

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI
FAKULTA STROJNÍ

Studijní program: B2301 Strojírenství
Studijní obor: Průmyslové inženýrství a management

DIPLOMOVÁ PRÁCE

Ergonomická analýza montážní linky

Autor: **Bc. Michal ČERNÝ**
Vedoucí práce: **Ing. Marek BUREŠ, Ph.D.**

Akademický rok 2019/2020

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2019/2020

ZADÁNÍ DIPLOMOVÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Bc. Michal ČERNÝ**
Osobní číslo: **S18N0010P**
Studijní program: **N2301 Strojní inženýrství**
Studijní obor: **Průmyslové inženýrství a management**
Téma práce: **Ergonomická analýza montážní linky**
Zadávací katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

Zásady pro vypracování

1. Úvod do řešené problematiky
2. Charakteristika výrobního systému
3. Analýza procesů vybraném pracovišti
4. Návrh řešení
5. Zhodnocení a přínosy nového návrhu
6. Závěr

Rozsah diplomové práce: **50 – 70 stran**
Rozsah grafických prací: **0 výkresů**
Forma zpracování diplomové práce: **tištěná**

Seznam doporučené literatury:

GILBERTOVÁ, Silva a MATOUŠEK, Oldřich. *Ergonomie – Optimalizace lidské činnosti*. Praha: GRADA PUBLISHING a.s., 2002. 237 s. ISBN 80-247-0226-6.

SLAMKOVÁ, Eva, DULINA, Ľuboslav a TABAKOVÁ, Michaela. *Ergonómia v priemysle*. Žilina: GEORG, 2010. 261 s. ISBN 978-80-89401-09-3.

STANTON, Neville, HEDGE, Alan, BROOKHUIS, Karel, SALAS, Eduardo a HENDRICK, Hal. *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*. USA: CRC Press, 2005. ISBN 0-415-28700-6.

BUREŠ, Marek. *ŽIVDIG : Tvorba a optimalizace pracoviště*, e-book. Plzeň: ZČU-KPV, 2013. ISBN 978-80-87539-32-3.

Vedoucí diplomové práce: **Ing. Marek Bureš, Ph.D.**
Regionální technologický institut

Konzultant diplomové práce: **Mgr. Kateřina Havlíková**
Mubea, spol. s r.o., Žebrák

Datum zadání diplomové práce: **23. září 2019**
Termín odevzdání diplomové práce: **28. května 2020**



Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.
děkan



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

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

Tímto děkuji svému vedoucímu diplomové práce Ing. Marku Burešovi, Ph.D. za ochotu, cenné rady a připomínky, které mi poskytl během psaní této práce.

Dále děkuji Mgr. Kateřině Havlíkové za věnovaný čas, poskytování potřebných podkladů a za rady kterých si velmi vážím.

ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ PRÁCE

AUTOR	Příjmení Bc. Černý	Jméno Michal	
STUDIJNÍ OBOR	B2301 „Průmyslové inženýrství a management“		
VEDOUcí PRÁCE	Příjmení (včetně titulů) Ing. Bureš, Ph.D.	Jméno Marek	
PRACOVÍŠTĚ	ZČU - FST - KPV		
DRUH PRÁCE	DIPLOMOVÁ	BAKALÁŘSKÁ	Nehodící se škrtněte
NÁZEV PRÁCE	Ergonomická analýza montážní linky		

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

POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

CELKEM	110	TEXTOVÁ ČÁST	102	GRAFICKÁ ČÁST	8
---------------	-----	---------------------	-----	----------------------	---

STRUČNÝ POPIS (MAX 10 ŘÁDEK) ZAMĚŘENÍ, TÉMA, CÍL POZNATKY A PŘÍNOSY	<p>Diplomová práce obsahuje ergonomickou analýzu montážní linky ve společnosti Mubea s.r.o. Teoretická část je věnována ergonomii, nemocím z povoláním a ergonomickým a analýzám. V praktické části je provedena analýza výrobní linky jak ze statického tak i z dynamického pohledu. V závěrečné části jsou navrženy modifikace gravitačních regálů, přepracování stávajících operací a zkonstruován návrh na montážní přípravek a to vše v souladu s ergonomickými zásadami.</p>
KLÍČOVÁ SLOVA ZPRAVIDLA JEDNOSLOVNÉ POJMY, KTERÉ VYSTIHUJÍ PODSTATU PRÁCE	<p>Ergonomie, nemoci z povolání, NIOSH, RULA, Nařízení vlády č. 361/2007, systém napínání řemene, Tecnomatic Process Simulate</p>

SUMMARY OF DIPLOMA SHEET

AUTHOR	Surname Bc. Černý	Name Michal		
FIELD OF STUDY	B2301 “ Mechanical Engineering“			
SUPERVISOR	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Bureš, Ph.D.	Name Marek		
INSTITUTION	ZČU - FST - KPV			
TYPE OF WORK	DIPLOMA	BACHELOR	Delete when not applicable	
TITLE OF THE WORK	Ergonomic analysis of assembly line			

FACULTY	Mechanical Engineering	DEPARTMENT	KPV	SUBMITTED IN	2020
----------------	------------------------	-------------------	-----	---------------------	------

NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

TOTALLY	110	TEXT PART	102	GRAPHICAL PART	8
----------------	-----	------------------	-----	-----------------------	---

BRIEF DESCRIPTION TOPIC, GOAL, RESULTS AND CONTRIBUTIONS	The diploma thesis contains an ergonomic analysis of the assembly line at the company Mubea, s.r.o. The theoretical part focuses on ergonomics, occupational diseases and ergonomic analysis. The practical part analyses the production line from both a static and a dynamic point of view. In the final part, modifications of gravity racks, reworking of existing operations and the design of a mounting jig are proposed, all in accordance with ergonomic principles.
KEY WORDS	Ergonomic, Occupational diseases, NIOSH, RULA, Government Regulation No. 361/2007, Belt tensioning systém, Tecnomatic Process Simulate

Obsah

Úvod	14
1 Ergonomie	15
1.1 Historie ergonomie.....	16
1.2 Systém člověk – technika – prostředí.....	18
1.2.1 Antropocentrismus.....	19
1.2.2 Člověk vs Technika.....	20
2 Nemoci z povolání	22
2.1 Posudek o nemoci z povolání.....	22
2.2 Nemoc z kumulativní traumatické zátěže.....	23
2.3 Eliminace nemocí z povolání.....	24
3 Manipulace s břemeny	25
3.1 Zásady manipulace s břemeny.....	26
4 Vyhlášky, nařízení vlády a ergonomické analýzy	31
4.1 Vyhláška č. 432/2003 Sb.....	31
4.2 Nařízení vlády č. 361/2007.....	33
4.2.1 Hodnocení pracovní polohy a pohybů.....	33
4.2.2 Lokální svalová zátěž.....	36
4.3 RULA.....	37
4.4 NIOSH.....	39
5 Charakteristika výrobního systému	43
5.1 Mubea, spol. s r. o.....	43
5.2 Systém napínání řemene.....	46
6 Výrobní linka DAT Evo	49
6.1 Popis výrobního postupu.....	52
7 Digitální model pracoviště	55
7.1 Tecnomatix Process Simulate.....	55
7.2 Laserové skenování.....	56
7.2.1 Popis skenovací techniky.....	56
7.2.2 Postup skenování.....	57
7.3 Výsledný model pracoviště.....	58
8 Statické hodnocení pracovních poloh	62
8.1 Stanoviště 1 - Pozice 1 – 5. percentil.....	62
8.2 Stanoviště 1 - Pozice 1 – 95. percentil.....	63

8.3	Stanoviště 1 - Pozice 2 – 5. percentil	64
8.4	Stanoviště 1 - Pozice 2 – 95. percentil	65
8.5	Stanoviště 1 - Pozice 3 – 5. percentil	66
8.6	Stanoviště 1 - Pozice 3 – 95. percentil	67
8.7	Stanoviště 2 - Pozice 1 – 5. percentil	68
8.8	Stanoviště 2 - Pozice 1 – 95. percentil	69
8.9	Stanoviště 2 - Pozice 2 – 5. percentil	70
8.10	Stanoviště 2 - Pozice 2 – 95. percentil	71
8.11	Stanoviště 2 - Pozice 3 – 5. percentil	72
8.12	Stanoviště 2 - Pozice 3 – 95. percentil	73
8.13	Stanoviště 3 - Pozice 1 – 5. percentil	74
8.14	Stanoviště 3 - Pozice 1 – 95. percentil	75
8.15	Shrnutí z hlediska nařízení vlády č. 361/2007	76
8.16	Shrnutí z hlediska analýzy RULA.....	77
9	Dynamické hodnocení pracovních poloh a manipulace s materiálem	78
9.1	Stanoviště 3	78
9.2	Stanoviště 4	80
10	Návrh řešení.....	83
10.1	Stanoviště 1	83
10.2	Stanoviště 2	88
10.3	Stanoviště 3	89
10.4	Stanoviště 4	91
11	Zhodnocení a přínosy nového návrhu	95
11.1	Stanoviště 1	96
11.2	Stanoviště 2	96
11.3	Stanoviště 3	97
11.4	Stanoviště 4	97
11.5	Přínosy nového návrhu.....	97
12	Závěr.....	99
13	Citovaná literatura.....	100
14	Seznam příloh	102

Seznam obrázků, tabulek, grafů

Seznam obrázků

Obrázek 1-1: Vitruviánský muž [5]	16
Obrázek 1-2: Hala na česání vlny v roce 1889 [5]	17
Obrázek 1-3: Logo IEA [7]	18
Obrázek 1-4: Jednoduché schéma Č-T-P [1]	19
Obrázek 1-5: Člověk vs. technika [8]	20
Obrázek 2-1: Syndrom karpálního tunelu [11]	23
Obrázek 3-1: Omezení ruční manipulace [11]	25
Obrázek 3-2: Správný postoj [11]	27
Obrázek 3-3: Symetrické zatížení od břemene [11]	27
Obrázek 3-4: Zdvihání břemen s rovnými zády [11]	28
Obrázek 3-5: Zásada svislé roviny [11]	28
Obrázek 3-6: Zásada vodorovné roviny [11]	29
Obrázek 3-7: Rozložení práce [11]	29
Obrázek 3-8: Zmenšení hmotnosti nákladu [11]	30
Obrázek 3-9: Otáčení s břemeny [11]	30
Obrázek 4-1: Hodnocení dle nařízení vlády č. 361/2007 pro polohu trupu [11]	34
Obrázek 4-2: Hodnocení dle nařízení vlády č. 361/2007 pro polohu ramen [11]	34
Obrázek 4-3: Hodnocení dle nařízení vlády č. 361/2007 pro polohu hlavy a krku [11]	35
Obrázek 4-4: Hodnocení dle nařízení vlády č. 361/2007 pro polohu zápěstí	35
Obrázek 4-5: Formulář pro metodu RULA [11]	38
Obrázek 4-6: Analogie mezi zdvihacím zařízením a člověkem [3]	39
Obrázek 4-7: NIOSH [17]	41
Obrázek 5-1: Mubea [19]	43
Obrázek 5-2: Mapa zastoupení společnosti Mubea ve světě [18]	45
Obrázek 5-3: Výrobní závod Žebrák	46
Obrázek 5-4: Značky pro které společnost Mubea vyrábí [18]	46
Obrázek 5-5: Layout haly 2 [20]	47
Obrázek 5-6: Umístění napínáku v prostorech motoru [20]	47
Obrázek 5-7: Druhy napínáků – vlevo konvenční, vpravo nekonvenční [19]	48
Obrázek 6-1: Systém napínání řemene DAT Evo [20]	50
Obrázek 6-2: Layout výrobní linky DAT Evo - 3 OP	51
Obrázek 6-3: Layout výrobní linky DAT Evo - 4OP	51

Obrázek 6-4:Montáž napínáku DAT Evo - RTT1 A [20].....	52
Obrázek 6-5:Montáž napínáku DAT Evo - RTT1 B [20].....	53
Obrázek 6-6: Montáž napínáku DAT Evo - RTT2 [20].....	53
Obrázek 6-7: Konečná kontrola a balení.....	54
Obrázek 7-1: Prostředí Tecnomatix Process Simulate [21].....	55
Obrázek 7-2: Skener Leica Scan Station C5.....	57
Obrázek 7-3: Leica Scan Station C5- Technická specifikace [22].....	57
Obrázek 7-4: Naskenovaná hala 2.....	58
Obrázek 7-5:Bodové mračno výrobní linky [24].....	58
Obrázek 7-6: Výrobní stanice RTT1 A [20].....	59
Obrázek 7-7: Gravitační regál.....	60
Obrázek 7-8: Kontrolní stůl.....	60
Obrázek 7-9: Bodové mračno s vloženými 3D modely.....	61
Obrázek 7-10: 3D model výrobní linky DAT Evo.....	61
Obrázek 8-1: Stanoviště 1 - Pozice 1 – 5. percentil.....	62
Obrázek 8-2: Stanoviště 1 - Pozice 1 – 95. percentil.....	63
Obrázek 8-3: Stanoviště 1 - Pozice 2 – 5. percentil.....	64
Obrázek 8-4: Stanoviště 1 - Pozice 2 – 95. percentil.....	65
Obrázek 8-5: Stanoviště 1 - Pozice 3 – 5. percentil.....	66
Obrázek 8-6: Stanoviště 1 - Pozice 3 – 95. percentil.....	67
Obrázek 8-7: Stanoviště 2 - Pozice 1 – 5. percentil.....	68
Obrázek 8-8: Pozice 1 – 95. percentil.....	69
Obrázek 8-9: Stanoviště 2 - Pozice 2 – 5. percentil.....	70
Obrázek 8-10: Stanoviště 2 - Pozice 2 – 95. percentil.....	71
Obrázek 8-11: Stanoviště 2 - Pozice 3 – 5. percentil.....	72
Obrázek 8-12: Stanoviště 2 - Pozice 3 – 95. percentil.....	73
Obrázek 8-13: Stanoviště 3 - Pozice 1 – 5. percentil.....	74
Obrázek 8-14: Stanoviště 3 - Pozice 1 – 95. percentil.....	75
Obrázek 9-1: Stávající regál číslo 5.....	78
Obrázek 9-2: Manipulace s materiálem Pully.....	79
Obrázek 9-3: Vkládání materiálu Pully.....	79
Obrázek 9-4: Výsledek metody NIOSH - Regál 6.....	80
Obrázek 9-5: Manipulace s KLT boxem.....	80
Obrázek 9-6: Vkládání KLT boxu do regálu číslo 1.....	81

Obrázek 9-7: Výsledek metody NIOSH - Stanoviště 4.....	82
Obrázek 10-1: Stávající vs. nový návrh regálu číslo 1.....	83
Obrázek 10-2: Návrh řešení - Stanoviště 1 - Pozice 2 – 5. percentil.....	84
Obrázek 10-3: Návrh řešení - Stanoviště 1 - Pozice 2 – 95. percentil.....	85
Obrázek 10-4: Návrh řešení - Stanoviště 1 - Pozice 3 – 5. percentil.....	86
Obrázek 10-5: Návrh řešení - Stanoviště 1 - Pozice 3 – 95. percentil.....	87
Obrázek 10-6: Stávající uložení materiálu Axial safety element.....	88
Obrázek 10-7: Návrh uložení materiálu Axial safety element.....	88
Obrázek 10-8: Stávající vs. nový návrh regálu číslo 5.....	89
Obrázek 10-9: Návrh řešení - Stanoviště 3 - Pozice 1 – 5. percentil.....	90
Obrázek 10-10: Návrh řešení - Stanoviště 3 - Pozice 1 – 95. percentil.....	91
Obrázek 10-11: Návrh vozíku.....	92
Obrázek 10-12: Převoz předmontovaných dílů.....	92
Obrázek 10-13: Montáž dílu Lever arm 1 a dílu Slide pad.....	93
Obrázek 10-14: Návrh přípravku pro stanoviště 4.....	94
Obrázek 10-15: Přípravek pro stanoviště 4.....	94

Seznam tabulek

Tabulka 3-1: Omezení manipulace s břemeny [11].....	25
Tabulka 3-2: Omezení tažných a tlačných sil [11].....	26
Tabulka 4-1: Zákon č. 205/2020 - minimální čas potřebná k posouzení pracoviště [13].....	32
Tabulka 4-2: Periodické lékařské prohlídky dle vyhlášky č. 79/2013 Sb [13].....	32
Tabulka 4-3: Nařízení vlády č. 361/2007- Trup [11].....	34
Tabulka 4-4: Nařízení vlády č. 361/2007- Ramena [11].....	34
Tabulka 4-5: Nařízení vlády č. 361/2007- Hlava a krk [11].....	35
Tabulka 4-6: Nařízení vlády č. 361/2007- Zápěstí [11].....	35
Tabulka 4-7: Posuzování přípustných hodnot dle nařízení vlády č. 361/2007 [15].....	36
Tabulka 4-8: Příklady hodnot $\%F_{\max}$ [15].....	36
Tabulka 4-9: Stanovení celkového skóre metodiky RULA [16].....	38
Tabulka 6-1: Kusovník DAT Evo [20].....	49
Tabulka 6-2: Typy KLT boxů [20].....	50
Tabulka 8-1: Hodnocení - Stanoviště 1 - Pozice 1 – 5. percentil.....	63
Tabulka 8-2: Hodnocení - Stanoviště 1 - Pozice 1 – 95. percentil.....	64
Tabulka 8-3: Hodnocení - Stanoviště 1 - Pozice 2 – 5. percentil.....	65

Tabulka 8-4: Hodnocení- Stanoviště 1 - Pozice 2 – 95. percentil.....	66
Tabulka 8-5: Hodnocení - Stanoviště 1 - Pozice 3 – 5. percentil.....	67
Tabulka 8-6: Hodnocení - Stanoviště 1 - Pozice 3 – 95. percentil.....	68
Tabulka 8-7: Hodnocení - Stanoviště 2 - Pozice 1 – 5. percentil.....	69
Tabulka 8-8: Hodnocení- Stanoviště 2 - Pozice 1 – 95. percentil.....	70
Tabulka 8-9: Hodnocení - Stanoviště 2 - Pozice 2 – 5. percentil.....	71
Tabulka 8-10: Hodnocení - Stanoviště 2 - Pozice 2 – 95. percentil.....	72
Tabulka 8-11: Hodnocení - Stanoviště 2 - Pozice 3 – 5. percentil.....	73
Tabulka 8-12: Hodnocení - Stanoviště 2 - Pozice 3 – 95. percentil.....	74
Tabulka 8-13: Hodnocení - Stanoviště 3 - Pozice 1 – 5. percentil.....	75
Tabulka 8-14: Hodnocení - Stanoviště 3 - Pozice 1 – 95. percentil.....	76
Tabulka 9-1: Výsledek metody NIOSH - Regál 6	80
Tabulka 9-2: Výsledek metody NIOSH - Stanoviště 4	81
Tabulka 10-1: Návrh řešení - Hodnocení - Stanoviště 1 - Pozice 2 – 5. percentil.....	84
Tabulka 10-2: Návrh řešení -Hodnocení - Stanoviště 1 - Pozice 2 – 5. percentil.....	85
Tabulka 10-3: Návrh řešení -Hodnocení - Stanoviště 1 - Pozice 3 – 5. percentil.....	86
Tabulka 10-4: Návrh řešení - Hodnocení - Stanoviště 1 - Pozice 3 – 95. percentil.....	87
Tabulka 10-5: Návrh řešení - Hodnocení - Stanoviště 3 - Pozice 1 – 5. percentil.....	90
Tabulka 10-6: Návrh řešení - Hodnocení - Stanoviště 3 - Pozice 1 – 5. percentil.....	91
Tabulka 11-1: NV č. 361/2007 - Navrhovaný vs. stávající stav na stanovišti 1	96
Tabulka 11-2: RULA- Navrhovaný vs. stávající stav na stanovišti 1	96
Tabulka 11-3: NV č. 361/2007 - Navrhovaný vs. stávající stav na stanovišti 2	96
Tabulka 11-4: RULA- Navrhovaný vs. stávající stav na stanovišti 2.....	97
Tabulka 11-5: NV č. 361/2007 - Navrhovaný vs. stávající stav na stanovišti 3	97
Tabulka 11-6: RULA- Navrhovaný vs. stávající stav na stanovišti 3	97

Seznam grafů

Graf 1-1: Úkoly ergonomie [2]	15
Graf 5-1: Vývoj počtu zaměstnanců v závislosti na letech [18]	44
Graf 5-2: Výrobní portfolio společnosti Mubea [18].....	45
Graf 8-1:Shrnutí z hlediska nařízení vlády č. 361/2007.....	76
Graf 8-2:Shrnutí z hlediska analýzy RULA	77
Graf 11-1: Zhodnocení navrhovaného stavu z hlediska NV č. 361/2007	95
Graf 11-2: Zhodnocení navrhovaného stavu z hlediska RULA analýzy	95

Přehled použitých zkratk a symbolů

IEA – International Ergonomics Association

Č-T-P - Systém člověk, technika a prostředí

NIOSH - National Occupation Safety and Health

RULA - Rapid Upper Limb Assessment

CTD - Cumulative Trauma Disorder

CTS - Syndrom karpálního tunelu

DAT- Double Arm Tensioner

RTT- Runtaktisch

KLT- Kleinladungsträger

S. R. O. – Společnost s ručením omezeným

NV č. – Nařízení vlády číslo

Kg- kilogram

Mm – Milimetry

Cm - Centimetry

N – Newton

Kč – Koruna česká

Úvod

V dnešní antropocentrické době je vliv ergonomie nedílnou součástí výrobní a nevýrobní společnosti, jenž vychází z interdisciplinárního souboru znalostí. Ergonomie pomáhá primárně chránit zdraví člověka při konání pracovní činnosti. Na druhé straně přináší i příznivý ekonomický efekt pro společnost a umožňuje firmě zdárně fungovat v konkurenčním prostředí tržní ekonomiky. Pokud chce firma prosperovat, je v jejím nejlepším zájmu, aby měla dostatek zdravých zaměstnanců, kteří jsou schopni garantovat vysokou úroveň produktivity práce a kvality výroby. Cílem této diplomové práce je tedy zlepšení ergonomie na pracovišti.

Diplomová práce je rozdělena do teoretické části, která se věnuje ergonomii jakožto stěžejnímu bodu této problematiky. Navazuje kapitola o nemocech z povolání, jejichž znalost je nezbytná pro správné analyzování vstupních dat. Studie týkající se této práce byla prováděna ve společnosti Mubea s.r.o. Vzhledem ke specifickému pracovnímu prostředí automobilu v tomto podniku, je výše z oblasti ergonomie zaměřena především na manipulaci s břemeny. Teoretická část je zakončena charakteristikou výrobního systému v dané společnosti. Popsána je Mubea s.r.o. jako taková, produkt, který se zde vyrábí a konkrétní pracoviště.

V úvodu praktické části je popsáno zpracování digitálního modelu pracoviště, který vychází z předešlého 3D skenování objektu. Následuje analýza pracovišť ze statického hlediska, která vychází z nařízení vlády č. 361/2007 a ergonomické metody RULA. Dalším hlediskem je dynamická analýza pracoviště, která je podložena metodikou NIOSH. Práce vyústí ve zpracování návrhu řešení, která by měla mít pozitivní vliv na celkovou ergonomii na pracovišti. V úplném závěru je provedeno zhodnocení a přínosy nového návrhu zlepšení.

1 Ergonomie

Neustálý rozmach vědy a techniky přináší nové technologie, stroje či metody práce. Vzniká určitá nerovnováha mezi schopnostmi, dovednostmi a možnostmi člověka a kompetencemi, které nová technika vyžaduje. Zmíněnou disbalanci je velmi důležité nepřehlížet, jelikož všechny nové technologie či metody práce musí člověk vykonávat a obsluhovat. Přehlížení může způsobit přetížení zaměstnance, které vede buď k jeho únavě, selhání či dokonce k havárii celého systému s možným zdravotním poškozením. Hlavní úlohou ergonomie je nepřehlížení limitů člověka ale respektování všech jeho schopností a omezení při projektování pracoviště. [1]

Je mnoho definic ergonomie. Mezinárodní Ergonomická Asociace (IEA) v roce 2001 přijala tuto definici:

„Ergonomie je vědecká disciplína, optimalizující interakci mezi člověkem a dalšími prvky systému a využívající teorii, poznatky, principy, data a metody k optimalizaci pohody člověka a výkonnosti systému.“ [2]

Dle ČSN EN 614-1:2006 zní definice ergonomie následovně:

„Ergonomie je vědecká disciplína, optimalizující interakci mezi člověkem a dalšími prvky systému a využívající teorii, poznatky, principy, data a metody k optimalizaci pohody člověka a výkonnosti systému.“ [2]

Jak bylo řečeno výše, je mnoho definic ergonomie, ale jejich podstata zůstává stejná. Hlavní myšlenka je přispívat ke zlepšování podmínek pracovníka při jeho činnostech, ke zlepšování jeho produktivity práce, pohody na pracovišti a k rozvoji jeho osobnosti. [1]

Dle Bureše mezi hlavní úkoly ergonomie patří:

- vytváření organizačních a technických podmínek pro efektivní lidskou práci,
- zvyšování pracovní pohody a snižování nepříjemných pracovních zátěží,
- omezení podmínek pro chyby a selhání člověka,
- dosažení efektivní výroby bez nebezpečí zdravotního poškození pracovníků,
- přizpůsobení pracovního zařízení, postupů a prostředí schopnostem člověka tak, aby mohl plnit své pracovní úkoly co nejúčinněji a bez újmy na svém zdraví. [3]



Graf 1-1: Úkoly ergonomie [2]

Ergonomie čerpá poznatky z mnoha vědních disciplín. Jedná se o fyziologii, biomechaniku, psychologii, statiku, konstruování, řízení práce, bezpečnost a hygienu práce či pracovní lékařství. Dle IEA se ergonomie dělí do těchto oblastí:

- fyzická ergonomie,

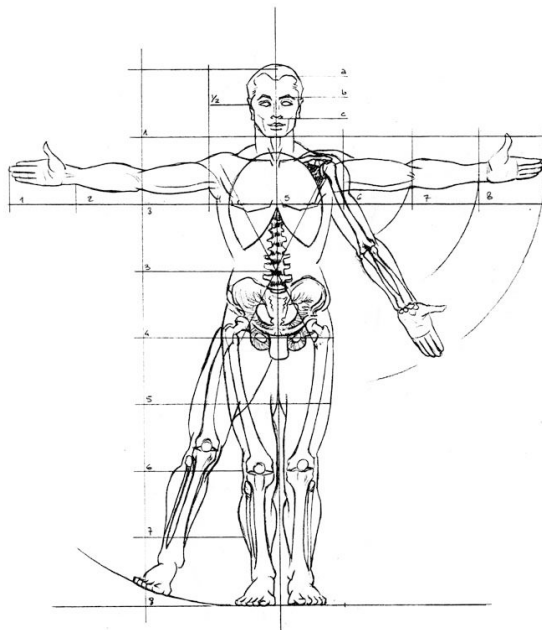
- kognitivní ergonomie,
- organizační ergonomie,
- myoskeletární ergonomie,
- psychosociální ergonomie,
- participační ergonomie,
- rehabilitační ergonomie. [3]

Tato diplomová práce se soustředí hlavně na fyzickou ergonomii, jelikož ta se zabývá především vlivem pracovních podmínek a pracovního prostředí na člověka. Do fyzické ergonomie patří problematika pracovních poloh, manipulace s břemeny při opakované pracovní činnosti, uspořádání pracovního místa a bezpečnost práce. [2]

1.1 Historie ergonomie

Počátky ergonomie se datují od minulého století, ale její dnešní podoba existuje teprve od 50. let 20. století. Z tohoto důvodu se ergonomie považuje za jednu z nejmladších vědních disciplín. K velkému rozmachu tohoto vědního oboru došlo po druhé světové válce a spolu s rozmachem tržní společnosti, ve které je zákazník ten kdo rozhoduje o tom, jaké výrobky se budou prodávat a jaké jsou předurčeny k zániku. [2]

Slovo ergonomie si lze rozložit na dvě části. První část slova „ergon“ znamená v řečtině práce a druhá část „nomos“ znamená zákon či pravidlo. Vedle pojmu ergonomie se používá i několik synonymních názvů, jako např. Human Factors, Biotechnology nebo Human Engineering. [4]



Obrázek 1-1: Vitruviánský muž [5]

Počátky uplatňování ergonomických přístupů lze však vystopovat již v raných fázích vývoje lidstva. Jednalo se zejména o přizpůsobování pracovních nástrojů potřebám jejich uživatele či o úpravu lidských obydlí pro zvýšení pohodlí jejich obyvatel. Tyto úpravy lze považovat za primitivní ergonomické operace. Již pračlověk si uvědomoval, že si musí upravit pracovní nástroj tak, aby vyhovoval jeho potřebám a možnostem. [4]

Ve vrcholném středověku se předávali dovednosti a zkušenosti při výkonu práce z otce na syna čili individuálním rozvojem a zlepšováním. Později se začali rozvíjet mistrovské školy, kde předávání zkušeností již probíhalo z mistra na tovaryše. To mělo za následek nesmírný rozvoj dovedností v nejrůznějších oborech. Časté války však s sebou nesly i vysoké požadavky na rychlost a objem vykonané práce, jako například při stavbě mostů, opevnění či přesunu materiálu. To způsobovalo, že kvalita výkonu byla až na druhém místě. [4]

S koncem 18. století přišla průmyslová revoluce, která přinesla řadu změn. Zavádí se centralizovaná výroba, řemeslník si přestává vyrábět pracovní nástroje a odděluje se výroba od cílových uživatelů strojů a nástrojů. To mělo za následek narušení vazby ve vztahu člověk – stroj.

Období kapitalismu přineslo ohromnou soutěživost výrobců na trhu univerzálních nástrojů. Z tohoto důvodu se majitelé továren snažili v maximální míře využít lidské kapacity, bez ohledu na potřeby a možnosti pracovníků. I přesto že na konci 19. století byla pracovní síla snadno dostupná a levná, objevily se názory, že pro maximální pracovní výkony je nutné upravovat také pracovní prostředí a pracovní režimy. Tento přístup měl za následek vyvinutí tzv. vědeckého řízení a organizace práce, který zavedl Federic W. Taylor na přelomu 19. a 20. století. [4]



Obrázek 1-2: Hala na česání vlny v roce 1889 [5]

V meziválečném období 20. století se rozvinula psychotechnika. Na základě souboru psychologických metod se uskutečňoval výběr pracovníků pro určité profesní obory. Pracovníci byli podrobena testy, které zkoumaly psychologické vlastnosti člověka. Paralelně s psychotechnikou se začal rozvíjet i obor psychologie práce, jelikož bylo zjištěno že, s pracovními podmínkami úzce souvisí i psychická stránka člověka. [4]

Během 2. světové války se pro válečné účely začaly využívat moderní stroje a zbraňové systémy, na jejichž ovládání byly kladeny vysoké nároky. Výsledkem nekompetentnosti obsluhy utrpěli spojenci při leteckých bojích velké ztráty, což je příklad nevhodného řešení člověk a stroj. [4]

Po skončení 2. světové války byl ve velké míře kladen důraz na minimalizaci ztrát způsobených lidskými chybami. Z tohoto důvodu se se velmi intenzivně začalo rozvíjet studium člověk – stroj – pracovní prostředí. A právě lidský faktor měl za následek rozvoj ergonomie v atomovém průmyslu, konstrukci pokročilých zbraní a obranných systémů či v jaderné energetice. Poža-

davky na zvyšování spolehlivosti a přesnosti výkonu člověka vedly k vývoji nových analytických metod a přístupů. Kromě zbrojení se soutěžení velmocí odehrávalo i na poli kosmonautiky. Díky velkým průmyslovým haváriím se automatizace přesouvala i do procesního průmyslu, kde je v současnosti jedním z hlavních prvků prevence vzniku nežádoucích událostí s rozsáhlými dopady na obyvatelstvo a životní prostředí. [4]

V roce 1949 vznikla první výzkumná ergonomická společnost ve Velké Británii Ergonomics Research Society a v roce 1957 vznikla podobná americká společnost Human Factor Society. Obě společnosti spolu se Société d'Ergonomie de Langue Française, později iniciovaly vznik Mezinárodní ergonomické společnosti – IEA [6]



Obrázek 1-3: Logo IEA [7]

Automatizace řízení náročných technologií, výpočetní technika a automatika dominuje na přelomu 20. a 21. století v oblasti ergonomie. S tím souvisejí i pracovní rizika. Kladen je důraz na pracovní pohodu zaměstnanců a bezpečnost hlavně v letecké, železniční a automobilové dopravě. [2]

V současné době si podniky začínají uvědomovat, že ergonomie není nejen nástroj pro dosažení absolutní dokonalosti, ale i nástroj, který zabezpečí efektivnější výrobu a lepší konkurenceschopnost. Ukazuje se, že podniky v České republice v oblasti ergonomie nemají mnoho zkušeností. Důvodem je velmi malý počet odborníků zabývajících se problematikou ergonomie. Tato skutečnost je pozorována nejen v průmyslové sféře, kde ergonomické problémy nebo úkoly bývají delegovány na bezpečnostního technika, technologa nebo průmyslového inženýra. [2]

1.2 Systém člověk – technika – prostředí

Jedním z hlavních přínosů ergonomie je fakt, že přichází se systémovým přístupem k řešení problematiky člověka ve výrobním i nevýrobním procesu. Vychází z poznatku, že celek složený z člověka, techniky a prostředí není pouhou skladbou a složením těchto elementů, ale že jejich seskupením a vytvořením vazeb mezi nimi se vytváří nový útvar se specifickými vlastnostmi a hodnotami, takzvaný synergický efekt. [1]

Ergonomie praktikuje systémový přístup k řešení nezbytných problémů. Systémový přístup pracuje se vztahy mezi člověkem a jeho okolím a zdůrazňuje význam poznání spolupůsobení všech zúčastněných prvků. Dle Chundely lze systém obecně definovat jako:

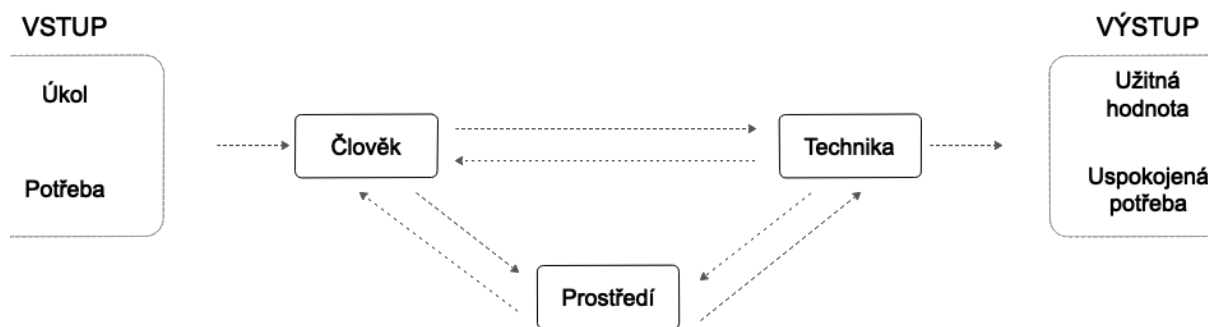
„Soubor několika prvků, složek, které jsou funkčně vzájemně propojeny a mezi nimiž existují vazby, které umožňují, aby z daných vstupů byly dosaženy zamýšlené výstupy – výsledky, v rámci daných omezujících podmínek. [1]

K nejdůležitějším vlastnostem systému patří stabilita a spolehlivost. To znamená, že systém je schopen realizovat v daném procesu svou funkci v daných tolerancích a v určitém čase. Kvantifikuje se pravděpodobností bezporuchové činnosti. Dále lze systém rozdělit dle složitosti vzniku a vzatu k okolí. [1]

O ergonomickém systému Č – T – P lze tedy prohlásit, že jde o dynamický a otevřený systém, jehož významnou specifikací je, že člověk je jeho součástí. Člověk je tedy chápán jako rozhodující a limitující složka, která ovlivňuje konečné chování celého systému. V ergonomickém systému se tak dostává do popředí problematika spolehlivosti nejen technických prvků, ale i jeho lidské složky. [1]

Na ergonomickém systému lze řešit tyto čtyři základní typy úloh:

1. Pokud se hledají parametry, při nichž je chování systému podle určitého kritéria nejvýhodnější a je známa struktura i parametry systému, jedná se o ergonomickou racionalizaci.
2. Existuje systém, je známa jeho struktura a na základě struktury se zjišťuje pravděpodobné chování systému. Potom se jedná o ergonomické modelování.
3. Jako ergonomickou analýzu označujeme existenci systému, kdy ale není známa ani jeho struktura ani jeho chování. Experimentálně se zjišťuje chování systému a z něj jeho struktura.
4. O projekční ergonomii se jedná, pokud systém dosud neexistuje, má však být zkonstruován, a to s takovou strukturou, aby vykazoval s danou pravděpodobností požadované chování. [1]



Obrázek 1-4: Jednoduché schéma Č-T-P [1]

1.2.1 Antropocentrismus

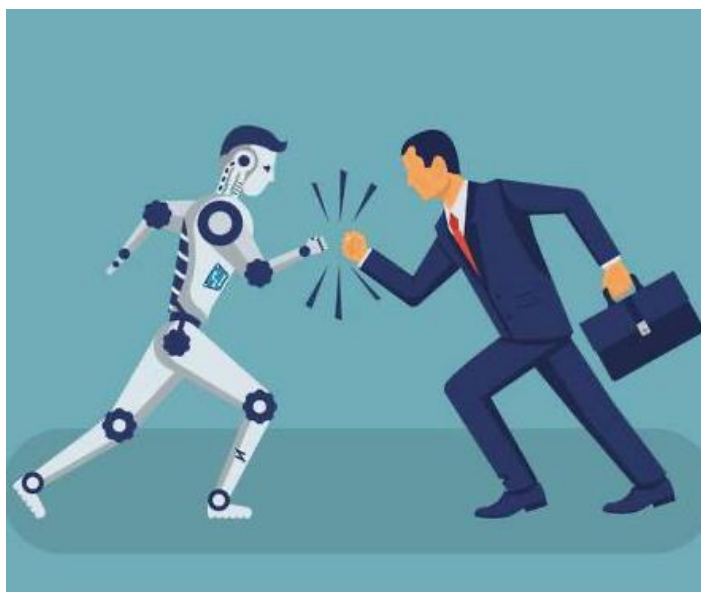
Jedno z hlavních přínosů ergonomie je vedle systémovosti také antropocentrický přístup k řešení systému Č – T – P. [2]

Technický rozvoj, centralizace, a zhromadňování výroby způsobila, že se vyráběla technika, která nerespektovala variabilitu člověka ať již co do rozměrů, síly či schopností. Tento fakt způsobil, že člověk se musel přizpůsobovat stroji.

