

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: N2301 Strojní inženýrství
Studijní zaměření: Průmyslové inženýrství a management

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Racionalizace pracovišť linky

Autor: **Bc. Kristýna Kulová**
Vedoucí práce: **Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.**

Akademický rok 2016/2017

Prohlášení o autorství

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

Prohlašuji, že jsem tuto diplomovou práci vypracovala samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autor

Poděkování

Ráda bych tímto poděkovala konzultantovi mé diplomové práce Ing. Martinu Kábovi za poskytnutí odborných rad, věcné připomínky a ochotu během zpracování této práce.

Poděkování tímto patří i dalším kolegům z řad vyučujících z katedry Průmyslového inženýrství.

Samozřejmě velké poděkování náleží celé mé rodině za podporu, trpělivost a povzbuzování po celou dobu mého studia.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

| | | |
|----------------------|--|-------------------|
| AUTOR | Příjmení Kulová | Jméno Kristýna |
| STUDIJNÍ OBOR | N2301 „Průmyslové inženýrství a management“ | |
| VEDOUČÍ PRÁCE | Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Šimon, Ph.D. | Jméno Michal |
| PRACOVISŤE | ZČU - FST - KPV | |
| DRUH PRÁCE | DIPLOMOVÁ PRÁCE | |
| NÁZEV PRÁCE | Racionalizace pracovišť linky | |

| | | | | | |
|----------------|---------|----------------|-----|--------------------|------|
| FAKULTA | Strojní | KATEDRA | KPV | ROK ODEVZD. | 2017 |
|----------------|---------|----------------|-----|--------------------|------|

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

| | | | | | |
|---------------|----|---------------------|----|----------------------|---|
| CELKEM | 63 | TEXTOVÁ ČÁST | 63 | GRAFICKÁ ČÁST | 0 |
|---------------|----|---------------------|----|----------------------|---|

| | |
|---|---|
| <p style="text-align: center;">STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK)</p> <p>ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY</p> | <p>Diplomová práce je zaměřená na problematiku přetížení operátorů montážní linky. Mezi hlavní témata práce patří ergonomie, antropometrie a jednotlivé ergonomické metody. Cílem je navržení takových úprav pracovišť, aby došlo ke snížení námahy při práci. Dále je řešena racionalizace práce a změna samotných pracovních postupů. Podstatným přínosem je snížení svalového zatížení operátorů, přičemž při vhodné změně pracovního postupu dochází i ke zvýšení produktivity práce.</p> |
| <p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p> | <p>Ergonomie, normování, analýzy.</p> |

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

| | | |
|--------------------------|--|------------------|
| AUTHOR | Surname Kulová | Name Kristýna |
| FIELD OF STUDY | N2301 „Industrial Engineering and Management“ | |
| SUPERVISOR | Surname (Inclusive of Degrees) Doc. Ing. Šimon, Ph.D. | Name Michal |
| INSTITUTION | ZČU - FST - KPV | |
| TYPE OF WORK | DIPLOMA SHEET | |
| TITLE OF THE WORK | Rationalization of workplaces lines | |

| | | | | | |
|----------------|------------------------|-------------------|---------------------------------------|---------------------|------|
| FACULTY | Mechanical Engineering | DEPARTMENT | Industrial Engineering and Management | SUBMITTED IN | 2017 |
|----------------|------------------------|-------------------|---------------------------------------|---------------------|------|

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

| | | | | | |
|----------------|----|------------------|----|-----------------------|---|
| TOTALLY | 63 | TEXT PART | 63 | GRAPHICAL PART | 0 |
|----------------|----|------------------|----|-----------------------|---|

| | |
|---|---|
| BRIEF DESCRIPTION | The diploma sheet is focused on the issue of overloading operators in assembly line. The main topics include ergonomics, anthropometry, and various of ergonomic methods. The aim is to propose such modifications of workplaces, in order to reduce strain at work. Furthermore the work rationalisation is solved as well as changes in work instructions. Substantial benefit is a reduction in operators muscle load, while an appropriate change of the workflow leads to the productivity increase. |
| TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS | |
| KEY WORDS | Ergonomics, standardization, analysis. |

Obsah

| | |
|---|----|
| SEZNAM OBRÁZKŮ | 8 |
| SEZNAM TABULEK..... | 10 |
| SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK | 11 |
| Úvod..... | 12 |
| 1 Ergonomie | 13 |
| 1.1 Parametry pracoviště | 13 |
| 1.2 Ergonomické metody | 14 |
| 1.2.1 NORDIC QUESTIONNAIRE | 14 |
| 1.2.2 RULA | 17 |
| 1.2.3 NIOSH..... | 21 |
| 1.2.4 Hodnocení hmotnostních limitů | 22 |
| 1.2.5 Tecnomatix Jack..... | 22 |
| 1.3 Racionalizace práce..... | 23 |
| 1.3.1 Přidaná hodnota..... | 23 |
| 1.3.2 MTM (metoda časového měření)..... | 24 |
| 2 Charakteristika výrobního procesu..... | 30 |
| 2.1 Představení společnosti | 30 |
| 2.2 Představení jednotlivých pracovišť | 30 |
| 2.2.1 Pracoviště F4 | 30 |
| 2.2.2 Pracoviště R2..... | 31 |
| 3 Analýza současného stavu vybraných pracovišť..... | 32 |
| 3.1 Výsledky dotazníku NORDIC QUSTIONNAIRE..... | 32 |
| 3.2 RULA analýza – současný stav | 34 |
| 3.2.1 Pracoviště F4 | 34 |
| 3.2.2 Pracoviště R2..... | 37 |
| 3.3 Hmotnostní analýza dle ČSN EN 1005-2 (analýza NIOSH) | 39 |
| 3.3.1 Manipulace s jednotkou | 40 |
| 3.3.2 Manipulace s kompresorem, dlouhý dosah | 41 |
| 3.3.3 Manipulace s kompresorem, krátký dosah | 43 |
| 3.4 MTM-1 – současný stav | 45 |
| 3.5 Hodnocení hmotnostních limitů dle Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. | 46 |
| 3.5.1 Pracoviště F4 | 46 |
| 3.5.2 Pracoviště R2..... | 46 |

| | | |
|-------|---------------------------------------|----|
| 4 | Návrhy řešení | 47 |
| 4.1 | Racionalizace pracoviště F4 | 47 |
| 4.1.1 | Podněty ke zlepšení | 47 |
| 4.1.2 | RULA analýza – navrhovaný stav..... | 50 |
| 4.2 | Racionalizace pracoviště R2 | 51 |
| 4.2.1 | Podněty ke zlepšení | 51 |
| 4.2.2 | RULA analýza – navrhovaný stav..... | 52 |
| 4.3 | MTM-1 navrhovaný stav | 54 |
| 5 | Technickoekonomické zhodnocení | 55 |
| 5.1 | Racionalizační návrhy pracovišť | 55 |
| 5.2 | Porovnání analýz RULA | 55 |
| 5.2.1 | Pracoviště F4 | 55 |
| 5.2.2 | Pracoviště R2..... | 56 |
| 5.3 | Porovnání MTM-1 obou stavů | 57 |
| 5.4 | Ekonomické zhodnocení | 58 |
| | Závěr..... | 60 |
| | POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE | 61 |

SEZNAM OBRÁZKŮ

| | |
|--|----|
| Obrázek 1-1 Systémové pojetí ergonomie [6]..... | 13 |
| Obrázek 1-2 Parametry pro výpočet RWL [2] | 22 |
| Obrázek 1-3 Proces racionalizace | 23 |
| Obrázek 1-4 Rozdělení pracovního procesu | 24 |
| Obrázek 1-5 Model MTM [7] | 26 |
| Obrázek 2-1 Práce na pracovišti F4 | 30 |
| Obrázek 2-2 Práce na pracovišti R2 | 31 |
| Obrázek 2-3 Práce na pracovišti R2, přenos kompresoru | 31 |
| Obrázek 3-1 Pracoviště F4 - Pracovní poloha 1 - současný způsob | 35 |
| Obrázek 3-2 Vstupní a výsledné parametry metody RULA - pracoviště F4 - poloha 1 - současný způsob..... | 35 |
| Obrázek 3-3 Pracoviště F4 - Pracovní poloha 2 - současný způsob | 36 |
| Obrázek 3-4 Vstupní a výsledné parametry metody RULA - pracoviště F4 - poloha 2 - současný způsob..... | 36 |
| Obrázek 3-5 Pracoviště R2 - Pracovní poloha 1 - současný způsob | 37 |
| Obrázek 3-6 Vstupní a výsledné parametry metody RULA - pracoviště R2 - poloha 1 - současný způsob..... | 38 |
| Obrázek 3-7 Pracoviště R2 - Pracovní poloha 2 - současný způsob | 38 |
| Obrázek 3-8 Vstupní a výsledné parametry metody RULA - pracoviště F4 - poloha 2 - současný způsob..... | 39 |
| Obrázek 3-9 Znázornění počáteční a koncové polohy při manipulaci s jednotkou | 40 |
| Obrázek 3-10 Výsledek pro manipulaci s jednotkou | 41 |
| Obrázek 3-11 Znázornění počáteční a koncové polohy při manipulaci s kompresorem | 41 |
| Obrázek 3-12 Výsledek pro dlouhý dosah | 43 |
| Obrázek 3-13 Znázornění počáteční a koncové polohy při manipulaci s kompresorem | 44 |
| Obrázek 3-14 Výsledek pro krátký dosah | 44 |
| Obrázek 4-1 Poloha ruky při současném řešení | 47 |
| Obrázek 4-2 Ulnární deviace [6] Obrázek 4-3 Dorsální flexe [6]..... | 48 |
| Obrázek 4-4 Navrhovaný typ šroubováku..... | 48 |
| Obrázek 4-5 Podložka pro snížení svalové zátěže chodidel [12]..... | 49 |
| Obrázek 4-6 Navrhovaný typ vozíku I. | 49 |
| Obrázek 4-7 Navrhovaný typ vozíku II..... | 50 |
| Obrázek 4-8 Pracoviště F4 - Pracovní poloha 1 - navrhovaný způsob | 50 |
| Obrázek 4-9 Vstupní a výsledné parametry metody RULA - pracoviště F4 - poloha 1 - navrhovaný způsob..... | 51 |

| | |
|---|----|
| Obrázek 4-10 Vozíky pro kompresory - varianta 1..... | 52 |
| Obrázek 4-11 Vozík pro kompresory - varianta 2..... | 52 |
| Obrázek 4-12 Pracoviště R2 - Pracovní poloha 2 - navrhovaný způsob..... | 53 |
| Obrázek 4-13 Vstupní a výsledné parametry metody RULA - pracoviště R2 - poloha 2 - navrhovaný způsob..... | 53 |
| Obrázek 5-1 Nakupované šroubováky [13] | 58 |
| Obrázek 5-2 Nakupované podložky [12] | 59 |

SEZNAM TABULEK

| | |
|---|----|
| Tabulka 1-1 Dotazník Nordic Questionare [6]..... | 15 |
| Tabulka 1-2 Dotazník NORDIC QUESTIONNAIRE – 2. [6]..... | 16 |
| Tabulka 1-3 Pracovní list RULA [10]..... | 17 |
| Tabulka 1-4 Stupeň rizika MSD..... | 17 |
| Tabulka 1-5 RULA hodnocení polohy rukou a zápěstí [10]..... | 19 |
| Tabulka 1-6 RULA hodnocení polohy krku, trupu a polohy nohou [10] | 20 |
| Tabulka 1-7 RULA výsledné skóre [10] | 20 |
| Tabulka 1-8 Hmotnostní limity dle NV 68/2013 sb [5] | 22 |
| Tabulka 1-9 Tabulka MTM - Reach [7]..... | 26 |
| Tabulka 1-10 Tabulka MTM Grasp [7]..... | 27 |
| Tabulka 1-11 Tabulka MTM Move [7]..... | 27 |
| Tabulka 1-12 Tabulka MTM Position [7] | 28 |
| Tabulka 1-13 Tabulka MTM Realease [7] | 28 |
| Tabulka 1-14 Tabulka MTM Disengage [7] | 28 |
| Tabulka 1-15 Tabulka MTM Turn [7] | 29 |
| Tabulka 1-16 Tabulka MTM Apply preasure [7]..... | 29 |
| Tabulka 3-1 Charakteristika pracovníka | 32 |
| Tabulka 3-2 Pracovní poloha | 32 |
| Tabulka 3-3 Vznikající bolesti při práci..... | 33 |
| Tabulka 3-4 Procentuální vyjádření vznikajících bolestí při práci..... | 33 |
| Tabulka 3-5 Obecné informace o práci ve výrobě | 34 |
| Tabulka 3-6 Hmotnosti klimatizačních jednotek | 40 |
| Tabulka 3-7 Rozměry a hmotnosti kompresorů..... | 42 |
| Tabulka 3-8 MTM-1 současného stavu..... | 45 |
| Tabulka 3-9 Hmotnostní limity dle NV č. 361/2007 Sb. [5]..... | 46 |
| Tabulka 4-1 MTM-1 navrhovaného stavu | 54 |
| Tabulka 5-1 Shrnutí současného způsobu práce metodou RULA | 56 |
| Tabulka 5-2 Shrnutí navrhovaného způsobu práce metodou RULA | 56 |
| Tabulka 5-3 Shrnutí současného způsobu práce metodou RULA | 56 |
| Tabulka 5-4 Shrnutí navrhovaného způsobu práce metodou RULA | 57 |
| Tabulka 5-5 Doby trvání odhazování ventilů..... | 57 |
| Tabulka 5-6 Ušetření času při navrhovaném způsobu práce..... | 57 |
| Tabulka 5-7 Produkce před a po změně | 58 |
| Tabulka 5-8 Kalkulace nákladů..... | 59 |

SEZNAM POUŽITÝCH ZKRATEK

| | |
|--------------|---|
| LI | Liftng index (Zvedací index) |
| MSD | Muskuloskeletální poruchy |
| MTM | Methods time measurement (Metody měření času) |
| NIOSH | National Institute for Occupational Safety and Health (Národní ústav pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci) |
| NV | Nařízení vlády |
| PPS | Podpůrně-pohybový systém |
| RULA | Rapid Upper Limb Assessment (Rychlé hodnocení horních končetin) |
| RWL | Recommended Weight Limit (Doporučený hmotnostní limit) |
| TMU | Time measurement units (Jednotky měření času) |

Úvod

Tato práce je věnována problematice montážní linky ve firmě Daikin Industries spol. s.r.o., která se specializuje na výrobu klimatizačních jednotek. Při práci na montážní lince s důrazem na manuální charakter jsou zapojeny především horní končetiny. I přes dosavadní využití různých přípravků, které dopomáhají k usnadnění, vznikají různá onemocnění týkající se podpůrně pohybového aparátu. Je tedy třeba zaměřit se na jednotlivá pracoviště a vyhodnotit, zdali jsou z ergonomického hlediska ve stanovených limitech.

V následujících kapitolách jsou popsány různé metody hodnotící postavení pracovníka při vykonávání práce a řešení konkrétních problémů. Obsahem práce je též praktická část, která je zaměřena na samotné zefektivnění montážní linky kompresorů a klimatizačních jednotek. Pro tyto pracoviště byly vytvořeny 3D modely za účelem zkoumání současné situace. K tomu byly využity ergonomické analýzy RULA a NIOSH. Hodnoty pro provedení analýz, byly získány prostřednictvím dotazníků Nordic Questionnaire.

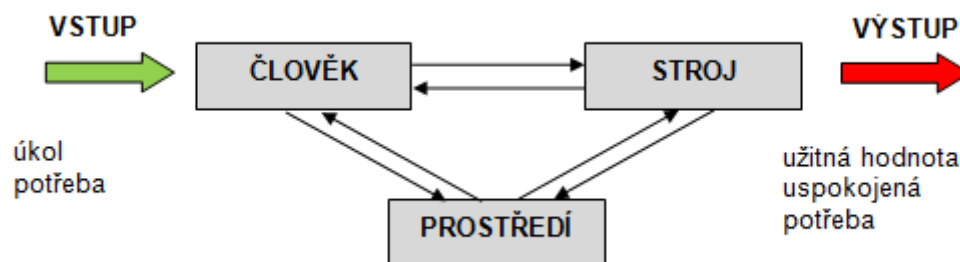
Hlavním přínosem této práce je snížení námahy pracovníků, za účelem zvýšení počtu stálých a neagenturních zaměstnanců.

1 Ergonomie

Pojem ergonomie jako název vědecké disciplíny spojené s prací poprvé použil Wojciech Jastrzębowski v roce 1857, když v časopise „Příroda a průmysl“ byl zveřejněn jeho článek na téma „Náčrt ergonomie čili vědy o práci založené na zákonech převzatých z přírody.“ Skutečný vývoj ergonomie však začal až v 60. letech, kdy vznikl Mezinárodní spolek ergonomických společností. S přibývajícím nemoce z povolání je ergonomie dnes velice aktuální téma. V Čechách existuje v současnosti Česká ergonomická společnost, která sdružuje odborníky zabývající se rozvíjením a uplatňováním ergonomie v různých oblastech života a práce, s cílem přispět k humanizaci lidské činnosti a optimalizaci vztahů mezi schopnostmi člověka a podmínkami pro jeho činnost. [8]

Dle historie pojem ergonomie vznikl jako složenina dvou řeckých pojmů „ergon“ (práce), a „nomos“ (zákon, pravidlo). Významem představuje soubor pravidel (a zákonů), které řeší nejpříznivější vztahy mezi člověkem, pracovními prostředky a pracovním prostředím.

Tento fakt lze znázornit jako systém, který je obecně definován jako soubor několika prvků, složek, které jsou funkčně vzájemně propojeny a mezi nimiž existují vazby, které umožňují, aby z daných vstupů byly dosaženy požadované výstupy. V ergonomii jsou jednotlivými prvky člověk, stroj a prostředí. Pro splnění zadaných výstupů, v tomto případě užité hodnoty, jsou definovány jednotlivě propojené prvky a potřeba, které má být dosaženo.



