

Návrh ergonomického designu pracoviště svařování ve vybrané společnosti

Bc. Filip Húšť

Diplomová práce
2025



Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky

Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně
Fakulta managementu a ekonomiky
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Akademický rok: 2024/2025

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: Bc. Filip Húšť
Osobní číslo: M23134
Studijní program: N0488P050002 Průmyslové inženýrství
Forma studia: Prezenční
Téma práce: Návrh ergonomického designu pracoviště svařování ve vybrané společnosti

Zásady pro vypracování

Úvod

Definujte cíle práce a použité metody zpracování práce.

I. Teoretická část

- Provedte literární rešerši z oblasti ergonomie.

II. Praktická část

- Zpracujte analýzu současného stavu ergonomických principů na pracovišti svařování.
- Na základě výsledků z analýzy navrhnete zlepšení ergonomického designu pracoviště.
- Provedte zhodnocení navrhovaných řešení.

Závěr

Rozsah diplomové práce: **cca 70 stran**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná/elektronická**

Seznam doporučené literatury:

BOLLANS, Ian a PREECE, David. *Occupational Health & Safety Solutions: Practical Compliance*. Londýn: Informa Law from Routledge, 2024. ISBN 978-1-003-45574-5.
DYLEVSKÝ, Ivan. *Biomedicínská ergonomie*. Praha: Grada, 2022. ISBN 978-80-271-3600-1.
JIRÁK, Zdeněk a LEHOČKÁ, Hana. *Fyziologie práce*. Ostrava: Ostravská univerzita, 2021. ISBN 978-80-7599-223-9.
MANSDORF, Seymour Zack. *Handbook of Occupational Safety and Health*. 3rd ed. Hoboken: Wiley, 2019. ISBN 9781118947265.
SALVENDY, Gavriel a KARWOWSKI, Waldemar. *Handbook of human factors and ergonomics*. 5th ed. Hoboken: Wiley, 2021. ISBN 978-1-119-63608-3.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Lucie Hrbáčková, Ph.D.**
Ústav průmyslového inženýrství a informačních systémů

Datum zadání diplomové práce: **10. února 2025**
Termín odevzdání diplomové práce: **25. dubna 2025**

L.S.

doc. Ing. Michal Pilík, Ph.D.
děkan

prof. Ing. David Tuček, Ph.D.
garant studijního programu

Ve Zlíně dne 10. února 2025

PROHLÁŠENÍ AUTORA DIPLOMOVÉ PRÁCE

Beru na vědomí, že

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

Prohlašuji, že

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

Ve Zlíně, dne

.....
podpis autora

ABSTRAKT

Diplomová práce je zaměřena na analýzu pracoviště svařování ve vybrané společnosti a návrh ergonomického designu nového pracoviště. Hlavním cílem práce je odstranění či snížení času v nepřijatelných a podmíněně přijatelných pracovních polohách, aby byly splněny všechny legislativní limity. Teoretická část poskytuje literární rešerši na téma ergonomického designu pracoviště, legislativních požadavků a současných trendů v oblasti ergonomie. Praktická část práce analyzuje současný stav zvoleného pracoviště pomocí ergonomických metod. Na základě zjištěných nedostatků jsou vypracovány návrhy, které pomocí nových pracovních nástrojů a pomůcek, změně postupů a nastavení pracoviště vedou k bezpečnému a ergonomickému pracovišti.

Klíčová slova: ergonomie, ergonomické checklisty, ergonomický design, pracovní polohy, průmyslové roboty

ABSTRACT

The thesis is focused on the analysis of the welding workplace in a selected company and the design of an ergonomic design of a new workplace. The main objective of the thesis is to eliminate or reduce the time spent in unaccepted and conditionally accepted working positions in order to meet all legislative limits. The theoretical part provides a literature review on the topic of ergonomic workplace design, legislative requirements, and current trends in the field of ergonomics. The practical part of the thesis analyzes the current state of the selected workplace using ergonomic methods. Based on the identified shortcomings, proposals are developed that, using new work tools and aids, procedures and workplace settings, lead to a safe and ergonomic workplace.

Keywords: ergonomics, ergonomic checklists, ergonomic design, workplace postures, industrial robots

Rád bych poděkoval všem, kteří mě během studia podporovali a přispěli k realizaci této diplomové práce. Velké díky patří paní Ing. Lucii Hrbáčkové, Ph.D., za odborné vedení, cenné připomínky a vstřícný přístup při zpracování této práce.

Děkuji také své rodině za trpělivost, podporu a pochopení, které mi po celou dobu studia nezištně poskytovali. Zvláštní poděkování patří mým rodičům, kteří mi byli vzorem a svou výchovou mě vedli k samostatnosti, zodpovědnosti a cílevědomosti.

OBSAH

ÚVOD.....	13
CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE.....	14
I TEORETICKÁ ČÁST.....	15
1 ERGONOMIE PRÁCE	16
1.1 VÝZNAM ERGONOMIE PRO ZAMĚSTNANCE I ZAMĚSTNAVATELE	17
1.2 LEGISLATIVNÍ DOKUMENTY	17
1.3 RIZIKOVÉ FAKTORY A KATEGORIZACE PRACÍ	18
1.3.1 Rizikový faktor – pracovní poloha.....	20
1.4 MUSKULOSKELETÁLNÍ ONEMOCNĚNÍ	21
2 DESIGN ERGONOMICKÉHO PRACOVÍŠTĚ	24
3 TRENDY A VÝZVY V ERGONOMII	31
3.1 KOLABORATIVNÍ ROBOTY	31
3.2 STÁRNUTÍ POPULACE A EXOSKELETY	32
3.3 SIMULACE PRACOVÍŠTĚ A VIRTUÁLNÍ REALITA	33
3.4 3D MAPOVÁNÍ LIDSKÉHO TĚLA.....	33
4 ROBOTIZOVANÁ PRACOVÍŠTĚ	35
4.1 VÝHODY A NEVÝHODY ROBOTŮ	35
4.2 SOUČÁSTI ROBOTU	36
4.3 TYPY ROBOTŮ	37
4.3.1 Průmyslové roboty	37
4.3.2 Servisní roboty	38
5 VYBRANÉ METODY A NÁSTROJE	40
5.1 ČASOVÁ STUDIE	40
5.2 POLOSTRUKTUROVANÝ ROZHOVOR.....	40
5.3 ISHIKAWA DIAGRAM.....	41
5.4 5X PROČ	42
5.5 RULA	42
5.6 ERGONOMICKÉ CHECKLISTY	43
5.7 PROJEKTOVÉ ŘÍZENÍ	44
5.8 SMART	44
5.9 LOGICKÝ RÁMEC	44
5.10 RIPRAN	45
5.11 TECNOMATIX PROCESS SIMULATE	46
II PRAKTICKÁ ČÁST.....	48

6	PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI.....	49
6.1	HISTORIE SPOLEČNOSTI	50
6.2	VÝROBNÍ PORTFOLIO.....	52
7	POPIS PRACOVIŠTĚ SVAŘOVÁNÍ.....	54
7.1	TOK VÝROBKU ZÁVODEM	54
7.2	POPIS PROVOZU PRACOVIŠTĚ SVAŘOVÁNÍ	55
7.2.1	Popis pracovního cyklu svařování.....	58
7.3	LAYOUT PRACOVIŠTĚ	61
8	ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU ERGONOMIE NA PRACOVIŠTI	63
8.1	VÝKON PRACOVIŠTĚ.....	63
8.2	ANALÝZA ČINNOSTÍ PRACOVNÍKA	63
8.3	POLOSTRUKTUROVANÝ ROZHOVOR.....	66
8.4	CHECKLISTY	68
8.4.1	Checklist pro základní ergonomické hodnocení pracovního místa s ohledem na onemocnění pohybového aparátu	69
8.4.2	Checklist pro zhodnocení rizikových pracovních poloh - poškozujících záda (v sedě i ve stoje)	69
8.4.3	Checklist pro hodnocení přijatelné, podmíněně přijatelné a nepřijatelné pracovní polohy v sedě i ve stoje – hlavní pracovní poloha	70
8.4.4	Checklist pro hodnocení přijatelné, podmíněně přijatelné a nepřijatelné pracovní polohy v sedě i ve stoje – vedlejší pracovní poloha	73
8.5	RULA ANALÝZA	74
8.5.1	Svařování.....	74
8.5.2	Nakládání materiálu	76
8.6	5X PROČ VÝSKYTU NEPŘIJATELNÉ PRACOVNÍ POLOHY PŘI NAKLÁDÁNÍ MATERIÁLU	79
8.7	ISHIKAWA DIAGRAM NEPŘIJATELNÝCH PRACOVNÍCH POLOH PŘI SVAŘOVÁNÍ.....	79
9	SUMARIZACE NEDOSTATKŮ Z ANALYTICKÉ ČÁSTI.....	82
10	PROJEKT ELIMINACE NEPŘIJATELNÝCH PRACOVNÍCH POLOH NA PRACOVIŠTI SVAŘOVÁNÍ	84
10.1	CÍL PROJEKTU	84
10.2	LOGICKÝ RÁMEC PROJEKTU.....	84
10.3	PROJEKTOVÝ TÝM	85
10.4	HARMONOGRAM PROJEKTU	85
10.5	RIZIKOVÁ ANALÝZA	86
11	NAVRHOVANÉ ZMĚNY PRO ERGONOMICKÝ DESIGN PRACOVIŠTĚ.....	89

11.1	STANDARDIZACE A ERGONOMICKÉ NASTAVENÍ PRACOVÍŠTĚ	89
11.2	ROTACE PRACOVNÍCH POZIC	91
11.3	ZMĚNA ZPŮSOBU NAKLÁDÁNÍ MATERIÁLU.....	93
11.4	TECHNICKÁ ÚPRAVA STROJE	96
11.5	ERGONOMICKÉ VYBAVENÍ PRACOVÍŠTĚ	99
11.6	ROBOTIZOVANÉ SVAŘOVÁNÍ	100
11.6.1	Výkonnost robotizovaného pracoviště.....	100
11.6.2	Využitá technologie a nutnost obsluhy	101
11.6.3	Výběr robotizovaného pracoviště	102
11.6.4	Úspora nákladů a doba návratnosti investice	103
11.7	PROTAHOVACÍ CVIČENÍ PRO UVOLNĚNÍ SVALŮ.....	104
11.8	ŠKOLENÍ PRACOVNÍKŮ NA NOVĚ ZAVEDENÉ ÚPRAVY	106
12	VYHODNOCENÍ NÁKLADŮ A PŘÍNOSŮ PROJEKTU A AKČNÍ	
	PLÁN	108
12.1	NÁKLADY PROJEKTU	108
12.2	PŘÍNOSY A VÝSLEDKY PROJEKTU	109
12.3	AKČNÍ PLÁN PROJEKTU.....	112
	ZÁVĚR	114
	SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY.....	115
	SEZNAM OBRÁZKŮ	126
	SEZNAM TABULEK.....	128
	SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK.....	129
	SEZNAM PŘÍLOH	130

ÚVOD

Jednoduché principy ergonomie pro přizpůsobení a zjednodušení práce pro pracovníka jako například použití páky jsou využívány už od počátku lidské civilizace. Největší rozvoj a obecné uznání ergonomie však zaznamenala až po 2. světové válce, kdy v důsledku velkého navyšování výroby především vojenské techniky a zbraní začalo docházet k viditelným negativním dopadům pracovního prostředí na zdraví pracovníků.

Od té doby uplynulo již 80 let a spousta firem si uvědomuje význam ergonomie pro spokojenost pracovníků i výkonnost výroby, avšak část podniků si dlouhodobé pozitivní dopady ergonomie stále neuvědomuje.

V kontextu příchodu Průmyslu 4.0 a nových technologií, které se podílejí na zvyšování výkonnosti a efektivity pracovišť, dochází také ke zvyšování nároků na výkon člověka. Zařazování nových technologií do každodenní práce otevírá nové potřeby a příležitosti uplatnění ergonomie.

Studie v posledních letech reportují zvyšující se počet výskytu nemocí z povolání, které mají významné dopady nejen na zdraví člověka, ale také na ekonomickou výkonnost firem a celé společnosti. S rozvojem vědy a technologií však přicházejí také nové možnosti, jak zkoumat lidské tělo, designovat nová pracoviště, měřit dopady pracovního místa na člověka a uzpůsobit pracovní prostředí pro eliminování těchto nemocí.

Tato práce se věnuje ergonomii pracoviště svařování a možnosti robotizace tohoto procesu. V teoretické části jsou popsány faktory ovlivňující správné nastavení ergonomického pracoviště a základy robotiky. V analytické části je představena společnost ROSTRA Stamping s.r.o. a provedeno hodnocení pracovní pozice. Na základě zjištěných nedostatků byla vypracována praktická část, která poskytuje návrh pro vytvoření bezpečného ergonomického pracoviště. Vzhledem k požadavkům na výrobu a náročnosti vykonávané práce byl vypracován také návrh robotizovaného pracoviště, které by svým výkonem splnilo domluvený objem výroby a odstranilo namáhání pracovníků.

Navržené změny pro uspořádání pracovního místa a snížení zátěže pracovníků jsou však aplikovatelné na podobné pozice ve výrobních závodech. Jsou dobrým začátkem pro vytvoření bezpečného pracovního prostředí.

CÍLE A METODY ZPRACOVÁNÍ PRÁCE

Hlavním cílem této práce je návrh ergonomického designu pracoviště svařování za účelem snížení výskytu nepříjemných a podmíněně přijatelných pracovních poloh na legislativní limity vycházející z legislativy České republiky. Hlavní metrikou je čas, který pracovník stráví v podmíněně přijatelných pracovních polohách.

Díličí cíle projektu zahrnují zavedení nového způsobu nakládání materiálu, vytvoření standardizovaného postupu pro nastavení pracoviště a zpracování návrhu robotizovaného pracoviště svařování.

Analytická část hodnotí pracovní pozice a rizikové faktory pomocí polostrukturovaných rozhovorů, snímků pracovního dne, ergonomických checklistů a RULA analýzy.

Projektová část je definována metodou SMART a logickým rámcem, rizika jsou ohodnocena metodikou RIPRAN. Zlepšení jsou vizualizována pomocí obrázků a tabulek, technické úpravy stroje jsou vypočítány v softwaru Process Simulate. Závěr práce zahrnuje nákladovou analýzu, zhodnocení přínosů a nákladů projektu a akční plán.

I TEORETICKÁ ČÁST

1 ERGONOMIE PRÁCE

Člověk a jeho práce je pro firmy stále tím nejdůležitějším zdrojem, proto je důležité, aby jeho zdraví bylo chráněno a pro práci mu byly poskytovány bezpečné a komfortní podmínky. (Padrón-Sardiña, 2024)

„Ergonomie (z řečtiny ergon práce a nomos zákon) je věda zabývající se optimalizací lidské činnosti, tj. takový přístup k činnostem a technice, který vychází z možností, schopností a dovedností člověka a již při určování koncepce a projektování techniky (pracoviště), nástrojů, nábytku a podobně, respektuje všechna jeho omezení“ (Málek et al., 2014, s. 91).

Chundela (2015) doplňuje, že neustálý vývoj technologií a nároků na obsluhu pracovišť může vést k nepřiměřeným požadavkům na výkon člověka, což může vést k jeho přetížení a nepříznivým trvalým dopadům na jeho zdraví. Vyzdvihuje potřebu ergonomie a jejího antropocentrického přístupu, tedy přístupu, který umožní přizpůsobení designu pracoviště potřebám a možnostem člověka.

Bridger (2009) problematiku popisuje tak, že kdykoliv přijde člověk do styku se strojem či pracovní pomůckou, dostává se do kontaktu s designem daného objektu. Charakter designu poté ovlivňuje náročnost a bezpečnost procesu. Říká, že v případě problémů s produktivitou pracoviště může být krokem ke zlepšení změna pracovního prostředí, jeho designu a jiný design operací.

Salvendy a Karwowski (2021) uvádějí, že ačkoliv počátky ergonomie zkoumaly především vztah člověka a stroje, dnešní ergonomie řeší interakci pracovníka s jeho prostředím a organizačním systémem.

Aft (2000, s. 366) nastiňuje širokou oblast ergonomie. Říká, že ergonomie práce zahrnuje *„studování celého pracovního systému skrz aplikaci metod průmyslového inženýrství, psychologie a fyziologie, abychom zajistili co nejproduktivnější pracovní místa.“* Souhlasí však s výše zmíněnými autory, že pracovní prostředí musí být přizpůsobeno limitům a schopnostem pracovníků.

Jiráková a Lehocká (2021) uvádějí, že ergonomie je obor velmi rozsáhlý a interdisciplinární. Kombinuje poznatky například z:

- Technických věd - strojírenství, technologie či normování,
- Humanitních věd – antropometrie, psychologie a fyziologie práce.

1.1 Význam ergonomie pro zaměstnance i zaměstnavatele

„Ergonomie pomáhá najít cestu k prostředí, kde zaměstnancům nehrozí žádná rizika. Zaměstnavatel je hlavně zodpovědný za poskytnutí bezpečného pracovního prostředí a také zaměstnanci by měli udržovat návyky, díky kterým se budou cítit zdravě a pohodlně“ (Abinaya Ishwarya a Rajkumar, 2020, s. 2415).

Neves et al. (2022) však připomíná přínosy ergonomie i pro samotné zaměstnavatele a říká, že její aplikace může mít dopad na snížení zdravotních rizik i návratnost investic. Proto dodává, že ergonomie by měla být součástí firemní politiky, norem a standardů, to vše pod dohledem managementu a všech ostatních zainteresovaných stran.

Abinaya Ishwarya a Rajkumar (2020, s. 2416) přišli s několika oblastmi, které jsou prospěšné ať už pro zaměstnavatele:

- *„Zvýšení produktivity,*
- *Snížení počtu incidentů a zranění, což vede ke snížení finančních kompenzací.*

Nebo pro zaměstnance:

- *Snížení mentálního zatížení pracovníka,*
- *Snížení muskuloskeletální bolesti,*
- *Zvýšení efektivity, což je vede k práci bez absencí,*
- *Snížení závažných incidentů a zranění z práce,*
- *Zvýšení důvěry.“*

Mansdorf (2019) říká, že ergonomicky designované pracoviště vede ke zdravému, produktivnímu a efektivnímu prostředí.

Malla et al. (2022) doplňují, že ergonomická opatření zavedená s ohledem na pracovníky, vedou k minimalizaci fyzické i psychické zátěže, chrání jejich zdraví a duševní pohodu. To může vést k vyšší spokojenosti zaměstnanců a ke zvýšení jejich produktivity.

1.2 Legislativní dokumenty

Málek et al. (2014) zdůrazňuje důležitost ukotvení limitů ergonomických kritérií v legislativě, díky čemuž může být kontrolováno jejich dodržování. Říká, že *„jsou nastaveny tak, aby zdravý jedinec, který se vzrůstem, schopnostmi a zdatností nevymyká přes určitou*

mez z průměru (většinou se jedná o 90. percentil), byl schopen vykonávat práci za takových podmínek bez vážnějšího poškození zdraví po celý produktivní věk“ (Málek et al., 2014, s. 91).

Česká ergonomická společnost uvádí tyto základní právní předpisy:

- Zákon č. 262/2006 Sb. - Zákoník práce,
- Zákon č. 369/2006 Sb. upravující podmínky BOZP,
- Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. pro stanovení podmínek ochrany zdraví při práci,
- Nařízení vlády č. 101/2005 Sb. specifikující požadavky na pracoviště a jeho prostředí,
- Vyhláška č. 432/2003 Sb. pro stanovení podmínek zařazování prací do kategorií dle jednotlivých rizikových faktorů. (Ergonomie, 2025)

Podchytit celou oblast ergonomie a všechny možná rizika je však legislativně nemožné. Při hodnocení ergonomie je tak potřeba aplikovat lékařský i bezpečnostní pohled a nespokojit se s výskytem některých rizik, která nejsou legislativně ošetřeny. (Jiráček a Lehocká, 2021)

1.3 Rizikové faktory a kategorizace prací

Vyhláška č. 432/2003 Sb., která určuje kategorizaci pro jednotlivé faktory, rozeznává tyto rizikové aspekty: „*fyzikální, chemické a biologické činitele, prach, fyzickou zátěž, zátěž teplem a chladem, psychikou a zrakovou zátěž a další faktory, které mají nebo mohou mít vliv na zdraví*“ (Vyhláška č. 432/2003 Sb., 2003).

Zaměstnavatel by měl provést hodnocení rizikových faktorů na základě nařízení vlády č. 361/2007 Sb. a dalších nařízení uvedených v kapitole č. 1.2 - Legislativní dokumenty. V těchto dokumentech jsou uvedena také minimální opatření pro ochranu pracovníků. Dle získaných informací z hodnocení by měla firma provést kategorizaci práce podle vyhlášky č. 432/2003 Sb. (Neugebauer, 2016)

Bollans a Preece (2024) uvádějí jako první krok takového hodnocení rozhovor se zaměstnanci a jejichmi vedoucími v kombinaci s osobní prohlídkou pracoviště, což by mělo odhalit základní nedostatky a rizika.

Mansdorf (2019) dále doporučuje určit klíčové pracovní úkoly pozice, popsat jejich elementární součásti a specifikovat, jaké faktory je ovlivňují.

Malý, Král a Hanáková (2010) popisují rizikové kategorie jako rozdělení, s jakou pravděpodobností a s jakým dopadem na zdraví může daný rizikový faktor nastat.

Vyhláška č. 432/2003 Sb. rozděluje faktory do těchto kategorií:

- Kategorie 1 – faktor by neměl ohrožovat zdraví pracovníka. Málek (2014) dodává, že tato kategorie není detailně specifikována.
- Kategorie 2 – zdraví může být výjimečně poškozeno, zejména u vnímavých jedinců. Takoví lidé jsou náchylnější k negativním účinkům rizikových faktorů na zdraví. Málek (2014) popisuje, že v této kategorii nejsou porušovány nastavené limity a dopad na zdraví pracovníků je přijatelný.
- Kategorie 3 – tato kategorie je již riziková a představuje hrozbu pro zdraví pracovníků. Je potřeba využívat ochranné pracovní pomůcky. (Malý, Král a Hanáková, 2010). Málek (2014) zdůrazňuje nutnost úpravy pracoviště pro odstranění rizikového faktoru.
- Kategorie 4 – pracovník se nachází na pracovišti s vysokou mírou zdravotního rizika. (Málek, 2014). Malý, Král a Hanáková dodávají, že „*na takovém pracovišti nemusí být možné riziko vyloučit ani při používání dostupných OOPP*“ (2010, s. 85).

Pokud je práce zařazena do rizikové kategorie, měl by zaměstnavatel učinit taková opatření, která povedou ke snížení rizikových faktorů do takové míry, že práce bude moci být zařazena do nižší kategorie. (Neugebauer, 2016)

Marek a Skřehot (2009) zdůrazňují, že se často mluví o dopadu jednotlivých rizikových faktorů na zdraví pracovníka, ovšem málokdy se počítá s kumulativním působením těchto faktorů. Tedy se situací, kdy na pracovníka působí více faktorů zároveň. Kombinace různých i poměrně slabých rizikových faktorů pak může i nemusí zesilovat negativní účinky na člověka.

Uvádějí také výčet rizikových faktorů dle Vyhlášky č. 361/2007 Sb.

- Zátěž teplem a chladem (mikroklimatické podmínky),
- Chemické faktory,
- Biologické činitele,

- Fyzickou zátěž rozdělenou na celkovou fyzickou zátěž, lokální svalovou zátěž, pracovní polohy a ruční manipulaci s břemeny,
- Fyzikální faktory.

Podle vyhlášky č. 432/2003 je také doplňují o prach, psychickou zátěž, zrakovou zátěž a práci ve zvýšeném tlaku vzduchu. (Marek a Skřehot, 2009)

Státní zdravotní ústav do fyzikálních faktorů řadí tepelně-vlhkostní klima, elektromagnetické klima, ionizaci ovzduší, hluk na pracovišti či vibrace. Pracuje také s pojmem psychologická pracovní zátěž, do které řadí stres na pracovišti a nezdravé pracovní vztahy, které mohou mít formu bossingu či šikany. (Státní zdravotní ústav, © 2023 – 2025)

Význam psychologické zátěže ve formě stresu také akcentuje Bollans a Preece (2024). Uvádějí, že 50 % nových případů špatného zdraví v souvislosti s prací tvoří právě stres, deprese a úzkost. Nejčastěji se tyto negativní faktory objevují v oblastech vzdělávání, zdravotnictví a veřejné správy.

1.3.1 Rizikový faktor – pracovní poloha

Hodnocení pracovní polohy probíhá na pracovních pozicích, kde zaměstnanec trvale vykonává pracovní činnost, především pokud se jedná o opakované pracovní úkony. Hodnocení by mělo být provedeno především na pracovištích, kde si pracovník nemůže přizpůsobit výšku pracoviště sám, protože je dána například konstrukcí stroje nebo uspořádáním pracoviště. (Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., 2007)

Dylevský (2022) rozděluje pracovní polohy dle jejich dopadu na svalový systém na fyziologicky vhodnou a nevhodnou polohu. Vhodnou fyziologickou polohou je dle něj poloha co nejvíce přirozená, blíží se neutrální poloze kloubů lidského těla.

V nevhodných pracovních polohách dochází k výrazné změně polohy trupu a končetin. Vhodnost či nevhodnost pracovní polohy je poté odvozena od uspořádání a rozměrů pracovního místa a antropometrických rozměrů člověka. (Gilbertová a Matoušek, 2002)

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. (2007) udává systém hodnocení pracovních poloh.

1. Jako první by hodnotící pracovník měl změřit úhly, ve kterých se nachází jednotlivé části těla hodnoceného pracovníka.

2. Poté podle zjištěných hodnot provede hodnocení, zda se jedná o přijatelnou, podmíněně přijatelnou či nepřijatelnou pracovní polohu, případně za jakých podmínek se toto hodnocení může změnit.
3. Na základě doby v podmíněně přijatelných a nepřijatelných polohách bude provedeno zařazení do první, druhé nebo třetí kategorie. (Vyhláška č. 432/2003 Sb., 2003)
 - a. Do druhé kategorie spadají pracovní pozice, ve kterých se vyskytují podmíněně přijatelné pracovní polohy, které jednotlivě v součtu činí více než 100 minut, ale nepřesahují délku 160 minut. Pracovní polohy nesmějí překračovat limity stanovené nařízením vlády č. 361/2007 Sb. Můžou se zde vyskytovat také nepřijatelné pracovní polohy, každá ale musí být v limitu 20 až 30 minut.
 - b. Do třetí kategorie je pozice zařazena v situaci, kdy překračuje limity nastavené pro druhou kategorii.
 - c. Kategorie čtvrtá není pro tento rizikový faktor stanovena.

Gilbertová a Matoušek (2002) uvádějí několik metod zpracovaných v odborné literatuře, které se věnují hodnocení pracovních poloh na základě úhlů jednotlivých částí těla. Uvádějí například metodu RULA, OWAS, REBA nebo TRAC.

Dylevský popisuje tyto „základní pracovní polohy: stoj, předklon, záklon, sed, klek a leh“ (2022, s. 131). Jiráček a Lehocká (2021) však připomínají, že běžně hodnotíme pouze pracovní polohy v sedě a ve stoje, protože jakékoliv další jsou z pohledu fyziologie nepřijatelné.

Obecně je také potřeba rozlišovat pracovní polohy na základní a vedlejší. V základní pracovní poloze se pracovník nachází většinu svého pracovního času, kdežto ve vedlejší pracovní poloze pracovník provádí pomocné operace jako je například skartování dokumentů. (Dylevský, 2022)

1.4 Muskuloskeletální onemocnění

„Muskuloskeletální bolest a potíže jsou dobře známými a častými problémy v téměř všech povoláních a zemích, kde se vyskytují jako následek vystavení člověka několika stresorům, jako jsou opakované pohyby, nepřírozené pracovní polohy, přepětí nebo lokální mechanické napětí“ (Hasheminejad et al., 2021, s. 292).

Mnohé studie mluví například o nemocích z povolání u řidičů autobusů, lékařů nebo pracovníků v zemědělství či ve stavebním průmyslu. Ishwarya a Rajkumar (2020) uvádějí, že z důvodu dlouhodobých rutinních pracovních úkolů čelí i mladí lidé zdravotním problémům.

Příčinou muskuloskeletálních poruch jsou rizikové faktory, ať už ve fyzické, organizační či psychosociální rovině. (Zare et al., 2020) S tím souhlasí i Marek a Skřehot (2009), do nemoci z povolání na základě legislativy České republiky zahrnují i akutní otravu z chemických látek.

Málek et al. (2014, s. 245) popisuje, že *„za nemoci související s prací považujeme onemocnění, u kterých je doloženo zpravidla výsledky statistického hodnocení, že se vyskytují významně častěji v kolektivu pracovníků pracujících za stejných pracovních podmínek.“*

Nemoci z povolání jsou v legislativě uvedeny v nařízení vlády č. 290/1995 Sb., a jejich uznání provádí odborná pracoviště. „Ohrožení nemocí z povolání“ jsou pak označeni pracovníci, kteří práci vykonávali za působení rizikového faktoru, jejich zdraví nebylo poškozeno pro uznání nemoci z povolání, ale další pokračování v této práci by vedlo k jejímu vzniku. (Neugebauer, 2016)

Málek et al. (2014) dodává, že pro uznání nemoci z povolání musí být tato nemoc uvedena ve výše zmíněném nařízení vlády a musí být také prokázáno, že pracovník pracoval na pracovišti za podmínek vedoucích k danému onemocnění.

Pektor a Dombek (2024) upozorňují, že i v případě pracovníka, který přišel do nového zaměstnání, ve kterém mu po jedné odpracované směně na pracovišti s určitým rizikovým faktorem v rizikové kategorii byla diagnostikována nemoc z povolání, dopadá zodpovědnost a náklady na nového zaměstnavatele.

Jedny z nejčastějších příčin poranění horních končetin a krku jsou dle Kačerová et al. (2022) repetitivní pracovní činnosti vykonávané horními končetinami spolu s vibracemi z pracovních nástrojů. Její studie uvádí, že dvě třetiny pracovníků v Evropské unii vykonávají repetitivní pracovní činnosti horními končetinami a čtvrtina z nich přichází do kontaktu s pracovními nástroji vydávajícími vibrace.

Bollans a Preece (2024, s. 73) uvádějí, že poranění horních končetin se může projevat *„občasnou bolestí, citlivostí, ztuhlostí, křečemi a potížemi s pohybem a/nebo otoky.“* Symptomy poté rozdělují na ty, které lze identifikovat (například syndrom karpálního tunelu

nebo Raynaudův syndrom kdy dochází k zblednutí prstů z vibrací), a na ty, které se projevují bolestí, ale jsou zatím neidentifikovatelné.

Muskuloskeletální poruchy ale kromě ohrožení zdraví pracovníků mají dopady i na zaměstnavatele, kterým způsobují velkou finanční zátěž. Mansdorf (2019) se na problematiku dívá také z pohledu nepřímých a přímých nákladů vynaložených na pracovní úrazy a onemocnění. Za přímé náklady považuje lékařskou péči a odškodnění pracovníků, kdežto nepřímé náklady tvoří například poškození pracoviště, zaškolení nového pracovníka nebo vyšetřování úrazu. Udává, že názory na poměr nepřímých a přímých nákladů se v odborné literatuře v průběhu let výrazně odlišují, nicméně na základě posledních poznatků doporučuje používat poměr 0,8:1 při vypočítávání celkových nákladů.

Hasheminejad et al. (2021) říkají, že muskuloskeletální poruchy mohou být odstraněny pomocí ergonomické iniciativy. Důležitou součástí však je zapojení zaměstnanců do identifikování problémů a navrhování řešení.

2 DESIGN ERGONOMICKÉHO PRACOVISTĚ

„Ergonomický design pracoviště a ergonomické fyzické pracovní prostředí přináší hmatatelné pozitivní výsledky pro pracovníky i zaměstnavatele“ (Polak-Sopińska, 2019, s. 125).

Salvendy (2001, s. 1061) přemýšlí nad designem pracovního místa v souvislosti s těmito faktory:

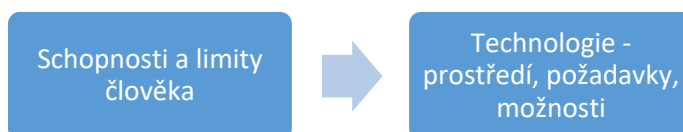
- „Layout pracoviště včetně výšky jednotlivých částí a umístění nástrojů,
- design nástrojů,
- využití metody a pracovní zvyky,
- nároky na pracovníka ve smyslu vynaložené síly a vizuální kontroly,
- a antropometrické rozměry pracovníka.“

Dále uvádí, že špatné držení těla a pracovní polohy mohou vést ke zdravotním problémům pracovníka.

Antropometrii Dylevský (2022, s. 30) definuje jako „soubor technik, kterými měříme především zevní rozměry a proporce lidského těla.“ Dodává, že tato měření mají mezinárodně nastavené postupy, které měří přesně dané antropometrické body.

Marek a Skřehot (2009, s. 56) popisují faktory ovlivňující pracovní místo konkrétněji. Dle nich se jedná o tyto faktory: „zorné podmínky, pracovní poloha, pracovní pohyby, pracovní rovina, rozmístění ovladačů a hmatníků, rozmístění sdělovačů, pracovní sedadlo a pracovní stůl a všeobecné podmínky.“ Na tyto parametry by se mělo dbát při designování a hodnocení pracoviště.

Za ergonomický design je považováno přizpůsobení systému nebo pracoviště možnostem pracovníka. Ergonomie je tak dle Salvendy a Karwowski (2021) spíše designovou disciplínou, i když ve skutečnosti jsou často korigovány až interakce mezi existujícím pracovištěm a člověkem.



Obrázek 1 Posloupnost ergonomického designování

(zdroj: vlastní zpracování dle Salvendy a Karwowski, 2021, s. 17)

To potvrzuje i Kačerová et al. (2022), která říká, že kvůli zvyšujícím se počtům nemocí z povolání je potřeba designovat pracoviště ještě před jejich zapojením do výroby.

Hlávková (2012) uvádí několik principů pro nastavení správné ergonomie pracoviště. V první řadě doporučuje omezit tyto pohyby při designování pracovního procesu:

- otáčení, flexe, extenze a uklánění do strany krku a zad,
- extenze, flexe a vychýlení zápěstí,
- flexe, extenze paží a upažení do strany směrem od těla nebo přes tělo,
- opakování jednostranně zatěžujících pohybů,
- nadměrné vyvíjení síly, zamezit tomu, aby byly předměty uchopovány 2-3 prsty, namísto toho používat všechny prsty a dlaň.

Pro nastavení pracoviště uvádí tyto instrukce:

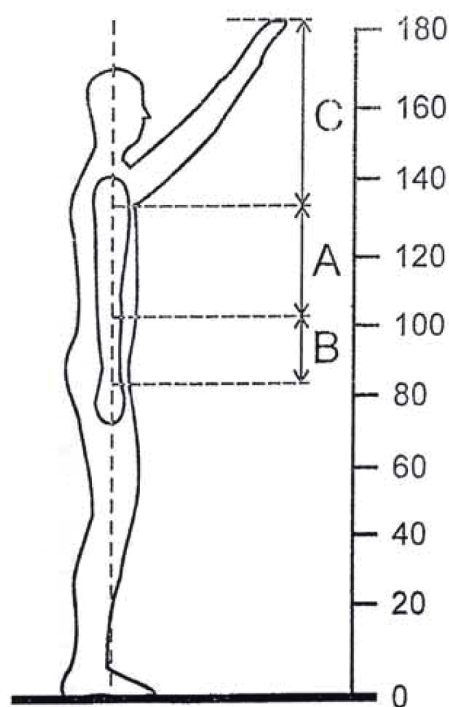
- pracoviště by mělo být možné nastavit individuálně pro každého pracovníka, to znamená využít například židli s nastavitelnou výškou sedadla či nastavitelnou plošinu, na které by pracovník mohl stát,
- horní část paží pracovníka by měla být svisle podél těla a úhel u lokte by měl svírat 90-100°,
- nastavit pracoviště tak, aby se pracovník nemusel příliš natahovat,
- a nejčastější operace by měl pracovník vykonávat přímo před sebou.

Salvendy a Karwowski (2021) doporučují vybavit pracoviště co nejvíce prvky s možností přizpůsobení pro pracovníky rozdílných antropometrických rozměrů.

Z hlediska vykonávaných operací by z pracovního postupu měly být eliminovány všechny manuální manipulace vykonávané pracovníkem. Bollans a Preece (2024) uvádějí dva základní principy, které by k tomu mohly pomoci:

- Částečně nebo úplně odstranit ruční manipulaci. Částečná redukce může být provedena například zkrácením manipulačních vzdáleností pomocí umístění materiálu co nejblíže místa, kde s ním bude dále manipulováno.
- Pokud je potřeba odstranit ruční manipulaci úplně, je možné využít dopravníků, výtahů pro přesun materiálů mezi patry, či robotů.

