

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

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

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Ergonomická analýza vybraných montážních pracovišť

Autor: Bc. Tomáš Černík

Vedoucí práce: Doc. Ing. Michal Šimon, Ph.D.

Akademický rok 2019/2020

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 vypracoval samostatně, s použitím odborné literatury a pramenů, uvedených v seznamu, který je součástí této diplomové práce.

V Plzni dne:

.....

podpis autora

Poděkování

Rád bych poděkoval za podporu při vypracovávání mé diplomové práce svému vedoucímu práce, panu Doc. Ing. Michalu Šimonovi, Ph.D. za ochotu a čas věnovaný konzultacím po celou dobu, co jsem vytvářel tuto práci. Dále bych chtěl poděkovat Ing. Martinu Kábovi za konzultace k mé práci.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Černík	Jméno Tomáš
STUDIJNÍ OBOR	N2301 „Průmyslové inženýrství a management“	
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Doc. Ing. Šimon, Ph. D.	Jméno Michal
PRACOVIŠTĚ	ZČU – FST – KPV	
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ PRÁCE	
NÁZEV PRÁCE	Ergonomická analýza vybraných montážních pracovišť	

FAKULTA	Strojní	KATEDRA	KPV	ROK ODEVZD.	2020
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	61	TEXTOVÁ ČÁST	61	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 se zabývá ergonomickými analýzami vybraných montážních pracovišť. V první části se práce zaměřuje na teoretický popis řešené problematiky. Druhá část obsahuje analýzy současného stavu na pracovištích a jejich výsledky. Následné návrhy na zlepšení situace na pracovištích a opětovné analýzy navrhovaných stavů.</p>
<p style="text-align: center;">KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE</p>	<p style="text-align: center;">Ergonomie, antropometrie, analýzy, RULA.</p>

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Černík	Name Tomáš
FIELD OF STUDY		
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	Ergonomic analysis of workplaces	

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	Industrial Engineering and Management	SUBMITTED IN	2020
----------------	------------------------	-------------------	---------------------------------------	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	61	TEXT PART	61	GRAPHICAL PART	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION	<p>The diploma thesis deals with ergonomic analyzes of selected assembly workplaces. In the first part, the work focuses on a theoretical description of the problem. The second part contains analyzes of the current state of workplaces and their results. Subsequent proposals to improve the situation in the workplace and re-analyze the proposed conditions.</p>
TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	
KEY WORDS	Ergonomics, anthropometry, analyzes, RULA.

Obsah

SEZNAM OBRÁZKŮ	8
ÚVOD	10
1 ERGONOMIE	11
1.1 ROZLOŽENÍ PRACOVNÍHO PROSTŘEDÍ.....	11
1.2 ANTROPOMETRIE	12
1.2.1 Antropometrické rozměry.....	12
1.2.2 Percentily.....	13
1.3 ERGONOMICKÉ METODY	13
1.3.1 Nordic Questionnaire	14
1.3.2 NIOSH.....	14
1.3.3 RULA analýza.....	15
1.3.4 Tecnomatix Jack.....	16
1.3.5 Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.....	16
1.3.6 Zátěž teplem.....	16
1.3.7 Fyzická zátěž.....	17
1.3.8 Pracovní poloha	18
1.3.9 Ruční manipulace s břemenem.....	18
1.3.10 Xsens.....	19
1.4 KATEGORIZACE PRÁCE	20
2 SOUČASNÝ STAV VÝROBNÍHO PROCESU	22
2.1 PRACOVNÍ MÍSTO BONDING	22
2.2 PRACOVNÍ MÍSTO SEALOVÁNÍ	22
2.3 PRACOVNÍ MÍSTO VÝROBY VÝMĚNÍKŮ	23
3 ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU VYBRANÝCH PRACOVNÍCH MÍST	24
3.1 VÝSLEDKY DOTAZNÍKU	24
3.1.1 Pracovní místo Bonding.....	24
3.1.2 Pracovní místo Sealování.....	24
3.2 RULA ANALÝZA SOUČASNÉHO STAVU.....	24
3.2.1 Pracovní místo Bonding.....	24
3.2.2 Pracovní místo Sealování.....	29
3.2.3 Pracovní místo výroby výměníků.....	33
3.2.4 Pracovní místo manipulace s výměníky.....	35
3.3 XSENS.....	38
3.3.1 Pracovní místo Bonding.....	39
3.3.2 Pracovní místo Sealování.....	42
4 POROVNÁNÍ POUŽITÝCH VARIANT.....	47
4.1 SIEMENS JACK.....	47
4.2 XSENS.....	48
4.3 POROVNÁNÍ VÝSLEDKŮ ANALÝZ.....	49
4.3.1 Pracovní místo Bonding.....	49
4.3.2 Pracovní místo Sealování.....	49
5 NÁVRHY NA ZLEPŠENÍ	50
5.1 PRACOVNÍ MÍSTO BONDING	50
5.2 PRACOVNÍ MÍSTO SEALOVÁNÍ	53
5.3 PRACOVNÍ MÍSTO ZASOUVÁNÍ MĚDĚNÝCH TYČÍ	53
5.4 PRACOVNÍ MÍSTO MANIPULACE S VÝMĚNÍKY	56
6 EKONOMICKÉ HODNOCENÍ	58

6.1	PRACOVNÍŠTĚ BONDING	58
6.2	PRACOVNÍŠTĚ SEALOVÁNÍ	58
6.3	PRACOVNÍŠTĚ VÝROBY VÝMĚNÍKŮ	58
7	ZÁVĚR	59
	POUŽITÁ LITERATURA	60

Seznam obrázků

OBRÁZEK 1 ANTROPOMETRICKÉ ROZMĚRY	13
OBRÁZEK 2 16HODNOCENÉ POLOHY V RÁMCI METODY RULA	15
OBRÁZEK 3 17POSTUP PROVÁDĚNÍ HODNOCENÍ DLE METODY RULA [3]	15
OBRÁZEK 4 XSSENS POPIS	20
OBRÁZEK 5 FOTO PRACOVIŠTĚ BONDING	22
OBRÁZEK 6 FOTO PRACOVIŠTĚ SEALOVÁNÍ	23
OBRÁZEK 7 FOTO PRACOVIŠTĚ VÝROBY VÝMĚNÍKŮ	23
OBRÁZEK 8 FOTO PRACOVIŠTĚ BONDING POLOHA 1	25
OBRÁZEK 9 MODEL PRACOVIŠTĚ BONDING POLOHA 1 95%	25
OBRÁZEK 10 RULA VÝSLEDEK PRACOVIŠTĚ BONDING POLOHA 1 95%	26
OBRÁZEK 11 MODEL PRACOVIŠTĚ BONDING POLOHA 1 5%	26
OBRÁZEK 12 RULA VÝSLEDEK PRACOVIŠTĚ BONDING POLOHA 1 5%	27
OBRÁZEK 13 FOTO PRACOVIŠTĚ BONDING POLOHA 2	27
OBRÁZEK 14 MODEL PRACOVIŠTĚ BONDING POLOHA 2 95%	28
OBRÁZEK 15 RULA VÝSLEDEK PRACOVIŠTĚ BONDING POLOHA 2 95%	28
OBRÁZEK 16 NEVHODNÁ MANIPULACE S MATERIÁLEM	29
OBRÁZEK 17 FOTO PRACOVIŠTĚ SEALOVÁNÍ POLOHA 1	29
OBRÁZEK 18 MODEL PRACOVIŠTĚ SEALOVÁNÍ POLOHA 1 5%	30
OBRÁZEK 19 RULA VÝSLEDEK PRACOVIŠTĚ SEALOVÁNÍ POLOHA 1 5%	30
OBRÁZEK 20 MODEL PRACOVIŠTĚ SEALOVÁNÍ POLOHA 1 95%	31
OBRÁZEK 21 FOTO PRACOVIŠTĚ SEALOVÁNÍ POLOHA 2	31
OBRÁZEK 22 MODEL PRACOVIŠTĚ SEALOVÁNÍ POLOHA 2 5%	32
OBRÁZEK 23 MODEL PRACOVIŠTĚ SEALOVÁNÍ POLOHA 2 95%	32
OBRÁZEK 24 RULA VÝSLEDEK PRACOVIŠTĚ SEALOVÁNÍ POLOHA 2 5%	33
OBRÁZEK 25 FOTO PRACOVIŠTĚ ZASOUVÁNÍ MĚDĚNÝCH TYČÍ	33
OBRÁZEK 26 MODEL ZASOUVÁNÍ MĚDĚNÝCH TYČÍ	34
OBRÁZEK 27 RULA – PRACOVIŠTĚ ZASOUVÁNÍ MĚDĚNÝCH TYČÍ	34
OBRÁZEK 28 VYHODNOCENÍ ČASOVÉHO SNÍMKU DNE 1	35
OBRÁZEK 29 VYHODNOCENÍ PRACOVNÍHO SNÍMKU 2	36
OBRÁZEK 30 FOTO PRACOVIŠTĚ MANIPULACE VÝMĚNÍKŮ	37
OBRÁZEK 31 MODEL PRACOVIŠTĚ MANIPULACE VÝMĚNÍKŮ	37
OBRÁZEK 32 RULA – MANIPULACE S VÝMĚNÍKY	38
OBRÁZEK 33 EXCEL TABULKA	38
OBRÁZEK 34 VÝSTUPNÍ DATA Z PROGRAMU XSSENS	39
OBRÁZEK 35 PRACOVIŠTĚ BONDING POLOHA 2 XSSENS	39
OBRÁZEK 36 VÝSLEDEK PRACOVIŠTĚ BONDING POLOHA TRUPU	40
OBRÁZEK 37 VÝSLEDEK PRACOVIŠTĚ BONDING POLOHA KRKU	40
OBRÁZEK 38 VÝSLEDEK PRACOVIŠTĚ BONDING POLOHA RAMEN – LEVÉ	41
OBRÁZEK 39 VÝSLEDEK PRACOVIŠTĚ BONDING POLOHA RAMEN – PRAVÉ	41
OBRÁZEK 40 VÝSLEDEK PRACOVIŠTĚ BONDING POLOHA ZÁPĚSTÍ – LEVÉ	42
OBRÁZEK 41 VÝSLEDEK PRACOVIŠTĚ BONDING POLOHA ZÁPĚSTÍ – PRAVÉ	42
OBRÁZEK 42 PRACOVIŠTĚ SEALOVÁNÍ POLOHA 1 XSSENS	43
OBRÁZEK 43 VÝSLEDEK PRACOVIŠTĚ SEALOVÁNÍ POLOHA TRUPU	43
OBRÁZEK 44 VÝSLEDEK PRACOVIŠTĚ SEALOVÁNÍ POLOHA KRKU	44
OBRÁZEK 45 VÝSLEDEK PRACOVIŠTĚ SEALOVÁNÍ POLOHA RAMEN – LEVÉ	44
OBRÁZEK 46 VÝSLEDEK PRACOVIŠTĚ SEALOVÁNÍ POLOHA RAMEN – PRAVÉ	45
OBRÁZEK 47 VÝSLEDEK PRACOVIŠTĚ SEALOVÁNÍ POLOHA ZÁPĚSTÍ – LEVÉ	45
OBRÁZEK 48 VÝSLEDEK PRACOVIŠTĚ SEALOVÁNÍ POLOHA ZÁPĚSTÍ – PRAVÉ	46
OBRÁZEK 49 SYNCHRONIZACE VIDEA A XSSENS	48
OBRÁZEK 50 ELEKTRICKY NASTAVITELNÝ STŮL	50
OBRÁZEK 51 MECHANICKY NASTAVITELNÝ STŮL	51
OBRÁZEK 52 MODEL NAVRHOVANÉHO STAVU PRACOVIŠTĚ BONDING	51
OBRÁZEK 53 VÝSLEDEK RULA PRO NAVRHOVANÝ STAV PRACOVIŠTĚ BONDING	52
OBRÁZEK 54 ERGONOMICKÉ ROHOŽE [13]	52

OBRÁZEK 55 MODEL ROBOTICKÉ RUKY	53
OBRÁZEK 56 NÁVRH POLOHY ZASOUVÁNÍ MĚDĚNÝCH TYČÍ	54
OBRÁZEK 57 VÝSLEDEK NÁVRHU POLOHY ZASOUVÁNÍ MĚDĚNÝCH TYČÍ	54
OBRÁZEK 58 NÁVRH POLOHY ZASOUVÁNÍ MĚDĚNÝCH TYČÍ	55
OBRÁZEK 59 VÝSLEDEK NÁVRHU POLOHY ZASOUVÁNÍ MĚDĚNÝCH TYČÍ	55
OBRÁZEK 60 NÁVRH POLOHY MANIPULACE S VÝMĚNÍKEM	56
OBRÁZEK 61 VÝSLEDEK NÁVRHU POLOHY MANIPULACE S VÝMĚNÍKEM	56
OBRÁZEK 62 MODEL NÁVRHU VOZÍKU PRO ŽEBRA	57

Seznam tabulek

TABULKA 1 EKONOMICKÁ POPIS PRACÍ SIEMENS JACK	47
TABULKA 2 EKONOMICKÝ POPIS PRACÍ SIEMENS JACK	48
TABULKA 3 EKONOMICKÝ POPIS PRACÍ XSSENS	48
TABULKA 4 EKONOMICKÝ POPIS PRACÍ XSSENS	48
TABULKA 5 POROVNÁNÍ ZMĚN SOUČASNÉHO STAVU A NÁVRHŮ	59

Úvod

Tato diplomová práce se zaměřuje na ergonomii vybraných montážních pracovišť v nejmenované firmě, která se zabývá výrobou vybavení vnitřních prostor letadel. Diplomová práce obsahuje výsledky z dotazníkového formuláře Nordic Questionnaire, ergonomické hodnocení vybraných pracovišť metodou RULA pomocí dvou softwarových nástrojů, Siemens Jack a Xsens.

Hlavním cílem bylo zanalyzování jednotlivých pracovišť za účelem identifikace kritických míst a vytvoření návrhů na jejich zlepšení. Z tohoto důvodu byl ve firmě proveden průzkum a sběr dat k výběru pracovišť. Na základě nasbíraných dat byly vytvořeny trojrozměrné modely skutečných pracovišť pomocí CAD softwaru. Důležitou součástí jsou ergonomické analýzy k zařazení práce do kategorie tak, aby bylo patrné, jestli mohou na pracovištích vznikat nemoci z povolání. A pokud by k této skutečnosti docházelo tak identifikovat zdroj problému a pokusit se navrhnout jeho zlepšení.

Očekávaným přínosem této práce je minimalizace pracovních úkonů způsobujících problémy s pohybovým aparátem a snížení námahy pracovníků tak, aby došlo k redukci počtu pracovníků s prokázanými nemocemi z povolání.

1 Ergonomie

Ergonomie je relativně nová koncepce. Pojem "ergonomie" poprvé použil profesor Wojciech Jastrzębowski v roce 1857 v časopise "Przyroda i Przemysł", kde publikoval svůj článek "Ergonomie ve stručnosti neboli teorie práce založená na zákonech odvozených z přírody". První ergonomické studie však byly provedeny až v 60. letech 20. století a v Polsku byl tento vědní obor znovu vzkříšen až na konci 70. a na počátku 80. let. Od té doby se ergonomické zásady nezadržitelně prosazují do našich kanceláří i domácností.[6]

Ergonomie má několik různých definic. Podle online verze encyklopedie PWN je výraz ergonomie odvozen z řeckého érgon (práce) a nómos (zákon). Jedná se o vědecký obor věnující se analýze pravidel a metod potřebných pro úpravu pracovních podmínek podle fyzických a duševních potřeb lidské bytosti v souladu s požadavky fyziologie a psychologie práce za účelem ochrany života a zdraví a podpory co nejzdravějšího rozvoje lidské osobnosti. Jinými slovy se jedná o optimální úpravu pracovního vybavení a interiéru podle našich fyzických a sociálních potřeb.[6]

Ergonomie je vědecká disciplína zabývající se interakcí mezi člověkem a pracovním prostředím, potažmo pracovními nástroji, stroji, náradím a dalšími pracovními pomůckami.

Cílem ergonomie je přizpůsobení pracoviště tak, aby bylo pro jeho uživatele bezpečné a zároveň co nejvíce produktivní. Rozložení pracovního prostředí je proto navrženo s ohledem na potřeby a fyzické možnosti člověka.

V ergonomii je nutné si vyjasnit termíny jako je mechanocentrický a antropocentrický přístup. Mechanocentrický přístup je charakterizován vývojem v počátku 20. století. Tento přístup vychází z taylorismu a považuje člověka za součást technického systému a objekt technického řízení. Nebere se tedy moc ohled na pracovníkovy potřeby a jeho pracovní výkon se podřizuje spíše výkonu strojního zařízení. Antropocentrický přístup, který vznikl v 50. a 60. letech minulého století. Je charakterizován tím, že člověk je vysoce organizované, tvořivé, pružné a nápadité individuum, které v pracovním procesu projevuje individuální potřeby a zájmy jako např. uplatnění své kreativity a participace na organizování a řízení pracovního procesu v organizaci. S ohledem na ergonomii toto tvrzení znamená, že na rozdíl od mechanocentrického přístupu je nutné upřednostňovat pracovníka před strojem a brát ohled na jeho fyzické stejně tak jako psychické potřeby.[2]

Ergonomii je možné chápat jako nástroj, pro zabezpečení efektivnější výroby a zlepšení konkurenceschopnosti. Hlavními úkoly ergonomie je vytvoření jednak organizačních a technických podmínek pro zefektivnění lidské práce, ale také snižování nepřiměřené pracovní zátěže a zvyšování pracovní pohody, dosažení efektivní výroby v podmínkách pracovní pohody. To vše bez nebezpečí zdravotního poškození pracovníků, při přizpůsobování pracovního zařízení, postupů a prostředí schopnostem člověka tak, aby mohl plnit pracovní úkoly co nejúčinněji a bez újmy na svém zdraví.[2]

1.1 Rozložení pracovního prostředí

Pracovní prostory musí ze zákona splňovat určité parametry. Prvním důležitým aspektem je vzdušný pracovní prostor. Každý zaměstnanec, který se trvale zdržuje na pracovišti, musí mít k dispozici vzdušný prostor o obsahu 20 m³ při práci vykonávané vsedě, 25 m³ při práci ve stoje a 30 m³ při těžké tělesné práci. Dalším podstatným parametrem je velikost volné podlahové plochy. Na jednoho zaměstnance musí připadat nejméně 5 m² kromě zařízení a spojovací cesty. Světlá výška trvalých pracovišť musí být při ploše méně než 50 m² (např. kanceláře) nejméně 2,60 m a při ploše od 51 do 100 m² nejméně 2,70 m.[9]

Celkové rozměry pracovišť (rozmístění, pracovní prostor, prostor pro přepravu) musí odpovídat charakteru pracovního systému. Při navrhování rozměrů pracovišť se přihlíží na antropometrické rozměry obsluhy, která bude obsluhovat pracovní systém [ČSN EN 292-2+A1: 2000 (83 3001)]. Zejména musí být splněny následující požadavky:

- a) pracovní výška musí odpovídat tělesným rozměrům osob a povaze prováděné pracovní činnosti;
- b) sedadlo musí být přizpůsobitelné anatomickým a fyziologickým charakteristikám obsluhy;
- c) musí být zaručen dostatečný prostor pro pohyby těla;
- d) ovládače se musí nacházet v mezích funkčního dosahu končetin.