Obrázek 1-1 Systémové pojetí ergonomie [6]

1.1 Parametry pracoviště

Při návrhu pracoviště jsou základním ukazatelem parametry pracovníků, kteří na daném pracovišti vykonávají pracovní činnost. Dle potřeby je nutné uplatnit mezní rozměry například prostor pro nohy pro velké lidi a dosahy pro malé lidi. Dále je nutné respektovat oblečení, obuv, ochranné pomůcky a přídavek pro pracovní vybavení.

Dle platných norem a legislativy jsou zavedeny prostorové parametry na pracoviště pro jednoho pracovníka. Prvním důležitým parametrem je minimální vzdušný prostor, který má různé parametry pro denní osvětlení, umělé osvětlení a dále dle obtíže práce. Minimální vzdušný prostor na jednoho pracovníka je při denním osvětlení 12 m³ při práci vsedě. Ve stoje je pro jednoho pracovníka zapotřebí 15 m³ a 18 m³ při těžké tělesné práci. Bez denního osvětlení s umělým ovzduším se nároky na velikost pracovního prostoru ještě zvyšují. Pro práci vsedě 20 m³, pro práci ve stoje 25 m³ a 30 m³ při těžké tělesné práci. Volná podlahová plocha bez denního osvětlení a s umělým ovzduším musí mít půdorys minimálně 5 m², s důrazem na šíři volné plochy, která nesmí být v žádném místě zúžena pod 1m.

S pracovištěm a jeho rozměry velice úzce souvisí pracovní poloha, ve které je daná práce vykonávána. Ta je z pohledu ergonomie tou nejsledovanější oblastí, neboť špatnou pracovní polohou lze způsobit vážná onemocnění podpurně pohybového aparátu. Nejčastějšími pracovními polohami je práce ve stoje a vsedě. Montážní linka, která je předmětem této

diplomové práce, obnáší dvě samostatná pracoviště, na kterých probíhá práce pouze ve stoje, proto se zaměřuji na práci v této fyziologické poloze.

1.2 Ergonomické metody

V podnicích kde jsou realizovány ergonomické projekty, je vždy snaha o podporu řešení a provedení modifikací pracovních podmínek tak, aby pracoviště byly navrženy pro zaměstnance, které jej využívají. Toho lze dosáhnout právě díky jednotlivým ergonomickým programům, které budou popsány dále. Účelem těchto ergonomických programů je vždy pozitivní odezva na zdraví zaměstnanců a zvýšení výkonnosti.

Ergonomických metod se vyskytuje celá řada, ale pro tuto práci byly zvoleny:

1. Dotazník NORDIC QUESTIONNAIRE
2. Metodu RULA - hodnocení pracovní polohy a hodnocení vystavení pracovníků riziku poruch horních končetin.
3. Metodu NIOSH - manipulace s břemeny. Dle metodiky ČSN EN 1005-2 Bezpečnost strojních zařízení - Fyzická výkonnost člověka - Část 2: Ruční obsluha strojního zařízení a jeho součástí.
4. Hodnocení pracovních poloh dle Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. stanovující podmínky ochrany zdraví při práci (a jeho aktualizace NV č. 68/2010 Sb.) potažmo dle Vyhlášky č. 432/2003 Sb. stanovující podmínky pro zařazování prací do kategorií. [1]

1.2.1 NORDIC QUESTIONNAIRE

Ve vyspělých zemích je uplatňování ergonomických programů považováno za nezbytnou podmínku konkurenceschopnosti. V podnicích jde především o snahu co nejlépe vyhovět zaměstnancům prostřednictvím úprav pracovních podmínek, které mají pozitivní dopad na zdraví zaměstnanců.

Prvním krokem obvykle bývá zanalyzování aktuálních podmínek na pracovišti, jež přímo ovlivňují pohodu pracovníka. K této analýze slouží sběr informací prostřednictvím zaměstnanců společnosti. Sběr tak může být proveden například pomocí dotazníku NORDIC QUESTIONNAIRE zaměřeného na sledování výskytu potíží a nemocí podpůrně-pohybového systému (PPS) zaměstnanců. Lze tak získat nové informace a skutečnosti, které při pouhém pozorování zůstávají utajeny. Tento dotazník je zcela anonymní a informace, které jsou pomocí tohoto dotazníku získány, jsou výhradním vlastnictvím společnosti a nemůžou být poskytnuty třetí osobě.

Na následujících stranách je zobrazen zmíněný dotazník, který se skládá ze dvou stran. První strana obsahuje informace o charakteru pracoviště, pracovníka a pracovní poloze. Ve spodní části dotazníku je tabulka, ve které tázaný hodnotí svoji zdravotní situaci. Na zadní straně dotazníku se hodnotí pomocí bodové stupnice od 0 - 10 faktory, které mohou způsobovat psychickou nebo fyzickou zátěž.[3]

Důležité je, aby odpovědi odpovídaly realitě, neboť nepřesné odpovědi mohou zkreslit výsledky dotazníku a tím i veškeré výsledky dotazované analýzy, které mohou být zavádějící při návrhu na zlepšení pracovních podmínek. Z tohoto důvodu je zapotřebí, aby management podniku upozornil pracovníky na důležitost korektního vyplnění dotazníků.

NORDIC QUESTIONNAIRE
Ergonomická analýza podmínek na pracovištích

Podnik:

Číslo (Nevyplňovat):

Datum: (den, měsíc, rok):

Závod, středisko, provoz:

Nynější profese:

Kolik roků pracujete v nynějším zaměstnání? :

Jste vyučený v nynější profesi? ANO NE

Pracujete: v normálním pracovním poměru

na zkrácený úvazek

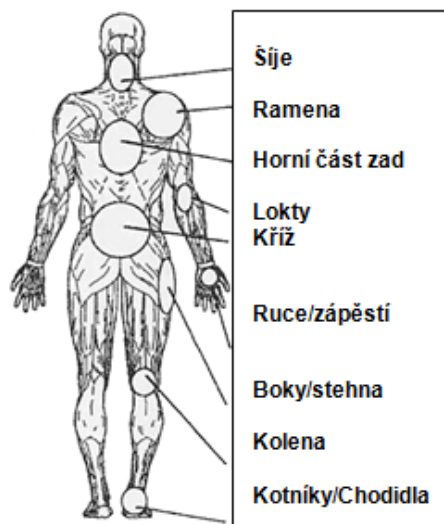
Váš věk (roky):

Vaše výška (cm):

Jste: MUŽ ŽENA

Jste: PRAVÁK LEVÁK

Převládající pracovní poloha sezení sezení a stání stání



| Tělesné části: Viz. obrázek | Pocíval (a) jste za posledních 12 měsíců při práci bolesti či tuhnutí v některé z těchto částí těla? | Navštívil(a) jste za posledních 12 měsíců pro tyto potíže lékaře, fyzioterapeuta či jiného zdrav. specialistu? |
|--------------------------------|--|--|
| ŠÍJE | <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO | <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO |
| HORNÍ ČÁST ZAD | <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO | <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO |
| DOLNÍ ČÁST ZAD, KŘÍŽ | <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO | <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO |
| RAMENA | <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO | <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO |
| LOKTY | <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO | <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO |
| RUCE A ZÁPĚSTÍ | <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO | <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO |
| BOKY A STEHNA | <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO | <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO |
| KOLENA | <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO | <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO |
| KOTNÍKY A CHODIDLA | <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO | <input type="checkbox"/> NE <input type="checkbox"/> ANO |

Tabulka 1-1 Dotazník Nordic Questionare [6]

V následujícím seznamu jsou uvedené situace, které při práci mohou přispívat k Vaším bolestem a problémům. Prosím, zakroužkujte v každém řádku číslici podle toho, do jaké míry pocítujete danou situaci (resp. faktor) jako zatěžující.

| Otázka | | Žádná zátěž | | | Menší zátěž | | | Střední zátěž | | | Velká zátěž | |
|--------|--|-------------|---|---|-------------|---|---|---------------|---|---|-------------|----|
| | | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 1. | Vykonávání stále stejných pracovních operací | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 2. | Spěchání při vykonávání některých pracovních operací (zdvihání, přemísťování břemen) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 3. | Manipulace s drobnými předměty, součástkami | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 4. | Nedostatečné přestávky na oddech během pracovní směny | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 5. | Práce v nepohodlné nebo vynucené pracovní poloze | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 6. | Dlouhodobá práce ve stejných pracovních polohách (stání, naklánění, klek apod.) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 7. | Práce ve vynuceném předklonu, při náklonech a vytáčení trupu do stran | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 8. | Práce na hranici fyzických možností | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 9. | Práce s rukama nad hlavou nebo daleko od těla | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 10. | Přílišné teplo, chlad, vlhkost, hluk nebo průvan (problémový parametr podtrhněte) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 11. | Nutnost pokračovat v práci, i když se necítíte dobře nebo po poranění | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 12. | Zdvihání, tahání nebo nošení těžkých předmětů | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 13. | Přesčasy, nepravidelné směny nebo dlouhá pracovní doba | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 14. | Nedostatečná kvalita pracovních nástrojů (hmotnost, vibrace) | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |
| 15. | Nedostatečný zácvik a školení ke správnému vykonávání práce | 0 | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 8 | 9 | 10 |

Tabulka 1-2 Dotazník NORDIC QUESTIONNAIRE – 2. [6]

1.2.2 RULA

RULA (Rapid Upper Limb Assessment) je metoda vyvinutá k hodnocení pracovního postoje jednotlivých pracovníků, u kterých se vyskytují ergonomické rizikové faktory spojené s horními končetinami vedoucích ke vzniku MSD (muskuloskeletálních poruch). Ergonomický nástroj RULA pracuje na principu snímkovacího nástroje pro hodnocení biomechanických a polohových zátěží na celém těle, se speciálním důrazem na krk, trup a horní končetiny. Výsledkem analýzy je vypočítané skóre, které představuje míru rizika MSD a určuje stupeň nezbytnosti provedení změn.

A. Arm and Wrist Analysis

Step 1: Locate Upper Arm Position:

+1
+2
+2
+3
+4

Step 1a: Adjust...
If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

Step 2: Locate Lower Arm Position:

+1
+2
+3
+4

Step 2a: Adjust...
If either arm is working across midline or out to side of body: Add +1

Step 3: Locate Wrist Position:

+1
+2
+3
+4

Step 3a: Adjust...
If wrist is bent from midline: Add +1

Step 4: Wrist Twist:

If wrist is twisted in mid-range: +1
If wrist is at or near end of range: +2

Step 5: Look-up Posture Score in Table A:

Using values from steps 1-4 above, locate score in Table A

Step 6: Add Muscle Use Score

If posture mainly static (i.e. held >10 minutes), Or if action repeated occurs 4X per minute: +1

Step 7: Add Force/Load Score

If load < 4.4 lbs. (intermittent): +0
If load 4.4 to 22 lbs. (intermittent): +1
If load 4.4 to 22 lbs. (static or repeated): +2
If more than 22 lbs. or repeated or shocks: +3

Step 8: Find Row in Table C

Add values from steps 5-7 to obtain Wrist and Arm Score. Find row in Table C.

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:

+1
+2
+3
+4

Step 9a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Step 10: Locate Trunk Position:

+1
+2
+3
+4

Step 10a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Step 11: Legs:

If legs and feet are supported: +1
If not: +2

Table A: Wrist Score

| Upper Arm | Lower Arm | Wrist Score | | | | | | |
|-----------|-----------|-------------|-------------|-------------|-------------|---|---|---|
| | | Wrist Twist | Wrist Twist | Wrist Twist | Wrist Twist | | | |
| 1 | 1 | 1 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 |
| 1 | 2 | 2 | 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 |
| 1 | 3 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 2 | 1 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 |
| 2 | 2 | 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 |
| 2 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 3 | 1 | 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 3 | 2 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 3 | 3 | 4 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 4 | 1 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 4 | 2 | 4 | 4 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 |
| 4 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 |
| 5 | 1 | 5 | 5 | 5 | 5 | 6 | 6 | 6 |
| 5 | 2 | 5 | 6 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 |
| 5 | 3 | 6 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 8 |
| 6 | 1 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 9 |
| 6 | 2 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 |
| 6 | 3 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 | 9 |

Table B: Trunk Posture Score

| Neck | Trunk Posture Score | | | | | | | | |
|------|---------------------|---|---|---|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | | | |
| 1 | 1 | 2 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 |
| 2 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 |
| 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 |
| 4 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 |
| 5 | 7 | 7 | 7 | 7 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 |
| 6 | 8 | 8 | 8 | 8 | 8 | 9 | 9 | 9 | 9 |

Table C: Neck, Trunk, Leg Score

| Wrist / Arm Score | Neck, Trunk, Leg Score | | | | | |
|-------------------|------------------------|---|---|---|---|---|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 |
| 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 |
| 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 |
| 6 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 |
| 7 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 |
| 8 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 |

Scoring: (final score from Table C)

1-3 = acceptable posture
3-4 = further investigation, change may be needed
5-6 = further investigation, change soon
7 = investigate and implement change

Tabulka 1-3 Pracovní list RULA [10]

RULA byla navržena pro snadné použití bez nutnosti pokročilých znalostí v ergonomii nebo drahého vybavení. Pro použití RULA listu, hodnotitel přiřazuje skóre pro jednotlivé oddíly hodnocených oblastí těla: nadloktí, předloktí, zápěstí, krku, trupu a nohou. Poté, co jsou data pro každý oddíl shromážděna a jsou jednotlivým polohám přiřazena skóre, tabulky ve formuláři jsou využity ke kompilaci rizikových faktorů proměnných a generování jediného skóre, které představuje míru rizika MSD, jak je uvedeno níže:

| Skóre | Stupeň MSD Rizika |
|-------|--|
| 1-2 | Zanedbatelné riziko, akce nevyžadována |
| 3-4 | Nízké riziko, může být nutná změna |
| 5-6 | Střední riziko, další výzkum, brzká změna |
| 6+ | Velmi vysoké riziko, provedení okamžitých změn |

Tabulka 1-4 Stupeň rizika MSD

Princip metody

Hodnotitel má být připraven pro posuzování pracovní polohy prostřednictvím dotazování pracovníka, který má být hodnocen, z důvodu pochopení pracovních úkolů a požadavků, jimiž se pracovník zabývá. Následně je pozorován pohyb a držení těla pracovníka v průběhu několika pracovních cyklů. Výběr z pozic, které mají být hodnoceny, by měl být založen:

- ▶ Na nejsložitější poloze těla a pracovním úkolu (na základě rozhovoru a počátečního pozorování)
- ▶ Na poloze těla, jež trvá po nejdelší dobu
- ▶ Na poloze těla, kde se vyskytuje nejvyšší zatížení, nebo je vynaložena největší síla

Při hodnocení RULA pouze pro pravou nebo levou stranu se obě strany hodnotí najednou. Po pohovorech a pozorování pracovníka, může hodnotitel určit, zda by měla být hodnocena pouze jedna strana, nebo je potřeba posouzení na obou stranách.

Na obrázku níže lze vidět jednotlivé kroky přiřazování bodů k polohám dle jednotlivých kroků. Nejprve je hodnocena poloha rukou a zápěstí, následně jsou přiřazeny zatížení a velikost použité síly:

- ▶ Krok 1 - hodnocena je horní poloha paže (nadloktí) skórem 3, neboť poloha paže svírá úhel 45°. Hodnota je dále zaznamenána v tabulce v příslušném řádku a sloupci.
- ▶ Krok 2 - dolní poloha paže svírá úhel 60°, hodnoceno skórem 2 a opět vyznačeno v tabulce pro příslušnou hodnotu.
- ▶ Krok 3 - zápěstí v poloze flexe 15°, hodnoceno skórem 3 a byl přidán 1b. za loketní odchylku, Hodnota nalezena a označena v tabulce.
- ▶ Krok 4 - zkroucení zápěstí je hodnoceno skórem 2, neboť zkroucení je provedeno v blízkosti koncového rozsahu, opět vyznačeno v tabulce.

Protnutím jednotlivého řádku a sloupce, v němž jsou dosavadní skóre vyznačena, je získáno celkové skóre pro polohu rukou, dále jsou přiřazeny hodnoty skóre pro zatížení a vynaloženou sílu při práci (krok 5-7). V tabulce C lze dále nalézt celkovou hodnotu pro hodnocení rukou a zápěstí (krok 8).

B. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 9: Locate Neck Position:

+1 0-10° +2 10-20° +3 20°+ +4 in extension

3
Neck Score

Step 9a: Adjust...
If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Step 10: Locate Trunk Position:

+1 0° +2 0-20° +3 20-60° +4 60°+

Step 10a: Adjust...
If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

2
Trunk Score

Step 11: Legs:
If legs and feet are supported: +1
If not: +2

1
Leg Score

Table B: Trunk Posture Score

| Neck Posture Score | Trunk Posture Score | | | | | | | | | | | |
|--------------------|---------------------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|------|---|
| | Legs | | Legs | | Legs | | Legs | | Legs | | Legs | |
| | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 1 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 | 1 | 2 |
| 2 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 | 2 | 3 |
| 3 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 | 3 | 4 |
| 4 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 | 4 | 5 |
| 5 | 5 | 6 | 5 | 6 | 5 | 6 | 5 | 6 | 5 | 6 | 5 | 6 |
| 6 | 6 | 7 | 6 | 7 | 6 | 7 | 6 | 7 | 6 | 7 | 6 | 7 |

Tabulka 1-6 RULA hodnocení polohy krku, trupu a polohy nohou [10]

Celkové RULA skóre je opět nalezeno spojením výsledného řádku a sloupce pro hodnocené části v tabulce C. V tomto případě je výsledné skóre 7, což značí provedení okamžitých opatření a znovu provedení analýzy.

