

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI  
**FAKULTA STROJNÍ**

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

**BAKALÁŘSKÁ PRÁCE**

Ergonomie pracoviště

Autor: **Ondřej Vlček**

Vedoucí práce: **Ing. Ilona Kačerová**

Akademický rok 2020/2021

ZÁPADOČESKÁ UNIVERZITA V PLZNI

Fakulta strojní

Akademický rok: 2020/2021

## ZADÁNÍ BAKALÁŘSKÉ PRÁCE

(projektu, uměleckého díla, uměleckého výkonu)

Jméno a příjmení: **Ondřej VLK**  
Osobní číslo: **S19B0702P**  
Studijní program: **B0715A270013 Strojní inženýrství**  
Studijní obor: **Průmyslové inženýrství a management**  
Téma práce: **Ergonomie pracoviště**  
Zadávací katedra: **Katedra průmyslového inženýrství a managementu**

### Zásady pro vypracování

1. Rešerše dané problematiky
2. Ergonomická analýza pracoviště
3. Identifikace problematických oblastí
4. Racionalizace pracoviště
5. Závěr

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

#### Seznam doporučené literatury:

1. BUREŠ, Marek. *Tvorba a optimalizace pracoviště*. 1. vyd. Plzeň: SmartMotion s.r.o., 2013. ISBN: 978-80-87539-32-3.
2. CHUNDELA, Lubor. *Ergonomie*. 3. vyd. Praha: České vysoké učení technické, 2013. 173 s. ISBN 978-80-01-05173-3.
3. SHORROCK, Steven, WILLIAMS, Claire. *Human Factors and Ergonomics in Practice*. 1. vydání. CRC Press, 2017. 422 s. ISBN 9781472439253.
4. SOARES, M., Marcelo. REBELO, Francisco. *Ergonomics in Design – Methods and Techniques*. 1. vydání. CRC Press, 2017. 532 s. ISBN 9780367356903.
5. MANOUŠKOVÁ, Marta, MÁLEK, Bohuslav. *Hygiena práce*. Sobotáles, 2015. ISBN 978-80-86817-46-0.

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

Konzultant bakalářské práce: **Ing. Filip Rybníkář**  
Katedra průmyslového inženýrství a managementu

Datum zadání bakalářské práce: **21. září 2020**

Termín odevzdání bakalářské práce: **28. května 2021**

L.S.

---

**Doc. Ing. Milan Edl, Ph.D.**  
děkan

---

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

## **Prohlášení o autorství**

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

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

V Plzni dne: .....

.....

podpis autora

## **Poděkování**

Tímto bych rád poděkoval vedoucí mé bakalářské práce Ing. Itoně Kačerové za její čas, odborné vedení a cenné připomínky, které mi při zpracování práce poskytla.

# ANOTAČNÍ LIST DIPLOMOVÉ (BAKALÁŘSKÉ) PRÁCE

<b>AUTOR</b>	Příjmení Vlk	Jméno Ondřej	
<b>STUDIJNÍ OBOR</b>	Průmyslové inženýrství a management		
<b>VEDOUcí PRÁCE</b>	Příjmení (včetně titulů) Ing. Kačerová	Jméno Ilona	
<b>PRACOVÍŠTĚ</b>	ZČU - FST - KPV		
<b>DRUH PRÁCE</b>	<b>DIPLOMOVÁ</b>	<b>BAKALÁŘSKÁ</b>	Nehodící se škrtněte
<b>NÁZEV PRÁCE</b>	Ergonomie pracoviště		

<b>FAKULTA</b>	strojní	<b>KATEDRA</b>	KPV	<b>ROK ODEVZD.</b>	2021
----------------	---------	----------------	-----	--------------------	------

## POČET STRAN (A4 a ekvivalentů A4)

<b>CELKEM</b>	60	<b>TEXTOVÁ ČÁST</b>	60	<b>GRAFICKÁ ČÁST</b>	0
---------------	----	---------------------	----	----------------------	---

<b>STRUČNÝ POPIS</b>	Bakalářská práce se zabývá ergonomií a racionalizací pracoviště. První část je věnována teoretickým poznatkům týkajících se dané problematiky. V praktické části práce jsou provedeny vybrané ergonomické analýzy. Následně jsou na základě zjištěných problematických oblastí navržena nápravná opatření.
<b>KLÍČOVÁ SLOVA</b>	ergonomie, ergonomické analýzy, RULA, NIOSH, NV 361/2007 Sb., racionalizace

## SUMMARY OF DIPLOMA (BACHELOR) SHEET

<b>AUTHOR</b>	Surname Vlk	Name Ondřej		
<b>FIELD OF STUDY</b>	Industrial Engineering and Management			
<b>SUPERVISOR</b>	Surname (Inclusive of Degrees) Ing. Kačerová	Name Iлона		
<b>INSTITUTION</b>	ZČU - FST - KPV			
<b>TYPE OF WORK</b>	<del>DIPLOMA</del>	<b>BACHELOR</b>	Delete when not applicable	
<b>TITLE OF THE WORK</b>	Ergonomics of the workplace			

<b>FACULTY</b>	Mechanical Engineering	<b>DEPARTMENT</b>	Industrial Engineering and Management	<b>SUBMITTED IN</b>	2021
----------------	------------------------	-------------------	---------------------------------------	---------------------	------

### NUMBER OF PAGES (A4 and eq. A4)

<b>TOTALLY</b>	60	<b>TEXT PART</b>	60	<b>GRAPHICAL PART</b>	0
----------------	----	------------------	----	-----------------------	---

<b>BRIEF DESCRIPTION</b>	The bachelor thesis deals with ergonomics and workplace rationalization. The first part is devoted to the theoretical knowledge about the given issue. In the practical part of this thesis, selected ergonomic analyzes are performed. Subsequently, proposals for improvement are suggested, based on identified problem areas.
<b>KEY WORDS</b>	ergonomics, ergonomics analysis, RULA, NIOSH, NV 361/2007 Coll, rationalization

## Obsah

Úvod.....	11
1 Úvod do problematiky ergonomie.....	12
1.1 Pojem a definice ergonomie .....	13
1.2 Legislativní rámec ergonomie .....	13
1.3 Oblasti ergonomie.....	14
1.3.1 Základní.....	14
1.3.2 Speciální.....	14
2 Ergonomie ve vztahu k průmyslovému pracovišti.....	15
2.1 Ergonomické uspořádání pracovního místa .....	17
2.2 Rizika pracovního prostředí.....	18
2.3 Nemoci z povolání.....	18
3 Ergonomické analýzy .....	20
3.1 RULA .....	20
3.2 Nordic Questionnaire.....	22
3.3 NIOSH.....	23
3.4 Metoda REBA .....	24
3.5 Metoda ergonomických checklistů.....	25
4 Softwarová podpora .....	26
4.1 Tecnomatix Jack.....	26
4.2 Process Simulate.....	27
5 Popis vybraného pracoviště.....	28
5.1 Popis pracovního místa a jeho součástí .....	28
5.2 Popis pracovní činnosti.....	31
5.3 Vytvoření 3D postavy v Jack 9.0.....	32
6 Aplikace ergonomických analýz .....	33
6.1 Výběr vhodných ergonomických analýz .....	33
6.2 Analýza RULA.....	33
6.2.1 Poloha č. 1 – Aplikace odmašťovací směsi pomocí pistole.....	34
6.2.2 Poloha č. 2 – Vyjmutí vypěněného koberce.....	35
6.2.3 Poloha č. 3 – Odnesení výrobku.....	37
6.2.4 Poloha č. 4 – Ohyb pro předlisovaný díl.....	38
6.2.5 Vhodnocení analýz RULA .....	39
6.3 Analýza NIOSH.....	40
6.3.1 Varianta úchopu č. 1.....	42
6.3.2 Varianta úchopu č. 2.....	43
6.3.3 Varianta úchopu č. 3.....	44



6.3.4	Vyhodnocení analýz NIOSH.....	46
6.4	Hodnocení pracovních poloh dle NV 361/2007 Sb.....	46
6.4.1	Poloha č. 1 – Úchop předlisovaného dílu.....	46
6.4.2	Poloha č. 2 – Aplikace odmašťovací směsi pomocí pistole.....	47
6.5	Celkové vyhodnocení provedených analýz .....	49
7	Nápravná opatření .....	50
7.1	Podstavec pod rámovku.....	50
7.2	Protiskluzová podložka.....	51
7.3	Prodloužení nástavce na pistoli .....	52
7.4	Přeuspořádání umístění rámovek.....	53
7.5	Další návrhy.....	54
	Závěr.....	56
	Seznam použité literatury.....	57
	Seznam tabulek .....	59
	Seznam obrázků .....	59

## Seznam zkratk

BOZP	Bezpečnost a ochrana zdraví při práci
CAD	Počítačem podporované projektování
CEN	Evropský výbor pro normalizaci
Č-T-P	Člověk technika prostředí
IEA	Mezinárodní ergonomická společnost
ISO	Mezinárodní organizace pro normalizaci
LI	Zvedací index
MSD	Muskuloskeletální porucha
NASA	Národní úřad pro letectví a vesmír
NIOSH	Národní institut pracovní bezpečnosti a zdraví
NV	Nařízení vlády
NX	Program pro vytváření 3D modelů
OWAS	Systém pracovní analýzy Ovako
PUR	Polyuretanová pěna
REBA	Rychlé hodnocení celého těla
RULA	Rychlé hodnocení horních končetin
RWL	Doporučený váhový limit
SZÚ	Státní zdravotnický úřad
TC	Technická komise

## Úvod

V posledních letech je dán velký důraz na optimalizaci pracovního prostředí. Vývoj vědy a techniky přináší nové postupy a možnosti, jak usnadnit práci člověku, který je i přes vývoj robotizace nedílnou součástí výroby. V současné době se průmyslové podniky zaměřují především na uspořádání pracovišť a eliminaci možných rizik, které následně vedou například k úrazům či nemocím z povolání. Právě nevhodné pracovní podmínky a s nimi související neefektivní výroba, může pro řadu průmyslových podniků znamenat nepříjemnou konkurenční nevýhodu. Jednou z možností optimalizace pracovního prostředí je využití zásad ergonomie. Právě touto problematikou se tato bakalářská práce bude zabývat.

Bakalářská práce s názvem „*Ergonomie pracoviště*“ si klade za hlavní cíl analyzovat pomocí vybraných ergonomických metod pracoviště, identifikovat problematické oblasti a následně racionalizovat pracoviště v průmyslovém podniku.

Celkem je tato práce rozdělena do sedmi hlavních kapitol, z nichž se první čtyři zaměřují na teoretické uchopení tématu pro následné praktické využití v konkrétním průmyslovém podniku. Praktickým využitím se zabývají poslední tři hlavní kapitoly.

První kapitola obsahuje základní teoretické pojetí a definice ergonomie. Dále jsou v této kapitole zahrnuty související pojmy, hlavní a speciální oblasti ergonomie. Nedílnou součástí je také legislativní rámec ergonomie, jehož součástí je nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Stěžejní kapitolou teoretické části práce je kapitola zaměřená na ergonomii ve vztahu k průmyslovému pracovišti, kde jsou uvedeny konkrétní principy a cíle ergonomie, jejichž využití může být pro průmyslový podnik užitečné. Obsahem této kapitoly je ergonomické uspořádání pracoviště včetně blíže specifikovaných faktorů charakterizujících pracovní místo. Na závěr této kapitoly jsou uvedena možná rizika a nemoci z povolání. Třetí kapitola této práce uvádí vybrané ergonomické analýzy, kde jsou popsány analýzy RULA, REBA, NIOSH, Nordic Questionnaire a metoda ergonomických checklistů. Teoretickou část zakončuje kapitola týkající se softwarové podpory, kde je představen software Tecnomatix Jack a Process Simulate.

Dále následuje kapitola číslo pět, ve které je dán důraz především na představení pracovního místa, pro které byl následně navržen 3D model včetně používaných pracovních pomůcek. Závěr této kapitoly obsahuje popis pracovních činností a následný 3D model člověka, který byl vytvořen pomocí programu Tecnomatix Jack. Velmi podstatnou kapitolou praktické části je kapitola číslo šest, jež je zaměřena na aplikaci ergonomických analýz. Začátek této kapitoly obsahuje zdůvodnění výběru analýz. Všechny analýzy byly provedeny prostřednictvím softwarového programu Tecnomatix Jack pro dva vybrané percentily lidské populace. Jako první byla pro analýzu vybrána metoda RULA, která byla provedena celkem pro čtyři pracovní polohy. Druhou metodou byla zvolena analýza NIOSH, a to také pro čtyři polohy, při nichž pracovník manipuluje s břemenem. Poslední metodou, jež byla v této práci použita, je hodnocení pracovních poloh dle NV 361/2007 Sb., pro dvě polohy. Závěr každé metody obsahuje celkové vyhodnocení analýz a interpretaci získaných výsledků. Celou práci zakončuje kapitola týkající se racionalizací pracoviště. V této kapitole jsou představena nápravná opatření, která by měla sloužit ke zlepšení současného stavu pracoviště.

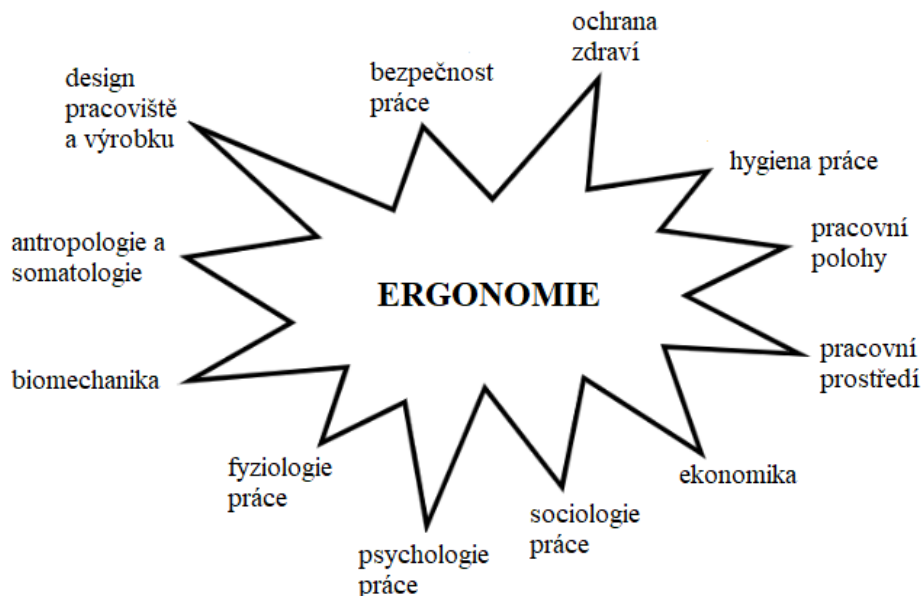
## 1 Úvod do problematiky ergonomie

Ergonomie jako vědní disciplína se poprvé objevila v 19. století, společně s rozvojem pásové výroby, jako odpověď na stále se opakující pohyby, které byly vykonávány při pásové výrobě. V dnešní době význam ergonomie výrazně sílí, díky přibývajícím povoláním, které je nutno vykonávat v sedě. Neustálý posun vědy a techniky zapříčiňuje stálý rozvoj nových strojů, technologií, zařízení a metod prací. Důsledkem toho může být nerovnováha mezi požadavky a nároky, jež jsou nutné k provozu nové techniky. Z toho může následně pramenit přetížení člověka, které často vede k jeho pochybení či selhání celého systému.