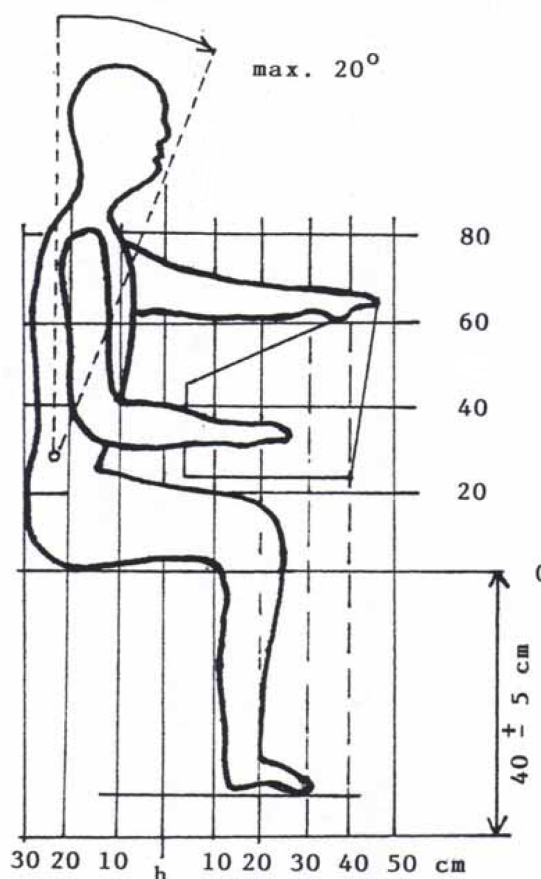
V nařízení vlády č. 361/2007 jsou uvedeny optimální výšky ve kterých by pracovník měl vykonávat většinu pracovních operací. Uvedeny jsou grafická zobrazení pracovníka ve stoje (obrázek č. 2) i v sedě (obrázek č. 3).



Obrázek 2 Dosahy horních končetin ve svislé rovině vstoje

(zdroj: Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., 2007)

Na výše uvedeném obrázku pracovníka ve stoje jsou uvedeny 3 výšky manipulačních prostorů, ve kterých by měl pracovník manipulovat. Oblast A, tedy přibližně od 110 cm do 130 cm je optimální oblastí, ve které by se měl pohybovat většinu času při vykonávání pracovního procesu. Oblast B od 80 cm do 100 cm je stále ještě přijatelná, oblasti C, tedy nad 130 cm by se měl ale pracovník vyhnout při časté manipulaci. (Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., 2007)



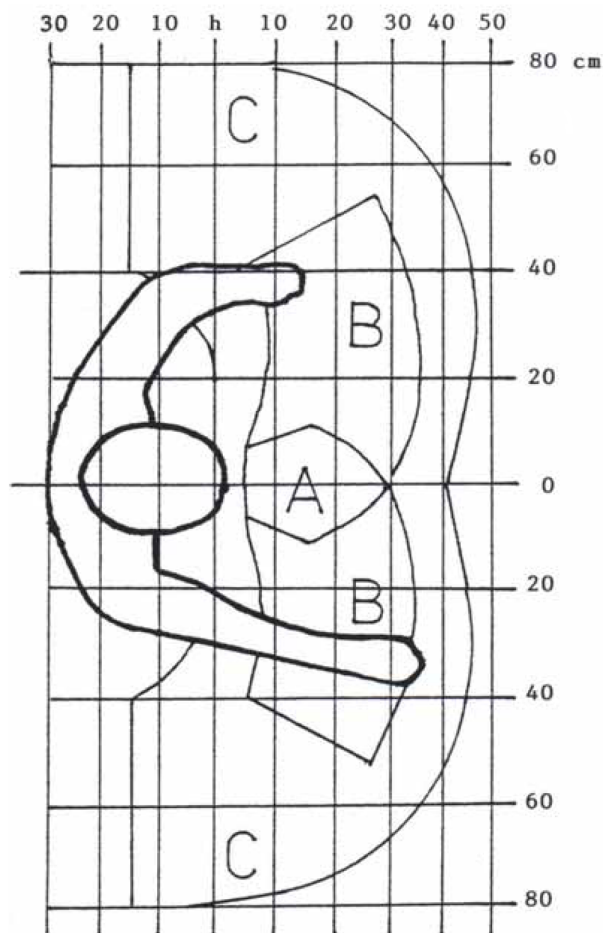
Obrázek 3 Dosahy horních končetin ve svislé rovině při práci v sedě

(zdroj: Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., 2007)

Na obrázku sedícího pracovníka jsou uvedeny dosahy horních končetin. Za předpokladu, že by bylo dodrženo doporučení od Hlávkové (2012) a horní část paže by byla svisle podél těla, byla by manipulační vzdálenost horních končetin 25 cm od pracovníka.

Na obrázku číslo 4 jsou uvedeny dosahové vzdálenosti pracovníka při práci v sedě i ve stoje. Názvy jednotlivých oblastí opět reprezentují to, jak často by se měl pracovník v dané poloze nacházet:

- v oblasti A se pracovník může pohybovat často, je to také oblast, ve které může vykonávat přesné operace,
- oblast B si již může žádat naklonění do strany či předklánění,
- a oblast C vyžaduje otáčení trupu a tyto pohyby by měly být méně časté. (Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., 2007)



Obrázek 4 Dosahy horních končetin ve svislé rovině při práci vsedě i vstoje

(zdroj: Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., 2007)

Dále dle nařízení vlády č. 361/2007 Sb. musí pracovní místo splňovat například tyto parametry:

- prostor pro trvalou práci minimálně 2 m²,
- nastavitelnost výšky pracovní roviny pro různé tělesné rozměry zaměstnanců, stejně tak všechny manipulační roviny a pohybové prostory,
- pokud je pracovní rovina příliš vysoká, je potřeba místo vybavit nastavitelnou židlí do potřebné výšky a opěrkou pod nohy.

Bollans a Preece (2024) nabízí jinou metodu pro výpočet minimálního prostoru pro pracovníka. Uvádějí rozměr tak zvaného „prostoru pro dýchání“, který by měl na každého pracovníka činit 11 m³. Počítá se však s maximální výškou místnosti 3 m (pokud je strop vyšší, stále se započítávají pouze 3 m), v takovém případě by tedy minimální prostor pro pracovníka na podlaze měl být 3,7 m².

Pro práci u počítače a jiných zobrazovacích jednotek by měl být stůl velký tak, aby umožňoval flexibilní rozmístění všech potřebných zařízení. Šířka stolu by měla být minimálně 75 cm a jeho výška nastavitelná pro pracovníky různých fyzických rozměrů. Horní hrana monitoru by měla být ve výšce očí zaměstnance. Správná židle je z hlediska ergonomie pro kancelářské pracovní pozice zásadní. Výška sedáku židle nesmí být vyšší, než je podkolenní jamka pracovníka. V opačném případě je potřeba pracoviště vybavit podložkou pod nohy. Je také doporučeno používat při psaní na klávesnici podporu zápěstí pro snížení jeho flexe a zlepšení výkonu. (Malá et al., 2021)

Jiráček a Lehocká (2021) potvrzují výše uvedené nastavení pracovního místa. Vyzdvihují potřebu správného výběru židle, která by měla být nastavitelná a měla by disponovat opěrou pro bederní oblasti pracovníka.

Marek a Skřehot (2009) doplňují, že pracovník by měl sedět vzpřímeně, židle by měla mít loketní opěrky a pracovníkovy oči by měly být vzdáleny od monitoru 50-70 cm.

V souvislosti s přizpůsobením pracovního místa všem pracovníkům upozorňují Jiráček a Lehocká (2021) na náročnost realizace takového pracoviště. Uvádějí, že antropometrické rozměry člověka se neliší významně jenom napříč různými etniky, ale také v rámci jedné populační skupiny.

Proto Mansdorf (2019) uvádí, že je důležité si na začátku analýzy nebo designování pracoviště uvědomit, jací pracovníci danou činnost vykonávají.

Dylevský (2022) uvádí, že pro potřeby designování pracoviště je potřeba pracovat s tzv. percentily, které umožňují zjistit, kolik procent pracovníků dosahuje daného rozměrového parametru. Vybrané údaje o rozměrech těla mužů a žen jsou uvedeny v tabulkách níže (tabulky číslo 1 a 2).

Tabulka 1 Vybrané rozměrové parametry těla muže

Rozměry	5 %	50 %	95 %
Výška ve stoji (mm)	1670	1770	1860
Délka předpažení (mm)	800	850	890
Výška očí v sedě (mm)	740	800	850

(zdroj: vlastní zpracování dle Dylevský, 2022)

Tabulka 2 Vybrané rozměrové parametry těla ženy

Rozměry (mm)	5 %	50 %	95 %
Výška ve stoji (mm)	1550	1660	1750
Délka předpažení (mm)	740	800	840
Výška očí v sedě (mm)	700	750	810

(zdroj: vlastní zpracování dle Dylevský, 2022)

Správné nastavení pracoviště může být výzvou i za předpokladu, že na něm bude pracovat pouze jeden pracovník. Kompromisy se totiž musí dělat i pro jednotlivé části těla, jak uvádějí Salvendy a Karwowski (2021). Když dojde ke zlepšení pracovní polohy pro jednu část těla, může to znamenat, že dojde ke zhoršení pracovní polohy pro druhou část těla. Typickým kompromisem je pracovní poloha krku a ramenou, kdy je potřeba najít vhodnou polohu zvednutí rukou a flexe krku.

3 TRENDY A VÝZVY V ERGONOMII

Nemoci z povolání vedou k vysokým nákladům nejen pro firmy, ale také pro celou společnost. Proto by mělo být snahou využívat moderních technologií pro zlepšení pracovních podmínek zaměstnanců, které také povedou ke zvýšení produktivity a kvality výrobních závodů. (Bruno et al., 2020)

Aft (2000) ve své knize popisuje úvahy od Gustafsona a Rockwaye už z roku 1981, kdy jejich první myšlenkou pro design nového pracoviště bylo, zda je přítomnost pracovníka vůbec potřeba. A pokud ano, jak by šlo některé funkce automatizovat?

V dnešní době jsou pro oblast ergonomie novými trendy automatizace, umělá inteligence a obecně nové technologie, které nás provází nejen v pracovním životě. (Padrón-Sardiña, 2024)

V této kapitole jsou detailněji popsány čtyři trendy, které oblast ergonomie posunují, a také výzvy, na které musí ergonomie hledat vhodná řešení.

3.1 Kolaborativní roboty

Kolaborativní roboty jsou designovány pro pomoc operátorům ve výrobě s jejich manuálními aktivitami. Kombinují silné stránky operátorů a moderních technologií. (Gualtieri et al., 2021)

Jejich slabou stránkou je nízká nosnost ve srovnání s průmyslovými roboty, dosah ramen či bezpečnost pracovníka. Na rozdíl od plně autonomních robotů jsou tyto roboty lehčí, menší a vynikají svou flexibilitou a možností spolupráce s operátorem. Výhodou kolaborativních robotů je také jednodušší ovladatelnost oproti tradičním robotům, které je potřeba programovat na přesně dané instrukce. (Musílek, 2018)

Niku (2020) také uvádí, že vzhledem k požadavku na vysokou rychlost robotů mají dnes kolaborativní roboty rychlost podobnou jako běžné roboty ve výrobě. A to i díky tomu, že dokážou monitorovat své okolí pomocí kamer nebo senzorů, rozpoznají tak člověka, kterému by potenciálně mohli ublížit, a upraví podle toho své chování.

Colim et al. (2024) považují možnost využívat kolaborativní roboty ve výrobě jako jeden z významných přínosů Průmyslu 4.0 pro ergonomii pracovišť. Benefity této technologie vidí ve snížení zátěže pracovníků a tím pádem i zmenšení rizika muskuloskeletálních onemocnění, zvýšení produktivity a kvality. Ve své studii na třech

praktických aplikacích ukazují zvýšení spokojenosti pracovníků a ergonomických podmínek. Zdůrazňují, že pro úspěšnou aplikaci je třeba kombinovat tři faktory, a to provádět ergonomické analýzy, sbírat aktuální data a zapojit pracovníky do celého procesu vytváření nového pracoviště.

Gualtieri et al. (2021) upozorňuje, že kolaborativní roboty mohou pomoci pracovníkům s fyzickou zátěží a tím snižují rizika nemocí z povolání, na druhou stranu se zde však objevuje hrozba z nechtěného kontaktu mezi robotem a operátorem, jelikož oba sdílí stejný pracovní prostor. Za další riziko považuje psychický stres na pracovníka z důvodu nové technologie, jejímuž chování pořádně nerozumí. Říká, že je potřeba oblast kognitivní ergonomie, tedy zkoumání vztahu mezi člověkem a technologií, nepodceňovat a pracovat s ní při návrhu nového designu pracoviště.

Výrobce KUKA kolaborativních robotů uvádí konkrétní aplikaci těchto robotů na pracoviště kontroly, kde docházelo k manipulaci s těžkými díly a pracovníci trpěli bolestí zad. Zavedení robotů pomohlo snížit zatížení pracovníků, ale také zjednodušit proces kontroly a zkrátit jeho trvání. Důraz klade společnost i na bezpečnost pracovníků. Robot je kontrolován pomocí bezpečnostního řídicího systému, který omezuje jeho rychlost, a tlačítko ochranného spínače po uvolnění okamžitě robot zastaví. (KUKA Roboter, 2018)

3.2 Stárnutí populace a exoskelety

Hilmi et al. (2024) uvádí, že zvyšující se věk zaměstnanců je novou výzvou v oblasti ergonomie. Zmiňuje vyšší citlivost těchto pracovníků na ergonomické stresory, které se poté projevují například jako muskuloskeletální onemocnění. Řešením dle autorů studie bude muset být snížení fyzické zátěže a úprava pracovních podmínek pro tyto pracovníky.

Polak-Sopińska (2019) upřesňuje, že řešením by měla být trvalá aplikace metod ergonomie, nastavování a zlepšování pracovních procesů. Takové pracovní operace pak povedou k zdravým pracovníkům a zároveň k prodloužení jejich schopnosti pracovat i ve vyšším věku.

Valentin a Choi (2022) představují exoskelety jako technologii, která může pomoci stárnoucím pracovníkům s vykonáváním pracovních operací pro zachování či dokonce zvýšení produktivity. Tato podpůrná technologie má za následek menší zátěž určitých svalů operátora, čímž předchází tvorbě muskuloskeletálních onemocnění a obecně pomáhá zdravějšímu pracovnímu prostředí.

Exoskelety fungují na principu snímání vynakládané síly různých svalů a na základě toho podpoří pracovníka požadovanou silou. (Kabeš, 2016)

Kabeš (2016) taktéž uvádí, že díky použití exoskeletů je možné předejít onemocnění svalů a kostry a v důsledku toho zabránit pracovní neschopnosti zaměstnanců. Popisuje jejich vývoj původně pro vojenské využití, které si rychle našlo cestu do výrobních podniků. I přes to, že ve výrobě nejsou dnes ještě tolik využívány, poptávka po těchto přístrojích roste. Upotřebením najdou také například v péči o nepohyblivé pacienty v nemocnicích.

3.3 Simulace pracoviště a virtuální realita

Kačerová et al. (2022) se ve své studii zabývá možnostmi designování pracoviště pomocí virtuální reality. Vidí velkou výhodu ve finančních nákladech na vývoj pracoviště, jeho simulaci a testování pomocí virtuální reality ve srovnání s klasickým vývojem.

To potvrzuje i Bruno et al. (2020). Ten uvádí, že skrze využití virtuální či smíšené reality a reálných objektů je možné nasimulovat pracovní procesy, které jsou poté mnohem snadněji analyzovatelné. Za další pozitivum považuje ušetřené náklady na výrobu prototypů. Bruno doplňuje, že pro dosažení co největší věrohodnosti simulovaného procesu je možné využít technologií 3D tisku a vytvořit pomocí nich požadované součástky či prostředí pracovní operace.

Kačerová et al. (2022) využití virtuální reality doporučuje kombinovat společně se systémy pro zaznamenávání pohybu člověka, aby bylo možné analyzovat ergonomii pracoviště. K tomu je možné využít například kinematický oblek, který je schopný snímat pohyby lidského těla. Důraz klade na hodnocení lokální svalové zátěže již ve fázi simulací, běžně je totiž tato zátěž hodnocena až na zavedeném pracovišti, i když jsou jednostranná a opakovaná zatížení významnými riziky pro poškození horních končetin.

Salvendy a Karwowski (2021) doplňují, že takové simulace mohou ušetřit čas při vyvíjení nových produktů a dovolují tak jejich rychlejší uvedení na trh. Vyzdvihují potřebu spolupráce inženýrů pracujících na nových zařízeních a ergonomických specialistů.

3.4 3D mapování lidského těla

Součástí ergonomie je také interakce mezi člověkem a ochrannými pracovními pomůckami, jako jsou například brýle či helmy. Smulders et al. zmiňují důležitost designování těchto výrobků s ohledem na pohodlí a zdraví pracovníka. Proto se rozhodli ve své studii detailněji

zkoumat působení tlaku na lidskou tvář, hlavu a krk, a to pomocí nové metody 3D mapy prahu nepohodlí způsobeného tlakem. V 3D mapě poté zobrazili rozdílné prahy tlaku na jednotlivé oblasti lidského těla. „*Výsledkem studie bylo zjištění, že především tváře, ústa, přední část krku a lícních kostí mají práh nejnižší, čelo a zadní část krku práh střední a zadní část hlavy a vlasatá část lebky mají nejvyšší toleranci*“ (Smulders et al., 2023, s. 11).

4 ROBOTIZOVANÁ PRACOVISTĚ

Průmyslový robot je automaticky kontrolovaný, opakovaně programovatelný, víceúčelový manipulátor, kterého je možno naprogramovat ve třech a více osách, a je umístěn buď na fixním místě nebo na mobilní platformě. (International Organization for Standardization, 2021)

Úředníček (2012) uvádí klasifikaci robotů dle japonské Asociace průmyslových robotů:

- 1. třída jsou přístroje, které jsou manuálně ovládané operátorem,
- 2. třídou jsou roboty s pevně nastaveným programem a posloupností úloh,
- 3. třída zahrnuje roboty, které vykonávají předem připravené úlohy, ale je možné je naprogramovat,
- 4. třídou jsou tzv. „play-back“ roboty, u nichž operátor vede robota a vykoná daný pohyb, robot je poté schopen tento úkon zopakovat,
- 5. třída jsou číslicově řízené roboty, kde dochází k jejich programování, součástí může být grafické zobrazení robota na obrazovce, díky čemuž je poté možné jeho pohyby jednoduše upravit,
- Do 6. třídy spadají roboty, které dokážou interagovat se svým okolím a provádět úkoly za měnících se okolních podmínek.

„O robotu můžeme uvažovat jako o mechanickém systému složeném z množiny tuhých těles spojených spolu nějakými klouby“ (Úředníček, 2012, s. 9). Dodává, že klouby mohou být buď rotační nebo translační, případně kombinují tyto dva typy do jednoho.

„Robotizace dává největší smysl u rutinních, a především fyzicky náročných činností.“ Říká Čejka (2022) a doplňuje, že jde především o to pracovníkům práci zjednodušit, ne jim ji vzít. Lidská schopnost nad věcmi přemýšlet a rozhodovat se je stále něco, co roboty nemůžou zastat.

Kačerová et al. (2022) uvádí, že i když jisté práce nahradí robotizovaná pracoviště, lidská pracovní síla bude stále potřeba, ale na jiných pracovních pozicích.

4.1 Výhody a nevýhody robotů

Niku (2020) uvádí několik výhod, které plynou z využití robotů ve výrobě, a na opačné straně popisuje i jejich současné nevýhody.

Za výhody považuje například: „*zvýšení produktivity, bezpečnosti, efektivnosti, kvality a konzistence produktů*“ (Niku, 2020, s. 5). Za další výhody považuje menší nároky robotů na pracovní prostředí ve srovnání s lidskými operátory, jako je osvětlení či ventilace. Roboty mohou pracovat za pro člověka nebezpečných podmínek a dokážou provádět práci bez únavy a potřeby odpočinku. Dokážou být také mnohem přesnější a díky svým senzorům citlivější na požadované faktory.

Wilson (2015) s výše uvedenými benefity souhlasí. Z pohledu ergonomie však přidává ještě tyto výhody:

- Zvýšení kvality pracovního prostředí pro operátory, roboty mohou vykonávat rizikové a fyzicky náročné operace,
- Zvýšení bezpečnosti pracoviště a dodržení všech nařízení,
- Snížení fluktuace zaměstnanců a odstranění potíží s nacházením nové pracovní síly.

Kromě toho také uvádí výhodu v podobě ušetření prostoru ve výrobních halách či vyšší flexibilitu na změnu výroby.

Stinnou stránkou robotů je pak odebrání práce lidským pracovníkům a nutnosti jejich přeškolení. Hůře také reagují na případné problémy, nedokážou rozhodovat v některých situacích a můžou způsobit úraz při kontaktu s člověkem. Po finanční stránce je náročné jejich prvotní pořízení, trénování a programování. (Niku, 2020)

4.2 Součásti robotu

Články a klouby jsou základními částmi kinematického řetězce. Článek je také někdy nazýván ramenem a jedná se o část, která se může vůči ostatním článkům pohybovat. Klouby spojují články k sobě. Kromě toho robot sestává z těchto součástí:

- Manipulátor – hlavní část robota, kterou tvoří články a klouby,
- Zápěstí – klouby robotu mezi předloktím a koncovým efektoem. (Úředníček, 2012)
- Koncový efektor – Koncový efektor slouží k realizaci činností, ke kterým byl robot vytvořen. Jednou skupinou jsou efekторы technologické, které slouží například pro svařování či montáž. Druhou skupinou jsou efekторы uchopovací a Skařupa (2007) je rozděluje na mechanické, podtlakové (pomocí přísavky) a magnetické (ať už z permanentních magnetů nebo elektromagnetů).

- Aktuátory - jsou poháněcími motory robotů. Na základě řídicí jednotky aktuátory pohybují s klouby a rameny.
- Sensory – jsou používány pro sběr interních informací o robotu nebo komunikují se svým okolím.
- Kontroler – neboli řídicí jednotka kontroluje a ovládá pohyby robota na základě informací z procesoru robota a jeho senzorů. (Niku, 2020)

4.3 Typy robotů

Wilson (2015) uvádí nejčastější klasifikaci struktur robotů do pěti kategorií: Scara, karteziánské, kloubové, delta a sférické.

Struktury jednotlivých robotů se od sebe liší složením různých počtů kloubů a ramen. Každý kloub poskytuje robotu nové možnosti v umístění koncového efektoru na požadované místo. Pro maximální možnou pohyblivost je potřeba šesti kloubů, které poskytují šest stupňů volnosti.

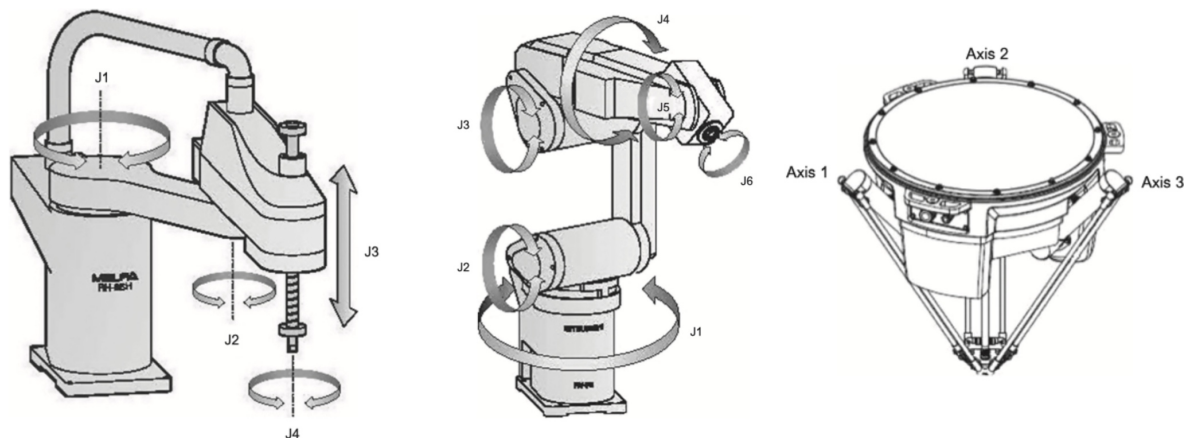
Jejich rozdělení dle způsobu využití pak Wilson uvádí na průmyslové a servisní roboty.

4.3.1 Průmyslové roboty

Konvenční průmyslové roboty jsou dle Olszewski (2020) nejrozšířeněji využívané roboty současnosti. Jejich využití najdeme ve všech průmyslových odvětvích, od automotive, gumárenství až po farmaceutický průmysl a logistiku.

Wilson (2015) uvádí typické využití průmyslových robotů pro operace svařování, natírání, řezání pomocí různých technologií (např. mechanicky i laserem), leštění, manipulace s výrobky, měření či balení. Vzrůstající zájem o využití průmyslových robotů vidí u montáže produktů, zejména v elektrotechnickém průmyslu. Právě pro montáž uvádí 3 typy používaných robotů (viz. obrázek číslo 5):

- Scara – za jejich výhodu považuje vysokou rychlost a v porovnání s ostatními nižší pořizovací náklady,
- Šesti-osé – největší výhodou je zde velká flexibilita a díky tomu širší možnosti při designu operace,
- Delta – dosahují vysokých rychlostí, nicméně jejich manipulační prostor může být omezující a musí být instalovány nad pracovištěm.



Obrázek 5 Zleva Scara, šesti-osý a delta robot

(zdroj: vlastní zpracování dle Wilson, 2015)

4.3.2 Servisní roboty

Skařupa (2007, s. 10) popisuje servisní roboty jako zařízení „zaměřená k dosažení vysoké úrovně flexibility, adaptivity, bezpečnosti a účinnosti v humánním prostředí.“ Takový robot je určen pro sektor průmyslu i služeb člověku.

Servisní roboty mají široké využití od chirurgie, vysavačů, robotů pro dojení mléka, vzdělávání až po využití v armádě a záchranných složkách. (Wilson, 2015)

Olszewski (2020) zmiňuje také velkou oblast a potenciál pro využití servisních robotů, kterou jsou nemocnice a asistence pacientům s omezenou pohyblivostí. Uplatnění také najdou v rámci paliativní péče či v domovech důchodců.

V souvislosti se stárnutím populace a úbytku pracovní síly dává právě využití v pečovatelských domovech velký smysl. Eggleston et al. (2021) zkoumali dopad využití servisních robotů v těchto zařízeních a došli k těmto závěrům:

- Zapojení robotů nesnížilo počet zaměstnanců v těchto službách, ale přispělo ke snížení jejich zátěže, k odstranění přesčasů a k možnosti zaměstnanců pracovat pouze na částečný úvazek,
- Snížení počtu nočních směn a tím zvýšení pracovní pohody u zaměstnanců,
- Lepší pracovní podmínky vedly ke zmenšení problémů při hledání nových zaměstnanců.

Padhan et al. (2023) roboty pro využití v pečovatelských domovech rozděluje na asistující a sociální. Asistující roboty dokážou fyzicky podpořit nemohoucího člověka,

pomáhat mu například s hygienou a obecně poskytovat personalizovanou péči. Zmiňuje také využití robotických exoskeletů, které pomáhají starým lidem s pohyblivostí. Sociální roboty jsou pak díky možnosti interakce s člověkem nápomocné při zlepšování mentálního zdraví lidí, kteří jsou jinak sociálně izolováni.

5 VYBRANÉ METODY A NÁSTROJE

V této kapitole jsou uvedeny a popsány metody a nástroje použité při zpracování analytické a projektové části práce.

5.1 Časová studie

Badiru (2001) popisuje samotnou podstatu časových studií jako nástrojů pro zaznamenávání času a rychlosti vykonávané práce. Získané poznatky se dále využívají pro výpočty kapacity pracoviště a zvýšení efektivního využití vybavení i zaměstnanců.

Dlabač (2015) rozlišuje přímé a nepřímé měření práce. Snímek pracovního dne řadí do přímého měření a říká, že se jedná o techniku „*nepřetržitého pozorování veškeré spotřeby času během směny. Cílem je získat komplexní přehled o spotřebě času, identifikovat plýtvání, určit poměr činností nepřidávajících hodnotu, popřípadě navrhnout novou formu organizace práce.*“

„*Snímek pracovního dne umožňuje zjistit strukturu jednotlivých časů, které rozlišujeme jak pro plánovací, tak pro analytickou činnost*“ (Tomek a Vávrová, 2014, s. 143).

Heizer a Render (2001) uvádějí, že určení standardů je mimo jiné důležité pro určení počtu pracovníků, vyvážení jejich pracovní námahy a také k výpočtu očekávané produkce.

Badiru (2001, s. 1411) dodává, že „*od zaměstnanců se očekává výkon dle předepsaných postupů a tempu, ani rychleji ani pomaleji, který může být považován za reprezentativní denní výkon dobře trénovaného, zkušeného a spolupracujícího operátora.*“

Na nástrojích pro časovou studii se všichni zmínění autoři shodují. Jsou jimi především stopky, formulář pro záznam, případně výpočetní technika pro analýzu naměřených hodnot.

Mansdorf (2019) doporučuje pro analýzy používat také videozáznam, který umožňuje srovnání situace před a po aplikování změny. Pro jednoznačné určení záznamů uvádí, že je vhodné na začátku každého nahrávání uvést jméno a lokaci pracoviště. Výhodou může být také nahrání pracovníka z více úhlů pro zachycení všech důležitých poloh.

5.2 Polostrukturovaný rozhovor

Polostrukturovaný rozhovor je součástí metod kvalitativního výzkumu. „*V typickém případě kvalitativní výzkumník vybírá na začátku výzkumu téma a určí základní výzkumné otázky.*

Otázky může modifikovat nebo doplňovat v průběhu výzkumu, během sběru a analýzy dat.“ Popisuje Hendl (2012, s. 48) průběh kvalitativního výzkumu.

Polostrukturovaný scénář „*dává moderátorovi prostor, aby na základě svých zkušeností a úsudku v průběhu rozhovor vedl jako reakci na názory a odpovědi, které od respondentů zaznívají, podle toho, co považuje za důležité, aby získaná data co nejlépe rozkryla zkoumané téma*“ (Tahal, 2022, s. 44).

5.3 Ishikawa diagram

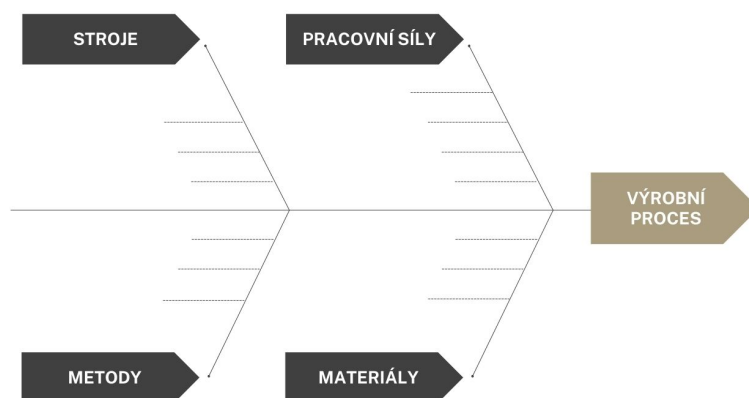
Heizer a Render (2001) popisují Ishikawa diagram jako nástroj pro identifikování problémů s kvalitou, taktéž nazývaný jako diagram příčin a důsledků nebo diagram rybí kosti. Jednotlivé „kosti“ představují potenciální příčiny problému.

Tato metoda spadá do sedmi statických nástrojů spadajících do přístupu KAIZEN. Její uplatnění je v analýze procesu a příčin, které přispívají k jeho průběhu. (Imai a Jungman, 2004).

Mašín a Vytlačil (2000) popisují tvorbu diagramu v následujících pěti krocích:

- Definujte následek, nejlépe měřitelný, aby mohlo dojít k vyhodnocení jeho zlepšení.
- Hledejte hlavní příčiny, vhodné je využít tým lidí, kteří mají k danému procesu nějaký vztah.
- Určete další příčiny, které ovlivňují příčiny hlavní. Je potřeba si podkládat otázky jako Proč? a Jak? došlo k danému problému či příčině.
- Pomocí Paretovy analýzy nebo bodové metody určit nejvýznamnější příčiny.
- Posledním krokem jsou nápravné opatření zjištěných příčin.

Košturiak (2010) uvádí pouze 4 základní skupiny příčin problémů – stroje, pracovní síly, metody a materiály. V angličtině se používají pro tyto skupiny slova začínající na „M“ a jsou rozšířeny o další dvě kategorie. Measurement – měřicí nástroje a metody, a Mother nature – externí faktory jako je počasí nebo regulace (Paredes, 2024).



Obrázek 6 Ishikawa diagram

(zdroj: vlastní zpracování dle Košturiak, 2010)

5.4 5x proč

Metoda 5x proč slouží k hlubšímu zamyšlení se nad příčinami zjištěnými pomocí analýz příčin a důsledků. Podstatou metody je kladení otázek, které by měly vést k jádru řešeného problému. Pokud na danou otázku existuje více odpovědí, vybere se jedna z nich a je opět podrobena dalšímu zkoumání. Číslo pět není určující pro počet úrovní, někdy mohou stačit pro analýzu tři úrovně, jindy je jich potřeba i osm. (Svozilová, 2011)

„Pozoruj výrobu bez předsudků a s čistou myslí. U každého problému se pětkrát zeptej, proč se tomu tak děje“, cituje Liker (2004) zakladatele Toyota Production System Taiichi Ohno.

Veber (2016) specifikuje používání metody a popisuje její využití v sedmi krocích dle uplatnění Toyota:

- První tři kroky slouží k zpřesňování problému od jeho prvního zachycení. Metodika Toyota doporučuje tyto kroky udělat na místě problému.
- Dalším krokem je uplatnění metody 5x proč.
- Následuje návrh opatření, poté vyhodnocení jeho účinnosti a provedení případného korekčního opatření.

5.5 RULA

„RULA je metodikou určenou převážně pro hodnocení rizika poškození horních končetin. Tato metodika však zahrnuje hodnocení poloh nejen u horních končetin (paží, předloktí a zápěstí), ale také krku, trupu a nohou“ (Hlávková a Valečková, 2007, s. 64).

Pro jednotlivé části těla jsou určeny základní polohy, za které jsou v hodnocení uděleny základní body. Pokud se poloha pracovníka liší, je ohodnocena dle uvedené bodové stupnice. Metoda zohledňuje také zátěž při prováděné činnosti či statickou polohu při výkonu práce.

Bodové ohodnocení jednotlivých částí ovlivňuje skóre jednotlivých tabulek:

- Tabulka A – horní končetiny
- Tabulka B – krk, trup a nohy
- Skóre C a D je vypočítáno dle výsledku skóre tabulky A a B a připočítání skóre svalového a silového.
- Celkové skóre je poté určeno na základě skóre C a D. (Hlávková a Valečková, 2007)

Kromě ruční analýzy pracovní polohy je možné také pracovat například s online aplikací od společnosti Osmond. Ta poskytuje jednoduché prostředí pro výběr poloh pracovníka a na závěr umožňuje stažení souhrnného dokumentu s hodnocením jednotlivých poloh i celkového skóre. (Osmond Erconomics, © 2019)

Hodnota celkového skóre pak o dané pozici říká následující:

- „*Kategorie 1 - Celkové skóre jedna nebo dvě ukazuje, že práce je přijatelná, pokud není prováděna po dlouhou dobu.*
- *Kategorie 2 - Celkové skóre tři nebo čtyři ukazuje, že je potřebné další hodnocení a změny by měly být požadovány.*
- *Kategorie 3 - Celkové skóre pět nebo šest ukazuje, že je potřebné provést změnu v provádění práce co nejdříve.*
- *Kategorie 4 - Celkové skóre sedm ukazuje, že změna v provádění práce je potřebná okamžitě“* (Hlávková a Valečková, 2007, s. 74).

5.6 Ergonomické checklisty

Ergonomické checklisty slouží pro hodnocení ergonomických kritérií, které by měly být vždy specifická pro dané pracoviště. Ergonomická kritéria považuje Gilbertová a Matoušek (2002, s. 19) za „*soubor posuzovacích hledisek zaměřených na úlohu člověka v pracovním systému.*“

Checklisty vydané Státním zdravotním ústavem z roku 2007 jsou určeny pro pracovníky pohybující se v oblasti BOZP k správnému hodnocení pracovních pozic a k nasměrování pracovníků k možným nápravným řešením. (Hlávková a Valečková, 2007)

5.7 Projektové řízení

Křivánek (2019, s. 14) uvádí definici projektu dle normy ISO 10006: „*Projekt je jedinečný proces sestávající z řady koordinovaných a řízených činností s daty zahájení a ukončení, prováděný pro dosažení předem stanoveného cíle, který vyhovuje specifickým požadavkům, včetně omezení daných časem, náklady a zdroji.*“

Doležal et al. (2012) přisuzuje jeho důležitost v současné době dynamickým a rychle se měnícím podmínkám, které si vyžadují nástroj, který by dokázal projekt, ať už vývoj nového produktu nebo změnu organizačního systému, řídit. Jako úspěch definuje dosažení nastavených cílů při dodržení předem daných limitů.