1.2 Antropometrie

Antropometrie je vědní obor, který spadá pod ergonomii a zabývá se měřením rozměrů lidského těla, popisem a rozbořením tělesných znaků člověka. Základem jsou antropometrické body. Tyto body jsou celosvětově uznávané. Pro zkušenější lidi jsou snadné k nalezení, protože se nacházejí na přesně vymezených lokacích. Lze je snadno nahmatat, protože skryty pouze pod kůži, a ne pod tukovou vrstvou nebo svalovinou. Tyto rozměry jsou definovány normou.

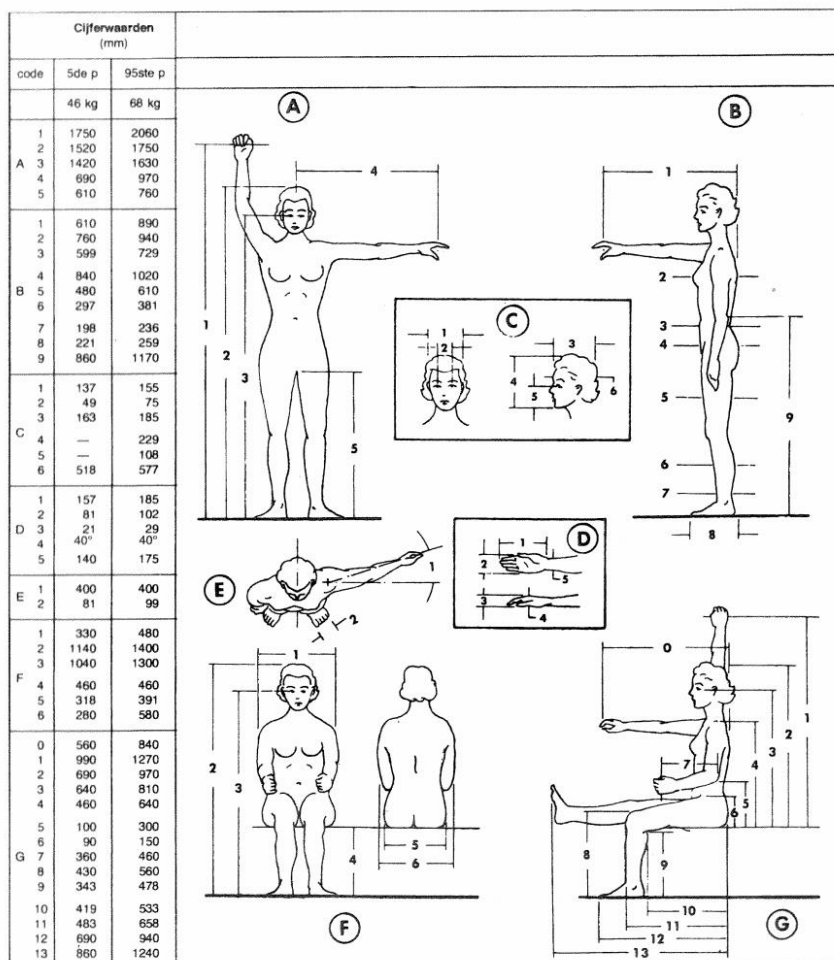
Antropometrická data lze obvykle rozdělit na funkční (dynamické) rozměry nebo strukturální (statické) rozměry. Funkční rozměry jsou například měření operační místnosti a dosahu během pracovní činnosti. Tato měření jsou obecně pro zvláštní situace a může být obtížné je měřit, ale jsou často cenné při návrhu výrobků a pracovišť.

Jedno pracoviště většinou ve velkých podnicích obsluhuje více pracovníků, kteří se na daném pracovišti střídají. Ideální by bylo, aby byli pracovníci, kteří na tomto pracovišti pracují stejných tělesných rozměrů. To není z pravidla možné, proto je důležité navrhnout pracoviště tak aby vyhovovalo pro obsluhu více typů lidí najednou. Nebo tak aby se dalo rychle přizpůsobit.

1.2.1 Antropometrické rozměry

Jedná se o délkové míry, obvody, oblouky, úhly apod.

Norma ČSN EN ISO 7250 obsahuje rozměry měřené vstoje a vsedě, rozměry jednotlivých částí těla (např. délka dlaně, šířka hlavy aj.), rozměry funkční (např. obvod hrudníku, výška úchopu aj.), a hmotnost. Celkem je v normě obsaženo 56 antropometrických rozměrů, které jsou na obrázku číslovány dle posloupnosti v normě.



Obrázek 1 Antropometrické rozměry

1.2.2 Percentily

V důsledku podstatných rozdílů v individuálních velikostech těla, jsou průměry málo použitelné a je nutno pracovat namísto toho s rozmezím. Statisticky bylo dokázáno, že měření lidského těla v jakémkoli daném vzorku populace bude distribuováno tak, že (většina) případně někam do středu, zatímco malý počet extrémních měření případně na některý konec spektra. Protože je nemožné provádět návrh pro celý vzorek populace, je nezbytné vybrat segment ze středové části. V důsledku toho je dnes vcelku obvyklé nevíšmat si extrémů na obou koncích a pracovat s 90 % populační skupiny. Většina antropometrických údajů je proto často vyjádřena v termínech percentilů. Populace se pro účely studie rozdělí na 100 procentuálních kategorií v seřazení od nejmenší do největší s ohledem na některé specifické druhy měření těla. První percentil u postavy či výšky například udává, že 99 % populačního vzorku, kterým se studie zabývá, má výšky větší. A podobně 95. percentil udává, že pouze 5 % populace studie má výšky větší a 95 % populace studie má výšky stejné nebo menší. Percentily udávají počet procent osob v rámci populace (populačního vzorku), které mají tělesné rozměry určité velikosti (nebo menší).[7]

1.3 Ergonomické metody

V neustále se zrychlující době jsou stále zvyšovány nároky na pracovníky, kteří při své práci dosahují svých tělesných limitů. Proto abych k tomuto nedocházelo zavádí více firem ve své výrobě ergonomické projekty. Tyto projekty se zaměřují na riziková pracoviště, na kterých jsou

evidované hlášení možných nemocí z povolání. Firmy se snaží provádět úpravy pracovišť a pracovních podmínek tak aby byli pracovníci méně namáháni, a tudíž byli v lepší fyzické i psychické pohodě. To vede k zvýšení produktivity, snížení zmetkovitosti a snížení placení za nemoci z povolání. Této skutečnosti lze dosáhnout použitím ergonomických softwarů o kterých bude psáno v následujících kapitolách.

Existuje několik ergonomických metod, tato práce se zabývá pouze vybranými metodami.

Vybrané metody jsou:

- Dotazník NORDIC QUESTIONNAIRE
- Metoda RULA – hodnocení ergonomických rizik při pracovním postoji
- Metoda NIOSH – manipulace s břemeny
- Hodnocení pracovních poloh podle Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.

1.3.1 Nordic Questionnaire

Standardised Nordic Questionnaires (SNQ) byl vypracován v rámci projektu financovaného Severskou radou ministrů. Cílem bylo vyvinout a otestovat standardizovanou metodologii dotazníků, která umožní srovnání výskytu potíží v anatomických lokalitách – krku, ramen a dolních zad. SNQ lze použít jako dotazník nebo jako strukturovaný rozhovor. Skládá se ze dvou částí. Část první tvoří obecný dotazník o 40 položkách s nuceným výběrem. Položky identifikují oblasti těla, ve kterých se nachází muskuloskeletální potíže. Hodnocení je podpořeno mapou těla, která označuje devět míst výskytu potíží, kterými jsou krk, ramena, horní část zad, lokty, dolní část zad, zápěstí / ruce, boky / stehna, kolena a kotníky / nohy. Respondenti jsou dotazováni, zda v posledních 12 měsících a posledních 7 dnech došlo k nějakým muskuloskeletálním potížím, které zabránily jejich běžné – normální činnosti. Část druhá obsahuje otázky zaměřené na krk, ramena a dolní část zad. Dvacet pět otázek umožňuje výběr odpovědi, která se dotýká každé oblasti, funkční dopad potíží doma a v práci (změna zaměstnání nebo povinností), doba trvání problému, posouzení zdravotnickým pracovníkem a muskuloskeletální potíže za posledních 7 dní. Severský dotazník muskuloskeletálních potíží byl již aplikován na širokou škálu profesních skupin, aby bylo možno posoudit muskuloskeletální potíže (pracovníků počítačových a telefonních center, řidičů automobilů, zaměstnanců ve zdravotnictví).[12]

1.3.2 NIOSH

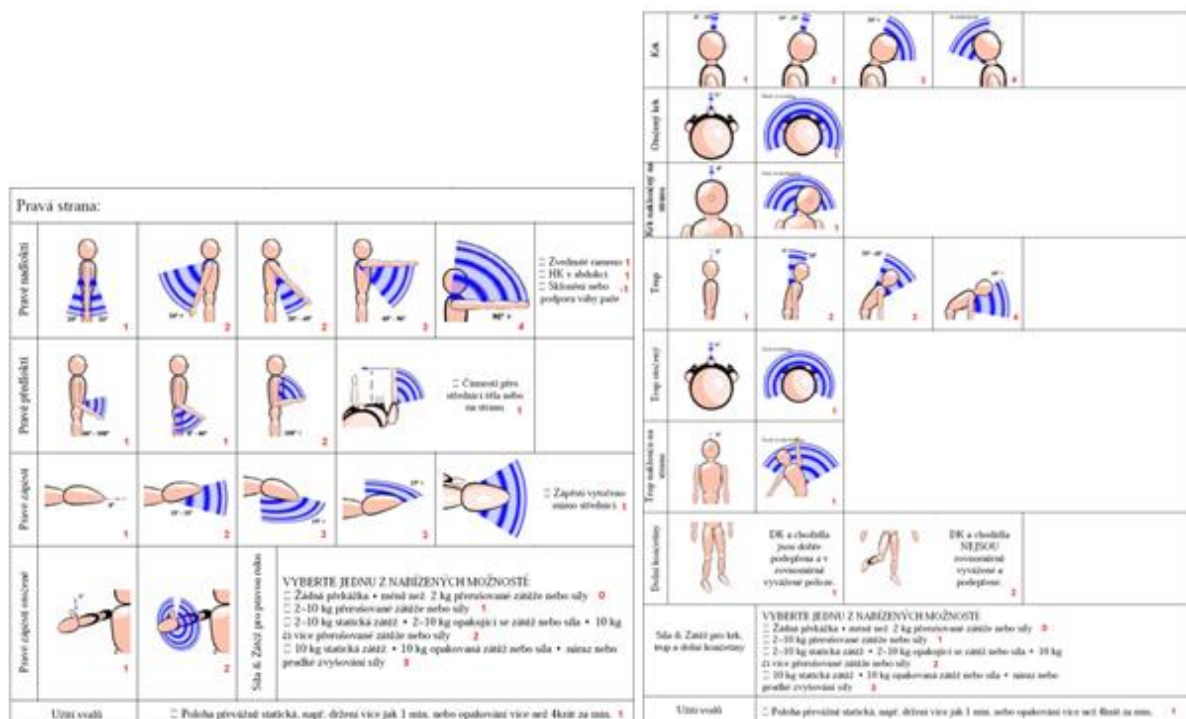
Bolesti zad jsou jednou z nejčastějších příčin pracovní absence a spotřebovávají téměř 25 % nemocenských nákladů. V roce 1981 NIOSH publikoval doporučení pro správné zvedání břemen (doporučená váha břemen, přehled literatury...). V roce 1985 byl index pro zvedání propracovaný a rozšířený pro více typů zvedání břemen.[11]

Metoda NIOSH Lifting indexu je evropským standardem pro hodnocení limitu pro manipulaci s břemeny těžšími než 5 kg po dobu 8 hodin. Vychází ze závislosti hmotnosti manipulovaného břemene a tlaku na meziobratlové ploténky. Limitní hodnoty vztahuje k tlakovým silám, působícím na přechod bederní a křížové páteře (mezi obratlem L5 – S1).[11]

V roce 1993 Národní institut pracovní bezpečnosti a zdraví (National Institut of Occupational Safety and Health – NIOSH) přepracoval směrnice týkající se problematiky zdvihání břemen. Výsledkem směrnice je doporučený hmotnostní limit RWL. Ten představuje maximální hmotnost břemene pro minimálně 75% ženské populace a až 99% mužské populace. Určuje se rovněž míra relativního fyzického klidu, tzv. zvedací index LI.[11]

1.3.3 RULA analýza

RULA patří do skupiny metod sloužících pro hodnocení ergonomických rizik při pracovním postoji a manipulaci s břemeny. V rámci této metody se hodnotí polohy horních končetin (paže, předloktí, zápěstí), krku, trupu a nohou. Každé této části těla je přiřazeno určité bodové hodnocení, které vychází z absolutní polohy hodnocené úhlovými rozsahy jednotlivých tělesných partií a již poukazuje na celkovou rizikovitost.



Obrázek 2 16Hodnocené polohy v rámci metody RULA

Tyto body následně procházejí korekcí s ohledem na silové a svalové působení a následně je vypočítáváno celkové skóre.



Obrázek 3 17Postup provádění hodnocení dle metody RULA [3]

Prvotně byl vybrán postoj pracovníka, který bude hodnocen. Následně bylo provedena kalkulační a vyhodnocení postoje v tomto případě pomocí programu Tecnomatix Jack. Stejný postup byl proveden v rámci hodnocení a kalkulační v rámci trupu, krku a dolních končetin. Program provedl konečné vyhodnocení a zařadil pozorovaný postoj do příslušné kategorie dle metody RULA.

Toto celkové skóre se v závěru začlení do jedné ze 4 kategorií rizikovitosti:

1. kategorie = skóre 1-2 (zelená barva) → Přijatelná práce, není potřeba změn.
2. kategorie = skóre 3-4 (žlutá barva) → Lehce riziková práce, je možné provádět změny.

3. kategorie = skóre 5-6 (červená/oranžová barva) → Riziková práce, je žádoucí provádět změny a zlepšení.
4. kategorie = skóre 7 (červená barva) → Extrémně riziková práce, urgentní požadavky na změny.

1.3.4 Tecnomatix Jack

Jednotlivé rozměry lidského těla a s tím spojené jeho možnosti jsou významnými parametry při vyvíjení a navrhování nových výrobků, přípravě výroby, projektování pracovišť atd. Toto je důsledkem rozšiřování potřeby vytvoření virtuálního modelu člověka, zároveň s 3D modelem pracoviště nebo procesu, kterého je člověk součástí.[5]

Tecnomatix Jack je software zaměřený na ergonomii a lidský faktor. Software vznikl za podpory NASA na Department of Computer and Information Science na University of Pennsylvania během 80 let. Tento software umožňuje uživateli umístit do virtuálního prostředí přesný biomechanický model člověka, přidat mu úkoly a sledovat jeho výkonnost. Jack neboli Jill, jak je nazýván model ženského pohlaví, odpovídají na klasické otázky, co vidí, kam dosáhnou, jestli se cítí pohodlně nebo zda nejsou přetěžováni.[8]

Jack neslouží pouze pro modelování člověka. Je využíván také jako real-time simulační nástroj. Do modelované události je možné importovat další CAD grafiku a vytvářet tak virtuální prostředí pracoviště nebo celé výroby. Je tu však také možnost vytvářet tyto geometrické objekty od začátku pomocí jednoduchého modeláře. Pomocí jednoduchých primitivů (kostky, koule, válce, jehlany atd.) můžeme sestavovat daleko komplexnější objekty, kterými mohou být nástroje, dopravní prostředky a jiné objekty vyskytující se na pracovišti. Hodnocení poloh bude provedeno pomocí metody RULA.[8]

1.3.5 Nařízení vlády č. 361/2007 Sb.

Toto nařízení zapracovává příslušné předpisy Evropské unie¹⁾ a upravuje v návaznosti na přímo použitelné předpisy Evropské unie. Obsahem tohoto dokumentu jsou rizikové faktory pracovních podmínek, jejich členění, metody a způsob jejich zjišťování, hygienické limity.[10]

Mikroklimatické podmínky se člení na:

- Zátěž teplem
- Zátěž chladem
- Fyzické zátěže se dělí na:
 - Celkovou fyzickou zátěž
 - Lokální svalovou zátěž
- Pracovní polohy
- Ruční manipulaci s břemeny

Fyzikální faktory se člení na:

- Hluk
- Vibrace

1.3.6 Zátěž teplem

Zátěž teplem při práci je určena množstvím metabolického tepla vznikajícího svalovou prací a

faktory prostředí, kterými se rozumí teplota vzduchu (t_a), výsledná teplota kulového teploměru (t_g), rychlost proudění vzduchu (v_a), relativní vlhkost vzduchu (R_h) a stereoteplota (t_{st}).[10]

1.3.7 Fyzická zátěž

Fyzická zátěž se člení na celkovou fyzickou zátěž a lokální svalovou zátěž.

Celková fyzická zátěž je „Taková činnost, kdy se aktivuje hlavně svalstvo, jehož hlavním rysem je svalový stah, podle kterého dělíme fyzickou práci na práci převážně statickou nebo dynamickou. U dynamické práce po stahu následuje relaxace svalu. U statické práce sval nemění svou délku, ale roste jeho napětí.“ [4]

Celková fyzická zátěž se posuzuje z hlediska energetické náročnosti práce pomocí hodnot energetického výdeje vyjádřených v netto hodnotách a pomocí hodnot srdeční frekvence.

Hygienickými limity celkové fyzické zátěže se rozumí hodnoty energetického výdeje směnové průměrné, směnové přípustné, minutové přípustné, průměrné roční a dále přípustné hodnoty srdeční frekvence v průměrné směně. Přípustnými hygienickými limity se rozumí limity, které se v průměrné směně bez ohledu na její délku nenavysňují. Za průměrnou směnu se pokládá osmihodinová směna, která probíhá za obvyklých pracovních podmínek, při níž doba výkonu práce jednotlivých pracovních operací odpovídá skutečné míře zátěže.[10]

Průměrné a přípustné hygienické limity pro hodnoty energetického výdeje při práci s celkovou fyzickou zátěží podle odstavce 2 jsou upraveny odděleně podle pohlaví a věku v příloze č. 5 k tomuto nařízení, části A, tabulkách č. 1 až 3.[10]

Přípustné hygienické limity pro hodnotu srdeční frekvence při práci s celkovou fyzickou zátěží jsou upraveny v příloze č. 5 k tomuto nařízení, části A, tabulce č. 4. Pro mladistvé se přípustné hodnoty srdeční frekvence při práci nestanoví.[10]

Jde-li o práci ve směně delší než osmihodinové, odpovídá hodnota navýšení průměrného hygienického limitu v procentech skutečné době výkonu práce; u směny dvanáctihodinové nesmí být průměrné hodnoty energetického výdeje navýšeny o více než 20 %. Procentuální navýšení průměrného hygienického limitu je posuzováno vždy v závislosti na konkrétní délce směny a činí 5 % za každou hodinu nad osmihodinovou směnu.[10]

Lokální fyzická zátěž je zátěž malých svalových skupin při výkonu práce končetinami.