Table C

| Wrist / Arm Score | Neck, Trunk, Leg Score | | | | | | |
|-------------------|------------------------|---|---|---|---|---|----|
| | 1 | 2 | 3 | 4 | 5 | 6 | 7+ |
| 1 | 1 | 2 | 3 | 3 | 4 | 5 | 5 |
| 2 | 2 | 2 | 3 | 4 | 4 | 5 | 5 |
| 3 | 3 | 3 | 3 | 4 | 4 | 5 | 6 |
| 4 | 3 | 3 | 3 | 4 | 5 | 6 | 6 |
| 5 | 4 | 4 | 4 | 5 | 6 | 7 | 7 |
| 6 | 4 | 4 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 |
| 7 | 5 | 5 | 6 | 6 | 7 | 7 | 7 |
| 8 | 5 | 5 | 6 | 7 | 7 | 7 | 7 |

Scoring: (final score from Table C)
 1-2 = acceptable posture
 3-4 = further investigation, change may be needed
 5-6 = further investigation, change soon
 7 = investigate and implement change

7
RULA Score

Tabulka 1-7 RULA výsledné skóre [10]

1.2.3 NIOSH

Metoda NIOSH (National Institute for Occupational Safety and Health) je evropskou normou pro hodnocení limitu při manipulaci s břemeny těžšími než 5 kg po dobu 8 hodin. Tento fakt vychází ze závislosti hmotnosti manipulovaného břemene a tlaku na meziobratlové ploténky, který má významný vliv na bolest v oblasti bederní páteře a tím zvyšuje riziko onemocnění.

Dle provedených studií bylo zjištěno, že tlaková síla v páteři má významný vliv na bolesti bederní páteře, čímž může docházet k onemocněním zad. Z tohoto důvodu byl vytvořen geometrický model trupu, na kterém byly prováděny běžné situace zatížení, pohybů a zkoumala se reakční síla svalů, která je nutná pro stabilizaci páteře při zatížení. Tímto způsobem vznikly limitní hodnoty, které jsou vztahovány k tlakovým silám, jež působí na přechod bederní a křížové páteře. Výsledkem studie je doporučený hmotnostní limit RWL, který představuje maximální hmotnost břemene pro minimálně 75% ženské populace a až 99% mužské populace. Rovněž se určuje míra relativního fyzického stresu, tzv. zvedací index LI, který je poměrem mezi zvedanou hmotností a RWL. [9]

V případě, že je poměr mezi zvedanou hmotností a doporučeným hmotnostním limitem menší než 1, pak riziko relativního fyzického stresu nehrozí ($LI < 1$). Ovšem pokud hodnota LI převyšuje, nebo je rovno jedné, již je u pracovníka možné riziko a je nutno provést změny ($LI \geq 1$).

Aby bylo zaručeno přesné použití metody, je nutné brát v úvahu mnoho okrajových podmínek. V zásadě nesmí docházet k žádným trhavým pohybům, pracovník musí používat obě ruce najednou (souměrné zdvihání), musí mít kolem sebe dostatek volného pohybu a dobré podmínky pro přenos síly (úchopové vlastnosti, boty, podlaha).

$$RWL[kg] = LC \cdot HM \cdot VM \cdot DM \cdot AM \cdot CM \cdot FM \quad (1)$$

$$LI = \frac{L[kg]}{RWL[kg]} \quad (2)$$

LC ... hmotnostní konstanta (LC = 23 kg)

HM ... horizontální multiplikátor (HM = 25/H)

H horizontální vzdálenost od kotníků k těžišti břemene měřená na počátku zvedání

VM ... vertikální multiplikátor (VM = 1 - 0,003 · |V - 75|)

V ... vertikální vzdálenost od podlahy k těžišti břemene měřená na počátku zvedání

DM .. vzdálenostní multiplikátor (DM = 0,82 + 4,5/D)

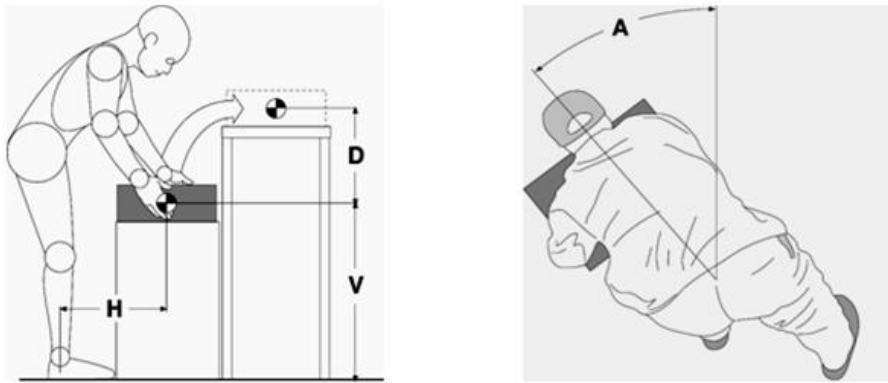
D vertikální vzdálenost těžiště při zvedání břemene

AM.. asymetrický multiplikátor (AM = 1 - 0,0032 · A)

A ... úhel natočení od sagitální roviny měřený při zvedání břemene (0° až 135°)

CM .. multiplikátor spojení (z tabulky) popisuje vazebné podmínky mezi rukama a předmětem

FM .. frekvenční multiplikátor (z tabulky) četnost zdvihacích úkonů v rámci jedné minuty [2]



Obrázek 1-2 Parametry pro výpočet RWL [2]

1.2.4 Hodnocení hmotnostních limitů

Dle nařízení vlády č. 361/2007 Sb. stanovující podmínky ochrany zdraví při práci (a jeho aktualizace NV č. 68/2010 Sb.), rozdělujeme manipulaci s břemeny na tzv. častou a občasnou. Častým zvedáním a přenášením břemene se rozumí zvedání a přenášení břemene přesahující souhrnně 30 minut v průměrné osmihodinové směně. Naopak za občasná zvedání a přenášení břemene se považuje přerušované zvedání a přenášení břemene nepřesahující souhrnně 30 minut v průměrné osmihodinové směně.

V souvislosti je nutné ověřit i tzv. kumulativní hmotnost, což je přípustná hmotnost za standardní 8 hodinovou směnu, za předpokladu, že vzdálenost přenášení je menší než 1 metr a nevyskytují se žádné nepříznivé podmínky.

| | občasná manipulace | častá manipulace | práce vsedě | kumulativní hmotnost |
|------|--------------------|------------------|-------------|----------------------|
| muži | Max. 50 kg | Max. 30 kg | Max. 5kg | Max. 10000 kg |
| ženy | Max. 20 kg | Max. 15 kg | Max. 3kg | Max. 6500 kg |

pozn. hmotnostní limity pro těhotné ženy a osoby se změněnou pracovní schopností jsou nižší

Tabulka 1-8 Hmotnostní limity dle NV 68/2013 sb [5]

1.2.5 Tecnomatix Jack

Tecnomatix Jack využívá biomechanický model člověka - Jack nebo Jill, co vidí, kam dosáhnou, jestli se cítí pohodlně nebo jestli nejsou přetěžováni. Postava lze navolit libovolných rozměrů a proporcí, přičemž předdefinovaná data jsou z antropometrického průzkumu personálu armády spojených států (ANSUR 88). Celkem lze na Jackovi upravit polohu na 69 segmentech a 68 kloubech, nejdetailněji je tvořena páteř (17 segmentů) a ruce (16 segmentů).

Pohyby virtuálního modelu člověka jsou řešeny pomocí inverzní kinematiky (např. když pohneme s rukou modelu, horní a spodní část ruky a ostatní segmenty se natočí v příslušném směru). Nastavení do pracovní polohy se provádí buď manuálně, nebo lze využít jednu z 30 základních přednastavených pracovních poloh uložených v databázi.

1.3 Racionalizace práce

Racionalizace práce představuje soubor technicko-organizačně-psychologických metod, postupů a opatření, díky nimž je možné zvýšení produktivity práce na takovou úroveň, která při stávajících podmínkách není ani představitelná. Dle obrázku níže si lze představit racionalizaci jako proces neustálého zlepšování, jehož snahou je docílení maximálního zisku při minimálních nákladech.



Obrázek 1-3 Proces racionalizace

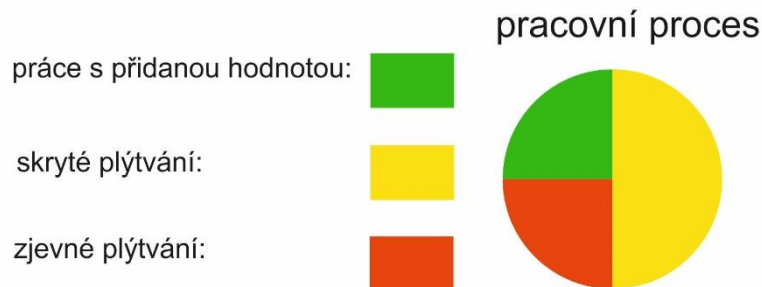
Tohoto zlepšování lze dosáhnout ovlivněním a dalším zlepšováním mnoha podnikových oblastí. Optimalizací prováděné pracovní operace, technologickou úpravou pracoviště, především využití různých přípravků, držáků, mechanismů a s tím související uspořádání pracoviště, ale i ergonomií pracoviště, kterou se budu především zabývat v této práci, lze například snížit průběžný čas výroby, tedy zvýšit produktivitu a snížit tak náklady na výrobu.

Dříve se prodejní cena odvíjela od výrobních nákladů a připočteného zisku. Dnes si cenu určuje trh, proto může být zisk nižší než dříve. K udržení stálého zisku lze docílit pouze úsporou nákladů. Právě díky racionalizaci lze tyto výrobní náklady snižovat a vyrábět tak efektivněji.

1.3.1 Přidaná hodnota

Pracovní proces lze z hlediska racionalizace rozdělit na práci s přidanou hodnotou, skryté plýtvání a zjevné plýtvání. Práce s přidanou hodnotou je činnost, díky které produkt získává přidanou hodnotu. Může to být například exkluzivita produktu, firemní image, která jej odliší od ostatních výrobků na trhu. Tedy je to činnost, kterou je zákazník ochoten platit. Nositelem přidané hodnoty je operátor, a to pouze v okamžicích produktivní činnosti (práce s přidanou hodnotou). Pro nárůst produktivní činnosti by se mělo vše podřídit maximalizaci produktivního času operátora. Ten by naopak neměl řešit věci, které přímo nesouvisí s výrobním procesem a jeho momentálním úkolem. Největší část pracovního procesu obvykle zabírá skryté plýtvání. Tato činnost nepřináší přidanou hodnotu, ale za daných podmínek je nutná pro realizaci práce s přidanou hodnotou. Lze si pod tím představit třeba přípravu jednotlivých výrobků. Velikost dráhy dosahové vzdálenosti též ovlivňuje dobu trvání pohybu a tím i dobu jednotlivé operace. Posledním dílem rozdělující pracovní proces je zjevné plýtvání. To je činnost, která zjevně není nutná pro to, aby na výrobku vznikla přidaná hodnota. Když výrobní linka stojí, tak si určitě

můžete všimnout jasně viditelného plýtvání. Cílem racionalizace je maximalizovat podíl činností s přidanou hodnotou tím, že je pracovníkovi umožněno dělat jen ty činnosti, které přináší zisk. Pokud bude eliminován jakýkoliv druh plýtvání, práce s přidanou hodnotou poroste.



Obrázek 1-4 Rozdělení pracovního procesu

Jak bylo zmíněno výše, nositelem přidané hodnoty je pracovník v okamžicích produktivní činnosti. Ke zvýšení produktivity pracovníků, tedy i přidané hodnoty existují různé racionalizační nástroje. Těmi lze ovlivňovat a zlepšovat práci v podniku:

- ▶ **Optimalizace provádění pracovních operací** – úprava pracovního postupu, snížení doby výroby
- ▶ **Ergonomie pracoviště** – zajištění pracoviště, aby odpovídalo pracovníkům, kteří jej používají, zmenšení vzdáleností jednotlivých nástrojů
- ▶ **Technické úpravy pracovišť** - přípravky, držáky, mechanismy - zmenšení dosahové vzdálenosti, snížení času jednotlivých operací
- ▶ **Technologičnost konstrukce** – konstrukce co nejjednodušší, předcházení vzniku možných chyb v důsledku složité konstrukce
- ▶ **Uspořádání pracovišť** - na pracovišti mít pouze pomůcky, které souvisí s výrobními operacemi

Naopak procesy, které nepřidávají žádnou hodnotu, mohou vznikat až velmi často především organizačními nedostatky jako je čekání např. na materiál, na přípravky. Dále pak nekázní pracovníků, obvykle pozdní příchody, nebo zaviněné vytváření zmetků. Za procesy nepřinášející hodnotu ovšem nestojí vždy samotný pracovník. V rámci nedostatečně organizované práce vznikají nepravidelné a neplánované přerušení v důsledku výroby. Výměnou forem, nástrojů, či změnou sortimentu lze ztratit i několik hodin výroby.

Pracovní výkon je definován jako množství odvedené práce za určité časové období, čímž se zabývá časová racionalizace, která spočívá ve sledování jednotlivých pracovníků, nejčastěji ve výrobě, ale i v administrativě. Hodnoty pracovního výkonu závisí především na vybavení pracoviště, pracovním prostředím, kvalifikaci a zdravotním stavu pracovníka. Hodnocením jsou stanoveny normy založené na standardizovaném pracovním postupu. Metodik zabývajících se normováním práce existuje celá řada. V diplomové práci se zaměřuji na metodiku MTM-1. [3]

1.3.2 MTM (metoda časového měření)

MTM (methods time measurement) je dle definice postup, při němž se manuální postupy člení do svých základních pohybů. Ke každému základnímu se přiřazuje hodnota normovaného času, která je určována ve své výši evidovanými číselnými hodnotami a třídami ovlivňujících veličin.

Tato analýza je tím nejdetailnějším způsobem při studiu práce a hovoří o tom, že 17 různých

prvků procesu stačí k tomu, aby mohly být popsány všechny druhy pracovních postupů. Postup analýzy spočívá v rozložení pracovního postupu (např. montážního procesu) do elementárních, dále nedělitelných prvků pohybu, tedy současně nemůže probíhat nikdy více těchto prvků.

Základními prvky této analýzy je 8 základních pohybů ruky a prstů, 2 zrakové funkce a 12 pohybů dolních končetin a těla.

Pohyby ruky:

| | | | |
|---|-----------|----|----------------|
| 1 | Sáhnout | R | Reach |
| 2 | Uchopit | G | Gasp |
| 3 | Přemístit | M | Move |
| 4 | Spojit | P | Position |
| 5 | Pustit | RL | Release |
| 6 | Oddělit | D | Disengage |
| 7 | Obrátit | T | Turn |
| 8 | Tlačit | AP | Apply pressure |

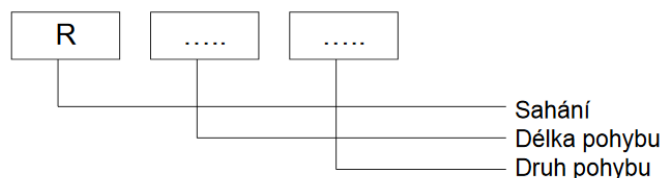
Funkce zraku:

| | | | |
|---|----------------------------|----|------------|
| 1 | Sledování pohledem | ET | Eye travel |
| 2 | Pohled zaostřit (rozlišit) | EF | Eye focus |

Pohyby těla a nohou:

| | | | |
|----|-----------------------------|-----|---------------------|
| 1 | Pohyb chodidla bez tlaku | FM | Foot movement |
| 2 | Pohyb jedné nohy | LM | Leg movement |
| 3 | Úkrok stranou | SS | Side step |
| 4 | Otočení těla | TB | Turn body |
| 5 | Chůze bez zátěže a překážek | W-P | Walk place |
| 6 | Předklonění | B | Bend |
| 7 | Vzpřímení | A | Arise |
| 8 | Úklon | S | Stoop |
| 9 | Klek na jedno koleno | KOK | kneel on one knee |
| 10 | Klek na obě kolena | KBK | kneel on both knees |
| 11 | Sednout | SIT | Sit |
| 12 | Vstát | STD | Std |

Po rozložení pracovní operace do jednotlivých elementárních pohybů, jsou dále u každého pohybu určeny ovlivňující veličiny a vyhledání příslušné časové veličiny TMU v tabulkách.



