

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B0715A270013 Strojní inženýrství
Studijní obor: Průmyslové inženýrství a management

BAKALÁŘSKÁ PRÁCE

Ergonomická studie

Autor: **Filip Šimek**

Vedoucí práce: **Ing. Ilona Kačerová**

Akademický rok 2021/2022

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2021/2022

ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Filip ŠIMEK**
Osobní číslo: **S19B0593P**
Studijní program: **B0715A270013 Strojní inženýrství**
Specializace: **Průmyslové inženýrství a management**
Téma práce: **Ergonomická studie**
Zadávací katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

Zásady pro vypracování

1. Rešerše problematiky ergonomie
2. Analýza stávajícího stavu
3. Návrhy na zlepšení
4. Vyhodnocení
5. Závěr

Rozsah bakalářské práce: **30 – 40 stran**
Rozsah grafických prací: **0**
Forma zpracování bakalářské práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

1. ŠVÁBOVÁ, Květa a kol. *Vybrané kapitoly z pracovního lékařství. Díl 1, Pracovnílékařské služby, pracovní prostředí, nemoci z povolání, ergonomie*. První vydání. Praha: Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví, 2015. 104 stran. ISBN 978-80-87023-32-7.
2. SOARES, Marcelo, M. *Ergonomics in design – methods and techniques*. 2019. CRC Press, 2019. ISBN 9780367356903.
3. SHORROCK, Steven. WILLIAMS, Claire. *Human Factors and Ergonomics in Practice Improving System Performance and Human Well-Being in the Real World*. CRC Press, 2017. ISBN 9781472439253.
4. FILO, Petr. *Nové metody v ergonomii*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova univerzita, 2013. 104 s. ISBN 978-80-7375-870-7.
5. CHUNDELA, Lubor. *Ergonomie*. 3. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. 173 s. ISBN 978-80-01-05173-3.
6. SKŘEHOT, Petr A. *Organizační faktor v prevenci rizik na pracovištích. Bezpečnost a hygiena práce*. Wolters Kluwer ČR, a.s., 2017. č. 3, 14-22. ISSN 0006-0453.

Vedoucí bakalářské práce: **Ing. Ilona Kačerová**
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Daniel Šiška**
Robert Bosch České Budějovice

Datum zadání bakalářské práce: **20. září 2021**
Termín odevzdání bakalářské práce: **27. května 2022**

L.S.

Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan

Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.
vedoucí katedry

Prohlášení o autorství

Předkládám tímto k posouzení a obhajobě bakalářskou práci, zpracovanou na závěr studia na Fakultě strojní Západočeské univerzity v Plzni.

Prohlašuji, že jsem tuto bakalářskou práci vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této bakalářské práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Tímto bych rád poděkoval vedoucí mé bakalářské práce Ing. Iloně Kačerové za její čas, ochotu a odborné znalosti, které mi při vypracování práce poskytla.

Také bych rád poděkoval Ing. Danielu Šiškoví z firmy Robert Bosch České Budějovice s.r.o. též za jeho čas a ochotu, které mi pomohli především s praktickou částí práce.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

AUTOR	Příjmení Šimek	Jméno Filip	
STUDIJNÍ OBOR	Průmyslové inženýrství a management		
VEDOUCÍ PRÁCE	Příjmení Ing. Kačerová	Jméno Ilona	
PRACOVISŤE	ZČU - FST - KPV		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Ergonomická studie		

FAKULTA	strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2022
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	45	TEXTOVÁ ČÁST	34	GRAFICKÁ ČÁST	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS	Bakalářská práce se zabývá ergonomickou studií vybraného pracoviště. V první část je teoretický úvod, který seznamuje s danu problematikou. Praktická část se zabývá aplikací vybraných ergonomických metod a navrhuje zlepšení pracoviště oproti současnému stavu.
KLÍČOVÁ SLOVA	Ergonomická studie, ergonomické analýzy, RULA, NV 361/2007 Sb.,

SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

AUTHOR	Surname Šimek	Name Filip		
FIELD OF STUDY	Industrial Engineering and Management			
SUPERVISOR	Surname Ing. Kačerová	Name Ilona		
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV			
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable	
TITLE OF THE WORK	Ergonomic study			

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Industrial Engineering and Management	SUBMITTED IN	2022
----------------	------------------------	-------------------	---------------------------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	45	TEXT PART	34	GRAPHICAL PART	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION	<p>This bachelor thesis deals with ergonomics studies of chosen workplace. In first part is theoretical introduction, which introduce the issue. Practical part deals with application of chosen ergonomics methods and design improvement of workplace against current status.</p>
KEY WORDS	Ergonomics studies, ergonomics analysis, RULA, NIOSH, NV 361/2007

Obsah

Úvod	9
1 Úvod do ergonomie	10
2 Historie ergonomie	12
3 Hodnocení ergonomie	13
3.1 Fyzická zátěž.....	13
3.1.1 Lokální svalová zátěž.....	13
3.1.2 Celková fyzická zátěž	14
3.1.3 Pracovní polohy	15
3.2 Vybrané ergonomické metody	17
3.2.1 Metoda RULA	17
3.2.2 Metoda REBA.....	18
3.2.3 Metoda NIOSH	18
3.2.4 Metoda OWAS.....	20
4 Zvolený software.....	22
5 Volba a popis stávajícího pracoviště	23
5.1 Popis pracovní činnosti	25
5.2 Popis výrobku	26
6 Analýza současného stavu.....	27
6.1 Popisované a řešené pracovní polohy	27
6.2 Aplikace zvolených ergonomických analýz	28
6.2.1 Využití metody RULA pro současný stav – práce vstoje	29
6.2.2 Výsledky metody RULA pro současný stav	29
6.2.3 Výsledky nařízení vlády 361/2007 Sb. Pro současný stav	32
7 Návrh na zlepšení stávajícího stavu	35
7.1 Popis použité židle	36
7.2 Řešení metodou RULA pro navržené zlepšení.....	36
7.3 Řešení podle nařízení vlády 361/2007 Sb. pro navržené zlepšení.....	38
8 Porovnání současného stavu a navrhovaného zlepšení včetně přínosů.....	40
Závěr.....	42
Seznam zdrojů:	43
Seznam tabulek	44
Seznam obrázků	45

Úvod

Díky stále rychlejšímu technologickému rozvoji, je dnes kladen velký důraz na optimalizaci pracovních činností a jejich prostředí. Stále více se klade důraz na člověka. A to i když je v dnešní době výrazný trend robotizace a automatizace. Člověk je stále nedílnou součástí celého procesu. Ergonomie má proto za úkol snížit nevhodné pracovní podmínky a riziko úrazu na minimum, a přispět tak k co nejvyšší výkonnosti a efektivitě. Dokáže tak i zvýšit možnou konkurenční výhodu, a docílit tím k vyšším ziskům společnosti.

Tato bakalářská práce s názvem „Ergonomická studie“ se bude zabývat ergonomickou studií, která bude aplikována na vybrané pracoviště ve vybrané společnosti. Úkolem práce bude odborná analýza nynějšího stavu pracoviště. Nalezení ergonomických nedostatků a identifikace nalezených problémů. Za pomoci vybraných ergonomických metod a postupů, které práce popíše, se také pokusí najít nové – lepší řešení, které bude vyhovovat všem normám a požadavkům společnosti, kde problém řešen.

Práce má celkem osm hlavních kapitol, kde kapitola 1-3 bude mít za úkol seznámit s historií ergonomie, jejími definicemi, hodnocením a vybranými ergonomickými metodami.

Kapitola čtyři krátce popíše software, kterým bude vypracována praktická část práce a ve kterém se práce pokusí co nejpřesněji přiblížit reálnému pracovnímu prostředí.

Kapitola pět vysvětlí důvod výběru námi zvoleného pracoviště včetně jeho detailního popisu (pracovní činnost, pohyb obsluhy, výrobek).

Kapitola šest pečlivě analyzuje současný stav pracoviště vybranými ergonomickými metodami (RULA a NV 361/2007 Sb.) pomocí použitého softwaru a zjistí nedostatky.

V předposlední kapitole sedm bude navrženo zlepšení, které bude opět pečlivě analyzováno stejnými metodami, jako stav současný (RULA a NV 361/2007 Sb.).

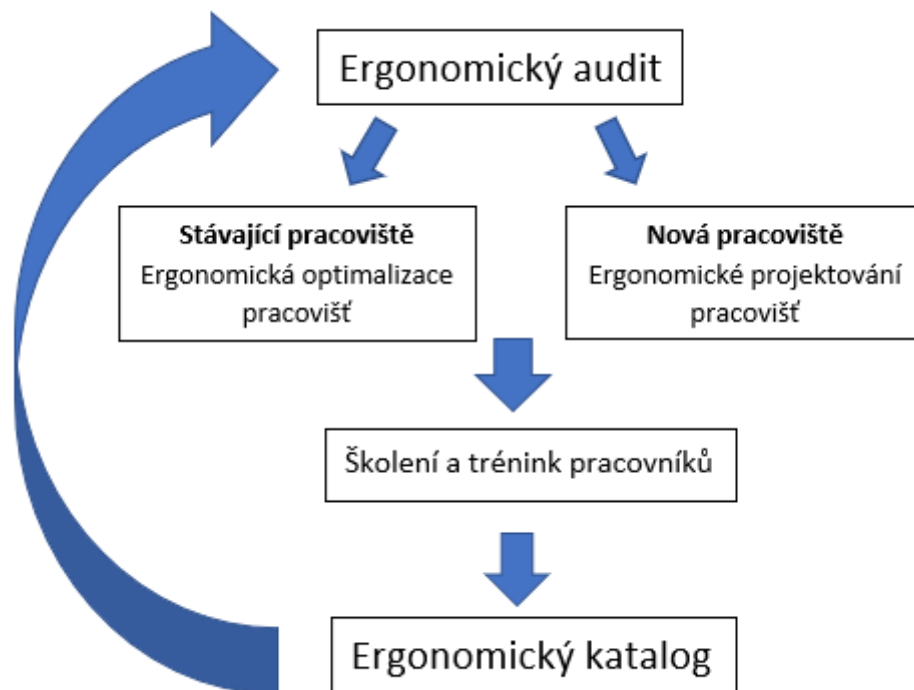
Poslední osmou kapitolou bude porovnání současného a navrhovaného stavu, kde práce zjistí, zda se podmínky na pracovišti zlepšily či nikoliv.

1 Úvod do ergonomie

Ergonomie jako taková je poměrně mladá vědní disciplína, o které máme první zmínky v 19. století, které je též spojeno s rozvojem pásové výroby a tím spojenými stále se opakujícími pohyby, které mohly vést až k nemocem z povolání. Díky rychlému technickému rozvoji dnes význam ergonomie výrazně sílí. Jelikož dnešní vysoké nároky na produktivitu mohou vést k problematice mezi efektivitou výrobního procesu a zdravím člověka, který je stále nejdůležitějším článkem.

Jedná se tedy o vědecký obor, který se věnuje analýze pravidel a metod potřebných pro úpravu pracovních podmínek dle fyzických a duševních potřeb člověka v souladu s psychickou a fyzickou pohodou na pracovišti za účelem ochrany života a zdraví. Cílem ergonomie je změnit „**mechanocentrický**“ přístup, který se neohlíží na limity člověka na přístup „**antropocentrický**“, který vychází z možností, schopností a dovedností člověka a využívá se již při samotném návrhu koncepce pracoviště a respektuje veškerá jeho omezení. Zjednodušeně se jedná o optimální úpravu pracovního prostředí podle fyzických a sociálních potřeb člověka. [1][4][5]

Dále můžeme zmínit dva různé přístupy k ergonomii - **koncepční** a **korekční**. Cílem koncepčního přístupu je zavést ergonomické zásady již od úplného začátku navrhování pracoviště. Naopak korekční ergonomie se zaměřuje na úpravu již stávajícího pracoviště podle ergonomických požadavků. [1], [7]



Obrázek 1 Postup ergonomické studie

[14]

Dnes už je ergonomie aplikována téměř ve všech pracovních oblastech. Zaměřuje se nejen na samotné pracoviště, ale také na výrobu samostatných pomůcek pro zvýšení pracovního pohodlí. Ergonomii tedy můžeme nazvat jako multidisciplinární obor, jelikož spojuje tři skupiny vědních odvětví, a to humanitní vědy, organizaci práce a technologie. Také by se neměla opomenout bezpečnost práce a hygiena, které s ergonomií též souvisí.

[13][9][10][11][12]

Definice ergonomie

Jak už bylo zmíněno, slovo ergonomie pochází z řečtiny a lze jej volně přeložit jako zákon práce.

Profesor Chundela se pokusil formulovat definici ergonomie jako: „*Ergonomie je interdisciplinární systémový vědní obor, který komplexně řeší činnost člověka i jeho vazby s technikou a prostředím, s cílem optimalizovat jeho psychofyzickou zátěž a zajistit rozvoj jeho osobnosti.*“

Obdobná, avšak oficiální definice přijatá Mezinárodní Ergonomickou Asociací (IEA) roku 2001 v San Diegu zní: „*Ergonomie je vědní disciplína, optimalizující interakci mezi člověkem dalšími prvky systému a využívající teorii, poznatky, principy, data a metody k optimalizaci pohody člověka a výkonnosti systému.*“ [1]

Ergatika

V systému člověk – technika – prostředí se prolínají celé řady disciplín. Kromě ergonomie je to také hygiena (prevence proti nemocím), bezpečnost práce (prevence proti úrazům), ekologie (vztah k životnímu prostředí), organizace práce (vhodné uspořádání), estetika a mnoho dalších. Pro co nejefektivnější návrh pracovních podmínek je potřeba zvolit komplexní přístup, jelikož nelze zvolit pouze jeden ze zmíněných oborů. Proto je potřeba zvolit přístup, který by obsahoval veškeré požadavky pro návrh – **Ergaticnost**.