Chundela (2013, s. 7) dále zmiňuje dva přístupy k ergonomii, a to **mechanocentrický** a **antropocentrický** přístup. Při mechanocentrickém přístupu je navržena technika tak, aniž by bylo přihlédnuto k limitům člověka. Naopak antropocentrický přístup bere v úvahu dovednosti a schopnosti člověka, které jsou během projektování techniky respektovány. S velkým rozvojem této vědní disciplíny se ergonomie začala uplatňovat v mnoha pracovních odvětvích, ať už jde o výstavu budov, organizaci veřejných prostorů, zobrazovací zařízení nebo například při výrobě dopravních prostředků. [4]

Na ergonomii je nahlíženo jako na vědní obor, který optimalizuje pracovní prostředí člověka a díky správnému využití může napomoci především k efektivnějšímu výkonu pracovníků, ale také napomáhá k bezpečnějšímu a pohodlnějšímu průběhu. [4] [5]

Ergonomie si klade za cíl zejména chránit zdraví člověka a eliminovat negativní faktory, které výrazně ovlivňují pracovní činnost. S tím souvisí další z cílů ergonomie, kterým je navrhování pracovních předmětů, nástrojů, strojů a jiných zařízení do takové podoby, v níž by co nejvíce kopírovaly tvary lidského těla, a tím přispěly k celkovému zlepšení jak mentálního, tak i fyzického zdraví člověka. [8]



Obrázek 1.1 - Mnoho oborová ergonomie [6]

Ergonomie proniká do různých směrů. Obecně by se tento vědní obor mohl označit jako „mnoho oborový“. Problematika ergonomie se vztahuje k pracovnímu prostředí a pracovním polohám. Také je s ergonomií propojena bezpečnost práce a hygiena. Opomenout by se nemělo

ani na psychickou a fyzickou stránku pracovníků. Dále vstupuje ergonomie i do problematiky zabývající se biomechanikou, antropologií či stomatologií (viz obrázek č. 1.1).

## 1.1 Pojem a definice ergonomie

Pojem ergonomie vznikl sloučením dvou řeckých slov, a to „ergon“, neboli práce a slova „nomos“, neboli zákon či pravidlo. Tuto definici lze volně přeložit jako zákonitost práce. [7]

Ergonomii lze popsat mnoha způsoby. Jedna z možných definic je podle Chundely (2013, s. 7), jenž definuje pojem ergonomie jako: „*Ergonomie je interdisciplinární systémový vědní obor, který komplexně řeší činnost člověka i jeho vazby s technikou a prostředím, s cílem optimalizovat jeho psychofyzickou zátěž a zajistit rozvoj jeho osobnosti.*“ [4]

Mezinárodní ergonomecká společnost (IEA) v roce 2016 definovala ergonomii takto: „*Ergonomie je vědecká disciplína zabývající se porozuměním interakcí mezi člověkem a jinými prvky systému a povoláním, které k navrhování používá teorii, principy, data a metody za účelem optimalizace lidské pohody a všech systémů činnosti.*“ [9]

Hájek (2004, s. 6) charakterizuje ergonomii následovně: „*Ergonomie je způsob myšlení, které respektuje člověka ve všech jeho činnostech – pracovních i nepracovních, je to nauka o vzájemném působení mezi člověkem a jeho pracovním i životním prostředím.*“ [2]

## 1.2 Legislativní rámec ergonomie

S ergonomií je spojena řada legislativních nařízení. Mezi nejdůležitější z nich patří vyhláška č. 107/2013 Sb., která vyšla v účinnost 1. 5. 2013 a nahradila dosavadní vyhlášku č. 432/2003 Sb. Tato vyhláška stanovuje kritéria a limity pro zařazování prací do jednotlivých kategorií, dále stanovuje limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli. Tato vyhláška zařazuje práce do kategorií jako jsou např. fyzické zátěže, pracovní polohy, psychické zátěže a zrakové zátěže. [35]

Dále se zabývá ergonomií nařízení vlády č. 361/2007 Sb., které upravuje další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti, ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy a přetváří příslušné předpisy Evropské unie. [22]

Jedná se o metodu, při které se hodnotí pracovní polohy. V rámci použití této metody v programu Tecnomatix Jack jsou výsledkem limitní hodnoty pro polohy trupu, horních končetin, krku, zápěstí, loktů, kolen a nohou. Jednotlivé limity jsou označeny barvami, které odpovídají určitému riziku. Hodnoty zbarvené zeleně odpovídají stanoveným požadavkům. Dále mohou být hodnoty zbarveny žlutě, což odpovídá zvýšenému riziku a mělo by dojít k patřičným změnám. Poslední variantou jsou hodnoty zbarveny červeně. Tyto hodnoty značí riziko a ke změnám by mělo dojít okamžitě. [36]

Legislativou v ČR se také zabývá zákon č. 205/2020 Sb. o ochraně veřejného zdraví, zákon č. 262/2006 Sb. zákoník práce, vyhláška č. 288/2003 Sb. a zákon č. 309/2006 Sb., jenž upřesňuje požadavky v oblasti bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy. [38]

K ergonomii se váže řada technických norem, mezi které patří např.:

- normy CEN:
  - TC 122 – ergonomie,
  - TC 114 – bezpečnost strojních zařízení.
- normy ISO:
  - TC 159 – ergonomie,
  - TC 199 – bezpečnost a zdraví,
  - TC 137 – ovzduší pracoviště. [38]

### 1.3 Oblasti ergonomie

V této podkapitole jsou představeny oblasti ergonomie, vycházející dle IEA, které jsou v textu rozděleny na oblasti hlavní a speciální. Oblasti hlavní ergonomie představují základní, kognitivní a organizační ergonomie. Mezi speciální ergonomie jsou zařazeny oblasti myoskeletální, psychosociální, participační a rehabilitační. [1]

#### 1.3.1 Základní

- **Fyzická ergonomie** zkoumá problematiku pracovního prostředí a pracovních podmínek ve vztahu k lidskému zdraví. Výrazně při tom čerpá z anatomie, fyziologie, antropometrie či například z biomechaniky. Mezi hlavní problémy fyzické ergonomie patří: problematika pracovních poloh, manipulace s břemeny, profesionálně podmíněná onemocnění, zejména pohybového aparátu, uspořádání pracovního místa nebo bezpečnost práce.
- **Kognitivní ergonomie**, také označována jako psychická ergonomie, se orientuje zejména na psychologické problémy pracovního prostředí. Mezi tyto problémy se řadí psychická zátěž, procesy rozhodování, dovednosti a výkonnost, spojení mezi člověkem a počítačem, pracovní proces a další.
- **Organizační ergonomie** je specializována na zlepšování sociotechnických systémů. Součástí sociotechnických systémů jsou postupy, organizační struktury a strategie. Příkladem organizační ergonomie je komunikace, týmová práce, sociální klima a směnný provoz. [1]

#### 1.3.2 Speciální

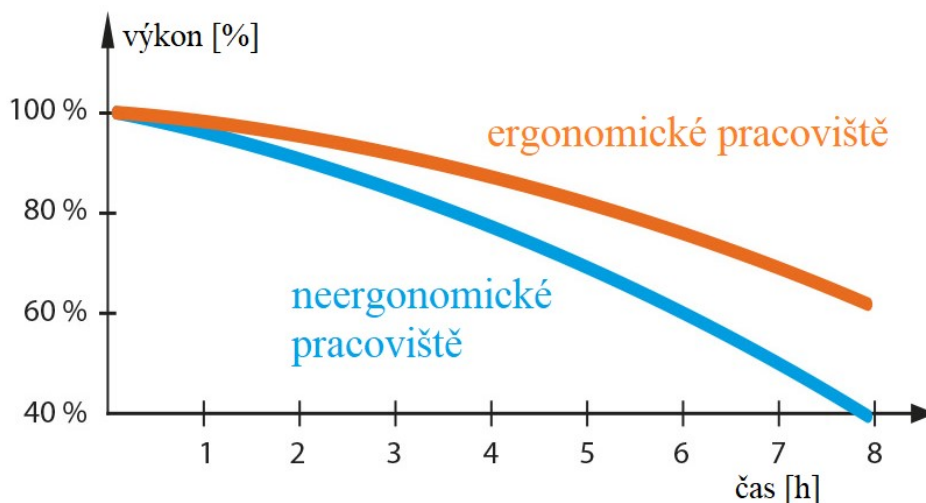
- **Myoskeletární ergonomie** se charakterizuje zejména minimalizováním onemocnění, které jsou způsobeny v důsledku profesních zvyků. Jde především o onemocnění pohybového aparátu, a proto je tato oblast ergonomie důležitá zejména pro fyzioterapeuty, ergoterapeuty a rehabilitační lékaře.
- **Psychosociální ergonomie** je výrazně spojena s myoskeletární ergonomií. Jejím hlavním zájmem je výrazně omezit stresové faktory, kterým je člověk každodenně vystavován. Tyto stresové situace se poté ve většině případů promítají do celkového mentálního rozpoložení člověka, jež následně vede až k výraznému zvýšení možnosti onemocnění pohybového aparátu.
- **Participační ergonomie** umožňuje zaměstnancům se spolupodílet na přetváření jejich pracovního místa, a tím je zahrnuje do problematiky ergonomie tak, že sami zaměstnanci následně danou problematiku vidí z jiného pohledu a dbají proto více na dodržování ergonomických opatření.
- **Rehabilitační ergonomie** je zaměřena na úpravu pracovního místa, nástrojů a pracovních pomůcek pro handicapované osoby za pomoci vhodného přihlídnutí k osobním rysům, jako je například motivace, schopnost adaptace a vůle. [1]

## 2 Ergonomie ve vztahu k průmyslovému pracovišti

Jak již bylo zmíněno v kapitole č. 1, ergonomie je mnoho oborovou vědou, o kterou je čím dál větší zájem, a tak si tato vědní disciplína získala své pevné a nepostradatelné místo na průmyslových pracovištích. Ergonomie je zde nejvýrazněji využívána při tvorbě pracovišť, které musí být zdravotně nezávadné a uspořádané. Rovněž je u pracovišť kladen důraz na to, aby byla tato pracovní místa esteticky příjemná, jelikož i to výrazně podporuje psychiku pracovníka. Dále je důležité dbát na přehlednost pracoviště, tzn. pracovník musí mít vhodné zorné podmínky. Nejdůležitějším kritériem vhodného průmyslového pracoviště je bezpečnost pracovníka. V neposlední řadě by se zaměstnanec na tomto pracovišti měl při výkonu práce cítit pohodlně. Zaměstnavatelé mají často problém tohoto docílit, jelikož aplikace vhodných ergonomických řešení s sebou přináší mnoho těžkostí a nelze je aplikovat bez předchozích specializovaných analýz. U analýzy průmyslových pracovišť musí hodnotitel provést důkladné šetření současného stavu pracoviště. Následně je nutné porovnat tuto analýzu s požadavky právních předpisů a v neposlední řadě vypracovat návrh nápravných opatření. Tato pracovní místa, která v největší možné míře vyhovují lidským potřebám, následně vedou k zefektivnění práce, a tím mnohdy i k částečnému zlepšení kvality produktu. [10] [25]

Ergonomie ve vztahu ke strojírenskému pracovišti se snaží zejména o vytvoření takových pracovních podmínek a takového pracovního místa, aby se člověk vyvaroval nevhodné pracovní zátěži. Jinými slovy nelze přizpůsobit člověka pracovnímu místo, nýbrž místo pracovníkovi. Dále by mělo být pracovní místo v maximální míře přizpůsobeno ergonomickým požadavkům. Pokud tak nebude učiněno, hrozí pracovníkovi tzv. nemoci z povolání, které jsou více přiblíženy v kapitole 2.3. [19]

Německá společnost Hoffman Group uvádí, že: „*I když se nejdříve zřízení takového pracoviště zdá drahé, výsledkem je mnoho předností a v neposlední řadě také úspora nákladů.*“. Mimo snižování nákladů může ergonomicky uspořádané pracoviště zabránit vzniku pracovních úrazů, a tím výrazně omezit počet dnů absence zaměstnanců. [16]



Obrázek 2.1 Snižování pracovního výkonu během pracovní doby [16]

Předchozí obrázek č. 2.1 porovnává ergonomické a neergonomické pracoviště a poukazuje na pokles pracovního výkonu při standardní osmihodinové pracovní směně. Na neergonomicky uspořádaném pracovišti může v průběhu pracovní doby klesnout pracovní výkon až na hodnotu 40 %. Naproti tomu křivka snižování pracovního výkonu u ergonomicky vhodného pracoviště nemá tak výrazný klesající trend, jako je tomu u neergonomického pracoviště. Pracovník na ergonomickém pracovišti by měl na konci směny vykazovat výkon alespoň okolo 60 %.

Hlavním přínosem ergonomie v pracovním prostředí je dle Chundely (2013, s. 12–13) tzv. humanizace techniky. Humanizací techniky je myšleno přizpůsobení tzv. systému Č-T-P člověku. Tento systém je uveden jako vzájemný vztah mezi člověkem, technikou a prostředím. [4]

Na tento systém je nahlíženo jako na dynamický otevřený systém, ve kterém je **člověk** jeho nedílnou součástí a ovlivňuje konečné chování systému. **Technikou** je myšleno vše, co člověk potřebuje k vytváření užitečných hodnot. Dále Slamková, Dulina a Tabaková (2010, s. 16–17) uvádějí kombinace vztahů člověka s technikou, které jsou např.: člověk – nástroj, člověk – stroj, člověk – automat. **Prostředí** označuje vše, co člověka obklopuje. [10]

Ergonomický systém řeší čtyři základní typy úloh:

- **ergonomická racionalizace**, kdy již v existujícím systému je známa struktura i chování tohoto systému. Je hledán takový parametr, při němž je chování systému podle určitého kritéria nejvýhodnější,
- **ergonomické modelování**, při němž systém existuje, ale jeho struktura je neznámá. Podle této struktury je zjišťováno pravděpodobné chování systému,
- **ergonomická analýza**, která je charakteristická existujícím systémem, ale neznámou strukturou a chováním systému. Chování a z něj vyplývající jeho struktura je zjišťována experimentálně,
- **projekční ergonomie**, kdy systém neexistuje a je požadováno jeho zkonstruování s takovou strukturou, aby vykazoval dané chování s určitou pravděpodobností. [4]

Význam ergonomie v pracovním procesu spočívá především v nalezení optimální roviny mezi Č-T-P. Ergonomie sleduje především dva cíle.