Obrázek 1-5 Model MTM [7]

Sáhání

Definován jako pohyb prázdné ruky směrem k určitému místu nebo předmětu, kóduje se pomocí písmene R (Reach). Druh tohoto pohybu závisí na vlastní délce pohybu a na jeho druhu – celkem se rozlišuje 5 druhů pohybu dle úrovně kontrolovatelnosti. Vše je sepsáno v tabulce pro MTM, která je pro pohyb sahání je zobrazena níže.

| Sáhnout R (reach) | | | | | | |
|-------------------|------|------|------|------|------|---|
| dráha [cm] | TMU | | | | | Popis |
| | R-A | R-B | R-C | R-D | R-E | |
| do 2 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | <p>Základní pohyb sáhnout se může provést rukou nebo jednotlivými prsty. Dráha pohybu je měřena z bodu výchozí polohy do bodu cílové polohy po přímce.</p> <p>Legenda:</p> <p>A - Sáhnout po předmětu na určitém místě, anebo po předmětu v druhé ruce. Malé nároky na kontrolu, pohyb probíhá téměř automaticky.</p> <p>B - Sáhnout po jednotlivě ležícím předmětu, jehož poloha se může čas od času měnit. Mírné nároky na kontrolu.</p> <p>C - Sáhnout po předmětu, který je smíšen s ostatními a je nutno jej vybrat. Vysoké nároky na kontrolu.</p> <p>D - Sahání pro velmi malý, těžko uchopitelný, předmět, kde je možné poranění. Vysoké nároky na kontrolu.</p> <p>E - Pohyb ruky do neurčité polohy, například zpět k tělu. Malé nároky na kontrolu.</p> |
| 4 | 3,4 | 3,4 | 5,1 | 5,1 | 3,2 | |
| 6 | 4,5 | 4,5 | 6,5 | 6,5 | 4,4 | |
| 8 | 5,5 | 5,5 | 7,5 | 7,5 | 5,5 | |
| 10 | 6,1 | 6,3 | 8,4 | 8,4 | 6,8 | |
| 12 | 6,4 | 7,4 | 9,1 | 9,1 | 7,3 | |
| 14 | 6,8 | 8,2 | 9,7 | 9,7 | 7,8 | |
| 16 | 7,1 | 8,8 | 10,3 | 10,3 | 8,2 | |
| 18 | 7,5 | 9,4 | 10,8 | 10,8 | 8,7 | |
| 20 | 7,8 | 10,0 | 11,4 | 11,4 | 9,2 | |
| 22 | 8,1 | 10,5 | 11,9 | 11,9 | 9,7 | |
| 24 | 8,5 | 11,1 | 12,5 | 12,5 | 10,2 | |
| 26 | 8,8 | 11,7 | 13,0 | 13,0 | 10,7 | |
| 28 | 9,2 | 12,2 | 13,6 | 13,6 | 11,2 | |
| 30 | 9,5 | 12,8 | 14,1 | 14,1 | 11,7 | |
| 35 | 10,4 | 14,2 | 15,5 | 15,5 | 12,9 | |
| 40 | 11,3 | 15,6 | 16,8 | 16,8 | 14,1 | |
| 45 | 12,1 | 17,0 | 18,2 | 18,2 | 15,3 | |
| 50 | 13,0 | 18,4 | 19,6 | 19,6 | 16,5 | |
| 55 | 13,9 | 19,8 | 20,9 | 20,9 | 17,8 | |
| 60 | 14,7 | 21,2 | 22,3 | 22,3 | 19,0 | |
| 65 | 15,6 | 22,6 | 23,6 | 23,6 | 20,2 | |
| 70 | 16,5 | 24,1 | 25,0 | 25,0 | 21,4 | |
| 75 | 17,3 | 25,5 | 26,4 | 26,4 | 22,6 | |
| 80 | 18,2 | 26,9 | 27,7 | 27,7 | 23,9 | |

Tabulka 1-9 Tabulka MTM - Reach [7]

Uchopení

Uchopení je sevření prstů, nutné pro uchopení předmětu. Kóduje se pomocí písmene G (grasp) a ovlivňujícími veličinami jsou zde především poloha předmětu, charakter a druh uchopení.

| Uchopit G (grasp) | | |
|-------------------|------|---|
| symbol | TMU | Popis |
| G1A | 2,0 | Jednoduché uchopení sevřením prstů. Předmět leží osamocně a lze ho uchopit jednoduchým sevřením prstů. Podmínkou je, že dvě délky nebo průměr předmětu je větší než 3 mm. |
| G1B | 3,5 | Předmět je velmi malý a plochý a leží v jedné rovině s podložkou. Podmínkou je, že výška předmětu může být nejvýše 3 mm. |
| G1C1 | 7,3 | Předmět je přibližně válcového tvaru a leží tak, že překážka existuje na jedné straně a zdola. Podmínkou je, že průměr je > 12 mm |
| G1C2 | 8,7 | Předmět je přibližně válcového tvaru a leží tak, že překážka existuje na jedné straně a zdola. Podmínkou je, že průměr je 6 - 12 mm |
| G1C3 | 10,8 | Předmět je přibližně válcového tvaru a leží tak, že překážka existuje na jedné straně a zdola. Podmínkou je, že průměr je < 6 mm |
| G2 | 5,6 | Přehmátnutí předmětu v jedné ruce. Slouží buď pro zlepšení úchopu nebo se hodnotí jako vyrovnání. |
| G3 | 5,6 | Přebírání předmětu do druhé ruky. Pohyb spočívá v tom, že jedna ruka přebírá kontrolu nad předmětem, zatím co druhá ruka kontrolu nad předmětem ztrácí. |
| G4A | 7,3 | Výběrové uchopení je uchopení předmětu, který leží smíšeně s ostatními na hromadě. Podmínkou jsou rozměry > 25 x 25 x 25 mm. |
| G4B | 9,1 | Výběrové uchopení je uchopení předmětu, který leží smíšeně s ostatními na hromadě. Podmínkou jsou rozměry < 25 x 25 x 25 mm a > 6 x 6 x 3 mm. |
| G4C | 12,9 | Výběrové uchopení je uchopení předmětu, který leží smíšeně s ostatními na hromadě. Podmínkou jsou rozměry < 6 x 6 x 3 mm. |
| G5 | 0,0 | Kontroly nad předmětem se dosáhne pouze dotykem bez sevření prstů. Takového uchopení nevyžaduje žádný čas. |

Tabulka 1-10 Tabulka MTM Grasp [7]

Přemístění

Přemístění je přesunutí jednoho nebo více dílů rukou nebo prsty na určité místo. Kódováno je písmenem M (move) a ovlivňujícími veličinami jsou délka a druh prováděného pohybu. Přemístění má stejný význam jako sahání, ale rozlišují se dle nároků na kontrolu pouze tři druhy.

| Přemístit M (move) | | | | | | | |
|--------------------|------|------|------|---|----------|--------------|--|
| dráha [cm] | TMU | | | Hmotnostní korekce | | | Popis |
| | M-A | M-B | M-C | hmotnost [kg] | Sc [TMU] | koeficient t | |
| do 2 | 2,0 | 2,0 | 2,0 | 1 | 0,0 | 1,00 | Přemístění je přesunutí jednoho nebo více dílů rukou nebo prsty na určité místo. Legenda: A - Pohyb probíhá téměř automaticky, malé nároky na kontrolu. Přemístit předmět do druhé ruky nebo k pevné zářezce. B - Mírné nároky na kontrolu. Přemístit předmět na přibližné anebo neurčité místo. C - Vysoké nároky na kontrolu. Přemístit předmět na přesné místo. |
| 4 | 3,1 | 4,0 | 4,5 | | | | |
| 6 | 4,1 | 5,0 | 5,8 | 2 | 1,6 | 1,04 | |
| 8 | 5,1 | 5,9 | 6,9 | | | | |
| 10 | 6,0 | 6,8 | 7,9 | 4 | 2,8 | 1,07 | |
| 12 | 6,9 | 7,7 | 8,8 | | | | |
| 14 | 7,7 | 8,5 | 9,8 | 6 | 4,3 | 1,12 | |
| 16 | 8,3 | 9,2 | 10,5 | | | | |
| 18 | 9,0 | 9,8 | 11,1 | 8 | 5,8 | 1,17 | |
| 20 | 9,6 | 10,5 | 11,7 | | | | |
| 22 | 10,2 | 11,2 | 12,4 | 10 | 7,3 | 1,22 | |
| 24 | 10,8 | 11,8 | 13,0 | | | | |
| 26 | 11,5 | 12,3 | 13,7 | 14 | 10,4 | 1,32 | |
| 28 | 12,1 | 12,8 | 14,4 | | | | |
| 30 | 12,7 | 13,3 | 15,1 | 18 | 13,4 | 1,41 | |
| 35 | 14,3 | 14,5 | 16,8 | | | | |
| 40 | 15,8 | 15,6 | 18,5 | 20 | 14,9 | 1,46 | |
| 45 | 17,4 | 16,8 | 20,1 | | | | |
| 50 | 19,0 | 18,0 | 21,8 | 22 | 16,4 | 1,51 | |
| 55 | 20,5 | 19,2 | 23,5 | | | | |
| 60 | 22,1 | 20,4 | 25,2 | Sc - statická komponenta; Statický účinek na svaly, který se připočítává k základnímu času. Dc - dynamická komponenta pohybu; Koeficient, kterým se násobí základní čas. | | | |
| 65 | 23,6 | 21,6 | 26,9 | | | | |
| 70 | 25,2 | 22,8 | 28,6 | | | | |
| 75 | 26,7 | 24,0 | 30,3 | | | | |
| 80 | 28,3 | 25,2 | 32,0 | | | | |

Tabulka 1-11 Tabulka MTM Move [7]

Umístění, spojování

Spojování je pohyb prstů nebo ruky za účelem vložení dvou dílů do sebe nebo k sobě. Kóduje se pomocí písmene P (position). Veličiny, které jej ovlivňují je mj. třída uložení, podmínky symetrie a zda je manipulace snadná, nebo obtížná.

| Spojit P (position) | | | | |
|--|--------------|------|------|---|
| stupeň lícování | symetričnost | TMU | | Popis |
| | | E | D | |
| P1 | S | 5,6 | 11,2 | Spojování je pohyb prstů nebo ruky za účelem vložení dvou dílů do sebe nebo k sobě. |
| | SS | 9,1 | 14,7 | |
| | NS | 10,4 | 16,0 | |
| P2 | S | 16,2 | 21,8 | Stupně lícování: P1 - Není potřeba žádný tlak na spojení a žádná zvláštní přesnost. P2 - Je potřeba lehký tlak prsty či ruky a zvýšená přesnost. P3 - Na spojení je potřeba silný tlak a vysokou přesnost. |
| | SS | 19,7 | 25,3 | |
| | NS | 21,0 | 26,6 | |
| P3 | S | 43,0 | 48,6 | Symetričnost spojení: S - symetrický - spojovací výřezy umožňují spojení v každé poloze. SS - polosymetrický - spojovací průřezy umožňují spojení ve více polohách. |
| | SS | 46,5 | 52,1 | |
| | NS | 47,8 | 53,4 | |
| Manipulace: E - lehká D - obtížná - předměty ploché, kluzké, těžké, pružné nebo těžší než 1 kg Spojování nad 25 mm je pohyb přemístění. | | | | |

Tabulka 1-12 Tabulka MTM Position [7]

Pouštění

Pouštění je pohyb, který se provádí rozevřením prstů, které drží předmět. Kóduje se pomocí písmene RL (release). Pro pohyb pouštění rozlišujeme dva případy - pouštění rozevřením prstů (např. puštění kladiva) a pouštění zdvihnutím prstů (např. pustit knoflík).

| Pustit RL (release) | | |
|---------------------|-----|---|
| symbol | TMU | Popis |
| RL1 | 2,0 | Rozevření prstů k uvolnění předmětu. |
| RL2 | 0,0 | Přerušením dotyku s předmětem dojde ke ztrátě kontroly. |

Tabulka 1-13 Tabulka MTM Release [7]

Oddělení

Oddělit značí pohyb pro oddálení dvou částí, které se nacházely v těsné blízkosti. Tento pohyb se kóduje písmenem D (disengage).

| Oddělit D (disengage) | | | |
|---|------|------|---|
| stupeň lícování | TMU | | Popis |
| | E | D | |
| D1 | 4,0 | 5,7 | Zpětný pohyb oddělení pro stupeň lícování: D1 - do 4 cm D2 - 4-12 cm D3 - 12-30 cm |
| D2 | 7,5 | 11,8 | |
| D3 | 22,9 | 34,7 | |
| Manipulace: E - lehká D - obtížná | | | |

Tabulka 1-14 Tabulka MTM Disengage [7]

Obrácení

Pohyb obrátit, značí obrácení předmětu, kdy se při manipulaci otáčí ruka okolo podélné osy předloktí o určitý úhel.

| Obrátit T (turn) | | | | Popis |
|------------------|-----|------|------|--|
| úhel [°] | TMU | | | |
| | T-S | T-M | T-L | |
| 30 | 2,8 | 4,4 | 8,4 | Při manipulaci se ruka otáčí okolo podélné osy předloktí o úhel °. |
| 45 | 3,5 | 5,5 | 10,5 | |
| 60 | 4,1 | 6,5 | 12,3 | |
| 75 | 4,8 | 7,5 | 14,4 | |
| 90 | 5,4 | 8,5 | 16,2 | Hmotnosti manipulovaného předmětu: |
| 105 | 6,1 | 9,6 | 18,3 | |
| 120 | 6,8 | 10,6 | 20,4 | |
| 135 | 7,4 | 11,6 | 22,2 | S - do 1 kg |
| 150 | 8,1 | 12,7 | 24,3 | M - 1-5 kg |
| 165 | 8,7 | 13,7 | 26,1 | L - 5-16 kg |
| 180 | 9,4 | 14,8 | 28,2 | |

Tabulka 1-15 Tabulka MTM Turn [7]

Tlačení

Pohyb tlačení značí jednostranně vyvíjený tlak libovolnou částí těla na zabezpečení dostatečné kontroly nad předmětem.

| Tlačit AP (apply pressure) | | |
|----------------------------|------|--|
| symbol | TMU | Popis |
| APA | 10,6 | Jednostranně vyvíjený tlak libovolnou částí těla na zabezpečení dostatečné kontroly nad předmětem. |
| APB | 16,2 | Tlak prstů proti sobě. |

Tabulka 1-16 Tabulka MTM Apply pressure [7]

2 Charakteristika výrobního procesu

Diplomová práce se týká zefektivnění montážních linek F4 a R2. Obě dvě linky jsou montážními pracovišti. Na montážní lince F4 dochází k montáži kovového rámu klimatizační jednotky, kdežto na pracovišti R2 je prováděna montáž vnitřních komponent jednotky včetně kompresoru.

2.1 Představení společnosti

Společnost Daikin Industries Czech Republic, s.r.o. se sídlem v Plzni na Nové Hospodě je přední světový výrobce zařízení pro vytápění, větrání a klimatizaci, včetně tepelných čerpadel a chladicích řešení.[11]

Společnost byla založena v roce 1999 a funguje jako regionální ředitelství pro 15 zemí střední a východní Evropy (CEE). Asi 180 zaměstnanců je umístěno na šesti pracovištích v Brunn am Gebirge, Praze, Bratislavě, Budapešti, Záhřebu a Bukurešti. Z těchto kanceláří řídí prodej a servis produktů Daikin v Albánii, Rakousku, Bosně a Hercegovině, Bulharsku, Chorvatsku, České republice, Maďarsku, Kosovu, Makedonii, Černé Hoře, Moldávii, Rumunsku, Srbsku, Slovensku a Slovinsku.[11]

2.2 Představení jednotlivých pracovišť

V následujících kapitolách jsou představeny jednotlivé pracoviště, na kterých byly prováděny analýzy RULA, NIOSH, hodnocení hmotnostních limitů a časová analýza MTM-1. Následně byly vytvořeny racionalizační návrhy dle výsledků analýz.

2.2.1 Pracoviště F4

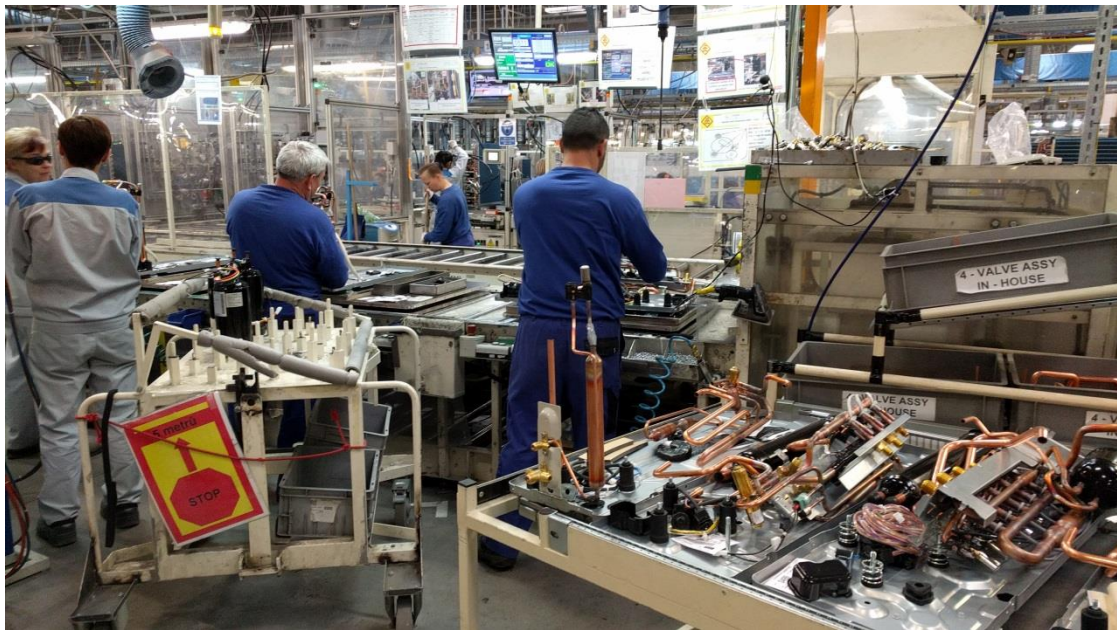
Na pracovišti F4 probíhá montáž rámu klimatizační jednotky. Pracovníci montují rám jednotky v taktu 32 šroubů za 80 vteřin, vše v poloze ve stoje s ohnutými zády a předkloněnou hlavou. Což na první pohled značí špatné postavení těla při práci a možné následky v podobě nemoci podpůrně-pohybového aparátu.



Obrázek 2-1 Práce na pracovišti F4

2.2.2 Pracoviště R2

Na pracovišti R2 probíhá montáž vnitřních komponentů klimatizační jednotky včetně kompresoru. Takt je udáván modelem klimatizace, který je zrovna v pořadí. Mimo jiné takt závisí i na pracovníkovi, který začíná s montáží. V průměru se ale takt pohybuje kolem jedné minuty. V tomto čase pracovník nejprve vezme desku s komponenty, které bude následně montovat, umístěnou na připraveném stole a přemístí ji na pracoviště. Následně vyjme veškeré komponenty a připraví je k montáži. Některé z komponentů, především ventily umístí do připraveného boxu, který se nachází na horní desce montážní linky.



Obrázek 2-2 Práce na pracovišti R2

Dále pracovník vezme z vozíku připravený kompresor a přimontuje ho k jednotce. Tím práce na jeho pracovišti končí.



Obrázek 2-3 Práce na pracovišti R2, přenos kompresoru

3 Analýza současného stavu vybraných pracovišť

Prvním krokem při analyzování podmínek na montážní lince, které ovlivňují pohodu pracovníka, byl sběr informací od zaměstnanců společnosti. Tento sběr byl proveden pomocí dotazníku NORDIC QUESTIONNAIRE zaměřeného na sledování výskytu těžkostí a nemocí podpůrně-pohybového systému (PPS) zaměstnanců. Celkem bylo získáno a vyhodnoceno 8 dotazníků. Dále byly provedeny analýzy pro hodnocení polohy horních končetin (RULA) a hodnocení postoje při přenášení břemene (NIOSH).