Ergaticnost se hodnotí v rozmezí (0,1). Nízká ergaticnost (hodnota blíží se k 0) označuje stav, kdy je člověk ve vysokém ohrožení zdraví. Naopak vysoká ergaticnost (hodnota blíží se k 1) se vyznačuje splněním všech požadovaných hodnot (bezpečnost práce, hygiena, ergonomie, estetika a další).

Definice ergaticnosti: „*Ergaticnost je vědní obor, který optimalizuje systém člověk – technika – prostředí s cílem zajistit pohodu a zabránit ohrožení zdraví člověka úrazem či nemocí.*“

[1]

2 Historie ergonomie

Při pokusu vysledovat počátky ergonomie a ergonomického myšlení, bychom mohli najít první zmínky již ve starověkém Řecku a Egyptě. Spadá sem každá úprava náradí, nástrojů a zbraní, ať volbou tvaru, materiálu, rozměru atd. S dalším rozvojem techniky, dělbu práce, či specializací docházelo k postupnému zlepšování. Veškeré úpravy nástrojů či prostředí si prováděl řemeslník sám a záleželo pouze na jeho schopnostech, kreativitě a veškeré zkušenosti byly předávány po generace.

V 16. a 17. století nastal velký rozmach přírodních věd, který byl vyvolán prudkým rozvojem průmyslu, dopravy, stavitelství a výroby zbraní. Neznámější jména vynálezců a této doby v odvětví ergonomie:

- Leonardo da Vinci – konstrukce dynamometru
 - Architekt de Belidor – časové studie při práci
 - Geometr La Hire – výkon člověka při opevňovacích pracích
- Další fází výroby byl přechod od manufaktury k centralizované výrobě a tím spojený přechod k tovární výrobě. Právě zde dochází k úpadku přizpůsobení nástrojů a zvyšuje se univerzálnost, což podstatně snižuje ergonomičnost ve vztahu člověk - stroj.
- Fyziolog Coulon, který měřil lidskou sílu, studoval otázku únavy a rozložení přestávek. Hledal optimální postoj, pohyby při práci a vliv prostředí na jeho produktivitu
 - De Camus a Ch. Dupin se též zabývali stejnou problematikou a hledali co nejvhodnější dělbu pracovní doby a výkonnost dělníka.

Konec 19. století vrcholí F. W. Taylorem (1856–1915). Ten je považován za zakladatele vědeckého rozboru práce. Jeho snahou bylo lepší využití dělníka a dosažení lepších pracovních výsledků. Taylorismus, jak je též tento směr nazýván, dosahoval svých výsledků tímto způsobem:

1. Na základně analýzy navrhnout co nejlepší možný způsob práce
2. Najít takové dělníky, kteří jsou schopni se tento způsob práce naučit a dodržovat jej
3. Znovu analyzovat práci s vybranými dělníky
4. Soustavnou regulací mzdy a prémiei dodržovat či zvyšovat požadovaný výkon

Pomocí těchto metod, dosáhnul F. W. Taylor velmi pronikavých výsledků. Důležité je však zmínit i negativní stránku těchto metod, jelikož Taylor nerespektoval již známé fyziologické, anatomické a psychické poznatky o člověku. Také každého dělníka, který nebyl schopen dodržet požadované limity propustil. Teprve až další generace po F.W. Taylorovi začala využívat psychofyziologické poznatky – F. B. Gilbreth, Barth, Amar a další.

Tento směr byl populární především v USA, kde vznikl. V Evropě by použit jen velmi zřídka, protože zde byly jiné pracovní podmínky.

Další velký ergonomický rozvoj přinesly obě světové války, které s sebou přinesly také rozvoj výzkumu pracovních podmínek (hluk, mikroklima, osvětlení, atd.), organizaci práce, a to především z důvodu výroby zbraní a vojenské techniky. Též se došlo k názoru, že ani neoptimálnější pracovní podmínky nedokážou zajistit vysokou produktivitu a že každý člověk má své individuální vlastnosti, které se v praxi vyskytují jako fluktuace, absence a projevy únavy, které vedou k celkovému kolísání výkonu. Toto vše si v roce 1936 uvědomil H. Ford, který se od té doby začal primárně věnovat lidskému faktoru výroby, oproti stroji. [1],[4],[6]

3 Hodnocení ergonomie

Jak již bylo zmíněno, ergonomie je rozsáhlá vědní disciplína, která zkoumá pracovní prostředí z mnoha perspektiv. Práce nyní zmíní použité odvětví.

3.1 Fyzická zátěž

Jedná se o pracovní zátěž pohybového systému, srdečního a dýchacího systému s odrazem v látkové přeměně a termoregulaci organismu (metabolismus).

Fyzickou zátěž můžeme rozdělit na:

- mírnou,
- přiměřenou
- nepřiměřenou (nadměrnou)

Definice pojmů

- **Dynamická svalová práce** – práce, kdy vynakládaná síla je po době kratší než 3 sekundy vystřídána relaxací.
- **Statická svalová práce** – je práce, kdy vynakládaná síla trvá déle než 3 sekundy.
- **Průměrná směna** – předpokládá se osmihodinová směna, která probíhá za běžných pracovních podmínek. Práce jednotlivých pracovních operací odpovídá skutečné míře zátěže.
- **Maximální svalová síla – F_{max} [N]** – síla při maximálním úsilí vyšetřované osoby, vynakládaná konkrétními svalovými skupinami.
- **Procento z F_{max} [% F_{max}]** – poměr vynakládané svalové síly k hodnotě F_{max}
- **Průměrná svalová síla celosměnová [% F_{max}]** – vyjádřená v relativních hodnotách průměrné směnové časově vážené hodnotě % F_{max} v průměrné směně. [16], [17]

3.1.1 Lokální svalová zátěž

Lokální svalová zátěž je využívání malých svalových skupin při práci končetinami. Hodnocení lokální svalové zátěže zjišťujeme a posuzujeme vynakládané svalové síly, počty pohybů daných pohybových struktur a pracovní polohy v závislosti na rozsahu statické a dynamické složky práce. [16]

Hodnocení lokální svalové zátěže

Před samotným měřením musíme určit osoby, se kterými budeme měření provádět. Tyto osoby musí být zapracované minimálně 3 měsíce a musí být ochotny spolupracovat. Výběr měřených osob se provádí v závislosti na účelu měření.

Měření musí probíhat za běžných provozních podmínek tak, aby byla získána veškerá data potřebná k měření.

Hodnotíme zda:

- 1) V průběhu směny nepřesahují svalové síly krátkodobé přípustné hodnoty (v % maximální svalové síly, % F max)
- 2) Hodnota celosměnového časově váženého průměru vynakládaných svalových sil nepřesahuje přípustné hodnoty
- 3) Počet pohybů za minutu/pracovní dobu v závislosti na velikosti vynakládaných svalových sil nepřekračuje dané přípustné hodnoty [17]

3.1.2 Celková fyzická zátěž

Celková fyzická zátěž se posuzuje z hlediska energetické náročnosti práce pomocí energetického výdeje vyjádřených v netto hodnotách a srdeční frekvence, který by neměl pro dynamickou práci překročit pro muže a ženy hodnoty uvedené v příslušném nařízení vlády (361/2007 Sb.). Za celkovou fyzickou zátěž považujeme zátěž při fyzické práci dynamické, vykonávané velkými svalovými skupinami, při které je zatěžováno více než 50 % svalové hmoty. [2]

- Směnové hodnoty průměrné srdeční frekvence podle nařízení vlády č. 178/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů. [15]

A Průměrná	102
B Nejvyšší přípustná	110
C Zvýšení nad výchozí hodnotu	28

Tabulka 1 - Srdeční frekvence [15]

Hodnota A – určená k posouzení nálezů při vyšetření osob, pokud není stanovena též výchozí hodnota srdeční frekvence

Hodnota B – může být pro zkoumanou osobu ještě dlouhodobě únosná, pokud není překračována hodnota C, tzn. Zvýšení pracovní srdeční frekvence na výchozí (klidovou) hodnotu

Hodnota C – nejvyšší možná přípustná hodnota zvýšení srdeční frekvence, která může být pro zdravé osoby dlouhodobě únosná [2]

Pod celkovou fyzickou zátěž spadá i manipulace s břemeny. Manipulací s břemenem se rozumí přepravování či nošení břemene jedním nebo současně více pracovníky včetně jeho zvedání, pokládání, strkání, tahání, posunování nebo přemísťování, při kterém v důsledku vlastností břemene nebo nepříznivých ergonomických podmínek může dojít k zdravotním potížím či onemocnění pracovníka z jednostranné nadměrné zátěže. Za ruční manipulaci s břemenem se pokládá též zvedání a přenášení živého břemene.

Břemeno obecně představuje fyzické těleso, které se vyznačuje určitým geometrickým tvarem (pravidelným/nepřavidelným), velikostí, hmotností, tepelným stavem, popřípadě dalšími znaky jako je materiál, hladkost povrchu, barva a jiné.

Pod pojmem "břemeno" se v technické praxi rozumí polotovary, výrobky, přepravky, nádoby, balíky apod., se kterými se ručně manipuluje. Z ergonomického hlediska je při stanovení limitů pro zdvihání (resp. přepravu) břemen nejdůležitější hmotnost, tvar (tzn. úchopové možnosti), sklon, povrch terénu, vlastnosti břemena (riziko popálení, poleptání, rozlití aj.), frekvence a dráha pohybů s břemenem atd. [18]

Přípustné hmotnosti břemen při jejich přenášení se liší pro muže a ženy podle nařízení vlády č. 361/2007 Sb., ve znění pozdějších předpisů:

Muži	Při občasném zvedání a přenášení je 50 kg, Při častém zvedání a přenášení je 30 kg. Limit pro kumulativní hmotnost je 10 000 kg za jednu osmihodinovou směnu.
Ženy	Při občasném zvedání a přenášení je 20 kg, Při častém zvedání a přenášení je 15 kg. Limit pro kumulativní hmotnost je 6 500 kg za jednu osmihodinovou směnu.

Tabulka 2 - Přípustné hmotnosti břemen muži/ženy [15]

3.1.3 Pracovní polohy

Pracovní polohy jsou definovány řadou objektivních podmínek jako např. konstrukce použitých technologických prostředků, rozměry a vybavení pracovního místa, pracovní pohyby a jsou též ovlivňovány tělesnými proporcemi pracovníka. Jsou složeny ze složitých systému reflexů, které pomocí centrálního nervového systému přizpůsobují svalové napětí určité poloze těla.

Pro použitý síly do 50 [N] je vhodná pracovní poloha vsedě. Při nutnosti použití síly nad 100 [N] je vhodná pracovní poloha vstoje, a to z důvodu zapojením spodním končetin, pánve, trupu a šíje. Právě zapojení více části těla ve větším rozsahu dovoluje použití větší síly. Právě kombinací těchto pracovních poloh (vsedě/vstoje) získáváme fyziologicky nejvhodnější pracovní polohu. Naopak fyziologicky nejméně vhodnými pracovními polohami jsou předklon trupu o více než 60°, záklon bez opory celého těla, předklon hlavy větší než 25° bez podpory trupu či práce vykonávané v podřepu, vleže a v kleku. [19]

Část těla	Fyzický rizikový faktor	Doba trvání
Ramena	Práce, při kterých jsou horní končetiny ve výšce nad hlavou nebo lokte (loket) je v poloze nad rameny Opakující se zvedání paže (paži) nad hlavu nebo nad úroveň lokte (loktů) nad úroveň ramen (ramena) častěji než 1x za minutu	Více než 4 hodiny za celou pracovní směnu Více než 4 hodiny za celou pracovní směnu
Krk (sklon hlavy)	Práce, při kterých je hlava skloněna od svislé roviny více než 45° (bez možnosti opěry nebo možnosti změny její polohy)	Více než 4 hodiny za celou pracovní směnu
Horní část trupu ve stoji	Práce v předklonu větším než 30° (bez možnosti opěry nebo možnosti změny polohy) Práce v předklonu větším než 45° (bez možnosti opěry nebo možnosti změny polohy)	Více než 4 hodiny za celou pracovní směnu Více než 4 hodiny za celou pracovní směnu
Kolena (dolní končetiny)	Práce v podřepu a v kleku	Více než 4 hodiny za celou pracovní směnu

Tabulka 3 - Pracovní polohy

U stacionárních poloh a pracovně pojiždějících strojů v pásové a proudové výrobě, kdy je pracovník na stejném místě déle než ½ pracovní doby, je postup hodnocení v nařízení vlády č. 178/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů, a hodnotí se poloha: [15]

- a) Trupu (předklon, úklon, pootočení)
- b) Hlavy – krku (předklon, záklon, rotace)
- c) Horní končetiny – paže (vzpažení, zapažení)
- d) Dolní končetiny (flexe kolen, kotníků)

Na základě zjištěných velikostí úhlů sklonů/záklonů, pootočení a flexí od neutrálních poloh a času trvání se určuje, zda jsou pracovní podmínky vhodné či nevhodné při pracovní činnosti. Podle Ministerstva zdravotnictví a jeho vyhlášky ČR č. 432/2003 Sb. – zařazování prací do kategorií 2. a 3. [2], [15]

Do kategorie 2. řadíme pracovní polohu, pokud jsou práce v ní vykonávané, vsedě, vstoje nebo střídáním těchto poloh. Pokud se v průběhu prací vyskytují i podmíněně přijatelné či nepřijatelné polohy tak, jak jsou vymezeny v nařízení vlády č. 178/2001 Sb., ve znění pozdějších předpisů, při kterých součet doby prací vykonávaných v jednotlivých podmíněně přijatelných pracovních polohách je delší než 100 minut za jednu osmihodinovou směnu, ale nepřesáhnou 180 minut. Celková doba prací v jednotlivých nepřijatelných pracovních polohách je vyšší než 20 minut, ale nepřekračuje 30 minut za jednu osmihodinovou směnu.

