenství		Aktivace bezpečnostního skeneru unikající párou		Nahlášení úniků údržbě	60
		Aktivace bezpečnostního skeneru nečistotami zviřenými důsledkem úniku vzduchu či průvalem	Zastavování lisu během vulkanizačního cyklu	Kartony a jiné improvizované kryty (nevyhovují bezpečnostním požadavkům)	60
		Posunutí bezpečnostní snímací lišty na zakladači či krytu formy mimo polohu	Zastavování lisu během zakládacího nebo vykládacího cyklu	Nahlášení poruchy údržbě	60
		Povolené kontakty bezpečnostních snímacích lišt			60
		Porucha snímačů polohy nebo porucha pohonu pohyblivých částí vulkanizačního lisu	Pohyblivé části vulkanizačního lisu se mohou nacházet mimo pozici a může dojít k jejich poškození		60
Mechanické nebezpečí	Poškozená bezpečnostní spínací lišta na zakladači nebo krytu formy	Může dojít k poškození pohyblivých částí vulkanizačního lisu		54	

Bezpečnostní spínací lišta je upevněna na zakladači a na krytu formy pomocí drážek, ve kterých je pouze nasunuta a důsledkem vibrací a rotace dochází k jejímu posunu mimo drážky. To zapříčiňuje aktivaci bezpečnostní spínací lišty během pohybu a kontaktu s jinou částí lisu. Během toho, kdy je lišta posunuta mimo polohu dochází k namáhání kontaktů a kabeláže, které se tak mohou poškodit. Ve výjimečných případech také může dojít k poškození lišty, které zapříčiní její nefunkčnost. Aktivace lišty mimo polohu způsobuje zbytečné zastavování pohybu částí vulkanizačního lisu a dochází tak k narušení plynulosti provozu. V některých situacích může také dojít při zastavení pohybu k poškození surových pláštů nebo pneumatik.

Bezpečnostní skener skenuje prostor před lisem pomocí laserového paprsku. Paprsek však může narušit i unikající pára z prostoru pod lisem, poletující nečistoty a zvířený prach, tyto jevy jsou vyhodnoceny jako narušení zóny. To způsobuje zastavení pohybu částí vulkanizačního lisu a dochází k poškození surových plášťů a vylisovaných pneumatik u kterých po určitém překročení času ve formě dojde k převulkanizování. Problémem je také přehřívání bezpečnostního skeneru způsobené předáváním tepla na skener z konstrukce lisu a celkovou vyšší teplotou v okolí vulkanizačního lisu.

Porucha snímačů polohy může být způsobena nečistotami nebo jejich uvolněním. Snímače mohou být zaneseny nečistotami, které zamezí kontaktu mezi snímačem a snímanou plochou. V případě uvolnění snímače dochází k nepřesnostem a může se tak stát, že pohyblivá část lisu vyjede mimo polohu. Problém může také vzniknout důsledkem poruchy pohonu pohyblivých částí. Například ze vzduchového pístu může unikat vzduch, a to způsobí klesání zakladače mimo polohu. Hrozí tak poškození surových plášťů a pneumatik zdeformováním, protržením nebo poškrábáním a poranění obsluhy vulkanizačního lisu pohyblivými částmi lisu mimo polohu.

Popálení o teplé části lisu dochází při neopatrné manipulaci v blízkosti teplých částí lisu. Mezi teplé části patří forma a její kryt, parovodní potrubí, parovodní hadice a čerstvě vylisovaná pneumatika. K popálení může dojít například při označování vylisované pneumatiky s vadou nebo jiné manipulaci v blízkosti těchto teplých částí.

6.2 Návrh bezpečnostních opatření

Pohyb bezpečnostní lišty v drážce je možné řešit pomocí jejího zafixování. To může být realizováno zarážkami umístěnými na oba konce lišty. Zarážky zamezí vysouvání lišty mimo polohu a také následnému namáhání kontaktů a kabeláže. Pokud se nebude bezpečnostní spínací lišta vysouvat, bude tak eliminováno její spínání v době, kdy se nachází její část mimo drážku a zároveň to nijak neovlivní její danou funkci na zakladači a rámu lisu.