Při hodnocení lokální svalové zátěže se zjišťují a posuzují vynakládané svalové síly, počty pohybů a pracovní polohy končetin v závislosti na rozsahu statické a dynamické složky práce při práci v průměrné osmihodinové směně.[10]

Hygienickými limity lokální svalové zátěže se rozumí hodnoty vynakládaných svalových sil, hodnoty směnových počtů pohybů ruky a předloktí vztažené k průměrné směnové časově vážené hodnotě vynakládaných svalových sil a hodnoty průměrných minutových počtů pohybů drobných svalů rukou a prstů v průměrné osmihodinové směně.[10]

Průměrný hygienický limit pro počet vynakládaných svalových sil v rozmezí 55 až 70 % F_{max} u práce s převahou dynamické složky je 600krát za průměrnou osmihodinovou směnu při použité frekvenci měření vynakládaných svalových sil jedenkrát za sekundu.[10]

Přípustný hygienický limit pro použitou svalovou sílu jako pravidelnou součást výkonu práce u práce s převažující dynamickou složkou je 70 % F_{max} a u práce s převažující statickou složkou je 45 % F_{max} . Průměrný hygienický limit se nestanoví.[10]

1.3.8 Pracovní poloha

Zdravotní riziko pracovní polohy se hodnotí při trvalé práci vykonávané zaměstnancem, zejména provádí-li opakující se pracovní úkony, při nichž si nemůže pracovní polohu volit sám, ale tato je přímo závislá na konstrukci stroje, uspořádání pracovního místa a pracoviště a charakteru prováděné práce.[10]

Hodnocení zdravotního rizika pracovní polohy se provádí na základě jejího zařazení mezi přijatelnou, podmíněně přijatelnou a nepřijatelnou pracovní polohu.

Při hodnocení pracovní polohy se používá dvou krokový systém. První krok zahrnuje hodnocení poloh jednotlivých částí těla podle úhlů, druhý krok určuje podmínky práce, za kterých lze pracovní polohu označenou v prvním kroku za podmíněně přijatelnou zařadit mezi pracovní polohu přijatelnou nebo pracovní polohu nepřijatelnou mezi pracovní polohu podmíněně přijatelnou.[10]

1.3.9 Ruční manipulace s břemenem

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 občasně zvedání a přenášení břemene se považuje přerušované zvedání a přenášení břemene nepřesahující souhrnně 30 minut v průměrné osmihodinové směně. [10]

V souvislosti je nutné ověřit i tzv. kumulativní hmotnost, což je přípustná hmotnost za standardní 8hodinovou směnu, za předpokladu, že vzdálenost přenášení je menší než 1 metr a nevyskytují se žádné nepříznivé podmínky.[10]

	Občasná manipulace	Častá manipulace	Práce vsedě	Kumulativní hmotnost
Muži	Max. 50 kg	Max. 30 kg	Max. 5 kg	Max. 10000 kg
Ženy	Max. 20 kg	Max. 15 kg	Max. 3 kg	Max. 6500 kg

Hygienický limit lokální svalové zátěže[10]

- Při hodnocení lokální svalové zátěže se zjišťují a posuzují vynakládané svalové síly, počty pohybů a pracovní polohy končetin v závislosti na rozsahu statické a dynamické složky práce při práci v průměrné osmihodinové směně.[10]
- Hygienickými limity lokální svalové zátěže se rozumí hodnoty vynakládaných svalových sil, hodnoty směnových počtů pohybů ruky a předloktí vztažené k průměrné směnové časově vážené hodnotě vynakládaných svalových sil a hodnoty průměrných minutových počtů pohybů drobných svalů rukou a prstů v průměrné osmihodinové směně.[10]
- Průměrný hygienický limit pro počet vynakládaných svalových sil v rozmezí 55 až 70 % F_{max} u práce s převahou dynamické složky je 600krát za průměrnou osmihodinovou směnu při použité frekvenci měření vynakládaných svalových sil jedenkrát za sekundu.
- Přípustný hygienický limit pro použitou svalovou sílu jako pravidelnou součást výkonu práce u práce s převažující dynamickou složkou je 70 % F_{max} a u práce s převažující statickou složkou je 45 % F_{max} . Průměrný hygienický limit se nestanoví.[10]
- Přípustný hygienický limit pro průměrné minutové počty pohybů drobných svalů ruky

a prstů při průměrné směnové hodnotě vynakládaných svalových sil 3 % F_{max} je 110 pohybů za minutu a při průměrně směnové hodnotě vynakládaných svalových sil 6 % F_{max} je 90 pohybů za minutu.[10]

Vymezení ruční manipulace s břemenem

Ruční manipulací s břemenem se rozumí přepravování nebo nošení břemene jedním nebo současně více zaměstnanci včetně jeho zvedání, pokládání, strkání, tahání, posunování nebo přemísťování, při kterém v důsledku vlastností břemene nebo nepříznivých ergonomických podmínek může dojít k poškození páteře zaměstnance nebo onemocnění z jednostranné nadměrné zátěže. Za ruční manipulaci s břemenem se pokládá též zvedání a přenášení živého břemene.[10]

- Hodnocení zdravotního rizika při ruční manipulaci s břemenem zahrnuje mimo posouzení hmotnosti ručně manipulovaného břemene, kumulativní hmotnosti a vynakládaného energetického výdeje nebo srdeční frekvence a vyhodnocení pracovních podmínek, za kterých k ruční manipulaci dochází.[10]
- Přípustný hygienický limit pro hmotnost ručně manipulovaného břemene přenášeného mužem při občasné zvedání a přenášení je 50 kg, při častém zvedání a přenášení 30 kg. Při práci vsedě je přípustný hygienický limit pro hmotnost ručně manipulovaného břemene mužem 5 kg.[10]
- Průměrný hygienický limit pro celosměnovou kumulativní hmotnost ručně manipulovaných břemen v průměrné osmihodinové směně mužem je 10000 kg.
- Přípustný hygienický limit pro hmotnost ručně manipulovaného břemene přenášeného ženou při občasné zvedání a přenášení je 20 kg, při častém zvedání a přenášení 15 kg. Při práci vsedě je přípustný hygienický limit pro hmotnost ručně manipulovaného břemene ženou 3 kg.[10]
- Průměrný hygienický limit pro celosměnovou kumulativní hmotnost ručně manipulovaných břemen v průměrné osmihodinové směně ženou je 6500 kg
- Přípustný hygienický limit pro tlačné a tažné síly při manipulaci s břemenem pomocí jednoduchého bezmotorového prostředku je
 - pro muže tlačné 310 N a tažné 280 N,
 - pro ženy tlačné 250 N a tažné 220 N.[10]

1.3.10 Xsens

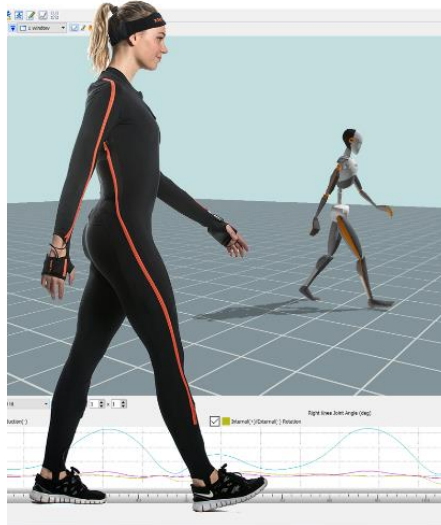
MVN Link je přenosný nástroj pro celotělovou 3D kinematickou analýzu. Používá 23segmentální biomechanický model o 22 kloubech. Kromě oborů jako je biomechanika, rehabilitace a ergonomie, je určen pro použití i v komerční sféře v oblasti 3D animace.

Přístroj se skládá ze sedmnácti snímačů pohybu, které jsou vzájemně propojeny kabely a bezdrátově napojeny na komunikační stanici, která je spárována s počítačem. Umístění snímačů, realizované buď pomocí upevňovacích pásek, nebo Lycra obleku, je popsáno v instruktážních videích dostupných na webových stránkách společnosti Xsens.

Tyto údaje ve spojení s algoritmy Xsens zprostředkovávají přesnou 3D orientaci jednotlivých částí lidského těla. V prostředí programu MVN Analyze je možné i okamžité zobrazení křivky definující pohyb v reálném čase.

Nejnovější přístroje Xsens nabízí vylepšení ve smyslu bezdrátových snímačů MTw, každý z nich má vlastní baterii, což zvyšuje komfort aplikace i samotného měření. Interakci mezi reálným a digitálním prostředím zprostředkovává software MVN Analyze 2018, jehož aktuální verze je volně dostupná na stránkách společnosti. Ke spuštění programu je nezbytný USB disk

s licenčním klíčem, který je dodáván spolu s přístrojem.



Obrázek 4 Xsens popis

Použití společně se softwarovým nástrojem Siemens Process Simulate umožňuje velmi přesné a v zásadě automatizované analýzy jakéhokoliv pracovního postupu přímo při jeho provádění.

Tecnomatix Process Simulate Human umožňuje digitální modelování člověkem prováděných úkonů a jejich realistickou simulaci za účelem ověření ergonomických standardů, bezpečnosti práce a výkonnosti. Tato aplikace obsahuje několik analytických nástrojů pro zatížení člověka, reportovací funkce a podporu integrace s hardwarem pro snímání pohybu (motion capture). Jednou z typických aplikací je analýza pracovního prostředí, kdy je ověřováno, zda lidský pracovník vidí vše, co vidět potřebuje a má, že dosáhne na všechna nutná místa a unese vše, co potřebuje zvedat.

1.4 Kategorizace práce

Kategorie práce č. 1 - Do této kategorie spadají práce, u kterých dle současného poznání není pravděpodobný nepříznivý vliv na zdraví pracovníka.

Kategorie práce č. 2 - Práce označené touto kategorií mají na zdraví pracovníků vliv jenom výjimečně, a to zejména u vnímavých jedinců (alergici apod.). U těchto prací nejsou překračovány hygienické limity stanovené příslušnými právními předpisy. Oznámení o zařazení do této kategorie je nutné zaslat na vědomí orgánu ochrany veřejného zdraví, tedy krajské hygienické stanici.

Kategorie práce č. 3 - Tato kategorie zahrnuje práce, u kterých jsou překračovány hygienické limity či jsou naplněna kritéria pro zařazení dané práce do této kategorie. Zároveň platí, že biologická expozice fyzických osob není spolehlivě snížena technickými opatřeními a za tímto účelem je nutné používat osobní ochranné pracovní prostředky. Důležité kritérium zařazení prací do třetí kategorie je také statisticky častější výskyt nemoci z povolání. Nutné zaslat návrh zařazení (nikoli jen oznámení) ke schválení!

Kategorie práce č. 4—V této nejzávažnější kategorii jsou všechny práce, jejichž zdravotní rizika není možné vyloučit ani s používáním dostupných ochranných opatření. Nutné zaslat návrh zařazení (nikoli jen oznámení) ke schválení!

Z hodnocení podmínek práce a přiřazení práce do příslušné kategorie vyplývá následující výsledné řešení. Zaměstnavatel zhodnotí, že práce bude zařazena do kategorie druhé, avšak

poté musí podat oznámení o zařazení prací do kategorie na příslušnou krajskou hygienickou stanici v místě sídla firmy, a vyčkat na její rozhodnutí, zda práce opravdu odpovídá druhé kategorii. Zařazení práce do kategorie třetí a čtvrté obnáší pro zaměstnavatele povinnost vypracovat návrh na zlepšení, který je poté předložen příslušnému orgánu ochrany veřejného zdraví. Ten do 30 dnů rozhodne o jeho zařazení.[4]

Při přeřazení pracoviště z kategorie II do kategorie III dochází k několika změnám jak pro zaměstnance, tak i pro zaměstnavatele:

- Náklady na pojištění – náklady na pojištění odpovědnosti zaměstnavatele za nemoci z povolání. Tyto náklady se mohou zvýšit v důsledku navýšení pojistného, neuplatnění bonusů v souvislosti s častějším plněním, v případě doplácení pojišťovny a v případě propuštění zaměstnance.
- Náklady na častější prohlídky – V případě 3. kategorie je nutné provádět lékařské periodické prohlídky každý rok, zatímco u operátorů v kategorii druhé postačí jednou za dva roky. Proto dochází k navýšení hodin odpracovaných lékařem a zvyšuje se náklad na provoz ordinace. Zvyšují se dvojnásobně mzdové náklady lékaře a sestry a provozní náklady ordinace.
- Náklady na evidenci docházky přímo na pracoviště – u třetí kategorie je nutná přesná evidence na konkrétní pracoviště, nestačí jen docházka do práce. Evidence musí být archivována po dobu 10 let. Evidence papírová – náklady spojené s následným skladovacím místem pro archivaci. Evidence elektronická – náklady spojené s datovým úložištěm a místem pro archivaci.
- Bezpečnostní přestávky – při výskytu některých faktorů např. hluk mohou být nutné bezpečnostní přestávky nejčastěji 10minut (5minut) každé 2 hodiny. Pokud nemáme možnost střídání, nedochází sice ke zvýšení nákladů, ale ke ztrátám, čistý čas pro práci se sníží o cca 20–30 minut za 8 h směnu a tím se sníží produkce, klesá produktivita a dochází ke ztrátě na výdělku.
- Rotace mezi linkami – pokud nedojde ke zvýšení počtu zaměstnanců, projeví se zde nutnost zaškolení lidí na více projektů. Při nutnosti zvýšit počet zaměstnanců, dochází úměrně ke zvýšení personálních nákladů. Při nutnosti zaškolení stávajících zaměstnanců na další projekt se zvyšuje jejich kvalifikace, úměrně tomu i plat, tedy hodinová sazba a rovněž rostou personální náklady.

V případě uznání nemoci z povolání u některého ze zaměstnanců:

- Náklady na bolestné a ztížení společenského uplatnění – je nutné vyplácet vždy. Platba se provádí na základě bodování, to provede klinika pracovního lékařství, hodnota 1 bodu činí 250,- Kč.
- Náklady spojené s 12měsíčním odstupným – vznikají v případě propuštění zaměstnance v situaci, kdy je uznána choroba z povolání a pro něj již není uplatnění. Platba je vyplácena nárazově ve výši dvanáctinásobku průměrné měsíční mzdy zaměstnance, je-li průměrný plat v ČR 29 346,- Kč, pak by měl zaměstnanec s takovou mzdou nárok na 352 152,- Kč.

2 Současný stav výrobního procesu

Výrobní proces kabinek je složen z několika desítek kroků. Na začátku do procesu vstupuje jako polotovár dřevěná deska, která je nařezána za pomoci CNC na komponenty. Jednotlivé desky se skládají a lepí k sobě. Další kroky jsou kontrolní a opravné. Po dokončení finálního tvaru dochází k vymazání všech spár pomocí tmelu. Takto připravená kabinka je osazena rozvody pro vodu, elektřinu a vzduch. Při finální montáži se banka osazuje veškerým příslušenstvím a finálním krokem je kontrola. V následujících kapitolách je popsáno pár z vybraných pracovišť.

2.1 Pracoviště Bonding

Na tomto pracovišti dochází k začišťování lepených spojů dřevotřískových desek od zbytku lepidla. Začišťování otřepů vzniklých při frézování do desek. Pracovník zde využívá dlátka a horkovzdušné pistole k nahřátí lepidla tak aby bylo měkčí a snadněji odstranitelné. Po odstranění velkých částí přebytku lepidla ještě otre všechny spoje technickým benzínem.

Pracovním prostorem je zde velký pracovní stůl, u kterého nelze nastavit výšku pracovní plochy. Polotovary, které se zde opracovávají jsou různých tvarů a rozměrů od malých desek o délce 30 cm, po desky veliké 2x2 m.

Pracovní náplň:

- Příprava desek z Panel Preparation, kontrola desek, případně začišťování.
- Příprava sestavení desek.
- Slepování desek, zafixování desek pomocí lepenky.
- Zatížení desek na modulu pomocí závaží.



Obrázek 5 Foto pracoviště Bonding

2.2 Pracoviště Sealování

Toto pracoviště slouží k zamazání spár u lepených dřevotřískových desek tak aby se dosáhlo co nejlepšího přechodu v hranách spojů.

Pracovním prostorem je zde celý modul kabinky, který je umístěn na podlaze výrobní haly. Pracovnice může využít schůdků při práci ve vyšších polohách.

Pracovní náplň:

- Příprava – příprava tmele, náradí, nástrojů, OOPP, natrhání ubrousků, příprava špiček na tmelení.
- Zahájení sealování – pomocí tmele (v pistoli) vytmelí spáry na určených pozicích dle

výkresu.

- Následně odstraní přebytečný tmel a zahradí to technickým benzínem.
- Proces se opakuje.

Práce je vykonávána z 50 % v dolní části buňky, z 50 % v horní části buňky.



Obrázek 6 Foto pracoviště Sealování

2.3 Pracoviště výroby výměníků

Pracovní náplň:

- Přinášení prázdných žebér výměníku
- Zasouvání měděných trubek do žebér výměníku
- Odnášení hotových výměníků
- Doplnování měděných trubek



Obrázek 7 Foto pracoviště výroby výměníků

3 Analýza současného stavu vybraných pracovišť

Na začátku procesu analýzy na vybraných pracovištích dostali pracovníci, kteří na těchto pracovištích pracují k vyplnění dotazník Nordic Questionnaire. Tento dotazník slouží ke sběru dat zaměřeného na sledování případných komplikací zdravotního stavu nebo vzniku nemocí z povolání. Na spolupráci s vyplněním a následným vyhodnocením dotazníků se podílelo šest pracovníků. Z každého pracoviště tři pracovníci. V následujících krocích byla využita RULA analýza pro všechny pracoviště pro několik vybraných pracovních poloh.

3.1 Výsledky dotazníku

Dotazník byl rozdán na dvou pracovištích vždy třem pracovníkům. Na pracovišti Bonding pracují výhradně muži a na pracovišti Sealování pracují výhradně ženy. Tato skutečnost je dána náplní práce na jednotlivých pracovištích. Všichni dotazovaní pracovníci byly praváci, s průměrnou výškou 174 cm.

3.1.1 Pracoviště Bonding

Na tomto pracovišti pracují výhradně muži, pracovní poloha je kombinovaná stání a sezení. Všichni dotazovaní pracovníci v dotazníku vyplnily, že v posledních třech měsících pociťovaly bolesti či tuhnutí v určitých částech těla. Jednalo se především o krk, horní a dolní část zad a předloktí.

3.1.2 Pracoviště Sealování

Toto pracoviště je naopak dominantou žen, a to z důvodu menších rozměrů kabinek, kde by vysoký muž nemohl danou práci vykonávat. Pracovní poloha je kombinovaná. Dvě ze tří pracovníc v dotazníku vyplnily, že v posledních třech měsících pociťovaly bolesti či tuhnutí v oblasti krku a nadloktí a předloktí pravé ruky.

3.2 RULA analýza současného stavu

Následující kapitoly popisují a hodnotí pracovní polohy pracovníků, které byli předem vyhodnoceny jako rizikové a také polohy ve kterých se pracovníci nacházejí většinu času z pracovní doby.

3.2.1 Pracoviště Bonding

Jak se lze dočíst v předchozí kapitole pracoviště Bonding slouží k začišťování lepených spojů. K analýzám byly vybrány polohy, které se již na první pohled jeví jako rizikové.

Poloha 1

Obrázek níže znázorňuje polohu při začišťování hrany dvou slepených desek, kdy je pracovník předkloněn přes polovinu stolu.



Obrázek 8 Foto pracoviště Bonding poloha 1



Obrázek 9 Model pracoviště Bonding poloha 1 95%

Na obrázcích je patrné ohnutí zad a práce pokrčenýma rukama. Pracovník se do této polohy uchýlil z důvodu velikosti a neformnosti polotovaru, který zabírá polovinu stolu. Polotovar je tak velký, že pracovník není schopný samostatné manipulace a k otočení by potřeboval pomoc od jiného kolegy. Pracovník v této poloze stojí a svaly nezatěžuje nijak extrémně.