Do kategorie 3. se zařazují takové pracovní polohy, při kterých jsou překračovány hranice stanovené s kategorií 2. [2], [19]

Důležitá kritéria pro správnou volbu pracovní polohy

- Dostatečná stabilita těla pro všechny použité pracovní polohy
- Minimální statické zatížení pro udržení pracovní polohy
- Pracovní poloha přizpůsobená anatomické skladbě těla
- Podpírání na vhodných částech těla (sedací hrboly, paty...atd)
- Zajištění správných zorných podmínek a zrakové orientace
- Možnost střídání pracovních poloh
- Poloha těla musí odpovídat požadavkům na svalovou aktivitu
- Snížení nefyziologických pracovních poloh při hlavních pracovních operacích na minimum [19]

3.2 Vybrané ergonomické metody

V následující kapitole budou popsány vybrané ergonomické metody.

3.2.1 Metoda RULA

Metoda RULA (Rapid Upper Limb Assessment) umožňuje analýzu požadavků na horní končetiny pracovníka za účelem screeningu rizika rozvoje MSD (muskuloskeletální poruchy/onemocnění). Poskytuje objektivní měření rizik MSD způsobených úkoly s vysokými nároky na horní část těla a s relativně nízkými nároky na spodní část těla.

Metoda RULA je ověřena mnoha studii a je využívána po celém světě. [20]

RULA byla vyvinuta s ohledem na následující cíle:

- a) Poskytnout metodu analýzy pracovníků k posouzení expozice významného rizika horních končetin z povolání.
- b) Identifikovat svalovou námahu, která je spojena s pracovními polohami a nadměrnými silami při provádění statické nebo opakované práce, která může přispívat ke svalové únavě.
- c) Poskytnout jednoduchou metodu hodnocení (bodování) s výstupem na úrovni, který identifikuje indikaci naléhavosti.
- d) Poskytnout uživatelsky přívětivý hodnotící nástroj, který vyžaduje minimální čas, úsilí a vybavení potřebné pro analýzu. [20]

Omezení metody RULA:

- a) Nezohledňuje dobu trvání úkolu, možnou dobu zotavení ani vibrace rukou a paží.
- b) Umožňuje posoudit pouze nejhorší případ jednoho zaměstnance v jednom okamžiku, což vyžaduje použití reprezentativních pozic.
- c) Vyžaduje samostatné posouzení pravé a levé strany těla, i když ve většině případů je metoda schopna rychle určit, která strana těla je nejvíce vystavena riziku MSD. [21]

Výstupem hodnocení metody RULA je výsledné skóre, které představuje úroveň rizika MSD pro analyzovanou pracovní činnost. Minimální skóre = 1, maximální skóre RULA = 7.

SKÓRE	ÚROVEŇ RIZIKA
1-2	Zanedbatelné riziko
3-4	Nízké riziko, může být potřeba úprav
4-5	Střední riziko, nutné změny v nejbližší době
6+	Vysoké riziko, nutné okamžité změny

Tabulka 4 Skóre RULA [21]

3.2.2 Metoda REBA

REBA (Rapid Entire Body Assessment) využívá systematický proces k hodnocení horních i dolních částí muskuloskeletálního systému z hlediska biomechanických a MSD rizik spojenými s analyzovanými pracovními činnostmi.

Cíle, omezení a hodnocení metody REBA je plně shodné s metodou RULA, pouze s rozdílem, že skóre metody REBA má stupnici 1-11, kde skóre 1 znamená zanedbatelné riziko a skóre 11 znamená velmi vysoké riziko. (viz. tabulka č. 5) [22]

SKÓRE	ÚROVEŇ RIZIKA
1	Zanedbatelné riziko,
2-3	Nízké riziko, může být potřeba úprav
4-7	Střední riziko, potřeba hlubší analýzy, změna potřebná v blízké době
8-10	Vysoké riziko, analýza a okamžitá změna
11+	Velmi vysoké riziko, okamžitá změna

Tabulka 5 Skóre REBA [22]

3.2.3 Metoda NIOSH

NIOSH (National Occupation Safety and Health) je metoda, která se zabývá analýzou práce a manipulace s břemeny. Tato metoda je považována za evropský standard při hodnocení limitu pro pracovní činnosti s břemeny těžšími než 5 kg po dobu maximálně 8 hod. Zohledňuje přitom biomechanická, fyziologická, psychologická a epidemiologická kritéria.

Metodu nelze použít v těchto případech:

- Zdvihání/pokládání vsedě či v kleku
- Zdvihání/pokládání nestabilních předmětů
- Zdvihání/pokládání za současného přenášení, tlačení či tažení
- Zdvihání/pokládání pomocí pracovních pomůcek (např. lopata)
- Zdvihání/pokládání s rychlostí větší než 75 cm/sekunda
- Zdvihání/pokládání v nepříznivém prostředí (teplota, vlhkost...atd)

Okrajové podmínky pro metodu NIOSH:

- Žádné trhavé zdvihání předmětů
- Využití obou rukou, souměrné zdvihání
- Žádné omezení pracovního postoje
- Dobré podmínky pro pracovní činnost (úchopové vlastnosti, boty, podlaha)
- Příznivé okolní pracovní podmínky

Výsledkem této metody je doporučený hmotnostní limit RWL, který představuje maximální hmotnost břemene pro minimálně 75% ženské populace a až 99% mužské populace. Určuje rovněž míru relativního fyzického klidu, tzv. zvedací index LI, který je poměrem mezi zvedanou hmotností a RWL.

- **LI < 1 riziko nehrozí**
- **LI ≥ 1 riziko, nutno provést změny**

$$RWL = LC * HM * VM * DM * AM * FM * CM \text{ [kg]}$$

$$LI = L/RWL \text{ [-]}$$

Definice koeficientů a jejich výpočty:

LC – hmotnostní konstanta, u které se jedná se o lokální váhovou konstantu 23 kilogramů, se kterou je pracovník schopen bez zdravotního rizika manipulovat.

HM – horizontální multiplikátor, lze určit výpočtem $HM = H/25$, kde H je horizontální vzdálenost od kotníků k těžišti na počátku zvedání.

VM – vertikální multiplikátor, který se vypočte $VM = 1 - 0,003 \cdot |V - 75|$, kde V představuje vertikální vzdálenost od podlahy k těžišti břemene na počátku zvedání.

DM – vzdálenostní multiplikátor, který se určí $DM = 0,82 + 4,5 * D$, kde D značí vertikální vzdálenost mezi začátkem a koncem zdvihu břemene.

AM – asymetrický multiplikátor, jehož hodnota je dána $AM = 1 - 0,0032 * A$, kde A znázorňuje úhel natočení od sagitální roviny při zvedání břemene.

FM – frekvenční multiplikátor, je definován třemi parametry:

1. počet zdvihacích úkonů za minutu
2. trvání práce při manipulaci
3. koeficientem V

CM – multiplikátor spojení, který popisuje vazebné podmínky mezi rukama a břemenem. Na začátku je nutné rozhodnout, o který typ uchopení předmětu se jedná (dobrý, průměrný nebo špatný).

Kategorie jsou podle Ing. Bureše definovány takto:

1. Dobrá kvalita úchopu – přepravky optimálního tvaru s úchopy nebo otvory optimálního tvaru, nepravidelné předměty komfortně uchopitelné.
2. Průměrná kvalita úchopu - přepravky s úchopy nebo otvory ne zrovna optimálního tvaru, nepravidelné předměty uchopitelné při ohnutí ruky o 90°.
3. Špatná kvalita úchopu - přepravky špatného tvaru, těžko uchopitelné předměty, kluzké předměty nebo předměty s ostrými hranami“. [3]

Po získání hodnoty koeficientu RWL je známa maximální hmotnost břemene, se kterou může pracovník v dané poloze manipulovat. Velikost koeficientu LI vypovídá o úrovni fyzického stresu spojeného s konkrétním zvedáním břemene. Optimální hodnota je $LI < 1$. Pokud je $LI > 1$ představuje to zvýšené riziko fyzického stresu při zdvihání předmětu => nutnost změnit pracovní podmínky této pracovní činnosti. [6]

3.2.4 Metoda OWAS

Ergonomická metoda OWAS (Ovako Working Posture Analysis System) vznikla v polovině roku 1970 ve finských ocelárnách Ovako ve spolupráci s Finským institutem pro zdraví.

Tato metoda se používá k detekci a rozdělení nejběžnějších pracovních pozic. Jedná se o 4 pozice zad, 3 pozice paží, 7 poloh nohou a 3 kategorie manipulací s nákladem s přihlédnutím k jeho hmotnosti (viz. tabulka). Výsledné „držení těla“ je definováno čtyřmístným kódem obsahujícím 3 zmíněné části těla a 1 kategorii manipulace s náklady. Šíře variability kódu je tedy dána násobky všech možných kombinací (až 252 variací tělesných pozic). Ty jsou následně dle ergonomických požadavků zpravidla vztahovány ke čtyřem kategoriím pracovních činností. Pozorování by měla být uskutečněna ve formě snímků, které by měly být zaznamenány v konstantních časových intervalech.

V metodě OWAS je držení těla založeno na klasifikačním systému sestávajícího z těchto částí:

- Trup
- Ruce
- Dolní část těla
- Zátěž [23], [24]

Část těla	Kód	Popis
Trup	1	Rovný
	2	Ohnutý
	3	Rotace
	4	Rotace + ohyb
Ruce	1	Obě ruce pod úrovní ramen
	2	Jedna ruka nad úrovní ramen
	3	Obě ruce nad úrovní ramen
Dolní končetiny	1	Sezení
	2	Vzpřímené stání
	3	Stání na jedné rovné noze
	4	Stání/podřep s oběma ohnutýma a rovnoměrně zatíženými koleny
	5	Stání/podřep s oběma ohnutýma a nerovnoměrně zatíženými koleny
	6	Klečení
	7	Chůze
Zátěž	1	Méně než 10 kg
	2	10 až 20 kg
	3	Nad 20 kg

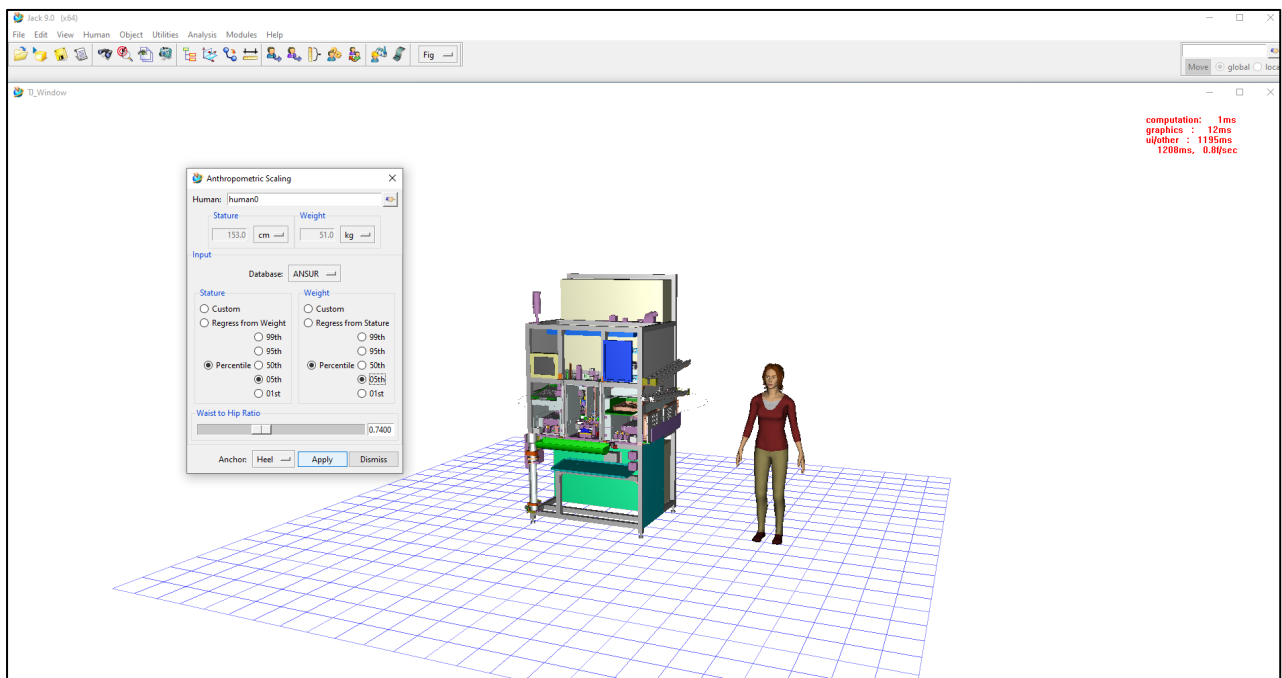
Tabulka 6 Kódy metody OWAS

4 Zvolený software

Pro zadanou práci byl zvolen technický software Tecnomatix Jack od firmy Siemens, který díky svým rozsáhlým funkcím plně dostačuje pro vybrané ergonomické analýzy a je stěžejním programem pro praktickou část této práce. Také umožňuje namodelovat jakékoliv pracovní situace, se kterými se práce setkává v reálném prostředí a umožňuje vnímat změny mezi jednotlivými polohami a zátěží. Program Tecnomatix Jack byl vynalezen společností NASA v 80–90 letech 20. století, kdy sloužil především jako nástroj pro umístění modelu člověka do virtuálního prostředí. [25]

Do softwaru je možné vkládat téměř jakoukoliv grafiku z programu CAD (Computer Aided Design) a díky tomu se co nejpřesněji přiblížit reálným prostředím (pracovní místo, výro atd). Mimo jiné slouží i jako simulační nástroj, ve kterém je umožněno pracovat v reálném čase.