**Cíl ekonomický** soustředí se zejména na práci, která musí být vykonávána produktivně a spolehlivě. Při uplatnění tohoto ergonomického cíle může být dosaženo:

- zkrácení doby vykonávání pracovní činnosti,
- zvýšení produktivity práce,
- snížení absence zaměstnanců z důvodu nemoci či úrazu,
- snížení podnikové a mezipodnikové fluktuace.

**Cíl lidský**, jež spočívá v přizpůsobení práce člověku. Uplatnění lidských cílů může zahrnovat tyto pozitivní efekty:

- spokojenost člověka v práci,
- dobrý zdravotní stav,
- životní úroveň zaměstnance. [10]

S ergonomií na pracovišti úzce souvisí dodržování zásad hygieny práce a pracovního prostředí a s bezpečností a ochranou zdraví při práci, dále jen BOZP. Hlavním úkolem hygieny práce je dohlížení na pracovní činnosti, které by mohly, jakkoliv ovlivnit zdraví pracovníků. Na hygienu práce dohlíží Krajská hygienická stanice, která je zde jako kontrolní orgán. Krajská hygienická stanice dohlíží např. na požadavky na dodržování limitů fyzické zátěže pracovníků, požadavky na ergonomii pracoviště, limity prachu a chemických škodlivin nebo také na působení hluku a vibrací. Hygienou práce se blíže zabývá zákon č. 205/2020 Sb., o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů, ve znění pozdějších předpisů, který s účinností od 1. 5. 2020 pozměnil zákon č. 258/2000 Sb. [18]

Významnou změnou této novely zákona je v odstavci 45 (§38 odstavec 2), podle kterého: „Zaměstnavatel může rizikové faktory fyzická zátěž a pracovní poloha zařadit do kategorie druhé na základě odborného hodnocení, které splňuje minimálně následující požadavky.



*Odborné hodnocení musí obsahovat údaje o charakteru práce, místa výkonu práce, době výkonu práce, ...“.* [37]

## 2.1 Ergonomické uspořádání pracovního místa

V této kapitole je představena definice pracovního místa, dále jsou zmíněny aspekty ovlivňující pohodu a výkon pracovníka a následně jsou popsány faktory charakterizující pracovní místo.

Malý, Král a Hanáková (2010, s. 200) definují pracovní místo jako: „*Pracovní místo charakterizuje část pracoviště, na kterém pracovník vykonává pracovní činnost požadovanou technologií výroby, včetně obsluhy, údržby a oprav technických objektů. Je to také místo na pojízdném stroji, místo v řídicím centru (dozorný apod.)*“. [7]

Na pracovníka na pracovišti mohou působit následující vlivy:

- mikroklimatické podmínky pracovního prostředí,
- uspořádání a velikost pracovního prostoru,
- vybavení pracoviště,
- pracovní doba,
- charakter práce (fyzická, psychická, sensorická a jejich kombinace),
- pracovní poloha a pohyby,
- zdravotní stav pracovníka,
- fyziologické vlastnosti (věk, pohlaví, tělesné rozměry, hmotnost atd.). [17]

Při odborné analýze pracoviště je vhodné zaměřit se na tyto faktory charakterizující pracovní místo:

**Pracovní poloha** označuje takovou polohu těla, kterou pracovník zaujímá při výkonu práce. Pracovní polohy je možné rozdělit na polohy: vkleče, vsedě, vstoje nebo jejich kombinace. Příkladem pozice vsedě je kancelářská práce, práce u montážních linek nebo řízení vozidel. Správná poloha při práci vsedě, je založena na sedu s narovnanými zády tak, aby horní i dolní končetiny svíraly tupé úhly. Základem je také využívat zádové opěrky hlavy či šíje, jež jsou přizpůsobeny tělesným rozměrům pracovníka, a které zamezují záklonům či předklonům hlavy a krku. Pokud pracovník pracuje pouze vsedě nebo vstoje, je tím negativně ovlivněno jeho zdraví. Tyto polohy jsou definovány jako tzv. polohy fyziologicky nepříznivé. Příkladem nejčastějších pracovišť, kde vznikají fyziologicky nepříznivé polohy jsou:

- pracoviště s omezeným prostorem,
- práce bez příležitosti si při práci sednout (dělníci obráběcích strojů, zámečnické firmy),
- práce bez možnosti jít se na chvíli projít,
- práce, která musí být vykonávána vsedě (práce u montážní linky, balicí linky).

**Zorné podmínky** vycházejí z charakteru vykonávané práce, uspořádání pracovního místa a zdravotního stavu pracovníka. Pracovní místo by mělo být sestavené tak, aby pracovník viděl na veškeré předměty a materiál potřebný k jeho výkonu práce, a aby tím byl zajištěn optimální zorný úhel.

**Pracovní pohyby** jsou uskutečňovány tak, aby bylo minimalizováno přetěžování končetin. Pohyby by měly být prováděné v plynulosti a v takové rychlosti, ve které jsou běžně prováděny přímé pohyby.

**Pracovní rovina** zpravidla odpovídá výšce pracovníka. Například pro lidi při práci vstoje, s výškou okolo 170 cm se doporučuje umístit pracovní polohu do výšky 65 cm.

**Rozmístění ovladačů a hmatníků** musí být pro pracovníka vždy dosažitelné, bez nadbytečných pohybů a vždy viditelné.

**Rozmístění sdělovačů** by v optimálním případě mělo být ve výšce očí pracovníka, tedy v rovině kolmé na zorné pole. [17]

## 2.2 Rizika pracovního prostředí

Rizikové faktory jsou podle Marka a Skřehota (2009, s. 29) definovány jako negativní vlivy, které v jisté míře záporně ovlivňují lidské zdraví a je jim vystaven každý člověk během výkonu práce. Může jimi být jakákoliv podmínka, činitel, okolnost nebo vlastnost pracovního systému. Tyto negativní faktory mohou být podmětem k pracovnímu úrazu, profesní otravy, nemoci z povolání či jiné újmy na zdraví.

Rizikové faktory jsou definovány podle nařízení vlády č. 361/2007 a podle vyhlášky č. 107/2013 Sb., viz kapitola č. 1.2. Řadí se sem např.: chemické faktory, fyzická zátěž, fyzikální faktory, psychická zátěž, prach či zřaková zátěž. [8]

## 2.3 Nemoci z povolání

Při nedodržování zásad ergonomie práce může vzniknout řada onemocnění. Malý (2016, s. 200) vysvětluje nemoci z povolání jako: „*Nemoci vznikající nepříznivým působením fyzikálních, chemických, biologických nebo jiných škodlivých vlivů nebo akutní otravy vznikající nepříznivým působením chemických látek, pokud jsou uvedeny v seznamu nemocí z povolání a pokud vznikly za podmínek, uvedených v tomto seznamu*“. [7]

K 1. 1. 2015 došlo k novelizaci zákona, který stanovuje seznam nemocí z povolání a dělí je do šesti kapitol:

- I. nemoci z povolání způsobené chemickými látkami,
- II. nemoci z povolání způsobené kvůli fyzikálním faktorům,
- III. nemoci z povolání týkající se dýchacích cest,
- IV. nemoci z povolání kožní,
- V. nemoci z povolání přenosné a parazitární,
- VI. nemoci z povolání způsobené jinými faktory a činiteli. [23]

Problematikou nemocí z povolání se každoročně zabývá Státní zdravotní ústav, z kterého je čerpána následující tabulka, zachycující vývoj počtu nemocí z povolání mezi lety 2014–2019.

**Tabulka 2.1 Nemoci z povolání [31]**

Kapitola	Nemoc z povolání	2019	2018	2017	2016	2015	2014
I.	NzP způsobené chemickými látkami	6	9	7	6	6	9
II.	NzP způsobené fyzikálními faktory	527	695	767	665	547	520
III.	NzP týkající se dýchacích cest, plic, pohrudnice a pobřišnice	172	199	155	184	214	273
IV.	NzP kožní	168	166	177	181	149	179
V.	NzP přenosné a parazitární	193	153	171	205	117	230
VI.	NzP způsobené ostatními faktory	1	-	1	1	2	3
	<b>Nemoci z povolání</b>	<b>1067</b>	<b>1222</b>	<b>1278</b>	<b>1242</b>	<b>1035</b>	<b>1214</b>
	<b>Ohrožení nemocí z povolání</b>	<b>78</b>	<b>60</b>	<b>92</b>	<b>55</b>	<b>57</b>	<b>36</b>
	<b>Úhrnem</b>	<b>1145</b>	<b>1282</b>	<b>1370</b>	<b>1297</b>	<b>1092</b>	<b>1250</b>
	<b>Počet osob s hlášeným onemocněním</b>	<b>951</b>	<b>1034</b>	<b>1117</b>	<b>1051</b>	<b>911</b>	<b>1065</b>

Z tabulky č. 2.1 je jasné patrný konstantní trend v počtu nemocí z povolání zapříčiněných chemickými látkami. Mezi roky 2017–2019 má klesající trend oblast nemocí z povolání způsobenými fyzikálními faktory. Tento pokles lze odůvodnit lepšími se ergonomickými opatřeními v oblasti hluku a vibrací na pracovišti.

Naopak rostoucí trend mají přenosná a parazitární onemocnění. Nejčastěji jsou nemoci z povolání způsobeny fyzikálními faktory, jejich podíl na celkovém počtu nemocí z povolání často překračuje hranici 50 %.

### **Nemoci z povolání způsobené fyzikálními faktory**

Státní zdravotní ústav (SZÚ) rozděluje nemoci z povolání způsobené fyzikálními faktory do deseti položek. Mezi nejčastěji hlášenými onemocněními jsou položky II.9 – II.10, které patří do tzv. nemocí z přetěžování končetin. Podle studie SZÚ z roku 2019 je nejčastější nemocí z povolání **syndrom karpálního tunelu**. Syndrom karpálního tunelu je onemocněním způsobeným útlakem nervu n. medianus v karpálním tunelu. Toto onemocnění se řadí k jedněm z nejproblematictějších onemocnění z přetížení. Tento syndrom se často vyskytuje v kombinaci s dalšími nemocemi z povolání. Podle SZÚ byl syndrom karpálního tunelu diagnostikován u většiny ze 161 případů za rok 2019, kde se prokázalo více než jedno onemocnění z povolání. Ačkoliv je syndrom karpálního tunelu nejčastějším onemocněním z povolání v České republice, tak se počty diagnostikovaných případů meziročně snižují. Za rok 2019 bylo oproti roku 2018 diagnostikováno o 84 hlášených případů méně. Tento syndrom se v hojné míře vyskytuje u pracovníků, kteří se vyskytují ve strojírenském průmyslu, a to konkrétně u profesí, kde je častá práce s vrtačkou, s dlátem apod. [1] [31]

### 3 Ergonomické analýzy

Následující kapitola je teoretickým podkladem pro praktickou část práce. Uvedena zde bude metoda RULA, Nordic Questionnaire, NIOSH, metoda REBA a metoda ergonomických checklistů.

#### 3.1 RULA

Metoda RULA (Rapid Upper Limb Assessment) byla navržena v roce 1993 ve Velké Británii, jako ergonomický nástroj sloužící k rychlému hodnocení rizik na pracovišti, jejímž hlavním úkolem je určení rizika zatížení horních končetin a krku. Tato metoda byla navržena jako rychlý nástroj, fungující na bázi screeningu. Při této metodě je hodnoceno biomechanické a posturální zatížení horní poloviny těla. [14]

Analýza RULA byla vytvořena s následujícími cíli:

- zhodnotit svalovou námahu vyskytující se u pracovních pozic, pro které jsou typické opakované pohyby, jež mohou vést k nadměrnému zatěžování svalů,
- pomocí snadné metody skórování identifikovat naléhavost změn,
- poskytnout nástroj pro hodnocení, který je uživatelsky přívětivý a vyžaduje minimální čas a úsilí.

Výhody RULA:

- měření muskuloskeletárních rizik,
- rychlé a snadné použití,
- zvyšování efektivity práce,
- dobrý informační nástroj pro vedení a pracovníky ve vysoce rizikových pozicích.

Nevýhody RULA:

- nezohledňuje organizační a psychologické faktory,
- náročné zachycení pohybů pomocí fotografií,
- omezeno na přístup v jednom okamžiku. Hodnotitel musí zvolit nejextrémnější držení těla.

Základem této metody je pozorování pracovníka na daném pracovišti při vykonávání běžných pracovních úkonů po několik pracovních cyklů. Dále hodnotitel vybere polohy, které jsou rizikové, nejčastěji vykonávané a polohy, při kterých je vynakládáno nejvyšší silové zatížení. Před následným obodováním hodnotitel určí, zda bude hodnocena pravá či levá strana. Tyto polohy jsou následně vhodně obodovány. [20]

Do celkového hodnocení se zařazují polohy paží, předloktí, zápěstí, krku, trupu a také dolních končetin. Každá z těchto částí těla má uvedenou základní polohu, která je ohodnocena základním skóre. Navíc lze získat dodatečné body, jež jsou zahrnuty do tzv. proměnného skóre. Skóre jsou dále zapsaná do jednotlivých tabulek. Tabulka A představuje skóre poloh horních končetin – zápěstí, paže a předloktí. V tabulce B je uvedeno skóre poloh krku, trupu a nohou. Výsledná tabulka C obsahuje skóre C a skóre D.

