

Bezpečnost automaticky naváděných vozíků na vybrané podnikové lince

Bc. Jakub Šiška

Diplomová práce
2024



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta aplikované informatiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně

Fakulta aplikované informatiky

Ústav elektroniky a měření

Akademický rok: 2023/2024

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Jakub Šiška**
Osobní číslo: **A22582**
Studijní program: **N1032A020003 Bezpečnostní technologie, systémy a management**
Specializace: **Bezpečnostní management**
Forma studia: **Prezenční**
Téma práce: **Bezpečnost automaticky naváděných vozíků na vybrané podnikové lince**
Téma práce anglicky: **Safety of Automatically Guided Vehicles on a Selected Company Line**

Zásady pro vypracování

1. Uvedte základní terminologii, související legislativu a základy řízení rizik.
2. Popište současný stav problematiky bezpečnosti u automaticky naváděných vozíků v oblasti podnikových linek.
3. Popište současný stav bezpečnosti u automaticky naváděných vozíků na vybrané podnikové lince.
4. Provedte analýzu rizik a její vyhodnocení.
5. Na základě výsledků analýzy rizik navrhnete bezpečnostní opatření.

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

Seznam doporučené literatury:

1. HRUŠKA, František. *Technické prostředky integrované automatizace*. Online. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2017. ISBN 978-80-7454-700-3. Dostupné z: <https://vufind.katalog.k.utb.cz/Record/98321>. [cit. 2023-11-06]
2. ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA. *ČSN EN ISO 3691-4, Manipulační vozíky – Bezpečnostní požadavky a ověřování – Část 4: Průmyslové vozíky bez řidiče a jejich systémy*. 2022. [cit. 2023-11-06].
3. ČESKÁ REPUBLIKA. *Nařízení vlády č. 176/2008 Sb.: Nařízení vlády o technických požadavcích na strojní zařízení*. Online. Zákony pro lidi. Praha, 2008. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-176>. [cit. 2023-11-06].
4. ZUO, Dunwen. *Frontier in functional manufacturing technologies: selected, peer reviewed papers from the 2nd International Conference on Functional Manufacturing Technologies (ICFMT 2010), Aug. 6-9 2010, Harbin, Heilongjiang, China. Advanced materials research*. Online. Stafa-Zurich, Switzerland: Trans Tech Publications, c2010. ISBN 9783038133964. Dostupné z: https://proxy.k.utb.cz/login?url=http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpFFMT0003/frontier_in_functional_manufacturing_technologies. [cit. 2023-11-06].
5. MENČÍK, Jaroslav. *Spolehlivost inženýrských konstrukcí*. Online. BOOKPORT. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2020. ISBN 978-80-7560-325-8. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/kniha/spolehlivost-inzenyrskych-konstrukci-8018/>. [cit. 2023-11-11].

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Lukáš Kotek**
Ústav bezpečnostního inženýrství

Datum zadání diplomové práce: **20. listopadu 2023**

Termín odevzdání diplomové práce: **28. května 2024**

doc. Ing. Jiří Vojtěšek, Ph.D. v.r.
děkan



Ing. Milan Navrátil, Ph.D. v.r.
ředitel ústavu

Ve Zlíně dne 1. prosince 2023

Prohlašuji, že

- beru na vědomí, že odevzdáním diplomové práce souhlasím se zveřejněním své práce podle zákona č. 111/1998 Sb. o vysokých školách a o změně a doplnění dalších zákonů (zákon o vysokých školách), ve znění pozdějších právních předpisů, bez ohledu na výsledek obhajoby,
- beru na vědomí, že diplomová práce bude uložena v elektronické podobě v univerzitním informačním systému dostupná k prezenčnímu nahlédnutí, že jeden výtisk diplomové práce bude uložen v příruční knihovně Fakulty aplikované informatiky Univerzity Tomáše Bati ve Zlíně,
- byl/a jsem seznámen/a s tím, že 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,
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 1 autorského zákona má UTB ve Zlíně právo na uzavření licenční smlouvy o užití školního díla v rozsahu § 12 odst. 4 autorského zákona,
- beru na vědomí, že podle § 60 odst. 2 a 3 autorského zákona mohu užít své dílo – diplomovou práci nebo poskytnout licenci k jejímu využití jen připouští-li tak licenční smlouva uzavřená mezi mnou a Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně s tím, že vyrovnání případného přiměřeného příspěvku na úhradu nákladů, které byly Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně na vytvoření díla vynaloženy (až do jejich skutečné výše) bude rovněž předmětem této licenční smlouvy,
- beru na vědomí, že pokud bylo k vypracování diplomové práce využito softwaru poskytnutého Univerzitou Tomáše Bati ve Zlíně nebo jinými subjekty pouze ke studijním a výzkumným účelům (tedy pouze k nekomerčnímu využití), nelze výsledky diplomové práce využít ke komerčním účelům,
- beru na vědomí, že 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 samostatně a použitou literaturu jsem citoval. V případě publikace výsledků budu uveden jako spoluautor.
- že odevzdaná verze diplomové práce a verze elektronická nahraná do IS/STAG jsou totožné.

Ve Zlíně, dne

Jakub Šiška v. r.
podpis studenta

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na bezpečnost automaticky naváděných vozíků. V teoretické části bude popsána základní terminologie a legislativní rámec. Dále budou v teoretické části popsány jednotlivé bezpečnostní prvky, kterými mohou být automaticky naváděné vozíky vybaveny. V praktické části bude zpracována analýza rizik, její následné vyhodnocení a vytvoření bezpečnostních opatření.

Klíčová slova: AGV, bezpečnost, analýza rizik, návrh zabezpečení

ABSTRACT

The thesis is focused on the safety of automatically guided vehicles. The theoretical part will describe basic terminology and the legislative framework. Additionally, the theoretical section will cover individual safety elements with which automatically guided vehicles can be equipped. In the practical part, a risk analysis will be conducted, followed by its evaluation, and the formulation of safety measures.

Keywords: AGV, safety, risk analysis, security design

Poděkování:

Tímto bych chtěl poděkovat vedoucímu mé diplomové práce Ing. Lukáši Kotkovi za odborné vedení, poskytnutí cenných rad a pomoci při zpracování této práce. Dále bych rád poděkoval zaměstnancům vybrané firmy za spolupráci, poskytnutí podkladů a zodpovězení mých dotazů během vypracovávání praktické části práce. V neposlední řadě bych také rád poděkovat rodině a přítelkyni za podporu během studia.

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

OBSAH

ÚVOD.....	8
I TEORETICKÁ ČÁST.....	9
1 ZÁKLADNÍ TERMINOLOGIE, SOUVISEJÍCÍ LEGISLATIVA A ZÁKLADY ŘÍZENÍ RIZIK.....	10
1.1 TERMINOLOGIE	10
1.1.1 Terminologie strojního zařízení	10
1.1.2 Terminologie výrobku.....	11
1.1.3 Terminologie automaticky naváděných vozíků	12
1.2 LEGISLATIVA.....	14
1.2.1 Zákon č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky	14
1.2.2 Nařízení vlády č. 176/2008 Sb., o technických požadavcích na strojní zařízení	15
1.3 NORMY	15
1.3.1 ČSN EN ISO 3691-4 – Manipulační vozíky – Bezpečnostní požadavky a ověření – Část 4: Průmyslové vozíky bez řidiče a jejich systémy.....	16
1.3.2 ČSN EN 1175 – Bezpečnost motorových vozíků – Požadavky na elektrické a elektronické systémy	17
1.3.3 ČSN EN 12895+A1 Manipulační vozíky – Elektromagnetická kompatibilita	17
1.3.4 VDMA.....	17
1.4 CERTIFIKÁT SHODY	18
1.4.1 Zákon č. 90/2016 Sb., o posuzování shody stanovených výrobků při jejich dodávání na trh	19
1.5 ŘÍZENÍ RIZIK.....	19
1.5.1 Základní pojmy	20
1.5.2 Proces řízení rizik.....	21
1.5.2.1 Analýza rizik dle požadavků firmy (Identifikace nebezpečí a vyhodnocení rizik)	25
1.5.2.2 FMEA	26
1.6 DÍLČÍ ZÁVĚR	27
2 SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY BEZPEČNOSTI AGV NA PODNIKOVÝCH LINKÁCH.....	29
2.1 POPIS AGV	29
2.1.1 Druhy AGV.....	29
2.1.2 Systém pohybu AGV	32
2.1.3 Systém navigace AGV	33
2.2 BEZPEČNOSTNÍ PRVKY AGV	34
2.2.1 Bezpečnost osob a zamezení kolizím.....	34
2.2.2 Manipulace s břemeny a jejich identifikace.....	37
2.2.3 Bezpečnostní logické prvky	38
2.2.4 Signalizace	39
2.2.5 Ochranné kryty.....	40

2.3	DÍLČÍ ZÁVĚR	41
II	PRAKTICKÁ ČÁST	42
3	POPIS SOUČASNÉHO STAVU BEZPEČNOSTI AGV NA VYBRANÉ PODNIKOVÉ LINCE.....	43
3.1	POPIS AGV NA VYBRANÉ PODNIKOVÉ LINCE	43
3.1.1	Komponenty AGV	43
3.1.2	Režimy provozu	46
3.1.3	Nabíjecí stanice	47
3.1.4	Břemeno	47
3.2	DÍLČÍ ZÁVĚR	48
4	ANALÝZA RIZIK	49
4.1	IDENTIFIKACE AKTIV	49
4.2	IDENTIFIKACE HROZEB	49
4.3	IDENTIFIKACE ZRANITELNOSTÍ	51
4.4	ANALÝZA SOUČASNÉHO ZABEZPEČENÍ AGV	52
4.4.1	Vypozorované poruchy AGV	55
4.5	ANALÝZA RIZIK DLE POŽADAVKŮ FIRMY	56
4.6	FMEA.....	63
4.7	VYHODNOCENÍ A POROVNÁNÍ METOD	70
4.7.1	Vyhodnocení analýzy rizik dle požadavků firmy	70
4.7.2	Vyhodnocení metody FMEA	72
4.7.3	Porovnání metod	74
4.7.3.1	Rozdíly mezi metodami	76
4.8	DÍLČÍ ZÁVĚR	76
5	NÁVRH BEZPEČNOSTNÍCH OPATŘENÍ PRO VYBRANOU PODNIKOVOU LINKU	77
5.1	ŠKOLENÍ OBSLUHY AGV.....	77
5.1.1	Teoretická část školení	77
5.1.2	Praktická část školení	78
5.2	NÁVRH ZNAČENÍ PRACOVNÍHO PROSTORU AGV	79
5.3	DÍLČÍ ZÁVĚR	83
	ZÁVĚR	84
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	86
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK	91
	SEZNAM OBRÁZKŮ	92
	SEZNAM TABULEK.....	93
	SEZNAM GRAFŮ	94

ÚVOD

Automatizace výrobních procesů se v dnešní době stává stěžejním prvkem v mnoha průmyslových odvětvích. Jednou z možností automatizace je využití automaticky naváděných vozíků, jak při přesunu materiálu, polotovarů a výrobků během výrobního procesu, tak jejich uskladnění ve skladech. Automaticky naváděné vozíky jsou vybaveny moderními senzory a algoritmy využívající umělou inteligenci, které nabízí efektivní a flexibilní řešení pro manipulaci a přesun břemen ve výrobním procesu.

Se zaváděním automaticky naváděných vozíků do výroby jsou spojeny nové výzvy v oblasti bezpečnosti. Jelikož automaticky naváděné vozíky často sdílí svůj pracovní prostor s obsluhou výrobních linek a dalším technologickým zařízením, je nutné zajistit jejich vzájemnou bezpečnost. Bezpečný provoz automaticky naváděných vozíků vyžaduje integrování velkého množství opatření a technologií, s cílem minimalizovat riziko nehod a kolizí.

Cílem práce je navrhnout potřebné bezpečnostní opatření, které zajistí bezpečný a efektivní provoz automaticky naváděných vozíků na vybrané podnikové lince. Práce může pomoci organizaci porozumět problematice bezpečnosti automaticky naváděných vozíků a nabídnout praktické návrhy, které může dále využít při automatizaci své výroby.

Teoretická část diplomové práce je zaměřena na celkovou analýzu legislativy a požadavků týkající se bezpečnosti automaticky naváděných vozíků. V práci jsou také popsány jednotlivé bezpečnostní prvky, kterými mohou být automaticky naváděná vozidla vybavena, aby byl zajištěn jejich bezpečný provoz.

Praktická část je zaměřena na analýzu provozu automaticky naváděných vozíků na vybrané podnikové lince, popis konkrétního typu automaticky naváděného vozíku na dané lince a popis bezpečnostních prvků, kterými je automaticky naváděný vozík vybaven. Následně je vypracována analýza rizik pomocí dvou metod. Analýzy rizik jsou poté vyhodnoceny a vzájemně porovnány.

I. TEORETICKÁ ČÁST

1 ZÁKLADNÍ TERMINOLOGIE, SOUVISEJÍCÍ LEGISLATIVA A ZÁKLADY ŘÍZENÍ RIZIK

První kapitola je zaměřena na základní terminologii týkající se automaticky naváděných vozíků, legislativu a normy, kterými je nutné se řídit při konstrukci a zavádění systému Automatic Guided Vehicle (dále jen „AGV“ či „vozík“) do průmyslového provozu. V závěru kapitoly jsou vysvětleny základní pojmy a pravidla pro řízení rizik.

1.1 Terminologie

1.1.1 Terminologie strojního zařízení

Strojní zařízení je soubor, který je nebo má být vybaven poháněcím systémem využívající elektrickou, pneumatickou nebo jinou energii s výjimkou živočišné, ta je využívána pouze k obsluze. Strojní zařízení je sestaveno z částí a součástí, z nichž je alespoň jedna pohyblivá. Tyto části a součásti jsou spojeny za účelem stanoveného použití.

- 1) Za strojní zařízení je považován i soubor výše uveden, kterému chybí části spojující ho s místem použití nebo se zdroji energie a pohybu.
- 2) Za strojní zařízení je považován i soubor uveden výše a v bodě 1, které je schopno funkce až po namontování na dopravní prostředek nebo po nainstalování na budovu či konstrukci.
- 3) Za strojní zařízení je považován i soubor uveden výše a v bodě 1 a 2 nebo soubor neúplných strojních zařízení, které jsou za účelem dosažení výsledku sestaveny a ovládány tak, že fungují jako integrovaný celek.
- 4) Za strojní zařízení je považován soubor sestavený z částí nebo součástí, kdy alespoň jedna z nich je pohyblivá a jsou sestaveny za účelem zvedání břemen. Jediným zdrojem energie je přímo vynaložená lidská síla. [1]

Vyměnitelné přídatné zařízení je zařízení, které je po uvedení strojního zařízení do chodu připojeno obsluhou za účelem pozměnění jeho funkce nebo přidání funkce nové. Za vyměnitelné přídatné zařízení se nepovažují nástroje. [1]

Bezpečnostní součásti jsou součásti strojního zařízení, které plní bezpečnostní funkci. Tyto součásti se na trh uvádí samostatně. Selhání nebo chybnou funkcí tohoto zařízení může dojít k ohrožení bezpečnosti osob. Tyto součásti nejsou nezbytné pro funkci strojního zařízení ani

nimi není možné nahradit běžné součásti pro fungování strojního zařízení. Mezi bezpečnostní součásti patří například ochranné kryty, ochranné zařízení pro detekci osob, logické jednotky, systémy odvádění emisí, zařízení nouzového zastavení, dvouruční ovládací zařízení a další. [1]

Příslušenství pro zdvihání je součást nebo zařízení, které umožňuje uchycení břemene a nachází se mezi strojním zařízením a břemenem. Toto příslušenství se na trh dodává samostatně. Vázací prostředky a jejich součásti jsou taktéž považovány za příslušenství pro zdvihání. [1]

1.1.2 Terminologie výrobku

Výrobek je jakákoliv věc, která byla vyrobena, vytěžena nebo získána jiným způsobem. Taková věc může být uvedena na trh jako nová nebo použitá bez ohledu na fázi jejího zpracování. [2]

Uvedení na trh je první dodání výrobku na trh v rámci obchodní činnosti jako předání, nabídnutí k předání nebo převod vlastnického práva k výrobku za účelem distribuce výrobku, nebo jeho spotřeby na trhu Evropské unie. [2]

Uvedení do provozu je okamžik, kdy je výrobek poprvé použit jeho uživatelem v členských státech Evropské unie k účelu, pro který byl sestrojen. V případě uvedení výrobku do provozu na pracovišti se uživatelem rozumí zaměstnavatel. [2]

Výrobce je osoba vyrábějící nebo navrhující výrobek, v některých případech stanovených nařízením vlády může být výrobcem také osoba, která sestavuje, balí, zpracovává nebo označuje a má zájem ho uvést na trh pod svým jménem, popřípadě ochrannou známkou. Výrobcem se stává také osoba, která upravuje výrobek, který již byl na trh uveden takovým způsobem, které mohou ovlivnit jeho soulad s technickými požadavky.

Technické požadavky na výrobek jsou rozděleny do dvou skupin na:

1. Technické specifikace jako například úroveň jakosti, užitné vlastnosti, bezpečnost a rozměry, název výrobku, požadavky na balení, postupy posuzování shody s danými právními předpisy a technickými normami, výrobní metody a další procesy, které mají vliv na charakteristiku výrobku.
2. Jiné požadavky, které jsou nutné pro ochranu oprávněného zájmu nebo ochranu spotřebitele, které se týkají životního cyklu po jeho uvedení na trh nebo do provozu jako například způsob recyklace, podmínky pro používání, opětovné použití či

zneškodnění výrobku. Tyto požadavky jsou uvedeny, pokud mohou významně ovlivnit složení nebo povahu výrobku nebo jeho uvedení na trh či do provozu. [2]

1.1.3 Terminologie automaticky naváděných vozíků

Systém automaticky naváděných vozíků je kombinace jednoho nebo více automaticky naváděných vozíků a pomocných komponent, které ovládají a řídí jeden nebo více automaticky naváděných vozíků. [3]

Cesta je plocha, po které se pohybuje automaticky naváděný vozík při vyzvedávání nákladu a jeho přemístování na dané místo. [3]

Úniková cesta je cesta pro osoby, kterou je nutné využít při útěku v případě nebezpečí. [3]

Náklad je břemeno, které je určeno pro manipulaci pomocí automaticky naváděného vozíku. [3]

Manipulace s nákladem je činnost, kterou automaticky naváděný vozík provádí s nákladem jako například zvedání, spouštění, přeprava atd. [3]

Prostředky pro detekci osob je systém prvků, který detekuje osoby pohybující se v dráze, na jejichž základě je schopen automaticky naváděný vozík zpomalit, nebo kompletně zastavit svůj pohyb. [3]

Provozní zóna je pracovní plocha vymezená pro pohyb automaticky naváděného vozíku. V této zóně se nachází **nebezpečné provozní zóny**, kde může osobám hrozit nebezpečí například při nakládání a vykládání, zatížení automaticky naváděného vozíku břemenem nebo průjezdu dvou a více automaticky naváděných vozíků kolem sebe. [3]

Vymezená zóna je uzavřený pracovní prostor automaticky naváděného vozíku, který má zabránit přístupu osob. [3]

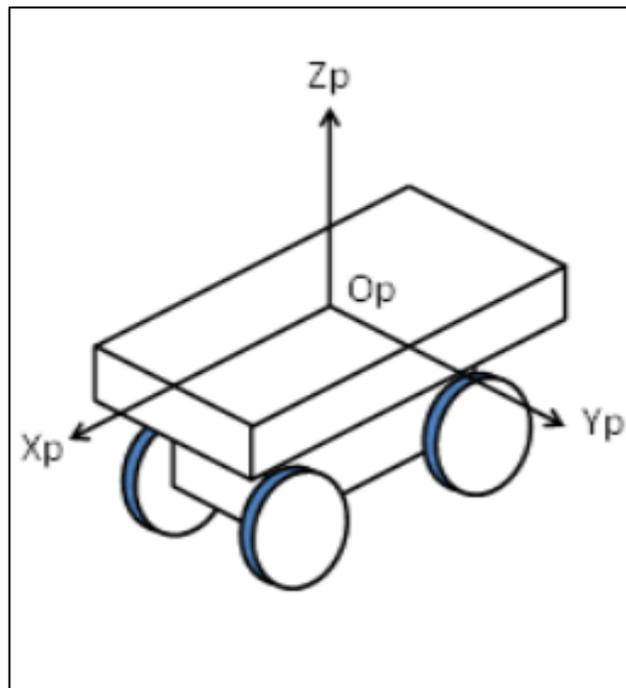
Veřejná zóna je prostor vymezený pro všechny osoby bez zvláštního školení, pokynů nebo povědomí. [3]

Zakázaná zóna je provozní prostor automaticky naváděného vozíku, do kterého mohou vstupovat pouze oprávněné osoby. [3]

Nakládací/vykládací zóna je plocha, na které může automaticky naváděný vozík naložit nebo složit náklad jako například podlaha, regál atd. Toto místo musí být označeno. [3]

Směr jízdy je jeden nebo více směrů, kterými se automaticky naváděný vozík pohybuje dle specifikace výrobce. [3]

Souřadnicový systém vozíku je souřadný systém ($O_p - X_p - Y_p - Z_p$), který je vztažen ke komponentě automaticky naváděného vozíku, která zajišťuje jeho pohyb. [3]



Obrázek 1 Souřadnicový systém AGV.

Upraveno z [3]

Kde pohyb po ose $+X_p$ označuje pohyb vpřed, $-X_p$ označuje pohyb vzad. Boční směr označuje osa Y_p a osa O_p označuje směr otáčení automaticky naváděného vozíku. V praxi se poté využívá pohyb po více osách zároveň pro dosažení zamýšleného pohybu.

Jmenovitá nosnost je hmotnost udávaná v kilogramech výrobcem na základě pevnosti komponentů a stability, kterou je automaticky naváděný vozík schopen unést, zvednout a uložit do standardní výšky zdvihu a při standardní poloze těžiště. [3]

Skutečná nosnost je hmotnost vyjádřená v kilogramech, stanovená výrobcem na základě pevnosti komponentů a stability vozíku, kterou je schopen automaticky naváděný vozík nést, zvednout a uložit do stanovené výšky při specifické poloze těžiště a dosahu, je-li to vhodné během normálního provozu. [3]

1.2 Legislativa

V této kapitole jsou rozebrány právní předpisy platné v České republice, které jsou zaměřeny na problematiku konstrukce a provozu strojních zařízení. Tato legislativa definuje technické požadavky pro výrobky, které mají potenciál ve větší míře ohrozit zdraví a život osob a také ohrozit majetek, životní prostředí nebo jiné chráněné zájmy.

