



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

**NÁVRH OPLOCENÍ A ANALÝZA RIZIK
ROBOTICKÉHO PRACOVÍŠTĚ**

FENCING DESIGN AND RISK ANALYSIS OF A ROBOTIC WORKPLACE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Zbyněk Piech

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Mikuláš Szabari

BRNO 2022

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky
Student: **Bc. Zbyněk Piech**
Studijní program: Výrobní stroje, systémy a roboty
Studijní obor: bez specializace
Vedoucí práce: **Ing. Mikuláš Szabari**
Akademický rok: 2021/22

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Návrh oplocení a analýza rizik robotického pracoviště

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Úkolem studenta je navrhnout oplocení, vstupní body a zabezpečení existujícího robotického pracoviště na ústavu výrobních strojů, systému a robotiky, při splnění veškerých požadavků na bezpečnost. Student také vypracuje analýzu rizik.

Cíle diplomové práce:

Rešerše v oblasti současných legislativních požadavků.
Rozbor řešené problematiky.
Návrh oplocení a rozmístění bezpečnostních prvků.
Identifikovat nebezpečí spojená s provozovaným pracovištěm.
Odhadnout počáteční rizika u identifikovaných nebezpečí.
Závěr a doporučení pro praxi.

Seznam doporučené literatury:

ČSN EN ISO 12100. Bezpečnost strojních zařízení - Všeobecné zásady pro konstrukci - Posouzení rizika a snižování rizika. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

ČSN EN ISO 13857. Bezpečnost strojních zařízení - Bezpečné vzdálenosti k zamezení dosahu do nebezpečných zón horními a dolními končetinami. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2021.

ČSN EN IEC 60812. Analýza způsobů a důsledků poruch (FMEA a FMECA). Druhé vydání. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Diplomová práce se zabývá návrhem oplocení robotického pracoviště, které slouží pro manipulaci s plechy. V první části je provedena rešerše v oblasti současných legislativních požadavků na bezpečnost, následovaná identifikací nebezpečí a doporučením pro snížení rizika. Druhá část práce se zabývá aplikací těchto doporučení, především návrhem oplocení robotického pracoviště včetně výběru výrobce řešení, návrhu rozmístění oplocení a dalších bezpečnostních prvků. Je zhotoven kusovník a ekonomické zhodnocení.

ABSTRACT

Presented master thesis is focusing on design of fencing for robotic workplace. Such robotic workplace is used for manipulation with pieces of sheet metal. In the first part, the analysis of current legislative requirements is provided together with hazard identification and recommendations for lowering the risk. Second part is focusing on application of such recommendations, therefore the fencing design of the robotic workplace is presented, coupled with the selection of the manufacturer and design of the placement of the fencing and further safety elements. Bill of materials and economical evaluation is made.

KLÍČOVÁ SLOVA

Návrh oplocení, oplocení robotického pracoviště, analýza rizik robotického pracoviště, bezpečnost robotického pracoviště, identifikace nebezpečí robotického pracoviště, bezpečnostní prvky robotického pracoviště, zabezpečení robotického pracoviště.

KEYWORDS

Fencing design, fencing of a robotic workplace, risk analysis of a robotic workplace, safety of a robotic workplace, hazard identification of a robotic workplace, safety elements of a robotic workplace, security of a robotic workplace.

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

PIECH, Zbyněk. *Návrh oplocení a analýza rizik robotického pracoviště*. Brno, 2022. Dostupné také z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/140339>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Mikuláš Szabari.

PODĚKOVÁNÍ

Chtěl bych poděkovat Ing. Mikuláši Szabarimu za vedení a jeho odborné rady a materiální pomoc při vypracovávání všech částí práce, doc. Ing. Petru Blechovi, Ph.D., za konzultace a Prokopovi Maršíkovi za to, že mi řekl: „*Nebul.*“ Velice bych chtěl poděkovat celé rodině a kamarádům za ohromnou psychickou podporu a za motivaci při psaní.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracoval jsem ji samostatně pod vedením Ing. Mikuláše Szabariho a s použitím literatury uvedené v seznamu literatury.

V Brně dne 20. 5. 2022

.....

Zbyněk Piech

OBSAH

1	ÚVOD	17
2	MOTIVACE	19
3	POPIS ŘEŠENÉHO PROBLÉMU	20
3.1	Popis pracoviště	20
3.2	Provoz robotického pracoviště.....	22
4	ANALÝZA BEZPEČNOSTI	25
4.1	Současné legislativní požadavky	25
4.2	Současné normativní požadavky	26
4.3	Harmonizované normy	26
4.4	Přístup ke snižování rizika	29
4.4.1	Metoda tří kroků	29
4.5	Analýza bezpečnosti	31
4.5.1	Blokový diagram	31
4.5.2	Identifikace relevantního nebezpečí	33
4.5.3	Analýza významných nebezpečí	34
4.5.4	Přehled identifikovaných nebezpečí a odhad počátečního rizika	37
4.5.5	Snížení rizika	41
4.6	Vyhodnocení analýzy bezpečnosti.....	47
5	NÁVRH OPLOCENÍ	49
5.1	Teoretický přehled	49
5.1.1	Požadavky na ochranné kryty	49
5.1.2	Reakční doba systému	50
5.1.3	Nejmenší možné mezery	50
5.2	Výběr výrobce řešení	51
5.3	Možnosti prostorového řešení.....	52
5.3.1	První varianta.....	52
5.3.2	Druhá varianta	54
5.3.3	Třetí varianta.....	55
5.4	Výběr varianty	57
5.4.1	Hodnoticí kritéria.....	57
5.4.2	Váhy hodnoticích kritérií.....	57
5.4.3	Vyhodnocení konstrukčních variant	58
5.5	Reakční doba systému	60
5.6	Bezpečné vzdálenosti.....	60
5.6.1	Bezpečné vzdálenosti přiblížení	60
5.6.2	Nejmenší možné mezery	61
5.7	Návrh oplocení.....	61
5.7.1	Parametry oplocení	61
5.7.2	Přemístění a úprava stávajících komponent	61
5.7.3	Umístění prvků pracoviště.....	63
5.7.4	Výsledné zástavbové rozměry oplocení	63
5.8	Návrh rozmístění bezpečnostních prvků.....	64
5.8.1	Tlačítka nouzového zastavení.....	64
5.8.2	Optická brána.....	64
5.8.3	Blokovací zařízení spojená s ochrannými kryty	65

5.8.4	Bezpečnostní laserový skener	66
5.8.5	Signální věž.....	67
5.8.6	Zapojení bezpečnostních prvků.....	68
5.9	Kusovník komponent.....	70
5.10	Ekonomické zhodnocení	71
6	ZHODNOCENÍ A DOPORUČENÍ PRO PRAXI.....	73
7	ZÁVĚR.....	75
8	BIBLIOGRAFIE.....	77
9	SEZNAM TABULEK, OBRÁZKŮ A VZORCŮ.....	83
9.1	Seznam tabulek.....	83
9.2	Seznam obrázků.....	83
9.3	Seznam vzorců.....	84
10	SEZNAM PŘÍLOH.....	85

1 ÚVOD

V posledním desetiletí pozorujeme nástup technologií Průmyslu 4.0, která přináší do výrobních společností další možnosti, jak zefektivnit celou výrobu a udělat ji více ekologickou a bezpečnou. Již se nemluví jen o digitalizaci a sběru dat, ale data se také začínají analyzovat, používat pro diagnostiku a odstranění prodlev. Jednotlivá pracoviště jsou mezi sebou propojená, komunikují mezi sebou a je snadnější je řídit. Kromě digitalizace se také ve velkém robotizuje, jednou ze zásad Průmyslu 4.0 je co největší snaha o to, aby monotónní a nekreativní práce byla předána robotům a lidé se mohli věnovat více naplňujícím činnostem.

Při běžném průmyslovém využití robotů se ovšem na jejich pracovišti vyskytují lidé – operátoři, programátoři a další profese. A člověka je nutné chránit. Pro zvyšování kvality, plynulosti provozu a efektivity výroby je nutné předcházet možným rizikovým stavům právě pomocí efektivních a preventivních opatření. Nesporně mezi ně patří i oplocení pracoviště. Stává se jeho nezbytnou součástí, neboť omezuje rizika, způsobená prací robotické linky a zamezuje tak nebezpečím, která mohou vznikat. To nám poté umožňuje plné využití potenciálu robotů.

Výše zmíněné principy ilustruje a předvádí studentům Ústavu výrobních strojů, systémů a robotů robotické pracoviště tohoto Ústavu. V této práci je nejprve popsán stav robotického pracoviště, jeho funkce a jeho aktuální problematika.

Součástí popisu je také konstatování nedostatečného zabezpečení pracoviště. Jako první krok bylo nutné provést analýzu bezpečnosti, jejímž výsledkem jsou návrhy na zvýšení bezpečnosti daného pracoviště. Nejdříve je popsán současný legislativní a normativní rámec s požadavky na robotické pracoviště. Následně jsou vybrány harmonizované normy týkající se bezpečnosti a konstrukce robotického pracoviště a je popsán postup pro snížení rizika.

Následně je pracoviště systematicky analyzováno, jsou identifikována relevantní nebezpečí a ohodnocena jejich závažnost pomocí ohodnocení počátečních rizik. Poté jsou formulovány možnosti snížení rizik a je stanoveno výsledné zhodnocení, ze kterého vyplývají doporučení pro implementaci vybraných opatření.

Druhá část práce je zaměřena na návrh oplocení robotického pracoviště. Nejprve je nutné představit kritéria a omezení stanovená bezpečnostními normami pro oplocení robotických pracovišť. Pomocí norem se také stanoví potřebné parametry ovlivňující rozměry oplocení.

Následně je zvolen výrobce systému oplocení a je porovnáváno několik možných řešení oplocení. Na základě multikriteriální analýzy je vybráno optimální řešení, které je dále rozpracováno. Podrobné rozpracování oplocení zohlední potřeby jednotlivých norem a popíše úpravy pracoviště. Do návrhu je nutné také zapracovat rozmístění bezpečnostních komponent a jejich zapojení. Poté jsou potřebné komponenty nákupu vypsány do kusovníku. Navíc je připraven orientační výpočet nákladů na stavbu tohoto oplocení a jeho komponent.

Na závěr jsou formulovány doporučení vyplývající jak z analýzy bezpečnosti, tak následného návrhu oplocení a bezpečnostních komponent pro pracoviště.

2 MOTIVACE

V poslední době jsme svědky zrození mnoha disruptivních technologií, které posouvají především informatiku, elektrotechniku a strojírenství mílovými kroky kupředu. Využití robotů je ve světě i u nás realitou. Tahounem pokroku je zejména automobilový průmysl a na něj navazující obory a další činnosti, kde lze plně využít vlastností robotů v sériové výrobě.

Dvacátá léta 21. století byla odstartována událostmi, které způsobily nejistotu nejen v České republice, ale i na trzích celého světa. Po předchozí dekádě, která se vyznačovala poklidným růstem přichází řada událostí, které v mnoha ohledech změni nejen naše ekonomické uvažování, ale i chování a přemýšlení jako takové. Celosvětová pandemie ovlivnila naše přemýšlení o tom, jakým způsobem pracujeme, které pracovní pozice je možné nahradit a které nově vzniknou. Objevila se i bezpečnostní krize, nebezpečí případné války a přetrhaly se některé tradiční ekonomické vazby a dodavatelské řetězce.

Tyto na první pohled negativní celosvětové události však přináší i pozitiva. Přinášejí příležitosti, nad kterými musíme přemýšlet, inicializovat je a realizovat. Potřeba nových řešení, inovací a úspor byla vždy v historii motorem pokrokových změn, nových objevů a často i vynálezů. Ještě více jsou dále podpořeny pozitivními invencemi v různých odvětvích vědecké činnosti. Ve strojírenství běžně používané pojmy jako je automatizace, robotizace, Průmysl 4.0, virtualizace, zvyšování produktivity, důraz na ekologii, cirkulární ekonomiku a také na zvyšování bezpečnosti tak dostávají reálný obsah.

V rámci implementace nových technologií ve výrobě se často automatizují jednotlivé technologické procesy a průmyslové roboty tak můžeme vidět čím dál častěji. K jejich automatickému provozu však také patří patřičné zabezpečení tak, aby se předem vyloučila rizika kolize s obsluhou. Normy toto postupem času také zohledňují, proto se běžnou součástí robotických pracovišť stává oplocení, optické závory, zámky, nášlapná čidla a další, aby přispěly k vyšší bezpečnosti, především eliminaci zranění. Operátoři a další zaměstnanci jsou to nejcennější, co společnost může vlastnit, neboť tvoří nejen pracovní, ale také znalostní kapitál společnosti, díky kterému se společnost dále rozvíjí.

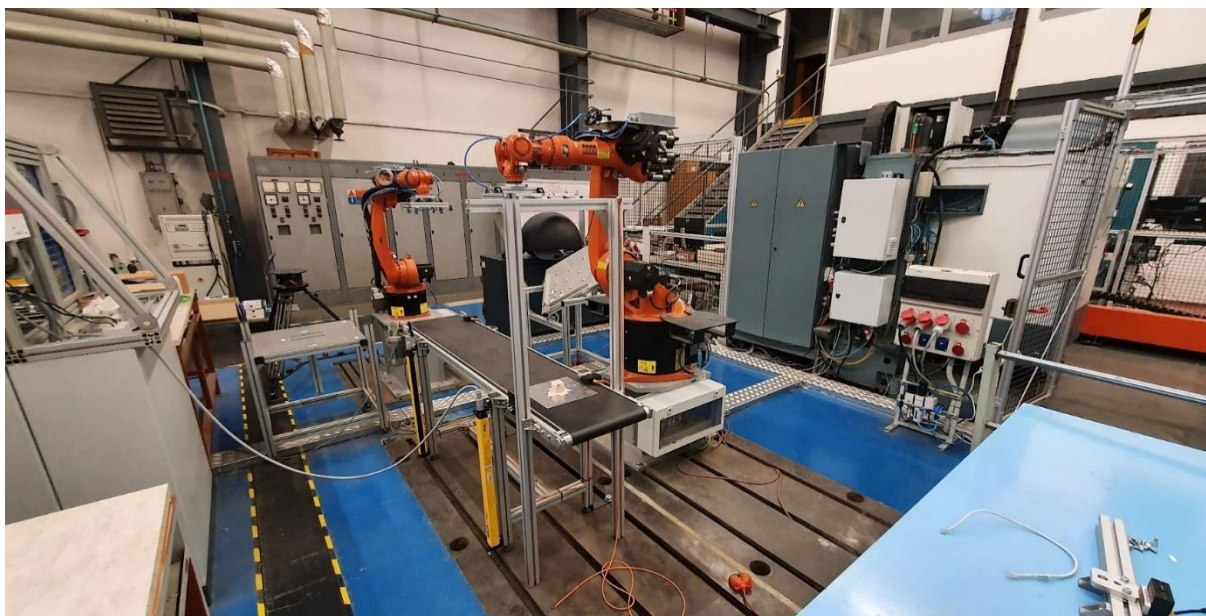
Je jen dobře, že se počet zranění ve výrobě snižuje; sám jsem rád, že za mou praxi ve výrobě jsem se vyhnul zranění, a naopak měl možnost ocenit nadstandartní bezpečnostní a ochranná opatření, která zvyšují komfort zaměstnance a tím i jeho produktivitu a spokojenost. Nutnost dodržování bezpečnostních předpisů limituje konstrukční návrh, ale i toto omezení nakonec nutí přemýšlet a podporuje kreativitu v konstrukčním řešení. Proto jsem se chtěl dozvědět více o ochranných prvcích a vyzkoušet si práci s nimi v této diplomové práci.

Velmi rád bych také ve své práci využil nejen své znalosti dosažené studiem, ale také zkušenosti z praxe v oblasti automatizace, které jsem nabyl prací ve společnostech dodávající roboty, koncové efekторы a další prvky automatizace. Tyto znalosti jsem rozšířil především o hlubší znalosti norem týkajících se bezpečnosti a konstrukce strojních zařízení a také o praktické zkušenosti s jejich aplikací.

3 POPIS ŘEŠENÉHO PROBLÉMU

Objektem, který bude v této diplomové práci analyzován a pro který bude navrhováno oplocení, je robotické pracoviště nacházející se v areálu VUT FSI, konkrétně v hale C1-118, která slouží ÚVSSR jako laboratoř robotů, výrobních strojů a hydraulických a pneumatických systémů. V její prostřední části se nachází robotické pracoviště, které má základní půdorys přibližně 5200 x 4300 mm. Některé jeho části jsou pevně dané, především se jedná o upínací desky pro roboty, roboty samotné a některé části jejich příslušenství. Rozložení jiných částí, především pracovního stolu, je možné změnit.

Pracoviště (obr. 1) slouží Ústavu především pro výuku studentů všech stupňů studia, u bakalářského stupně především pro praktické ukázky, u navazujícího magisterského a doktorského studia poté také pro projekty, závěrečné práce a práci s pracovištěm. Toto pracoviště spadá mezi experimentální a výuková pracoviště. [1] Proto také aktuální operace, kterou provádí je čistě ukázková využívající co nejvíce možností robotů a interakcí s jejich příslušenstvím, a neklade důraz na efektivitu operací.



Obr. 1) Celkový pohled na robotické pracoviště.

3.1 Popis pracoviště

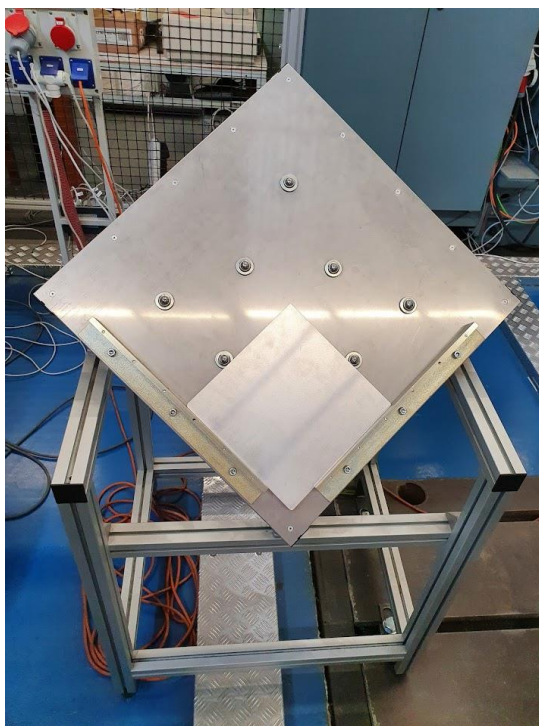
Za provozu pracoviště manipuluje s hladkými čtvercovými plechy a rozměrech 250 x 250 x 2 mm. Je však variabilní a rozměry čtvercových plechů mohou být od 150 do 290 mm. S plechy je manipulováno pomocí koncového efektoru skládajícího se z vlastní konstrukce a pneumatických přísavek. Pneumatické přísavky a další komponenty pochází od společnosti Festo AG & Co. KG (dále jen Festo), konstrukce je tvořena především šroubovanými hliníkovými profily od společnosti ALUTEC KK s.r.o. (dále jen ALUTEC). Tento koncový efektor je umístěn na obou robotech.

Hlavní komponentou v robotickém pracovišti je dvojice robotů od společnosti KUKA AG (dále jen KUKA). První z nich je robot KUKA KR 5 arc, robot, který má sloužit především pro svářecí operace, avšak zde zastává manipulační operaci. Robot je umístěn na pevném

podstavci o výšce 606 mm, má hmotnost 127 kg, jmenovitou nosnost 5 kg a pracovní obálku s dosahem až 1530 mm [2]. Druhým z nich je robot KUKA KR 16-2 umístěný na pevném podstavci o výšce 507 mm, s hmotností 235 kg a jmenovitou nosností 16 kg. Robot má pracovní obálku s maximálním dosahem až 1729 mm [3]. Tato dvojice robotů se sice v dnešní době již nevyrábí, ale je naprosto dostatečná pro použití v experimentálním pracovišti.

Robotické pracoviště obsahuje také pásový dopravník. Ten slouží k přesunu plechů od jednoho robotu ke druhému, v reálných aplikacích však může fungovat jako mezičlánek dopravující dílce od obsluhy k robotům. Zde se konkrétně jedná o pásový dopravník DP50 o šířce 350 mm, délce 2000 mm s hnacím válcem o průměru 50 mm [1]. O jeho pohon se stará motor BN 63B 4 společnosti Bonfiglioli S.P.A., frekvenční měnič Commander SK společnosti Emerson Electric Co. a převodovka VF30 A P63 B14 společnosti Bonfiglioli S.P.A. Konstrukce je šroubovaná z modulárních profilů společnosti ALUTEC.

Šroubovaná konstrukce společnosti ALUTEC byla použita také pro přípravky. Prvním z nich je odkládací stůl, který slouží obsluze pro odložení plechů, které si následně bude robot přebírat, respektive pro odložení plechu robotem před přebráním obsluhou. Stůl má vnější rozměry 690 x 600 mm. Pozice odkládacího stolu se nejspíše změní, a to s ohledem na jeho použití jako vstup a výstup plechů pro robotické pracoviště. Druhý přípravek (obr. 2) má unikátní funkci – slouží k vycentrování plechu pro koncový manipulátor robotu. K tomu slouží jeho skluz s valivými hnízdy, kdy robot plech vloží, gravitací se plech ustaví a poté jej robot může přebrat s jistotou přesného umístění a orientace plechu. Tímto se odstraní nepřesnosti při ručním vkládání plechu operátorem. Vnější rozměry skluzu jsou přibližně 850 x 980 mm. Pozice skluzu se měnit s největší pravděpodobností nebude, není k tomu důvod.



Obr. 2) Přípravek pro vycentrování plechu – skluz.

Dále se na pracovišti nachází dva boxy s řídicím systémem KUKA KR C4, každý pro jeden robot. Jejich rozměry jsou přibližně 790 x 556 mm. Řídicí systém obou robotů je vybaven ručním ovládacím a programovacím panelem (anglicky *teach pendant*) s funkcí souhlasného povelového zařízení a funkcí nouzového zastavení. Pozice boxů se s největší pravděpodobností měnit nebude. K dispozici je dále jeden pár bezpečnostních světelných závěsů C4000 Standard, konkrétně C40E-0602GY010 a C40S-0602FY010 o výšce ochranného pole 600 mm od společnosti SICK AG (dále jen SICK), jeden multifunkční box zámku pro brány MGB společnosti EUCHNER electric s.r.o. (dále jen EUCHNER) sloužící pro zajištění pohyblivých ochranných krytů a který obsahuje i tlačítko nouzového zastavení a tlačítko nouzového zastavení se signální věží od společnosti Siemens AG (dále jen Siemens), oba dostupné u ovládacího panelu PLC. V poslední řadě je zde umístěn pracovní stůl a ovládací panel s PLC. Tyto komponenty zatím nemají přesně dané pozice.

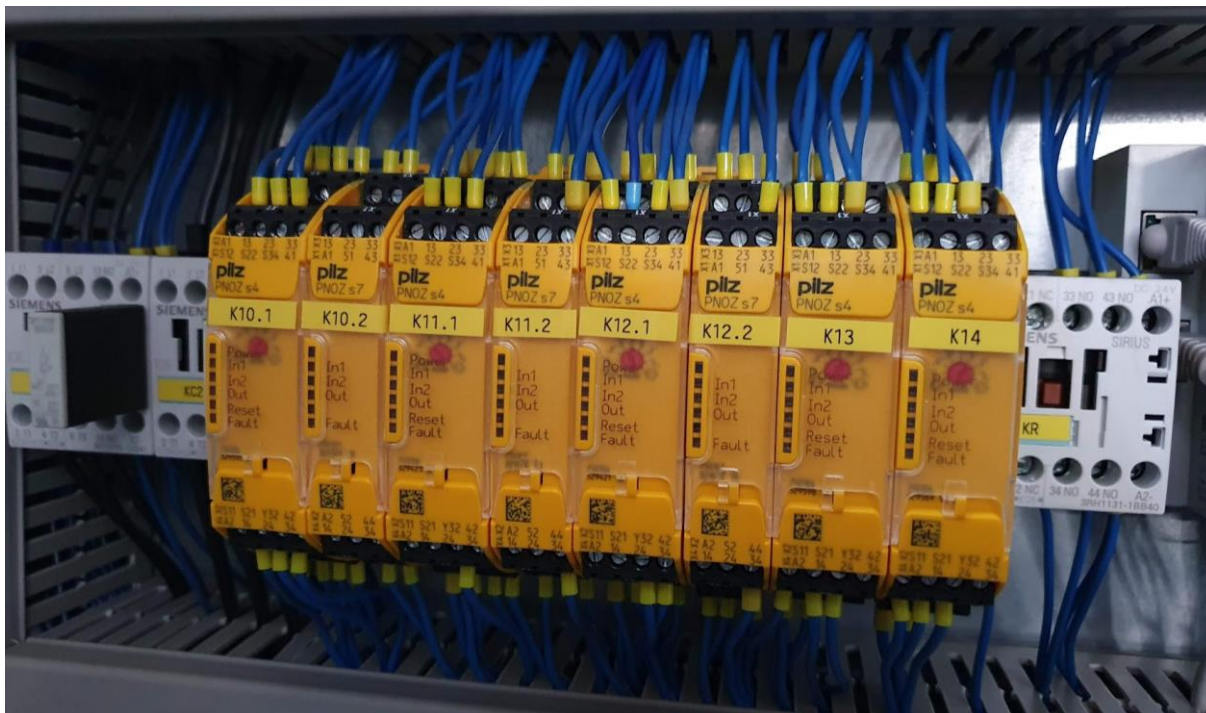
3.2 Provoz robotického pracoviště

V současné době funguje odkládací stůl jako vstup i výstup robotického pracoviště. Operátor vloží plech, či více plechů, to je zaznamenáno senzorem a je provedena první manipulační operace, při které robot 1 (KUKA KR 5 arc) přemístí plech na dopravník. Druhou operací je posunutí plechu po pásovém dopravníku na výstup pro robot 2 (KUKA KR 16-2). Na výstupu si robot 2 tento plech odebere a založí jej do skluzu. Po vyrovnání plechu ve skluzu gravitací se provede poslední manipulační úloha, během které robot 1 plech zapaletuje na odkládací stůl. To je signalizováno výstupním signálem.

Bezpečnost pracoviště není zajišťována pomocí bezpečnostního PLC, ale pomocí bezpečnostních relé (obr. 3) PNOZ s7 a PNOZ s4 společnosti GmbH & Co. KG (dále jen PILZ). Odepnutí libovolného z nich zastaví činnost obou robotů a pásového dopravníku, nepřeruší ale přívod tlakového vzduchu ke koncovým efektorům. Bezpečnostní prvky jsou zapojeny dle následující tabulky, slouží však převážně pro ukázkou, neboť zde chybí oplocení a prvky nejsou správně umístěny. Bezpečnost je řešena tedy čistě mechanicky a zapojením, bez výpočetní jednotky. Jediné jednobáňové zapojení je zde pro odpojení pásového dopravníku, veškeré ostatní zapojení je dvoubáňové. Signální věž Siemens 8WD4408-0AA ještě není zapojena.

Tab 1) Tabulka dosavadního zapojení bezpečnostních relé

Obvod nouzového zastavení pro KUKA KR 16-2	K10.1
Obvod nouzového zastavení pro KUKA KR 5 arc	K10.2
Klika bezpečnostního zámku MGB pro KUKA KR 16-2	K11.1
Klika bezpečnostního zámku MGB pro KUKA KR 5 arc	K11.2
Optická brána SICK pro KUKA KR 16-2	K12.1
Optická brána SICK pro KUKA KR 5 arc	K12.2
Informace o stavu KUKA KR 16-2 pro PLC	K13
Informace o stavu KUKA KR 5 arc pro PLC	K14



Obr. 3) Bezpečnostní relé PILZ PNOZ s7 a PNOZ s4

Informační spojení mezi robotem, skříní řídicího systému a ovládacím PLC je zajištěno protokolem EtherCAT od společnosti Beckhoff Automation GmbH & Co. KG (dále jen Beckhoff). Momentálně není nijak ošetřena situace upadnutí plechu z koncového efektoru.

Je možné, že robotické pracoviště bude upraveno – jak změnou poloh jednotlivých komponent, tak přidáním, či ubráním funkcí, pohybů apod.

4 ANALÝZA BEZPEČNOSTI

V následující kapitole budou nejdříve obecně analyzovány legislativní a normativní požadavky pro bezpečnost strojních zařízení, budou vybrány relevantní normy a představen postup, jakým se bude postupovat při snižování rizika. Následně se již analyzuje dané robotické pracoviště, identifikují nebezpečí a odhadnou počáteční rizika. Na závěr se představí možnosti snížení rizika a doporučí se další postup.

4.1 Současné legislativní požadavky

V současné době upravují legislativní požadavky na vývoj, konstrukci a provoz strojních zařízení, například právě robotických pracovišť, harmonizační právní předpisy EU. Ty obsahují techniky, parametry a postupy, které je nutné naplňovat pro splnění bezpečnostních požadavků pro dané zařízení. Všechna zařízení, včetně robotů, která jsou uváděna na trh Evropské unie, musí být v souladu s těmito předpisy. „Nový právní rámec“, který EU představila v roce 2010, obsahuje nejen harmonizované technické normy, které je nutné naplňovat ze strany výrobců, ale stanovuje také dozor nad trhem. Stanovuje také, že výrobek uváděný na trh projde dokumentovaným procesem posuzování shody s pro něj platnými normami. Bylo rovněž specifikováno, čím vším musí zařízení vstupující na trh disponovat, především tedy ES prohlášením o shodě a označení CE [4].

Existuje několik stupňů legislativních požadavků, jako např. směrnice Evropského parlamentu či nařízení vlády ČR. Vládní nařízení jsou dostupná veřejně a zadarmo a jsou závazná. Evropská směrnice je zpravidla přijatá a přeložena do češtiny.

Pro roboty, robotické systémy a další komponenty platí směrnice Evropského parlamentu a Rady 2006/42/ES o strojních zařízeních, která je v ČR prováděna jako nařízení vlády 176/2008 Sb. Podle této směrnice je robot stejně jako robotické pracoviště *strojním zařízením*, neboť *strojním zařízením se rozumí „soubor, který je vybaven nebo má být vybaven poháněcím systémem, který nepoužívá přímo vynaloženou lidskou nebo zvířecí sílu, sestavený z částí nebo součástí, z nichž alespoň jedna je pohyblivá, vzájemně spojených za účelem stanoveného použití“* [5].