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

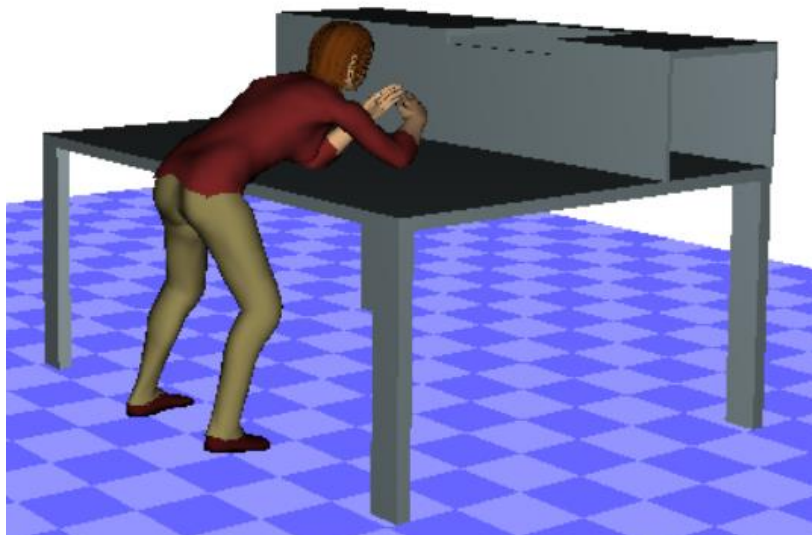
Category	Item	Rating
Body Group A Posture Rating	Upper arm	3
	Lower arm	2
	Wrist	2
	Wrist Twist	1
	Total	5
Body Group B Posture Rating	Neck	4
	Trunk	4
	Total	8
Muscle Use	Usage	Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute
	Force/Load	< 2 kg intermittent load
	Arms	Not supported
Legs and Feet Rating	Posture	Standing, weight even. Room for weight changes.
	Grand Score	7

Additional information from the interface:

- Action: Investigation and changes are required immediately.
- Buttons: Update Analysis, Usage, Dismiss

Obrázek 10 RULA výsledek pracoviště Bonding poloha 1 95%

Na předchozím obrázku jsou znázorněny výsledky analýzy pro 95 percentil mužského pohlaví. Zobrazuje výsledné skóre číslo 7, zařazení kategorie číslo 4. Tato poloha spadá do extrémně rizikové práce a jsou urgentní požadavky na změny na pracovišti. Nejvíce zatížené části jsou trup a krk. To je způsobeno velkým předklonem.



Obrázek 11 Model pracoviště Bonding poloha 1 5%

Job Title:	<input type="text"/>	Job Number:	<input type="text"/>
Location:	<input type="text"/>	Analyst:	<input type="text"/>
Comments:	<input type="text"/>	Date:	<input type="text"/>

Body Group A Posture Rating

Upper arm:	3
Lower arm:	2
Wrist:	2
Wrist Twist:	1
Total:	5

Body Group B Posture Rating

Neck:	4
Trunk:	4
Total:	8

Muscle Use: Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute
Force/Load: < 2 kg intermittent load
Arms: Not supported

Muscle Use: Mainly static, e.g. held for longer than 1 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

Usage Dismiss

Obrázek 12 RULA výsledek pracoviště Bonding poloha 1 5%

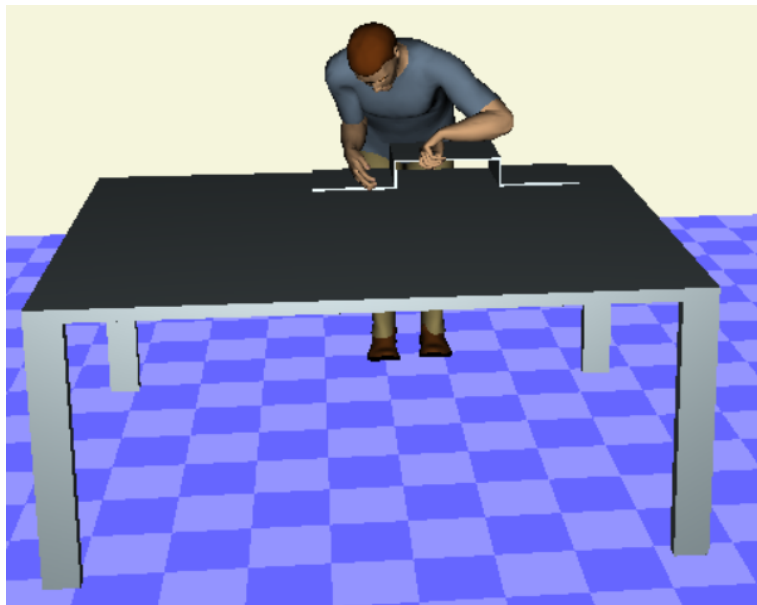
RULA analýza byla provedena i pro 5 percentil ženské populace. Z obrázku je patrné, že pro 5 percentil ženské populace je pracoviště zcela nevhodné, neboť pracovníce za žádných okolností nedosáhne na materiál.

Poloha 2

Druhá poloha na tomto pracovišti je při práci na menším polotovaru na stejném pracovním stole jako v předchozí poloze.



Obrázek 13 Foto pracoviště Bonding poloha 2



Obrázek 14 Model pracoviště Bonding poloha 2 95%

Na obrázcích je opět patrné ohnutí zad. To je především způsobeno výškou pracovníka, pracovního stolu a nemožností nastavit výšku pracovního stolu.

The image shows a screenshot of the 'Rapid Upper Limb Assessment (RULA)' software interface. The window title is 'Rapid Upper Limb Assessment (RULA)'. It has three tabs: 'Task Entry', 'Reports', and 'Analysis Summary', with 'Analysis Summary' selected. The interface contains several input fields for 'Job Title', 'Job Number', 'Location', 'Analyst', 'Comments', and 'Date'. Below these are two sections for posture ratings: 'Body Group A Posture Rating' and 'Body Group B Posture Rating'. Body Group A includes ratings for Upper arm (4), Lower arm (3), Wrist (3), Wrist Twist (2), and a Total of 6. Body Group B includes ratings for Neck (3), Trunk (3), and a Total of 5. There are also boxes for 'Muscle Use' (Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute) and 'Force/Load' (< 2 kg intermittent load). A 'Legs and Feet Rating' section indicates 'Standing, weight even. Room for weight changes.' At the bottom, a red box displays 'Grand Score: 6' and 'Action: Investigation and changes are required soon.' There is an 'Update Analysis' button and 'Usage' and 'Dismiss' buttons at the very bottom.

Obrázek 15 RULA výsledek pracoviště Bonding poloha 2 95%

Výsledek RULA analýzy pro 95 percentil muže zobrazuje výsledné skóre číslo 6, zařazení kategorie číslo 3. Tato poloha je riziková práce a jsou žádoucí změny na pracovišti. Nejvíce zatížené části jsou trup a krk předloktí a zápěstí. To je způsobeno velkým předklonem pracovníka.

Poloha 3

Na následujícím obrázku je zachycena zcela nevhodná poloha při manipulaci s materiálem, kdy pracovník sám přenáší velký kus desky z vedlejšího pracoviště. Této situaci lze předejít využitím dvou lidí k transportu materiálu na pracovní stůl.



Obrázek 16 Nevhodná manipulace s materiálem

3.2.2 Pracoviště Sealování

Na tomto pracovišti dochází ke spárování hran za použití pneumatických pistolí naplněných tmelem. Pracovníci zde musejí vyplnit tmelem veškeré hrany a přechody mezi deskami a ostatními prvky kabinek.

Poloha 1



Obrázek 17 Foto pracoviště Sealování poloha 1



Obrázek 18 Model pracoviště Sealování poloha 1 5%

Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: Job Number:
Location: Analyst:
Comments: Date:

Body Group A Posture Rating

Upper arm: 3
Lower arm: 2
Wrist: 3
Wrist Twist: 2
Total: 5

Body Group B Posture Rating

Neck: 5
Trunk: 1
Total: 8

Muscle Use: Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute
Force/Load: < 2 kg intermittent load
Arms: Not supported

Muscle Use: Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute
Force/Load: < 2 kg intermittent load

Legs and Feet Rating

Legs/feet not supported. Weight distribution uneven.

Grand Score: 7
Action: Investigation and changes are required immediately.

Update Analysis

Usage Dismiss

Obrázek 19 RULA výsledek pracoviště Sealování poloha 1 5%



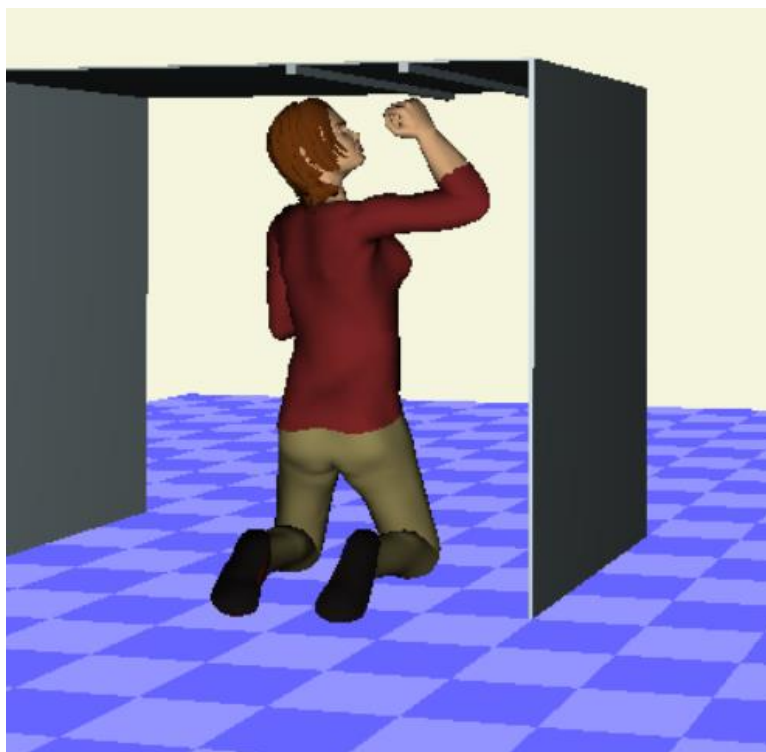
Obrázek 20 Model pracoviště Sealování poloha 1 95%

Výsledek RULA analýzy pro 95 percentil muže zobrazuje výsledné skóre číslo 7, zařazení kategorie číslo 4. Tato poloha spadá do extrémně rizikové práce a jsou urgentní požadavky na změny na pracovišti. Nejvíce zatížený je zde krk. Pro tento model člověka je tato práce nevhodná z důvodu velkých tělesných rozměrů. Nejvíce je zde zatížený krk z důvodu naklonění hlavy na spodní stranu pracovní plochy.

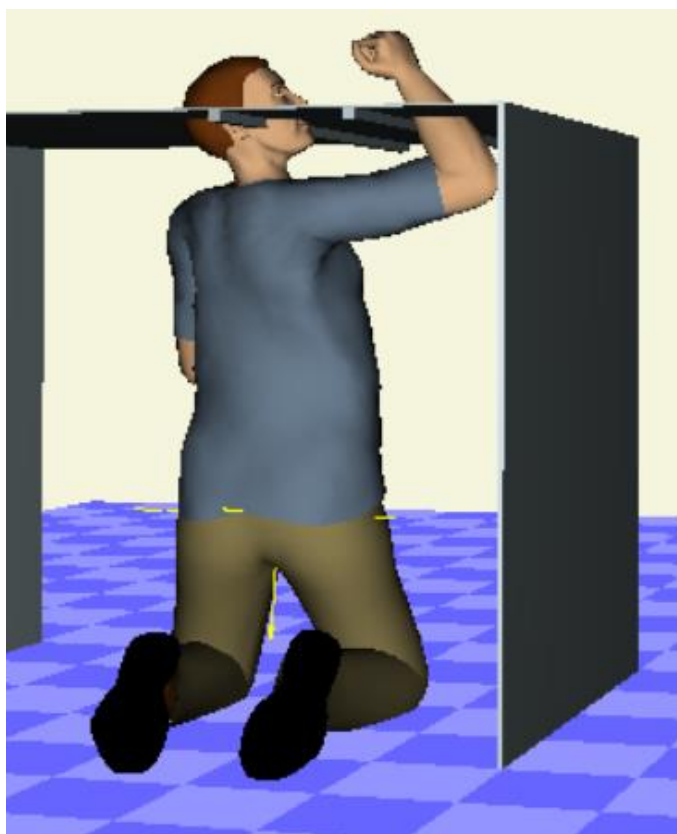
Poloha 2



Obrázek 21 Foto pracoviště Sealování poloha 2



Obrázek 22 Model pracoviště Sealování poloha 2 5%



Obrázek 23 Model pracoviště Sealování poloha 2 95%

Body Group A Posture Rating	Body Group B Posture Rating
Upper arm: 4	Neck: 3
Lower arm: 3	Trunk: 5
Wrist: 3	Total: 8
Wrist Twist: 2	
Total: 6	

Muscle Use: Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute
Force/Load: < 2 kg intermittent load
Arms: Not supported

Muscle Use: Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute
Force/Load: < 2 kg intermittent load

Legs and Feet Rating
Legs/feet not supported. Weight distribution uneven.

Grand Score: 7
Action: Investigation and changes are required immediately.

Obrázek 24 RULA výsledek pracoviště Sealování poloha 2 5%

Výsledek RULA analýzy pro 5 percentil ženy zobrazuje výsledné skóre číslo 7, zařazení kategorie číslo 4. Tato poloha spadá do extrémně rizikové práce a jsou urgentní požadavky na změny na pracovišti. Nejvíce zatížený je zde trup.

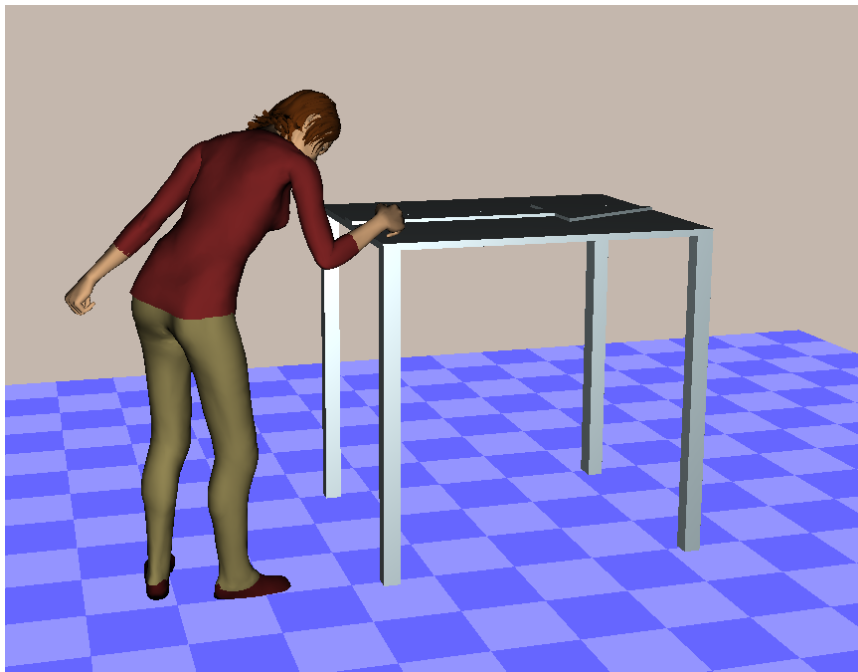
Výsledek RULA analýzy pro 95 percentil muže zobrazuje výsledné skóre číslo 7, zařazení kategorie číslo 4. Tato poloha spadá do extrémně rizikové práce a jsou urgentní požadavky na změny na pracovišti. Nejvíce zatížený je zde trup. Opět tato práce je naprosto nevhodná pro takto velkého člověka.

3.2.3 Pracoviště výroby výměníků

Na následujícím obrázku je znázorněna pozice při zasouvání měděných tyčí do výměníků.



Obrázek 25 Foto pracoviště zasouvání měděných tyčí



Obrázek 26 Model zasouvání měděných tyčí

Na obrázku je vidět pracovnice, která levou rukou drží konec měděné trubky a trubku zasouvá do výměníku, počet trubek se liší podle druhu výměníku. V průměru se do výměníku zasouvají 20 trubek. Není vynakládáno žádné extrémní využití svalů a sil. Tyto skutečnosti jsou zohledněny ve vstupních datech analýzy.

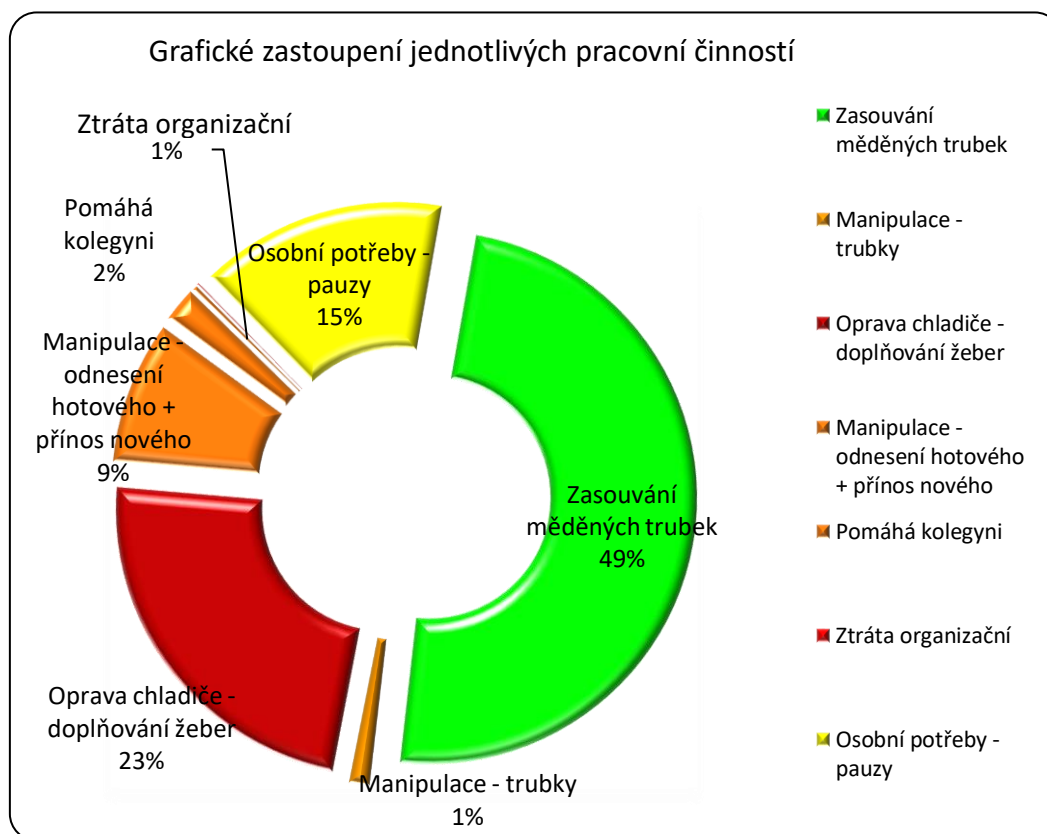
Obrázek 27 RULA – pracoviště zasouvání měděných tyčí

Obrázek výše znázorňuje výsledky provedené analýzy. Jasně je zde vidět, a vysokými hodnotami je reprezentována, nevhodná poloha krku a trupu, která je způsobena ohybem pracovnice. Jak již bylo zmíněno výše, takto vysoká čísla jsou způsobena zejména velice nepřirozenou pracovní polohou v kombinaci s častou opakovostí polohy. Celkové skóre rizika dosahuje hodnoty 6 bodů (3. kategorie). Na obrázku lze vidět vozík s měděnými tyčemi, které jsou umístěny během procesu zastrkávání tyčí do žeber na pracovišti pod stolem. Na stejném obrázku lze i vidět, že výškový rozdíl mezi pracovní rovinou stolu pro zasouvání trubek a měděnými tyčemi ve vozíku, byl řešen pomocí ramp.