Snahou praktické části práce je vytvoření co nejvíce identického pracovního prostředí. Pro tento úkol nám sloužil 3D model pracoviště, který byl poskytnut firmou Robert Bosch České Budějovice s.r.o., dva vložené stoly z knihovny softwaru Tecnomatix Jack, které slouží pouze pro demonstraci pohybu pracovníka/pracovnice. Dále jsou zde vytvořeny postavy ženského pohlaví (viz. Popis stávajícího pracoviště) různých percentilů (5th, 50th a 95th), které nám názorně ukazují vhodnost či nevhodnost rozměrů pracoviště.



Obrázek 2 - Ukázka pracovního prostředí v Tecnomatix Jack

5 Volba a popis stávajícího pracoviště

Touto prací řešené pracoviště bylo přiděleno konzultantem z firmy Robert Bosch České Budějovice s.r.o. – Ing. Danielem Šiškou, který pracoviště vybral z důvodu staršího koncepčního pojetí této výrobní linky a velkého podílu ruční práce. Na tomto pracovišti se vyskytují určité ergonomické chyby a nedostatky, které tuto práci motivují k nalezení možných návrhů na zlepšení. Díky tomu je toto pracoviště vhodné pro tuto práci, neboť se zde využijí veškeré již nabyté zkušenosti. Cílem této práce bude přijít na zlepšení, které by mohlo vést ke zlepšení pracovních podmínek.

Vybrané pracoviště se zabývá se výrobou elektronických ukazatelů množství paliva v nádrži automobilů. Obsluha výrobního stroje je přizpůsobena jak pro muže, tak i ženy, i když momentální obsluhou jsou pouze ženy. Velikost, ale především výška pracovní plochy je stanovena podle dostupných norem a je přizpůsobena jak pro malou ženu, tak i pro velkého muže. Je zde možnost individualizace, jako například možnost změny výšky či přiblížení/oddálení podavačů na jednotlivé díly. Jak již bylo zmíněno, pracoviště je vytvořeno pouze pro práci vstoje a tomu je uzpůsobena celková konstrukce celého stroje, včetně gumové podložky pod nohy pro pohodlnější postoj.

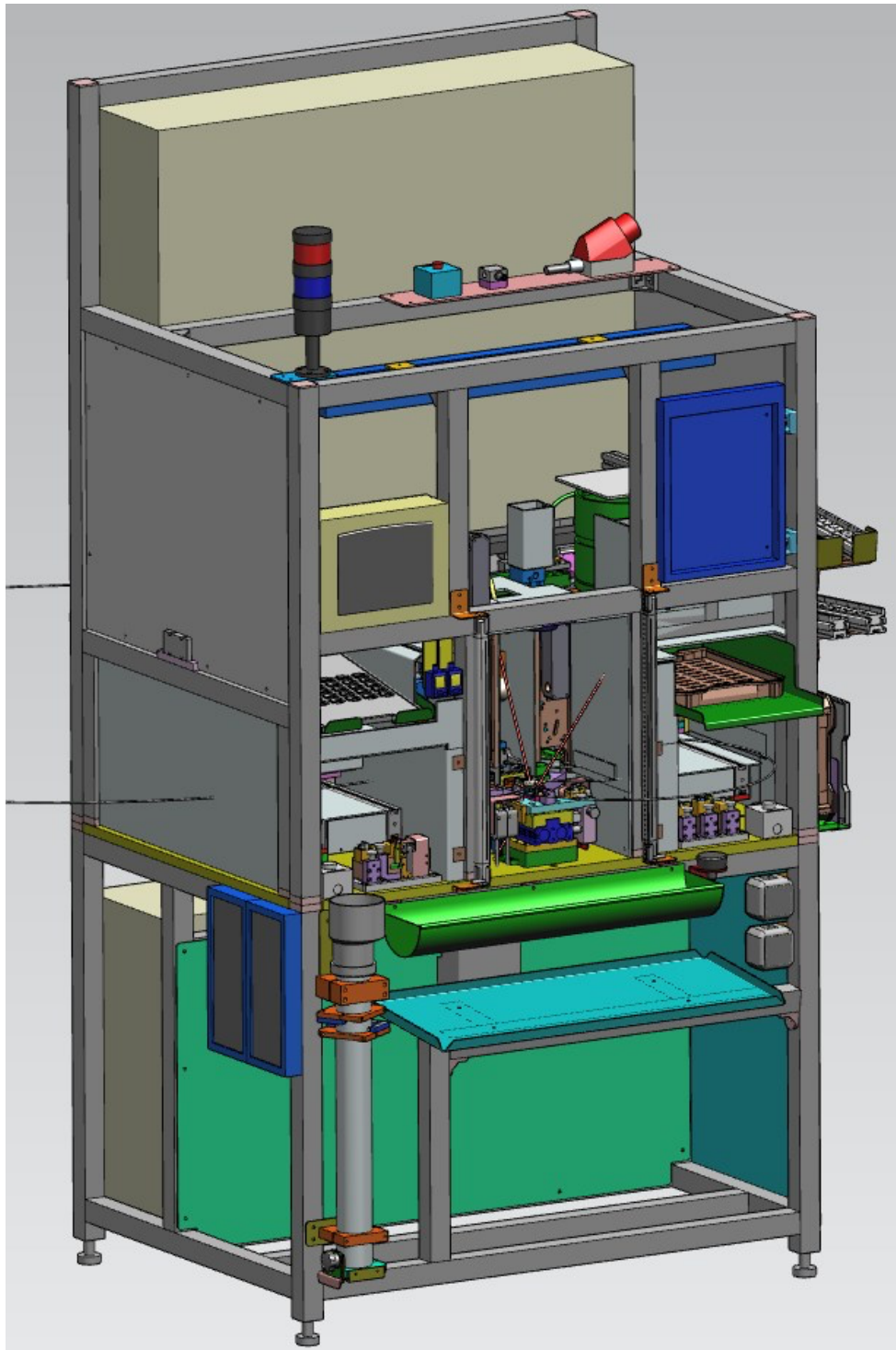
Pracoviště dále obsahuje drobnou poličku na osobní věci obsluhy (mobil, hodinky... atd) a prostorem na tok výrobního materiálu a výrobku, který je však obsluhován operátory výroby a obsluha stroje s tím nemá spojenou jakoukoliv činnost. Každý stroj je opatřen ochranným plexi v oblasti manipulační zóny a to především z bezpečnostních důvodů, jelikož se výrobní stroj pootáčí v daných cyklech, mohlo by dojít například k poranění rukou či zachycením rukávu atd.

Celý pracovní proces je ovládán skrze pouze jedno tlačítko, kterým se potvrzují jednotlivé kroky výroby.

Osvětlení je řešeno nejen osvětlením celé haly, ale každý stroj má vlastní přidružené světlo, potřebné pro kritický detail. Jedná se o výkonné led světlo přímo nad pracovním prostorem. Není zde výrazně zvýšený hluk. Teplota na pracovišti se pohybuje mezi 20-22°C. Dále se zde nevyskytují žádné rušivé či zdraví neprospěšné elementy.

Směna na daném pracovišti je mezi 440-443 minutami/den. Tento čas je závislý na času na konci směny, kdy je vyhrazeno cca 7-10 minut na krátkou údržbu, čištění a přípravu pracoviště na druhý den. Stanovená výrobní norma je 1200ks/den. Takt výroby, se pohybuje mezi 22–22,15s/ks. Celková efektivita (OEE – Overall Equipment Effectiveness) pracoviště se pohybuje okolo 90%, kde zbylých 10% je čas zmařený poruchou stroje, následným opravením a seřizením, či výrobou zmetků.

Počet těchto pracovišť ve výrobní lince se omezuje pouze na dva stroje. Ostatní pracoviště se liší drobnou změnou výrobku (např. 3 a více napájecích kabelů výrobku), či se zaměřují na výrobu jiné části palivové soustavy.








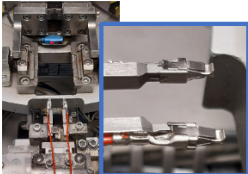
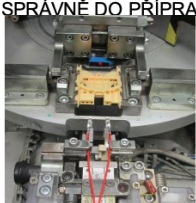
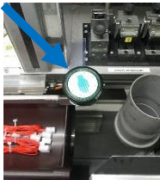
Obrázek 3 - Vybrané pracoviště v CAD - Montáž TSG

5.1 Popis pracovní činnosti

Pro popis přesné pracovní činnosti slouží vytištěné návodové manuály (tzv. návodky) vydané přímo zaměstnavatelem. Popisuje se zde krok po kroku a klíčové body včetně stručného odůvodnění činnosti, která pak pomáhá s konečnou zřakovou kontrolou, neboť díky vysvětlení dané činnosti dílu se snáze analyzují nedostatky a vady. Návodový manuál též vysvětluje práci jednotlivých rukou a poukazuje zda je možnost záměny práce jednotlivých rukou či operací.

Pracovní činnost začíná uchopením svazku kabelů ze zásobníku a následným vložením kabelových svazků do výrobního trnu. Pokračuje uchopením housingu opět ze zásobníku a vložením do přípravku. Následným dotykem spouštěcího tlačítka se zahájí pracovní proces stroje. Dále výroba pokračuje vyjmutím výrobku s již hotovým studeným el. spojem, nalisovaným čepem v jezdcí a stupnicovou tabulkou (tyto operace jsou čistě automatické a obsluha stroje se s nimi nezabývá). Závěrem výrobního procesu je „zapletení“ kabelů do úchyťů na housingu a podrobnou zřakovou kontrolou všech důležitých částí a funkcí. Poté následuje už jen uložení do plastového blistru po pravé ruce pro snadnější budoucí manipulaci a sledovatelnost výrobků.

Ukázka části návodu pracovní činnosti:

Vstupní díly:		DŮLEŽITÉ KROKY (co?)		KLÍČOVÉ BODY (jak?)	DŮVODY (proč?)	možná záměna	
HOUSING	ODPOROVÁ DESTIČKA	JEZDEC	KOLÍK	KABELOVÝ SVAZEK	Zvláštní znaky:	rukou	operací
					---		
Levá ruka	Pravá ruka						
VZÍT KABELOVÝ SVAZEK ZE ZÁSOBNÍKU VLOŽIT NA TRNY	VZÍT KABELOVÝ SVAZEK ZE ZÁSOBNÍKU VLOŽIT NA TRNY	SPRÁVNĚ NA TRNY SPRÁVNĚ BARVY KABELŮ			ABY NEDOŠLO K DEFORMACI KONTAKTU KABELOVÉHO SVAZKU		
---	VZÍT HOUSING ZE ZÁSOBNÍKU VLOŽIT DO PŘÍPRAVKU	SPRÁVNĚ DO PŘÍPRAVKU			PŘI ŠPATNÉM ZALOŽENÍ NEPŮJDE SPUSTIT PROCES	X	
---	TLAČÍTKEM SPUSTIT PROCES				---	X	