A právě takto je charakterizován **Mechanocentrický přístup**. Tento přístup vychází z vědeckého řízení a organizace práce. Jak bylo řečeno v kapitole 1.1, tento přístup zavedl Federic W. Taylor na začátku 20. století. Tento systém považuje člověka za objekt technického řízení a

součástí technického systému. Není brán ohled na pracovníkovy potřeby a jeho pracovní výkon se podřizuje spíše výkonu strojního zařízení. [2]

Po zavedení mechanocentrického přístupu bylo ale zjištěno, že by měl být kladen větší důraz na respektování limitů člověka. A to jak fyzických, tak psychických, protože člověk je tím nejslabším, a proto nejdůležitějším článkem systému Č-T-P. Z tohoto důvodu byl vytvořen v 50. a 60. letech minulého století **antropocentrický přístup**, opak mechanocentrického přístupu. Přístup je charakterizován tím, že člověk je vysoce organizované, tvořivé, pružné a nápadité individuuum, které v pracovním procesu projevuje individuální potřeby a zájmy. Uplatňuje svou kreativitu a participaci na organizování a řízení pracovního procesu v organizaci. [2]



Obrázek 1-5: Člověk vs. technika [8]

1.2.2 Člověk vs Technika

Při projektování systému je nutno rozdělit jednotlivé funkce na jednotlivé subsystemy. Porovnáním člověka a stroje můžeme sestavit určitý přehled.

Dle Chundela jsou přednosti **člověka** oproti stroji následující:

- schopnost správné reakce na nepředvídatelné, nebo velmi nepravděpodobné jevy,
- vnímání velmi rozmanitých a nízkých úrovní některých druhů podnětů,
- vnímání podnětů na pozadí s velkým šumem,
- z neúplných informací formulovat ucelené soudy,
- dlouhodobé pamatování významných informací a jejich vybavení,
- schopnost rozhodnout se na základě zkušeností i ve změněných podmínkách,
- kvalitativní zpracování informace,
- logické myšlení, jako je indukce či dedukce,
- snášení krátkodobého přetížení,
- ekonomicky i energeticky nenáročný. [1]

Technika dle Chundela předčí člověka především v těchto oblastech:

- vnímání podnětů mimo možnosti člověka, například ultrazvuk, infrazáření a radiové vlny
- fyzikální výkonost, jako je síla a rychlost,
- rychlost zpracování informací,
- současné vykonávání různých činností,
- spolehlivé a dlouhodobé vykonávání opakovaných činností,
- práce v nepříjemných podmínkách pro člověka,
- jednoznačné a spolehlivé opakování zadaného programu. [1]

2 Nemoci z povolání

Nemoci z povolání vznikají nepříznivým působením fyzikálních, chemických, biologických a mnoha dalších škodlivých vlivů nebo akutní otravy vznikající nepříznivým působením chemických látek. Seznam nemocí z povolání je uveden v nařízení vlády č. 290/1995 Sb. Toto nařízení konkrétně říká, jaká onemocnění se za nemoc z povolání považují, a dělí je do 6 kapitol:

- nemoci z povolání způsobené chemickými látkami,
- nemoci z povolání způsobené fyzikálními faktory,
- nemoci z povolání týkající se dýchacích cest, pohrudnice a pobřišnice,
- nemoci z povolání kožní,
- nemoci z povolání přenosné a parazitární,
- nemoci z povolání způsobené jinými faktory a činiteli, pokud vznikly za podmínek uvedených v seznamu nemocí z povolání. [9]

Vykonávání pracovních činností je častokrát spojené s cyklickým opakováním určité pracovní činnosti, při které je potřebné vynaložení určité síly. Dlouhodobě jednostranné vykonávání těchto činností vede k přetížení namáhané části těla a tím pádem dochází ke snížení produktivity práce. Takovéto přetěžování vede k fluktuaci operátorů, časté pracovní neschopnosti a následně k chorobám z povolání. [6]

Dle Krále je nemoc z povolání definována následovně:

„Ohrožením nemocí z povolání se rozumí takové změny zdravotního stavu, jež vznikly při výkonu práce nepříznivým působením podmínek, za nichž vznikají nemoci z povolání, avšak nedosahují takového poškození zdravotního stavu, který lze posoudit jako nemoc z povolání, a další výkon práce za stejných podmínek by vedl ke vzniku nemocí z povolání.“ [10]

2.1 Posudek o nemoci z povolání

Aby byla nemoc uznána nemocí z povolání, musí ji posoudit a uznat poskytovatel z oboru pracovního lékařství. V případě podezření, že pracovníkova nemoc souvisí s jeho prací obrátí se na praktického lékaře. Ten na základě vyšetření vyšle pacienta do zdravotnického zařízení, které na základě povolení Ministerstva zdravotnictví poskytuje pracovnílékařské služby v rozsahu posudkové péče a je kompetentní rozpoznat nemoc z povolání. [9]

Má-li zaměstnavatel podezření na vznik nemoci z povolání nebo naopak, že nemoc již nadále nesplňuje podmínky pro uznání tohoto statusu, musí zaměstnance odeslat k poskytovateli pracovnílékařských služeb. Dále má zaměstnavatel povinnost vést evidenci zaměstnanců, u nich byla uznána nemoc z povolání a také musí zavést taková opatření, aby odstranil nebo minimalizoval rizikové faktory, které nemoc z povolání vyvolávají nebo v budoucnu mohou nemoc z povolání způsobit. [9]

Pokud se posuzována osoba odmítne podrobit lékařské prohlídce nebo vyšetření, poskytovatel zdravotní služeb oznámí zaměstnavateli skutečnost, že lékařský posudek nebyl vydán. Na pracovníka se poté pohlíží jako na zdravotně nezpůsobilého pro činnost, kterou měl vykonávat. [9]

Samotnému předcházení vzniku nemoci z povolání a k ochraně zdraví zaměstnanců vedou také vstupní a preventivní lékařské prohlídky, které jsou dle zákoníku práce povinné. [9]

2.2 Nemoc z kumulativní traumatické zátěže

Dle Bureše lze rozlišit tři základní mechanismy poškození pohybového aparátu:

- první kategorie je poškození v důsledku úrazu – do této kategorie spadá náhodné poškození, které obvykle nelze předvídat, jako například uklouznutí či zavalení břemenem,
- druhá kategorie je poškození v důsledku přetížení – vzniká v důsledku působení nadměrných sil nebo opakované zátěže, projevuje se poškozením svalů, vazů a bederní páteře,
- třetí kategorie je poškození v důsledku kumulativní traumatické zátěže. V tomto případě se uplatňuje dlouhodobě působící zatížení, které plíživě způsobuje poškození kloubů, svalů, vazů apod. [2]

Pro oblast průmyslu, kde převládají opakované pracovní úkony je charakteristická nemoc z kumulativní traumatické zátěže, v zahraniční literatuře známa jako Cumulative Trauma Disorder (CTD). Proto hlavně v průmyslové oblasti jsou softvérové nástroje cílené na vyhledávání CTD. [6]



Obrázek 2-1: Syndrom karpálního tunelu [11]

CTD je muskulo-skeletální a neurologická choroba spojená s opakováním pracovních úloh, při kterých je vyžadována síla prstů, zápěstí, lokte, ruky nebo ramena. Základní příčinou těchto ochrnutí je na jedné straně nerovnováha mezi pevností a pružností šlach, svalů, nervů a kostí a na straně druhé to jsou nároky, které kladou pracovní činnosti na muskulo-skeletální systém. [6]

Základní faktory vzniku CTD, které vycházejí z reálných pracovních činností, můžeme zahrnout do následujících bodů:

- nadměrné použití síly,

- nebezpečné pohyby v kloubech,
- vysoká opakovanost pohybů,
- nedostatek odpočinku,
- manipulace s příliš těžkými předměty. [6]

Důležité je zmínit fakt, že při opakovaném vykonávání rizikových činností stejného druhu různými operátory se nemusí syndromy CTD projevit u všech operátorů. Někteří pracovníci mohou být více ohroženi vzhledem ke stavbě jejich těla, jiní naopak mohou mít silnější a odolnější muskulaturu než je standard. [6]

Do skupiny CTD chorob patří i u nás velmi známý syndrom karpálního tunelu (CTS). Onemocnění je způsobeno útlakem nervu v zápěstním kanálu. Tímto kanálem probíhají šlachy, cévy a střední nerv, který ovlivňuje pohyb a citlivost prstů a dlaně. [12]

Zúžení karpálního tunelu se projevuje pozvolna. Zpočátku jedinci cítí brnění nebo mravenčení v ruce. Nemocní velmi často pozorují sníženou citlivost, pálení na straně dlaně, na palci, ukazováku a prostředníku. [12]

Uvedené obtíže se objevují nejčastěji v době spánku a často poškozeného probouzejí. S postupem času mnozí jedinci pozorují postupní ochrnutí postižené ruky. Intenzita příznaků může být u různých jedinců odlišná a také u téhož jedince může v průběhu času různě kolísat. [12]

2.3 Eliminace nemocí z povolání

Řešení problematiky kumulativních traumatických problémů v průmyslu má interdisciplinární charakter. Úlohou ergonomie je včasná identifikace a rychlé odstranění rizikových činností současně s projektováním takových procesů, při kterých nebude k riziku vzniku CTD docházet. [6]

Jedním z řešení, jak snižovat riziko nahromadění traumatu, je rotace operátorů na pracovištích. Střídání operací nevyklučuje výskyt traumatu, ale pomáhá snížit riziko. Rotací na pracovišti je zajištěno snížení pracovních úrazů a operátorům tato rotace umožňuje rozvíjení zručnosti. V neposlední řadě se zvyšuje znalost operací větším množstvím pracovníků, což napomáhá k řešení možných budoucích problémů. [11]

Osvojením základních poznatků ergonomie u každého pracovníka se snižuje vznik nemocí z povolání. Operátor si následně může správně analyzovat působení pracovních prostředků a pracovního prostředí na člověka. Sám nebo s pomocí specialistů může navrhovat a prosazovat patřičná opatření v duchu ergonomických zásad na svém pracovišti. [11]

3 Manipulace s břemeny

Jedním z neaktuálnějších témat ergonomické optimalizace pracovišť je manipulace s břemeny. Pomocí efektivní automatizace se manipulace snižuje, ale stále se odhaduje, že 50% poškození páteře v průmyslu je způsobeno právě v důsledku nesprávné manipulace s břemeny. [2]

Jak definuje nařízení vlády č. 361/2007 § 28 se manipulace s břemenem se rozumí jako přepravování nebo nošení břemene jedním nebo současně více zaměstnanci, při které v důsledku vlastností břemene nebo nepříznivých ergonomických podmínek může dojít k poškození páteře zaměstnance nebo onemocnění z jednostranné zátěže. [12]

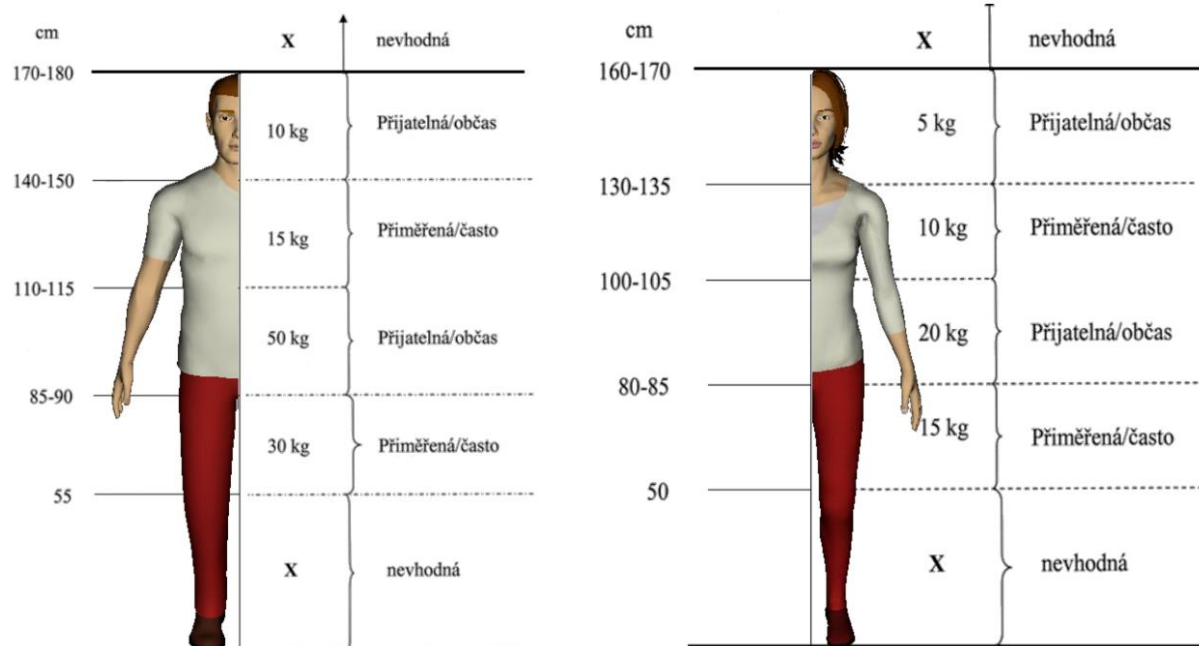
Existují přesné výpočty na zjištění maximálního zatížení, ale v praxi se používají limity, které stanovuje nařízení vlády č. 361/2007 § 29:

	Občasná manipulace [kg]	Častá manipulace [kg]	Práce v sedě [kg]	Kumulativní hmotnost [kg]
Muži	50	30	5	10000
Ženy	20	15	3	6500

Tabulka 3-1: Omezení manipulace s břemeny [11]

V tabulce číslo 1 je občasnou manipulací rozuměno, že je práce vykonávána přerušovaně po dobu celkově kratší než 30 min za směnu. Časté zvedání a přenášení břemen je naopak práce vykonávaná po dobu celkově delší než 30 min za směnu. Kumulativní přípustnou hmotností se rozumí přenesená hmotnost za celý den za předpokladu, že vzdálenost přenášení je menší než 1 metr a převažují příznivé podmínky. V případě manipulace na delší vzdálenost delší než je 1 metr, dochází k přímo úměrnému ponížení limitu. [2]

Maximální možná hmotnost břemene se u žen se vzdáleností snižuje. Při dobrých úchopových možnostech je při vzdálenosti 10 metrů 15 kg, při 15 metrech 10 kg a při 20 metrech 5 kg. [2]



Obrázek 3-1: Omezení ruční manipulace [11]

Pro tlačné a tažné síly je přípustný hygienický limit při manipulaci s břemenem pomocí jednoduchého bezmotorového prostředku vidět v následující tabulce:

	Tlačná síla [N]	Tažná síla [N]
Muži	310	280
Ženy	250	220

Tabulka 3-2: Omezení tažných a tlačných sil [11]

Přípustná hmotnost břemene je samozřejmě závislá i na manipulační výšce. V tabulce číslo 2 je vidět, jak úměrně s výškou klesá maximální hmotnost břemene. Tyto hmotnostní limity plně odpovídají fyziologii lidské paže a schopnosti vyvinout sílu v určité poloze. [2]

Nejčastější zdravotní postižení související s manipulací jsou následující:

a) Poškození páteře

Jedná se zejména o poškození v bederní oblasti. Nadměrný tlak vede k poškození jemné chrupavčité výstelky kloubních plošek a následné odírání chrupavek a jejich zánětům. Degenerativní změny se mohou projevit také u hrudní páteře. Riziko poškození se ještě zvětšuje, když pracovník současně se zvedáním břemene rotuje trupem. [2]

b) Poškození svalů

Toto poškození je obvykle způsobeno prudkými pohyby. Mohou postihnout hlavně vzpřimovače trupu, trojhlavý sval pažní, svalstvo břišní, sval lýtkový a Achillovu šlachu. Další možností poškození svalů je výskyt tříselné kýly.

c) Poškození vazů

Vazivový aparát má značný význam pro stabilitu páteře, kdy vazy mají za úkol hladký průběh pohybu při postupném přenášení zátěže z obratle na obratel. K poškození vazů dochází zejména při pomalém zvedání břemene z předklonu. [2]

d) Poškození kloubů

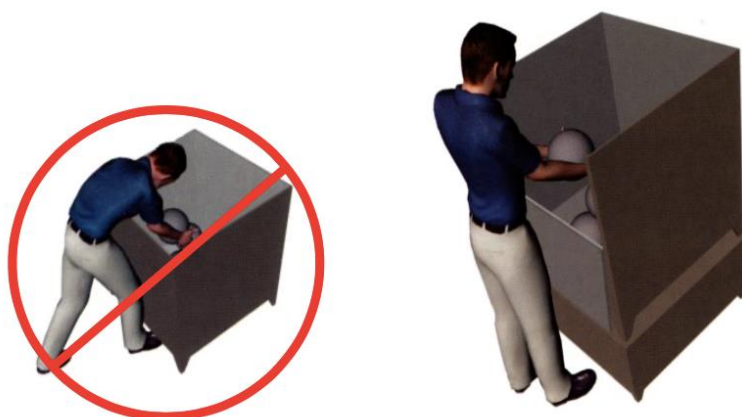
Tento typ poškození se projevuje nejčastěji u kolen, ale degenerativní změny se mohou projevit i v dalších zatěžovaných oblastech jako je kyčelní či ramenní kloub. Nošení břemen na ramenech může vést k útlaku některých nervů v této oblasti. [2]

3.1 Zásady manipulace s břemeny

Manipulace s břemeny by měla splňovat určité zásady, které zajistí, že konkrétní manipulát nebude přetěžován při výkonu práce. Dle Bureše mezi ty nejzákladnější zásady patří následující:

1. Správný postoj

Správný postoj má jedno omezení, a to že nesmí existovat žádná prostorová omezení, která by zabráňovala v pohybu. Člověk musí mít dostatek prostoru pro pohyb s břemenem. Při zatížení těla od břemene nesmí docházet k žádnému otáčení těla a musí být zajištěn dostatečný výhled do prostoru, který je určen k manipulaci. Optimální výška uchopení a pokládání břemen by se měla pohybovat mezi 70 a 100 cm. [2]



Obrázek 3-2: Správný postoj [11]

2. Symetrické zatížení od břemene

Pro rovnoměrné zatížení páteře je důležité, aby působení zátěže bylo rovnoměrně rozloženo. Břemena přenášená na velkou vzdálenost by se měla nosit na zádech, na střední vzdálenost nosit na ramenech a na krátkou vzdálenost nosit v ruce. [2]



Obrázek 3-3: Symetrické zatížení od břemene [11]

3. Zdvihání břemen s rovnými zády

Ze zdravotního hlediska je lepší k břemenu pokleknout a zdvihat ho s rovnými zády, než k břemenu pokleknout a zdvihat ho se zády ohnutými. Díky pokleknutí dochází k rovnoměrnému zatížení meziobratlové ploténky. Tento způsob manipulace však vyžaduje větší fyziologickou spotřebu energie a trvá nepatrně déle než zdvihání s kulatými zády. [2]



Obrázek 3-4: Zdvhání břemen s rovnými zády [11]

4. Zásada svislé roviny

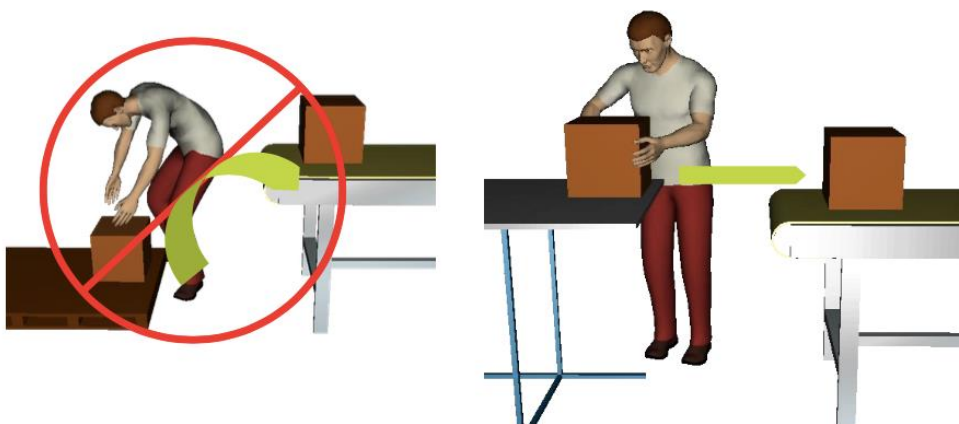
Vzdálenost úchopu břemene před tělem při manipulaci by měla být co nejmenší, tedy vzdálenost těžnic lidského těla a břemene by měla být co nejmenší. [2]



Obrázek 3-5: Zásada svislé roviny [11]

5. Zásada vodorovné roviny

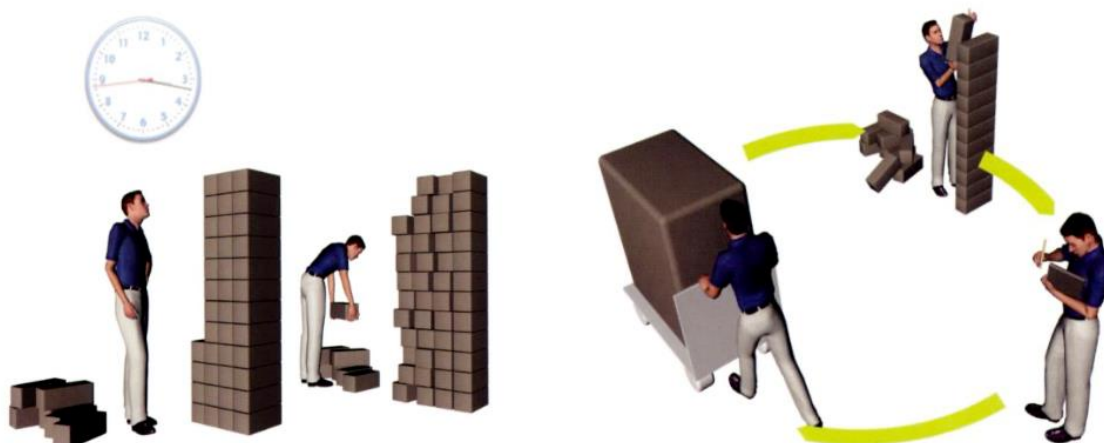
Při manipulaci s břemeny bychom měly břemena přemísťovat ve stejné úrovni a optimální výšce. [2]



Obrázek 3-6: Zásada vodorovné roviny [11]

6. Rozložení práce

Při nadměrné manipulaci s břemeny je důležité vhodně rotovat operátory na pracovišti. Každý člověk by měl vykonávat pouze přiměřené množství práce a tato práce by měla být diferencována na základě zatížení konkrétních svalových skupin. [2]



Obrázek 3-7: Rozložení práce [11]

7. Zmenšení hmotnosti nákladu

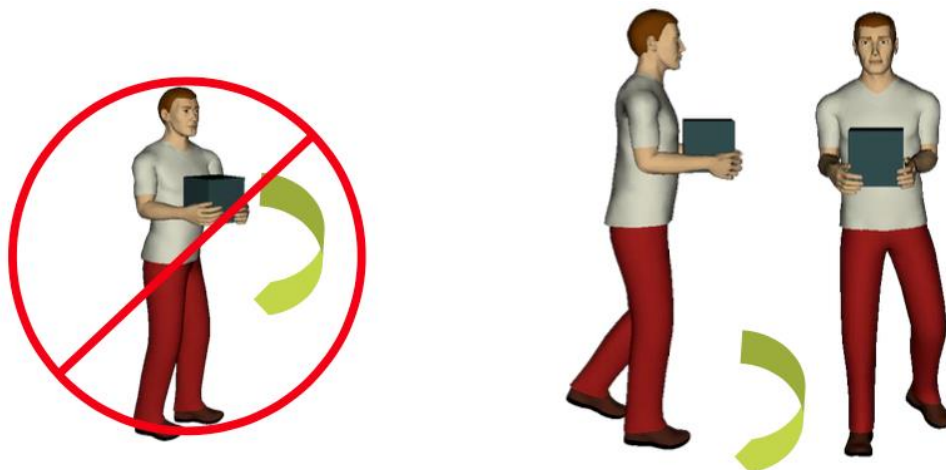
Pokud je to jen trochu možné je vhodné rozdělit nadměrný náklad na více částí a následně manipulovat s každou částí zvlášť. Popřípadě je vhodné se zaměřit na redukci hmotnosti obalu či využití jiných materiálů. [2]



Obrázek 3-8: Zmenšení hmotnosti nákladu [11]

8. Otáčení s břemeny

Při situacích, kdy je zapotřebí s břemenem otáčet, není vhodné točit trupem, nýbrž pomocí přešlápnutí chodidel. Nedochozí následně takovému opotřebení meziobratlových plotének. [2]



Obrázek 3-9: Otáčení s břemeny [11]

4 Vyhlášky, nařízení vlády a ergonomické analýzy

V této kapitole jsou teoreticky popsány vyhlášky, nařízení vlády a ergonomické analýzy, které budou využity v praktické části diplomové práce.