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

„Tento zákon 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.*

(2) Tento zákon dále upravuje v návaznosti na přímo použitelný předpis Evropských společenství akreditaci subjektů posuzování shody.“ [2]

Zákon č. 22/1997 udává povinnost výrobcům, dovozcům a distributorům na trh Evropské unie dodávat pouze výrobky, které budou bezpečné pro jejich uživatele i okolí. Za bezpečný výrobek je považován takový, který po celou dobu své výrobce předepsané životnosti nepředstavuje pro jeho uživatele žádné riziko. V některých případech je přípustné, aby výrobek představoval minimální riziko. V takovém případě je však nutné zajistit adekvátní úroveň ochrany pro jeho uživatele. Zákon dále stanovuje technické požadavky a normy pro výrobky a postupy pro státní zkušebnictví. [2]

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 přídavná zařízení,*
- c) bezpečnostní součásti,*
- d) příslušenství pro zdvihání,*
- e) řetězy, lana a popruhy,*
- f) odnímatelná mechanická převodová zařízení,*
- g) neúplná strojní zařízení.“ [1]*

Nařízení definuje základní pojmy používané ve spojitosti se strojním zařízením a definuje základní požadavky, které musí strojní zařízení splňovat. Taktéž udává podmínky, které musí být splněny při uvádění na trh nebo do provozu. Zároveň upravuje postupy při posuzování shody strojního zařízení i strojního zařízení neúplného. V závěru nařízení pojednává o omezování platnosti dokumentů, způsobu označení CE, oznámení o uložení ochranného opatření, autorizaci a notifikaci. [1]

1.3 Normy

Technické normy jsou dokumentované dohody, které obsahují specifikace, směrnice, předpisy a další kritéria, které zajišťují určitou úroveň kvality, spolehlivosti či bezpečnosti výrobku. Tyto normy mohou být zpracovány na úrovni podnikové, národní (ČSN, DIN), mezinárodní (EN, ISO, IEC) až nadnárodní. Je také možné se setkat s národními normami, které vycházejí z nadnárodních, v takovém případě nesou označení například ČSN EN. Technické normy jsou však kvalifikované jako doporučení a není povinností výrobců je dodržovat. [4], [5]

Technické normy se dále dělí na tři typy, a to na typ A, B a C. Normy typu A jsou základní normy, které poskytují základní definice, zásady konstrukce a další aspekty, které je možné aplikovat na strojní zařízení. Tento typ norem však nepostačuje k zajištění shody s příslušnými nařízeními. [6], [7]

Normy typu B jsou základní normy, které se zabývají bezpečností nebo druhem ochranných zařízení, které je možné použít pro více druhů strojních zařízení. Normy typu B je možné

dále dělit na typ B1, která se zabývá určitými aspekty bezpečnosti a na typ B2, který je zaměřen na ochranné zařízení. [6], [7]

Normy typu C obsahují speciální požadavky a předpisy, které jsou určeny pro úzké skupiny strojních zařízení jako jsou například hydraulické lisy, balící stroje atd. V případě odchylky požadavků normy typu C mezi normami typu A, B, mají požadavky v normě typu C přednost a je tedy nutné se řídit požadavky určenými pro konkrétní strojní zařízení. [6], [7]

1.3.1 ČSN EN ISO 3691-4 – Manipulační vozíky – Bezpečnostní požadavky a ověření – Část 4: Průmyslové vozíky bez řidiče a jejich systémy

Norma je zaměřena přímo na automaticky naváděné vozíky, pro které definuje bezpečnostní požadavky, systémy a prostředky, kterými je možné otestovat správnou funkci bezpečnostních prvků. Nevztahuje se na automaticky naváděné vozíky, které jsou vedeny pomocí mechanických prostředků jako jsou například kolejnice ani na vozíky, které jsou řízeny pomocí dálkového ovládání. V první části normy jsou definovány základní pojmy spojené s automaticky naváděnými vozíky. Dále jsou v dokumentu uvedeny jednotlivé bezpečnostní požadavky a/nebo ochranná opatření a/nebo opatření ke snížení rizika a jednotlivé možnosti, jak ověřit správnou funkci jednotlivých bezpečnostních opatření. [3]

Příloha A je normativní a definuje požadavky na přípravu pracovní zóny systému automaticky naváděných vozíků. Je zde definována například maximální rychlost vozíků, minimální rozměry cesty kolem pracovní plochy automaticky naváděných vozíků sloužící jako únikové cesty atd. [3]

Příloha B má za úlohu informovat a seznámit uživatele automaticky naváděných vozíků s nebezpečím, nebezpečnými situacemi a událostmi spojenými s jejich používáním. Všechny tyto nebezpečí a nebezpečné situace jsou sepsány v tabulce a rozděleny dle typu nebo původu jako například mechanické nebezpečí, elektrické nebezpečí atd. Následně jsou uvedeny potenciaální následky, které může nebezpečí způsobit a v posledním sloupci jsou sepsány možné požadavky na zabezpečení. [3]

Příloha C slouží ke stanovení jmenovité kapacity, kterou je možné vypočítat pomocí hmotnosti břemene a poloze těžiště. [3]

Příloha D má úlohu informovat uživatele o způsobech nakládání a vykládání břemene pomocí automaticky naváděného vozíku a zároveň popisuje jednotlivé části, které se podílí na zvedání či přemísťování břemen. [3]

Příloha E se zabývá ověřením správné funkce bezpečnostních požadavků a/nebo ochranných opatření a/nebo opatření pro snížení rizik. Jednotlivé prvky jsou sepsány do tabulky a vždy je u nich uveden vhodný typ kontroly jejich funkce. [3]

1.3.2 ČSN EN 1175 – Bezpečnost motorových vozíků – Požadavky na elektrické a elektronické systémy

Norma je zaměřena na bezpečnostní požadavky týkající se všech elektrických a elektronických součástí průmyslových vozíků, které jsou v normě podrobně popsány a je vysvětlena jejich funkce. Norma také specifikuje minimální úroveň výkonu, který je požadován pro bezpečnostní funkce realizované bezpečnostními částmi řídicích systémů. Popisuje jednotlivé zkušební postupy, které potvrdí správnou funkci a bezpečnost systémů. [8]

Dále napomáhá k prevenci a minimalizaci nebezpečí, které mohou nastat při používání nebo během údržby automaticky naváděného vozíku. Obsahuje seznam významných nebezpečí a situací, které mohou nastat a byly identifikovány na základě posouzení rizik u průmyslových motorových vozíků. Všechna tato nebezpečí vyžadují bezpečnostní opatření k eliminaci nebo snížení případného rizika. [8]

1.3.3 ČSN EN 12895+A1 Manipulační vozíky – Elektromagnetická kompatibilita

Jedná se o evropskou normu, která se zaměřuje na průmyslové vozíky a na jejich elektrické/elektronické systémy při jejich používání v obytných a komerčních prostorách, v lehkém průmyslu a v průmyslovém prostředí. Norma specifikuje mezní hodnoty pro elektromagnetické vyzařování a odolnost vůči vnějším elektromagnetickým polím v okolí automaticky naváděného vozíku. [9]

V normě je popsán postup při provádění jednotlivých testů a potřebné přístroje pro jejich správné provedení. Testy elektromagnetických emisí se provádějí jak při setrvání vozíku v klidu bez naloženého břemene, tak při přepravě břemene. Součástí testování je také test odolnosti proti elektrostatickému výboji a test odolnosti vůči vnějšmu elektromagnetickému vyzařování. V závěru normy je popsána podoba výsledného dokumentu se závěrem měření. [9]

1.3.4 VDMA

Jedná se o normu, která je zaměřena na rovnost podlah, po kterých se pohybují vysokozdvizné vozíky. Dle normy se měří výškový rozdíl, mezi levým a pravým kolem, přičemž

je brán ohled na rozteč kol a výšku zdvihu AGV (čím větší je rozteč kol a nižší výška zdvihu, tím větší je tolerance). Podlahy dle normy musí splňovat tyto předpoklady:

- Rovnost plochy, po které se vozík pohybuje.
- V oblasti, kde jezdí AGV nesmějí být spáry, kanály, a další nerovnosti.
- Podlaha musí být udržovaná, zbavená nečistot, kapalin a dalších překážek.
- Svodný odpor podlahy nesmí překračovat $10^6 \Omega$.

Splněním normy VDMA je zajištěna větší efektivita a snížení šance na poruchy automaticky naváděných vozíků. [10]

1.4 Certifikát shody

Prohlášení o shodě je dokument, kterým výrobce prohlašuje, že jeho výrobek splňuje potřebné požadavky dané směrnicemi či vládními nařízeními. Dokument je potřeba doložit, při uvádění výrobku na trh. To se týká všech výrobků, které dle zákona č. 22/1997 Sb., o technických požadavcích na výrobky spadají do kategorie regulované. Tyto výrobky představují zvýšenou míru ohrožení oprávněnému zájmu. [1], [2], [11]

Výrobek je taktéž nutné označit značkou CE. Označení musí být viditelné, čitelné a nesmazatelné. Zároveň musí splňovat minimální rozměr (větší než 5 mm) s výjimkou malých strojních zařízení a musí být umístěno v blízkosti jména výrobce nebo jeho zplnomocněného zástupce stejnou technikou. [1], [2], [11]



Obrázek 2 Označení CE [11]

1.4.1 Zákon č. 90/2016 Sb., o 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.“ [12]*

Zákon zpracovává příslušné předpisy Evropské unie týkající se uvádění výrobků na trh a upravuje postup státních orgánů při ochraně trhu před výrobky, u kterých je riziko ohrožení života, zdraví, majetku, životního prostředí nebo jiného veřejného zájmu. Zákon také definuje pojmy používané v souvislosti s dodáváním výrobků na trh a udává povinnosti výrobců, zplnomocněných zástupců, dovozců, a distributorů při dodávání výrobků na trh Evropské unie. Dále zákon upravuje způsob posuzování shody dle kategorie a účelu výrobku a definuje pokuty za porušení výše uvedených nařízení či zneužití označení CE v souvislosti s dodáváním výrobků na trh a jejich ověřováním. V závěru zákona jsou zmíněny společná, přechodná a zmocňovací ustanovení. [12]

1.5 Řízení rizik

Jedná se o proces, při kterém se organizace nebo subjekt snaží zamezit již existujícím nebo budoucím hrozbám pomocí návrhu vhodných bezpečnostních opatření. Tyto bezpečnostní opatření mají za úkol minimalizovat závažnost dopadu a zároveň snížit pravděpodobnost

výskytu událostí, které by mohli mít negativní vliv na aktiva organizace či jednotlivce. [13], [14]

1.5.1 Základní pojmy

Aktivum může být cokoliv, co má pro jeho vlastníka peněžní, emocionální či jinou hodnotu, která může být zmenšena nebo úplně zničena působením hrozby. Aktiva mohou být hmotná jako například finanční prostředky, cenné papíry, vybavení firmy, nemovitosti a aktiva nehmotná jako například informace, výrobní tajemství, autorská práva, kvalita personálu atd. [13], [14]

Zranitelnost je brána jako nedostatek nebo slabina aktiva, které zneužívá hrozba pro uplatnění svého nežádoucího vlivu. Zranitelnost je tedy vlastnost každého aktiva a vyjadřuje, jak je aktivum citlivé na působení hrozby. Základní charakteristikou zranitelnosti je její úroveň, která je vyjádřena pomocí citlivosti a kritičností aktiva. [13], [14]

Hrozba je síla, událost, aktivita nebo osoba, která negativně působí na aktivum, nebo bezpečnostní opatření chránící aktivum. Hrozby lze rozdělit na vnitřní (procesní hrozby, personální hrozby, věcné hrozby) a na vnější (ekonomické, technologické, legislativní). [13], [14]

Zdroj hrozby může být jakýkoliv faktor, který ovlivňuje cíle, procesy a projekty dané organizace. [13], [14]

Riziko vzniká vzájemným působením hrozeb a aktiv a dá se vyjádřit jako kombinace pravděpodobnosti výskytu dané situace a jejím dopadem na aktivum. [13], [14]

Bezpečnostní opatření může být bráno jako proces nebo prostředek, který je navržen za účelem minimalizace působení rizika. Snížení rizika může být dosaženo:

1. Snížením zranitelnosti aktiva
2. Eliminací zdrojů hrozby
3. Snížení pravděpodobnosti vzniku mimořádné události
4. Snížení závažnosti dopadu mimořádné události na aktivum [13], [14]

Bezpečnostní opatření jsou charakterizovány jejich efektivitou a náklady, které je nutné do opatření investovat. Každé bezpečnostní opatření by tedy mělo být přiměřené danému aktivu, které má za cíl chránit. [13], [14]

Zbytkové riziko je riziko, které nebylo ošetřeno pomocí bezpečnostního opatření, nebo stále zůstává i po zavedení opatření. Toto riziko bývá velmi nízké úrovně a nepřesahuje referenční úroveň rizika. Takové riziko je tedy pro organizaci akceptovatelné a není nutné zavádět další ochranná opatření. [13], [14]

1.5.2 Proces řízení rizik

Proces řízení rizik pomáhá organizaci zjistit jaké hrozby mohou v organizaci působit, která aktiva mohou jednotlivé hrozby ohrozit a jaké mohou být následky jejich působení. Díky procesu řízení rizik je tedy možné odhalit možná rizika, určit jejich úroveň a zavést potřebné bezpečnostní opatření pro zmírnění pravděpodobnosti či následků působení hrozby. Celý proces je možné rozložit do několika fází. [13], [14]

Komunikace a konzultace pomůže zainteresovaným osobám pochopit lépe rizika, na základě kterých jsou přijímána rozhodnutí a důvody zavádění bezpečnostních opatření. Komunikace a konzultace je především zaměřena na:

- Spojení rozdílných oblastí povědomí a zkušeností pro jednotlivé kroky procesu řízení rizik
- Zajištění různých pohledů na jednotlivá rizika při stanovení kritérií rizik a jejich hodnocení
- Zajištění potřebných informací pro usnadnění rozhodování a dohledu nad riziky
- Budování pocitu vzájemnosti a vlastnictví mezi osobami, které riziko ovlivňuje [13], [14]

Rozsah, kontext a kritéria a jejich správné stanovení pomáhá přizpůsobit proces řízení rizik tak, aby bylo možné efektivně posoudit rizika a navrhnout vhodné opatření pro jejich eliminaci. [13], [14]

Stanovení rozsahu organizace určí rozsah činností v oblasti řízení rizik, který může být aplikován na různých úrovních (strategické, provozní, programové, projektové a další). Během stanovení rozsahu se uvažuje nad:

- Cíli a rozhodnutími, které je třeba určit.
- Očekávanými výstupy z jednotlivých kroků, které budou v rámci procesu učiněny.
- Časem, místem, specifickými včleněními a výjimkami.

- Zvolení vhodných nástrojů a technik pro posuzování rizik.
- Požadovanými zdroji, odpovědností a záznamy.
- Vztahy procesu řízení rizik mezi jinými projekty, procesy a činnostmi. [13], [14]

Kontext je možné rozdělit na externí a interní, dle prostředí, ve které organizace usiluje o dosažení svých cílů. Stanovení kontextu procesu řízení rizik by měl být na základě porozumění externímu a internímu prostředí, ve kterém organizace provozuje své činnosti. Kontext je důležité pochopit z důvodu, že:

- Řízení rizik probíhá v kontextu cílů a činností, které organizace provozuje.
- Zdrojem rizika mohou být také organizační faktory.
- Cíle a rozsah procesů řízení rizik může mít propojení s cíli organizace jakožto celku. [13], [14]

Stanovení kritérií rizik slouží k hodnocení významnosti jednotlivých rizik a zároveň podpoře procesů rozhodování. Tato kritéria musí být v souladu s rámcem řízení rizik a upravena pro specifický účel a rozsah činností, na které je řízení rizik zaměřeno. Kritéria jednotlivých rizik odráží hodnoty organizace a při jejich stanovení by měly být zohledněny povinnosti organizace a názory stran, které jsou zapojeny do procesu řízení rizik. Všechna stanovená kritéria je nutné v průběhu neustále přezkoumávat a případně doplňovat. Při nastavování kritérií je nutné se zaměřit na:

- Charakter a typ nejistot, které mohou mít vliv na výstupy a cíle organizace.
- Jakým způsobem budou stanoveny či změřeny následky a pravděpodobnosti výskytu.
- Faktory, které mohou souviset a být ovlivněny časem.
- Jakým způsobem je určena míra rizika.
- Jakým způsobem je brán ohled na kombinace a následky násobných rizik.
- Kapacity organizace. [13], [14]

Posuzování rizik je cílový proces identifikace, analýzy a hodnocení jednotlivých rizik. Tento proces by měl být prováděn systematicky, opakovaně a měly by být využity a zohledněny veškeré znalosti a názory stran, které jsou do procesu zapojeny. [13], [14]

Identifikace rizik je proces, jehož účelem je objevit a popsat rizika, která mohou ovlivnit funkci organizace. V této fázi je možné využít více existujících technik pro identifikaci rizik. Je důležité, aby se organizace zabývala všemi riziky, ať už zdroje rizik má nebo nemá pod kontrolou. [13], [14]

Analýza rizik pomáhá organizaci zjistit jaké hrozby mohou v organizaci působit, která aktiva mohou ohrozit a jaké mohou být následky jejich působení. Díky analýze rizik je tedy možné odhalit možná rizika, určit jejich úroveň a zavést potřebné bezpečnostní opatření pro zmírnění pravděpodobnosti či následků působení hrozby. Celý proces je možné rozložit do několika fází. [13], [14]

První fází je identifikace aktiv, při které se identifikují aktiva společnosti a určí se jejich hodnota na základě pořizovací ceny aktiva nebo na základě výnosů, kterými aktivum zajišťuje zisk organizaci. Do hodnoty aktiva se může promítnout jeho důležitost pro fungování organizace či jeho nahraditelnost. [13], [14]

Druhou fází je identifikace hrozeb, při které jsou identifikovány jednotlivé hrozby a jejich zdroje. V této fázi je možné využít seznamy obecných hrozeb a vybrat hrozby, které se mohou objevit v dané organizaci, nebo využít znalosti expertů na danou problematiku. Po identifikování všech možných hrozeb se provádí jejich kvantifikace. [13], [14]

Třetí fází je provedení identifikace zranitelnosti, při které dochází k odhalení slabých míst v organizaci a jejich kvantifikace. Zranitelnosti mohou zneužít hrozby, aby negativně působily na aktivum. [13], [14]

Třetí fází analýzy rizik je stanovení výsledného rizika pomocí kombinace hodnot posuzovaných kritérií. Výsledkem je úroveň rizika, které znázorňuje, jak moc je dané aktivum chráněno před působením hrozeb. [13], [14]

Hodnocení rizik je krok, kterým jsou osoby zapojené do procesu řízení rizik schopny podpořit nebo vyvrátit svá rozhodnutí. Při hodnocení rizik jsou porovnávány výsledky analýzy rizik se stanovenými kritérii rizika. Výsledné hodnocení tedy pomůže určit zúčastněným osobám zda:

- Neprovádět další bezpečnostní opatření.
- Zamyslet se nad dalšími bezpečnostními opatřeními.
- Provést další analýzu, která problém detailněji rozebere s cílem lepšího porozumění daného rizika.

- Ponechat a udržovat již zavedená opatření.
- Přehodnotit cíle organizace. [13], [14]

Veškeré získané výsledky a poznatky musí být zaznamenány a sdíleny s příslušnými úrovněmi organizace. [13], [14]

Ošetření rizik zahrnuje několik kroků, které je třeba vykonat pro eliminaci rizika. Tyto kroky jsou složeny z:

- Představení a výběru vhodného řešení z několika navržených možností.
- Naplánování a implementace zvoleného bezpečnostního opatření.
- Monitorování a zjištění efektivnosti implementovaného bezpečnostního opatření.
- Zjištění zbytkového rizika a rozhodnutí, zda je míra zbytkového rizika přijatelná nebo nikoliv.
- V případě nepřijatelné míry zbytkového rizika je nutné navrhnout další bezpečnostní opatření. [13], [14]

Možnosti ošetření rizik se dělí dle způsobu, jakým riziko eliminují na:

- Retence rizika – riziko zůstává neeliminováno, retence může být vědomá či nevědomá.
- Redukce rizika – bezpečnostní opatření, které redukuje míru rizika na nižší úroveň.
- Převod rizika – jedná se o opatření, které riziko přesune na jiný subjekt, který danému riziku zvládá čelit.
- Vyhnutí se riziku – bezpečnostní opatření které riziko neeliminuje, pouze zabrání uskutečnění zamýšlené akce, díky které by mohlo riziko nastat. [13], [14]

Monitorování a přezkoumání procesu řízení rizik by mělo být pravidelnou a plánovanou součástí procesu řízení rizik. Za tímto účelem bývá zvolena odpovědná osoba, která tuto činnost vykonává a v případě nedostatků či vad v zavedených procesech je nutné provést opravné či navrhnout jiné bezpečnostní opatření. Monitorování a přezkoumání by mělo správně probíhat ve všech fázích procesu řízení rizik. Tato činnost zajišťuje efektivnost, kvalitu a udržitelnost jak celkového procesu, tak zavedených bezpečnostních opatření. [13], [14]

Pro analýzu rizik v této práci byly zvoleny dvě metody. První metoda je dána požadavky firmy a je vypracována dle podkladů, které byly firmou poskytnuty. Jako druhá metoda byla zvolena FMEA. Tato metoda je vhodná pro analýzu rizik zaměřenou na procesy na výrobní lince.

Obě metody budou po jejich vypracování a vyhodnocení porovnány, aby bylo možné navrhnout optimální bezpečnostní řešení pro jednotlivé nebezpečné situace a zároveň, aby byly zjištěny případné nedostatky obou metod.

1.5.2.1 Analýza rizik dle požadavků firmy (Identifikace nebezpečí a vyhodnocení rizik)

Jedná se o metodu, při které je hodnota rizik graficky znázorněna v matici. Tato matice je rozdělena do tří sekcí, které představují prioritu, dle které se poté s rizikem dále pracuje.