Obrázek 4 - Ukázka pracovního návodu jednotlivých kroků

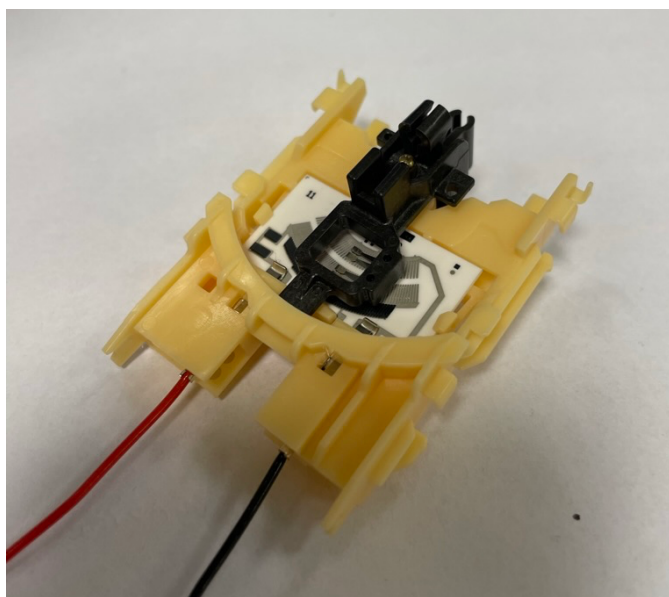
Při pohledu na pracovníci je zřejmé, že obsluha stroje stojí kolmo k pracovní ploše, která by správně měla být okolo úrovně paží ohnutých do pravého úhlu. Obsluha během pracovního cyklu koná trupem především rotační pohyb kolem pravé ruky, který je zapříčiněn uchopováním výrobků z výrobního stroje a následným založením do již vytvořeného blistru, ve kterém je výrobek dále přepravován k další výrobě. Nadále je nedílnou součástí manipulace s jednotlivými díly, kde převládá pohyb paží dopředu a dozadu. Pracovnice hojně zapojuje většinou pracovní doby především zápěstí včetně prstů. Z důvodu malých rozměrů výrobku je potřebná jemná koordinace pohybů prstů, ale i například dobrý zrak. Jemnou koordinací se rozumí především zakládání napájecích kabelů do výrobního trnu, či fixace svazku kabelů na housing. Při celé pracovní činnosti je značně namáhaná hlava a krk. Již z prvního pohledu lze poznat, že převládá poloha hlavy a krku v předklonu, neboť veškerý pohyb je vykonáván v úrovni paží v pravém úhlu – tzv. “na břicho”. Při celém výrobním procesu není potřeba hlavu zvedat či zaklánět, a to přes výskyt informačních panelů a ovládacích tlačítek v horní části stroje, neboť tohoto využívají pouze operátoři výroby. Celý výrobní proces se spouští pouze skrze dotykové tlačítko, kterého se obsluha dotkne po správném založení dílů do výrobního stroje. Toto tlačítko se vyskytuje po pravé ruce ve stejné výšce, jako pracovní plocha.

5.2 Popis výrobku

Zde vyráběný produkt je stěžejní část celé palivové soustavy automobilů. Jedná se o elektronickou součást, která je součástí palivového čerpadla v palivové nádrži. Výrobek funguje na principu rozdílného odporu na stupnici tištěného kontaktu, který je napojen na plastový plovák v nádrži. Díky pohybu plováku po hladině v nádrži se popisuje přesný objem paliva v nádrži, který pak vidíme na ukazateli na přístrojové desce. Výrobek se skládá ze šesti jednotlivých částí. Jedná se o tzv. “housing“, což je v podstatě domeček, do kterého se zakládají ostatní části. Dále je zde malý kovový čep, kterým je spojen jezdec s housingem. Jezdec se pohybuje po malé destičce s tištěným kontaktem s odporovou stupnicí. Posledními součástmi jsou dva napájecí kabely s konektorovými zakončeními.

Vlastnosti produktu:

- Rozměry: 55x44x8mm (výška x šířka x tloušťka)
- Váha: cca 15 gramů
- Počet dílů: 5



Obrázek 5 - Vyráběný produkt

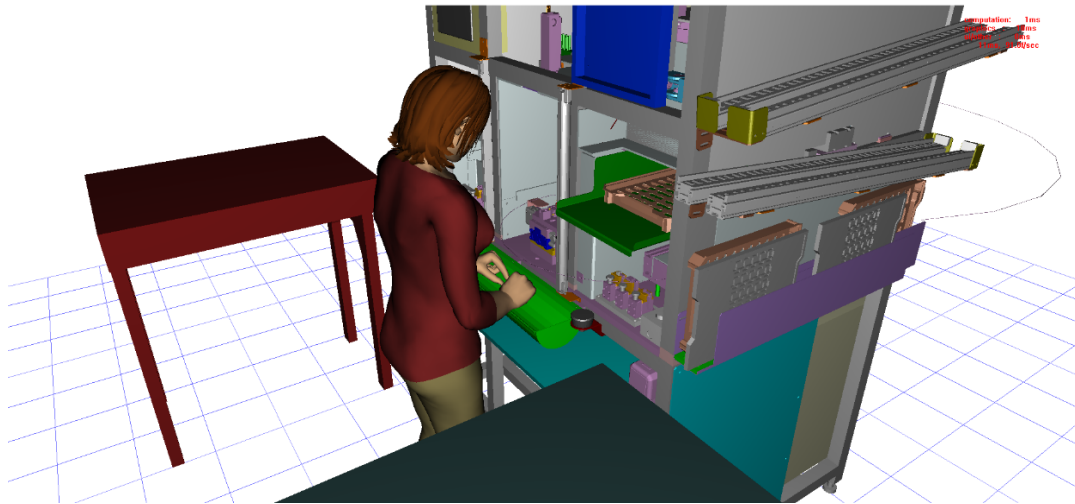
6 Analýza současného stavu

Při pozorování pracovníků a výrobního procesu, byla pozorována nevhodná pracovní výška pracovní plochy, která vede k častému až téměř neustálému předklonu hlavy, nesprávné poloze krční páteře či dokonce zrakovým potížím, které vznikají špatným pozorovací úhlem do manipulační oblasti stroje. I přes momentální výšku pracovní plochy zvolenou podle norem malá žena/velký muž je tato poloha nevyhovující pro drtivou většinu obsluhy. Je také vhodné zmínit, že průměrná výška pracovníků je kolem 168 cm a převahuje pravá lateralita.

Jako další nedostatek se jevila velmi častá pracovní poloha rukou ve špetce, která je zapříčiněna malou velikostí výrobku a jemné manipulace s jednotlivými díly.

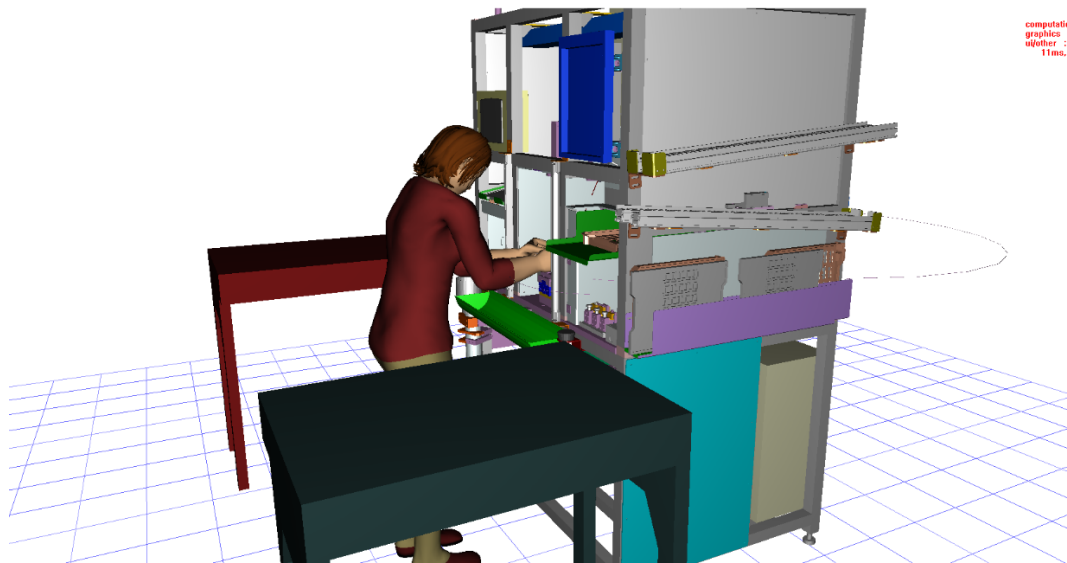
Dále se zde vyskytovala manipulace s ostrými zakončeními plechových konektorů drátů, která vede k opakovanému poškození ochranných rukavic. To vede k častému nedodržování používání ochranných pomůcek – rukavic z důvodu častého poškození.

6.1 Popisované a řešené pracovní polohy



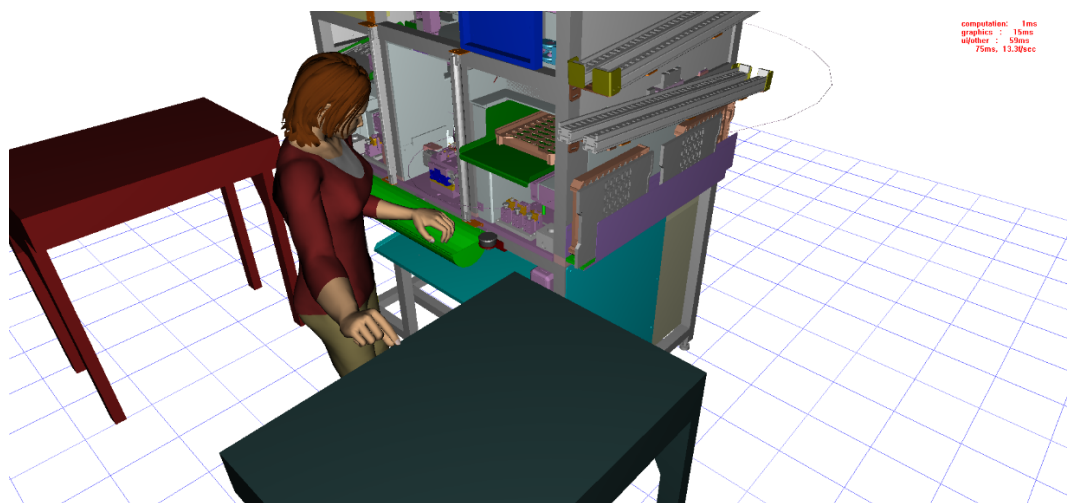
Obrázek 6 – Poloha 1

Polohou 1 se rozumí práce s kabeláží a housingem. Během celé této pracovní činnosti je obsluha vstoje, kolmo ke stroji a pracuje téměř jen s horními končetinami. Tato pracovní poloha představuje pouze uchopení kabelového svazku a housingu ze stejné umístěného zásobníku.



Obrázek 7 – Poloha 2

Poloha 2 je činnost, při které se uchopené části ze zásobníku vkládají do výrobního stroje, který provede ostatní výrobní operace. Jako první se vloží svazek kabelů do výrobního trnu, poté následuje vložení housingu do přípravku. Poté stroj po dotyku tlačítka plně automaticky pokračuje ve výrobním procesu.



Obrázek 8 – Poloha 3

Poloha 3 je závěrečná pracovní operace, kdy obsluha stroje vyjme již hotový výrobek, na kterém je nutno pouze ručně založit kabeláž do drážek na housingu. Nedílnou součástí této pracovní činnosti je zraková a hmatová kontrola, která má za úkol zamezit výrobě zmetků. Poslední fází pracovního postupu je založit hotový výrobek do blistru.

6.2 Aplikace zvolených ergonomických analýz

Díky poznatkům z teoretické části práce byly zvoleny následující metody - RULA a hodnocení pracovních poloh dle NV 361/2007 Sb. Metody byly vybrány na základě pozorování pracovní činnosti a konzultace s vedoucím práce, kde bylo zjištěno převládající

opakované a pravidelné zatěžování horních částí těla. Analýzy byly vytvořeny na základě pozorování, pořízené fotodokumentace a následné simulace ve zvoleném programu. [26]

6.2.1 Využití metody RULA pro současný stav – práce vstoje

Prvním krokem k analýze pracovních poloh bylo využití metody RULA. Ta byla aplikována na tři opakující se pracovní polohy - uchopení kabelů ze zásobníku, vložení do přípravku a založení do blistru. Měnila se pouze výška pracovníc a s tím spojené rozdílné tělesné rozměry. Pro všechny tři polohy byly zadány stejné parametry – váha částí výrobku, rychlost obsluhy stroje, výška pracoviště a pracovní poloha vstoje. Výsledkem analýzy metodou RULA byla tabulka se skórem, která i vyhodnotí, jaká je nutnost vydání opatření pro změnu pracoviště z důvodu špatné ergonomie.

Human: human

Body Group A Loading (Arm, Wrist)

Muscle Use

- Normal, no extreme use
- Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute
- Action repeated more than 4 times per minute

Arm Support: Arm Supported

Forces and Loads

- < 2 kg intermittent load
- 2-10 kg intermittent load
- 2-10 kg static load or 2-10 kg repeated load
- More than 10 kg static. Shock forces.

Legs and Feet

- Seated, Legs and feet well supported. Weight even.
- Standing, weight even. Room for weight changes.
- Legs/feet not supported. Weight distribution uneven.

Body Group B Loading (Neck, Trunk)

Muscle Use

- Normal, no extreme use
- Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute
- Action repeated more than 4 times per minute

Forces and Loads

- < 2 kg intermittent load
- 2-10 kg intermittent load
- 2-10 kg static load or 2-10 kg repeated load
- More than 10 kg static. Shock forces.

Obrázek 9 – Nastavení parametrů pro analýzu v Tecnomatix Jack

6.2.2 Výsledky metody RULA pro současný stav

Jak již bylo zmíněno, díky programu Tecnomatix Jack je možné přesně vytvořit grafické znázornění pracovní polohy a velmi přesně tak vyobrazit reálnou situaci. Analýzu budeme řešit skrze tabulky, které nám po vytvoření modelů vyhodnotil program pro jednotlivé polohy a percentily. Poté díky těmto tabulkách jasně určíme, při jaké poloze a při jaké výšce obsluhy je zapotřebí učinit změny. Jedná se o již zmíněné opakující se pracovní pohyby, viz. obrázky 6, 7, 8.