Poruchy snímačů polohy jsou spojeny s jejich znečištěním nebo uvolněním. Oběma problémům jde předcházet pravidelnou údržbou. Většinou se jedná o drobné údržbářské práce jako například dotažení šroubů, kterými jsou snímače upevněny, očištění snímacích ploch a senzorů nebo v případě jejich poškození výměna za nové. Tato údržba může probíhat například během odstávky lisů.

Problémy spojeny s bezpečnostním skenerem je možné řešit několika úpravami. Mezi hlavní patří instalace odnímatelného krytu umístěného tak, aby odděloval prostor pod lisem, který je zdrojem menších úniků páry od prostoru před lisem, který snímá bezpečnostní skener, čímž bude zamezeno průniku páry do sledovaného prostoru. Dalším problémem je narušení zvířeným prachem. Samotné uniky vzduchu nebo průvan způsobený klimatizací, otevřenými vraty, světlíky či projíždějící manipulační technikou bezpečnostní skener nezaznamená, problém nastává až při zvíření prachu a nečistot. Tyto nečistoty by měly být uklizeny během čištění, které na lisovně probíhá každou neděli. Přehřívání bezpečnostního skeneru může být řešeno instalací externího chlazení, které zajistí, že skener bude pracovat v teplotě, která nebude způsobovat přehřívání, tedy méně než 50°C. U bezpečnostního skeneru je také možnost rozšířit nastavení zón o pravou, levou a společnou část. To zajistí lepší plynulost provozu například v situaci, kdy levá strana nemusí zastavit zakládání surového pláště v případě, že obsluha manipuluje s materiálem v pravé části zóny. Po každém restartu nebo poruše bezpečnostního skeneru je nutné ověření jeho správné funkce údržbářem.

Alternativou může být také použití systému LBK. Jedná se o aktivní ochranný radarový systém složený z radarového senzoru a řídicí jednotky schopný detekce osob, které vstoupí do nebezpečné zóny. Senzor je odolný vůči prachu, vodě, světlu, znečištění a nárazům a zvládá spolehlivě pracovat v rozmezí teplot od - 40°C do + 60°C. Senzor vysílá radiové vlny na frekvenci 24GHz a analýzou zpětného signálu odraženého od objektů ve sledované zóně získává údaje o pohybu. Vodorovný detekční rádius senzoru je 110°, vodorovný 30° a dosah až 4 m. Radarové senzory lze zapojit do série až šesti senzorů pomocí propojovacího kabelu, v případě vulkanizačního lisu by postačily dva senzory umístěny na jeho bocích směřující do středu zóny. Pomocí aplikace Inxpect Safety PC je možné nastavit tři úrovně citlivosti senzorů a dvě detekční zóny, u kterých lze libovolně definovat různá řešení jako například zpomalení pohyblivých částí vulkanizačního lisu, jejich nouzové zastavení nebo upozornění akustickou nebo optickou signalizací. Celková cena systému se dvěma senzory se pohybuje kolem 39 068 Kč bez DPH. [16] [28]

Tabulka 13. Odhad ceny systému LBK [28], upravil Šiška 2022

Části systému LBK	Počet kusů	Cena (bez DPH)
Radarový senzor LBK-S01	2x	25775,18 Kč
Řídicí jednotka LBK-C22	1x	11124,03 Kč
Propojovací kabel M12, 5 pin s konektory (10 m)	1x	1045,56 Kč
Propojovací kabel M12, 5 pin (20 m)	1x	1124,00 Kč
	Celkem:	39068,77 Kč



Obrázek 20. Systém LBK [28]

K popálení o teplé části lisu dochází především kvůli neopatrné manipulaci a nepozornosti. Z toho důvodu je třeba na nebezpečí popálení stále upozorňovat. Upozornění může být realizováno pomocí bezpečnostních piktogramů umístěných na viditelném místě teplých částí vulkanizačního lisu. Tyto piktogramy je také nutné udržovat čisté a nepoškozené. Jejich údržba může probíhat taktéž v průběhu nedělního čištění.