Výrobce takového zařízení poté musí:

1. vytvořit technickou dokumentaci k zařízení;
2. vytvořit návod k použití;
3. zajistit, aby zařízení plnilo všechny příslušné požadavky na ochranu zdraví a bezpečnosti;
4. provést a zdokumentovat posouzení shody zařízení s normami;
5. vypracovat ES prohlášení o shodě;
6. připojit k zařízení označení CE.

Dalším relevantním nařízením je nařízení vlády č. 378/2001 Sb., které se již konkrétněji zabývá požadavky na bezpečný provoz a používání strojů [6]. Nařízení stanovuje minimální požadavky na bezpečný provoz, vybavení zařízení ochrannými prvky a ochrannými zařízeními, ochranu zaměstnance i zařízení a bezpečné postupy.

4.2 Současné normativní požadavky

Normy nejsou na rozdíl od směrnic a vyhlášek, které jsou schvalovány vládou nebo Evropským parlamentem, závazné. Je tedy možné nepostupovat dle nich, avšak pro lepší komunikaci mezi zákazníkem a výrobcem je jejich použití žádoucí a často zákazníkem vyžadované. Je možné plnit některé parametry, zásady a postupy i nad rámec norem. Na normy mohou vyhlášky odkazovat, právě například tvrzením „zařízení musí plnit všechny příslušné požadavky na ochranu zdraví a bezpečnosti“. Normy jsou zpravidla vydávány jednou ze tří evropských institucí, tou může být Evropský výbor pro normalizaci (CEN), Evropský výbor pro normalizaci v elektrotechnice (CENELEC) [7] nebo Evropský ústav pro telekomunikační normy (ETSI). Slouží pro jednotný evropský trh a jsou přejímány národními agenturami pro standardizaci. Česká agentura pro standardizaci (ČAS) poté normy přejme buď v originálním jazyce, nebo přeloží do češtiny a přejme. Právě díky těmto organizacím máme harmonizovány (tj. sjednoceny napříč státy) normy v rámci Evropského hospodářského prostoru.

Existují tři základní typy bezpečnostních norem [8]:

1. Normy typu A – tzv. základní normy, které stojí nejvýše. Tyto normy jsou nejobecnější, obsahují základní terminologii a obecné zásady jak pro postupy, tak pro konstrukci.
2. Normy typu B – tzv. skupinové. Normy typu B se dále dělí na normy typu B1 a normy typu B2. Tento typ norem je již konkrétnější, zabývá se jen určitou oblastí, konkrétně normy typu B1 se zabývají pouze jedním bezpečnostním hlediskem (např. požární prevencí, snižováním rizik, bezpečnými vzdálenostmi) a normy typu B2 se zabývají jedním typem zařízení (např. blokovacími zařízeními, hydraulickými systémy, ochrannými zařízeními citlivými na tlak apod.).
3. Normy typu C – tzv. předmětové. Tyto normy jsou nejvíce konkrétní, jsou v nich napsány i velmi konkrétní požadavky na postupy a konstrukci. Vycházejí ze zásad, které představují normy typu A a B a týkají se jednotlivých typů zařízení, např. konkrétního druhu robotů nebo jeho části.

4.3 Harmonizované normy

Pro účely diplomové práce byla provedena rešerše v oblasti bezpečnostních a ostatních norem, aby byly nalezeny normy, které budou pro práci relevantní. Níže je seznam všech norem, které se vztahují k této práci s popisem obsahu normy, která je pro práci relevantní.

ČSN EN 414: Bezpečnost strojních zařízení – Pravidla pro navrhování a předkládání bezpečnostních norem.

Tato norma popisuje typy norem – typy A, B, C – a popisuje jejich náležitosti a strukturu. Obsahuje také základní definice nebezpečí [9].

ČSN EN IEC 60812: Analýza způsobů a důsledků poruch (FMEA a FMECA).

Tato norma popisuje postup, který má být proveden při analýze způsobů a důsledků poruch (FMEA), popisuje terminologii (příčina poruchy, způsob selhání apod.) a zkratky (DC, FMEA, RPN apod.) a také metody přiřazování kritičnosti [10].

ČSN EN ISO 10218-1: Roboty a robotická zařízení – Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů – Roboty.

Norma definuje základní termíny a definice z oblasti částí robotů a bezpečnosti robotů. Obsahuje přílohu se seznamem možných nebezpečí pro roboty a systémy robotu. Definuje také funkce zastavení robotu [11].

ČSN EN ISO 10218-2: Roboty a robotická zařízení – Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů – Systémy robotů a integrace.

Pokračuje v definici základních termínů a požadavků na bezpečnost při integraci průmyslových robotů do systémů a robotických pracovišť [12]. Definuje režimy použití robotického pracoviště, stejně jako metody posouzení rizika a bezpečnostní požadavky. Obsahuje přílohu s bezpečnostními kritérii pro body vstupu a výstupu pracoviště.

ČSN EN ISO 12100: Bezpečnost strojních zařízení – Všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení rizika a snižování rizika – a její 1. oprava.

Nejpodstatnější norma – popisuje rozdělení typů norem, dále důležité termíny a definice z oblasti bezpečnosti (nebezpečí, riziko, strojní zařízení apod.), obsahuje strategii posouzení rizika a snížení rizika ve třech krocích [8]. Popisuje dokumentaci snížení rizika, názorné grafy [13] snížení rizika a příklady nebezpečí, která mohou vzniknout u strojních zařízení.

ČSN EN ISO 13849-1 a ČSN EN ISO 13849-2: Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečnostní části ovládacích systémů.

Popisuje pomy bezpečnosti robotů, především elektrotechnických systémů (SRP/CS, SIL, PLr apod.), funkční bezpečnost a její architektury (B, 1, 2, 3, a 4) [14]. Dále také obsahuje příklady možných bezpečnostních zásad, které je možné použít pro zlepšení funkční bezpečnosti [15].

ČSN EN ISO 13850: Bezpečnost strojních zařízení – Funkce nouzového zastavení – Zásady pro konstrukci.

Definuje pojmy týkající se nouzového zastavení a obsahuje bezpečnostní požadavky pro konstrukci funkce nouzového zastavení, jako např. zapojení, jeho označení a kategorie zastavení [16]. Tuto normu by měly splňovat komponenty do návrhu oplocení robotického pracoviště, především tlačítka nouzového zastavení.

ČSN EN ISO 13854: Bezpečnost strojních zařízení – Nejmenší mezery k zamezení stlačení částí lidského těla.

Definuje nejmenší mezery k zamezení stlačení částí lidského těla, jako např. hlavy, paží či chodidla. Hodnoty jsou dány pevně, bez výpočtu z parametrů [17].

ČSN EN ISO 13855: Bezpečnost strojních zařízení – Umístění ochranných zařízení s ohledem na rychlosti přiblížení částí lidského těla.

Tato norma obsahuje definice týkající se zastavení systému a vzdáleností pro zastavení, definuje vzorce pro výpočet času zastavení systému při detekci různými způsoby. Obsahuje také tabulku vzdáleností elektrických snímacích ochranných zařízení k nebezpečnému prostoru [18]. Tuto normu by měly splňovat komponenty vybrané do návrhu oplocení robotického pracoviště.

ČSN EN ISO 13857: Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečné vzdálenosti k zamezení dosahu do nebezpečných zón horními a dolními končetinami.

Tato norma obsahuje především tabulky daných dosahů před ochranné konstrukce a tabulky velikostí ochranných konstrukcí pro různé aplikace. Ochrannou konstrukcí jsou myšleny především ochranné ploty [19].

ČSN EN ISO 14119: Bezpečnost strojních zařízení – Blokovací zařízení spojená s ochrannými kryty – Zásady pro konstrukci a volbu.

Tato norma obsahuje principy blokování ochranným krytem a příklady blokování. Obsahuje také definice pojmů s tím spojených. Tuto normu by měly splňovat komponenty vybrané do návrhu oplocení robotického pracoviště, především vstupní body [20].

ČSN EN ISO 14120: Bezpečnost strojních zařízení – Ochranné kryty – Obecné požadavky pro konstrukci a výrobu pevných a pohyblivých ochranných krytů.

Tato norma stanovuje požadavky na ochranné oplocení, včetně zkoušek rázem a výpočtům pro ně. Definuje pojmy spojené s ochrannými kryty a uvádí příklady rozmístění ochranných prvků na oplocení [21].

ČSN EN ISO 82079-1: Zhotovování návodů k použití – Strukturování, obsah a prezentace – Část 1: Obecné zásady a podrobné požadavky.

Norma pojednává o správných zásadách a postupech psaní návodů k použití, používání grafických značek. Popisuje náležitosti, které musí být v návodu pro použití popsány, a to ve všech částech životního cyklu stroje. [22]

ČSN EN 60204-1: Bezpečnost strojních zařízení – Elektrická zařízení strojů – Část 1: Obecné požadavky.

Norma popisuje veškeré základní požadavky na elektrická zařízení strojů, jako např. průřezy vodičů, zapojení vodičů, značky a barvy jednotlivých komponent. Stanovuje požadavky

na ochranu před úrazem elektrickým proudem i ochranu zařízení samotných. Strojní zařízení, která mají elektrické komponenty musí být konstruována, zapojeny a používány v souladu s touto normou. [23]

4.4 Přístup ke snižování rizika

Snižováním rizika se mimo jiné zabývá operativní management. Operativní management, nebo též provozní management se zabývá řízením procesů dle principu PDCA (anglicky *plan, do, check, act*; česky *plánuj, realizuj, kontroluj, jednej*) [24], který má za úkol postupné zlepšování kvality výrobku. Mezi základní činnosti provozního managementu rizik patří:

- Identifikace nebezpečí, při kterém se snažíme o identifikaci všech nebezpečí, která mohou vzniknout v průběhu životního cyklu zařízení
- Posouzení (hodnocení) rizika – pro hodnocení existují postupy, jak odhadnout velikost rizika
- Plánování rizika – při plánování opatření ke snížení rizika se lze zaměřit na eliminaci rizikových situací a pokud není možná eliminace, tak alespoň omezení rizika. Tato opatření jsou seřazena dle priority.

Pro strojní zařízení je třeba brát v úvahu několik druhů potenciálních nebezpečí; mezi nejčastější druhy patří mechanická, elektrická, tepelná a ergonomická nebezpečí. Tato nebezpečí musí být při analýze nebezpečí identifikována pro všechny etapy životního cyklu zařízení, jako například jeho výroba, montáž u zákazníka, zprovoznění, samotný provoz, jeho další údržba a seřizování, ale také demontáž a likvidace.

4.4.1 Metoda tří kroků

Pro snižování rizika se dle ČSN EN ISO 12100 využívá iterační metody tří kroků (obr. 4). Ta uvádí postup pro přijetí ochranných opatření konstruktérem ve třech krocích. Předtím je však na základě vstupu od uživatele, znalosti předpokládaného použití stroje a jeho stanovených mezních hodnot posouzeno počáteční riziko. Po posouzení rizika již konstruktér zavádí ochranná opatření.

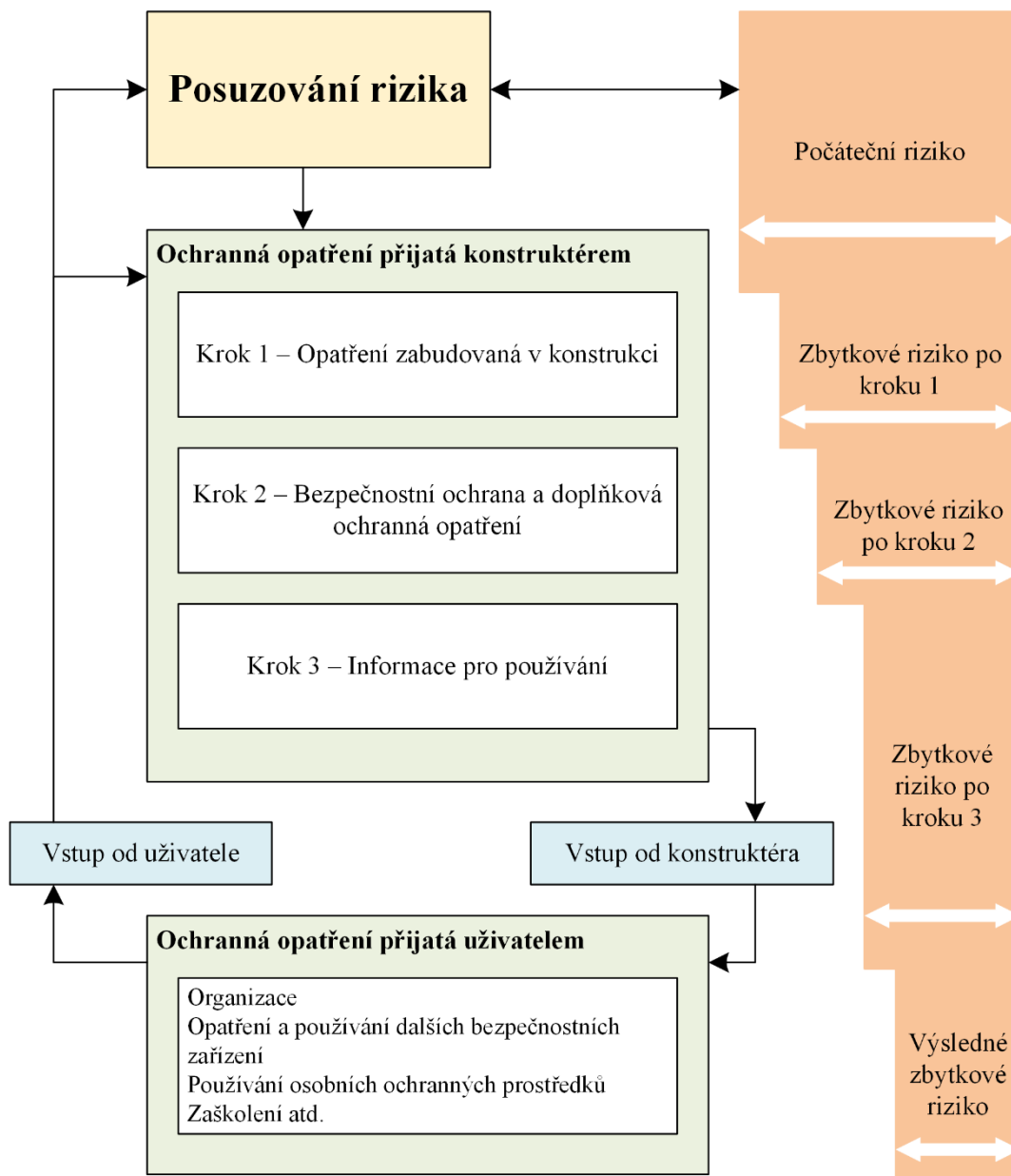
Po každém z následujících kroků je výsledkem zbytkové riziko. To se postupně snižuje až na přijatelné (akceptovatelné) zbytkové riziko.

V prvním kroku se zavádí opatření zabudovaná v konstrukci, především se může jednat o funkční bezpečnost, změnu materiálu, geometrie, zlepšení ergonomie a stanovují se opatření pro údržbu. Jedná se také o fyzikální hlediska – např. omezení rychlosti pohyblivých částí či tlaku.

V druhém kroku se již řeší situace, kdy samotné konstrukční řešení nedostatečně omezí rizika. Poté se zavádí bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření ve formě ochranných krytů a ochranných zařízení, doplňková ochranná zařízení jako např. nouzové zastavení, odpojení a uvolnění energie apod.

Ve třetím kroku se připojí informace pro používání, jako např. návod k použití, další dokumentace, výstražná zařízení a značení a vizuální a akustická signalizace.

Tyto kroky poslouží uživateli k zavedení postupů a opatření (jako např. zaškolení, používání ochranných prostředků apod.) pro finální snížení rizika na akceptovatelné zbytkové riziko.



Obr. 4) Proces snižování rizika z hlediska konstruktéra, dle [8]

4.5 Analýza bezpečnosti

Z výše uvedených norem jsou pro analýzu bezpečnosti použity především následující normy:

Tab 2) Tabulka všech použitých norem pro analýzu bezpečnosti

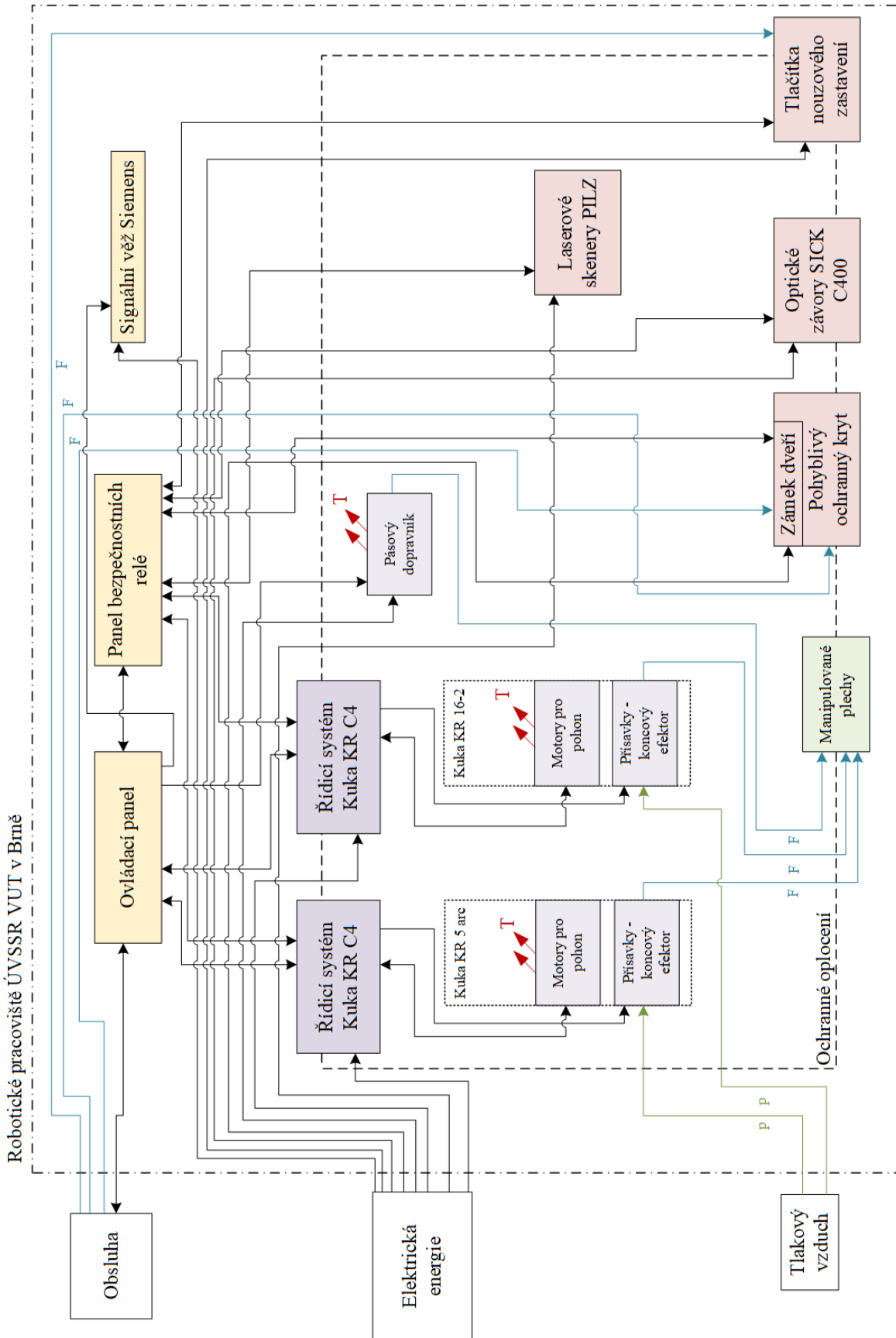
Označení normy	Typ normy	Název normy
ČSN EN 414	Norma typu A	Bezpečnost strojních zařízení – Pravidla pro navrhování a předkládání bezpečnostních norem
ČSN EN IEC 60812	Neuvádí se, není bezpečnostní normou	Analýza způsobů a důsledků poruch (FMEA a FMECA)
ČSN EN ISO 12100	Norma typu A	Bezpečnost strojních zařízení – Všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení rizika a snižování rizika
ČSN EN ISO 10218-2	Norma typu C	Roboty a robotická zařízení – Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů – Systémy robotů a integrace

4.5.1 Blokový diagram

Na následujícím blokovém diagramu (obr. 5) je znázorněno robotické pracoviště s jednotlivými interakcemi mezi komponenty a okolím. V diagramu jsou interakce pomocí síly zaznačené modře a písmenem „F“, interakce tlakem vzduchu zeleně a písmenem „p“ a ostatní, tj. interakce pomocí informačních signálů a elektrické energie černě. Červeně je zaznačena radiace tepla. Obsluha interaguje především s ovládacím panelem. Elektrická energie je rozváděna do prakticky všech komponent, a to pomocí rozvodny, která nabízí možnost jak jednofázového, tak třífázového střídavého proudu. Pneumatika (tlakový vzduch) je zde přiváděna na přísavky obou robotů. Od motorů robotů i pásového dopravníku se může uvolňovat teplo. Další interagující energie (hydraulika, záření atp.) se zde nevyskytují.

Ovládací panel komunikuje především s řídicím systémem KUKA KR C4 každého z robotů, ten dále dává povely robotu a koncovému efektoru. Komunikace robot – řídicí systém – ovládací panel probíhá přes rozhraní EtherCAT. Ovládací panel také řídí pásový dopravník, a to sepínáním a rozepínáním přívodu elektrické energie. Ovládací panel je ovládán obsluhou. Robot nese koncový efektor. S manipulovanými plechy se do kontaktu dostávají koncové efekторы a pásový dopravník. Bezpečnostní relé se sepínají a vypínají interakcemi se zámek dveří, optickými závorami a tlačítky nouzového zastavení. Stav bezpečnostních relé je přenášen na ovládací panel. Bezpečnostní prvky se v současné době u robotického pracoviště vyskytují, ale neplní žádnou bezpečnostní úlohu, jsou zde pouze jako zapojené komponenty, neboť nejsou osazeny na oplocení ani nejsou nakonfigurovány pro bezpečnostní funkci. S okolím také interaguje teplota vyzařovaná od motorů robotů a pásového dopravníku.

Pro kompletnost analýzy bezpečnosti byly po její první iteraci doplněny některé další bezpečnostní prvky. V následující analýze bezpečnosti se již pracuje i s těmito bezpečnostními prvky a to proto, aby se odhalila případná další nebezpečí pocházející od těchto prvků. Odhaluje se tak maximum nebezpečí. Na následujícím diagramu je tudíž zakresleno i ochranné oplocení, signální věž Siemens a bezpečnostní laserový skener PILZ.



Obr. 5) Blokový diagram robotického pracoviště.

4.5.2 Identifikace relevantního nebezpečí

V následující tabulce jsou identifikována relevantní nebezpečí s jejich umístěním, typem nebezpečí dle normy ČSN EN ISO 12100:2011 a je jim přiděleno identifikační číslo. Ta byla identifikována na základě přítomnosti u robotického pracoviště a z výše uvedeného blokového diagramu.

Tab 3) Tabulka identifikovaných nebezpečí

Název komponenty systému	Poloha komponenty v systému	Typ nebezpečí dle normy ČSN EN ISO 12100:2011	Id. č. nebezpečí, viz tabulka 5
Ovládací panel	Ovládací prostor	Elektrická nebezpečí, ergonomická nebezpečí	2.1-3, 8.1-1, 8.2-1, 8.3-1
Panel bezpečnostních relé	Ovládací prostor	Elektrická nebezpečí	2.1-3
Motor pro pohon – Kuka KR 5 arc	Pracovní prostor	Mechanická nebezpečí, elektrická nebezpečí, tepelná nebezpečí	1.2-1, 1.3-1, 1.4-1, 1.5-3, 1.7-1, 2.1-1, 3.1-1
Motor pro pohon – Kuka KR 16-2	Pracovní prostor	Mechanická nebezpečí, elektrická nebezpečí, tepelná nebezpečí	1.2-1, 1.3-1, 1.4-1, 1.5-3, 1.7-1, 2.1-1, 3.1-1
Přísavky – Kuka KR 5 arc	Pracovní prostor	Mechanická nebezpečí, nebezpečí hluku	1.1-1, 1.1-2, 1.3-3, 1.6-1, 1.7-3, 1.8-2, 4.1-1, 4.2-1
Přísavky – Kuka KR 16-2	Pracovní prostor	Mechanická nebezpečí, nebezpečí hluku	1.1-1, 1.1-2, 1.3-3, 1.6-1, 1.7-3, 1.8-2, 4.1-1, 4.2-1
Řídicí systémy KUKA KR C4	Pracovní prostor	Elektrická nebezpečí	2.1-3
Pásový dopravník	Pracovní prostor	Mechanická nebezpečí, elektrická nebezpečí, tepelná nebezpečí	1.3-4, 1.4-3, 1.5-3, 1.9-1, 2.1-2, 3.1-2
Manipulované plechy	Pracovní prostor a prostor vstupu a výstupu z pracoviště	Mechanická nebezpečí	1.1-1, 1.3-2, 1.4-2, 1.7-2, 1.8-1
Elektrické bezpečnostní prvky pracoviště	Pracovní, ovládací prostor i prostor vstupu a výstupu z pracoviště	Elektrická nebezpečí	2.1-3
Ochranné oplocení	Prostor vstupu a výstupu z pracoviště	Mechanická nebezpečí	1.2-2, 1.4-4, 1.3-5
Prostor pracoviště	Pracovní, ovládací prostor i prostor vstupu a výstupu z pracoviště	Nebezpečí uklouznutí	1.5-1, 1.5-2

4.5.3 Analýza významných nebezpečí

Tato tabulka analyzuje identifikovaná nebezpečí v jednotlivých fázích životního cyklu celého pracoviště. Nejdůležitější fáze pro tuto práci jsou ty, do kterých personál může pracoviště momentálně dostat – provoz, údržba a seřizování, popřípadě úprava pracoviště, tj. montáž.

Tab 4) Analýza významných nebezpečí v jednotlivých fázích životního cyklu pracoviště

ANALÝZA VÝZNAMNÝCH NEBEZPEČÍ				Typ stroje: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně
Během životního cyklu				
Poř. číslo	Fáze životního cyklu	Typ nebezpečí (dle ČSN EN ISO 12100)		Popis nebezpečné události:
		stručný popis	id. číslo	
1	Doprava			
1.1	Nakládání, vykládání, přeprava	Stlačení, odření	1.2-1, 1.2-2, 1.3-1, 1.3-3, 1.3-4, 1.3-5	Při nakládání/vykládání může dojít k převržení částí pracoviště a následnému stlačení člověka, popřípadě jeho končetin, popřípadě odření.
1.2	Balení a rozbalování	Stlačení, pořezání, odření	1.2-1, 1.2-2, 1.3-1, 1.3-3, 1.3-4, 1.3-5, 1.4-1, 1.4-3, 1.4-4	Při manipulaci s jednotlivými součástmi může dojít ke stlačení končetin (prstů), popřípadě jejich pořezání.
2	Montáž, instalace a uvedení do provozu			
2.1	Sestavení a montáž	Stlačení, odření, pořezání	1.2-1, 1.2-2, 1.3-1, 1.3-3, 1.3-4, 1.3-5, 1.4-1, 1.4-1, 1.4-3, 1.4-4	Při montáži pracoviště, jeho komponent a oplocení může dojít k překlopení komponent a následnému stlačení části lidského těla. Může také dojít k pořezání či odření o komponenty či jejich obal.
2.2	Připojení k dodávce tlakového vzduchu	Vystříknutí	1.6-1	Při připojování tlakového vzduchu může dojít k vystříknutí proudu vzduchu a poranění očí.
2.3	Připojení k dodávce elektrické energie	Elektrická nebezpečí dotykem	2.1-1, 2.1-2, 2.1-3	Při zapojování všech komponent do elektrické sítě hrozí dotyk s živou částí a zasažení elektrickým proudem.

Pokračování tabulky na straně 35.

Pokračování tabulky ze strany 34.

3	Provoz			
3.1	Manipulace s plechy	Říznutí, odření, naražení, píchnutí	1.3-2, 1.4-2, 1.7-2 1.8-1	Při manipulaci s plechy může dojít k pořezání končetin o ostré hrany, či o odření či píchnutí o ně. Může dojít k naražení o plechy při ztrátě jejich stability.
3.2	Cyklus robotu	Vymrštění, stlačení, pořezání, odření, naražení, elektrická nebezpečí dotykem, popálení	1.1-1, 1.1-2, 1.2-1, 1.3-1, 1.4-1, 1.7-1, 2.1-1, 3.1-1	Při provozu robotu může dojít k interakci mezi robotem a člověkem, kvůli dotyku může dojít k mnoha druhům zranění, během pracovního cyklu robotu se může uvolnit manipulovaný plech či celý nástroj, který bude vymrštěn. Může dojít k nebezpečnému dotyku elektrického zařízení pod proudem, či k popálení o zahřáté el. zařízení.
3.3	Cyklus pásového dopravníku	Pořezání, odření, vtažení, elektrická nebezpečí dotykem, popálení	1.3-4, 1.4-3, 1.9-1, 2.1-2, 3.1-2	Při provozu pásového dopravníku může dojít k interakci mezi ním a člověkem, kvůli dotyku může dojít k pořezání, odření o něj, vtažení končetin. Může dojít k nebezpečnému dotyku elektrického zařízení pod proudem, či k popálení o zahřáté el. zařízení.
3.4	Provoz pracoviště	Nepohodlí a únava z hluku	4.1-1, 4.2-1	Nebezpečí poškození sluchu provozním hlukem stroje.
3.5	Ovládání pracoviště	Elektrická nebezpečí dotykem, ergonomická nebezpečí	2.1-3, 8.1-1, 8.2-1, 8.3-1	Při ovládání pracoviště od ovládacího panelu hrozí dotyk s živou částí napájení, a také ergonomická nebezpečí z nepohodlí, únavy a stresu při ovládání.
3.6	Cyklus přísavek	Vymrštění, říznutí, vystříknutí, naražení, píchnutí	1.1-1, 1.3-3, 1.6-1, 1.7-3, 1.8-2	Může dojít k uvolnění plechu z přísavek a jeho vymrštění. Při dotyku s koncovým efektozem může dojít k pořezání o něj či k vystříknutí tlakového vzduchu do očí. Taktéž je možné narazit do koncového efektoru či se píchnout o výčnělky přísavek.
4	Seřizování, vyhledávání a odstraňování závady			
4.1	Manipulace s plechy	Říznutí, odření, naražení, píchnutí	1.3-2, 1.4-2, 1.7-2 1.8-1	Při manipulaci s plechy může dojít k pořezání končetin o ostré hrany, či o odření, či píchnutí o ně. Je možné, že dojde k naražení o plechy při ztrátě jejich stability.
4.2	Seřizování, oprava robotu	Stlačení, pořezání, odření, naražení, uklouznutí, elektrická nebezpečí dotykem, popálení	1.2-1, 1.3-1, 1.4-1, 1.7-1, 2.1-1, 3.1-1	Při seřizování, či opravě robotu může dojít k interakci mezi ním a člověkem, kvůli dotyku může dojít k mnoha druhům zranění. Může dojít k nebezpečnému dotyku o elektrického zařízení pod proudem, či k popálení o zahřáté el. zařízení vlivem poškozené izolace.
4.3	Seřizování, oprava pásového dopravníku	Pořezání, odření, uklouznutí, elektrická nebezpečí dotykem, popálení	1.3-4, 1.4-3, 2.1-2, 3.1-2	Při seřizování, či opravě pásového dopravníku může dojít k interakci mezi ním a člověkem, kvůli dotyku může dojít k mnoha druhům zranění. Při doplňování kapalin může dojít k uklouznutí. Může dojít k nebezpečnému dotyku elektrického zařízení pod proudem, či k popálení o zahřáté el. zařízení vlivem poškozené izolace.