Obrázek 10 – Ukázka tabulky vyšlé z programu Tecnomatix Jack

Byly provedeny analýzy pro zvolené percentily pro ženské pohlaví (viz tabulky 7, 8, 9).

POLOHA 1 – RULA	ČÁST TĚLA	5. PERCENTIL	50. PERCENTIL	95. PERCENTIL
	Nadloktí	1	2	2
	Horní končetina	2	3	3
	Zápěstí	3	2	2
	Rotace zápěstí	1	2	2
	Krk	3	4	4
	Trup	1	1	1
	Celkové skóre RULA		3	6

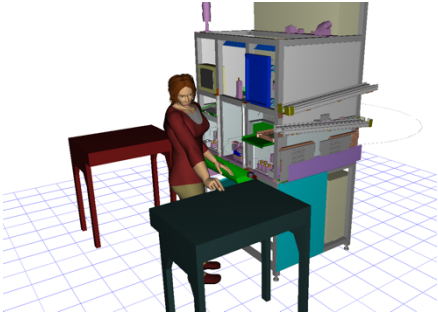
Tabulka 7 – Skóre RULA – poloha 1

Poloha 1 se vyznačuje značným zatížením krční páteře, které je znatelné především u vyšších osob, viz. tabulka. Zvýšené zatížení se týká také spodního ramena a zápěstí. Výsledné skóre metody RULA – 6 pro 50. a 95. percentil varuje, že je zapotřebí co nejdříve učinit jisté kroky pro zlepšení

POLOHA 2 – RULA	ČÁST TĚLA	5. PERCENTIL	50. PERCENTIL	95. PERCENTIL
	Nadloktí	2	2	3
	Horní končetina	3	3	3
	Zápěstí	2	3	3
	Rotace zápěstí	1	1	1
	Krk	3	3	3
	Trup	1	1	2
	Celkové skóre RULA		4	4

Tabulka 8 – Skóre RULA – poloha 2

Poloha 2 na rozdíl od předešlé polohy částečně ulevuje krku, ale stále se zde vyskytuje nadměrné zatížení pro 95. percentil. Hodnota zatížení krku 3 stále není nejvhodnější, ale dovoluje takto pracovat bez okamžitých zásahů do pracovní polohy.

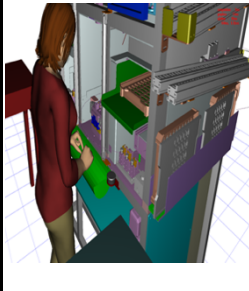
POLOHA 3 – RULA	ČÁST TĚLA	5. PERCENTIL	50. PERCENTIL	95. PERCENTIL
	Nadloktí	2	2	3
	Horní končetina	3	3	3
	Zápěstí	3	3	3
	Rotace zápěstí	1	1	1
	Krk	3	3	2
	Trup	1	1	2
	Celkové skóre RULA		4	4

Tabulka 9 – Skóre RULA – poloha 3

Poloha 3 je jako jediná alespoň částečně odlišná od předešlých poloh. Vyznačuje se především rotací trupu, krku ale i hlavy. Tyto pohyby však nejsou nikterak kritické a i v tabulce je zřejmé, že tuto pracovní polohu není potřeba nutně a urychleně měnit. Tomu nahrává i fakt, že je možné se stoly na zakládání do blistru hýbat.


6.2.3 Výsledky nařízení vlády 361/2007 Sb. Pro současný stav

Následně bylo provedeno vyhodnocení dle nařízení vlády 361/2007 Sb.

POLOHA 1	ČÁST TĚLA	5. PERCENTIL	50. PERCENTIL	95. PERCENTIL
	Trup	Přijatelné	Přijatelné	Přijatelné
	Hlava – krk	Přijatelné	Nepřijatelné	Nepřijatelné
	Rameno	Podmíněně přijatelní	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné
	Zápěstí	Nepřijatelné	Nepřijatelné	Nepřijatelné
	Loket	Přijatelné	Přijatelné	Přijatelné

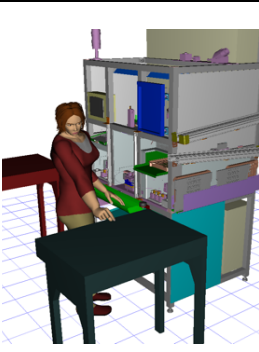
Tabulka 10 – Poloha 1 – NV

Již u první pracovní polohy je zřejmé, že největší problém se vyskytuje u nadměrného zatížení krku a hlavy způsobeného především nevhodně zvolenou výškou obslužné plochy stroje. Tento jev se projeví především u větších percentilů výšky. Také je vhodné si všimnout velkého zatížení zápěstí, které jak již bylo zmíněno se vyskytuje po většinu pracovní doby ve špetkovém úchopu. Tento úchop je použit z důvodu malých částí výrobku, které si vyžadují jemnou práci prstů. Tento úchop se vyskytuje ve všech pracovních polohách nehlédě na výškové percentily.

POLOHA 2	ČÁST TĚLA	5. PERCENTIL	50. PERCENTIL	95. PERCENTIL
	Trup	Přijatelné	Přijatelné	Přijatelné
	Hlava - krk	Podmíněně přijatelné	Nepřijatelné	Nepřijatelné
	Rameno	Přijatelné	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné
	Zápěstí	Nepřijatelné	Nepřijatelné	Nepřijatelné
	Loket	Přijatelné	Přijatelné	Přijatelné

Tabulka 11 - Poloha 2 – NV

U druhé pracovní polohy nadále přetrvává problém s krční páteří. To přispívá ke zvýšení celkové času v nevhodné poloze. S rostoucí výškou obsluhy přibývá i problém se zápěstím, který, jak již bylo zmíněno přetrvává z důvodu malých částí výrobku.

POLOHA 3	ČÁST TĚLA	5. PERCENTIL	50. PERCENTIL	95. PERCENTIL
	Trup	Přijatelné	Přijatelné	Přijatelné
	Hlava - krk	Podmíněně přijatelné	Nepřijatelné	Nepřijatelné
	Rameno	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné
	Zápěstí	Nepřijatelné	Nepřijatelné	Nepřijatelné
	Loket	Přijatelné	Přijatelné	Přijatelné

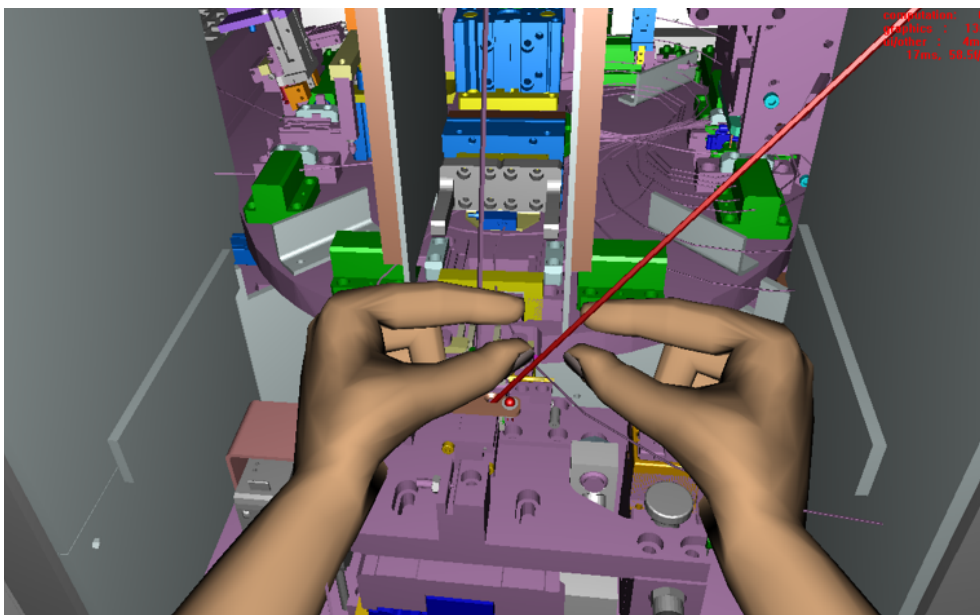
Tabulka 12 - Poloha 3 - NV

Jak již bylo avizováno dříve, s rostoucí výškou obsluhy stroje značně roste zatížení krční páteře, a to u všech poloh, kde je pohled pracovníka/pracovnice soustředěn do výrobního stroje, či na stůl pro zakládání výrobků. U poloh 1. a 2. je limitují faktor horní hrana pracovního prostoru výrobního stroje, který brání vyšším postavám dostatečně vidět na ruce a značně tak ztěžuje zakládání částí výrobku do stroje.

Velmi rizikovým faktorem byla i nepřijatelná poloha krční páteře (předklon hlavy), ve které se obsluha vyskytuje téměř 2/3 celé pracovní doby, což je až 293 minut denně. Nařízení vlády 361/2007 Sb. akceptuje práci v nepřijatelné poloze pouze 30 minut denně, což je přesně 9,77x více, než je dovoleno. Obdobně je tomu tak i se zápěstím.

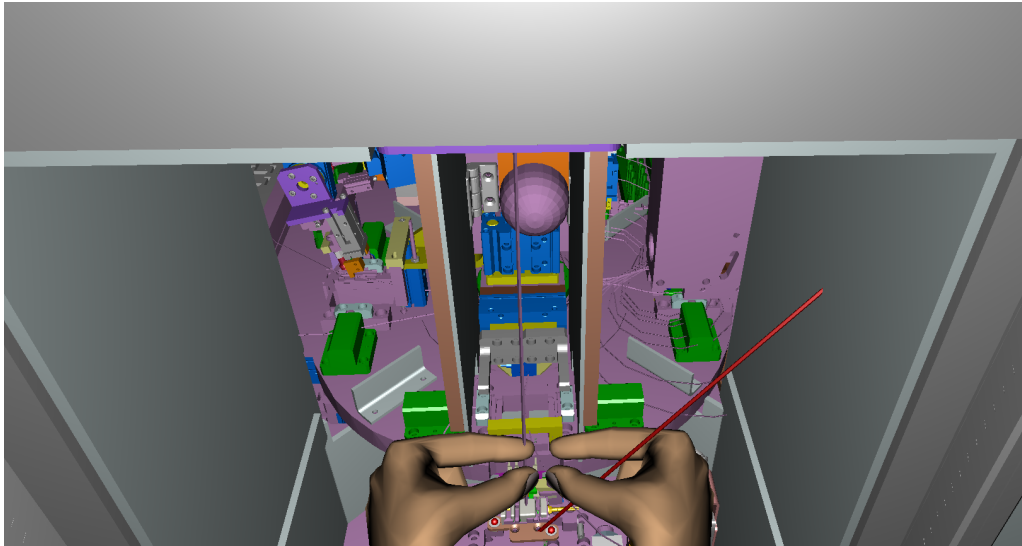
Zároveň byla zaznamenána podmíněně přijatelná pracovní poloha horních končetin, která se vyskytuje v této poloze 36 minut pro pravou a 16 minut pro levou.

Pro ukázkou si porovnání pohledů do stroje pro 5. a 95 percentil výšky.



Obrázek 11 - Pohled do stroje pro 5. percentil vstojе

Zde není žádný problém s pohledem do výrobní části stroje. Obsluha vidí celý pracovní prostor bez nutnosti velkého namáhání krční páteře. Nic ji nebrání v rychlé a snadné práci.



Obrázek 12 - pohled do stroje pro 95. percentil vstoje

Opačně tomu bylo u vyšší obsluhy, kde vhodnému pohledu značně překáží horní hrana pracovního prostoru stroje. Zde musí obsluha vyvinout značné úsilí, aby dostatečně viděla celý pracovní prostor a jednotlivé pracovní úkony. Tento problém potvrzují i předešlé tabulky s hodnotami RULA i NV, kde je zřejmé, že jsou tyto hodnoty nad povolenými limity.

7 Návrh na zlepšení stávajícího stavu

Z důvodu nevhodně zvolené pracovní polohy pro vyšší postavy, tato práce po podrobném sledování pracovní činnosti společně s p. inženýrem Šiškou vzala v úvahu variantu, že by pracovnice pracovaly vsedě, a to i během celé pracovní doby. Díky této nové poloze by ulevili nejen značně namáhané krční páteři, ale i dolním končetinám, na kterých stojí celou pracovní dobu. Též proběhla participace návrhu zlepšení s obsluhou stroje a byla vnímána velmi pozitivně. Celý pracovní kolektiv byl pro aplikaci navrženého zlepšení.

Po následné prohlídce výrobního stroje a jeho konstrukce se zjistilo, že případná změna pro možnost práce vsedě není nijak finančně ani časově náročná a lze ji celkem snadno aplikovat. Tomu nahrává i fakt, že nejen židle, ale i pracovní stoly pro zakládání výrobku jsou nejen výškově, ale i prostorově snadno posuvné. Tato skutečnost umožňuje rychlou a snadnou individualizaci pracoviště podle přání obsluhy, což je velmi vhodné z důvodu častého střídání pracovníku/pracovnic u tohoto výrobního stroje. Dále by zde byla možnost vložení podložky pod nohy pro zapření a ideální polohu nohou pod stolem.