4.1 Vyhláška č. 432/2003 Sb.

Vyhláška stanovuje kritéria, faktory a limity pro zařazení prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli. [13]

Zařazení práce do kategorií vyjadřuje souhrnné hodnocení úrovně zátěže faktory, které rozhodují o kvalitě pracovních podmínek ze zdravotního hlediska. Za rozhodující faktory se považují takové, které při dané práci mohou významně ovlivňovat nebo ovlivňují zdraví. Kategorie dle vyhlášky č. 432/2003 Sb. jsou následující:

- a) **Kategorie první** – práce, při nichž je nepravděpodobný nepříznivý vliv na zdraví
- b) **Kategorie druhá** – práce, u kterých lze očekávat jejich nepříznivý vliv na zdraví jen výjimečně zejména u vnímavých jedinců, tedy práce, při nichž nejsou překračovány hygienické limity
- c) **Kategorie třetí** – práce, při nichž jsou překračovány hygienické limity, u kterých se opakovaně vyskytují nemoci z povolání
- d) **Kategorie čtvrtá** – práce, při nichž je vysoké riziko ohrožení zdraví, které nelze zcela vyloučit ani při používání dostupných a použitelných ochranných opatření. [13]

Vyhláška č. 432/2003 Sb. definuje kritéria pro zařazení prací do kategorií dle:

- prachu
- chemických látek a směsí
- hluku
- vibrací
- neionizující záření
- fyzické zátěže
- pracovní polohy
- zátěž teplem
- zátěž chladem
- psychické zátěže
- zrakové zátěže

práce s biologickými činiteli. [13]

Metodiku rozřazení, do které kategorie pracoviště spadá, definuje zákon č. 205/2020. Každé pracoviště musí být přeměřeno pracovníkem, autorizovaným státním zdravotnickým úřadem, který následně protokol odešle do hygienické stanice. [13]

Kategorie	Náročnost práce	Minimální čas potřebný k posouzení pracoviště
1. kategorie	Nízká	8 minut
2. kategorie	Střední	15 minut
3. kategorie	Vysoká	30 minut
4. kategorie	Vysoká	30 minut

Tabulka 4-1: Zákon č. 205/2020 - minimální čas potřebný k posouzení pracoviště [13]

Pokud na pracovišti nebyla nikdy nalezena nemoc z povolání, zákon č. 205/2020 dovoluje využití odborného posudku autorizovanou osobou. Vyhláška č. 79/2013 definuje minimální čas potřebný na jedno pracovní místo za rok pro poradenství a dohled nad pracovními podmínkami a to včetně školení, (tabulka číslo 3). Čas potřebný k provedení dohledu a poradenství lze zvýšit zejména při zohlednění velikosti a umístění jednotlivých pracovišť zaměstnavatele, charakteru rizika, počtu žáků nebo studentů účastnících se na praktickém vyučování nebo praktické přípravě na pracovištích zaměstnavatele nebo osob se zdravotním postižením. [13]

S kategoriemi souvisí i pracovnělékařské prohlídky, které definuje zákon č. 373/2011 a vyhláška č. 79/2013. Pracovnělékařskými prohlídkami se rozumí vstupní prohlídka, prohlídka periodická a prohlídka mimořádná, které se provádějí za účelem posouzení zdravotní způsobilosti ve vztahu k pracovnímu zařízení. [13]

Vstupní prohlídka se provádí za účelem potvrzení, že osoba ucházející se o zaměstnání je zdravotně způsobilá k výkonu předpokládané práce. [13]

Periodické lékařské prohlídky dle vyhlášky č. 79/2013 Sb. se u zaměstnanců vykonávající práci zařazenou podle zákona o ochraně veřejného zdraví se provádí dle tabulky číslo 4. [13]

	Periodika	Poznámky
Kategorie 1	Jednou za 6 let	Pokud zaměstnanec dovršil 50 let věku potom jednou za 4 roky
Kategorie 2	Jednou za 4 roky	Pokud zaměstnanec dovršil 50 let věku potom jednou za 2 roky
Kategorie 3	Jednou za 2 roky	
Kategorie 4	Jednou za 1 rok	

Tabulka 4-2: Periodické lékařské prohlídky dle vyhlášky č. 79/2013 Sb [13]

Periodické prohlídky se provádí za účelem zjištění včasné změny zdravotního stavu vzniklé v souvislosti se zdravotní náročností vykonávané práce nebo stárnutí organismu, kdy další výkon práce by mohl vést k poškození zdraví posuzovaného zaměstnance. [13]

Výstupní prohlídka se provádí za účelem zjištění zdravotního stavu zaměstnance v době ukončení výkonu práce, a to s důrazem na zjištění takových změn zdravotního stavu, u kterých lze předpokládat souvislost se zdravotní náročností vykonávané práce. Pro zjištění zdravotního stavu zaměstnance není třeba požadovat výpis ze zdravotnické dokumentace registrujícího poskytovatele. [13]

4.2 Nařízení vlády č. 361/2007

Jak bylo řečeno v kapitole 3. Manipulace s břemeny, nesprávná poloha může mít v důsledku vlastnosti břemene či nepříznivých ergonomických podmínek velký vliv na zdraví zaměstnance. Nařízení vlády č. 361/2007 proto stanovuje podmínky ochrany zdraví při práci v České republice. Toto nařízení například stanovuje předpisy pro:

- rizikové faktory pracovních podmínek a jejich členění, hygienické limity,
- způsob hodnocení rizikových faktorů z hlediska ochrany zdraví zaměstnance,
- minimální rozsah opatření k ochraně zdraví zaměstnance atd. [14]

4.2.1 Hodnocení pracovní polohy a pohybů

Nařízení vlády definuje tři možné stupně hodnocení pracovní polohy a pohybů:

- 1) **Přijatelné** – Pro všechny zdravé dospělé osoby je považováno zdravotní riziko za nízké nebo zanedbatelné. Není zapotřebí žádných změn.
- 2) **Podmíněně přijatelné** – Existuje zvýšené zdravotní riziko pro celou skupinu pracovníků nebo její část. Rizikové faktory se musí analyzovat a co nejdříve snížit. Není-li to možné, musí se přijmout jiná vhodná opatření. Pro podmíněně přijatelné pracovní polohy je definován hygienický limit na 160 minut v osmihodinové průměrné směně. Doba trvání jednotlivých podmíněně přijatelných poloh nesmí být delší jak 1 až 8 minut, v závislosti na typu pracovní polohy.
- 3) **Nepřijatelné** – Zdravotní riziko je nepřijatelné pro jakoukoliv skupinu pracovníků. Je nutná rekonstrukce návrhu vedoucí ke zlepšení pracovního prostředí. V osmihodinové průměrné směně je hygienický limit v nepřijatelné pracovní poloze stanoven na 30 minut. Doba trvání je definována jako v případě podmíněně přijatelných poloh na 1 až 8 minutu. [14]

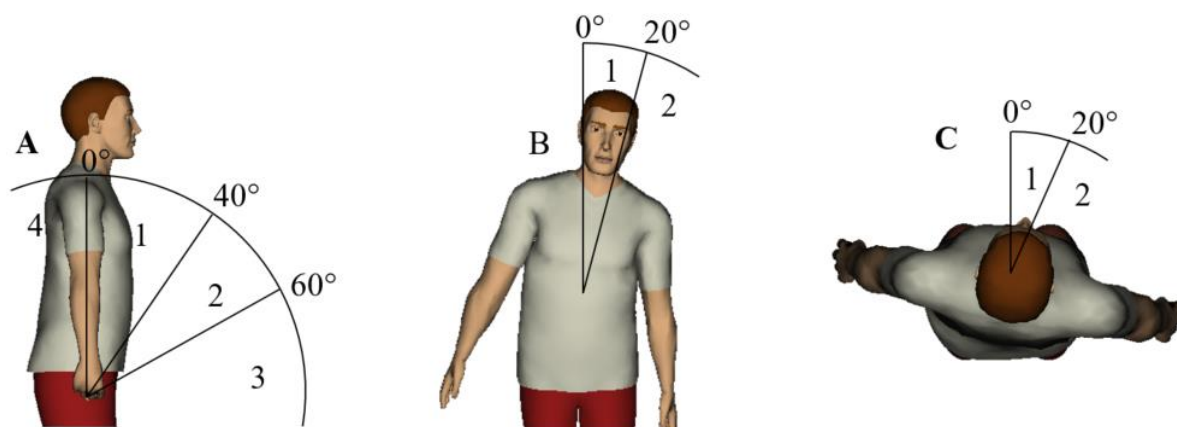
Práce v podmíněně přijatelných a nepřijatelných polohách překračující stanovené hygienické limity musí být přerušována bezpečnostními přestávkami v trvání 5 až 10 minut po každých 2 hodinách. Pokud toto není splněno tak musí být zajištěno střídání činností mezi operátory. [14]

Fyziologické pohyby

V nařízení vlády č. 361/2007 jsou zmíněny níže uvedené fyziologické pohyby:

- **Flexe** – zmenšování úhlů mezi dvěma částmi těla, tzn. ohýbání
- **Extense** – zvětšování úhlů mezi dvěma částmi těla, tzn. napřimování
- **Lateroflexe** – boční pohyb, tzn. úklon
- **Rotace** – otáčení kolem vlastní osy
- **Abdukce** – odtažení části těla od osy souměrnosti
- **Addukce** – přitažení části těla od osy souměrnosti [14]

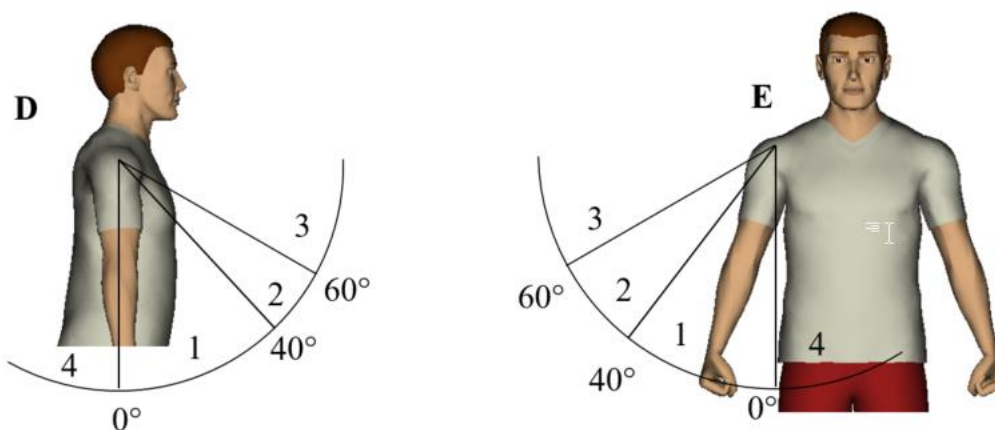
Níže je vypsáno hodnocení dle nařízení vlády č. 361/2007 pro polohy trupu, ramene, hlavy a krku a zápěstí. Jak je vidět z tabulek, tak přijatelná poloha se značí zelenou barvou, podmíněně přijatelná poloha barvou žlutou a nepřijatelná poloha červenou barvou. Podmíněně přijatelnou polohu můžeme uplatnit při četnostech pohybu kterou jsou provedeny méně než 2x za minutu. [14]

Trup

Obrázek 4-1: Hodnocení dle nařízení vlády č. 361/2007 pro polohu trupu [11]

Označení	Poloha	Přijatelná	Číslo polohy	Podmíněně přijatelná	Číslo polohy	Nepřijatelná	Číslo polohy
A	Flexe/ extenze	0° až 40°	1	40° až 60°	2	60° a více	3
						0° a méně	4
B	Laterální	0° až 20°	1	20° a více	2	20° a více	2
C	Axiální	0° až 20°	1	20° a více	2	20° a více	2

Tabulka 4-3: Nařízení vlády č. 361/2007- Trup [11]

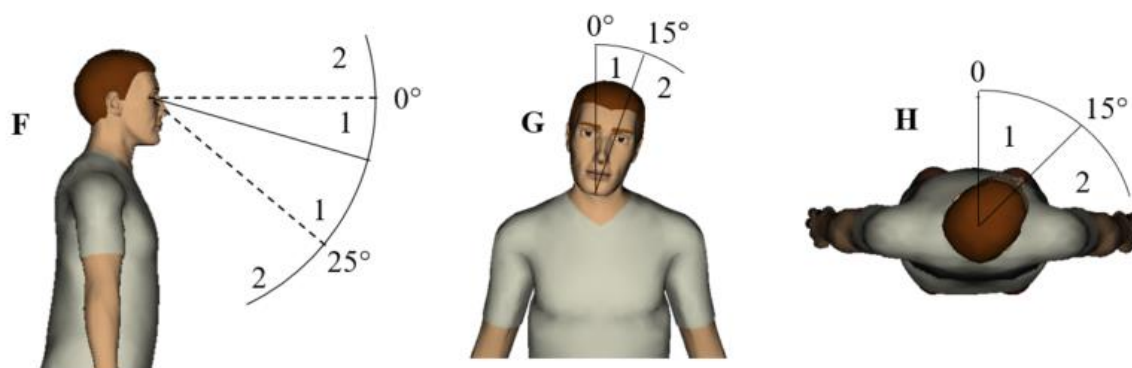
Ramena

Obrázek 4-2: Hodnocení dle nařízení vlády č. 361/2007 pro polohu ramen [11]

Označení	Poloha	Přijatelná	Číslo polohy	Podmíněně přijatelná	Číslo polohy	Nepřijatelná	Číslo polohy
D	Flexe/ extenze	0° až 40°	1	40° až 60°	2	60° a více	3
						0° a méně	4
E	Abdukce/ addukce	0° až 40°	1	40° až 60°	2	60° a více	3
						0° a méně	4

Tabulka 4-4: Nařízení vlády č. 361/2007- Ramena [11]

Hlava a krk

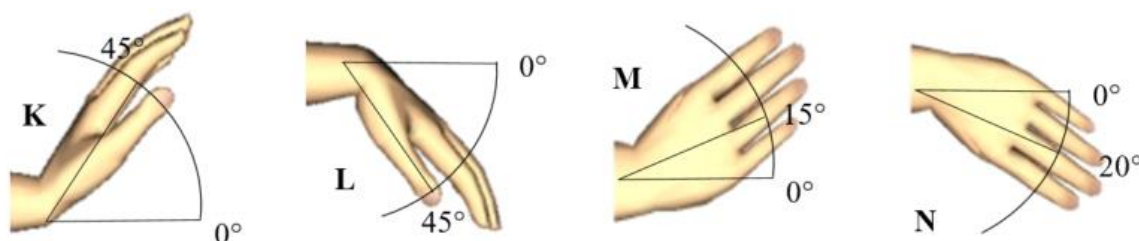


Obrázek 4-3: Hodnocení dle nařízení vlády č. 361/2007 pro polohu hlavy a krku [11]

Označení	Poloha	Přijatelná	Číslo polohy	Podmíněně přijatelná	Číslo polohy	Nepřijatelná	Číslo polohy
F	Flexe/ extenze	0° až 25°	1	25° až 40°	2	25° a více	2
G	Laterální	0° až 15°	1	15° a více	2	15° a více	2
H	Axiální	0° až 15°	1	15° a více	2	15° a více	2

Tabulka 4-5: Nařízení vlády č. 361/2007- Hlava a krk [11]

Zápěstí



Obrázek 4-4: Hodnocení dle nařízení vlády č. 361/2007 pro polohu zápěstí

Označení	Poloha	Přijatelná	Nepřijatelná
K	Dorosální flexe	0° až 45°	45° a více
L	Palnární flexe	0° až 45°	45° a více
M	Radiální deviace	0° až 15°	15° a více
N	Ulnární deviace	0° až 20°	20° a více

Tabulka 4-6: Nařízení vlády č. 361/2007- Zápěstí [11]

4.2.2 Lokální svalová zátěž

Lokální svalová zátěž organismu je dlouhodobé jednostranné nadměrné přetěžování stále stejných svalových skupin. Toto je charakteristické pro činnosti, u kterých je nutno vyvíjet velkou svalovou sílu a činnosti při kterých je nutno opakovat pohyby v nezvyklých polohách. Mezi další faktory, kterou ovlivňují lokální svalovou zátěž patří například klima, vibrace, úchopové možnosti náradí i pracovní návyky dané osoby. Opakovaná zátěž způsobuje zejména muskuuloskeletální onemocnění, již popsané v kapitole 2 Nemoci z povolání. [15]

Z hygienického hlediska se u lokální zátěže hodnotí svalová síla a četnost pohybů. Limity pro svalovou sílu jsou vyjádřeny v jednotce $\%F_{\max}$. Jednotka vyjadřuje maximální svalovou sílu, kterou je schopna vyšetřovaná osoba dosáhnout při maximálním úsilí vynakládaném danou svalovou skupinou v definované poloze. [15]

Dle nařízení vlády č. 361/2007 se při posuzování orientujeme dle přípustných celosměnových hodnot dle tabulky číslo 9.

Typ práce	Přípustný limit	Nepřípustný limit
Dynamická	30 $\%F_{\max}$	více jak 70 $\%F_{\max}$
Statická	10 $\%F_{\max}$	více jak 40 $\%F_{\max}$

Tabulka 4-7: Posuzování přípustných hodnot dle nařízení vlády č. 361/2007 [15]

Četnost pohybů nesmí za směnu ani krátkodobě za minutu překročit při dané svalové síle limity dle tabulek. Pravidlem je, že čím větší je $\%F_{\max}$, tím méně pohybů může být vykonáno. Celkový počet pohybů, vykonaných během standardní osmihodinové směnové doby, nesmí přesáhnout hodnotu 27000. V tabulce číslo 10 jsou uvedeny příklady některých hodnot. [15]

$\%F_{\max}$	Počet pohybů za směnu	Počet pohybů za minutu
10	19800	41
30	7200	15
45	3800	8
50	2700	7

Tabulka 4-8: Příklady hodnot $\%F_{\max}$ [15]

Vráníci hygienických limitů se posuzuje hlavně nadměrnost, jednostrannost a dlouhodobost. Dle Tučka si během analýzy práce všímáme hlavně:

- statické a dynamické složky činnosti,
- vynakládané svalové síly,
- četnosti pohybů,
- intenzity a plynulosti práce,
- individuálních pracovních stereotypů. [14]

Nařízení vlády č. 361/2007 definuje minimální opatření pro práci spojenou s celkovou fyzickou zátěží a lokální svalovou zátěží, překračující hygienické limity. Práce musí být přerušována bezpečnostními přestávkami v trvání 5 až 10 minut po každých 2 odpracovaných hodinách od započetí výkonu práce nebo musí být zajištěno střídání činností či zaměstnanců. [14]

4.3 RULA

Analýza RULA, celým názvem Rapid Upper Limb Assessment, napomáhá ohodnotit míru rizika onemocnění horních končetin pro daný úkon. Riziko poškození horních končetin je stanoveno na základě polohy, užití svalů, hmotnosti břemene, délky trvání úkonu a četnosti vykonávání úkonu. Signalizuje stupeň, kdy je nutno snížit riziko poškození horních končetin. Zatížení horních končetin, krku a trupu pracovníka je vyjádřeno bodováním dle stupnice. Dále určuje, zda je postavení přijatelné, nebo bude nutné provést změny. Další možností je podrobnější prověřování úkolů, například provedené analýzy, která vypočte rizikový faktor z úhlu kloubu, natočení paží, zápěstí, krku a nohou. [16]

Metodika RULA se ve většině případech používá k posouzení polohy, síly a pohybu spojeného se sedavými úkoly. Mezi čtyři hlavní aplikace analýzy RULA patří:

1. Změřit muskuloskeletární riziko, obvykle jako součást ergonomické analýzy.
2. Porovnat muskuloskeletární zatížení současných a upravených pracovišť.
3. Zhodnotit výsledky, produktivity nebo vhodnost vybavení.
4. Vzdělávat pracovníky a upozorňovat je na rizika způsobená rizikovostí, způsobeného různými špatnými pracovními postoji. [16]

V první části metodiky RULA je nejprve potřeba přiřadit jednotlivé body polohám pravé či levé ruky. U nadloktí hraje největší roli úhel, ve kterém se paže nachází při vykonávání pracovního úkonu. Příkladem může být úhel, který svírá více jak 90° . Tato poloha je ohodnocena 4 body, jelikož je nefyziologická. V případě, že je paže podepřena, odečítá se od bodového hodnocení 1 bod. U předloktí a zápěstí je princip podobný, ale navíc se zde rozlišuje, zda pohyb neprobíhá přes střednici těla nebo na stranu. Následně je třeba konkretizovat, o jaký typ zátěže se jedná a s jakou intenzitou je práce vykonávána. Podobným principem se postupuje i v rámci hodnocení polohy krku, trupu a nohou. [16]

Pravá strana:						
Pravé nadloktí						<input type="checkbox"/> Zvednuté rameno 1 <input type="checkbox"/> HK v abdukci 1 <input type="checkbox"/> Sklonění nebo podpora váhy paže -1
Pravé předloktí					<input type="checkbox"/> Činnosti přes střednici těla nebo na stranu 1	
Pravé zápěstí						<input type="checkbox"/> Zápěstí vytočeno mimo střednici 1
Pravé zápěstí otočené			Síla & Zátěž pro pravou ruku VYBERTE JEDNU Z NABÍZENÝCH MOŽNOSTÍ: <input type="checkbox"/> Žádná překážka + méně než 2 kg přerušované zátěže nebo síly 0 <input type="checkbox"/> 2-10 kg přerušované zátěže nebo síly 1 <input type="checkbox"/> 2-10 kg statická zátěž + 2-10 kg opakující se zátěž nebo síla + 10 kg či více přerušované zátěže nebo síly 2 <input type="checkbox"/> 10 kg statická zátěž + 10 kg opakovaná zátěž nebo síla + náraz nebo prudké zvyšování síly 3			
Užití svalů	<input type="checkbox"/> Poloha převážně statická, např. držení více jak 1 min. nebo opakování více než 4krát za min. 1					

Obrázek 4-5: Formulář pro metodu RULA [11]

V druhé části metodiky je provedeno hodnocení, při kterém postupným maticovým vyhledáváním v tabulkách dojdeme ke konkrétnímu výsledku. Hodnocení pro polohu horních končetin je prováděno v tabulce označené písmenem „A“, kdy se se stanový vyhledáváním stanový skóre A. K tomuto skóre je zapotřebí ještě připočítat svalové, silové a zátěžové skóre. Výsledkem pro polohu horních končetin je skóre C. Tabulka s označením „A“ je k nahlédnutí v příloze 1, hodnocení pro krk, trup a nohy se nachází v tabulce označené „B“. Toto hodnocení se vyhledává obdobně jako v předešlém kroku, tedy maticově. Po přičtení svalového, silového a zátěžového skóre je výsledná hodnota pro krk, trup a nohy označena skórem D. Tabulka „B“ je k nahlédnutí v příloze 1. [16]

Skóre C	Skóre D								
	1	2	3	4	5	6	7	8	9
1	1	2	3	3	4	5	5	5	5
2	2	2	3	4	4	5	5	5	5
3	3	3	3	4	4	5	6	6	6
4	3	3	3	4	5	6	6	6	6
5	4	4	4	5	6	7	7	7	7
6	4	4	5	6	6	7	7	7	7
7	5	5	6	6	7	7	7	7	7
8	5	5	6	7	7	7	7	7	7
9	5	5	6	7	7	7	7	7	7

Tabulka 4-9: Stanovení celkového skóre metodiky RULA [16]

Celkové skóre se stanovuje maticovým vyhledáním v tabulce pro skóre C a D. Pravidlem je že hodnoty skóre C a D vyšší než 9 se řadí automaticky do 4. kategorie. Tyto kategorie jsou vysvětleny níže.

Celkové dosažené skóre se v závěru začlení do jedné ze 4 kategorií:

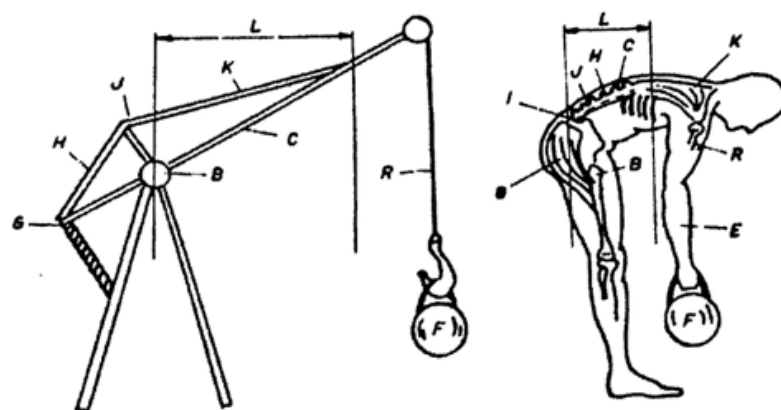
1. **kategorie** – skóre 1 až 2, značeno zeleně – práce je přijatelná, není potřeba změn.
2. **kategorie** – skóre 3 až 4, značeno žlutě – práce je lehce riziková, je možno provádět lehké změny.
3. **kategorie** – skóre 5 až 6, značeno oranžově – riziková práce, prováděné změny jsou žádoucí
4. **kategorie** – skóre 7, značeno červeně – extrémně riziková práce, urgentní požadavky na změny [11]

4.4 NIOSH

Na hodnocení práce s břemeny existuje velké množství testovacích metod, které stanovuje postupy vedoucí k minimalizaci zdravotního poškození při manipulaci s břemeny. V Evropské unii se už několik let úspěšně používá výpočet váhového indexu NIOSH (National Occupation Safety and Health), který je považován za standard při manipulaci s břemeny. [6]

Pro hodnocení práce s břemeny podle metodiky NIOSH je potřebné rozdělit práci s předměty o hmotnosti do 5 kg a práci s předměty nad 5 kg, protože dle této metodiky se považují za břemena ty předměty, které mají hmotnost na úrovni 5 kg nebo více. Pokud operátor manipuluje s předmětem do hmotnosti 5 kg, jednorázový zdvih při dodržení všech zásad správného zdvihání se nepovažuje za nadměrnou námahu. [6]

Je důležité upřesnit, že NIOSH se používá ke stanovení váhového limitu při manipulaci s předměty nad 5 kg, a to po maximální dobu 8 hodin. NIOSH index, neboli zvedací index není přesný matematicky odvozeným vztahem, ale je to multiplikovaný model, který byl sestavený na základě ergonomického a medicínského výzkumu v oblasti manipulace s břemeny. Vychází z určité analogie mezi zdvihacím zařízením a člověkem při zdvihání břemene (obr. 21). [6]



Obrázek 4-6: Analogie mezi zdvihacím zařízením a člověkem [3]

Výhodou metody NIOSH je že při hodnocení zohledňuje tři skupiny kritérií, Biomechanické, Fyziologické a psychofyzikální. Tyto kritéria, které byly zjištěny rozsáhlým výzkumem, napomáhají k optimálnímu výpočtu zvedacího indexu a tím nedochází k přetěžování lidského těla. [6]

Hlavním produktem zdvihací rovnice NIOSH je doporučený váhová limit RWL (Recommended Weight Limit). RWL je definovaný pro specifický soubor pracovních podmínek jako je například hmotnost břemena, kterou může téměř každý zdravý zaměstnanec po delší dobu uzvednout bez zvýšeného rizika vzniku bolesti v dolní části zad. Zdravým zaměstnancem se rozumí operátor v dobrém zdravotním stavu, kterému nehrozí zvýšené riziko poškození muskulo-skeletárního aparátu. [6]

Limity pro zdvihání břemene

Zdvihací rovnice je nástroj na určení fyzické námahy obouřučně vykonaných úloh zdvihání břemene. Tak jako při jiných nástrojích je její aplikace limitovaná podmínkami, pro které byla navržena. Dle Slamkové se zdvihací rovnice NIOSH nedá aplikovat pro následující případy:

- zdvihání/pokládání jednou rukou,
- zdvihání/pokládání trvající déle než 8 hodin denně,
- zdvihání/pokládání v průběhu sedění či klečení,
- zdvihání/pokládání v omezeném pracovním prostoru,
- zdvihání/pokládání nestabilních předmětů,
- zdvihání/pokládání v průběhu přenášení, tlačení a tahání,
- zdvihání/pokládání v rychlosti vyšší jak $76 \text{ cm}\cdot\text{s}^{-1}$,
- zdvihání/pokládání na nevhodných neadhezních površích,
- zdvihání/pokládání v nepříznivých podmínkách. [6]

Zdvihací rovnice je založena na multiplikativním modelu, který poskytuje přiřazení váhy každému ze šesti průměrných úloh. Většina úloh jsou vyjádřeny jako koeficienty, které slouží na snížení váhové konstanty, která reprezentuje maximální doporučenou hmotnost břemene zdvíhaného v ideálních podmínkách. Celá rovnice je vyjádřena následovně:

$$RWL = LC \cdot HM \cdot VM \cdot DM \cdot AM \cdot FM \cdot CM$$

LC – váhová konstanta

DM – vzdálenostní multiplikátor

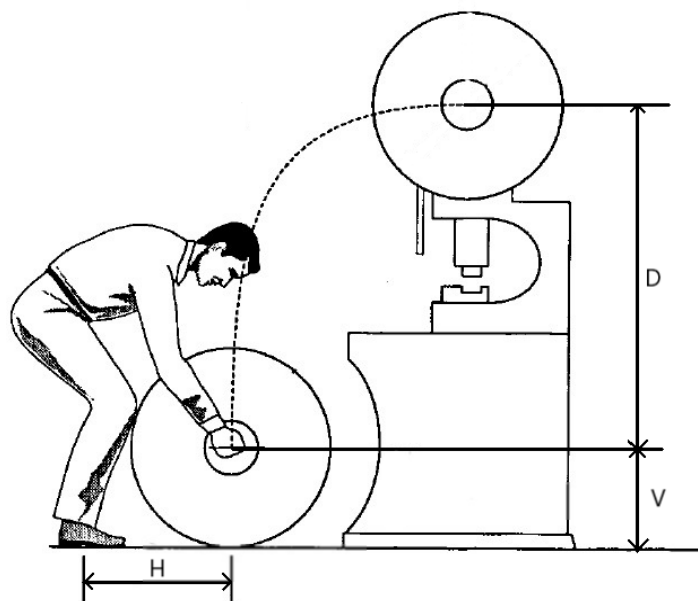
HM – horizontální multiplikátor

AM – multiplikátor asymetrie

VM – vertikální multiplikátor

CM – frekvenční multiplikátor

Každý multiplikátor by měl být vypočítaný podle vhodného vzorce, ale v některých případech pro určení hodnoty multiplikátoru bude nevyhnutelné použít lineární interpolaci, hlavně v případech, kdy pokud hodnota proměnné není přímo k dispozici v tabulce. Níže budou podrobněji vysvětleny všechny multiplikátory, které jsou použity v rovnici. [6]



Obrázek 4-7:NIOSH [17]

LC - Lokální váhová konstanta

Tato váhová konstanta byla stanovena pro střední Evropu na hodnotu 23 kg. Konstanta reprezentuje hmotnost, s kterou je člověk schopný manipulovat bez zdravotního rizika po dobu omezeného časového intervalu. [6]

HM - Horizontální multiplikátor

Horizontální poloha H pro určení multiplikátoru HM je měřena od kotníků k těžišti břemene měřena na počátku zvedání. Horizontální multiplikátor je určen vztahem: [6]

$$HM = \frac{25}{H}$$

Horizontální poloha je vždy měřena a dosazována do vzorce v centimetrech. Pokud je H menší nebo rovno 25 cm, potom multiplikátor $HM = 1$. To odpovídá ergonomicky správnému uchopení břemene v horizontální vzdálenosti před tělem. Naopak pokud je hodnota větší jak 63 cm, $HM=0$. Tato hodnota odpovídá vzdálenosti, v které už není bezpečné manipulovat s jakýmkoliv břemenem. [6]

VM - Vertikální multiplikátor

Vertikální poloha V je definovaná jako vertikální vzdálenost od podlahy k těžišti břemene měřena na počátku zvedání. Poloha V ve spodní části je limitovaná povrchem podlahy a v horní části je limitovaná vertikálním dosahem rukou, která je stanovena na 175 cm. Vertikální multiplikátor VM je možné vypočítat ze vztahu: [6]

$$VM = 1 - 0,003 \cdot |V - 75|$$

DM - Vzdálenostní multiplikátor

Vertikální vzdálenost pohybu s břemenem D je definována jako vertikální vzdálenost pohybu rukou mezi začátkem a cílem zdvihu. Hodnota D jako v předchozích případech se dosazuje do vzorce v centimetrech. Výsledný vzdálenostní multiplikátor DM se vypočítá ze vztahu: [6]

$$DM = 0,82 + \frac{4,5}{D}$$

Pro krajní hodnoty dosahů člověka platí, že vertikální vzdálenost D se musí pohybovat mezi 25 cm a 175 cm. [6]

AM - Asymetrický multiplikátor

Úhel asymetrie A je operačně definován jako úhel mezi čarou asymetrie a střední sagitální rovinou. Rozpětí úhlu asymetrie A je od hodnot 0° po 135°. Pokud nastane, že úhel A je větší než 135° potom s břemenem není možné v takové situaci ručně manipulovat. Výsledný multiplikátor asymetrie se vypočítá z vztahu: [6]

$$AM = 1 - 0,0032 \cdot A$$

FM - Frekvenční a UM - uchopovací multiplikátor

Poslední dva multiplikátory jsou vybírány z tabulek. Frekvenční multiplikátor vyjadřuje četnost zdvihacích úkonů v rámci jedné minuty. Minimální frekvence mezi zdvihy je stanovena 0,2 zdvihů za minutu. Uchopovací multiplikátor popisuje vazebné podmínky mezi rukama a předmětem. Dobrá vazba při uchopení bude snižovat maximální požadované síly k uchopení předmětu a zvyšovat akceptovatelnou hmotnost. Naopak špatná vazba bude všeobecně požadovat vyšší maximální síly k uchopení a snižovat akceptovanou hmotnost. [6]

LI - Zdvihací index

Pokud je známa hodnota optimálního váhového limitu RWL, může být dále dopočítán zvedací index. Tento index vyjadřuje relativní odhad úrovně fyzického stresu spojeného s konkrétním manuálním zdviháním. Odhad úrovně fyzického stresu je definován poměrem zdvihané váhy břemene L a doporučeným váhovým limitem RWL. Obě hodnoty jsou zadávány v kilogramech. Výsledný vztah potom vypadá následovně: [6]

$$LI = \frac{L}{RWL}$$

5 Charakteristika výrobního systému

V této kapitole bude popsána společnost jako taková, její historie a současný stav jak ve světě, tak i v České republice. V neposlední řadě bude popsán systém napínání klínového řemene.