Doležal, Krátký a Cingl (2013, s. 70) uvádějí, že projektový tým by měl vybrat relevantní oblasti řízení pro daný projekt a dále s nimi pracovat. Jedná se o tyto oblasti řízení: „*obsahu, harmonogramu, nákladů, jakosti projektu, lidských zdrojů, komunikace v projektu, projektových rizik, obstarávání a smluvních vztahů a změn.*“

5.8 SMART

Technika SMART umožňuje popisovat hlavní cíl projektu tak, aby byl srozumitelný pro všechny zainteresované subjekty, shrnoval zásadní informace o budoucím stavu požadovaného výsledku a nepopisoval aktivity, které vedou k jeho naplnění. Svozilová (2011) dále také uvádí aspekty cíle, jejichž počáteční písmeno tvoří název této metody: specific (specifický), measurable (měřitelný), assignable (přidělitelný), realistic (dosažitelný) a time-bound (časově ohraničený).

Výčet aspektů metody SMART však bývá proměnlivý, například Křivánek (2019) místo „assignable“ používá „achievable“ (dosažitelný).

5.9 Logický rámec

Logický rámec je dle Křivánka (2019) systémový nástroj, který vede k hloupějšímu rozvedení cíle pomocí otázek jak a proč a s kým by se dané aktivity měly dělat a k čemu by měly vést. „*Logický rámec je ideální komunikační nástroj určený k tomu, aby zainteresované*

strany chápaly projekt stejně a byla nastavena společně akceptovaná očekávání od projektu.“ (Křivánek, 2019, s. 131)

Štefánek (2011) jej popisuje jako nástroj pro identifikaci a analýzu problémů a zároveň jako nástroj pro definování cílů a aktivit vedoucích k jejich naplnění. Mezi jeho hlavní výhody řadí ucelený pohled na celý projekt, stručnost a jednoduchost nástroje a automaticky vytváří podklad pro monitorování a hodnocení průběhu projektu.

Tabulka 3 Struktura logického rámce

Smysl projektu PROČ?	CO?	JAK?	PŘEDPOKLADY?
přínosy	hmatatelné i nehmatatelné, ale objektivně ověřitelné	způsob ověření – zdroje dat a informací	předpoklady, aby přínosy naplnily smysl projektu
cíle	slovní opis cílů	jak poznám, že projekt naplňuje cíle – zdroje ověření (metrika, KPI)	předpoklady, aby splnění cílů realizovalo přínosy
výstupy	specifikace dodávek projektu k daným milníkům	kritéria kvality (čas, peníze, soulad s požadavky)	předpoklady, aby dodání výstupů vedlo k dosažení cílů
klíčové aktivity	rozvrh činností a událostí	harmonogram, milníky, zdroje, lidé	předpoklady, aby klíčové činnosti dodaly očekávané výstupy
případné předběžné podmínky a omezení, které ovlivňují klíčové aktivity			

(zdroj: Křivánek, 2019, s. 132)

Doležal, Krátký a Cingl (2013) uvádějí tři úrovně, jakými se dá charakterizovat požadovaný výsledek projektu:

- Výstupy – jsou konkrétní produkty, které vzniknou realizací projektu. Nebo také to, co je potřeba vytvořit, aby bylo dosaženo cíle projektu.
- Cíl – je jedinečný pro každý projekt a měl by vyjadřovat stav dané problematiky na konci projektu.
- Přínosy – výsledek přispěje do širší agendy, kvůli které je projekt realizován.

5.10 RIPRAN

Zkratka RIPRAN je akronymem slov Risk Project Analysis. Jak název napovídá, jedná se o metodu umožňující sledování a hodnocení rizik projektu, kterou využijí nejen projektoví a finanční manažeři. (Koncepce managementu rizik, 2021)

Doležal, Máchal a Lacko (2012, s. 90) popisují, že metoda RIPRAN sestává ze čtyř kroků:

- „Identifikace nebezpečí projektu,
- Kvantifikace rizik projektu,
- Reakce na rizika projektu,
- Celkové posouzení rizik projektu.“

Kvantifikace rizik se skládá z určení pravděpodobnosti výskytu rizika a třídy dopadu na projekt. Pravděpodobnost výskytu je dělena na nízkou (do 35 %), střední (od 35 až 74 %) a vysokou (nad 75 %). Dopady na projekt můžou být malé (například způsobení škody do 0,5 % hodnoty projektu), střední (může dojít k ohrožení termínu či způsobení škod do 10 % hodnoty projektu) a velké (ohrožující cíle projektu a způsobující škody na 10 %). (Koncepce managementu rizik, 2021)

Vyhodnocení hodnoty rizika probíhá na základě níže uvedené tabulky:

Tabulka 4 RIPRAN vyhodnocení rizik

	Velký nepříznivý dopad na projekt	Střední nepříznivý dopad na projekt	Malý nepříznivý dopad na projekt
Vysoká pravděpodobnost	Vysoká hodnota rizika (VHR)	Vysoká hodnota rizika (VHR)	Střední hodnota rizika (SHR)
Střední pravděpodobnost	Vysoká hodnota rizika (VHR)	Střední hodnota rizika (SHR)	Nízká hodnota rizika (NHR)
Nízká pravděpodobnost	Střední hodnota rizika (SHR)	Nízká hodnota rizika (NHR)	Nízká hodnota rizika (NHR)

(zdroj: Koncepce managementu rizik, 2021, s. 16)

5.11 Tecnomatix Process Simulate

Process Simulate je software vytvořený společností Tecnomatix pro simulaci a ověřování výrobních konceptů před jejím fyzickým vytvořením a uvedením do provozu. Kromě lidské práce umožňuje také simulaci robotických pracovišť, jejich optimalizaci a 3D vizualizaci. (Siemens, © 2025)

Simulace pracovníků umožňuje designovat, analyzovat a optimalizovat pracoviště pro pracovníky různých antropometrických rozměrů. Pro analýzu je možné využít několik zabudovaných ergonomických analýz jako je například RULA, OWAS nebo NIOSH. (Process Simulate Human, © 2023)

II PRAKTICKÁ ČÁST

6 PŘEDSTAVENÍ SPOLEČNOSTI

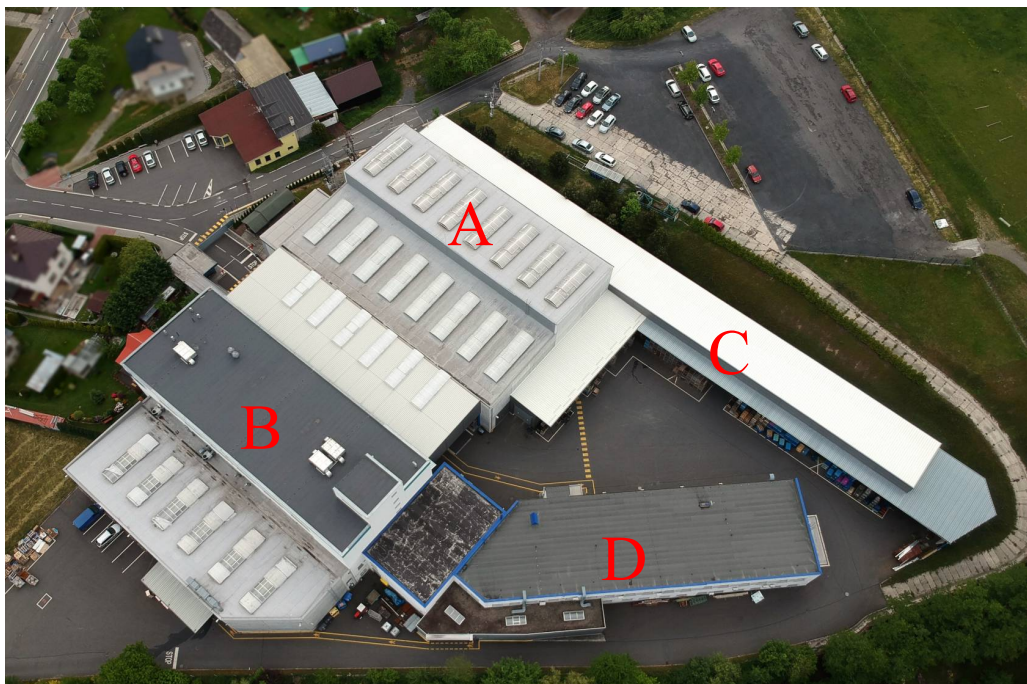
Společnost ROSTRA Stamping s.r.o. je strojírenskou firmou působící v automotive oblasti. Konkrétně se věnuje středně velkému až velkosériovému lisování, výrobě lisovacích nástrojů, forem a dokončovacím úpravám výrobků, jako je například svařování.



Obrázek 7 Logo společnosti Rostra Stamping s.r.o.

(zdroj: interní)

ROSTRA Stamping s.r.o. se sídlem v Brně má výrobní závod ve Vizovicích, Zlínském kraji. V jednom komplexu se zde nachází Lisovna a Nástrojárna, které dohromady zaměstnávají celkem 74 pracovníků. Na fotografii níže je zachycen areál společnosti. Budova označená písmenem A je lisovna, v níž se nachází celkem 12 lisovacích zařízení o různé síle v rozsahu 16-800 tun. V budově B, nástrojárně, probíhá výroba a montáž nástrojů. Jsou zde stroje pro CNC frézování, CNC broušení a elektroerozivní obrábění. Budova C je vstupním i výstupním skladem s plochou 1 600 m² a budova D je administrativní budovou v horním patře, v dolním patře probíhají dokončovací operace lisovaných výrobků jako je svařování nebo broušení.



Obrázek 8 Fotografie areálu firmy

(zdroj: interní)

Dle obchodního rejstříku společnosti je její hlavní činností kovovýroba, obráběčství a nástrojářství. Základní kapitál společnosti činí 4 200 000,- Kč a jediným společníkem je ROSTRA Group s.r.o. (Výpis z obchodního rejstříku ROSTRA Stamping s.r.o., © 2025)

6.1 Historie společnosti

Společnost ROSTRA s.r.o. byla založena v roce 2000, kdy došlo k rozhodnutí zaměřit směřování firmy na automobilový průmysl a lisování. Od tohoto roku je firma zaměřena na výrobu nástrojů pro lisování plechových výlisků, výrobu forem pro vstřikování, samotné lisování plechových výlisků a vyrábění soustružených dílů. (interní zdroj)

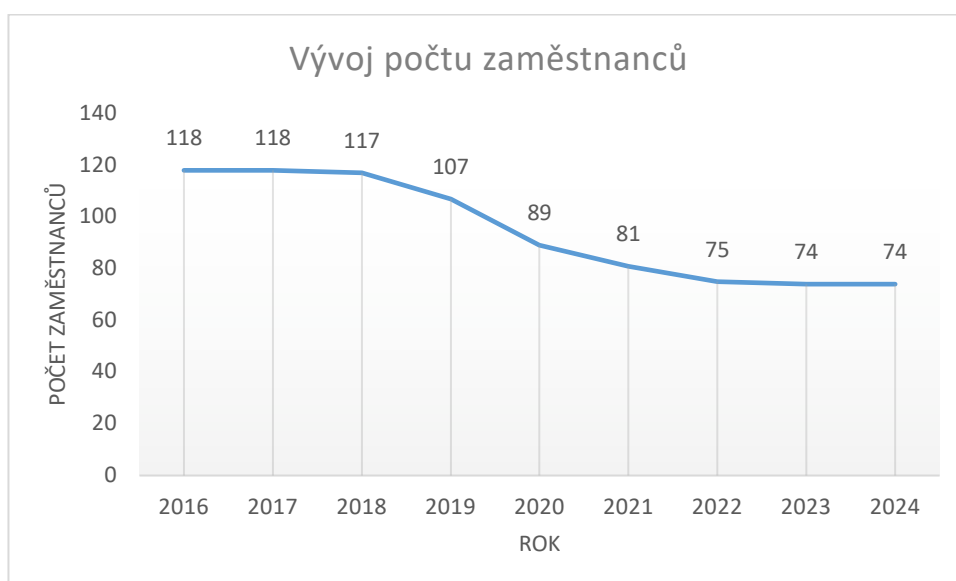
V roce 2004 společnost začala se sériovým lisováním pro automotive průmysl, v letech 2005-2006 přibyla nová budova pro výrobu nástrojů včetně zkušebny. Doposud největším a nejvýkonnějším lisem z pohledu síly je lis Voroněž 800 tun. Od té doby firma neustále provádí investiční projekty jako je výstavba nových budov nebo pořízení nových zařízení, včetně robotických strojů, od kterých očekává časovou i finanční úsporu. (interní zdroj)



Obrázek 9 Lisovací zařízení společnosti

(zdroj: interní)

Počet zaměstnanců má za posledních 8 let klesající charakter, k největšímu propadu došlo v období pandemie COVID-19 (viz. obrázek číslo 10). Od té doby se počet ustálil na 74 zaměstnancích. Z nich 21 v roce 2024 vykonávala práci v lisovně, konkrétně 13 pracovníků na dělnických pozicích. (interní zdroj)



Obrázek 10 Vývoj počtu zaměstnanců v letech 2016-2024

(zdroj: interní)

Propad také nastal u tržeb společnosti z prodeje výrobků a služeb. Od roku 2021 můžeme sledovat jejich růst, k poklesu však opět dochází v roce 2024, pravděpodobně z důvodu velkých změn v automotive průmyslu a výkyvům v poptávkách. (interní zdroj)



Obrázek 11 Vývoj tržeb společnosti z prodeje výrobků a služeb

(zdroj: interní)

6.2 Výrobní portfolio

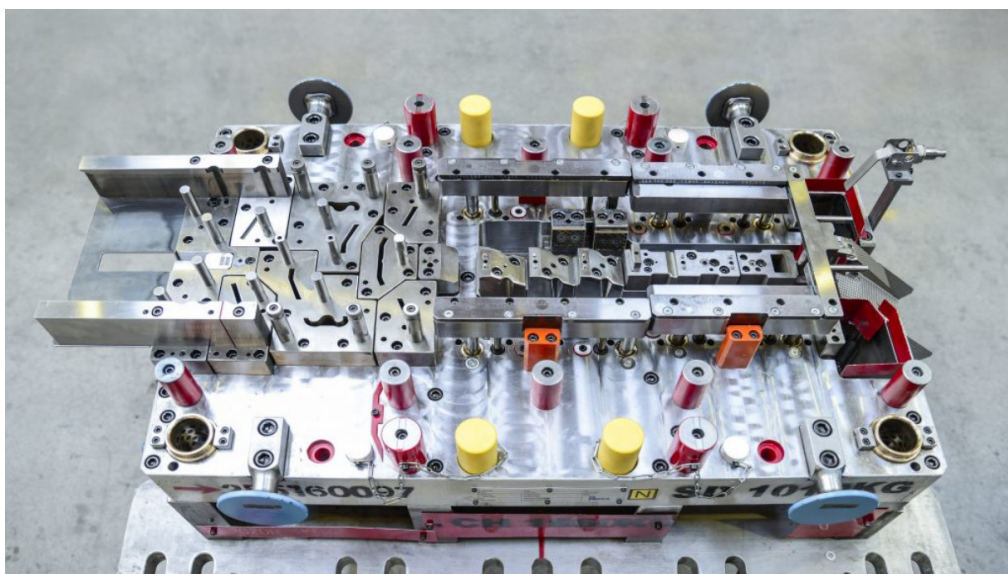
Téměř 100 % výrobků firmy ROSTRA Stamping s.r.o. je vyráběno pro automobilový průmysl. Jejimi zákazníky jsou automobilky světového charakteru jako je například Rolls Royce, Porsche nebo Volkswagen Group. Pro tyto zákazníky vyrábí lisované díly z oceli, hliníku, mědi i mosazi, síla plechu se pohybuje od 0,4 – 5 mm. Výrobky jsou vyráběny v počtu od pár tisíc kusů až po statisícové série. Typickými produkty jsou díly, z nichž se skládají konstrukce auto sedaček. Kromě vylisování samotných dílů je společnost také schopna se postarat o navaření či zalisování matic a závitování dílů. (interní zdroj)



Obrázek 12 Ukázka produktů firmy Rostra Stamping s.r.o.

(zdroj: interní)

V nástrojárně potom společnost nabízí možnost vývoje a výroby nových lisovacích nástrojů. Kromě toho provádí údržby stávajících nástrojů, ať už se jedná o zákazníka, který lisuje své výrobky v Rostra Stamping, nebo se také pouze stará o údržbu externím zákazníkům. (interní zdroj)



Obrázek 13 Ukázka lisovacího nástroje od společnosti Rostra Stamping s.r.o.

(zdroj: interní)

7 POPIS PRACOVIŠTĚ SVAŘOVÁNÍ

Pracoviště svařování je jednou z dokončovacích operací, kterými výrobky ve firmě procházejí. Přichází na řadu hned po samotném lisování a v jeho podstatě se jedná o přivaření matice k výlisku, což umožňuje zákazníkovi přímou montáž do konstrukce auta a zvyšuje tak hodnotu výrobku. Svařování probíhá na středofrekvenčním svařovacím lisu DW-WPM130MF, který je v současné době plně vytížen.

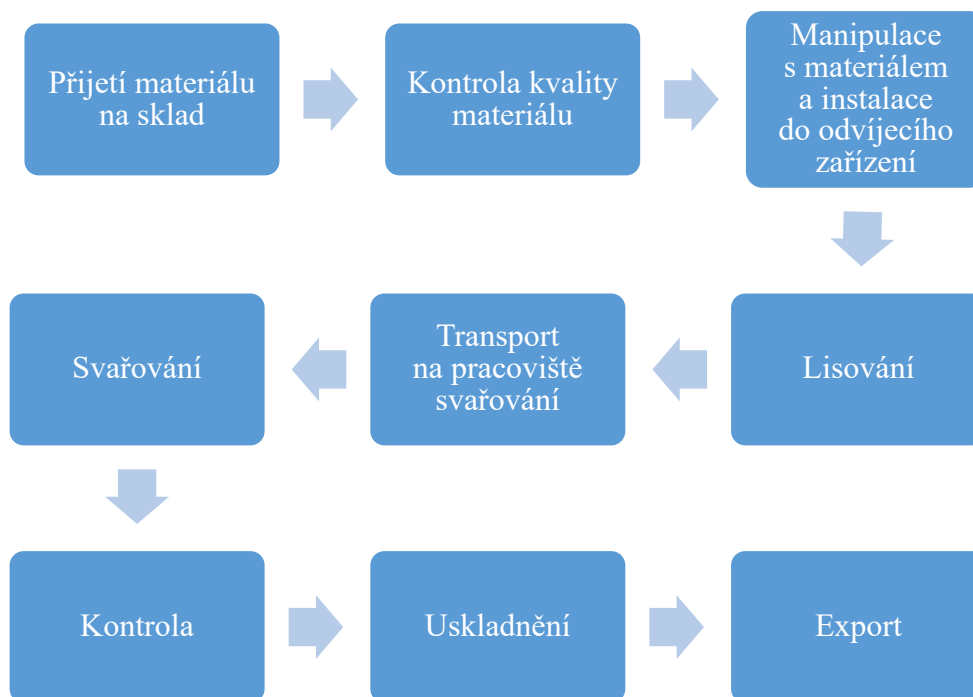
7.1 Tok výrobku závodem

Pro lepší porozumění kontextu operace svařování je níže uveden proces transformace výrobku od přijetí materiálu na sklad až po expedici finálního produktu.

Tok výrobku firmou sestává z těchto hlavních kroků:

- Přijetí materiálu na sklad (budova C na obrázku 8) – společnost lisuje výrobky přímo ze svitků, které jsou dodávány v různé šíři. Největší možná šířka svitku, kterou dokážou lisy lisovat je 1,3 metru.
- Kontrola kvality materiálu – hned po přijetí materiálu pracovníci oddělení kvality provedou vstupní kontrolu jakosti materiálu. Kromě zjevných povrchových vad se veškerý materiál testuje také například trhací zkouškou nebo zkouškou tahem.
- Lisování – poté, co je svitek materiálu přepraven do lisovny (budova A na obrázku 8), umístěn do odvíjecího zařízení a připraven pro lisování, proběhne zkouška několika kusů, které musí schválit pracovníci oddělení kvality, až poté se spouští automatické lisování, během kterého v pravidelných intervalech probíhají kontroly. Dále se kontroluje, zda výlisky mají stále požadované parametry, jako jsou rozměry s povolenými odchylkami, či absence otlaků od lisovacích nástrojů.
- Poté jsou výlisky v plechových bednách nebo gitterboxech přemístěny vysokozdvížným vozíkem do budovy D (na obrázku 8), kde čekají na přivaření matice či na jinou dokončovací operaci.
- Po svařování procházejí výrobky 100% kontrolou kvality, aby se zajistila eliminace NOK výrobků. Kontrola probíhá buď pouze vizuálně nebo pomocí poloautomatického zkušebního zařízení, které kontroluje správnost navaření matice na vylišovaný díl.

- Další krokem je opětovné přemístění finálních výrobků do skladu a expedice k zákazníkovi.

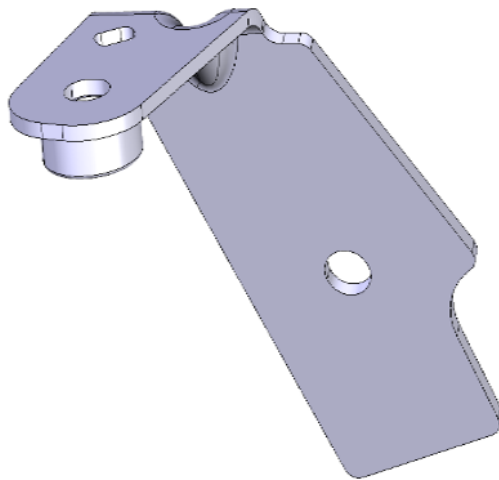


Obrázek 14 Zobrazení toku materiálu ve výrobě

(zdroj: vlastní zpracování)

7.2 Popis provozu pracoviště svařování

Na pracovišti je svařováno v dávkách nepravidelně 5 typů výlisků a matic. Těchto dílů bude na pracovišti vyrobeno 8 558 244 kusů v následujících 7 letech. Pro účely ergonomických analýz však byly vybrány 3 výrobky, které jsou svařovány nejčastěji a jejich plánovaný vyrobený objem značně převyšuje ostatní. Jedná se o díly, které jsou v automobilech součástí nárazníků či airbagů. Celý proces svařování je velice podobný u všech výrobků.



Obrázek 15 Příklad finálního výrobku

(zdroj: interní)

Na níže uvedeném obrázku číslo 16 je zobrazeno současné rozložení pracoviště.



Obrázek 16 Pracoviště operace svařování

(zdroj: vlastní zpracování)

Pro následující analýzu je potřeba pochopit systém fungování tohoto pracoviště. Pracoviště svařování má kapacitu jednoho pracovníka v daný moment, svařování probíhá na jednom stroji a je vytíženo dvěma 8-hodinovými směnami denně. Proces svařování ovládá a je zaškolen o celkem 9 pracovníků, kteří se na pracovišti střídají dle uvážení mistra

výroby dané směny a plní přiřazené úkoly, které jsou popsány níže. Pracovníci jsou rozděleni do dvou skupin, které si střídají ranní a odpolední pracovní směnu. Na každé směně je 4-5 pracovníků, kteří mohou na tomto stroji pracovat. V rámci jedné směny na stroji však pracují 1-2 pracovníci, jeden pracovník se tedy na této pozici nachází 4 nebo 8 hodin. Kromě toho stroj umí seřizovat 3 seřizovači a kontrolu jakosti provádějí 2 pracovníci oddělení kvality. Jejich úkoly a zodpovědnosti jsou popsány v pracovních instrukcích, které jsou na pracovišti neustále přítomné.

V případě nového výrobního příkazu je potřeba stroj seřídit na požadované rozměry dle příslušného protokolu WPS (Welding Procedure Specification). Ten obsahuje všechny technické parametry, které je potřeba nastavit na svařovacím stroji pro zajištění správného přivaření matice. Mezi tyto parametry patří například síla svařovacího proudu, napětí či rychlost svařování. Tato část je úkolem seřizovače, který po seřízení stroje musí změřit první kus a po skončení výroby změřit také poslední kus.

Na začátku směny pracovník umístí pomocí vysokozdvížného vozíku gitterbox s vyliisovanými díly do blízkosti svářečky. Pomocí vozíku by si měl také gitterbox nastavit do takové výšky, která mu umožní pohodlné nakládání materiálu do KLT přepravek, které jsou umístěny na pojízdném stolku. Stejně tak si musí připravit obalový materiál pro hotové kusy, které odkládá většinou po své pravé straně. Pracovníci jsou proškoleni, že obal by měl být co nejblíže pracoviště. Po přípravě gitterboxů je potřeba připravit také matice, které pracovník vysype do plechové krabíčky, která se nachází přímo před pracovníkem a je umístěna mezi dvě ovládací tlačítka. Posledním přípravným úkonem je výběr pracovní pozice, kdy se pracovník může rozhodnout, zda bude svařovat ve stoje či v sedě. Pro pozici ve stoje může použít proti únavovou rohož, v případě pozice v sedě používá židli s nastavitelnou výškou posedu. Dle svého výběru a výšky pracovníka si nastaví výšku ovládacích tlačítek dle vlastního uvážení.

Po nastavení pracoviště je úkolem pracovníka svařovací stroj zapnout, nastavit počítadlo zdvihů a svařovat stanovenou dávku. Důležitou součástí svařovacího stroje jsou horní a spodní svařovací elektroda, které se musí pro správnou funkčnost pravidelně čistit, přibližně 4x za 1 hodinu. Po svaření určitého množství kusů, u tohoto výrobku se jedná o 2 500ks, je nutné elektrody vyměnit. Výměna elektrody je zodpovědností seřizovače. Součástí instrukcí je také přesná specifikace balení, do kterého jsou výrobky ukládány. V tomto případě je nutné využívat interní plechové bedny s kapacitou 3 200ks, které musí být řádně označeny. Bedny se vstupním materiálem i s finálními výrobky jsou umístěny

na paletových vozících. Mimo to musí pracovník na pracovišti také kontrolovat kvalitu výrobku, zejména zjevnou deformaci a poškození dílu či jeho čistotu. Pracovníci oddělení kvality pak v průběhu výroby kontrolují například průchodnost matice nebo provádějí zkoušku průtlakem. Pokud by byl vyroben neshodný kus, je obsluha povinná informovat pracovníky údržby a řízení kvality a mistra výroby. (interní zdroj)

Časově nejvíce náročné je samotné svařování, které vyžaduje ruční manipulaci a neustálou přítomnost obsluhy.

Součástí pracovních instrukcí je také postup pro ukončení výroby, kdy je potřeba odvést skutečný vyrobený počet dobrých i zmetkových kusů, očistit stroj, uložit nářadí a předat stroj ve stavu pro okamžité použití. (interní zdroj)



Obrázek 17 Pracoviště svařování z pohledu pracovníka

(zdroj: vlastní zpracování)

7.2.1 Popis pracovního cyklu svařování

Samotný cyklus svařování sestává ze dvou činností, které se opakují v průběhu směny. Cyklus začíná nakládáním vylisovaných dílů z gitterboxu umístěných po levé straně na KLT přepravky, které jsou umístěny na pojízdném stolku (viz. obrázek číslo 18). Stolek slouží pro přepravu přepravek od gitterboxu k svařovacímu stroji. Na obrázku 17 výše uvedeném je zobrazeno umístění vylisovaných dílů po levé straně, na pravé straně se nachází gitterbox s díly, na které již byla matice přivařena. Dle provedeného snímkování pracovníka se ukázalo, že při maximálním naplnění dvou přepravek vystačí pracovníkovi díly na svařování

po 20 minut. Poté musí díly opět doplnit. Jedno doplnění materiálu trvá dle naměřených hodnot 3 minuty a 10 vteřin. Celkem za směnu pracovník provede přibližně 20 cyklů.



Obrázek 18 Nakládání vylisovaných dílů z gitterboxu do KLT přepravek

(zdroj: vlastní zpracování)

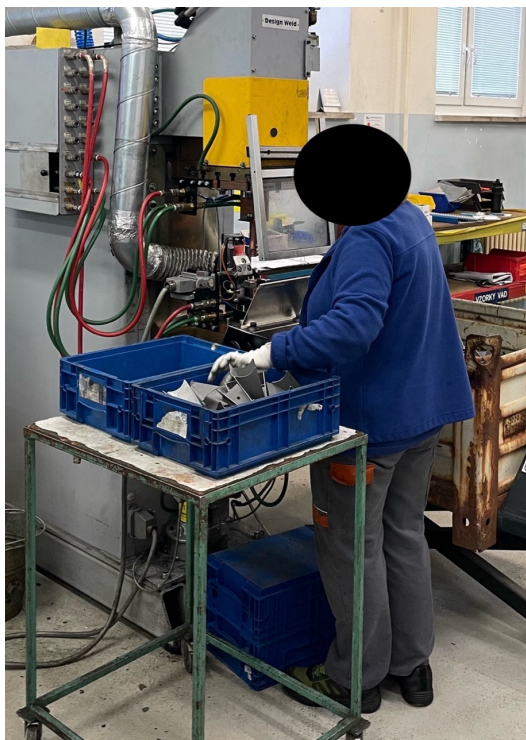


Obrázek 19 Nabíraný materiál v gitterboxu

(zdroj: vlastní zpracování)

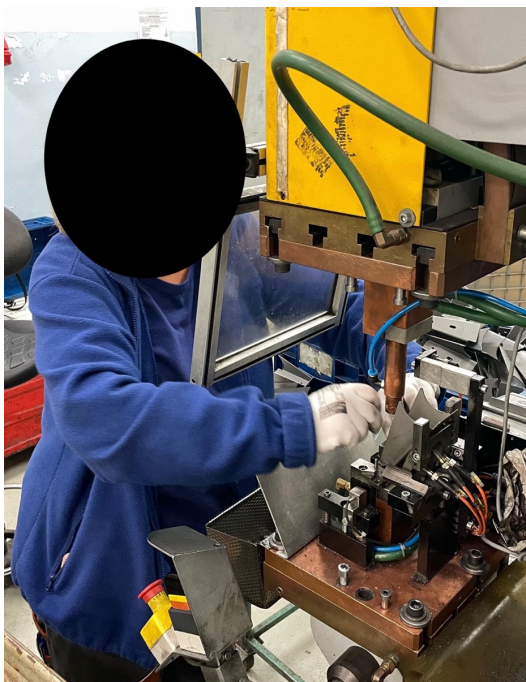
Po zaujmutí pracovní pozice v sedě či ve stoje pracovník uchopí levou rukou vylisovaný kus a vloží jej do svařovacího přípravku.

Současně s tím pravou rukou vezme matici z plechového boxu umístěného mezi tlačítky a vloží ji na požadované místo na vylisovaném kusu.



Obrázek 20 Uchopení vylisovaných dílů, pracovní pozice ve stoje

(zdroj: vlastní zpracování)



Obrázek 21 Vložení matice do svařovacího přípravku

(zdroj: vlastní zpracování)

Po vložení obou částí přiloží ruce ke dvěma tlačítkům po stranách svařovacího stroje, čímž se spustí dvou sekundový automatický chod, jenž provede přivaření matice k vylisovanému dílu. Z bezpečnostních důvodů je potřeba mít ruce na tlačítkách přiložené po celou dobu chodu stroje.



Obrázek 22 Přiložení palce na senzor tlačítek, které spouští automatický chod stroje

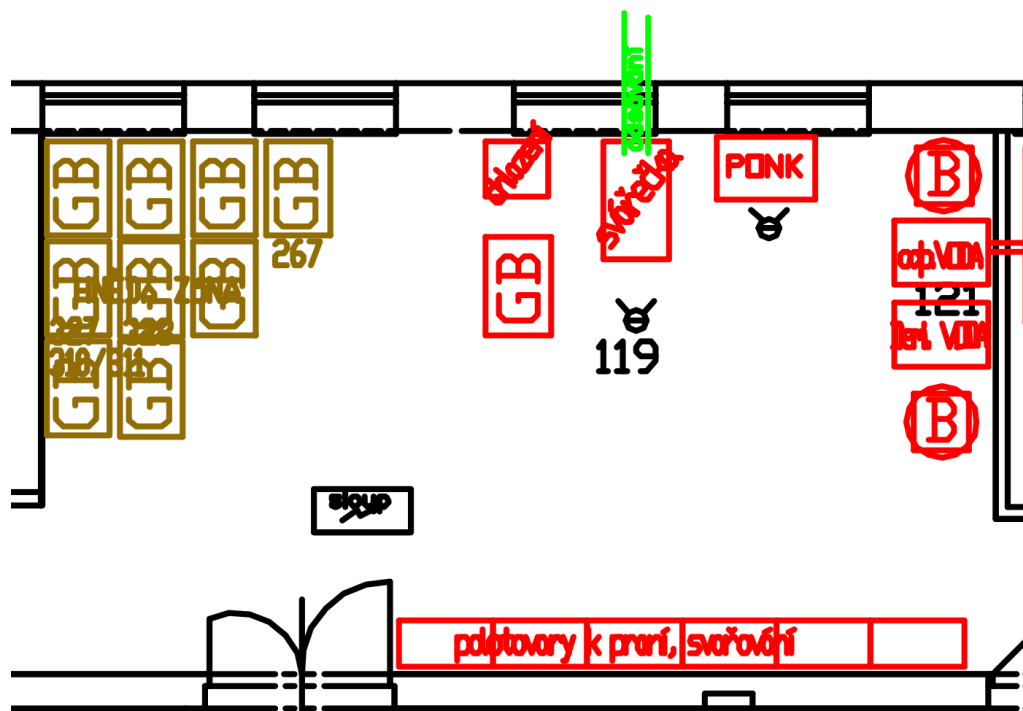
(zdroj: vlastní zpracování)

Následuje odstranění hotového výrobku ze svařovacího přípravku pravou rukou a jeho vhození do připravené bedny na hotové výrobky. Na odstraňování svařeného výrobku pravou rukou plynule navazuje uchopení dalšího vylisovaného kusu levou rukou, a proces přivaření matice se opakuje. Tento proces trvá přibližně 8 vteřin.

Celý cyklus nakládání a svařování trvá přibližně 23 minut a je během něj svařeno přibližně 150 kusů, poté se tento pracovní cyklus opakuje.

7.3 Layout pracoviště

Na obrázku číslo 23 je přiblížen výřez pracoviště svařování z layoutu budovy D. Mimo to se zde nachází také kontrolní pracoviště, řezárna, místnost pro makrozkoušky či opravná nalisovaných dílů. Celý layout budovy je možné vidět v příloze číslo 1.



Obrázek 23 Layout pracoviště svařování

(zdroj: interní)

Číslo 119 označuje pracoviště svařování, v jeho blízkosti je možné vidět zobrazenou svářečku, chlazení a ponk, který slouží pro zapisování do výrobní dokumentace či pro provádění zkoušek kvality během výroby. Zkratka „GB“ referuje o umístění gitterboxů, není však specifikováno, zda se jedná o gitterboxy prázdné, s polotovary či s finálními výrobky. Prostor pro polotovary k praní a svařování se nachází z pohledu layoutu u spodní zdi po pravé straně dveří.

Po pravé straně nákresu se pod číslem 121 nachází provozní vody pračky, která se nachází ve vedlejší místnosti a slouží k odmašťování vylisovaných výrobků. Toto pracoviště má vlastního operátora.

8 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU ERGONOMIE NA PRACOVÍŠTI

Vzhledem k vysokému vytížení pracoviště a požadovanému zvyšování výkonu bylo žádoucí, aby celá pracovní pozice prošla analýzou, která by odhalila případné problémy z pohledu ergonomie práce a faktory negativně působící na lidské zdraví.

8.1 Výkon pracoviště

Aktuální stav vytížení pracoviště je na možném maximu, i proto je potřeba hledat jiné cesty, jakým způsobem by mohlo dojít k navýšení výkonu. Zároveň je ale nutné stále dodržovat ohled na zdraví pracovníků a dodržování bezpečnostních a ergonomických předpisů.