Skóre C = skóre tabulky A + svalové skóre + skóre silové – skóre zátěžové

Skóre D = skóre tabulky B + svalové skóre + skóre silové – skóre zátěžové [3]

Konečným výstupem pro hodnocení této metody je **celkové hodnocení** rozdělené do čtyř kategorií, které se pohybují v rozmezí 1–7. Jednotlivé kategorie jsou více specifikovány níže:

Kategorie	RULA skóre	Úroveň rizika	Opatření
1	1–2	Zanedbatelné	Není nutné
2	3–4	Nízké	Prozkoumejte dále
3	5–6	Střední	Prozkoumejte dále a proveďte úpravy
4	6+	Vysoké	Nutné okamžitě

Tabulka 3.1 RULA skóre [20]

Po provedení ergonomické analýzy RULA a po vyhodnocení této analýzy je důležité zaměřit se na výsledné hodnoty. RULA skóre v kategorii 1 představuje úroveň rizika zanedbatelnou a není nutné dále navrhovat nápravná opatření. Kategorie 2 značí nízkou úroveň rizika a obecně se doporučuje provést ergonomickou analýzu detailněji. Pro třetí kategorii je charakteristická střední úroveň rizika a je nutné provést nejen hlubší ergonomickou analýzu, ale také provést úpravy. V případě, že RULA skóre vyjde v kategorii 4, signalizuje to, že je nutné navrhnout nápravná opatření, a to okamžitě.

Mezi základní ergonomická opatření je možno zahrnout tyto tři body:

- redukce extrémních pohybů kloubů – pomocí změny nástroje, pozice materiálu či vykonavatele pracovní činnosti,
- redukce potřebné síly při práci – díky mechanizaci nebo změně momentových charakteristik,
- redukce často opakovaných činností – rozšíření náplně práce o další činnosti, střídání pracovních pozic, mechanizace a automatizace práce. [10]

Pravá horní končetina						
PAŽE						<input type="checkbox"/> Zvednuté rameno <input type="checkbox"/> HK v abdukci <input type="checkbox"/> Sklonění nebo podpora váhy paže
PŘEDLOKTÍ						<input type="checkbox"/> Činnosti přes střednici těla nebo na stranu ← <b>Dodatečné BODY ± 1</b> →
ZÁPĚSTÍ						<input type="checkbox"/> Zápěstí vytočeno mimo střednici Select if wrist is bent away from midline
ZÁPĚSTÍ						<b>ROTACE</b> <b>Síla &amp; Zátěž pro pravou stranu ruky</b> VYBĚTE JEDNU Z NABÍZENÝCH MOŽNOSTI: <input type="checkbox"/> Žádná překážka + méně než 2 kg přerušované zátěže nebo síly <input type="checkbox"/> 2–10 kg přerušované zátěže nebo síly <input type="checkbox"/> 2–10 kg statická zátěž + 2–10kg opakující se zátěž nebo síla + 10kg či více přerušované zátěže nebo síly <input type="checkbox"/> 10 kg statická zátěž + 10 kg opakovaná zátěž nebo síla + náraz nebo prudké zvyšování síly

Obrázek 3.1 Metoda RULA [34]

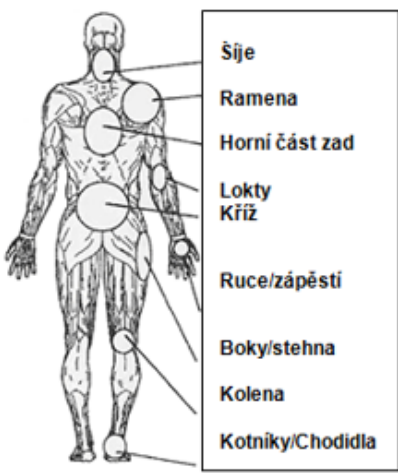
Na obrázku č. 3.1 jsou zobrazena rizika hodnocení poškození horních končetin z pohledu pravé strany lidského těla. Obrázek je rozdělen do čtyř částí, kde jsou postupně popsány paže, předloktí, zápěstí a v neposlední řadě také rotace zápěstí. Tyto části jsou obodovány zejména podle úhlů, ve kterých se daná část ruky nachází. Ve stejném principu je obodovaná také levá strana.

### **3.2 Nordic Questionnaire**

Nordic Questionnaire, je další z ergonomických metod sloužící pro sběr dat. Tuto metodu lze použít dvěma způsoby, a to jako strukturovaný rozhovor či jako dotazník. Dotazník i rozhovor se dělí na dvě hlavní sekce – obecnou a specifickou. V první části se zaměřuje na 9 částí těla, a to konkrétně na krk, ramena, lokty, zápěstí, horní část zad, dolní část zad, kyčel/stehna, kolena a kotníky. Během této části se zohledňují zdravotní potíže za posledních 7 dní a za poslední rok. Druhá část dotazníku je rozdělena na 25 otázek týkajících se krku, ramen a dolní části zad a s nimi spojenými problémy za posledních 7 dní. [33]

**NORDIC QUESTIONNAIRE**  
Ergonomická analýza podmínek na pracovištích

Podnik: \_\_\_\_\_  
 Číslo (Nevyplňovat): \_\_\_\_\_ Datum: (den, měsíc, rok): \_\_\_\_\_  
 Závod, středisko, provoz: \_\_\_\_\_  
 Nynější profese: \_\_\_\_\_  
 Kolik roků pracujete v nynějším zaměstnání? : \_\_\_\_\_  
 Jste vyučený v nynější profesi?  ANO  NE  
 Pracujete:  v normálním pracovním poměru  
 na zkrácený úvazek  
 Váš věk (roky): \_\_\_\_\_ Vaše výška (cm): \_\_\_\_\_  
 Jste:  MUŽ  ŽENA  
 Jste:  PRAVÁK  LEVÁK  
 Převládající pracovní poloha  sezení  sezení a stání  stání



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

Obrázek 3.2 Dotazník Nordic Questionnaire [15]

### 3.3 NIOSH

NIOSH je metodou používanou pro hodnocení fyzického zatížení při manipulaci s břemeny po dobu maximálně 8 hodin a hmotností nad 5 kg. Tato metoda vznikla v roce 1981 Národním institutem pracovní bezpečnosti a zdraví (National Institute of Occupational Safety and Health), dále byla tato metoda přepracována v letech 1991 a 1993. Po poslední úpravě směrnice vznikl doporučený hmotnostní limit, tzv. RWL (Recommended Weight Limit). Doporučený váhový limit je primárním produktem metody NIOSH, uvádějící maximální možnou zátěž, kterou pracovník může zvedat, bez sebemenšího rizika poruchy pohybového aparátu. [24]

Dále se zde počítá index značený LI (Lifting Index), jež je dán poměrem mezi zvedanou hmotností a limitem RWL. LI označuje odhad relativního fyzického stresu a rizika poruchy pohybového aparátu. Jestliže hodnota indexu LI vyjde menší než 1, pak neexistuje riziko a není

nutné provádět úpravy. V případě, že hodnoty indexu LI dosáhnou hodnot 1 a více, riziko existuje a je doporučeno uskutečnit určité změny. [11]

Výpočet metody:

$$RWL[kg] = LC * HM * VM * DM * AM * CM * FM$$

$$LI = \frac{L[kg]}{RWL[kg]}$$

LC ... hmotnostní konstanta ( $LC = 23 \text{ kg}$ ),

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

H ... horizontální vzdálenost od koníků k těžišti břemene měřená na počátku zvedání,

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

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

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

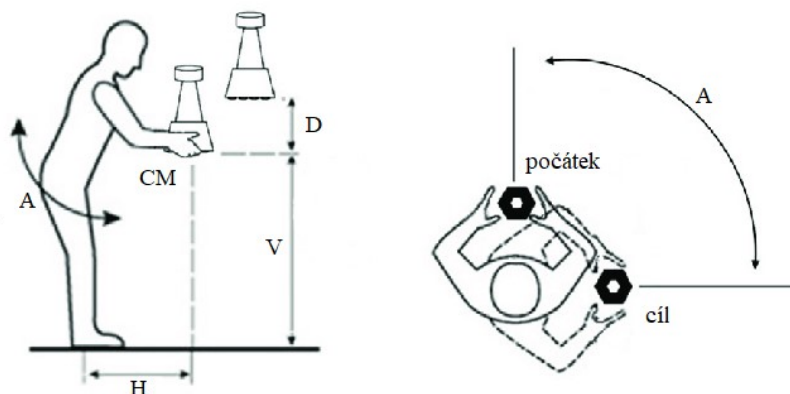
D ... vertikální vzdálenost těžiště při zvedání břemene,

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

A ... úhel natočení od sagitální roviny měřený při zvedání břemene,

CM ... multiplikátor spojení (z tabulky) popisuje vazebné podmínky rukou a předmětu,

FM ... frekvenční multiplikátor (z tabulky) četnost zdvihacích úkonů za jednu minutu. [24]



Obrázek 3.3 Parametry NIOSH [29]

### 3.4 Metoda REBA

Metoda REBA (Rapid Entire Body Assessment) je komplexní metodou pro rychlé hodnocení rizik MSD (Musculoskeletal Disorder). Na rozdíl od metody RULA se zabývá analýzou horní i dolní části pohybového aparátu. Pro každou část těla je přiřazeno bodové ohodnocení. Hodnotí se zde základní skóre a proměnné skóre. Tyto části jsou rozděleny do dvou skupin:

- skupina A – trup, krk, dolní končetiny, a hledisko manipulace s břemeny – skóre zátěž – síla,
- skupina B – hodnocení paží, předloktí, zápěstí levé nebo pravé končetiny a hledisko techniky uchopení.



Výsledkem sečtení hodnot ze skupiny A a B je celkové REBA skóre. Pro větší přehlednost je skóre zaneseno do tabulky, která obsahuje pět typů opatření (0–4) a k nim příslušné REBA skóre, úroveň rizika a doporučené opatření. [3]

**Tabulka 3.2 Metoda REBA celkové hodnocení [3]**

Typ opatření	REBA skóre	Úroveň rizika	Opatření
0	1	Zanedbatelné	Není nutné
1	2–3	Malé	Může být nutné
2	4–7	Střední	Nutné
3	8–10	Vysoké	Nutné (co nejdříve)
4	11–15	Velmi vysoké	Nutné (okamžitě)

### 3.5 Metoda ergonomických checklistů

Ergonomický checklist neboli kontrolní seznam, se používá jako vhodný ergonomický prostředek při hodnocení pracovních míst. Na rozdíl od Nordic Questionnaire jsou checklisty vyplňovány pracovníky provádějící výzkum. Respondent má na výběr ze dvou možností, a to mezi kladnou a mezi zápornou odpovědí. V případě, že respondent odpoví záporně, je na místě, aby bylo přijato nápravné opatření. Pokud je odpověď kladná, není nutné provádět změny. Cílem této metody je navržení takového pracoviště, které splňuje ergonomické požadavky pracovníka. Pro tuto metodu je typická velmi velká rozmanitost checklistů. [19]

Níže jsou vypsány některé checklisty uváděné SZÚ:

- **orientační checklisty**
  - checklisty pro základní ergonomická rizika,
  - checklisty pro uspořádání pracovního místa,
  - checklisty pro základní ergonomické hodnocení pracovního místa s ohledem na onemocnění pohybového aparátu,
  - checklisty pro manipulaci s břemeny,
  - checklisty pro pracovní polohy.
- **checklisty pro posuzování základních ergonomických kritérií**
  - checklisty pro vynakládání svalové síly vsedě,
  - checklisty pro vynakládání svalové síly vstoje,
  - checklisty pro kritéria ruční manipulace s materiálem. [3]

## 4 Softwarová podpora

V této kapitole budou blíže specifikovány dvě možné softwarové podpory pro ergonomické analýzy, jejichž teoretický základ bude využit pro empirickou část práce. První z nich je software od společnosti Siemens – Tecnomatix Jack. Druhou možnou softwarovou podporou při tvorbě virtuálních pracovišť je program Process Simulate od téže společnosti.

### 4.1 Tecnomatix Jack

Program Tecnomatix Jack od firmy Siemens slouží jako hlavní nástroj pro vypracování praktické části práce. Jedná se o softwarový program vynalezený v 80–90 letech 20. století společností NASA. Tento software slouží jako nástroj pro umístění modelu člověka do virtuálního prostředí. Pro vytvoření přesného biomechanického modelu člověka jsou používána data z databáze populačních průzkumů. Modelu je rovněž možno přiřadit přesné úkoly a následně sledovat jeho výkonnost.

Do tohoto softwaru je možné vkládat rozmanitou grafiku z programu CAD (Computer Aided Design) a vytvářet tím kopii reálného prostředí daného pracoviště, ale i celého systému výroby. Program Tecnomatix Jack slouží mimo jiné i jako simulační nástroj, ve kterém je umožněno pracovat v reálném čase. Biomechanický model člověka je v softwaru složen z 69 segmentů a 68 kloubů.

Nejvíce segmentů se nachází v horní části těla, a to konkrétně v páteři (17 segmentů) a v pažích (16 segmentů). Z tohoto důvodu je tento program určen jako vhodná softwarová podpora při práci s analýzou RULA, která se, jak již bylo zmíněno v kapitole RULA, zabývá analýzou zatížení horních končetin. Program Tecnomatix Jack umožňuje vyhodnocování výkonu virtuální osoby mnoha způsoby, ke kterým je nutno použít doplňkové moduly, kterými jsou např. Occupant Packaging Toolkit nebo Task Analysis Toolkit. Tyto doplňkové moduly nabízí hodnotiteli pracovat se širokou řadou analýz, mezi nimiž se nachází také analýza NIOSH, která byla popsána v kapitole č. 3.3. [32]



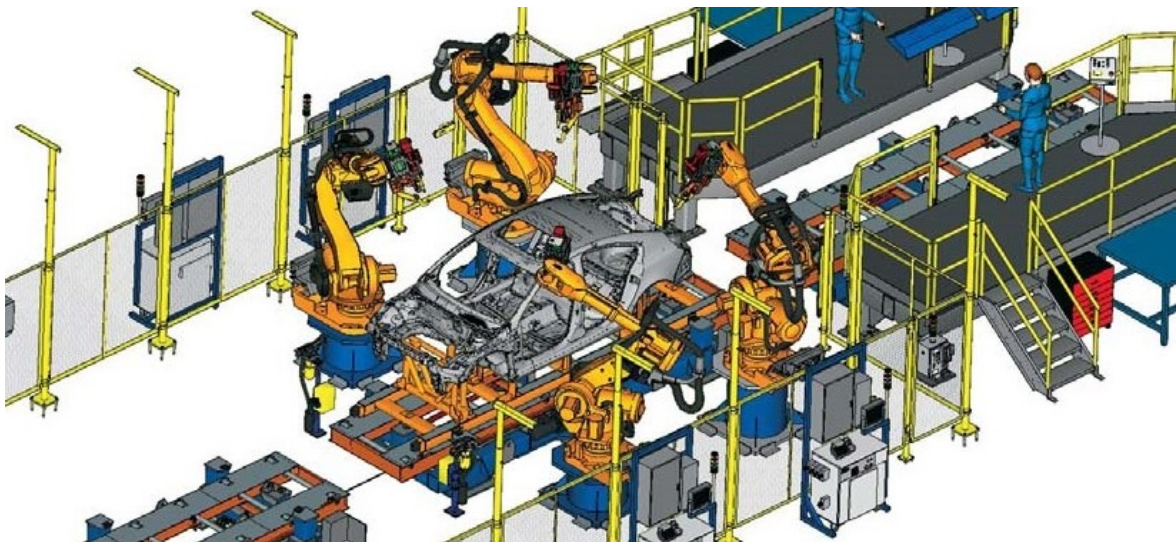
Obrázek 4.1 Tecnomatix Jack [30]

Na obrázku č. 4.1 je vidět průmyslové pracoviště v digitálním prostředí, dále obrázek obsahuje tři osoby, u kterých je možno provádět řadu ergonomických analýz. Tento obrázek je vytvořen v programu Tecnomatix Jack 9.0., který zprostředkovává společnost Siemens.