V metodě se hodnotí závažnost, tedy následek nebezpečné situace a pravděpodobnost, která určuje, jaké je šance, že nebezpečná situace nastane. Obě tyto kritéria jsou hodnoceny dle číselné škály (nejčastěji od 1 do 5) a součinem těchto dvou hodnot je získána míra rizika. [15], [16]

1. Nízké riziko – situace s nízkou úrovní dopadu a nízkou pravděpodobností vzniku, tyto situace není nutné řešit.
2. Střední riziko – situace, kdy úroveň dopadu ani pravděpodobnosti na vznik není příliš vysoká, tato rizika je vhodné řešit po eliminaci situací s vysokým rizikem.
3. Vysoké riziko – situace s vysokou úrovní dopadu a s vysokou pravděpodobností na vznik, takové rizika se musí řešit přednostně. [15], [16]

Veškeré informace a data potřebné k analýze se zapisují do hodnotící tabulky. Základem tabulky je její hlavička, která určuje způsob zápisu jednotlivých informací a dat. Hlavička hodnotící tabulky je složena z názvů sloupců:

1. Oblast – místo výkonu práce nebo strojní zařízení, na které je analýza zaměřena
2. Aktivita – druh aktivity, který je při práci nebo chodu strojního zařízení vykonáván
3. Nebezpečí – zdroj nebezpečí
4. Riziko – nebezpečí, která mohou působit na aktiva
5. Popis nebezpečí, případně rizika – upřesňující popis nebezpečí a doplňující informace

6. Míra rizika – součin závažnosti a pravděpodobnosti jehož hodnota udává výslednou míru rizika bez bezpečnostních opatření
7. Implementované opatření – popis bezpečnostních systémů, které jsou již součástí oblasti či strojního zařízení
8. Míra rizika – součin závažnosti a pravděpodobnosti jehož hodnota udává výslednou míru rizika s bezpečnostními opatřeními
9. Další potřebné opatření – popis dalších potřebných bezpečnostních opatření, které eliminují míru rizika
10. Odpovědná osoba – osoba která zodpovídá za provedení zmíněných bezpečnostních opatření [17]

OBLAST = SPECIFICKÉ MÍSTO VÝKONU PRÁCE NEBO ČÁST STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ	AKTIVITA (šitání pásů, nastavování, výměna folie....)	NEBEZPEČÍ (např. horké povrchy, rotující části....)	RIZIKO (např. popálení, vtažení, požár....)	POPIS NEBEZPEČÍ, PŘÍP. RIZIKA (doplňující informace k nebezpečí, příp. projevy nebezpečí a okolnosti vzniku úrazu nebo nemoci z povolání)	MÍRA RIZIKA (výhodo)	IMPLEMENTOVANÉ OPATŘENÍ (technické, organizační, osobní: OOPP, SOP, školení, lékařské prohlídky, interlocks....)	MÍRA RIZIKA (konečná)	DALŠÍ POTŘEBNÉ OPATŘENÍ (technické, organizační, osobní: OOPP, SOP, školení, lékařské prohlídky, interlocks....)	ODPOVĚDNÁ OSOBA
					Z P R		Z P R		

Obrázek 3 Hlavička hodnotící tabulky pro analýzu rizik dle požadavků firmy [17]

1.5.2.2 FMEA

FMEA neboli v překladu analýza možností vzniku vad a jejich následků je systematická metoda řízení rizik, díky které je možné odhalit vady a poruchy ve výrobním procesu a jejich následky. Tato metoda se často používá již při návrhu nové výrobní linky nebo konstrukci strojního zařízení a jejím vypracováním zvyšujeme šanci na eliminaci vad a poruch. [18]

V metodě se hodnotí tři základní kritéria, a to závažnost, výskyt a odhalitelnost. Závažnost znázorňuje, v jaké míře je nebezpečná událost schopna ovlivnit funkci stroje či jak velké mohou být následky této nebezpečné situace. Výskyt znázorňuje, jak často k této situaci může dojít. Odhalitelnost představuje, jaká je šance, že si nebezpečné situace někdo všimne a dokáže jí předejít. Jednotlivé kritéria se hodnotí dle číselné stupnice (nejčastěji od 1 do 10). Součinem jednotlivých kritérií získáme míru rizika. Dle výsledné míry rizika je možné navrhnout bezpečnostní opatření a opakovat proces výpočtu míry rizika s ohledem na zavedená opatření. Cílem navržených bezpečnostních opatření je snížit míru rizika na přijatelnou úroveň. [18]

Veškeré informace a data potřebné k analýze se zapisují do hodnotící tabulky. Podobně jako u předešlé metody je základem tabulky její hlavička, která určuje způsob zápisu jednotlivých informací a dat. Hlavička hodnotící tabulky je složena z názvů sloupců:

1. Aktivum – objekt, na který je analýza zaměřena a který chceme chránit.
2. Typ hrozby – zařazení hrozby dle typu zdroje (mechanické, elektrické atd.).
3. Konkrétní hrozba – konkrétní hrozba, která může působit na aktivum.
4. Možné příčiny – popis příčiny vzniku dané hrozby.
5. Možné následky – popis následku působení hrozby.
6. Stávající opatření – popis již zavedeného opatření, které eliminuje míru rizika.
7. Význam, vznik a odhalení – jednotlivá posuzovaná kritéria zapisovaná v číselné hodnotě dle hodnotící škály.
8. Možné riziko – součin hodnot kritérií, který udává číselnou hodnotu možného rizika.
9. Návrh opatření – popis dalších bezpečnostních opatření, které eliminují míru rizika.
10. Význam vznik a odhalení – jednotlivá posuzovaná kritéria zapisovaná v číselné hodnotě dle hodnotící škály s ohledem na navržená bezpečnostní opatření.
11. Možné riziko součin hodnot kritérií, který udává číselnou hodnotu možného rizika s ohledem na navržená bezpečnostní opatření. [18]

Aktivum	Typ hrozby	Konkrétní hrozba	Možné příčiny	Možné následky	Stávající opatření	Význam	Vznik	Odhalení	Možné riziko	Návrh opatření	Význam	Vznik	Odhalení	Možné riziko
---------	------------	------------------	---------------	----------------	--------------------	--------	-------	----------	--------------	----------------	--------	-------	----------	--------------

Obrázek 4 Hlavička hodnotící tabulky pro metodu FMEA. Upraveno z [18]

1.6 Dílčí závěr

Porozumění základní terminologii, legislativním předpisům a normativním požadavkům týkajících se automaticky naváděných vozíků je základem při návrhu a implementaci těchto vozíků do průmyslového prostředí. Znalost terminologie a legislativních požadavků je klíčová pro správné porozumění a dodržování pravidel týkajících se provozu AGV. Normy a standardy poskytují rámec pro bezpečnou konstrukci, instalaci a provoz AGV, a proto je důležité je při implementaci dodržovat. Je také nutné porozumět certifikaci shody, která

potvrzuje, že daný automaticky naváděný vozík splňuje veškeré požadavky dané legislativou a normami.

Řízení rizik je zásadní součástí procesu plánování a provozu AGV, protože umožňuje identifikovat potenciální nebezpečí a zranitelné body v provozním prostředí. Tímto způsobem lze navrhnout a implementovat účinná opatření pro minimalizaci rizik a zajištění bezpečného provozu AGV. Při správně provedené analýze rizik lze dosáhnout optimální rovnováhy mezi efektivitou, produktivitou a bezpečností v průmyslovém provozu.

2 SOUČASNÝ STAV PROBLEMATIKY BEZPEČNOSTI AGV NA PODNIKOVÝCH LINKÁCH

V této části práce jsou popsány automaticky naváděné vozíky a jejich systémy. AGV lze rozdělit na několik typů dle jejich účelu a způsobu přepravy břemene. Nedílnou součástí AGV je jejich naváděcí systém a způsob jakým se pohybují. V závěru kapitoly jsou popsány jednotlivé bezpečnostní prvky, které zaručují bezpečný provoz AGV.

2.1 Popis AGV

Zkratka AGV označuje jedno nebo skupinu samo navigačních vozidel vybavené zvedacím nebo upínacím zařízením, které se mohou pohybovat a přemísťovat palety nebo jiná břemena bez zásahu obsluhy. Vozíky jsou schopny provádět běžné logistické operace jako je nakládání a manipulace s břemeny, jejich přepravu, balení a skenování čárových nebo jiných kódů na břemenech. Díky jejich širokému spektru použití se dají využít v mnoha oblastech průmyslu. [19], [20], [21]

2.1.1 Druhy AGV

Důsledkem různorodého typu skladování či přepravě výrobků vzniklo také více typů automaticky naváděných vozíků, které jsou navrženy právě za tímto účelem. Automaticky naváděné vozíky je možné rozdělit do několika skupiny, které se od sebe liší vzhledem, způsobem převozu palety nebo jiného břemene. [20], [21]

Podjezdové AGV jsou nízké menší vozíky, které jsou navrženy, aby podjeli pod mobilní regál s kolečky a pomocí systému „pin hook“ mobilní regál uchytily a bezpečně převezly. Celá váha břemene je tedy rozložena na mobilním regálu a AGV jej pouze převáží. Tyto mobilní regály jsou často používány v automobilovém průmyslu. Hlavní výhodou je možnost transportu regálu i za pomoci tlačení operátorů, což v případě poruchy AGV nemusí znamenat kompletní zastavení provozu. [20], [22], [23]

Druhou možností uchycení palety na podjezdový AGV je za pomoci zdvihu. AGV podjede pod paletu vyzdviženou na konstrukci a pomocí zdvižení plošiny ji nabere a převezde na určené místo, které je k tomu uzpůsobeno, podobně jako místo odkud AGV paletu naložil. [22], [23]



Obrázek 5 Podjezdové AGV [23]

Vysokozdvížené AGV jsou navrženy podobně jako klasické vysokozdvížené vozíky pro přepravu břemen umístěných na paletách a mají velkou škálu využití. Vysokozdvížený vozík AGV nabere paletu pomocí vidlic a převeze ji na požadované místo. Jejich využití je hlavně ve skladech, kde je výhodou možnost ukládání palet s břemeny do regálů, kde mohou být uskladněny ve větších výškách z důvodu využití prostoru. [20], [24]



Obrázek 6 Vysokozdvížené AGV [25]

Tahače AGV jsou určeny k tažení jednoho nebo více vozíků, košů nebo přívěsů s břemeny. AGV je vybaveno automatickým přípojným zařízením umožňující připojení či odpojení vozíku s nákladem bez nutnosti zásahu obsluhy. Hlavní výhodou tohoto typu AGV je možnost transportu většího množství nákladu rozmístěného na více vozících, které je AGV tahač schopen za sebou táhnout a jeho využití je tak možné v mnoho odvětvích průmyslu. [20], [21], [24], [26]



Obrázek 7 Tahač AGV [26]

Těžkotonážní AGV je určeno pro přepravu objemných břemen s velkou hmotností a jsou využívány v těžkém průmyslu například pro převoz odlitků, svitků, rolí plastů, papíru atd. Mohou být také konstruovány pro vkládání a vykládání polotovarů do lisů a jsou lépe přizpůsobeny vůči výkyvům teplot a náročnému pracovnímu prostředí Tyto AGV jsou většinou speciálně konstruovány právě pro jednu činnost. [24], [27]



Obrázek 8 Těžkotonážní AGV [27]

AGV jsou také děleny dle prostředí ve kterém pracují na vnitřní a venkovní. AGV určené pro venkovní používání musí být na rozdíl od vnitřních konstruovány tak, aby mohly překonávat různé nerovnosti a zvládaly odolávat změnám teplot a dalším venkovním vlivům jako vítr, déšť, snížená viditelnost atd. Jsou určeny pro přepravu břemen mezi více výrobními halami závodu. [24]

2.1.2 Systém pohybu AGV

Jedná se o elektricky ovládaný systém, který je schopen uvést AGV do pohybu. Tento systém generuje točivý moment, který je přenášen na jedno nebo více hnacích kol.

K ovládní směru jízdy u AGV je možné využít systému ovládní pohonu, kdy má AGV dvě hnací kola a rozdílnou rychlostí kol je možné docílit zatočení AGV. Druhou možností je systém natáčení kol, kdy má AGV jedno nebo více kol a pomocí systému natočení těchto kol je AGV schopno zatáčet. [28]

AGV vozíky musí být vybaveny brzdovým systémem, který je konstruován za účelem zpomalení či úplného zastavení AGV při manipulaci s břemeny, v nebezpečných situacích nebo například při údržbě, dobíjení baterií a podobně. [29]

2.1.3 Systém navigace AGV

Navigační systém AGV je jedním z klíčových prvků AGV systémů, pomocí kterého jsou tvořeny trasy, po kterých se AGV pohybují při převozu nákladu. Existuje několik možností navigace, které je možné využít pro bezpečné a efektivní navádění AGV. [20], [30]

Navádění pomocí vodícího drátu je způsob, při kterém je do podlahy zabudován drát, kterým prochází střídavý proud, který generuje elektromagnetické pole. Ve přední části AGV je připevněna indukční cívka, která snímá elektromagnetické pole naváděcího drátu. Tento způsob zajišťuje bezpečnou navigaci při velkých i malých rychlostech a je vhodný pro všechny typy AGV. Je odolný proti nečistotám a jedinou nevýhodou je složitá a nákladná změna trasy. [30]

Navádění pomocí optických snímačů je typ navigace pomocí viditelné barevné čáry na podlaze (barevná páska nebo namalovaná čára). Toto značení sleduje optický snímač nebo kamera umístěna v přední části vozíku. Systém je schopen sledovat scénu před AGV a řídit se dle barevného značení. Výhodou je snadné vytvoření a provádění změn vodících čar. Nevýhodou systému může být složité snímání barevného značení při velkém množství nečistot na trase a špatné světelné podmínky, které zhoršují viditelnost značení. [30]

Navádění pomocí magnetické pásky funguje na podobném principu jako navádění pomocí optických snímačů. Na podlaze je nalepena magnetická páska a ve přední části AGV je namontován elektromagnetický snímač, který snímá magnetické pole pásky. Výhodou systému je stejně jako v případě barevné pásky snadná instalace a změna trasy, navíc je odolná proti nečistotám a špatné viditelnosti. Tato metoda není vhodná pro tvorbu složitějších tras z důvodu překrývání magnetických polí. [30]

Laserová navigace se používá u systémů AGV, kde je potřeba velká flexibilita trasy. Na vozíku je připevněn laserový skener, který vysílá a přijímá laserový signál. Vyslaný signál se odráží od odrazek umístěných v prostoru na stěnách, většinou na krajních bodech provozní zóny. Systém laserové navigace zajišťuje velkou přesnost identifikace pozice a směru jízdy AGV. [30]

Kamerová navigace je alternativní možností namísto laserové navigace. Provozní zóna, ve které se AVG pohybuje je snímána kamerovým systémem, který vyhodnocuje pozici AGV a je tak možné korigovat jeho směr jízdy a rychlost pohybu. Kamerový systém také zvládá detekovat překážky v dráze AGV a může tak upravit trasu, aby se AGV překážce vyhnulo. [30]

GPS navigace funguje na stejném principu jako navigace pro automobily. AGV je vybaveno GPS přijímačem, který je schopen pomocí satelitního signálu určit polohu AGV v provozní zóně. Navigace pomocí GPS se využívá hlavně u AGV používaných ve venkovním prostředí. [30]

Navádění pomocí radiového signálu využívá vysílání a přijímání radiového signálu mezi AGV, stanicemi a dalšími strategickými body v provozní zóně AGV. Systém je schopen pomocí radiových vln určit polohu AGV a případně upravit směr a rychlost jízdy. [30]

2.2 Bezpečnostní prvky AGV

Při přepravě nákladu musí být AGV schopny detekovat a registrovat okolní prostředí za účelem ochrany osob a majetku organizace. Z tohoto důvodu jsou AGV vybaveny moderními bezpečnostními prvky, které zabraňují kolizím jak s překážkami, tak i s osobami pohybujícími se v provozní zóně. Tyto prvky mohou pracovat na principu mechanickém, optoelektrickém, magnetickém atd. Výstupem prvku je binární nebo analogový signál, který je dále zpracováván v logických prvních bezpečnostního systému strojního zařízení. [31], [32], [33]

2.2.1 Bezpečnost osob a zamezení kolizím

Bezpečnostní systémy pro ochranu osob pohybujících se v provozní zóně a dalších překážek jsou nedílnou součástí AGV. Tyto bezpečnostní systémy jsou schopny detekovat osoby pohybující se v okolí AGV nebo překážky na cestě a zabránit srážce s nimi. V případě detekce osoby je schopen AGV zpomalit jízdu nebo úplně zastavit do doby, než osoba odejde do bezpečné vzdálenosti. V případě detekce překážky AGV vozík zastaví a vyčkává, než je překážka odstraněna. [32]

Tlačítko nouzového zastavení je dle normy ČSN EN 60204-1 ed.3 nezbytnou součástí každého automatizovaného stroje. Tlačítko je možné integrovat do ovládacího panelu nebo umístit přímo na AGV. V případě ohrožení zdraví či života osoby, poškození AGV nebo přepravovaného nákladu je toto tlačítko schopno okamžitě zastavit chod AGV. [34], [35]

Tlačítko nouzového zastavení musí být na stroji umístěno tak, aby bylo obsluze lehce přístupné, jeho funkce musí mít přednost před jakýmkoliv jinými povely, jeho resetování nesmí mít za následek opětovné spuštění stroje a musí být použit princip přímého stisknutí s mechanickou blokovací funkcí. [34], [35]



Obrázek 9 Tlačítko nouzového zastavení [35]

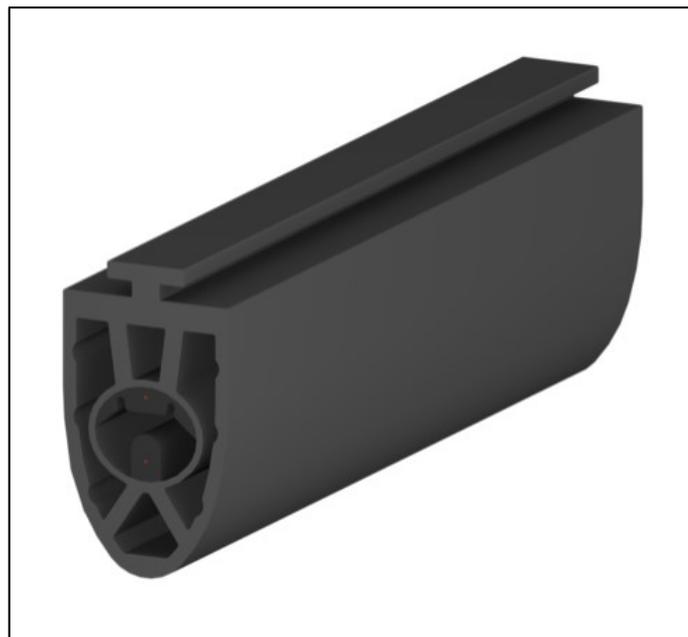
Bezpečnostní laserový skener se využívá k 2D monitorování nebezpečného prostoru ve směru jízdy AGV. Skener funguje na principu vysílání laserového paprsku a měření času, než se odrazí od překážky a vrátí zpět k senzoru. Výhodou bezpečnostního laserového skeneru je možnost nastavení více zón (výstražná, nebezpečná), při jejichž postupném narušování AGV postupně zpomalovat až do úplného zastavení. Tyto zóny a jejich tvar mohou být jednoduše nastaveny pomocí grafického uživatelského rozhraní. Skener je tedy schopen monitorovat prostor před AGV i v zatáčkách, kdy mění kontrolovanou zónu dle rádiusu zatáčky. [32], [33], [36], [37]

Bezpečnostní laserový skener je možné u AGV využít také k zamezení kolizím s překážkami, které se mohou nacházet ve větší výšce nebo vyčnívat do prostoru (zavěšená břemena na jeřábech, výrobky vyčnívající z palet či regálů). Běžně umístěný bezpečnostní skener není schopen tyto překážky detekovat. Za tímto účelem jsou bezpečnostní laserové skenery montovány tak, aby snímaly oblast nad vozíkem nebo vertikálně na hraně AGV. [32], [36], [37]



Obrázek 10 Bezpečnostní laserový skener [37]

Bezpečnostní spínací lišty jsou senzory umístěné na hranách či pohyblivých částech strojního zařízení, které chrání obsluhu při kontaktu se strojním zařízením. Lišty jsou vyrobeny z pryže a fungují na principu normálně otevřené smyčky. Při kontaktu s překážkou či osobou dojde k jejich promáčknutí a tím spojení kontaktů, které vyhodnotí vyhodnocovací jednotka a okamžitě zastaví pohyb strojního zařízení. Lišty je možné připevnit na hrany AGV, kdy při kontaktu s osobou nebo překážkou ihned zastaví pohyb a nedojde tak k zranění osoby či poškození překážky a AGV. [38]



Obrázek 11 Bezpečnostní spínací lišta [39]

Bezpečnostní snímání rychlosti a úhlu natočení kol je dalším bezpečnostním prvkem AGV. Snímač je připojen k elektromotoru pohánějící kolo neustále snímá jeho úhel natočení a rychlost, kterou se AGV pohybuje. Signál ze snímače je poté vyhodnocován a je dle něj možné upravovat nebezpečnou zónu dle toho, jakou rychlostí a směrem se AGV pohybuje. [32], [40]



Obrázek 12 Snímač rychlosti a úhlu natočení kol [32]

2.2.2 Manipulace s břemeny a jejich identifikace

Při manipulaci s břemenem je důležité zajistit jeho přesné umístění pro bezpečné a přesné převezení a následné uložení. Za tímto účelem jsou na AGV montovány různé druhy snímačů, které snímají výšku zdvihu, polohu nákladu a také snímání místa, kam má AGV břemeno vyložit. [32]

Lankové snímače pro měření výšky zdvihu vidlice se používají u AGV, které jsou schopny zvedat náklad a ukládat jej například do vyvýšených regálů. Snímač je namontován pod vidlicí AGV a lanko je připojeno k vidlici. Při zvedání vidlic se zároveň odvíjí lanko, pomocí kterého je měřena výška zdvihu. [32]

Optické snímače pracují na principu vyzařování laserového paprsku a měření času, než se po odrazu vrátí ke snímači. Pomocí těchto snímačů je podobně jako u lankových možné měřit zdvih vidlice ale také například hloubku zasunutí vidlic do palety. [32], [33]



Obrázek 13 Lankový a optický snímač [32]

Čtečka čárových a QR kódů je určena ke čtení kódů na přepravovaném břemenu nebo na regálu, kde má být břemeno uloženo. Systém je schopen pomocí naskenování kódu na břemenu určit místo jeho uložení ve skladu. Celkově tak napomáhá větší přehlednosti ve skladu. AGV bývá vybaveno dvěma snímači, které jsou umístěny tak, aby jeden skenoval kód břemene a druhý snímač skenoval kód na regálu. [32]



Obrázek 14 Čtečka kódů [32]

2.2.3 Bezpečnostní logické prvky

Tyto prvky jsou konstruovány, aby byly schopny zpracovávat a vyhodnocovat signály ze vstupních zařízení a následně vysílat signály do výstupních zařízení. V případě vyhodnocení nebezpečného stavu jsou logické prvky schopny odpojit pohyblivé části AGV od energie a tím zastavit jejich pohyb. Funkce a kontrola signálů pomocí bezpečnostních logických prvků musí být zajištěna ihned po spuštění AGV. [41]

Bezpečnostní relé je elektronický, speciálně navržený prvek bezpečnostního obvodu, ve kterém jsou připojeny další bezpečnostní prvky jako například tlačítko nouzového zastavení, světelné závory, ochranné kryty atd. Bezpečnostní relé vyhodnocuje signály z těchto vstupních prvků a v případě hrozícího nebezpečí je schopno nouzově zastavit strojní zařízení. [41]

Nouzové zastavení se dělí do tří kategorií. Nultá kategorie znamená okamžité zastavení, kdy dojde k odpojení pohonu od zdroje a zastavení všech pohyblivých částí stroje. První kategorií je kontrolované zastavení, kdy k odpojení pohonu od zdroje dojde až v klidovém stavu stroje a druhou kategorií je řízené vypnutí, při kterém zůstává napájení pohyblivých částí nepřerušeno. Nouzové zastavení druhé kategorie je možné použít pouze v případě potřeby, pokud to vyžadují technickobezpečnostní a/nebo funkční požadavky stroje. [41], [42]



Obrázek 15 Bezpečnostní relé [42]

2.2.4 Signalizace

Bezpečnostní signalizace má velkou roli v oboru bezpečnosti. Jednotlivé signalizační prvky jsou schopny upozornit obsluhu na nebezpečné, poruchové a další stavy. Tato signalizace může být realizována akusticky, opticky nebo jejich kombinací. [43]

Kontrolky mají úlohu signalizace stavů strojního zařízení. Díky těmto kontrolkám může obsluha snadno rozpoznat například mód, ve kterém AGV právě pracuje nebo některé z poruchových stavů. Mohou také signalizovat stav baterie, nutnost údržby atd. [43]

Maják slouží k optické signalizaci, která zajišťuje lepší viditelnost vozíku během přepravy břemene. Tento maják je nejčastěji umístěn na jeho horní části a napomáhá zviditelnit AGV v nepřehledných prostorech. [43]

Indikátor směru jízdy také nazývaný jako „blue spot“ nebo „floor spot“ je světelný indikátor, které svítí na podlahu ve směru jízdy AGV a včas upozorňuje osoby na dráhu jízdy AGV. Indikátor směru jízdy je možné namontovat jak ve směru jízdy, tak i ve směru nákladu. Tato identifikace tak může zvýšit komfort pracovního prostředí a snížit počet úrazů hlavně v nepřehledných výrobních prostorech. [43], [45]



Obrázek 16 Indikátor směru jízdy [45]

Bezpečnostní značky jsou nálepky se symboly znárodňující nebezpečí, které může hrozit při využívání a manipulaci se strojním zařízením. Tyto bezpečnostní značky upravuje norma ČSN EN ISO 7010, která definuje význam a kategorizuje je do jednotlivých skupin. Značky musí být umístěny na strojním zařízení na viditelném místě.[43], [46]

2.2.5 Ochranné kryty

Ochranné kryty jsou používány, aby byla obsluha chráněna před nebezpečím, které může nastat během provozu strojního zařízení a zároveň zabraňují nedovolené manipulaci. Jedná se tedy o fyzickou překážku, která může být tvořena pletivem, plechem, plexisklem atd. Problematikou ochranných krytů se zabývá norma ČSN EN ISO 14120, která definuje a popisuje jednotlivé typy krytů, které lze využít podle typu konstrukce strojního zařízení a vůči jednotlivým hrozbám, které chod strojního zařízení doprovází. Dále také definuje

způsoby uchycení krytů, jejich pevnost a způsob testování jejich odolnosti vůči jednotlivým hrozbám. [47], [48]

Pevný ochranný kryt je fyzická překážka pevně připevněná ke strojnímu zařízení za pomoci upevňovacích prostředků. Takový kryt není možné otevřít nebo sejmut bez použití k tomu určeného nářadí. Veškeré upevňovací prostředky musí být v případě sejmutí krytu spojeny s tímto ochranným krytem. [47], [48]

Pohyblivý ochranný kryt tvoří fyzickou bariéru, které je instalována na strojním zařízení v podobě víka, ochranných dveří a podobně. Tyto kryty musí být dodatečně vybaveny blokovacím zařízením, které je schopno monitorovat polohu krytu. V případě otevření ochranného krytu musí být strojní zařízení zastaveno, aby bylo eliminováno zranění obsluhy a opětovné spuštění stroje je možné až po uzavření pohyblivého ochranného krytu, případně zmáčknutí potvrzovacího tlačítka. [47], [48]

2.3 Dílčí závěr

Každý typ AGV má své specifické výhody, které jsou dány odvětvím průmyslu a jejich specifickému využití. Všechny AGV však musí být vybaveny navigačním systémem a bezpečnostními a dalšími elektrickými a elektronickými prvky, které zajišťují jejich schopnost bezpečně nakládat, převážet a pokládat břemena. Celý systém AGV musí být schopen během provozu komunikovat a reagovat na případné změny v průmyslových halách a skladech. Hlavní funkcí bezpečnostních prvků je zajištění ochrany lidí, materiálu a ostatních strojních zařízení, které se nachází v provozu. Použití moderních technologií u AGV umožňuje maximalizovat jejich efektivitu a zároveň bezpečnost během provozu v průmyslovém prostředí.