V tabulce níže uvedené jsou výkonové normy pro jednotlivé výrobky. Výrobky, které mají normu nižší, jsou většinou hůře uchopitelné či mají členitější strukturu, což znesnadňuje jejich manipulaci. Počty kusů jsou pro pracovníky závazné a tuto normu musí splnit. Jestliže ale normu překročí, jsou finančně odměňováni za každý další svařený kus, odměna je jim pak vyplacena v rámci měsíčního ohodnocení. To motivuje pracovníky, kteří nemají problém normu naplnit, k vyšším výkonům. (interní zdroj)

Tabulka 5 Norma výkonu pracovníka na pracovišti svařování

Výrobek	Kusů za hod.
HV310273	354
HV310322	354
HV300465	360
HV300466	360
HV300473	330

(zdroj: vlastní zpracování)

8.2 Analýza činností pracovníka

Za účelem zjištění, jakým činností a po jakou dobu se pracovník věnuje v průběhu jedné směny, byl proveden snímek pracovního dne.

Snímek byl proveden dne 3.10.2024 v rámci ranní směny, která trvá od 5:35 – 14:05. Do osmi hodinové pracovní doby se nezapočítává 30minutová přestávka na oběd, která trvá od 10:00-10:30.

V tabulce níže uvedené je možné vidět, které činnosti trvaly pracovníci nejvíce času a zda se tyto činnosti podílely na přidávání hodnoty výslednému produktu.

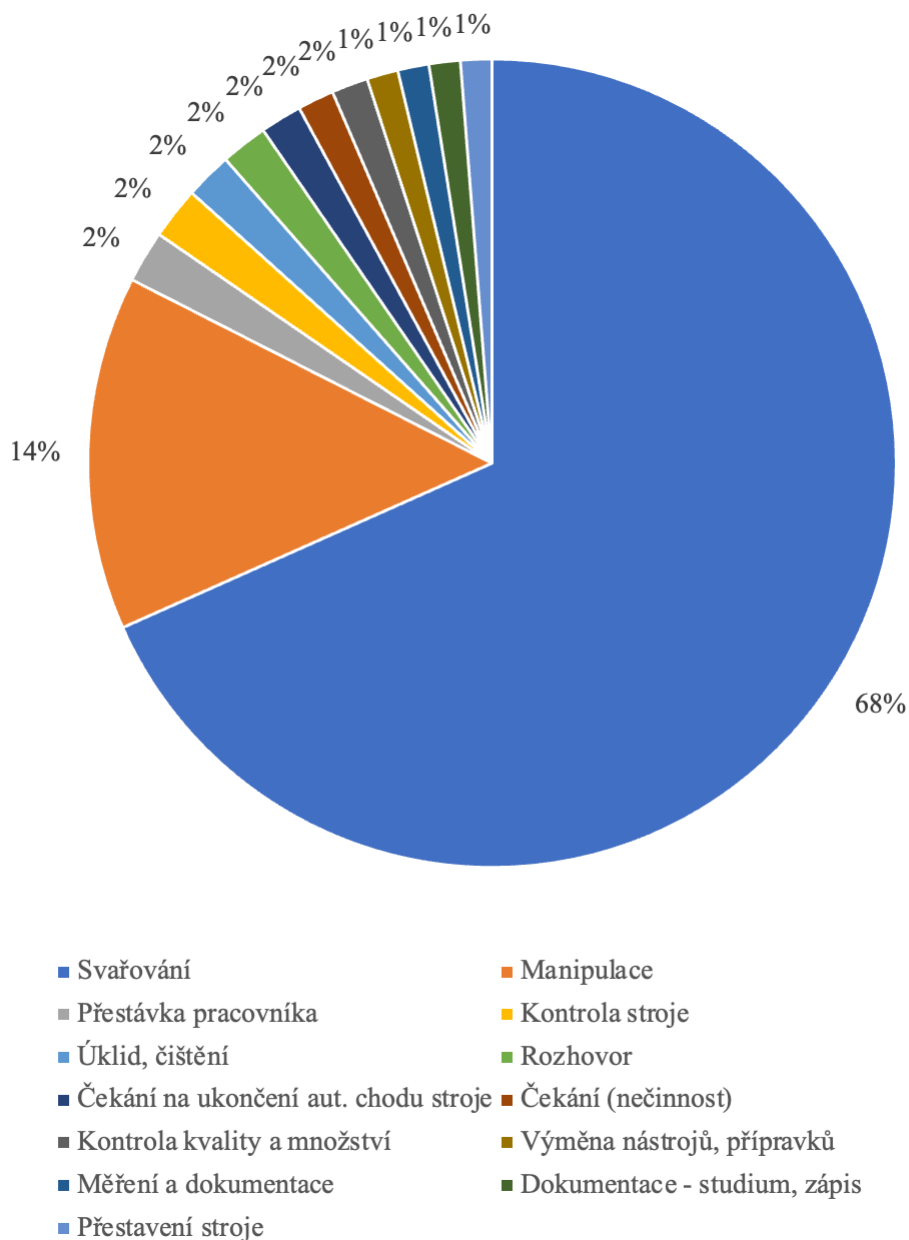
Tabulka 6 Doba trvání jednotlivých činností v rámci směny pracovníka

Činnost	Délka trvání (hod)	Přidává hodnotu
Svařování	5:28:00	ano
Manipulace	1:08:00	ne
Přestávka pracovníka	0:10:00	ne
Kontrola stroje	0:10:00	ne
Úklid, čištění	0:09:00	ne
Rozhovor	0:09:00	ne
Čekání na ukončení aut. chodu stroje	0:08:00	ne
Čekání (nečinnost)	0:07:00	ne
Kontrola kvality a množství	0:07:00	ne
Výměna nástrojů, přípravků	0:06:00	ne
Měření a dokumentace	0:06:00	ne
Dokumentace - studium, zápis	0:06:00	ne
Přestavení stroje	0:06:00	ne

(zdroj: vlastní zpracování)

Pro přehlednější zobrazení je níže uveden graf, který ukazuje procentuální zastoupení jednotlivých úkonů za dobu celé směny. Největšími segmenty grafu jsou zde reprezentovány činnosti samotného svařování (hlavní pracovní poloha - celkem 68 % z času směny) a manipulace (vedlejší pracovní poloha - 14 % času směny). Činnost svařování byla již popsána, činnost manipulace zahrnuje nakládání vylisovaných výrobků z gitterboxu do menších přepravek, ze kterých jsou potom odebírány při svařování (63 minut), a manipulace s gitterboxy (5 minut).

Zbylých 18 % směnového času stráví pracovník například zápisem do výrobní dokumentace, úklidem či rozhovorem s mistrem výroby, který mu podává instrukce o práci.



Obrázek 24 Procentuální zastoupení pracovních úkonů za celou směnu

(zdroj: vlastní zpracování)

8.3 Polostrukturovaný rozhovor

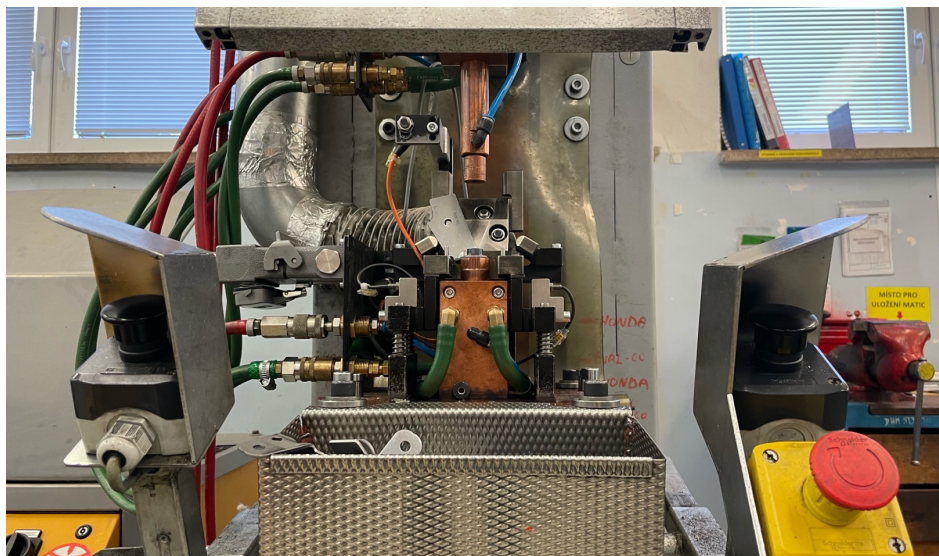
Za účelem zjištění využití ergonomických pomůcek, nastavení pracoviště a výskytu bolesti v důsledku práce na tomto pracovišti byl se dvěma pracovníky proveden polostrukturovaný rozhovor. Pokud byla odpověď na otázku rozvedena, je komentář uveden níže pod tabulkou.

Tabulka 7 Odpovědi pracovníků na otázky ohledně využití ergonomických pomůcek a nastavení pracoviště

Otázka	Pracovník 1	Pracovník 2
Nastavujete si výšku pracovní roviny?	ano	ano
Pociťujete bolesti v oblasti ramen při práci na této pracovní pozici?	ano	ano
Pociťujete při svařování bolesti v oblasti krční páteře?	ano	ne
Zaznamenali jste někdy problém s nedostatečným odsáváním výparů ze svařování?	výjimečně	ne
Střídáte pracovní polohu v sedě a ve stoje?	ano	ano
Používáte proti únavovou rohož?	ano	ne

(zdroj: vlastní zpracování)

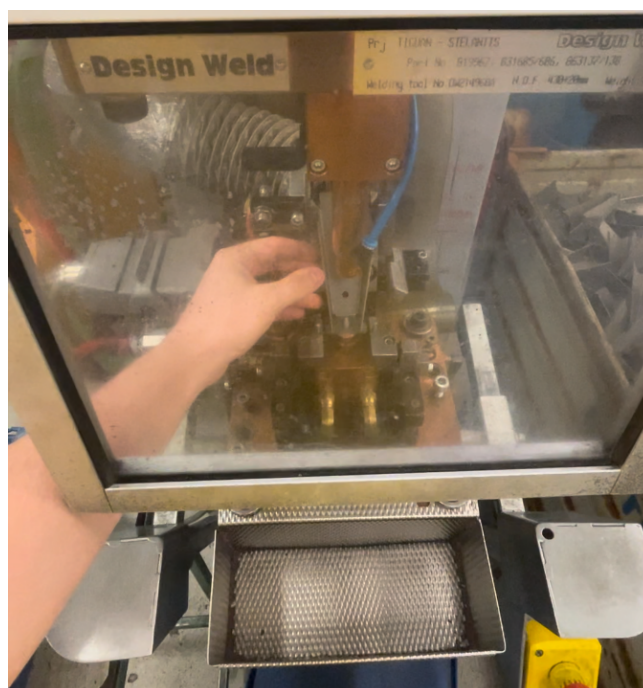
Oba pracovníci uvedli, že využívají možnosti nastavení výšky ovládacích tlačítek, kterými spouštějí chod stroje. Je však potřeba uvést, že nastavení výšky se netýká roviny svařovacího přípravku, do kterého pracovníci vkládají jednotlivé komponenty. Jeho výšku není možné z konstrukčních důvodů upravovat individuálně pro každého pracovníka. Na obrázku 25 je svařovací přípravek umístěn přímo uprostřed.



Obrázek 25 Ovládací tlačítka a svařovací přípravek

(zdroj: vlastní zpracování)

Pracovníci také uvedli, že pociťují bolest v oblasti ramen při práci na svařovacím stroji. Jeden z pracovníků uvedl, že za důvod bolesti považuje pohyb při vkládání dílů do stroje, kdy musí horní končetiny objímat plexisklo, které jej chrání před jiskrami ze svařování (viz. obrázek číslo 26).



Obrázek 26 Pohled pracovníka při svařování přes plexisklo

(zdroj: vlastní zpracování)

Odpovědi pracovníků se pak rozcházejí při otázce na bolest v oblasti krční páteře či dostatečné odsávání výparů. Stejně tak pouze jeden z dotazovaných pracovníků využívá proti únavovou rohož. Pracovníci to odůvodnili tím, že při změně pracovní polohy v sedě a ve stoje je přesouvání proti únavové rohoži zdržuje či necítí potřebu pro její využití. Oba pracovníci pak využívají možnosti pracovat v sedě i ve stoje.

Pro lepší pochopení možných problémů bylo také provedeno zhodnocení chování pracovníků na pracovišti a dodržení předepsaných požadavků. (viz. tabulka číslo 8)

Tabulka 8 Hodnocení pracovníků a dodržení předepsaných požadavků

Hodnocení pracovníků	Pracovník 1	Pracovník 2
Pracovník splňuje nastavené výkonnostní normy	ano	ano
Pracovník používá nabízené ergonomické pracovní pomůcky	ne	ne
Pracovník má pracoviště nastavené pro minimalizaci manipulačních vzdáleností	ne	ne
Pracovník má nastavené pracoviště pro minimalizaci rizika vzniku nepříjemných pracovních poloh	ne	ne

(zdroj: vlastní zpracování)

Oba pracovníci splňovali nastavenou výkonnostní normu. V případě ergonomických pracovních pomůcek však oběma chyběla proti únavová rohož. Pracovníci také neměli nastavené pracoviště pro minimalizaci manipulačních vzdáleností a pracoviště nebylo nastavené pro minimalizaci rizika vzniku nepříjemných poloh, jako je například špatně nastavená výška gitterboxu, ze kterého si pracovníci odebírají materiál.

8.4 Checklisty

Pro základní analýzu situace na pracovišti a hlavní pracovní polohy byly využity ergonomické checklisty z interních materiálů kurzu Počítačová simulace v ergonomii v rámci studia Průmyslového inženýrství na Univerzitě Tomáše Bati. Checklisty jsou vypracovány dle legislativních požadavků uvedených v nařízení vlády č.361/2007 Sb.

Byly vybrány tři následující checklisty, které poskytly prvotní informace o ergonomickém nastavení pracovní polohy a díky kterým tak bylo možné další analýzy zaměřit přímo na zjištěné problematické oblasti.

8.4.1 Checklist pro základní ergonomické hodnocení pracovního místa s ohledem na onemocnění pohybového aparátu

První checklist rozděluje otázky na dvě skupiny. Jedna skupina obsahuje otázky, které jsou červeně zvýrazněny a jejichž předmět je zakotven v legislativních požadavcích. Zbývající otázky také slouží k včasnému upozornění firmy na potenciální nebezpečí pracovní pozice a jsou základem pro uvažování o možném nastavení pracoviště. Celý checklist je uveden v příloze číslo III.

V tomto případě 2 ze 3 otázek z legislativních požadavků byly ohodnoceny negativně, a to výskyt rizikových pracovních poloh a výskyt podmíněně přijatelných a nepřijatelných pracovních poloh. Výskyt těchto poloh je podrobně rozebrán v následujících checklistech a analýzách.

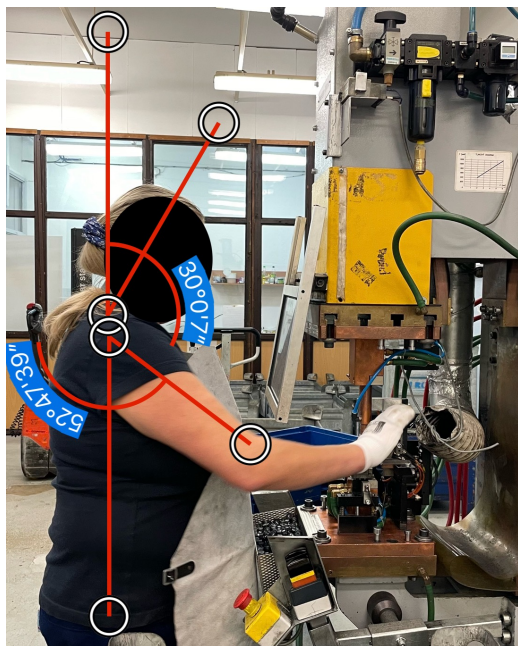
Spornou částí je nastavení výšky pracovní roviny, kdy je možné nastavit výšku ovládacích tlačítek i židle operátora, není však možné nastavit výšku svařovacího přípravku, do kterého se vkládají části svařovaného výrobku. Z tohoto důvodu byla poloha ohodnocena v tomto bodě negativně.

U výrobku se také nachází ostré hrany, o které by se pracovník mohl pořezat, je však potřeba dodat, že pracovníci jsou povinni nosit ochranné pracovní pomůcky, konkrétně rukavice, které jsou vhodně zvoleny podle charakteru práce.

8.4.2 Checklist pro zhodnocení rizikových pracovních poloh - poškozujících záda (v sedě i ve stoje)

Pomocí checklistu (viz. příloha IV) byly pro hlavní pracovní polohu zjištěny (viz. obrázek 27) 3 rizikové polohy, v každé z nich se pracovník nachází více než 30 minut, proto je doporučena okamžitá změna pracovní polohy. Jednotlivé problematické polohy jsou dále detailněji rozebrány včetně fotografií. Jedná se o tyto pracovní polohy:

- Zvednutá paže pracovníka při vkládání materiálu do svařovacího stroje. Úhel v tomto případě přesahuje 45°.
- Krk je předkloněn o více než 30°.
- Třetí rizikovou polohou je statická poloha pracovníka, ať už ve stoje či v sedě.



Obrázek 27 Úhel vzpažení horní končetiny před trup a předklon hlavy operátora

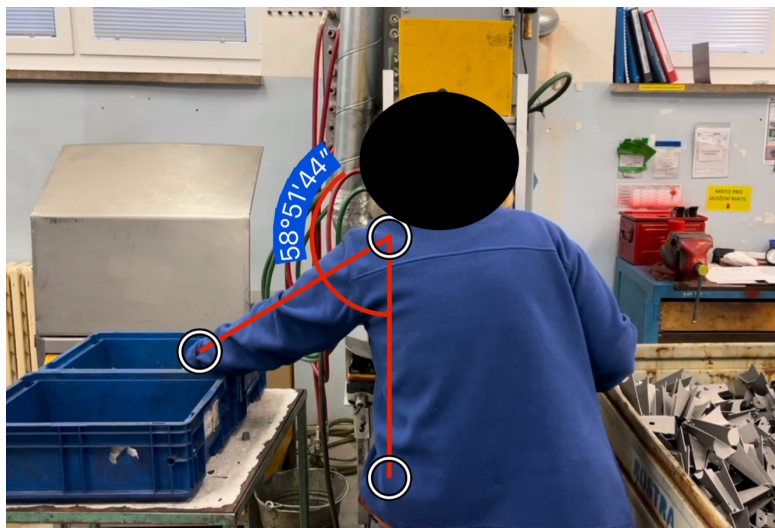
(zdroj: vlastní zpracování)

8.4.3 Checklist pro hodnocení přijatelné, podmíněně přijatelné a nepřijatelné pracovní polohy v sedě i ve stoje – hlavní pracovní poloha

Checklist hodnotí celkem 13 pracovních poloh při výkonu hlavní pracovní polohy na pracovišti svařování. Po jeho provedení bylo zjištěno, že na pracovní pozici se nachází 2 podmíněně přijatelné pracovní polohy a 3 pracovní polohy nepřijatelné.

Podmíněně přijatelné pracovní polohy

- Horní končetina – vzpažení před trup (bez opory) – v této poloze se pracovník nachází při manipulaci s vylišovaným dílem, maticí a finálním výrobkem (viz. fotografie výše číslo 27). Celkem se v této poloze nachází 5 vteřin za jeden výrobek. Za celou směnu má pracovník při splnění normy, tedy 360 kusů za hodinu, ruce vzpažené 240 minut. Jasně tak překračuje hranici 160 minut a je nutná změna pracovní polohy.
- Horní končetina – upažení do strany (bez podpory) – pracovník pohybuje horní končetinou do strany při odkládání výrobku či při uchopení nového výlisku (viz. obrázek číslo 28). Při manipulaci s jedním výrobkem jsou jeho horní končetiny upaženy do strany po dobu 2 vteřiny. Za celou směnu to činí 96 minut. V takovém případě je doporučeno zvážit změnu pracovní polohy.

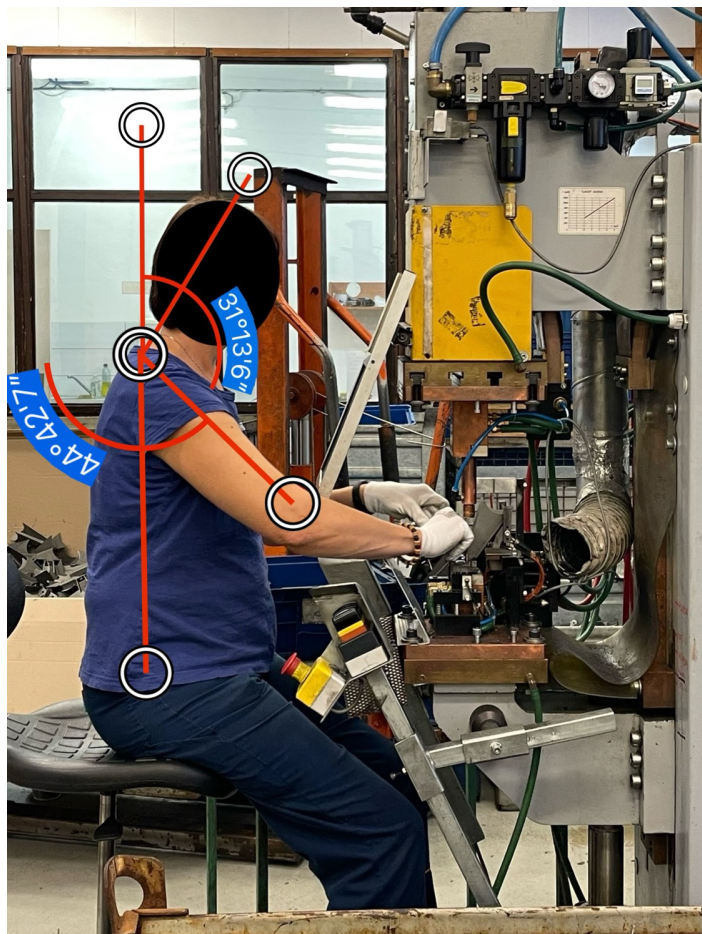


Obrázek 28 Upažení horní končetiny do boku při odebírání materiálu

(zdroj: vlastní zpracování)

Nepříjemné pracovní polohy

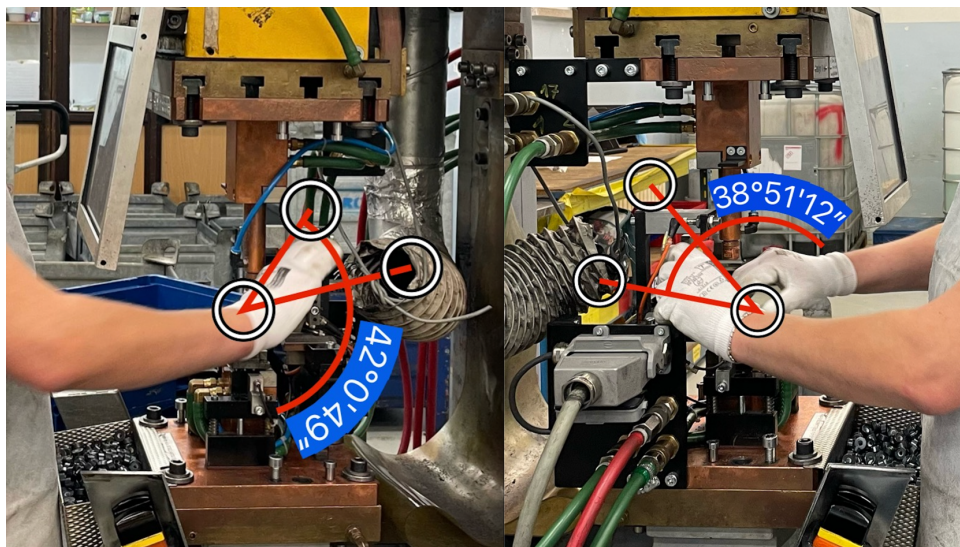
- Při samotném procesu svařování pracovník zrakem kontroluje průběh svařování, kvůli čemuž dochází k předklonu hlavy přes 30° . Celý proces svaření jednoho kusu trvá přibližně 8 vteřin, za celou směnu pracovník v této poloze tedy stráví 384 minut. Jelikož tato hodnota zdaleka převyšuje stanovený limit 30 minut, je potřeba ihned provést úpravu pracovní polohy.



Obrázek 29 Úhel předklonu krku a flexe paže při zakládání v sedě

(zdroj: vlastní zpracování)

- Rotace hlavou – pracovník rotuje hlavou při vyhazování hotového výrobku doprava a při nabírání nového materiálu doleva. Celkem tato rotace pro jeden výrobek trvá 1,8 vteřiny. Celkový čas za směnu strávený rotací 86,4 minuty.
- Při vkládání vylišovaného dílu a matice do svařovacího zařízení se dlaně ohýbají směrem nahoru. Velikost úhlu se může při jednotlivých výrobcích z důvodu jejich konstrukce lišit, nicméně pokaždé je překročena hranice 25°, a pracovní poloha se tak stává nepříjemnou. V této poloze se dlaně nacházejí 2 vteřiny u každého výrobku, celkem tedy 96 minut. Opět je potřeba pracovní polohu upravit. Na fotografii níže je možné vidět velikost úhlů – z levé strany se nachází pravá ruka, na pravé straně ruka levá.



Obrázek 30 Úhel ohnutí dlaní při vkládání materiálu do stroje

(zdroj: vlastní zpracování)

8.4.4 Checklist pro hodnocení přijatelné, podmíněně přijatelné a nepřijatelné pracovní polohy v sedě i ve stoje – vedlejší pracovní poloha

Tento checklist byl také použit pro zhodnocení vedlejší pracovní polohy a určení podmíněně přijatelných a nepřijatelných pracovních poloh při nakládání materiálu. Kompletní vyplněný checklist je v příloze číslo VI.



Obrázek 31 Vedlejší pracovní poloha - nakládání materiálu

(zdroj: vlastní zpracování)

Podmíněně přijatelné pracovní polohy

- Rotace hlavou – pracovník mírně otáčí hlavu při vkládání materiálu z gitterboxu do připravených krabic. Za směnu musí naložit 2880 kusů pro splnění normy, přičemž na jedno nabrání dokáže pracovník manipulovat s osmi kusy najednou. To znamená, že tento pohyb provede celkem 360krát a při 2 vteřinách za jeden pohyb stráví v této poloze celkem 12 minut za směnu.
- Ohýbání dlaně a její rotace – při nabírání materiálu dochází k uchopování a držení materiálu a zároveň k ohýbání dlaní směrem nahoru i dolů a k mírné rotaci. Jelikož je náročné vyhodnotit dobu trvání pro tuto polohu, předpokládá se, že zápěstí pracovníka v této poloze stráví maximálně 80 % z celého času manipulace, tzn. celkem 50,4 minuty za celou směnu.
- Vzpažení před trup – k této pozici horních končetin dochází při vkládání materiálu do beden, celkem 3 vteřiny za jeden pohyb. Při provedení tohoto pohybu 360krát za směnu celkový čas v této poloze činí 18 minut.

Všechny tyto podmíněně přijatelné pracovní polohy jsou vykonávány po dobu kratší než 160 minut, a proto je dle checklistu doporučeno zvážit změnu pracovní polohy.

Jedinou nepřijatelnou pracovní polohou je hluboký předklon o 61°. V této poloze pracovník stráví 34 minut a je zásadním negativním faktorem v tomto hodnocení. Toto zjištění dále rozvádí RULA analýza.

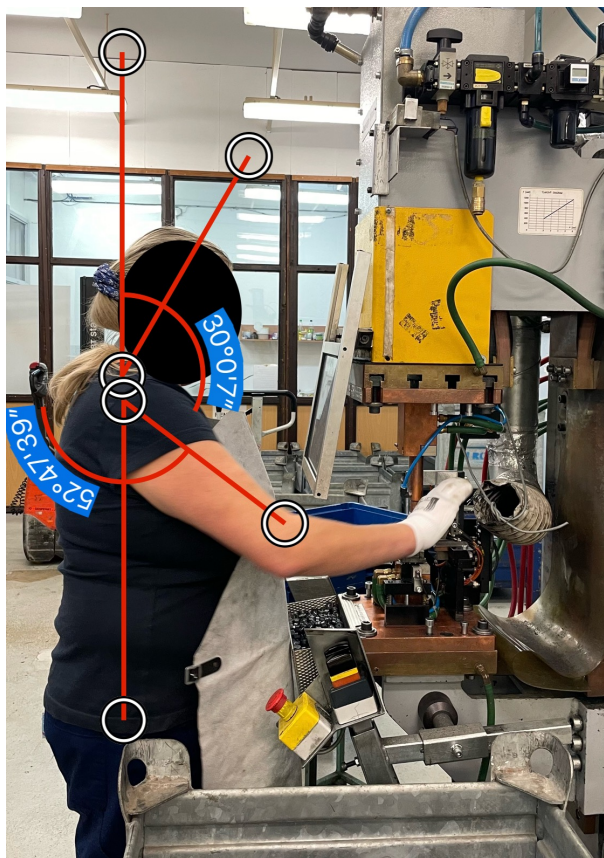
8.5 RULA analýza

Pro metodu RULA byly vybrány dvě pracovní polohy, ve kterých se pracovník opětovně nachází při výkonu pracovní činnosti. Vedlejší polohou je nakládání materiálu, hlavní pracovní polohou je svařování, při kterém pracovník tráví nejvíce času. Následuje hodnocení těchto poloh dle RULA metodologie a jejich vyhodnocení. Za tímto účelem byla využita online platforma od britské společnosti Osmond Ergonomics, která umožňuje rychlé vyhodnocení pracovních poloh. (Osmond Erconomics, © 2019)

8.5.1 Svařování

Proces samotného svařování vyžaduje statickou polohu pracovníka, kterou přerušuje přibližně po 20 minutách nakládání materiálu. Operátoři svařovacího zařízení preferují většinu času polohu ve stoje. 65 % času v této poloze, tedy 238 minut za celou směnu, jsou

pohyby jejich rukou prováděny na úrovni svařovacího přípravku stroje, i proto bude dále analyzována tato poloha.



Obrázek 32 Pracovní pozice svařování ve stoje

(zdroj: vlastní zpracování)

Na obrázku číslo 32 výše jsou zvýrazněny úhly, které zásadně ovlivňují výsledek analýzy této pozice. Kompletní analýza je uvedena v příloze číslo VII.

Tabulka 9 RULA analýza pozice svařování

Hodnocená část těla	Počet bodů
Skóre horních končetin (tabulka A)	4
Skóre postavení nohou, trupu a krku (tabulka B)	5
Skóre C	5
Skóre D	6
Celkové skóre (tabulka C)	7

(zdroj: vlastní zpracování)

Skóre horních končetin je ovlivněno především flexí paže, která je přes 52°. Obě ruce také manipulují s materiálem do stran. V případě levé ruky k tomu dochází při uchopení vylisovaného kusu a pravá ruka následně vyhazuje hotový výrobek do gitterboxu umístěného po pravé straně. Vzhledem ke statické poloze je skóre C 5 bodů (viz. tabulka číslo 9).

Předklon krku o přibližně 30° je pak příčinou vysokého skóre u postavení nohou, trupu a krku. Společně se statickou povahou práce je skóre D 6 bodů. Jelikož je možné stroj obsluhovat i v pozici v sedě, bylo provedeno měření úhlů u sedícího pracovníka, nicméně tyto klíčové úhly byly vypočítány s velmi podobným výsledkem a měly by stejné bodové hodnocení (viz. obrázek číslo 32).

Celkové skóre 7 značí, že pracovní pozici je potřeba co nejdříve změnit, aby došlo ke snížení rizika muskuloskeletálních onemocnění horních končetin, trupu a krku.

8.5.2 Nakládání materiálu

Nakládání materiálu z gitterboxu do KLT přepravek na stolku je dle snímku pracovního dne pracovníka druhou nejčastější pracovní pozicí. Poloha pracovníka se mění v průběhu nakládání materiálu. Pro analýzu tedy byla vybrána poloha, ve které pracovník tráví největší část manipulace, a to v předklonu, při kterém shromažďuje a uchopuje větší počet vylisovaných dílů. V této pozici pracovník stráví za jeden cyklus přibližně 1 minutu a 40 vteřin, v závislosti na tempu jeho práce a množství nakládaného materiálu, za celou směnu to činí 34 minut.



Obrázek 33 Nabírání materiálu pro svařování

(zdroj: vlastní zpracování)

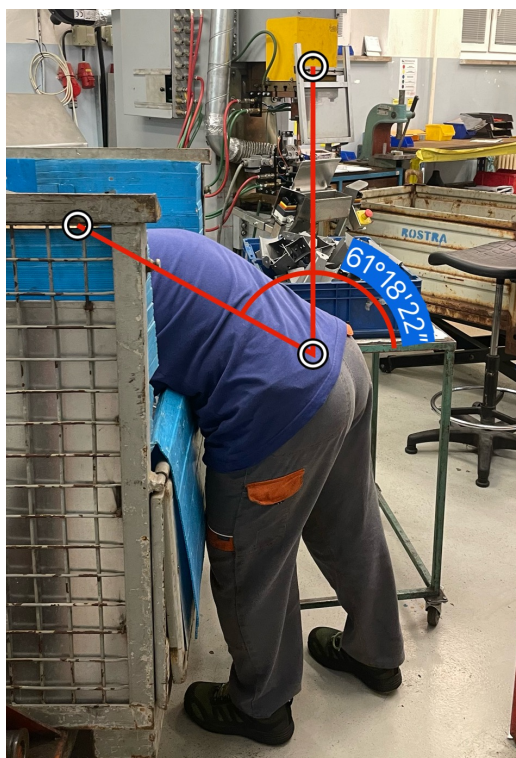
Při analýze byly hodnoceny obě horní končetiny. Výsledky jsou uvedeny v tabulce číslo 10. Detailní ohodnocení této polohy je uvedeno v příloze číslo VIII.

Tabulka 10 RULA analýza pozice nakládání materiálu

Hodnocená část těla	Počet bodů
Skóre horních končetin (tabulka A)	4
Skóre postavení nohou, trupu a krku (tabulka B)	6
Skóre C	5
Skóre D	7
Celkové skóre (tabulka C)	7

(zdroj: vlastní zpracování)

Při hodnocení horních končetin přispěl k vysokému bodovému ohodnocení především úhel, který horní končetiny svírají vůči neutrální poloze paže. Negativně je zde hodnocen také pohyb rukou do stran nebo rotace či odklonění zápěstí. Horní končetiny jsou tak hodnoceny 4 body, po připočtení bodu za statickou pracovní polohu a zároveň opakování vícekrát jak 4x za minutu, činí finální skóre C 5 bodů.



Obrázek 34 Flexe trupu pracovníka při nakládání materiálu přesahující 60°

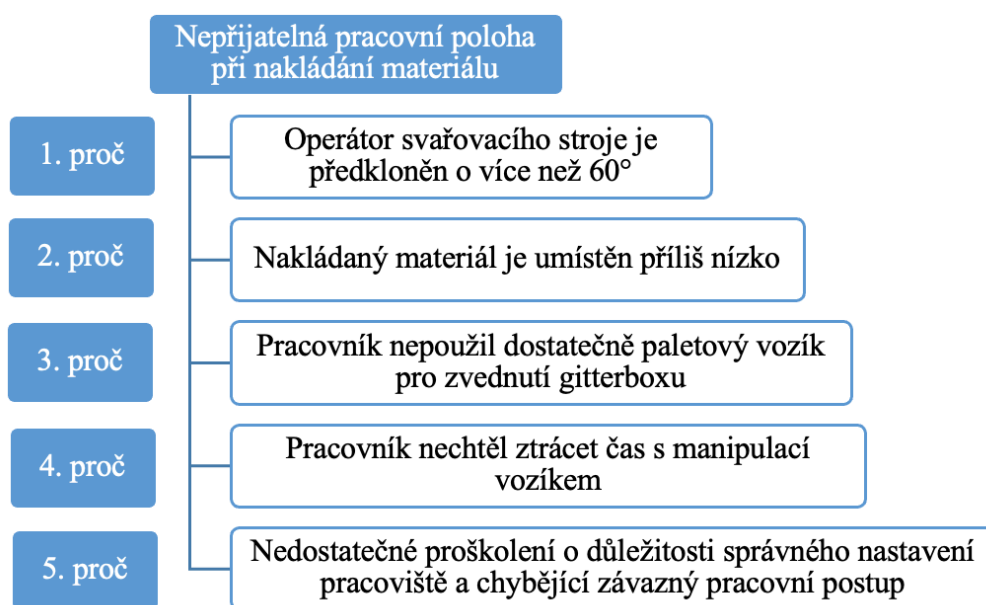
(zdroj: vlastní zpracování)

Největší vliv na skóre postavení nohou, trupu a krku má velká flexe trupu, která přesahuje hranici 60° a spadá tak do nejvyššího bodového ohodnocení (viz. obrázek 34). Společně s mírným předklonem krku (do 20°) tvoří 6 bodů za tyto části těla. Opět se zde započítává bod navíc za statickou práci, takže skóre D je 7 bodů.

Celkové skóre pracovní pozice nakládání materiálu vychází na 7 bodů, a řadí se do čtvrté kategorie. Jasně tak ukazuje, že je potřebná okamžitá náprava a změna pracovní pozice, v jejímž důsledku dojde k eliminaci výskytu těchto pracovních poloh.