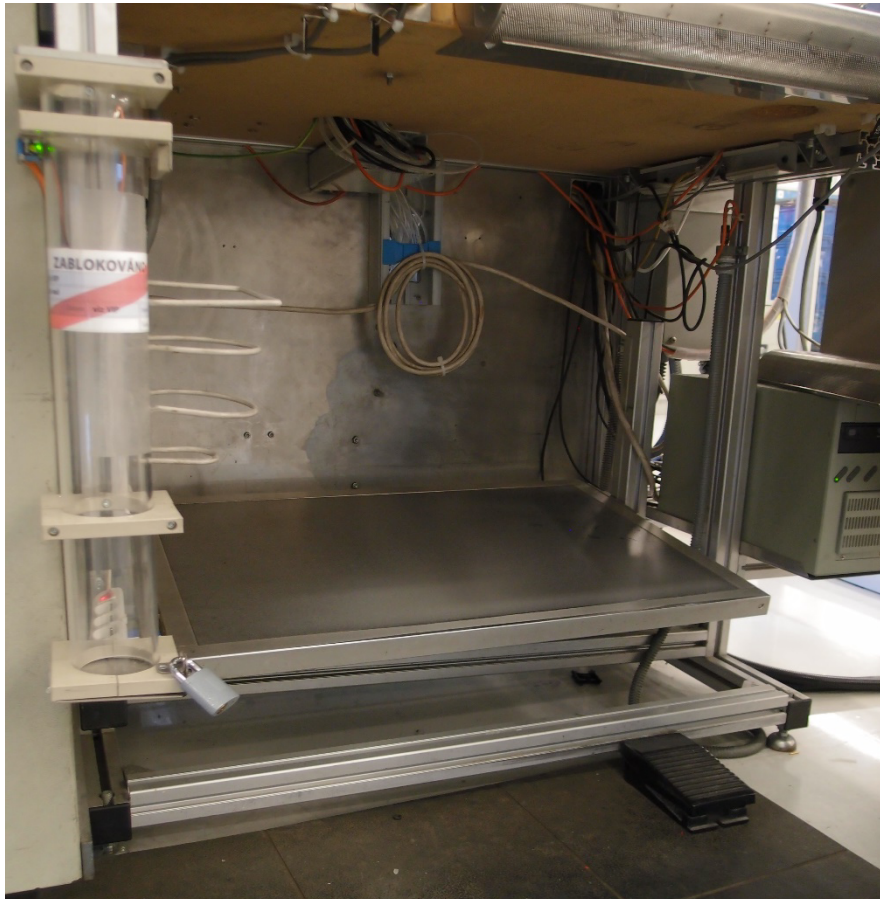
Jediným slabým místem navrženého zlepšení je nutnost přidělat krycí plec na zadní část stroje v místech u nohou, neboť jsou zde umístěny měřicí prvky výrobního stroje a je třeba je chránit před neúmyslným poškozením zapříčiněným manipulací s dolními končetinami. Ovšem toto řešení nijak dále nezasahuje do ergonomičnosti pracoviště a nijak značně neomezuje pedipulační prostor.



Obrázek 14 - Použitá výškově stavitelná židle s možností rotace



Obrázek 13 - Použitý výškově stavitelný stůl s kolečky



Obrázek 15 - Použitá nastavitelná podložka pod nohy


7.1 Popis použité židle

Jedná se o židli od německého výrobce LGA Nürnberg, který však bohužel neposkytuje žádné doplňující informace o židli a jejím možném použití. Navržené zlepšení využívá jednoduchou otočnou židli tohoto výrobce s možností nastavení výšky sedáku (600 – 810mm), opěradla (300 – 410mm) a uložení nohou od hrany sedáku (300 – 410mm). Židle má též zádovou opěru jak pro bederní, tak i pro hrudní páteř a není osazena pojezdovými kolečky. Materiál židle je kombinací měkčeného plastu a železné konstrukce, které dodává židli vysokou robustnost, jistotu a potřebný komfort při sezení.

Díky velkým možnostem přizpůsobení rozměrů je tato židle vhodná pro naše použití, kdy je potřeba vyhovět jak vyšším, tak i menším postavám.

7.2 Řešení metodou RULA pro navržené zlepšení

Zde byla použita stejná metoda zobrazení výsledků analýzy – pomocí tabulek se skórem metody RULA.

POLOHA 1 - VSEDĚ	ČÁST TĚLA	5. PERCENTIL	50. PERCENTIL	95. PERCENTIL
	Nadloktí	2	3	2
	Horní končetiny	3	2	3
	Zápěstí	1	1	1
	Rotace zápěstí	1	1	2
	Krk	2	2	1
	Trup	2	2	1
	Celkové skóre RULA		3	3


Tabulka 13 - Skóre RULA pro práci vsedě – poloha 1

Již při prvním pohledu je viditelné jisté zlepšení, a to především v oblasti krční páteře. Také je vidět, že s navržením nové pracovní polohy, se hodnoty dostaly mimo oblast s nutnou změnou. Pro tuto polohu je zřejmé zlepšení pro 50. a 95. percentil, a to téměř ve všech bodech. Díky poloze vsedě se snížilo namáhání jak krční páteře, tak i horních končetin.

POLOHA 2 - VSEDĚ	ČÁST TĚLA	5. PERCENTIL	50. PERCENTIL	95. PERCENTIL
	Nadloktí	2	3	2
	Horní končetiny	2	2	2
	Zápěstí	2	1	2
	Rotace zápěstí	1	1	1
	Krk	3	2	3
	Trup	2	2	1
	Celkové skóre RULA		3	3

Tabulka 14 - Skóre RULA pro práci vsedě – poloha 2

Pro polohu 2 platí to samé jako pro polohu 1. Celkové skóre RULA se stále pohybuje na přijatelných hodnotách, a to i pro rozdílné percentily.

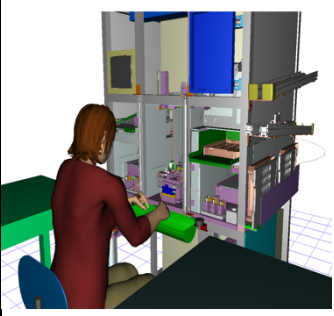
POLOHA 3 - VSEDĚ	ČÁST TĚLA	5. PERCENTIL	50. PERCENTIL	95. PERCENTIL
	Nadloktí	1	2	4
	Horní končetiny	2	2	3
	Zápěstí	2	2	2
	Rotace zápěstí	1	1	1
	Krk	1	1	2
	Trup	1	1	2
	Celkové skóre RULA	3	3	4

Tabulka 15 - Skóre RULA pro práci vsedě - poloha 3

U polohy 3 se pouze potvrzuje změna k lepšímu v celém spektru horní části těla, které zvolené zlepšení přineslo. Tomu přispívá i skutečnost, že na pracovišti se vyskytují výškově stavitelné stoly, a židle, které mají i možnost rotace (viz. předešlé foto). To vše vede k intuitivnímu pohybu na pracovišti mezi jednotlivými polohami.


7.3 Řešení podle nařízení vlády 361/2007 Sb. pro navržené zlepšení

I zde se práce bude řídit stejným postupem zobrazení výsledků analýzy jako u současného stavu pracoviště. Opět budou výsledky vyobrazeny v tabulkách, ve kterých bude barevně odlišeno, zda jsou pracovní polohy přijatelné, či nikoliv.

POLOHA 1 - VSEDĚ	ČÁST TĚLA	5. PERCENTIL	50. PERCENTIL	95. PERCENTIL
	Trup	Přijatelné	Přijatelné	Přijatelné
	Hlava - krk	Přijatelné	Přijatelné	Přijatelné
	Ramena	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné
	Zápěstí	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné
	Loket	Přijatelné	Přijatelné	Přijatelné

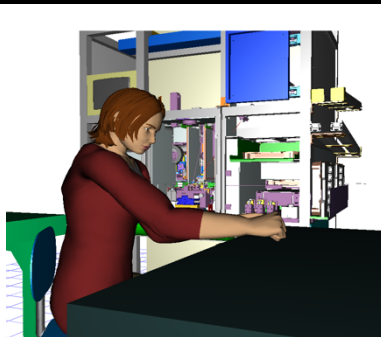
Tabulka 16 - Poloha 1 vsedě - NV

Také u metody nařízení vlády jsou opět vidět podstatná zlepšení. U polohy 1 práce notifikuje podstatné zlepšení ve všech bodech metody, a to především v oblasti krční páteře, která byla před změnou kritická. Veškeré výrobní postupy zůstaly nepozměněny, včetně jejich posloupností.

POLOHA 2 VSEDĚ	ČÁST TĚLA	5. PERCENTIL	50. PERCENTIL	95. PERCENTIL
	Trup	Přijatelné	Přijatelné	Přijatelné
	Hlava - krk	Přijatelné	Přijatelné	Přijatelné
	Ramena	Přijatelné	Přijatelné	Podmíněně přijatelné
	Zápěstí	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné
	Loket	Přijatelné	Přijatelné	Přijatelné

Tabulka 17 - Poloha 2 vsedě - NV

Poloha 2 též zůstala nepozměněna z pohledu výrobního postupu. I zde se nachází zřejmé zlepšení, které navržené řešení přináší.

POLOHA 3	ČÁST TĚLA	5. PERCENTIL	50. PERCENTIL	95. PERCENTIL
	Trup	Přijatelné	Přijatelné	Přijatelné
	Hlava - krk	Přijatelné	Přijatelné	Přijatelné
	Ramena	Přijatelné	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné
	Zápěstí	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné	Podmíněně přijatelné
	Loket	Přijatelné	Přijatelné	Přijatelné

Tabulka 18 - Poloha 3 vsedě - NV

I poslední poloha 3 uskutečněná vsedě vnímá značně zlepšení a úlevu dříve extrémně namáhaným částem těla.

8 Porovnání současného stavu a navrhovaného zlepšení včetně přínosů

Při celkovém pohledu na zjištěné hodnoty zátěže především horní části těla je zřejmé, že návrh práce vsedě přinesl značné výhody (viz. tabulky 19, 20). Zlepšením současného stavu se rozumí využití dostupného prostoru k možnosti práce vsedě, kdy tato pracovní poloha ve zvýšené míře přispívá ke vhodné poloze krční páteře, hlavy, horních končetin a eliminuje čas v nepříjemných polohách. Tato varianta dokáže mnohem lépe pracovat s rozdílnými výškami pracovní obsluhy a umožňuje příjemné pracovní prostředí pro všechny, a to bez nutných vysokých vstupních investic. Použité židle a podložky jsou ve firmě k dispozici v dostatečném množství, tudíž navržená změna nevyžaduje finanční náklady. Též se značně zlepšil pohled do výrobní části stroje pro vyšší postavy (viz. obrázek 15. a 16.). Díky navrženému zlepšení se udrží výrobní norma pracoviště a s tím spojený výkon výroby, sníží se náklady na obsluhu a pracoviště se přesune do 2. kategorie z hlediska posuzování pracovních poloh.

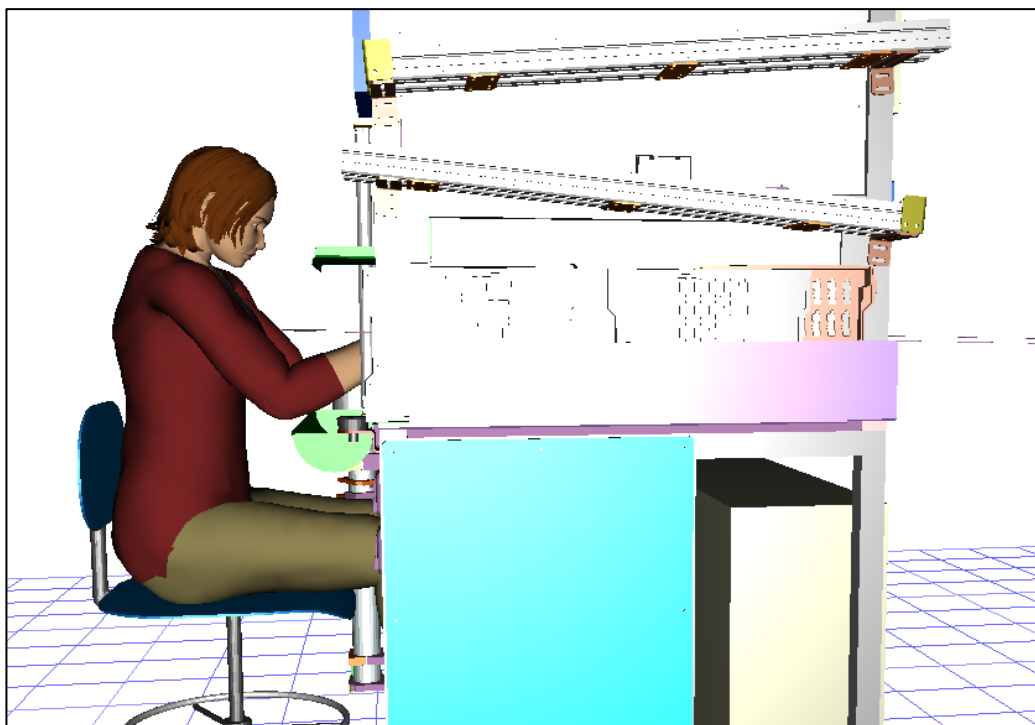
95. PERCENTIL - METODA RULA		
PRAC. POLOHA:	PŘED	PO
POLOHA Č.1	6	3
POLOHA Č.2	5	3
POLOHA Č.3	4	4