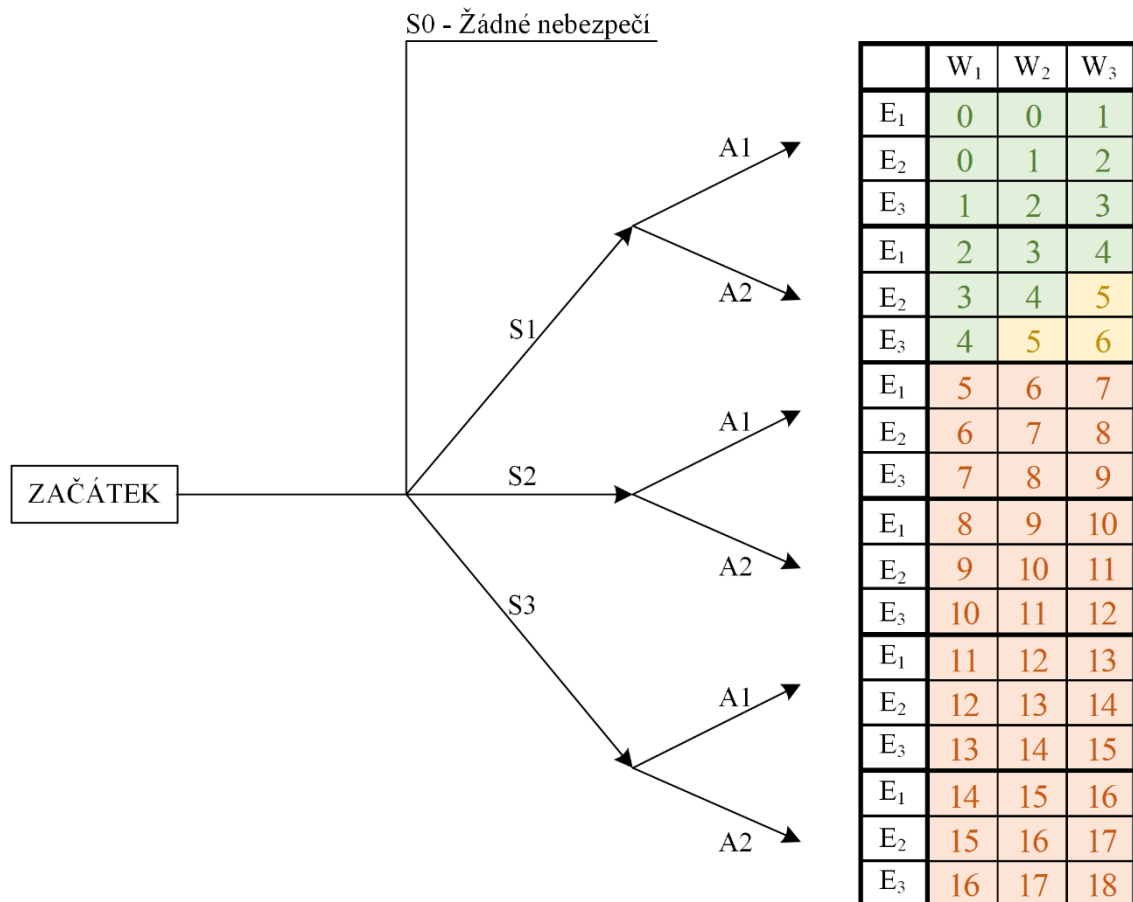
Pokračování tabulky na straně 36.

Pokračování tabulky ze strany 35.

4.4	Seřizování, oprava přísavek	Říznutí, vystříknutí, naražení, píchnutí	1.3-3, 1.6-1, 1.7-3, 1.8-2	Při dotyku s koncovým efektozem může dojít k pořežení o něj, či může dojít vystříknutí tlakového vzduchu do očí. Taktéž je možné narazit do koncového efektozu, či píchnout se o výčnělky přísavek.
5	Čištění a údržba			
5.1	Oprava rozvodů elektřiny	Dotyk osob živých částí	2.1-1, 2.1-2, 2.1-3	Při špatném způsobu čištění, či údržby může dojít k zasažení el. proudem.
5.2	Čištění pracoviště	Uklouznutí	1.5-1	Při čištění pracoviště může dojít k uklouznutí na kapalinách.
5.3	Doplňování provozních kapalin	Uklouznutí	1.5-3	Při doplňování kapalin může dojít k uklouznutí na kapalinách.
6	Demontáž			
6.1	Odpojení od elektrické energie	Elektrická nebezpečí dotykem	2.1-1, 2.1-2, 2.1-3	Při odpojování všech komponent do elektrické sítě hrozí dotyk s živou částí a zasažení elektrickým proudem.
6.2	Odpojení od přívodu tlakového vzduchu	Vystříknutí	1.6-1	Při odpojování tlakového vzduchu může dojít k vystříknutí proudu vzduchu a poranění očí.
6.3	Demontáž	Stlačení, odření, pořežení, uklouznutí	1.2-1, 1.2-2, 1.3-1, 1.3-3, 1.3-4, 1.3-5, 1.4-1, 1.4-1, 1.4-3, 1.4-4, 1.5-2	Při demontáži pracoviště může dojít k překlopení komponent a následnému stlačení části lidského těla. Může také dojít k pořežení či odření o komponenty a jejich opotřebované části. Může dojít k vylití kapalin při demontáži a uklouznutí na nich.
6.4	Odvoz	Stlačení, odření	1.2-1, 1.2-2, 1.3-1, 1.3-3, 1.3-4, 1.3-5	Při nakládání či vykládání může dojít k převržení části pracoviště a následnému stlačení člověka, popřípadě jeho končetin, popřípadě odření.

4.5.4 Přehled identifikovaných nebezpečí a odhad počátečního rizika

Závažnost počátečního rizika je určována dle metodiky ČSN EN ISO 12100:2011. Odhad počátečního rizika u identifikovaných nebezpečí je určován dle pokynů pro určení počátečního rizika (obr. 6).



Obr. 6) Pokyny pro určení počátečního rizika, schéma dle [4].

Kde jsou určeny následující kategorie:

Kategorie závažnosti možné škody na zdraví – S:

1. Vysoká – S3 – Smrt
2. Střední – S2 – Těžké zranění (trvalé následky)
3. Malá – S1 – Lehké poranění
4. Žádná – S0 – Žádné nebezpečí

Kategorie četnosti a doby trvání ohrožení – A:

1. Vysoká – A2 – Často až trvale
2. Nízká – A1 – Zřídka až častěji

Kategorie možnosti vyvarování se nebezpečí – E:

1. Vysoká – E3 – Nemožné
2. Střední – E2 – Možné za určitých okolností
3. Nízké – E1 – Běžné

Kategorie pravděpodobnosti výskytu nebezpečné události – W:

1. Velká pravděpodobnost – W3 – Výskyt události je častější než jednou za směnu
2. Střední pravděpodobnost – W2 – Výskyt události je častější než jednou za den
3. Malá pravděpodobnost – W1 – Událost se může vyskytnout maximálně jednou za den

Pro výsledné hodnoty následně platí:

- 0 až 4 je akceptovatelné riziko
- 5 a 6 je riziko akceptovatelné po prověření
- 5 až 18 je neakceptovatelné riziko

Z těchto pokynů byla vypracována následující tabulka. Je důležité poznamenat, že při posuzování rizika je nutné postupovat dle principu ALARP, anglicky „as low as reasonably possible“ [25]. Dle tohoto principu je nutné snižovat riziko do té doby, dokud není riziko přiměřeně sníženo, přičemž jako přiměřené snížení lze brát takové snížení, kdy by další snižování rizika znamenalo neefektivní náklady, nedosahující užítku ze snížení rizika. Zároveň není možné se spokojit s počátečním rizikem.

Tab 5) Odhad počátečních rizik u identifikovaných nebezpečí

Pořadové číslo	Nebezpečí	z.	č.	v.	p.	Odhadnuté počáteční riziko
1	Mechanická nebezpečí					
1.1	Vymrštění					
1.1-1	Vymrštění plechu	S3	A2	E3	W2	17
1.1-2	Vymrštění nástroje	S3	A2	E3	W1	16
1.2	Stlačení					
1.2-1	Stlačení od robotu	S3	A2	E2	W2	16
1.2-2	Stlačení o oplocení	S2	A2	E2	W2	10
1.3	Požezání nebo oddělení					
1.3-1	Říznutí o hrany robotu	S1	A1	E2	W1	0
1.3-2	Říznutí od manipulovaných plechů	S1	A2	E2	W3	5
1.3-3	Říznutí o hrany koncových efektorů	S2	A1	E2	W2	7
1.3-4	Říznutí o pásový dopravník	S2	A1	E2	W2	7
1.3-5	Říznutí o oplocení	S1	A2	E2	W2	4
1.4	Nebezpečí odřením					
1.4-1	Odření o roboty	S1	A1	E2	W1	0
1.4-2	Odření od manipulovaných plechů	S1	A2	E2	W3	5
1.4-3	Odření o pásový dopravník	S1	A2	E2	W1	3
1.4-4	Odření o oplocení	S1	A2	E2	W2	4

Pokračování tabulky na str. 39

Pokračování tabulky ze str. 39

1.5	Nebezpečí uklouznutí						
1.5-1	Uklouznutí při čištění pracoviště	S1	A2	E2	W1		3
1.5-2	Uklouznutí při montáži pracoviště	S2	A1	E2	W1		6
1.5-3	Uklouznutí při doplňování kapalin	S2	A1	E2	W1		6
1.6	Nebezpečí vystříknutí						
1.6-1	Poranění o stlačený vzduch koncových efektorů	S2	A1	E2	W1		6
1.7	Nebezpečí naražení						
1.7-1	Naražení od robotu	S3	A2	E3	W3		18
1.7-2	Naražení o manipulované plechy	S3	A2	E3	W2		17
1.7-3	Naražení o koncové efekторы	S3	A2	E3	W3		18
1.8	Nebezpečí propíchnutí nebo píchnutí						
1.8-1	Píchnutí o manipulované plechy	S1	A2	E2	W3		5
1.8-2	Píchnutí o koncové efekторы	S1	A2	E2	W2		4
1.9	Nebezpečí vtažení						
1.9-1	Vtažení o pásový dopravník	S2	A1	E2	W2		7
2	Elektrická nebezpečí						
2.1	Nebezpečí smrti elektrickým proudem						
2.1-1	Nebezpečí zasažení elektrickým proudem od robotu	S3	A1	E2	W1		12
2.1-2	Nebezpečí zasažení elektrickým proudem od pásového dopravníku	S3	A1	E2	W1		12
2.1-3	Nebezpečí zasažení elektrickým proudem od řídicí elektroniky	S3	A2	E2	W1		15
3	Tepelná nebezpečí						
3.1	Nebezpečí popálením						
3.1-1	Popálením od motorů robotu	S2	A2	E2	W3		11
3.1-2	Popálením od motorů pásového dopravníku	S2	A2	E2	W3		11
4	Nebezpečí hluku						
4.1	Nebezpečí nepohodlí						
4.1-1	Nepohodlí vlivem provozu pracoviště	S1	A2	E2	W3		5
4.2	Nebezpečí únavy						
4.2-1	Únavy vlivem provozu pracoviště	S1	A2	E2	W3		5
5	Nebezpečí vibrací	Nebyla identifikována žádná nebezpečí v této skupině					

Pokračování tabulky na str. 40

Pokračování tabulky ze str. 39

6	Nebezpečí záření	Nebyla identifikována žádná nebezpečí v této skupině				
7	Nebezpečí materiálů a látek	Nebyla identifikována žádná nebezpečí v této skupině				
8	Ergonomická nebezpečí					
8.1	Nebezpečí nepohodlí					
8.1-1	Nebezpečí nepohodlí vlivem špatné ergonomie při ovládání pracoviště	S1	A2	E2	W3	5
8.2	Nebezpečí únavy					
8.2-1	Nebezpečí únavy vlivem špatné ergonomie při ovládání pracoviště	S1	A2	E2	W3	5
8.3	Nebezpečí stresu					
8.3-1	Stres při ovládání pracoviště	S1	A2	E2	W3	5
9	Nebezpečí spojená s prostředím	Nebyla identifikována žádná nebezpečí v této skupině				
10	Kombinace nebezpečí	Nebyla identifikována žádná nebezpečí v této skupině				

4.5.5 Snížení rizika

Byla analyzována nebezpečí od těch s nejvyšší mírou závažnosti po ta s nejmenší mírou závažnosti a následně bylo snižováno riziko ve vybraných životních etapách, nejčastěji za provozu a seřizování.

Níže jsou uvedeny pouze příklady těch nejpodstatnějších formulářů snížení rizika, veškeré vypracované formuláře jsou dostupné v příloze.

VUT v Brně, FSI ÚVSSR		FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA Zpracoval: Zbyněk Piech		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011			
		1. Mechanické nebezpečí			
1.1-1	1	Vymrštění plechu			
Životní etapa: Provoz			Nebezpečný prostor: pracovní prostor		
Ohrožené osoby: Obsluha, student			Provozní stav: za provozu		
Popis nebezpečné situace/události:		Nebezpečí oddělení plechu od přísavky koncového efektoru a jeho vymrštění z koncového efektoru odstředivou silou. Plech může dopadnout na tělo obsluhy, či studenta při činnosti robotu.			
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S3 – Smrt	Velikost rizika 17		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E3 – Nemožné			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W2 – Střední			
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci					
Popis opatření:		Předimenzování přísavek koncového efektoru na vyšší dynamické namáhání. Implementace snímače tlaku pro zastavení v případě ztráty tlaku.			
Snižené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S3 – Smrt	Velikost rizika 13		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E3 – Nemožné			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření					
Popis opatření:		Oplocení robotického pracoviště v souladu s normou ČSN EN ISO 14120:2017 o ochranných krytech. Implementace panelů výplní s pletivem odolných proti nárazu a dalších požadavků na oplocení dle ČSN EN ISO 14120:2017. Implementace blokovacích zařízení spojených s pohyblivými částmi ochranných krytů dle ČSN EN ISO 14119:2014 a funkce nouzového zastavení dle ČSN EN ISO 13850.			
Snižené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika 6		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 3: Informace pro používání					
Popis opatření:		Zhotovení návodu použití dle ČSN EN 82079-1. Návod k obsluze k dispozici na pracovišti u ovládacího prostoru. Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Proškolení o zákazu vstupu do nebezpečného prostoru a zákazu překonávání oplocení při práci robotického pracoviště. Proškolení o nutnosti opuštění nebezpečného prostoru před spuštěním robotického pracoviště. Proškolení o dodržování bezpečné vzdálenosti při chodu pracoviště. Bezpečnostní sdělení na oplocení pomocí piktogramů a tabulek:			

	<p>Zařízení smí obsluhovat jen osoba tím pověřená (tabulka 3907a). Spouštět a ovládat pouze podle návodu k obsluze. Zákaz spuštění robotické buňky bez zajištění přístupových cest. Zákaz vstupu do pracovního prostoru při práci robotické buňky. Označení tlačítek nouzového zastavení. Použití světelného majáku, indukujícího chod zařízení.</p>		
<i>Snížené riziko po opatření</i>	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji	0
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá	
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech	17. 4. 2021

VUT v Brně, FSI ÚVSSR		FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA Zpracoval: Zbyněk Piech		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011			
		1. Mechanické nebezpečí			
1.2-1	2	Stlačení od robotu			
Životní etapa: Provoz, seřizování			Nebezpečný prostor: pracovní prostor		
Ohrožené osoby: Obsluha, student, programátor			Provozní stav: za provozu, mimo provoz		
Popis nebezpečné situace/události:		Nebezpečí stlačení končetin, či těla obsluhy, či studenta při činnosti robotu. Robot může stlačit tělo mezi druhý robot či jiný statický předmět. Robot může stlačit obsluhu při seřizování drah.			
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S3 – Smrt	Velikost rizika 16		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W2 – Střední			
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci					
Popis opatření:		Roboty, vč. řídicího systému KUKA KR C4, splňují požadavky na bezpečnost průmyslových robotů ČSN EN ISO 10218-1:2012 a musí se naplnit požadavky ČSN EN ISO 10218-2:2011 pro integraci. Roboty, vč. řídicího systému KUKA KR C4, splňují požadavky funkční bezpečnosti dle ČSN EN ISO 13849. Umístění programovacích a ovládacích panelů robotů mimo nebezpečný prostor, dle ČSN EN ISO 10218-2:2011.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S3 – Smrt	Velikost rizika 12		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření					
Popis opatření:		Oplocení robotického pracoviště v souladu s normou ČSN EN ISO 14120:2017 o ochranných krytech. Doplnění ochranných zařízení, jako např. světelných clon a skenovacích zařízení, dle ČSN EN ISO 13855:2010. Při návrhu oplocení dodržení bezpečných vzdáleností dle normy ČSN EN ISO 13857:2021. Při návrhu dodržení nejmenších mezer k zamezení stlačení lidského těla dle ČSN EN ISO 13854:2021. Implementace blokovacích zařízení spojených s pohyblivými částmi ochranných krytů dle ČSN EN ISO 14119:2014 a funkce nouzového zastavení dle ČSN EN ISO 13850. Použití snížené rychlosti a omezení pohybu robotů při seřizování robotů v ručním režimu dle ČSN EN ISO 10218-1:2011. Dodržení bezpečných vzdáleností a implementace souhlasného povelového zařízení při programování dle stejné normy.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika 6		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 3: Informace pro používání					
Popis opatření:		Zhotovení návodu použití dle ČSN EN 82079-1. Návod k obsluze k dispozici na pracovišti u ovládacího prostoru. Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Proškolení o zákazu vstupu do nebezpečného prostoru a zákazu překonávání oplocení při práci robotického pracoviště. Proškolení o nutnosti opuštění nebezpečného prostoru před spuštěním robotického pracoviště. Proškolení o dodržování bezpečné vzdálenosti při chodu pracoviště. Proškolení o dodržování bezpečné vzdálenosti při seřizování robotického pracoviště.			

	Proškolení o nutnosti programování drah a seřizování robotů z bezpečného místa. Proškolení o nutnosti použití bezpečných rychlostí při seřizování robotického pracoviště. Bezpečnostní sdělení na oplocení pomocí piktogramů a tabulek: Zařízení smí obsluhovat jen osoba tím pověřená (tabulka 3907a). Zařízení smí seřizovat pouze proškolená obsluha. Spouštět a ovládat pouze podle návodu k obsluze. Zákaz spuštění robotické buňky bez zajištění přístupových cest. Zákaz vstupu do pracovního prostoru při práci robotické buňky. Označení tlačítek nouzového zastavení. Použití světelného majáku, indikujícího chod zařízení.		
<i>Snížené riziko po opatření</i>	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá	
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech	17. 4. 2021

VUT v Brně, FSI ÚVSSR	FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA Zpracoval: Zbyněk Piech		<i>Strojní zařízení:</i> Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně Datum: 17. 4. 2021
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011 1. Mechanické nebezpečí	
1.7-1	7	Naražení od robotu	
<i>Životní etapa:</i> Provoz		<i>Nebezpečný prostor:</i> pracovní prostor	
<i>Ohrožené osoby:</i> Obsluha, student		<i>Provozní stav:</i> v provozu	
<i>Popis nebezpečné situace/události:</i>	Nebezpečí naražení robotického ramena do těla obsluhy, či studenta při činnosti robotu. Při naražení vysokou rychlostí hrozí závažná poranění či smrt.		
<i>Počáteční riziko:</i>	Závažnost možné škody na zdraví	S3 – Smrt	Velikost rizika 18
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E3 – Nemožné	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W3 – Velká	
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci			
<i>Popis opatření:</i>	Konstrukce robotů neobsahuje výčnělky a části, za které by mohl operátor zavadit. Roboty, vč. řídicího systému KUKA KR C4, splňují požadavky na bezpečnost průmyslových robotů ČSN EN ISO 10218-1:2012 a musí se naplnit požadavky ČSN EN ISO 10218-2:2011 pro integraci. Roboty, vč. řídicího systému KUKA KR C4, splňují požadavky funkční bezpečnosti dle ČSN EN ISO 13849. Umístění ovládacích panelů robotů mimo nebezpečný prostor, dle ČSN EN ISO 10218-2:2011.		
<i>Snížené riziko po opatření</i>	Závažnost možné škody na zdraví	S3 – Smrt	Velikost rizika 17
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E3 – Nemožné	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W2 – Střední	
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření			
<i>Popis opatření:</i>	Oplocení robotického pracoviště v souladu s normou ČSN EN ISO 14120:2017 o ochranných krytech. Implementace panelů výplní s pleťivem odolných proti nárazu a dalších požadavků na oplocení dle ČSN EN ISO 14120:2017. Doplnění ochranných zařízení, jako např. světelných clon a skenovacích zařízení, dle ČSN EN ISO 13855:2010. Při návrhu oplocení dodržení bezpečných vzdáleností dle normy ČSN EN ISO 13857:2021. Implementace blokovacích zařízení spojených s pohyblivými částmi ochranných krytů dle ČSN EN ISO 14119:2014 a funkce nouzového zastavení dle ČSN EN ISO 13850. Použití omezení pohybu robotů při práci robotů v automatickém režimu dle ČSN EN ISO 10218-1:2011. Dodržení bezpečných vzdáleností a implementace souhlasného povolového zařízení při programování dle stejné normy.		
<i>Snížené riziko po opatření</i>	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika 6
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá	
Krok 3: Informace pro používání			
<i>Popis opatření:</i>	Zhotovení návodu použití dle ČSN EN 82079-1. Návod k obsluze k dispozici na pracovišti u ovládacího prostoru. Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Proškolení o zákazu vstupu do nebezpečného prostoru a zákazu překonávání oplocení při práci		

	<p>robotického pracoviště. Proškolení o nutnosti opuštění nebezpečného prostoru před spuštěním robotického pracoviště. Proškolení o dodržování bezpečné vzdálenosti při chodu pracoviště. Bezpečnostní sdělení na oplocení pomocí piktogramů a tabulek: Zařízení smí obsluhovat jen osoba tím pověřená (tabulka 3907a). Spouštět a ovládat pouze podle návodu k obsluze. Zákaz spuštění robotické buňky bez zajištění přístupových cest. Zákaz vstupu do pracovního prostoru při práci robotické buňky. Označení tlačítek nouzového zastavení. Použití světelného majáku, indikujícího chod zařízení.</p>		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá	
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech	17. 4. 2021

4.6 Vyhodnocení analýzy bezpečnosti

Robotické pracoviště se momentálně nachází v pokročilejší části životního cyklu, a to konkrétně již v sestaveném stavu a je v provozu. Je však možné, že na něm budou prováděny úpravy, rozšíření apod. Proto bylo snížení rizika zaměřeno především na životní etapy provozu a seřizování. Je však také nutné nově instalovat oplocení, proto je pro něj analyzována životní etapa montáže.

Z analýzy bezpečnosti vyplynuly jako nejzávažnější nebezpečí především mechanická nebezpečí od robotů a jejich komponent – naražení či stlačení osob roboty. Jako méně závažná, avšak stále nutná k odstranění se ukázala nebezpečí elektrická a tepelná, zbylé druhy nebezpečí se vyskytují, ale nemají takovou závažnost.

Nejpodstatnějším doporučením, které je třeba implementovat, je realizace oplocení robotického pracoviště dle příslušných norem. Realizace oplocení odstraní největší počet a zároveň nejzávažnější nebezpečí, která se momentálně u robotického pracoviště vyskytují. Pro návrh je třeba počítat především s normami ČSN EN ISO 14120:2017 o ochranných krytech, ČSN EN ISO 13857:2021 o dodržení bezpečných vzdáleností k zamezení dosahu končetinami a ČSN EN ISO 13854:2021 o dodržení nejmenších mezer k zamezení stlačení lidského těla.

Pro správnou funkci oplocení je třeba jej také doplnit o elektrické prvky bezpečnosti, jako např. tlačítka nouzového zastavení. Bude navrženo zapojení prvků dle norem ČSN EN ISO 14119:2014 o blokovacích zařízeních spojených s pohyblivými částmi ochranných krytů a funkce nouzového zastavení dle ČSN EN ISO 13850. Dále také zapojení ochranných zařízení, jako např. světelných clon a skenovacích zařízení, dle ČSN EN ISO 13855:2010 pro vstup a výstup plechů z robotického pracoviště.

Je třeba ale také neopomenout informace pro osoby pracující v okolí pracoviště a přímo na pracovišti. Osoby programující a seřizující roboty jsou vybaveny osobními ochrannými prostředky, především ochrannou přilbou. Všechny osoby jsou proškoleny o bezpečnosti práce na pracovišti a jsou informovány prostřednictvím bezpečnostních sdělení na místech, kde nebezpečí hrozí. Mají také k dispozici návod k použití

Pro provoz pracoviště je žádoucí odstranit také další nebezpečí, např. navrhnout pevný kryt motoru pásového dopravníku, použít snížené rychlosti robotů při programování pracoviště apod. Úplný výčet bezpečnostních opatření k zavedení je ve formuláři snížení rizika v příloze. Realizace těchto dalších návrhů by mohlo být pokračováním této práce.

5 NÁVRH OPLOCENÍ

Z předchozí kapitoly jako nejdůležitější opatření vyplynulo realizování oplocení robotického pracoviště s bezpečnostními prvky. V následující kapitole bude řešen návrh tohoto oplocení.

5.1 Teoretický přehled

Z výše uvedených norem jsou pro návrh oplocení a bezpečnostních prvků použity především následující normy:

Tab 6) Tabulka všech použitých norem pro návrh oplocení a bezpečnostních prvků

Označení normy	Typ normy	Název normy
ČSN EN ISO 10218-1	Norma typu C	Roboty a robotická zařízení – Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů – Roboty
ČSN EN ISO 10218-2	Norma typu C	Roboty a robotická zařízení – Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů – Systémy robotů a integrace
ČSN EN ISO 13850	Norma typu B2	Bezpečnost strojních zařízení – Funkce nouzového zastavení – Zásady pro konstrukci
ČSN EN ISO 13854	Norma typu B1	Bezpečnost strojních zařízení – Nejmenší mezery k zamezení stlačení částí lidského těla
ČSN EN ISO 13855	Norma typu B	Bezpečnost strojních zařízení – Umístění ochranných zařízení s ohledem na rychlosti přiblížení částí lidského těla
ČSN EN ISO 13857	Norma typu B1	Bezpečnost strojních zařízení – Bezpečné vzdálenosti k zamezení dosahu do nebezpečných zón horními a dolními končetinami
ČSN EN ISO 14119	Norma typu B2	Bezpečnost strojních zařízení – Blokovací zařízení spojená s ochrannými kryty – Zásady pro konstrukci a volbu
ČSN EN ISO 14120	Norma typu B2	Bezpečnost strojních zařízení – Ochranné kryty – Obecné požadavky pro konstrukci a výrobu pevných a pohyblivých ochranných krytů

5.1.1 Požadavky na ochranné kryty

Pevné ochranné kryty musí být nainstalovány v souladu se snižováním rizik. Pohyblivé ochranné kryty musí být po dobu provozu robotického pracoviště zajištěny a zablokovány tak, aby nebylo možné se dostat do nebezpečné oblasti. V průběhu seřizování robotů není nutnost zablokování pohyblivých ochranných krytů, ale je nutné použití dalších ochranných opatření, jako např. snížených rychlostí robotů.

Z důvodu určité reakční doby systému (čas na zastavení robotu) je nutné stanovit jak reakční dobu systému, tak bezpečné vzdálenosti pro přiblížení končetin. [4] V případě tohoto pracoviště se bude jednat především o použití blokováných pohyblivých ochranných krytů (vrat

pro vstup a servisní zásahy) a použití optické závory pro vstup a výstup plechů z a do pracoviště v bezpečné vzdálenosti proti přiblížení končetin do nebezpečné oblasti před zastavením systému.

5.1.2 Reakční doba systému

Pro návrh pracoviště a jeho bezpečnostních prvků je nutné znát dobu zastavení systému a vzdálenosti přiblížení, které jsou schopny za danou dobu urazit končetiny. Z těchto hodnot bude stanovena bezpečná vzdálenost optických bran od nebezpečného prostoru.

Celková doba zastavení systému se skládá ze dvou složek, a to dle vztahu [18]

$$T = t_1 + t_2 \quad (1)$$

kde

T – celková doba zastavení systému

t_1 – maximální doba do výstupního signálu k zastavení

t_2 – doba zastavení, což je maximální doba do ukončení nebezpečné funkce (pohybů).

Všechny doby jsou v sekundách.

Zároveň je také nutné vypočítat minimální vzdálenost pro elektrická snímací ochranná zařízení, a to konkrétně aktivní optoelektronická zařízení. Bude uvažováno kolmé přiblížení k detekčnímu prostoru, neboť optické brány budou umístěny svisle na oplocení. Také bude uvažováno použití optoelektronických ochranných zařízení s detekční schopností senzoru o průměru ≤ 40 mm, což splňují již dostupné optické brány SICK.

Pro tyto případy platí rovnice [18]

$$S = (K \cdot T) + C \quad (2)$$

kde

S – minimální vzdálenost (mm)

K – parametr přiblížení končetiny (mm/s)

T – celková doba zastavení systému (s)

C – vzdálenost vniknutí, parametr vniknutí končetiny (mm)

Výsledná hodnota S nesmí být menší než 100 mm.