3.1 Výsledky dotazníku NORDIC QUESTIONNAIRE

Ve firmě byl rozdán dotazník 8 osobám, z čehož 2 pracovníci pracují na pracovišti R2 – montáž kompresoru a 6 na pracovišti F4 – montáž obruby. Z vyhodnocení dotazníku vyplývá, že průměrná výška pracovníků je 176,2 cm a průměrný věk 30 let. Z celkového počtu 8 pracovníků všichni uvedli, že jsou muži, práci provádí v poloze stání a všichni jsou praváci. Výška postavy u pracovníků byla jako minimální uvedena 167 cm a maximální 197 cm. V dalších analýzách bylo počítáno s těmito hodnotami. Věk pro dané analýzy není v současné době rozhodující a bylo pouze na libovůli pracovníků, zda tuto informaci zveřejní.

| Počet lidí | | |
|------------|--------|------|
| muži | | ženy |
| levák | pravák | |
| 0 | 8 | 0 |

Tabulka 3-1 Charakteristika pracovníka

| Pracovní poloha | | |
|-----------------|-------|-----------|
| sezení | stání | kombinace |
| 0 | 8 | 0 |

Tabulka 3-2 Pracovní poloha

Pomocí další části dotazníku byly analyzovány tělesné partie, u kterých dotazovaný respondent pociťoval v uplynulých 12 měsících bolesti či tuhnutí. Tyto partie jsou: šíje, horní část zad, dolní část zad – kříž, ramena, lokty, ruce a zápěstí, boky a stehna, kolena, kotníky a chodidla.

V následující tabulce se nachází počty operátorů, které se vyjádřili k daným otázkám zaměřených na pociťování bolestí určitých svalových partií nebo kloubů při práci a následných návštěv lékaře. Nejčastěji si operátoři stěžují na bolesti v oblasti horní a dolní části zad, ramen rukou a zápěstí, ovšem nejvíce bolestivou partií byly uvedeny bolesti kolena. Jelikož mnoho pracovníků je jiné národnosti než české, s vyhledáním lékaře se proto nezabývají.

| 8 respondentů | pocíval(a) jste bolesti | | navštívil(a) jste lékaře nebo specialistu | |
|-----------------------|-------------------------|-----|---|-----|
| | ne | ano | ne | ano |
| šíje | 7 | 1 | 8 | 0 |
| horní část zad | 4 | 4 | 7 | 1 |
| dolní část zad - kříž | 4 | 4 | 7 | 1 |
| ramena | 4 | 4 | 7 | 1 |
| lokty | 6 | 2 | 8 | 0 |
| ruce a zápěstí | 4 | 4 | 8 | 0 |
| boky a stehna | 6 | 2 | 8 | 0 |
| kolena | 3 | 5 | 8 | 0 |
| kotníky a chodidla | 5 | 3 | 8 | 0 |

Tabulka 3-3 Vznikající bolesti při práci

Tabulka níže pouze shrnuje procentuální vyjádření operátorů k daným odpovědím.

| % vyjádření | pocíval(a) jste bolesti | | navštívil(a) jste lékaře nebo specialistu | |
|-----------------------|-------------------------|-----|---|-----|
| | ne | ano | ne | ano |
| šíje | 88 | 13 | 100 | 0 |
| horní část zad | 50 | 50 | 88 | 13 |
| dolní část zad - kříž | 50 | 50 | 88 | 13 |
| ramena | 50 | 50 | 88 | 13 |
| lokty | 75 | 25 | 100 | 0 |
| ruce a zápěstí | 50 | 50 | 100 | 0 |
| boky a stehna | 75 | 25 | 100 | 0 |
| kolena | 38 | 63 | 100 | 0 |
| kotníky a chodidla | 63 | 38 | 100 | 0 |

Tabulka 3-4 Procentuální vyjádření vznikajících bolestí při práci

Poslední část dotazníku se zaměřovala na celkové informace týkající se práce ve výrobě. Operátoři hodnotili dané aspekty stupnicí 0 – 10, kde 0 znamená, že daná otázka se jich netýká a 10 znamená, že s tímto aspektem nejsou vůbec spokojeni.

Respondenti hodnotili situace, které mohou při práci přispět k bolestem a problémům. Kladené otázky byly zaměřeny na oblasti organizace práce, pracovních postupů, pracovní polohy a techniky prostředí. U operátorů byly identifikovány následující tři největší problémy:

- dlouhodobá práce ve stejných pracovních polohách – 6,3b.
- vykonávání stále stejných pracovních operací – 6,1b.
- přílišné teplo, hluk, průvan – 5,0b.

| | Průměr |
|--|--------|
| vykonávání stále stejných pracovních operací | 6,1 |
| spěchání při vykonávání některých pracovních operací | 3,1 |
| manipulace s drobnými předměty a součástkami | 4,6 |
| nedostatečné přestávky na oddech během pracovní směny | 3,7 |
| práce v nepohodlné nebo vynucené pracovní poloze | 2,7 |
| dlouhodobá práce ve stejných pracovních polohách | 6,3 |
| práce ve vynuceném předklonu, při náklonech, vytáčení trupu | 3,4 |
| práce na hranici fyzických možností | 3,6 |
| práce s rukama nad hlavou nebo daleko od těla | 1,0 |
| přílišné teplo, chlad, vlhkost, hluk, průvan | 5,0 |
| nutnost pokračovat v práci, i když se necítíte dobře, nebo po poranění | 2,9 |
| zdvihání, tahání nebo nošení těžkých předmětů | 2,4 |
| přesčasy, nepravidelné směny, dlouhá pracovní doba | 1,6 |
| nedostatečná kvalita pracovních nástrojů | 3,6 |
| nedostatečný zácvik a školení ke správnému vykonávání práce | 1,3 |

Tabulka 3-5 Obecné informace o práci ve výrobě

3.2 RULA analýza – současný stav

Na následujících stránkách jsou popsány a zhodnoceny pracovní polohy, ve kterých pracovníci nejčastěji vykonávají pracovní úkoly. Pro následující situace byla využita metoda RULA, hodnotící namáhání horních končetin. Na pracovišti F4 byla hodnocena montáž rámu jednotky z čela dopravního vozíku a z boku dopravního vozíku. Na pracovišti R2 byly zhodnoceny především krajní polohy dosahu.

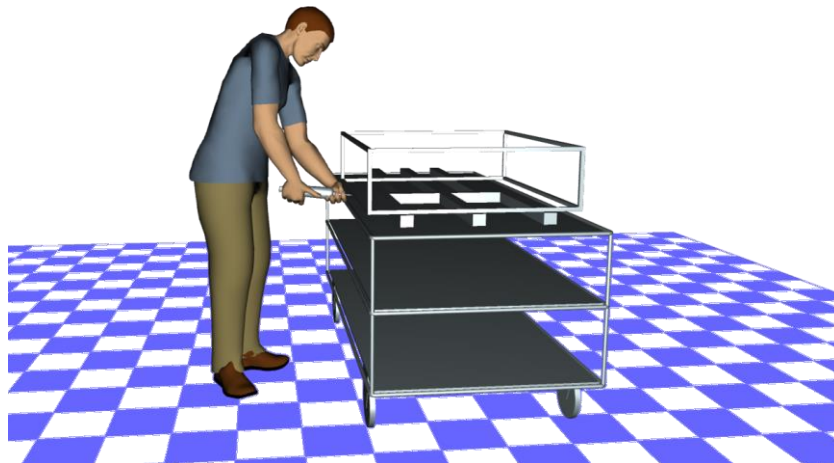
Pro vyhodnocení následujících analýz byl vytvořen 3D model jednotlivých pracovišť, na kterých se dále budou provádět experimenty.

3.2.1 Pracoviště F4

Jak již bylo řečeno, pracoviště F4 je montážní a probíhá zde montáž rámu klimatizační jednotky. Pracovníci montují rám jednotky pomocí pneumatického šroubováku v taktu 32 šroubů za 80 vteřin. Pro analýzu byly vybrány polohy, které jsou na pracovišti vykonávány téměř po celou dobu směny.

Poloha 1

Na následujícím obrázku je znázorněna poloha při montáži obruby jednotky. Pro tento případ byla hodnocena poloha pro montáž obruby přímo (čelem k jednotce).



Obrázek 3-1 Pracoviště F4 - Pracovní poloha 1 - současný způsob

Na obrázku je vidět mírné ohnutí v horní části zad. Montáž probíhá tak, že pracovník pravou rukou drží hydraulický šroubovák a druhou umísťuje šrouby, případně je dále přidržuje. Umísťování šroubů probíhá více než 4x za minutu. Tento fakt je zohledněn také u vstupních parametrů analýzy RULA (obrázek níže vlevo), kde byla nastavena frekvence více než 4x za minutu. Pracovní poloha je ve stoje. Není vynakládáno žádné extrémní využití svalů a sil.

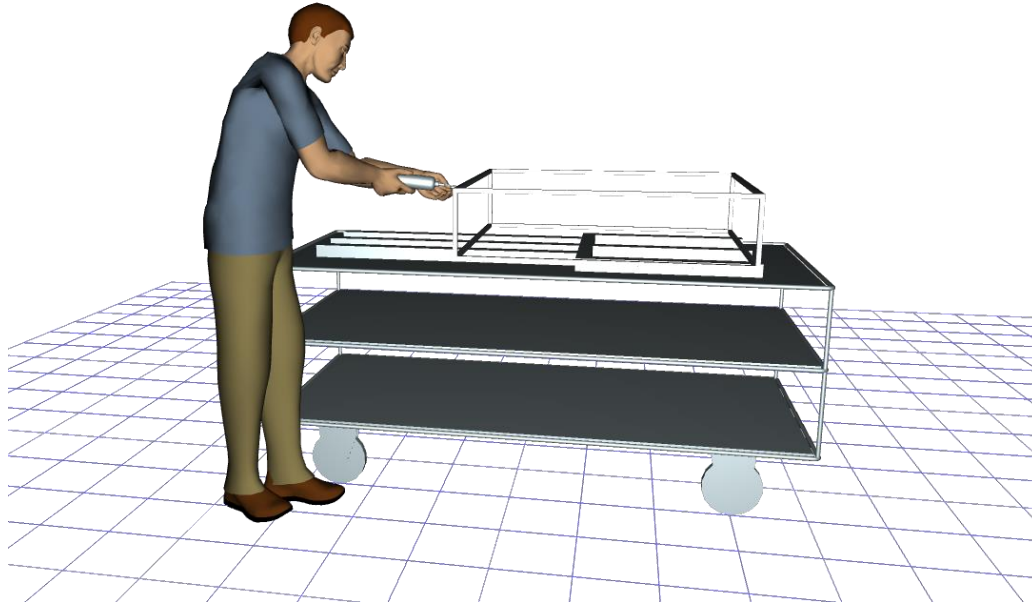
| Task Entry | Reports | Analysis Summary |
|--|--|------------------------------------|
| Human: Daikin | | |
| Body Group A Loading (Arm, Wrist) | | |
| Muscle Use | | |
| <input type="radio"/> Normal, no extreme use | <input checked="" type="radio"/> < 2 kg intermittent load | |
| <input type="radio"/> Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute | <input type="radio"/> 2-10 kg intermittent load | |
| <input checked="" type="radio"/> Action repeated more than 4 times per minute | <input type="radio"/> 2-10 kg static load or 2-10 kg repeated load | |
| Arm Support: <input type="checkbox"/> Arm Supported | <input type="radio"/> More than 10 kg static. Shock forces. | |
| Legs and Feet | | |
| <input type="radio"/> Seated, Legs and feet well supported. Weight even. | | |
| <input checked="" type="radio"/> Standing, weight even. Room for weight changes. | | |
| <input type="radio"/> Legs/feet not supported. Weight distribution uneven. | | |
| Body Group B Loading (Neck, Trunk) | | |
| Muscle Use | Forces and Loads | |
| <input type="radio"/> Normal, no extreme use | <input checked="" type="radio"/> < 2 kg intermittent load | |
| <input type="radio"/> Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute | <input type="radio"/> 2-10 kg intermittent load | |
| <input checked="" type="radio"/> Action repeated more than 4 times per minute | <input type="radio"/> 2-10 kg static load or 2-10 kg repeated load | |
| | <input type="radio"/> More than 10 kg static. Shock forces. | |
| Body Group A Posture Rating | | Body Group B Posture Rating |
| Upper arm: 2 | | Neck: 4 |
| Lower arm: 3 | | Trunk: 4 |
| Wrist: 2 | | Total: 8 |
| Wrist Twist: 1 | | |
| Total: 5 | | |
| Muscle Use: Action repeated more than 4 times per minute | Muscle Use: Action repeated more than 4 times per minute | |
| Force/Load: < 2 kg intermittent load | Force/Load: < 2 kg intermittent load | |
| Arms: Not supported | | |
| Legs and Feet Rating | | |
| Standing, weight even. Room for weight changes. | | |
| Grand Score: 7 | | |
| Action: Investigation and changes are required immediately. | | |
| Update Analysis | | |

Obrázek 3-2 Vstupní a výsledné parametry metody RULA - pracoviště F4 - poloha 1 - současný způsob

Obrázek výše vpravo znázorňuje výsledky provedené analýzy. Jasně je zde vidět, a vysokými hodnotami je reprezentována, nevhodná poloha trupu a krku, při mírném předklonu pro získání kontroly nad šroubem při zasazení do díry. Celkové skóre rizika dosahuje hodnoty 7 bodů (4. kategorie).

Poloha 2

Na následujícím obrázku je znázorněna poloha při montáži obruby z boku jednotky, kdy se musí pracovník nahnout nad pojízdný vozík.



Obrázek 3-3 Pracoviště F4 - Pracovní poloha 2 - současný způsob

Na obrázku je vidět mírný předklon krční páteře s bočním úklonem celé horní partie a mírně nataženými pažemi. Montáž opět probíhá tak, že pracovník pravou rukou drží hydraulický šroubovák a druhou umísťuje šrouby, případně je dále přidržuje. Umísťování šroubů probíhá více než 4x za minutu. Tento fakt je zohledněn také u vstupních parametrů analýzy RULA (obrázek níže vlevo), kde byla nastavena frekvence více než 4x za minutu. Pracovní poloha je ve stoje. Není vynakládáno žádné extrémní využití svalů a sil.

Task Entry | Reports | Analysis Summary

Human: Daikin

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.

Job Title: Job Number:

Location: Analyst:

Comments: Date:

Body Group A Posture Rating

Upper arm: 3

Lower arm: 2

Wrist: 3

Wrist Twist: 1

Total: 5

Body Group B Posture Rating

Neck: 2

Trunk: 4

Total: 6

Muscle Use: Action repeated more than 4 times per minute

Force/Load: < 2 kg intermittent load

Arms: Not supported

Muscle Use: Action repeated more than 4 times per minute

Force/Load: < 2 kg intermittent load

Legs and Feet Rating

Standing, weight even. Room for weight changes.

Grand Score: 7

Action: Investigation and changes are required immediately.

Update Analysis

Obrázek 3-4 Vstupní a výsledné parametry metody RULA - pracoviště F4 - poloha 2 - současný způsob

Obrázek výše vpravo znázorňuje výsledky provedené analýzy. Je zde vidět nevhodná poloha trupu, který je namáhán při bočním úklonu a zároveň při mírném natočení. Celkové skóre rizika dosahuje hodnoty 7 bodů (4. kategorie).

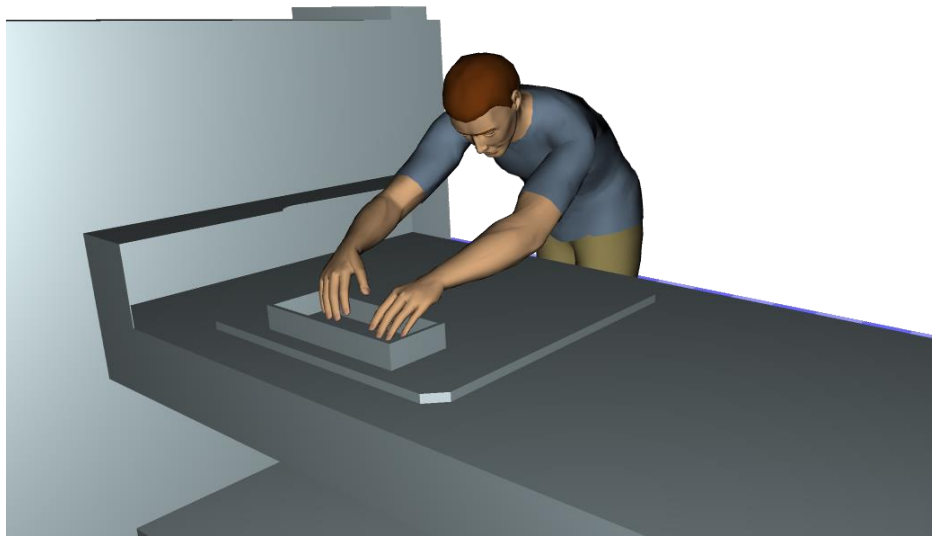
3.2.2 Pracoviště R2

Na pracovišti R2 – montáž kompresoru byly hodnoceny dosahové vzdálenosti při odkládání součástí. Již z prvních pozorování vyplývalo, že pracovní polohy nejsou ideální, neboť dochází k předklonům s nataženou rukou.

Pro analýzu na pracovišti R2 byly vybrány mezní polohy pro manipulaci s komponenty.

Poloha 1

Na následujícím obrázku je znázorněna krajní poloha při odkládání jednotlivých komponent z připravené jednotky.



Obrázek 3-5 Pracoviště R2 - Pracovní poloha 1 - současný způsob

Na obrázku je vidět ohnutí zad a dosah nataženýma rukama do krajní vzdálenosti (nejdále od těla). Tato pozice nastává při odkládání komponent z nachystané jednotky do odkládacího prostoru. Jelikož pozice nastává vždy jednou u každé klimatizační jednotky, bylo nastaveno normální použití. Pracovní poloha je ve stoje. Není vynakládáno žádné extrémní využití svalů a sil.