8.6 5x proč výskytu nepříjemné pracovní polohy při nakládání materiálu

Pro zjištění kořenové příčiny, kvůli které se pracovník při nakládání materiálu nachází v nepříjemné pracovní poloze, byla použita metoda 5x proč. Hodnocena byla poloha hlubokého předklonu pracovníka při nabírání materiálu, jelikož právě velká flexe trupu získala největší bodové ohodnocení v rámci RULA analýzy.



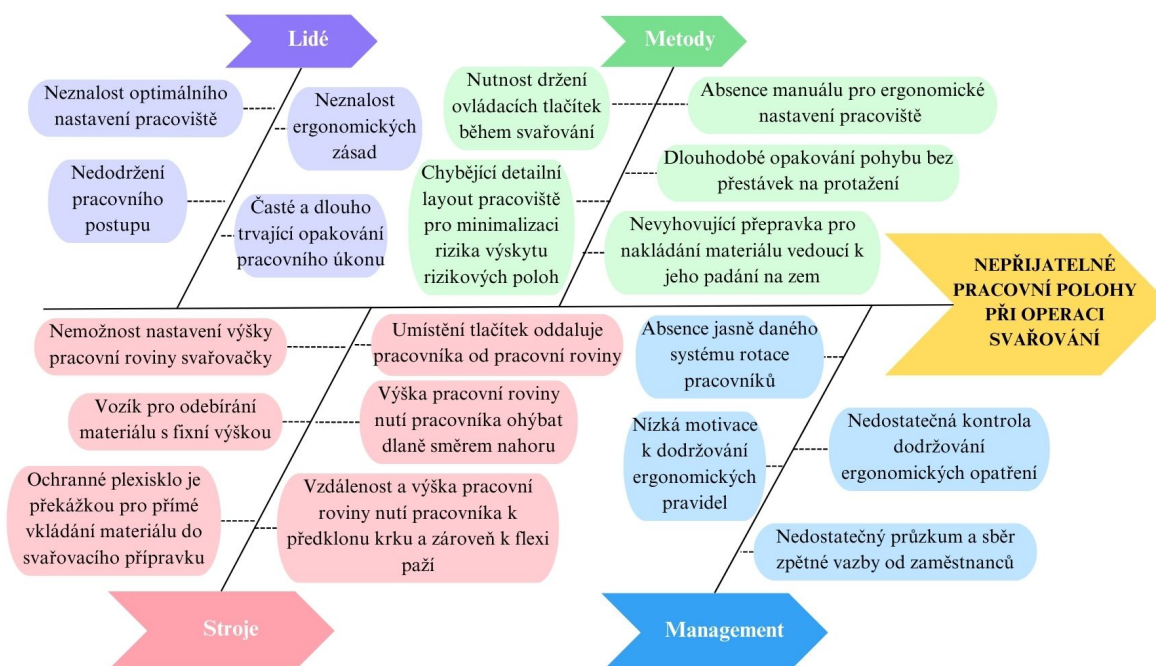
Obrázek 35 5x proč problému nepříjemné pracovní polohy při nakládání materiálu

(zdroj: vlastní zpracování)

Díky analýze bylo zjištěno, že pracovník nevyužívá dostatečným způsobem paletového vozíku, který by mu umožnil umístit nabíraný materiál do vyšší roviny a snížil tak riziko výskytu této nepříjemné pracovní polohy.

8.7 Ishikawa diagram nepříjemných pracovních poloh při svařování

Výskyt nepříjemných a podmíněně přijatelných pracovních poloh byl podroben analýze pomocí Ishikawa diagramu. Vznik takových poloh je součtem mnoha důvodů, které jsou rozděleny do 4 částí (viz. obrázek 36).



Obrázek 36 Ishikawa diagram nepříjemných pracovních poloh při operaci svařování

(zdroj: vlastní zpracování)

- Lidé představují zaměstnance pracující na svařovacím zařízení. Důležitými poznatky je jejich neznalost správného nastavení pracoviště a nedodržení pracovního postupu, který však není z pohledu ergonomického nastavení pracoviště oficiálně formulovaný.
- Metody jsou pracovní postupy a standardy, kterými by se měli pracovníci řídit. Zde je potřeba zmínit chybějící layout pracoviště, který by minimalizoval riziko výskytu rizikových poloh, a také absenci manuálu pro ergonomické nastavení pracoviště. Materiál je také nakládán do dvou středně velkých beden, ze kterých materiál padá a poté při odebrání materiálu vyžaduje pracovníkovu pozornost a vizuální kontrolu. Při pádu materiálu a jeho zvedání dochází k dalším ergonomicky nevhodným pohybům a také k možnému poškození materiálu samotného.



Obrázek 37 Nahromaděný materiál pro operaci svařování nahromaděný na dvou KLT přepravkách

(zdroj: vlastní zpracování)

- Stroj je samotný svařovací stroj. Zde je zásadním problémem nemožnost nastavení výšky pracovní roviny svařování i odebírání materiálu a ochranné plexisklo, které nutí pracovníka jej objímat při vkládání materiálu do svařovacího přípravku. Umístění ovládacích tlačítek pak pracovníka udržuje v zbytečně velké vzdálenosti od místa zakládání materiálu.
- Ze strany vedoucích pracovníků by pak mělo docházet ke kontrole dodržování ergonomického nastavení pracoviště a nošení OOPP, k tvorbě jasně daného systému rotace pracovníků a sbírání zpětné vazby od zaměstnanců.

9 SUMARIZACE NEDOSTATKŮ Z ANALYTICKÉ ČÁSTI

V této kapitole jsou shrnuty zásadní poznatky z analýzy aktuální situace na pracovišti. Náprava těchto nedostatků povede ke snížení rizika výskytu nepříjemných pracovních poloh.

Díky provedení snímku pracovního dne byly zjištěny doby setrvání pracovníka v různých pracovních pozicích, které dále slouží pro hodnocení rizikových pracovních poloh u hlavní pracovní polohy a jejich zařazení do podmíněně přijatelných a nepříjemných pracovních poloh. Jedná se o tyto polohy, jejichž seznam je uveden v tabulkách číslo 11 a 12:

Tabulka 11 Přehled hodnocení hlavní pracovní polohy dle checklistů

Část těla/činnost	Vzpažení před trup	Upažení do strany	Předklon hlavy	Rotace hlavou	Ohýbání dlaní
Druh polohy	Podmíněně přijatelná	Podmíněně přijatelná	Nepříjemná	Nepříjemná	Nepříjemná
Doba trvání za 8 hodin	240 min	96 min	384 min	86,4 min	96 min

(zdroj: vlastní zpracování)

Tabulka 12 Přehled hodnocení vedlejší pracovní polohy dle checklistu

Část těla/činnost	Rotace hlavou	Ohýbání dlaně a její rotace	Vzpažení před trup	Předklon
Druh polohy	Podmíněně přijatelná	Podmíněně přijatelná	Podmíněně přijatelná	Nepříjemná
Doba trvání za 8 hodin	12 min	50,4 min	18 min	34 min

(zdroj: vlastní zpracování)

Výskyt těchto nepříjemných pracovních poloh byl potvrzen i RULA analýzou, ve které měly tyto polohy největší bodové ohodnocení. Obě RULA analýzy svým bodovým ohodnocením také spadají do čtvrté kategorie, která vyžaduje okamžitou změnu ve vykonávání práce.

Další částí analýzy byly analýzy 5x proč a Ishikawa diagram, jejichž cílem bylo odhalit příčiny vzniku těchto pracovních poloh. Podkladem pro tyto analýzy byl polostrukturovaný rozhovor s pracovníky na pozici operátora svařovacího stroje a také vlastní popis fungování pracoviště svařování.

Spojením těchto analýz byly vybrány následující příčiny, které vedou k vytváření nepříjemných pracovních poloh:

- Absence závazného standardu pro ergonomické nastavení pracoviště.
- Nedostatečné proškolení pracovníků o důležitosti správného nastavení pracoviště.
- Nepravidelná rotace pracovníků na pracovišti vedoucí k dlouhým směnám repetitivního pohybu v ergonomicky podmíněně přijatelných či nepříjemných pracovních polohách.
- Nemožnost nastavení výšky pracovní roviny při svařování i odebrání materiálu.
- Konstrukce a výška svařovacího stroje nutí pracovníka ohýbat dlaně směrem nahoru.
- Ochranné plexisklo je překážkou pro přímé vkládání materiálu.
- Chybějící návod pro správné uvolnění těla a vymezený čas pro tato cvičení v rámci pracovní směny.
- Nevhodné bedny pro přípravu materiálu vedou k padání materiálu při nakládání, při odebrání vyžadují zvýšenou kontrolu pracovníka.

Na tyto problémy nabízí řešení projektová část práce.

10 PROJEKT ELIMINACE NEPŘIJATELNÝCH PRACOVNÍCH POLOH NA PRACOVÍŠTI SVAŘOVÁNÍ

10.1 Cíl projektu

Hlavním cílem projektu je snížení výskytu nepříjemných a podmíněně přijatelných pracovních poloh stávajícího pracoviště na legislativně přípustné hodnoty do konce roku 2025.

Cíl projektu je charakterizován pomocí metody SMART:

- S – specifický - eliminace příčin vedoucích k existenci nepříjemných pracovních poloh na pracovišti a snížení času stráveného pracovníkem v podmíněně přijatelných polohách na legislativní limity,
- M – měřitelný - po provedení všech změn bude pracoviště splňovat legislativní podmínky pro rizikový faktor pracovních poloh,
- A – dosažitelný – firma chce zlepšit ergonomii pracoviště, vyčlenit pro to potřebné finance a vedení podporuje tuto aktivitu,
- R – smysluplný – ochrana zdraví zaměstnanců jejichž vedlejším výsledkem je zvýšení výkonu pracoviště,
- T – časově vymezený – projekt bude proveden od 1.10.2024 a bude dokončen do konce roku 2025.

Dílní cíle práce jsou:

- Zavedení nového způsobu nakládání materiálu,
- Vytvoření standardizovaného postupu pro nastavení pracoviště,
- Zpracování návrhu robotizovaného pracoviště svařování.

Hlavní měřitelnou metrikou dosažených výsledků je čas pracovníka stráveného v podmíněně přijatelných polohách.

10.2 Logický rámec projektu

Logický rámec projektu je uveden v příloze číslo IX. Obecným cílem projektu je zvýšení bezpečnosti a ochrany zdraví operátorů pracoviště. Toho bude dosaženo provedením analýzy pracoviště, vytvoření nového standardu jeho nastavení, zavedením systému rotace

pracovníků, provedením technických úprav stroje a později také instalací robotizovaného pracoviště.

Cíl projektu, stejně tak jeho rizika a časový harmonogram jsou dále rozvinuty v následujících třech kapitolách.

10.3 Projektový tým

Před zahájením projektu byl sestaven projektový tým, který se podílí na jeho plánování, realizaci a vyhodnocení. Jedná se o tyto pracovníky:

- Procesní inženýr – zodpovědný za přípravu dat, analýzu a provedení některých částí projektů.
- Operátoři svařovacího stroje – jsou součástí sběru dat a je požadována jejich spolupráce při zavádění nových řešení.
- Seřizovači stroje – mají znalost technologického fungování pracoviště a jejich kooperace je důležitá pro implementaci a udržování změn.
- Vedení společnosti – vůle vedoucích pracovníků a jejich podpora pro zlepšení pracovní pozice je klíčová.
- Nákupčí – pracovník nákupního oddělení je zodpovědný za objednání požadovaných komponent a zboží na základě požadavků od dalších členů týmu.
- Mistři výroby – jsou klíčovými členy projektu, jelikož jejich úkolem je provedené změny úspěšně prezentovat operátorům a plynule je zavést do výroby.
- Bezpečnostní pracovník – je zodpovědný za dodržení všech bezpečnostních pravidel pro nové úpravy pracoviště.
- Diplomant – se podílí na sběru dat, jejich analýze a návrhu možných zlepšení.

Zodpovědnosti pracovníků za jednotlivé oblasti projektu jsou uvedeny níže v akčním plánu projektu.

10.4 Harmonogram projektu

Časový plán projektu byl rozpracován do několika činností zobrazených v tabulce 13. Projekt začíná v září roku 2024, kdy došlo k prvotnímu podnětu pro analýzu pracoviště. Oranžová barva v časovém plánu značí analytickou část, kdy byly získávány informace o nastavení a potřebách pracoviště. Od začátku roku 2025 bylo diskutováno řešení

zjištěných problémů a v dubnu 2025 započala implementace změn. Úprava současného stavu pracoviště potrvá 2 měsíce a upravené pracoviště by v novém stavu fungovalo do konce roku 2025. Na rok 2026 by mělo být robotizované pracoviště již plně v provozu, aby byla zajištěna schopnost dodávat svařené výlisky zákazníkům.

Tabulka 13 Časový plán projektu

Časový plán	2024								2025							
Činnost	9	10	11	12	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Zadání projektu																
Prvotní analýza potřeb pracoviště																
Specifikace zadání projektu																
Poptání robotizovaného pracoviště																
Sběr dat a měření pracoviště																
Analýza nasbíraných dat																
Návrh opatření																
Konzultace opatření a jejich úpravy																
Implementace změn																
Kontrola změn a provádění případných úprav																
Instalace robotizovaného pracoviště a jeho začlenění do provozu																

(zdroj: vlastní zpracování)

10.5 Riziková analýza

Rizika projektu byla zhodnocena pomocí RIPRAN analýzy. Celkem bylo v průběhu plánování projektu identifikováno 6 rizik, která mohou ohrozit požadovaný výsledek (viz. tabulka 14).

Tabulka 14 Identifikace rizik a jejich vyhodnocení

Riziko	Pravděpodobnost rizika	Míra dopadu rizika	Hodnota rizika
Chybná data pro provedené analýzy	NP	VD	SHR
Chybějící motivace operátorů	VP	VD	VHR
Zpoždění projektu	NP	VD	SHR
Nezískání dotace na robotizované pracoviště	NP	VD	SHR
Nedostačující technické úpravy stroje	NP	SD	NHR
Nedostatečné školení a kontrola	SP	SD	SHR

(zdroj: vlastní zpracování)

Na základě identifikace rizik bylo provedeno jejich vyhodnocení a navržen způsob eliminace těchto hrozeb (viz. tabulka 15).

Tabulka 15 Dopady rizik a eliminace jejich výskytu

Riziko	Dopad rizika	Eliminace jeho výskytu
Chybná data pro provedené analýzy	Navrhovaná řešení nebudou reagovat na reálné problémy, případně mohou způsobit problémy další	Sběr dat, snímků a provedení analýz musí probíhat u více pracovníků v různých pracovních polohách
Chybějící motivace operátorů	Operátoři nebudou chtít přijmout nová opatření	Vysvětlení pozitivních důsledků změn pro jejich práci a zdraví, rotace pracovních pozic
Zpoždění projektu	Menší zpoždění mohou vést k zdržení dodávek odběratelům, v dlouhodobém horizontu to může vést ke ztrátě zákazníků	Detailní rozpracování harmonogramu, vytvoření fází projektu (stage-gates), pravidelné vyhodnocování pokroku
Nezískání dotace na robotizované pracoviště	Větší finanční zátěž na pořízení a provoz pracoviště	Konzultace žádosti s poradenskou společností, pečlivé zpracování a kontrola žádosti
Nedostatečné školení a kontrola	Pracovníci nebudou rozumět novým opatřením a nepřijmou je	Interaktivní školení s názornou ukázkou, osobní kontrola a motivace pracovníků

(zdroj: vlastní zpracování)

Hrozbou s nejvyšší hodnotou rizika je chybějící motivace operátorů, která může negativně ovlivnit přijetí nových opatření. Pro opravdové zlepšení pracovních poloh a ochrany zdraví pracovníků je potřeba vysvětlit jim pozitivní důsledky projektu na jejich práci a zdraví. Rotace pracovních pozic je také součástí opatření, které prokazatelně zvyšuje motivaci a pozitivní přístup zaměstnanců.

Střední hodnota rizika byla identifikována u zpoždění projektu, nezískání dotace na robotizované pracoviště a nedostatečné školení a kontrola.

V případě zpoždění projektu je sice zpoždění málo pravděpodobné, jeho dopad by měl ale pro firmu velký dopad. V krátkodobém horizontu by to mohlo znamenat zpoždění dodávek odběratelům. V případě zpoždění realizace robotizovaného pracoviště svařování, zvláště v roce 2026, kdy dojde k největšímu vyřízení pracoviště, by však došlo k nemožnosti plnit své dodavatelské závazky a firma by se potýkala se ztrátou zákazníků i své reputace. Je tedy potřebné detailní plánování harmonogramu změn a vytvoření projektových stage-gates, ve kterých je potřeba hodnotit vývoj projektu, splnění cílů v dané fázi a rozhodnout o jeho pokračování.

Opatřením pro riziko nezískání dotace na pořízení robotizovaného pracoviště je konzultace žádosti s poradenskou společností, která má s podobnými žádostmi zkušenost. Díky tomu bude dosaženo obsahové správnosti, dodržení všech termínů i odevzdání všech podkladů.

Zásadní pro uvedení změn do provozu je také dostatečné školení pracovníků a následná kontrola dodržování nastavených pravidel. Je proto potřeba školení udělat interaktivní, s názornou ukázkou a vysvětlením. Kromě osobní kontroly v provozu je vhodné také motivovat pracovníky, konzultovat s nimi provedené změny a být ochotný jim věci znovu vysvětlit.

Menším rizikem je pak nedostatečná technická úprava, kvůli které by nedošlo k úplnému provedení požadovaných změn. Realizaci této části projektu je tedy potřeba pouze detailněji kontrolovat, aby všechny změny vedly k požadovaným výsledkům.

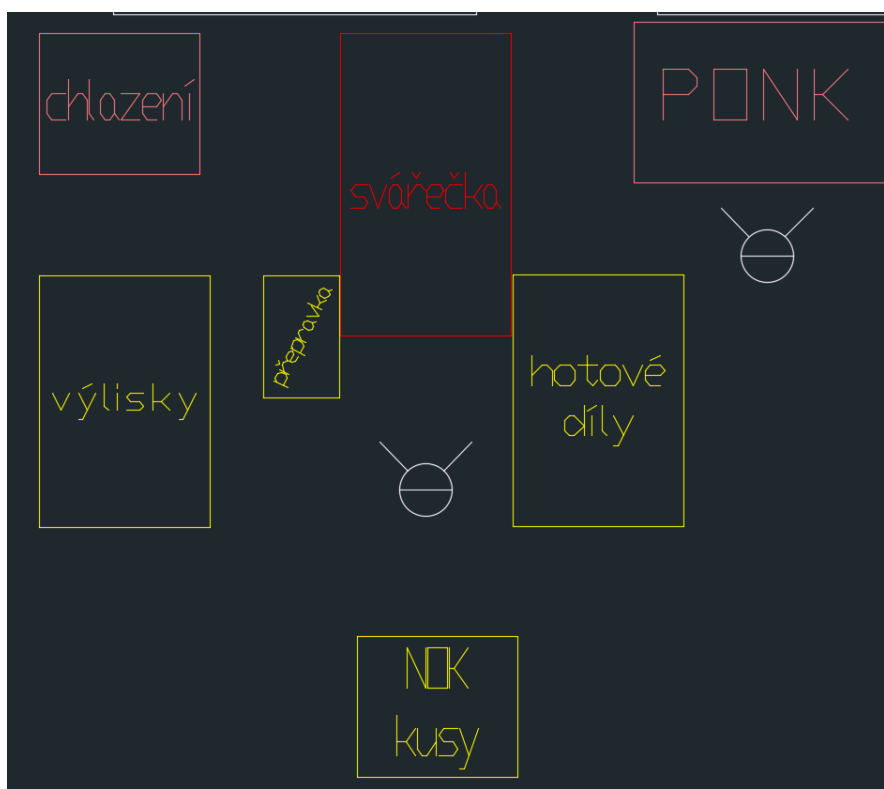
11 NAVRHOVANÉ ZMĚNY PRO ERGONOMICKÝ DESIGN PRACOVÍŠTĚ

Navrhované změny v této kapitole slouží k nápravě příčin nepříjemných pracovních poloh uvedených ve shrnutí analytické části práce.

11.1 Standardizace a ergonomické nastavení pracoviště

Vytvoření standardu, který by jasně popisoval a zobrazoval rozložení pracoviště, včetně ergonomického nastavení pracoviště. Tento návrh reaguje na absenci takového dokumentu, neznalost pracovníků správného nastavení či jeho nedodržování, jelikož nastavení pracoviště není zaměstnavatelem nijak vyžadováno.

První částí je jasný popis nastavení pracoviště před začátkem práce, který by byl součástí pracovních instrukcí a všichni pracovníci by s ním byli seznámeni. Kromě pracovního postupu je potřeba do něho zahrnout také instrukce pro ergonomické nastavení pracoviště.



Obrázek 38 Nový detailní layout pracoviště

(zdroj: vlastní zpracování)

Součástí nového layoutu (viz. obrázek číslo 38) je přidání všech objektů, se kterými pracovník na pracovišti manipuluje. Jednotlivé objekty by na pracovišti měly být rozmístěny pro minimalizaci manipulačních vzdáleností.

Aby celé nastavení pracoviště bylo pro pracovníka jednodušší, byly by prostory pro jednotlivé objekty na pracovní ploše předem zvýrazněny nalepením barevné pásky či jinak nabarveny a ukazovaly by tak obrysy objektů. Obrysy by také mohly být doplněny o krátké názvy objektů, aby nemohlo dojít ke špatnému umístění gitterboxů.

Popis nastavení může obsahovat tyto instrukce:

Příprava před svařováním:

- Vozík pro nakládání materiálu nastavte tak, aby vám jeho plošina sahala do výšky vašeho pasu. Při odebírání materiálu musí být vozík nastaven do výšky svařovacího přípravku a být v jeho těsné blízkosti.
- Využívejte proti únavovou podložku na zem. Pokud potřebujete, vyměňte nižší podložku za vyšší pro snížení pracovní roviny.
- Gitterbox s materiálem ke svařování umístěte pomocí paletového vozíku po levé straně svařovacího stroje, viz. obrázek níže.
- Gitterbox pomocí vozíku zvedněte do výšky tak, aby výše hladiny materiálu v boxu sahala do výšky vozíku, na který materiál nakládáte. Při ubývání materiálu v boxu vozík zvedejte, aby stále odpovídal této podmínce. Nakloňte gitterbox pomocí vozíku o 20° směrem k místu odebírání.
- V těsné blízkosti svařovacího stroje po pravé straně pomocí vozíku umístěte gitterbox pro finální výrobky.
- Výšku ovládacích tlačítek nastavte dle uvedené stupnice do pozice, která odpovídá Vaší výšce.

Do této doby si pracovníci výšku ovládacích tlačítek nastavovali dle vlastního uvážení a svých zkušeností. Nově by výška byla nastavena pro každého jednotlivého pracovníka, byla by poznačena a pracovník by si ji poté mohl nastavovat sám. Cílem tohoto opatření je nastavení výšky tlačítek do takové úrovně, aby byly horní končetiny pracovníka při tomto úkonu co nejméně zatěžovány, to znamená horní část paží by měla být ve svislé poloze vedle paží, a lokty svíraly s předloktím úhel 90°. Pro jednodušší nastavení této výšky je

doporučeno na posunovací konstrukci vyznačit stupnici, podle které by se pracovníci mohli orientovat.

11.2 Rotace pracovních pozic

Rotace pracovních pozic je poměrně jednoduchým opatřením, které však přinese mnoho benefitů. Díky častému střídání pracovních pozic zaměstnanci bude zkrácen čas strávený v nepříjemné pracovní poloze či v podmíněně přijatelné pracovní pozici, která překračovala hodnotu 160 minut. Kromě zkrácení času v této pracovní pozici může také dojít k větší spokojenosti zaměstnanců z různorodé činnosti a k jejich větší efektivitě při výkonu práce.

Jelikož se na každé směně nachází minimálně 4 pracovníci, kteří mohou svařování provádět, je doporučeno rotovat pozice po 2 hodinách. V blízkosti svařovacího stroje se nachází kontrolní stanoviště, které by mohlo sloužit jako předchozí pracoviště před výměnou a přechodem na pracoviště svařovacího stroje. Díky tomu by se dosáhlo minimální doby potřebné pro výměnu pracovníků. Úprava výšky pracovních roviny a ovládacích tlačítek pro nového pracovníka by neměla trvat více než 3 minuty a pracoviště by tak téměř plynule pokračovalo ve svém chodu.

Toto opatření si jistě vyžádá vyšší nároky na plánování a organizaci pracovníků i výroby. Pro zachování co nejplynulejšího střídání a vyhnutí se nedorozuměním a chybám je doporučeno nastavit transparentní a pevný systém střídání pracovních pozic. V rámci každé směny by se zaměstnanci střídali v daném pořadí, které by bylo neměnné, pokud by nedošlo k jiným komplikacím či absencím pracovníků.

S plánováním každé směny může mistrům výroby pomoci níže uvedená tabulka, která umožňuje přidělovat jednotlivé pracovníky na konkrétní pracovní pozice v daný čas.

Typ směny:	Ranní			
Mistr směny:	Mistr 1			
Pracoviště/Čas	5:30-7:45	7:45-10:00	10:30-12:15	12:15-14:00
Svařovací stroj	Pracovník 1	Pracovník 2	Pracovník 3	Pracovník 4
Kontrolní stanice	Pracovník 2	Pracovník 3	Pracovník 4	
Lis 1			Pracovník 1	
Lis 2				Pracovník 1
Lis 3				Pracovník 2
Lis 4	Pracovník 4	Pracovník 4	Pracovník 2	
Lis 5		Pracovník 4	Pracovník 2	Pracovník 1
Lis 6				Pracovník 2
Lis 7	Pracovník 3	Pracovník 1		Pracovník 3
Lis 8				Pracovník 4

Obrázek 39 Ukázka práce s plánovací tabulkou rotace pracovníků

(zdroj: vlastní zpracování)

Tabulka upraví čas střídání dle výběru ranní či odpolední směny. Každý mistr má na starost jednu směnu a rozevírací nabídka se seznamem pracovníků se upravuje podle toho, který mistr rozpis zrovna vytváří. Jelikož jsou některé lisy automatizované a nevyžadují neustálou přítomnost pracovníka, může jeden pracovník obsluhovat více lisů. V tabulce se však vyznačí duplicitní jména pracovníků, aby upozornila na jejich vyšší vytížení.

Navrhované střídání pracovních pozic bude mít za následek zkrácení času stráveného v nepříjemných polohách a podmíněně přijatelných polohách přesahujících 160 minut za směnu na hodnoty uvedené v tabulce číslo 16.

Tabulka 16 Časy v rizikových polohách po aplikaci rotace

Část těla	Vzpažení před trup	Předklon hlavy	Rotace hlavou	Ohýbání dlaní	Předklon
Druh polohy	Podmíněně přijatelná	Nepřijatelná	Nepřijatelná	Nepřijatelná	Nepřijatelná
Doba trvání za celou směnu	240 min	384 min	86,4 min	96 min	34 min
Doba trvání při rotaci	60 min	96 min	21,6 min	24 min	8,5 min

(zdroj: vlastní zpracování)

V případě pravidelné rotace pracovníků by byly splněny legislativní požadavky pro všechny polohy s výjimkou předklonu hlavy, který by stále trval 96 minut.

11.3 Změna způsobu nakládání materiálu

Zásadním opatřením pro odstranění nepřijatelných pracovních poloh při nakládání materiálu je vytvoření podmínek pro možnost nastavení výšky všech používaných zařízení a zajištění dodržování pracovního postupu při nastavování pracoviště. V současné době není možné nastavit výšku vozíku, na kterém se do KLT přepravek nakládá materiál ke svařování. To může vést především při odebírání materiálu k podmíněně přijatelným či nepřijatelným pracovním polohám. Gitterbox s výlisky pro svařování je sice díky paletovému vozíku výškově nastavitelný, přesto může být pro pracovníky náročné nabírat materiál z jeho zadních částí.

Pro maximální nastavení gitterboxu je doporučeno pořídit paletový vozík s možností naklonění palet či gitterboxů. Vzhledem k finančním požadavkům na takové zařízení je doporučeno pořídit vozík mechanický (viz. obrázek číslo 40), který je možné pořídit za 47 540 Kč (Zvedač palet, 2025).



Obrázek 40 Naklápečí paletový vozík

(zdroj: Zvedáč palet, 2025)

Při plánovaném větším využití podobného prostředku pro manipulaci s gitteboxem je možné pořídit také zvedací a sklápěcí přístroj od značky Edmolift, který disponuje elektrickým pohonem. Jeho cena se pohybuje kolem 200 000 Kč. (Zvedací a sklápěcí přístroj Edmolift, 2025) Na obrázku níže číslo 41 je možné vidět, že tímto způsobem bude plně odstraněn předklon pracovníka.



Obrázek 41 Zvedací a sklápěcí přístroj Edmolift

(zdroj: Zvedací a sklápěcí přístroj Edmolift, 2025)

Dalším opatřením je pořízení pojízdného hydraulického zvedacího stolu (viz. obrázek 42), který umožňuje nastavení výšky od 340 mm do 880 mm i při plném zatížení. Po započítání výšky KLT přepravky (14,7mm) je maximální výška 1 027 mm, a plně tak odpovídá optimální výšce pracovní roviny dle nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Rozměry plošiny jsou 850x500mm a poskytují tak dostatečně velkou plochu pro přesun materiálu.



Obrázek 42 Hydraulický zvedací stůl s rozměry plošiny 850x500mm

(zdroj: Pojezdový hydraulický zvedací stůl TF, © 2010 – 2025)

Součástí opatření je také pořízení nové KLT přepravky, která by nahradila dvě aktuální bedýnky. Nová přepravka s rozměry 600x400x147mm (obrázek číslo 43) umožní pracovníkům nakládat materiál, aniž by se museli soustředit na jeho vršení a zamezí padání materiálu na zem. Při odebrání materiálu by pracovník mohl uchopovat materiál částečně bez nutnosti vizuální kontroly a snížil by se tak čas rotace krku pracovníka. V kombinaci s novým layoutem a důrazem na minimální vzdálenost mezi strojem a přepravkou bude moci být tato poloha zařazena do podmíněně přijatelné pracovní polohy.



Obrázek 43 KLT přepravka 600x400x147mm

(zdroj: Přepravka RL-KLT 6147, © 2025)

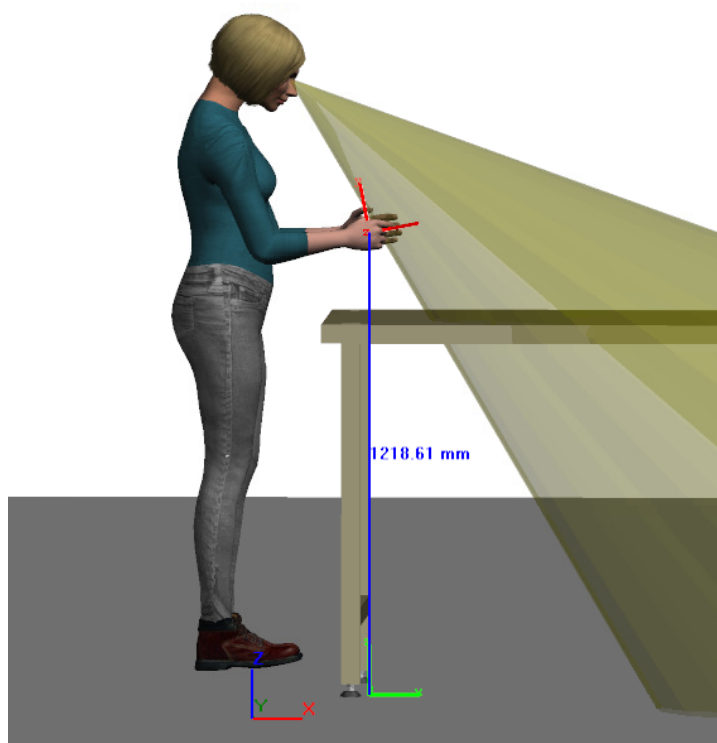
11.4 Technická úprava stroje

Za účelem odstranění flexe krku o více než 25° je doporučeno provést zvýšení pracovní roviny. Svařovací přípravek však není možné konstrukčně upravit tak, aby mohlo docházet k flexibilnímu nastavování dle výšky pracovníka. Z toho důvodu je doporučeno podložit celý svařovací stroj a tím zvýšit pracovní rovinu na výšku 1 200 mm, včetně svařovacího přípravku. Tím bude zajištěno zmenšení flexe krku a vzpažení horních končetin před trup u všech pracovníků.

Požadovaná výška vychází z realizované simulace v softwaru Tecnomatix Process Simulate, ve kterém byla simulovaná pracovnice o výšce 95. percentilu (viz. obrázek číslo 44 a 45) Tím je zajištěno, že výška pracovní roviny nebude nízká ani pro vyšší pracovnice. Poloha pracovnice byla dále simulována dle neutrálních úhlů jednotlivých částí těla. Pokud to nebylo možné, maximální hodnoty byly stanoveny na základě legislativních požadavků pro podmíněně přijatelné pracovní polohy:

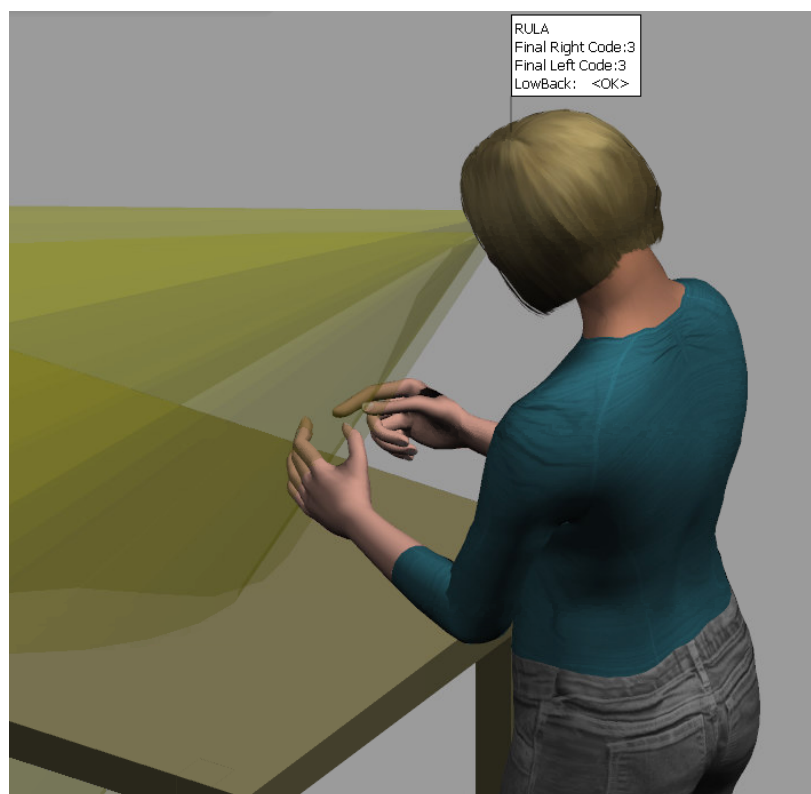
- Předklon hlavy činí maximálně 24°,
- Předklon trupu 0°,
- Vzpažení horních končetin před trup 20°.

Simulovaná pracovní poloha včetně úhlu pohledu a výška pracovní roviny je uvedena na obrázku níže. Pro takovou pracovní polohu byla provedena RULA analýza přímo v simulačním programu, která vyhodnotila, že pracovní poloha spadá do 2. kategorie.



Obrázek 44 Simulace pracovní polohy a požadované výšky pracovní roviny

(zdroj: vlastní zpracování)

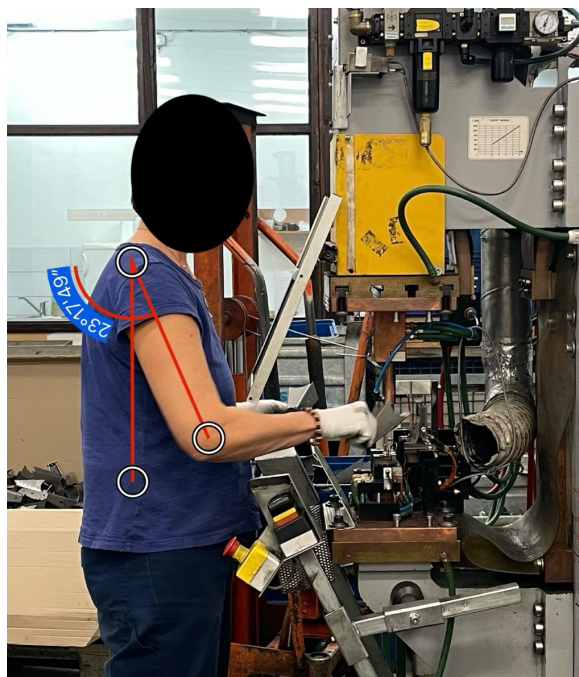


Obrázek 45 Pohled pracovníka na vykonávanou činnost

(zdroj: vlastní zpracování)

Součástí úprav je také doporučeno odstranit ochranné plexisklo. Tato úprava umožní pracovníkům pohodlnější přístup při vkládání a vyjímání materiálu. Horní končetiny pracovníků tak nebudou muset „objímat“ plexisklo a budou mít přímý přístup do svařovacího přípravku, což povede k menší potřebě ohýbat zápěstí při vkládání materiálu. Ochranné plexisklo není na svařovacím stroji povinné, jeho absence však bude vyžadovat po pracovnících striktní nošení ochranné zástěry a brýlí či štítu. Těmito ochrannými prostředky jsou zaměstnanci a pracoviště již vybaveni.