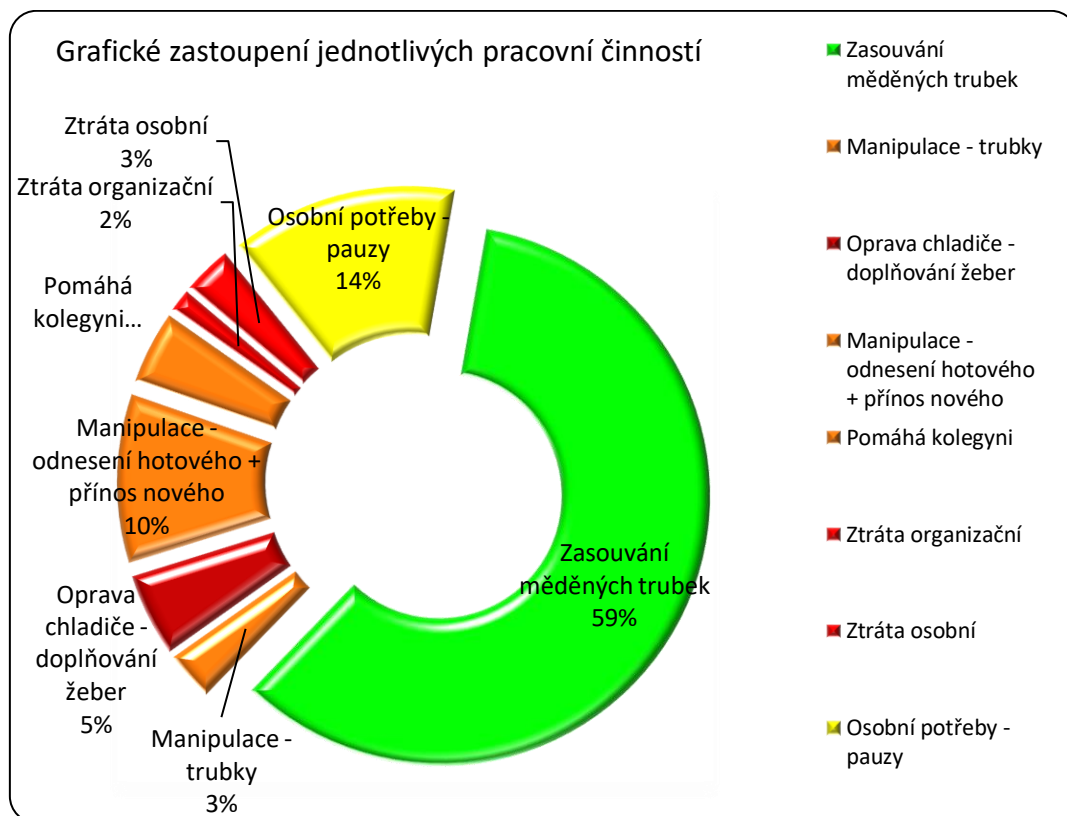
3.2.4 Pracoviště manipulace s výměníky

Časová analýza byla provedena za účelem zjištění problémů vyskytujících se na měřené části úseku v čase. Analýza byla provedena časovým snímkem dne. Byli vybráni pracovníci, kteří byli zaškoleni a danou činnost neprováděli poprvé. Po seznámení s cyklem procesu byly zaznamenávány jednotlivé činnosti a jejich délka trvání byla měřena pomocí stopek. Činnosti se rozdělili do následujících kategorií: zasouvání měděných trubek, manipulace s trubkami, oprava chladiče – doplňování žeber, manipulace s výměníkem, pomáhání kolegyním, ztráta organizační, ztráta osobní, osobní pauzy.

Po proběhnutí obou náměrů byla data zpracována do výsledných grafů, které znázorňují podíly jednotlivých činností procesu během měřeného časového úseku.



Obrázek 28 Vyhodnocení časového snímku dne 1



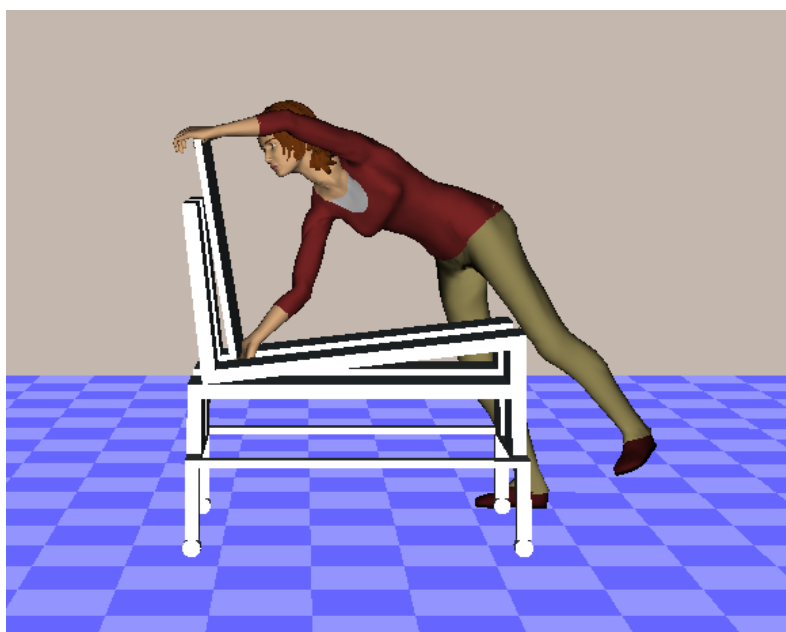
Obrázek 29 Vyhodnocení pracovního snímku 2

Z porovnání snímků bylo zjištěno, že činnost zasouvání měděných trubek do žeber byla rozdílná mezi prvním a druhým měřením o 10 %, tento rozdíl je částečně působen delší dobou opravy, ale také organizační a osobní ztrátou. Organizační ztráta vznikla ve chvíli, kdy pracovníce neměla k dispozici žádný připravený výměník, na kterém by mohla pracovat. Obsluha lisu pracovala na dalších žebrech a nikdo nepřesunul hotová žebra k pracovišti. Po necelých 5 minutách byli žebra k dispozici na pracovišti, ale pracovníce si ještě dalších 5 minut povídala s kolegyní. Největší neproduktivní čas je reprezentován manipulací s výměníky, kdy pracovníce, které pracují na stolech vzdálenějších od vozíků s žebry výměníku, musejí přinášet a odnášet kusy na delší vzdálenosti.

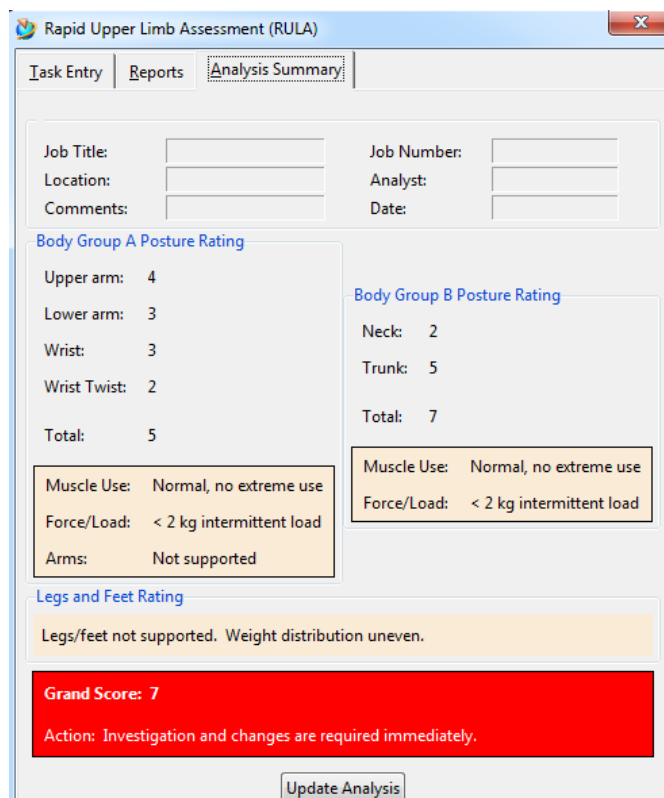
Na následujících obrázcích je znázorněna manipulace s výměníky na stanovišti u strojů Exp. 3 a 4, kdy si pracovníce postupně odebírají výměníky z manipulačních vozíků. V rámci posledních kusů na vozících, se musí pracovníci značně natahovat k dosažení pro kus a následné manipulaci.



Obrázek 30 Foto pracoviště manipulace výměníků



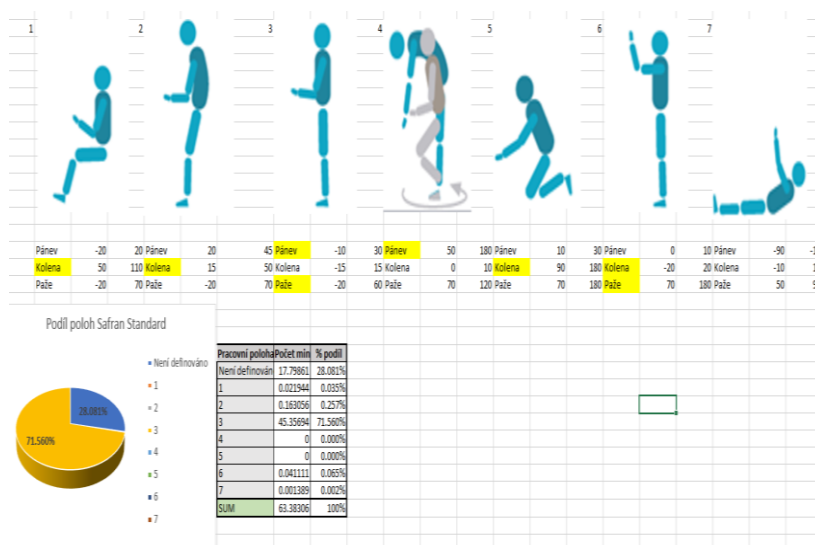
Obrázek 31 Model pracoviště manipulace výměníků



Obrázek 32 RULA – manipulace s výměníky

3.3 Xsens

Následující kapitoly obsahují dynamické analýzy pracovišť za použití softwarového nástroje Xsens. Jedná se o dynamickou analýzu z hodinového záznamu. Výstupní data jsou přepočítána na jednu osmihodinovou pracovní směnu. Výstupní data jsou polohy a úhly natočení jednotlivých částí těla. Pro potřebu vyhodnocení byl vytvořen modul v Excelu s připravenými výpočty a vyhodnocením pro jednotlivá měření na pracovištích.



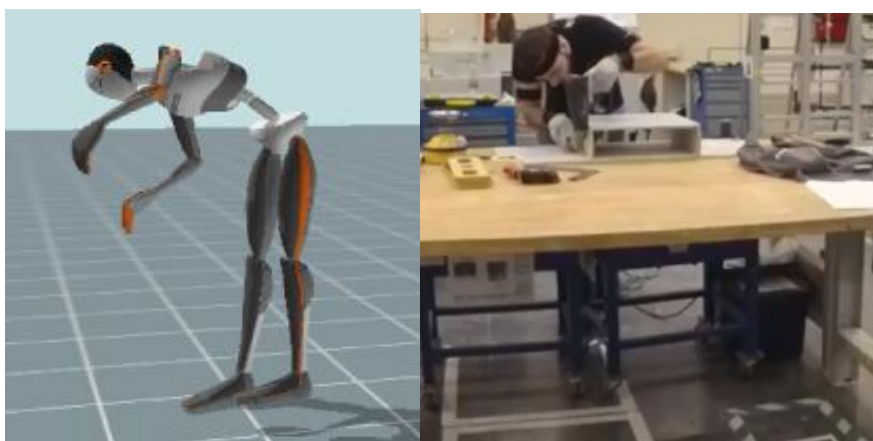
Obrázek 33 Excel tabulka

	A	B	C	D	E	F	G	H	I	J	K	L	M	N	O	P	Q	R	S	T	U	V	W	X	Y	Z	AA	AB	AC		
		T8_Head Lat	T8_Head Axial	T8_Head Flexion/E	T8_Lateral Bending	T8_Lateral Arm Bending	ftUpperArm Flexion	ghtUpperArm Bending	T8_RightUpperArm Flexion	ghtUpperArm Bending	Pelvis_T8 Flexion/Extension	Pelvis_T8 Flexion/Extension	is_T8 Flexion/Extension	cal_Pelvis Lat	ical_Pelvis Lat	cal_Pelvis Lat	Vert_ical Lat	Vert_ical Lat	Vert_ical Lat	t_ical Lat	Elbow Flexion/Extension	t_Knee Flexion/Extension	e_Ulnar Deviation	Wrist Deviation	Wrist Deviation	Wrist Deviation	Wrist Deviation	Wrist Deviation	Wrist Deviation		
1	Frame																														
2																															
3		1	18	-30	19	0.34	-9.8	1.13	29.6	-30	-2.68	16	0.5	4.4	-2.2	0	5.1	14	0.3	9.5	42	8.4	5.8	4.4	-10.9	-1.6	5.5	-7.0233	-0.7	-0.	
4		2	18	-30	19	0.62	-9.8	1.04	30.7	-29	-0.89	16	0.9	4.4	-2.3	0	5.3	13	0.7	9.7	43	8.4	6	2.1	-9.971	-1.7	5.7	-7.1395	-0.6		
5		3	18	-30	19	0.95	-9.7	1.01	31.9	-28	1.13	15	1.3	4.5	-2.4	0	5.5	13	1.2	9.9	44	8.4	6.5	0.9	-8.738	-1.4	5.1	-7.2155	-0.6	0.	
6		4	18	-30	19	1.24	-9.5	0.98	33	-27	3.15	15	1.8	4.6	-2.5	0	5.5	12	1.6	10	44	8.4	7.1	0.8	-7.634	-1.5	4	-7.2351	-0.6	0.	
7		5	18	-30	19	1.39	-9.4	1	34.1	-25	5.24	15	2.3	4.8	-2.7	0	5.5	12	2	10	43	8.5	7.9	1.7	-7.107	-2	3.3	-7.191	-0.6	0.	
8		6	18	-30	19	1.45	-9.5	1.1	35	-24	7.43	14	3	5.2	-2.7	0	5.4	12	2.7	11	42	8.6	9	2.5	-7.041	-2.4	2.7	-7.1232	-0.7		
9		7	18	-30	19	1.47	-9.6	1.31	35.9	-22	9.74	14	3.9	5.7	-2.6	0	5.3	11	3.7	11	40	8.6	10	2.3	-7.106	-2.5	2.5	-7.049	-0.7		
10		8	18	-30	19	1.49	-10	1.54	36.9	-21	12.4	13	4.8	6.2	-2.1	0	5.1	11	4.6	11	38	8.7	12	1.9	-7.196	-2.7	2.2	-7.0061	-0.8	-0.	
11		9	18	-30	19	1.67	-11	1.69	37.4	-19	14.7	12	5.7	6.7	-1.6	0	4.9	10	5.5	12	36	8.8	14	1.7	-7.209	-2.7	2	-6.937	-0.9	-0.	
12		10	18	-30	19	2.05	-11	1.7	37.7	-18	16.8	10	6.5	7.1	-1	0	4.6	9.5	6.3	12	34	8.8	17	2.1	-7.039	-2.7	1.6	-6.796	-1	-0.	
13		11	19	-29	20	2.51	-11	1.7	37.9	-17	19.1	9	6.9	7.4	-0.1	0	4.3	8.9	6.9	12	31	8.9	19	2.5	-6.693	-2.6	1.1	-6.5943	-1.1	-0.	
14		12	19	-29	20	3.18	-11	1.77	38	-15	21.4	7.5	7.2	7.7	0.9	0	4.1	8.3	7.3	12	28	8.9	22	2.3	-6.156	-2.5	0.4	-6.4079	-1.2	-0.	
15		13	19	-29	20	3.85	-11	2.06	37.9	-14	23.5	6.1	7.6	8	1.7	0	4	7.8	7.8	12	26	9	24	1.8	-5.427	-2.5	-0.6	-6.2747	-1.3	-0.	
16		14	19	-29	19	4.28	-11	2.32	37.8	-13	25.4	5.2	7.9	8.3	2.2	0	4	7.4	8.2	12	23	9.2	27	1.6	-4.663	-2.2	-1.5	-6.188	-1.4	-0.	
17		15	19	-29	19	4.43	-10	2.72	37.9	-11	27.2	4.6	8.3	8.5	2.5	0	4.2	7.1	8.7	13	22	9.3	29	1.2	-3.82	-2.2	-2.5	-6.1257	-1.4	-0.	
18		16	19	-29	18	4.48	-10	3.22	38.1	-9.4	29	4.3	8.7	8.8	2.7	0	4.4	7	9.1	13	20	9.4	30	0.7	-3.145	-2.3	-3.3	-6.0778	-1.4	-0.	
19		17	19	-29	18	4.59	-9.8	3.71	38.5	-7.6	30.6	4.2	8.8	8.9	2.8	0	4.6	6.9	9.3	14	18	9.4	32	0.4	-2.688	-2.3	-3.8	-6.0389	-1.5	-1.	
20		18	19	-30	17	4.74	-9.4	4.28	38.9	-6.1	32	4.2	9	9.2	2.8	0	4.7	6.9	9.5	14	16	9.5	32	0.2	-2.48	-2.3	-4.1	-5.9958	-1.5	-1.	
21		19	19	-30	17	4.95	-8.9	4.92	39.4	-4.9	33.2	4.3	9.2	9.5	2.6	0	4.9	7	9.7	14	14	9.6	33	0	-2.399	-2.3	-4.2	-5.9293	-1.5	-1.	
22		20	19	-30	16	5.22	-8.6	5.5	39.8	-4	34.1	4.7	9.6	9.7	2.3	0	5.1	6.9	10	15	13	9.8	32	0.2	-2.024	-2.1	-4.1	-5.8883	-1.6	-1.	
23		21	18	-31	15	5.48	-8.4	6.03	40.4	-3.3	34.9	4.9	9.9	10	2.1	0	5.3	7	10	15	12	10	31	0.4	-1.945	-2	-4.2	-5.8175	-1.6	-1.	
24		22	18	-31	15	5.79	-8.1	6.49	41	-2.8	35.5	5.1	10	10	2	0	5.4	7.1	11	16	11	11	30	0.7	-1.795	-1.9	-4.4	-5.7375	-1.7	-1.	
25		23	18	-32	14	6.01	-7.9	6.88	41.8	-2.1	36	5.4	11	11	1.8	0	5.6	7.2	11	16	10	12	28	0.8	-1.592	-1.6	-4.8	-5.6241	-1.8	-1.	
26		24	18	-32	13	6.25	-7.6	7.26	42.8	-1.2	36.4	5.6	11	11	1.7	0	5.8	7.3	12	17	9.5	12	26	0.9	-1.301	-1.4	-4.8	-5.4622	-1.9	-2.	
27		25	18	-33	12	6.58	-7.5	7.66	43.8	-0.1	36.8	5.7	12	12	1.6	0	5.9	7.3	12	18	9.2	13	24	0.9	-1.818	-1.2	-4.4	-5.2431	-1.9	-2.	
28		26	18	-33	12	7.08	-7.7	7.89	44.2	0.97	36.9	6.1	12	12	1.1	0	6.2	7.2	13	18	8.7	14	21	1.1	0.8261	-0.9	-3.5	-5.1122	-2	-2.	