The screenshot displays the RULA software interface with the following data:

| Category | Parameter | Value |
|-----------------------------|-------------|-------|
| Body Group A Posture Rating | Upper arm | 5 |
| | Lower arm | 3 |
| | Wrist | 2 |
| | Wrist Twist | 1 |
| Total | | 6 |
| Body Group B Posture Rating | Neck | 1 |
| | Trunk | 4 |
| | Total | 5 |
| Grand Score | | 6 |

Analysis Summary:

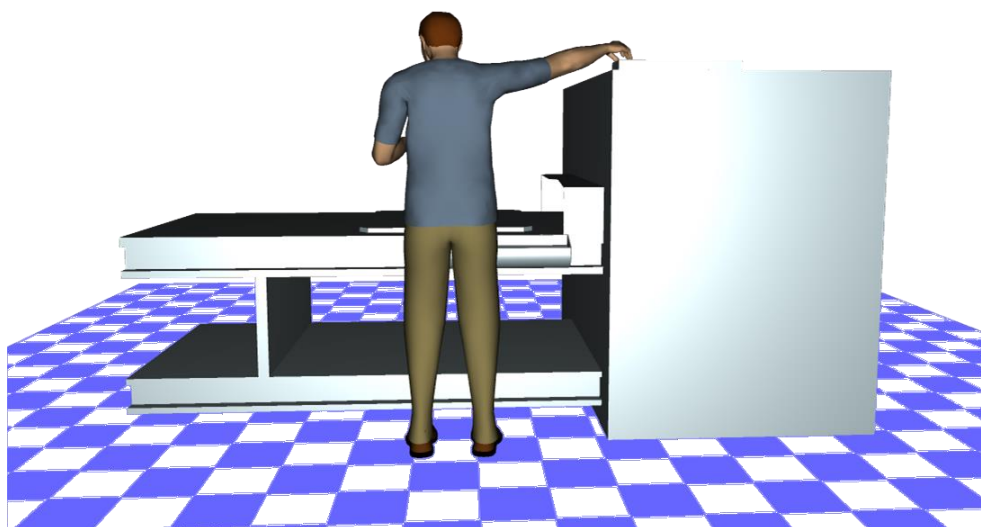
- Muscle Use: Normal, no extreme use
- Force/Load: < 2 kg intermittent load
- Arms: Not supported
- Legs and Feet Rating: Standing, weight even. Room for weight changes.
- Action: Investigation and changes are required soon.

Obrázek 3-6 Vstupní a výsledné parametry metody RULA - pracoviště R2 - poloha 1 - současný způsob

Obrázek výše vpravo znázorňuje výsledky provedené analýzy. Jasně je zde vidět, a vysokou hodnotou je reprezentována, nevhodná poloha horní části paží a dále pak trupu, což je způsobeno velkým předklonem. Celkové skóre rizika dosahuje hodnoty 6 bodů (3. kategorie). V této poloze se pracovník nachází vždy jednou za cyklus, tudíž není nutné se touto polohou zabývat.

Poloha 2

Na následujícím obrázku je znázorněna poloha při odkládání (odhazování) ventilů na horní část linky, kde je umístěný box na tyto ventily.



Obrázek 3-7 Pracoviště R2 - Pracovní poloha 2 - současný způsob

Odkládání probíhá jednou rukou (pravou) do výše nad úroveň ramen. Druhá ruka je volná. Umisťování ventilů probíhá více než 4x za minutu. Tento fakt je zohledněn také u vstupních parametrů analýzy RULA (obrázek níže vlevo), kde byla nastavena frekvence více než 4x za minutu. Pracovní poloha je ve stoje. Není vynakládáno žádné extrémní využití svalů a sil.

The screenshot displays the RULA analysis software interface. It is divided into two main sections: a left sidebar for input parameters and a right main area for results and analysis summary.

Left Sidebar (Input Parameters):

- Human:** Daikin
- Body Group A Loading (Arm, Wrist):**
 - Muscle Use:** Action repeated more than 4 times per minute
 - Forces and Loads:** < 2 kg intermittent load
 - Arm Support: Arm Supported
- Legs and Feet:** Standing, weight even. Room for weight changes.
- Body Group B Loading (Neck, Trunk):**
 - Muscle Use:** Action repeated more than 4 times per minute
 - Forces and Loads:** < 2 kg intermittent load

Right Main Area (Results and Analysis Summary):

- Job Information:** Job Title, Location, Comments, Job Number, Analyst, Date.
- Body Group A Posture Rating:**
 - Upper arm: 4
 - Lower arm: 3
 - Wrist: 1
 - Wrist Twist: 1
 - Total: 5
- Body Group B Posture Rating:**
 - Neck: 3
 - Trunk: 1
 - Total: 4
- Muscle Use:** Action repeated more than 4 times per minute
- Force/Load:** < 2 kg intermittent load
- Arms:** Not supported
- Legs and Feet Rating:** Standing, weight even. Room for weight changes.
- Grand Score: 5** (highlighted in red)
- Action:** Investigation and changes are required soon.
- Update Analysis** button

Obrázek 3-8 Vstupní a výsledné parametry metody RULA - pracoviště F4 - poloha 2 - současný způsob

Obrázek výše vpravo znázorňuje výsledky provedené analýzy. Je zde vidět rovný stoj, který je v pořádku a ve výsledcích je znázorněn nízkou hodnotou. Nevhodnou polohou je zde vysokou hodnotou interpretována poloha paže (odkládání do horních pozic). Celkové skóre rizika dosahuje hodnoty 5 bodů (3. kategorie).

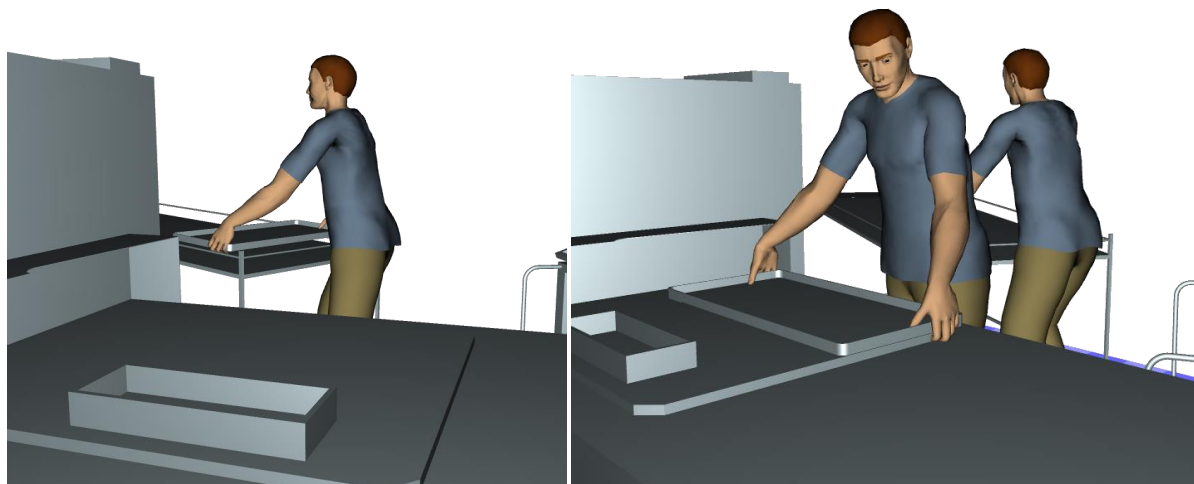
3.3 Hmotnostní analýza dle ČSN EN 1005-2 (analýza NIOSH)

Druhá analýza byla provedena dle ČSN EN 1005-2 - Bezpečnost strojních zařízení - Fyzická výkonnost člověka - Část 2: Ruční obsluha strojního zařízení a jeho součástí, kde je popsána tzv. metoda NIOSH. Jak již bylo dříve uvedeno, výsledkem této metody je tzv. doporučený hmotnostní limit RWL vypočtený násobením hmotnostní konstanty (23 kg) koeficienty, které zohledňují rozměrové parametry místa uchopení, položení, natočení trupu, způsobu úchopu a frekvence činnosti. RWL představuje maximální hmotnost břemene, které může být zvedáno nebo pokládáno minimálně 75% ženských pracovníků a až 99% mužských pracovníků. Metoda NIOSH dále kalkuluje určitou míru relativního fyzického stresu nazývaného zdvihací index (LI), který je poměrem mezi skutečnou zdvíhanou hmotností (L) a RWL. Hodnoty LI vyšší než 1,0 poukazují na překročení RWL a jsou tedy dle ČSN EN 1005-2 nepřijatelné. Hodnoty LI vyšší než 0,7 indikují rizikovější činnost. Pod hodnotou 0,7 je činnost v naprostém pořádku.

Tato analýza byla provedena pouze na pracovišti R2, neboť na druhém pracovišti k manipulaci s břemeny nedochází. Na následujících stranách je proveden rozbor manipulace s kompresory a samotnými jednotkami.

3.3.1 Manipulace s jednotkou

U propočtu se v prvé řadě vychází z výškových parametrů při manipulaci, a proto je vždy nutné stanovit počáteční a koncovou pozici zvedání. Pozice pro manipulaci s jednotkou jsou znázorněny na obrázcích níže.



Obrázek 3-9 Znázornění počáteční a koncové polohy při manipulaci s jednotkou

Z těchto nastavených postojů na počátku a konci zdvihu byla vytvořena analýza, hodnoty, které byly zadávány, jsou opět na následujících obrázcích. Bylo vycházeno z průměrné doby trvání operace 1 minuta, což značí četnost provádění pohybu 1x za minutu. V neposlední řadě byly zohledněny úchopové parametry, kde bylo zadáno, že se jedná o pravidelný objekt, který lze relativně komfortně uchopit. Průměrná (11,6 kg) a maximální hmotnost (14,9 kg) byly do analýzy zadány dle podkladů, které byly poskytnuty.

| Model | Hmotnost [kg] |
|---------------------|---------------|
| ERLQ 006LAV3 (0455) | 7,212 |
| R2QSG71L3V1B (0427) | 13,800 |
| 3MXM52M2V1B (0511) | 10,850 |
| 5MXM90M2V1B (0516) | 13,954 |
| 4MXM80M2V1B (0515) | 13,564 |
| RXM71M2V1B (0526) | 7,390 |
| 4MXS80L3V3B2 (0498) | 14,997 |

Tabulka 3-6 Hmotnosti klimatizačních jednotek

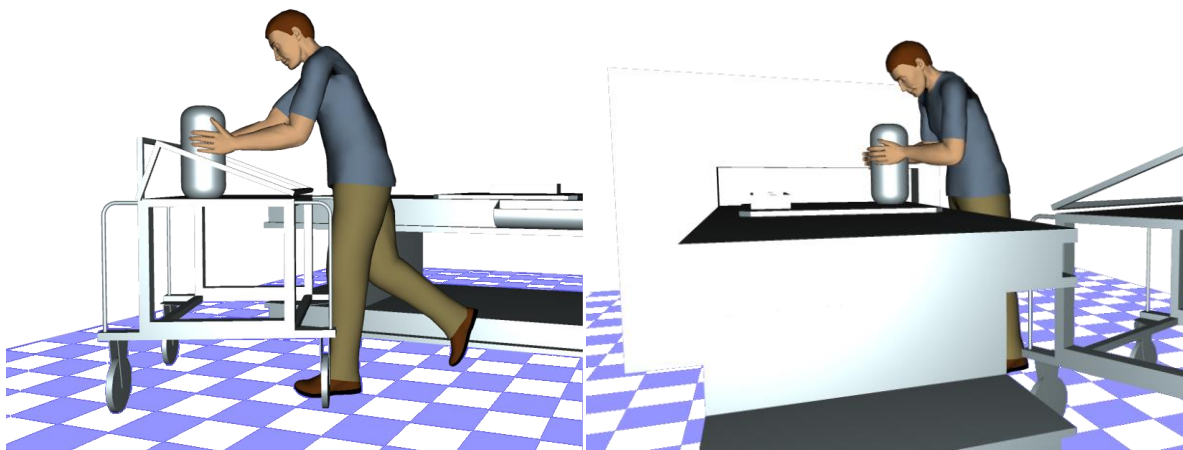
| Task# | Description | Avg Load | Max Load | Origin H |
|-------|-------------|----------|----------|----------|
| 201 | | 11.6 | 14.997 | 55.042 |

Obrázek 3-10 Výsledek pro manipulaci s jednotkou

Z provedených kalkulací pak vyplývá, že doporučený hmotnostní limit RWL pro popsanou činnost by měl být 7,35 kg. Jelikož byla zadána průměrná hmotnost jednotky 11,6 kg, výsledek **značí překročení limitu**, a tudíž celá manipulace není zcela v pořádku.

3.3.2 Manipulace s kompresorem, dlouhý dosah

Další manipulace s břemenem nastává při manipulaci s kompresní jednotkou, kdy pracovník s připraveného vozíku vyjme kompresor a uloží na připravenou jednotku určenou k montáži. Zde velice záleží na vzdálenosti, ve které se kompresor nachází. Pozice pro manipulaci s kompresorem jsou opět znázorněny na obrázcích níže.



Obrázek 3-11 Znázornění počáteční a koncové polohy při manipulaci s kompresorem

Z těchto nastavených postojů na počátku a konci zdvihu byla vytvořena analýza. Hodnoty, které byly zadávány, jsou opět na následujících obrázcích. Časové hodnoty vychází z průměrné doby trvání operace 1 minuta, což značí četnost provádění pohybu 1x za minutu. V neposlední řadě byly zohledněny úchopové parametry, kde bylo zadáno, že se jedná o nepravidelný objekt, který ale lze relativně komfortně uchopit. Maximální (33 kg) a průměrná hmotnost (17 kg) jednotek byla zadána dle dostupných podkladů, které byly k dispozici.

| Model | Hmotnost [kg] | Rozměr [mm] |
|------------------|----------------------|--------------------|
| 2YC40JXD#C /703 | 10,5 | 325 |
| 2YC45NXD#C/051 | 13 | 365 |
| 2YC63DXD#C/393 | 14,5 | 385 |
| 2YC45DXD#C/734 | 13 | 365 |
| 2YC71DXD#C/623 | 14,5 | 385 |
| 2YC45RXD#C/735 | 13,5 | 375 |
| JT90G-YE/1280 | 33 | 500 |
| JT90G-P4V1N/1189 | 33 | 500 |
| 2YC63BXD#C/362 | 14,5 | 385 |
| 2YC36BXD#C/265 | 10,5 | 325 |

Tabulka 3-7 Rozměry a hmotnosti kompresorů

Task Entry | Reports | Analysis Summary

Human: Daikin

Task Input

Task Number: 501

Units: Dist: cm, Angle: deg, Mass: kg

Description:

Posture | Frequency | Coupling

Object Type: Container Loose Object

Loose Object

Load Control: Optimal Packaging Bulky Packaging

Grasping: Optimal Grip 90deg. fingers

Derived hand coupling rating: poor

Add

Task List

| Task ID | Frequency | Mass | Rating |
|---------|-----------|------|--------|
| 301 | 17 | 33 | 82.735 |
| 401 | 17 | 33 | 82.735 |

LI: 2.960 RWL: 5.75

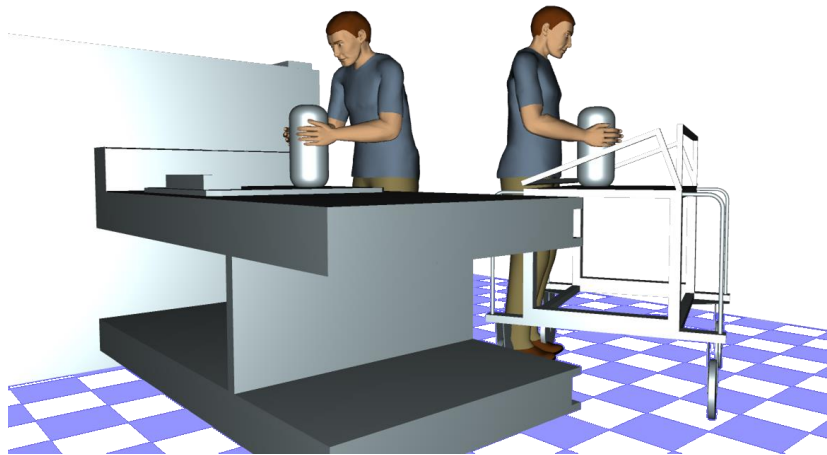
Obrázek 3-12 Výsledek pro dlouhý dosah

Z provedených kalkulací pak vyplývá, že doporučený hmotnostní limit RWL pro popsanou činnost by měl být 5,75 kg. Jelikož byla zadána průměrná hmotnost jednotky 17 kg, výsledek analýzy značí několikanásobné **překročení limitu**, a tudíž celá manipulace není v pořádku.

Těchto hodnot bude dosahováno v případě, že bude pracovník sahat pro kompresory do zadní řady kompresorů umístěných na vozíku. V případě, že bude sahat do přední řady, tyto hodnoty se sníží, neboť přenášení a zvedání takto těžkého břemene má být realizováno co nejbližší u těla. Analýza s krátkým dosahem je zobrazena níže.

3.3.3 Manipulace s kompresorem, krátký dosah

V případě manipulace s kompresorem do malé vzdálenosti, jak je zobrazeno na obrázku, je dovolená hmotnost k manipulaci vyšší, což je způsobeno právě zmenšenou vzdáleností dosahu pro kompresor.



Obrázek 3-13 Znárodnění počáteční a koncové polohy při manipulaci s kompresorem

Hodnoty pro manipulaci byly nastaveny stejně jako v předchozím případě - četnost provádění pohybu 1x za minutu, nepravidelný objekt a dobré úchopové vlastnosti. Průměrná (17 kg) a maximální hmotnost (33 kg) byly do analýzy zadány dle podkladů, které byly poskytnuty.

A screenshot of a software interface for task analysis. The interface has a top navigation bar with 'Task Entry', 'Reports', and 'Analysis Summary'. Below this, there is a 'Human' dropdown menu set to 'Daikin'. The 'Task Input' section includes a 'Task Number' field with '101' and a 'Units' section with 'Dist: cm', 'Angle: deg', and 'Mass: kg'. The 'Description' field is empty. There are three tabs: 'Posture', 'Frequency', and 'Coupling'. The 'Object Type' section has 'Loose Object' selected. The 'Load Control' section has 'Bulky Packaging' selected. The 'Grasping' section has 'Optimal Grip' selected. The 'Derived hand coupling rating' is 'poor'. There is an 'Add' button. Below is a 'Task List' table with columns 'Task#', 'Description', 'Avg Load', 'Max Load', and 'Origin H'. The table contains one row with Task# 1, Avg Load 17, Max Load 33, and Origin H 38.359. At the bottom, there are buttons for 'Include/Exclude', 'Save Tasks', 'Load Tasks', 'Renumber', 'Edit', and 'Delete'. The 'LI' is 1.860 and the 'RWL' is 9.15.