5.1.3 Nejmenší možné mezery

Při navrhování oplocení je nutné brát zřetel na jedno z největších nebezpečí, které bylo analyzováno, a to nebezpečí stlačení. Pro zabránění nechtěného stlačení, ale také pro dostatečnou ergonomii pracoviště při seřizování robotů a dalších strojů v pracovišti je nutné zabezpečit mezery mezi oplocením a komponentami pracoviště tak, aby byly větší než nejmenší mezery k zamezení stlačení částí lidského těla. V tomto případě je třeba pracovat s hodnotou pro zamezení stlačení nejen končetin, ale také celého těla, což dle normy znamená zachovat mezery mezi oplocením a komponentami alespoň 500 mm. [17] V případě, že to není možné, je nutné trvale systémově omezit pohyby robotů tak, aby při seřizování pracoviště a otevřených krytech robot dodržel minimální mezeru 500 mm od oplocení. Tato mezera zároveň pokryje s velkým koeficientem bezpečnosti bezpečnou vzdálenost pro zamezení dosahu

do nebezpečných zón končetinami dle normy. [19] Zde se jedná především o možnost prostrčení prstů děrami mříží oplocení.

5.2 Výběr výrobce řešení

Původní záměr při návrhu oplocení robotického pracoviště byl navázání na konstrukci oplocení sousedního robotického pracoviště. U tohoto pracoviště bylo použito oplocení Jokab Safety Quick Guard od společnosti ABB s.r.o. (dále jen ABB). Toto řešení a celá divize ochranného oplocení společnosti ABB však byla na jaře roku 2021 prodána švédské společnosti Troax Group AB [26]. Systém oplocení Quick Guard se tak nyní již neprodává, oba systémy si však zachovávají částečnou kompatibilitu a konstrukční podobnost.

Troax Group AB

Společnost Troax Group AB (dále jen Troax) je švédský výrobce ochranných prostředků pro výrobní stroje, oplocení robotických linek a regálová řešení skladů. Společnost vznikla v roce 1955 ve švédském městě Tyngel [27] a v současné době kromě tohoto švédského výrobního závodu má své závody také ve Velké Británii, Číně, Itálii a USA. Díky této expanzi je lídrem na trhu s ochrannými systémy. Nabídka se dělí na tři základní modelové řady, konkrétně na systémy Smart Fix, Strong Fix a Rapid Fix.

Systém Smart Fix je nejprodávanějším ochranným systémem, dokáže odolat nárazu až 2 000 joulů, nejčastěji je kombinován s drátěnými panely ST20 a je tvořen sloupky o rozměrech 60 x 40 mm. Systém Strong Fix je zpevněnou verzí předešlého, je tvořen masivními sloupky o rozměrech 80 x 80 mm, pevnějšími objímkami a panely ST30. Tato kombinace vydrží náraz až 3 000 joulů; druhou možností je použití dvojitých panelů ST20, které mají odolnost až 8 180 joulů. Posledním systémem je systém Rapid Fix, který se vyznačuje především jednoduchou a rychlou montáží pomocí zacvakávání místo šroubování objímek, tento systém má odolnost až 1 600 joulů [28].

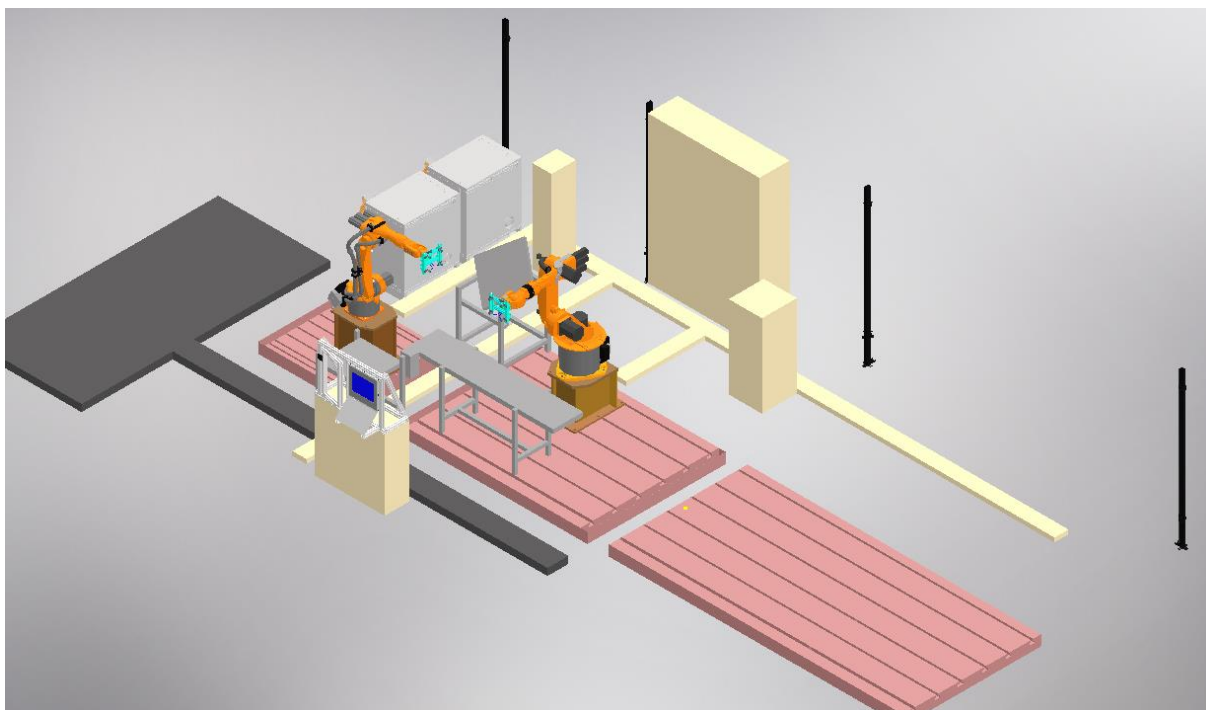
Všechny řady oplocení Troax splňují náročné moderní požadavky a jsou ve shodě se Směrnicí Evropského parlamentu a Rady o strojních zařízeních 2006/42/EC, stejně jako s normou ČSN EN ISO 12100:2011 Bezpečnost strojních zařízení – Všeobecné zásady pro konstrukci – Posouzení rizika a snižování rizika a normou ČSN EN ISO 14120:2017 Bezpečnost strojních zařízení – Ochranné kryty – Obecné požadavky pro konstrukci a výrobu pevných a pohyblivých ochranných krytů. Dále také plní legislativní podmínky České republiky, např. nařízení vlády č. 176/2008 Sb. o technických požadavcích na strojní zařízení. Systémy na ochranu strojů tak nesou označení CE, a to po výstupní kontrole po montáži u zákazníka.

Vzhledem k největší podobnosti a kompatibilitě se současně používaným systémem a vysoké kvalitativní úrovni bude pro konstrukci zvolen systém oplocení společnosti Troax.

5.3 Možnosti prostorového řešení

Byly vytvořeny tři varianty rozmístění vstupních a bezpečnostních prvků, ze kterých se bude následně vybírat varianta pro podrobnější vypracování. Již při návrhu jednotlivých variant bylo potřeba upravit umístění některých prvků pracoviště oproti realitě (obr. 7), a to konkrétně boxy s řídicím systémem KUKA KR C4 a ovládací panel s PLC. Současné umístění těchto prvků neumožňuje umístění sloupků oplocení, neboť mezi jednotlivými součástmi nejsou potřebné mezery. Pro vytvoření mezer bude zapotřebí posunout oba boxy řídicího systému o 50 mm směrem k robotu a jeden z nich o dalších 80 mm od druhého pro vytvoření mezery mezi nimi pro sloupek. Ovládací panel je třeba posunout o 80 mm od kabelového žlabu.

Při posunování prvků je třeba brát ohled na kabeláž, která již v současné době nemá velké vůle a není možné s prvky manipulovat o větší stovky milimetrů. Posunutí o 80 mm, resp. o 130 mm, však po vizuálním posouzení situace bylo zhodnoceno jako možné jak u boxů řídicího systému, tak panelu ovládacího.



Obr. 7) Axonometrická vizualizace pracoviště, současný stav – bez oplocení.

5.3.1 První varianta

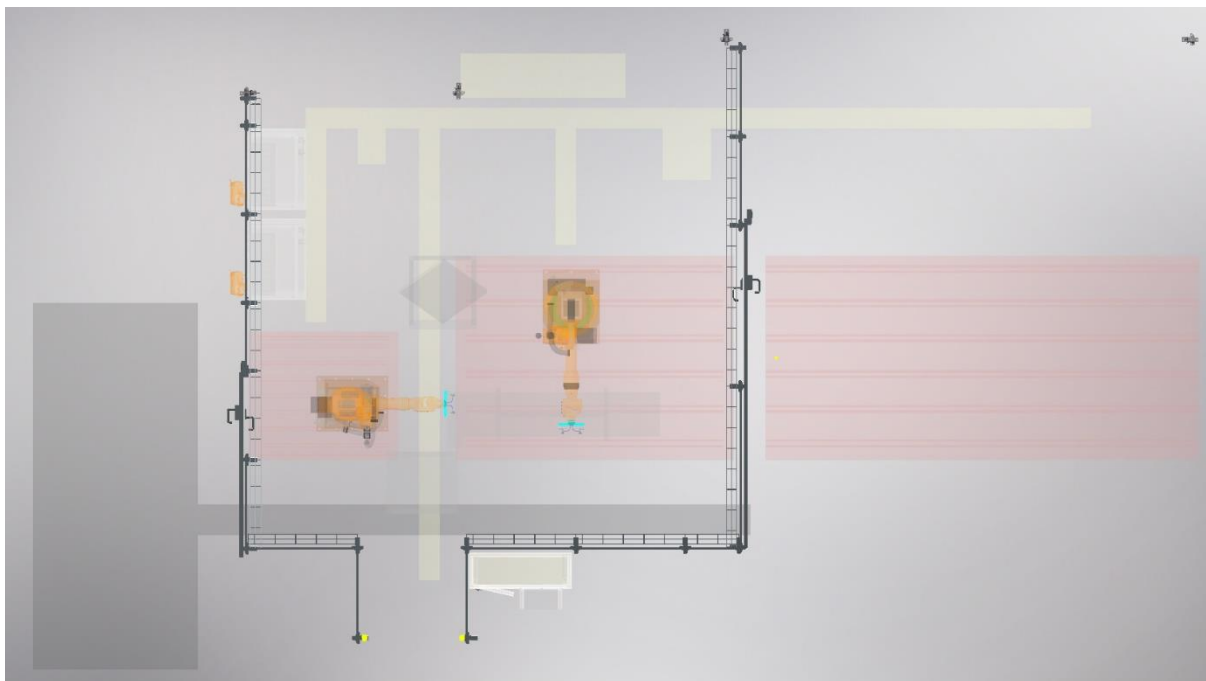
První varianta oplocení (obr. 8) je tou nejvíce kompaktní variantou, zabírá nejméně místa a nezasahuje do okolí, a to především díky použití posuvných vrat jako pohyblivých ochranných krytů.

Na straně u boxů řídicího systému oplocení navazuje na oplocení sousedního robotického pracoviště, dále pokračuje přes boxy řídicího systému, ty se díky použití panelů na míru zakomponují do oplocení, kdy budou umístěny ve spodní části stěn, zatímco ve vrchní části bude oplocení doplněno a zarovnáno panelem. Na této straně bude také umístěn vstup pomocí posuvných vrat se světlou šířkou 750 mm.

Na straně ovládacího panelu s PLC je kromě ovládacího panelu umístěn pouze vstup a výstup plechů do robotického pracoviště. Ten je zajištěn optickou bránou a dostatečnou vzdáleností k zamezení dosahu končetin při přiblížení.

Na poslední straně se nachází hlavní posuvná vrata pro přístup do pracoviště, ta mají větší světlu šířku (1450 mm), především pro možnost úpravy prvků pracoviště. Pracoviště je zde zarovnáno se sloupkem oplocení sousedního pracoviště a vchodem do něj.

Vstup ze strany boxů řídicího systému umožní snadný a rychlý přístup pro operátora, který bude konfigurovat dráhy robotů právě od boxů řídicího systému, neboť jsou zde umístěny i panely ručního ovládnání pro oba roboty. Druhý vstup je dostatečný pro větší servisní zásahy pomocí manipulačních nástrojů. Na druhou stranu jsou oba vstupy umístěny daleko od ovládacího panelu s PLC. Použití posuvných vrat je méně finančně výhodnou variantou, ale podstatně zvyšuje kompaktnost pracoviště a snižuje prostorové nároky. Umožňuje také ponechání otevřených vrat, aniž by omezovala provoz na jedné ze dvou hlavních přístupových cest v hale.



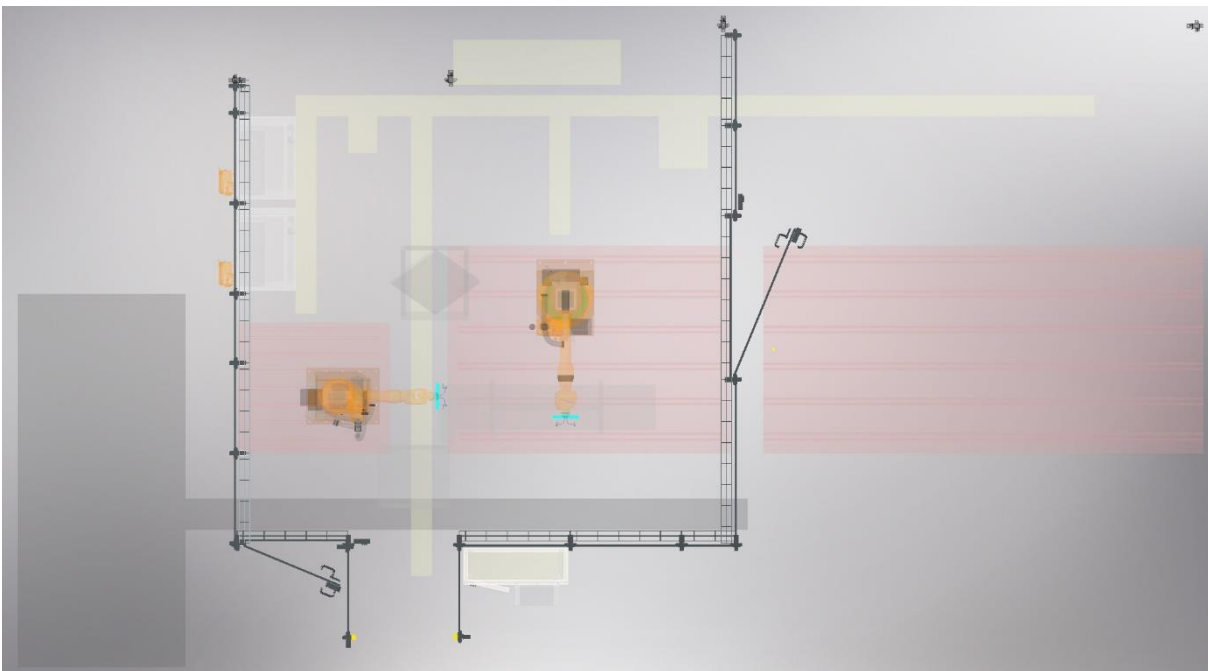
Obr. 8) První varianta.

5.3.2 Druhá varianta

Druhá varianta (obr. 9) je především nejvíce ekonomickou variantou, vycházející z úpravy varianty první, liší se především použitím klasických otočných vrat místo posuvných.

Aby bylo možné zanechat volný průchod ze strany boxů řídicího systému, je jeden servisní vchod přesunut na stranu ovládacího pracoviště. Díky tomu je snadnější a více ergonomické vcházení od ovládacího panelu, vchod je však podstatně vzdálenější od ovládacích panelů robotů. Je pravděpodobnější, že při konfiguraci pracoviště se bude operátor častěji pohybovat mezi ovládacími panely robotů a vchodem do pracoviště než mezi vchodem a ovládacím panelem s PLC. Ten bude častěji využit až po naprogramování robotů a provozu pracoviště, kdy se bude operátor pohybovat mezi ovládacím panelem s PLC a vstupem a výstupem plechů, do servisního vstupu vstupovat nebude.

Provedení vstupu a výstupu plechů je identické s první variantou. Celkově je tak tato varianta ekonomičtější, ale má větší zástavbové rozměry a nižší ergonomii.



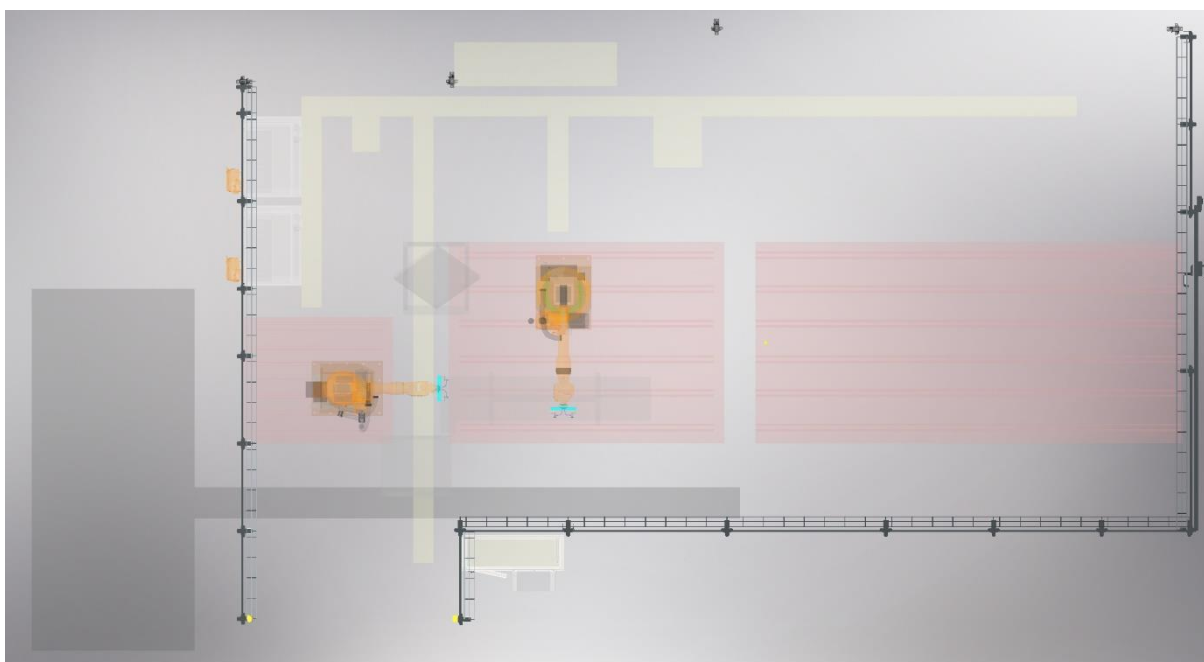
Obr. 9) Druhá varianta.

5.3.3 Třetí varianta

Třetí varianta (obr. 10) se podstatně liší od předchozích dvou, a to především dispozičně. Oproti ostatním je podstatně prostorově rozšířena. U pracoviště se v současné době nachází volný a nevyužitý prostor (obr. 11), v něm je umístěna další upínací deska na stroje, tentokrát podstatně větší než předchozí dvě. Je možné, že by se v dlouhodobějším časovém horizontu mohlo pracoviště rozšířit a doplnit o další robot a jiné vybavení, které by bylo umístěno právě směrem na další upínací desku. Do této části již v současné době zasahuje kabelový žlab pracoviště, bylo by také možné posunout rozváděče. Další velkou výhodou by určitě bylo zarovnání oplocení do jedné „uliční čáry“ s oplocením sousedního pracoviště nejen ze strany boxů řídicího systému, ale i z druhé strany. Na této volnější straně by oplocení navazovalo, ale nepřekáželo vstupu druhého pracoviště.

V současné době však není jisté, zda k rozšiřování robotického pracoviště dojde a zda by tedy případné oplocení tohoto velkého prostoru nebylo zbytečně nákladné jak finančně, tak prostorově, neboť by se zahrazený prostor nedal využít jiným způsobem.

Další odlišností je změna koncepce přístupu do pracoviště od řídicího panelu. Vstup pro plechy a servisní vstup byly zkombinovány do jednoho, který je díky tomu daleko velkorysejší a širší. Řešení je zjednodušeno o jedny dveře, zabírá však více místa a je zde větší otevřený prostor, který může být potenciálně nebezpečný.



Obr. 10) Třetí varianta.



Obr. 11) V současné době nevyužitý prostor s upínací deskou vedle pracoviště.

5.4 Výběr varianty

Pro finální rozpracování návrhu oplocení bylo provedeno hodnocení jednotlivých variant a výběr jedné varianty jako vhodné k rozpracování.

5.4.1 Hodnoticí kritéria

Pro výběr varianty byla formulována následující hodnoticí kritéria, včetně jejich popisu a označení.

Tab 7) Hodnoticí kritéria variant oplocení

Označení kritéria	Kritérium	Žádoucí tendence změny	Popis kritéria
K1	Cena komponent	Klesající	Cena nakupovaných komponent pro oplocení.
K2	Zástavbové rozměry	Klesající	Plocha zabraná oplocením pracoviště.
K3	Variabilita	Rostoucí	Náročnost možnosti případné úpravy, doplnění a změny rozložení komponent v pracovišti.
K4	Náklady na instalaci	Klesající	Náklady na úpravu pracoviště a jeho okolí pro instalaci oplocení.
K5	Bezpečnost	Rostoucí	Snížení rizik pracoviště na co nejnižší úroveň.
K6	Ergonomie	Rostoucí	Snadná a ergonomická práce s pracovištěm, co nejmenší množství pohybů při práci.

5.4.2 Váhy hodnoticích kritérií

Pro stanovení vah kritérií bude využita metoda párového srovnávání dle Dobřického [29]. V prvním kroku se kritéria porovnají mezi sebou, a to tak, že se stanoví, které kritérium dané buňky má vyšší prioritu. Následně se určí pořadí.

Tab 8) Párové porovnání kritérií

Kritérium	K1	K2	K3	K4	K5	K6	Suma	Pořadí
K1	K1	K1	K1	K1	K5	K1	5	2
K2		K2	K2	K2	K5	K2	4	3
K3			K3	K4	K5	K6	1	6
K4				K4	K5	K4	3	4
K5					K5	K5	6	1
K6						K6	2	5

Ve druhém kroku se do tabulky zapíše kritéria od nejdůležitějšího po nejméně důležité a porovnají se mezi sebou tak, že se číselně určí jejich charakteristická blízkost. Následně se provede součet a vypočítá se váha jednotlivých kritérií [29].

Stanovení váhy významnosti q_j se určí ze vztahu

$$q_j = \frac{BHV_j}{\sum_{j=1}^k BHV_j} \quad (3)$$

kde

BHV_j – bodová hodnota významnosti pro každý parametr

k – celkový počet parametrů.

Tab 9) Kvantifikovaná matice pro stanovení vah kritérií

Kritérium	K5	K1	K2	K4	K6	K3	Suma	Váha q_j
K5	1	2	2	3	3	3	14	0,36842
K1		1	1	1	3	3	9	0,23684
K2			1	1	2	1	5	0,13158
K4				1	3	2	6	0,15789
K6					1	2	3	0,07895
K3						1	1	0,02632
						Suma	38	1

Jako nejpodstatnější kritéria byla určena *bezpečnost a cena komponent*.

5.4.3 Vyhodnocení konstrukčních variant

Po určení vah kritérií hodnocení jednotlivých variant je možné přistoupit k vyhodnocení konstrukčních variant. K tomu byla použita metoda bazického srovnávání variant řešení – metoda PATTERN. Metoda PATTERN byla vyvinuta ve spolupráci se společností Honeywell Inc. [30] a zakládá se na indexu změny. Po určení váhy významnosti pro jednotlivé parametry se vypočtou pro každý parametr indexy změny l_{ij} , které vycházejí z hodnocení H_{ij} dané j -tému varianty i -tého parametru a bazické hodnoty i -tého parametru H_{j0} . [29]

Pro parametry s rostoucí žádoucí tendencí se indexy rovnají

$$l_{ij} = \frac{H_{ij}}{H_{j0}} \quad (4)$$

Pro parametry s rostoucí žádoucí tendencí se indexy rovnají

$$l_{ij} = \frac{H_{j0}}{H_{ij}} \quad (5)$$

Z indexů změny se vypočítají vážené indexy s ohledem na významnost parametrů

$$S_{ij} = l_{ij} \cdot q_j \quad (6)$$

Poté se provede součet vážených indexů, který vyjadřuje technickoekonomickou úroveň i-té varianty.

$$S_j = \sum_{i=1}^n S_{ij} \quad (7)$$

Na závěr se z technickoekonomické úrovně stanoví pořadí variant.

Tab 10) Tabulka stanovení pořadí variant oplocení metodou PATTERN

Označení kritéria	Kritérium	Váha q_j	První varianta – kompaktní		Druhá varianta – ekonomická		Třetí varianta – velká	
			H_{ij}	S_{ij}	H_{ij}	S_{ij}	H_{ij}	S_{ij}
			l_{ij}		l_{ij}		l_{ij}	
K1	Cena komponent	0,236842	3	0,39	2	0,59	5	0,24
			1,67		2,50		1,00	
K2	Zástavbové rozměry	0,131579	1	0,66	2	0,33	5	0,13
			5,00		2,50		1,00	
K3	Variabilita	0,026316	2	0,03	2	0,03	5	0,07
			1,00		1,00		2,50	
K4	Náklady na instalaci	0,157895	2	0,39	2	0,39	5	0,16
			2,50		2,50		1,00	
K5	Bezpečnost	0,368421	5	0,46	5	0,46	4	0,37
			1,25		1,25		1,00	
K6	Ergonomie	0,078947	4	0,11	3	0,08	5	0,13
			1,33		1,00		1,67	
Celkem		1	2,04		1,88		1,09	
Relativní technická úroveň S_x			12,75		10,75		8,17	
Pořadí z technickoekonomického hlediska			1.		2.		3.	

Výsledkem je určení nejlepší varianty ze stanovených parametrů. Jako nejlepší byla určena první varianta oplocení, proto bude tato varianta dále rozpracována.

5.5 Reakční doba systému

Pro výpočet bezpečných vzdáleností se použije rovnice celkové doby zastavení systému (1), přičemž jako parametr t_1 (maximální doba do výstupního signálu k zastavení) se použije součet dvou časů. Doba do výstupního signálu k zastavení je zde dána reakční dobou optické brány a reakční dobou bezpečnostního relé, které po vybavení dává signál k zastavení robotů.

$$t_1 = t_{1opt} + t_{1rel} \quad (8)$$

kde

t_{1opt} – reakční doba optické brány, konkrétně 50 ms (maximální hodnota reakční doby dle štítku),

t_{1rel} – reakční doba bezpečnostního relé, konkrétně 20 ms [31].

Výpočtem dostáváme hodnotu

$$t_1 = t_{1opt} + t_{1rel} = 0,05 + 0,02 = 0,07 \text{ s.}$$

Poté je nutné znát dobu zastavení robotů t_2 . Nejdelší čas zastavení má sice robot KUKA KR16-2 v ose 1, a to 353 ms, ale blíže umístěný robot KUKA KR 5 arc má v ose 3 dobu zastavení 333 ms [32]. Z důvodu rychlejšího a vlastně jediného možného přiblížení končetin bude relevantní výpočet zastavení k tomuto robotu.

Závěrem je vypočítána celková doba zastavení systému:

$$T = t_1 + t_2 = 0,07 + 0,333 = 0,403 \text{ s.}$$

5.6 Bezpečné vzdálenosti

5.6.1 Bezpečné vzdálenosti přiblížení

Ze známé doby zastavení systému se je nutné vypočítat vzdálenost přiblížení. Pro použití v naší aplikaci platí $K = 2000 \text{ mm/s}$. Tento parametr je dán normou [18], při použití aktivního optoelektronického ochranného zařízení s detekční schopností senzoru o průměru $\leq 40 \text{ mm}$ a uvážením detekčního prostoru kolmého ke směru přiblížení.

Také platí rovnice pro vzdálenost vniknutí

$$C = 8 \cdot (d - 14) \quad (9)$$

kde

d – detekční schopnost senzoru zařízení (mm), konkrétně 20 mm (hodnota dle štítku).

Zároveň však C nesmí být menší než 0 mm.

Výpočtem dostáváme

$$C = 8 \cdot (d - 14) = 8 \cdot (20 - 14) = 48 \text{ mm.}$$

A minimální vzdálenost S je

$$S = (K \cdot T) + C = (2000 \cdot 0,403) + 48 = 854 \text{ mm.}$$

Jestliže je vypočtená vzdálenost $S \geq 500 \text{ mm}$, lze dle normy [18] použít upravenou rovnici (2), kdy platí, že $K = 1600 \text{ mm/s}$. S upravenými hodnotami tedy

$$S = (K \cdot T) + C = (1600 \cdot 0,403) + 48 = 692,8 \text{ mm} \approx 693 \text{ mm.}$$

Tato vzdálenost musí být dodržena mezi paprskem optických bran a hranou nebezpečného prostoru, kterou je hrana odkládacího stolu na plechy. V případě navrženého robotického pracoviště je reálná vzdálenost $S \geq 880$ mm, jsou splněny požadavky, a to i dle striktnějšího výpočtu.

5.6.2 Nejmenší možné mezery

Při konstrukci byl brán zřetel na nutnost alespoň 500 mm [17] mezery mezi libovolnou pohyblivou komponentou robotického pracoviště a oplocením pro zamezení stlačení lidského těla. Při práci je nejmenší zaznamenaná mezera mezi oplocením a libovolným bodem robotu 659 mm, je zde tedy ještě prostor pro případnou rekonfiguraci pohybů robota.

5.7 Návrh oplocení

Návrh oplocení včetně rozmístění bezpečnostních prvků probíhal v aplikaci Autodesk Inventor 2021, ve které byla vytvořena sestava jednotlivých komponent. Sestavu je poté možné exportovat do programů, jako je např. ABB RobotStudio nebo Siemens Process Simulate pro virtuální zprovoznění celého pracoviště.

V prvním kroku bylo nutné veškeré komponenty zaměřit přímo v hale a dle rozměrů komponenty umístit ve 3D modelu.