II. PRAKTICKÁ ČÁST

3 POPIS SOUČASNÉHO STAVU BEZPEČNOSTI AGV NA VYBRANÉ PODNIKOVÉ LINCE

Tato kapitola je zaměřena na popis současného stavu AGV na vybrané podnikové lince. Součástí kapitoly je popis modelového AGV a také jednotlivých komponent. Dále jsou také popsány provozní režimy, ve kterých je vozík schopen pracovat.

3.1 Popis AGV na vybrané podnikové lince

Na vybrané podnikové lince se nachází čtyři automaticky naváděné vozíky s možností ručního ovládní od značky Jungheinrich, konkrétní model ERE 225a. Jedná se o AGV s elektrickým pohonem a lithium-iontovou baterií, maximální rychlostí 7 km/h a maximální nosností 1,4 tuny. Vozík má délku 2,072 m, výšku 2,87 m a šířku 1,16 m. Vozíky jsou v provozu nonstop, jelikož na lince je zaveden nepřetržitý provoz. [43]

Tyto vozíky mají na starost převoz výrobků z výrobní linky do zapékacích komor, kde se výrobky určitou dobu zapékají a následný převoz výrobků ze zapékacích komor na navazující výrobní linku.

3.1.1 Komponenty AGV

AGV je vybaveno velkým množstvím komponentů, které společně zajišťují bezpečný a efektivní provoz. Mezi hlavní systémy patří:

Hydraulická soustava – tato soustava zajišťuje zdvih a spouštění břemene. Zdvih břemene je realizován pomocí čerpadla, které dodává hydraulický olej z nádrže do válce zdvihu. [43]

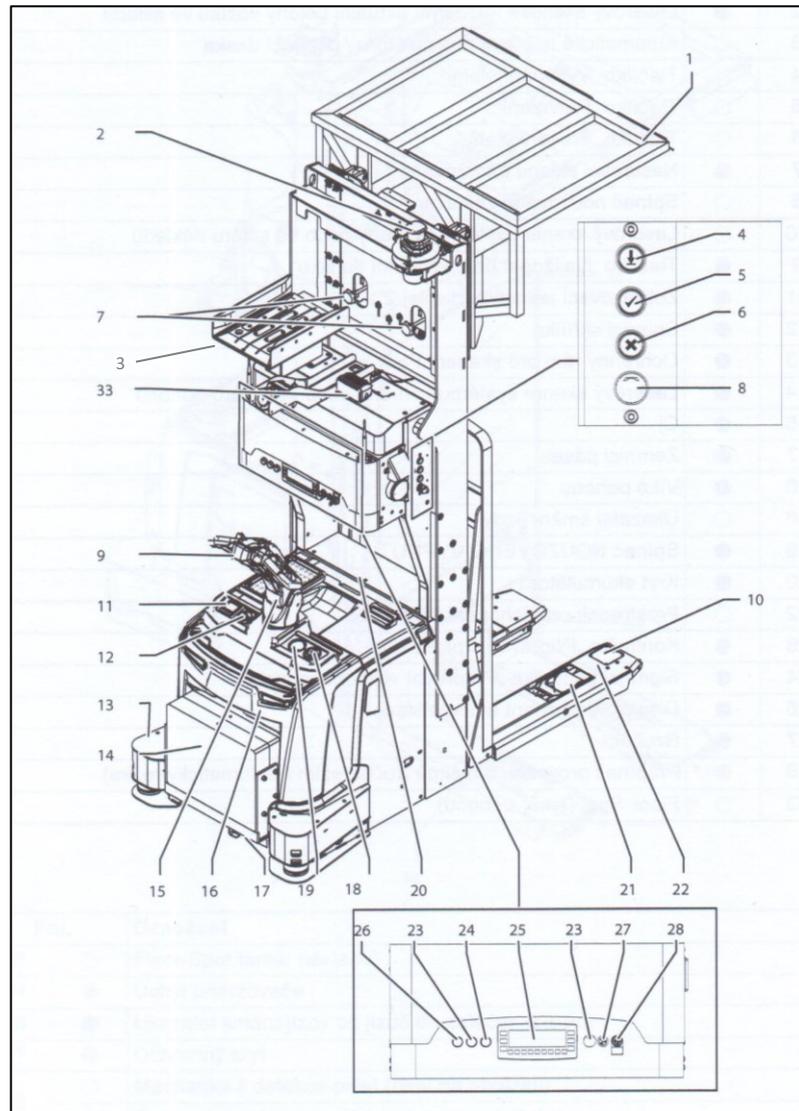
Zdvihové zařízení – soustava ocelových profilů a kladek, které zajišťují uchopení a zdvih břemene. [43]

Pohon pojezdu – pohon zajišťuje střídavý motor, který prostřednictvím úhlové převodovky pohání hnací kolo. Elektronické řízení pojezdu umožňuje systému plynulé řízení otáček i elektronicky řízené brzdění s rekuperací energie. [43]

Elektrická soustava – AGV je vybaven elektronikou pojezdu, zdvihu a řízení. Tyto elektrické soustavy jsou napájeny napětím 24 V. [43]

Lithium-iontový akumulátor – jedná se o vysoce výkonný akumulátor s dobíjecími a vysoce účinnými nabíjecími články. [43]

Bezpečnostní prvky – AGV je vybaveno velkým množstvím bezpečnostních prvků, jejichž umístění a funkce jsou popsány v kapitole Analýza současného zabezpečení AGV (4.4). [43]

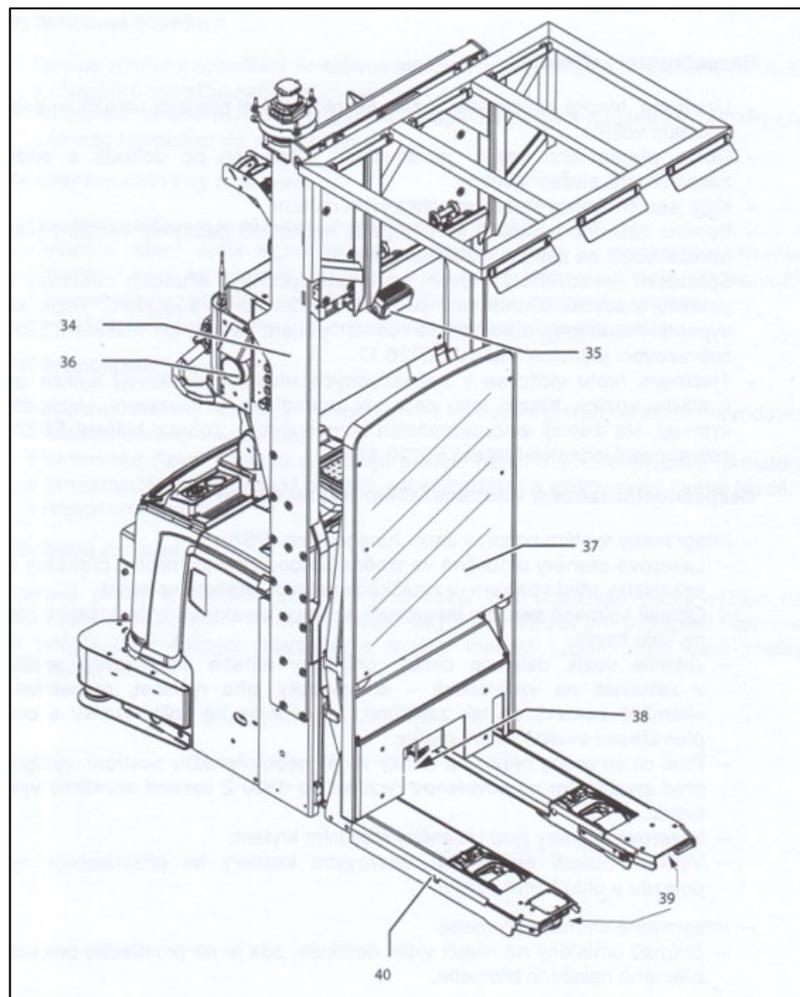


Obrázek 17 Komponenty AGV pohled ze směru pohonu [43]

Tabulka 1 Soupis a umístění komponentů AGV ve směru pohonu. Upraveno z [43]

Poloha	Označení
1	Přidržovač
2	Laserový skener k záznamu aktuální polohy
3	Automatické nabíjení akumulátoru / dobíjecí deska
4	Tlačítko „Vyžádání úlohy“
5	Tlačítko „Potvrzení“
6	Tlačítko „Zrušení úlohy“
7	Nastavení sklonu přidržovače
8	Spínač nouzového zastavení
9	Tlačítko „Najížděcí bezpečnostní tlačítko“
10	Laserový skener systému ochrany osob ve směru nákladu

11	Zobrazovací jednotka (displej)
12	Spínací skříňka
13	Ochranný rám pro skenery PPS
14	Laserový skener systému ochrany osob ve směru pohonu
15	Oj
16	Víko pohonu
17	Zemnicí pásek
18	Ukazatel směru jízdy
19	Spínač nouzového vypnutí
20	Kryt akumulátoru
22	Prostředek pro uchopení břemene
24	Signální kontrolka „Převážní vozík naveden“
25	Displej komponent automatizace
26	Kontrolka „Připraven k provozu“
27	Bzučák
28	Přepínač provozních režimů (ruční režim / automatický režim)
33	Floor-Spot (směr pohonu)



Obrázek 18 Komponenty AGV pohled ze směru nákladu [43]

Tabulka 2 Soupis a umístění komponentů AGV ve směru nákladu. Upraveno z [43]

Poloha	Označení
34	Úchyt přídržovače
35	Floor-Spot (směr nákladu)
36	Ukazatel směru jízdy při jízdě do zatáček (blikač)
37	Ochranný kryt
38	Senzor pro detekci palet
39	Tlačítko hrotů vidlic
40	Ramena vidlice (prostředek pro uchopení břemene)

3.1.2 Režimy provozu

Automaticky naváděný vozík je schopen pracovat ve dvou režimech, které je možné přepnout pomocí polohovatelného přepínače s klíčem.

V **ručním režimu** funguje AGV podobně jako běžný elektrický nízkozdvihový vozík. Řízení vozíku má na starost jeho obsluha, a to za pomoci oje a její součástí. Ruční režim se taktéž používá k počátečnímu navedení vozíku na trasu, kde je následně přepnut do automatického režimu. Při manipulaci s vozíkem v ručním režimu nejsou vyhodnocovány signály z bezpečnostních skenerů, které chrání před kolizí s obsluhou či překážkami. [43]

Ruční režim je taktéž používán při údržbě a čištění, kdy musí být vozík zaparkován na rovné ploše a zajištěn proti pohybu. Dále musí být vyjmut klíček z přepínače režimů a musí být odpojena baterie. [43]

V **automatickém režimu** přebírá řízení vozíku centrální počítač. V automatickém režimu je vozík schopen dle potřeby zvedat či spouštět břemeno, přepravovat zvednuté břemeno a automaticky odjet k nabíjecí stanici. Celý pracovní cyklus je složen z několika kroků:

1. Nabrání palety s výrobky z výrobní linky a jejich zajištění pro bezpečný převoz
2. Převoz výrobků z výrobní linky do zapékací komory
3. Tento proces se opakuje, dokud není zapékací komora naplněna
4. Poté se zapékací komora automaticky zavře a výrobky se zapečou (tento proces trvá cca 3 dny)
5. Během procesu zapékání vozík plní/vyprazdňuje ostatní zapékací komory
6. Po dokončení zapékacího cyklu se komora automaticky otevře
7. Vozík postupně odváží zajištěné palety do navazující výrobní linky k dalšímu zpracování

8. Po odvezení všech palet ze zapékací komory na linku se celý proces opakuje. Během provozu v automatickém režimu jsou vyhodnocovány signály ze všech bezpečnostních prvků AGV. [43]

3.1.3 Nabíjecí stanice

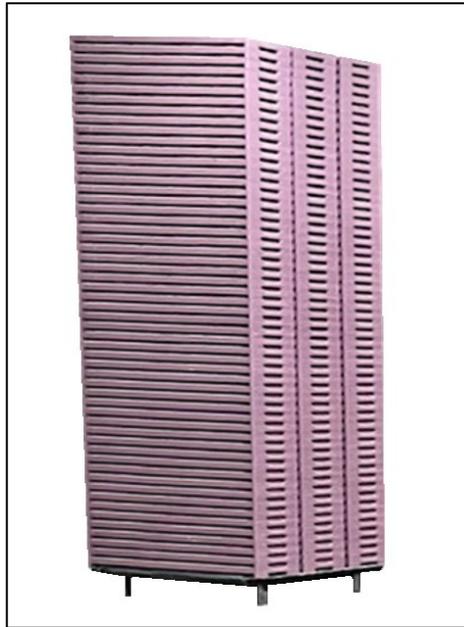
AGV je vybaveno lithiium-iontovou baterií, které je dobíjena pomocí dobíjecí stanice SLH 090i 24/300. Tato dobíjecí stanice je vhodná pro dobíjení lithiium-iontovou baterií. Nabíjecí napětí je 25,6 V a výstupní proud až 300 A. Dobíjecí stanice má stupeň krytí IP21. Baterie je nabíjena po propojení kontaktů nabíječky a nabíjecích kontaktů umístěných na AGV. V případě, kdy vozíku klesne procento nabití baterie pod úroveň 50 % může vozík automaticky přijet k nabíjecí stanici, v případě že úroveň nabití baterie klesne na 30 % vozík ihned automaticky odjede k nabíjecí stanici a jeho práci přebírá nabitý vozík. [44]



Obrázek 19 Nabíjecí stanice AGV [vlastní]

3.1.4 Břemeno

AGV na vybrané podnikové lince převáží pouze jeden typ břemene. Jedná se o kovovou konstrukci (stojan) na které jsou umístěny formy s polotovary. Formy s polotovary tvoří na stojanu tři sloupce o přibližné výšce 2,5m. Hmotnost tohoto břemene je přibližně jedna tona.



Obrázek 20 Převážené břemeno

[vlastní]

3.2 Dílčí závěr

Na vybrané podnikové lince se pohybují čtyři AGV značky Jungheinrich, konkrétní model ERE 225a. Vozíky mají na starost přepravu stojanu s výrobky do zapékacích pecí a jejich následnou přepravu na navazující výrobní linku. AGV mají velké množství komponentů, které plní specifické funkce. Jejich provoz je rozdělen do dvou režimů. V ručním režimu je vozík ovládán obsluhou za pomoci oje a dalších ovládacích prvků. V automatickém režimu ovládání přebírá centrální počítač. AGV je vybaveno lithium-iontovou baterií, která je dobíjena pomocí nabíječky SLH 090i 24/300. Přepravované břemeno je složeno ze dvou částí, a to kovového stojanu a na něm poskládaných forem s polotovary.

4 ANALÝZA RIZIK

První část této kapitoly je zaměřena na identifikaci jednotlivých aktiv společnosti, hrozeb a zranitelností. Následně na to je analyzováno aktuální zabezpečení AGV a jsou sepsány nejčastější poruchy, které se staly během testovacího provozu.

Poté je vypracována analýza rizik pomocí dvou metod, Analýzy rizik dle zadání firmy a Analýzy způsobů a následků poruch. Obě metody jsou v závěru vyhodnoceny a jejich výsledky jsou mezi sebou porovnány.

4.1 Identifikace aktiv

Identifikování aktiv je provedeno na základě fyzického pozorování a obhlídky výrobní linky s AGV a konzultací s obsluhou AGV. Jednotlivá aktiva jsou sepsána a seřazena od nejcennější po méně cenné. Mezi identifikovaná aktiva společnosti patří:

- Život a zdraví obsluhy AGV, obsluhy výrobní linky a dalších osob nacházejících se v objektu
- Výrobní prostor
- Automaticky naváděné vozíky
- Vybavení výrobního prostoru
- Výrobky a polotovary
- Další pracovní pomůcky

4.2 Identifikace hrozeb

Analyzování hrozeb je provedeno na základě využití normy ČSN EN ISO 3691-4, konkrétně podle přílohy B, ve které jsou sepsány jednotlivé hrozby, které doprovází provoz automaticky naváděných vozíků. Dalším zdrojem při analýze hrozeb byla fyzická prohlídka linky a AGV a konzultace s její obsluhou. Identifikovány byly tyto hrozby:

Mechanické hrozby

Do této kategorie spadají hrozby, které mohou vzniknout při kontaktu AGV a jeho pohyblivých částí s obsluhou nebo dalším vybavením linky. Mezi konkrétní hrozby lze zařadit například:

- Srážka s obsluhou
- Srážka s jiným paletovým vozíkem nebo překážkou

- Přitlačení obsluhy ke zdi, překážce nebo nakládanému břemenu
- Rozdrcení či amputace části těla mezi pohyblivými částmi AGV
- Pád přepravovaného břemene
- Převrácení AGV při najetí na nerovnost nebo překážku
- Přejetí části těla obsluhy nebo vybavení na zemi

V případě vzniku těchto hrozeb může dojít k ublížení na zdraví či životu obsluhy AGV a ostatních osob, pohybujících se v prostoru u AGV. Může také dojít k finančním ztrátám při poškození částí AGV nebo jiného vybavení linky.

Elektrické hrozby

Do této kategorie spadají hrozby, které mohou vzniknout při provozu AGV, jeho nabíjení nebo během údržby a mají souvislost s napájením jednotlivých elektrických komponent. Mezi konkrétní hrozby lze zařadit například:

- Kontakt s živou částí
- Elektromagnetické jevy
- Elektrostatické jevy
- Neionizující záření
- Zkrat
- Tepelná záření / přehřívání elektrických zařízení
- Požár

Následkem těchto hrozeb může dojít, podobně jako v předešlém případě, k ohrožení života a zdraví obsluhy a poškození AGV neboli finančním ztrátám.

Emise

Mezi emise se řadí hrozby, které jsou mnohdy nedílnou součástí provozu AGV a není možné je zcela eliminovat. Mezi tyto hrozby spadají například:

- Teplo
- Hluk
- Únik nebezpečných látek (oleje, maziva, chladicí kapaliny atd.)

Tato nebezpečí mohou taktéž způsobit ohrožení života a zdraví obsluhy a finanční ztráty. Při rozsáhlejším úniku maziva nebo oleje může dojít k znečištění životního prostředí či poškození polotovarů a výrobků.

4.3 Identifikace zranitelností

Analýza zranitelností byla provedena na základě pozorování výrobního procesu na lince s AGV a konzultací s obsluhou AGV. Zároveň byly využity vlastní zkušenosti ze zaměstnání v nepřetržitém provozu. Na základě těchto poznatků byly zranitelnosti rozděleny do dvou skupin:

Zranitelnost obsluhy AGV

Zranitelnosti obsluhy a ostatních pracovníků na lince lze charakterizovat jako chování a vlastnosti člověka, které mohou ve výsledku vést ke vzniku nehody. Tyto zranitelnosti je možné rozdělit na úmyslné a neúmyslné.

Úmyslné

- Ignorování / nedodržování bezpečnostních předpisů
- Obcházení bezpečnostních systémů
- Sabotáž provozu AGV

Neúmyslné

- Únava
- Nepozornost
- Ztráta respektu
- Nedostatečná znalost systému

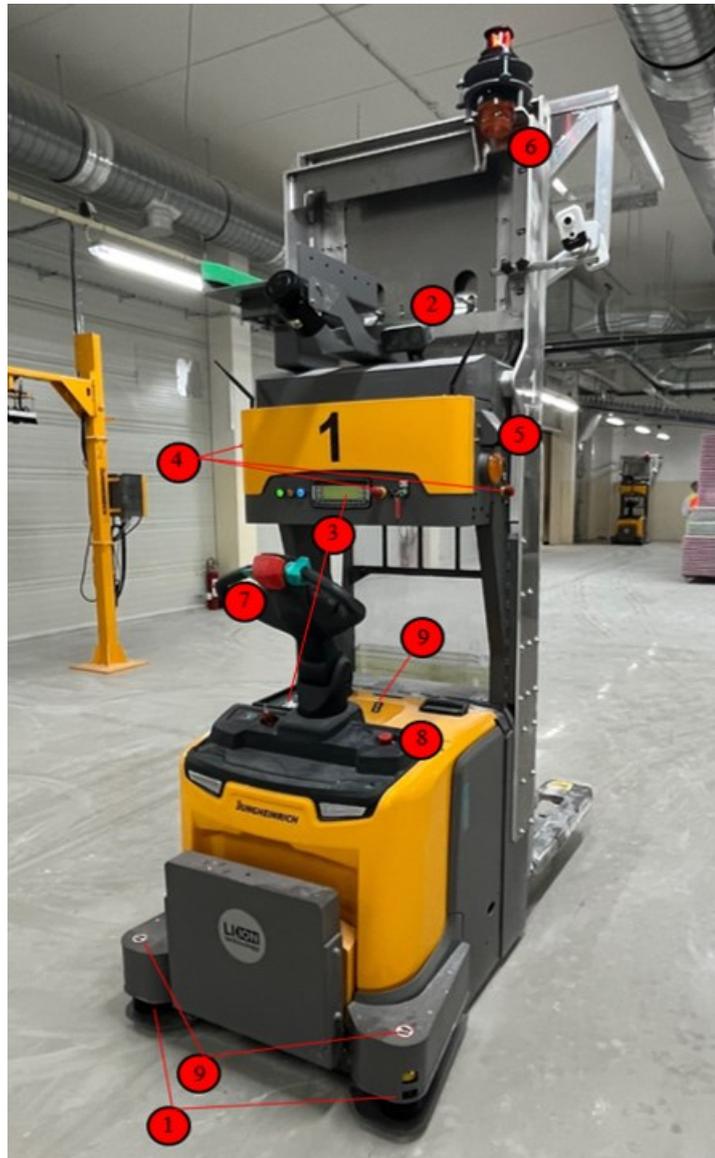
Zranitelnost AGV

Zranitelnost AGV lze charakterizovat jako vlastnosti strojních zařízení, které vedou k vzniku nehody nebo poruchy daného strojního zařízení. Mezi tyto zranitelnosti spadá například:

- Citlivost AGV a bezpečnostních komponent na prach a nečistoty
- Poruchovost
- Nevhodné využití AGV
- Nepravidelná údržba
- Hořlavost

4.4 Analýza současného zabezpečení AGV

V této kapitole jsou analyzovány jednotlivé bezpečnostní prvky, kterými je modelové AGV vybaveno a jsou popsány jejich bezpečnostní funkce. Taktéž jsou zmíněny časté poruchy vypořizovány během zkušebního provozu.