## 4.2 Process Simulate

Process Simulate je dalším ze simulačních a ověřovacích nástrojů od společnosti Siemens. Součástí Process Simulate jsou moduly Human, Spot, Robotics a Assembly.

- Z ergonomického hlediska je nejdůležitějším modulem **Process Simulate Human**, který umožňuje detailní simulaci lidských montážních procesů. Oproti softwaru Tecnomatix Jack je největší předností tohoto modulu možnost simulace celé výroby. Mimo jiné je také možné vytvářet layouty vybraných pracovišť. Tento modul se zabývá ergonomií a zatížením pracovníků na pracovišti. Dále je zde umožněno navrhovat reálné proporce postavy člověka s využitím mnoha databází o rozměrech lidské populace, včetně definování pohlaví či národnosti a tyto návrhy reálných osob je následně možné vkládat do uměle vytvořeného virtuálního prostředí. V tomto programu je možné využít řadu ergonomických analýz, jako jsou např.: RULA, NIOSH, OWAS. Pomocí těchto analýz je tak možné hodnotit zejména lidskou výkonnost, bezpečnost a vytvářet tak komplexní ergonomické studie. Největší výhody tohoto modulu jsou následující:
  - snížení nákladů na změny pomocí včasného odhalení problémů týkající se návrhu produktu,
  - optimalizace doby cyklů simulace,
  - minimalizování rizik ve výrobě pomocí několika výrobních scénářů,
  - včasné ověření a uvedení do provozu ve virtuálním prostředí. [21] [26]
- **Process Simulate Robotics** umožňuje uživatelům navrhovat a simulovat velmi složité robotické pracoviště. Dále poskytuje možnost např. vytvořit statickou či dynamickou simulaci dosahu robotů, vyhodnotit případné kolize, doby trvání operací nebo optimalizovat rozmístění robotů.
- **Process Simulate Assembly** je využíván pro navrhování a verifikování správnosti cest dílů při montáži a pro odhalování případných kolizí. [12]



Obrázek 4.2 Process Simulate [27]

## 5 Popis vybraného pracoviště

Tato část práce zahrnuje představení pracoviště v průmyslovém podniku, na jehož datech byla vypracována praktická část této bakalářské práce. Součástí této kapitoly je představení pracovního místa a dále popis vybraných činností prováděných na tomto pracovním místě. Kapitola obsahuje reálné fotografie, pořízené při návštěvě podniku a 3D model celého pracoviště a jeho součástí.

### 5.1 Popis pracovního místa a jeho součástí

Pozorování a sběr dat proběhlo v podniku, který se zabývá výrobou v oblasti automotive a jeho zaměřením je především výroba komponentů interiérového vybavení automobilů. Pro praktickou část této práce bylo vybráno pracoviště, jehož hlavní náplní je lisování těchto komponentů. Výroba na tomto pracovišti probíhá ve třísměnném provozu. Vybrané pracoviště pro analýzu se nachází ve výrobní hale. Ve výrobní hale se nachází lisovací stroj, na němž jsou vyráběny výlisky z PUR pěny. Stroj obsluhuje vždy jeden pracovník, který pracuje v osmihodinových směnách, s možností jedné přestávky na oběd, a to v čase 30 minut. Celkový čistý čas práce pracovníka je tedy 450 minut. Pracovník má v náplni práce obsluhu dvou pracovišť. Mezi jednotlivými pracovišti se pracovník volně pohybuje a veškerá práce je vykonávána vstojně. Normou pro výrobu za směnu je celkem 200 kusů na jednoho pracovníka.

Celé pracoviště je široké od bezpečnostní klece ke druhé 285 cm a vysoké 270 cm, měřeno od podlahy k odvodušňovacímu systému. Ocelová forma, ve které se vypěňují výlisky je široká 180 cm a vysoká 140 cm. Forma je nakloněná pod úhlem 50 °. Rozměr od země k počátku formy je 102 cm, viz obrázek 5.1.



Obrázek 5.1 Rozměry pracoviště 1 a 2

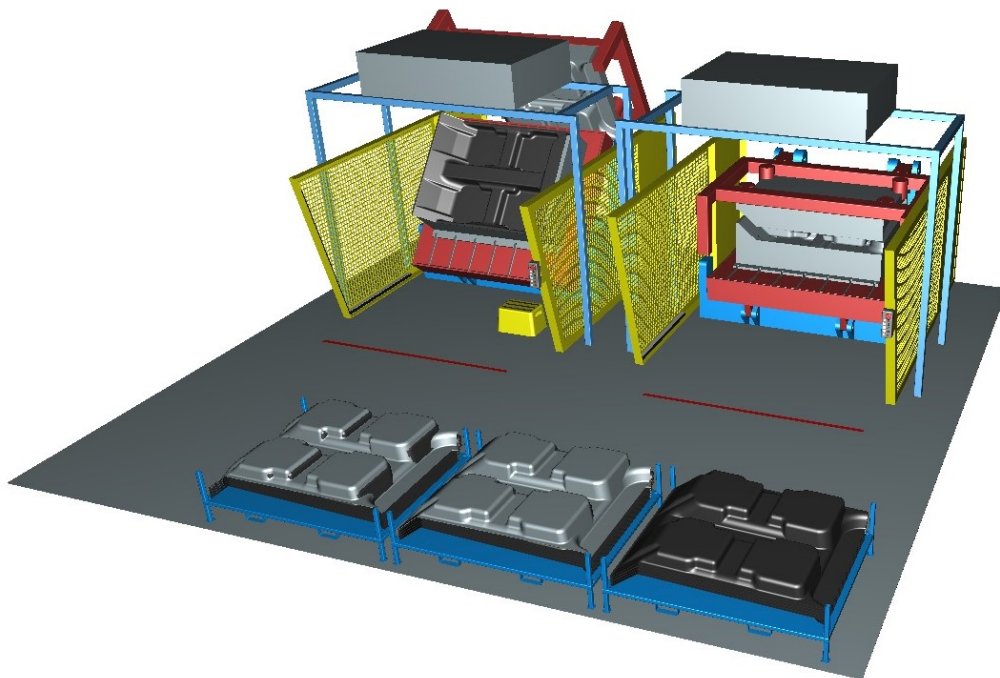
Pracoviště se skládá zejména z komplexního lisovacího stroje, který je doplněn o žluté bezpečnostní klece se závorami, protaženými až za samotný stroj. Mimo jiné se zde nacházejí dvě kovové rámovky s již předlisovanými výrobky, jež se na těchto lisech dále zpracovávají. Dále je zde další rámovka, která se využívá pro odkládání hotových vypěněných výlisků. Nad každým z lisů je umístěna klimatizace sloužící k odsávání vzduchu při lisování. K samotné práci pracovníka se používá nastříkací pistole nebo dále například řezák na odstranění

přebytečného materiálu. Pracovník ke své práci také využívá předpřipravené polystyrenové výplně, které se nacházejí v bednách mezi stroji. V neposlední řadě je běžnou pomůckou bedýnka, díky které si pracovník vypomáhá například při práci s pistolí. Zaznamenané rozměry této bedýnky jsou 46x30x31 cm. Pro samotné spuštění lisu používá pracovník ovládací panel, nacházející se z boku bezpečnostní klece. Všechny tyto součásti a vybavení pracoviště je možné vidět na obrázku 5.2.



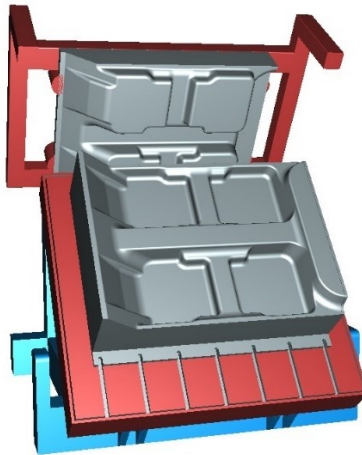
Obrázek 5.2 Náhled na celé pracoviště

Pro následnou práci s programem Tecnomatix Jack bylo nutné nejprve namodelovat 3D pracoviště i s jednotlivými objekty tak, aby byl 3D model co nejreálnější. Výsledný model se tedy skládá ze dvou vstřikolisovacích strojů, které jsou opatřeny bezpečnostními klecemi. Dále model obsahuje žluté pomocné boxy a tři rámovky. Celý model pracoviště je vyobrazen na obrázku 5.3.



Obrázek 5.3 Model celého 3D pracoviště v programu NX

Obrázek 5.4 zobrazuje hlavní komponent pracoviště. Je jím vstříkolisovací stroj, na kterém pracovníci nejprve nanášejí odmašťovací tekutinu, dále nasazují předlisovaný výrobek a následně vyjmou vypěněný výrobek z ocelové formy.



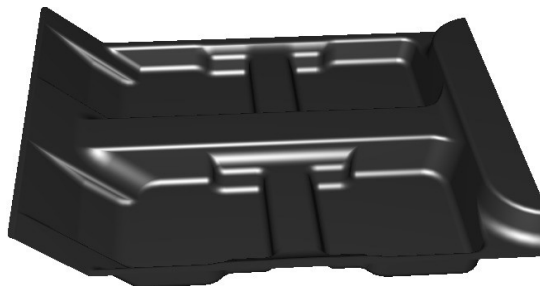
**Obrázek 5.4 Model vstříkolisovacího stroje**

Pracovníci ke své práci využívají žlutých bedýnek o rozměrech 46x30x31 cm. Např. při vyjímání napěněného koberce z ocelové formy či při aplikaci odmašťovací směsi. Model bedýnky je na obrázku 5.5.



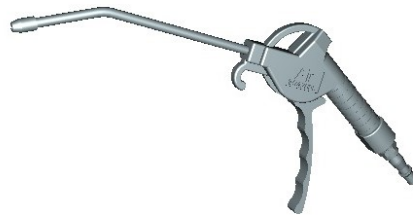
**Obrázek 5.5 Model pomocné bedýnky**

Obrázek 5.6 znázorňuje finální výrobek. Je jím vypěněný PUR koberec, používaný do automobilů. Celková hmotnost tohoto výrobku se pohybuje od 4–6 kilogramů.



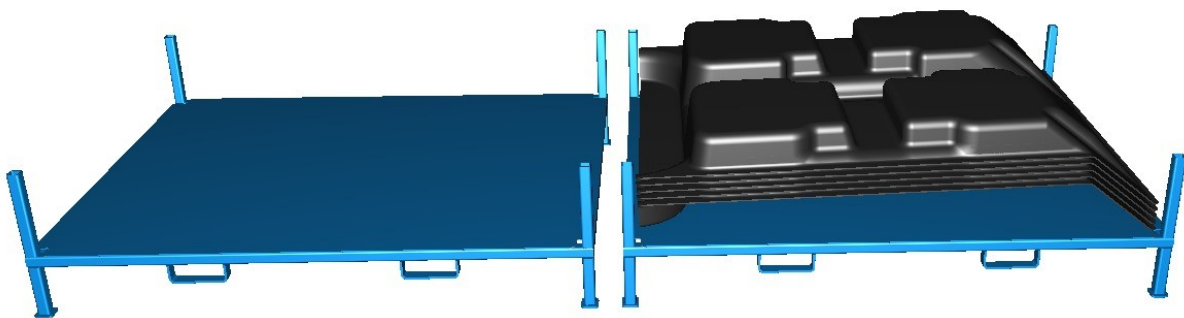
**Obrázek 5.6 Model finálního výrobku**

Během práce manipulují pracovníci také se směsí na odmaštění formy pro následnou snadnější manipulaci. Směs aplikují pomocí pistole, kterou po celou dobu aplikace drží v ruce. Pistole je navržena tak, aby se s ní snadno manipulovalo. Pro tuto bakalářskou práci byl vymodelován 3D model pistole, který je možné vidět na obrázku 5.7.



**Obrázek 5.7 Model nastříkovací pistole**

Na pracovišti se dále nacházejí rámovky s materiálem. Jedny slouží k odebrání předpřipravených kusů, které následně míří na stroje a druhé, na které je následně ukládán finální výrobek. Pro dvě pracoviště se nachází pouze jedna rámovka na odkládání a dvě rámovky na odebrání. Ukázka těchto rámovek je na obrázku 5.8.



**Obrázek 5.8 Model rámovek**

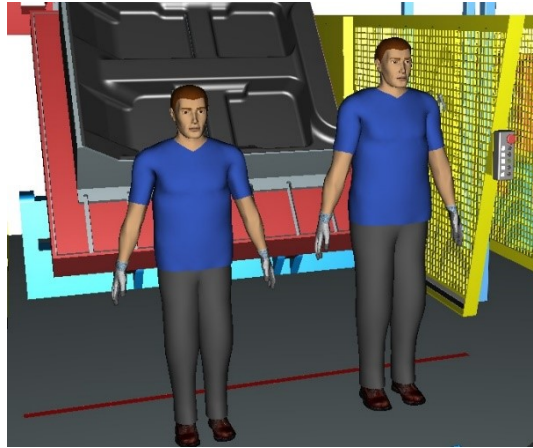
## 5.2 Popis pracovní činnosti

První operací celého výrobního cyklu je aplikace separátu pomocí nastříkovací pistole. Pracovník nanáší separátor v tenké vrstvě po celé ploše lisovací formy. Díky použití separátu dochází ke snazšímu vyjmutí PUR výrobku. Pro pohodlnější manipulaci s pistolí si pracovník vypomáhá stáním na bedýnce. Při celém procesu má pracovník ochranné rukavice. Po dokončení aplikace separátu tvořeného směsí isokynátu a polyolu vkládá pracovník na předpřipravená místa do vypěňovací formy dvě polystyrénové desky. Následně pracovník vkládá předvytvarovaný koberec do ocelové formy a poté již nic nebrání spuštění samotného procesu polymerace pomocí ovládacího panelu. V této fázi přechází pracovník ke druhému, stejnému stroji a celý tento proces opakuje.