Obrázek 34 Výstupní data z programu Xsens

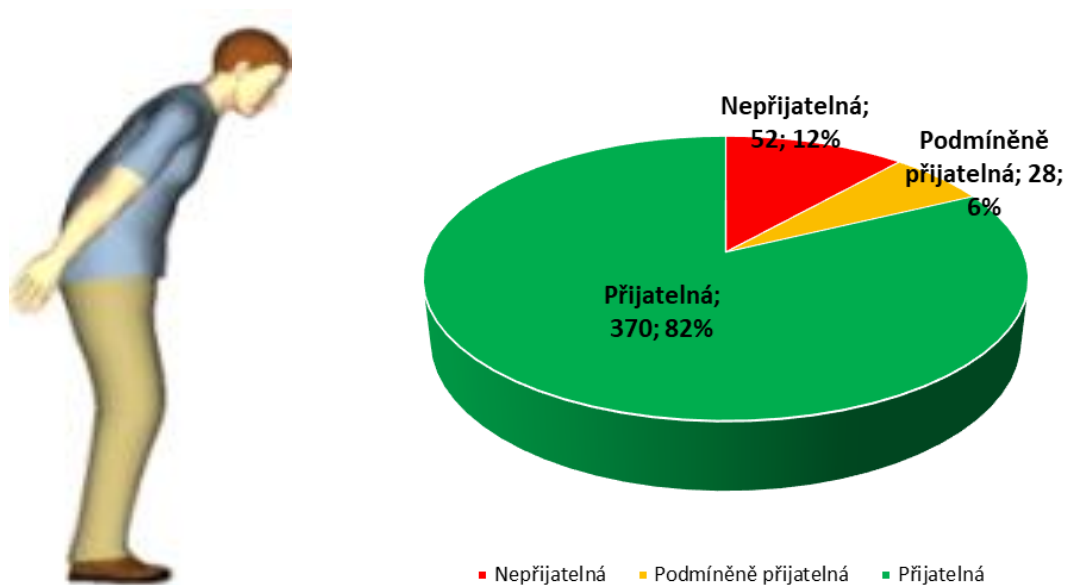
3.3.1 Pracoviště Bonding

Jak se lze dočíst v předchozí kapitole na pracovišti Bonding dochází k začišťování lepených spojů dřevotřískových desek od zbytku lepidla. Začišťování otřepů vzniklých při frézování do desek. Pracovník zde využívá dlátko a horkovzdušné pistole k nahřátí lepidla tak, aby bylo měkkší a snadněji odstranitelné. Po odstranění velkých částí přebytku lepidla ještě oře všechny spoje technickým benzínem.



Obrázek 35 Pracoviště Bonding poloha 2 Xsens

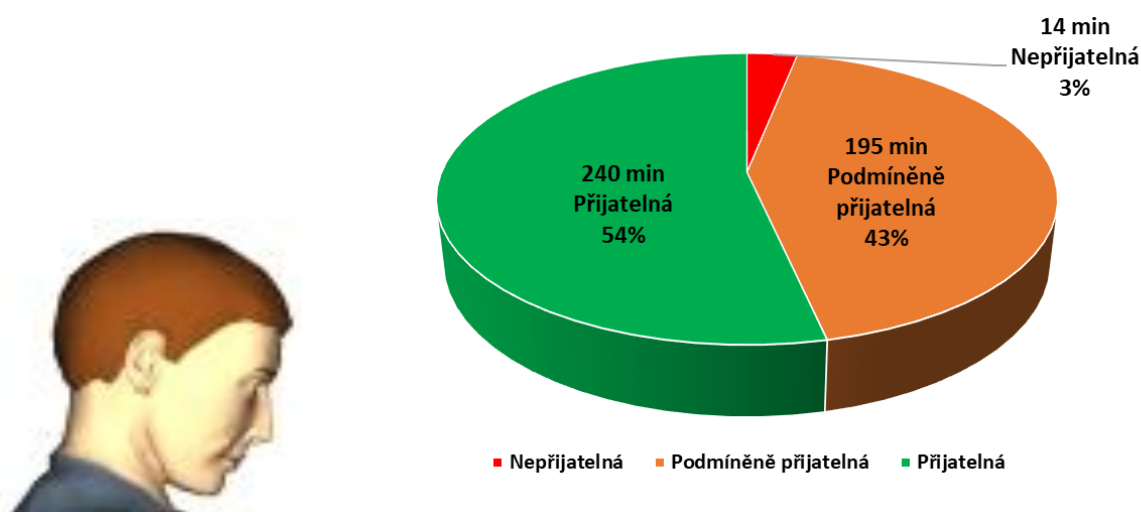
Poloha trupu:



Obrázek 36 Výsledek pracoviště Bonding poloha trupu

Z výsledného grafu je patrné, že pracovníkův trup stráví ze sedmi a půl hodinové směny více než 6 hodin v přijatelné poloze, zbylých 28 minut v podmíněně přijatelné poloze a v nepříjemné poloze je 12 % z celé směny, tedy 52 minut.

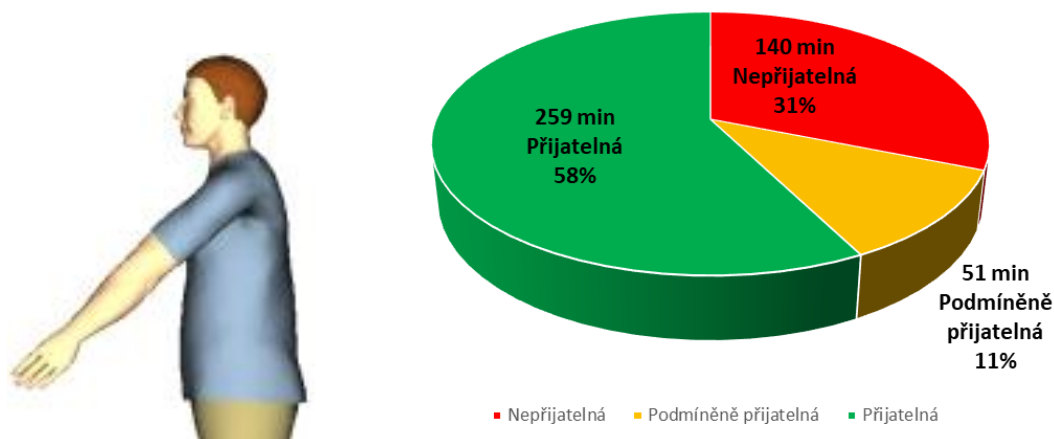
Poloha krku:



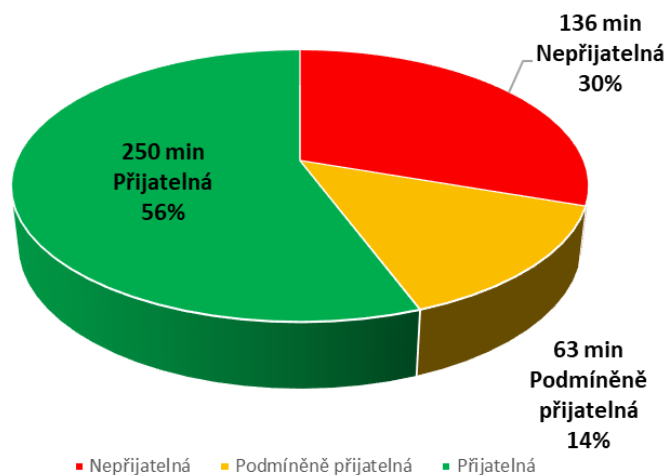
Obrázek 37 Výsledek pracoviště Bonding poloha krku

Z výsledného grafu vyplývá, že pracovníkův krk se v průběhu celé směny nachází čtyři hodiny v přijatelné poloze, dále 195 minut v podmíněně přijatelné poloze a 3 % z celé směny v poloze nepříjemné.

Poloha ramen:



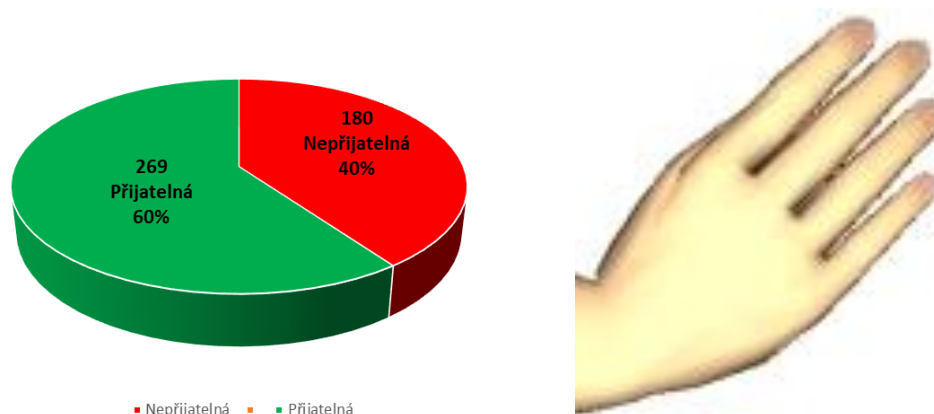
Obrázek 38 Výsledek pracoviště Bonding poloha ramen – levé



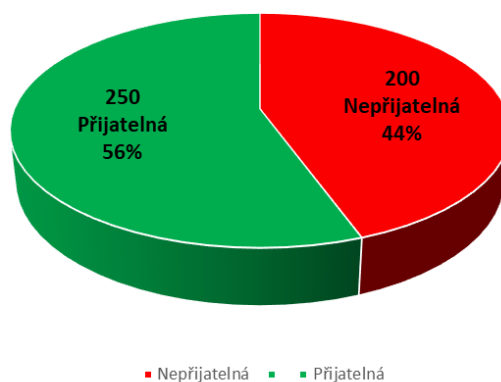
Obrázek 39 Výsledek pracoviště Bonding poloha ramen – pravé

Na tomto pracovišti jsou obě pracovníkova ramena vytížena vcelku stejně. A to stráví přes čtyři hodiny v příjemné poloze, hodinu v poloze podmíněně příjemné a více než dvě hodiny v poloze nepříjemné.

Poloha zápěstí:



Obrázek 40 Výsledek pracoviště Bonding poloha zápěstí – levé



Obrázek 41 Výsledek pracoviště Bonding poloha zápěstí – pravé

Obdobně jako ramena jsou na tomto pracovišti pracovníkova zápěstí, které jsou po dobu pracovní směny více než čtyři hodiny v poloze přijatelné a více než tři hodiny v poloze nepřijatelné. Tato skutečnost odpovídá i výsledkům získaným z programu Jack.

Celosměnová práce prováděná operátorem výroby na tomto pracovišti se řadí z hlediska výsledků jednotlivých částí do kategorie číslo 3.

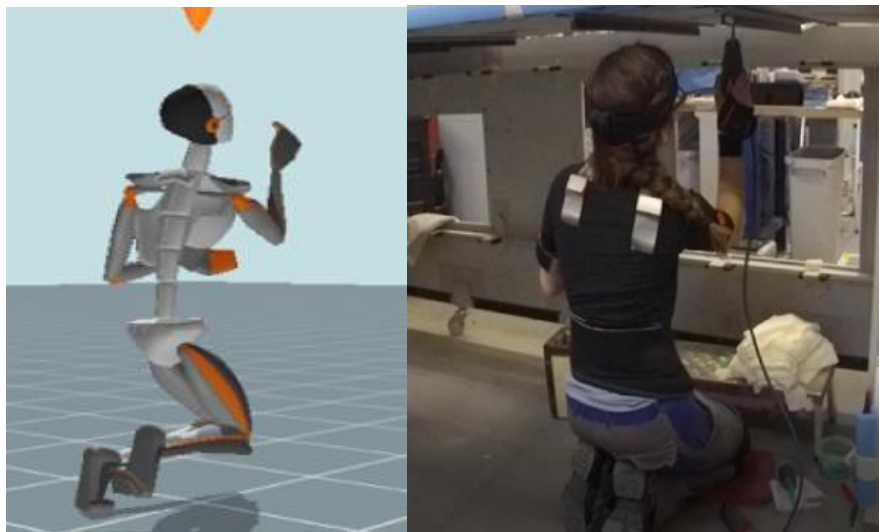
Hygienický limit pro celosměnovou dobu práce v jednotlivých nepřijatelných pracovních polohách je 30 min. za směnu, v jednotlivých podmíněně přijatelných pracovních polohách 160 min. za směnu.

Tuto skutečnost nesplňují pro nepřijatelné polohy pracovníkova ramena a zápěstí. Pro podmíněně přijatelné polohy nesplňuje toto nařízení pracovníkův krk.

3.3.2 Pracoviště Sealování

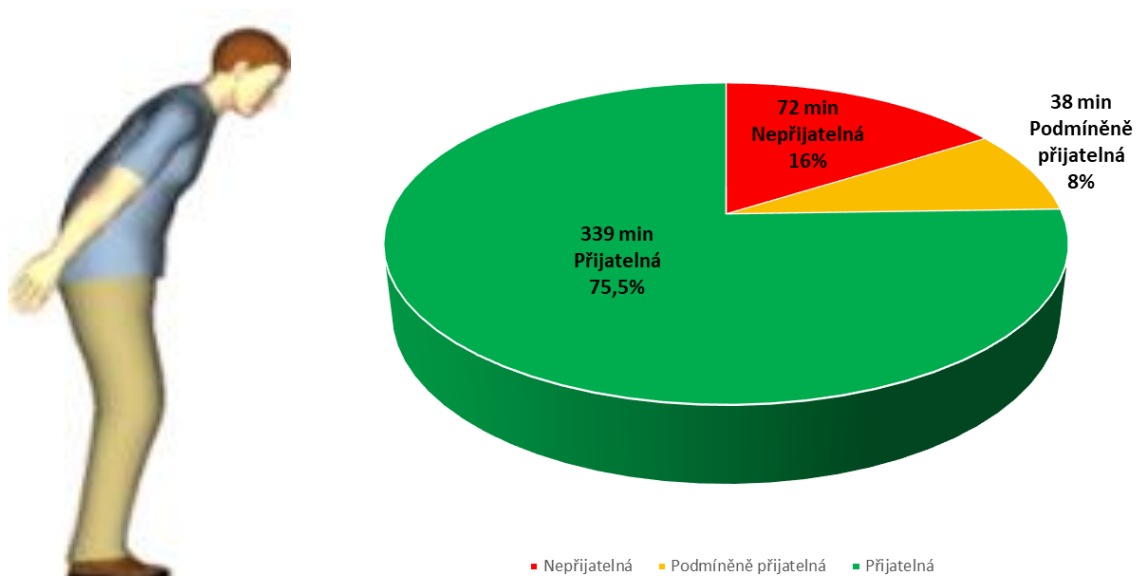
Jak je možné se dočíst v předchozích kapitolách toto pracoviště slouží k zamazání spár u lepených dřevotřískových desek, tak aby se dosáhlo co nejlepšího přechodu v hranách spojů.

Pracovním prostorem je zde celý modul kabinky, který je umístěn na podlaze výrobní haly. Pracovnice může využít schůdků při práci ve vyšších polohách.



Obrázek 42 Pracoviště Sealování poloha 1 Xsens

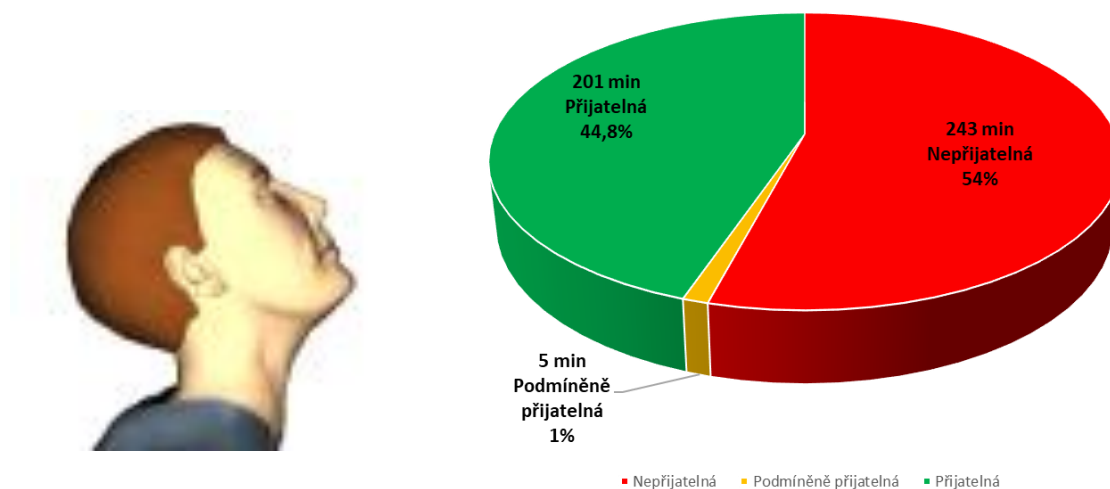
Poloha trupu:



Obrázek 43 Výsledek pracoviště Sealování poloha trupu

Z výsledného grafu je patrné, že pracovníkův trup stráví z celé směny 339 minut v přijatelné poloze, 38 minut v poloze podmíněně přijatelné a zbylých 72 minut v poloze nepříjemné.

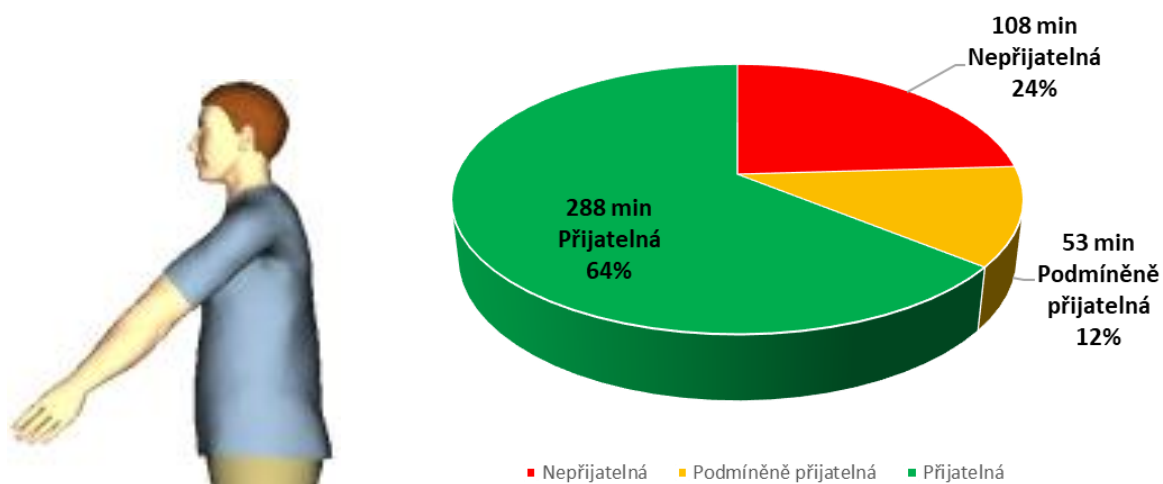
Poloha trupu:



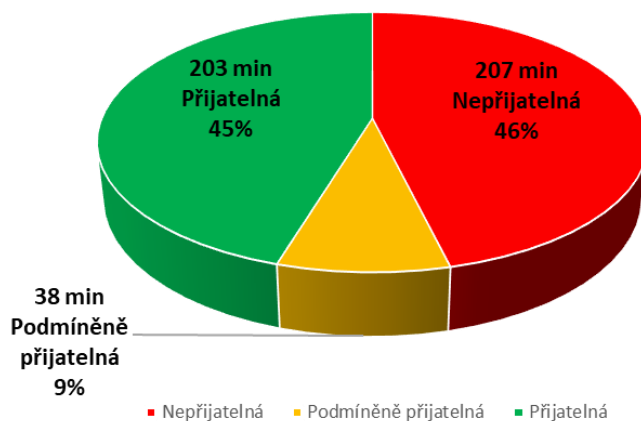
Obrázek 44 Výsledek pracoviště Sealování poloha krku

Z výsledného grafu vyplývá, že je pracovníkův krk 201 minut v poloze přijatelné, pouze 5 minut z celé pracovní doby v poloze podmíněně přijatelné, a tudíž většinu času a to celých 243 minut v poloze nepřijatelné.