Obrázek 3-14 Výsledek pro krátký dosah

Z provedených kalkulačí pak vyplývá, že doporučený hmotnostní limit RWL pro popsanou činnost by měl být 9,15 kg. Jelikož byla zadána průměrná hmotnost jednotky 17 kg, výsledek analýzy **značí překročení limitu**. Musí být ovšem dodáno, že oproti předchozímu případu byla doporučená hmotnost ke zdvihání navýšena o 3,5 kg.

3.4 MTM-1 – současný stav

Z důvodu možného ušetření času díky novému ergonomickému návrhu byla vytvořena časová analýza pro hodnocení odkládání ventilu do připraveného boxu.

Analýza MTM je provedena od okamžiku, kdy pracovník pravou rukou sáhne pro ventil, umístěný v prostoru jednotky s ostatními díly, uchopí jej a přesune do úložiště vzdáleného zhruba 90 cm od těla. Ruku pak stáhne zpět k tělu, čímž pohyb končí. Analýza pohybu je znázorněna v následující tabulce. Mimo jiné je zde zobrazeno, že celý pohyb současného stavu trvá 2,68 vteřin.

| | | | | | | | |
|---|---|---|------|-------------|------|-----|------------------|
|  | Analýza operačního úseku | Ev. č. <table border="1" style="display: inline-table;"><tr><td>P101</td></tr><tr><td>2/2</td></tr></table> | P101 | 2/2 | | | |
| P101 | | | | | | | |
| 2/2 | | | | | | | |
| | <input checked="" type="checkbox"/> Pozorovací analýza <input type="checkbox"/> Plánovací analýza | List/Listů | | | | | |
| Kód | | | | | | | |
| Název op. úseku | Odkládání ventilu | | | | | | |
| Začátek | Sáhnout pro ventil | | | | | | |
| Obsah | Pracovník pravou rukou sáhne pro ventil, umístěný v prostoru jednotky s ostatními díly, uchopí jej a přesune do úložiště. Pohyb končí s rukou u těla. | | | | | | |
| Konec | Ruka zpět u těla, přendání ventilu z druhé ruky | | | | | | |
| Ohraničení | | | | | | | |
| Č. | Popis | PxČ | Kód | TMU | Kód | PxČ | Popis |
| 1 | | | | 18,2 | R40C | | dosah k ventilu |
| | | | | 2 | G1A | | |
| | | | | 28,3 | M80A | | do bedýnky |
| | | | | 2 | RL1 | | |
| | | | | 23,9 | R80E | | ruka zpět k tělu |
| | | | | | | | |
| | | | | | | | |
| | | | | 74,4 | TMU | | |
| | | | | 2,68 | s | | |

Tabulka 3-8 MTM-1 současného stavu

3.5 Hodnocení hmotnostních limitů dle Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.

Dle hodnocení hmotnostních limitů dle Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. rozdělujeme manipulaci s břemeny na tzv. častou a občasnou. Častým zvedáním a přenášením břemene se rozumí zvedání a přenášení břemene přesahující souhrnně 30 minut v průměrné osmihodinové směně. Naopak občasným zvedáním a přenášením břemene se rozumí přerušované zvedání a přenášení břemene nepřesahující souhrnně 30 minut v průměrné osmihodinové směně. Pro oba dva způsoby práce platí tedy limity pro častou manipulaci, tedy 30 kg pro muže a 15 kg pro ženy viz tabulka níže. Dále se dle Nařízení vlády hodnotí kumulativní hmotnost, což je maximální přípustný limit za osmihodinovou pracovní směnu.

3.5.1 Pracoviště F4

U analyzované pozice na pracovišti F4 ke zvedání, ani přenášení nedochází. V případě, že by docházelo, hmotnosti jednotek se pohybují v rozmezí 7-15 kg pro častou manipulaci, což bez problémů splňuje limit. Kumulativní zátěž je z důvodu téměř nulového přenášení jakýchkoliv břemen po celou dobu směny naprosto v pořádku.

| | občasná manipulace | častá manipulace | práce vsedě | kumulativní hmotnost |
|------|--------------------|------------------|-------------|----------------------|
| muži | Max. 50 kg | Max. 30 kg | Max. 5kg | Max. 10000 kg |
| ženy | Max. 20 kg | Max. 15 kg | Max. 3kg | Max. 6500 kg |

pozn. hmotnostní limity pro těhotné ženy a osoby se změněnou pracovní schopností jsou nižší

Tabulka 3-9 Hmotnostní limity dle NV č. 361/2007 Sb. [5]

3.5.2 Pracoviště R2

Na pracovišti R2 se hmotnosti kompresorů pohybují od 10,5 kg až do 33 kg, pro které je na pracovišti uzpůsoben zvedák pro lepší manipulaci. Bylo počítáno s průměrnou hmotností kompresorů 17 kg, tedy lze říci, že k překročení hmotnostních limitů z těchto hledisek nedochází.

V souvislosti s tímto lokálním maximem je nutné ověřit i tzv. kumulativní hmotnost, což je přípustná hmotnost za standardní 8 hodinovou směnu, viz kapitola 4.3.

V případě 8 hodinové směny je průměrná produkce jednotek na pracovišti 250 ks. Na pracovišti dochází jednak k manipulaci se samotnými jednotkami, u kterých je průměrná hmotnost uvažována 11,6 kg a k manipulaci s kompresory s průměrnou hmotností 17 kg. Celková přenášená hmotnost za směnu pak vychází **7 150 kg**, což stále splňuje hmotnostní limity dle Nařízení vlády.

4 Návrhy řešení

Pro snížení námahy pracovníků na montážní lince, je třeba provést několik podstatných změn. Hlavní změnou je konstrukční návrh nového typu vozíku pro montážní linku. Další změny se týkají změn přípravků na pracovišti. V následujících kapitolách jsou popsány možné změny jednotlivých pracovišť na lince.

Nové návrhy byly vytvořeny na základě analýz RULA, stejně tak byl vyhodnocen i navrhovaný stav nového pracoviště. Pro možnost porovnání byl navrhovaný stav hodnocen zcela stejným způsobem jako současný stav.

4.1 Racionalizace pracoviště F4

Na pracoviště F4 byla navržena změna vozíků, ze kterých je tvořena montážní linka. Díky tomu se pracovníci nemusí ohýbat, to bylo potvrzeno analýzou RULA, která vychází podstatně lépe oproti původní variantě. Dále byly navrženy podněty ke zlepšení pro zpříjemnění pracovní pohody.

4.1.1 Podněty ke zlepšení

Následně jsou uvedeny podněty ke zlepšení situace na pracovišti F4, kde probíhá montáž rámu jednotky.

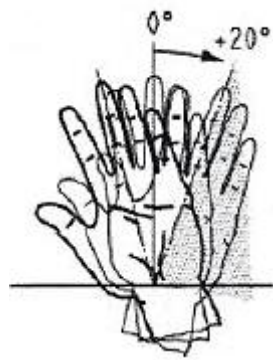
Šroubováky s úchopem typu pistole

Při montáži rámu pracovník drží šroubovák v nepřírozené poloze, čímž mohou vznikat poruchy a onemocnění zápěstí. Níže je současná poloha ruky se šroubovákem, lze si všimnout značného vychýlení a ohnutí zápěstí při práci.

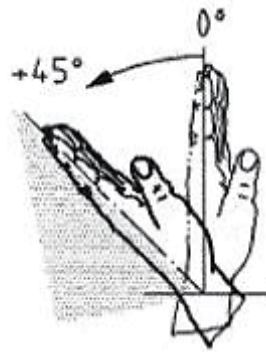


Obrázek 4-1 Poloha ruky při současném řešení

Na následujících obrázcích jsou znázorněny rozsahy poloh zápěstí pro manuální práci, které by měly být splněny. V případě montáže rámu z čela dochází k tzv. ulnární deviaci (Obrázek 4-2) s hodnotou přesahující 20°, což se nachází mimo rozsah přijatelných poloh.



Obrázek 4-2 Ulnární deviace [6]



Obrázek 4-3 Dorsální flexe [6]

Další nevhodnou polohou zápěstí je tzv. dorsální flexe ([6] Obrázek 4-3), ke které dochází při montáži bočních rámců. Z pozorování pracovníků vyplynulo, že ruka je v tento okamžik se šroubovákem vychýlena více, než je uvedeno jako poloha přijatelná pro práci.



Obrázek 4-4 Navrhovaný typ šroubováku

Doporučením je použití šroubováku s úchopem typu pistole, viz obrázek výše, při kterém nebude docházet ani k jedné ze zmiňovaných poloh, a tím se mohou eliminovat vznikající onemocnění, či poranění zápěstí.

Gumové podložky

Z důvodu pracovní polohy ve stoje je dobré zvážit nákup gumových podložek ESD pod nohy, které sníží svalovou zátěž chodidel, jež vzniká chůzí na betonové podlaze. Gumové podložky sníží tvrdost podlahy a uleví svalovému zatížení nohou, což může snížit vyčerpání pracovníků.



Obrázek 4-5 Podložka pro snížení svalové zátěže chodidel [12]

Vozík – varianta 1

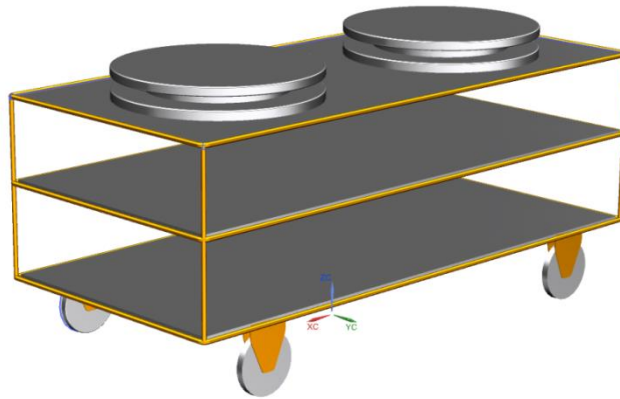
Analýza RULA pro navrhovaný typ práce, byla vyhodnocována s jiným typem vozíků, než je doposud na pracovišti používán. Tento typ vozíků byl navržen s ohledem na pracovní polohu, ale i na pracoviště samotné. Návrh vycházel z vozíku stávajícího a drobnými úpravami byl přizpůsoben pracovníkům, které jej používají. Změnila se výška pracovní desky, navrhovaný vozík je o 10 cm vyšší, celková výška je pak 90 cm. Špatně přístupný úložný prostor pod vozíkem byl nahrazen vysouvacími lyžinami s deskou, která lze vysouvat z obou stran – vznikne tak šuplík s nízkými hranami, pro snadný úchop a pohodlný přístup pro oba pracovníky.



Obrázek 4-6 Navrhovaný typ vozíku I.

Vozík – varianta 2

Tento typ vozíku byl opět navržen s ohledem na výsledky analýzy RULA. Otočné desky zajistí eliminaci nahýbání pracovníka nad vozík, neboť menší klimatizační jednotky si může jednoduše otočit. Otočení a aretace by byla zajištěna mechanickou pákou pro obě otočné desky zároveň. Otočnými deskami se zvýší i výška pracovního místa, což zajistí vzpřímenou polohu pracovníka.

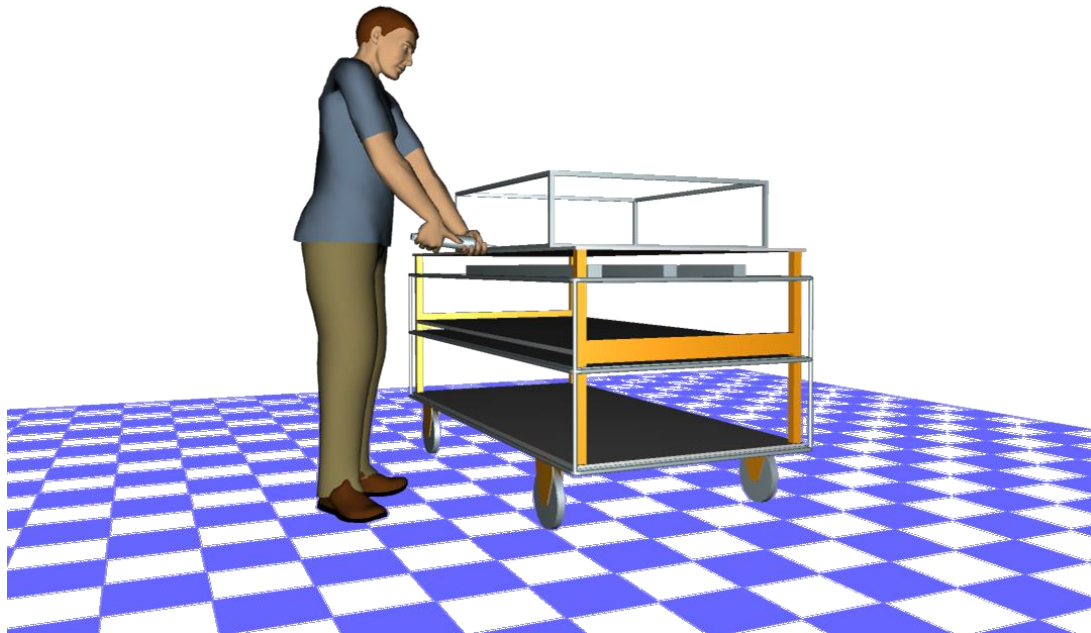


Obrázek 4-7 Navrhovaný typ vozíku II.

4.1.2 RULA analýza – navrhovaný stav

Nový způsob práce byl zhodnocen zcela stejným způsobem jako současný stav, pro potřeby porovnání. Pro analýzu pracovních poloh byla opět využita metoda RULA. Jednalo se o polohu 1 na pracovišti F4, kde byla hodnocena poloha při montáži rámu jednotky.

Na následujícím obrázku je znázorněna poloha při montáži rámu jednotky. Díky návrhu vyššího vozíku pracovník nemusí provádět takový předklon, jak tomu je u současného stavu, což eliminuje ohyb páteře a snižuje se námaha. Pracovní postup zůstává stejný, tedy ani vstupní parametry analýzy RULA se nezměnily - frekvence více než 4x za minutu. Pracovní poloha je ve stoje. Není vynakládáno žádné extrémní využití svalů a sil.



Obrázek 4-8 Pracoviště F4 - Pracovní poloha 1 - navrhovaný způsob

The screenshot displays the RULA software interface with the following data:

| Category | Item | Value |
|-----------------------------|--------------|----------|
| Body Group A Posture Rating | Upper arm: | 2 |
| | Lower arm: | 3 |
| | Wrist: | 2 |
| | Wrist Twist: | 2 |
| | Total: | 5 |
| Body Group B Posture Rating | Neck: | 2 |
| | Trunk: | 1 |
| | Total: | 3 |
| Grand Score: | | 4 |

Additional details from the interface:

- Muscle Use:** Action repeated more than 4 times per minute
- Force/Load:** < 2 kg intermittent load
- Arms:** Not supported
- Legs and Feet Rating:** Standing, weight even. Room for weight changes.
- Action:** Further investigation needed. Changes may be required.

Obrázek 4-9 Vstupní a výsledné parametry metody RULA - pracoviště F4 - poloha 1 - navrhovaný způsob

Obrázek výše vpravo znázorňuje výsledky provedené analýzy. Jasně je zde vidět, a nižšími hodnotami je reprezentováno, že pracovní poloha je podstatněji přijatelnější a méně fyzicky náročná. Především se změnila hodnota u celé polohy páteře – krk a záda. Celkové skóre rizika dosahuje hodnoty 4 bodů (2. kategorie).

4.2 Racionalizace pracoviště R2

Na pracovišti R2 byly provedeny změny především v přístupu ke kompresorům, které se montují do klimatizačních jednotek.

4.2.1 Podněty ke zlepšení

Následně jsou uvedeny podněty ke zlepšení situace na pracovišti R2, kde probíhá montáž kompresoru jednotky.

Stejně jako na pracovišti F4, i zde je vhodné použít ESD podložky pro snížení námahy chodidel jak je uvedeno v kapitole 4.1.1 Podněty ke zlepšení.

Vozík pro kompresory - varianta 1

Z provedených analýz vyplynulo, že při změně přístupu pracovníka k vozíku s kompresory, dojde ke snížení námahy a možnosti přenašení větší hmotnosti než doposud. Z tohoto důvodu byl navržen vozík, který má možnost přístupu s obou stran, čímž se eliminuje natahování do zadních řad. Vozík je stejného konceptu jako doposud, pouze bylo změněno otevírání vozíku ze sklopení jedné strany na možnost zasunutí obou stran po úroveň úložné plochy.



Obrázek 4-10 Vozíky pro kompresory - varianta 1

Vozík pro kompresory - varianta 2

Druhá varianta vozíku byla navržena tak, aby byla eliminována manipulace s vozíkem z předchozího návrhu. Pracovník tak nebude muset otáčet s celým vozíkem, ale pouze s otočnou deskou, na které jsou připevněny kompresory. Otočná deska by byla řešená jako stávající horní úložná plocha vozíku, kterou lze po uvolnění aretace otočit.



Obrázek 4-11 Vozík pro kompresory - varianta 2

4.2.2 RULA analýza – navrhovaný stav

Nový způsob práce byl zhodnocen zcela stejným způsobem jako současný stav, pro potřeby porovnání. Pro analýzu pracovních poloh byla opět využita metoda RULA. Jednalo se o polohu 2 (Obrázek 3-7 Pracoviště R2 - Pracovní poloha 2 - současný způsob) na pracovišti R2, kde bylo hodnoceno odkládání ventilů.

Na následujícím obrázku je znázorněna poloha při odkládání ventilů do nižší polohy, než tomu bylo doposud. Pracovník nemusí natahovat ruku do nepříjemné polohy – obecně veškeré pohyby nad úroveň ramen jsou prokázány jako nevhodné. Celková délka pohybu se tímto snížila z 90 cm na 50 cm.



Obrázek 4-12 Pracoviště R2 - Pracovní poloha 2 - navrhovaný způsob

Operace opět probíhá více než 4x za minutu. Tento fakt je zohledněn u vstupních parametřů analýzy RULA (obrázek níže vlevo), kde byla nastavena frekvence více než 4x za minutu. Pracovní poloha je ve stoje. Není vynakládáno žádné extrémní využití svalů a sil.