Další úpravou by mělo být přiblížení ovládacích tlačítek směrem k svařovacímu přípravku (prostoru, kam se vkládá materiál ke svařování). Díky zmenšení vzdálenosti mezi pracovníkem a pracovní rovinou bude dosaženo zmenšení úhlu vzpažení paže. Jak ukazuje obrázek níže (číslo 46), úhel se bude blížit 20° , což je hraniční hodnota pro přijatelnou pracovní polohu. Takovou úpravu bude částečně možno provést pouhým posunutím konstrukce dozadu, případně novým připevněním na konstrukci stroje. Konstrukci ovládacích tlačítek by bylo vhodné upravit, aby bylo možné jejich posunutí až na úroveň svařovacích elektrod, tímto způsobem by byla celá manipulace a ovládání v jedné rovině.

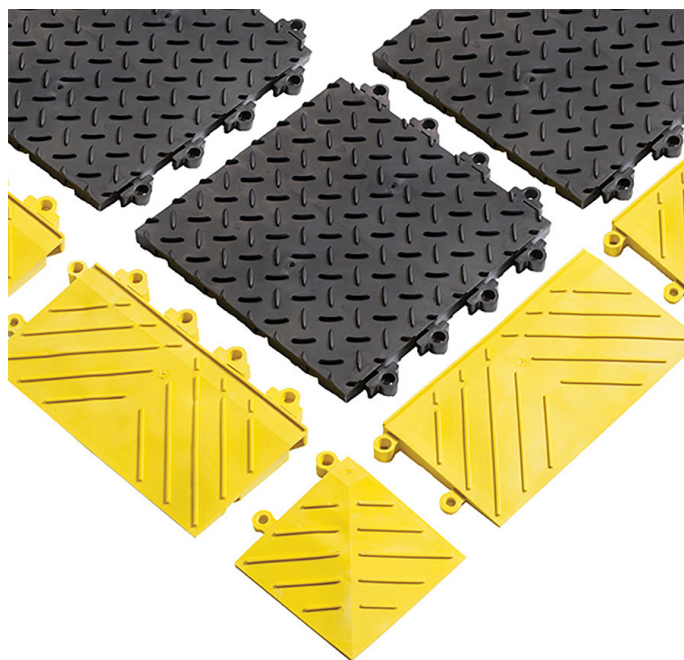


Obrázek 46 Pracovní poloha při přiblížení pracovníka ke svařovacímu přípravku

(zdroj: vlastní zpracování)

11.5 Ergonomické vybavení pracoviště

Jelikož konstrukce stroje nenabízí možnost přizpůsobení pracovní roviny pro každého pracovníka, je doporučeno pro pracovníky menší výšky pořídit proti únavovou rohož s výškou 2,5 cm, která jim umožní částečné snížení pracovní roviny. Součástí pracovního postupu by také měla být nastavena nutnost používání tohoto vybavení pro podporu předcházení bolesti zad, nohou a snížení únavy. Pro zvýšení bezpečnosti jsou podložky opatřeny také zešíkmenými hranami, které umožňují bezpečný pohyb mezi rohoží a okolním pracovním prostředím.



Obrázek 47 Proti únavová rohož Diamond Flex Lok Solid

(zdroj: Černá protiúnavová protiskluzová rohož Diamond Flex Lok Solid, © 2017-2025)

Druhou pomůckou pro správné nastavení pracovního místa je podložka pod nohy při pracovní poloze v sedě. Podložka má nastavitelnou výšku ve 3 úrovních: 8,5, 12,5 a 14,5 cm. Využití podložky je vhodné především pro pracovníky, pro které by pracovní rovina byla příliš vysoko. V takovém případě je i dle nařízení vlády č. 361/2007 Sb. potřeba vybavit pracoviště pracovním sedadlem s nastavitelnou výškou a její doplněním o opěru pro dolní končetiny.



Obrázek 48 Podložka pod nohy 42x30cm

(zdroj: Podložka pod nohy, 42x30cm, černá, © 2010 - 2025)

11.6 Robotizované svařování

Z důvodu vysokého vytížení pracoviště v horizontu následujících 7 let, potřeby větší výkonnosti pracoviště a k existenci podmíněně přijatelných pracovních poloh, se kterými se pracovní místo potýká, byla zvážena i možnost automatizace a robotizace pracoviště. Jelikož se z pohledu potřeb společnosti jedná o unikátní pracovní operace, byly poptány od externích dodavatelů 4 návrhy pro realizaci robotizovaného svařování dílů. Tato část práce se věnuje jejich hodnocení z pohledu požadovaného výkonu, potřeby obsluhy, použité technologie a ekonomické návratnosti.

11.6.1 Výkonnost robotizovaného pracoviště

Požadavky na výkon byly vypočítány dle nejvytíženějšího roku za následujících 7 let. Tím je rok 2026, kdy odvody těchto výrobků v součtu činí 1 725 258 kusů. Počet pracovních dní v tomto roce je 250. Při dvou směnném provozu, osmihodinových směnách a 90% využití zařízení činí výkonová norma na hodinu 480 kusů, což znamená 7,52 sekund na kus.

Nabízená řešení disponují časy svaření jednoho kusu od 4 po 5,5 vteřiny, a splňují tak požadavky na plánované výrobní kapacity (viz. tabulka 49).

Návrh č.	Takt svařování (s/ks)	Potřeba obsluhy	Cena (Kč)
1	6	doplnění materiál + odběr KLT přepravek	10 700 000
2	5	ruční zakládání	2 800 000
3	4	plnění zásobníku	6 300 000
4	5,5	pouze doplnění materiálu	14 000 000

Obrázek 49 Zásadní údaje pro výběr robotizovaného pracoviště

(zdroj: vlastní zpracování)

V níže uvedené tabulce jsou uvedeny počty pracovních dní a celkové kapacity za následujících 7 let. Z výpočtů vyplývá, že s pomocí operátorů by sice bylo možné vyrobit požadované množství kusů za celých sedm let, ale v nejvytíženějším roce 2026 je poptávka o 305 258 kusů vyšší, než je možno tímto způsobem vyrobit.

Rok	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032
Počet pracovních dní	250	251	250	250	250	251	250
Svařeno robotem celkem (ks)	18 348 218						
Svařeno pracovníky celkem (ks)	9 951 360						
Svařeno pracovníky za rok (v tis. ks)	1 420	1 425 ,68	1 420	1 420	1 420	1 425,68	1 420

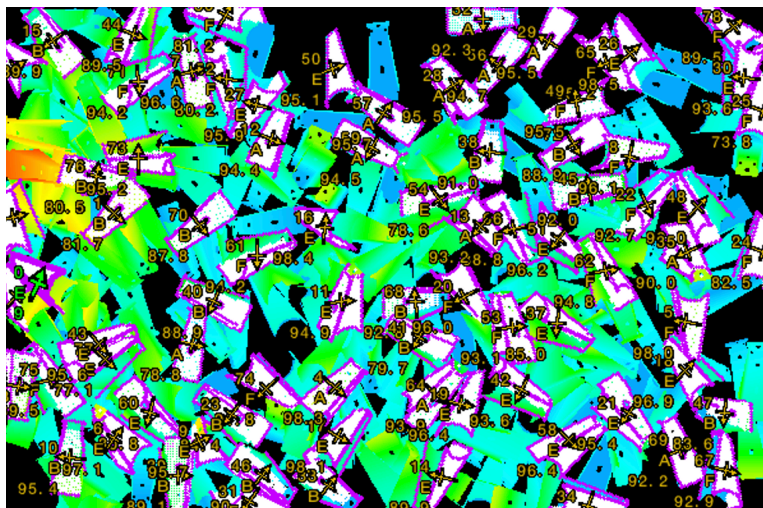
Obrázek 50 Porovnání výrobní kapacity operátorů a robotizovaného pracoviště

(zdroj: vlastní zpracování)

11.6.2 Využitá technologie a nutnost obsluhy

Cílem zařízení je schopnost provést celý proces svařování při minimalizaci použití manuální práce pracovníka. Kromě snahy odstranit ergonomicky nepříznivou a statickou práci je žádoucí využít pracovníky k rozmanitějším a intelektuálně více stimulujícím činnostem, které jsou pro zaměstnance atraktivnější než tato rutinní práce.

Ideální pracoviště bez potřeby zásahu pracovníka by znamenalo robotizované uchopení a založení dílů do svařovacího přípravku. To by mohlo využívat například technologii bin picking, která umožňuje naskenovat díl v celém gitterboxu, uchopení chapadlem robota a vložení na potřebné místo. S pomocí podavače matic je potřeba také vložit matici na dané místo do svařovacího přípravku. V tomto okamžiku je možné provést sváry bodovacím lisem a celý svařený kus vyjmout. Vzhledem ke komplexnosti svařovacího procesu a požadovaného času 7,52 sekundy na kus bude nutné využití více robotů, kteří spolu dokážou kooperovat a jejich operace by na sebe navazovaly.



Obrázek 51 Simulace bin pickingu u tvarově nejsložitějších dílů

(zdroj: interní)

Při robotizaci práce je tendencí také zvyšování kvality a snížení NOK kusů, nicméně i v tomto případě je žádoucí, aby proběhla kontrola každého kusu a počet nevhodných finálních výrobků byl snížen na nulu pro maximální spokojenost zákazníka. Pro kontrolu přítomnosti matice a jejího závit je možné použít kameru či 3D skener, které provedou snímek výrobku a porovnají jej se snímkem požadovaného stavu. Kameru či skener je možné umístit přímo do svařovacího stroje nebo nad dopravník, ze kterého budou hotové díly odebírány. Na základě splnění všech kritérií pro kvalitu výrobku budou výrobky roztříděny na OK a NOK kusy.

Díky této automatické kontrole bude možné eliminovat také pracovní pozici 100% kontroly finálních výrobků, jelikož tato práce bude vykonávána kompletně automatizovaně. Obsluha pracoviště svařování by v ideálním případě byla potřebná pouze pro kontrolu a doplňování materiálu do stroje. Tuto práci by mohl zastávat některý z pracovníků, který se poblíž pracoviště již pohybuje a práce by pro něj byla časově zvládnutelná.

11.6.3 Výběr robotizovaného pracoviště

Ve finálním výběru byly porovnány nabídky číslo 1 a 4, jelikož obě nabízí největší míru robotizace a odstraňují potřebu neustálé přítomnosti operátora. Z technologického pohledu návrh 1 nabízí možnost bin pickingu, založení do svařovacího stroje pomocí dvou robotů a vyhození hotového výrobku do přepravky. 4. návrh řeší nakládání materiálu pomocí magnetického ramene, které nabírá materiál z gitterboxu a přemístí jej do vibračního zásobníku. Ze zásobníku vylisované díly putují na pás, odkud si jej bere robot zakládající

materiál do bodovacího lisu. Oba návrhy také nabízí kontrolu kvality svařených dílů. Rozdíl však nastává při porovnání potřeby odebrání hotových dílů. Finální výrobky jsou uskladňovány a zasílány v KLT přepravkách, se kterými také pracují oba návrhy. Návrh 4 nabízí komplexnější řešení, ve kterém počítá se zásobníkem přepravek a paletizací plných beden. V případě prvního řešení by například u větších výrobků bylo nutné odebírat KLT přepravky přibližně každých 5 minut, což by vyžadovalo přítomnost operátora.

Z tohoto důvodu bylo doporučeno pořízení 4. navrhovaného řešení, které nabízí největší míru automatizace a robotizace. Kromě údržby toto zařízení vyžaduje pouze doplnění materiálu a odvoz finálních výrobků pomocí paletového vozíku.

11.6.4 Úspora nákladů a doba návratnosti investice

Náklady na pořízení stroje (14 000 000 Kč) byly porovnány s náklady na personální zajištění obsluhy svařovací a také kontrolní stanice, jelikož s robotizovaným pracovištěm nebude potřeba výrobky manuálně kontrolovat. Náklady na hodinu práce byly kalkulovány na 300 Kč/hod. Dle váženého průměru výkonové normy 355 kusů za hodinu práce činí personální náklady na jeden kus 1,7 Kč.

Pokud by náklady na pořízení robotizovaného pracoviště byly přepočítány na jeden kus výrobku při současných plánovaných objemech výroby, byly by náklady na kus 1,64 Kč. Při jeho maximálním využití, tedy 16 hodin za pracovní den, by bylo možné vyrobit za následujících 7 let celkem 18 348 218 kusů a pořizovací náklady přepočítány na 1 kus by činily 0,76 Kč. Robotizované pracoviště tak má velký potenciál pro kapacitní navýšení výroby a rozšíření výrobního portfolia. Největším přínosem je tak kromě možného navýšení výroby úspora personálních nákladů.

Důležitou částí jsou možnosti financování projektu. Ten může firma realizovat z vlastních prostředků nebo využít například operačního programu Evropské unie Technologie a aplikace pro konkurenceschopnost, který poskytuje malým podnikům dotaci ve výši od 25 až 60 %. Za předpokladu, že by se podařilo získat dotaci 25 % a využít potenciál nového pracoviště, činily by pořizovací náklady přepočítány na jeden kus 0,57 Kč. Úspora ve srovnání s personálními náklady by byla 1,13 Kč na kus.

Při získání dotace alespoň 25 % by se pořizovací cena snížila na 10 500 000 Kč. Při úspoře výše zmíněných personálních nákladů a za využití vzorce doba návratnosti = pořizovací náklady/roční úspora nákladů by doba návratnosti v takovém případě byla 4 roky a 92 dní (1 093 pracovních dní).

11.7 Protahovací cvičení pro uvolnění svalů

Z důvodu statické povahy práce a vyskytujícím se bolestem v ramenou je doporučeno pracovníkům představit protahovací cviky. Představení by měla doprovázet názorná ukázka pro správné provedení cviků. Zaměstnancům by mělo být doporučeno provádět tyto uvolňovací cvičení na začátku jejich pracovní doby a v přestávce na jídlo. Kromě toho je pro zvýšení motivace operátorů vhodné vytyčít čas pro cvičení v rámci jejich pracovní doby. Za podmínky, že zaměstnanci budou tyto cviky provádět, by mohlo být vyčleněno pět minut na konci jejich pracovní doby na pracovišti svařování. Na jiných pracovištích by zaměstnanci mohli vykonávat tyto cviky během bezpečnostních přestávek.

Navrhované cviky jsou zaměřené na protažení ramen, krku, zad i nohou. Všechny tyto části těla jsou namáhány během práce na svařovacím stroji. Pro připomenutí zaměstnancům je vhodné vyvěsit tento plakát na nástěnku umístěnou vedle pracoviště, do kuchyňky či do šaten pracovníků. Vzhledem k manuální práci v lisovně je vhodné představit tato cvičení všem pracovníkům a instalovat vytištěné plakáty na všechna pracoviště.

Protažení při manuální práci

Nezapomeňte DÝCHAT a provádět každý cvik po dobu 30 sekund, pokud není uvedeno jinak.

Tato protažení jsou pro vaše dobro, aby se zvýšila vaše flexibilita a pohodlí. Během některých z těchto cviků můžete cítit napětí a ztuhlost, ale neměli byste cítit bolest. Pokud cítíte bolest, cvik trochu uvolněte, dokud se nebudete cítit pohodlněji. Pokud máte současné zranění nebo se při provádění těchto protahovacích cviků necítíte dobře, poraďte se prosím se svým ošetřujícím lékařem před pokračováním těchto cvičení, abyste se ujistili, že jsou pro vás vhodná.

1 NATÁHNI SE KE SLUNCÍ

Postavte se a zvedněte ruce nad hlavu. Držte nohy na zemi, zhluboka se nadechněte a natáhněte se ještě výš, natahujete, jak se vám pro páteř. Vydržte 5-10 sekund, uvolněte se a zopakujte ještě dvakrát.



KRK A RAMENA

2 KRK

Použijte jednu ruku k jemnému stlačení ramene dolů, zatímco natahujete ucho k opačnému rameni. Nebo můžete použít ruku k jemnému přitážení ucha k rameni. Vydržte 30 sekund a dýchejte. Zopakujte na druhou stranu.



3 LOPATKY

Sedněte si nebo se postavte rovně. Natáhněte ruce dopředu na úrovni ramen a spojte dlaně, otočte je ven. Držte bradu zastrčenou. Jemně táhněte ruce dopředu. Vydržte 30 sekund. Uvolněte se a zopakujte.



4 PROTAŽENÍ HRUDNÍKU

Postavte se blízko ke zdi nebo pevné ploše a položte pravou ruku na zeď do takové polohy, aby se vaše ruka pohybovala na úrovni ramen nebo výše a váš loket byl rovný. Poté pomalu otáčejte chodidla a tělo doleva, dokud nebudete téměř kolmo ke zdi, nebo dokud necítíte protažení hrudníku, přední části ramene nebo celé přední části paže. Vydržte 30 sekund, uvolněte se a zopakujte s druhou rukou.



5 RAMENA

Jemně tlačte jednu ruku v oblasti lokte přes tělo na úrovni ramen. Vydržte a dýchejte. Zopakujte na druhou stranu.



6 PRSTY NAHORU

Natáhněte ruku dopředu, loket rovný, a otočte prsty nahoru. Jemně táhněte dlaně ruky k sobě a držte 30 sekund. Uvolněte se a opakujte s druhou rukou.



7 PRSTY DOLŮ

Natáhněte ruku dopředu, loket rovný, a otočte prsty dolů. Jemně táhněte hřbet ruky k sobě. Držte 30 sekund. Opakujte s druhou rukou.



ZÁDA A NOHY

8 PROTAŽENÍ ZAD

Postavte se s chodidly na šířku ramen a mírně pokrčte kolena. Položte ruce na boky a dývejte se dopředu (držte krk v neutrální poloze). Jemně zakloňte záda dozadu a držte 5-10 sekund. Dýchejte. Uvolněte se a opakujte.



9 PROTAŽENÍ STEHENNÍHO SVALU

Držte se něčeho pro oporu, druhou rukou uchopte svůj kotník. Tlačte bok dopředu a držte 30 sekund. Uvolněte se a opakujte s druhou nohou.



10 PROTAŽENÍ HAMSTRINGŮ

Dejte jednu nohu před sebe a zvedněte prsty ze země. "Sedněte si dozadu", držte ruce na stehnech pro rovnováhu. Cítíte protažení v zadní části přední nohy. Držte 30 sekund. Uvolněte se a opakujte s druhou nohou.



11 PROTAŽENÍ LÝTEK

Ve stoje se o něco opřete a dejte jednu nohu dozadu za sebe, druhou vpřed. Zadní pata zůstává na zemi. Nakloníte boky dopředu a cítíte protažení lýtky zadní nohy. Držte 30 sekund. Uvolněte se a opakujte s druhou nohou.



12 PROTAŽENÍ KYČLÍ

Ve stoje udělejte velký krok vpřed pravou nohou. Držte obě chodidla směřující dopředu a zadní nohu nataženou. Nechte zadní patu zvednout se z podlahy a přední koleno pokrčt. Tlačte pravý bok dopředu, dokud necítíte protažení. Ujistěte se, že pokrčené koleno nepřesahuje úroveň prstů na noze. Držte 30 sekund, uvolněte se a opakujte na druhé straně.



13 PROTAŽENÍ VNITŘNÍ STRÁNY STEHEN

Ve stoje s nohama široce od sebe, tvář dopředu a chodidly rovně na podlaze, pomalu zasuňte hýždě dozadu a proveďte mírný dřep. Držte tělo vzpřímené s hrudníkem směřujícím dopředu. Obě ruce položte na levé stehno a pomalu ohněte levé koleno. Udržujte pravou nohu nataženou a přeneste váhu doleva, dokud necítíte protažení v třísech. Držte 30 sekund, uvolněte se a opakujte na druhé straně.



14 PROTAŽENÍ KYČLÍ A SEDACÍCH SVALŮ

V sedě překřížte jednu nohu přes opačné koleno. Sedněte si VZPŘÍMENĚ. Držte zvednuté koleno směrem ven do strany a boky rovně. Jemně se předkloníte v pase a držte záda rovná. Držte 30 až 60 sekund. Uvolněte se a opakujte s druhou nohou.



Obrázek 52 Protahovací cvičení pro uvolnění svalů

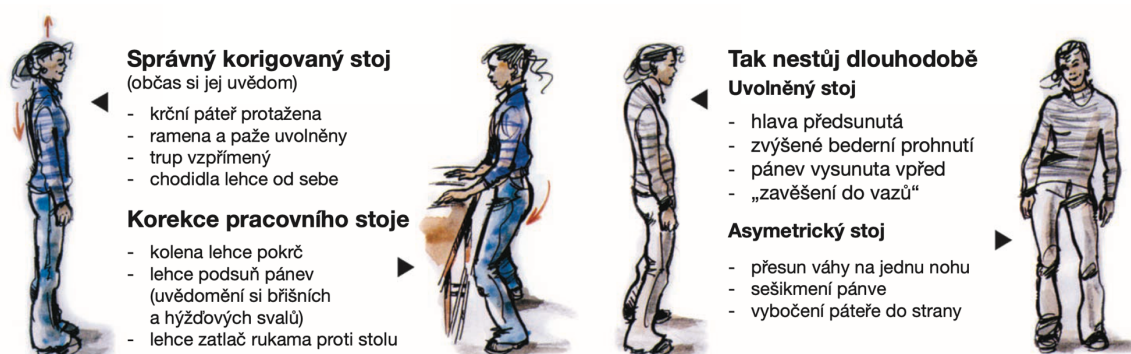
(zdroj: vlastní zpracování dle *Stretches for industrial workers*, © 2025)

Vzhledem k možnosti stání i sezení při vykonávání práce je vhodné pracovníkům připomínat správné postavení těla v obou pracovních polohách. K tomu může pomoci názorná grafika od Státního zdravotního ústavu, kterou je možné také vytisknout a vyvěsit na dané pracoviště (viz. obrázky číslo 53 a 54 níže).



Obrázek 53 Správné držení těla při práci v sedě

(zdroj: Gilbertová a Pavlů, 2008a)



Obrázek 54 Správné držení těla při práci ve stoje

(zdroj: Gilbertová a Pavlů, 2008b)

11.8 Školení pracovníků na nově zavedené úpravy

V rámci tohoto projektu je navržena velká spousta změn, se kterými by měl být každý pracovník seznámen. Většina z návrhů cílí na zajištění většího komfortu pracovníka při výkonu práce a pro odstranění příčin možných bolestí a nepříjemných pracovních poloh. Některé malé změny mohou být považovány za méně podstatné, nicméně často mají velký vliv na pracovní polohy a je proto potřeba jim věnovat dostatek pozornosti.

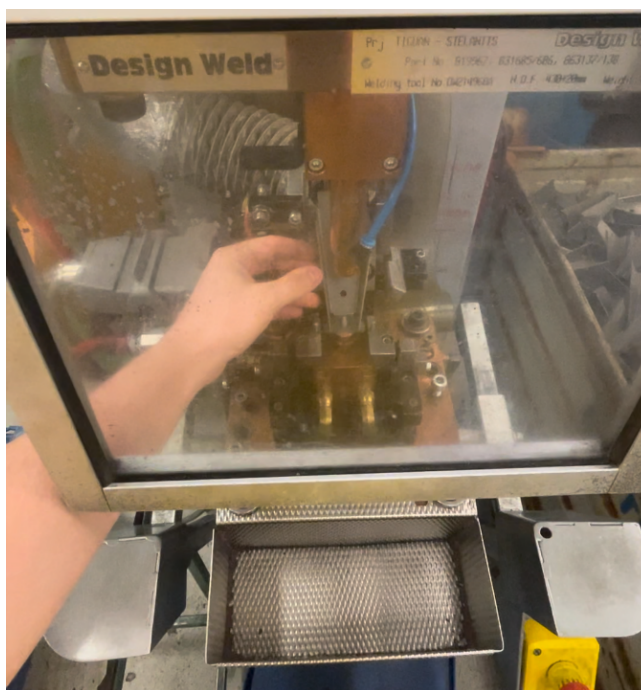
Školení by mělo doprovázet vytvoření systému pro kontrolu dodržování změn či motivační program, který by pracovníky motivoval ke změně jejich pracovních zvyků. Možným opatřením je přidat provedené změny do kontrolního checklistu pracoviště, díky čemuž by si vedoucí pracovníci i operátoři mohli zkontrolovat, zda dodržují všechny nastavené pracovní postupy a nařízení.

Školení by mělo představit tyto změny:

- Nastavení pracoviště pro komfortnější pracovní polohy.

- Seznámení pracovníků s konstrukčními změnami bodovacího lisu.
- Ukázka použití nových pracovních pomůcek a instrukce k jejich používání.
- Zdůraznění potřeby využívání ergonomických pomůcek a nošení ochranných pracovních pomůcek.
- Vysvětlení způsobu rotace pracovníků na pracovišti a nastavení rotace v rámci každé směny.
- Předvedení správného provedení protahovacích cvičení a seznámení pracovníků s obsahem letáku.

Kromě představení výše uvedených změn by pracovníci měli být také proškoleni na správné uchopování a vkládání výlisků. Pokud by byly vkládány do svařovacího přípravku za jejich boční hranu, došlo by k výraznému omezení ohýbání dlaní. Stejný způsob úchopu by měl být aplikován i při nakládání materiálu.



Obrázek 55 Uchopování výrobku za boční hranu povede k minimalizování ohýbání dlaní

(zdroj: vlastní zpracování)

V případě investice do robotizovaného pracoviště bude potřeba rozsáhlejší zaškolení vybraných operátorů pro doplňování materiálu, kontrolu stroje, včetně instruování seřizovačů, mistrů výroby a technologů pro zařízení hladkého a bezpečného chodu pracoviště.

12 VYHODNOCENÍ NÁKLADŮ A PŘÍNOSŮ PROJEKTU A AKČNÍ PLÁN

Tato kapitola shrnuje přínosy projektu a uvádí náklady na jeho realizaci. Také popisuje akční plán průběhu projektu.

12.1 Náklady projektu

Náklady na jednotlivá opatření jsou uvedena v tabulce číslo 18. Jedná se o předpokládané náklady na provedené technické úpravy, personální zajištění a pořízení nových pomůcek.

Tabulka 17 Náklady na doporučené úpravy pracoviště

Zlepšení	Náklady na realizaci (Kč)
Rotace pracovních pozic	22 500
Standardizace pracovního postupu	5 000
Naklápěcí paletový vozík	47 540
Hydraulický zvedací stůl + přepravka	10 800
Technické úpravy stroje	60 000
Podložka pod nohy	1 200
Proti únavová rohož	6 000
Školení pracovníků na 2 hodiny	5 400
Robotizované pracoviště	10 500 000

(zdroj: vlastní zpracování)

Odhadované celkové náklady na provedení projektu kromě robotizované pracoviště jsou 158 440 Kč.

U robotizovaného pracoviště, jeho plného využití a získání dotace ve výši 25 % budou přepočítané pořizovací náklady na jeden svařovaný kus 0,57 Kč. Doba návratnosti robotizovaného pracoviště je 4 roky a 92 dní. Více informací o nákladech a návratnosti robotizovaného pracoviště je uvedeno v kapitole 11.6.4.

V případě rotace pracovních pozic je jako náklad započítán čas, který pracovníci stráví nastavováním pracoviště podle jejich výšky. V případě 3 minut na jednoho pracovníka, nákladech 300 Kč na hodinu práce a dvou směnách za den, činí roční personální náklady na rotaci 22 500 Kč.

12.2 Přínosy a výsledky projektu

Hlavní cíl projektu bude splněn aplikováním rotace pracovníků a těmito dalšími opatřeními:

- Přiblížení operátora svařovacímu stroji – odstranění podmíněně přijatelné polohy vzpažení před trup,
- Standardizace layoutu pracoviště s důrazem na krátké vzdálenosti – snížení úhlu upažení do strany a snížení času této podmíněně přijatelné pracovní polohy na 24 minut,
- Zvednutí pracovní roviny – snížení úhlu předklonu hlavy, změna klasifikace z nepříjemné pracovní polohy na podmíněně přijatelnou pracovní polohu, doba trvání 96 minut,
- Nové přepravky pro nakládání materiálu, důraz na co nejnižší vzdálenost od stroje – snížení úhlu rotace a potřeby vizuální kontroly při odebrání materiálu, zařazení rotace hlavy do podmíněně přijatelné pracovní polohy o délce trvání 21,5 minut,
- Odstranění ochranného plexiskla, zvýšení pracovní roviny, proškolení o správném uchopování materiálu – snížení ohýbání dlaní v rámci limitů přijatelné pracovní polohy,
- Závazný postup pro nastavení ergonomického pracoviště a naklápací paletový vozík – snížení předklonu při nakládání materiálu a jeho klasifikování jako přijatelné polohy. Po aplikování rotace budou všechny podmíněně přijatelné pracovní polohy při nakládání materiálu činit 7,5 minut.

Kromě výše uvedeného splněného hlavního cíle budou mít jednotlivé zlepšení tyto dopady na pracoviště. (viz. tabulka 18 a 19)

Tabulka 18 Přínosy nápravných opatření 1. část

Opatření	Stávající stav	Nový stav
Rotace pracovních pozic	4 nepřijatelné pracovní polohy nesplňující limit 30 minut	3 nepřijatelné pracovní polohy splňující limit 30 minut, 1 nepřijatelná pracovní poloha přes 30 minut
	1 podmíněně přijatelná pracovní poloha	1 přijatelná pracovní poloha
Standardizace pracovního postupu	Nepřijatelná pracovní poloha při nakládání materiálu	Podmíněně přijatelná pracovní poloha
	Absence důrazu na krátké vzdálenosti mezi objekty, to vede k zbytečnému namáhání pracovníků	Layout a popis nastavení pracoviště pro jasné umístění objektů
Naklápací paletový vozík	Nutnost naklánět se do zadních částí gitterboxu	Nastavení gitterboxu do pozice umožňující minimální náklon pracovníka
Nový vozík pro nakládání materiálu	Nemožnost nastavení výšky vozíku pro převoz materiálu	Nastavitelná výška pracovní roviny pro každého pracovníka
Nové přepravky pro nakládání materiálu	Padající materiál z přepravek, nutnost soustředění se při nakládání a odebírání materiálu	Jedna větší přepravka umožňuje snadnější manipulaci s materiálem
Podložení svařovacího stroje	Flexe krku pracovníků a ohýbání dlaní jsou nepřijatelnými pracovními polohami	Snížení úhlu flexe krku splňující kritéria pro podmíněně přijatelnou polohu a snížení ohýbání dlaní při zakládání
Odstranění plexiskla	Objímání plexiskla vede k bolestem ramen a k ohýbání dlaní při zakládání materiálu	Volný přístup do svařovacího přípravku povede k menší potřebě ohýbat ruce a dlaně
Posunutí ovládacích tlačítek	Operátor stojí daleko od svařovacího přípravku, což vede ke zvedání paží v úhlu 52°	Přiblížením pracovníka ke stroji se úhel zmenší na přijatelnou pracovní polohu

(zdroj: vlastní zpracování)

Tabulka 19 Přínosy nápravných opatření 2. část

Opatření	Stávající stav	Nový stav
Pořízení vyšší proti únavové rohože	Někteří pracovníci využívají, nevyužívá se jako pomůcka pro nastavení výšky pracovní roviny	Nutnost používání a možnost výběru ze dvou velikostí vede k předcházení bolesti, únavy a k mírnému upravení výšky pracovní roviny
Podložka pod nohy	Nemožnost přizpůsobení výšky pracovní roviny	Při využití nastavitelné židle s podložkou pod nohy je možné přizpůsobit výšku každému pracovníkovi
Robotizované pracoviště	Omezená kapacita, nutnost operátora na plný úvazek	Navýšení kapacity na 184 % kapacity stávající, splnění závazků odběratelům, nižší zátěž pracovníků a snížení potřeby operátora
Protahovací cvičení	Pracovníci se protahují dle vlastního uvážení ve volném čase	Představení správných cviků a vyčlenění času pro jejich provádění povede k předcházení bolestem pracovníků
Školení pracovníků	Některá doporučení jsou předávána pouze ústně a jejich plnění nejsou kontrolována, materiál je uchopován nesprávným způsobem	Seznámení pracovníků s požadavky a změnami, nastavení systému jejich kontroly, správný způsob uchopování materiálu

(zdroj: vlastní zpracování)

Finanční vyjádření přínosů je poměrně náročné. Zlepšováním ergonomie na pracovišti často dochází ke zlepšení pracovních podmínek a ke snížení rizika vzniku muskuloskeletálních onemocnění. Tato onemocnění běžně vedou k pracovní neschopnosti pracovníků. Pokud by však firma zamezila nemocenským dovoleným alespoň v rozsahu jednoho měsíce, budou úspory činit měsíční plat nemocného pracovníka a náklady na zaučení nového pracovníka.

Při splnění všech částí projektu budou splněny také veškeré dílčí cíle. Díky novému způsobu nakládání materiálu budou odstraněny rizikové pracovní polohy s touto činností spojené. Nově vytvořený standard povede k ergonomickému nastavení pracoviště a k dodržování nastavených pravidel. Taktéž bude realizováno robotizované pracoviště.

Jedním z častých důsledků rotace pracovních pozic je také zvýšení motivace a výkonnosti pracovníků, čímž firma může zvýšit ziskovost pracoviště.

Odstraněním nepříjemných pracovních poloh a snížení času v podmíněně přijatelných pracovních polohách bude možné pracovní pozici zařadit do první, tedy nerizikové, kategorie. Hraniční hodnotou je podmíněně přijatelná pracovní poloha – předklon hlavy při svařování, ve které pracovník stráví 96 minut. Na pracovišti se nebudou vyskytovat žádné nepříjemné pracovní polohy. Před realizací projektu se pracovník pohyboval v podmíněně přijatelných a nepříjemných pracovních polohách celkem 1 016,8 minut. Po realizaci projektu (bez robotizovaného pracoviště) dojde ke snížení tohoto času o 85,3 %.

Díky robotizovanému pracovišti bude možné vyrobit o 84 % více výrobků (tedy o 8 396 858 kusů více), než je v současnosti plánované. Oproti současným personálním nákladům by za plného vytížení pracoviště bylo ušetřeno 1 130 000 Kč na 1 milion svařených součástek. Také bude možné odstranit stávající pracovní pozice u svařovacího stroje a kontrolního stanoviště. Díky tomu budou odstraněny všechny nepříjemné a podmíněně přijatelné pracovní polohy.

12.3 Akční plán projektu

Akční plán detailněji rozvádí časový harmonogram. Od začátku projektu se počítá se zodpovědností procesního inženýra za provedená měření a analýzu dat. Další zodpovědné osoby vstupují do projektu až v okamžiku konzultace a plánování realizace daného zlepšení.

Tabulka 20 Akční plán projektu

Zlepšení	Zahájení	Dokončení	Zodpovědné osoby
Rotace pracovních pozic	led.25	dub.25	Procesní inženýr
Standardizace pracovního postupu	bře.25	kvě.25	Mistři výroby, Procesní inženýr
Změna způsobu nakládání	led.25	dub.25	Procesní inženýr
Technické úpravy stroje	bře.25	kvě.25	Vedoucí technolog, Bezpečnostní pracovník
Proti únavová rohož + podložka pod nohy	úno.25	dub.25	Procesní inženýr
Školení pracovníků	dub.24	kvě.25	Mistři výroby, Procesní inženýr
Robotizované pracoviště	lis.24	pro.25	Vedoucí výrobního úseku, Procesní inženýr

(zdroj: vlastní zpracování)

Implementace projektu kromě robotizovaného pracoviště je naplánována na duben a květen roku 2025. Cílem je rozložit implementaci do co nejkratšího časového období, aby pracoviště nebylo zatěžováno změnami v delším časovém období. Na konci implementace bude také provedeno zaškolení pracovníků na všechny změny.

Po dokončení projektu je opět prací procesního inženýra monitorovat provedené změny a hodnotit jejich výsledky. Pokud by bylo potřeba provést další korekční opatření, může zapojit výše uvedené zodpovědné osoby za konkrétní zlepšení.