DÍLČÍ ZÁVĚR

V poslední kapitole bylo provedeno vyhodnocení analýzy rizik a byly detailně popsány incidenty s nejvyšší mírou rizika. Následně na to byly navrženy bezpečnostní opatření, které mají za úkol vzniku bezpečnostního incidentu zabránit a zvýšit tak úroveň bezpečnosti na pracovišti a přispět k plynulosti provozu.

ZÁVĚR

V bakalářské práci zaměřené na zjišťování poruch bezpečnostních prvků bylo cílem zjistit nedostatky a navrhnout bezpečnostní opatření. V úvodní části práce byl vypracován přehled legislativních požadavků upravující bezpečnost strojních zařízení. Tato legislativa je složena z právních předpisů, technických norem a certifikátu shody. Právní předpisy se vztahují především na technické požadavky, které je nutné dodržet při uvedení výrobku na trh. V další části byly popsány technické normy zajišťující kvalitu výrobků, jejich dělení a konkrétní požadavky na strojní zařízení. Závěr legislativní části je o posuzování shody výrobků při jejich uvedení na trh.

V teoretické části byly dále popsány jednotlivé bezpečnostní prvky, jejich dělení, funkce v systému a princip na kterém pracují. V praxi celkový bezpečnostní systém tvoří kombinace těchto bezpečnostních prvků. Teoretická část práce je zakončena popisem analýzy rizik, definováním důležitých pojmů, které se během analýzy rizik používají a popisem metody FMEA a jejího postupu.

Úvod do praktické části tvoří charakteristika modelového strojního zařízení, na kterém bude dále prováděna analýza rizik. Obsahem charakteristiky je popis funkce modelového strojního zařízení, jeho pracovních režimů a detailní popis jeho částí. Dále byla provedena identifikace aktiv, analýza hrozeb, analýza zranitelnosti a analýza aktuálního zabezpečení modelového zařízení, během které byly popsány jednotlivé bezpečnostní prvky, jejich umístění a funkce v systému. Dalším krokem praktické části bylo vypracování analýzy rizik pomocí metody FMEA. Na základě vyhodnocení analýzy byly navrženy bezpečnostní opatření, které mají za úkol eliminovat vznik poruch a bezpečnostních incidentů. Jednotlivé návrhy byly odůvodněny a byl popsán jejich přínos pro zvýšení bezpečnosti a plynulosti provozu.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1]VALOUCH, Jan. *Strojní zařízení pro výrobu cukru: posuzování shody a uvádění na trh* [online]. 3. březen 2016, 106-110 [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: http://www.cukr-listy.cz/on_line/2016/PDF/106-110.pdf
- [2]ČESKO. *Narizení vlády č. 176/2008 Sb. o technických požadavcích na strojní zařízení*. In: *Sbírka zákonů*. 2008.
- [3]ČESKO. *Zákon č. 22/1997 Sb., Zákon o technických požadavcích na výrobky*. In: *Sbírka zákonů*. 1997.
- [4]ČESKO. *Zákon č. 90/2016 Sb.: Zákon o posuzování shody stanovených výrobků při jejich dodávání na trh*. In: *Sbírka zákonů*. 2016.
- [5]Často kladené otázky – Technická normalizace. *ÚNZM* [online]. [cit. 2022-05-25]. Dostupné z: <https://www.unmz.cz/caste-dotazy/casto-kladene-otazky-technicka-normalizace/>
- [6]LUKÁŠ, Luděk. *Bezpečnostní technologie, systémy a management III*. Zlín: Radim Bačuvčík - VeRBuM, 2013. ISBN 978-80-87500-35-4
- [7]Detailní informace o produktu: ČSN EN ISO 13849-1. *ČAS* [online]. [cit. 2022-05-25]. Dostupné z: <https://csnonlinefirmy.agentura-cas.cz/Detail.aspx?k=501728>
- [8]Pilz. *Pilz* [online]. [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: <https://www.pilz.com/cs-CZ>
- [9]Prohlášení o shodě a ES prohlášení o shodě. *MPO* [online]. 2009 [cit. 2022-05-25]. Dostupné z: <https://www.mpo.cz/dokument66484.html>
- [10] Průvodce základy regulace osobních ochranných prostředků a zdravotnických prostředků. *ÚNZM* [online]. [cit. 2022-03-09]. Dostupné z: <https://www.unmz.cz/wp-content/uploads/ZAKLADY-REGULACE-OOP-A-ZP.pdf>
- [11] ČESKO. *Narizení vlády č. 117/2016 Sb.: Narizení vlády o posuzování shody výrobků z hlediska elektromagnetické kompatibility při jejich dodávání na trh*. In: *Sbírka zákonů*. 2016, 45/2016.
- [12] Bezpečnostní prvky pro strojní zařízení. *Elektro: časopis pro elektrotechniku* [online] [cit. 2022-03-03]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/res/pdf/41890.pdf>