5.7.1 Parametry oplocení

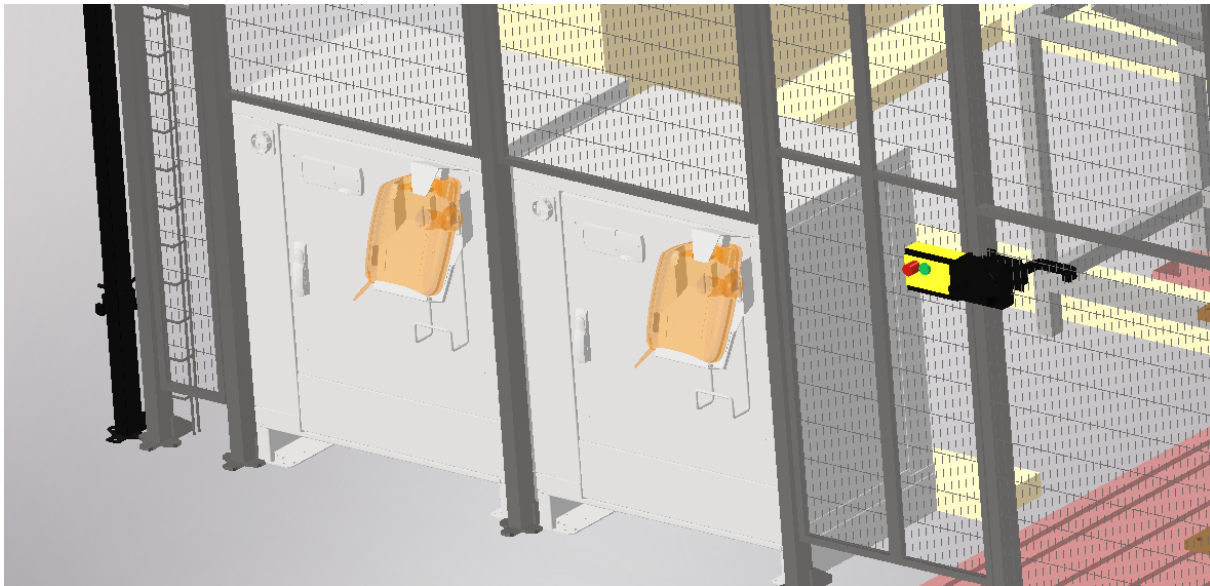
Na základě kapitoly 5.2 o výběru výrobce bylo vybíráno z jednotlivých řad výrobce. Jako optimální pro tuto aplikaci byl zvolen základ v řadě Smart Fix. Řada Smart Fix nabízí ekonomické řešení s dostatečnou odolností proti nárazu až 2 000 joulů. Tato řada je tvořena především sloupky MG o průřezu 60 x 40 mm a drátěnými panely ST20. Drátěné panely mají otvory o velikosti oka 20 x 100 mm [33] a jsou v souladu s normou pro udržení bezpečné vzdálenosti 120 mm od nebezpečných zón [19] prostrčením prstů.

V pracovišti se poté vyskytují již jen panely ST30, a to pouze v případě křídel vrat. Vrata výrobce Troax jsou konstruována pouze z panelů ST30, aby bylo možné je použít pro odolnější systém Strong Fix. Panely ST30 mají stejné velikosti otvorů ok, liší se jen pevnější konstrukcí.

5.7.2 Přemístění a úprava stávajících komponent

Při návrhu bylo nutné přemístění některých komponent oproti realitě tak, aby byla instalace oplocení možná, jedná se především o:

- Posunutí ovládacího panelu s PLC o 80 mm směrem od vstupu plechů do pracoviště. Toto je nutné proto, aby bylo možné vstup plechů do pracoviště složit z panelů standardních šířek, které nebude nutné vyrábět na míru. Vznikne tím komfortní přístup ke vstupu plechů do pracoviště i k ovládacímu panelu PLC.
- Posunutí boxů řídicího systému KUKA KR C4 směrem od sousedního robotického pracoviště k ovládacímu panelu. Box bližší sousednímu robotickému pracovišti bude posunut o 50 mm, a to pro možnost montáže jednoho panelu mezi něj a sousední pracoviště. Bude použit panel o nejmenší standardní šířce. Druhý box bude posunut o celkem 130 mm, aby bylo možné mezi oba boxy umístit sloupek oplocení a boxy by bylo možné stále otevírat (obr. 12).



Obr. 12) Umístění boxů řídicího systému a úprava oplocení v jejich okolí.

V rámci odstraňování nebezpečí je součástí návrhu také odstranění příliš dlouhého kabelového žlabu, který momentálně zasahuje do prostoru průchozího koridoru na straně boxů řídicího systému (obr. 13). Tento kabelový žlab není v délce přibližně 1000 mm využíván žádnou kabeláží a ani po implementaci oplocení nebude. Výsledkem je překážející kabelový žlab, o který je možné zakopnout a který snižuje šířku koridoru pro případné přesuny pomocí vozíku, proto by měl být zkrácen a zarovnan s kabelovým žlabem k boxům řídicího systému.



Obr. 13) Přebytný a nebezpečný kabelový žlab.

5.7.3 Umístění prvků pracoviště

Do 3D modelu pracoviště byly postupně vkládány jednotlivé komponenty. Především se jedná o komponenty elektroinstalace, upínacích desek, podstavců a ovládacího pracoviště [1], které byly následně upraveny a přemístěny dle aktuálního rozložení pracoviště, popřípadě byly doplněny chybějící. Dále byly importovány 3D modely robotů [34], které byly osazeny koncovými efekty [1], a boxy řídicího systému [34]. Komponenty, které nebyly upravovány a pouze se měnila jejich pozice, byly oba přípravky a pásový dopravník [1].

Z této virtuální kopie bylo pracoviště dále upravováno, především přidáváním jednotlivých bezpečnostních prvků; komponenty oplocení od společnosti Troax byly získány z webových stránek výrobce [35] a z generátoru oplocení Troax Drawit [36]. Oplocení bylo konstruováno s ohledem na:

- ČSN EN ISO 14120:2017 o ochranných krytech, na základě které byly vybírány ověřené a certifikované komponenty společnosti Troax,
- ČSN EN ISO 13857:2021 o dodržení bezpečných vzdáleností k zamezení dosahu končetinami, na základě které byly určeny vzdálenosti pro vstup a výstup plechů z pracoviště, kdy optická brána v kombinaci s oplocením musely být umístěny tak, aby nedošlo k dosahu končetin do nebezpečného prostoru před zastavením robotů, a
- ČSN EN ISO 13854:2021 o dodržení nejmenších mezer k zamezení stlačení lidského těla, na základě které se určovaly nejmenší mezery mezi oplocením a roboty tak, aby nedošlo ke stlačení těla ani při seřizování robotů.

Oplocení bylo vypracováno tak, aby integrovalo boxy řídicího systému KUKA KR C4, ty se tak nacházejí v otvoru v oplocení a tvoří jeho součást. Dále oplocení obsahuje prvky (dvoje posuvná vrata, vstup plechů do pracoviště dle popisu v kapitole 5.3.1 o této variantě.

Oplocení bylo poté osazeno bezpečnostními prvky – tlačítkem nouzového zastavení [37] a optickými branami [38] [39] od společnosti SICK, multifunkčním boxem zámku od společnosti EUCHNER [40], laserovým skenerem PILZ [41] a signální věží Siemens [42]. Jejich umístění a odůvodnění je popsáno v kapitole 5.8.

Výsledkem je 3D model návrhu oplocení robotického pracoviště včetně návrhu rozmístění bezpečnostních prvků pracoviště.

5.7.4 Výsledné zástavbové rozměry oplocení

Posledním parametrem oplocení, který nebyl definován, je jeho výška. Výška ochranného krytu není v normě ČSN EN ISO 14120 definována. Oplocení Troax se dodává ve třech standardních výškových řadách, a to 1400 mm, 2200 mm a 2500 mm. Oplocení výšky 1400 mm by zde nebylo vhodné, protože by neposkytovalo ochranu proti vymrštění plechu. Zároveň by bylo nutné dodržet větší vzdálenosti mezi oplocením a nebezpečným prostorem, a to až 900 mm dle ČSN EN ISO 13857.

Oplocení o výšce 2500 mm se používá pro aplikace, kde nebezpečný prostor zasahuje do výšek nad 2200 mm v kombinaci s blízkostí oplocení. V případě této aplikace se nachází maximální výška nebezpečného prostoru méně než 2000 mm vysoko a zároveň hlouběji uvnitř oplocení, proto bude dostatečné oplocení o výšce 2200 mm. Oplocení o výšce 2200 mm je obvyklou volbou pro oplocení robotických pracovišť, shoduje se s výškou sousedního pracoviště a je v souladu s normou ČSN EN ISO 13857 o dosahu končetin do nebezpečných zón [19].

Výsledné zástavbové rozměry pracoviště jsou uvedeny v následující tabulce. V příloze se zároveň nachází přehledový výkres celého pracoviště s uvedenými vnějšími rozměry a podstatnými konstrukčními rozměry.

Tab 11) Výsledné zástavbové rozměry

Rozměr oplocení	Hodnota
Šířka oplocení	4838 mm
Maximální šířka vč. posuvných vrat	5166 mm
Hloubka oplocení	5664 mm
Maximální hloubka	5716 mm
Výška oplocení	2200 mm
Výška včetně kabelových žlabů	2273 mm
Zástavbová plocha oplocení	22,27 m ²

5.8 Návrh rozmístění bezpečnostních prvků

Pro zvýšení bezpečnosti byly na základě analýzy bezpečnosti doplněny do pracoviště bezpečnostní prvky, které jsou následně popsány, včetně odůvodnění použití a umístění.

5.8.1 Tlačítka nouzového zastavení

Funkce nouzového zastavení je zpravidla zajišťována pomocí několika tlačítek nouzového zastavení, ta mohou být zapojena tak, že rozsah ovládání pokrývá jen některé části systému (umožňuje zastavení jen jednoho stroje, a nikoliv celého pracoviště), nebo že každé tlačítko pokrývá celý systém. Pro náš návrh se bude pracovat s druhou možností, kdy libovolné tlačítko nouzového zastavení pokrývá celý systém. Tlačítka nouzového zastavení musí být umístěna na každé ovládací stanici a dále také na jiných významných místech, dle posouzení rizika. V případě tohoto pracoviště budou tlačítka nouzového zastavení ještě umístěna u všech vstupů do pracoviště [16]. Tlačítka nouzového zastavení musí být zbarvena červeně, v případě, že je to proveditelné, je pozadí za tlačítkem zbarveno žlutě.

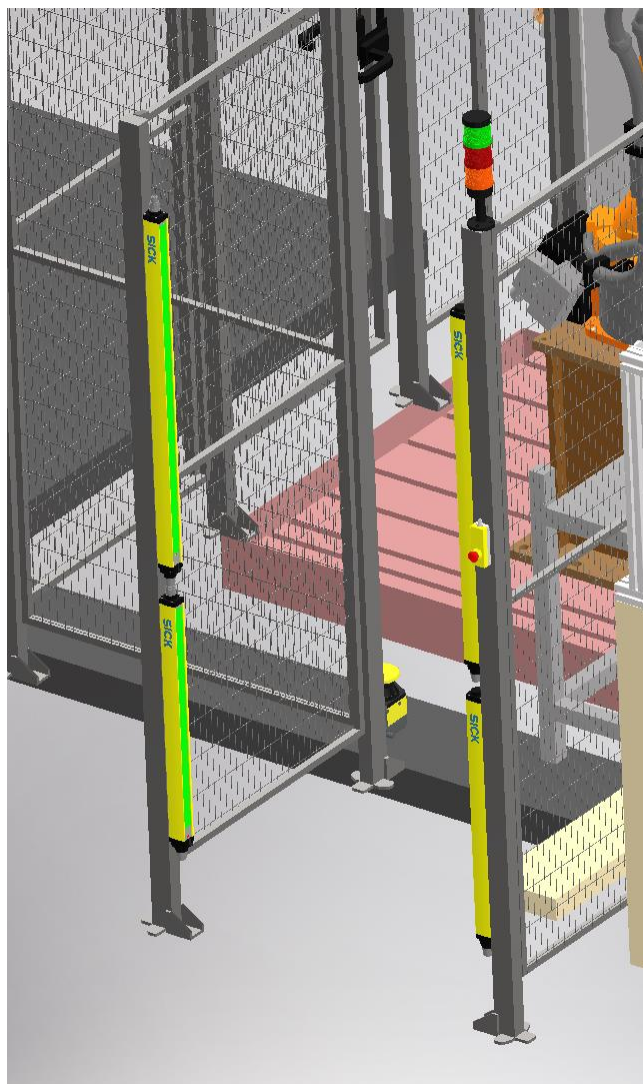
K dispozici již jsou tlačítka nouzového zastavení u ovládacího panelu, na obou panelech ovládání robotů a tlačítko na dostupném multifunkčním boxu EUCHNER MGB. U vstupu plechů do robotického pracoviště bylo po pravé straně umístěno tlačítko nouzového zastavení SICK ES11-SA1A4.

5.8.2 Optická brána

Norma stanoví, že výška nejnižšího paprsku musí být ≤ 300 mm, aby bylo zamezeno podlezení detekčního prostoru, zároveň musí být výška nejvyššího paprsku ≥ 900 mm, aby bylo zamezeno překročení detekčního prostoru [18]. Toho lze dosáhnout i s dostupným párem optické brány, její detekční prostor je dle štítku vysoký 600 mm. Nebyly by tím však splněny požadavky bezpečné vzdálenosti dosahu do nebezpečných zón horními končetinami [19]. Pro splnění této normy bude zapotřebí druhého páru optické brány.

Po zvážení hodnot dosahu přes ochranné konstrukce byla optimální výška střeženého prostoru stanovena na 1800 mm. Pro tuto výšku je v jakékoliv výšce nebezpečného prostoru

stanovena vzdálenost 800 mm, [19] která bude zajištěna vzdáleností oplocení. Pro splnění této výšky bude nainstalován ještě jeden pár optické brány SICK, a to konkrétně C40E-0902GY010 a C40S-0902FY010 (obr. 14). Tento model je parametry shodný s modelem dostupným na pracovišti, liší se pouze výškou detekčního prostoru 900 mm.



Obr. 14) Umístění optické brány SICK u vstupu plechů do pracoviště. Je zde možné vidět i umístění tlačítka nouzového zastavení a signální věže.

5.8.3 Blokovací zařízení spojená s ochrannými kryty

Jako blokovací zařízení posuvných vrat (tj. pohyblivých ochranných krytů) zde bude využit multifunkční box zámku od společnosti EUCHNER, konkrétně model MGB-L1-ARA-AM3A1-M-R-121234 (dále zkráceně zámek vrat). Tento zámek vrat splňuje požadavky ČSN EN ISO 14119 o blokovacích zařízeních pro ochranné kryty, obsahuje jednostranný zámek, který znemožňuje přístup do pracoviště, pokud je v chodu, ale vnitřní klika zůstává funkční z důvodu nouzového úniku.

Pro rozmístění bude možné s výhodou využít již jednoho dostupného zámku vrat (obr. 15), který se na pracovišti nachází, jen neplní svou funkci, neboť není nainstalován na žádných vratech. Dále bude dokoupen ještě jeden identický model zámku, aby je bylo možné namontovat na oboje vrata. Výhodou tohoto zámku vrat je, že je možné jej zapojit sériově

do bezpečnostního obvodu. Zároveň již obsahuje tlačítko nouzového zastavení, takže není nutné další kupovat. Díky tomu jsou vyřešena všechna podstatná místa, která by měla být osazena tlačítkem nouzového zastavení.



Obr. 15) Dostupný, ale nepoužívaný multifunkční box zámku EUCHNER MGB.

5.8.4 Bezpečnostní laserový skener

Bezpečnostní laserový skener monitoruje nebezpečný prostor pracoviště, a pokud v něm detekuje nežádoucí pohyb, zastaví práci robotů a dalších komponent. Laserový skener není nutnou součástí pracoviště, ale je doporučován proto, aby nemohlo dojít k nechtěnému zapnutí pracoviště ve chvíli, kdy se uvnitř nachází člověk. V případě tohoto pracoviště se uvnitř nejspíše nebude nacházet osoba tak, aby ji nebylo možné vidět, neboť pracoviště je přehledné, avšak tato další vrstva zabezpečení ještě více omezuje nebezpečí.

Pro implementaci do pracoviště byla vybrána dvojice laserových skenerů od společnosti PILZ, a to konkrétně model PILZ PSENscan M 5.5 08-12, který splňuje ČSN EN ISO 13849-1. Umožňuje sledovat poloměr až 40 m, a to v úhlu až 275°. Doba reakce je 62 ms. Jeden laserový skener bude umístěn na rohu vstupu plechů do pracoviště (obr. 16) a bude primárně monitorovat prostor okolo vstupu plechů a menších vrat. Druhý laserový skener bude umístěn na rohu velkých posuvných vrat a bude monitorovat jeho okolí a vzdálenější části pracoviště.



Obr. 16) Umístění laserového skeneru u vstupu plechů do pracoviště.

5.8.5 Signální věž

Signální věž není zapojena do obvodu bezpečnostních relé ani s nimi nekomunikuje, je však dobrou doplňkovou bezpečnostní funkcí, a to z důvodu zvýšení informovanosti operátorů i ostatních, nacházejících se v okolí pracoviště. Zde bude rovněž s výhodou využito již dostupného vybavení. Je k dispozici signální věž Siemens 8WD4408-0AA (obr. 17), která však není zapojena. Tato věž bude umístěna na oplocení a zapojena do ovládacího PLC, které díky ní bude ukazovat stav pracoviště.



Obr. 17) Dostupná signální věž Siemens.

5.8.6 Zapojení bezpečnostních prvků

Bude zachováno jednoduché, avšak ekonomické a spolehlivé zapojení bezpečnostních prvků do bezpečnostních relé. Do jednotlivých obvodů, kde jsou sériově zapojeny bezpečnostní prvky, budou doplněny další. Bezpečnostní relé jsou zde zapojena zpravidla ve dvojicích, konkrétně se vždy jedná o kombinaci relé PNOZ s4 a PNOZ s7; dvojice jsou označeny K10.1+K10.2, K11.1+K11.2 a K12.1+K12.2 (viz tabulka č. 1). Tyto dvojice jsou mezi sebou fyzicky propojeny, protože jejich vybavení je řízeno vždy stejným obvodem. Každé relé poté vybavuje jeden ze dvou robotů KUKA. Fyzické propojení relé tak zajišťuje vybavení obou robotů jedním řídicím obvodem.

Relé se skládá ze dvou řad svorek pro připojení konektorů (obr. 18). Bližší řada slouží k připojení řídicích obvodů, řada vzdálenější slouží k připojení robotů. Všechny bezpečnostní kanály jsou provedeny jako dvoukanálové.



Obr. 18) Dvě řady svorek bezpečnostního relé PILZ PNOZ s4.

V prvním bezpečnostním obvodu budou sériově zapojena všechna tlačítka nouzového zastavení, jmenovitě tlačítko nouzového zastavení na ovládacím panelu robotu KUKA KR 16-2, na ovládacím panelu robotu KUKA KR 5 arc, na ovládacím panelu PLC, tlačítko umístěné u vstupu plechů do pracoviště a dvě tlačítka umístěná na obou vratech pracoviště.

Ve druhém bezpečnostním obvodu je zapojena funkce zámku vrat boxu EUCHNER MGB, a to sériově u obou vrat. Ve třetím obvodu budou sériově zapojeny obě optické brány SICK a oba laserové skenery PILZ. Ve všech případech dojde po detekci nebezpečí k rozpojení

obvodu a vybavení relé. Vybavení relé způsobí vyslání signálu nouzového zastavení do obou robotů.

Pro zastavení pásového dopravníku je použit jednokanálový bezpečnostní obvod, který sériově zapojuje předchozí bezpečnostní relé (K10, K11 a K12) a běžné relé pro zdroj elektromotoru dopravníku. Obvod je vždy připojen na stejnou řadu svorek jako roboty. Vybavením kteréhokoliv z bezpečnostních relé dojde také k vybavení relé zdroje, a tím pádem k zastavení přívodu napětí na elektromotoru.

Po vyslání signálu do obou robotů je řídicím systémem robotů zaslán signál do řídicího PLC, které přijme signál nouzového zastavení a zajistí další funkce, jako například zobrazení nouzového zastavení na signální věži.

5.9 Kusovník komponent

Níže je uvedený kusovník komponent, které bude nutné zakoupit pro sestavení oplocení a jeho zabezpečení.

Tab 12) Kusovník komponent

Číslo položky	Druh	Počet	Orientační cena za kus bez DPH	Orientační cena celková bez DPH
	Vrata			
1	Posuvná vrata MG se světlou šířkou 1450 mm, levé	1	25 500,00 Kč	25 500,00 Kč
1.1	Sloupek MG 60 x 40 x 2200 mm	2		
1.2	Panel MG ST30 2050 x 1500 mm	1		
1.3	Kolejnice vrat – 3000 mm	1		
2	Posuvná vrata MG se světlou šířkou 750 mm, pravé	1	22 900,00 Kč	22 900,00 Kč
2.1	Sloupek MG 60 x 40 x 2200 mm	2		
2.2	Panel MG ST30 2050 x 800 mm	1		
2.3	Kolejnice vrat – 1600 mm	1		
	Oplocení			
3	Sloupek MG 60 x 40 x 2200 mm	14	1 700,00 Kč	23 800,00 Kč
4	Panel MG ST20 2050 x 200 mm	1	1 600,00 Kč	1 600,00 Kč
5	Panel MG ST20 2050 x 300 mm	2	1 700,00 Kč	3 400,00 Kč
6	Panel MG ST20 2050 x 500 mm	1	2 000,00 Kč	2 000,00 Kč
7	Panel MG ST20 2050 x 800 mm	5	2 100,00 Kč	10 500,00 Kč
8	Panel MG ST20 2050 x 800 mm, zkrácený na 1230 mm pro použití u boxů KUKA KR C4	2	2 700,00 Kč	5 400,00 Kč
9	Panel MG ST20 2050 x 1000 mm	3	2 300,00 Kč	6 900,00 Kč
10	Panel MG ST20 2050 x 1500 mm	1	3 100,00 Kč	3 100,00 Kč
11	Smart Fix úchyty	18	250,00 Kč	4 500,00 Kč
12	Zakončovací profily, spojovací materiál a další příslušenství	1	1 420,00 Kč	1 420,00 Kč
	Kabelové žlaby			
13	Kabelový žlab 2200 x 100 mm	11	1 300,00 Kč	14 300,00 Kč
14	Konzoly pro kabelové žlaby	16	600,00 Kč	9 600,00 Kč
15	Set držáků konzol pro kabelové žlaby	2	2 000,00 Kč	4 000,00 Kč
16	Spojovací materiál, zakončovací profily a další příslušenství	1	4 550,00 Kč	4 550,00 Kč
			Orientační cena oplocení bez DPH	143 470,00 Kč

Pokračování tabulky na straně 82.

Pokračování tabulky ze strany 81.

Zabezpečení				
17	Box zámku EUCHNER MGB	1	34 000,00 Kč	34 000,00 Kč
18	Tlačítko nouzového zastavení SICK	1	6 000,00 Kč	6 000,00 Kč
19	Dvojice optických brán SICK	1	34 500,00 Kč	34 500,00 Kč
20	Laserový skener PILZ	2	92 500,00 Kč	185 000,00 Kč
21	Kabeláž	1	7 500,00 Kč	7 500,00 Kč
			Celková orientační cena bez DPH	402 970,00 Kč

5.10 Ekonomické zhodnocení

Výše uvedený kusovník (tabulka č. 12) obsahuje také orientační ceny jednotlivých komponent. Z nich byly vypočítány přibližné náklady na sestavení pracoviště. Výhodou je dostupnost některých prvků zabezpečení, které budou využity. Tyto prvky se v nákladech neobjevují.

Nejdříve bylo nutné získat ceny komponent, co se týče oplocení, jeho doplňků a příslušenství (vč. vrat a kabelových žlabů), orientační ceny pochází z obchodní nabídky společnosti Troax CZ a.s. a také z dostupných cen u dodavatelů [43]. Dále se zjišťovaly orientační ceny jednotlivých bezpečnostních prvků – boxu zámku [44], tlačítka nouzového zastavení [45], optických bran [46] a laserového skeneru [47]. Byl proveden odborný odhad ceny kabeláže, zakládající se na počtu, délce, potřebných druzích kabeláže a jejich ceně [48]. Ceny uvedené u jednotlivých komponent jsou platné k datu 5. květnu 2022. Ceny se s ohledem na současnou ekonomickou situaci mohou změnit, je nutné je brát pouze jako orientační.

Pro kompletnost cenového odhadu je třeba ještě započítat cenu dopravy komponent, která se bude pohybovat v jednotkách tisíc Kč. Dále je nutné počítat i s cenou montáže. Předpokládá se, že montáž bude provedena zaměstnanci školy, rozsah prací je stanoven na 15 osobodny pro montáž pracoviště a komponent zabezpečení, dalších 2 osobodny je třeba vyhradit pro finální zapojení zabezpečení. Při obvyklých odměnách v univerzitní sféře tak bude sestavení celého pracoviště stát dle odhadu přibližně 25 000–35 000 Kč.

Z uvedených cen vyplývá, že oplocení jako takové představuje ekonomicky velmi výhodnou variantu podstatného zvýšení bezpečnosti robotického pracoviště. Náklady na stavbu oplocení v řádech nižších statisíců korun se jeví jako přijatelné a vhodné k investici. Pro úplnost je však nutné doplnit také další zabezpečovací prvky. Tyto prvky tvoří značnou část investice, neboť jednotlivé elektrické prvky jsou provedeny jako bezpečnostní, splňující přísné normy, tudíž drahé, neboť musí být výrobcem prověřeny jako spolehlivé. Pro podstatné zlevnění investice by bylo možné nenakupovat laserové skenery, které samy o sobě jsou nákladnou investicí, která již dále nezvyšuje bezpečnost o podstatnou úroveň.

Výsledkem by tak bylo oplocení včetně funkčního zabezpečení, které by i po započtení odhadovaných nákladů na instalaci a opravu stálo přibližně 250 000 Kč.

6 ZHODNOCENÍ A DOPORUČENÍ PRO PRAXI

Současný stav robotického pracoviště je z pohledu bezpečnosti práce nevyhovující, je třeba postupovat dle provedené analýzy bezpečnosti a řídit se jejími výstupy. Mezi nejzásadnější výstup z analýzy bezpečnosti patří jednoznačně oplocení robotického pracoviště. Pracoviště je v této práci navrženo, včetně osazení prvků zabezpečení. Během samotné konstrukce je nutné dodržovat postupy pro zajištění bezpečnosti, popsané taktéž v analýze bezpečnosti. Při následném provozu je nutné proškolit obsluhu i studenty pracující na pracovišti a dodržovat bezpečnostní pokyny.

Během konstrukce pracoviště byly dodrženy bezpečné vzdálenosti dle ČSN EN ISO 14120:2017 o ochranných krytech, ČSN EN ISO 13857:2021 o dodržení bezpečných vzdáleností k zamezení dosahu končetinami a ČSN EN ISO 13854:2021 o dodržení nejmenších mezer k zamezení stlačení lidského těla, je třeba je při realizaci dodržet. Pro realizaci bylo doporučeno využít jako hlavního dodavatele komponent společnost Troax, a to pro podobnost jejich řešení s již používaným systémem v hale.

V druhé části práce byly vybrány komponenty oplocení i zabezpečení, je vhodné použití doporučených komponent a jejich zapojení dle návrhu, který respektuje především normy ČSN EN ISO 14119:2014, ČSN EN ISO 13850 a ČSN EN ISO 13855:2010. Doporučené komponenty jsou podobné či identické s těmi již používanými, proto bude jejich instalace nejméně náročná.

Nákup a konstrukce oplocení se jeví jako ekonomicky málo náročná a odstraňující značné množství nebezpečí, proto je doporučena, stejně jako většina dalších bezpečnostních prvků, kromě laserových skenerů, které eliminují již málo nebezpečí vůči jejich ceně.

Je nutné provádět pravidelná školení personálu obsluhujícího a konfiguruujícího robotické pracoviště, stejně tak jako studentů, kteří mají k pracovišti přístup, a to na základě doporučení uvedených ve formulářích pro snížení rizika. Všechna tato doporučení by měla být součástí návodu k obsluze pracoviště. Pracoviště bude také osazeno informačními tabulkami v místech hrozícího nebezpečí, taktéž dle formulářů.

Pro budoucí ještě vyšší zabezpečení je doporučeno doplnit pracoviště především o bezpečnostní PLC. Bezpečnostní PLC zajistí vyšší funkční bezpečnost a také zvýší flexibilitu použití pracoviště. Bude možné naprogramovat více režimů použití robotů a celého pracoviště. Je vhodné také do budoucna doplnit pracoviště o další bezpečnostní prvky, a to jak např. o laserové skenery, tak krytování motoru pásového dopravníku, krytování pásového dopravníku proti nebezpečí vtažení a další opatření z formulářů o snížení rizika. Návrh zabezpečení pomocí bezpečnostního PLC a návrh jednotlivých režimů použití pracoviště by mohl být pokračováním této práce.

7 ZÁVĚR

V současné době na výrobní hale stojící robotické pracoviště Ústavu výrobních strojů, systémů a robotů pracuje bez potřebného zabezpečení. Diplomová práce zpracovává analýzu bezpečnosti tohoto pracoviště a z výsledků analýzy stanovuje doporučení pro zlepšení současné situace. Pro eliminaci nebezpečí je navrženo oplocení pracoviště a umístění bezpečnostních prvků.

Úvodem je popsáno robotické pracoviště se všemi již dostupnými komponenty, robotické pracoviště slouží studentům pro ukázkou manipulace robotů s plechy. Je popsáno také současné řešení bezpečnosti pracoviště.

V první části práce se nejdříve v teoretické části popisuje normativní a legislativní rámec práce, následně jsou popsány všechny relevantní normy pro tuto práci. Je popsána metoda tří kroků, založená na ČSN EN ISO 12100, ze které se následně vypracovávají formuláře pro snížení rizika.

Poté již následuje analýza bezpečnosti, ve které bylo nejdříve vytvořeno přehledové schéma pracoviště, dle kterého byla identifikována nebezpečí v jednotlivých částech pracoviště, která byla následně analyzována a popsána v jednotlivých životních etapách. Na závěr je pro všechna nebezpečí stanoven odhad počátečního rizika postupem dle ČSN EN ISO 12100. Analýza bezpečnosti se zpravidla provádí na více iterací. Tak tomu bylo i v případě této práce. Uvedená analýza bezpečnosti v této práci je již druhou iterací, neboť obsahuje již doplněné prvky oplocení a bezpečnostní prvky. I pro ně je nutné identifikovat případná nebezpečí.