Po dokončení chemické reakce se pracovník opět vrací k prvnímu stroji, vypěněný koberec vyjme z formy, a tu poté přenosem ukládá ručně na rámovku. Hotový napěněný koberec je dále využit k dalšímu zpracování na jiném pracovišti. Pracovník tedy během své směny střídá tyto činnosti, ovládá a manipuluje se dvěma stejnými stroji, přičemž na jednom stroji je vyrobeno 100 kusů za směnu dle normy podniku. Celkem tak pracovník vyrobí během 450 minut 200 kusů koberců. Model koberce je vyobrazen na obrázku 5.6.

### 5.3 Vytvoření 3D postavy v Jack 9.0

V této práci byly ergonomické analýzy vytvořeny pro pracovní činnosti ve dvojím provedení, a to pro percentily 5 a 95. Na obrázku 5.9 jsou vyobrazeny použité percentily populace. Člověk vlevo představuje 5. percentil populace germánského původu. Člověk vpravo je vyobrazen jako 95. percentil populace germánského původu. Pro oba percentily byly do analýz zadávány parametry výšky a váhy. Pro 5. percentil se uvedla váha 63,5 kg a výška 165 cm. Pro 95. percentil se uvedla váha 100 kg a výška 185,5 cm.



Obrázek 5.9 Model 5. a 95. percentilu populace



## 6 Aplikace ergonomických analýz

Obsah této kapitoly je hlavní částí pro praktickou část bakalářské práce. Jako první jsou zde vybrány a zdůvodněny vhodné metody ergonomických analýz, které jsou následně použity u předem vybraných pracovních poloh. Polohy byly vybrány po domluvě a konzultaci s podnikem, přičemž byly vybrány takové situace, které se jeví jako problematičtější a z hlediska cíle bakalářské práce vhodné k analýze ergonomie na pracovišti. Všechny vybrané analýzy jsou dále provedeny prostřednictvím softwarového programu Tecnomatix Jack, pro jehož použití bylo nejprve třeba vymodelovat 3D model pracoviště. Dále je tato kapitola členěna na jednotlivé pracovní činnosti, u kterých je popsán postup zpracování vybrané ergonomické analýzy. Pro každou pracovní činnost je dále vypracováno vyvození závěrů, doplněné o tabulky a obrázky.

### 6.1 Výběr vhodných ergonomických analýz

Na základě teoretických poznatků z kapitoly č. 3 v teoretické části práce byly pro následující pracovní činnosti vybrány tyto metody: RULA, NIOSH a hodnocení pracovních poloh dle NV 361/2007 Sb. Tyto metody byly vybrány na základě pozorování práce pracovníků. Při pozorování bylo zjištěno, že pracovníci provádějí některé úkony pravidelně, při nichž dochází k zatížení zejména horních končetin a zad. Pro detailnější posouzení těchto opakujících pohybů pracovníka byla vybrána metoda RULA. Dále byla vybrána metoda NIOSH, která byla použita na tři různé varianty polohy, při kterých pracovníci manipulují s břemenem. Poslední použitou ergonomickou metodou je hodnocení pracovních poloh dle NV 361/2007 Sb. Veškeré ergonomické analýzy byly provedeny na základě sesbíraných fotografií a videí při pozorování.

### 6.2 Analýza RULA

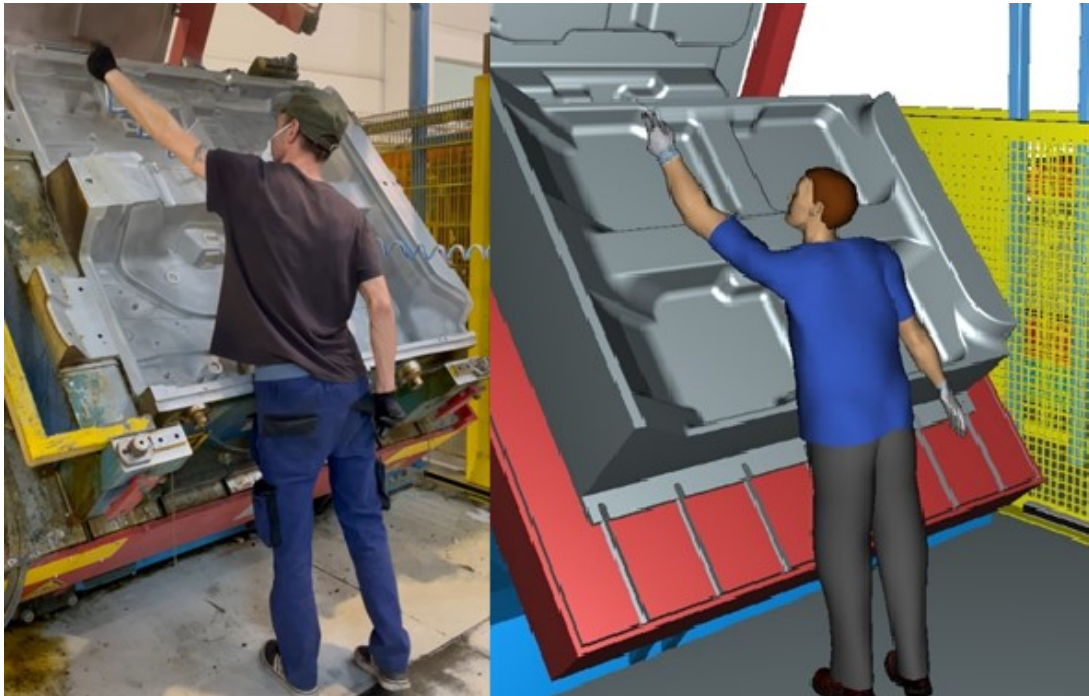
V této kapitole je využita analýza RULA, a to pro čtyři polohy. Při analýze RULA jsou pozorovány a identifikovány pracovní polohy horních končetin a také manipulace s břemeny. Pro každou pozici byly zadávány rozdílné parametry, a to dle charakteru pohybu. Následně obsahuje každá poloha výsledek z provedené analýzy RULA, kde je hlavním výsledným ukazatelem tzv. RULA skóre. V případě zjištění kritického výsledku RULA skóre bylo navrženo opatření, které by mělo zaručit snížení svalové zátěže pro horní končetiny, zad a krku. Před spuštěním samotné analýzy je nutné zadat ručně některé parametry například normální zatížení, hmotnost břemene od 2–10 kg při přerušovaném zvedání a nerovnoměrné zatížení spodních končetin. Tyto vstupní parametry jsou znázorněny na obrázku 6.1.

The image shows a screenshot of a software interface for RULA analysis. It is divided into three main sections: 'Body Group A Loading (Arm, Wrist)', 'Legs and Feet', and 'Body Group B Loading (Neck, Trunk)'. Each section contains radio button options for 'Muscle Use' and 'Forces and Loads'. In the 'Body Group A' section, 'Normal, no extreme use' and '2-10 kg intermittent load' are selected. In the 'Body Group B' section, 'Normal, no extreme use' and '2-10 kg intermittent load' are also selected. There is also a checkbox for 'Arm Support' which is currently unchecked.

Obrázek 6.1 Příklad vstupních parametrů pro analýzu RULA

### 6.2.1 Poloha č. 1 – Aplikace odmašťovací směsi pomocí pistole

Z procesu nanášení odmašťovací směsi na ocelovou formu pomocí pistole byla vybrána poloha, při níž pracovník drží v jedné ruce nanášecí pistoli. Druhá ruka je během celého procesu volně u těla. Pracovník má na výběr ze dvou možností, a to buď stát na zemi, nebo využít pomocné bedýnky. Celý proces nanášení směsi trvá mezi 35–40 s a je opakován celkem 200x za směnu. Celkem tedy tímto pohybem stráví přibližně 116–133 minut za směnu. Obrázek 6.2 znázorňuje proces nanášení odmašťovací směsi pomocí pistole.



Obrázek 6.2 Poloha č. 1 a vytvořená simulace pro 95. percentil

#### Výsledky z provedené analýzy RULA

Pro tuto polohu byly vytvořeny celkem čtyři grafické znázornění simulace pohybu. Jako první byl vytvořen model malého člověka (5. percentil), stojícího na bedýnce. Druhý model byl vytvořen pro stejný percentil velikosti člověka, ale bez stání na bedýnce. Tato situace se nejeví jako pravděpodobná, protože při této poloze má pracovník menšího vzrůstu problém s aplikací směsi v horní části ocelové formy. Z tohoto důvodu tato poloha nebyla do pozdějších analýz zahrnuta. Třetí model byl vytvořen pro model velkého člověka (95. percentil), který opět stojí na bedýnce. Posledním vytvořeným modelem je člověk (95. percentil), který stojí na zemi, bez nutnosti stát při celém procesu na bedýnce.

Po vytvoření modelů byla spuštěna analýza. První analýza byla provedena na pracovníka 5. percentilu, který stojí na bedýnce. V tomto případě vyšlo výsledné skóre RULA 6. Výsledek je znázorněn na obrázku 6.3. Výsledek tedy spadá do čtvrté kategorie a je doporučeno okamžitě provést nápravná opatření. Pozice, kde je pracovník 5. percentilu postaven na zemi potvrdila první domněnky, že je tato situace nereálná. Je to především z důvodu dosahových možností pracovníka, kdy by nebyl schopen aplikovat pistolí směs na všechna nezbytná místa.

Jako další byla provedena analýza RULA pro 95. percentil, a to celkem 2x. Nejlépe dopadla pozice pracovníka stojícího na bedýnce, kde výsledné RULA skóre vyšlo 3. Toto skóre nepředstavuje příliš vysoké riziko, je však doporučeno danou pozici nadále sledovat.

Naopak nejhůře dopadla provedená analýza pro 95. percentil, kdy člověk při aplikaci stojí na zemi. Výsledkem je RULA skóre s číslem 7. Výsledky pro 95. percentil jsou znázorněny na obrázku 6.4.

Job Title: aplikace pistolí	Job Number: 1
Location:	Analyst:
Comments:	Date:

<b>Body Group A Posture Rating</b>		<b>Body Group B Posture Rating</b>	
Upper arm: 4		Neck: 5	
Lower arm: 2		Trunk: 3	
Wrist: 2			
Wrist Twist: 1			
Total: 4		Total: 7	

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

**Legs and Feet Rating**

Seated, Legs and feet well supported. Weight even.

**Grand Score: 6**

Action: Investigation and changes are required soon.

Obrázek 6.3 RULA skóre pro 5. percentil na boxu

Job Title: Nastrik pistolí 95 BOX	Job Number: 2	Job Title: aplikace pistolí 95	Job Number: 4
Location:	Analyst:	Location:	Analyst:
Comments:	Date:	Comments:	Date:

<b>Body Group A Posture Rating</b>		<b>Body Group A Posture Rating</b>	
Upper arm: 4		Upper arm: 5	
Lower arm: 3		Lower arm: 3	
Wrist: 1		Wrist: 1	
Wrist Twist: 1		Wrist Twist: 1	
Total: 4		Total: 6	

<b>Body Group B Posture Rating</b>		<b>Body Group B Posture Rating</b>	
Neck: 2		Neck: 5	
Trunk: 1		Trunk: 2	
Total: 2		Total: 7	

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

**Legs and Feet Rating**

Standing, weight even. Room for weight changes.

**Grand Score: 3**

Action: Further investigation needed. Changes may be required.

Obrázek 6.4 RULA skóre pro 95. percentil na boxu (vlevo) a na zemi (vpravo)

### 6.2.2 Poloha č. 2 – Vyjmutí vypěněného koberece

Pro další využití analýzy RULA byla vybrána poloha, při níž pracovník vyjímá vypěněný černý koberec z ocelové formy. Při pozorování bylo zjištěno, že tento úkon je vykonáván vždy vestoje na pomocné bedýnce. Celkový čas procesu vyjímání byl vypočítán v intervalu 7–10 s. Pracovník stál během celého procesu na bedýnce a byl nakloněn nad formou. Pracovník nejprve sejme horní část koberece a po sejmutí dolní části následuje proces odnesení výrobku, viz kapitola 6.2.3. Stání na nezajištěné bedýnce bylo shledáno jako rizikové z hlediska bezpečnosti. Obrázek 6.5 znázorňuje proces vyjímání hotového výrobku a jeho grafické 3D znázornění.



Obrázek 6.5 Poloha č. 2 a vytvořená simulace pro 95. percentil

### Výsledky z provedené analýzy RULA

Stejně jako pro polohu č. 1 byly nejprve vytvořeny v programu Tecnomatix Jack dvě simulace pohybu, a to pro oba zvolené percentily lidské populace. Během zpracování simulace byly dodrženy stejné podmínky, a to např. stání na bedýnce a sklon pracovníka při vyjímání koberce z formy. Výsledné RULA skóre vyšlo pro oba percentily 7. Opět vyšel výsledek ve čtvrté kategorii a číslo 7 nám indikuje, že provádění této činnosti není z hlediska ergonomie práce správné. Výsledky pro oba percentily jsou na obrázku 6.6.

Job Title: Vyjímání koberce 5 BC Location: Comments:	Job Number: 6 Analyst: Date:	Job Title: Vyjímání koberce 95 B Location: Comments:	Job Number: 5 Analyst: Date:
<b>Body Group A Posture Rating</b> Upper arm: 5 Lower arm: 2 Wrist: 3 Wrist Twist: 1 Total: 7	<b>Body Group B Posture Rating</b> Neck: 5 Trunk: 3 Total: 9	<b>Body Group A Posture Rating</b> Upper arm: 5 Lower arm: 3 Wrist: 2 Wrist Twist: 2 Total: 8	<b>Body Group B Posture Rating</b> Neck: 5 Trunk: 4 Total: 9
Muscle Use: Normal, no extreme use Force/Load: 2-10 kg intermittent load Arms: Not supported	Muscle Use: Normal, no extreme use Force/Load: 2-10 kg intermittent load	Muscle Use: Normal, no extreme use Force/Load: 2-10 kg intermittent load Arms: Not supported	Muscle Use: Normal, no extreme use Force/Load: 2-10 kg intermittent load
<b>Legs and Feet Rating</b> Legs/feet not supported. Weight distribution uneven.		<b>Legs and Feet Rating</b> Legs/feet not supported. Weight distribution uneven.	
<b>Grand Score: 7</b> Action: Investigation and changes are required immediately.		<b>Grand Score: 7</b> Action: Investigation and changes are required immediately.	