Tabulka 19 - Porovnání před a po navržení zlepšení pro metodu RULA

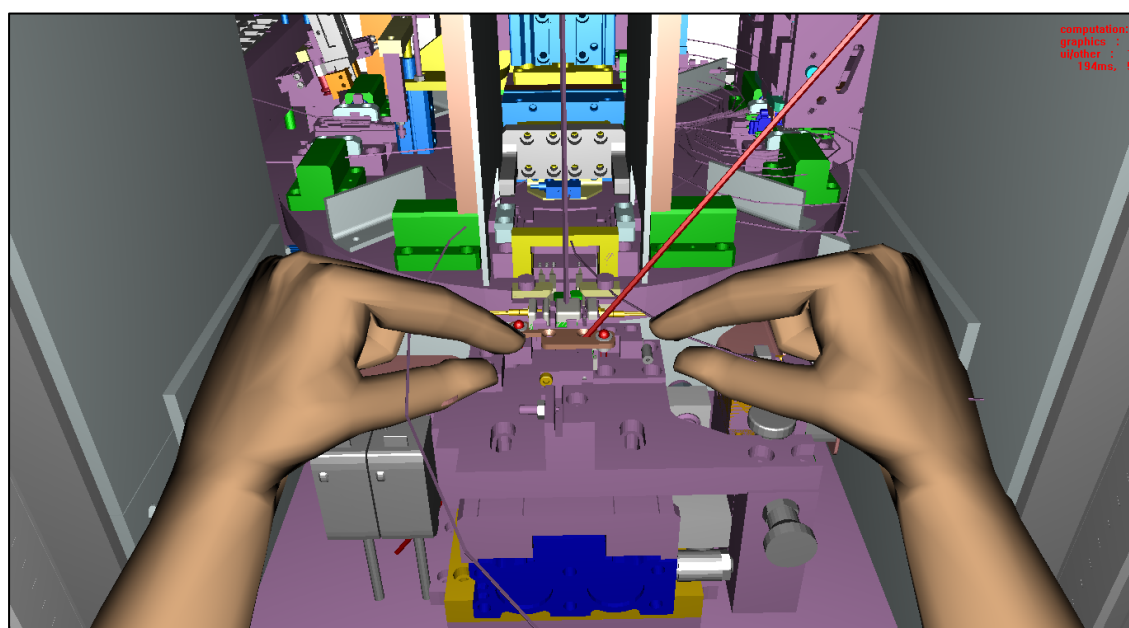
95. PERCENTIL - NV 361/2007 Sb.			
PRAC. POLOHA		PŘED	PO
POLOHA Č. 1, 2, 3	Trup	Příjemné	Příjemné
	Hlava - krk	Nepříjemné	Příjemné
	Rameno	Podmíněně příjemné	Podmíněně příjemné
	Zápěstí	Nepříjemné	Podmíněně příjemné
	Loket	Příjemné	Příjemné

Tabulka 20 - před a po navržení zlepšení pro NV 361/2007 Sb.

Kdyby pracoviště zůstalo v současném stavu - 3. kategorie z hlediska pracovních poloh, vedlo by to k aplikaci zákonem daných opatření. Jedná se o bezpečnostní přestávky – 5 až 10 minut po každých 2 hodinách práce, které by vedly ke ztrátě až 30 minut výrobního času a s tím spojeným menším objemem výroby o 81 kusů každý den. Zároveň by bylo nutné zajistit častější lékařské prohlídky pracovníků (cca 500kč/osoba) hrazené zaměstnavatelem.



Obrázek 16 - Pohled z boku na polohu 2. pro 95. percentil



Obrázek 17 - Pohled do stroje z polohy 2. u 95. percentilu

Závěr

Předložená bakalářská práce na téma „*Ergonomická studie*“ přiblížila danou problematiku. Vysvětlila důležité pojmy a včetně pojmu ergonomie. Dále představila hodnocení ergonomie včetně vybrané podskupiny, poukázala na vybrané znění zákonů NV 361/2007 Sb. v tomto odvětví a popsala jednotlivé ergonomické metody (RULA, REBA, NIOSH, OWAS).

Dále tato práce představila zkoumané pracoviště, řešila problematiku vzniklou současným stavem a s tím spojenými pracovními polohami, které byly mimo dovolené hodnoty zvolených metod RULA a nařízení vlády 361/2007 Sb. Pečlivě sledovala současný stav na pracovišti včetně určení nevhodných poloh, a navrhla co nejlepší možné řešení, které by se zaměřilo na rizikové místa bez nutnosti velké změny pracoviště a vysokých vstupních investic. K tomu použila technický software Tecnomatix Jack od firmy Siemens, který umožnil nasimulovat veškeré pracovní polohy, které sloužily pro analýzu jak současného, tak i nově navrženého stavu. Nově navržený stav zlepšil celkově podmínky na pracovišti včetně odstranění pracovní doby v nevhodné pracovní poloze pro oblast krční páteře, která byla kritická. Díky tomu nově zvolené pracovní polohy téměř ve všech aspektech splňují dovolené hodnoty zvolených ergonomických metod, které práce vyobrazila. Aplikace zlepšeného návrhu ušetří zaměstnavateli peníze za lékařské prohlídky a udrží objem výroby.

Seznam zdrojů:**Použitá literatura:**

- [1]CHUNDELA, Lubor. *Ergonomie*. 3. vyd.ČVUT Praha, 2015. ISBN 9788001051733
- [2]MATOUŠEK, Oldřich, 3M ČESKO SPOL. S.R.O., *Hodnocení psychické, fyzické a senzorické pracovní zátěže*, VÚBP, 2005. ISBN 80-86973-02-6
- [3]BUREŠ, M. ŽIDVIG, *Tvorba a optimalizace pracoviště*, ZČU.KPV Plzeň, 2013. ISB 978-80-87539-32-2
- [4]GILBERTOVÁ, S., MATOUŠEK, O., *Ergonomie – optimalizace lidské činnosti*, GRADA, Praha, 2002, ISBN 80-247-0226-6
- [5]MAREK, Jakub; SKŘEHOT, Petr. *Základy aplikované ergonomie.*, vyd. 1., Praha, Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2009. 118 s., Bezpečný podnik. ISBN 978-80-86973-58-6.
- [6]SLAMKOVÁ, E., DULINA, L., TABAKOVÁ, M. *Ergonómia v priemysle*. 1.vyd. Žilina: GEORG knihárstvo, 2010. ISBN 978-80-89401-09-3
- [7]SHORROCK, S., WILLIAMS, C. *Human Factors and Ergonomics in Practise*. 1. vyd. CRC Press, 2017. ISBN 978-14-72-43925-3
- [8]MALÝ, S. a spol. *Ergonomické stresory pod kontrolou aneb Ergonomie – jak na to*. 1.vyd. Praha: VÚBP, 2016. ISBN 978-80-87676-27-1
- [9]ŠVÁBOVÁ, K., a kol. *Vybrané kapitoly z pracovního lékařství*. Díl 1, *Pracovnělékařské služby, pracovní prostředí, nemoci z povolání, ergonomie*. První vydání. Praha: Institut postgraduálního vzdělávání ve zdravotnictví, 2015. 104 stran. ISBN 978-80-87023-32-7.
- [10]SOARES, Marcelo, M. *Ergonomics in design – methods and techniques*. 2019. CRC Press, 2019. ISBN 9780367356903.
- [11]FIEO, P., *Nové metody v ergonomii*. Vyd. 1. V Brně: Mendelova univerzita, 2013. 104 s. ISBN 978-80-7375-870-7.
- [12]SKŘEHOT, Petr A. *Organizační faktor v prevenci rizik na pracovištích. Bezpečnost a hygiena práce.*, Wolters Kluwer ČR, a.s., 2017. č. 3, 14-22. ISSN 0006-0453

Použitá elektronická zdroje:

- [13] Co je to ergonomie [online]. [cit. 09-10-2021]. Dostupné z: <https://www.profim.cz/ergonomie/co-je-to-ergonomie>
- [14]Ergonomie a pohybová ekonomie [online]. [cit. 09-10-2021]. Dostupné z: <https://www.e-api.cz/25855n-ergonomie-a-pohybova-ekonomie>
- [15]Sbírka zákonů [online]. [cit. 10-10-2021]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/>
- [16]Posuzování lokální svalové zátěže [online]. [cit. 10-10-2021]. Dostupné z: http://www.khshk.cz/e-learning/kurs5/222_posuzovn_lokln_svalov_zte.html
- [17]Pracovní prostředí – Fyzická zátěž [online]. [cit. 10-10-2021]. Dostupné z: <https://zsbozp.vubp.cz/pracovni-prostredi/rizikove-factory/fyziologicke-factory/234-fyzicka-zatez>
- [18]Pracovní prostředí – Manipulace s břemeny [online]. [cit. 10-10-2021]. Dostupné z: <https://zsbozp.vubp.cz/pracovni-prostredi/rizikove-factory/141-fyziologicke-factory/242-fyzicka-zatez-manipulace-s-bremenym>
- [19]Pracovní polohy [online]. [cit. 11-10-2021]. Dostupné z: <https://www.guard7.cz/pracovni-poloha>

- [20] RULA method [online]. [cit. 26-10-2021]. Dostupné z:
<https://nawo-solution.com/rula-method/>
- [21] Rapid Upper Limb assessment (RULA) [online]. [cit. 28-10-2021]. Dostupné z:
<https://ergo-plus.com/rula-assessment-tool-guide/>
- [22] Rapid Entire Body Assessment [online]. [cit. 02-11-2021]. Dostupné z:
<https://ergo-plus.com/reba-assessment-tool-guide/>
- [23] Ergonomické analýzy - OWAS [online]. [cit. 04-11-2021]. Dostupné z:
<http://apos.sk/metody/ergonomia/ergonomicke-analyzy-owas/>
- [24] Ochrana pracovního prostředí – Nové metody v ergonomii [online]. [cit. 04-11-2021].
 Dostupné z:
https://fraxinus.mendelu.cz/vyuka/soubory/TMZD_BC/Povinne_volitelne_predmety/Ochrana_pracovniho_prostredi_a_ergonomie/Nove%20metody%20v%20ergonomii.pdf
- [25] Tecnomatix Jack. [online] [cit. 29-03-2022] Dostupné z:
<https://www.digipod.zcu.cz/index.php/oblasti-nasazeni/ergonomie/jack>
- [26] Nařízení vlády 361/2007 Sb. [online] [cit. 02-04-2022] Dostupné z:
<https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>

Seznam tabulek

Tabulka 1 - Srdeční frekvence [15].....	14
Tabulka 2 - Přípustné hmotnosti břemen muži/ženy [15].....	15
Tabulka 3 - Pracovní polohy	16
Tabulka 4 Skóre RULA [21].....	18
Tabulka 5 Skóre REBA [22].....	18
Tabulka 6 Kódy metody OWAS	21
Tabulka 7 – Skóre RULA – poloha 1.....	30
Tabulka 8 – Skóre RULA – poloha 2.....	31
Tabulka 9 – Skóre RULA – poloha 3.....	31
Tabulka 10 – Poloha 1 – NV	32
Tabulka 11 - Poloha 2 – NV.....	32
Tabulka 12 - Poloha 3 - NV	33
Tabulka 13 - Skóre RULA pro práci vsedě – poloha 1	37
Tabulka 14 - Skóre RULA pro práci vsedě – poloha 2.....	37
Tabulka 15 - Skóre RULA pro práci vsedě - poloha 3.....	38
Tabulka 16 - Poloha 1 vsedě - NV	38
Tabulka 17 - Poloha 2 vsedě - NV	39
Tabulka 18 - Poloha 3 vsedě - NV	39
Tabulka 19 - Porovnání před a po navržení zlepšení pro metodu RULA	40
Tabulka 20 - před a po navržení zlepšení pro NV 361/2007 Sb.	40

Seznam obrázků

Obrázek 1 Postup ergonomické studie	10
Obrázek 2 - Ukázka pracovního prostředí v Tecnomatic Jack.....	22
Obrázek 3 - Vybrané pracoviště v CAD - Montáž TSG	24
Obrázek 4 - Ukázka pracovního návodu jednotlivých kroků.....	25
Obrázek 5 - Vyráběný produkt.....	26
Obrázek 6 – Poloha 1	27
Obrázek 7 – Poloha 2	28
Obrázek 8 – Poloha 3	28
Obrázek 9 – Nastavení parametrů pro analýzu v Tecnomatix Jack	29
Obrázek 10 – Ukázka tabulky vyšlé z programu Tecnomatix Jack	30
Obrázek 11 - Pohled do stroje pro 5. percentil vstoje	33
Obrázek 12 - pohled do stroje pro 95. percentil vstoje	34
Obrázek 13 - Použitý výškově stavitelný stůl s kolečky	35
Obrázek 14 - Použitá výškově stavitelná židle s možností rotace.....	35
Obrázek 15 - Použitá nastavitelná podložka pod nohy	36
Obrázek 16 - Pohled z boku na polohu 2. pro 95. percentil	41
Obrázek 17 - Pohled do stroje z polohy 2. u 95. percentilu	41