Poté, co jsou známa nebezpečí, je možné vypracovat formuláře pro snížení rizika daných nebezpečí. Z formulářů následně vyplynou doporučení ve formě vyhodnocení analýzy bezpečnosti. Tato doporučení navrhuje postupy pro eliminaci nebezpečí a jsou hlavním výstupem analýzy bezpečnosti.

V druhé části práce se pracuje s výstupy doporučení části první. Jako hlavní doporučení je stanoveno navrhnutí oplocení pracoviště a doplnění o další bezpečnostní prvky. Proto je nejdříve teoreticky analyzováno, jaké požadavky musí oplocení splňovat, především ve formě norem, které se bezpečnosti robotických pracovišť týkají. Je také popsáno, jaké výpočty bude nutné při konstrukci provést.

Následně je vybrán výrobce komponent, který se pro návrh oplocení použije, konkrétně se jedná o systém společnosti Troax, který nejenže splňuje přísné normativní požadavky pro oplocení, ale také je velmi podobný a částečně kompatibilní se systémem, který se již ve výrobní hale používá, a to u sousedního pracoviště.

Jsou navrženy tři varianty prostorového řešení pracoviště, konkrétně první varianta kompaktní, s malými zástavbovými rozměry a posuvnými vraty, druhá varianta ekonomická, podobná první, avšak prostorově náročnější z důvodu použití levnějších vrat na pantech, a třetí varianta velká, která je flexibilnější a počítá s oplocením většího prostoru pro možnosti rekonfigurace a případného doplnění pracoviště o další komponenty. Následně jsou stanovena hodnotící kritéria a váhy hodnotících kritérií pomocí párového srovnávání. Jako nejpodstatnější kritéria byla určena bezpečnost a poté cena komponent. Jednotlivé varianty jsou následně

vyhodnoceny pomocí bazického srovnávání variant řešení – metody PATTERN. Z ní vyplynula první varianta jako optimální, je proto dále rozpracována.

Před finalizací první varianty je nutné vypočítat reakční dobu celého systému, ta byla vypočítána na 0,403 s. Z reakční doby jsou vypočítány bezpečné vzdálenosti pro přiblížení končetin, a to konkrétně 693 mm. Také jsou stanoveny nejmenší možné mezery proti stlačení lidského těla, a to konkrétně 500 mm. V obou případech je oplocení navrženo s rezervou vůči těmto vzdálenostem. Pro návrh je poté vybrán konkrétní systém oplocení z řad výrobce Troax, konkrétně Smart Fix. Následně jsou popsány změny, které musí být provedeny pro možnost umístění oplocení okolo pracoviště. Jedná se především o přemístění některých komponent. Poté je popsáno umístění jednotlivých prvků pracoviště s argumentací založenou na jednotlivých normách, které je nutné splnit. Jsou stanoveny výsledné zástavbové rozměry a vytvořen výkres oplocení.

Po návrhu oplocení je nutné osazení bezpečnostními prvky, použije se kombinace nouzových tlačítek zastavení, optických bran, multifunkčních zámků vrat a případně laserových skenerů. Pro zvýšení informovanosti je zapojena i signální věž. U jednotlivých prvků je popsáno vhodné umístění.

Poté je již možné sestavit kusovník komponent, které je nutné zakoupit pro realizaci pracoviště a je provedeno ekonomické zhodnocení. Výsledkem ekonomického zhodnocení je konstatování, že oplocení je ekonomicky výhodným řešením pro podstatné zvýšení bezpečnosti pracoviště, které bude možné v tomto případě realizovat za přibližně 250 000 Kč.

Závěrem jsou stanovena doporučení, vyplývající z předchozích částí. Jedná se především o doporučení realizace oplocení, dosazení bezpečnostních prvků a implementace bezpečných postupů pro správné používání pracoviště. Jsou také doporučena další opatření do budoucna.

8 BIBLIOGRAFIE

- [1] BEDNÁŘ, M. *Návrh experimentálního robotického pracoviště pro manipulační operace*. Brno, 2018, 75 s. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství. Vedoucí práce Ing. Aleš Pochylý.
- [2] KUKA KR 5 arc: Operating Instructions. In: *KUKA Robots* [online]. Augsburg, Germany: KUKA Roboter GmbH, 2016, s. 185 [cit. 2022-04-03]. Dostupné z: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwjmvvDv1ff2AhXNnKQKHbP2Cz8QFnoECAMQAQ&url=http%3A%2F%2Fimage.irobotic.com%2Fjqiiren%2Fdata%2Fgoods_doc%2FKuka_Data%2FProduct_Manual%2FBA_KR_5_arc_en.pdf&usg=AOvVaw19ycaZO_NnEwE18qlns2gm
- [3] KUKA KR 16-2: Technical data. In: *KUKA Robots* [online]. Gersthofen, Germany: KUKA Roboter GmbH, 2009 [cit. 2022-04-03]. Dostupné z: <http://robolution.eu/letoltes.php?type=media&name=960-kuka-kr-16-2-robot-adatlap.pdf>
- [4] KOLÍBAL, Zdeněk. *Roboty a robotizované výrobní technologie*. 1. vydání. Brno: Vysoké učení technické v Brně - nakladatelství VUTIUM, 2016. ISBN 978-80-214-4828-5.
- [5] *Nářízení vlády č. 176/2008 Sb.: Nářízení vlády o technických požadavcích na strojní zařízení*. In: . Zlín: *Zákony pro lidi*, 2008, ročník 2008, číslo 176.
- [6] *Nářízení vlády č. 378/2001 Sb.* In: . Praha: *Zákony pro lidi*, 2001, ročník 2001, číslo 378. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2001-378>
- [7] Historie národní normalizace. In: *Česká agentura pro standardizaci* [online]. Praha: Česká agentura pro standardizaci, 2022 [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://www.agentura-cas.cz/o-nas/historie-narodni-normalizace/>
- [8] ČSN EN ISO 12100. *Bezpečnost strojních zařízení - Všeobecné zásady pro konstrukci - Posouzení rizika a snižování rizika*. 1. vydání. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.
- [9] ČSN EN 414. *Bezpečnost strojních zařízení - Pravidla pro navrhování a předkládání bezpečnostních norem*. 1. vydání. Praha: Český normalizační institut, 2001.
- [10] ČSN EN IEC 60812. *Analýza způsobů a důsledků poruch (FMEA a FMECA)*. 2. edice. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019.
- [11] ČSN EN ISO 10218-1. *Roboty a robotická zařízení - Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů - Roboty*. 1. vydání. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2012.
- [12] ČSN EN ISO 10218-2. *Roboty a robotická zařízení - Požadavky na bezpečnost průmyslových robotů - Systémy robotů a integrace*. 1. vydání. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2011.

- [13] ČSN EN ISO 12100 1.OPRAVA. *Bezpečnost strojních zařízení - Všeobecné zásady pro konstrukci - Posouzení rizika a snižování rizika*. 1. OPRAVA. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2020.
- [14] ČSN EN ISO 13849-1. *Bezpečnost strojních zařízení - Bezpečnostní části ovládacích systémů: Část 1. - Obecné zásady pro konstrukci*. 1. vydání. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [15] ČSN EN ISO 13849-2. *Bezpečnost strojních zařízení - Bezpečnostní části ovládacích systémů: Část 2. - Ověřování platnosti*. 1. vydání. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [16] ČSN EN ISO 13850. *Bezpečnost strojních zařízení - Funkce nouzového zastavení - Zásady pro konstrukci*. 1. vydání. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [17] ČSN EN ISO 13854. *Bezpečnost strojních zařízení - Nejmenší mezery k zamezení stlačení částí lidského těla*. 1. vydání. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2021.
- [18] ČSN EN ISO 13855. *Bezpečnost strojních zařízení - Umístění ochranných zařízení s ohledem na rychlosti přiblížení částí lidského těla*. 1. vydání. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2010.
- [19] ČSN EN ISO 13857. *Bezpečnost strojních zařízení - Bezpečné vzdálenosti k zamezení dosahu do nebezpečných zón horními a dolními končetinami*. 1. vydání. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2021.
- [20] ČSN EN ISO 14119. *Bezpečnost strojních zařízení - Blokovací zařízení spojená s ochrannými kryty - Zásady pro konstrukci a volbu*. 1. vydání. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2014.
- [21] ČSN EN ISO 14120. *Bezpečnost strojních zařízení - Ochranné kryty - Obecné požadavky pro konstrukci a výrobu pevných a pohyblivých ochranných krytů*. 1. vydání. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2017.
- [22] ČSN EN 82079-1. *Zhotovování návodů k použití - Strukturování, obsah a prezentace - Část 1: Obecné zásady a podrobné požadavky*. 1. vydání. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2013.
- [23] ČSN EN 60204-1. *Bezpečnost strojních zařízení - Elektrická zařízení strojů - Část 1: Obecné požadavky*. 3. edice. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2019.
- [24] ČSN EN ISO 9001. *Systémy managementu kvality - Požadavky*. 1. vydání. Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2016.
- [25] ALARP "at a glance". In: *Health and Safety Executive* [online]. Bootle, England: Health and Safety Executive, 2022 [cit. 2022-04-12]. Dostupné z: <https://www.hse.gov.uk/managing/theory/alarpglance.htm>
- [26] Troax AB acquires ABBs Quick-Guard® fencing system. In: *Troax Group AB* [online]. Hillerstorp: Troax, 2021 [cit. 2022-04-26]. Dostupné z:

https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&cad=rja&uact=8&ved=2ahUKEwjSnsnLl_v2AhXIXqQKHTTEB2wQFnoECAgQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.troax.com%2Fsites%2Fdefault%2Ffiles%2Fwkr0006_869.pdf&usg=AOvVaw3uKANf_upkr1mAhmBX5gAd

- [27] Historie. In: *Troax CZ s.r.o.* [online]. Kladno, Česko: Troax, 2022 [cit. 2022-04-26]. Dostupné z: <https://www.troax.com/cz/cs/history>
- [28] Oplocení strojů - Troax: Maximální bezpečnost. In: *Troax CZ s.r.o.* [online]. Kladno, Česko: Troax, 2021 [cit. 2022-04-26]. Dostupné z: https://www.troax.com/sites/default/files/downloads/Brochure%20-%20Machine%20Guarding_CZ_2.pdf
- [29] MAREK, Jiří. *Systémový přístup a rozhodování v konstrukčním procesu: Metodika Brněnské konstrukční školy*. Brno, 2021. Učební text. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství.
- [30] SIGFORD, J. V. a R. H. PARVIN. Project pattern: A methodology for determining relevance in complex decision-making. *IEEE Transactions on Engineering Management*. 1965, -12(1), 9-13. ISSN 0018-9391. Dostupné z: doi:10.1109/TEM.1965.6446433
- [31] PILZ PNOZ s4 Operating Manual 21396-EN-12: Safety Relays. In: *Pilz* [online]. Ostfildern, Germany: Pilz GmbH & Co. KG, 2013 [cit. 2022-04-28]. Dostupné z: https://www.google.com/url?sa=t&rct=j&q=&esrc=s&source=web&cd=&ved=2ahUKEwj87oiEsLf3AhV1_rsIHV1XABoQFnoECAUQAQ&url=https%3A%2F%2Fwww.bpx.co.uk%2Fdbdocument%2F104239%2F751104.pdf&usg=AOvVaw247_dlpjyhv1aGvV1iO_wC
- [32] Stopping distances according to DIN EN ISO 10218-1: Low payload category (5 to 16 kg). In: *KUKA Roboter GmbH* [příručka výrobce]. Anhaltewege Niedrige Traglast V5. Augsburg, Germany: KUKA Roboter GmbH, 2015 [cit. 2022-04-28].
- [33] Troax - Brožura Machine Guarding - oplocení strojů: Maximální bezpečnost. In: *Troax CZ s.r.o.* [online]. Kladno, Česko: Troax, 2022 [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: https://www.troax.com/sites/default/files/downloads/Brochure%20-%20Machine%20Guarding_CZ_2.pdf
- [34] KUKA Download Center. In: *KUKA Roboter GmbH* [online]. Augsburg, Germany: KUKA Roboter GmbH, 2021 [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: <https://www.kuka.com/cs-cz/services/downloads?terms=Language:cs:1;Language:en:1Language:en:1&q=>
- [35] Sloupky MG: a další... In: *TROAX CZ s.r.o.* [online]. Kladno, Česko: Troax, 2021 [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: <https://www.troax.com/cz/cs/sloupky-cad-mg>
- [36] Troax Drawit. In: *Troax Group AB* [online]. Hillerstorp: Troax, 2021 [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: <https://drawit.troax.com>
- [37] Bezpečnostní ovládací přístroje ES11. In: *SICK AG* [online]. Waldkirch, Germany: SICK AG, 2022 [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: https://www.sick.com/cz/cs/blokovaci-zarizeni/bezpecnostni-ovladaci-pristroje/es11/es11-sa1a4/p/p339944?ff_data=JmZmX2lkPXAzmzk5NDQmZmZfbWFzdGVySWQ9cDMzOTk0NCZmZl90aXRsZT1FUzExLVNBMEU0JmZmX3F1ZXJ5PSZmZl9wb3M9MiZ

mZl9vcmlnUG9zPTImZmZfcGFnZT0xJmZmX3BhZ2VTaXplPTI0JmZmX29yaWdQYWdlU2l6ZT0yNCZmZl9zaW1pPTk1LjA=

- [38] Bezpečnostní světelné závěsy C4000 Fusion. In: *SICK AG* [online]. Waldkirch, Germany: SICK AG, 2022 [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: <https://www.sick.com/sk/cs/bezpecnostni-svetelne-zavesy/bezpecnostni-svetelne-zavesy/c4000-fusion/c40s-0602fy0102c-c40e-0602gy010/p/p86842>
- [39] Bezpečnostní světelné závěsy C4000 Fusion. In: *SICK AG* [online]. Waldkirch, Germany: SICK AG, 2022 [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: <https://www.sick.com/sk/cs/bezpecnostni-svetelne-zavesy/bezpecnostni-svetelne-zavesy/c4000-fusion/c40s-0902fy0102c-c40e-0902gy010/p/p86844>
- [40] Locking module MGB-L1. In: *EUCHNER GmbH + Co. KG* [online]. Leinfelden-Echterdingen, Germany: EUCHNER GmbH + Co. KG, 2022 [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: <https://www.euchner.de/en-us/products/multifunctional-gate-box-mgb/multifunctional-gate-box-mgb-ar/mgb-11-ara-am3a1-m-r-121234/>
- [41] PSEN sc M 5.5 08-12. In: *Pilz GmbH & Co. KG* [online]. Ostfildern, Germany: Pilz GmbH & Co. KG, 2022 [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: <https://www.pilz.com/cs-CZ/eshop/Senzorika/Optoelektronik%C3%A1-senzorika/PSENscan-Bezpe%C4%8Dnostn%C3%AD-skener/PSENscan/PSEN-sc-M-5-5-08-12/p/6D000017#productDetails>
- [42] Signal tower. In: *GrabCAD* [online]. Boston, USA: Lubomir Tomasek, 2017 [cit. 2022-05-01]. Dostupné z: <https://grabcad.com/library/signal-tower-1>
- [43] Troax - products. In: *Machinesafety-shop.com* [online]. Bleiswijk, The Netherlands: Machinesafety-shop.com, 2022 [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.machinesafety-shop.com/en/brands/troax/>
- [44] EUCHNER MGB-L1. In: *eBay* [online]. San Jose, USA: eBay, 2022 [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.ebay.com/itm/233541372473>
- [45] SICK ES11. In: *Digi-Key Electronics* [online]. Thief River Falls, USA: Digi-Key Electronics, 2022 [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.digikey.com/en/products/detail/sick-inc/ES11-SC4D8/7908522>
- [46] Sick Sensor - Safety Light Curtains. In: *NEX Instrument Inc.* [online]. Kowloon, Hong Kong: NEX Instrument Inc., 2022 [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.nexinstrument.com/C2C-EA09010A10000>
- [47] Pilz - PSEN sc M 5.5. In: *PLC City* [online]. Naples, Italy: Dielle S.r.l., 2022 [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.plc-city.com/shop/en/pilz-sensor-technology-optoelectronic-sensors-safety-laser-scanner-psenscan/piz-6d000017-nfs.html>
- [48] VKA00C21 IPF ELECTRONIC. In: *TME Electronic* [online]. Ostrava: TME Czech Republic, s.r.o., 2022 [cit. 2022-05-05]. Dostupné z: <https://www.tme.eu/cz/details/vka00c21/kabely-k-cidlum/ipf-electronic/>

9 SEZNAM TABULEK, OBRÁZKŮ A VZORCŮ

9.1 Seznam tabulek

TAB 1) TABULKA DOSAVADNÍHO ZAPOJENÍ BEZPEČNOSTNÍCH RELÉ	22
TAB 2) TABULKA VŠECH POUŽITÝCH NOREM PRO ANALÝZU BEZPEČNOSTI.....	31
TAB 3) TABULKA IDENTIFIKOVANÝCH NEBEZPEČÍ	33
TAB 4) ANALÝZA VÝZNAMNÝCH NEBEZPEČÍ V JEDNOTLIVÝCH FÁZÍCH ŽIVOTNÍHO CYKLU PRACOVIŠTĚ	34
TAB 5) ODHAD POČÁTEČNÍCH RIZIK U IDENTIFIKOVANÝCH NEBEZPEČÍ.....	38
TAB 6) TABULKA VŠECH POUŽITÝCH NOREM PRO NÁVRH OPLOCENÍ A BEZPEČNOSTNÍCH PRVKŮ.....	49
TAB 7) HODNOTÍCÍ KRITÉRIA VARIANT OPLOCENÍ	57
TAB 8) PÁROVÉ POROVNÁNÍ KRITÉRIÍ.....	57
TAB 9) KVANTIFIKOVANÁ MATICE PRO STANOVENÍ VAH KRITÉRIÍ..	58
TAB 10) TABULKA STANOVENÍ POŘADÍ VARIANT OPLOCENÍ METODOU PATTERN.....	59
TAB 11) VÝSLEDNÉ ZÁSTAVBOVÉ ROZMĚRY	64
TAB 12) KUSOVNÍK KOMPONENT	70

9.2 Seznam obrázků

OBR. 1) CELKOVÝ POHLED NA ROBOTICKÉ PRACOVIŠTĚ.	20
OBR. 2) PŘÍPRAVEK PRO VYCENTROVÁNÍ PLECHU – SKLUZ.....	21
OBR. 3) BEZPEČNOSTNÍ RELÉ PILZ PNOZ S7 A PNOZ S4	23
OBR. 4) PROCES SNIŽOVÁNÍ RIZIKA Z HLEDISKA KONSTRUKTÉRA, DLE [8] 30	
OBR. 5) BLOKOVÝ DIAGRAM ROBOTICKÉHO PRACOVIŠTĚ.....	32
OBR. 6) POKYNY PRO URČENÍ POČÁTEČNÍHO RIZIKA, SCHÉMA DLE [4]. 37	
OBR. 7) AXONOMETRICKÁ VIZUALIZACE PRACOVIŠTĚ, SOUČASNÝ STAV – BEZ OPLOCENÍ.....	52
OBR. 8) PRVNÍ VARIANTA.....	53
OBR. 9) DRUHÁ VARIANTA.....	54
OBR. 10) TŘETÍ VARIANTA.....	55
OBR. 11) V SOUČASNÉ DOBĚ NEVYUŽITÝ PROSTOR S UPÍNACÍ DESKOU VEDLE PRACOVIŠTĚ.....	56

OBR. 12) UMÍSTĚNÍ BOXŮ ŘÍDICÍHO SYSTÉMU A ÚPRAVA OPLOCENÍ V JEJICH OKOLÍ.....	62
OBR. 13) PŘEBYTEČNÝ A NEBEZPEČNÝ KABELOVÝ ŽLAB.....	62
OBR. 14) UMÍSTĚNÍ OPTICKÉ BRÁNY SICK U VSTUPU PLECHŮ DO PRACOVIŠTĚ. JE ZDE MOŽNÉ VIDĚT I UMÍSTĚNÍ TLAČÍTKA NOUZOVÉHO ZASTAVENÍ A SIGNÁLNÍ VĚŽE.	65
OBR. 15) DOSTUPNÝ, ALE NEPOUŽÍVANÝ MULTIFUNKČNÍ BOX ZÁMKU EUCHNER MGB.	66
OBR. 16) UMÍSTĚNÍ LASEROVÉHO SKENERU U VSTUPU PLECHŮ DO PRACOVIŠTĚ.	67
OBR. 17) DOSTUPNÁ SIGNÁLNÍ VĚŽ SIEMENS.	67
OBR. 18) DVĚ ŘADY SVOREK BEZPEČNOSTNÍHO RELÉ PILZ PNOZ S4. ..	68

9.3 Seznam vzorců

ROV. 1) CELKOVÁ DOBA ZASTAVENÍ SYSTÉMU.....	50
ROV. 2) MINIMÁLNÍ VZDÁLENOST PRO ELEKTRICKÁ SNÍMACÍ OCHRANNÁ ZAŘÍZENÍ.....	50
ROV. 3) STANOVENÍ VÁHY VÝZNAMNOSTI Q_J	50
ROV. 4) VÝPOČET INDEXŮ ZMĚNY PRO PARAMETRY S ROSTOUCÍ ŽÁDOUCÍ TENDENCÍ	58
ROV. 5) VÝPOČET INDEXŮ ZMĚNY PRO PARAMETRY S KLESAJÍCÍ ŽÁDOUCÍ TENDENCÍ	58
ROV. 6) VÝPOČET VÁŽENÝCH INDEXŮ.....	58
ROV. 7) SOUČET VÁŽENÝCH INDEXŮ	59
ROV. 8) DOBA DO VÝSTUPNÍHO SIGNÁLU K ZASTAVENÍ.....	60
ROV. 9) ROVNICE PRO VZDÁLENOST VNIKNUTÍ.....	60

10 SEZNAM PŘÍLOH

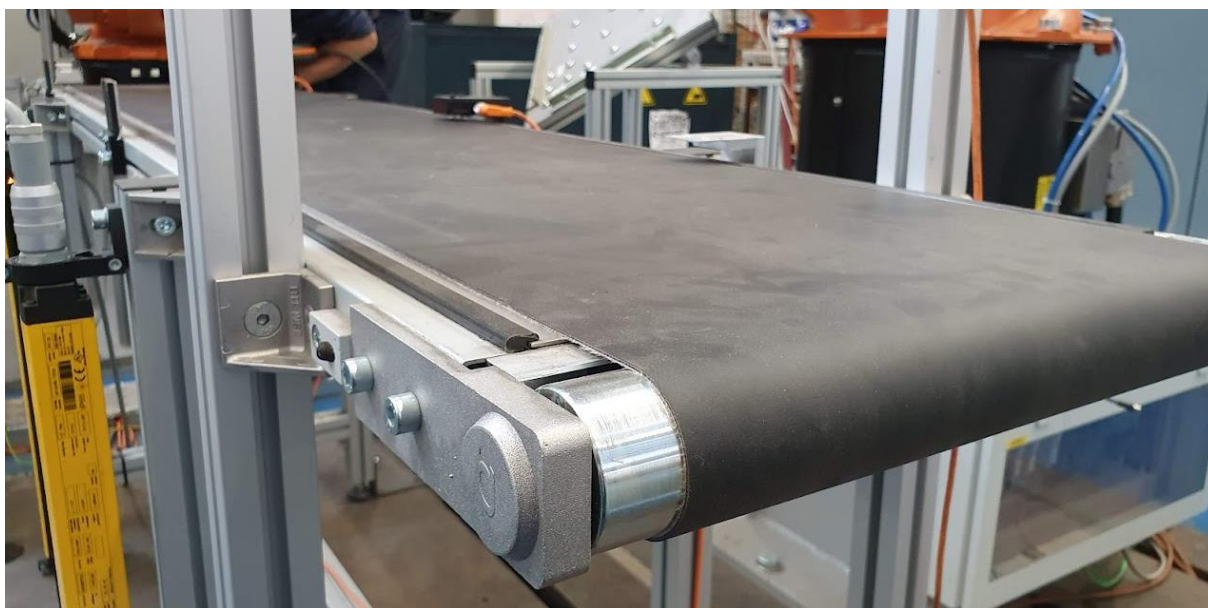
- Fotografie – příklady některých nebezpečí
- Formuláře snížení rizika
- PDF příloha – Výkres pracoviště
- STEP příloha – Model pracoviště

PŘÍLOHY

PŘÍKLADY NĚKTERÝCH NEBEZPEČÍ



Ostré hrany koncových efektorů vlastní konstrukce.



Pásový dopravník bez ochrany proti vtažení.



Pásový dopravník bez ochrany proti popálení a s nevhodně umístěnými optickými bránami.

FORMULÁŘE SNÍŽENÍ RIZIKA

VUT v Brně, FSI ÚVSSR	FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA Zpracoval: Zbyněk Piech		<i>Strojní zařízení:</i> Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně Datum: 17. 4. 2021
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011	
1.1-2	3	1. Mechanické nebezpečí	
Životní etapa: Provoz		Nebezpečný prostor: pracovní prostor	
Ohrožené osoby: Obsluha, student		Provozní stav: za provozu	
<i>Popis nebezpečné situace/události:</i>	Nebezpečí oddělení přísavky koncového efektoru od systému výměny nástroje na přírubě robota a její vymrštění odstředivou silou. Ta může dopadnout na tělo obsluhy či studenta při činnosti robota.		
<i>Počáteční riziko:</i>	Závažnost možné škody na zdraví	S3 – Smrt	Velikost rizika 16
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E3 – Nemožné	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá	
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci			
<i>Popis opatření:</i>	Správné dimenzování komponent automatické výměny nástrojů koncových efektorů na vyšší dynamické namáhání na základě kalkulace dynamiky. Použití osvědčených komponent, plnicích normy, od renomovaných výrobců.		
<i>Snížené riziko po opatření</i>	Závažnost možné škody na zdraví	S3 – Smrt	Velikost rizika 13
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E3 – Nemožné	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá	
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření			
<i>Popis opatření:</i>	Oplocení robotického pracoviště v souladu s normou ČSN EN ISO 14120:2017 o ochranných krytech. Implementace panelů výplní s pletivem, odolných proti nárazu a dalších požadavků na oplocení dle ČSN EN ISO 14120:2017. Implementace blokovacích zařízení spojených s pohyblivými částmi ochranných krytů dle ČSN EN ISO 14119:2014 a funkce nouzového zastavení dle ČSN EN ISO 13850.		
<i>Snížené riziko po opatření</i>	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika 6
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá	
Krok 3: Informace pro používání			
<i>Popis opatření:</i>	<p>Zhotovení návodu použití dle ČSN EN 82079-1. Návod k obsluze k dispozici na pracovišti u ovládacího prostoru.</p> <p>Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Proškolení o zákazu vstupu do nebezpečného prostoru a zákazu překonávání oplocení při práci robotického pracoviště. Proškolení o nutnosti opuštění nebezpečného prostoru před spuštěním robotického pracoviště. Proškolení o dodržování bezpečné vzdálenosti při chodu pracoviště.</p> <p>Bezpečnostní sdělení na oplocení pomocí piktogramů a tabulek: Zařízení smí obsluhovat jen osoba tím pověřená (tabulka 3907a). Spouštět a ovládat pouze podle návodu k obsluze. Zákaz spuštění robotické buňky bez zajištění přístupových cest. Zákaz vstupu do pracovního prostoru při práci robotické buňky. Označení tlačítek nouzového zastavení. Použití světelného majáku, indikující chod zařízení.</p>		
<i>Snížené riziko po opatření</i>	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá	
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech	17. 4. 2021

VUT v Brně, FSI ÚVSSR		FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA Zpracoval: Zbyněk Piech		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011			
		1. Mechanické nebezpečí			
1.2-1	4	Stlačení od robotu			
Životní etapa: Doprava, montáž a instalace, demontáž			Nebezpečný prostor: pracovní prostor		
Ohrožené osoby: Dělník montáže, skladník, inženýr montáže			Provozní stav: mimo provoz		
Popis nebezpečné situace/události:		Nebezpečí stlačení končetin či těla osob dopravující či instalující komponenty robotického pracoviště při dopravě, montáži či demontáži. Může dojít k převržení komponent.			
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S3 – Smrt	Velikost rizika 16		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W2 – Střední			
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci					
Popis opatření:		Komponenty robotů, které mají vysokou hmotnost jsou vybavena příslušenstvím, které umožňuje připojení ke standardním manipulačním prostředkům – např. oka, háky.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S3 – Smrt	Velikost rizika 15		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření					
Popis opatření:		Všechny komponenty robotického pracoviště jsou opatřeny ochrannými obaly, chránící končetiny dělníků před silným stlačením. Pro manipulaci s těžkými břemeny se využívá jeřábu, který je na hale dostupný. S ostatními se využívá manipulačních prostředků, jako např. vozíků. Osoby manipulující s břemeny jsou vybaveny osobními ochrannými prostředky, jako např. pevnou obuví s ocelovou špičkou, rukavicemi, ochrannou přilbou.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika 6		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 3: Informace pro používání					
Popis opatření:		<p>Školení o bezpečnosti práce při manipulaci s břemeny: Používání ochranných prostředků (přilba, pevná obuv s kovovou špičkou, ochranné rukavice). Postupy bezpečné montáže. Postupy bezpečného použití manipulačních zařízení (jeřáb, vysokozdvizný vozík). Postupy bezpečné práce ve výškách. Dodržování postupů dle nařízení vlády č. 378/2001 Sb., především o bezpečném provozu a používání zařízení pro zdvihání břemen.</p> <p>Bezpečnostní sdělení pomocí piktogramů a tabulek: Komponenty robotického pracoviště, které mají vysokou hmotnost (např. části robotů), jsou opatřeny štítkem s uvedenou hmotností. Pracuj jen v ochranné přilbě! Používej ochranné pracovní pomůcky! Používej ochrany nohou!</p>			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech		17. 4. 2021	