ZÁVĚR

První část diplomové práce poskytuje teoretické poznatky pro provedení analytické a projektové části práce. Po představení oblasti ergonomie je vyzdvihnuta její důležitost a význam pro zaměstnavatele, kteří její aplikací získají spokojenější zaměstnance i vyšší produktivitu pracovišť. Přehled legislativních zdrojů a jejich důležitých částí pro tuto práci upřesňuje požadavky na nastavení pracoviště a jeho kategorizaci dle českých zákonů. Design ergonomického pracoviště shrnuje základní principy pro jeho bezpečné nastavení.

Kapitola trendů a výzev v ergonomii ukazuje významné technologické a sociální vlivy, se kterými by ergonomové v současné době měli pracovat. V další kapitole je nastíněna oblast robotiky a její uplatnění nejen v průmyslových odvětvích.

Představení společnosti umožňuje vnímat analyzovanou pracovní pozici v širším kontextu. Pracovní pozice, její obsluha a specifika jsou detailně popsány v kapitole popis pracoviště svařování. Na základě této kapitoly je provedena analýza pracoviště, která díky informacím od pracovníků a ergonomickým analýzám vyvozuje osm klíčových problémů, které vedou k rizikovým pracovním polohám.

Pro eliminování těchto příčin byl sestaven projektový tým, který by se měl podílet na jeho realizaci. V rámci projektového řízení je stanoven cíl projektu, logický rámec, harmonogram a riziková analýza.

Jedním z nejúčinnějších opatření je rotace pracovníků, která zajistí snížení časů strávených pracovníkem v podmíněně přijatelných a nepřijatelných pracovních polohách. Za trvalým snížením zátěže pracovníků je však potřeba změnit pracovní polohy pracovníka a způsob jeho fungování na pracovišti. V rámci projektu jsou tedy navržena řešení jako změna způsobu nakládání materiálu, technická úprava stroje, standardizace pracovního postupu či ergonomické pomůcky. Společně s protahovacími cvičeními tato opatření zajistí dle české legislativy bezrizikovou pracovní pozici do doby, než bude nainstalováno robotizované pracoviště. Všechny dílčí cíle byly splněny.

Realizací výše uvedeného je splněn hlavní cíl práce, jelikož budou odstraněny všechny nepřijatelné pracovní polohy a bude redukován čas podmíněně přijatelných pracovních poloh splňující legislativní podmínky.

SEZNAM POUŽITÉ LITERATURY

ABINAYA ISHWARYA, G.K. a RAJKUMAR, D., 2021. Analysis of ergonomic risk factors in construction industry. Online. *Materials Today: Proceedings*. Vol. 37, no. 2, s. 2415-2418. ISSN 2214-7853. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.matpr.2020.08.269>. [cit. 2024-11-29].

AFT, Lawrence S, 2000. *Work measurement and methods improvement*. New York: Wiley. ISBN 0471370894.

BADIRU, Adedeji Bodunde, 2001. *Handbook of industrial and systems engineering*. 3rd edition. Boca Raton: Wiley. ISBN 9781466515055.

BOLLANS, Ian a PREECE, David, 2024. *Occupational health & safety solutions*. Londýn: Informa Law from Routledge. ISBN 9781003455745.

BRIDGER, Robert Spencer, 2009. *Introduction to ergonomics*. 3rd edition. Boca Raton: CRC Press. ISBN 9780849373060.

BRUNO, Fabio; BARBIERI, Loris a MUZZUPAPPA, Maurizio, 2020. A Mixed Reality system for the ergonomic assessment of industrial workstations. Online. *International Journal on Interactive Design and Manufacturing*. Vol. 14, s. 805-812. ISSN 1955-2505. Dostupné z: <https://doi.org/10.1007/s12008-020-00664-x>. [cit. 2025-03-29].

COLIM, Ana et al., 2024. Ergonomics and Collaborative Robotics: The Synergy to Prevent Workload in Industrial Assembly Tasks. Online. *AHFE International*. Vol. 157, s. 11-19. ISSN 2771-0718. Dostupné z: <https://doi.org/10.54941/ahfe1005459>. [cit. 2025-03-29].

ČEJKA, Jan, 2022. *Superhrdinové z výroby – moderní roboty pomáhají všude*. Online. In: ŠKODA AUTO. Škoda Storyboard. Dostupné z: <https://www.skoda-storyboard.com/cs/skoda-svet-cs/superhrdinove-z-vyroby-moderni-roboty-pomahaji-vsude/>. [cit. 2025-03-30].

Černá protiúnarová protiskluzová rohož Diamond Flex Lok Solid, © 2017-2025. Online. In: FLOMAT. FLOMAT. Dostupné z: https://www.flomat.cz/cerna-protiunavova-protiskluzova-rohoz-diamond-flex-lok-solid-delka-30-cm-sirka-30-cm-vyska-2-5-cm/?gad_source=1&gclid=EAlaIQobChMIqjOQ4d22jAMVCpODBx0kEQ2mEAQYASABEgLOqvD_BwE. [cit. 2025-04-01].

DLABAČ, Jaroslav, 2015. *Analýza a měření práce*. Online. In: API: Academy of Productivity and Innovations. 29.10.2015. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25784n-analyza-a-mereni-prace>. [cit. 2025-03-21].

DOLEŽAL, Jan; KRÁTKÝ, Jiří a CINGL, Ondřej, 2013. *5 kroků k úspěšnému projektu*. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-4631-9.

DOLEŽAL, Jan; MÁCHAL, Pavel a LACKO, Branislav, 2012. *Projektový management podle IPMA*. 2. vydání. Praha: Grada. ISBN 978-80-247-8034-4.

DYLEVSKÝ, Ivan, 2022. *Biomedicínská ergonomie*. Praha: Grada. ISBN 978-80-271-3600-1.

EGGLESTON, Karen; LEE, Yong Suk a IIZUKA, Toshiaki, 2021. Robots and Labor in the Service Sector: Evidence from Nursing Homes. Online. *Working Paper Series*. Č. 28322, s. 1-38. ISSN 0898-2937. Dostupné z: <https://doi.org/10.3386/w28322>. [cit. 2025-03-31].

Ergonomie, 2025. Online. In: ČESKÁ ERGONOMICKÁ SPOLEČNOST. Česká ergonomická společnost. Dostupné z: <https://www.ergonomicka.cz/app/uploads/ergonomie-letak.pdf>. [cit. 2025-03-25].

GILBERTOVÁ, Sylva a MATOUŠEK, Oldřich, 2002. *Ergonomie*. Praha: Grada. ISBN 8024702266.

GILBERTOVÁ, Sylvia a PAVLŮ, Dagmar, 2008a. *Bud' aktivní při práci v sedě*. Online. In: STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV. Státní zdravotní ústav. Dostupné z: https://archiv.szu.cz/uploads/documents/czzp/edice/plne_znani/plakaty/bud_aktivni_pri_praci_vsede.pdf. [cit. 2025-04-04].

GILBERTOVÁ, Sylvia a PAVLŮ, Dagmar, 2008b. *Ulehči si práci vstoje*. Online. In: STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV. Státní zdravotní ústav. Dostupné z: https://archiv.szu.cz/uploads/documents/czzp/edice/plne_znani/plakaty/ulehci_si_praci_vstoje.pdf. [cit. 2025-04-04].

GUALTIERI, Luca; RAUCH, Erwin a VIDONI, Renato, 2021. Emerging research fields in safety and ergonomics in industrial collaborative robotics: A systematic literature review. Online. *Robotics and Computer Integrated Manufacturing*. Vol. 67, s. 1-30. ISSN 0736-5845. Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.rcim.2020.101998>. [cit. 2025-03-29].

HASHEMINEJAD, Naser et al., 2021. Prevalence of musculoskeletal disorders, ergonomics risk assessment and implementation of participatory ergonomics program for pistachio farm workers. Online. *Medicina del Lavoro*. Roč. 2021, č. 112, s. 292-305. ISSN 0025-7818. Dostupné z: <https://doi.org/10.23749/mdl.v112i4.11343>. [cit. 2024-12-01].

HEIZER, Jay H. a RENDER, Barry, 2001. *Principles of Operations Management*. 4th edition. Upper Saddle River: Prentice Hall. ISBN 0130271470.

HENDL, Jan, 2012. *Kvalitativní výzkum*. 3. vydání. Praha: Portál. ISBN 9788026202196.

HILMI, Ahmad Humaizi et al., 2024. Human-Centered Ergonomics: Advancements, Challenges, and Future Directions in Industrial and Occupational Settings. Online. *Malaysian Journal of Ergonomics*. Vol. 6, no. 1, s. 90-104. Dostupné z: <https://doi.org/10.58915/mjer.v6.2024.1311>. [cit. 2025-03-28].

HLÁVKOVÁ, Jana a VALEČKOVÁ, Alena, 2007. *Ergonomické checklisty a nové metody práce při hodnocení ergonomických rizik*. Online. In: ČESKÁ ERGONOMICKÁ SPOLEČNOST. Česká ergonomická společnost. © 2025. Dostupné z: https://www.ergonomicka.cz/app/uploads/ergonomicke-checklisty_unor2008.pdf. [cit. 2025-03-21].

HLÁVKOVÁ, Jana, 2012. *Základy ergonomie - Teorie k úkolu hlavního hygienika k problematice ergonomie pracovišť a pracovních míst u prací montážního charakteru*. Online. In: STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV. Státní zdravotní ústav. Dostupné z: https://archiv.szu.cz/uploads/Vzdelavaci_akce/CHPPL/Seminar_120913/Zaklady_ergonomie_1.pdf. [cit. 2025-03-30].

CHUNDELA, Lubor, 2013. *Ergonomie*. 3. Praha: České vysoké učení technické. ISBN 9788001051733.

INTERNATIONAL ORGANIZATION FOR STANDARDIZATION, 2025. *ISO 8373:2021 Robotics — Vocabulary*. Online. In: Online Browsing Platform. Dostupné z: <https://www.iso.org/obp/ui/#iso:std:iso:8373:ed-3:v1:en>. [cit. 2025-03-30].

JIRÁK, Zdeněk a LEHOČKÁ, Hana, 2021. *Fyziologie práce*. Ostrava: Ostravská univerzita. ISBN 978-80-7599-223-9.

KABEŠ, Karel, 2016. Exoskelet k použití v průmyslu. *AUTOMA*. Roč. 22, č. 11, s. 49. ISSN 1210-9592. Dostupné také z: https://www.automa.cz/cz/casopis-clanky/exoskelet-k-pouziti-v-prumyslu-2016_11_0_9209/.

KAČEROVÁ, Ilona; KUBR, Jan; HOŘEJŠÍ, Petr a KLEINOVÁ, Jana, 2022. Ergonomic Design of a Workplace Using Virtual Reality and a Motion Capture Suit. Online. *Applied science*. Roč. 12, č. 4, s. 2150. Dostupné z: <https://doi.org/10.3390/app12042150>. [cit. 2025-03-29].

Koncepce managementu rizik, 2021. Online. In: MINISTERSTVO PRÁCE A SOCIÁLNÍCH VĚCÍ ČR. Ministerstvo práce a sociálních věcí. Dostupné

z: [https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.mpsv.cz/documents/20142/372813/Koncepce_managementu_rizik_v2%2520\(1\).pdf/d0b28029-ee4c-2ccc-9c00-79197dff5c88&ved=2ahUKEwiho6TgrJ2MAxWZ0wIHHeRyGEkQFnoECB0QAAQ&usg=AOvVaw3c4leLf7V2JHWrdi8vsFi8](https://www.google.com/url?sa=t&source=web&rct=j&opi=89978449&url=https://www.mpsv.cz/documents/20142/372813/Koncepce_managementu_rizik_v2%2520(1).pdf/d0b28029-ee4c-2ccc-9c00-79197dff5c88&ved=2ahUKEwiho6TgrJ2MAxWZ0wIHHeRyGEkQFnoECB0QAAQ&usg=AOvVaw3c4leLf7V2JHWrdi8vsFi8). [cit. 2025-03-22].

KOŠTURIÁK, Ján, 2010. *Kaizen*. Brno: Computer Press. ISBN 9788025123492.

KŘIVÁNEK, Mirko, 2019. *Dynamické vedení a řízení projektů*. Praha: Grada. ISBN 978-80-271-0408-6.

KUKA ROBOTER, 2018. Roboty KUKA spolupracují s lidmi při kontrole kvality dílů. *AUTOMA*. Roč. 24, č. 1, s. 24. ISSN 1210-9592.

LIKER, Jeffrey K., 2004. *The Toyota Way*. New York: McGraw-Hill. ISBN 978-0-07-139231-0.

MÁLEK, Bohuslav, 2014. *Hygiena práce*. 2. Praha: Sobotáles. ISBN 9788086817460.

MALLA, Asish et al., 2022. The Impact of Ergonomic Interventions on Employee Productivity and Wellbeing. Online. *Health Leadership and Quality of Life*. Roč. 2022, č. 1, s. 1-8. ISSN 3008-8488. Dostupné z: <https://hl.ageditor.ar/index.php/hl/article/view/123/1283>. [cit. 2025-03-25].

MALÝ, Stanislav et al., 2021. ERGONOMICKÉ ASPEKTY PROFESIONÁLNÍCH MUSKULOSKELETÁLNÍCH ONEMOCNĚNÍ. Online. In: . Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, s. 206. ISBN 978-80-87676-48-6. Dostupné z: <https://vubp.cz/soubory/produkty/publikace-ke-stazeni/ergonomicke-aspekty-profesionalnich-muskuloskeletalnich-onemocneni.pdf>. [cit. 2025-03-30].

MALÝ, Stanislav; KRÁL, Miroslav a HANÁKOVÁ, Eva, 2010. *ABC ergonomie*. Praha: Professional Publishing. ISBN 9788074310270.

MANSDORF, Seymour Zack, 2019. *Handbook of occupational safety and health*. 3rd ed. Hoboken: Wiley. ISBN 9781118947265.

MAREK, Jakub a SKŘEHOT, Petr, 2009. *Základy aplikované ergonomie*. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce. ISBN 978-80-86973-58-6.

MUSÍLEK, Slavoj, 2018. Nástup kolaborativní robotiky – kde ji využít? *AUTOMA*. Roč. 24, č. 1, s. 22. ISSN 1210-9592. Dostupné také z: https://www.automa.cz/Aton/FileRepository/pdf_articles/11245.pdf.

NEUGEBAUER, Tomáš, 2016. *Bezpečnost a ochrana zdraví při práci v kostce, neboli, O čem je současná BOZP*. 2. Praha: Wolters Kluwer. ISBN 9788075521064.

NEVES, Júlio César Bispo et al., 2023. Ergonomics management model based on good practices of large industrial companies: Structured elements through the fuzzy set theory. Online. *WORK: A Journal of Prevention, Assessment & Rehabilitation*. Roč. 76, č. 2, s. 803-820. ISSN 1051-9815. Dostupné z: <https://doi.org/10.3233/WOR-220560>. [cit. 2024-12-01].

NIKU, Saeed Benjamin, 2020. *Introduction to robotics*. 3rd edition. Hoboken: Wiley. ISBN 9781119527602.

OLSZEWSKI, Mariusz, 2020. Modern Industrial Robotics. Online. *Pomiary Automatyka Robotyka*. Vol. 24, no. 1, s. 5-20. ISSN 1427-9126. Dostupné z: https://doi.org/10.14313/PAR_235/5. [cit. 2025-03-31].

OSMOND ERGONOMICS, © 2019. *Rapid Upper Limb Assessment*. Online. Dostupné z: <https://www.rula.co.uk/#>. [cit. 2025-03-21].

PADHAN, Srikanta et al., 2023. Artificial Intelligence (AI) and Robotics in Elderly Healthcare: Enabling Independence and Quality of Life. Online. *Cureus*. Vol. 15, no. 8, s. 1-4. ISSN 2168-8184. Dostupné z: <https://doi.org/10.7759/cureus.42905>. [cit. 2025-03-31].

PADRÓN-SARDIÑA, Jade et al., 2024. Bibliometric analysis on current ergonomic trends in the international labor context. Online. *DYNA*. Roč. 91, č. 234, s. 70-75. ISSN 0012-7353. Dostupné z: <https://doi.org/10.15446/dyna.v91n234.116012>. [cit. 2025-03-28].

PAREDES, Rob, 2024. *Ishikawa Diagram: A Guide*. Online. In: Safety Culture. Dostupné z: <https://safetyculture.com/topics/ishikawa-diagram/>. [cit. 2025-03-21].

PEKTOR, Radim a DOMBEK, Tomáš, 2024. *Milionové ztráty kvůli nemocím z povolání. Jak jim zabránit?* Online. In: YouTube, Kanál podcastu HRko. 10.9.2024. Dostupné z: <https://www.youtube.com/watch?v=MmYpMtn4EXI>. [cit. 2025-03-25].

Podložka pod nohy, 42x30 cm, černá, © 2010 - 2025. Online. In: B2B PARTNER. B2Bpartner. Dostupné z: <https://www.b2bpartner.cz/podlozka-pod-nohy-42x30-cm-cerna/>. [cit. 2025-04-01].

Pojezdový hydraulický zvedací stůl TF, © 2010 - 2025. Online. In: B2B PARTNER. B2Bpartner. Dostupné z: https://www.b2bpartner.cz/pojezdovy-hydraulicky-zvedaci-stul-tf-nosnost-150-kg-zdvih-720-mm/?gad_source=1&gbraid=0AAAAAD3guvApoWYXhQHOzDr_UU1i770za&gclid=EAlaIQobChMI5_6Gno-OjAMVe7GDBx0zozjAEAQYBiABEgJExpD_BwE. [cit. 2025-04-01].

POLAK-SOPIŇSKA, Alexandra, 2019. Ergonomics as an age management tool in the era of industry 4.0. In: . Lodž: Wydawnictwo Politechniki Łódzkiej, s. 109-130. ISBN 978-83-66287-08-2. Dostupné z: <https://doi.org/10.34658/9788366287082.08>.

Process Simulate Human, © 2023. Online. In: SIEMENS. Siemens Digital Asset Management. Dostupné z: <https://assets.new.siemens.com/siemens/assets/api/uuid:5e6f5af5-4a69->

[4a89-8f7e-1b7128b448a4/siemens-sw-process-simulate-human-fact-sheet.pdf](#). [cit. 2025-04-08].

Přeppravka RL-KLT 6147, © 2025. Online. In: TBA PLASTOVÉ OBALY S.R.O. TBA plast. Dostupné z: https://www.tbaplast.cz/prepravka-rl-kl-6147?utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=11_PMax_PLA-%5BCZ%5D-Smart&utm_id=18216057105&gad_source=1&gbraid=0AAAAADoeW1fFrIA_VDRlBMYeNHlb1uCrS&gclid=EAlaIQobChMI78nBr9q2jAMVK5KDBx1AniYBEAQYAyABEglA6fD_BwE. [cit. 2025-04-01].

SALVENDY, Gavriel a KARWOWSKI, Waldemar, 2021. *Handbook of human factors and ergonomics*. 5th edition. Hoboken: Wiley. ISBN 9781119636113.

SALVENDY, Gavriel, 2001. *Handbook of industrial engineering*. 3rd edition. New York: Wiley. ISBN 9781601199393.

SIEMENS, © 2025. *Process Simulate software*. Online. Siemens. Dostupné z: <https://plm.sw.siemens.com/en-US/tecnomatix/process-simulate-software/>. [cit. 2025-04-08].

SKAŘUPA, Jiří, 2007. *Průmyslové roboty a manipulátory*. Online. Ostrava: VŠB – Technická univerzita Ostrava. ISBN 978-80-248-1522-0. Dostupné z: http://www.elearn.vsb.cz/archivcd/FS/PRM/Text/Skripta_PRaM.pdf. [cit. 2025-03-31].

STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV, © 2023 - 2025. *Faktory pracovního prostředí*. Online. STÁTNÍ ZDRAVOTNÍ ÚSTAV. Státní zdravotní ústav. Dostupné z: <https://szu.gov.cz/temata-zdravi-a-bezpecnosti/pracovni-prostredi-a-zdravi/factory-pracovniho-prostredi/>. [cit. 2025-03-25].

Stretches for industrial workers, © 2025. Online. In: ANDERSON ERGONOMICS CONSULTING. Anderson Ergonomics Consulting. Dostupné z: <https://anderson->

ergo.ca/wp-content/uploads/2020/09/Industrial-Stretching-Poster-2020.pdf.

[cit. 2025-04-04].

SVOZILOVÁ, Alena, 2011. *Projektový management*. Praha: Grada. ISBN 978-80-271-9472-8.

ŠPLÍCHALOVÁ, Anna, 2016. *Pracovní polohy*. Online. In: VERLAG DASHÖFER. MEDI profi. Dostupné z: <https://www.mediprofi.cz/33/pracovni-polohy-uniqueidmRRWSbk196FNf8-jVUh4Ek2xXHxYVn2g5AnT20o5gvl/>. [cit. 2025-03-31].

ŠTEFÁNEK, Radoslav, 2011. *Projektové řízení pro začátečníky*. Brno: Computer Press. ISBN 9788025128350.

TAHAL, Radek, 2017. *Marketingový výzkum*. 2. vydání. Praha: Grada. ISBN 978-80-271-6695-4.

TOMEK, Gustav a VÁVROVÁ, Věra, 2014. *Integrované řízení výroby*. Praha: Grada Publishing. ISBN 978-80-247-4486-5.

ÚŘEDNÍČEK, Zdeněk, 2012. *Robotika*. Zlín: Univerzita Tomáše Bati ve Zlíně. ISBN 9788074542237.

VALENTIN, Yves a CHOI, HeeSun, 2022. Older Workers' Perception of Exoskeletons and the Impacts on their Retirement Intentions. Online. *Proceedings of the Human Factors and Ergonomics Society Annual Meeting*. Vol. 66, no. 1, s. 1-5. ISSN 2169-5067. Dostupné z: <https://doi.org/10.1177/1071181322661>. [cit. 2025-03-29].

VEBER, Jaromír, 2016. *Management inovací*. Praha: Management Press. ISBN 9788072614233.

Vyhláška č. 432/2003 Sb. Vyhláška, kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů a

náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli. Online. In: AION CS. Zákony pro lidi. 2003. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2003-432>. [cit. 2025-03-24].

Výpis z obchodního rejstříku ROSTRA Stamping s.r.o., © 2025. Online. In: MINISTERSTVO SPRAVEDLNOSTI ČESKÉ REPUBLIKY. Veřejný rejstřík a Sbírka listin. Dostupné z: <https://or.justice.cz/ias/ui/rejstrik-firma.vysledky?subjektId=598557&typ=PLATNY>. [cit. 2025-04-11].

WILSON, Mike, 2015. *Implementation of robot systems*. London: Elsevier. ISBN 9780124047495.

Zvedací a sklápěcí přístroj – Edmolift, 2025. Online. In: KAISERKRAFT. Kaiserkraft works. Dostupné z: https://www.kaiserkraft.cz/zvedaci-pristroje/zvedaci-a-prekladaci-stoly/zvedaci-a-sklapeci-pristroj/plosina-typu-g-sklapeni-pres-dlouhou-stranu/p/M1142825/?customerType=B2C&gad_source=1&gbraid=0AAAAADy0HkWkqESsoD2k44q4Cw5fVj0j5&gclid=EAlaIQobChMIqNrD5qa2jAMVkmIBAh2SvvgbGEAQYAyABEgLVWPD BwE&infinity=ict2~net~gaw~cmp~PM_Jarvis-7-10~ag~~ar~~kw~~mt~&utm_campaign=PM_Jarvis-7-10&utm_medium=cpc&utm_source=google&articleNumber=118556. [cit. 2025-04-01].

Zvedač palet, 2025. Online. In: KAISERKRAFT. Kaiserkraft works. Dostupné z: https://www.kaiserkraft.cz/zvedaci-pristroje/nuzkove-vidlicove-zvedaci-voziky/zvedac-palet/sklopna-vidlice/p/M1028713/?articleNumber=968796&customerType=B2C&utm_source=google&utm_medium=cpc&utm_campaign=PM_Jarvis-7-10&infinity=ict2~net~gaw~cmp~PM_Jarvis-7-10~ag~~ar~~kw~~mt~&gad_source=1&gbraid=0AAAAADy0HkWkqESsoD2k44q

[4Cw5fVj0j5&gclid=EAlaIQobChMI55L4z622jAMV7o1oCR0H8jQeEAQYAiABEgKwXPD_BwE](https://www.google.com/search?q=4Cw5fVj0j5&gclid=EAlaIQobChMI55L4z622jAMV7o1oCR0H8jQeEAQYAiABEgKwXPD_BwE). [cit. 2025-04-01].

SEZNAM OBRÁZKŮ

Obrázek 1 Posloupnost ergonomického designování	24
Obrázek 2 Dosahy horních končetin ve svislé rovině vstoje	26
Obrázek 3 Dosahy horních končetin ve svislé rovině při práci v sedě	27
Obrázek 4 Dosahy horních končetin ve svislé rovině při práci vsedě i vstoje.....	28
Obrázek 5 Zleva Scara, šesti-osý a delta robot	38
Obrázek 6 Ishikawa diagram.....	42
Obrázek 7 Logo společnosti Rostra Stamping s.r.o.	49
Obrázek 8 Fotografie areálu firmy.....	50
Obrázek 9 Lisovací zařízení společnosti.....	51
Obrázek 10 Vývoj počtu zaměstnanců v letech 2016-2024.....	51
Obrázek 11 Vývoj tržeb společnosti z prodeje výrobků a služeb	52
Obrázek 12 Ukázka produktů firmy Rostra Stamping s.r.o.	53
Obrázek 13 Ukázka lisovacího nástroje od společnosti Rostra Stamping s.r.o.	53
Obrázek 14 Zobrazení toku materiálu ve výrobě.....	55
Obrázek 15 Příklad finálního výrobku.....	56
Obrázek 16 Pracoviště operace svařování	56
Obrázek 17 Pracoviště svařování z pohledu pracovníka	58
Obrázek 18 Nakládání vylišovaných dílů z gitterboxu do KLT přepravek	59
Obrázek 19 Nabíraný materiál v gitterboxu.....	59
Obrázek 20 Uchopení vylišovaných dílů, pracovní pozice ve stoje	60
Obrázek 21 Vložení matice do svařovacího přípravku	60
Obrázek 22 Přiložení palce na senzor tlačítek, které spouštějí automatický chod stroje.....	61
Obrázek 23 Layout pracoviště svařování.....	62
Obrázek 24 Procentuální zastoupení pracovních úkonů za celou směnu	65
Obrázek 25 Ovládací tlačítka a svařovací přípravek	67
Obrázek 26 Pohled pracovníka při svařování přes plexisklo	67
Obrázek 27 Úhel vzpažení horní končetiny před trup a předklon hlavy operátora	70
Obrázek 28 Upažení horní končetiny do boku při odebrání materiálu.....	71
Obrázek 29 Úhel předklonu krku a flexe paže při zakládání v sedě.....	72
Obrázek 30 Úhel ohnutí dlaní při vkládání materiálu do stroje.....	73
Obrázek 31 Vedlejší pracovní poloha - nakládání materiálu.....	73
Obrázek 32 Pracovní pozice svařování ve stoje.....	75
Obrázek 33 Nabírání materiálu pro svařování	77
Obrázek 34 Flexe trupu pracovníka při nakládání materiálu přesahující 60°	78

Obrázek 35 5x proč problému nepříjemné pracovní polohy při nakládání materiálu	79
Obrázek 36 Ishikawa diagram nepříjemných pracovních poloh při operaci svařování	80
Obrázek 37 Nahromaděný materiál pro operaci svařování nahromaděný na dvou KLT přepravkách.....	81
Obrázek 38 Nový detailní layout pracoviště.....	89
Obrázek 39 Ukázka práce s plánovací tabulkou rotace pracovníků	92
Obrázek 40 Naklápač paletový vozík	94
Obrázek 41 Zvedací a sklápěcí přístroj Edmolift	94
Obrázek 42 Hydraulický zvedací stůl s rozměry plošiny 850x500mm	95
Obrázek 43 KLT přepravka 600x400x147mm	96
Obrázek 44 Simulace pracovní polohy a požadované výšky pracovní roviny	97
Obrázek 45 Pohled pracovníka na vykonávanou činnost	97
Obrázek 46 Pracovní poloha při přiblížení pracovníka ke svářecímu přípravku	98
Obrázek 47 Proti únavová rohož Diamond Flex Lok Solid.....	99
Obrázek 48 Podložka pod nohy 42x30cm	100
Obrázek 49 Zásadní údaje pro výběr robotizovaného pracoviště.....	100
Obrázek 50 Porovnání výrobní kapacity operátorů a robotizovaného pracoviště	101
Obrázek 51 Simulace bin pickingu u tvarově nejsložitějších dílů.....	102
Obrázek 52 Protahovací cvičení pro uvolnění svalů	105
Obrázek 53 Správné držení těla při práci v sedě	106
Obrázek 54 Správné držení těla při práci ve stoje	106
Obrázek 55 Uchopování výrobku za boční hranu povede k minimalizování ohýbání dlaní	107

SEZNAM TABULEK

Tabulka 1 Vybrané rozměrové parametry těla muže	30
Tabulka 2 Vybrané rozměrové parametry těla ženy	30
Tabulka 3 Struktura logického rámce	45
Tabulka 4 RIPRAN vyhodnocení rizik	46
Tabulka 5 Norma výkonu pracovníka na pracovišti svařování	63
Tabulka 6 Doba trvání jednotlivých činností v rámci směny pracovníka	64
Tabulka 7 Odpovědi pracovníků na otázky ohledně využití ergonomických pomůcek a nastavení pracoviště	66
Tabulka 8 Hodnocení pracovníků a dodržení předepsaných požadavků	68
Tabulka 9 RULA analýza pozice svařování	75
Tabulka 10 RULA analýza pozice nakládání materiálu	77
Tabulka 11 Přehled hodnocení hlavní pracovní polohy dle checklistů	82
Tabulka 12 Přehled hodnocení vedlejší pracovní polohy dle checklistu	82
Tabulka 13 Časový plán projektu	86
Tabulka 14 Identifikace rizik a jejich vyhodnocení	87
Tabulka 15 Dopady rizik a eliminace jejich výskytu	87
Tabulka 16 Časy v rizikových polohách po aplikaci rotace	93
Tabulka 17 Náklady na doporučené úpravy pracoviště	108
Tabulka 18 Přínosy nápravných opatření 1. část	110
Tabulka 19 Přínosy nápravných opatření 2. část	111
Tabulka 20 Akční plán projektu	112

SEZNAM POUŽITÝCH SYMBOLŮ A ZKRATEK

WPS Welding Procedure Specification

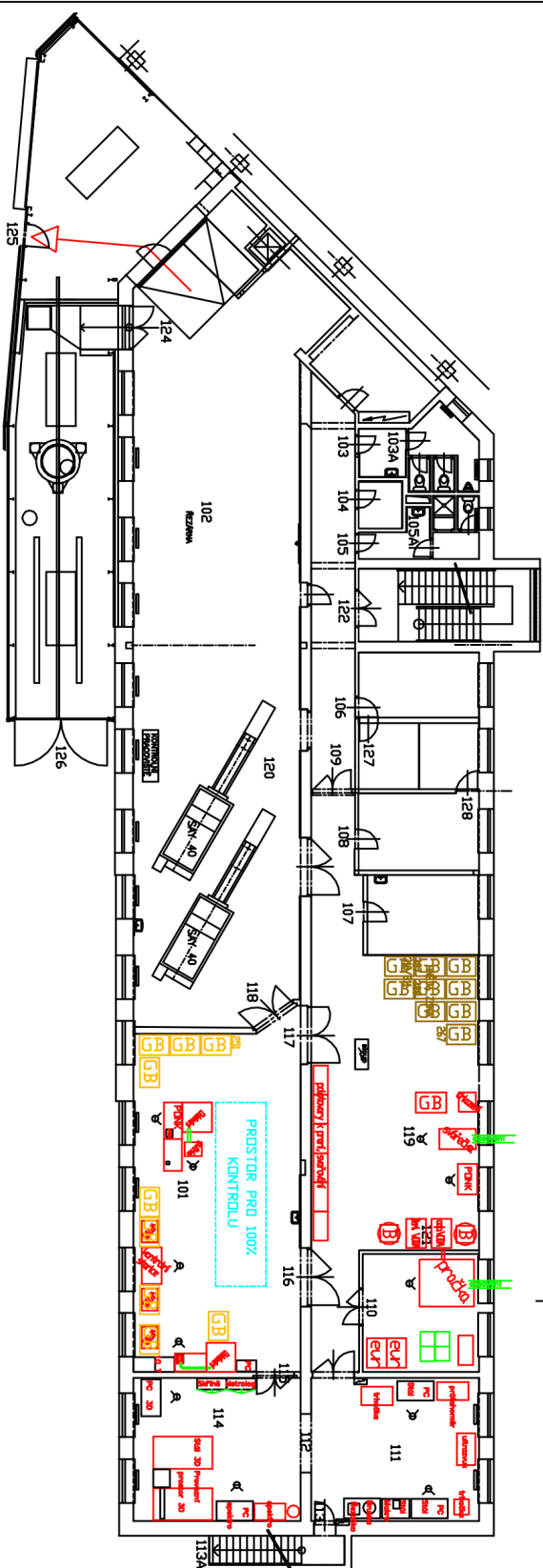
SEZNAM PŘÍLOH

Příloha P I:	Layout budovy D
Příloha P II:	Popis pracovní činnosti na pracovišti svařování
Příloha P III:	Checklist pro základní ergonomické hodnocení pracovního místa s ohledem na onemocnění pohybového aparátu
Příloha P IV:	Checklist pro zhodnocení pracovních poloh – poškozujících záda (v sedě i ve stoje)
Příloha P V:	Checklist pro hodnocení přijatelné, podmíněně přijatelné a nepřijatelné pracovní polohy v sedě i ve stoje
Příloha P VI:	Checklist pro hodnocení přijatelné, podmíněně přijatelné a nepřijatelné pracovní polohy v sedě i ve stoje pro vedlejší pracovní polohu
Příloha P VII:	Rula analýza pracovní pozice svařování
Příloha P VIII:	Rula analýza pracovní pozice nakládání materiálu
Příloha P IX:	Logický rámec projektu



PRACOVNÍŠTĚ HV

1. nadzemní podlaží

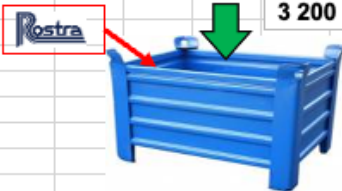


- | | | | | | |
|-----|-----------------------------|-----|---------------------------------|-----|-------------------------------|
| 101 | OPRAVNA NALISOVANÝCH DILŮ | 112 | DVEŘE | 123 | ÚKLIDOVÁ MÍSTNOST |
| 102 | REZÁRNA | 113 | NOUZOVÝ VÝCHOD | 124 | ŠPONOVÉ HOSPODÁŘSTVÍ |
| 103 | WC MUŽI | 114 | 3D kontrola HV | 125 | VÝCHOD NA KOMUNIKACI |
| 104 | SPRCHA, ÚKLIDOVÁ MÍSTNOST | 115 | SKLAD HV | 126 | VÝJEZDOVÁ VRATA NA KOMUNIKACI |
| 105 | WC ŽENY | 116 | SKLAD HV | 127 | SPRCHA ŽENY |
| 106 | ŠATNA ŽENY | 117 | SKLAD HV | 128 | SPRCHA MUŽI |
| 107 | DENNÍ MÍSTNOST – SVAČINÁRNA | 118 | SVAROVÁNÍ | | |
| 108 | ŠATNA MUŽI | 119 | SVAROVÁNÍ | | |
| 109 | CHODBA + DOKONČOVACÍ DÍLNA | 120 | PRŮVODNÍ VODY | | |
| 110 | PRÁČKA | 121 | SAY | | |
| 111 | MÍSTNOST PRO MAKROZKOUŠKY | 122 | VSTUP DO ADMINISTRATIVNÍ BUDOVY | | |

Vypracoval: Roman Kadera
Dne: 26.05.2021

(zdroj: interní)

PŘÍLOHA P II: POPIS PRACOVNÍ ČINNOSTI NA PRACOVIŠTI SVAŘOVÁNÍ

		PRACOVNÍ INSTRUKCE		Revize: ✓ 02 Dne: 8.7.2024
Číslo dílu:		HV300465; HV300466		Index změny: AL Dne: ✓ 12.04.23
Č. Operace	Technologický a pracovní postup Plán reakce			
Svař. přípravek č.:	DW214968			
Typ stroje:	STŘEDOFREGVENČNÍ SVAŘ. LIS DW-WPM-130 kVA MF			
	Horní elektroda	DW418622 - životnost 2500 ks		
	Spodní elektroda	DW418623 - životnost 2500 ks		
Seřízení lisu:	seřídít (nastavit) stroj na optimální rozměry (parametry) dle příslušné WPS první kus po seřízení změřit (ÚŘK) poslední vyrobený kus změřit (ÚŘK)			
ZODPOVĚDNOST: SEŘÍZOVAČ				
Pracovní postup:	spustit lis nastavit počítadlo zdvihů svařovat stanovenou dávku průběžně cca 4 x za 1 hodinu provádět očištění horní a spodní svařovací elektrodu horní i spodní elektrodu vyměnit po 2500 ks, při dosažení množství volat seřizovače nebo mistra HV kontrolu svařeného dílu provádět dle „Kontrolní návody“ poslední vyrobený kus změřit (ÚŘK) při výskytu neshodného kusu informovat ÚŘK a mistra HV			
ZODPOVĚDNOST: OBSLUHA SVAŘOVAČKY				
Ukončení výroby:	do VP vyplnit skutečný počet vyrobených kusů (dobré i zmetkové) a odvest v počítači „zmetkové díly odvádí ÚŘK“ v případě že je výrobní dávka na dané operaci rozdělena do více přepravek, tak se musí do každé přepravky vložit vyplněná identifikační karta (č. průvodky, jméno, č. operace, počet kusů a do poznámky taba) stroj předávat ve stavu okamžitého použití očistit stroj a uklidit kolem sebe uložit nářadí a měřidla kolem sebe			
ZODPOVĚDNOST: OBSLUHA SVAŘOVAČKY				
Balení:	Primární balení u svař. lisu: VP7101 - ozn. ROSTRA Alternativní balení u svař. lisu: VP7101			
				
POZOR!!! POUŽÍVAT INTERNÍ OBAL				
Poznámka:	Díly ukládat volně (rovnoměrně rozprostřít) do čisté malé plechové interní bedny (dno vyložit kartonem) VP7101: 1 bedna - 3 200ks. Bednu označit VP.			
Poznámka:	Díly ukládat volně (rovnoměrně rozprostřít) do čisté malé plechové bedny (dno vyložit kartonem) VP7101: 1 bedna - 3 200ks. Bednu označit VP.			