- [13] Why is machinery safety important? *Health and Safety Executive* [online]. [cit. 2022-03-29]. Dostupné z: <https://www.hse.gov.uk/toolbox/machinery/safety.htm>
- [14] HRUŠKA, František. *Technické prostředky integrované automatizace*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2017, 1 [online] (315 stran). ISBN 978-80-7454-700-3. Dostupné z: <https://digilib.k.utb.cz/handle/10563/41594>
- [15] SICK. *SICK* [online]. [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/>
- [16] Teprostroj. *Teprostroj* [online]. [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: <https://teprostroj.com/index.php>
- [17] REM-technik. *REM-technik* [online]. [cit. 2022-03-16]. Dostupné z: <https://www.rem-technik.cz/>
- [18] Poradíme vám, jak vybrat bezpečnostní relé a PLC. *Elektro: časopis pro elektrotechniku* [online]. 2017 [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <http://www.odbornecasopisy.cz/elektro/clanek/poradime-vam-jak-vybrat-bezpecnostni-rele-a-plc--2417>
- [19] BEŠTA, M. *Stykače a relé* [online]. [cit. 2022-03-17]. Dostupné z: <http://www.mbest.cz/wp-content/uploads/2013/01/T1.2-Styka%C4%8D-a-rel%C3%A9.pdf>
- [20] KOTKOVÁ, Dora. *Řízení rizik: Technologie komerční bezpečnosti II* [online]. . [cit. 2022-03-31]. Dostupné z: <https://moodle.utb.cz/mod/folder/view.php?id=457192>
- [21] VALOUCH, Jan a Martin HROMADA. *Bezpečnostní futurologie* [online].: . Zlín, 2016, s. 147 [cit. 2022-03-30]. ISBN 978-80-7454-621-1. Dostupné z: <http://hdl.handle.net/10563/36771>
- [22] ČERMÁK, Miroslav. *Analýza rizik: Jemný úvod do analýzy rizik* [online]. 20.1.2013 [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: <https://www.cleverandsmart.cz/analyza-rizik-jemny-uvod-do-analyzy-rizik/>
- [23] Zbytkové riziko. *Encyklopedie BOZP* [online]. [cit. 2022-03-30]. Dostupné z: https://ebozp.vubp.cz/wiki/index.php/Zbytkov%C3%A9_riziko
- [24] MENČÍK, Jaroslav. *Spolehlivost inženýrských konstrukcí* [online]. Univerzita Pardubice. 2020 [cit. 2022-05-11]. ISBN 978-80-7560-325-8. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/e-kniha/spolehlivost-inzenyrskych-konstrukci-859027/>

- [25] VAŠÍČEK, Emil. *Vulkanizace* [online]. [cit. 2022-05-13]. Dostupné z: <https://slideplayer.cz/slide/3112794/>
- [26] DUCHÁČEK, Vratislav a Zdeněk HRDLIČKA. *Gumárenské suroviny a jejich zpracování* [online]. Praha: Vydavatelství VŠCHT, 2009, 202 s. [cit. 2022-05-13]. ISBN 978-80-7080-713-2. Dostupné z: http://147.33.74.135/knihy/uid_isbn-978-80-7080-713-2/pages-img/011.html
- [27] *Profil: Noviny Barum Continental s. r. o.* 69. Otrokovice, 2022.
- [28] Smart Senzor + control unit for safety radar system Inxpect LBK. *Machine-safety-shop* [online]. [cit. 2022-05-26]. Dostupné z: <https://www.machinesafety-shop.com/en/inxpect-lbk.html>