Obrázek 21 Bezpečnostní prvky AGV ve směru pohonu [vlastní]

Bezpečnostní laserové skenery (1) jsou umístěny ve směru pohonu i ve směru nákladu. Tyto skenery mají za úkol monitorovat prostor před AGV ve směru jeho pohybu. Velikost monitorovaného pole závisí na rychlosti AGV. Skenery monitorující prostor ve směru pohonu jsou chráněny ochranným rámem, aby nedošlo v případě kolize k poškození laserového skeneru. Skener monitorující prostor ve směru nákladu je umístěn pod vidlicí tak, že

v případě nárazu konstrukce vidlice chrání skener před zničením. Bezpečnostní laserové skenery jsou vyhodnocovány pouze v automatickém režimu. AGV není primárně konstruováno pro ruční ovládání. Během ručního režimu nejsou vyhodnocovány signály z těchto skenerů. [43]

Floor-Spot (2) je instalován podobně jako u bezpečnostních laserových skenerech ve směru pohonu i ve směru břemene. V závislosti od směru jízdy AGV je promítán na podlahu ve vzdálenosti zhruba pěti metrů před AGV červený bod. Tento červený bod upozorňuje obsluhu například v zatáčkách nebo jiných nepřehledných místech na směr pohybu AGV. [43]

Kontrolky a displej (3) jsou schopny upozornit obsluhu AGV na případné poruchy, které mohou během provozu nastat. Tyto kontrolky a displej jsou umístěny na panelu nad ojí a vedle oje. Kontrolky jsou schopny signalizovat stav baterie, důvod zastavení vozíku, poruchu vozíku a další stavy. [43]

Tlačítko nouzového zastavení (4) je umístěno vedle displeje komponenty automatizace a na obou stranách vozíku. Tyto tlačítka po stisknutí způsobí to, že vozík okamžitě maximálním výkonem brzdí až do klidového stavu. Během tohoto brzdění hrozí sesunutí břemene z vidlí a následný úraz nebo poškození břemene. Vozík však po stisku tlačítka nouzového zastavení není vypnutý, pouze je zablokován veškerý pohyb. Pro opětovné rozjetí vozíku je nutné tlačítko nouzového zastavení uvolnit, stisknout a podržet tlačítko potvrzení a poté navést vozík na trasu. [43]

Ukazatel směru jízdy (5) je oranžové světlo ve tvaru kruhu umístěné na bočních stranách AGV, které před a v průběhu projíždění zatáčky bliká ve směru, kterým AGV pojede. [43]

Maják (6) je umístěn v horní části AGV a jeho funkcí je upozornění obsluhy na poruchu nebo průjezd nebezpečnou zónou. [43]

Najížděcí bezpečnostní tlačítko (7) je umístěno v přední části oje a slouží jako bezpečnostní prvek při ručním ovládání a při navádění vozíku na trasu pro automatický provoz. V případě stlačení tohoto tlačítka například částí těla obsluhy nebo o překážku vozík zpomalí až do úplného zastavení. Opětovné rozjetí vozíku je možné až po uvolnění tlačítka. [43]

Tlačítko nouzového vypnutí (8) se nachází na hlavním panelu napravo od oje. Toto tlačítko po jeho stisknutí způsobí zastavení vozíku pomocí maximální brzdící síly a vypnutí všech elektrických funkcí. Taktéž zde hrozí sklouznutí břemene důsledkem maximální brzdící síly.

Pro opětovné spuštění vozíku je nutné odjistit tlačítko nouzového vypnutí a poté stlačit a podržet tlačítko potvrzení. Poté vozík může být opět zařazen do provozu. [43]

Bezpečnostní piktogramy (9) jsou nalepeny na několika částech AGV. První je umístěn na krytu skeneru ve směru pohonu a zakazuje obsluhu a údržbě našlapovat na kryt skenerů. Další výstražný piktogram se nachází na víku baterie. Tento piktogram varuje před nebezpečím sevření. Poslední výstražný piktogram je umístěn na vrchní části AGV a varuje před nebezpečím laserového paprsku vyzařovaného z „Floor Spotů“. [43]



Obrázek 22 Bezpečnostní prvky AGV ve směru nákladu [vlastní]

Tlačítko konce vidlic (10) se nachází na obou koncích vidlic. Při jeho stisku dojde k zabrzdění maximální brzdným výkonem až do úplného zastavení a je blokován veškerý pohyb vozíku. Stejně jako u tlačítka nouzového zastavení hrozí sesunutí břemene z vidlic a následný úraz nebo poškození břemene. Pro opětovné spuštění vozíku je nutné stisknout a držet potvrzovací tlačítko a poté navést vozík na trasu. [43]

Snímač palet (11) je umístěn v prostoru mezi vidlemi a slouží ke skenování stojanu před a při jeho nabírání. Snímač dokáže určit hloubku zasunutí vidlí do stojanu během nabírání, přepravy a pokládání. [43]

Přidržovač (12) je zařízení, které je umístěno nad vidlicemi. Jeho funkcí je po naložení břemene zajistit jeho stabilitu, aby nedošlo k sesunutí nebo pádu břemene. U přidržovače je možné nastavit sklon v závislosti na typu břemene, které je aktuálně převáženo. Na konkrétní lince jsou převáženy stojany s naplněnými formami, které vytváří vodorovnou hodní plochu výsledného břemene. To znamená, že zajištění přidržovačem je velmi účinné. [43]

Ochranný kryt (13) odděluje prostor pro břemeno od zbytku AGV. Slouží jako opora pro přepravované břemeno a zároveň jako ochrana před pádem břemene či sesunutím břemene na ovládací panely a displej. [43]

4.4.1 Vypozorované poruchy AGV

Během pozorování AGV ve zkušebním provozu a konzultace s obsluhou bylo zjištěno, že mezi nejčastější poruchy AGV v automatickém režimu patří jeho zaseknutí v užších prostorech, například při nabírání břemene blízko překážky, nebo při vyjíždění ze zapékací komory po položení břemene. Laserový skener také nedokáže detekovat překážky o šířce menší než 7 cm. Tato citlivost je optimální pro detekci lidské nohy, ne však pro detekci volně položeného stojanu v trase AGV. Tyto drobné nedostatky jsou způsobeny nastavením citlivosti skenerů a stále je pracováno na doladění tohoto problému. Nejzávažnějším incidentem bylo během testování provozu přivření AGV do rolovacích vrat a následném poškození laserového snímače polohy AGV. Tento problém je však již vyřešen a to tak, že čas na zavření vrat se zvýšil a AGV nesmí zastavit v prostoru vrat. V případě poruchy AGV je potřeba jeho odvezení do bezpečného prostoru mimo pracovní prostor AGV. Veškeré opravy a servis je zajištěn externí firmou, která AGV dodala.

4.5 Analýza rizik dle požadavků firmy

Tato analýza je vypracována dle zadání firmy a dle podkladů, které byly firmou poskytnuty. V metodě jsou posuzována dvě kritéria, a to závažnost bezpečnostního incidentu a jeho pravděpodobnost na vznik.

Kritérium závažnosti představuje, jak bezpečnostní incident ohrozí zdraví obsluhy. Je hodnoceno na škále od 1 do 5, kdy 1 představuje lehké zranění obsluhy jako například modřinu a další poranění, které nevyžadují ošetření. Nejzávažnější možností, která může nastat při bezpečnostní incidentu je smrtelný úraz.

Tabulka 3 Hodnocení závažnosti k analýze rizik dle požadavků firmy. Upraveno z [17]

Hodnotící škála	Závažnost	Popis závažnosti
1	Drobné poranění	Poranění, které nevyžaduje ošetření (modřina, bolest...)
2	Poranění s ošetřením	Poranění, které vyžaduje lehké ošetření (říznutí, škrábnutí...)
3	Úraz / nemoc	Poranění, které je nutné řešit s lékařem (zlomená končetina, nemoc z povolání...)
4	Trvalé následky	Poranění, při kterém vzniknou osobě trvalé následky (amputace části těla, slepota...)
5	Smrtelný úraz	Poranění, které způsobí smrt osoby

Kritérium pravděpodobnosti představuje šanci, že k bezpečnostnímu incidentu dojde a zároveň jestli je před vznikem bezpečnostního incidentu obsluha nějakým způsobem chráněna. Hodnocení pravděpodobnosti je taktéž pomocí stupnice 1 až 5, kdy 1 představuje ojedinělý výskyt rizika a zároveň je již ošetřeno. Na rozdíl při úrovni 5 je jistota výskytu rizika a zároveň není nijak ošetřeno.

Tabulka 4 Hodnocení pravděpodobnosti výskytu k analýze rizik dle požadavků firmy. Upraveno z [17]

Hodnotící škála	Závažnost	Popis závažnosti
1	Ojedinělý	Téměř nemožný výskyt, riziko je eliminováno
2	Nepravděpodobný	Technické řešení je zavedené
3	Možný	Organizační opatření je na místě, značky, školení
4	Pravděpodobný	Vznik závisí na chování a pozornosti obsluhy
5	Jistý	Neexistuje žádná prevence

Výsledná hodnota rizika je získána součinem hodnoty zranitelnosti a pravděpodobnosti vzniku. Dle výsledné hodnoty jsou rizika rozdělena do tří kategorií dle matice rizik (Tabulka 5). Do kategorie nízkého rizika spadají rizika s hodnotou 1 až 4, tyto rizika není nutné dále eliminovat. Do kategorie středního rizika spadají rizika s hodnotou 5 až 12. Tato rizika je nutné ošetřit po eliminaci vysokých rizik, kam spadají rizika s hodnotou 15 až 25.

Tabulka 5 Hodnocení výsledného rizika dle matice rizik
k analýze rizik dle požadavků firmy [vlastní]

Pravděpodobnost ↑	5	10	15	20	25
	4	8	12	16	20
	3	6	9	12	15
	2	4	6	8	10
	1	2	3	4	5
Závažnost →					

Tabulka 6 Analýza rizik dle požadavků firmy [vlastní]

OBLAST = SPECIFICKÉ MÍSTO VÝKONU PRÁCE NEBO ČÁST STROJNÍHO ZAŘÍZENÍ	AKTIVITA (číslení pásů, nastavování ní, výměna fólie,...)	NEBEZPEČÍ (např. horké povrchy, rotující části,...)	RIZIKO (např. popálení, vtažení, požár,...)	POPIS NEBEZPEČÍ, PŘÍP. RIZIKA (doplnění info mace k nebezpečí, příp. projevy nebezpečí a o kolnosti vzniku úrazu nebo nemoci z povolání)	MÍRA RIZIKA (výchozí)			IMPLEMENTOVANÉ OPATŘENÍ (technické, organizační, osobní: OOPP, SOP, školení, lékařské prohlídky, interlocks,...)	MÍRA RIZIKA (konečná)			DALŠÍ POTŘEBNÉ OPATŘENÍ (technické, organizační, osobní: OOPP, SOP, školení, lékařské prohlídky, interlocks,...)	ODPOVĚDNÁ OSOBA	MÍRA RIZIKA (Po dalších opatřeních)		
					Z	P	R		Z	P	R			Z	P	R
Linka s AGV	Provoz linky (obecná rizika)	Hlučné prostředí	Poškození sluchového aparátu	Riziková hladina akustického tlaku v prostoru pohybu AGV	3	4	12	OOPP (špunty do uší), pravidelná lékařská prohlídka	1	1	1					
		Neionizující záření	Poškození zdravotních pomůcek	Ovlivnění funkce kardiostimulátorů, naslouchátek atd.	3	5	15		3	5	15	Upozornění na neionizující záření při školení před vstupem do prostoru s AGV	Technik BOZP	3	1	3
	Prašné prostředí	Respirační potíže	Věření prachu (nečistot a pudru) z výrobní linky a okolí pohybem AGV	3	4	12	Pravidelný úklid, pravidelné lékařsky prohlídky	3	2	6	Oznámení respiračních potíží nadřiznému pracovníkovi, kontrola u lékaře	Vedoucí pracovník	3	1	3	
	Manipulace s břemeny	Pád břemene	Pád břemene při jeho špatném nabrání, poškození paletě nebo důsledkem zabrzdění AGV	4	4	16	Přídržovač a ochranný kryt	3	2	6	Vyznačení pracovního prostoru AGV, školení obsluhy	Technik BOZP	3	1	3	
	Pohyb osob kolem AGV v automatickém režimu	Pád Kluzká podlaha	Pád na kluzké podlaze způsobené únikem maziva/oleje z AGV, pudr	2	4	8	Úklid kaluže a nečistot, případně označení místa výstražnou cedulí, v případě nánosu pudru pravidelné zametání	2	2	4						

OBLAST = SPECIFICKÉ MÍSTO VÝKONU PRÁCE NEBO ČÁST STROJNÍHO ZARÍZENÍ	AKTIVITA (čistění pásů, nastavovaná ní, výměna folie,...)	NEBEZPEČÍ (např. horké povrchy, rotující části,...)	RIZIKO (např. popálení, vtažení, požár,...)	POPIS NEBEZPEČÍ, PŘÍP. RIZIKA (doplňuje i informace k nebezpečí; příp. projevy nebezpečí a okolnosti vzniku úraza nebo nemoci z povolání)	MÍRA RIZIKA (výchozí)			IMPLEMENTOVANÉ OPATŘENÍ (technické, organizační, osobní: OOPP, SOP, školení, lékařské prohlídky, interlocks,...)	MÍRA RIZIKA (konečná)			DALŠÍ POTŘEBNÉ OPATŘENÍ (technické, organizační, osobní: OOPP, SOP, školení, lékařské prohlídky, interlocks,...)	ODPOVĚDNÁ OSOBA	MÍRA RIZIKA (Po dalších opatřeních)		
					Z	P	R		Z	P	R			Z	P	R
Linka s AGV	Pohyb osob kolem AGV v automatickém režimu	Pohyb AGV	Strážka	Vstup do slepých úhlů při zatáčení, vstup před rozjetý AGV, chybné vyhodnocení/vada bezpečnostních skenerů, reflexní prvky na oblečení	4	4	16		3	2	6		3	1	3	
				Vstup mezi AGV a břemeno při jeho nakládání	4	4	16		3	2	6	Vyznačení pracovního prostoru AGV, školení obsluhy a dalších osob, které se pohybují v oblasti provozu AGV, zaznamenání veškerých nehod a skoronehod, jejich analýza, vyhodnocení a poučení obsluhy	3	1	3	
				Vstup za AGV během couvání ve stísněných prostorách, chybné vyhodnocení /vada bezpečnostních skenerů, reflexní prvky na oblečení	4	4	16	Bezpečnostní skener, rychlostní limit, floor spot, tlačítka hrotů vidlice	3	2	6		3	1	3	
				Vstup do slepých úhlů při zatáčení, vstup před rozjetý AGV, chybné vyhodnocení/vada bezpečnostních skenerů, reflexní prvky na oblečení	4	4	16		4	2	8		4	1	4	

OBLAST = SPECIFICKÉ MÍSTO VÝKONU PRÁCE NEBO ČÁST STROJNÍHO ZAŘIZENÍ	AKTIVITA (čistění pásů, nastavování ná, výměna folie,...)	NEBEZPEČÍ (např. horké povrchy, rotující části,...)	RIZIKO (např. popálení, vtažení, požár,...)	POPIS NEBEZPEČÍ, PŘÍP. RIZIKA (doplňující informace k nebezpečí, příj. projevy nebezpečí a okolnosti vzniku úrazu nebo nemoci z povolání)	MÍRA RIZIKA (výchozí)			IMPLEMENTOVANÉ OPATŘENÍ (technické, organizační, osobní OOPP, SOP, školení, lékařské prohlídky, interlocks,...)	MÍRA RIZIKA (končná)			DALŠÍ POTŘEBNÉ OPATŘENÍ (technické, organizační, osobní: OOPP, SOP, školení, lékařské prohlídky, interlocks,...)	ODPOVĚDNÁ OSOBA	MÍRA RIZIKA (Po dalších opatřeních)		
					Z	P	R		Z	P	R			Z	P	R
Linka s AGV	Pohyb osob kolem AGV v automatickém režimu	Pohyblivé části AGV	Rozdrcení / amputace	Vložení končetin do nebezpečných částí AGV, nepozornost	4	4	16		4	2	8	Význačení pracovního prostoru AGV, školení obsluhy a dalších osob, které se pohybují v oblasti provozu AGV, zaznamenání veškerých nehod a skoronehod, jejich analýza, vohodnocení a poučení obsluhy		4	1	4
		Pohyblivé části AGV	Zachycení	Zachycení části těla či oděvu osoby pohybující se v těsné blízkosti AGV	3	4	12	Bepečnostní skener, rychlostní limit, floor spot, tlačítko hrotů vidlice	3	2	6	T echnik BOZP	3	1	3	
		Elektrické zařízení	Úraz elektrickým proudem	Úraz elektrickým proudem při kontaktu s živou částí AGV nebo nabíjecí stanice	3	4	12	Zákaz manipulace s elektrickými obvody	3	1	3					
		Baterie a elektrické komponenty	Požár	Vznik požáru důsledkem zkratu nebo poškození / vady baterie	5	4	20	Pravidelná kontrola stavu baterie a stavu elektrických prvků AGV, pravidelná údržba, evakuační plány	4	1	4					

OBLAST = SPECIFICKÉ MÍSTO VÝKONU PRÁCE NEBO ČÁST STROJNÍHO ZARÍZENÍ	AKTIVITA (číslení pásů, nastavovaná mí, výměna folie,...)	NEBEZPEČÍ (např. horké povrchy, rotující části,...)	RIZIKO (např. popálení, vtažení, požití,...)	POPIS NEBEZPEČÍ, PŘÍP. RIZIKA (doplňující informace k nebezpečí, příp. projevy nebezpečí a okolnosti vzniku úrazu nebo nemoci z povolání)	MÍRA RIZIKA (výchozí)			IMPLEMENTOVANÉ OPATŘENÍ (technické, organizační, osobní OOPP, SOP, školení, lékařské prohlídky, interlocks,...)	MÍRA RIZIKA (konečná)			DALŠÍ POTŘEBNÉ OPATŘENÍ (technické, organizační, osobní: OOPP, SOP, školení, lékařské prohlídky, interlocks,...)	ODPOVĚDNÁ OSOBA	MÍRA RIZIKA (Po dalších opatřeních)			
					Z	P	R		Z	P	R			Z	P	R	
Linka s AGV	Údržba a úklid v prostoru AGV	Úklidové pomůcky	Naražení	Naražení končetiny či jiné části těla na úklidové pomůcky	1	4	4	Používání vhodných a nepoškozených úklidových pomůcek	1	2	2						
		Pohyblivé části AGV	Rozdrcení / amputace	Nesprávné zajištění AGV a době úklidu nebo údržby, vložení končetin mezi pohyblivé části AGV, nepozornost	4	4	16	Školení obsluhy ohledně manipulace s AGV a správného zajištění během údržby a úklidu (přepnutí do ručního režimu nebo režimu pauza)	4	1	4						
	Elektrické komponenty	Úraz elektrickým proudem	Kontakt s živou částí během údržby/čištění AGV	3	4	12			3	1	3						
		Přejetí	Přejetí chodidla při nesprávném vedení AGV	3	4	12	Absorbování školení zaměřeného na obsluhu AGV, bezpečnostní prvky AGV (tlačítko konce vidlic a najížděcí tlačítko na oji)	3	1	3							
	Ruční režim	Vedení AGV	Přítlačení AGV k překážce nebo zdi	Přítlačení AGV k překážce nebo zdi	3	4	12		3	1	3						
			Srážka	Srážka osob pohybujících se v prostoru s AGV nebo kolem výrobní linky	3	4	12		3	1	3						

OBLAST = SPECIFICKÉ MÍSTO VÝKONU PRÁCE NEBO ČÁST STROJNÍHO ZARÍZENÍ	AKTIVITA (čištění pásů, nastavování mí, výměna folie,...)	NEBEZPEČÍ (např. horké povrchy, rotující části,...)	RIZIKO (např. popálení, vtažení, požití,...)	POPIS NEBEZPEČÍ, PŘÍP. RIZIKA (doplňující informace k nebezpečí příp. projevy nebezpečí a okolnosti vzniku úrazu nebo nemoci z povolání)	MÍRA RIZIKA (výchozí)			IMPLEMENTOVANÉ OPATŘENÍ (technické, organizační, osobní OOPP, SOP, školení, lékařské prohlídky, interlocks,...)	MÍRA RIZIKA (konečná)			DALŠÍ POTŘEBNÉ OPATŘENÍ (technické, organizační, osobní: OOPP, SOP, školení, lékařské prohlídky, interlocks,...)	ODPOVĚDNÁ OSOBA	MÍRA RIZIKA (Po dalších opatřeních)			
					Z	P	R		Z	P	R			Z	P	R	
Linka s AGV	Ostatní	Neproškolená osoba	Narušení provozu	Ohrožení života a zdraví dané osoby, narušení provozu	3	3	9	Zamezení vstupu neproškoleným osobám do prostoru s AGV, případně vstup do prostoru pouze s dohledem proškolené osoby	3	1	3						
		Nepřetržitý provoz	Zvýšená fyzická a psychická zátěž	Provoz na lince je nepřetržitý	3	3	9	Dodržování režimu střídání směn, pravidelné lékařské prohlídky	3	1	3						
Celková míra rizika (výchozí)					273	Celková míra rizika (se zavedenými opatřeními)			103	Celková redukce			62,27%	Celková míra rizika (konečná)			65
						Výsledná redukce								36,89%			

Po vypočítání míry rizika je navíc u metody dle zadání firmy vypočítána celková míra rizika, a míra rizika po zavedení bezpečnostních opatření. Pomocí těchto dvou hodnot míry rizik je spočítána celková redukce míry rizika vyjádřená v procentech. V porovnání výchozí hodnoty rizika a míry rizika po započítání bezpečnostních opatření již implementovaných v systému je riziko zmírněno o 62,27 %. Při porovnání celkové míry rizika se zavedenými opatřeními a konečné míry rizika s dalšími potřebnými opatřeními, je výsledné riziko sníženo o 36,89 %.

4.6 FMEA

Druhá analýza rizik je provedena pomocí metody analýzy způsobů a následků poruch. V této analýze jsou nebezpečí posuzována dle tří kritérií a to závažnosti, pravděpodobnosti vzniku a šanci na odhalení. Tato analýza je vypracována dle dostupných zdrojů a dle vlastních zkušeností získaných během studia.