(zdroj: interní)

PŘÍLOHA P III. CHECKLIST PRO ZÁKLÁDNÍ ERGONOMICKÉ HODNOCENÍ PRACOVNÍHO MÍSTA S OHLEDEM NA ONEMOCNĚNÍ POHYBOVÉHO APARÁTU

Číslo checklistu	Název checklistu	
1.1	Checklist pro základní ergonomické hodnocení pracovního místa s ohledem na onemocnění pohybového aparátu	
Legenda	Červeně vyznačené otázky jsou legislativní požadavky	
Auditor: Filip Húšť	Datum: 4.10.2024	
Pracoviště: Svařování	Pracovní pozice: Operátor svařovacího stroje Muž / Žena	
Pozn.: Pokud se otázka nevztahuje k vašemu pracovišti, tak ji nehodnoťte.		
1. Na pracovišti se nevyskytují rizikové pracovní polohy? (Lze hodnotit checklistem 1.3). Dle Nařízení vlády 361/2007 Sb.	ANO Nevyskytují	NE Vyskytují
2. Na pracovišti se nevyskytují podmíněně přijatelné a nepřijatelné pracovní polohy? (Lze zhodnotit checklistem 1.2) Dle Nařízení vlády 361/2007 Sb.	ANO Nevyskytují	NE Vyskytují
3. Využívá se na pracovišti mechanizace usnadňující práci? (např. tažná lana zavěšená na jeřáb, hydraulické zvedáky, závěsná lana na nástroje, kladky, spádové dopravníky, manipulátory)	ANO	NE
4. Je pracoviště nastaveno dle principů minimálních dosahových vzdáleností. Laterální (boční) dosah je kratší než 51 cm do leva i doprava?	ANO	NE
5. Lze nastavit na pracovišti výšku pracovní roviny dle výšky pracovníka? (vyšší pracovník/ menší pracovník)	ANO	NE
6. Lze provádět činnost oběma rukama souběžně (levou i pravou rukou zároveň)?	ANO	NE
7. Lze provádět činnost rukama střídavě (levou i pravou rukou)?	ANO	NE
8. Má pracovník dostatečný manipulační prostor pro nohy u práce v sedě?	ANO	NE
9. Má pracovník dostatečný manipulační prostor pro nohy ve stoje?	ANO	NE
10. Nepociťuje pracovník při vynakládání tažné a tlačné síly vyšší úroveň zátěže (práce je fyzicky náročná - subjektivně hodnotí posuzovaný pracovník)?	nevyskytuje se	
11. Materiál/díly nebo součásti na pracovišti nemají ostré hrany (jsou bez rizika pořezání a poranění se)	ANO Nemají	NE Mají
12. Materiál/díly nebo součásti na pracovišti se pracovníkovi nemůžou vysmeknout/vyklouznout a způsobit pracovníkovi úraz (např. spadnout na nohu)?	ANO Nemůžou	NE Můžou
13. S materiály či díly nebo součástmi lze manipulovat bez vynaložení vyšší fyzické zátěže? (subjektivně hodnotí posuzovaný pracovník)	ANO	NE
14. Používané přepravní kontejnery (např. boxy, krabice, přepravky, atd.) jsou snadně uchopitelné, mají prostor pro prsty a lze je nést blízko těla?	ANO	NE
15. Otáčí se přípravek nebo výrobek místo pracovníka?(cílem je snížit zátěž pracovníka)	nevyskytuje se	
16. Používají se držáky a fixátory místo rukou pracovníka? (cílem je snížit držení a otáčení rukou)	ANO	NE

17. Jsou bezpečnostní rukavice zvoleny dle charakteru práce? (drsňý povrch - hrubší rukavice, drobná práce - jemné rukavice splňující ochranu před úrazem)	ANO	NE
18. Nedochází při výkonu práce k útlaku (stlačení) vnitřní strany předloktí/zápěstí (hrana pracovní roviny tlačí na vnitřní stranu ruky)?	ANO Nedochází	NE Dochází
19. Vyhovuje nastavení ovladačů a sdělovačů zorným podmínkám? (Lze hodnotit checklisty 1.4 a 1.5)	ANO	NE
20. Jsou přestávky na odpočinek dodržovány dle kategorizace prací? Dle Nařízení vlády 361/2007 Sb. - bezpečnostní přestávky	ANO	NE
21. U prací, kde dochází k vysokému počtu pohybů, je realizováno některé z těchto opatření: bezpečnostní přestávky nebo rotace pracovníků nebo jiné doporučení?	ANO	NE
22. Jsou pracovníci řádně zaškoleni v oblasti ergonomických principů a jejich možného vlivu na zdraví?	ANO	NE
23. Jsou pracovníci obeznámeni s tím, že informují nadřízeného v případě zdravotních obtíží, které mohou souviset s výkonem jejich pracovní činnosti?	ANO	NE

VÝSLEDKY AUDITU:

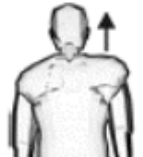
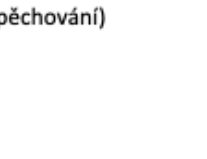
Zodpovězením **ANO** u všech otázek znamená vhodné nastavení pracovního místa s ohledem na onemocnění pohybového aparátu.

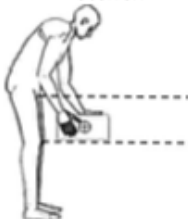
Zodpovězením **NE** u červeně zvýrazněných otázek/otázky - nutné **OKAMŽITÉ PŘEZKOUMÁNÍ**.
Jedná se o porušení legislativního požadavku!

Zodpovězením **NE** u ostatních otázek pro firmu znamená - zvážit **NÁPRAVNÉ OPATŘENÍ**.
Vyšší počet nápravných opatření může znamenat riziko poškozování zdraví pracovníka.

Tento checklist byl vypracován na základě Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. A metodického manuálu - HLÁVKOVÁ, Jana a VALEČKOVÁ, Alena, 2007. Ergonomické checklisty a nové metody práce při hodnocení ergonomických rizik. Online. In: ČESKÁ ERGONOMICKÁ SPOLEČNOST. Česká ergonomická společnost. © 2025. Dostupné z:
https://www.ergonomicka.cz/app/uploads/ergonomicke-checklisty_unor2008.pdf.

PŘÍLOHA P IV: CHECKLIST PRO ZHODNOCENÍ PRACOVNÍCH POLOH – POŠKOZUJÍCÍCH ZÁDA (V SEDĚ I VE STOJE)

Číslo checklistu	Název checklistu							
1.3	Checklist pro zhodnocení rizikových pracovních poloh - POŠKOZUJÍCÍCH ZÁDA (v sedě i ve stoje)							
Auditor: Filip Húšť			Datum: 4.10.2024					
Pracoviště: Svařování		Pracovní pozice: Operátor svařovacího stroje		Muž / Žena				
1. Nachází se pracovník při výkonu dané činnosti v následujících pracovních polohách?								
1. Sed bez nebo s nedostatečnou oporou nohou a zad 	ANO	NE	2. Držení rukou / manipulace nad úrovní ramen 	ANO	NE	3. Podřep 	ANO	NE
4. Statický klek nebo 	ANO	NE	5. Zvednuté rameno 	ANO	NE	6. Zapažení 	ANO	NE
7. Zvednutá paže - úhel patě 45° nebo více 	ANO	NE	8. Vybočení lokte 	ANO	NE	9. Úklon hlavy 	ANO	NE
10. Rotace a předklon trupu 	ANO	NE	11. Krk předkloněný > 30° 	ANO	NE	12. Záklon hlavy 	ANO	NE
13. Skákání nebo silové sešlapávání (šlapání/pěchování) 	ANO	NE	14. Velká horizontální vzdálenost od těla 	ANO	NE	15. ☐ Statický stoj ☐ Statická poloha vsedě ☐ Statická poloha vsedě bez opěry zad a nožní opěry	ANO	NE

16. Natahování horních končetin 	ANO	NE	17. Rotace trupu 	ANO	NE	18. Držení břemena 	ANO	NE
19. Předklon trupu pod výškou uprostřed steh 	ANO	NE	20. Práce na špičkách	ANO	NE	21. Používání nožního pedálu ve stoje	ANO	NE

VÝSLEDKY AUDITU:

Opověď **NE**: Pracovní místo je bez rizikových pracovních poloh

Opověď **ANO**: Pracovní místo obsahuje rizikové polohy. V tomto případě zhodnoťte délku trvání a frekvenci.

2. U pracovních poloh, kde bylo hodnoceno ANO, ZHODNOŤTE - DÉLKU TRVÁNÍ této rizikové polohy:

A) Pracovní poloha se opakuje v rámci pravidelného pracovního cyklu výkonu práce

Pracovník je v této poloze více než 30 minut za směnu?

(Výpočet - délka v rizikové činnosti krát počet pracovních cyklů za směnu)

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
17.	18.	19.	20.	21.											
ANO	ANO	ANO	ANO	ANO											
NE	NE	NE	NE	NE											

B) Pracovní poloha se neopakuje a je nepravidelná v rámci pracovního cyklu výkonu práce

Je v této poloze více než 30 minut za směnu? (Proveďte snímek pracovního dne jednotlivce a vyjádřete podíl v minutách této rizikové pracovní polohy na celkovém času práce za směnu).

1.	2.	3.	4.	5.	6.	7.	8.	9.	10.	11.	12.	13.	14.	15.	16.
ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO	ANO
NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE	NE
17.	18.	19.	20.	21.											
ANO	ANO	ANO	ANO	ANO											
NE	NE	NE	NE	NE											

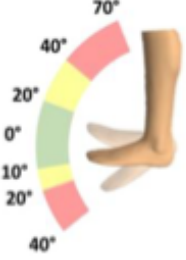
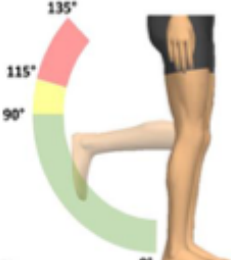
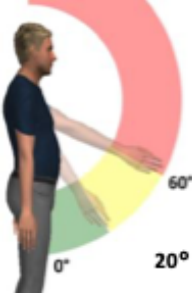
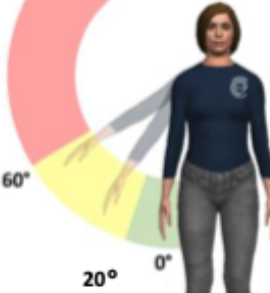
VÝSLEDKY AUDITU:

NUTNÁ OKAMŽITÁ ZMĚNA PRACOVNÍ POLOHY

Obrázky jsou ze zdroje: HLÁVKOVÁ, Jana a VALEČKOVÁ, Alena, 2007. Ergonomické checklisty a nové metody práce při hodnocení ergonomických rizik. Online. In: ČESKÁ ERGONOMICKÁ SPOLEČNOST. Česká ergonomická společnost. © 2025. Dostupné z: https://www.ergonomicka.cz/app/uploads/ergonomic-checklisty_unor2008.pdf.

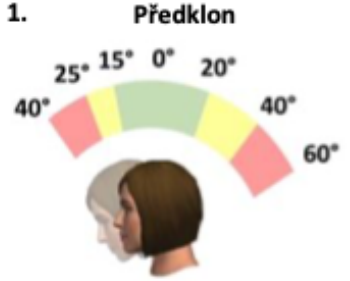
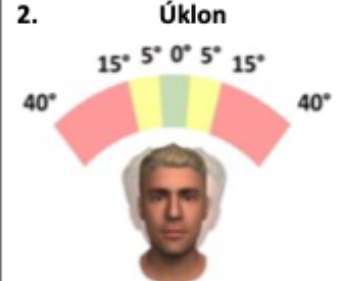
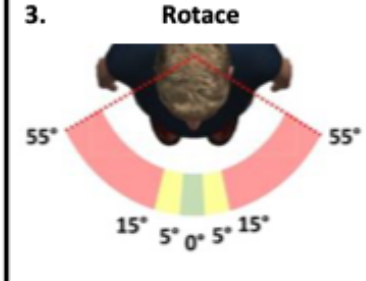
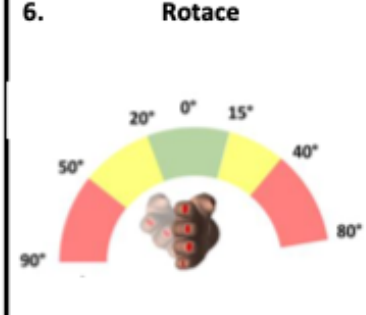
**PŘÍLOHA P V: CHECKLIST PRO HODNOCENÍ PŘIJATELNÉ,
PODMÍNĚNĚ PŘIJATELNÉ A NEPŘIJATELNÉ PRACOVNÍ
POLOHY V SEDĚ I VE STOJE**

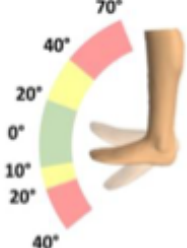
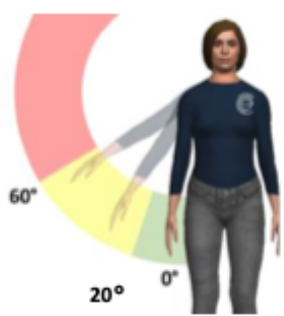
Číslo checklistu		Název checklistu			
1.2		Checklist pro hodnocení přijatelné, podmíněně přijatelné a nepřijatelné pracovní polohy v sedě i ve stoje			
Auditor: Filip Húšť			Datum: 4.10.2024		
Pracoviště: Svařování		Pracovní pozice: Operátor svařovacího stroje		Muž / Žena	
1. Vyberte pracovní polohu, ve které se pracovník nachází více než 30 % pracovní doby 2. Zhodnoťte úroveň (stupně) pracovní polohy					
Zelená	Přijatelná pracovní poloha	Žlutá	Podmíněně přijatelná	Červená	Nepřijatelná
Podmíněně přijatelná pracovní poloha – 160 minut / 8 hod. práce. Doba trvání jednotlivých pracovních poloh nesmí být delší než 1 – 8 minut v závislosti na typu polohy a frekvenci pohybů. Nepřijatelná pracovní poloha – 30 minut / 8 hod. práce (pro jednotlivé části těla). Doba trvání jednotlivých pracovních poloh nesmí být delší než 1 – 8 minut v závislosti na typu polohy a frekvenci pohybů. Dle nařízení vlády č. 361/2007 Sb.					
Hlava					
1. Předklon 		2. Úklon 		3. Rotace 	
Označtete křížkem stupeň předklonu		Označtete křížkem stupeň úklonu		Označtete křížkem stupeň rotace	
Zápěstí					
4. Dlaň nahoru a dolů 		5. Dlaň vpravo a vlevo 		6. Rotace 	
Označtete křížkem stupeň polohy		Označtete křížkem stupeň polohy		Označtete křížkem stupeň rotace	

Dolní končetiny			
7. Šlapka nahoru a dolů 	8. Šlapka vlevo/vpravo 	9. Zanožení lýtky 	
Označte křížkem stupeň polohy	Označte křížkem stupeň polohy	Označte křížkem stupeň polohy	
☒ ☐ ☐	☒ ☐ ☐	☒ ☐ ☐	
Trup			
10. Předklon 	11. Úklon nebo pootočení 		
Označte křížkem stupeň polohy	Označte křížkem stupeň polohy		
☒ ☐ ☐	☒ ☐ ☐		
Horní končetiny			
12. Vzpažení před trup (bez opory) 	13. Upažení do strany (bez opory) 		
Označte křížkem stupeň polohy	Označte křížkem stupeň polohy		
☐ ☒ ☐	☐ ☒ ☐		

VÝSLEDKY AUDITU:
Zodpovězením NE u ŽLUTĚ zvýrazněné (podmíněně přijatelné pracovní polohy) a ČERVENĚ zvýrazněné otázky (nepřijatelné pracovní polohy) - ZVÁŽIT ZMĚNU PRACOVNÍ POLOHY
Zodpovězením ANO u ŽLUTĚ zvýrazněné (podmíněně přijatelné pracovní polohy) a ČERVENĚ zvýrazněné otázky (nepřijatelné pracovní polohy) - NUTNÁ OKAMŽITÁ ZMĚNA PRACOVNÍ POLOHY
Tento checklist byl vypracován na základě Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Obrázky jsou ze zdroje: Stehlík, P., Umlaufová, J. a Kyncl, M. 2021. Základy ergonomie. Specialista v ergonomii. Interní školící materiály – Kurz specialista v ergonomii.

PŘÍLOHA P VI: CHECKLIST PRO HODNOCENÍ PŘIJATELNÉ, PODMÍNĚNĚ PŘIJATELNÉ A NEPŘIJATELNÉ PRACOVNÍ POLOHY V SEDĚ I VE STOJE PRO VEDLEJŠÍ PRACOVNÍ POLOHU

Číslo checklistu		Název checklistu			
1.2		Checklist pro hodnocení přijatelné, podmíněně přijatelné a nepřijatelné pracovní polohy v sedě i ve stoje			
Auditor: Filip Húšť			Datum: 4.10.2024		
Pracoviště: Svařování		Pracovní pozice: Nakládání materiálu		Muž / Žena	
1. Vyberte pracovní polohu, ve které se pracovník nachází více než 30 % pracovní doby 2. Zhodnoťte úroveň (stupně) pracovní polohy					
Zelená	Přijatelná pracovní poloha	Žlutá	Podmíněně přijatelná	Červená	Nepřijatelná
Podmíněně přijatelná pracovní poloha – 160 minut / 8 hod. práce. Doba trvání jednotlivých pracovních poloh nesmí být delší než 1 – 8 minut v závislosti na typu polohy a frekvenci pohybů. Nepřijatelná pracovní poloha – 30 minut / 8 hod. práce (pro jednotlivé části těla). Doba trvání jednotlivých pracovních poloh nesmí být delší než 1 – 8 minut v závislosti na typu polohy a frekvenci pohybů. Dle nařízení vlády č. 361/2007 Sb.					
Hlava					
1. Předklon 		2. Úklon 		3. Rotace 	
Označte křížkem stupeň předklonu		Označte křížkem stupeň úklonu		Označte křížkem stupeň rotace	
☒ ☐ ☐		☒ ☐ ☐		☐ ☒ ☐	
Zápěstí					
4. Dlaň nahoru a dolů 		5. Dlaň vpravo a vlevo 		6. Rotace 	
Označte křížkem stupeň polohy		Označte křížkem stupeň polohy		Označte křížkem stupeň rotace	
☐ ☒ ☐		☒ ☐ ☐		☐ ☒ ☐	

Dolní končetiny					
7. Šlapka nahoru a dolů		8. Šlapka vlevo/vpravo		9. Zanožení lýtky	
					
Označte křížkem stupeň polohy		Označte křížkem stupeň polohy		Označte křížkem stupeň polohy	
					
Trup					
10. Předklon			11. Úklon nebo pootočení		
					
Označte křížkem stupeň polohy			Označte křížkem stupeň polohy		
					
Horní končetiny					
12. Vzpažení před trup (bez opory)			13. Upažení do strany (bez opory)		
					
Označte křížkem stupeň polohy			Označte křížkem stupeň polohy		
					

VÝSLEDKY AUDITU:
Zodpovězením NE u ŽLUTĚ zvýrazněné (podmíněně přijatelné pracovní polohy) a ČERVENĚ zvýrazněné otázky (nepřijatelné pracovní polohy) - ZVÁŽIT ZMĚNU PRACOVNÍ POLOHY
Zodpovězením ANO u ŽLUTĚ zvýrazněné (podmíněně přijatelné pracovní polohy) a ČERVENĚ zvýrazněné otázky (nepřijatelné pracovní polohy) - NUTNÁ OKAMŽITÁ ZMĚNA PRACOVNÍ POLOHY
Tento checklist byl vypracován na základě Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Obrázky jsou ze zdroje: Stehlík, P., Umlaufová, J. a Kyncl, M. 2021. Základy ergonomie. Specialista v ergonomii. Interní školící materiály – Kurz specialista v ergonomii.

PŘÍLOHA P VII. RULA ANALÝZA PRACOVNÍ POZICE SVAŘOVÁNÍ

(Osmond Ergonomics, © 2019)



ergonomics.co.uk
0345 345 0898

Rapid Upper Limb Assessment (Right & Left Sides)

🌀 Right side:

RULA Score (Right): 7

Action level 4: Further investigation and changes are required immediately

Left side:

RULA Score (Left): 7

Action level 4: Further investigation and changes are required immediately

👤 Personal details:

Assessee: Pracovník 3

Assessor: Filip Hůšť

Email: f_hust@utb.cz

Department/Location: Pracoviště svařování

Company/Organisation: Rostra s.r.o.

Date: 2024-10-04

✓ Answers selected:

Step 1: Locate Upper Arm Position (Right)



Step 1a: Also tick the following boxes if appropriate

- ☐ Shoulder is raised
- ☐ Upper arm is abducted (away from the side of the body)
- ☐ Leaning or supporting the weight of the arm

Step 2: Locate Lower Arm Position (Right)

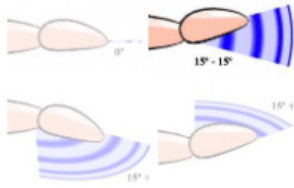


Step 2a: Also tick the following box if appropriate



- ☐ Is either arm working across midline or out to side of body?

Step 3: Locate Wrist Position (Right)



Step 4: Wrist Twist (Right)



Step 3a: Also tick the following box if appropriate



- ☐ Is wrist bent away from midline?

Step 5: Arm & wrist - select the force and load that most reflects the working situation (Right)

Score 0

- No resistance
- Less than 2 kg intermittent load or force

Score 1

- 2 - 10 kg intermittent load or force

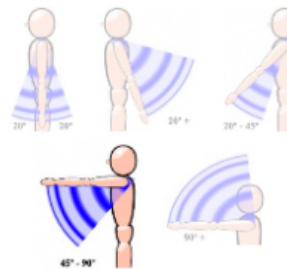
Score 2

- 2 - 10 kg static load
- 2 - 10 kg repeated loads or forces
- 10 kg or more, intermittent load or force

Score 3

- More than 10 kg static load
- 10+ kg repeated loads or forces
- Shock or forces with rapid buildup

Step 6: Locate Upper Arm Position (Left)



Step 6a: Also tick the following boxes if appropriate

- ☐ Shoulder is raised
- ☐ Upper arm is abducted (away from the side of the body)
- ☐ Leaning or supporting the weight of the arm

Step 5a: Select this box if it reflects your muscle use

☐ Score 1

Posture is mainly static, e.g. held for longer than 1 minute or repeated more than 4 times per minute.

Step 7: Locate Lower Arm Position (Left)

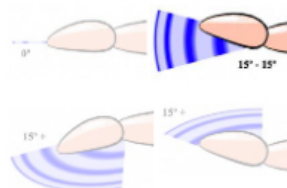


Step 7a: Also tick the following box if appropriate



- ☐ Is either arm working across midline or out to side of body?

Step 8: Locate Wrist Position (Left)



Step 8a: Also tick the following box if appropriate



- ☐ Is wrist bent away from midline?

Step 9: Wrist Twist (Left)



Step 10: Arm & wrist - select the force and load that most reflects the working situation (Left)

Score 0

- No resistance
- Less than 2 kg intermittent load or force

Score 1

- 2 - 10 kg intermittent load or force

Score 2

- 2 - 10 kg static load
- 2 - 10 kg repeated loads or forces
- 10 kg or more, intermittent load or force

Score 3

- More than 10 kg static load
- 10+ kg repeated loads or forces
- Shock or forces with rapid buildup

Step 10a: Select this box if it reflects your muscle use

Score 1

Posture is mainly static, e.g. held for longer than 1 minute or repeated more than 4 times per minute.

Step 11: Locate Neck Position



Step 10a: Also tick the following box if appropriate

Neck is moving



Neck is side-bending



Step 12: Locate Trunk Position



Step 12a: Also tick the following box if appropriate



Step 13: Legs

Legs and feet are well supported and in an evenly balanced posture.



Step 14: Neck, trunk & leg - select the force and load that most reflects the working situation

Score 0

- No resistance
- Less than 2 kg intermittent load or force

Score 1

- 2 - 10 kg intermittent load or force

Score 2

- 2 - 10 kg static load
- 2 - 10 kg repeated loads or forces
- 10 kg or more, intermittent load or force

Score 3

- More than 10 kg static load
- 10+ kg repeated loads or forces
- Shock or forces with rapid buildup

Step 14a: Select this box if it reflects your muscle use

Score 1

Posture is mainly static, e.g. held for longer than 1 minute or repeated more than 4 times per minute.

Table scores:

If you are familiar with the manual version of RULA, Table A and Table B values are indicated below.

Part A:

1. Upper Arm (Right):	3
2. Lower Arm (Right):	2
3. Wrist (Right):	2
4. Wrist Twist (Right):	2
5. Muscle Use + Force/Load (Right):	1
6. Upper Arm (Left):	3
7. Lower Arm (Left):	2
8. Wrist (Left):	2
9. Wrist Twist (Left):	1
10. Muscle Use + Force/Load (Left):	1
Posture Score - Right (Table A):	4
Posture Score - Left (Table A):	4
Final Arm & Wrist Score - Right:	5
Final Arm & Wrist Score - Left:	5

Part B:

11. Neck:	4
12. Trunk:	1
13. Leg:	1
14. Muscle Use + Force/Load:	1
Posture Score (Table B):	5
Final Neck, Trunk & Leg Score:	6

PŘÍLOHA P VIII. RULA ANALÝZA PRACOVNÍ POZICE NAKLÁDÁNÍ MATERIÁLU

(Osmond Erconomics, © 2019)



ergonomics.co.uk
0345 345 0898

Rapid Upper Limb Assessment (Right & Left Sides)

🌀 Right side:

RULA Score (Right): 7

Action level 4: Further investigation and changes are required immediately

Left side:

RULA Score (Left): 7

Action level 4: Further investigation and changes are required immediately

👤 Personal details:

Assessee: Pracovník 2

Assessor: Filip Húšť

Email: f_hust@utb.cz

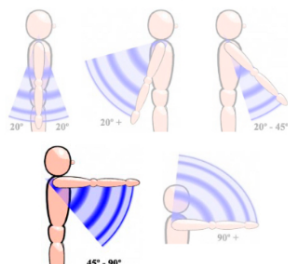
Department/Location: Pracoviště svařování

Company/Organisation: Rostra s.r.o.

Date: 2024-10-03

✅ Answers selected:

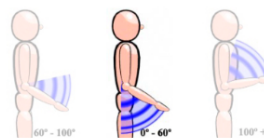
Step 1: Locate Upper Arm Position (Right)



Step 1a: Also tick the following boxes if appropriate

- ☐ Shoulder is raised
- ☐ Upper arm is abducted (away from the side of the body)
- ☐ Leaning or supporting the weight of the arm

Step 2: Locate Lower Arm Position (Right)

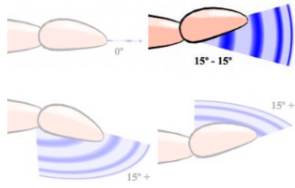


Step 2a: Also tick the following box if appropriate

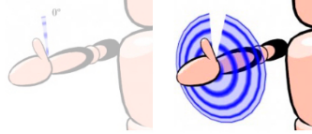


- ☐ Is either arm working across midline or out to side of body?

Step 3: Locate Wrist Position (Right)



Step 4: Wrist Twist (Right)



Step 3a: Also tick the following box if appropriate



- ☐ Is wrist bent away from midline?

Step 5: Arm & wrist - select the force and load that most reflects the working situation (Right)

Score 0

- No resistance
- Less than 2 kg intermittent load or force

Score 1

- 2 - 10 kg intermittent load or force

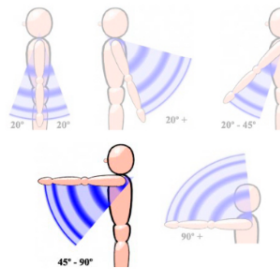
Score 2

- 2 - 10 kg static load
- 2 - 10 kg repeated loads or forces
- 10 kg or more, intermittent load or force

Score 3

- More than 10 kg static load
- 10+ kg repeated loads or forces
- Shock or forces with rapid buildup

Step 6: Locate Upper Arm Position (Left)



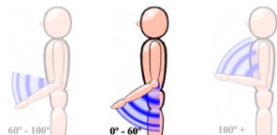
Step 6a: Also tick the following boxes if appropriate

- ☐ Shoulder is raised
- ☐ Upper arm is abducted (away from the side of the body)
- ☐ Leaning or supporting the weight of the arm

Step 5a: Select this box if it reflects your muscle use

- ☐ **Score 1**
Posture is mainly static, e.g. held for longer than 1 minute or repeated more than 4 times per minute.

Step 7: Locate Lower Arm Position (Left)

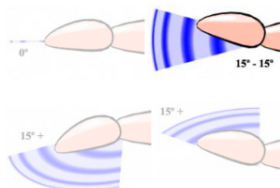


Step 7a: Also tick the following box if appropriate



- ☐ Is either arm working across midline or out to side of body?

Step 8: Locate Wrist Position (Left)

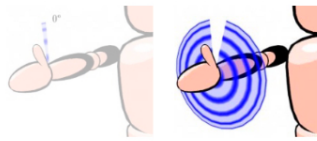


Step 8a: Also tick the following box if appropriate



- ☐ Is wrist bent away from midline?

Step 9: Wrist Twist (Left)



Step 10: Arm & wrist - select the force and load that most reflects the working situation (Left)

Score 0

- No resistance
- Less than 2 kg intermittent load or force

Score 1

- 2 - 10 kg intermittent load or force

Score 2

- 2 - 10 kg static load
- 2 - 10 kg repeated loads or forces
- 10 kg or more, intermittent load or force

Score 3

- More than 10 kg static load
- 10+ kg repeated loads or forces
- Shock or forces with rapid buildup

Step 10a: Select this box if it reflects your muscle use

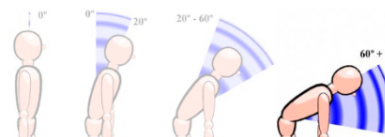
Score 1

Posture is mainly static, e.g. held for longer than 1 minute or repeated more than 4 times per minute.

Step 11: Locate Neck Position



Step 12: Locate Trunk Position



Step 10a: Also tick the following box if appropriate



Step 12a: Also tick the following box if appropriate



Step 13: Legs

Legs and feet are well supported and in an evenly balanced posture.



Step 14: Neck, trunk & leg - select the force and load that most reflects the working situation

Score 0

- No resistance
- Less than 2 kg intermittent load or force

Score 1

- 2 - 10 kg intermittent load or force

Score 2

- 2 - 10 kg static load
- 2 - 10 kg repeated loads or forces
- 10 kg or more, intermittent load or force

Score 3

- More than 10 kg static load
- 10+ kg repeated loads or forces
- Shock or forces with rapid buildup

Step 14a: Select this box if it reflects your muscle use

Score 1

Posture is mainly static, e.g. held for longer than 1 minute or repeated more than 4 times per minute.

Table scores:

If you are familiar with the manual version of RULA, Table A and Table B values are indicated below.

Part A:

1. Upper Arm (Right):	3
2. Lower Arm (Right):	3
3. Wrist (Right):	2
4. Wrist Twist (Right):	2
5. Muscle Use + Force/Load (Right):	1
6. Upper Arm (Left):	3
7. Lower Arm (Left):	3
8. Wrist (Left):	2
9. Wrist Twist (Left):	2
10. Muscle Use + Force/Load (Left):	1
Posture Score - Right (Table A):	4
Posture Score - Left (Table A):	4
Final Arm & Wrist Score - Right:	5
Final Arm & Wrist Score - Left:	5

Part B:

11. Neck:	2
12. Trunk:	5
13. Leg:	1
14. Muscle Use + Force/Load:	1
Posture Score (Table B):	6
Final Neck, Trunk & Leg Score:	7

PŘÍLOHA P IX: LOGICKÝ RÁMEC PROJEKTU

Logický rámec	Hierarchie cílů	Objektivně měřitelné ukazatele	Prostředky ověření	Rizika a předpoklady
Obecný cíl	Zvýšení bezpečnosti a ochrany zdraví operátorů pracoviště svařování	Bezriziková kategorizace pracovní pozice	Ergonomický audit	Neúplné provedení projektu
Účel	1. Snížení doby strávených pracovníkem v nepříjemných a podmiňně přijatelných pracovních polohách dle legislativních požadavků	100% splnění časových omezení pro podmiňně přijatelné pracovní polohy	Ergonomické checklisty	Chybné provedení analýz a opatření
Výstupy	1.1. Analýza současného nastavení pracoviště 1.2. Vytvoření standardu správného nastavení pracoviště 1.3. Nastavení systému rotace pracovníků 1.4. Provedení technických úprav stroje pro bezpečnější pracovní polohy 1.5. Instalace robotizovaného pracoviště	1.1. Souhrn analytické části 1.2. Standard správného nastavení pracoviště 1.3. Tabulka pro záznam střídání pracovních pozic 1.4. Technické úpravy stroje 1.5. Robotizovaného pracoviště	1.1. Prezentace výsledků internímu projektovému týmu 1.2. Vyvěšení standardu na daném pracovišti 1.3. Každodenní záznam o plánování mistrů výroby 1.4. Dokument o provedení interní zakázky úpravy stroje 1.5. Fungující pracoviště využívající robotických operátorů	Chybná data pro provedené analýzy Chybějící motivace operátorů pro dodržování nového standardu Nedodržování systému rotace Nedostačující technické úpravy stroje Nezískání dotace na robotické pracoviště
	1.1.1. Analýza pracovních poloh operátorů 1.1.2. Analýza nastavení pracoviště 1.1.3. Časový snímek směny 1.2.1. Definování potřebných změn nastavení pracoviště 1.2.2. Vytvoření nového standardu pracoviště 1.2.3. Představení standardu pracovníkům a jeho instalace na potřebná místa 1.3.1. Vytvoření systému pro rotaci pracovníků 1.3.2. Seznámení mistrů výroby s novým systémem 1.3.3. Seznámení pracovníků s novým systémem a jeho zavedení 1.4.1. Definování potřebných změn 1.4.2. Konzultace změn a jejich provedení s technologi 1.4.3. Provedení změn a seznámení pracovníků s upraveným pracovištěm 1.5.1. Zjištění požadovaných výkonostních a technologických parametrů 1.5.2. Výběr a objednání nového pracoviště 1.5.3. Instalace pracoviště a zaškolení pracovníků pro práci s ním	Potřebné zdroje: Podpora projektového týmu: procesní inženýr, operátoři svařovacího stroje, seřizovači stroje, vedení společnosti, nákupci, diplomant, mistrů výroby, bezpečnostní pracovník. Informace: současné pracovní instrukce, způsob střídání pracovníků, výkonostní norma, snímky pracovních poloh, informace o poskytovaných ergonomických pomůckách, zpětná vazba operátorů, dodavatelé robotizovaných pracovišť.	Časový rámec aktivit: 1.1. Září - Prosinec 2024 1.2. Leden - Květen 2025 1.3. Leden - Květen 2025 1.4. Leden - Květen 2025 1.5. Září 2024 - Prosinec 2025	Nedodržení harmonogramu projektu Chybějící podpora od vedení Provedeně zlepšení nebudou dostatečná