Poloha ramen:



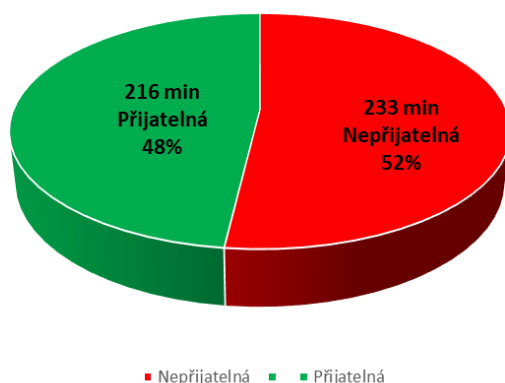
Obrázek 45 Výsledek pracoviště Sealování poloha ramen – levé



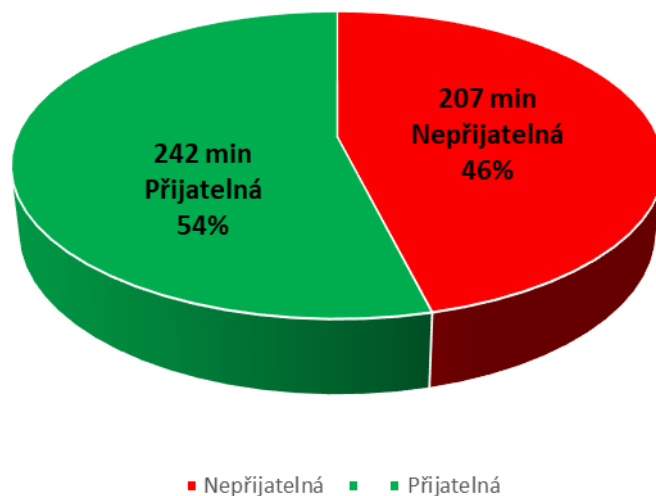
Obrázek 46 Výsledek pracoviště Sealování poloha ramen – pravé

Ve srovnání ramen je pravé namáháno násobně více oproti levému. Toto je pravděpodobně způsobeno tím, že pracovníkova dominantní ruka je pravá, a tudíž ji používá k ovládnutí pneumatické tlakové pistole. Pravé rameno je v nepřijatelné poloze 207 minut oproti levému, které je v této poloze pouze 108 minut. Oproti tomu pravé je v podmíněně přijatelné poloze 38 minut zatím o levé 53 minut. Přijatelná poloha je pro pravé rameno 203 minut a 288 minut pro rameno levé.

Poloha zápěstí:



Obrázek 47 Výsledek pracoviště Sealování poloha zápěstí– levé



Obrázek 48 Výsledek pracoviště Sealování poloha zápěstí– pravé

Na rozdíl u odlišností u ramen jsou obě pracovníkova zápěstí zatížena celkem podobně, a to zhruba čtyři hodiny v poloze nepřijatelné a čtyři hodiny v poloze přijatelné. Rozdíly v polohách jsou zde tak velké, že zde nedochází k poloze podmíněně přijatelné.

Celosměnová práce prováděná operátorem výroby na tomto pracovišti se řadí z hlediska výsledků jednotlivých částí do kategorie číslo 3.

Hygienický limit pro celosměnovou dobu práce v jednotlivých nepřijatelných pracovních polohách je 30 min. za směnu, v jednotlivých podmíněně přijatelných pracovních polohách 160 min. za směnu.

Tuto skutečnost nesplňují pro nepřijatelné polohy pracovníkův trup, krk, ramena ani zápěstí. Pro podmíněně přijatelné polohy splňují toto nařízení všechny pracovníkovy končetiny.

4 Porovnání použitých variant

Každá z použitých variant funguje na jiném principu a nelze je s přesností porovnávat. Každá ze zvolených přístupů má své klady ale také zápory.

4.1 Siemens Jack

Výhoda tohoto softwaru je v zobrazení pracoviště. Je zde přehledně vidět vymodelované pracoviště i s pracovníkem při analyzované poloze.

Výhoda je v možnosti rychlé změny například při návrzích na zlepšení. Stačí upravit model pracoviště a následně upravit model člověka. Oproti druhé variantě, kde by toto obnášelo úpravu stávajícího pracoviště a nové měření za pomoci probanda.

Nevýhodou tohoto nástroje je statická analýza. Kdy se analyzuje pouze jedna zvolená poloha, která se v pracovní směně může a nemusí vyskytovat vícekrát.

Další nevýhodou je lidská chyba, která může vzniknout při nastavování modelu člověka do analyzované polohy. Některé úhly nebo vzdálenosti nemusejí odpovídat skutečnosti a tím dojde ke zkreslení výsledků analýzy.

Příprava modelů a samotné modelování člověka je časově náročné, a tudíž i cenově náročné.

Nejdražší položkou u této varianty je softwarová licence, která se pohybuje kolem jednoho milionu českých korun. Cena se odvíjí od jednotlivých modulů, které je možné si do programu dokoupit.

Před samotnou ergonomickou analýzou v softwaru Jack je nutné změření rozměrů daného pracoviště, které bude cílem analýzy. Na tuto činnost stačí jeden nijak zvlášť kvalifikovaný pracovník. Dále je důležité pořídit video záznam, nebo alespoň fotografie z prováděné činnosti. Hodinová sazba pracovníka pro sběr dat a natáčení nebo focení je 200 Kč/h.

V následujícím kroku přichází na řadu konstruktér, který z naměřených rozměrů a fotografií vymodeluje pracoviště a veškeré potřebné nástroje a přípravky, které jsou součástí vykonávané činnosti. Modely exportuje do formátu, který je podporován softwarem Jack. Hodinová sazba takového pracovníka je 500 Kč/h.

Pokud jsou hotové 3D modely, může přijít na řadu ergonomický pracovník, který má zkušenosti s Jackem. Importuje data do softwaru a vytvoří model člověka podle předpokladů k analýze. Následně na polohuje model člověka do polohy, která odpovídá poloze pracovníka z videa nebo z fotografie. Výstupem z tohoto programu je výsledek jednotlivé analýzy, nejčastěji RULA analýzy. Hodinová sazba pracovníka je 500 Kč/h.

Tabulka 1 Ekonomická popis prací Siemens Jack

Softwarová licence	1 000 000 Kč
Hodinová sazba – sběr dat	200 Kč/h
Hodinová sazba – konstruktér	500 Kč/h
Hodinová sazba – ergonom	500 Kč/h

Pro výpočet budeme počítat jedno pracoviště s jedním pracovníkem. Pracoviště musí být prázdné, tudíž se na pracovišti nepracuje. Zaměření pracoviště se odvíjí od jeho složitosti, pro výpočet budeme počítat s 30 minutami. Video záznam by měl mít alespoň 30 minut. Modelování pracoviště 3 hodiny, práce v Jackovi 2 hodiny, vyhodnocení 2 hodiny.

Tabulka 2 Ekonomický popis prací Siemens Jack

Zaměření pracoviště + videozáznam	1 * 200 Kč = 200 Kč
Modelování pracoviště	3 * 500 Kč = 1500 Kč
Práce v Jackovi	2 * 500 Kč = 1000 Kč
Vyhodnocení analýz	2 * 500 Kč = 1000 Kč
Součet	3700 Kč – 8 hodin

4.2 Xsens

Velkým přínosem je rychlost celého procesu. Nevýhodou může být absence modelu pracoviště, tato nevýhoda se dá odstranit spojením videozáznamu a měření pomocí Xsens.

Zpracování dat z měření je sice časově náročné, ale provádí se automaticky bez nutnosti lidské obsluhy.



Obrázek 49 Synchronizace videa a Xsens

Nejdražší položka v této variantě je bezpochyby opět softwarová licence a oblek. Tyto dvě věci jsou prodávány společně za cenu 690 000 Kč, jedná se o doživotní licenci s podporou na 3 roky a možností dokoupení každého dalšího roku za 52 000 Kč.

Samotné měření vyžaduje dva pracovníky pro přípravu probanda. Každá změřená hodina na analyzovaném pracovišti představuje hodinu a půl i s přípravami, nastavováním a balením všech věcí.

Příprava probanda obnáší oblečení do obleku, připevnění všech 17 snímačů a zkalibrování čidel s programem. Pokud všechny tyto kroky proběhly v pořádku, je možné přejít k samotnému měření.

Tabulka 3 Ekonomický popis prací Xsens

Softwarová licence + oblek	690 000 Kč
Hodinová sazba	300 Kč/h

Tabulka 4 Ekonomický popis prací Xsens

Měření (dva pracovníci)	2 * 1,5 * 300 = 900 Kč
Zpracování PC	8 hodin
Vyhodnocení	2 * 300 = 600 Kč
Součet	1500 Kč – 5 hodin

Z časového i peněžního hlediska vychází lépe varianta Xsens. Pořizovací náklady na hardwarové i softwarové vybavení je levnější. Náklady na pracovníky jsou také nižší, odpadá nutnost specializovaných pracovníků konstrukce. Zpracování dat je automatizované, je sice časově náročné, ale neplatí se hodinová mzda a pracovník může vykonávat během této doby jinou práci.

4.3 Porovnání výsledků analýz

Výsledky analýz reprezentují odlišné výsledky u některých poloh, to je způsobeno různými metodami a způsoby řešení. Jedna analýza je pouze statická a vypovídá pouze o jedné konkrétní poloze, zatím co druhá je komplexnější a vypovídá a veškerých pohybech během pracovní směny. V některých krocích se analýzy shodují, to je dáno výběrem polohy, ve které je pracovník většinu pracovní doby.

4.3.1 Pracoviště Bonding

Poloha 1

Z výsledků RULA analýzy pro polohu číslo 1 vyplývá, že je nejvíce namáhán krk a trup. Pro polohu číslo 2 se jedná o nadloktí, předloktí, zápěstí, trup a krk.

V porovnání s výsledky z Xsens, kde jsou nejvíce zatíženy obě ramena a obě zápěstí dochází s RULA analýzou k odlišnostem.

Jak již bylo zmíněno dříve, RULA analýza z programu Siemens Jack je pouze statická analýza vypovídající pouze o jedné poloze, oproti tomu je Xsens dynamická analýza, která má vypovídající schopnost všech pohybů pracovníka.

RULA analýza zařazuje pracovní polohu číslo 1 z pracoviště Bonding do 4. kategorie, zatím co Xsens do kategorie číslo 3.

4.3.2 Pracoviště Sealování

Z výsledků z RULA analýzy pro polohu číslo 1 vyplývá, že je nejvíce namáhán krk a dále předloktí a zápěstí. Pro polohu číslo 2 se jedná nejvíce o trup a dále o nadloktí, předloktí, zápěstí a krk.

V porovnání s výsledky z Xsens je nejvíce namáháný krk pravé rameno a obě zápěstí. V tomto případě dochází ke shodě při určení stejných nejvíce namáhaných částí a to krku, ramene a zápěstí.

5 Návrhy na zlepšení

K ulehčení práce pracovníkům na vybraných pracovištích a snížení celkové námahy při zachování stejné produktivity lze přistupovat několika způsoby.

Asi nejjednodušší a nejlevnější změnou je konstrukční změna pracoviště. U některých pracovišť je dostatečná změna výměny pracovního stolu za polohovatelný. Jelikož různorodost pracovníků střídajících se na pracovištích je velká, není možné vytvořit ideální pracoviště pro každého individuálního pracovníka. Polohovatelný stůl by zajišťoval možnost nastavení výšky stolu při změně polotovaru nebo pracovní polohy.

Pro měření pozice budou na základě provedených analýz navrhována ergonomická řešení. Cílem návrhů je zlepšení skóre metody RULA. Nová řešení budou v programu Tecnomatix Jack podrobena stejnému systému hodnocení, které bylo provedeno v rámci analýz.

5.1 Pracoviště Bonding

Z RULA analýzy současného stavu vyplývá, že je nejvíce namáhán trup a krk. Výška pracovního stolu je 86 cm, což je pro práci ve stoje pro pracovníka, který měří 180 cm moc málo.

Vyšší stůl byl pro pracovníka znamenal menší předklon a menší náklon hlavy.

Ideální variantou by byl výškově nastavitelný stůl, tak aby byl každá pracovník schopný si stůl nastavit podle svých tělesných rozměrů a potřeb.

Na trhu přichází v úvahu dvě možné varianty. Stoly výškově nastavitelné ručně a stoly výškově nastavitelné elektricky.

Elektricky výškově nastavitelné stoly patří mezi nejoblíbenější. Vynikají snadným ovládním a intuitivní obsluhou. Velmi rychle a pohodlně je možné měnit polohu stolu, a to motivuje k neustálým změnám pozice za stolem. Elektricky výškově nastavitelné stoly umožňují střídat práci vsedě i ve stoje. Při dlouhodobém sezení je nadměrně zatěžován lidský organismus a změna polohy stolu, obzvláště pro práci ve stoje má velmi pozitivní zdravotní účinky.

Nastavitelná výška: 640–1257 mm

Nosnost 100 kg

Cena takového stolu se pohybuje okolo 20 000 Kč.



Obrázek 50 Elektricky nastavitelný stůl

Mechanicky výškově stavitelné stoly jsou většinou ovládány klikkou pomocí šroubového mechanismu. Tyto stoly vynikají robustností, bezporuchovostí a velmi dlouhou životností při nižší ceně než u motorových stolů.

Nastavitelná výška: 685–1100 mm

Nosnost 100 kg

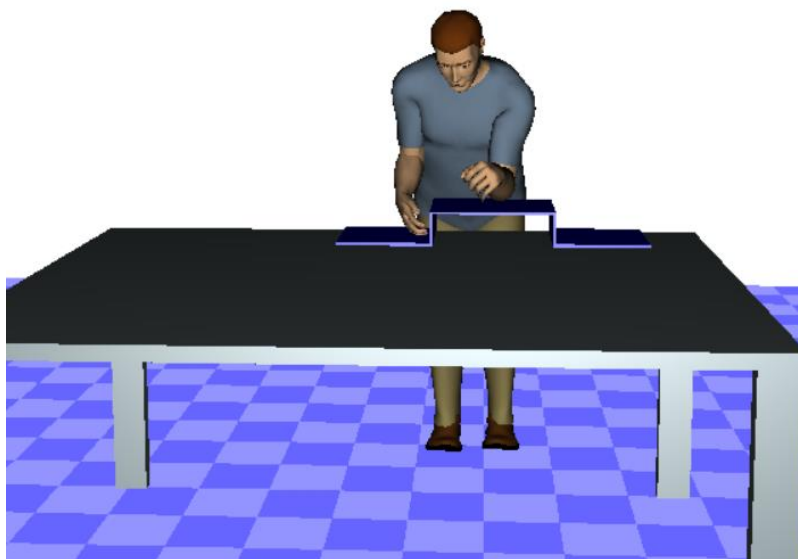
Cena takového stolu se pohybuje okolo 10 000 Kč.



Obrázek 51 Mechanicky nastavitelný stůl

Pro některé menší díly by byly tyto varianty stolů zcela vyhovující. Pro větší díly by musel být stůl vyroben na zakázku. Používaná díly nejsou těžké, ale rozměrově velké. Stůl by nemusel být konstruován na větší nosnost, ale na větší ložnou plochu a tím i na větší stabilitu.

Odhadovaná cena takového stolu je 30 000 – 40 000 Kč.



Obrázek 52 Model navrhovaného stavu pracoviště Bonding

The screenshot shows the 'Rapid Upper Limb Assessment (RULA)' software window. It has three tabs: 'Task Entry', 'Reports', and 'Analysis Summary'. The 'Analysis Summary' tab is active. The interface includes fields for Job Title, Location, Comments, Job Number, Analyst, and Date. Below these are two sections for posture ratings: 'Body Group A Posture Rating' and 'Body Group B Posture Rating'. Body Group A ratings are: Upper arm: 2, Lower arm: 3, Wrist: 2, Wrist Twist: 2, Total: 5. Body Group B ratings are: Neck: 2, Trunk: 2, Total: 3. There are also boxes for 'Muscle Use' (Mainly static, e.g. held for longer than 1 minute), 'Force/Load' (< 2 kg intermittent load), and 'Arms' (Not supported). A 'Legs and Feet Rating' section indicates 'Standing, weight even. Room for weight changes.' At the bottom, a yellow box displays the 'Grand Score: 4' and the 'Action: Further investigation needed. Changes may be required.' Buttons for 'Usage' and 'Dismiss' are at the bottom right.

Obrázek 53 Výsledek RULA pro navrhovaný stav pracoviště Bonding

Z výsledku rula analýzy vyplývá, že se podařilo snížit zatížení na krk a trup a tím snížit celkové výsledné skóre ze 6 na 4. Přeražení z kategorie práce číslo 3 do kategorie práce číslo 2. Tohoto bylo docíleno zvýšením pracovní plochy z původních 860 cm o 35 cm na stávající výšku 895 cm.

Při manipulaci s deskami velkých rozměrů využít kolegu nebo mistra, který se na pracovišti pohybuje. Nepřenášet velké desky samostatně, hrozí zranění, úraz či poškození materiálu a ušetřený čas je minimální.

Pracovníci jsou většinu pracovní doby ve stoje. Podlaha je v této části betonová. Kombinace dlouhého stání a tvrdé podlahy přispívají k namáhání chodidel.