Závažnost je kritérium, které představuje, jak velkou škodu je schopno riziko způsobit. Toto kritérium je z důvodu posuzování újmy na zdraví obsluhy a škodách na majetku rozděleno na dvě kategorie. První tabulka (Tabulka 7) znázorňuje posuzování újmy na zdraví obsluhy. Hodnocení je rozděleno na škálu od 1 do 10, kdy 1 představuje riziko, při kterém nedojde k žádnému zranění a 10 je velmi nebezpečné a závažné riziko, při kterém hrozí úmrtí obsluhy.

Tabulka 7 Hodnocení závažnosti újmy na zdraví k metodě FMEA [vlastní]

Hodnotící škála	Závažnost	Popis újmy na zdraví
1	Zanedbatelná	Bez poranění
2	Nízká	Lehké poranění
3		Lehké poranění s nutností ošetření
4		Poranění bez nutnosti ošetření
5	Střední	Poranění s nutností ošetření
6		Poranění s následnou neschopností práce
7		Poranění s nutností hospitalizace
8	Vysoká	Vážné zranění s nutností hospitalizace
9		Vážné zranění s trvalými následky
10	Velmi vysoká	Úmrtí

Druhá tabulka (Tabulka 8) znázorňuje hodnocení závažnosti škody na majetku společnosti. Hodnocení je podobně jako u předchozího hodnocení újmy na zdraví rozděleno na škálu od

1 do 10, kdy 1 představuje zanedbatelné riziko, které nezpůsobí žádnou finanční ztrátu a hodnota 10 představuje velmi vysokou závažnost, kdy může dojít ke ztrátě v hodnotě pěti milionů Kč a více.

Tabulka 8 Hodnocení škody na majetku k metodě FMEA [vlastní]

Hodnotící škála	Závažnost	Popis škody vyčíslené v peněžní hodnotě
1	Zanedbatelná	Žádná majetková újma
2	Nízká	Újma v hodnotě 0 Kč až 4 999 Kč
3		Újma v hodnotě 5 000 Kč až 9 999 Kč
4		Újma v hodnotě 10 000 Kč až 19 999 Kč
5	Střední	Újma v hodnotě 20 000 Kč až 49 999 Kč
6		Újma v hodnotě 50 000 Kč až 149 999 Kč
7		Újma v hodnotě 150 000 Kč až 299 999 Kč
8	Vysoká	Újma v hodnotě 300 000 Kč až 999 999 Kč
9		Újma v hodnotě 1 000 000 Kč až 4 999 999 Kč
10	Velmi vysoká	Újma v hodnotě 5 000 000 Kč a více

Pravděpodobnost vzniku je kritérium, které přibližně znázorňuje, jak často se dá riziko během provozu očekávat. Toto kritérium je hodnoceno dle stupnice 1 až 10, kdy stupeň 1 představuje minimální šanci na vznik, tedy jednou za rok a méně. Pokud je šance na vznik velmi vysoká je na stupnici prezentováno jako hodnota 10 a taková situace může nastat dvakrát a vícekrát za osmi hodinovou směnu.

Tabulka 9 Hodnocení pravděpodobnosti vzniku k metodě FMEA [vlastní]

Hodnotící škála	Šance na vznik	Popis šance na vznik
1	Zanedbatelná	1x za rok až minimální šance na vznik
2	Nízká	1x za půl roku
3		1 x za měsíc
4		1x za týden
5	Střední	3x za měsíc
6		5x za týden
7		1x denně
8	Vysoká	1x za směnu
9		2x za směnu
10	Velmi vysoká	Více než 2x za směnu, může působit neustále

Šance na odhalení představuje šanci, že se dá riziko včas odhalit a předejít tak jeho vzniku a negativním následkům. Podobně jako u předchozích kritérií je použita hodnotící škála od 1 do 10, kdy 1 představuje jisté odhalení rizika, a tak možnost pro obsluhu se riziku a jeho působení vyvarovat. V opačném případě, při stupni 10 je riziko nemožné odhalit, a tedy i šanci na jeho zamezení je minimální, spíše nulová.

Tabulka 10 Hodnocení pravděpodobnosti odhalení k metodě
FMEA [vlastní]

Hodnotící škála	Popis pravděpodobnosti na odhalení
1	Jisté odhalení
2	Velmi vysoká šance na odhalení
3	Vysoká šance na odhalení
4	Středně vysoká šance na odhalení
5	Střední šance na odhalení
6	Nízká šance na odhalení
7	Velmi nízká šance na odhalení
8	Minimální šance na odhalení
9	Téměř nemožné odhalení
10	Nemožné odhalení

Výsledná hodnota rizika je získána součinem všech tří kritérií. Hodnota rizika od 0 do 49 je kategorizována jako přijatelné riziko, které není potřeba více eliminovat. Střední hodnota rizika je stanovena od 50 do 99. Toto riziko je nutné řešit, ale až po eliminaci rizika s vysokou hodnotou, která je stanovena na hodnoty od 100 do 1000.

Tabulka 11 Hodnocení výsledného rizika metody FMEA [vlastní]

Riziko	Označení	Popis
0-49	Nízká hodnota rizika	Riziko, které není nutné více eliminovat
50-99	Střední hodnota rizika	Riziko, kterým je nutné se zabývat po eliminování rizik s vysokou hodnotou
100-1000	Vysoká hodnota rizika	Riziko, které má největší prioritu a je nutné ho bez odkladu řešit

Tabulka 12. Analýza rizik pomocí metody FMEA [vlastní]

Aktivum	Typ hrozby	Konkrétní hrozba	Možné příčiny	Možné následky	Stávající opatření	Význam	Vznik	Odhalení	Možné riziko	Návrh opatření	Význam	Vznik	Odhalení	Možné riziko	
Obsluha AGV	Mechanické nebezpečí	Srážka	Vstup do slepých úhlů při zatačení, vstup před rozjeté AGV, chybné vyhodnocení/vada bezpečnostních skenerů, reflexní prvky na oblečení	Ohrožení života a zdraví sražené osoby	Bezpečnostní skener, rychlostní limit, floor spot, tlačítko hrotů vidlice	5	3	5	75	Význačení pracovního prostoru AGV, školení obsluhy	5	2	3	30	
		Přítlačení ke zdi	Vstup za AGV během couvání v úzkých prostorách, chybné vyhodnocení /vada bezpečnostních skenerů, reflexní prvky na oblečení	Ohrožení života a zdraví přítlačené osoby	Bezpečnostní skener, rychlostní limit, floor spot, tlačítko hrotů vidlice	6	3	4	72	Význačení pracovního prostoru AGV, školení obsluhy	6	2	3	36	
		Přítlačení k břemenu	Vstup mezi AGV a břemeno při jeho nakládání	Ohrožení života a zdraví přítlačené osoby	Tlačítko nouzového zastavení	7	3	4	84	Školení obsluhy	7	1	2	14	
		Rozdrcení / amputace	Vložení končetin do pohyblivých částí AGV, nepozornost	Rozdrcení nebo amputace částí těla	Bezpečnostní piktogramy	9	2	2	36						
		Zachycení	Zachycení částí těla či oděvu osoby pohybující se v těsné blízkosti AGV	Ohrožení zdraví vtažené či zachycené osoby		6	2	3	36						
		Pád břemene	Chybné nabránání a uchopení břemene, nerovnosti na cestě	Ohrožení života a zdraví okolních osob	Přidržovač a ochranný kryt	7	2	3	42						
		Převrácení	Nerovnosti na podlaze, chyba řízení, nevhodný terén	Ohrožení života a zdraví obsluhy	Podlaha dle směrnice VDMA	9	1	3	27						
		Přejetí	Vstup do slepých úhlů při zatačení, vstup před rozjetý AGV, chybné vyhodnocení/vada bezpečnostních skenerů, reflexní prvky na oblečení	Ohrožení života a zdraví přejeté osoby	Bezpečnostní skener, rychlostní limit, vyznačení pracovní plochy AGV	8	1	2	16						

Aktivum	Typ hrozby	Konkrétní hrozba	Možné příčiny	Možné následky	Stávající opatření	Význam	Vznik	Odhalení	Možné riziko	Návrh opatření	Význam	Vznik	Odhalení	Možné riziko	
Obsluha AGV	Elektrické nebezpečí	Kontakt s živými částmi	Poškozený kabel, chybné zakrytování elektrických obvodů, nepozornost během údržby, nabíjení	Poranění elektrickým proudem	Izolace kabeláže, zakrytování	5	2	3	30						
		Elektrostatické jevy	Přirozený jev během provozu AGV	Poranění elektrickým proudem	Zemnicí pásék a podlaha dle směrnice VDMA	5	2	2	20						
		Neionizující záření	Přirozený jev během provozu AGV, přenos dat	Ovlivnění funkce kardiostimulátorů, naslouchátek atd.			5	8	3	120	Upozornění na neionizující záření při školení před vstupem do prostoru s AGV	5	2	2	20
	Emise	Zkrat	Poškozený kabel, poškození elektroniky, nepozornost během údržby	Poranění elektrickým proudem	Izolace kabeláže, pravidelná údržba	5	2	2	20						
		Teplota	Zvýšené teploty vlivem chodu výrobní linky	Zvýšená teplotní zátěž	Klimatizace prostoru	5	1	3	15						
		Únik oleje/maziva	Prasklé hyd. hadice, prasklé těsnění hadic nebo hyd. Válec	Ohrožení zdraví okolních osob při uklouznutí, vliv na brzdovou dráhu AGV			4	2	4	32					
	Ostatní	Hluk	Riziková hladina akustického tlaku v prostoru pohybu AGV	Poškození sluchu obsluhy	Ochrana sluchu	1	10	2	20						
		Požár	Vznícení baterie nebo elektroniky	Ohrožení života a zdraví okolních osob	Evakuační plány, EPS	10	1	2	20						
		Nečistota	Zvýšená fyzická a psychická zátěž na obsluhu	Ohrožení života a zdraví obsluhy	Dodržování rozpisu směn	5	2	3	30						
			Prach	Víření pudru a ostatních částic při pohybu AGV + ventilace	Dýchací problémy, ohrožení zdraví	Pravidelné lékařské prohlídky	3	10	2	60	Oznámení respiračních potíží nadřizovanému pracovníkovi, kontrola u lékaře	2	10	2	40

Aktivum	Typ hrozby	Konkrétní hrozba	Možné příčiny	Možné následky	Stávající opatření	Význam	Vznik	Odhadnutí	Možné riziko	Návrh opatření	Význam	Vznik	Odhadnutí	Možné riziko
Automaticky naváděné vozidlo	Emise	Teplo	Zvýšení teploty vlivem chodu výrobní linky	Přehřívání, zastavení AGV, poškození některých částí AGV	Odolnost od +5 do +40, klimatizace prostoru	5	1	3	15					
		Únik hyd. oleje	Prasklé hyd. hadice, prasklé těsnění hadic nebo hyd. Válec	Chybná funkce hyd. Systému, vliv na brzdovou dráhu AGV	Pravidelná údržba	4	2	4	32					
	Ostatní	Prach	Zvřetení prachu, přenesení pudru z výrobní linky na AGV	Znečištění bezpečnostních skenerů, zastavení AGV do doby, dokud skenery nebudou očištěny	Očištění bezpečnostních skenerů a dalších komponent na začátku každé směny	2	10	3	60	Monitorování zaprášení vozíků, v případě nutnosti čistit skenery v průběhu směny	2	10	2	40
		Požár	Vznícení baterie nebo elektroniky během provozu nebo nabíjení baterie	Zničení AGV, poškození výrobních prostor a dalšího vybavení	EPS	10	1	2	20					
	Celková míra rizika (se stávajícími opatřeními)										Celková míra rizika (s navrženými opatřeními)		Redukce rizika	
												33,30%		

Taktéž jako u předchozí metody je vypočítána celková míra rizika při stávajících opatřeních a po navržení dalších bezpečnostních opatřeních. Po porovnání těchto dvou hodnot míry rizika byla zjištěna celková redukce rizika o 33,3 %.

4.7 Vyhodnocení a porovnání metod

V této kapitole jsou vyhodnoceny obě metody analýzy rizik. Ve druhé části kapitoly jsou obě metody vzájemně porovnány a jsou popsány rozdíly mezi metodami.

4.7.1 Vyhodnocení analýzy rizik dle požadavků firmy

Vyhodnocení analýzy rizik dle požadavků firmy je provedeno dle matice rizik (Tabulka 5). Nebezpečí jejichž míra rizika přesáhla hodnotu 4 jsou následně detailněji rozebrána z důvodu lepšího pochopení rizika.

Pro vyhodnocení je vytvořena tabulka, která obsahuje nebezpečné situace s nejvyšší mírou rizika (Tabulka 13). Pro ověření účinnosti dalších bezpečnostních opatření je opět vypočítána míra rizika. Tento výpočet je již navíc a není uveden v požadavcích firmy.

Vysoce rizikové je **neionizující záření**, které může poškodit zdravotnické pomůcky jako kardiostimulátory, naslouchátka a atd. Vysoké riziko vyšlo také u **respiračních potíží**. Tomuto riziku je obsluha AGV a operátoři linky vystaveni neustále protože výrobní postupy vyžadují použití pudru, který může být během přepravy rozprášen společně s ostatními nečistotami do okolí. Vdechnutí může způsobit potíže s dýcháním.

Ostatní rizika jsou spojena s pohybem osob v okolí AGV během automatického provozu. Mezi tyto situace spadá **sražení a přejetí**, které mohou být způsobeny, pokud obsluha vstoupí do slepých úhlů AGV během zatáčení, při vstupu před rozjeté AGV nebo chybném vyhodnocení signálů z bezpečnostního skeneru. Tato situace může také nastat, pokud má obsluha na oblečení do výšky jednoho metru od země reflexní prvky, které mohou ovlivnit funkci bezpečnostního skeneru. Podobně může také dojít k **přítlačení obsluhy AGV ke zdi nebo překážce**. Vysokou míru rizika má také **přítlačení obsluhy mezi AGV a nakládané břemeno** z důvodu, že během nakládání břemene nejsou vyhodnocovány signály z bezpečnostního skeneru ve směru nákladu. Během provozu může také dojít k **pádu břemene** při jeho špatném nabrání, poškozeném stojanu, na kterém jsou naskládány formy s polotovary nebo při prudkém zabrzdění AGV. Mezi poslední nebezpečné situace s vysokou mírou rizika patří **rozdrcení nebo amputace končetiny**, při jejich vložení do pohyblivých částí AGV

nebo při manipulaci s vozíkem a nepozornosti a zachycení oděvu nebo části těla obsluhy, při pohybu AGV v těsné blízkosti obsluhy.

Tabulka 13 Vyhodnocení analýzy rizik dle požadavků firmy [vlastní]

AKTIVITA	RIZIKO	POPIS NEBEZPEČÍ, PŘÍP. RIZIKA	IMPLEMENTOVANÉ OPATŘENÍ	MÍRA RIZIKA	DALŠÍ POTŘEBNÉ OPATŘENÍ	MÍRA RIZIKA
Provoz linky (obecná rizika)	Poškození zdravotních pomůcek	Ovlivnění funkce kardiostimulátorů, naslouchátek atd.		15	Upozornění na neionizující záření při školení před vstupem do prostoru s AGV	3
Provoz linky (obecná rizika)	Respirační potíže	Víření prachu (nečistot a pudru) z výrobní linky a okolí pohybem AGV	Pravidelný úklid, pravidelné lékařsky prohlídky	6	Oznámení respiračních potíží nadřazenému pracovníkovy, kontrola u lékaře	3
Pohyb osob kolem AGV v automatickém režimu	Pád břemene	Pád břemene při jeho špatném nabrání, poškozené paletě nebo důsledkem zabrzdění AGV	Přidržovač a ochranný kryt	6	Vyznačení pracovního prostoru AGV, školení obsluhy	3
	Srážka	Vstup do slepých úhlů při zatáčení, vstup před rozjetý AGV, chybné vyhodnocení/vada bezpečnostních skenerů, reflexní prvky na oblečení	Bezpečnostní skener, rychlostní limit, floor spot, tlačítko hrotů vidlic	6	Vyznačení pracovního prostoru AGV, školení obsluhy a dalších osob, které se pohybují v oblasti provozu AGV, zaznamenání veškerých nehod a skoronehod, jejich analýza, vyhodnocení a poučení obsluhy	3
	Přítlačení k břemenu	Vstup mezi AGV a břemeno při jeho nakládání		6		3
	Přítlačení ke zdi	Vstup za AGV během couvání ve stísněných prostorách, chybné vyhodnocení /vada bezpečnostních skenerů, reflexní prvky na oblečení		6		3
	Přejetí	Vstup do slepých úhlů při zatáčení, vstup před rozjetý AGV, chybné vyhodnocení/vada bezpečnostních skenerů, reflexní prvky na oblečení		8		4
	Rozdrcení / amputace	Vložení končetin do nebezpečných částí AGV, nepozornost		8		4
	Zachycení	Zachycení části těla či oděvu osoby pohybující se v těsné blízkosti AGV		6		3

4.7.2 Vyhodnocení metody FMEA

Při vyhodnocení analýzy rizik pomocí metody FMEA je brán ohled na situace s mírou rizika, která přesahuje hodnotu 49 dle tabulky hodnocení výsledného rizika (Tabulka 11). Tyto hrozby jsou, taktéž jako v předešlém případě, detailně popsány pro lepší pochopení rizika.

Pro vyhodnocení je taktéž vytvořena tabulka s nebezpečnými situacemi, u nichž se míra rizika rovná hodnotě 50 a více (Tabulka 14).

Nejvyšší míra rizika vyšla u **neionizujícího záření**, které je způsobeno přenosem dat mezi centrálním počítačem a AGV. Toto záření může ovlivnit funkci zdravotnických pomůcek (kardiostimulátory, naslouchátka atd.) osob v blízkosti linky s AGV. Dalším nebezpečím s vysokou mírou rizika je nebezpečí **přítlačení obsluhy k břemenu** během nakládání a ohrožení života a zdraví přítlačené osoby. Toto nebezpečí je způsobeno nevyhodnocováním signálu z bezpečnostního laserového skeneru umístěného na vidlích. **Nebezpečí srážky osoby a přítlačení osoby ke zdi** může nastat při pohybu osob v pracovní zóně AGV, při vstupu osoby do slepých úhlů během zatáčení či couvání v úzkých prostorech AGV, při vstupu před rozjeté AGV nebo chybné vyhodnocení signálu z bezpečnostních skenerů. Nebezpečí může být také způsobeno reflexními prvky na oblečení osob v blízkosti AGV ve výšce do jednoho metru od země, které mohou ovlivnit správnou funkci bezpečnostních skenerů. Nebezpečí také hrozí samotnému AGV při **nárazu do překážky, srážkou s ručním paletovým vozíkem, stojanem nebo druhým AGV**. Srážku může způsobit chybné vyhodnocení signálu bezpečnostního laserového skeneru, na které má vliv také citlivost tohoto skeneru, kdy bezpečnostní laserový skener nezaznamená objekty o šířce menší než 7 cm nebo pochybením obsluhy či operátorů na lince. Při srážce může dojít k poškození částí AGV a dalšího vybavení provozu. Významným nebezpečím je také **prach** (pudr a další nečistoty), které působí jak na obsluhu, tak i samotné AGV. Při vdechnutí prachu mohou u obsluhy nastat respirační potíže a prach na AGV může způsobit znečištění bezpečnostních laserových skenerů a následné zastavení AGV. Posledním výrazným nebezpečím s vyšší mírou rizika je **náraz AGV do překážek ve větší výšce** jako například rolovací vrata. AGV není vybaveno žádným detektorem pro zaznamenání takové překážky. Při takové situaci může dojít k poškození horní části AGV. Toto nebezpečí je již ošetřeno nastavením AGV aby nezastavilo v prostoru rolovacích vrat a zároveň byl prodloužen čas otevření rolovacích vrat.

Tabulka 14 Vyhodnocení analýzy riziky FMEA [vlastní]

Aktivum	Typ nebezpečí	Konkrétní nebezpečí	Možné příčiny	Možné následky	Stávající opatření	Míra rizika	Návrh opatření	Míra rizika
Osoby	Elektrické nebezpečí	Neionizující záření	Přirozený jev během provozu AGV, přenos dat	Ovlivnění funkce kardiostimulátorů, naslouchátek atd.		120	Upozornění na neionizující záření při školení před vstupem do prostoru s AGV	20
Osoby	Mechanické nebezpečí	Přítlačení k břemenu	Vstup mezi AGV a břemeno při jeho nakládání	Ohrožení života a zdraví přítlačené osoby	Tlačítko nouzového zastavení	84	Školení obsluhy	14
Osoby	Mechanické nebezpečí	Srážka	Vstup do slepých úhlů při zatáčení, vstup před rozjeté AGV, chybné vyhodnocení/vada bezpečnostních skenerů, reflexní prvky na oblečení	Ohrožení života a zdraví sražené osoby	Bezpečnostní skener, rychlostní limit, floor spot, tlačítko hrotů vidlic	75	Vyznačení pracovního prostoru AGV, školení obsluhy	30
Osoby	Mechanické nebezpečí	Přítlačení ke zdi	Vstup za AGV během couvání v úzkých prostorách, chybné vyhodnocení/vada bezpečnostních skenerů, reflexní prvky na oblečení	Ohrožení života a zdraví přítlačené osoby	Bezpečnostní skener, rychlostní limit, floor spot, tlačítko hrotů vidlic	72	Vyznačení pracovního prostoru AGV, školení obsluhy	36
AGV	Mechanické nebezpečí	Náraz do překážky, srážka s ručním paletovým vozíkem, stojanem nebo druhým AGV	Chybné vyhodnocení/vada bezpečnostního skeneru, objekty užívané větší než 7 cm, pochybení obsluhy během přepravy stojanů pomocí ručního paletového vozíku	Poškození AGV, pád břemene	Bezpečnostní skener, tlačítko hrotů vidlic	72	Monitorování pracovního prostoru AGV, zákaz pokládání stojanů a dalších překážek do pracovního prostoru AGV	24
Osoby	Ostatní	Prach	Víření pudru a ostatních částic při pohybu AGV + ventilace	Dýchací problémy, ohrožení zdraví	Pravidelné lékařské prohlídky	60	Oznámení respiračních potíží nadřizovanému pracovníkovi, kontrola u lékaře	40
AGV	Mechanické nebezpečí	Náraz do překážky ve větší výšce	Vozík není vybaven senzorem pro snímání překážek ve větší výšce (vrata)	Poškození AGV a jeho částí		60	Nastavení AGV aby nezastavovalo v prostoru vrat, nastavení vrat na pomalejší zavírání	20
AGV	Ostatní	Prach	Zvíření prachu, přenesení pudru z výrobní linky na AGV	Znečištění bezpečnostních skenerů, zastavení AGV do doby, dokud skenery nebudou očištěny	Očištění bezpečnostních skenerů a dalších komponent na začátku každé směny	60	Monitorování zaprášení vozíků, v případě nutnosti čistit skenery v průběhu směny	40