The screenshot shows the RULA analysis software interface. On the left, the 'Task Entry' tab is active, showing input parameters for a worker named 'Daikin'. The 'Body Group A Loading (Arm, Wrist)' section has 'Muscle Use' set to 'Action repeated more than 4 times per minute' and 'Forces and Loads' set to '< 2 kg intermittent load'. The 'Legs and Feet' section is set to 'Standing, weight even. Room for weight changes.' The 'Body Group B Loading (Neck, Trunk)' section has 'Muscle Use' set to 'Action repeated more than 4 times per minute' and 'Forces and Loads' set to '< 2 kg intermittent load'. On the right, the 'Analysis Summary' tab is active, displaying the results. The 'Body Group A Posture Rating' shows: Upper arm: 2, Lower arm: 3, Wrist: 1, Wrist Twist: 2, Total: 5. The 'Body Group B Posture Rating' shows: Neck: 2, Trunk: 1, Total: 3. The 'Grand Score' is 4, highlighted in yellow. The 'Action' is 'Further investigation needed. Changes may be required.' There is an 'Update Analysis' button at the bottom right.

Obrázek 4-13 Vstupní a výsledné parametry metody RULA - pracoviště R2 - poloha 2 - navrhovaný způsob

Obrázek výše vpravo znázorňuje výsledky provedené analýzy. Jasně je zde vidět, a nižšími hodnotami je reprezentovaný, vhodnější a méně fyzicky namáhavý způsob odkládání ventilů. Snížila se především vynaložená síla při zvedání paže, čímž se eliminovalo nerovnoměrné rozložení četnosti pohybů. Celkové skóre rizika dosahuje hodnoty 4 bodů (2. kategorie).

4.3 MTM-1 navrhovaný stav

Pro nově navržený stav, kdy byl box na ventily umístěn blíže k tělu pracovníka, byla opět provedena časová analýza MTM-1. Analýza MTM je opět provedena od okamžiku, kdy pracovník pravou rukou sáhne pro ventil, umístěný v prostoru jednotky s ostatními díly, uchopí jej a přesune do úložiště nyní vzdáleného 40 cm od těla. Ruku pak stáhne zpět k tělu, čímž pohyb končí. Jak je vidět z následující tabulky, hodnota doby trvání se snížila na 1,88 vteřin. Což je proti stávajícímu stavu snížení o 0,8 vteřin.

| | | | | | | | |
|---|---|--|------------|-------------|------|-----|------------------|
|  | Analýza operačního úseku | | Ev. č. | P101 | | | |
| | <input checked="" type="checkbox"/> Pozorovací analýza | <input type="checkbox"/> Plánovací analýza | List/Listů | 2/2 | | | |
| Kód | | | | | | | |
| Název op. úseku | Odkládání ventilu | | | | | | |
| Začátek | Sáhnout pro ventil | | | | | | |
| Obsah | Pracovník pravou rukou sáhne pro ventil, umístěný v prostoru jednotky s ostatními díly, uchopí jej a přesune do úložiště. Pohyb končí s rukou u těla. | | | | | | |
| Konec | Ruka zpět u těla, přendání ventilu z druhé ruky | | | | | | |
| Ohraničení | | | | | | | |
| Č. | Popis | PxČ | Kód | TMU | Kód | PxČ | Popis |
| 1 | | | | 18,2 | R40C | | dosah k ventilu |
| | | | | 2 | G1A | | |
| | | | | 15,8 | M40A | | do bedýnky |
| | | | | 2 | RL1 | | |
| | | | | 14,1 | R40E | | ruka zpět k tělu |
| | | | | | | | |
| | | | | 52,1 | TMU | | |
| | | | | 1,88 | s | | |

Tabulka 4-1 MTM-1 navrhovaného stavu

5 Technickoekonomické zhodnocení

Obsahem diplomové práce je i technickoekonomické zhodnocení, které shrnuje nejpodstatnější racionalizační návrhy analyzovaných pracovišť. Dále je porovnání výsledků analýz RULA provedených na pracovištích a analýza MTM-1 současného a navrhovaného stavu.

Ekonomické hodnocení diplomové práce je provedeno výpočtem z analýzy MTM-1, zaměřeným na navýšení vyrobených kusů klimatizačních jednotek za směnu. Společnost bohužel nemohla poskytnout podrobné informace o tržbách a zisku z vyráběných jednotek, tudíž výpočet je vyjádřen v jednotkách procent.

5.1 Racionalizační návrhy pracovišť

Jak již bylo zmíněno, návrhy nových pracovišť spočívají ve změnách, které mají zaměstnancům usnadnit práci a zároveň přinést zisk pro společnost.

Na pracovišti F4 bylo navrženo nové řešení vozíků pro montážní linku dle ergonomických parametrů. Dále byl navrhnut nový typ šroubováku opět s přihlédnutím na ergonomii a antropometrické možnosti člověka.

Pro druhé pracoviště bylo z analýzy NIOSH navrženo opatření pro přenášení kompresorů na pracoviště ve formě nového vozíku na kompresní jednotky. Pracovníci se tak nemusejí pracně nahýbat a složitě manipulovat s těžkým kompresorem. Dalším racionalizačním návrhem byla změna místa odkládacího prostoru pro ventily, čímž se ušetří nejen čas, ale zlepší se i pracovní poloha pracovníka. Protože montážní pracoviště je součástí rozsáhlého komplexu linky, tak samotná montáž zůstala nezměněná.

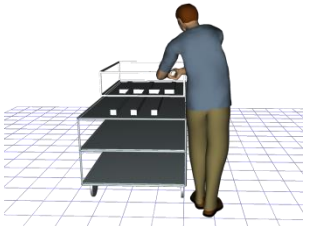
5.2 Porovnání analýz RULA

Na následujících stránkách je uvedeno shrnutí všech pracovních poloh, které byly hodnoceny analýzou RULA. Je zde zobrazen současný stav práce a navrhovaný, vždy s výsledným skóre pro lepší přehled.

5.2.1 Pracoviště F4

V následujících tabulkách je provedeno přehledné shrnutí všech předcházejících analýz pracovních poloh RULA jak pro současný, tak nový způsob práce.

| Zhodnocení současného způsobu práce | |
|-------------------------------------|--|
| | Analýza RULA |
| F4 Poloha 1 |  Výsledné skóre 7 |

| | | |
|--------------------------------------|---|--------------------------------|
| <p>F4 Poloha 2</p> |  | <p>Výsledné skóre 7</p> |
|--------------------------------------|---|--------------------------------|


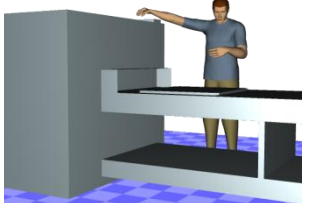
Tabulka 5-1 Shrnutí současného způsobu práce metodou RULA

| Zhodnocení navrhovaného způsobu práce | | |
|--|---|--------------------------------|
| Analýza RULA | | |
| <p>F4 Poloha 1</p> |  | <p>Výsledné skóre 4</p> |


Tabulka 5-2 Shrnutí navrhovaného způsobu práce metodou RULA

5.2.2 Pracoviště R2

V následujících tabulkách je provedeno přehledné shrnutí všech předcházejících analýz pracovních poloh RULA jak pro současný, tak nový způsob práce.

| Zhodnocení současného způsobu práce | | |
|--|---|--------------------------------|
| Analýza RULA | | |
| <p>R2 Poloha 1</p> |  | <p>Výsledné skóre 6</p> |
| <p>R2 Poloha 2</p> |  | <p>Výsledné skóre 5</p> |

Tabulka 5-3 Shrnutí současného způsobu práce metodou RULA

| Zhodnocení navrhovaného způsobu práce | |
|--|--|
| Analýza RULA | |
| R2 Poloha 2 |  Výsledné skóre 4 |

Tabulka 5-4 Shrnutí navrhovaného způsobu práce metodou RULA

5.3 Porovnání MTM-1 obou stavů

Na pracovišti R2 byla provedena časová analýza pohybu při odkládání ventilů. Tento čas byl měřen od uchopení ventilu, po odhození do bedny položené na horní části linky (90 cm), až po vrácení ruky zpět k tělu. Navrhovaný stav je pro ten samý pohyb, pouze se změnila dráha odhazování ventilů do bedny, která se nyní nachází ve vzdálenosti 40 cm od těla. Doby trvání operace pro současný a navrhovaný stav jsou zobrazeny v následující tabulce.

| | |
|------------------------|--------|
| současný stav | 2,68 s |
| navrhovaný stav | 1,88 s |
| ušetřený čas | 0,8 s |

Tabulka 5-5 Doby trvání odhazování ventilů

Při zavedení navrhovaného stavu je pohyb zkrácen o 0,8 vteřiny, což v přepočtu na celou směnu (7,5 hodiny) je 720 vteřin za směnu, tedy 12 minut. Tím lze v průměru zvýšit produkci o 10 kusů jednotek za směnu.

Z následující tabulky je patrné, že při převodu na roční hodnoty lze ušetřit 100 hodin, v přepočtu 4,16 dní ročně při zkrácení dráhy pohybu o 50 cm.

| za směnu | | | |
|------------------|----------|--------|----------|
| vteřiny | minuty | hodiny | procento |
| 720 s | 12 min | 0,2 h | 2,67% |
| za den | | | |
| 1440 s | 24 min | 0,4 h | 2,67% |
| za rok (250 dní) | | | |
| 360000 s | 6000 min | 100 h | 2,67% |

Tabulka 5-6 Ušetření času při navrhovaném způsobu práce

5.4 Ekonomické zhodnocení

Jelikož společnost odmítla poskytnout informace o zisku z vyráběných produktů, výše tržeb navrhovaných změn lze vypočítat pouze teoreticky se zaokrouhlením.

Výpočet vychází z hodnot časové analýzy MTM-1 a z produkce za průměrnou osmihodinovou směnu. Jak je patrné z Tabulka 5-6 Ušetření času při navrhovaném způsobu práce, při zkrácení pohybu z 90 cm na 40 cm, tedy o 50 cm, tak se doba trvání úkonu sníží na 1,88 vteřin, tedy o 0,8 vteřin. Za směnu (7,5 hodiny) lze tak ušetřit 720 vteřin. Za den je to pak 1440 vteřin (24 minut) a za rok (počítány pracovní dny – 250 dní) lze ušetřit až 100 hodin, což je 4,16 dní.

| Produkce | Za směnu [ks] | Za den [ks] | Za rok [ks] |
|-----------------|---------------|-------------|-------------|
| Současný stav | 250 | 500 | 125 000 |
| Navrhovaný stav | 256 | 512 | 128 125 |
| Rozdíl | 6 | 12 | 3 125 |

Tabulka 5-7 Produkce před a po změně

Předchozí tabulka ukazuje současný stav produkce a produkci při změně na navrhovaný stav. V současném stavu jsou montážní linky schopny vyprodukovat ročně až 125 000 ks klimatizačních jednotek. Výnosy zde nejsou uvedeny, neboť ceny jednotlivých druhů se liší svými parametry a průměrná cena nebyla podnikem zveřejněna. Ve stavu navrhovaném je roční produkce vypočtena na 128 125 ks klimatizačních jednotek, což je oproti stávajícímu stavu navýšení o 3 125 ks ročně. V přepočtu na produkci klimatizačních jednotek za ušetřený čas, tedy za 4,16 dní je to 3 125 ks jednotek navíc v rámci ušetřeného času.

Realizace změny

Celá realizace sebou nese i změny, které jsou finančně více či méně náročné. Jednou ze změn je především nákup šroubováků, které sníží námahu pracovníků. Z poskytnutých informací bylo zjištěno, že na pracovišti je zhruba 30 šroubováků, které se musí vyměnit. Šroubováky, které budou nakupovány, jsou znázorněny na následujícím obrázku. Nákup těchto šroubováků je kalkulován v tabulce kalkulací nákladů.



Obrázek 5-1 Nakupované šroubováky [13]

Další nakupovanou položkou jsou ESD gumové podložky, které vedou ke snížení únavy pracovníků. Jeden kus se dá koupit za 1381 Kč. Opět bylo počítáno s třiceti kusy na daná pracoviště.



Obrázek 5-2 Nakupované podložky [12]

Poslední finančně náročnější položkou jsou nové vozíky. Jelikož je počítáno se zhotovením na zakázku, cenu lze pouze odhadovat dle nabídky, která je dostupná. Vozíky podobného typu se cenově pohybují okolo 4 500,-. Bylo proto počítáno s lehkým navýšením a cenou jednoho vozíku 5 000,-. Opět byla částka přepočtena pro 30 ks, které se na pracovišti běžně vyskytují.

| Položka | Cena za ks vč. DPH | Cena celkem vč. DPH |
|--------------|--------------------|---------------------|
| Šroubovák | 549,- | 16 470,- |
| ESD podložka | 1 381,- | 41 431,- |
| Vozík | 5 000,- | 150 000,- |
| | | 207 901,- |

Tabulka 5-8 Kalkulace nákladů

Vyčíslení celé této přestavby činí 207 901,-. S ohledem na tak vysoké rozdíly v roční produkci a přínosy zaměstnancům v rámci zdraví, je tato částka zanedbatelná

Předmětem této diplomové práce je především snížení námahy pracovníků na montážní lince při práci. Z důvodů provedených změn na pracovištích dojde při snížení námahy i ke zvýšení počtu vyrobených kusů, což lze označit jako úspěšný výsledek.

Závěr

Cílem této práce byla analýza a optimalizace jednotlivých pracovišť ve snaze nalézt kritická místa a navrhnout jejich zlepšení v oblasti ergonomie.

Práce je nejprve věnována teoretické části, kde byly podrobně popsány jednotlivé ergonomické a racionalizační metody, které byly následně aplikovány na problematiku v podniku.

Následovala praktická část. Ta je zaměřena na samotné zefektivnění montážní linky kompresorů a klimatizačních jednotek. Pro tyto pracoviště byly vytvořeny 3D modely za účelem zkoumání současné situace, k čemuž byly využity ergonomické analýzy RULA a NIOSH. Hodnoty pro provedení analýz, byly získány prostřednictvím dotazníků Nordic Questionnaire, které byly na pracovišti rozdány.

Tímto způsobem byla vytvořena ergonomické studie týkající se zatížení svalových partií, především v oblasti horní poloviny těla - paží, zad a trupu. Na základě vyhodnocení ergonomických analýz, byl proveden návrh na pracoviště nové s ohledem na prováděnou práci.

Po provedení analýzy na pracovišti F4 byl v prováděných polohách zjištěn nevyhovující stav. Ten byl dle výsledků RULA hodnocen výsledkem 6 jako nedostačující (4. stupeň hodnocení vykonávané práce). Navrhovanými opatřeními bylo dosaženo snížení tohoto výsledku práci na 2. stupeň kategorizace práce – hodnoceno skórem 4. Toho bylo dosaženo zavedením nového typu linky, která je tvořena zástupem vozíků.

Na pracovišti R2 byl pomocí analýzy zjištěn nevyhovující stav z hlediska dosahových vzdáleností, který byl hodnocen skórem 6 a 5 (3. kategorie). Hodnocení hmotnostním limitem vychází z důvodu vysokých hmotností kompresorů, které jsou přenášeny z vozíku na pracoviště, nedostatečně. Úpravou těchto vozíků lze alespoň částečně snížit námahu tím, že selepší přístup pracovníků k vozíku. Drobnou úpravou pracoviště se zmenšil i dosah jednotlivých komponent, a tím se i snížil čas jednotlivých operací.

Obsahem práce je i technickoekonomické zhodnocení, které shrnuje celý průběh práce v jednotlivých oblastech – racionalizační oblast, porovnání stávajících výsledků s navrhovanými a ekonomické hodnocení, které vyčísluje náklady na provedení patřičných změn.

POUŽITÁ LITERATURA A ZDROJE

- [1] GILBERTOVÁ, S., MATOUŠEK O. *Ergonomie : Optimalizace lidské činnosti*. 1. vyd. Praha : Grada, 2002. 239 s. ISBN 80-247-0226-6.
- [2] BUREŠ, M., SEKULOVÁ, K., PŘIBÁŇOVÁ, V. ŽIVDIG : *Tvorba a optimalizace pracoviště - cvičení, e-book*. Plzeň: ZČU-KPV, 2013. ISBN 978-80-87539-33-0.
- [3] KÁBA, M. *Ergonomická analýza pracovišť na montážní lince*. Plzeň, 2016. Diplomová práce. Západočeská univerzita v Plzni, FST, Katedra KPV
- [4] Normy třídy ČSN 8335
- [5] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. stanovující podmínky ochrany zdraví při práci (a jeho aktualizace NV č. 68/2010 Sb.) potažmo dle Vyhlášky č. 432/2003 Sb. stanovující podmínky pro zařazování prací do kategorií.
- [6] BUREŠ, M. *Ergonomie - Úvod*. Plzeň, 2012. Přednáška z předmětu ŘOP. Západočeská univerzita v Plzni, FST, Katedra KPV
- [7] BUREŠ, M. *MTM*. Plzeň, 2014. Přednáška z předmětu ŘOP. Západočeská univerzita v Plzni, FST, Katedra KPV
- [8] www.ergotest.cz [online]. [cit. 2016-12-2]. Dostupné z: <http://www.ergotest.cz/ergonomics/>
- [9] www.svetproduktivity.cz [online]. [cit. 2016-12-4]. Dostupné z: <http://www.svetproduktivity.cz/slovník/NIOSH-Lifting-Index.html>
- [10] www.ergo-plus.com [online]. [cit. 2016-12-12]. Dostupné z: <http://www.ergo-plus.com/wp-content/uploads/RULA-A-Step-by-Step-Guide1.pdf>
- [11] www.daikin.cz [online]. [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <http://www.daikin.cz/daikin/index.jsp>
- [12] www.cerva.com [online]. [cit. 2017-04-02]. Dostupné z: <http://www.cerva.com/katalog/produkty/99500043-benchstat-esd-podlozka>
- [13] www.wetra-xt.com [online]. [cit. 2017-05-01]. Dostupné z: <http://www.wetra-xt.com/eshop/aku-sroubovak-48v-s-prislusenstvim-p392>