VUT v Brně, FSI ÚVSSR	FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA		<i>Strojní zařízení:</i> Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně
	Zpracoval: Zbyněk Piech		Datum: 17. 4. 2021
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011	
		I. Mechanické nebezpečí	
1.2-2	5	Stlačení od oplocení	
<i>Životní etapa:</i> Doprava, montáž a instalace, demontáž		<i>Nebezpečný prostor:</i> pracovní prostor	
<i>Ohrožené osoby:</i> Dělník montáže, skladník, inženýr montáže		<i>Provozní stav:</i> mimo provoz	
<i>Popis nebezpečné situace/události:</i>	Nebezpečí stlačení končetin či těla osob dopravující či instalující komponenty oplocení robotického pracoviště při dopravě, montáži či demontáži. Může dojít k převržení komponent.		
<i>Počáteční riziko:</i>	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W2 – Střední	
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci			
<i>Popis opatření:</i>	V současné době neexistují žádná bezpečnostní opatření zabudovaná v konstrukci.		
<i>Snížené riziko po opatření</i>	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W2 – Střední	
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření			
<i>Popis opatření:</i>	Všechny komponenty oplocení jsou opatřeny ochrannými obaly, chránící končetiny dělníků před silným stlačením. Pro manipulaci s těžkými břemeny se využívá jeřábu, který je na hale dostupný. S ostatními se využívá manipulačních prostředků, jako např. vozíků. Osoby manipulující s břemeny jsou vybaveny osobními ochrannými prostředky, jako např. pevnou obuví s ocelovou špičkou, rukavicemi, ochrannou přilbou.		
<i>Snížené riziko po opatření</i>	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá	
Krok 3: Informace pro používání			
<i>Popis opatření:</i>	Školení o bezpečnosti práce při manipulaci s břemeny: Používání ochranných prostředků (přilba, pevná obuv s kovovou špičkou, ochranné rukavice). Postupy bezpečné montáže. Postupy bezpečného použití manipulačních zařízení (jeřáb, vysokozdvizný vozík). Postupy bezpečné práce ve výškách. Dodržování postupů dle nařízení vlády č. 378/2001 Sb., především o bezpečném provozu a používání zařízení pro zdvihání břemen. Bezpečnostní sdělení pomocí piktogramů a tabulek: Obaly oplocení jsou opatřeny informací o hmotnosti. Pracuj jen v ochranné přilbě! Používej ochranné pracovní pomůcky! Používej ochrany nohou!		
<i>Snížené riziko po opatření</i>	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá	
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech	17. 4. 2021

VUT v Brně, FSI ÚVSSR		FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA Zpracoval: Zbyněk Piech		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně	
				Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011			
		1. Mechanické nebezpečí			
1.7-1	6	Naražení od robotu			
Životní etapa: Seřizování			Nebezpečný prostor: pracovní prostor		
Ohrožené osoby: Obsluha, programátor			Provozní stav: mimo provoz		
Popis nebezpečné situace/události:		Nebezpečí naražení robotického ramena do těla obsluhy či programátora při seřizování robotů. Při naražení vysokou rychlostí hrozí závažná poranění či smrt.			
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S3 – Smrt	Velikost rizika 18		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E3 – Nemožné			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W3 – Velká			
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci					
Popis opatření:		Konstrukce robotů neobsahuje výčnělky a části, za které by mohl operátor zavadit. Roboty, vč. řídicího systému KUKA KR C4, splňují požadavky na bezpečnost průmyslových robotů ČSN EN ISO 10218-1:2012 a musí se naplnit požadavky ČSN EN ISO 10218-2:2011 pro integraci. Roboty, vč. řídicího systému KUKA KR C4, splňují požadavky funkční bezpečnosti dle ČSN EN ISO 13849. Umístění programovacích panelů robotů mimo nebezpečný prostor, dle ČSN EN ISO 10218-2:2011.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S3 – Smrt	Velikost rizika 17		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E3 – Nemožné			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W2 – Střední			
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření					
Popis opatření:		Oplocení robotického pracoviště v souladu s normou ČSN EN ISO 14120:2017 o ochranných krytech. Při návrhu oplocení dodržení bezpečných vzdáleností dle normy ČSN EN ISO 13857:2021. Při návrhu dodržení nejmenších mezer k zamezení naražení do lidského těla dle ČSN EN ISO 13854:2021. Implementace blokovacích zařízení spojených s pohyblivými částmi ochranných krytů dle ČSN EN ISO 14119:2014 a funkce nouzového zastavení dle ČSN EN ISO 13850. Použití snížené rychlosti a omezení pohybu robotů při seřizování robotů v ručním režimu dle ČSN EN ISO 10218-1:2011. Dodržení bezpečných vzdáleností a implementace souhlasného povelového zařízení při programování dle stejné normy. Osoby programující a seřizující roboty jsou vybaveny osobními ochrannými prostředky, především ochrannou přilbou.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika 9		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 3: Informace pro používání					
Popis opatření:		Zhotovení návodu použití dle ČSN EN 82079-1. Návod k obsluze k dispozici na pracovišti u ovládacího prostoru. Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Používání ochranných prostředků (přilba). Proškolení o nutnosti opuštění nebezpečného prostoru před spuštěním robotického pracoviště. Proškolení o dodržování bezpečné vzdálenosti při seřizování robotického pracoviště. Proškolení o nutnosti programování drah a seřizování robotů z bezpečného místa. Proškolení o nutnosti použití bezpečných rychlostí při seřizování robotického pracoviště.			

	Bezpečnostní sdělení na oplocení pomocí piktogramů a tabulek: Zařízení smí seřizovat pouze proškolená obsluha. Spouštět a ovládat pouze podle návodu k obsluze. Zákaz spuštění robotické buňky bez zajištění přístupových cest. Zákaz vstupu do pracovního prostoru při práci robotické buňky. Označení tlačítek nouzového zastavení. Pracuj jen v ochranné přilbě! Použití světelného majáku, indikující chod zařízení.		
<i>Snížené riziko po opatření</i>	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá	
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech	17. 4. 2021

VUT v Brně, FSI ÚVSSR		FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA Zpracoval: Zbyněk Piech		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně	
				Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011			
		1. Mechanické nebezpečí			
1.7-2	8	Naražení o manipulované plechy			
Životní etapa: Seřizování			Nebezpečný prostor: pracovní prostor		
Ohrožené osoby: Obsluha, programátor			Provozní stav: mimo provoz		
Popis nebezpečné situace/události:		Nebezpečí naražení konců uchycených plechů do těla obsluhy či programátora při seřizování robotů. Při naražení vysokou rychlostí hrozí závažná poranění či smrt.			
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S3 – Smrt	Velikost rizika 17		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E3 – Nemožné			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W2 – Střední			
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci					
Popis opatření:		Roboty, vč. řídicího systému KUKA KR C4, splňují požadavky na bezpečnost průmyslových robotů ČSN EN ISO 10218-1:2012 a musí se naplnit požadavky ČSN EN ISO 10218-2:2011 pro integraci. Roboty, vč. řídicího systému KUKA KR C4, splňují požadavky funkční bezpečnosti dle ČSN EN ISO 13849. Umístění programovacích panelů robotů mimo nebezpečný prostor, dle ČSN EN ISO 10218-2:2011.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S3 – Smrt	Velikost rizika 17		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E3 – Nemožné			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W2 – Střední			
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření					
Popis opatření:		Oplocení robotického pracoviště v souladu s normou ČSN EN ISO 14120:2017 o ochranných krytech. Implementace panelů výplní s pletivem, odolných proti nárazu a dalších požadavků na oplocení dle ČSN EN ISO 14120:2017 tak, aby nemohlo dojít ke kontaktu plechů s lidským tělem. Při návrhu oplocení dodržení bezpečných vzdáleností dle normy ČSN EN ISO 13857:2021. Doplnění ochranných zařízení, jako např. světelných clon a skenovacích zařízení, dle ČSN EN ISO 13855:2010 pro vstup a výstup plechů z robotického pracoviště. Implementace blokovacích zařízení spojených s pohyblivými částmi ochranných krytů dle ČSN EN ISO 14119:2014 a funkce nouzového zastavení dle ČSN EN ISO 13850. Použití snížené rychlosti a omezení pohybu robotů při seřizování robotů v ručním režimu dle ČSN EN ISO 10218-1:2011. Dodržení bezpečných vzdáleností a implementace souhlasného povelového zařízení při programování dle stejné normy. Osoby programující a seřizující roboty jsou vybaveny osobními ochrannými prostředky, především ochrannou přilbou.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika 9		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 3: Informace pro používání					
Popis opatření:		Zhotovení návodu použití dle ČSN EN 82079-1. Návod k obsluze k dispozici na pracovišti u ovládacího prostoru. Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Používání ochranných prostředků (přilba). Proškolení o nutnosti opuštění nebezpečného prostoru před spuštěním robotického pracoviště. Proškolení o dodržování bezpečné vzdálenosti při seřizování robotického pracoviště. Proškolení o nutnosti programování drah a seřizování robotů z bezpečného místa.			

	<p>Proškolení o nutnosti použití bezpečných rychlostí při seřizování robotického pracoviště. Nařízení volby vstupu a výstupu plechů z a do robotického pracoviště z jednoho, zabezpečeného místa.</p> <p>Bezpečnostní sdělení na oplocení pomocí piktogramů a tabulek: Zařízení smí seřizovat pouze proškolená obsluha. Spouštět a ovládat pouze podle návodu k obsluze. Zákaz spuštění robotické buňky bez zajištění přístupových cest. Zákaz vstupu do pracovního prostoru při práci robotické buňky. Označení tlačítek nouzového zastavení. Pracuj jen v ochranné přilbě! Použití světelného majáku, indikující chod zařízení.</p>		
<i>Snížené riziko po opatření</i>	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá	
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech	17. 4. 2021

VUT v Brně, FSI ÚVSSR		FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA Zpracoval: Zbyněk Piech		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně	
				Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011			
		1. Mechanické nebezpečí			
1.7-2	9	Naražení o manipulované plechy			
Životní etapa: Provoz			Nebezpečný prostor: pracovní prostor		
Ohrožené osoby: Obsluha, student			Provozní stav: v provozu		
Popis nebezpečné situace/události:		Nebezpečí naražení konců uchycených plechů do těla obsluhy či programátora při činnosti robotu. Při naražení vysokou rychlostí hrozí závažná poranění či smrt.			
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S3 – Smrt	Velikost rizika 17		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E3 – Nemožné			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W2 – Střední			
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci					
Popis opatření:		Roboty, vč. řídicího systému KUKA KR C4, splňují požadavky na bezpečnost průmyslových robotů ČSN EN ISO 10218-1:2012 a musí se naplnit požadavky ČSN EN ISO 10218-2:2011 pro integraci. Roboty, vč. řídicího systému KUKA KR C4, splňují požadavky funkční bezpečnosti dle ČSN EN ISO 13849. Umístění ovládacích panelů robotů mimo nebezpečný prostor, dle ČSN EN ISO 10218-2:2011.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S3 – Smrt	Velikost rizika 17		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E3 – Nemožné			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W2 – Střední			
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření					
Popis opatření:		Oplocení robotického pracoviště v souladu s normou ČSN EN ISO 14120:2017 o ochranných krytech. Implementace panelů výplní s pletivem, odolných proti nárazu a dalších požadavků na oplocení dle ČSN EN ISO 14120:2017 tak, aby nemohlo dojít ke kontaktu plechů s lidským tělem. Doplnění ochranných zařízení, jako např. světelných clon a skenovacích zařízení, dle ČSN EN ISO 13855:2010 pro vstup a výstup plechů z robotického pracoviště. Při návrhu oplocení dodržení bezpečných vzdáleností dle normy ČSN EN ISO 13857:2021. Implementace blokovacích zařízení spojených s pohyblivými částmi ochranných krytů dle ČSN EN ISO 14119:2014 a funkce nouzového zastavení dle ČSN EN ISO 13850. Použití omezení pohybu robotů při práci robotů v automatickém režimu dle ČSN EN ISO 10218-1:2011. Dodržení bezpečných vzdáleností a implementace souhlasného povelového zařízení při programování dle stejné normy.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika 6		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 3: Informace pro používání					
Popis opatření:		Zhotovení návodu použití dle ČSN EN 82079-1. Návod k obsluze k dispozici na pracovišti u ovládacího prostoru. Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Proškolení o zákazu vstupu do nebezpečného prostoru a zákazu překonávání oplocení při práci robotického pracoviště. Proškolení o nutnosti opuštění nebezpečného prostoru před spuštěním robotického pracoviště. Proškolení o dodržování bezpečné vzdálenosti při chodu pracoviště. Nařízení použití jednoho, zabezpečeného místa pro vstup a výstup plechů z a do robotického pracoviště.			

	Bezpečnostní sdělení na oplocení pomocí piktogramů a tabulek: Zařízení smí obsluhovat jen osoba tím pověřená (tabulka 3907a). Spouštět a ovládat pouze podle návodu k obsluze. Zákaz spuštění robotické buňky bez zajištění přístupových cest. Zákaz vstupu do pracovního prostoru při práci robotické buňky. Označení tlačítek nouzového zastavení. Použití světelného majáku, indikující chod zařízení.		
<i>Snížené riziko po opatření</i>	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá	
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech	17. 4. 2021

VUT v Brně, FSI ÚVSSR		FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA Zpracoval: Zbyněk Piech		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně	
				Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011			
		1. Mechanické nebezpečí			
1.7-3	10	Naražení o koncové efekторы			
Životní etapa: Seřizování			Nebezpečný prostor: pracovní prostor		
Ohrožené osoby: Obsluha, programátor			Provozní stav: mimo provoz		
Popis nebezpečné situace/události:		Nebezpečí naražení koncových efektorů do těla obsluhy či programátora při seřizování robotů. Při naražení vysokou rychlostí hrozí závažná poranění či smrt.			
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S3 – Smrt	Velikost rizika 18		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E3 – Nemožné			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W3 – Velká			
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci					
Popis opatření:		Roboty, vč. řídicího systému KUKA KR C4, splňují požadavky na bezpečnost průmyslových robotů ČSN EN ISO 10218-1:2012 a musí se naplnit požadavky ČSN EN ISO 10218-2:2011 pro integraci. Roboty, vč. řídicího systému KUKA KR C4, splňují požadavky funkční bezpečnosti dle ČSN EN ISO 13849. Umístění programovacích panelů robotů mimo nebezpečný prostor, dle ČSN EN ISO 10218-2:2011.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S3 – Smrt	Velikost rizika 17		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E3 – Nemožné			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W2 – Střední			
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření					
Popis opatření:		Oplocení robotického pracoviště v souladu s normou ČSN EN ISO 14120:2017 o ochranných krytech. Při návrhu oplocení dodržení bezpečných vzdáleností dle normy ČSN EN ISO 13857:2021. Implementace blokovacích zařízení spojených s pohyblivými částmi ochranných krytů dle ČSN EN ISO 14119:2014 a funkce nouzového zastavení dle ČSN EN ISO 13850. Použití snížené rychlosti a omezení pohybu robotů při seřizování robotů v ručním režimu dle ČSN EN ISO 10218-1:2011. Dodržení bezpečných vzdáleností a implementace souhlasného povelového zařízení při programování dle stejné normy. Osoby programující a seřizující roboty jsou vybaveny osobními ochrannými prostředky, především ochrannou přilbou.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika 9		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 3: Informace pro používání					
Popis opatření:		Zhotovení návodu použití dle ČSN EN 82079-1. Návod k obsluze k dispozici na pracovišti u ovládacího prostoru. Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Používání ochranných prostředků (přilba). Proškolení o nutnosti opuštění nebezpečného prostoru před spuštěním robotického pracoviště. Proškolení o dodržování bezpečné vzdálenosti při seřizování robotického pracoviště. Proškolení o nutnosti programování drah a seřizování robotů z bezpečného místa. Proškolení o nutnosti použití bezpečných rychlostí při seřizování robotického pracoviště. Bezpečnostní sdělení na oplocení pomocí piktogramů a tabulek: Zařízení smí seřizovat pouze proškolená obsluha. Spouštět a ovládat pouze podle návodu k obsluze.			

	<p>Zákaz spuštění robotické buňky bez zajištění přístupových cest. Zákaz vstupu do pracovního prostoru při práci robotické buňky. Označení tlačítek nouzového zastavení. Pracuj jen v ochranné přilbě! Použití světelného majáku, indukující chod zařízení.</p>		
<i>Snížené riziko po opatření</i>	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji	0
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá	
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech	17. 4. 2021

VUT v Brně, FSI ÚVSSR		FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA Zpracoval: Zbyněk Piech		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně	
				Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011			
		1. Mechanické nebezpečí			
1.7-3	11	Naražení o koncové efekторы			
Životní etapa: Provoz			Nebezpečný prostor: pracovní prostor		
Ohrožené osoby: Obsluha, student			Provozní stav: v provozu		
Popis nebezpečné situace/události:		Nebezpečí naražení koncových efektorů do těla obsluhy či programátora při činnosti robotu. Při naražení vysokou rychlostí hrozí závažná poranění či smrt.			
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S3 – Smrt	Velikost rizika 18		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E3 – Nemožné			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W3 – Velká			
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci					
Popis opatření:		Roboty, vč. řídicího systému KUKA KR C4, splňují požadavky na bezpečnost průmyslových robotů ČSN EN ISO 10218-1:2012 a musí se naplnit požadavky ČSN EN ISO 10218-2:2011 pro integraci. Roboty, vč. řídicího systému KUKA KR C4, splňují požadavky funkční bezpečnosti dle ČSN EN ISO 13849. Umístění ovládacích panelů robotů mimo nebezpečný prostor, dle ČSN EN ISO 10218-2:2011.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S3 – Smrt	Velikost rizika 17		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E3 – Nemožné			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W2 – Střední			
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření					
Popis opatření:		Oplocení robotického pracoviště v souladu s normou ČSN EN ISO 14120:2017 o ochranných krytech. Při návrhu oplocení dodržení bezpečných vzdáleností dle normy ČSN EN ISO 13857:2021. Implementace blokovacích zařízení spojených s pohyblivými částmi ochranných krytů dle ČSN EN ISO 14119:2014 a funkce nouzového zastavení dle ČSN EN ISO 13850. Použití omezení pohybu robotů při práci robotů v automatickém režimu dle ČSN EN ISO 10218-1:2011. Dodržení bezpečných vzdáleností a implementace souhlasného povoleného zařízení při programování dle stejné normy.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika 6		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 3: Informace pro používání					
Popis opatření:		Zhotovení návodu použití dle ČSN EN 82079-1. Návod k obsluze k dispozici na pracovišti u ovládacího prostoru. Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Proškolení o zákazu vstupu do nebezpečného prostoru a zákazu překonávání oplocení při práci robotického pracoviště. Proškolení o nutnosti opuštění nebezpečného prostoru před spuštěním robotického pracoviště. Proškolení o dodržování bezpečné vzdálenosti při chodu pracoviště. Bezpečnostní sdělení na oplocení pomocí piktogramů a tabulek: Zařízení smí obsluhovat jen osoba tím pověřená (tabulka 3907a). Spouštět a ovládat pouze podle návodu k obsluze. Zákaz spuštění robotické buňky bez zajištění přístupových cest. Zákaz vstupu do pracovního prostoru při práci robotické buňky.			

	Označení tlačítek nouzového zastavení. Použití světelného majáku, indukující chod zařízení.		
<i>Snížené riziko po opatření</i>	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá	
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech	17. 4. 2021

VUT v Brně, FSI ÚVSSR		FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA Zpracoval: Zbyněk Piech		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně	
				Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011			
		2. Elektrické nebezpečí			
2.1-1	12	Zasažení elektrickým proudem od robotu			
Životní etapa: Montáž, demontáž, čištění, seřizování, provoz			Nebezpečný prostor: pracovní prostor		
Ohrožené osoby: Údržba, dělník montáže, inženýr montáže, obsluha			Provozní stav: mimo provoz, v provozu		
Popis nebezpečné situace/události:		Nebezpečí zasažení elektrickým proudem při dotyku osob s živou částí při montáži, opravách či demontáži robotu v pracovišti. Je možný výskyt napětí až 600 V. Napětí se vyskytuje jak při provozu, tak při odstávce robotů.			
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S3 – Smrt	Velikost rizika 12		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci					
Popis opatření:		Provedení konektorů a zařízení, izolující živé části kabelů a přístrojů od zbytku přístroje. Provedení zařízení znemožňující špatné zapojení. Zařízení plnicí požadavky normy ČSN EN 60204-1 pro bezpečnost strojních zařízení – elektrická zařízení. Použití ochranných jističích prvků – jističů, přepětové a proudové ochrany.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika 6		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření					
Popis opatření:		Použití ochranných prostředků – nástrojů s izolovanou rukojetí, ochranných rukavic. Použití uzemňovače. Osoby pracující na seřizování a montáži jsou proškoleny dle vyhlášky č. 50/1978 Sb. alespoň na úroveň § 6. Osoby nepracující na seřizování a montáži jsou proškoleny dle vyhlášky č. 50/1978 Sb. alespoň na úroveň § 4.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika 6		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 3: Informace pro používání					
Popis opatření:		Návod k obsluze, vystavený výrobcem k dispozici na pracovišti u ovládacího prostoru. Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Proškolení osob provádějících seřizování a montáž na základě návodu k použití robotů. Informování o možných nebezpečích. Přezkoušení z § 6 vyhlášky č. 50/1978 Sb. Proškolení osob nepracujících na seřizování a montáži o zákazu manipulace s elektrickými zařízeními. Poučení o předpisech na základě § 4 vyhlášky č. 50/1978 Sb. Bezpečnostní sdělení na elektrických zařízeních pomocí piktogramů a tabulek: Pozor elektrické zařízení!			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech		17. 4. 2021	

VUT v Brně, FSI ÚVSSR	FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA		<i>Strojní zařízení:</i> Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně
	Zpracoval: Zbyněk Piech		Datum: 17. 4. 2021
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011	
		2. Elektrické nebezpečí	
2.1-2	13	Zasažení elektrickým proudem od pásového dopravníku	
<i>Životní etapa:</i> Montáž, demontáž, čištění, seřizování, provoz		<i>Nebezpečný prostor:</i> pracovní prostor	
<i>Ohrožené osoby:</i> Údržba, dělník montáže, inženýr montáže, obsluha		<i>Provozní stav:</i> mimo provoz, v provozu	
<i>Popis nebezpečné situace/události:</i>	Nebezpečí zasažení elektrickým proudem při dotyku osob s živou částí při montáži, opravách či demontáži dopravníku v pracovišti. Je možný výskyt napětí až 400 V. Napětí se vyskytuje jak při provozu, tak při odstávce pásového dopravníku. Pásový dopravník není nakoupen jako celek, ale až následně sestaven, je zde tedy vyšší nebezpečí chyby při zapojování.		
<i>Počáteční riziko:</i>	Závažnost možné škody na zdraví	S3 – Smrt	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá	
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci			
<i>Popis opatření:</i>	Provedení konektorů a zařízení, izolující živé části kabelů a přístrojů od zbytku přístroje. Provedení zařízení znemožňující špatné zapojení. Zařízení plnicí požadavky normy ČSN EN 60204-1 pro bezpečnost strojních zařízení – elektrická zařízení. Použití ochranných jističích prvků – jističů, přepět'ové a proudové ochrany.		
<i>Snížené riziko po opatření</i>	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá	
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření			
<i>Popis opatření:</i>	Použití ochranných prostředků – nástrojů s izolovanou rukojetí, ochranných rukavic. Použití uzemňovače. Osoby pracující na seřizování a montáži jsou proškoleny dle vyhlášky č. 50/1978 Sb. alespoň na úroveň § 6. Osoby nepracující na seřizování a montáži jsou proškoleny dle vyhlášky č. 50/1978 Sb. alespoň na úroveň § 4.		
<i>Snížené riziko po opatření</i>	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá	
Krok 3: Informace pro používání			
<i>Popis opatření:</i>	Sepsání návodu k obsluze dle ČSN EN 82079-1, na základě návodu k obsluze motoru pásového dopravníku, vydaného výrobcem, který bude k dispozici na pracovišti u ovládacího prostoru. Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Proškolení osob provádějících seřizování a montáž na základě návodu k použití motoru pásového dopravníku. Informování o možných nebezpečích. Přezkoušení z § 6 vyhlášky č. 50/1978 Sb. Proškolení osob nepracujících na seřizování a montáži o zákazu manipulace s elektrickými zařízeními. Poučení o předpisech na základě § 4 vyhlášky č. 50/1978 Sb. Bezpečnostní sdělení na elektrických zařízeních pomocí piktogramů a tabulek: Pozor elektrické zařízení!		
<i>Snížené riziko po opatření</i>	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá	
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech	17. 4. 2021

VUT v Brně, FSI ÚVSSR		FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA Zpracoval: Zbyněk Piech		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011			
		2. Elektrické nebezpečí			
2.1-3	14	Zasažení elektrickým proudem od řídicí elektroniky			
Životní etapa: Montáž, demontáž, čištění, seřizování, provoz			Nebezpečný prostor: pracovní prostor		
Ohrožené osoby: Údržba, dělník montáže, inženýr montáže, obsluha			Provozní stav: mimo provoz, v provozu		
Popis nebezpečné situace/události:		Nebezpečí zasažení elektrickým proudem při dotyku osob s živou částí při montáži, opravách či demontáži elektroinstalace v pracovišti i u ovládacího panelu. Je možný výskyt napětí až 600 V. Napětí se vyskytuje jak při provozu, tak při odstávce pracoviště.			
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S3 – Smrt	Velikost rizika 15		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci					
Popis opatření:		Provedení konektorů a zařízení, izolující živé části kabelů a přístrojů od zbytku přístroje. Provedení zařízení znemožňující špatné zapojení. Zařízení plní požadavky normy ČSN EN 60204-1 pro bezpečnost strojních zařízení – elektrická zařízení. Použití ochranných jističích prvků – jističů, přepětíové a proudové ochrany.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika 6		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření					
Popis opatření:		Použití ochranných prostředků – nástrojů s izolovanou rukojetí, ochranných rukavic. Použití uzemňovače. Osoby pracující na seřizování a montáži jsou proškoleny dle vyhlášky č. 50/1978 Sb. alespoň na úroveň § 6. Osoby nepracující na seřizování a montáži jsou proškoleny dle vyhlášky č. 50/1978 Sb. alespoň na úroveň § 4.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika 6		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 3: Informace pro používání					
Popis opatření:		Sepsání návodu k obsluze dle ČSN EN 82079-1, na základě návodu k jednotlivých komponent, vydaných výrobcem, který bude k dispozici na pracovišti u ovládacího prostoru. Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Proškolení osob provádějících montáž a úpravy na základě návodu k použití. Informování o možných nebezpečích. Přezkoušení z § 6 vyhlášky č. 50/1978 Sb. Proškolení osob nepracujících na seřizování a montáži o zákazu manipulace s elektrickými zařízeními. Poučení o předpisech na základě § 4 vyhlášky č. 50/1978 Sb. Bezpečnostní sdělení na elektrických zařízeních pomocí piktogramů a tabulek: Pozor elektrické zařízení!			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech		17. 4. 2021	

VUT v Brně, FSI ÚVSSR	FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně	
	Zpracoval: Zbyněk Piech		Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011		
		3. Tepelné nebezpečí		
3.1-1	15	Popálením od motorů robotu		
Životní etapa: Provoz, seřizování		Nebezpečný prostor: pracovní prostor		
Ohrožené osoby: Obsluha, dělník montáže		Provozní stav: za provozu, mimo provoz		
Popis nebezpečné situace/události:		Motory robotu mohou být provozem zahřáté tak, že mohou způsobit popáleniny. Ty mohou způsobit vážná poranění.		
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)		Velikost rizika 11
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W3 – Velká		
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci				
Popis opatření:		Motory robotů mají pasivní chlazení, které funguje také jako izolační vrstva. Motor je uložen v ramenu, které chrání před nechtěným dotykem.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)		Velikost rizika 10
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W2 – Střední		
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření				
Popis opatření:		Použití osobních ochranných prostředků, jako např. rukavic a oděvu s dlouhými rukávy.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)		Velikost rizika 6
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Krok 3: Informace pro používání				
Popis opatření:		Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Informování o možnosti popálení. Nutnost přesvědčení se o teplotě motoru před manipulací s ním. Nutnost nechat motory vychladnout. Bezpečnostní sdělení na motorech pomocí piktogramů a tabulek: Výstraha horký povrch! Používej ochranných rukavic! Používej ochranný pracovní oděv!		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění		Velikost rizika 0
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech		17. 4. 2021

VUT v Brně, FSI ÚVSSR		FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA Zpracoval: Zbyněk Piech		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně	
				Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011			
		3. Tepelné nebezpečí			
3.1-2	16	Popálením od motorů pásového dopravníku			
Životní etapa: Provoz, seřizování			Nebezpečný prostor: pracovní prostor		
Ohrožené osoby: Obsluha, dělník montáže			Provozní stav: za provozu, mimo provoz		
Popis nebezpečné situace/události:		Motor pásového dopravníku může být provozem zahřátý tak, že může způsobit popáleniny. Ty mohou způsobit vážná poranění.			
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)		Velikost rizika 11	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W3 – Velká			
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci					
Popis opatření:		Motor pásového dopravníku má pasivní chlazení, které funguje také jako izolační vrstva.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)		Velikost rizika 11	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W3 – Velká			
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření					
Popis opatření:		Použití osobních ochranných prostředků, jako např. rukavic a oděvu s dlouhými rukávy. Návrh a realizace ochranného krytování motoru dle ČSN EN ISO 14120:2017. Pevný ochranný kryt bude tepelně izolován od motoru tak, aby znemožnil nechtěnému dotyku s motorem.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)		Velikost rizika 6	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 3: Informace pro používání					
Popis opatření:		Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Informování o možnosti popálení. Nutnost přesvědčení se o teplotě motoru před manipulací s ním. Nutnost nechat motory vychladnout. Bezpečnostní sdělení na motorech pomocí piktogramů a tabulek: Výstraha horký povrch! Používej ochranných rukavic! Používej ochranný pracovní oděv!			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění		Velikost rizika 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Validace: Opatření jsou dostatečná			Zbyněk Piech		17. 4. 2021

VUT v Brně, FSI ÚVSSR	FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně	
	Zpracoval: Zbyněk Piech		Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011		
		1. Mechanické nebezpečí		
1.3-1	17	Říznutí o hrany robotu		
Životní etapa: Provoz a seřizování, montáž a demontáž		Nebezpečný prostor: pracovní prostor		
Ohrožené osoby: Obsluha, student, dělník montáže		Provozní stav: za provozu, mimo provoz		
Popis nebezpečné situace/události:	Ve výjimečných případech je možné pořezání o ostré hrany robotu, zejména při otevřeném krytování.			
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci				
Popis opatření:	Konstrukce robota je tvořena především z odlitků, ostré hrany ostatních částí jsou zaslepeny.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření				
Popis opatření:	Při seřizování či jiné manipulaci s robotem a u robotu použití osobních ochranných prostředků, především rukavic a oděvu s dlouhými rukávy.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Krok 3: Informace pro používání				
Popis opatření:	Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Informování o možnosti pořezání a informování o nebezpečných místech. Bezpečnostní sdělení na robotech pomocí piktogramů a tabulek: Provedení ostrých hran žlutočernou výstražnou kombinací barev. Nebezpečí úrazu! Používej ochranných rukavic! Používej ochranný pracovní oděv!			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech		17. 4. 2021