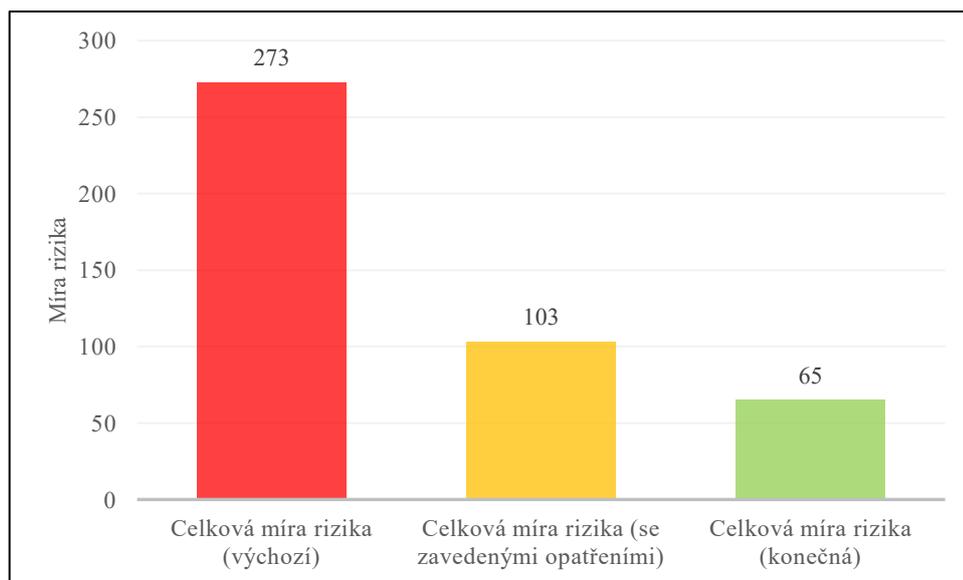
4.7.3 Porovnání metod

Pro porovnání metod je využito procentuální vyjádření snížení míry rizika, mezi celkovou mírou rizika, ve které jsou již započítány již zavedené bezpečnostní opatření a celkovou mírou rizika, ve které jsou započítány další bezpečnostní opatření. Procentuální vyjádření snížení míry rizika je spočítáno dle vzorce:

$$1 - \left(\frac{\text{Celk. míra rizika s navženými opatřeními}}{\text{Celk. míra rizika se stávajícími opatřeními}} \right) \cdot 100 \quad (1)$$

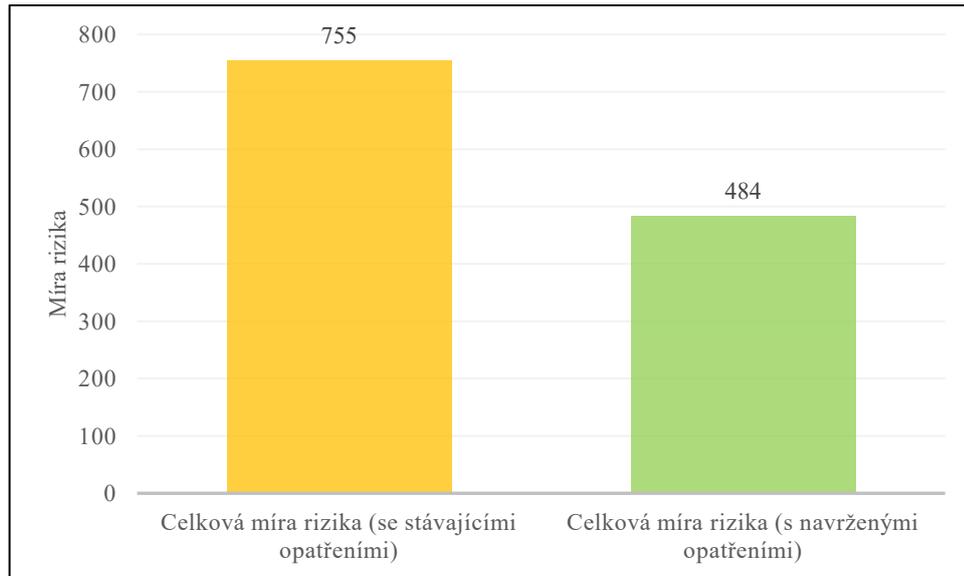
= procentuální snížení rizika

U analýzy rizik dle zadání firmy je v první fázi celková míra rizika snížena o 62,27 %. Toto procento představuje snížení rizika po započítání již existujících bezpečnostních opatření. Během druhé fáze, ve které jsou navržena další bezpečnostní opatření je celková míra rizika snížena o 36,89 %. Celkově je míra rizika, oproti stavu bez zabezpečení, snížena o 76,19 %.



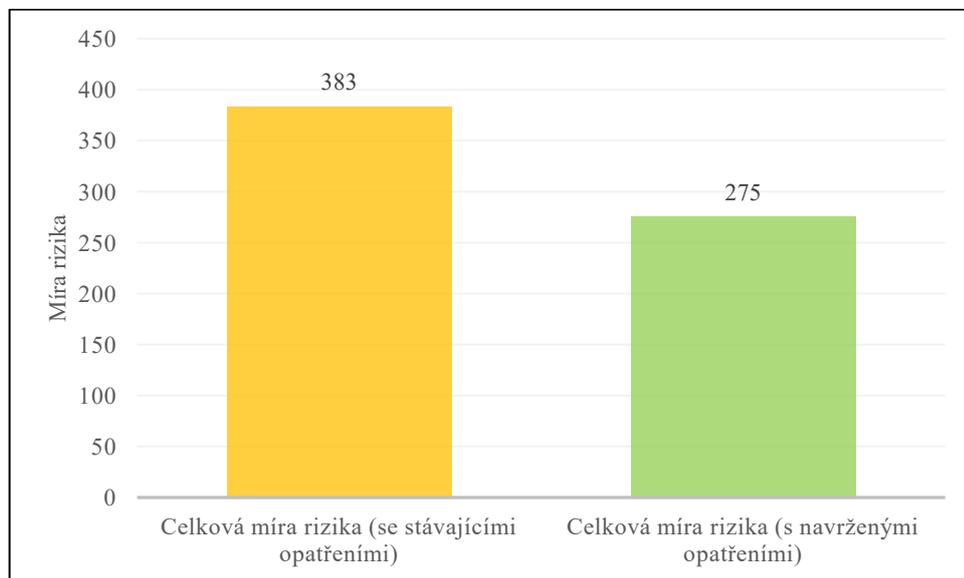
Graf 1 Snížení míry rizika u metody dle zadání firmy [vlastní]

Procentuální snížení míry rizika u metody FMEA je rozděleno na dvě části. V prvním grafu je znázorněno procentuální snížení rizika části analýzy zaměřené na újmu na zdraví zaměstnanců pohybujících se oblasti pracovní zóny AGV. V této části bylo riziko sníženo o 35,89 %. U obou metod se díky podobným přístupům hodnocení jednotlivých kritérií podařilo dosáhnout stejného výsledného snížení rizika.



Graf 2 Snížení míry rizika u metody FMEA – části zaměřené na újmu zaměstnanců [vlastní]

Metoda FMEA je zaměřena také na majetkovou újmu, ke které může během provozu dojít a je nutné toto riziko taktéž eliminovat. V této části je míra rizika snížena o 28,2 %. Procentuální snížení rizika u majetkové újmy je nižší, z důvodu množství již implementovaných bezpečnostních prvků, které chrání AGV před nárazy do překážek a možnému poškození.



Graf 3 Snížení míry rizika u metody FMEA – části zaměřené na majetkovou újmu [vlastní]

4.7.3.1 Rozdíly mezi metodami

Největším rozdílem mezi použitými metodami je absence zaměření na materiální škody u analýzy rizik dle zadání firmy. Metoda je zaměřena pouze na možné újmy na zdraví u obsluhy AGV. Oproti metodě FMEA jsou v analýze rizik dle zadání firmy posuzovány pouze dvě kritéria (závažnost a pravděpodobnost), zatímco u metody FMEA jsou posuzována kritéria tři (závažnost, pravděpodobnost a šance na odhalení). Dalším nedostatkem analýzy rizik dle zadání firmy je absence ověření účinnosti dalších navržených opatření. Dle zadání firmy je počítána pouze míra rizika bez bezpečnostních opatření a s již implementovanými bezpečnostními opatřeními. Výhodou metody je však zohlednění veškerých procesů a aktivity, které během provozu mohou nastat a součástí metody je také určení osoby, která je zodpovědná za další bezpečnostní opatření.

Metoda FMEA je zaměřena na újmu na zdraví obsluhy AGV, i na materiální škody, které mohou během provozu nastat. Oproti analýze dle zadání firmy je však více obecná a nezaměřuje se na jednotlivé procesy a činnosti, které jsou během provozu AGV vykonávány. Během metody FMEA není určena odpovědná osoba za provedení bezpečnostních opatření.

4.8 Dílčí závěr

V této kapitole byly identifikovány jednotlivá aktiva společnosti, hrozby a zranitelnosti. Byla provedena analýza aktuálního stavu zabezpečení modelového AGV a byly zohledněny vyzorované poruchy a incidenty, ke kterým došlo během zkušebního provozu. Byla vypracována analýza rizik dle zadání firmy a metoda FMEA. Obě metody byly po dokončení vyhodnoceny a vzájemně porovnány. Za hrozby s nejvyšší mírou rizika jsou dle vyhodnocení analýz považovány: situace kdy může dojít k přimáčknutí ke zdi, přimáčknutí mezi břemeno a AGV a srážka AGV s obsluhou či jinou překážkou, neionizující záření, respirační potíže a další. Pro porovnání metod byla vypočítána celková míra rizika před a po zavedení bezpečnostních opatření a následná procentuální snížení rizika. Hodnoty procentuálního snížení byly znázorněny pomocí grafů. Při porovnání metod bylo zjištěno, že hlavním nedostatkem metody analýzy rizik dle požadavků firmy je absence zohlednění poškození majetku firmy a absence výpočtu finální míry rizika po zavedení veškerých bezpečnostních opatření. Metoda FMEA je na druhou stranu více obecná a nezaměřuje se na jednotlivé procesy a činnosti, které jsou během provozu AGV vykonávány.

5 NÁVRH BEZPEČNOSTNÍCH OPATŘENÍ PRO VYBRANOU PODNIKOVOU LINKU

Celkové zabezpečení a bezpečnostní prvky, kterými je AGV vybaveno jsou dostačující a není tedy nutné navrhovat další bezpečnostní prvky, kterými by muselo být AGV vybaveno. AGV model ERE 225a dle výrobce splňuje normy pro hladinu trvalého akustického tlaku 64 dB(A) dle EN 12053 v souladu s ISO 4871 a limit vibrací pevného opěrného kola 0,88 m/s² dle EN 13059. Je splněn limit pro emise elektromagnetických rušivých vln, pro odolnost vůči rušení a vybíjení statické elektřiny dle EN 12895. Také je splněn požadavek na koncepci a výrobu elektrického vybavení vozíku při dodržení účelu použití dle EN 1175. [43]

Dle analýzy rizik je spíše důležité důkladně seznámit obsluhu AGV s možnými riziky, která mohou během provozu nastat. Pro tento účel je vytvořeno školení, které musí absolvovat všichni zaměstnanci, kteří sdílí pracovní prostor s AGV. Jediným fyzickým opatřením, které je nutné zavést je vyznačení provozní zóny AGV pomocí barevných čar na podlaze.

5.1 Školení obsluhy AGV

Školením ohledně obsluhy AGV musí projít každá osoba, která se pohybuje v pracovním prostoru AGV. Toto školení je složeno z dvou částí. V teoretické části je školená osoba teoreticky seznámena s provozem AGV, jednotlivými součástmi AGV a riziky, která mohou během provozu nastat. Druhá část školení je praktická, kdy je školená osoba prakticky seznámena s jednotlivými funkcemi AGV a činnostmi, které je během provozu AGV nutné vykonávat. Školení zajistí lepší informovanost zaměstnanců ohledně provozu AGV, pomůže předcházet možným zraněním zaměstnanců a poruch důsledkem špatné manipulace či nastavení AGV.

5.1.1 Teoretická část školení

V teoretické části školení je školená osoba teoreticky seznámena s provozem AGV na výrobní lince. Školení musí mít jasně danou strukturu, která se skládá z následujících bodů:

Popis vozíku – zde je školená osoba seznámena s jednotlivými částmi AGV a jejími funkcemi, školené osobě je také popsán pracovní cyklus, který AGV vykonává.

Popis provozní zóny – v této části je školená osoba seznámena s provozní zónou AGV, významem barevného značení, bezpečnostních piktogramů a udržováním provozní zóny.

Údržba – školená osoba je seznámena s údržbou AGV, kterou je povinna vykonávat. Jedná se o čištění částí AGV a bezpečnostních laserových skenerů od nánosu pudru pomocí určených nástrojů a přípravků. Musí být také seznámena se správným zajištěním AGV čištění. Úklid zahrnuje také zametení provozní zóny AGV. Během čištění musí mít obsluha k dispozici ochranu dýchacích cest z důvodu zvýšeného množství prachu v ovzduší.

Nabíjení – školená osoba musí být seznámena o nabíjecím cyklu AGV. V automatickém režimu se vozík nabíjí automaticky (sám přijede k nabíjecí stanici a zapojí se). Pokud je AGV delší dobu odstaveno například z důvodu poruchy nebo jiné příčiny, musí být zcela vypnut pomocí centrálního vypínače, aby nedošlo k úplnému vybití baterie).

Rizika – školená osoba musí být seznámena se všemi riziky, které hrozí během provozu AGV, jako například srážka, přitlačení mezi AGV a břemeno, neionizující záření atd.

Nutné OOPP – školená osoba musí být seznámena, že je povinna v provozu s AGV nosit vhodnou pracovní obuv (s kovovou špičkou), reflexní vestu a chrániče sluchu.

Obsluha v ručním režimu – školená osoba je seznámena s ovládacím mechanismem AGV v ručním režimu a veškerými funkcemi, které je možné v ručním režimu ovládat, taktéž musí být upozorněna, že v ručním režimu nejsou vyhodnocovány signály z bezpečnostních laserových skenerů.

Obsluha v automatickém režimu – školená osoba je seznámena s postupem uvedení AGV do automatického režimu, procesy a funkcemi, které AGV v automatickém režimu vykonává.

Práce s centrálním počítačem – Obsluha je teoreticky proškolená ohledně práce s centrálním počítačem a možnostmi ovládní AGV, které centrální počítač obsluze nabízí.

5.1.2 Praktická část školení

V praktické části školení je školená osoba pod dozorem školitele seznámena se všemi částmi AGV v provozu, školitel vysvětlí školené osobě manipulaci s AGV v ručním režimu a taktéž navedení vozíku na trasu, které je nutné pro spuštění vozíku do automatického režimu. Pokud je školenou osobou budoucí obsluha AGV, je také nutné tuto osobu seznámit se zajištěním vozíku během čištění a postup při čištění jak částí AGV, tak bezpečnostních skenerů. Dále také seznámení s ovládním centrálního počítače, který zajišťuje propojení linky, zapékacích komor a systému AGV. Po praktickém školení navazuje zácvik na obsluhu AGV,

během kterého se zaměstnanec učí řešit poruchy, které mohou během pracovního cyklu nastat a další aktivity potřebné k obsluze AGV.

5.2 Návrh značení pracovního prostoru AGV

Značení pracovního prostoru AGV odděluje provozní zónu AGV od prostoru určeného pro obsluhu AGV a další osoby pohybující se v oblasti výrobní linky.

Dle normy ČSN EN ISO 3691-4 v provozní zóně AGV musí být z obou stran vozíku zajištěn minimální volný prostor mezi vozíkem a pevnou překážkou o šířce 0,5 m a výšce 2,1 m. V případě zajištění tohoto prostoru může AGV s aktivní ochranou osob jezdit v provozní zóně maximální rychlostí 0,7 m/s. Tato oblast je v návrhu značena žlutou čarou. Oblast nebezpečné zóny je taková, kde není možné zajistit volný prostor po bocích vozíku širší než 0,5 m a vyšší než 2,1 m nebo prostory, kde není možná ochrana osob pomocí bezpečnostních laserových skenerů. Tato zóna se nachází u výrobní linky, kde AGV vyzvedává břemeno a následně jej po zapékacím procesu vkládá zpět do linky, během nakládání a vykládání břemene není vyhodnocován signál z bezpečnostního skeneru umístěného na vidlích a kolem břemene je linka po obvodu chráněna bezpečnostním krytem, který zmenšuje prostor kolem břemena na méně než 0,5 m. V této zóně musí AGV snížit svou rychlost na 0,3 m/s a na jízdu musí vozík upozornit pomocí optického nebo akustického signálu. AGV je zároveň nastaveno tak, aby nevyjelo ven ze své provozní ani nebezpečné zóny. Kolem linky jsou umístěny dva přechody, které slouží pro průchod kolem linky. Přechody jsou určeny pouze obsluze AGV nebo obsluze linky v případě poruchy. Ostatním osobám, které nepracují na lince je průchod kolem linky zakázán, a musí využít jiné alternativy cest. Vstup do zakázané zóny značí červené šipky, které jsou umístěny právě u přechodů, u schodiště a dvojitých dveří v hale se zapékacími komorami. U každého z těchto vstupů je taktéž umístěna bezpečnostní tabulka (Obrázek 26), která informuje zaměstnance a další osoby pohybující se v provozu o možném nebezpečí. V celém pracovním prostoru AGV je zakázáno pokládat stojany s formami nebo i prázdné stojany mimo vyznačené plochy k tomu určené.

Respektování pracovního prostoru AGV a pravidel s tímto prostorem spojenými zvýší celkovou efektivitu a bezpečnost provozu AGV.

Během zkušebního provozu je možné značení zón realizovat pomocí barevných podlahových pásek. Tyto pásky je možné v případě změn lehce přelepit a změnit tak rozložení zón. Po ukončení zkušebního provozu je možné značení realizovat pomocí malovaných čar na podlaze.

Celková délka značení je odhadnuta i s rezervou na 520 m. Na vyznačení plochy je možné použít standartní podlahovou pásku o šířce 5 cm. Páska je vyrobena z polyvinylchloridu a její použití neovlivní funkci ani provoz AGV. Pásky jsou prodávány v různých barvách po 33 metrech. Výsledná cena značení pomocí podlahových pásek je vyčíslena na 3285 Kč bez DPH. Místo pro čištění vozíku a místo pro čekání na nakládku je dočasně označeno černou páskou a místa pro odložení výrobků na testování jsou dočasně označeny zelenou barvou.

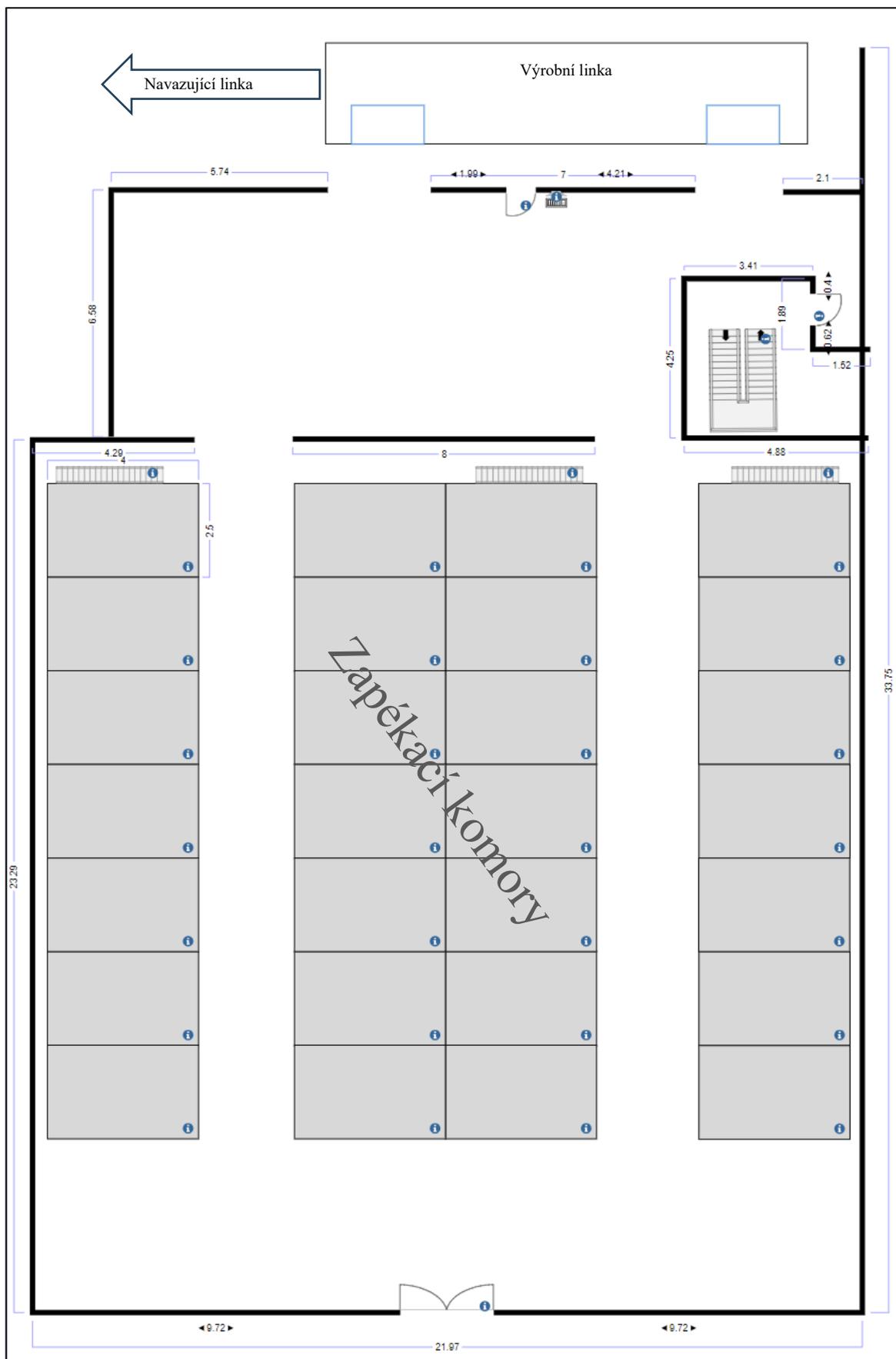
Tabulka 15. Náklady na značení během zkušebního provozu. Upraveno z [49]

Barva pásky	Metráž	Počet kusů pásky	Cena za ks (bez DPH)	Celková cena
Žlutá	22 m	1 ks	180 Kč	180 Kč
Červená	5 m	1 ks	180 Kč	180 Kč
Zelená	465 m	15 ks	171 Kč	2565 Kč
Černá	28 m	1 ks	180 Kč	180 Kč
Celková cena (bez DPH)				3285 Kč