Obrázek 6.6 RULA skóre pro 5. (vlevo) a 95. percentil (vpravo)

### 6.2.3 Poloha č. 3 – Odneseení výrobku

Z celého procesu uchopení a přenosu hotového výrobku byla pro analýzu RULA vybrána právě tato poloha. V tomto okamžiku pracovník drží výrobek v úchopu nad hlavou. Celý tento proces opakuje pracovník za směnu celkem 200x, a to v pravidelných intervalech přibližně 2,25 minut. Celkový čas od uchopení po uložení výrobku na paletu se pohybuje mezi 6–10 s. Pracovník tedy stráví v této pozici přibližně 33 minut, z celkového času 450 minut. Celková hmotnost koberce po vypěnění je 4–6 kilogramů, dle daného typu koberce. Při této poloze jsou obě ramena a lokty pod úhlem přibližně 45 °. Tato poloha byla shledána jako ergonomicky náročná, a to z důvodu pravidelného a často se opakujícího namáhání horních končetin a zad. Pro tuto polohu bylo vytvořeno grafické znázornění, viz obrázek 6.7.



Obrázek 6.7 Poloha č. 3 a vytvořená simulace

### Výsledky z provedené analýzy RULA

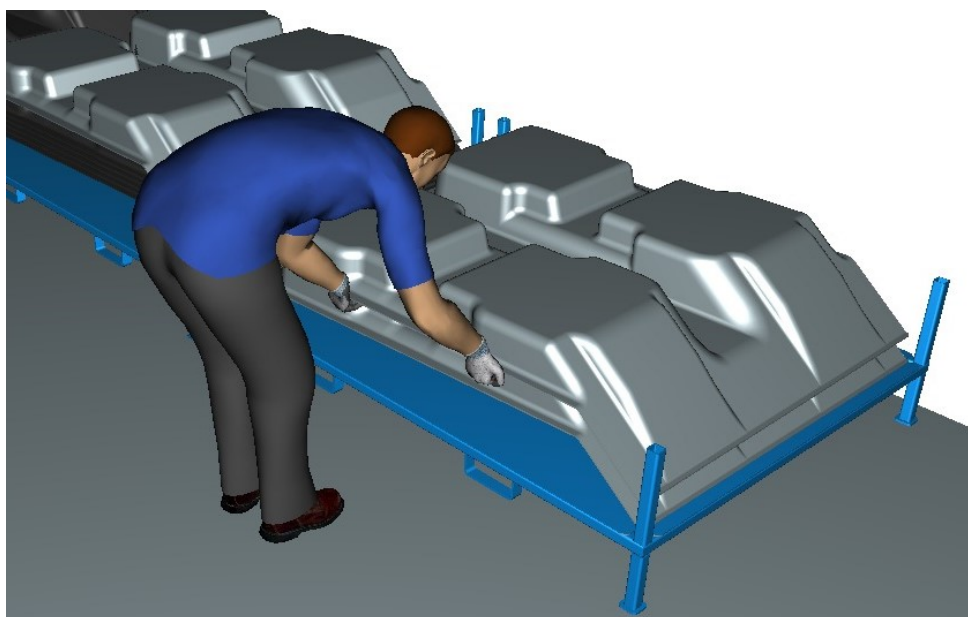
V této části práce byla vytvořena reálná situace, se kterou se pracovník během své směny běžně setkává. Dále proběhla samotná analýza, a to nejprve pro 5. percentil a poté pro 95. percentil. Výsledná analýza odhalila u obou percentilů výrazně vyšší hodnoty. Tato pozice byla vyhodnocena celkovým RULA skóre číslem 6 a 7. Výsledek v tomto rozmezí značí vysokou úroveň rizika a měla by se okamžitě navrhnout nápravná opatření. Tento špatný výsledek je dán stupněm fyzické náročnosti pro horní končetiny a krk. Na obrázku 6.8 jsou znázorněny výsledné tabulky po provedení analýzy. Údaje vlevo představují výsledné hodnoty včetně RULA skóre pro 5. percentil. Pravá tabulka obsahuje výsledné hodnoty pro 95. percentil.

Job Title: preneseni koberce 5	Job Number: 2	Job Title: prenaseni koberce	Job Number: 1
Location:	Analyst:	Location:	Analyst:
Comments:	Date:	Comments:	Date:
<b>Body Group A Posture Rating</b> Upper arm: 5 Lower arm: 3 Wrist: 2 Wrist Twist: 2 Total: 8		<b>Body Group A Posture Rating</b> Upper arm: 4 Lower arm: 3 Wrist: 3 Wrist Twist: 1 Total: 6	
<b>Body Group B Posture Rating</b> Neck: 5 Trunk: 4 Total: 9		<b>Body Group B Posture Rating</b> Neck: 2 Trunk: 1 Total: 4	
Muscle Use: Normal, no extreme use Force/Load: 2-10 kg intermittent load Arms: Not supported		Muscle Use: Normal, no extreme use Force/Load: 2-10 kg intermittent load Arms: Not supported	
<b>Legs and Feet Rating</b> Legs/feet not supported. Weight distribution uneven.		<b>Legs and Feet Rating</b> Legs/feet not supported. Weight distribution uneven.	
<b>Grand Score: 7</b> Action: Investigation and changes are required immediately.		<b>Grand Score: 6</b> Action: Investigation and changes are required soon.	

Obrázek 6.8 RULA skóre pro 5. (vlevo) a 95. percentil (vpravo)

#### 6.2.4 Poloha č. 4 – Ohyb pro předlisovaný díl

Poslední poloha, na které byla provedena analýza RULA je pohyb, při kterém se pracovník ohýbá pro předposlední díl, který je položen na rámovce. Tato pozice byla zvolena z důvodu značného předklonu, jelikož rámovka je umístěna přibližně ve výšce kolen. Pracovník se tedy při tomto ohybu pro poslední kusy dílů dostává do pozic, kdy jsou záda ohnuta pod ostrým úhlem. Obrázek 6.9 znázorňuje 3D model této polohy.



Obrázek 6.9 Vytvořená simulace pro 95. percentil pro polohu č. 4

## Výsledky z provedené analýzy RULA

Výsledné hodnoty potvrdily počáteční obavy, že tento pohyb a úroveň zad představují vysoké riziko. Celkové RULA skóre vyšlo pro oba percentily 7, a měla by tak být okamžitě navržena nápravná opatření. Návrhu pro zlepšení tohoto pohybu se věnuje kapitola 7.1. Obrázek 6.10 znázorňuje výsledné hodnoty analýzy RULA.

Job Title: Zvedání dílu 05	Job Number:	Job Title: Zvedání dílu 95	Job Number:
Location:	Analyst:	Location:	Analyst:
Comments:	Date:	Comments:	Date:

<b>Body Group A Posture Rating</b> Upper arm: 4 Lower arm: 3 Wrist: 2 Wrist Twist: 2 Total: 6	<b>Body Group B Posture Rating</b> Neck: 4 Trunk: 4 Total: 8	<b>Muscle Use:</b> Normal, no extreme use <b>Force/Load:</b> 2-10 kg intermittent load <b>Arms:</b> Not supported
--	---	---

<b>Legs and Feet Rating</b> Legs/feet not supported. Weight distribution uneven.
---

<b>Grand Score: 7</b> Action: Investigation and changes are required immediately.
--

<b>Body Group A Posture Rating</b> Upper arm: 5 Lower arm: 3 Wrist: 3 Wrist Twist: 2 Total: 8	<b>Body Group B Posture Rating</b> Neck: 5 Trunk: 4 Total: 9	<b>Muscle Use:</b> Normal, no extreme use <b>Force/Load:</b> 2-10 kg intermittent load <b>Arms:</b> Not supported
--	---	---

<b>Legs and Feet Rating</b> Legs/feet not supported. Weight distribution uneven.
---

<b>Grand Score: 7</b> Action: Investigation and changes are required immediately.
--



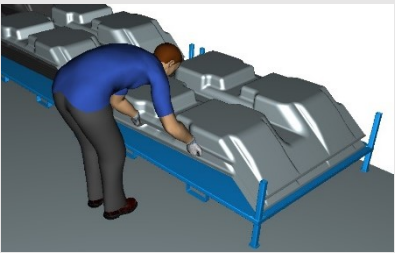
Obrázek 6.10 RULA skóre pro 5. (vlevo) a 95. percentil (vpravo)

### 6.2.5 Vyhodnocení analýz RULA

Tabulka 6.1 představuje vyhodnocení provedených analýz RULA pro čtyři zvolené polohy, které byly ve všech případech provedeny pro oba vybrané percentily populace. Dle celkového RULA skóre bylo dosaženo nejhoršího výsledku u polohy č. 2, která znázorňuje vyndávání hotového výrobku z ocelové formy. Dle pozorování a dotazování v podniku lze s jistotou potvrdit a konstatovat, že tato poloha je pro pracovníky nejvíce fyzicky náročná a z bezpečnostního hlediska také velmi riziková. Výsledky pro 5. percentil vyšly u polohy č. 1 a 3 hůře, než pro 95. percentil. Nejpříjemnější výsledky analýzy byly dosaženy pro pozici č. 1, kde pracovník 95. percentilu dosáhl RULA skóre 3, což nepředstavuje vysokou míru rizika. U této polohy je nicméně vidět potenciál pro zlepšení, a proto budou pro tuto pozici navržena opatření, viz kapitola 7.3. Výsledky u polohy č. 4 jsou znepokující, jelikož celkové RULA skóre dosáhlo u obou percentilů hodnoty 7.

Tabulka 6.1 Vyhodnocení analýzy RULA

Číslo polohy	Objekt	5. percentil	95. percentil
	Nadloktí	4	4
	Spodní rameno	2	3
	Zápěstí	2	1
	Zkroucené zápěstí	1	1
	Krk	5	2
	Trup	3	1
	<b>Celkové RULA skóre</b>		<b>6</b>

<p style="text-align: center;"><b>2</b></p> 	<b>Nadloktí</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
	<b>Spodní rameno</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	<b>Zápěstí</b>	<b>3</b>	<b>2</b>
	<b>Zkroucené zápěstí</b>	<b>1</b>	<b>2</b>
	<b>Krk</b>	<b>5</b>	<b>5</b>
	<b>Trup</b>	<b>3</b>	<b>4</b>
	<b>Celkové RULA skóre</b>	<b>7</b>	<b>7</b>
<p style="text-align: center;"><b>3</b></p> 	<b>Nadloktí</b>	<b>5</b>	<b>4</b>
	<b>Spodní rameno</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
	<b>Zápěstí</b>	<b>2</b>	<b>3</b>
	<b>Zkroucené zápěstí</b>	<b>2</b>	<b>1</b>
	<b>Krk</b>	<b>5</b>	<b>2</b>
	<b>Trup</b>	<b>4</b>	<b>1</b>
	<b>Celkové RULA skóre</b>	<b>7</b>	<b>6</b>
<p style="text-align: center;"><b>4</b></p> 	<b>Nadloktí</b>	<b>4</b>	<b>5</b>
	<b>Spodní rameno</b>	<b>3</b>	<b>3</b>
	<b>Zápěstí</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
	<b>Zkroucené zápěstí</b>	<b>2</b>	<b>2</b>
	<b>Krk</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
	<b>Trup</b>	<b>4</b>	<b>4</b>
	<b>Celkové RULA skóre</b>	<b>7</b>	<b>7</b>

### 6.3 Analýza NIOSH

V této kapitole je představena analýza NIOSH. Podrobnější popis analýzy je součástí teoretické části práce v kapitole 3.3. Celkem byly provedeny tři analýzy. Součástí této kapitoly je pro každou polohu popis počáteční a koncové polohy. Výstupem této analýzy jsou pak dvě limitní hodnoty, a to zvedací index LI a doporučený hmotnostní limit RWL. Veškeré výsledky jsou pro lepší přehlednost zaneseny do tabulky 6.2. Analýza NIOSH byla aplikována na 5. a 95. percentil populace.

Analýzy byly provedeny na proces, ve kterém pracovník vyndává výrobek z ocelové formy, který je zde usazen pod úhlem 50 °. Celková hmotnost koberce po vypnění je 4–6 kilogramů, dle daného typu koberce. V této chvíli již výrobek nedrží pevně v ocelové formě a pracovník uchopí výrobek oběma rukama. Výrobek následně zdvihá nad hlavu, přičemž obě ramena a lokty jsou pod úhlem přibližně 45 °. Celkový čas od vyjmutí po zdvižení nad hlavu byl spočítán přibližně na 4–7 s. Tato činnost je opakována při každém vyhotovení výrobku čili dochází k tomuto pohybu celkem 200x za směnu. Pracovník tedy stráví tímto pohybem přibližně 33 minut, z celkového času 450 minut.



Pro analýzu byly vybrány celkem tři odlišné situace úchopu při vyjímání dokončeného výrobku a následného postavení rukou při zdvižení výrobku nad hlavou. Při pozorování bylo zjištěno, že pro tento pohyb neexistuje standardizovaný postup a každý pracovník tento úchop provádí odlišně, dle svých naučených postupů a preferencí. Následující část práce obsahuje tři situace, pro které byly navrženy 3D modely a byla následně provedena analýza. Před samotným spuštěním analýzy NIOSH bylo nutné vyplnit některé vstupní parametry, které jsou popsány níže v textu.

Jako první bylo třeba vyplnit údaje o postoji. Zadávanými parametry je průměrné zatížení – 5 kg a maximální zatížení – 6 kg. Dále se v této záložce zadávají údaje o počáteční (Lift Origin) a koncové poloze (Lift Destination). Tyto údaje jsou znázorněny na obrázku 6.11.

Posture	Frequency	Coupling
Average Load:	5	Maximum Load: 6
Lift Origin		
Use Posture	V: 139	H: 63 Asymmetry: 4.2
Lift Destination		
Use Posture	V: 185.5	H: 25 Asymmetry: 174.5
<input type="checkbox"/> Significant control required at destination		

Obrázek 6.11 Vstupní parametry 1

Dalším krokem je vyplnění parametrů týkajících se pravidelnosti pohybu. V přepočtu na 15minutový cyklus, pracovník provádí tento pohyb celkem 1,5 minuty a číslo 0,5 představuje počet zdvihů za 1 minutu. V neposlední řadě je zde uvedena celková doba směny (8 hodin) a doba, při které pracovník provádí jiné činnosti (7,5 hodin), viz obrázek 6.12.