5.1 Mubea, spol. s r. o.

Mubea, s. r. o. je německá firma s více jak stoletou tradicí a globální působností. Vyvíjí a vyrábí komponenty pro všechny významné světové výrobce automobilů. Díky specifickému výrobnímu procesu zaměřenému na snižování hmotnosti automobilů dokáže vyrábět produkt s vysokou přidanou hodnotou. [18]

Mubea

Obrázek 5-1: Mubea [19]

Historie společnosti

Společnost Mubea byla založena 1. srpna 1916 v Německém Attendornu Josefem Muhrem. Ten si pronajal od vdovce Josefa Vigenera tovární budovu za roční poplatek 230 marek. Na počátku bylo výrobní portfolio tvořeno listovými a skříňovými pružinami. V září roku 1920 do podniku vstupuje jako osobně ručící společník Ludwig Bender a vzniká tak nové a finální jméno společnosti Muhr & Bender. [18]

Produkty společnosti se začaly označovat vlastní obchodní značkou od 12. listopadu 1931. Název Mubea, ze kterého se stal již dávno ustálený výraz, se skládá z počátečních písmen příjmení obou vlastníků firmy Mu(hr), Be(nder) a A(ttendorn). Společnosti se nadále dařilo, a proto v listopadu 1934 založila i první učňovské oddělení a začala si vychovávat vlastní odborníky. V prvním roce se výuky zúčastnilo 19 učňů, z nichž 11 prošlo až k úspěšnému zakončení. [18]

V roce 1938 zemřel zakladatel společnosti Josef Muhr a jeho místo zaujal jeho syn Josef Muhr mladší. Podnik Mubea dále expeduje a zakládá svojí první pobočku mimo sídlo firmy v Krugersdorpu v Jižní Africe. Tento podnik byl zamýšlen jako prostředek k zajištění exportního trhu a soustředil se především na výrobu pružin a kleští na plech pro řemeslné provozy. Na počátku 50. let byla firma Muhr & Bender největším výrobním podnikem v okolí Attendornu a pronikala dále do světa, což potvrzuje i účast na mnohých veletrzích. [18]

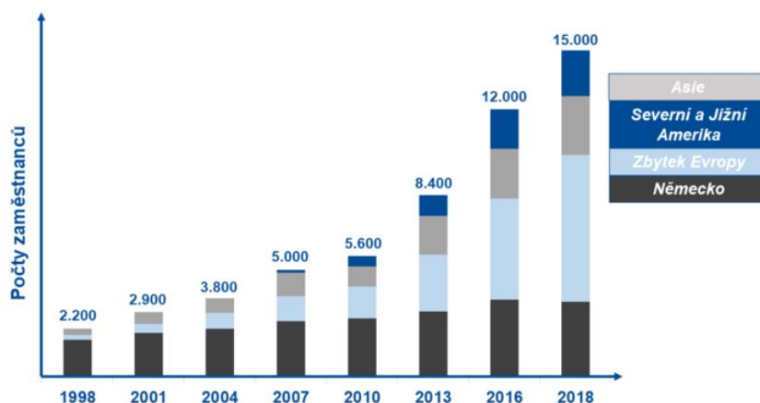
Mubea v roce 1966 slaví své první půlstoletí. V té době eviduje 1500 zaměstnanců a soustavně vzrůstající export do 92 zemí. Emblém společnosti se stává na světových trzích a velkých výstavách v Evropě a zámoří značkou vysoké jakosti. Po dlouhých přípravách byla v červnu 1982 navázána spolupráce se společností Volkswagen a zahájena výroba pružin pro nápravy na americkém území v Detroitu. [18]

V roce 1984 umírá spoluzakladatel společnosti Josef Muhr mladší, který před 70 lety založil se svým otcem společnost Muhr & Bender. Úspěšný vývoj společnosti je životním dílem právě Josefa Muhra mladšího, který se stal známým a oceňovaným po celém světě. [18]

Společnost Mubea patřila mezi první podniky, které rozpoznaly hospodářský potenciál České republiky. Toto poznání vedlo mezi roky 1995 a 1998 ke vzniku a rozvoji dvou závodů, které se v rámci celého koncernu řadí mezi ty absolutně nejvýznamnější a které nadále posilují své postavení. [18]

V 90. letech byla v Jižní Americe nedaleko Sao Paula založena ze strategických důvodů pobočka firmy Mubea, jelikož v té době zde již měly zastoupení všechny důležité automobilky. Tímto krokem se společnost oprostila od placení vysokých cel, která by za normálních okolností jako evropský dodavatel odváděla. [18]

V roce 2005 započala společnost Mubea obchodní činnost a otevřela obchodní kancelář v indickém Delhi. Jako v případě Jižní Ameriky i zde byly dodávky na indický trh zvenčí kvůli vysokým přepravním nákladům a dovozním cłm z dlouhodobého hlediska ekonomicky nevýhodné. V březnu 2007 byla proto založena výrobní pobočka sídlící blízko finanční metropole Bombaj. [18]



Graf 5-1: Vývoj počtu zaměstnanců v závislosti na letech [18]

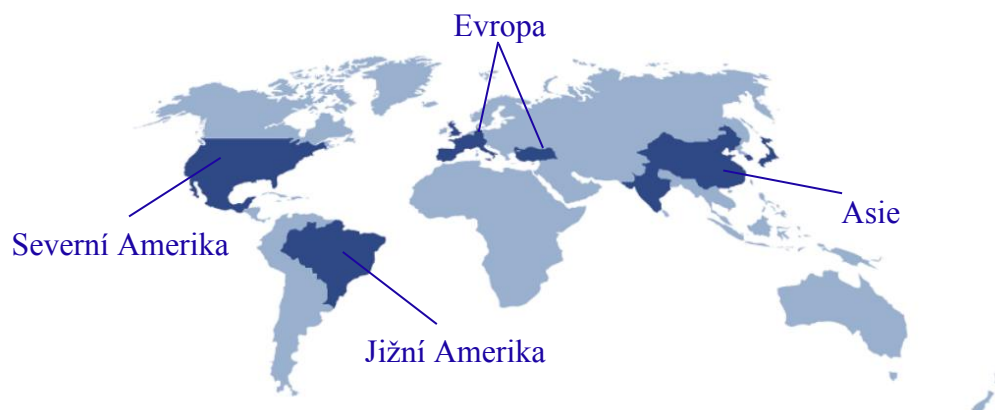
V roce 2016 Mubea oslavila 100 let společnosti. Z původních 10 zaměstnanců v roce 1916 se počet navýšil na 13000. Výrobní plocha se ze 100 m² navýšila na více než 500000 m² a počet poboček stoupl o 35. [18]

Současnost společnosti

Společnost Mubea je lídrem na trhu v mnoha segmentech průmyslu s pružinami a v posledních letech dosáhla globalizace ve všech významných zemích. V roce 2018 realizovala obrát 2,4 miliardy eur s 15000 zaměstnanci po celém světě v 50 výrobních a vývojových místech. Všechny tyto atributy jsou zapříčiněny tím, že společnost je založena na globální přítomnosti a na technologických inovacích. Níže na obrázku je vyznačena tmavě modrou barvou zastoupení společnosti ve světě. [18]

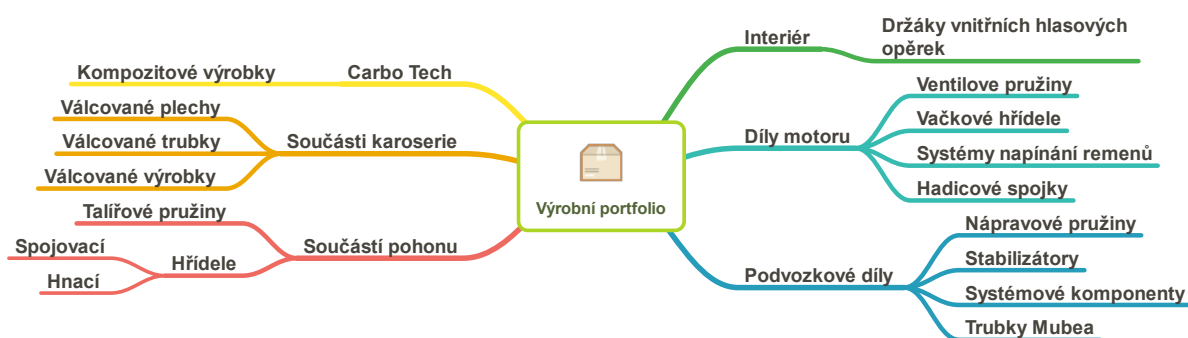
Mubea disponuje četnými vyznamenáními a certifikáty, které podtrhují vysoké nároky, které podnik klade na své zaměstnance, výrobní procesy, jakost výrobku, servis a dodavatele. Certifikace jsou dle norem DIN EN ISO 9001 a ISO/TS 16949, ISO 14001 a ISO 50001 a jsou ročně přezkušovány uznávanými auditory. [19]

Společnost je organizovaná do obchodních jednotek vztahujících se k produktu, tak aby byli výrobky kvalitní a inovativní. Všechny ostatní oblasti, které těží ze synergií rozlehlé společnosti, jsou strukturované a organizované do centrálních jednotek. Výsledkem je společnost která pracuje a rodinném principu a je schopna rychle a flexibilně reagovat na podněty. [19]



Obrázek 5-2: Mapa zastoupení společnosti Mubea ve světě [18]

Jak je z historie patrné, společnost Mubea se celosvětově soustředí na výrobu automobilových součástí. Výrobní portfolio je opravdu rozmanité od výroby dílů do motoru (ventilové pružiny, vačkové hřídele, systémy napínání řemene) přes podvozkové díly (stabilizátory, nápravové pružiny, přesné ocelové trubky) a součásti pohonu či karosérie (talířové pružiny, válcované plechy) až po výrobky z karbonových vláken. [19]



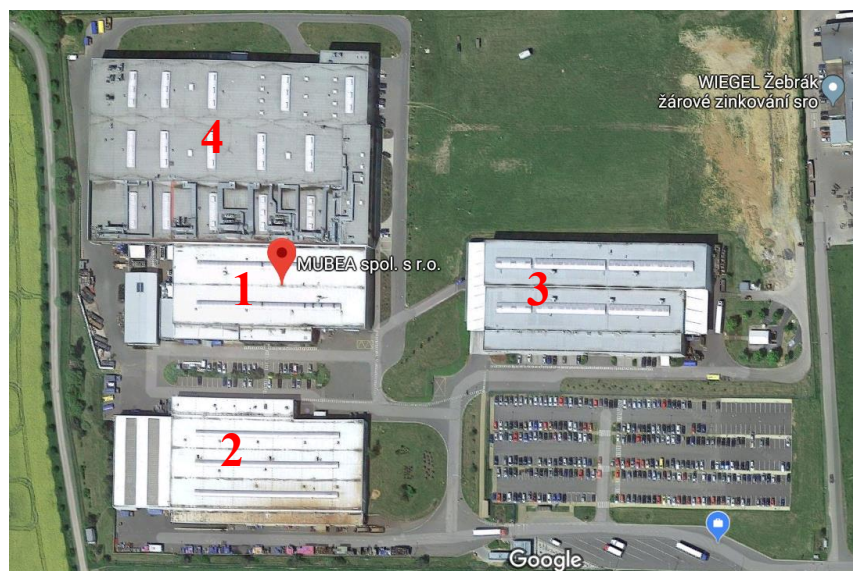
Graf 5-2: Výrobní portfolio společnosti Mubea [18]

Mubea v České republice

V České republice disponuje společnost Mubea hned třemi pobočkami, a to v Dolních Kralovicích, v Prostějově a v Žebráku.

Poslední jmenovaný závod je největší a disponuje téměř 2000 zaměstnanci. Tento závod jak bylo řečeno v kapitole 5.1.1, byl první pobočkou Mubea v České republice. Roční obrat v roce 2016 činil 200 milionu euro. Svoji historii tento závod započal v roce 1995 a postupně se zde postavily 4 výrobní haly a vlastní nástrojárnu pro výrobu výrobních linek. [19]

Hala 1 se specializuje na výrobu hlavových opěrek a interiérových komponentů. Hala 2 má na starosti výrobu systémů napínání řemene.



Obrázek 5-3: Výrobní závod Žebrák

V hale 3 se vyrábějí objímky a tyčky do automobilových stabilizátorů. Hala 4 je nejnovější a soustředí se na výrobu dílů z karbonových vláken. Výrobky jsou zde vyráběny pro mnoho známých renovovaných značek, jako je například Škoda Auto, Audi či BMW. [19]



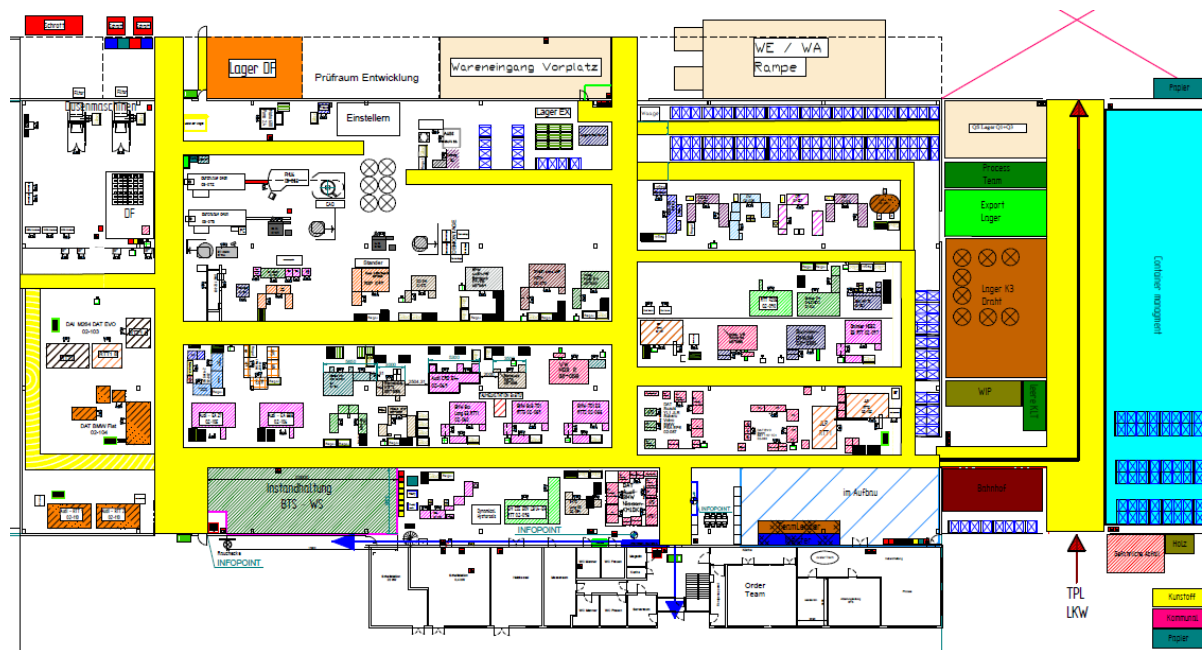
Obrázek 5-4: Značky pro které společnost Mubea vyrábí [18]

5.2 Systém napínání řemene

Jak bylo řečeno výše, hala 2 je určená k výrobě systému napínání řemene, kterých se v průměru vyrobí 8 milionů ročně. Hala je rozdělena na několik částí, největší podlahovou plochu zabírají samotné výrobní linky a přilehlé uličky. Nachází se zde zhruba 50 výrobních linek. Toto číslo s požadavky zákazníků na nové výrobky stále stoupá.

Další oddělení, které zaujímá nemalou část haly je výroba pružin. Nachází se zde navinovací stroje, které dávají pružině spirálovitý tvar, žíhací pece, které mají za úkol odstranit přebytečné pnutí a tryskací stanice.

Dále se zde nachází kancelářské a skladové prostory, prostory určené k opravám výrobních linek a laboratoře, kde se testují nové výrobky. Na obrázku níže je vidět aktuální layout haly 2 i s popsányými prostory.



Obrázek 5-5: Layout haly 2 [20]

Systém napínání řemene tzv. napínák je mechanická součást motoru, která má za funkci napínat klínový řemen po celou dobu životnosti při různých zatíženích a tím zajistit plynulý rozvod energie z klikového hřídele na jednotlivé agregáty. Tímto způsobem zvyšuje spolehlivost, efektivitu a životnost součástí řemenového pohonu. Na obrázku 28 je vidět samotné umístění napínáku v prostorech motoru. Napínák je propojen s alternátorem, kompresorem klimatizace a výstupek klikového hřídele klínovým řemenem.



Obrázek 5-6: Umístění napínáku v prostorech motoru [20]

Společnost Mubea vyrábí zhruba 10 typů systémů napínání řemene. Ty se od sebe liší nejen tvarem a konstrukcí, ale i počtem komponentů. Napínáky se lze rozdělit na dvě skupiny, a to konvenční a nekonvenční, takzvané Double Arm Tensioner (DAT)

Tyto dvě skupiny napínáků se liší hlavně po konstrukční stránce, a to tím že konvenční napínáky mají jednu kladku a DAT napínáky mají kladky dvě. Dalším rozdílem je i počet komponentů. Zatímco první jmenovaný má kolem 8 komponentů, druhý může dosahovat až 20 komponentů. Níže na obrázku je vidět rozdíl mezi konvenčním a nekonvenčním napínákem.



Obrázek 5-7: Druhy napínáků – vlevo konvenční, vpravo nekonvenční [19]

6 Výrobní linka DAT Evo

Výrobní linka DAT Evo produkuje výrobky vycházející ze systému DAT. Jak bylo v předešlé kapitole naznačeno tyto napínáky jsou složeny z mnoha komponentů, přesněji DAT Evo je složen z 18 částí, mezi nimiž jsou díly z kovu, plastu ale i teflonu, který má za úkol snižování tření mezi pohybujícími se částmi napínáku.

Níže v tabulce 12 můžeme vidět kusovník systému napínání řemene DAT Evo.

Kusovník DAT Evo						
	Anglický název	Německý název	KLT Obal	Ks v obalu	Kg/1 kus	Kg/KLT
1.	Dusk cover	Abdeckscheibe	3147	300	0,004	1,20
2.	Mounting ping	Sicherungsstift	3147	1900	0,009	17,10
3.	Screw	Flachrundschrabe M8x25	3147	650	0,0137	8,91
4.	Lever arm 1	Spannarm	4147	24	0,368	8,83
5.	Housing	Gehaeuse	4147	20	0,23	4,60
6.	Lever arm 2	Spannarm	4147	16	0,259	4,14
7.	Spring	Feder	4280	70	0,142	9,94
8.	Screw	Flachrundschrabe	3147	600	0,024	14,40
9.	Pulley	Rolle	4147	80	0,094	7,52
10.	Cover disk	Abdeckscheibe	3147	500	0,006	3,00
11.	Axial safety element	Axiales	4147	200	0,031	6,20
12.	Bearing bush 1	Lagerbuchse	6280	260	0,001	0,26
13.	Bearing bush 2	Lagerbuchse	6280	384	0,0008	0,31
14.	Slide pad	Gleitteller	4147	500	0,002	1,00
15.	Clamping sleeve 1	Klemmhulse	3147	1000	0,016	16,00
16.	Clamping sleeve 2	Klemmhulse	3147	480	0,03	14,40
17.	Spacer 1	Distanzbuchse	3147	480	0,012	5,76
18.	Spacer 2	Distanzbuchse	3147	1400	0,0003	0,42

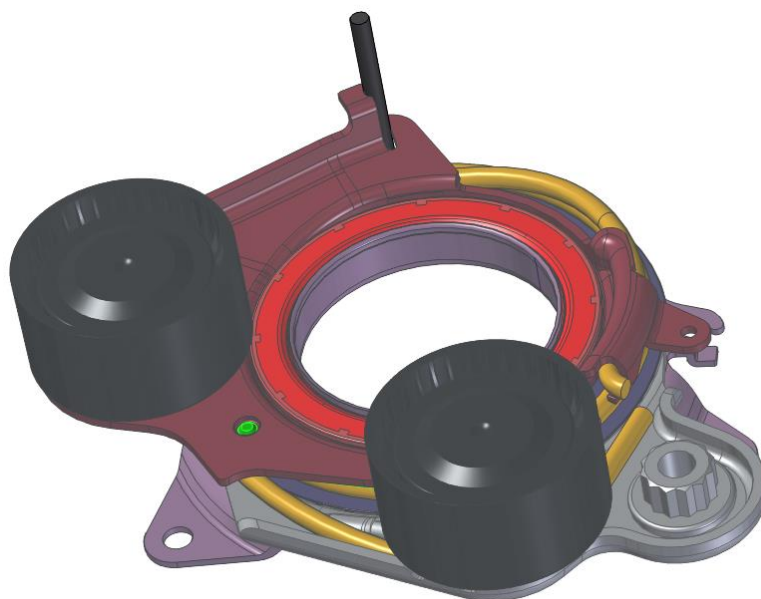
Tabulka 6-1: Kusovník DAT Evo [20]

Základnu tvoří tzv. housing neboli těleso, které má v sobě otvory, sloužící k montáži na tělo motoru. Na základnu jsou nasazeny pohybující se ramena a ložisková pouzdra. Ramena zaručují pohyb napínáku vůči základně a dynamicky reagují na pohyb klínového řemene. Aby se ramena vždy vrátila do své původní polohy je zde přidána vinutá pružina, která tento pohyb zaručí.

Aby všechny komponenty držely u sebe, jsou k sestavě přidány axiální pojistky v podobě kovových kroužků, které jsou posléze zalisovány do napínáku.

Pro dokonalé napnutí řemene slouží dvě kladky. Tyto kladky disponují ložisky zajišťujícími, klidné odvalování. Kladky jsou montovány pomocí šroubů, které jsou přikryty krytkou, jež zabraňuje průniku nečistot dovnitř.

Jednotlivé komponenty na výrobní linku jsou dopravovány za pomoci transportních vozíků. Operátoři díly uložené v KLT obalu vždy vloží do připravených gravitačních regálu a odtud si je odbírají a vkládají do zakládacích míst.



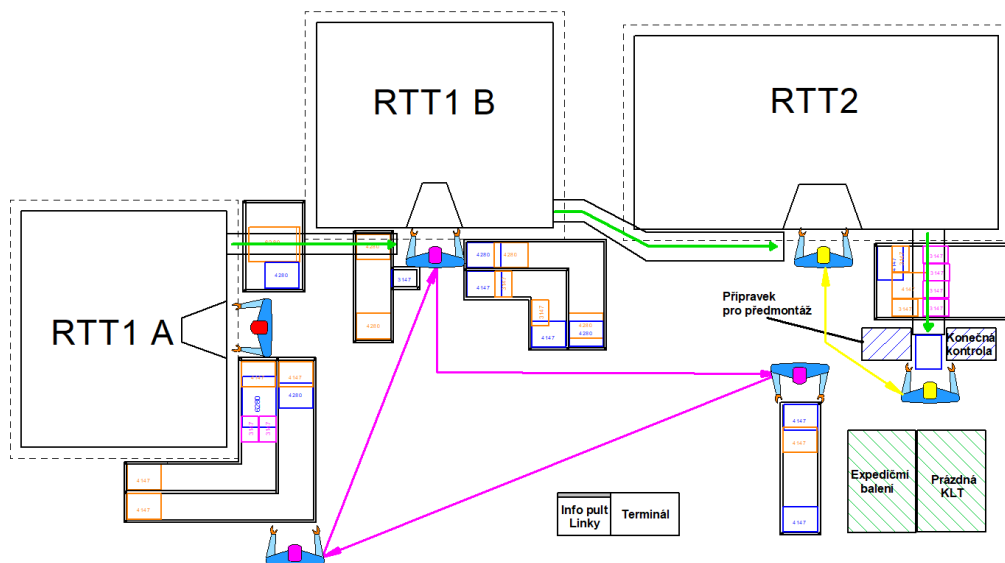
Obrázek 6-1: Systém napínání řemene DAT Evo [20]

Na výrobní lince je hned několik druhů KLT obalů. Největší obal na materiál je KLT 6280 a nejmenší je KLT 2120, který je uložen přímo před zakládacími místy. Níže v tabulce 13 je možno vidět všechny použité KLT boxy na výrobní lince a jejich rozměry.

Typ KLT	Šířka [cm]	Hloubka [cm]	Výška [cm]
2120	200	150	115
3147	300	200	147
4147	400	300	147
4280	400	300	280
6280	600	400	280

Tabulka 6-2: Typy KLT boxů [20]

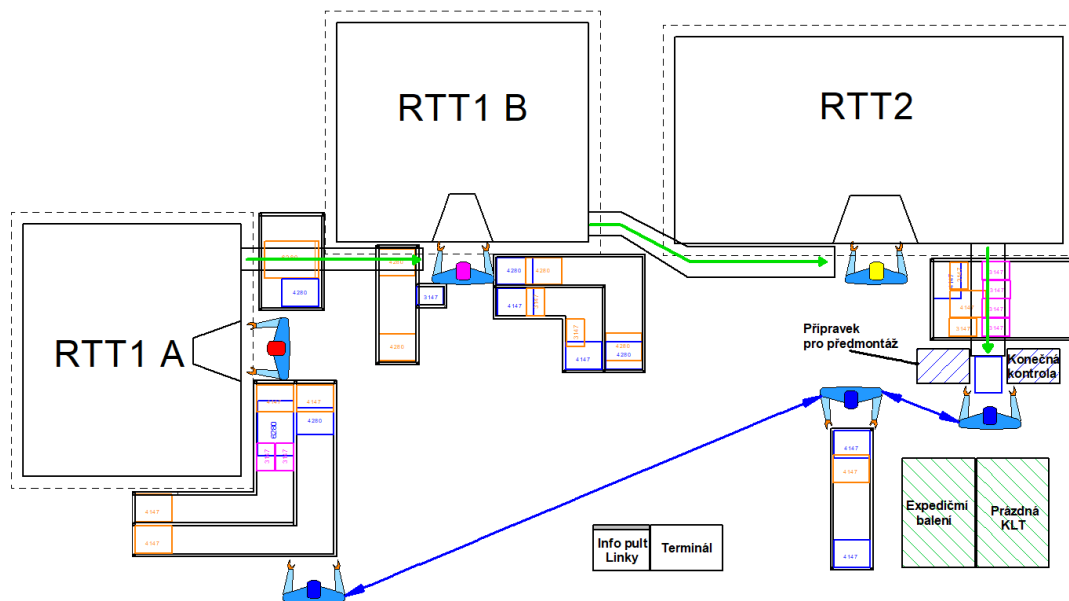
Na obrázku číslo 31 je znázorněno aktuální rozložení výrobní linky, která je určena pro 3 až 4 operátory. Výrobní linka obsahuje 3 výrobní stanice a to s označením RTT1 A, RTT1 B a RTT2. Mezi stanicemi se přemontované díly dopravují pomocí pásových dopravníků, které jsou na obr. 31 naznačeny zelenou barvou. Další důležitou součástí výrobní linky jsou již zmíněné gravitační regály, které mají za úkol dopravit materiál co neblíže operátorovy aby se nemusel zbytečně pohybovat a tím prodlužovat výrobní čas. Regálů se na výrobní lince nachází 6. Dle toku materiálu linkou jsou u stanice RTT1 A umístěny první 2 regály, u stanice RTT1 B jsou k dispozici další 2, u RTT2 je umístěn 1 regál. Poslední 6. regál, který je k předmontáži je umístěn na konci toku materiálu výrobní linkou.



Obrázek 6-2: Layout výrobní linky DAT Evo - 3 OP

V prostorách výrobní linky se dále nachází informační pult linky, do kterého operátoři zapisují počet vyrobených dílů za hodinu, či problémy, které vznikly při montáži finálního napínáku. Dále terminál určený k odepisování prázdných KLT a v neposlední řadě označená místa kde se mají nacházet prázdná expediční balení, prázdná KLT, konečná kontrola a přípravek pro montáž. V případě tří operátorů na pracovišti druhý pracovník provádí zakládání a zároveň předmontáž pro pracoviště číslo 1. Poslední operátor též provádí zakládání ale zároveň i konečnou kontrolu a balení hotových napínáků. Jelikož se ale ve většině případů se výrobní lince DAT Evo vyrábí ve čtyřech operátorech, nebude se tato práce rozložením na tři operátory dále zabývat.

V případě čtyř operátorů (viz obrázek 32 níže) tři operátoři zakládají u jednotlivých stanic a polední čtvrtý operátor provádí kontrolu, balení hotových výrobků a předmontážní činnost. Dále budou rozepsány operace na jednotlivých stanovištích.

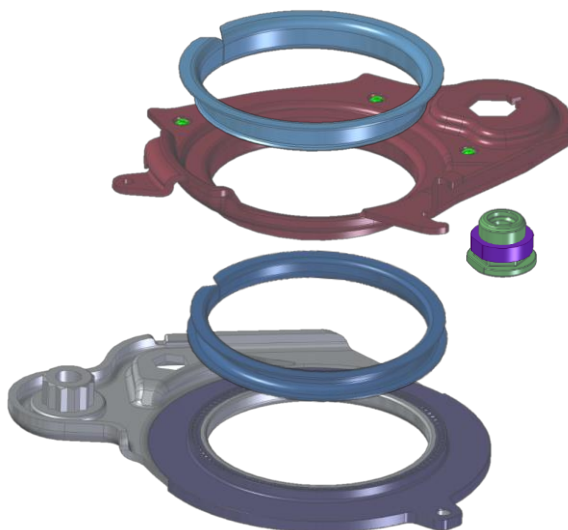


Obrázek 6-3: Layout výrobní linky DAT Evo - 4OP

6.1 Popis výrobního postupu

Níže bude popsán výrobní proces napínacího systému DAT Evo.

Stanice RTT1 A



Obrázek 6-4: Montáž napínačku DAT Evo - RTT1 A [20]

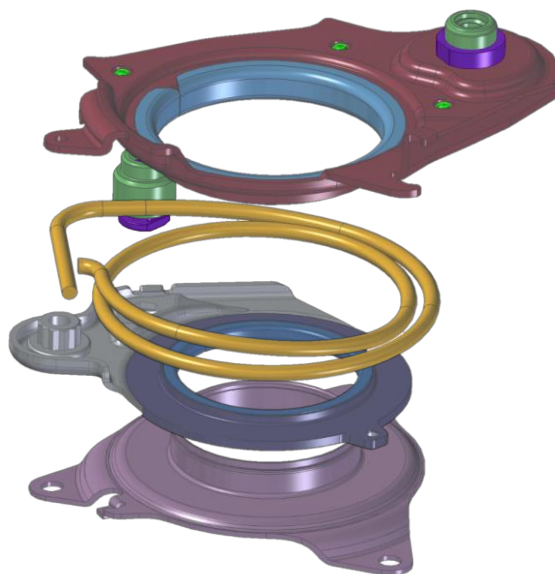
Pracovní postup pro operátora 1 začíná tím, že pravou rukou uchopí díl Lever arm 1 a založí ho do přípravku, následně levou rukou uchopí díl Bearing bush 1 a vloží orientovaně na předešlý díl. Následně jsou tyto dva spojené díly založeny do zakládacího místa na výrobní stanici. Druhá část výrobní operace začíná uchopením dílu Spacer 2 levou rukou a dílu Clamping sleeve 2 pravou rukou založením do zakládacího místa. Tyto díly jsou připraveny v obalech před operátorem.

Posledním třetím krokem pracovník uchopí pravou rukou díly Lever arm 2 a levou rukou Bearing bush 2 vloží je do sebe a následně je založí orientovaně do zakládacího místa na lince. Celou výrobní operaci zakončí stisknutím tlačítka, které má před sebou. Následně se celý proces opakuje.

Stanice RTT1 B

Operátor číslo 2 započne operaci tím, že založí díl Housing, který uchopí pravou rukou a vloží orientovaně do zakládacího místa. Následně díly Clamping sleeve 1 a Spacer 1 uchopí oběma rukama současně a vloží je do zakládacího místa na výrobní stanici.

Další operaci začíná tak, že levou rukou uchopí díl Lever arm 1 z pásového dopravníku a vloží jej do zakládacího místa. Následně díl Spring uchopí levou rukou, vloží do předešlého dílu a oběma rukama ho dotlačí na dno.

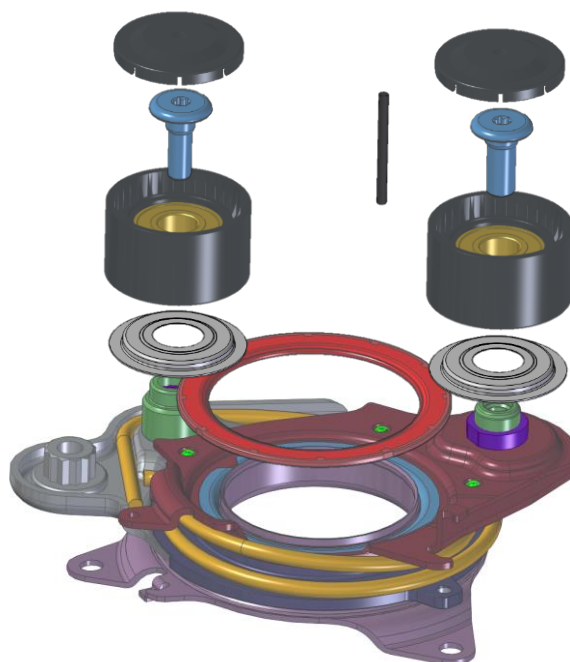


Obrázek 6-5: Montáž napínáku DAT Evo - RTT1 B [20]

Poslední operací pracovník začíná uchopením dílu Lever arm 2 levou rukou z pásového dopravníku a vložením na předešlé díly. Nakonec založí díl Axial safety element a dotykem na tlačítko spustí montáž.

Stanice RTT2

Pracovní postup pro 3. operátora začíná tím, že pravou rukou z regálu uchopí dva díly Pulley a založí je do základacího místa.



Obrázek 6-6: Montáž napínáku DAT Evo - RTT2 [20]

Následně paralelně oběma rukama operátor uchopí z KLT obalů před sebou dva díly Dusk cover stříbrné barvy a založí je. Následuje uchopení Dusk cover černé barvy levou rukou z gravitačního regálu a vložení na místo určené.

Druhá a zároveň poslední část operace začíná uchopením předmontovaného dílu levou rukou z pásového dopravníku a založením do zakládacího místa. Poté pracovník levou rukou uchopí díl Mounting ping a pravou díl Screw a založí je na místo určené. Následně jako u předešlých pracovníků je operace zakončena zmáčknutím tlačítka a tím spuštěním procesu montáže.

Konečná kontrola a balení

Práce operátora číslo 4 lze rozdělit na dva dílčí úkoly, a to na konečnou kontrolu a balení hotových výrobků.

Výrobky na lince DAT Evo procházejí 100% kontrolou a to znamená, že každý vyrobený napínák je kontrolován operátorem. Operátor začne kontrolu tím, že odebere vyrobený napínák z výstupu poslední výrobní stanice a vloží jej do kontrolního přípravku. Vizually se zkontroluje přítomnost všech dílů, správnost popisu a přítomnost etikety a zákaznického čísla. Pomocí přípravku se hodnotí správné dosednutí a zaháknutí pružiny, následně se zkontrolovaný výrobek označí zelenou tečkou a vloží se do exportního balení. Následně celou operaci opakuje.



Obrázek 6-7: Konečná kontrola a balení

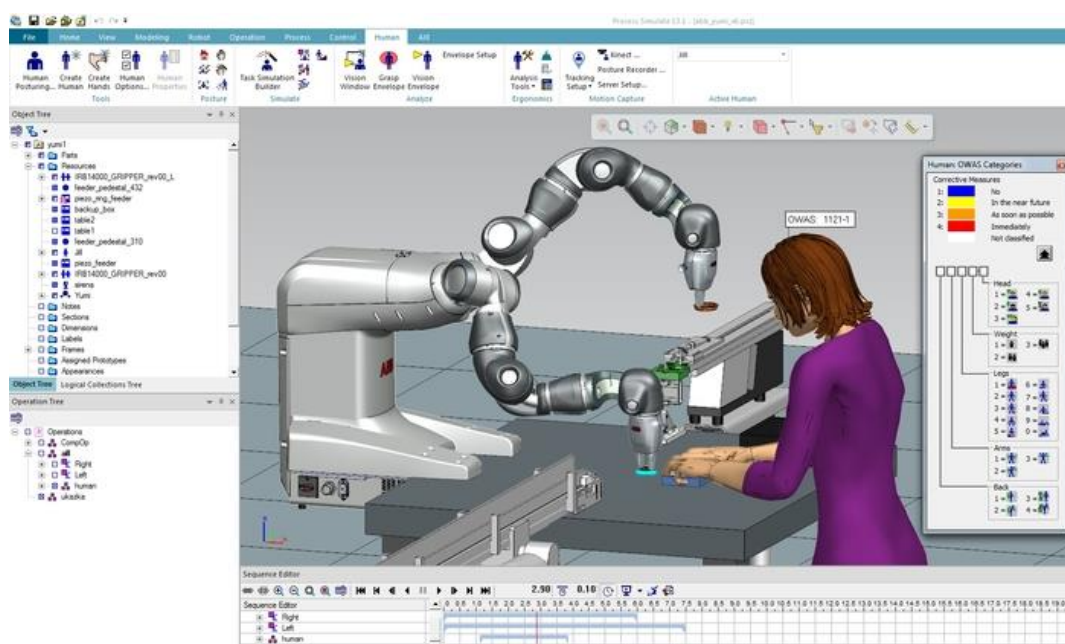
Dalším úkolem tohoto operátora je vytvářet předmontáž pro první výrobní stanici. Operaci pracovník začne tím, že uchopí levou rukou díl Lever arm 2 a pravou rukou díl Slide pad a ručně je zacvakne do sebe. Takto předmontovaný díl vloží do KLT. Po naplnění KLT dvaceti kusy předmontovaných dílů, operátor odnese KLT ke stanici RTT1A a vloží tento obal do příslušného regálu.

7 Digitální model pracoviště

Níže bude popsána tvorba digitálního modelu výrobní linky DAT Evo a bližší popsání použitých technologií.

7.1 Tecnomatix Process Simulate

Tecnomatix Process Simulate je digitální řešení pro ověření výrobních procesů ve 3D prostředí. Software umožňuje výrobním organizacím předem validovat výrobní koncept, aniž by byl fyzicky vyroben. Což vede k rychlejšímu spuštění kvalitní výroby produktů. Proces Simulate poskytuje pokročilé 3D prostředí schopné kopírovat realistické chování výrobních procesů, pracovníků, výrobních zařízení a robotů.