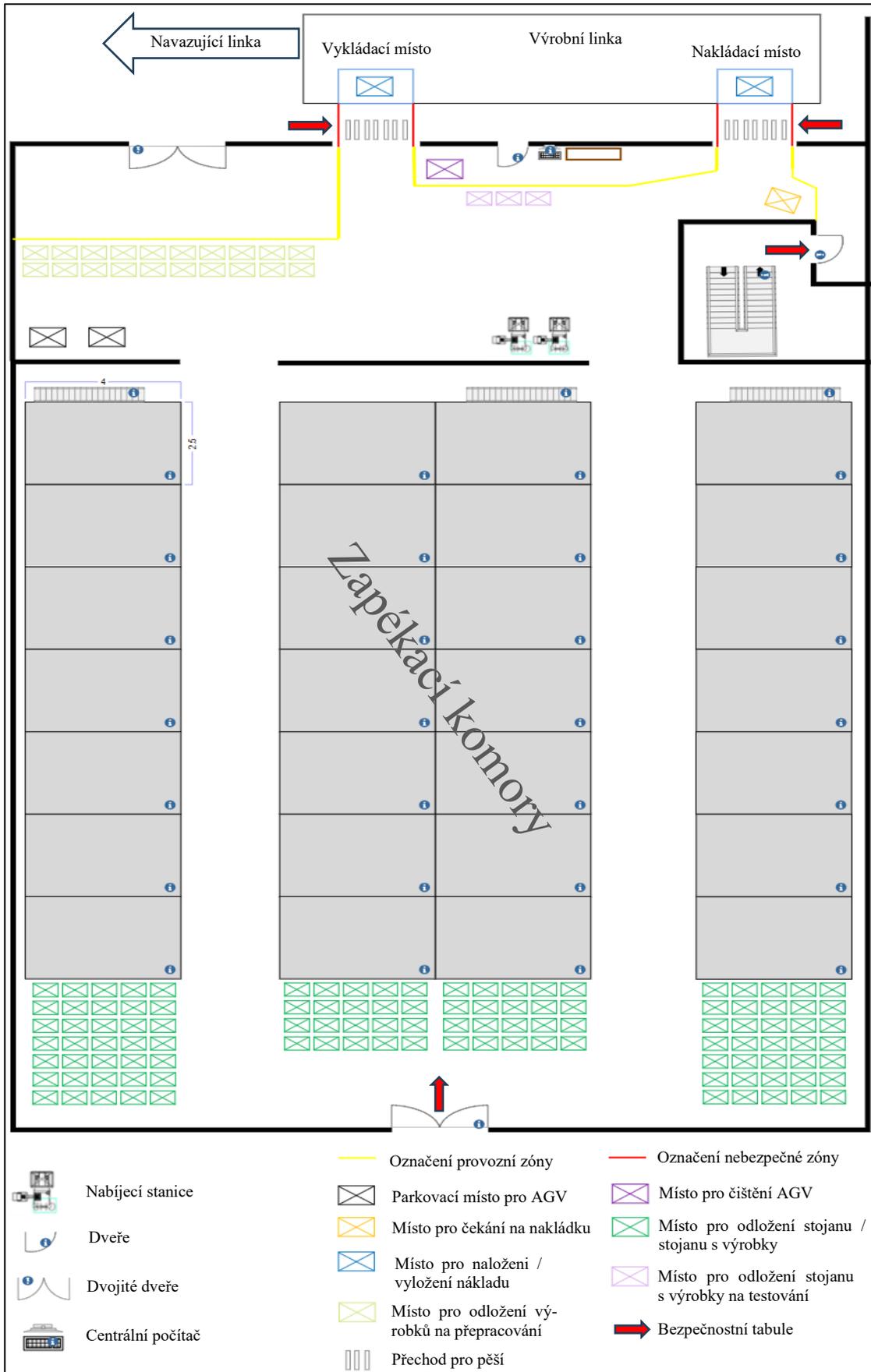


Obrázek 23. Standartní podlahové pásky [49]

V případě realizace značení pomocí barevného nátěru je možný výběr z několika typů barev (akrylátové, epoxidové, polyuretanové atd.). Typy nátěrů se liší dobou schnutí, přilnavostí k povrchu výslednou odolností a cenou. Cena nátěru se odvíjí od typu barvy a ceny za práci zaměstnanců dodavatelské firmy, která bude značení realizovat. Výsledná cena se může pohybovat od 40 Kč/bm do 90 Kč/bm. [50]



Obrázek 24 Půdorys výrobních prostor s AGV [vlastní]



Obrázek 25 Návrh značení zón AGV na vybrané podnikové lince [vlastní]



Obrázek 26. Bezpečnostní tabulka u vstupů do pracovního prostoru AGV. Upraveno z [46]

5.3 Dílčí závěr

Poslední kapitola byla zaměřena na návrh bezpečnostních opatření. Vzhledem k vybavení AGV moderními bezpečnostními prvky není nutné na AGV montovat další bezpečnostní komponenty. Navržená opatření se týkají kvality školení osob, které sdílejí svůj pracovní prostor s AGV a vyznačení provozní a nebezpečných zón, ve kterých se AGV pohybuje. Všechny vstupy k pracovnímu prostoru AGV jsou také označeny bezpečnostní tabulkou.

ZÁVĚR

Automatizace průmyslových procesů za pomoci automaticky naváděných vozíků představuje významné zvýšení efektivity a produktivity výrobních procesů. Ačkoliv jsou automaticky naváděné vozíky vybaveny moderními bezpečnostními systémy, je stále nutné přizpůsobit pracovní prostředí tak, aby byly schopny sdílet pracovní plochu s pracovníky a ostatním vybavením provozu.

Cílem diplomové práce bylo vypracování analýzy rizik na vybrané podnikové lince s automaticky naváděnými vozíky a navržení vhodných bezpečnostních opatření, která eliminují nebo sníží riziko vzniku identifikovaných hrozeb na přijatelnou úroveň.

V rámci teoretické části byla zpracována terminologie vysvětlující pojmy z oblasti výrobků, dodávání výrobků na trh EU a terminologie týkající se AGV. Následně byl vypracován přehled legislativního rámce zaměřující se na technické požadavky a bezpečnost strojních zařízení. Tyto požadavky jsou poté ověřovány při certifikaci výrobku. Součástí první kapitoly byl také úvod do problematiky řízení rizik, vysvětlení základních pojmů a postupu při procesu řízení rizik. V závěru kapitoly byly popsány dvě metody analýzy rizik, které byly následně použity v praktické části.

Druhá kapitola teoretické části byla zaměřena na popis AGV. Byly zde popsány jednotlivé druhy AGV, které se od sebe liší v závislosti na účelu použití a konkrétním využití ve výrobním či skladovém provozu. Automaticky naváděné vozíky musí být vybaveny navigačním systémem a bezpečnostními prvky, které zajišťují bezpečný a efektivní převoz břemen. Úvod praktické části zahrnoval analýzu aktuálního stavu vybrané výrobní linky a modelového AGV, byly popsány jednotlivé komponenty, jejich umístění a funkce. Taktéž byl představen způsob nabíjení baterie AGV a podoba břemene, které je pomocí AGV převáženo.

Ve druhé části byla vypracována analýza rizik, jejíž součástí byla identifikace aktiv, hrozeb a zranitelností. Dále byly popsány jednotlivé bezpečnostní prvky a jejich bezpečnostní funkce. Tato část byla rozšířena o poznatky z testovacího provozu. Na základě těchto informací byly vypracovány dvě metody analýzy rizik. První analýza byla vypracována dle požadavků firmy a druhou analýzou byla metoda FMEA. Po vyhodnocení obou analýz byly identifikovány nebezpečí s nejvyšší mírou rizika, mezi které patří: neionizující záření, respirační potíže, situace, kdy může dojít k přimáčknutí ke zdi, přimáčknutí mezi břemeno a AGV a srážka AGV s obsluhou či jinou překážkou. Součástí kapitoly bylo také porovnání obou

metod. Pro účel porovnání bylo zvoleno procentuální snížení míry rizika. U metody dle zadání firmy byla míra rizika snížena o 36,98 % a u metody FMEA (části zaměřené na újmu osob) o 35,89 %. Hlavní nevýhodou metody analýzy rizik dle zadání firmy byla absence zaměření na materiální škody a ověření míry rizika po zavedení dalších bezpečnostních opatření. Výhodou bylo zaměření na konkrétní činnosti prováděné během provozu AGV. Výhodou metody FMEA bylo zaměření jak na újmu na zdraví zaměstnanců, tak i materiální ztráty. Metoda byla však oproti první více obecná a součástí metody nebylo určení odpovědné osoby za provedení bezpečnostních opatření.

V poslední kapitole praktické části byly navrženy bezpečnostní opatření na základě výstupů z analýz rizik. Hlavním bezpečnostním opatřením byl návrh značení pracovního prostoru AGV dle normy ČSN EN ISO 3691-4. Realizace pomocí podlahových pásek byla vyčíslena na 3285 Kč bez DPH. V případě nátěru značení se cena odvíjí od nabídky dodavatelské firmy. Jako další bezpečnostní opatření bylo navrženo školení obsluhy AGV a obsluhy linky, u které se AGV pohybuje. Školení bylo rozděleno na teoretickou a praktickou část. Navržená bezpečnostní opatření mají za úkol zvýšení povědomí obsluhy AGV a obsluhy výrobní linky o možných nebezpečích a eliminují riziko úrazu a materiálních ztrát. Celkové zabezpečení a bezpečnostní prvky samotného AGV byly považovány za dostačující, a tedy žádné úpravy AGV nebyly nutné.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

- [1] ČESKÁ REPUBLIKA. *Narřízení vlády č. 176/2008 Sb.: Narřízení vlády o technických požadavcích na strojní zařízení*. Online. Zákony pro lidi. Praha, 2008. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-176>. [cit. 2024-5-11].
- [2] ČESKÁ REPUBLIKA. *Zákon č. 22/1997 Sb.: Zákon o technických požadavcích na výrobky a o změně a doplnění některých zákonů*. Online. Zákony pro lidi. Praha, 1997. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1997-22>. [cit. 2024-5-11].
- [3] ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA. *ČSN EN ISO 3691-4, Manipulační vozíky – Bezpečnostní požadavky a ověřování – Část 4: Průmyslové vozíky bez řidiče a jejich systémy*. 2022. [cit. 2024-5-11].
- [4] PILZ. *Mezinárodní a národní normy (IEC, ISO, DIN,...)*. Online. Dostupné z: <https://www.pilz.com/cs-CZ/support/law-standards-norms/standards/iso-iec-standards>. [cit. 2024-05-11].
- [5] LUKÁŠ, Luděk. *Bezpečnostní technologie, systémy a management III*. Zlín: Radim Bačuvčík - VeRBuM, 2013. ISBN 978-80-87500-35-4.
- [6] VALOUCH, Jan. *Strojní zařízení pro výrobu cukru – posuzování shody a uvádění na trh*. Online. S. 106 - 110. Dostupné z: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfiefndmkaj/http://www.cukr-listy.cz/on_line/2016/PDF/106-110.pdf. [cit. 2024-05-13].
- [7] PILZ. *Rozdíl mezi normami typu A, B a C*. Online. Dostupné z: <https://www.pilz.com/cs-CZ/support/faq/standards/articles/167667>. [cit. 2024-05-13].
- [8] ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA. *ČSN EN 1175, Bezpečnost motorových vozíků – Požadavky na elektrické a elektronické systémy*. 2022. [cit. 2024-5-11].
- [9] ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA. *ČSN EN 12895+A1, Manipulační vozíky – Elektromagnetická kompatibilita*. 2020. [cit. 2024-5-11].
- [10] ALPHAPLAN. *About VDMA*. Online. Dostupné z: chrome-extension://efaidnbmnnnibpcajpcgiclfiefndmkaj/https://www.alphaplan-group.com/wp-content/uploads/2024/02/VNA_EN.pdf. [cit. 2024-05-12].

- [11] DOKUMENTACEBOZP.CZ. *Prohlášení o shodě a certifikace značky CE*. Online. 2022. Dostupné z: <https://www.dokumentacebozp.cz/aktuality/prohlaseni-o-shode-znacka-ce/>. [cit. 2024-05-12].
- [12] ČESKÁ REPUBLIKA. *Zákon č. 90/2016 Sb.: Zákon o posuzování shody stanovených výrobků při jejich dodávání na trh*. Online. Zákony pro lidi. Praha, 2016. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2016-90>. [cit. 2024-05-12]
- [13] ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA. *ČSN ISO 31000, Management rizik*. 2018. [cit. 2024-05-12]
- [14] LUKÁŠ, Luděk. *Bezpečnostní technologie, systémy a management*. II. Zlín: Radim Bačuvčík - VeRBuM, 2012. ISBN 978-80-8750-019-4.
- [15] APTIEN. *Co je matice rizik?* Online. Dostupné z: <https://aptien.com/cs/kb/articles/what-is-risk-matrix>. [cit. 2024-05-12].
- [16] SMEJKAL, Vladimír a RAIS, Karel. *Řízení rizik ve firmách a jiných organizacích*. 4. Grada, 2013. ISBN 978-80-247-4644-9.
- [17] VYBRANÁ SPOLEČNOST (ANONYMIZOVÁNO). *Metodika analýzy rizik*. [cit. 2024-05-22].
- [18] MENČÍK, Jaroslav. *Spolehlivost inženýrských konstrukcí*. Online. BOOKPORT. Pardubice: Univerzita Pardubice, 2020. ISBN 978-80-7560-325-8. Dostupné z: <https://www.bookport.cz/kniha/spolehlivost-inzenyrskych-konstrukci-8018/>. [cit. 2024-05-12].
- [19] ZUO, Dunwen. *Frontier in functional manufacturing technologies: selected, peer reviewed papers from the 2nd International Conference on Functional Manufacturing Technologies (ICFMT 2010), Aug. 6-9 2010, Harbin, Heilongjiang, China. Advanced materials research*. Online. Stafa-Zurich, Switzerland: Trans Tech Publications, c2010. ISBN 9783038133964. Dostupné z: https://proxy.k.utb.cz/login?url=http://app.knovel.com/hotlink/toc/id:kpFFMT0003/frontier_in_functional_manufacturing_technologies. [cit. 2024-05-12].
- [20] PASTOR, Alfredo. *Amazing Automated Guided Vehicles: In-Depth GUIDE*. Online. Dostupné z: <https://www.agvnetwork.com/what-is-automated-guided-vehicle-agv-robot>. [cit. 2024-05-12].
- [21] DEUS ROBOTICS. *What are Automated Guided Vehicles?* Online. Dostupné z: <https://deusrobotics.com/what-are-automated-guided-vehicles/>. [cit. 2024-05-12].

- [22] ISITEC-INTERNATIONAL. *Automaticky naváděný vozík (AGV)*. Online. Dostupné z: <https://isitec-international.com/cs/produkty/automaticky-navadeny-vozik-agv/>. [cit. 2024-05-12].
- [23] ASSECO-CEIT. *Podbíhací AGV*. Online. Dostupné z: <https://www.asseco-ceit.com/cz/agv-system/podbihaci-mobilni-roboty/>. [cit. 2024-05-12].
- [24] SCOTT. *Automaticky řízené vozíky (AGV)*. Online. Dostupné z: <https://scottautomation.com/cs-cz/products/agv>. [cit. 2024-05-12].
- [25] DV VELOCITY. *NEW AGVS SOLUTIONS WITH JUNGHEINRICH*. Online. Dostupné z: <https://www.dcvelocity.com/articles/43536-mcfa-rolls-out-new-agvs-solutions-with-jungheinrich>. [cit. 2024-05-23].
- [26] ASSECO-CEIT. *AGV Tahače*. Online. Dostupné z: <https://www.asseco-ceit.com/cz/agv-system/tahace/>. [cit. 2024-05-13].
- [27] QUALISENGINEERS. *FX40*. Online. Dostupné z: <https://qualisengineers.com/product/fx40/>. [cit. 2024-05-13].
- [28] ROBOTPLATFORM. *Wheel Control Theory*. Online. Dostupné z: https://www.robotplatform.com/knowledge/Classification_of_Robots/wheel_control_theory.html. [cit. 2024-05-15].
- [29] REACHMACHINERY. *Brzdy Automaticky Řízeného Vozidla (AGV) S Pružinou*. Online. Dostupné z: <https://www.reachmachinery.com/cs/information/spring-loaded-automatic-guided-vehicle-agv-brakes/>. [cit. 2024-05-15].
- [30] KOHOUT, Adam, MALAGA, Miroslav, MOZOL, Štefan a ULRYCH, Zdeněk. *Možnosti navádění a řízení AGV používaných v praxi*. Online. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2023. ISBN 978-80-261-1198-6. Dostupné z: <https://doi.org/10.24132/PI.2023.11986.075-084>. [cit. 2024-05-12].
- [31] PASTOR, Alfredo. *Understanding AGV Safety: The Definitive Guide*. Online. Dostupné z: <https://www.agvnetwork.com/automated-guided-vehicles-safety-systems#risk-zones>. [cit. 2024-05-12].
- [32] SICK. *Průmyslová vozidla*. Online. Dostupné z: https://cdn.sickcn.com/media/docs/7/37/637/industry_overview_industrial_vehicles_cs_im0080637.pdf. [cit. 2024-05-15].

- [33] HRUŠKA, František. *Technické prostředky integrované automatizace*. Online. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně, 2017. ISBN 978-80-7454-700-3. Dostupné z: <https://vufind.katalog.k.utb.cz/Record/98321>. [cit. 2023-11-06].
- [34] AUTOMATIZACE. *Nouzové zastavení stroje. Volba a použití tlačítek E-STOP*. Online. Dostupné z: <https://automatizace.hw.cz/bezpecnost-stroju-komponenty/nouzove-zastaveni-stroje-volba-a-pouziti-e-stop-tlacitek.html>. [cit. 2024-05-12].
- [35] SICK. *Blokovací zařízení*. Online. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/catalog/vyrobky/safety/blokovaci-zarizeni/c/g191551>. [cit. 2024-05-15].
- [36] AMTEK. *Bezpečnostní laserový skener*. Online. Dostupné z: <https://www.amtek.cz/bezpecnostni-laserovy-scanner/>. [cit. 2024-05-12].
- [37] SICK. *MicroScan3 and nanoScan3 safety laser scanner – basic training*. Online. Dostupné z: <https://www.sick.com/tr/en/catalog/training/training-and-education/product-system-and-software-training/microscan3-and-nanoscan3-safety-laser-scanner-basic-training/p/p672156>. [cit. 2024-05-13].
- [38] REM-TECHNIK. *Bezpečnostní snímací lišty*. Online. Dostupné z: <https://www.rem-technik.cz/bezpecnostni-systemy/bezpecnostni-listy-a-narazniky/spinaci-bezpecnostni-listy-1531.html>. [cit. 2024-05-12].
- [39] TEPROSTROJ. *Spínací lišty*. Online. Dostupné z: <https://teprostroj.com/49-uncategorised/1587-spinaci-listy-s-uchycenim-t-sirka-15-mm>. [cit. 2024-05-15].
- [40] SICK. *Inkrementální enkodér DFS60S Pro*. Online. Dostupné z: <https://www.sick.com/cz/cs/catalog/vyrobky/senzory-motion-control/inkrementalni-ekoder/dfs60s-pro/c/g309664?tab=overview>. [cit. 2024-05-15].
- [41] PILZ. *Funkce bezpečnostního relé*. Online. Dostupné z: <https://www.pilz.com/cs-CZ/support/lexicon/articles/072106>. [cit. 2024-05-13].
- [42] PILZ. *Bezpečnostní relé / bezpečnostní spínací moduly PNOZ*. Online. Dostupné z: <https://www.pilz.com/cs-CZ/products/relay-modules/safety-relays-protection-relays>. [cit. 2024-05-15].
- [43] JUNGHEINRICH. *ERE 225a: Návod k obsluze 52319526*. 2022. [cit. 2024-05-22].

- [44] JUNGHEINRICH. *SLH 090i: Návod k obsluze*. Online. Dostupné z: <https://manuals.prod.scw.jungheinrichcloud.com/51594846/51594846.pdf>. [cit. 2024-05-22].
- [45] DNT. *Blue Spot LED*. Online. Dostupné z: <https://www.your-safety-zone.eu/produkt/blue-point-led/>. [cit. 2024-05-13].
- [46] ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA. *ČSN EN ISO 7010, Grafické značky – Bezpečnostní barvy a bezpečnostní značky – Registrované bezpečnostní značky*. 2021. [cit. 2024-05-13].
- [47] PILZ. *Výběr ochranných krytů pro stroje a zařízení*. Online. Dostupné z: <https://www.pilz.com/cs-CZ/support/law-standards-norms/iso-standards/choosing-guards>. [cit. 2024-05-13].
- [48] ČESKÁ TECHNICKÁ NORMA. *ČSN EN ISO 14120, Bezpečnost strojních zařízení – Ochranné kryty – Obecné požadavky pro konstrukci a výrobu pevných a pohyblivých ochranných krytů*. 2017. [cit. 2024-05-13].
- [49] HAPPY END. *Značící podlahové pásy*. Online. Dostupné z: <https://www.happyend.cz/podlahove-znaceni-a-protiskluzove-prostredky/znacici-podlahove-pasky#&&f=MzY5X1NQIDewMA%3d%3d&rf=>. [cit. 2024-05-22].
- [50] LEMAKO. *Podlahové značení*. Online. Dostupné z: <https://www.lemako.cz/podlahove-znaceni/>. [cit. 2024-05-22].

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

ČSN	České technické normy
DIN	Deutsches Institut für Normung
ISO	International Organization for Standardization
IEC	International Electrotechnical Commission
EU	Evropská Unie
AGV	Automatic Guide Vehicle
GPS	Global Positioning System
V	Volt
A	Ampér
bm	Běžný metr

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Souřadnicový systém AGV	13
Obrázek 2 Označení CE.....	18
Obrázek 3 Hlavička hodnotící tabulky pro analýzu rizik dle požadavků firmy	26
Obrázek 4 Hlavička hodnotící tabulky pro metodu FMEA	27
Obrázek 5 Podjezdové AGV.....	30
Obrázek 6 Vysokozdvížené AGV	30
Obrázek 7 Tahač AGV	31
Obrázek 8 Těžkotonážní AGV	32
Obrázek 9 Tlačítko nouzového zastavení	35
Obrázek 10 Bezpečnostní laserový skener	36
Obrázek 11 Bezpečnostní spínací lišta	36
Obrázek 12 Snímač rychlosti a úhlu natočení kol	37
Obrázek 13 Lankový a optický snímač.....	38
Obrázek 14 Čtečka kódů.....	38
Obrázek 15 Bezpečnostní relé	39
Obrázek 16 Indikátor směru jízdy	40
Obrázek 17 Komponenty AGV pohled ze směru pohonu	44
Obrázek 18 Komponenty AGV pohled ze směru nákladu	45
Obrázek 19 Nabíjecí stanice AGV.....	47
Obrázek 20 Převážené břemeno	48
Obrázek 21 Bezpečnostní prvky AGV ve směru pohonu.....	52
Obrázek 22 Bezpečnostní prvky AGV ve směru nákladu	54
Obrázek 23. Standartní podlahové pásy	80
Obrázek 24 Půdorys výrobních prostor s AGV	81
Obrázek 25 Návrh značení zón AGV na vybrané podnikové lince	82
Obrázek 26. Bezpečnostní tabulka u vstupů do pracovního prostoru AGV.....	83

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Soupis a umístění komponentů AGV ve směru pohonu.....	44
Tabulka 2 Soupis a umístění komponentů AGV ve směru nákladu	46
Tabulka 3 Hodnocení závažnosti k analýze rizik dle požadavků firmy	56
Tabulka 4 Hodnocení pravděpodobnosti výskytu k analýze rizik dle požadavků firmy	56
Tabulka 5 Hodnocení výsledného rizika dle matice rizik k analýze rizik dle požadavků firmy	57
Tabulka 6 Analýza rizik dle požadavků firmy.....	58
Tabulka 7 Hodnocení závažnosti újmy na zdraví k metodě FMEA	63
Tabulka 8 Hodnocení škody na majetku k metodě FMEA.....	64
Tabulka 9 Hodnocení pravděpodobnosti vzniku k metodě FMEA	64
Tabulka 10 Hodnocení pravděpodobnosti odhalení k metodě FMEA	65
Tabulka 11 Hodnocení výsledného rizika metody FMEA	65
Tabulka 12. Analýza rizik pomocí metody FMEA.....	66
Tabulka 13 Vyhodnocení analýzy rizik dle požadavků firmy	71
Tabulka 14 Vyhodnocení analýzy riziky FMEA	73
Tabulka 15. Náklady na značení během zkušebního provozu.....	80

SEZNAM GRAFŮ

Graf 1 Snížení míry rizika u metody dle zadání firmy	74
Graf 2 Snížení míry rizika u metody FMEA – části zaměřené na újmu zaměstnanců	75
Graf 3 Snížení míry rizika u metody FMEA – části zaměřené na majetkovou újmu	75