Ergonomická rohož je speciálně vyvinutá pro zmírnění zdravotních následků dlouhodobého stání. Je měkká a svým speciálním povrchem nutí k neustálým nepatrným pohybům, které udržují dobrý krevní oběh a správný postoj. Pohyby, o kterých zaměstnanec ani neví, podporují svalovou kostru a umožňují zaujmout komfortní pracovní polohu, která tolik nezatěžuje pohybové ústrojí člověka.[13]



Obrázek 54 Ergonomické rohože [13]

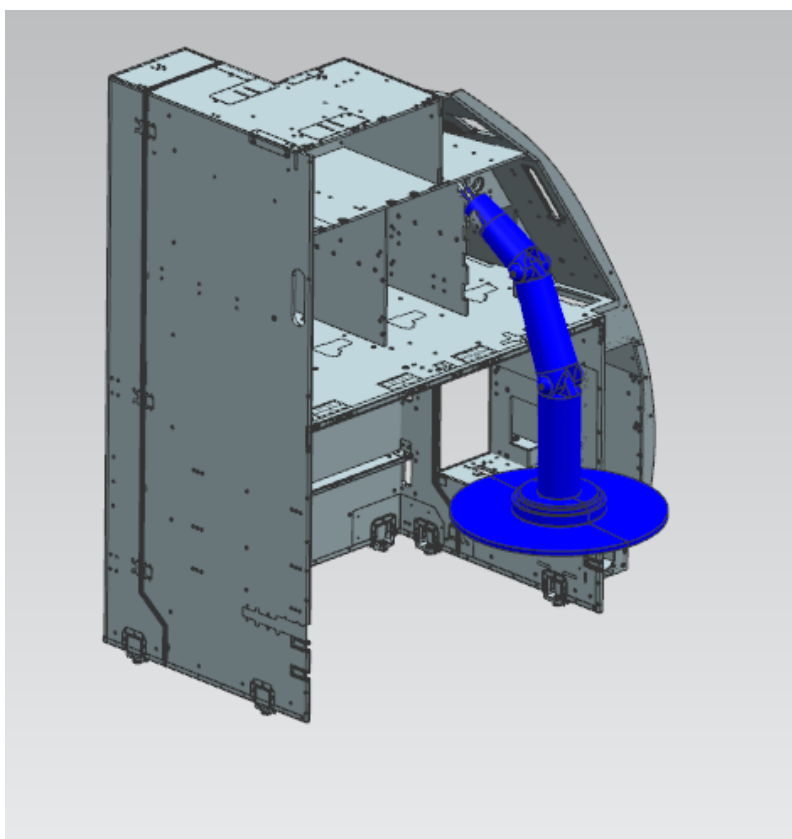
5.2 Pracoviště Sealování

Z RULA analýzy současného stavu je patrné, že má pracovník nejvíce namáhán krk, trup a pravou ruku.

Ne vždy je technicky možné navrhnout pracovní postup a pracoviště tak, aby bylo pro pracovníka příznivé a nedocházelo k žádnému přetěžování.

Na tomto pracovišti by bylo ideální využití robotizované ruky, která by neměla problém s dosahem do hlubokých přihrádek kabinky.

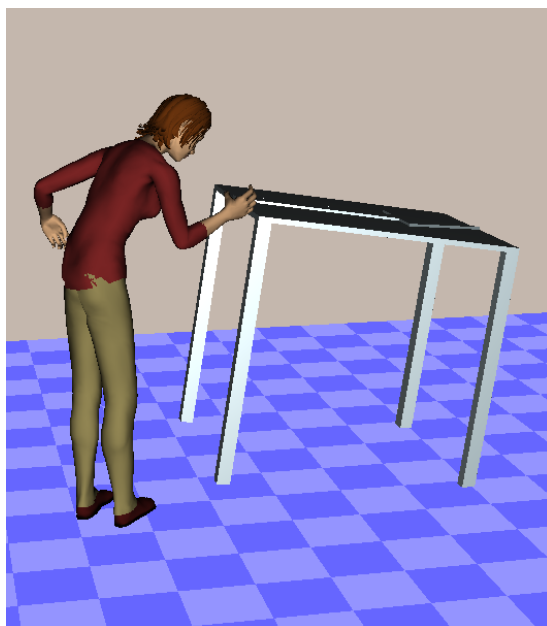
Je pochopitelné, že firma nebude chtít provádět několika milionovou investici do technologie, kterou do této doby provádějí pracovníci. Na druhou stranu, pokud se budou zvyšovat počty pracovníků s nemocemi z povolání a firma bude nucená těmto pracovníkům vyplácet dvanáct průměrných platů bude tato investice stát za zvážení. Navíc by se dosáhlo vyšší produktivity, a to je při současné situaci firmy, kdy nestačí plnit poptávku další žadaná věc.



Obrázek 55 Model robotické ruky

5.3 Pracoviště zasouvání měděných tyčí

Aby se pracovníci nemuseli tolik ohýbat z důvodu lepších zorných podmínek, kde se zrak zaměřuje na otvory v žebrech výměníku, byl navržen nakloněný stůl. Úhel naklonění desky stolu by bylo reálné do 10°. Větší úhel by již představoval problém v rámci manipulace s výměníky. Úhel náklonu desky by byl dosažen pomocí naklonění do požadovaného úhlu s následným zajištěním polohy.



Obrázek 56 Návrh polohy zasouvání měděných tyčí

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) ×

Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title:	<input type="text"/>	Job Number:	<input type="text"/>
Location:	<input type="text"/>	Analyst:	<input type="text"/>
Comments:	<input type="text"/>	Date:	<input type="text"/>

Body Group A Posture Rating

Upper arm:	3
Lower arm:	2
Wrist:	3
Wrist Twist:	1
Total:	4

Body Group B Posture Rating

Neck:	1
Trunk:	3
Total:	3

Muscle Use:	Normal, no extreme use
Force/Load:	< 2 kg intermittent load
Arms:	Not supported

Muscle Use:	Normal, no extreme use
Force/Load:	< 2 kg intermittent load

Legs and Feet Rating

Standing, weight even. Room for weight changes.

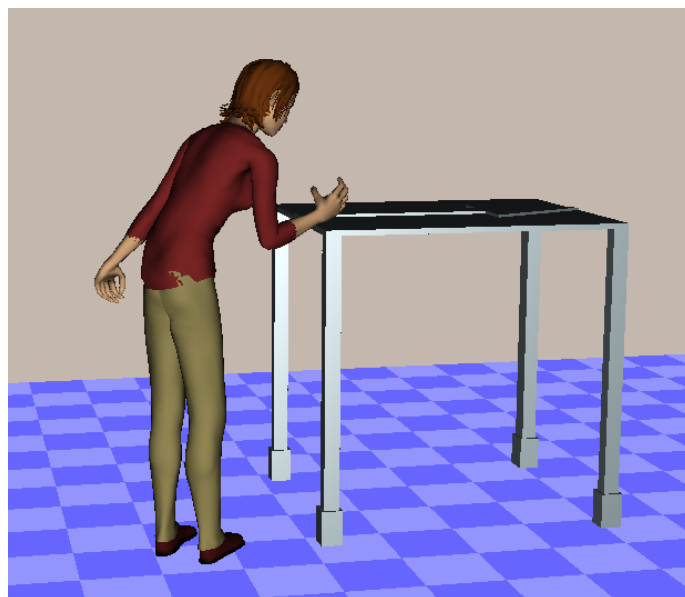
Grand Score: 3

Action: Further investigation needed. Changes may be required.

Update Analysis

Obrázek 57 Výsledek návrhu polohy zasouvání měděných tyčí

Jelikož nemají všichni pracovníci na daných pracovištích stejnou výšku postavy, je vhodné jim umožnit výškové nastavení stolů dle jejich potřeb. Z výstupů předešlých analýz vyplývá, že pro některé pracovníky je pracovní rovina příliš nízká/vysoká.



Obrázek 58 Návrh polohy zasouvání měděných tyčí

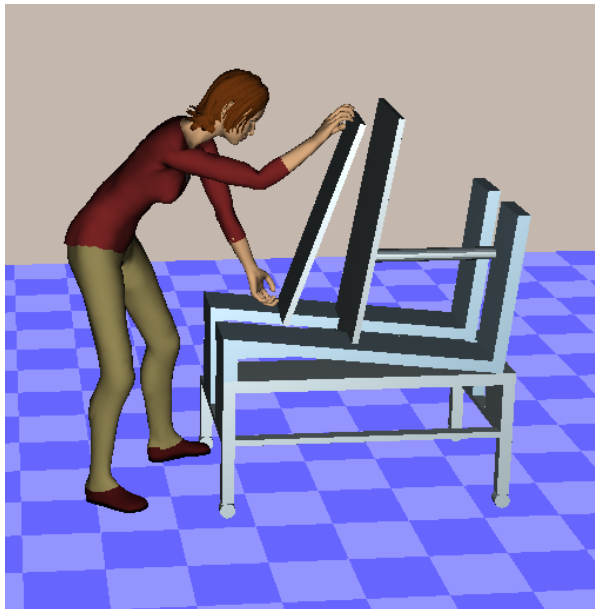
A screenshot of the Rapid Upper Limb Assessment (RULA) software interface. The window title is "Rapid Upper Limb Assessment (RULA)". There are three tabs: "Task Entry", "Reports", and "Analysis Summary", with "Analysis Summary" selected. The interface contains several input fields for "Job Title", "Job Number", "Location", "Analyst", "Comments", and "Date". Below these are two sections for "Body Group A Posture Rating" and "Body Group B Posture Rating".
Body Group A Posture Rating:
Upper arm: 2
Lower arm: 2
Wrist: 2
Wrist Twist: 1
Total: 3
Body Group B Posture Rating:
Neck: 1
Trunk: 3
Total: 3
Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load
Arms: Not supported
Below these is a "Legs and Feet Rating" section with the text "Standing, weight even. Room for weight changes." At the bottom, a yellow box displays "Grand Score: 3" and "Action: Further investigation needed. Changes may be required." An "Update Analysis" button is at the very bottom.

Obrázek 59 Výsledek návrhu polohy zasouvání měděných tyčí

Výsledné skóre se snížilo z 6 na 3, při této poloze je méně namáhán krk, trup a horní část rukou. Různé výšce stolu bude muset být přizpůsoben i vozík s měděnými tyčemi. Bylo navrženo řešení prohloubení dna a přidání výtlačného dna vozíku, které zajistí, že pracovník bude schopen v pořádku na tyče dosáhnout, uchopit je a následně z vozíku vytáhnout. Zároveň prohloubené dno zvyšuje objem, který je vozík schopen pojmout a naskytuje se zde možnost zmenšení meziskladu tohoto materiálu na pracovišti CS.

5.4 Pracoviště manipulace s výměníky

Pokud je u pracoviště více manipulačních vozíků s výměníky, tak jsou výměníky špatně přístupné. Pokud by byli vozíky vybaveni podávajícím mechanismem, tak aby se pracovníci nemuseli nahýbat až na konec vozíku, došlo by ke zlepšení ergonomie.



Obrázek 60 Návrh polohy manipulace s výměníkem

Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Task Entry | Reports | Analysis Summary

Job Title: Job Number:
Location: Analyst:
Comments: Date:

Body Group A Posture Rating

Upper arm: 4
Lower arm: 3
Wrist: 2
Wrist Twist: 2
Total: 5

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load
Arms: Not supported

Body Group B Posture Rating

Neck: 1
Trunk: 3
Total: 3

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: < 2 kg intermittent load

Legs and Feet Rating

Standing, weight even. Room for weight changes.

Grand Score: 4

Action: Further investigation needed. Changes may be required.

Update Analysis

Obrázek 61 Výsledek návrhu polohy manipulace s výměníkem

Výsledné skóre se snížilo ze 7 na 4, při této poloze je méně namáhán krk, trup a horní část rukou. Pracovnice se nemusí naklánět při stoje na jedné noze.



Obrázek 62 Model návrhu vozíku pro žebra

Podávající mechanismus byl vyřešen přidáním výtlačného systému do zadní části vozíku. Pro dobré posouvání materiálu po ploše vozíku byly přidány válečky do prostoru mezi částmi vozíku. Aby se žebra výměníků nemohla vzpříčit mezi válečky, byl přidán gumový řemen přes válečky.

Návrhem řešení ergonomie pozic bylo docíleno:

- Menší namáhání trupu
- Zmenšení potřebného náklonu k dosažení na výměník
- Nastavitelnosti výšky pracovní roviny
- Zlepšení viditelnost děr výměníku položeného na pracovním stole

Na těchto pracovištích se opět objevuje kombinace tvrdé podlahy a pracovní polohy ve stoje. I zde by se hodilo využití ergonomických rohoží stejně jako v předchozí kapitole.

6 Ekonomické hodnocení

Firma nebyla ochotná poskytnout žádné informace o počtu vyráběných kusů, nákladech, zisků z vyráběných produktů není proto možné vypočítat návratnost navrhovaných řešení. Z tohoto důvodu jsou uváděny pouze pořizovací ceny při případné realizaci těchto návrhů.

6.1 Pracoviště Bonding

Úprava tohoto pracoviště by obnášela výměnu pracovního stolu. Jedná se o dva stoly, které slouží jako pracovní plocha pro dva pracovníky. Z nabízených variant by bylo vhodné vyměnit jeden stůl za elektricky výškově nastavitelný viz. Obrázek 50 a druhý stůl nechat vyrobit na zakázku s větší ložnou plochou.

Cena prvního stolu je 20 000 Kč, cena druhého stolu je 30 000 – 40 000 Kč v závislosti na požadovaném materiálu a rozměrech desky.

Cena ergonomické rohože se pohybuje kolem 1000 Kč za kus, v součtu se jedná o 2000 Kč.

Cena ergonomické analýzy 20 000 Kč.

Výsledná cena úprav pro pracoviště Bonding je 82 000 Kč.

6.2 Pracoviště Sealování

Pracoviště Sealování je svým charakterem práce velmi specifické. Jak již bylo zmíněno v předchozí kapitole, ne vždy je technicky možné navrhnout pracovní postup a pracoviště tak, aby bylo pro pracovníka příznivé a nedocházelo k žádnému přetěžování.

Na tomto pracovišti by bylo ideální využití robotizované ruky, která by neměla problém s dosahem do hlubokých přihrádek kabinky.

Cena průmyslové robotizované ruky se pohybuje v rozmezí 750 000 – 1 000 000 Kč. To ale není finální částka, jedná se pouze o pořizovací cenu. Do celkové ceny je nutné zahrnout přestavbu pracoviště a nutné úpravy spojené se změnou pracovního postupu.

Výsledná cena tak převyšuje 1 000 000 Kč.

Nákupem tohoto vybavení by firma eliminovala placení odstupného pracovníkům z důvodů nemoci z povolání. Tím ušetří za každého pracovníka v průměru 350 000 Kč.

6.3 Pracoviště výroby výměníků

Výpočet vychází z časového snímku pořízeného před a po návrhu. Před návrhem činila práce s přidanou hodnotou 49 % z pracovní směny. Ztrátový čas při opravě výměníkových žeborů z důvodu poškození byl 23 %.

Po úpravě pracovního stolu došlo ke změně. Z původních 49 % se práce s přidanou hodnotou zvedla na 59 % a ztrátový čas klesnul z 23 na 5 %.

Tato úprava zapříčinila menší spotřebu žeborů, rychlejší výrobu výměníků, ale hlavně pohodlnější pracovní polohu pro pracovníky. Tím, že se zvýšila produkce se zamezilo čekání ostatních pracovišť, které navazují a byli nuceni zastavovat výrobu z důvodu nedostatku materiálu.

Cena úpravy stolu byla stanovena na 3 500 Kč. Při počtu šestnácti stolů vyjde úprava všech stolů na 56 000 Kč. Pořizovací cena nových stolů je 10 000 Kč za kus. V součtu by se jednalo o 160 000 Kč.

7 Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce bylo analyzování jednotlivých pracovišť se záměrem určit kritická místa, snížení počtu pracovníků s nemocemi z povolání a vytvořit návrhy na jejich zdokonalení s ohledem na ergonomii.

Práce se v úvodu věnuje teoretické stránce celé problematiky. Jako první se zabývá popisem a definicí ergonomie a jejím vlivem na pracoviště. Další popisovaná témata jsou antropometrie, pracovní prostředí, ergonomické analýzy a zákony týkající se ochrany zdraví na pracovišti.

Druhá kapitola obsahuje popis současného stavu na jednotlivých pracovištích. Je zde popsán pracovní postup a základní rozložení pracovišť.

Obsahem třetí kapitoly jsou ergonomické analýzy vybraných pracovišť. Nejprve došlo k vyhodnocení dotazníků Nordic Questionnaire, které posloužilo jako základ pro určení kritických pracovišť. Pro potřeby softwarového nástroje Siemens Tecnomatix Jack byly pořízeny fotografické materiály za účelem vytvoření přesného 3D modelu v CAD systému. Následně byly tyto modely použity pro RULA analýzy současného stavu na pracovištích.

Čtvrtá kapitola obsahuje porovnání obou použitých metod k ergonomickým analýzám. Porovnává jejich klady a zápory. Berou se zde v úvahu i ekonomické aspekty použití jednotlivých variant. Jako výhodnější varianta vychází Xsens.

Obsahem páté kapitoly jsou návrhy na zlepšení pracovišť a tím snížení zatížení svalových partií horní části těla. Následně jsou tyto návrhy podrobeny stejné ergonomické analýze tak, aby bylo možné porovnání stávajícího stavu a navrhovaného stavu pracoviště.

V následující tabulce je možné vidět shrnutí výsledků ergonomických analýz před a po návrhu na zlepšení.

Tabulka 5 Porovnání změn současného stavu a návrhů

Pracoviště	Současný stav	Navrhovaný stav
Bonding	Výsledné skóre 6 / 7	Výsledné skóre 4
Sealování	Výsledné skóre 7 / 7	Robotizace
Výroba výměníků	Výsledné skóre 7	Výsledné skóre 3;

Použitá literatura

- [1] GILBERTOVÁ, S., MATOUŠEK O. Ergonomie: Optimalizace lidské činnosti. 1. vyd. Praha: Grada, 2002. 239 s. ISBN 80-247-0226-6.
- [2] BUREŠ, M. Tvorba a optimalizace pracoviště. 1. vyd. Plzeň: SmartMotion s.r.o., 2013, ISBN: 978-80-87539-32-3
- [3] BUREŠ, M. Ergonomie – Úvod. Plzeň, 2012. Přednáška z předmětu ŘOP. Západočeská univerzita v Plzni, FST, Katedra KPV
- [4] KRÁL, Miroslav, 2001 a. Metody a techniky užití v ergonomii. 1. vyd. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce.
- [5] KOVÁČ, Jozef a Edita SZOMBATYOVÁ, 2010. Ergonómia. 1. vyd. Košice: Technická univerzita v Košiciach, Strojnícka fakulta. ISBN 9788055305387.

Online zdroje

- [6] Profim [online]. [cit. 2020-07-19]. Dostupné z: <https://www.profim.cz/ergonomie/co-je-to-ergonomie>
- [7] NIS – Nábytkářský informační systém. NIS – Nábytkářský informační systém [online]. Copyright ©2013 [cit. 26.07.2020]. Dostupné z: <http://www.n-i-s.cz/cz/antropometrie/page/34/>
- [8] Tecnomatix Jack. Vítejte [online]. Dostupné z: <https://www.digipod.zcu.cz/index.php/oblasti-nasazeni/ergonomie/jack>
- [9] www.pravniradce.ihned.cz [online]. [cit. 26.07.2020]. Dostupné z: <http://pravniradce.ihned.cz/c1-12535750-ochrana-zdravi-zamestnancu>
- [10] 361/2007 Sb. Nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci. Zákony pro lidi – Sbírka zákonů ČR v aktuálním konsolidovaném znění [online]. Copyright © AION CS, s.r.o. 2010 [cit. 26.07.2020]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>
- [11] NIOSH Lifting Index. Svět produktivity [online]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/slovník/NIOSH-Lifting-Index.htm>
- [12] Nordic Musculoskeletal Questionnaire | Occupational Medicine | Oxford Academic. Document Moved [online]. Copyright © 2020 Oxford University Press [cit. 26.07.2020]. Dostupné z: <https://academic.oup.com/occmed/article/57/4/300/2751338>
- [13] Práce ve stoje: Jak snížit zdravotní rizika a zvýšit produktivitu? | BOZPinfo.cz. BOZPinfo - Časopis JOSRA [online]. Copyright © 2002 [cit. 29.07.2020]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/prace-ve-stoje-jak-snizit-zdravotni-rizika-zvysit-produktivitu>