Obrázek 7-1: Prostorové prostředí Tecnomatix Process Simulate [21]

Process Simulate je určen především pro výrobní podniky a konzultační společnosti, které řeší ergonomii práce ve výrobě z pohledu pracovních poloh, přetížení některých částí těla, únavy a rizika zranění. Mezi významné využití tohoto softwaru patří průmyslové inženýrství a normování času operací prováděných pracovníky manuálně. Další neméně významnou oblastí je bezpečnost práce. Zásadou možnosti simulace průmyslových robotů lze snadno predikovat, zda na pracovišti nemůže docházet k nebezpečným situacím mezi člověkem a strojem. [21]

Process Simulate disponuje několika moduly. Pro řešení ergonomie se zde nachází modul Process Simulate Human. Tento modul umožňuje ověřit návrh výrobní linky a poskytuje výkonné funkce pro analýzy a ergonomické optimalizace. Tímto lze relativně snadno docílit z hlediska ergonomie k bezpečnému výrobnímu procesu podle průmyslových standardů. Pomocí Simulate Human může firma provádět realistickou simulaci lidských úkonů a optimalizovat časy jednotlivých operací tak aby nebylo narušeno zdraví operátora. [21]

Mezi klíčové přínosy Proces Simulate Human patří:

- široká knihovna antropometrických databází pokrývající populaci celého světa,
- integrované analytické metody a standardy,

- eliminace nákladů na přepracování plánu díky včasnému odhalení problémů s výkonem lidí a zvládnutelností úkonů,
- zvýšení produktivity, kvality, snížení nákladů na dodatečné opravy či úpravy
- minimalizace problémů s nástroji, vybavením, rozložení výrobních zařízení na pracovišti,
- zvýšení bezpečnosti montáže,
- snížení počtu zranění a nemocí z povolání. [21]

7.2 Laserové skenování

Relativně novou metodou využívanou pro měření je laserové skenování. Metoda se během posledních let výrazně vyvinula, ať už se jedná o přístroje, které se používají na měření, nebo software, který je nezbytný pro následné zpracování. [22]

V současné době se společně s vývojem technologie skenování rozšiřuje také jeho využití. S všeobecnou digitalizací roste i potřeba přesnosti práce s modelem. Skenery 3D našly výborné uplatnění jak ve strojírenství, tak i v kriminalistice, lékařství či filmovém průmyslu. [22]

Trojrozměrný model složitějších tvarů a velikostí lze získat v relativně krátkém čase. Původní modely mohou být později využity také k další inovaci a vývoji. Nemalou výhodou je rovněž možná kompatibilita s nastupujícími 3D tiskárnami či CNC stroji. Laserové skenování se stalo také významným pomocníkem v oblasti reverzního inženýrství, které má za cíl odhalit fungování daného předmětu. [22]

V průmyslu se hojně využívá skenování celých technologických celků. Pomocí rozsáhlého projektu je tak možno vytvořit sken obsahující celou halu včetně instalované technologie. Sken je přesná kopie reality vstupních dat pro projekční činnost nebo pro tvorbu layoutu. [22]

7.2.1 Popis skenovací techniky

Pro laserové měření byl použit skener Leica Scan Station C5. Vysoce výkonný laserový skener, který disponuje integrovaným napájením, ukládáním dat na paměťové karty, dotykovým rozhraním obrazovky, videokamerou a laserem, a to vše v jednom zařízení. [22]



Obrázek 7-2: Skener Leica Scan Station C5

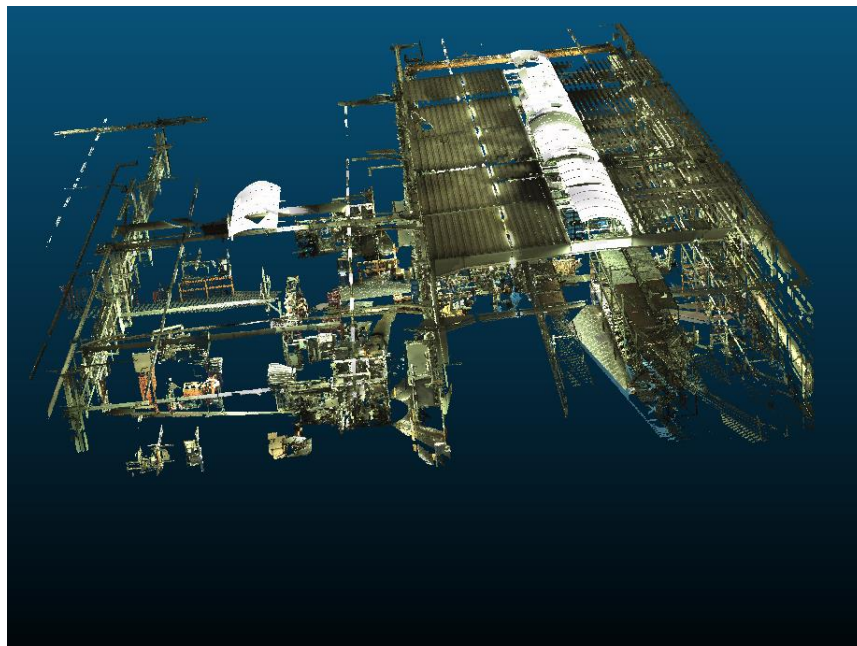
ScanStation C5 je přenosné skenovací zařízení se schopností procházet již naskenované záznamy. Skener disponuje 360 x 270stupňovým zorným polem zaznamenávání, vysokou přesností a dlouhým dosahem s odrazivostí 35 metrů. Rychlost skenování dosahuje 25 kb za sekundu. [23]

Technická specifikace	
Označení přístroje	Leica Scan Station C5
Typ přístroje	Vysokorychlostní laserový snímač
Ukládání dat	Integrovaná jednotka SSD
Rozlišení skenování	Bodová velikost: 4,5 mm
Zorné pole horizontální	360°
Zorné pole vertikální	270°
Skenovací optika	Vertikálně rotující zrcadlo na vodorovně rotujícím podstavci
Displej	Dotyková obrazovka se stylusem, plnobarevná grafika

Obrázek 7-3: Leica Scan Station C5- Technická specifikace [22]

7.2.2 Postup skenování

Pro naskenování plánované oblasti výrobní linky bylo zvoleno celkem 9 skenovacích pozic, které se vzájemně dostatečně překrývají tak, aby je bylo možné spojit s vysokou přesností. Při navrhování pozic byl brán ohled na jednotlivé překážky a dosah skeneru. Při skenování se však objevily situace a překážky, které omezovaly skenování. Takovou překážkou byli například pracovníci či vysuté regály, které se nacházely v přímé blízkosti výrobní linky. Tyto visuté regály vytvářejí stín v bodovém mračnu a dochází tak k degradaci výsledného skenu.



Obrázek 7-4: Naskenovaná hala 2

Pro skenování bylo vybráno střední rozlišení 6282x2356 bodů v plném rozsahu 360°x270° na každou skenovací pozici. Výsledky skenování tedy bodová mračna, byly importovány do softwaru Cyclone. Téměř každé bodové mračno je nezbytné před dalším využíváním podrobně zkontrolovat a případně očistit od ruchů, které mohou nastat při skenování. Bodovým mračnem může být například prostoupení laserového paprsků oknem, pohyb osob či objektu v průběhu skenování, prostor pod scannerem atd. V momentě, kdy jsou bodová mračna očištěna, mohou být spojována do jednotného 3D modelu. [22]

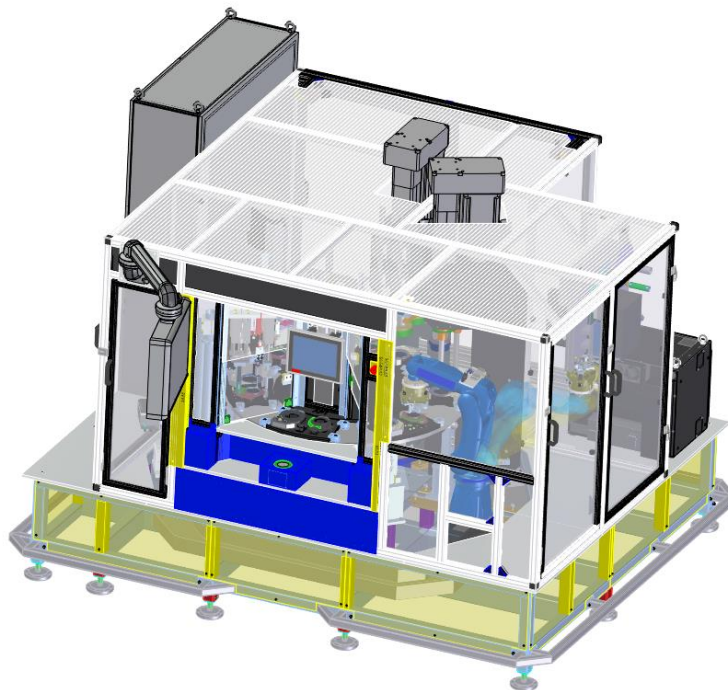
7.3 Výsledný model pracoviště

Po vytvoření 3D modelu v programu Cyclone bylo bodové mračno nahráno do programu Tecnomatix Process Simulate. Na obrázku číslo 41 je vidět sken výrobní linky ve společnosti Mubea, převedený do 3D modelu v prostředí Process Simulate. Bodové mračno bylo poté použito jako podklad pro umístění jednotlivých 3D modelů do výsledného layoutu.



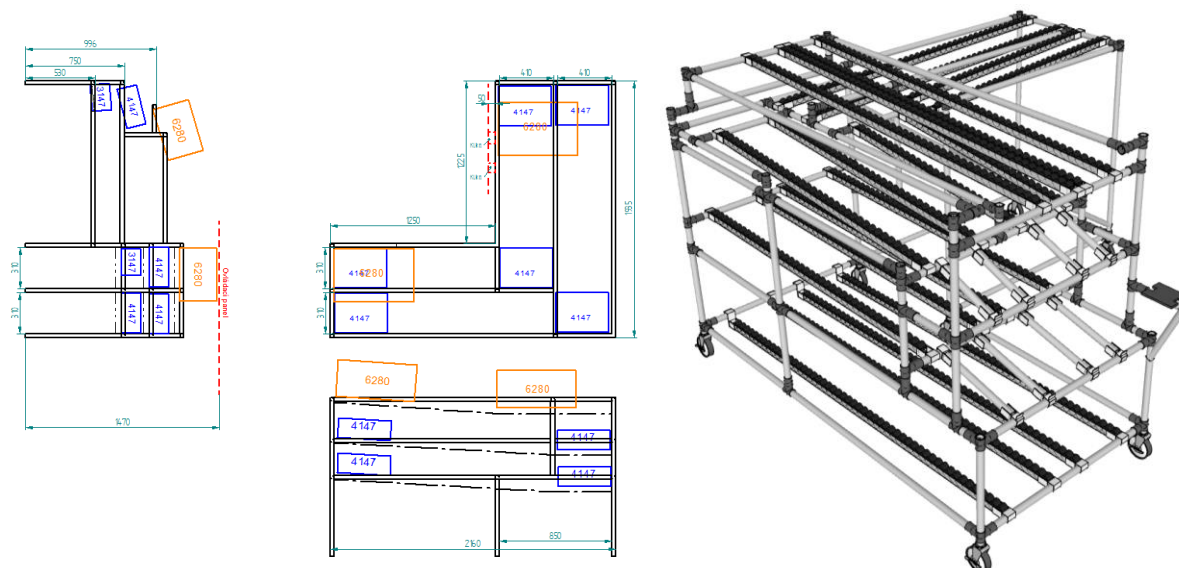
Obrázek 7-5: Bodové mračno výrobní linky [24]

Dále bylo potřeba vytvořit 3D model výrobní linky. Model zahrnuje tři výrobní stanice, které jsou propojeny dopravníky. Digitální model výrobní linky byl vytvořen v programu Solidworks 3D, který společnost Mubea používá na vytváření podkladů pro výrobu výrobních linek. Modely, které byli získány z konstrukčního oddělení byly následně spojeny s bodovým mračnem výrobní haly v softwaru Tecnomatix Process Simulate.



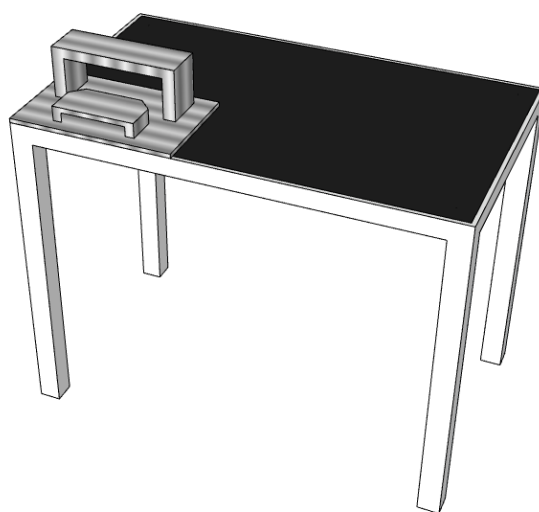
Obrázek 7-6: Výrobní stanice RTT1 A [20]

Po vytvoření 3D výrobních stanic bylo zapotřebí vytvořit spádové regály, ze kterých si jednotliví operátoři odebírají komponenty. Společnost Mubea používá k vytváření 2D modelů regálů program Solid Edge 2020. Následně z tohoto programu je exportována výkresová dokumentace, podle které pracovník provede montáž regálu. Všechny regály bylo nutné překreslit do 3D modelu, protože podnik Mubea používá pro kreslení regálů 2D program. Toto překreslení bylo provedeno pomocí programu SketchUp 3D. Na obrázku číslo 43 je zobrazen regál číslo jedna, kde na levé straně je výstup výkresové dokumentace z programu Solid Edge 2020 a na pravé straně je 3D model vytvořený v programu SketchUp 3D.



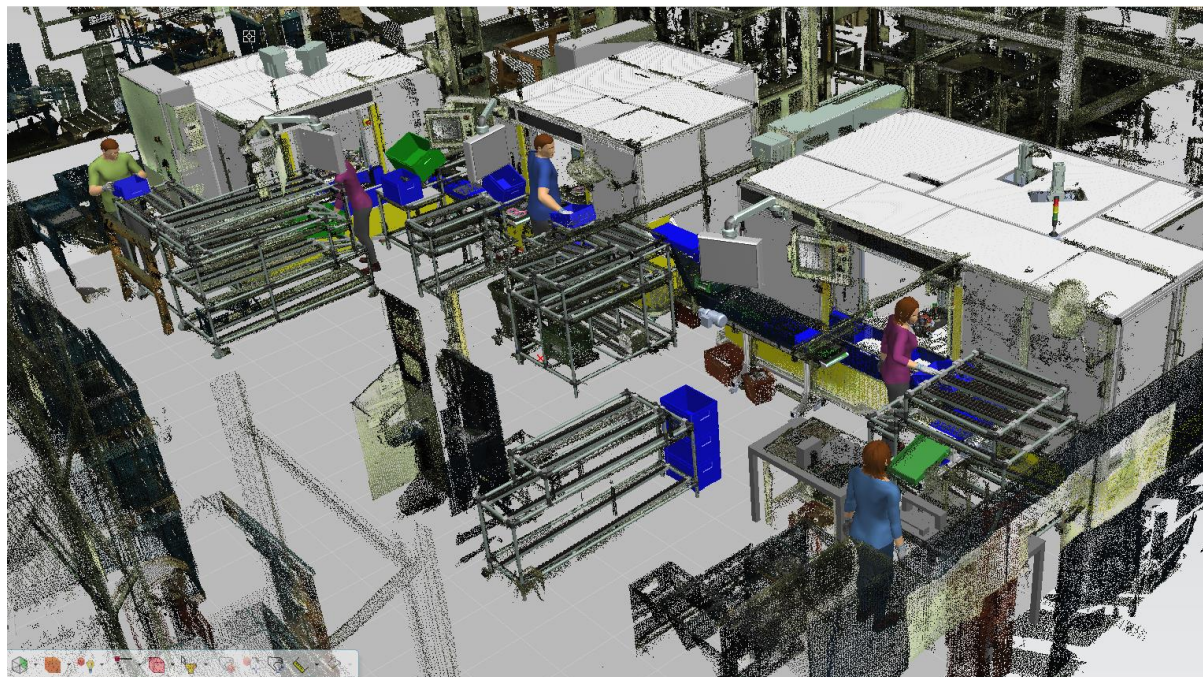
Obrázek 7-7: Gravitační regál

Dále bylo zapotřebí vytvořit 3D model kontrolních stolů, které jsou umístěny u výstupu z výrobní linky. Stejně jako v případě spádových regálů byly tyto stoly vymodelovány v programu SketchUp 3D (obr. 44).



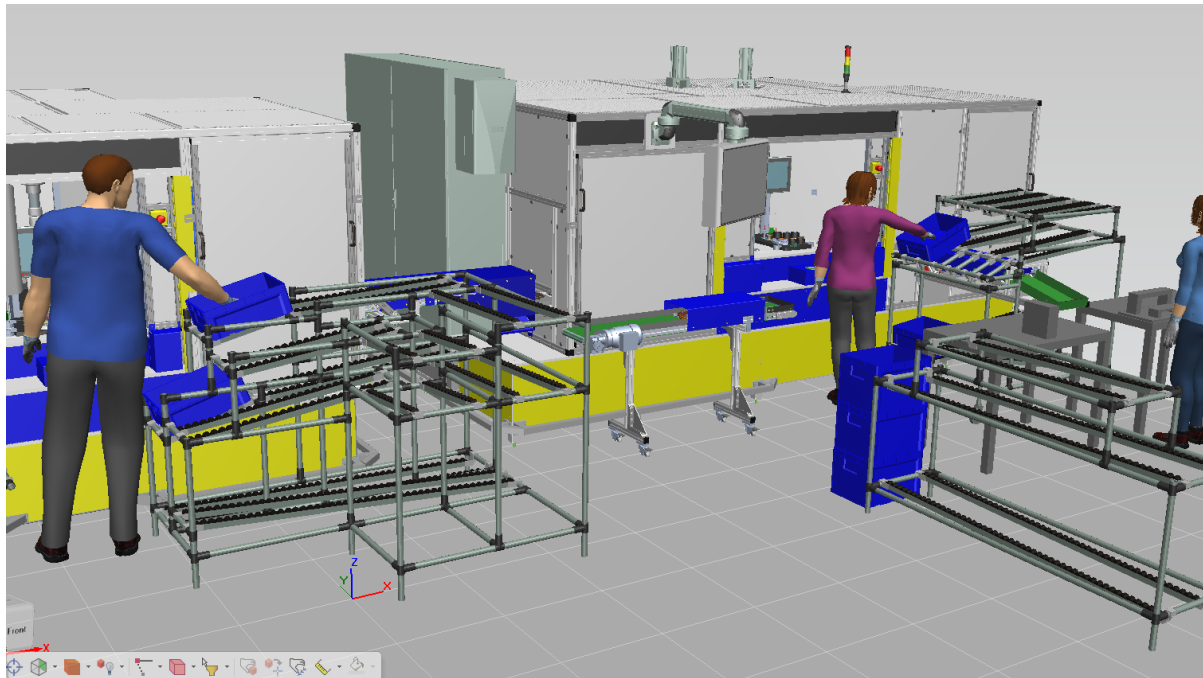
Obrázek 7-8: Kontrolní stůl

Po vytvoření chybějících 3D modelů, byly všechny umístěny do bodového mračna v programu Tecnomatix Process Simulate. Modely byly umístěny na své původní místo tak aby se překrylo bodové mračno. Tímto způsobem odpadlo náročné měření přesného umístění jednotlivých komponentů výrobní linky. Na obrázku číslo 45 níže je vidět bodové mračno s vloženými 3D modely.



Obrázek 7-9: Bodové mračno s vloženými 3D modely

Na obrázku níže je vidět hotový 3D model výrobní linky DAT Evo připravená na hodnocení pracovních poloh.



Obrázek 7-10: 3D model výrobní linky DAT Evo

8 Statické hodnocení pracovních poloh

Při ergonomické optimalizaci se musí zvolit taková výška pracovníka, aby byly respektovány menší i větší postavy. Proto byly ergonomické experimenty prováděny na dvou výškově odlišných osobách tak, aby bylo zjištěno optimální řešení. První operátor byl vždy zvolen 5. percentil z celkové populace dle Gaussova rozdělení. Tento pracovník zastává pozici ženy malého vzrůstu. Následuje druhý operátor, který je vysoký dle 95. percentilu z celkové populace dle Gaussova rozdělení. Tento percentil zastupuje tak vysokého muže, že pouze 5% populace je vyššího vzrůstu.

Z hlediska statických ergonomických experimentů bylo provedeno celkem 14 náměrů. Na prvních dvou stanovištích byly vybrány 3 rizikové polohy, které vznikají při montáži napínáku. Na posledním 3. stanovišti byla stanovena 1 riziková poloha.

Pro zhodnocení jednotlivých poloh bylo použito nařízení vlády č. 361/2007 a analýza RULA, které jsou detailně popsány výše v kapitole 4. Pod každou analyzovanou polohou byla vytvořena tabulka, která je rozdělena na výsledky pro analýzu RULA a pro výsledky zhodnocené dle nařízení vlády. Pro RULU jsou výsledkem vždy dvě čísla pro pravou a pro levou polovinu těla.

Tabulka pro nařízení vlády je rozdělena na jednotlivé části těla – trup, ramena, krk a zápěstí. U každé části těla se určuje flexe, která je značena kladným znaménkem a extenze, která je značena znaménkem záporným. U ramen se dále určuje abdukce, která je značena kladně a addukce, která je značena záporně. Pro zápěstí je to obdobné jako u ramen, radiální směr je značen kladně a ulnární dukce je značena záporně.

8.1 Stanoviště 1 - Pozice 1 – 5. percentil

Níže byl zhodnocen pracovník na pozici jedna, který je na počátku montáže napínáku. Ergonomický experiment byl proveden na úkon, kdy operátor uchopuje díl Bearing bush 1 levou rukou. Délka jedné operace, tedy jednoho cyklu zakládání jednotlivých komponentů, činí 25 sekund.



Obrázek 8-1: Stanoviště 1 - Pozice 1 – 5. percentil

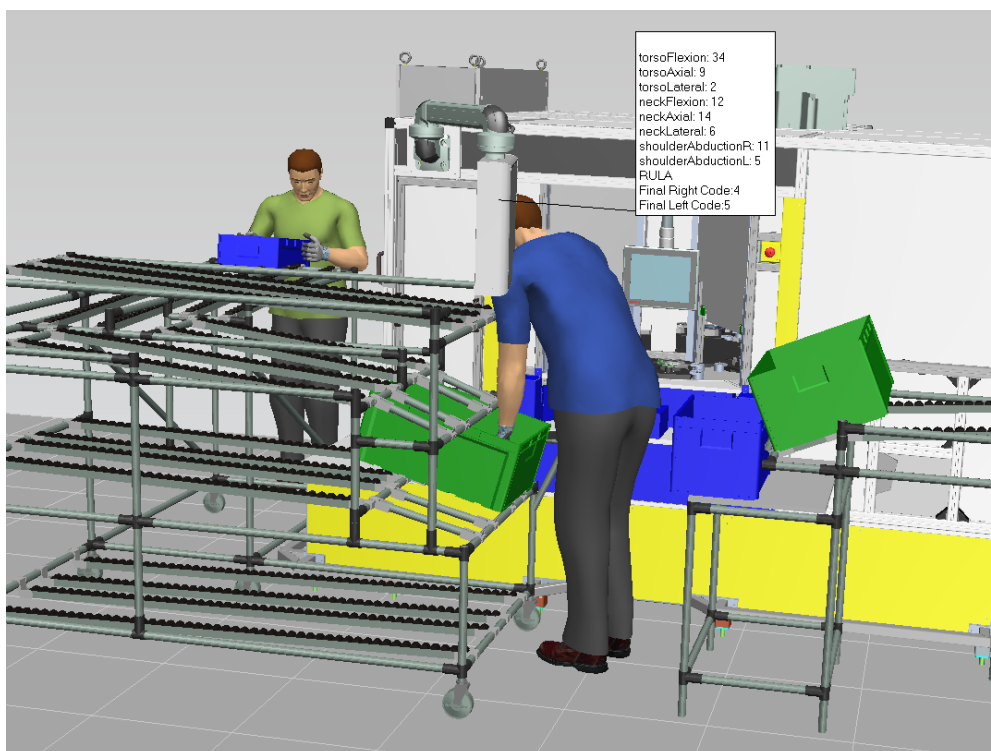
Z tabulky číslo 14 je patrné, že dle nařízení vlády je krk v nepřijatelné axiální poloze. Poloha krku byla zvolena jako nepřijatelná, protože operace byla provedena 2x za minutu. Hodnocení RULA zde vychází jak pro levou stranu, tak pro pravou stranu totožně tedy hodnocení 6. Změny na pracovišti jsou tedy žádoucí.

Nařízení vlády č. 361/2007							RULA		
Trup	Flexe/extenze	+17°		Krk	Flexe/extenze	+36°		Pravá strana	6
	Laterální	+4°			Laterální	+17°			
	Axiální	+13°			Axiální	+26°			
Ramena		Pravá	Levá	Zápěstí		Pravá	Levá	Levá strana	6
	Flexe/extenze	+2°	+26°		Flexe/extenze	0	+8°		
	Abdukce/addukce	+4°	+9°		Radilální/ ulnární dukce	0	+2°		

Tabulka 8-1: Hodnocení - Stanoviště 1 - Pozice 1 – 5. percentil

8.2 Stanoviště 1 - Pozice 1 – 95. percentil

Stejná pozice jako u předešlého pracovníka, ale s tím rozdílem že operátor je vyššího vzrůstu. Délka jedné operace, tedy jednoho cyklu zakládání jednotlivých komponentů, činí 25 sekund.



Obrázek 8-2: Stanoviště 1 - Pozice 1 – 95. percentil

Z hlediska vládního nařízení je vše relativně v pořádku. Výsledky RULY v dané pozici jsou pro pravou stranu 4, práce je lehce riziková a pro levou 5, z čehož vyplývá, změny na pracovišti jsou žádoucí.

Nařízení vlády č. 361/2007						RULA			
Trup	Flexe/extenze	+34°		Krk	Flexe/extenze	+12°		Pravá strana	4
	Laterální	+2°			Laterální	+6°			
	Axiální	+13°			Axiální	+14°			
Ramena		Pravá	Levá	Zápěstí		Pravá	Levá	Levá strana	5
	Flexe/extenze	+13°	+25°		Flexe/extenze	+24°	+2°		
	Abdukce/addukce	+11°	+5°		Radilální/ ulnární dukce	+40°	-8°		

Tabulka 8-2: Hodnocení - Stanoviště 1 - Pozice 1 – 95. percentil

8.3 Stanoviště 1 - Pozice 2 – 5. percentil

Pozice 2 na stanovišti 1 zahrnuje uchopení dílů Lever arm 2 z KLT boxu pravou rukou. Délka jedné operace, tedy jednoho cyklu zakládání jednotlivých komponentů, činí 25 sekund.



Obrázek 8-3: Stanoviště 1 - Pozice 2 – 5. percentil

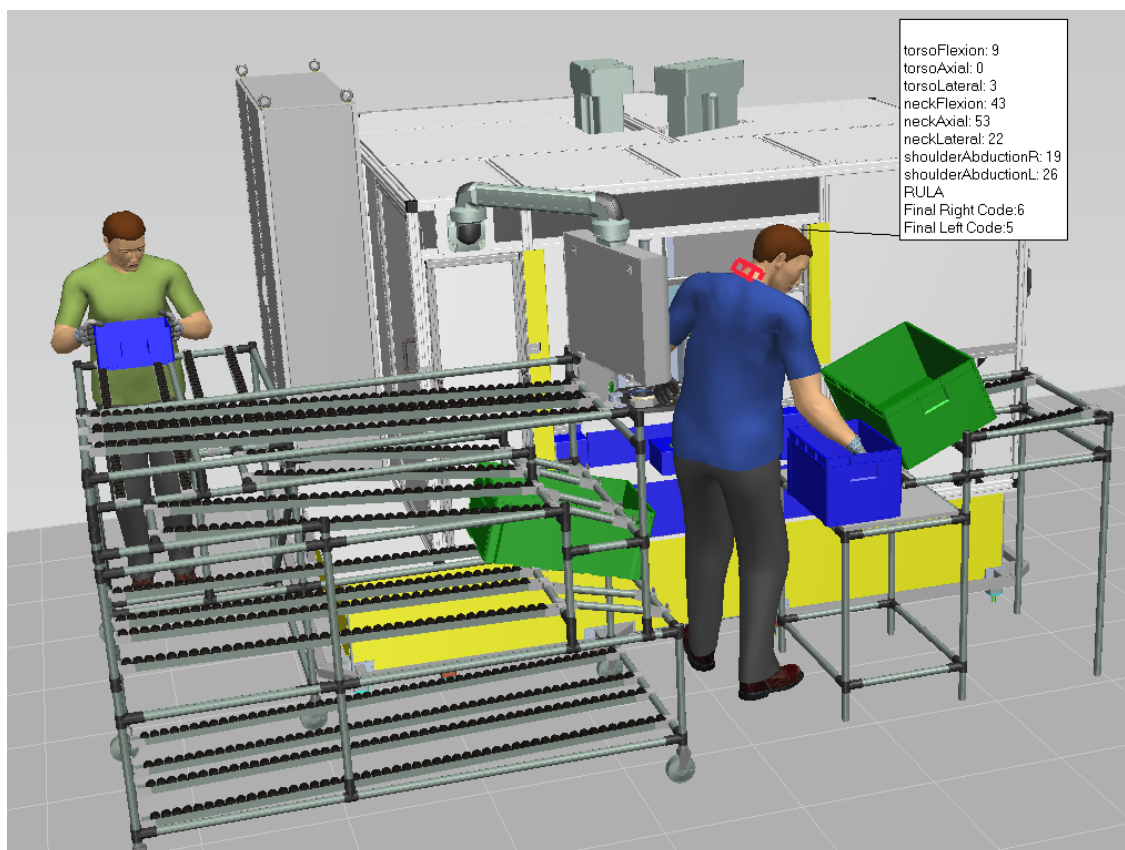
V tabulce 16 je patrné, že na této pozici je namáháno rameno a paže z hlediska abdukce. Dále bylo zaznamenáno laterální namáhání v oblasti krku. Tyto polohy byli vyhodnoceny jako nepřijatelné. Poloha krku byla zvolena jako nepřijatelná, protože operace byla provedena 2x za minutu. Hodnocení RULA zde dosahuje skóre 6 pro pravou stranu a 5 pro levou. Změny na pracovišti jsou žádoucí.

Nařízení vlády č. 361/2007							RULA		
Trup	Flexe/extenze	+9°		Krk	Flexe/extenze	+36°		Pravá strana	6
	Laterální	+3°			Laterální	+18°			
	Axiální	0			Axiální	0			
Ramena		Pravá	Levá	Zápěstí		Pravá	Levá	Levá strana	5
	Flexe/extenze	-20°	-16°		Flexe/extenze	-3°	0		
	Abdukce/addukce	+67°	+16°		Radilální/ ulnární dukce	+15°	0		

Tabulka 8-3: Hodnocení - Stanoviště 1 - Pozice 2 – 5. percentil

8.4 Stanoviště 1 - Pozice 2 – 95. percentil

Stejná pozice jako v předešlém případě, tedy uchopení dílů Lever arm 2 z KLT boxu pravou rukou. Délka jedné operace, tedy jednoho cyklu zakládání jednotlivých komponentů činí 25 sekund.



Obrázek 8-4: Stanoviště 1 - Pozice 2 – 95. percentil

Polohy, které jsou vyhodnoceny, jako nepřijatelné jsou nejvíce viditelné v oblasti krku, a to ve všech směrech. Dále byla zaznamenána nepřijatelná pozice v oblasti zápěstí, a to v radiálním směru. Poloha krku byla vyhodnocena jako nepřijatelná, protože operace byla provedena 2x za minutu. RULA analýza dopadla obdobně jako v předchozím případě, změny na pracovišti jsou tedy žádoucí.

Nařízení vlády č. 361/2007							RULA		
Trup	Flexe/extenze	+9°		Krk	Flexe/extenze	+43°		Pravá strana	6
	Laterální	+3°			Laterální	+22°			
	Axiální	0			Axiální	+53°			
Ramena		Pravá	Levá	Zápěstí		Pravá	Levá	Levá strana	5
	Flexe/extenze	-1°	-11°		Flexe/extenze	-20°	0		
	Abdukce/addukce	+19°	+26°		Radilální/ ulnární dukce	+35°	0		

Tabulka 8-4: Hodnocení- Stanoviště 1 - Pozice 2 – 95. percentil

8.5 Stanoviště 1 - Pozice 3 – 5. percentil

Operátor v této pozici má za úkol odebrat pravou rukou z KLT boxu díl Bearing bush 2. Délka jedné operace, tedy jednoho cyklu zakládání jednotlivých komponentů, činí 25 sekund.



Obrázek 8-5: Stanoviště 1 - Pozice 3 – 5. percentil

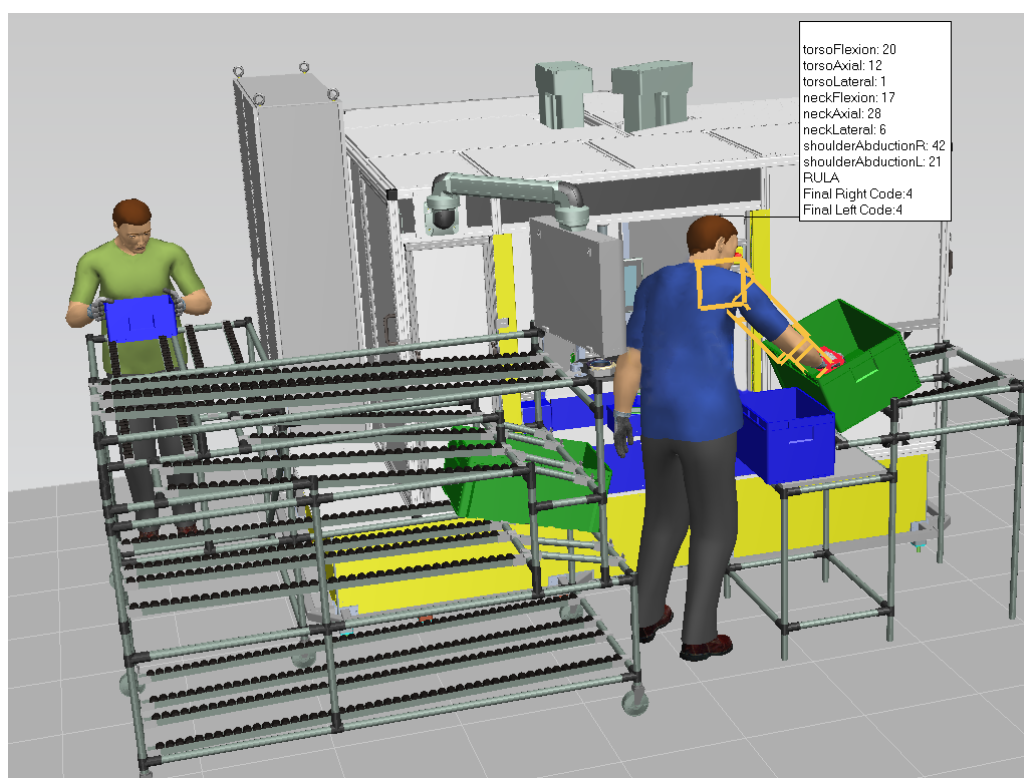
Výsledky v oblasti ramen a trupu ergonomického experimentu jsou z hlediska nařízení vlády neuspokojivé. Poloha trupu a krku byla zvolena jako nepřijatelná, protože operace byly provedeny 2x za minutu. Pracovník menšího vzrůstu zde musí hodně vytočit paži, aby dosáhl správně do KLT boxu. Analýza dle RULA zde vychází pro pravou stranu těla skórem 6 a pro levou stranu 3. Je zde markantní rozdíl v zatížení pravé a levé strany těla pracovníka.