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

FMEA	Analýza způsobů a následků poruch.
EN	Evropská norma.
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci.
IEC	Mezinárodní úřad pro elektrotechniku.
ETSI	Evropský ústav pro telekomunikační normy
ČSN	Česká technická norma.
PLC	Programovatelný logický automat
MR	Míra rizika

SEZNAM OBRÁZKŮ

<i>Obrázek 1. Označení CE [10]</i>	14
<i>Obrázek 2. Indukční snímače polohy [15]</i>	18
<i>Obrázek 3. Kapacitní snímač polohy [15]</i>	18
<i>Obrázek 4. Bezpečnostní optická závora [15]</i>	19
<i>Obrázek 5. Bezpečnostní laserový skener [15]</i>	19
<i>Obrázek 6. Mechanický koncový spínač [15]</i>	20
<i>Obrázek 7. Blokovací zařízení s jištěním [15]</i>	20
<i>Obrázek 8. Tlačítko nouzového zastavení [15]</i>	21
<i>Obrázek 9. Bezpečnostní spínací rohož [16]</i>	21
<i>Obrázek 10. Bezpečnostní spínací lišta [16]</i>	22
<i>Obrázek 11. Bezpečnostní relé [15]</i>	23
<i>Obrázek 12. Bezpečnostní PLC [8]</i>	23
<i>Obrázek 13. Stykač [19]</i>	24
<i>Obrázek 14. Signalizační světlo [15]</i>	24
<i>Obrázek 15. Pohyblivé bezpečnostní kryty opatřeny blokovacím zařízením [8]</i>	25
<i>Obrázek 16. Části vulkanizačního lisu Krupp CK (vlastní)</i>	34
<i>Obrázek 17. Aktuální zabezpečení vulkanizačního lisu Krupp CK (vlastní)</i>	39
<i>Obrázek 18. Aktuální zabezpečení branek lisu Krupp CK (vlastní)</i>	40
<i>Obrázek 19. Přehled zaznamenaných úrazů [27], upravil Šiška 2022</i>	42
<i>Obrázek 20. Systém LBK [28]</i>	56

SEZNAM TABULEK

<i>Tabulka 1. Stupně Performace Levels [8], upravil Šiška 2022</i>	<i>11</i>
<i>Tabulka 2. Závažnost zranění [8], upravil Šiška 2022</i>	<i>11</i>
<i>Tabulka 3. Četnost a/nebo čas vystavení nebezpečí [8], upravil Šiška 2022</i>	<i>12</i>
<i>Tabulka 4. Šance vyhnout se nebezpečí [8], upravil Šiška 2022</i>	<i>12</i>
<i>Tabulka 5. Části vulkanizačního lisu Krupp CK (vlastní)</i>	<i>34</i>
<i>Tabulka 6. Hodnocení závažnosti újmy na zdraví [24], upravil Šiška 2022</i>	<i>43</i>
<i>Tabulka 7. Hodnocení závažnosti majetkové újmy [24], upravil Šiška 2022</i>	<i>43</i>
<i>Tabulka 8. Hodnocení pravděpodobnosti vzniku bezpečnostního incidentu [24], upravil Šiška 2022</i>	<i>44</i>
<i>Tabulka 9. Hodnocení pravdivosti odhalení bezpečnostního incidentu [24],</i>	<i>45</i>
<i>Tabulka 10. Analýza rizik FMEA vulkanizační lis Krupp CK, část 1. (vlastní)</i>	<i>46</i>
<i>Tabulka 11. Analýza rizik FMEA vulkanizační lis Krupp CK, část 2. (vlastní)</i>	<i>49</i>
<i>Tabulka 12. Vyhodnocení analýzy rizik FMEA (vlastní)</i>	<i>52</i>
<i>Tabulka 13. Odhad ceny systému LBK [28], upravil Šiška 2022.....</i>	<i>56</i>