VUT v Brně, FSI ÚVSSR		FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA Zpracoval: Zbyněk Piech		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně	
				Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011			
		1. Mechanické nebezpečí			
1.3-2	18	Říznutí od manipulovaných plechů			
Životní etapa: Provoz			Nebezpečný prostor: prostor vstupu a výstupu z pracoviště		
Ohrožené osoby: Obsluha, student			Provozní stav: za provozu		
Popis nebezpečné situace/události:		Je možné pořezání o ostré hrany manipulovaných plechů během práce s nimi při vkládání a vykládání z pracoviště.			
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W3 – Velká			
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci					
Popis opatření:		Plechů určené pro demonstraci práce pracoviště budou mít zkosené hrany zbavené ořepů.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření					
Popis opatření:		Pro vkládání či vykládání plechů do a z pracoviště použití osobních ochranných prostředků, především rukavic.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 3: Informace pro používání					
Popis opatření:		Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Informování o možnosti pořezání o hrany plechů. Bezpečnostní sdělení u vstupu plechů do pracoviště pomocí piktogramů a tabulek: Nebezpečí úrazu! Používej ochranných rukavic!			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech		17. 4. 2021	

VUT v Brně, FSI ÚVSSR	FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně	
	Zpracoval: Zbyněk Piech		Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011		
		I. Mechanické nebezpečí		
1.3-3	19	Říznutí o hrany koncových efektorů		
Životní etapa: Provoz a seřizování, montáž a demontáž		Nebezpečný prostor: pracovní prostor		
Ohrožené osoby: Obsluha, student, dělník montáže		Provozní stav: za provozu, mimo provoz		
Popis nebezpečné situace/události:		Koncové efekторы smontované z hliníkových profilů nemají záslepky zakončení, je možné se pořezat o ostré hrany. Některé hliníkové profily jsou zbytečně dlouhé.		
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika 7	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W2 – Střední		
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci				
Popis opatření:		Zkrácení zbytečných přesahů hliníkových profilů. Doplnění záslepek zakončení hliníkových profilů.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 1	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W2 – Střední		
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření				
Popis opatření:		Při seřizování či jiné manipulaci s robotem a u robotu použití osobních ochranných prostředků, především rukavic, oděvu s dlouhými rukávy a ochranné přilby.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Krok 3: Informace pro používání				
Popis opatření:		Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Informování o možnosti pořezání a informování o nebezpečných místech. Bezpečnostní sdělení na robotech pomocí piktogramů a tabulek: Pracuj jen v ochranné přilbě! Používej ochranných rukavic! Používej ochranný pracovní oděv!		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech		17. 4. 2021

VUT v Brně, FSI ÚVSSR	FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA Zpracoval: Zbyněk Piech		<i>Strojní zařízení:</i> Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně Datum: 17. 4. 2021
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011	
		1. Mechanické nebezpečí	
1.3-4	20	Říznutí pásový dopravník	
<i>Životní etapa:</i> Provoz a seřizování, montáž a demontáž		<i>Nebezpečný prostor:</i> pracovní prostor	
<i>Ohrožené osoby:</i> Obsluha, student, dělník montáže		<i>Provozní stav:</i> za provozu, mimo provoz	
<i>Popis nebezpečné situace/události:</i>	Pásový dopravník smontovaný z hliníkových profilů nemá záslepky zakončení, je možné se pořezat o ostré hrany. Některé hliníkové profily jsou zbytečně dlouhé.		
<i>Počáteční riziko:</i>	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika 7
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W2 – Střední	
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci			
<i>Popis opatření:</i>	Zkrácení zbytečných přesahů hliníkových profilů. Doplnění záslepek zakončení hliníkových profilů.		
<i>Snížené riziko po opatření</i>	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 1
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W2 – Střední	
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření			
<i>Popis opatření:</i>	Při seřizování či jiné manipulaci u pásového dopravníku použití osobních ochranných prostředků, především rukavic a oděvu s dlouhými rukávy.		
<i>Snížené riziko po opatření</i>	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá	
Krok 3: Informace pro používání			
<i>Popis opatření:</i>	Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Informování o možnosti pořezání a informování o nebezpečných místech. Bezpečnostní sdělení na dopravníku pomocí piktogramů a tabulek: Používej ochranných rukavic! Používej ochranný pracovní oděv!		
<i>Snížené riziko po opatření</i>	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá	
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech	17. 4. 2021

VUT v Brně, FSI ÚVSSR		FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA Zpracoval: Zbyněk Piech		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně	
				Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011			
		I. Mechanické nebezpečí			
1.3-5	21	Říznutí o oplocení			
Životní etapa: Montáž a demontáž			Nebezpečný prostor: prostor montáže		
Ohrožené osoby: Dělník montáže			Provozní stav: mimo provoz		
Popis nebezpečné situace/události:		Jednotlivé komponenty oplocení mohou být během montáže ostré, především z důvodů jejich nutného zakrácení, hrozí nebezpečí pořezání. Nebezpečí pořezání hrozí i při vybalování komponent.			
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 4		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W2 – Střední			
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci					
Popis opatření:		Při montáži oplocení doplnění ochranných zásepok konců profilů.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 4		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W2 – Střední			
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření					
Popis opatření:		Při montáži i vybalování použití osobních ochranných prostředků, jako např. rukavic a oděvu s dlouhými rukávy. Jednotlivé komponenty jsou zabaleny v ochranných obalech.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 3: Informace pro používání					
Popis opatření:		Školení o bezpečnosti práce při montáži: Informování o možnosti pořezání. Bezpečnostní sdělení v návodu na montáž pomocí piktogramů: Používej ochranných rukavic! Používej ochranný pracovní oděv!			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech		17. 4. 2021	

VUT v Brně, FSI ÚVSSR		FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA Zpracoval: Zbyněk Piech		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně	
				Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011			
		1. Mechanické nebezpečí			
1.4-1	22	Odření o roboty			
Životní etapa: Seřizování, montáž a demontáž			Nebezpečný prostor: pracovní prostor		
Ohrožené osoby: Obsluha, dělník montáže			Provozní stav: mimo provoz		
Popis nebezpečné situace/události:		Ve výjimečných případech je možné odření o hrany robotu a jeho ostré části, zejména při otevřeném krytování u pohyblivých součástí.			
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci					
Popis opatření:		Konstrukce robota je tvořena především z odliktů, ostré hrany ostatních částí jsou zaslepeny.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření					
Popis opatření:		Při seřizování či jiné manipulaci s robotem a u robotu použití osobních ochranných prostředků, především rukavic a oděvu s dlouhými rukávy.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 3: Informace pro používání					
Popis opatření:		Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Informování o možnosti odření a informování o nebezpečných místech. Bezpečnostní sdělení na robotech pomocí piktogramů a tabulek: Provedení pohyblivých hran žlutočernou výstražnou kombinací barev. Nebezpečí úrazu! Používej ochranných rukavic! Používej ochranný pracovní oděv!			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech		17. 4. 2021	

VUT v Brně, FSI ÚVSSR	FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně	
	Zpracoval: Zbyněk Piech		Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011		
		I. Mechanické nebezpečí		
1.4-2	23	Odření od manipulovaných plechů		
Životní etapa: Provoz		Nebezpečný prostor: prostor vstupu a výstupu z pracoviště		
Ohrožené osoby: Obsluha, student		Provozní stav: za provozu		
Popis nebezpečné situace/události:	Je možné odření o hrany několika manipulovaných plechů během práce s nimi při vkládání a vykládání z pracoviště.			
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika	5
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W3 – Velká		
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci				
Popis opatření:	Plechý určené pro demonstraci práce pracoviště budou mít zkosené hrany zbavené otřepů.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika	0
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření				
Popis opatření:	Pro vkládání či vykládání plechů do a z pracoviště použití osobních ochranných prostředků, především rukavic.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika	0
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Krok 3: Informace pro používání				
Popis opatření:	Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Informování o možnosti odření o hrany plechů. Bezpečnostní sdělení u vstupu plechů do pracoviště pomocí piktogramů a tabulek: Nebezpečí úrazu! Používej ochranných rukavic!			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika	0
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech		17. 4. 2021

VUT v Brně, FSI ÚVSSR	FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA Zpracoval: Zbyněk Piech		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011		
		1. Mechanické nebezpečí		
1.4-3	24	Odření o pásový dopravník		
Životní etapa: Provoz a seřizování, montáž a demontáž		Nebezpečný prostor: pracovní prostor		
Ohrožené osoby: Obsluha, student, dělník montáže		Provozní stav: za provozu, mimo provoz		
Popis nebezpečné situace/události:		U pásového dopravníku hrozí odření při pohybu pásu a dalších pohyblivých částí při kontaktu s končetinami.		
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 3	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci				
Popis opatření:		V současnosti není dostupné žádné opatření zabudované v konstrukci snižující rizika.		
Snižené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 3	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření				
Popis opatření:		Při seřizování či jiné manipulaci u pásového dopravníku použití osobních ochranných prostředků, především rukavic a oděvu s dlouhými rukávy. Použití pevného ochranného krytu dle ČSN EN ISO 14120, který zamezí nechtěnému kontaktu s pohyblivým pásem a dalšími součástmi.		
Snižené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Krok 3: Informace pro používání				
Popis opatření:		Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Informování o možnosti odření a informování o nebezpečných místech. Bezpečnostní sdělení na dopravníku pomocí piktogramů a tabulek: Provedení hran mezi pohyblivými částmi žlutočernou výstražnou kombinací barev. Používej ochranných rukavic! Používej ochranný pracovní oděv!		
Snižené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech	17. 4. 2021	

VUT v Brně, FSI ÚVSSR	FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně	
	Zpracoval: Zbyněk Piech		Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011		
		I. Mechanické nebezpečí		
1.4-4	25	Odřeni o oplocení		
Životní etapa: Montáž a demontáž		Nebezpečný prostor: prostor montáže		
Ohrožené osoby: Dělník montáže		Provozní stav: mimo provoz		
Popis nebezpečné situace/události:	Jednotlivé komponenty oplocení mohou být během montáže ostré, je možné odřeni končetin při jejich pohybu.			
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 4	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W2 – Střední		
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci				
Popis opatření:	Při montáži oplocení doplnění ochranných zásepek konců profilů.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 4	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W2 – Střední		
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření				
Popis opatření:	Při montáži i vybalování použití osobních ochranných prostředků, jako např. rukavic a oděvu s dlouhými rukávy. Jednotlivé komponenty jsou zabaleny v ochranných obalech.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Krok 3: Informace pro používání				
Popis opatření:	Školení o bezpečnosti práce při montáži: Informování o možnosti odřeni. Bezpečnostní sdělení v návodu na montáž pomocí piktogramů: Používej ochranných rukavic! Používej ochranný pracovní oděv!			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech		17. 4. 2021

VUT v Brně, FSI ÚVSSR		FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA Zpracoval: Zbyněk Piech		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně	
				Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011			
		1. Mechanické nebezpečí			
1.5-1	25	Uklouznutí při čištění pracoviště			
Životní etapa: Čištění a údržba			Nebezpečný prostor: prostor pracoviště		
Ohrožené osoby: Pracovník úklidu			Provozní stav: mimo provoz		
Popis nebezpečné situace/události:		Při údržbě a úklidu pracoviště hrozí nebezpečí uklouznutí na kluzké podlaze a dalších površích.			
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 3		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci					
Popis opatření:		V současnosti není dostupné žádné opatření zabudované v konstrukci snižující rizika.			
Snižené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 3		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření					
Popis opatření:		Při úklidu a údržbě použití osobních ochranných prostředků, především bot s protiskluzovou podrážkou.			
Snižené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 3: Informace pro používání					
Popis opatření:		Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Informování o možnosti uklouznutí a informování o nebezpečných místech. Bezpečnostní sdělení v okolí pomocí piktogramů a tabulek: Použití výstražné tabule „Nebezpečí uklouznutí!“ pro informování ostatních pracovníků.			
Snižené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech		17. 4. 2021	

VUT v Brně, FSI ÚVSSR	FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně	
	Zpracoval: Zbyněk Piech		Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011		
		I. Mechanické nebezpečí		
1.5-2	26	Uklouznutí při montáži pracoviště		
Životní etapa: Demontáž		Nebezpečný prostor: prostor pracoviště		
Ohrožené osoby: Pracovník montáže		Provozní stav: mimo provoz		
Popis nebezpečné situace/události:		Při demontáži pracoviště hrozí vylití provozních kapalin z některých komponent robotického pracoviště. Hrozí uklouznutí na těchto kapalinách a pád z výšky.		
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika 6	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci				
Popis opatření:		V současnosti není dostupné žádné opatření zabudované v konstrukci snižující rizika.		
Snižené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika 6	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření				
Popis opatření:		Při demontáži použití osobních ochranných prostředků, především bot s protiskluzovou podrážkou. Při demontáži použití nástrojů pro bezpečnou práci, např. lešení se zábradlím pro práci ve výšce. Při demontáži ohrazení strojů a použití sběrné nádoby pro odkapávající mazadla jako prevence před uklouznutím.		
Snižené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Krok 3: Informace pro používání				
Popis opatření:		Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Informování o možnosti uklouznutí a informování o nebezpečných místech. Školení o používání nástrojů pro bezpečnou práci a postupech proti vylití provozních kapalin. Bezpečnostní sdělení v okolí pomocí piktogramů a tabulek: Použití výstražné tabule „Nebezpečí uklouznutí!“ pro informování ostatních pracovníků. Ohrazení místa práce zábranami a tabulkou „Nebezpečí úrazu!“		
Snižené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech		17. 4. 2021

VUT v Brně, FSI ÚVSSR	FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA Zpracoval: Zbyněk Piech		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011		
		1. Mechanické nebezpečí		
1.5-3	27	Uklouznutí při doplňování kapalin		
Životní etapa: Čištění a údržba		Nebezpečný prostor: prostor pracoviště		
Ohrožené osoby: Pracovník údržby		Provozní stav: mimo provoz		
Popis nebezpečné situace/události:		Při údržbě pracoviště hrozí vylití provozních kapalin z některých komponent robotického pracoviště při jejich výměně. Hrozí uklouznutí na těchto kapalinách a pád z výšky.		
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika 6	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci				
Popis opatření:		V současnosti není dostupné žádné opatření zabudované v konstrukci snižující rizika.		
Snižené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika 6	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření				
Popis opatření:		Při údržbě použití osobních ochranných prostředků, především bot s protiskluzovou podrážkou. Při údržbě použití nástrojů pro bezpečnou práci, např. lešení se zábradlím pro práci ve výšce. Při údržbě ohrazení strojů a použití sběrné nádoby pro odkapávající mazadla jako prevence před uklouznutím.		
Snižené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Krok 3: Informace pro používání				
Popis opatření:		Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Informování o možnosti uklouznutí a informování o nebezpečných místech. Školení o používání nástrojů pro bezpečnou práci a postupech proti vylití provozních kapalin. Bezpečnostní sdělení v okolí pomocí piktogramů a tabulek: Použití výstražné tabule „Nebezpečí uklouznutí!“ pro informování ostatních pracovníků. Ohrazení místa práce zábradlím a tabulkou „Nebezpečí úrazu!“.		
Snižené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech	17. 4. 2021	

VUT v Brně, FSI ÚVSSR	FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně	
	Zpracoval: Zbyněk Piech		Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011		
		I. Mechanické nebezpečí		
1.6-1	28	Poranění o stlačený vzduch koncových efektorů		
Životní etapa: Provoz		Nebezpečný prostor: pracovní prostor		
Ohrožené osoby: Obsluha, student		Provozní stav: za provozu		
Popis nebezpečné situace/události:	Koncové efekторы pracují se stlačeným vzduchem, který používají pro manipulaci s plechy. Při poruše hrozí vystříknutí stlačeného vzduchu do očí osob v blízkosti.			
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika 6	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci				
Popis opatření:	Koncové efekторы monitorují aktuální tlak vzduchu.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika 6	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření				
Popis opatření:	Dodržení bezpečné vzdálenosti od koncových efektorů v době jejich práce pomocí oplocení. Oplocení robotického pracoviště v souladu s normou ČSN EN ISO 14120:2017 o ochranných krytech. Při návrhu oplocení dodržení bezpečných vzdáleností dle normy ČSN EN ISO 13857:2021.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Krok 3: Informace pro používání				
Popis opatření:	Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Informování o nebezpečí poranění o stlačený vzduch. Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Proškolení o zákazu vstupu do nebezpečného prostoru a zákazu překonávání oplocení při práci robotického pracoviště. Proškolení o nutnosti opuštění nebezpečného prostoru před spuštěním robotického pracoviště. Proškolení o dodržování bezpečné vzdálenosti při chodu pracoviště. Bezpečnostní sdělení na oplocení pomocí piktogramů a tabulek: Zařízení smí obsluhovat jen osoba tím pověřená (tabulka 3907a). Spouštět a ovládat pouze podle návodu k obsluze. Zákaz spuštění robotické buňky bez zajištění přístupových cest. Zákaz vstupu do pracovního prostoru při práci robotické buňky. Použití světelného majáku, indikující chod zařízení.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech		17. 4. 2021

VUT v Brně, FSI ÚVSSR		FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA Zpracoval: Zbyněk Piech		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně	
				Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011			
		1. Mechanické nebezpečí			
1.6-1	29	Poranění o stlačený vzduch koncových efektorů			
Životní etapa: Seřizování, montáž a údržba			Nebezpečný prostor: pracovní prostor		
Ohrožené osoby: Obsluha, pracovník údržby			Provozní stav: mimo provoz		
Popis nebezpečné situace/události:		Koncové efekторы pracují se stlačeným vzduchem, který používají pro manipulaci s plechy. Při poruše hrozí vystříknutí stlačeného vzduchu do očí osob v blízkosti.			
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika 6		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci					
Popis opatření:		Koncové efekторы monitorují aktuální tlak vzduchu.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika 6		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření					
Popis opatření:		Dodržení bezpečných vzdáleností a implementace souhlasného povelového zařízení při programování dle ČSN EN ISO 10218-1:2011. Osoby programující a seřizující roboty jsou vybaveny osobními ochrannými prostředky, především ochrannými brýlemi.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 3: Informace pro používání					
Popis opatření:		Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Informování o nebezpečí poranění o stlačený vzduch. Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Proškolení o dodržení bezpečných vzdáleností oplocení při seřizování robotického pracoviště. Bezpečnostní sdělení na oplocení pomocí piktogramů a tabulek: Zařízení smí obsluhovat jen osoba tím pověřená (tabulka 3907a). Tabulka „Pracuj jen v ochranných brýlích!“ Použití světelného majáku, indikující chod zařízení.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech		17. 4. 2021	

VUT v Brně, FSI ÚVSSR	FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně	
	Zpracoval: Zbyněk Piech		Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011		
		I. Mechanické nebezpečí		
1.8-1	30	Píchnutí o manipulované plechy		
Životní etapa: Provoz		Nebezpečný prostor: prostor vstupu a výstupu z pracoviště		
Ohrožené osoby: Obsluha, student		Provozní stav: za provozu		
Popis nebezpečné situace/události:	Je možné píchnutí o ostré hrany manipulovaných plechů během práce s nimi při vkládání a vykládání z pracoviště.			
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika	5
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W3 – Velká		
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci				
Popis opatření:	Plechý určené pro demonstraci práce pracoviště budou mít zkosené hrany zbavené otřepů.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika	0
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření				
Popis opatření:	Pro vkládání či vykládání plechů do a z pracoviště použití osobních ochranných prostředků, především rukavic.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika	0
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Krok 3: Informace pro používání				
Popis opatření:	Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Informování o možnosti píchnutí o hrany plechů. Bezpečnostní sdělení u vstupu plechů do pracoviště pomocí piktogramů a tabulek: Nebezpečí úrazu! Používej ochranných rukavic!			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika	0
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech		17. 4. 2021

VUT v Brně, FSI ÚVSSR		FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA Zpracoval: Zbyněk Piech		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně	
				Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011			
		1. Mechanické nebezpečí			
1.8-2	31	Píchnutí o koncové efekty			
Životní etapa: Provoz a seřizování, montáž a demontáž			Nebezpečný prostor: pracovní prostor		
Ohrožené osoby: Obsluha, student, dělník montáže			Provozní stav: za provozu, mimo provoz		
Popis nebezpečné situace/události:		Koncové efekty smontované z hliníkových profilů nemají záslepky zakončení, je možné se pořezat o ostré hrany. Některé hliníkové profily jsou zbytečně dlouhé, hrozí napíchnutí na ně.			
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 4		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W2 – Střední			
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci					
Popis opatření:		Zkrácení zbytečných přesahů hliníkových profilů. Doplnění záslepek zakončení hliníkových profilů.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 1		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W2 – Střední			
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření					
Popis opatření:		Při seřizování či jiné manipulaci s robotem a u robotu použití osobních ochranných prostředků, především rukavic, oděvu s dlouhými rukávy a ochranné přilby.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 3: Informace pro používání					
Popis opatření:		Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Informování o možnosti píchnutí a napíchnutí a informování o nebezpečných místech. Bezpečnostní sdělení na robotech pomocí piktogramů a tabulek: Provedení ostrých hran žlutočernou výstražnou kombinací barev. Pracuj jen v ochranné přilbě! Používej ochranných rukavic! Používej ochranný pracovní oděv!			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech		17. 4. 2021	

VUT v Brně, FSI ÚVSSR		FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA Zpracoval: Zbyněk Piech		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně	
				Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011			
		I. Mechanické nebezpečí			
1.9-1	32	Vtažení o pásový dopravník			
Životní etapa: Provoz a seřizování, montáž a demontáž			Nebezpečný prostor: pracovní prostor		
Ohrožené osoby: Obsluha, student, dělník montáže			Provozní stav: za provozu, mimo provoz		
Popis nebezpečné situace/události:		U pásového dopravníku hrozí vtažení končetin či části oděvu při pohybu pásu a dalších pohyblivých částí při kontaktu s končetinami.			
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)		Velikost rizika 7	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W2 – Střední			
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci					
Popis opatření:		V současnosti není dostupné žádné opatření zabudované v konstrukci snižující rizika.			
Snižené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)		Velikost rizika 7	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W2 – Střední			
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření					
Popis opatření:		Při seřizování či jiné manipulaci u pásového dopravníku použití osobních ochranných prostředků, především rukavic a oděvu s přiléhajícími rukávy. Použití pevného ochranného krytu dle ČSN EN ISO 14120, který zamezí nechtěnému kontaktu s pohyblivým pásem a dalšími součástmi.			
Snižené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění		Velikost rizika 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 3: Informace pro používání					
Popis opatření:		Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Informování o možnosti vtažení a informování o nebezpečných místech. Bezpečnostní sdělení na dopravníku pomocí piktogramů a tabulek: Provedení hran mezi pohyblivými částmi žlutočernou výstražnou kombinací barev. Používej ochranných rukavic! Používej ochranný pracovní oděv! Nebezpečí vtažení!			
Snižené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění		Velikost rizika 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech		17. 4. 2021	

VUT v Brně, FSI ÚVSSR		FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA Zpracoval: Zbyněk Piech		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně	
				Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011			
		4. Nebezpečí hluku			
4.1-1	33	Nepohodlí vlivem provozu pracoviště			
Životní etapa: Provoz			Nebezpečný prostor: ovládací prostor		
Ohrožené osoby: Obsluha, student			Provozní stav: za provozu		
Popis nebezpečné situace/události:		Při provozu pracoviště je zvýšená úroveň hluku způsobena koncovými efekty robotů, které používají stlačený vzduch.			
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 5		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W3 – Velká			
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci					
Popis opatření:		V současnosti není dostupné žádné opatření zabudované v konstrukci snižující rizika.			
Snižené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 5		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W3 – Velká			
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření					
Popis opatření:		Při provozu použití osobních ochranných prostředků, především chráničů sluchu.			
Snižené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 3: Informace pro používání					
Popis opatření:		Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Informování o možnosti nepohodlí vlivem hluku z provozu pracoviště a informování o nebezpečných následcích poškození sluchu. Bezpečnostní sdělení v okolí pomocí piktogramů a tabulek: Používej chrániče sluchu!			
Snižené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech		17. 4. 2021	

VUT v Brně, FSI ÚVSSR	FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně	
	Zpracoval: Zbyněk Piech		Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011		
		4. Nebezpečí hluku		
4.2-1	34	Únavy vlivem provozu pracoviště		
Životní etapa: Provoz		Nebezpečný prostor: ovládací prostor		
Ohrožené osoby: Obsluha, student		Provozní stav: za provozu		
Popis nebezpečné situace/události:		Při provozu pracoviště je zvýšená úroveň hluku způsobena koncovými efekty robotů, které používají stlačený vzduch.		
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 5	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W3 – Velká		
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci				
Popis opatření:		V současnosti není dostupné žádné opatření zabudované v konstrukci snižující rizika.		
Snižené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 5	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W3 – Velká		
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření				
Popis opatření:		Při provozu použití osobních ochranných prostředků, především chráničů sluchu.		
Snižené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Krok 3: Informace pro používání				
Popis opatření:		Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Informování o možnosti nepohodlí vlivem hluku z provozu pracoviště a informování o nebezpečných následcích poškození sluchu. Bezpečnostní sdělení v okolí pomocí piktogramů a tabulek: Používej chrániče sluchu!		
Snižené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech		17. 4. 2021

VUT v Brně, FSI ÚVSSR		FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA Zpracoval: Zbyněk Piech		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně	
				Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011			
		8. Ergonomická nebezpečí			
8.1-1	35	Nebezpečí nepohodlí vlivem špatné ergonomie při ovládání pracoviště			
Životní etapa: Provoz			Nebezpečný prostor: pracovní prostor		
Ohrožené osoby: Obsluha, student			Provozní stav: za provozu		
Popis nebezpečné situace/události:		Při ovládání pracoviště může hrozit nepohodlí vlivem špatného umístění a ergonomie ovládacích zařízení.			
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 5		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W3 – Velká			
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci					
Popis opatření:		Ovládací prvky jsou umístěny v ergonomické poloze, tak, aby bylo zamezeno namáhavým polohám; konkrétně ve výšce 1050–1550 mm. Ruční ovladače je snadné identifikovat a používat.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření					
Popis opatření:		V současnosti není potřebné žádné doplňkové ochranné opatření snižující rizika.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika 0		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Krok 3: Informace pro používání					
Popis opatření:		Školení o zásadách ergonomické práce na pracovišti: Ergonomické používání pracoviště a postupy, především ergonomické pohyby.			
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0		
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji			
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné			
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá			
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech		17. 4. 2021	

VUT v Brně, FSI ÚVSSR	FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně	
	Zpracoval: Zbyněk Piech		Datum: 17. 4. 2021	
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011		
		8. Ergonomická nebezpečí		
8.2-1	36	Nebezpečí únavy vlivem špatné ergonomie při ovládání pracoviště		
Životní etapa: Provoz		Nebezpečný prostor: pracovní prostor		
Ohrožené osoby: Obsluha, student		Provozní stav: za provozu		
Popis nebezpečné situace/události:		Při ovládání pracoviště může hrozit únava vlivem špatného umístění a ergonomie ovládacích zařízení.		
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 5	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W3 – Velká		
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci				
Popis opatření:		Ovládací prvky jsou umístěny v ergonomické poloze, tak, aby bylo zamezeno namáhavým polohám; konkrétně ve výšce 1050–1550 mm. Ruční ovladače je snadné identifikovat a používat.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření				
Popis opatření:		V současnosti není potřebné žádné doplňkové ochranné opatření snižující rizika.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Krok 3: Informace pro používání				
Popis opatření:		Školení o zásadách ergonomické práce na pracovišti: Ergonomické používání pracoviště a postupy, především ergonomické pohyby.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0	
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji		
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné		
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá		
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech		17. 4. 2021

VUT v Brně, FSI ÚVSSR	FORMULÁŘ PRO SNÍŽENÍ RIZIKA Zpracoval: Zbyněk Piech		Strojní zařízení: Robotické pracoviště ÚVSSR VUT v Brně Datum: 17. 4. 2021
Číslo nebezpečí	Identifikační číslo	Označení nebezpečí dle ČSN EN ISO 12100:2011	
		8. Ergonomická nebezpečí	
8.3-1	37	Stres při ovládní pracoviště	
Životní etapa: Provoz		Nebezpečný prostor: pracovní prostor	
Ohrožené osoby: Obsluha, student		Provozní stav: za provozu	
Popis nebezpečné situace/události:	Při ovládní pracoviště může hrozit stres vlivem špatného umístění a ergonomie ovládacích zařízení a hluku od provozu pracoviště.		
Počáteční riziko:	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 5
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W3 – Velká	
Krok 1: Opatření zabudovaná v konstrukci			
Popis opatření:	Ovládací prvky jsou umístěny v ergonomické poloze, tak, aby bylo zamezeno namáhavým polohám; konkrétně ve výšce 1050–1550 mm. Ruční ovladače je snadné identifikovat a používat.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 4
	Četnost a doba trvání ohrožení	A2 – Často až trvale	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W2 – Střední	
Krok 2: Bezpečnostní ochrana a doplňková ochranná opatření			
Popis opatření:	Při provozu použití osobních ochranných prostředků, především chráničů sluchu.		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S2 – Těžké zranění (trvalé následky)	Velikost rizika 0
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E2 – Možné za určitých okolností	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá	
Krok 3: Informace pro používání			
Popis opatření:	Školení o zásadách ergonomické práce na pracovišti: Ergonomické používání pracoviště a postupy, především ergonomické pohyby. Školení o bezpečnosti práce na pracovišti: Informování o možnosti nepohodlí vlivem hluku z provozu pracoviště a informování o nebezpečných následcích poškození sluchu. Bezpečnostní sdělení v okolí pomocí piktogramů a tabulek: Používej chrániče sluchu!		
Snížené riziko po opatření	Závažnost možné škody na zdraví	S1 – Lehké poranění	Velikost rizika 0
	Četnost a doba trvání ohrožení	A1 – Zřídka až častěji	
	Možnost vyvarování se nebezpečí	E1 – Běžné	
	Pst. výskytu nebezpečné události	W1 – Malá	
Validace: Opatření jsou dostatečná		Zbyněk Piech	17. 4. 2021