Nařízení vlády č. 361/2007							RULA		
Trup	Flexe/ extenze	-3°		Krk	Flexe/extenze	+7°		Pravá strana	6
	Laterální	+4°			Laterální	+11°			
	Axiální	+25°			Axiální	+44°			
Ramena		Pravá	Levá	Zápěstí		Pravá	Levá	Levá strana	3
	Flexe/ extenze	+161°	+3°		Flexe/extenze	+35°	+1°		
	Abdukce/ addukce	+97°	+12°		Radilální/ ulnární dukce	+19°	-27°		

Tabulka 8-5: Hodnocení - Stanoviště 1 - Pozice 3 – 5. percentil

8.6 Stanoviště 1 - Pozice 3 – 95. percentil

Stejná operace jako v předešlém případě, ale s pracovníkem s výškou 95. percentilu. Délka jedné operace, tedy jednoho cyklu zakládání jednotlivých komponentů, činí 15 sekund.



Obrázek 8-6: Stanoviště 1 - Pozice 3 – 95. percentil

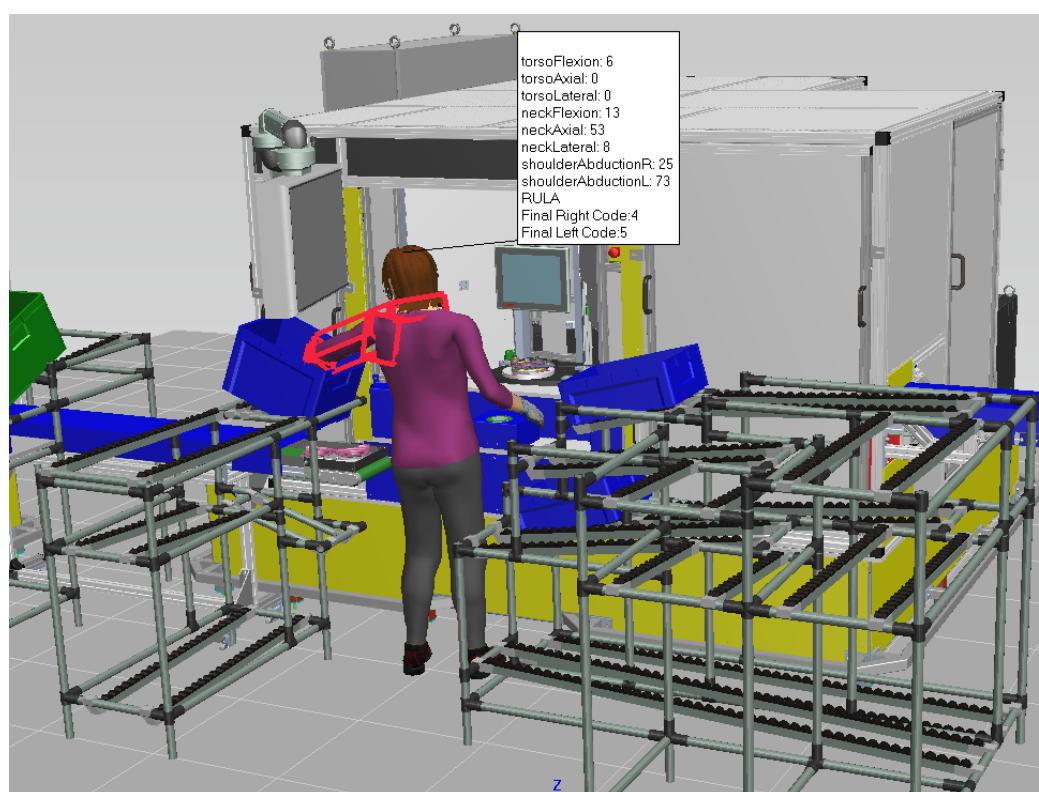
Z výsledků dle nařízení vlády plyne, že pravé rameno se nachází v podmíněně přijatelné abdukci. Poloha krku byla zvolena jako nepřijatelná, protože operace byla provedena 2x za minutu. Dále zde dochází k ulnární dukci zápěstí. Celkové skóre z analýzy RULA je 4 a je totožné pro pravou i levou stranu. Práce je lehce riziková, je doporučeno provést na pracovišti lehké změny.

Nařízení vlády č. 361/2007							RULA		
Trup	Flexe/ extenze	+20°		Krk	Flexe/extenze	+17°		Pravá strana	4
	Laterální	+1°			Laterální	+6°			
	Axiální	+12°			Axiální	+28°			
Ramena		Pravá	Levá	Zápěstí		Pravá	Levá	Levá strana	4
	Flexe/ extenze	+35°	+7°		Flexe/extenze	+37°	+5°		
	Abdukce/ addukce	+42°	+21°		Radilální/ ulnární dukce	-5°	-22°		

Tabulka 8-6: Hodnocení - Stanoviště 1 - Pozice 3 – 95. percentil

8.7 Stanoviště 2 - Pozice 1 – 5. percentil

Níže byl vyhodnocen pracovník na stanovišti dvě a pozici jedna. Operátor uchopuje pravou rukou díl Feder. Délka jedné operace, tedy jednoho cyklu zakládání jednotlivých komponentů, činí 15 sekund.



Obrázek 8-7: Stanoviště 2 - Pozice 1 – 5. percentil

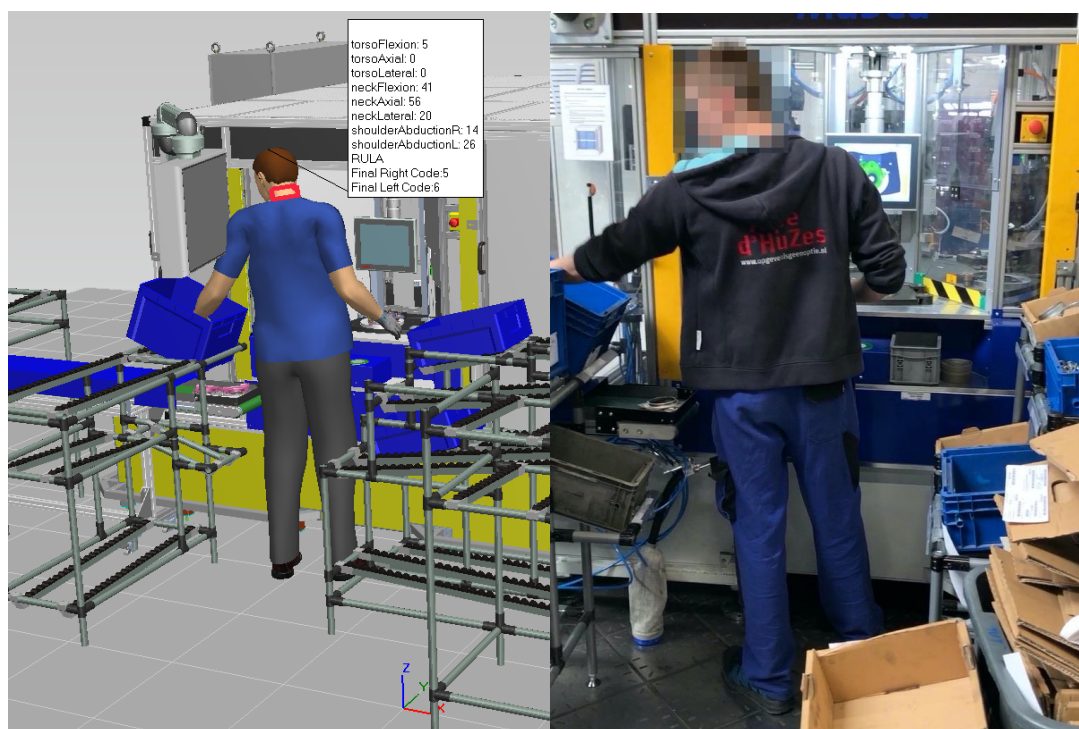
Z tabulky vyplývá, že je levá paže vytočena do abdukce pod úhlem 73° a levé zápěstí flexně o 53°. Dále je zde laterálně natočen krk, o více než 50°. Toto jsou důvody nepříjemného hodnocení z hlediska nařízení vlády. Poloha krku byla zvolena jako nepříjemná, protože operace byla provedena 2x za minutu. Z hlediska vyhodnocení RULA se skóre pohybuje na 4 pro pravou stranu a na 5 pro levou stranu těla.

Nařízení vlády č. 361/2007						RULA			
Trup	Flexe/extenze	+6°		Krk	Flexe/extenze	+13°		Pravá strana	4
	Laterální	0			Laterální	+53°			
	Axiální	0			Axiální	+8°			
Ramena		Pravá	Levá	Zápěstí		Pravá	Levá	Levá strana	5
	Flexe/extenze	-8°	+14°		Flexe/extenze	-2°	+53°		
	Abdukce/addukce	+25°	+73°		Radilální/ ulnární dukce	0	0		

Tabulka 8-7: Hodnocení - Stanoviště 2 - Pozice 1 – 5. percentil

8.8 Stanoviště 2 - Pozice 1 – 95. percentil

Pozice operátora je obdobná jako v předešlém případě, s rozdílem výšky pracovníka. Délka jedné operace, tedy jednoho cyklu zakládání jednotlivých komponentů, činí 15 sekund.



Obrázek 8-8: Pozice 1 – 95. percentil

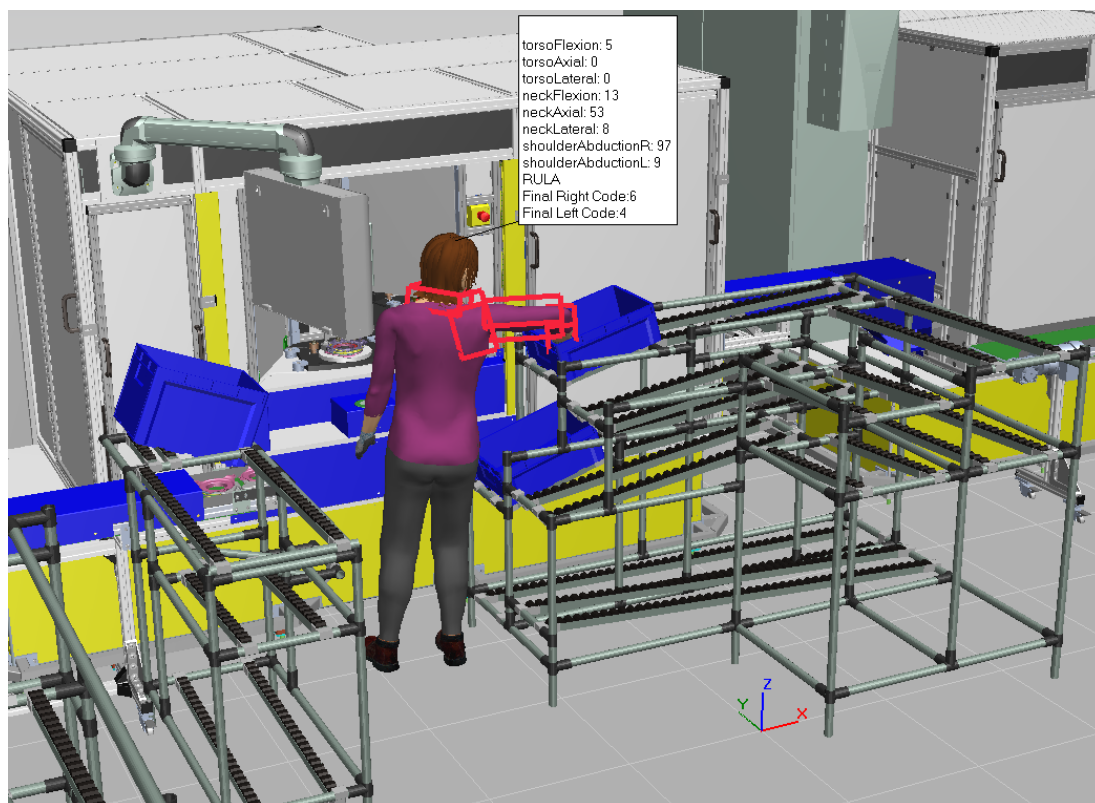
Z hlediska nařízení vlády se nachází krk v nepřijatelné poloze, jelikož všechny naměřené úhly přesáhly hraniční hodnoty. Dále byly překročeny hraniční hodnoty u zápěstí a ramene. Poloha krku byla zvolena jako nepřijatelná, protože operace byla provedena 2x za minutu. Výsledné skóre metodiky RULA je pro pravou stranu 5 a pro levou stranu 6. Změny na pracovišti jsou žádoucí.

Nařízení vlády č. 361/2007							RULA		
Trup	Flexe/extenze	+5°		Krk	Flexe/extenze	+41°		Pravá strana	5
	Laterální	0			Laterální	+20°			
	Axiální	0			Axiální	+56°			
Ramena		Pravá	Levá	Zápěstí		Pravá	Levá	Levá strana	6
	Flexe/extenze	-10°	+18°		Flexe/extenze	+3°	+10°		
	Abdukce/addukce	+14°	+26°		Radilální/ulnární dukce	+9°	-21°		

Tabulka 8-8: Hodnocení- Stanoviště 2 - Pozice 1 – 95. percentil

8.9 Stanoviště 2 - Pozice 2 – 5. percentil

Operátor na pozici dvě uchopuje z KLT boxu díl Housing pravou rukou a vkládá ho do základacího místa. Délka jedné operace, tedy jednoho cyklu zakládání jednotlivých komponentů činí 15 sekund.



Obrázek 8-9: Stanoviště 2 - Pozice 2 – 5. percentil

V tabulce 22 je vidět, že při hodnocení dle nařízení vlády se pravé rameno, potažmo paže nachází v nepříjemné poloze. To samé platí také pro krk a zápěstí. Poloha krku byla zvolena jako nepříjemná, protože operace byla provedena 2x za minutu. Analýza RULA vykazuje pro pravou stranu těla skóre 6 a levou stranu skóre 4.

Nařízení vlády č. 361/2007							RULA		
Trup	Flexe/ extenze	+5°		Krk	Flexe/extenze	+13°		Pravá strana	6
	Laterální	0			Laterální	+8°			
	Axiální	0			Axiální	+53°			
Ramena		Pravá	Levá	Zápěstí		Pravá	Levá	Levá strana	4
	Flexe/ extenze	-128°	+8°		Flexe/extenze	+23°	+13°		
	Abdukce/ addukce	+97°	+9°		Radilální/ ulnární dukce	+1°	-44°		

Tabulka 8-9: Hodnocení - Stanoviště 2 - Pozice 2 – 5. percentil

8.10 Stanoviště 2 - Pozice 2 – 95. percentil

Stejná pozice jako v předešlém případě, tedy uchopení dílů Housing z KLT boxu pravou rukou. Délka jedné operace, tedy jednoho cyklu zakládání jednotlivých komponentů, činí 15 sekund.



Obrázek 8-10: Stanoviště 2 - Pozice 2 – 95. percentil

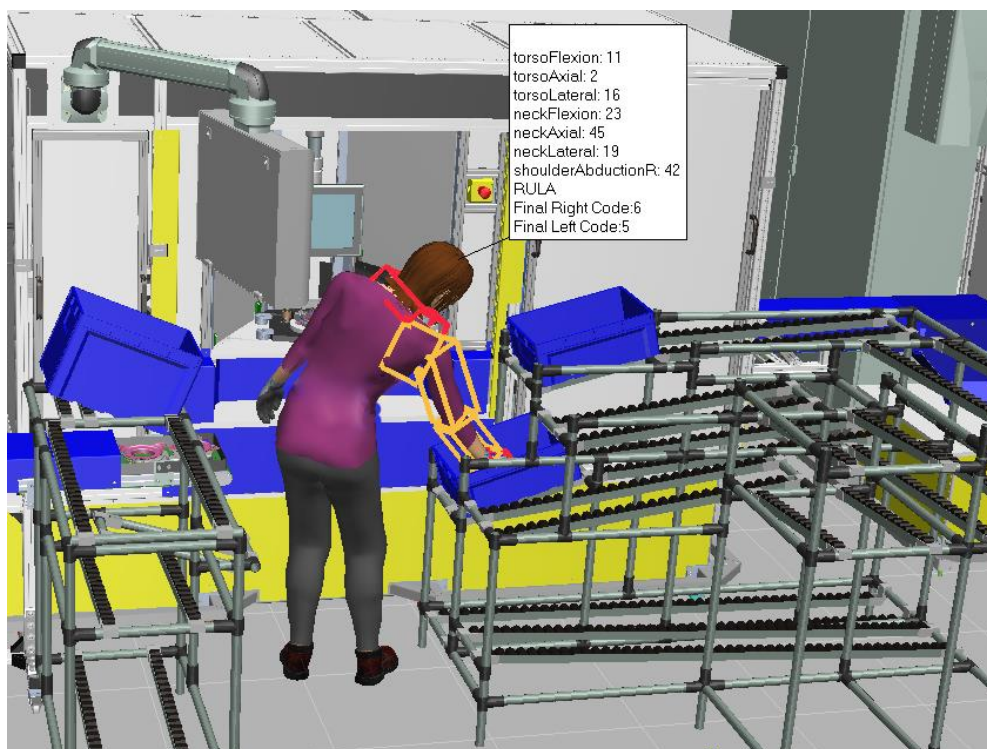
Jako v předešlém případě u operátora s výškou 5. percentilu je zde velice namáhána pravá paže. Taktéž axiálně krk a ulnárně dukce zápěstí. Poloha krku byla zvolena jako nepřijatelná, protože operace byla provedena 2x za minutu. Z hlediska vyhodnocení RULY se skóre pohybuje na stupni 6 pro pravou stranu a na 4 pro levou stranu těla.

Nařízení vlády č. 361/2007							RULA		
Trup	Flexe/extenze	+5°		Krk	Flexe/extenze	+13°		Pravá strana	6
	Laterální	0			Laterální	+8°			
	Axiální	0			Axiální	+53°			
Ramena		Pravá	Levá	Zápěstí		Pravá	Levá	Levá strana	4
	Flexe/extenze	-36°	+7°		Flexe/extenze	+19°	+14°		
	Abdukce/addukce	+49°	+10°		Radilální/ ulnární dukce	+9°	-43°		

Tabulka 8-10: Hodnocení - Stanoviště 2 - Pozice 2 – 95. percentil

8.11 Stanoviště 2 - Pozice 3 – 5. percentil

Operátor jako v případě pozice 2 uchopuje z KLT boxu díl Housing pravou rukou a vkládá ho do základacího místa. Délka jedné operace, tedy jednoho cyklu zakládání jednotlivých komponentů, činí 15 sekund.



Obrázek 8-11: Stanoviště 2 - Pozice 3 – 5. percentil

V tabulce číslo 24 je vidět, že na této pozici je namáháno pravé rameno a paže z hlediska abdukce a levé rameno ze směru addukce. Dále bylo zaznamenáno laterální namáhání v oblasti krku. Tyto polohy byly vyhodnoceny jako podmíněně přijatelné a nepřijatelné. Poloha krku byla zvolena jako nepřijatelná, protože operace byla provedena 2x za minutu. Hodnocení RULA zde dosahuje skóre 6 pro pravou stranu a 5 pro levou. Změny na pracovišti jsou žádoucí.

Nařízení vlády č. 361/2007							RULA		
Trup	Flexe/extenze	+11°		Krk	Flexe/extenze	+23°		Pravá strana	6
	Laterální	+16°			Laterální	+19°			
	Axiální	+2°			Axiální	+45°			
Ramena		Pravá	Levá	Zápěstí		Pravá	Levá	Levá strana	5
	Flexe/extenze	+25°	+8°		Flexe/extenze	+41°	-6°		
	Abdukce/addukce	+42°	-8°		Radilální/ ulnární dukce	-3°	-3°		

Tabulka 8-11: Hodnocení - Stanoviště 2 - Pozice 3 – 5. percentil

8.12 Stanoviště 2 - Pozice 3 – 95. percentil

Stejná operace jako v předešlém případě, ale s pracovníkem s výškou 95. percentilu. Délka jedné operace, tedy jednoho cyklu zakládání jednotlivých komponentů činí 15 sekund.



Obrázek 8-12: Stanoviště 2 - Pozice 3 – 95. percentil

Výsledky v oblasti ramen, krku a zápěstí ergonomického experimentu jsou z hlediska nařízení vlády neuspokojivé. Pracovník většího vzrůstu zde musí ohnout zápěstí o 57°, aby mohl odebrat díl z KLT boxu. Poloha krku byla zvolena jako nepřijatelná, protože operace byla provedena 2x za minutu. Analýza dle RULA zde vychází pro pravou stranu těla skórem 7, tudíž extrémně riziková práce, z čehož plyne urgentní potřeba na pracovišti. Pro levou stranu těla je výsledné skóre 6.

Nařízení vlády č. 361/2007							RULA		
Trup	Flexe/extenze	+40°		Krk	Flexe/extenze	+38°		Pravá strana	7
	Laterální	+16°			Laterální	+20°			
	Axiální	+19°			Axiální	+49°			
Ramena		Pravá	Levá	Zápěstí		Pravá	Levá	Levá strana	6
	Flexe/extenze	+28°	+9°		Flexe/extenze	+57°	+17°		
	Abdukce/addukce	+34°	-18°		Radilální/ ulnární dukce	+22°	-45°		

Tabulka 8-12: Hodnocení - Stanoviště 2 - Pozice 3 – 95. percentil

8.13 Stanoviště 3 - Pozice 1 – 5. percentil

Operátor v této pozici má za úkol odebrat pravou rukou z KLT boxu díl Pulley. Délka jedné operace, tedy jednoho cyklu zakládání jednotlivých komponentů, činí 23 sekund.



Obrázek 8-13: Stanoviště 3 - Pozice 1 – 5. percentil

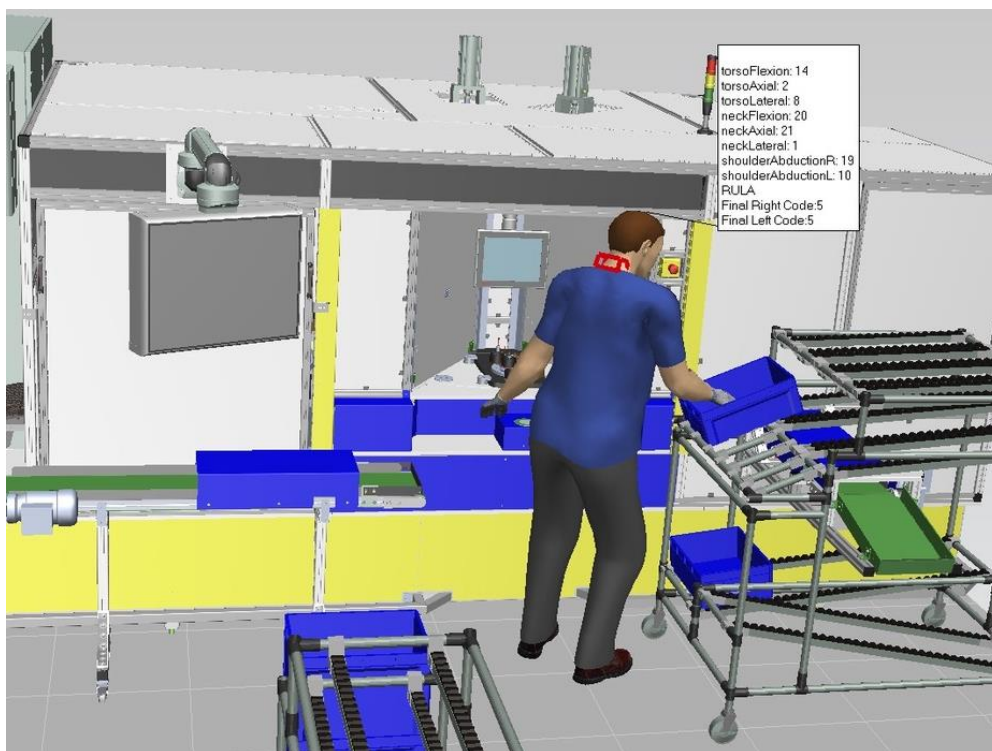
Z výsledků dle nařízení vlády plyne, že rameno se nachází v nepřijatelné extenzi a nepřijatelné abdukci. Je to způsobeno vytočením lokte směrem nahoru. Poloha krku byla zvolena jako nepřijatelná, protože operace byla provedena 2x za minutu. Dále zde dochází k ulnární dukci zápěstí. Celkové skóre z analýzy RULA je pro pravou stranu těla 5 a pro levou stranu 6.

Nařízení vlády č. 361/2007							RULA		
Trup	Flexe/extenze	+3°		Krk	Flexe/extenze	+18°		Pravá strana	5
	Laterální	0			Laterální	+10°			
	Axiální	0			Axiální	+43°			
Ramena		Pravá	Levá	Zápěstí		Pravá	Levá	Levá strana	4
	Flexe/extenze	-47°	-7°		Flexe/extenze	+12°	+20°		
	Abdukce/addukce	+75°	+9°		Radilální/ ulnární dukce	-4°	-18°		

Tabulka 8-13: Hodnocení - Stanoviště 3 - Pozice 1 – 5. percentil

8.14 Stanoviště 3 - Pozice 1 – 95. percentil

Stejná pozice jako u předešlého pracovníka ale s tím rozdílem že operátor je vyššího vzrůstu. Délka jedné operace, tedy jednoho cyklu zakládání jednotlivých komponentů, činí 23 sekund.



Obrázek 8-14: Stanoviště 3 - Pozice 1 – 95. percentil

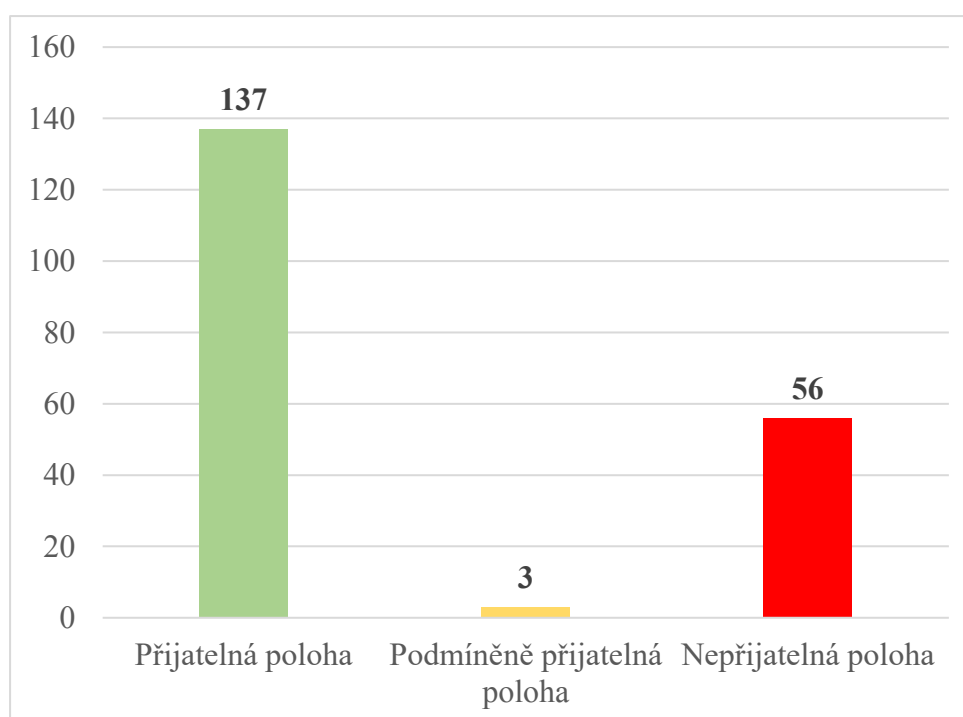
Z hlediska vládního nařízení je vše relativně v pořádku. Poloha krku byla zvolena jako nepřijatelná, protože operace byla provedena 2x za minutu. Výsledky RULY v dané pozici jsou 5 a jsou totožné pro pravou i levou stranu. Změny na pracovišti jsou žádoucí.

Nařízení vlády č. 361/2007							RULA		
Trup	Flexe/ extenze	+14°		Krk	Flexe/extenze	+20°		Pravá strana	5
	Laterální	+8°			Laterální	+1°			
	Axiální	+2°			Axiální	+21°			
Ramena		Pravá	Levá	Zápěstí		Pravá	Levá	Levá strana	5
	Flexe/ex-tenze	+16°	-3°		Flexe/extenze	+7°	+22°		
	Abdukce/ addukce	+19°	+10°		Radilální/ ulnární dukce	-10°	-22°		

Tabulka 8-14: Hodnocení - Stanoviště 3 - Pozice 1 – 95. percentil

8.15 Shrnutí z hlediska nařízení vlády č. 361/2007

Dle nařízení vlády č. 361/2007 bylo celkem analyzováno 196 úhlů, z toho 137 bylo v přijatelných polohách, 3 v podmíněně přijatelných polohách a zbylých 56 bylo v nepřijatelných polohách.



Graf 8-1: Shrnutí z hlediska nařízení vlády č. 361/2007

Z hlediska nepřijatelných poloh v oblasti trupu nebyl zaznamenán velký problém. Jediná zaznamenaná nepřijatelná poloha byla zponzorována u operátora na stanovišti jedna pozice 3 – 5. percentil. Operátor byl axiálně natočen o 25°, nacházel se tedy v nepřijatelné poloze.

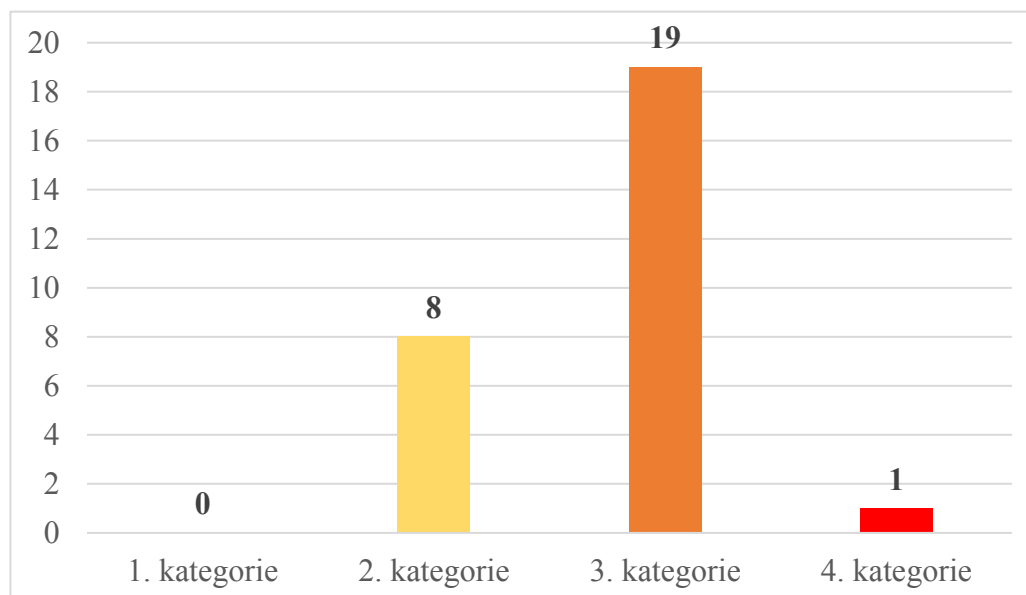
V oblasti ramen bylo zaznamenáno značně více nepřijatelných poloh. Na stanovišti jedna v pozici 3 – 5. percentil se projevila nepřijatelná poloha i v oblasti ramen a to přesněji extenzí pravého ramene o 161° a abdukci taktéž pravého ramene o 97°. Na stanovišti číslo 2 pozice 1 – 5. percentil byla zaznamenaná značná abdukce levého ramene a to 73°. Dále u stanoviště 2 pozice 2 - 5. percentil byla zaznamenaná vysoká extenze 128° a abdukce 97° pravého ramene.

Nepříjemných poloh v oblasti krku bylo zaznamenáno zdaleka nejvíce, a to zejména v axiálním směru. Na stanovišti číslo 1 poloha 2, stanovišti 2 poloha 1 a stanovišti 2 poloha 3 s operátorem 95. percentilu byla zaznamenána překročení doporučených úhlů ve všech směrech (ve směru flexe, laterálním směru, v axiálním směru). Na stanovišti 1 pozice 2 – 95. percentil byla zaznamenána 43° flexe, 22° laterální natočení a 53° axiální natočení. Jak již bylo řečeno, s výjimkou čtyř pozorování byly zaznamenány nepříjemné polohy v axiálním směru na všech stanovištích ve všech pozicích.

V oblasti zápěstí bylo nejvíce zaznamenáno nepříjemných poloh ve směru ulnářní dukce. Dále na stanovišti číslo 2 poloha 3 – 95. percentil byla vyhodnocena 57° flexe a natočení v radiálním směru na pravém zápěstí. Na levém zápěstí byla zaznamenána 45° ulnářní dukce.

8.16 Shrnutí z hlediska analýzy RULA

Pomocí metodiky RULA bylo zanalyzováno 14 pracovních pozic operátorů výroby, jak pro levou, tak pro pravou stranu těla, tedy dohromady 28 pracovních pozic. Na grafu níže jsou vidět výsledky rozdělení analyzovaných poloh do kategorií dle metodiky RULA.



Graf 8-2: Shrnutí z hlediska analýzy RULA

Do 1. kategorie (příjemná poloha) nespádá žádná z analyzovaných poloh. V hodnocení lehce rizikové práce a tedy kategorie 2 spadá 8 analyzovaných poloh. Nejvíce poloh se začlenilo do kategorie 3 (rizikové práce), u které jsou prováděny změny žádoucí. Do poslední skupiny 4. kategorie (extrémně rizikové práce), spadá pouze jedna poloha z celkových 28 analyzovaných pracovních pozic.

9 Dynamické hodnocení pracovních poloh a manipulace s materiálem

Z hlediska hodnocení ergonomie dynamických pracovních poloh a manipulace s materiálem byly provedeny dva náměry – na stanovišti 3 a stanovišti 4. Tyto náměry byly poté analyzovány dle metodiky NIOSH, která byla popsána v kapitole 4.3.

9.1 Stanoviště 3

Jak bylo popsáno výše, materiál k jednotlivým operátorům je dopravován pomocí gravitačních regálů. Každý materiál má definovaný prostor v daném regálu. Na stanovišti číslo 3 byla vytipována jako nepřijatelná manipulace s materiálem Pulley, který je dopravován v KLT boxu s označením 4147 o 80 kusech.



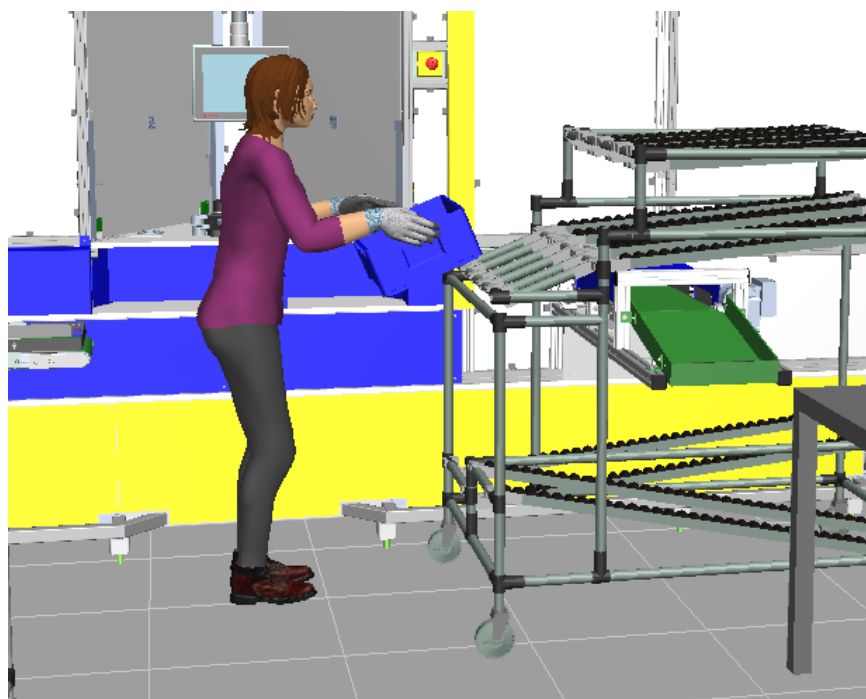
Obrázek 9-1: Stávající regál číslo 5

Jelikož materiál Pulley je odebírán vždy po dvou kusech, musel být regál zkonstruován takovým způsobem, aby materiál byl dopravován k operátorovi ve 3 skluzech. První dva skluzy, značeny čísly 1 a 2 jsou situovány nad výstup z linky, ale třetí skluz, značen číslem 3, je situován pod výstup z výrobní linky. Jakmile pracovníkovi dojde materiál z prvních dvou skluzů, musí přendat KLT box z dolního patra do horního patra gravitačního regálu. A právě tento pohyb byl vyhodnocen jako rizikový.



Obrázek 9-2: Manipulace s materiálem Pully

Níže v tabulce číslo 28 a obrázku 64 jsou vidět vstupní data, výsledky limitů pro zdvihání břemene a výsledky zvedacího indexu dle metodiky NIOSH. Váha jednoho KLT boxu s 80 kusy materiálu Pully činí 7,52 kg.



Obrázek 9-3: Vkládání materiálu Pully

Startovní a konečná horizontální pozice H paží před tělem byla totožných 630 mm. Vertikální startovní pozice V rukou činila 412,1 mm, vertikální konečná pozice V byla 1076,7mm. Vertikální vzdálenost D mezi počáteční a konečnou polohou činila 664,6 mm. Asymetrický úhel je totožný jak pro startovní, tak pro finální pozici a to 2 stupně. Četnost zdvihacích úkonů se rovná

jedné a vazba mezi pažemi a KLT boxem tedy uchopení je na dobré úrovni. Operátor pracoval po dobu jedné směny, která trvala 8 hodin.

Object Weight (kg)		Hand locations (mm)				Vertical Distance (mm)	Asym.Angle (deg)		Frequency lifts/min	Duration Rate (HRS)	Object Coupling
L (Avg)	L (Max)	H	V	H	V	D	A	A	F	-	C
7.52	7.52	630	412.1	630	1076.7	664.6	2	2	1	8	Good

Tabulka 9-1: Výsledek metody NIOSH - Regál 6

Doporučený váhový limit u stanoviště číslo 3 vypočítaný pomocí metodiky NIOSH je pro startovací pozici 5,34 kg a pro konečnou pozici 5,2 kg.

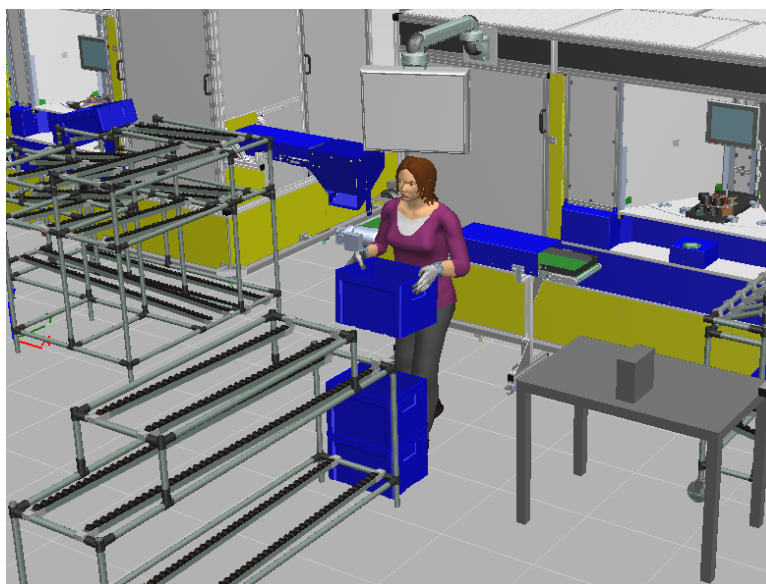
Multipliers and Recommended Weight Limits (RWL)																
	RWL =	LC	*	HM	*	VM	*	DM	*	AM	*	FM	*	CM	=	
ORIGIN	RWL =	23	*	0.39	*	0.9	*	0.89	*	0.99	*	0.75	*	1	=	5.34 kg
DESTINATION	RWL =	23	*	0.38	*	0.9	*	0.89	*	0.99	*	0.75	*	1	=	5.2 kg
Lifting Index (LI)																
ORIGIN	Lifting Index =	Object Weight (L)	/	RWL =	7.52	/	5.34	=	1.41							
DESTINATION	Lifting Index =	Object Weight (L)	/	RWL =	7.52	/	5.2	=	1.45							

Obrázek 9-4: Výsledek metody NIOSH - Regál 6

Zvedací index neboli lifting index je pro pracoviště číslo 3 stanoven pro startovací pozici 1.41 a pro finální pozici 1.45. Takže startovací, i konečná pozice překračují doporučený váhový limit a je žádoucí provést úpravy pracoviště.

9.2 Stanoviště 4

Na stanoviště číslo 4, jak bylo výše napsáno má operátor mimo jiné vytvářet předmontáž pro stanoviště číslo 1. Po dokončení operaci předmontáže pracovník uchopí KLT box a pokračuje chůzí s uchopeným KLT o délce zhruba 8 metrů do prvního regálu u stanoviště číslo 1.



Obrázek 9-5: Manipulace s KLT boxem

Přenášení KLT operátor provádí 4x až 5x za směnu. Váha KLT boxu se pohybovala mezi 8,6 kg a 34,7 kg. Hmotnost plného KLT boxu činí 34,7 kg, proto byla označena za rizikovou.



Obrázek 9-6: Vkládání KLT boxu do regálu číslo 1

Podrobný výpočet váhového limitu RWL a zvedacího indexu je vidět níže v tabulce číslo 29 a na obrázku číslo 67. Jak bylo řečeno výše, hmotnost objektu, tedy KLT boxu byla zvolena maximální výsledovanou váh 34.71 kg. Startovní horizontální pozice rukou H před tělem byla 474,8 mm a konečná pozice byla 630 mm. Vertikální počáteční pozice rukou před tělem V byla 714.6 mm a finální pozice byla 917.4 mm. Vertikální vzdálenost D mezi počáteční a konečnou polohou činila 202,8 mm. Úhel asymetrie v počáteční poloze byl nulový v konečné poloze byl operátor natočen o 3 stupně. Další hodnoty jsou totožné jako v předchozím případě u stanoviště číslo 3, tedy četnost zdvihacích úkonů se rovná jedné a vazba mezi pažemi a KLT boxem je na dobré úrovni. Operátor pracoval po dobu jedné směny, která trvala 8 hodin.

Object Weight (kg)		Hand locations (mm)				Vertical Distance (mm)	Asym.Angle (deg)		Frequency lifts/min	Duration Rate (HRS)	Object Coupling
L (Avg)	L (Max)	H	V	H	V	D	A	A	F	-	C
34.71	34.71	474.8	714.6	630	917.4	202.8	0	3	1	8	Good

Tabulka 9-2: Výsledek metody NIOSH - Stanoviště 4

U stanoviště číslo 4 vychází doporučený váhový limit pro startovací pozici 9,05 kg a pro koncovou pozici, kdy operátor vkládá KLT box do regálů na 6 kg.

Multipliers and Recommended Weight Limits (RWL)																		
	RWL	=	LC	*	HM	*	VM	*	DM	*	AM	*	FM	*	CM	=		
ORIGIN	RWL	=	23	*	0.53	*	0.99	*	1	*	1	*	0.75	*	1	=	9.05	kg
DESTINATION	RWL	=	23	*	0.37	*	0.95	*	1	*	0.99	*	0.75	*	1	=	6	kg
Lifting Index (LI)																		
ORIGIN	Lifting Index	=	Object Weight (L)				/	RWL	=	34.71	/	9.05	=	3.83				
DESTINATION	Lifting Index	=	Object Weight (L)				/	RWL	=	34.71	/	6	=	5.78				

Obrázek 9-7: Výsledek metody NIOSH - Stanoviště 4

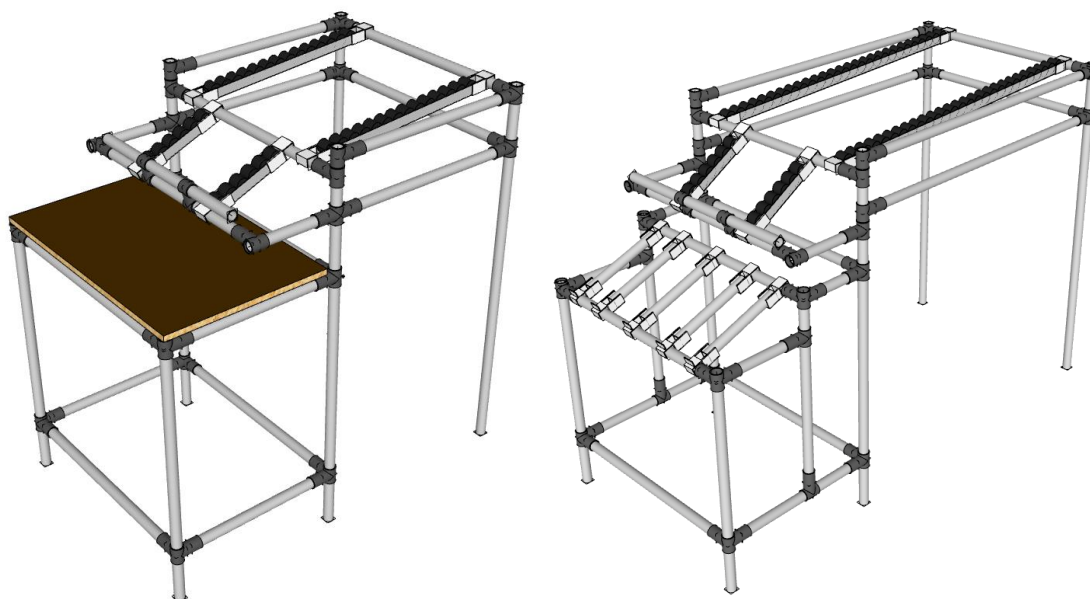
Zvedací index pro stanoviště číslo 4 pro startovací pozici byl stanoven na hodnotu 3,83 a pro finální pozici 5,78. Zdvíhací index je na vysoké hodnotě, což by mohlo mít za následek vysokou úroveň fyzického stresu. Obě pozice o mnoho překračují doporučený váhový index, a proto je velmi žádoucí provést úpravy pracovního postupu.

10 Návrh řešení

V této kapitole jsou uvedeny pracoviště, kde by mohlo dojít z konstrukčního hlediska ke změnám. V případech, kdy nemohou být provedeny konstrukční změny, bude přistoupeno k ergonomickému přeškolení.

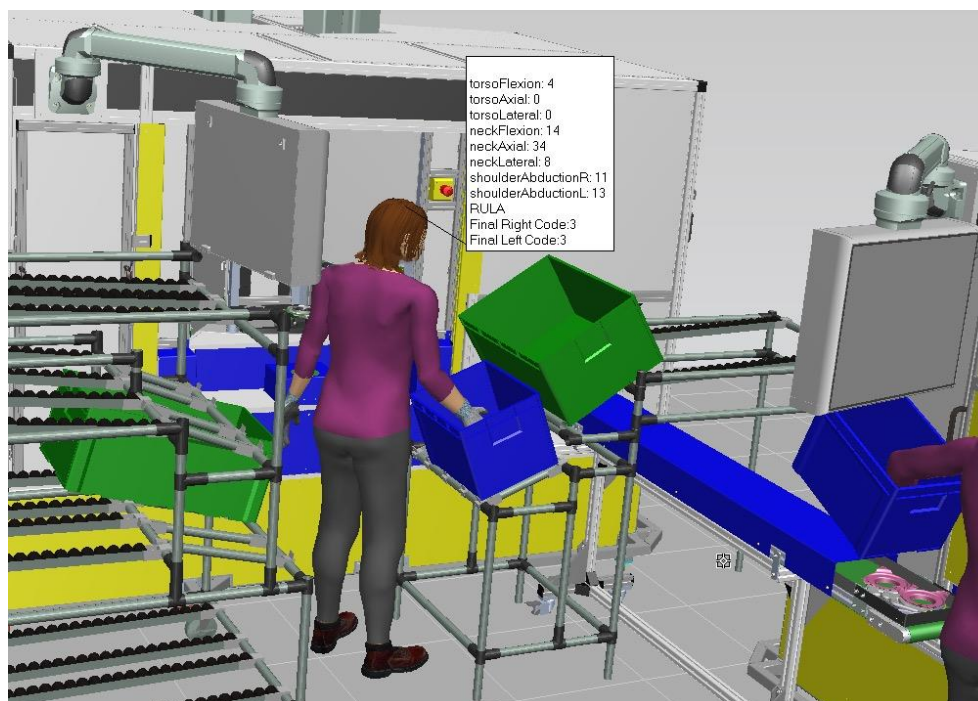
10.1 Stanoviště 1

Na stanovišti číslo 1 v pozici 2 a 3 byl problém s vytáčením pravého ramene ve směru flexe a abdukce zejména u operátorů 5. percentilu. Jelikož KLT boxy v této pozici jsou vysoké 42 cm, pracovník musel dát pravou ruku do nepříjemné pozice. Jako řešení byla zvolena úprava regálu číslo 2 a tím zlepšena dostupnost materiálu v KLT boxu.



Obrázek 10-1: Stávající vs. nový návrh regálu číslo 1

Na obrázku číslo 68 vlevo je zobrazen stávající regál, vpravo návrh nového regálu. První změna se dotkla naklonění spodního KLT boxu 4280 o 23° v důsledku čehož došlo ke snížení přední hrany boxu o 15 cm oproti stávajícímu řešení a tím pádem zlepšení dostupnosti materiálu. Podrobnější výkresová dokumentace navrhovaného regálu je k vidění v příloze číslo 1.



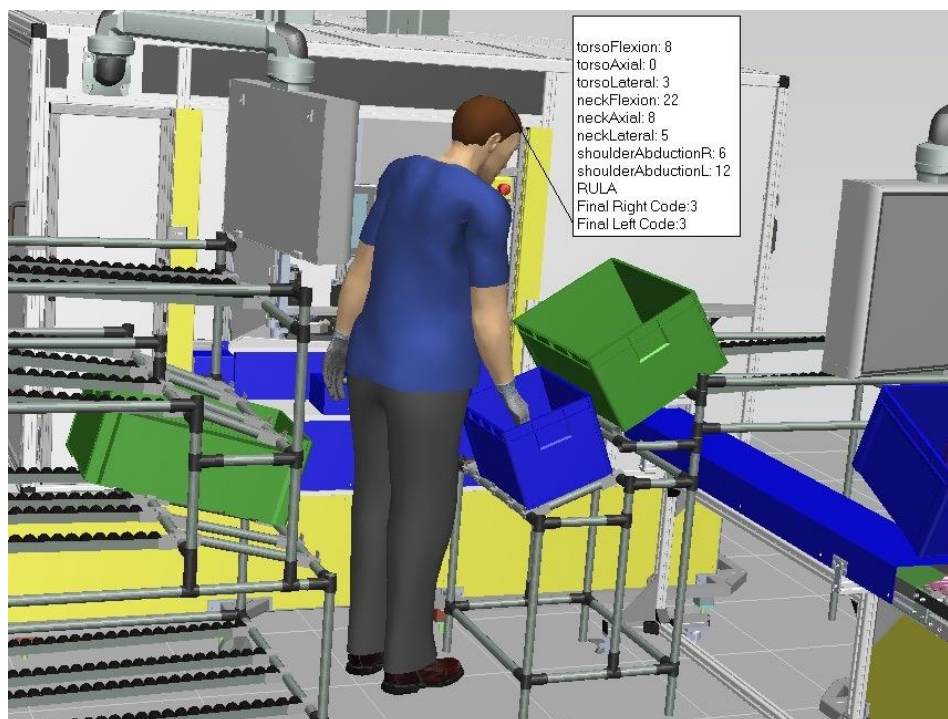
Obrázek 10-2: Návrh řešení - Stanoviště 1 - Pozice 2 – 5. percentil

U operátora 5. percentilu měla změna regálu za následek zlepšení všech úhlů na přijatelnou úroveň. Došlo k zmenšení abdukce pravého ramene z původních 67° na 11° . Dále došlo ke snížení záporného úhlu v podobě extenze ramene o 25° do směru flexe. V neposlední řadě se snížily úhly v oblasti krku na přijatelnou úroveň.

Nařízení vlády č. 361/2007							RULA		
Trup	Flexe/extenze	+4°		Krk	Flexe/extenze	+14°		Pravá strana	3
	Laterální	0			Laterální	+8°			
	Axiální	0			Axiální	+34°			
Ramena		Pravá	Levá	Zápěstí		Pravá	Levá	Levá strana	3
	Flexe/extenze	+5°	+2°		Flexe/extenze	-1°	-2°		
	Abdukce/addukce	+11°	+13°		Radilální/ ulnární dukce	1°	+5°		

Tabulka 10-1: Návrh řešení - Hodnocení - Stanoviště 1 - Pozice 2 – 5. percentil

Analýza RULA pro pravou stranu se snížila z původního skóre 6 na skóre 3. Taktéž pro levou stranu došlo ke snížení skóre z původního hodnocení 5 na hodnocení 3. Práce na tomto pracovišti byla zlepšena z úrovně rizikové na lehce rizikovou.



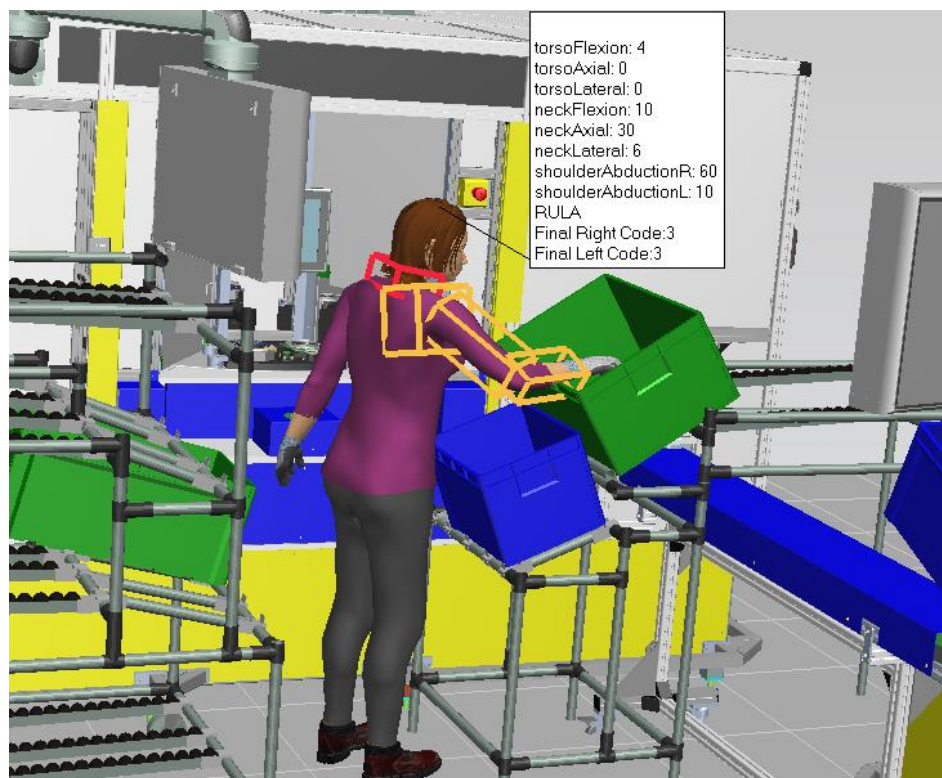
Obrázek 10-3: Návrh řešení - Stanoviště 1 - Pozice 2 –95. percentil

Pro operátora s 95. percentilem došlo ke zlepšení především v oblasti krku. Axiální natočení krku bylo sníženo z původních 53° na 8°, flexe byla snížena o 21° a laterální natočení z původních 22° se snížilo na 5°.

Nařízení vlády č. 361/2007							RULA		
Trup	Flexe/extenze	+8°		Krk	Flexe/extenze	+22°		Pravá strana	3
	Laterální	+3°			Laterální	+5°			
	Axiální	0			Axiální	+8°			
Ramena		Pravá	Levá	Zápěstí		Pravá	Levá	Levá strana	3
	Flexe/extenze	+8°	-2°		Flexe/extenze	+15°	-8°		
	Abdukce/addukce	+6°	+12°		Radilální/ ulnární dukce	+11°	+4°		

Tabulka 10-2: Návrh řešení -Hodnocení - Stanoviště 1 - Pozice 2 – 5. percentil

Výsledek analýzy RULA se z původního skóre 6 pro pravou stranu a 5 pro levou stranu těla zlepšilo na skóre 3 pro obě dvě strany těla.



Obrázek 10-4: Návrh řešení - Stanoviště 1 - Pozice 3 – 5. percentil

Taktéž druhý KLT box byl pro lepší dostupnost více nakloněn a to přesněji o 10° . Touto úpravou došlo ke snížení přední hrany o 7 cm a tím se zmenšil problém s vykláněním pravého loktu do nepřirozených poloh. V oblasti trupu bylo odstraněno axiální natočení o 25° . V původním návrhu musel operátor ve směru flexe vyklonit rameno o 161° a ve směru abdukce o 97° . Ve směru flexe došlo ke snížení úhlu o 121° a ve směru abdukce o 37° .

Nařízení vlády č. 361/2007							RULA			
Trup	Flexe/extenze	+4°		Krk	Flexe/extenze	+10°		Pravá strana	3	
	Laterální	0			Laterální	+6°				
	Axiální	0			Axiální	+30°				
Ramena		Pravá	Levá	Zápěstí		Pravá	Levá	Levá strana	3	
	Flexe/extenze	+40	-17°		Flexe/extenze	+10°	0			
	Abdukce/addukce	+60°	+10°		Radiální/ulnární dukce	-18°	-41°			

Tabulka 10-3: Návrh řešení -Hodnocení - Stanoviště 1 - Pozice 3 – 5. percentil

Analýza dle RULA vycházelo v původním návrhu pro pravou stranu těla skóre 6 a pro levou stranu 3. V novém návrhu se zatížení pravé strany snížilo na skóre 3. Práce na tomto pracovišti byla zlepšena z rizikové na lehce rizikovou.



Obrázek 10-5: Návrh řešení - Stanoviště 1 - Pozice 3 – 95. percentil

Pro pracovníka na stanovišti číslo 1 poloha 3 – 95. percentil došlo ke zlepšení hlavně v oblasti ramen, krku a zápěstí. Ve všech těchto oblastech došlo ke zlepšení z poloh nepříjemných či podmíněně přijatelných na polohy přijatelné.

Nařízení vlády č. 361/2007							RULA		
Trup	Flexe/extenze	+3°		Krk	Flexe/extenze	+13°		Pravá strana	3
	Laterální	0			Laterální	+4°			
	Axiální	0			Axiální	+17°			
Ramena		Pravá	Levá	Zápěstí		Pravá	Levá	Levá strana	3
	Flexe/extenze	+23°	0		Flexe/extenze	+27	+7		
	Abdukce/addukce	+40°	+17°		Radilální/ ulnární dukce	+3	-17		

Tabulka 10-4: Návrh řešení - Hodnocení - Stanoviště 1 - Pozice 3 – 95. percentil

Z údajů v tabulce číslo 33 je zřejmé, že analýza RULA se zlepšila z původního skóre 4 pro obě strany těla na skóre 3.

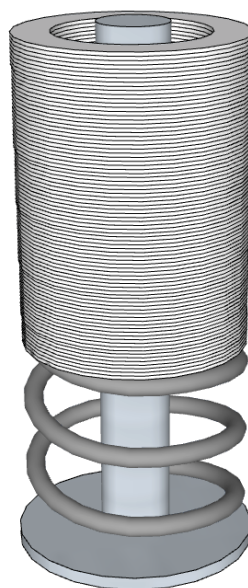
10.2 Stanoviště 2

Jednou z operací na stanovišti 2 je zakládání dílu Axial safety element do zakládacího místa. Tento materiál je k operátorovi dopravován pomocí gravitačního regálu v KLT boxech. Následně operátor uchopí zhruba 20 Axial safety element z KLT, přemístí tento díl před sebe a následně jej odebírá postupně po jednom kuse.



Obrázek 10-6: Stávající uložení materiálu Axial safety element

Problémem je samotné uložení materiálu v lince před operátorem. Jednotlivé díly jsou uloženy „volně“ a tedy je velká pravděpodobnost že se pracovníkovi rozsypou, spadnou či jinak znehodnotí. Níže na obrázku číslo 74 je vidět návrh řešení tohoto problému.

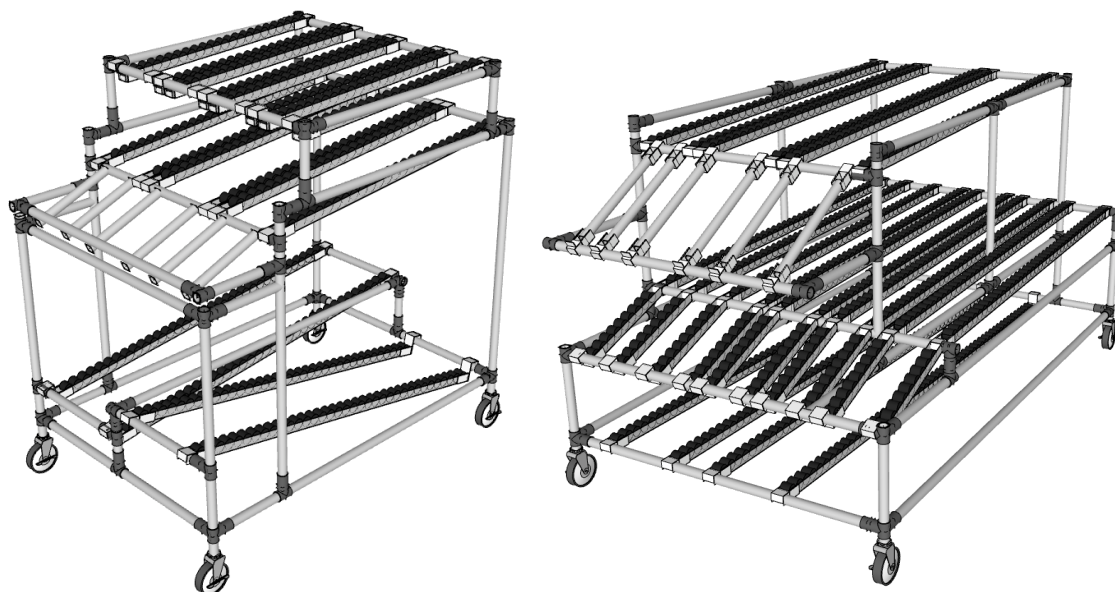


Obrázek 10-7: Návrh uložení materiálu Axial safety element

Návrh spočívá ve vytvoření přípravku na ukládání materiálu Axial safety element. Tento přípravek je tvořen kruhovým stojanem, který je uprostřed spojen tyčí. Se stojanem je spojena tlačná pružina, která má za úkol nadzvedávat Axil safety element. Tato pružina by byla dimenzována pro váhu daného materiálu tak aby byla zaručena optimální dostupnost.

10.3 Stanoviště 3

Na stanovišti číslo 3 docházelo k zatížení pravého ramene, zejména ve směru extenze a abdukce. Řešením bylo vytvoření nového materiálového toku, což znamená vytvořit nový návrh spádového regálu. Níže na obrázku číslo 75 vlevo je vidět stávající regál a vpravo nově navrhovaný spádový regál.



Obrázek 10-8: Stávající vs. nový návrh regálu číslo 5

U nového navrhovaného regálu došlo ke kompletní reorganizaci materiálového toku, kdy materiál, který byl situován v horním patře se přesunul do dolního patra. Tím pádem se celá konstrukce regálu snížila o 10 cm a zlepšila se tak dostupnost vysokoobrátkového materiálu. Nízkoobrátkový materiál, který je odebírán zhruba 4x za směnu tak mohl být přesunut do dolního patra. Návrhem nové konstrukce regálu došlo i ke změně způsobu manipulace s materiálem. V důsledku reorganizace mohla být zcela odstraněna manipulace s materiálem Pulley v KLT 4147 z dolního patra regálu do horního patra, jak je popsáno v kapitole 9.1. Podrobnější výkresová dokumentace navrhovaného regálu je uvedena v příloze číslo 2.



Obrázek 10-9: Návrh řešení - Stanoviště 3 - Pozice 1 – 5. percentil

Dolní hrana analyzovaného KLT 4147 se snížila o 15 cm oproti původnímu umístění. Tímto krokem se u operátora na stanovišti 3 pozice 1 - 5. percentil snížila o 47° extenze na pravém rameni a dále se se zmenšil úhel ve směru abdukce z původních 75° na 20°. Došlo i ke snížení všech úhlů v oblasti krku a to zejména ve směru flexe.

Nařízení vlády č. 361/2007							RULA		
Trup	Flexe/extenze	+3°		Krk	Flexe/extenze	+3°		Pravá strana	3
	Laterální	0			Laterální	+4°			
	Axiální	0			Axiální	+37°			
Ramena		Pravá	Levá	Zápěstí		Pravá	Levá	Levá strana	3
	Flexe/extenze	0	-7°		Flexe/extenze	0	+19°		
	Abdukce/addukce	+20°	+9°		Radilální/ ulnární dukce	+13°	-22°		

Tabulka 10-5: Návrh řešení - Hodnocení - Stanoviště 3 - Pozice 1 – 5. percentil

Z pohledu analýzy RULA se z původního skóre 5 pro pravou stranu zlepšilo skóre na hodnotu 3. Pro levou stranu došlo ke zlepšení z původního skóre 4 na skóre 3.



Obrázek 10-10: Návrh řešení - Stanoviště 3 - Pozice 1 – 95. percentil

Pro operátora na stanovišti 3 pozice 1 – 95. percentil došlo taktéž ke zlepšení a to ve všech směrech – v oblasti trupu, ramen, krku tak i zápěstí.

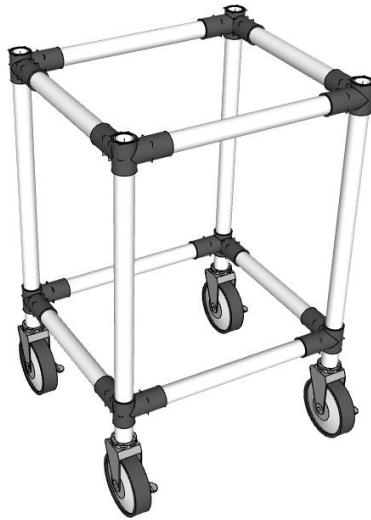
Nařízení vlády č. 361/2007							RULA		
Trup	Flexe/extenze	+3°		Krk	Flexe/extenze	+4°		Pravá strana	3
	Laterální	0			Laterální	+1°			
	Axiální	0			Axiální	+10°			
Ramena		Pravá	Levá	Zápěstí		Pravá	Levá	Levá strana	2
	Flexe/extenze	+2°	0		Flexe/extenze	+14°	0		
	Abdukce/addukce	+10°	+15°		Radilální/ ulnární dukce	+8°	0		

Tabulka 10-6: Návrh řešení - Hodnocení - Stanoviště 3 - Pozice 1 – 5. percentil

Výsledné skóre RULA pro pravou stranu se zlepšilo z původního skóre 5 na nové skóre 3. Pro levou stranu je zlepšení mnohem razantnější a to o 3 stupně.

10.4 Stanoviště 4

Na stanovišti číslo 4, tedy na místě určeném k předmontáži pro 1. stanoviště, bylo zaznamenáno vysoké přetížení operátora při přenášení přemontovaných dílů. Dle metodiky NIOSH byl doporučený váhový limit, který se pohyboval mezi 9 kg a 6 kg, překročen čtyřnásobně.



Obrázek 10-11: Návrh vozíku

Jako řešení byl zvolen návrh vozíku, na který by se KLT box vložil a usnadnil by tím přepravu boxu ze stanoviště číslo 4 na stanoviště číslo 1. Samotná předmontáž by probíhala na navrhovaném vozíku a po naplnění KLT boxu by operátor jednoduše vozík převezl k prvnímu regálu u stanoviště 1 a KLT vložil do stanovené dráhy.



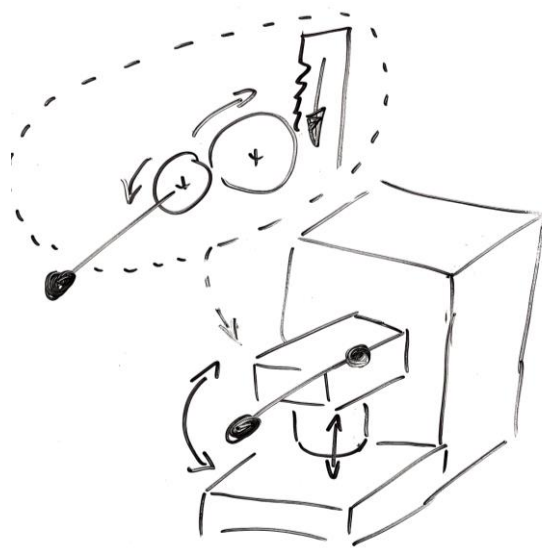
Obrázek 10-12: Převoz předmontovaných dílů

Mezi další zaznamenané problémy patří i samotná předmontáž. Operátor zde uchopí díl Slide pad a vloží jej do dílu Lever arm 1. Tato operace je zaznamenána na obrázku níže. Skládání těchto dvou dílů není zcela bezproblémová, je zapotřebí vyvinout určitou sílu. Operátoři zde proto mají k dispozici přípravek, který není mnohdy používán, jelikož je situovaný příliš daleko od pracovníka. Proto si operátor dopomáhá vkládáním dílů do sebe pomocí rohu regálu. Dle výpovědi pracovníka je zde zaznamenaná zvýšená bolest v oblasti palců a zápěstí.



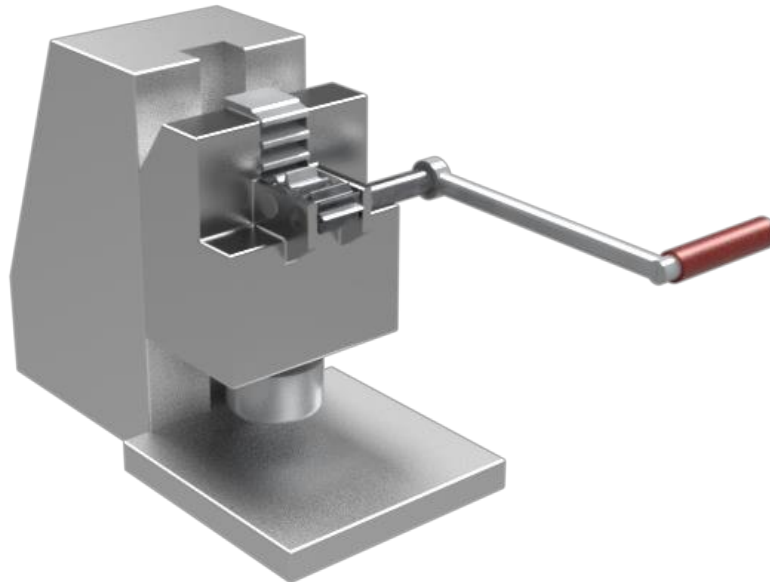
Obrázek 10-13: Montáž dílu Lever arm 1 a dílu Slide pad

Pro řešení výše uvedených problémů byl navrhnout přípravek, který by usnadňoval spojování popsaných dílů. Funkce tohoto přípravku by bylo přenášení síly, která by byla vyvinuta na páku přes ozubená kola a ozubený hřeben s plochým zakončením, které zamáčkne plastový díl Slide pad. Návrh celého přípravku a jeho mechanismu je zobrazen na obrázku číslo 81.



Obrázek 10-14: Návrh přípravku pro stanoviště 4

Na brázku číslo 82 je již výsledný návrh zkonstruovaný pomocí softwaru OnShape, kde byl nejprve návrh zkonstruován a následně vyrendrován. Přípravek je 22,5 cm vysoký, široký 15 cm a hluboký 29,7 cm. Další rozměry jsou zaneseny v montážním výkresu přiloženém v příloze číslo 3. Zařízení bylo konstruováno tak aby bylo skladné a přitom funkční.

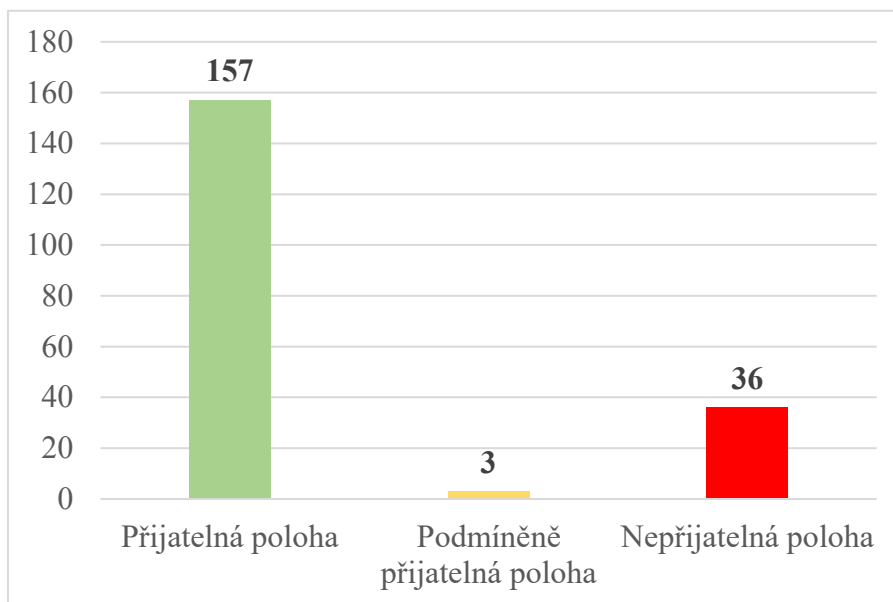


Obrázek 10-15: Přípravek pro stanoviště 4

Přípravek funguje následujícím způsobem. Operátor si nejprve připraví oba díly tak, že díl Slide pad položí na díl Lever arm 1 a oba díly takto vloží na určené místo v přípravku. Následně uchopí páku a pohybem směrem dolů se přeneše točivý moment na přes ozubená kola až na ozubený hřeben, který následně namáčkne piny na dílu Slide pad do dílu Lever arm 1. Zařízení by bylo namontováno na spádový regál číslo 6 přímo před operátora tak, aby byl zajištěn co nejbližší přístup a nedocházelo k plýtvání ve formě pohybu pracovníka.

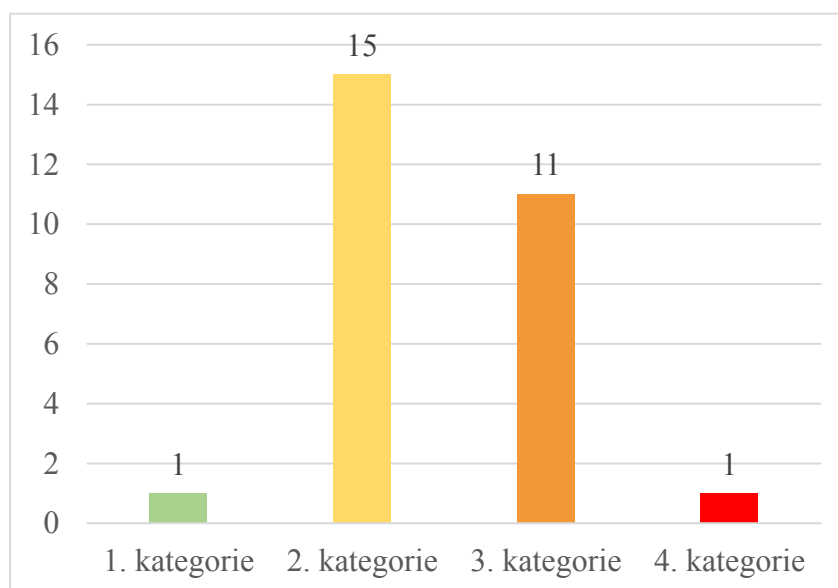
11 Zhodnocení a přínosy nového návrhu

Z hlediska nařízení vlády č. 361/2007 po aplikaci navrhovaných změn bylo zaznamenáno 157 přijatelných poloh oproti původním 137. Podmíněně přijatelné polohy se nijak nezměnily a zůstaly na počtu 3. Z původních 57 nepřijatelných poloh došlo ke snížení na 36 (Graf 3). U nepřijatelných poloh, kde nemohlo dojít ke konstrukční změně regálu, se přistoupí ke školení pracovníků z hlediska ergonomie. Tímto opatřením by se měly ve větší míře eliminovat dopady na zdraví operátorů.



Graf 11-1: Zhodnocení navrhovaného stavu z hlediska NV č. 361/2007

Po aplikaci navrhovaných změn z hlediska analýzy RULA bylo zaznamenána 1 poloha v 1. kategorii. Ve 2. kategorii došlo k navýšení na 15 poloh z původních 8 (Graf 4).



Graf 11-2: Zhodnocení navrhovaného stavu z hlediska RULA analýzy

Ve 3. kategorii došlo ke snížení z původních 19 poloh na 11 v navrhovaném stavu. V poslední 4. kategorii nedošlo k žádným změnám, zde zůstává 1 poloha i pro navrhovaný stav.

11.1 Stanoviště 1

Na stanovišti číslo 1 došlo ke změně regálu číslo 2 a tím k eliminaci 16 nepřijatelných poloh z hlediska nařízení vlády č. 361/2007. Počet přijatelných poloh stoupl z původních 137 poloh na 157 poloh, tedy zlepšení o 13 %. Na stanovišti číslo 1 byla zaznamenána 1 podmíněně přijatelná poloha (Tabulka 36).

Nařízení vlády č. 361/2007					
Navrhovaný stav			Stávající stav		
Přijatelná poloha	Podmíněně přijatelná poloha	Nepřijatelná poloha	Přijatelná poloha	Podmíněně přijatelná poloha	Nepřijatelná poloha
76	1	7	60	1	23

Tabulka 11-1: NV č. 361/2007 - Navrhovaný vs. stávající stav na stanovišti 1

V tabulce 37 jsou zobrazeny výsledky dle analýzy RULA. Na stanovišti číslo 1 došlo k přesunutí pěti poloh z kategorie 3. do kategorie 2.

RULA							
Navrhovaný stav				Stávající stav			
1. kategorie	2. kategorie	3. kategorie	4. kategorie	1. kategorie	2. kategorie	3. kategorie	4. kategorie
0	9	3	0	0	4	8	0

Tabulka 11-2: RULA- Navrhovaný vs. stávající stav na stanovišti 1

11.2 Stanoviště 2

Na stanovišti číslo 2 byl přidán přípravek na díl Axial safety element, který umožňuje lepší odběr materiálu operátorem a minimalizuje tak jeho znehodnocování.

Nařízení vlády č. 361/2007					
Navrhovaný stav			Stávající stav		
Přijatelná poloha	Podmíněně přijatelná poloha	Nepřijatelná poloha	Přijatelná poloha	Podmíněně přijatelná poloha	Nepřijatelná poloha
56	2	26	56	2	26

Tabulka 11-3: NV č. 361/2007 - Navrhovaný vs. stávající stav na stanovišti 2

Na tomto pracovišti nedošlo k žádným konstrukčním úpravám, a proto navrhovaný stav se oběhl beze změn.

RULA							
Navrhovaný stav				Stávající stav			
1. kategorie	2. kategorie	3. kategorie	4. kategorie	1. kategorie	2. kategorie	3. kategorie	4. kategorie
0	3	8	1	0	3	8	1

Tabulka 11-4: RULA- Navrhovaný vs. stávající stav na stanovišti 2

11.3 Stanoviště 3

Změnou gravitačního regálu na stanovišti číslo 3 byla zcela odstraněna jedna operace a tím snížena pravděpodobnost nemoci z povolání. Touto změnou bylo eliminováno 5 nepříjemných poloh, takže se počet přijatelných poloh zvýšil na 25. Počet nepříjemných poloh se snížil z 8 na 3 nepříjemné polohy (Tabulka 40).

Nařízení vlády č. 361/2007					
Navrhovaný stav			Stávající stav		
Přijatelná poloha	Podmíněně přijatelná poloha	Nepřijatelná poloha	Přijatelná poloha	Podmíněně přijatelná poloha	Nepřijatelná poloha
25	0	3	20	0	8

Tabulka 11-5: NV č. 361/2007 - Navrhovaný vs. stávající stav na stanovišti 3

U nového návrhu dle metodiky RULA došlo díky nové konstrukci regálu k razantnímu zlepšení a to z původních 3 poloh na 0 ve 3. kategorii. Tyto 3 polohy se přesunuly do 2. kategorie a původní 1 poloha ve 2. kategorii se přesunula do 1. kategorie (Tabulka 41).

RULA							
Navrhovaný stav				Stávající stav			
1. kategorie	2. kategorie	3. kategorie	4. kategorie	1. kategorie	2. kategorie	3. kategorie	4. kategorie
1	3	0	0	0	1	3	0

Tabulka 11-6: RULA- Navrhovaný vs. stávající stav na stanovišti 3

11.4 Stanoviště 4

Na stanovišti číslo 4, které bylo zahrnuto do dynamických analýz, byla upravena operace přenášení předmontovaných dílů po 8metrové dráze do regálu číslo 1 na převážení KLT boxu pomocí pojízdného vozíku. Tímto krokem došlo ke snížení námahy operátora a snížení pravděpodobnosti nemoci z povolání. Taktéž byl navrhnut přípravek, který by dramaticky snížil úsilí k výrobě předmontovaných dílů a zredukoval pravděpodobnost tvorby muskulo-skeletárních nemocí.

11.5 Přínosy nového návrhu

Návratnost nově navržených konstrukcí nelze přesně vyčíslit, jelikož nebyla ze strany firmy poskytnuta přesná data, a proto je možné návratnost jen odhadnout. U nově zkonstruovaných regálů číslo 2 a číslo 6 by se jednalo o velmi krátkou dobu návratnosti, jelikož na konstrukci nových regálů by bylo zapotřebí nízkých nákladů. Regály by se nevyráběly zcela nové, ale přistoupilo by se k modifikaci stávající konstrukce. Největší nákladovou položkou se tak stává

samotná mzda pracovníka, která se v České republice pohybuje na pozici technika údržby v automobilovém průmyslu ve výši 36144 Kč měsíčně. [25]

Pro výrobu vozíku pro převážení předmontovaných dílů by bylo zapotřebí vytvořit úplně zcela novou konstrukci. Jednalo by se tak o náklady na trubkový systém, spojky a kolečka. Finanční náklady na výrobu nového vozíku by činily zhruba 900 Kč.

V případě přípravku se jedná pouze o návrh, který není konstrukčně dokončený a nelze tedy stanovit náklady na jeho výrobu.

Díky nízkým nákladům na navrhované změny není zapotřebí žádné schvalování ze strany vedení a ani není žádoucí počítat návratnost, jelikož by byla velmi krátká. [26]

Konstrukčními změnami došlo ke snížení nepříjemných poloh a poloh ve 4. kategorii z hlediska analýzy RULA na minimum. Další eliminace nepříjemných poloh, například školením v oblasti ergonomie by nebylo zapotřebí počítání $\%F_{\max}$ a s tím spojené počty pohybů za směnu, jak stanovuje Nařízení vlády č. 361/2007. Tímto krokem by se celé pracoviště přesunulo z kategorie 3 do kategorie 2 a tím by se dramaticky snížily náklady s tím spojené.

V případě, že by celé pracoviště zůstalo ve 3. kategorii jsou náklady na zaměstnance znatelně vyšší. Pracovníci musí projít při vstupu na pracoviště preventivní prohlídkou a v případě zjištění, že práce může být riziková, zaměstnanec musí projít speciálním vyšetřením. Zaměstnanci dále musí chodit jedenkrát za 2 roky na preventivní prohlídky. V tomto případě je pracovníkovi zaplácena cesta i čas strávený u lékaře.

Jak bylo napsáno v kapitole 4.2 Nařízení vlády č. 361/2007, pokud pracoviště nesplňuje hygienické podmínky, práce musí být přerušována bezpečnostními přestávkami v trvání až 10 minut po každých 2 hodinách od započetí výkonu práce. Tímto firma přichází o vyrobené produkty a platí zbytečně zaměstnance, kteří neplní pracovní činnosti. V případě že výrobní pracoviště nesplňuje hygienické limity, jsou zaměstnanci vypláceny rizikové příplatky. [27]

Při vysoké míře fluktuace zaměstnanců na pracovišti je zatěžováno i samotné personální oddělení větším množstvím administrativní práce. Pracovník je vyslán na školení BOZP (bezpečnost a ochrana zdraví při práci), školení požární ochrany a následně je zaučen na pracovní pozici. Dále musí být pracovníkovi poskytnuty ochranné pomůcky, které musí vždy zaměstnavatel zaplatit.

V případě, že u pracovníka je objevena nemoc z povolání je zaslán na kliniku pracovního lékařství, kde mu je provedena lékařská prohlídka. Lékař určí, zda je schopen výkonu jiné práce, nebo zda musí být propuštěn. V případě druhém, kdy je zaměstnanec propuštěn, zasílá zaměstnavatel zaměstnanci mzdu, dokud není nemoc z povolání uznána. V případě, že je pracovníkovi nemoc z povolání uznána, a je mu zaměstnavatelem doživotně vyplácena průměrná mzda z předchozí pracovní pozice. Obvykle se stává, že po nalezení první nemoci z povolání u jednoho pracovníka, se objeví se i nemoci u dalších zaměstnanců, kteří pracují na téže výrobní lince.

12 Závěr

Hlavním cílem této diplomové práce byla ergonomická analýza montážní linky ve společnosti Mubea, s. r. o.

Výsledky studia odborné literatury v mnoha různých oborech souvisejících s touto diplomovou prací byly uplatněny jak v teoretické, tak i v praktické části této práce. Jedná se o poznatky oboru ergonomie, nemoci z povolání pracujících ve strojírenském průmyslu, znalosti vyhlášek i nařízení vlády týkající se zkoumané problematiky.

V neposlední řadě byla popsána i již zmíněná společnost Mubea, s. r. o. jako výrobce komponentů pro všechny významné světové výrobce automobilů s dlouhodobou tradicí. Její pobočka v České republice umožnila zkoumat určitou část výroby a následně navrhnout řešení, která by vedla ke zlepšení pracovních úkonů zaměstnanců tak, aby nedocházelo k následným nemocem z povolání v důsledku špatných pracovních podmínek.

Tato práce jednoznačně potvrdila, že uplatňování ergonomických analýz na pracovišti vede ke zlepšení pracovních podmínek zaměstnanců, snížení pravděpodobnosti dočasného onemocnění pohybového aparátu či trvalému poškození kvalifikovanému jako nemoc z povolání. Tím dochází i ke snížení nákladů pro zaměstnavatele.

Diplomová práce byla psána v době virového onemocnění COVID-19 a proto je více než důležité v tento čas dbát na zdraví zaměstnanců. Zlepšení celkové ergonomie na pracovišti, a tedy i zamezení onemocnění z povolání bylo jedním z hlavních cílů této práce.

13 Citovaná literatura

- [1] CHUNDELA, Lubor. *Ergonomie*. Praha : České vysoké učení technické v Praze, 2015. 978-80-01-05173-3
- [2] BUREŠ, Marek. *Tvorba a optimalizace pracoviště*. Plzeň : ŽIVDIG, 2013. 978-80-87539-32-3.
- [3] GILBERTOVÁ, S., MATOUŠEK O. *Ergonomie: Optimalizace lidské činnosti*. Praha : Grada, 2002. 80-247-0226-6.
- [4] BÍCOVÁ, Kateřina. *Přednáška z předmětu Ergonomie*. Plzeň, 2019.
- [5] Vitruviánský muž. *marmotfishstudio.wdfiles.com*. [Online] 2019. Dostupné z: <http://marmotfishstudio.wdfiles.com>.
- [6] SLAMKOVÁ, Eva, DULINA, Luboslav a TABAKOVÁ, Michaela. *Ergonómia v priemysle*. Žilina : GEORG knižárstvo, 2010. 978-80-89478-00-2.
- [7] Ergonomics. *ergonomics-fees.eu*. [Online] 2019. Dostupné z: <https://www.ergonomics-fees.eu/>.
- [8] *Istockphoto.com*. [Online] 2019. Dostupné z: <https://www.istockphoto.com/es/vector>.
- [9] Doušová, Mgr. Jana. *Nemoci z povolání*. *zsbozp.vubp.cz*. [Online] <https://zsbozp.vubp.cz/zdravi/nemoci-povolani/102-nemoci-z-povolani>.
- [10] MALÝ, Stanislav, Miroslav KRÁL a Eva HANÁKOVÁ. *ABC ergonomie*. Praha : Professional Publishing, 2010. 978-80-7431-027-0.
- [11] BUREŠ, Marek. *Přednáška z předmětu Řízení a organizace práce*. Plzeň 2019.
- [12] Nařízení vlády č. 2007-361. *zakonyprolidi.cz*. [Online] Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>.
- [13] Vyhláška č. 240/2015 Sb. *Zakonyprolidi.cz*. [Online] Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2015-240>.
- [14] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. *Zakonyprolidi.cz*. [Online] Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>.
- [15] TUČEK, Milan. *Hygiena a epidemiologie*. Praha : Univerzita Karlova v Praze, 2012. ISBN 978-80-246-2025-1.
- [16] KÁBA, Martin. *Ergonomická analýza pracoviště na montážní lince*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2019.
- [17] Waters, Thomas R. *Applications Manual for the Revised Niosh Lifting*. 1994.
- [18] Mubea. *pracemubea.cz*. [Online] 2019. Dostupné z: <https://www.pracemubea.cz>.
- [19] Mubea. *mubea.com*. [Online] 2019. Dostupné z: <https://www.mubea.com/cz>.
- [20] Mubea. *interní dokumenty*. Žebrák, 2019.
- [21] Tecnomatix process simulate. *engusa.com*. [Online] 2019. Dostupné z: <https://www.engusa.com/en/product/siemens-tecnomatix-process-simulate>.
- [22] KOVAŘÍK, Matěj. *Digitalizace prostor univerzitního kampusu s pomocí laserového skenování*. Plzeň: Západočeská univerzita v Plzni, 2019.

- [23] Leica ScanStation C5 Laser Scanner. *www.directsurveystore.com*. [Online] Dostupné z: <http://www.directsurveystore.com/products.php?product=Leica-ScanStation-C5-Laser-Scanner>.
- [25.] Mzda - technik údržby ve strojírenství. *platy.cz*. [Online] Dostupné z: <https://www.platy.cz/platy/strojirenstvi/technik-udrzby>.
- [26] Beewatec. *beewatec.cz*. [Online]. Dostupné z: <http://www.beewatec.cz/>.
- [27] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. *zakonyprolidi.cz*. [Online] Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>.
- [28] Syndrom karpálního tunelu. *Mojezdрави.cz*. [Online] 2019. Dostupné z: <https://www.mojezdрави.cz/nemoci>.
- [29] Common hand problems. *orthopedicspecialistsofseattle.com*. [Online] 2019. Dostupné z: <https://orthopedicspecialistsofseattle.com/healthcare/symptoms/common-hand-problems>.
- [30] Europeana. *europa.eu*. [Online] 2019. Dostupné z: <http://www.europeana.eu/portal>.
- [31] STANTON, Neville, HEDGE, Alan, BROOKHUIS, Karel, SALAS, Eduardo a HENDRICK, Hal. *Handbook of Human Factors and Ergonomics Methods*. USA : CRC Press, 2005. 0-415-28700-6.

14 Seznam příloh

PŘÍLOHA č. 1 - Tabulky pro vyhodnocení dle metodiky RULA	1
PŘÍLOHA č. 2 - Návrh spádového regálu číslo 4.....	3
PŘÍLOHA č. 3 - Návrh spádového regálu číslo 5.....	5
PŘÍLOHA č. 4 - Montážní výkres přípravku pro stanoviště číslo 4	7

PŘÍLOHA č. 1

Tabulky pro vyhodnocení dle metodiky RULA

Tabulka A

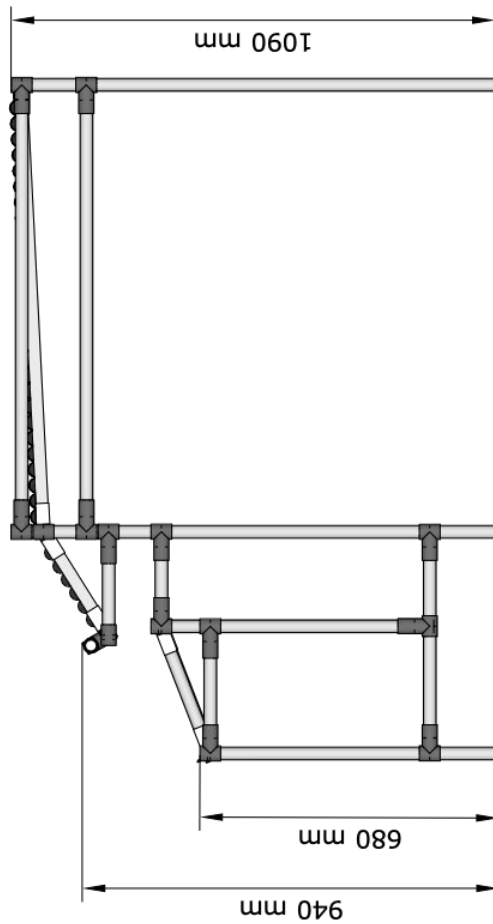
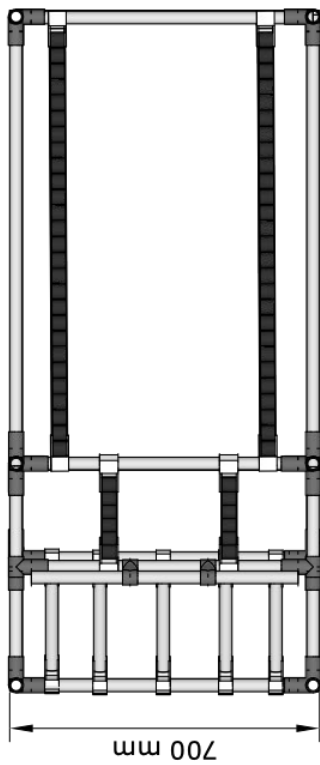
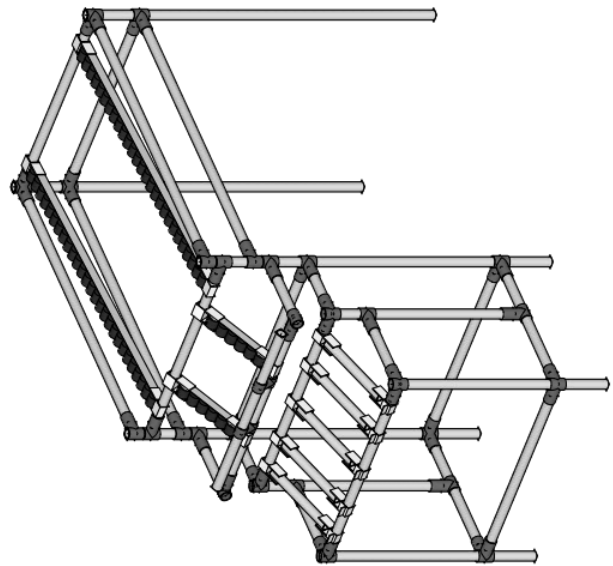
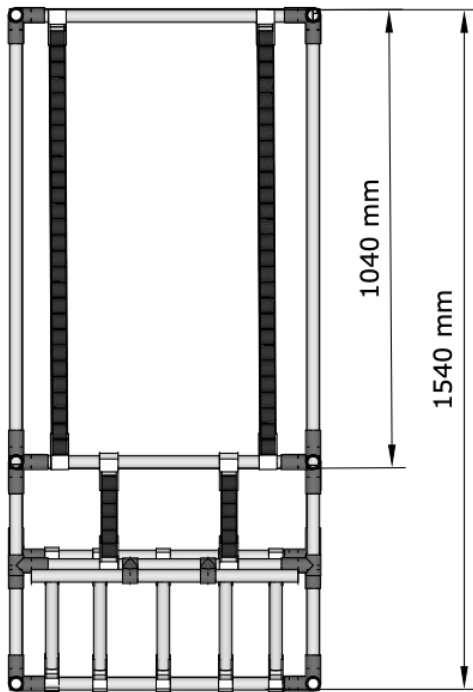
		Zápěstí							
		1		2		3		4	
		Základní pozice	Stočení	Základní pozice	Stočení	Základní pozice	Stočení	Základní pozice	Stočení
Paže	Předloktí	1	2	1	2	1	2	1	2
1	1	1	2	2	2	2	3	3	3
	2	2	2	2	2	3	3	3	3
	3	2	3	3	3	3	3	4	4
2	1	2	3	3	3	3	4	4	4
	2	3	3	3	3	3	4	4	4
	3	3	4	4	4	4	4	5	5
3	1	3	3	4	4	4	4	5	5
	2	3	4	4	4	4	4	5	5
	3	4	4	4	4	4	5	5	5
4	1	4	4	4	4	4	5	5	5
	2	4	4	4	4	4	5	5	5
	3	4	4	4	5	5	5	6	6
5	1	5	5	5	5	5	6	6	7
	2	5	6	6	6	6	6	7	7
	3	6	6	6	7	7	7	7	8
6	1	7	7	7	7	7	8	8	9
	2	8	8	8	8	8	9	9	9
	3	9	9	9	9	9	9	9	9

Tabulka B

		Trup											
		1		2		3		4		5		6	
		Nohy		Nohy		Nohy		Nohy		Nohy		Nohy	
Krk	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	1	2	
1	1	3	2	3	3	4	5	5	6	6	7	7	
2	2	3	2	3	4	5	5	5	6	7	7	7	
3	3	3	3	4	4	5	5	6	6	7	7	7	
4	5	5	5	6	6	7	7	7	7	7	8	8	
5	7	7	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	
6	8	8	8	8	8	8	9	9	9	9	9	9	

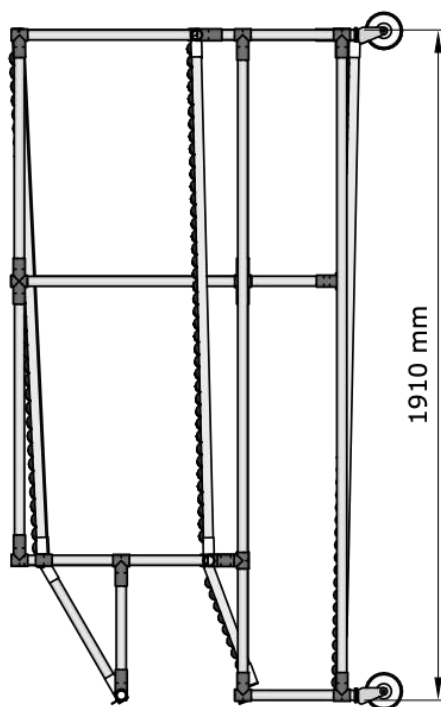
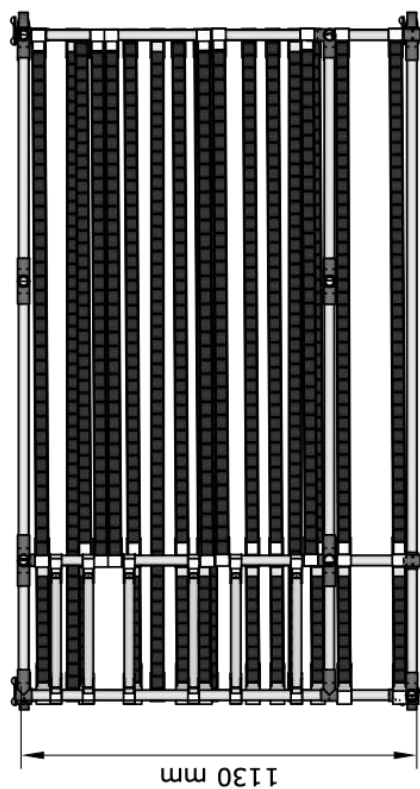
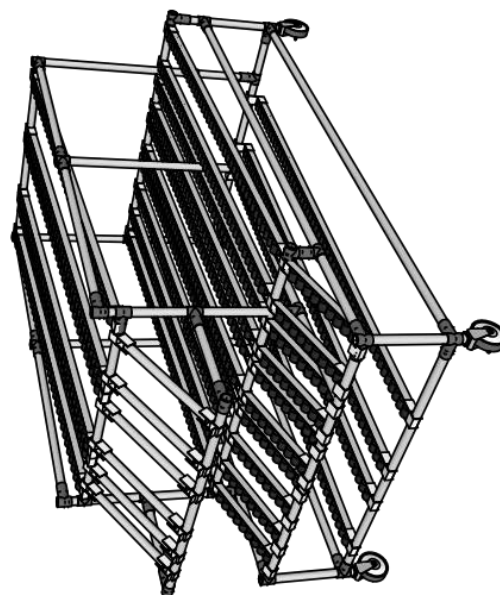
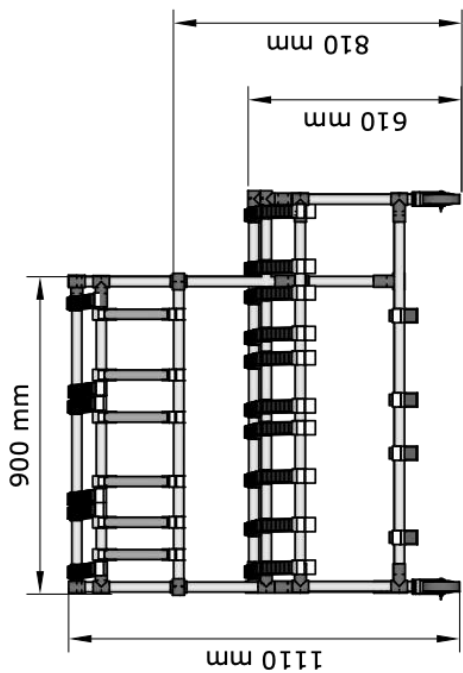
PŘÍLOHA č. 2

Návrh spádového regálu číslo 4



PŘÍLOHA č. 3

Návrh spádového regálu číslo 5



PŘÍLOHA č. 4

Montážní výkres přípravku pro stanoviště číslo 4