Posture	Frequency	Coupling
<input checked="" type="checkbox"/> Job consists of non-continuous work cycle (heavy work alternating with rest periods)		
Minutes of lifting in 15 min cycle: 1.5		
Lift rate in the 15 min cycle (lifts/min): 0.5		
Work Schedule		
Uninterrupted work time (hrs): 8		
Recovery Time (hrs): 7.5 Ex: sitting at desk, light assembly		
Derived work time ratio: 0.938		
Derived work duration rating: long		

Obrázek 6.12 Vstupní parametry 2

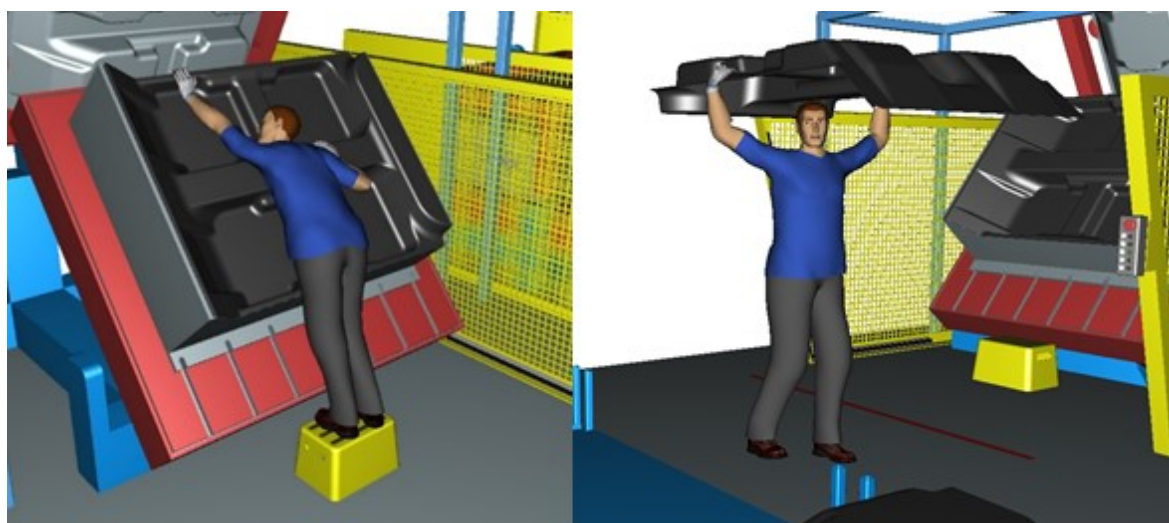
Poslední záložka se zabývá typem objektu, který je přenášen, dále jeho velikostí a jeho úchopovými vlastnostmi. Tyto údaje jsou znázorněny na obrázku 6.13.

Posture	Frequency	Coupling
<b>Object Type</b>		
<input checked="" type="radio"/> Container <input type="radio"/> Loose Object		
<b>Container</b>		
<b>Size</b>		
<input type="radio"/> Optimal Container <input checked="" type="radio"/> Poor Container		
<b>Grasping</b>		
<input type="radio"/> Optimal Handles <input type="radio"/> Optimal Handholds/cutouts <input checked="" type="radio"/> 90deg. fingers		

Obrázek 6.13 Vstupní parametry 3

### 6.3.1 Varianta úchopu č. 1

Pro první polohu byla vybrána počáteční poloha, při které pracovník uchopuje výrobek levou rukou seshora a pravou rukou si ji přidržuje uprostřed. Poté následuje pozvolné zvedání a natáčení výrobku až do pozice finální, kterou je pozice, při níž již pracovník drží oběma rukama hotový výrobek nad hlavou. Po celou dobu od úchopu po zdvižení se pozice obou rukou výrazně nemění. Následující obrázek 6.14 znázorňuje 3D model počáteční a koncové polohy pro analýzu č. 1.



Obrázek 6.14 Počáteční a koncová poloha pro variantu úchopu č. 1 pro 95. percentil

### Výsledky z provedené analýzy NIOSH

Na obrázku 6.15 je výsledek provedené analýzy pro 1. polohu pro 95. percentil. Sledovanými hodnotami je hodnota indexu LI a RWL. V tomto případě analýza neodhalila riziko stresu při manipulaci s výrobkem. Hodnota RWL je 5,1.

Pro tento způsob úchopu byla provedena analýza pouze pro 95. percentil, který představuje pracovníka vyššího vzrůstu. Pro 5. percentil analýza NIOSH provedena nebyla. Při pozorování zaměstnanců při práci bylo zjištěno, že pracovník menšího vzrůstu tento způsob úchopu vůbec nevyužívá. Je to dáno především dosahovými vzdálenostmi pracovníka, pro kterého je

složité dosáhnout rukama do horní části ocelové formy při vyjímání napěněného koberce. Při sestavování této počáteční polohy pro 5. percentil v programu Tecnomatix Jack bylo potvrzeno, že nelze tento způsob úchopu pro 5. percentil sestavit.



Task No.	LC	HM	VM	DM	AM	CM	FM
1	23	0.40	0.81	0.92	0.99	0.90	0.85

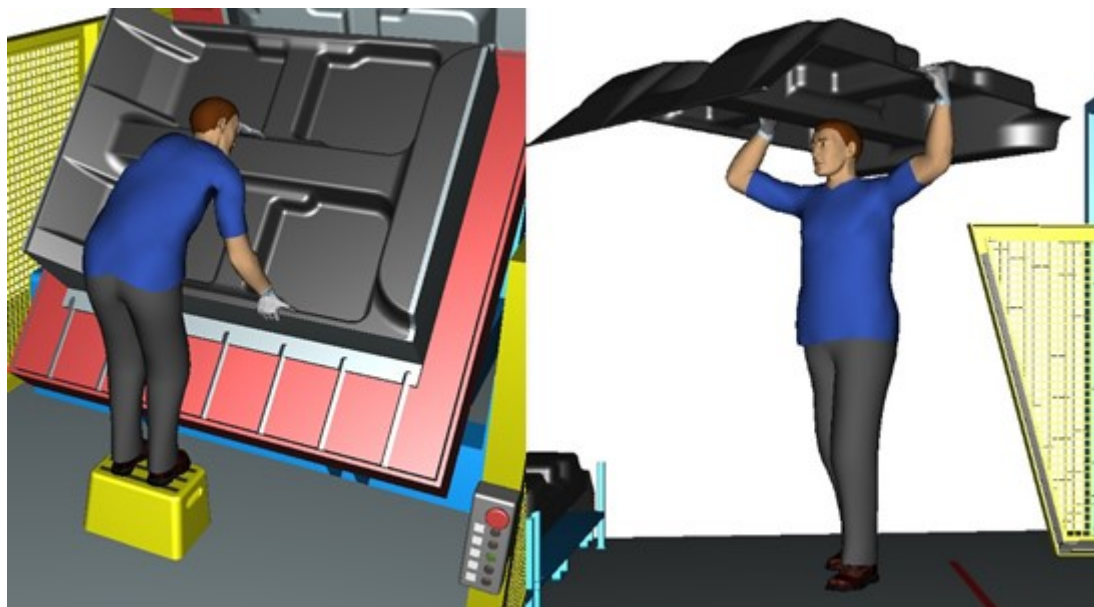
LL: 0.980    RWL: 5.10

Action: This task has nominal risk for lower back injury from physical stress.

Obrázek 6.15 Výsledek analýzy NIOSH pro variantu úchopu č. 1 pro 95. percentil

### 6.3.2 Varianta úchopu č. 2

Pro pozici č. 2 byla zvolena počáteční poloha, ve které pracovník pravou rukou uchopuje vypěněný koberec zespoda a druhou rukou si výrobek přidržuje o prostřední zaoblení. Následně celý výrobek zvedá nad hlavu. Místo uchycení výrobku se při tomto úkonu výrazně neodlišuje. Názorný příklad obou poloh pro analýzu č. 2 je na obrázku 6.16.



Obrázek 6.16 Počáteční a koncová poloha pro variantu úchopu č. 2 pro 95. percentil

### Výsledky z provedené analýzy NIOSH

Jako první byla provedena analýza NIOSH pro pracovníka malého vzrůstu představujícího 5. percentil populace. Hodnota indexu LI pro tento způsob úchopu vyšla 0,810, což nepředstavuje výskyt rizika fyzického stresu, neboť hodnota nepřesahuje hodnotu 1. Výsledná limitní hodnota RWL vyšla 6,17. Výsledné hodnoty LI a RWL pro 5. percentil jsou znázorněny níže, na obrázku 6.17.

Task No.	LC	HM	VM	DM	AM	CM	FM
05	23	0.44	0.95	0.88	0.96	0.90	0.85

LI: 0.810    RWL: 6.17

Action: This task has nominal risk for lower back injury from physical stress.

Obrázek 6.17 Výsledky analýzy NIOSH pro 2. polohu pro 5. percentil

Jako další byla provedena analýza NIOSH pro 95. percentil. Výsledné hodnoty LI a RWL jsou podobné hodnotám pro 1. polohu, viz obrázek 6.15. Maximální povolená hmotnost břemene pro manipulaci vyšla v této poloze 5,47. Pracovník by tedy neměl překračovat při manipulaci s břemeny tuto doporučenou hodnotu. Index LI vychází 0,910. Výsledky pro 95. percentil jsou uvedeny na obrázku 6.18.

Task No.	LC	HM	VM	DM	AM	CM	FM
2	23	0.40	0.95	0.87	0.95	0.90	0.85

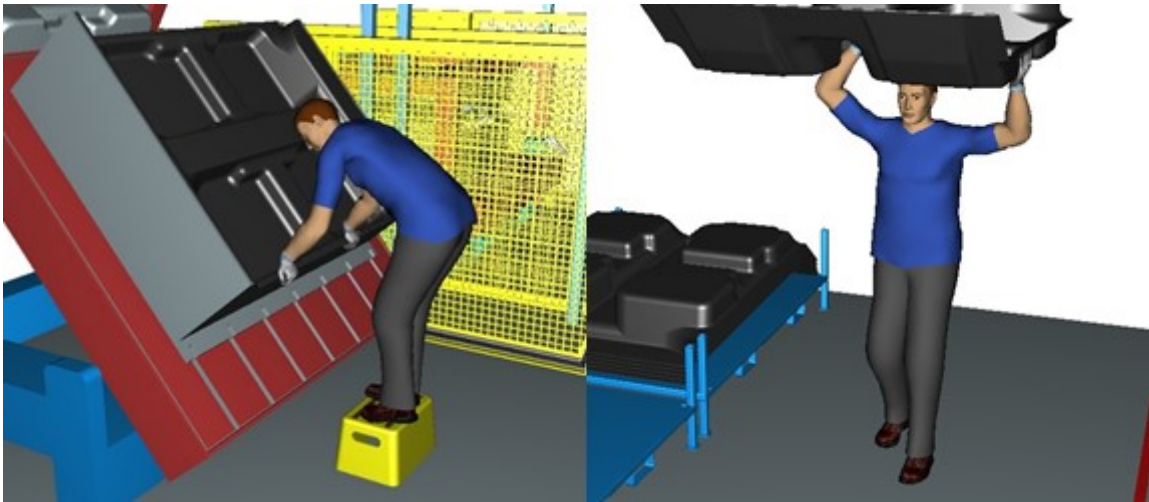
LI: 0.910    RWL: 5.47

Action: This task has nominal risk for lower back injury from physical stress.

Obrázek 6.18 Výsledky analýzy NIOSH pro 2. polohu pro 95. percentil

### 6.3.3 Varianta úchopu č. 3

Během pozorování byla zjištěna zcela odlišná metoda úchopu od předchozích poloh. Pracovník si nejprve uchopí formu oběma rukama ve spodní části. Následuje proces zvedání výrobku, při kterém si pracovník pravou rukou přehmatává doprostřed a pomalým pohybem výrobek zvedá nad hlavu. Výsledkem je zdvižení výrobku obrácenou stranou, než tomu bylo v případě polohy č. 1 a 2. Grafické znázornění počáteční a koncové polohy je na obrázku 6.19.



Obrázek 6.19 Počáteční a koncová poloha pro variantu úchopu č. 3 pro 95. percentil

### Výsledky z provedené analýzy NIOSH

Výsledky pro 5. percentil vyšly kladně, neboť index LI je 0,600 a z hlediska ergonomie nepředstavuje tento způsob úchopu riziko fyzického stresu. Výsledná limitní hodnota RWL vyšla 8,29. Výsledky pro 5. percentil je možné vidět níže na obrázku 6.20.

Analysis Summary							
Task No.	LC	HM	VM	DM	AM	CM	FM
605	23	0.60	0.98	0.87	0.98	0.90	0.81
LI:	0.600		RWL:		8.29		
Action: This task has nominal risk for lower back injury from physical stress.							

Obrázek 6.20 Výsledky analýzy NIOSH pro 3. polohu pro 5. percentil

Výsledky pro polohu č. 3 pro 95. percentil vyšly ze všech nejlépe. Hodnota RWL je 8,21 a hodnota indexu LI je pouhých 0,610. Lze tedy konstatovat, že při této poloze dochází k minimálnímu riziku fyzického stresu. Výsledné hodnoty jsou znázorněny na obrázku 6.21.

Analysis Summary							
Task No.	LC	HM	VM	DM	AM	CM	FM
805	23	0.59	0.98	0.86	0.99	0.90	0.81
LI:	0.610		RWL:		8.21		
Action: This task has nominal risk for lower back injury from physical stress.							

Obrázek 6.21 Výsledky analýzy NIOSH pro 3. polohu pro 95. percentil

### 6.3.4 Vyhodnocení analýz NIOSH

Z tabulky 6.2 je patrné, že nejlepšího výsledku dosáhla varianta úchopu č. 3, a to pro oba percentily. V tomto úchopu si pracovník výrobek přeuchopuje a může tak zvedat břemena až do hmotnosti 8,29 kilogramů v případě 5. percentilu a 8,21 kilogramů v případě 95. percentilu. Také hodnota LI vyšla oproti zbývajícím polohám nejlépe. Tento úchop se tak jeví jako nejprůvčetnější. Dle výsledků lze konstatovat, že čím výše pracovník výrobek uchycuje, tím více stoupá hodnota indexu LI a klesá maximální povolená hmotnost břemene pro manipulaci (RWL). Ačkoliv analýza NIOSH neodhalila závažnější problém, je z výsledků patrné, že hodnoty míry fyzického stresu (LI) u polohy č. 1 pro 95. percentil a u polohy č. 2 pro oba percentily, jsou blízko hranici hodnoty 1. Tato hranice indikuje možnost existence rizika poruchy pohybového aparátu a je v tomto případě doporučeno provést změny, které by úroveň hodnoty indexu LI snížily. Pro polohu č. 1 a 2 vyšly limitní hodnoty RWL 5,10 a 5,47 pro 95. percentil. Pokud by pracovníci manipulovali s jiným typem výrobku, který by byl těžší než tyto hodnoty, docházelo by tak k přetěžování pracovníka a z dlouhodobějšího hlediska by tato zátěž mohla představovat hrozbu z hlediska fyzického i duševního zdraví.

Tabulka 6.2 Souhrn výsledků analýzy NIOSH

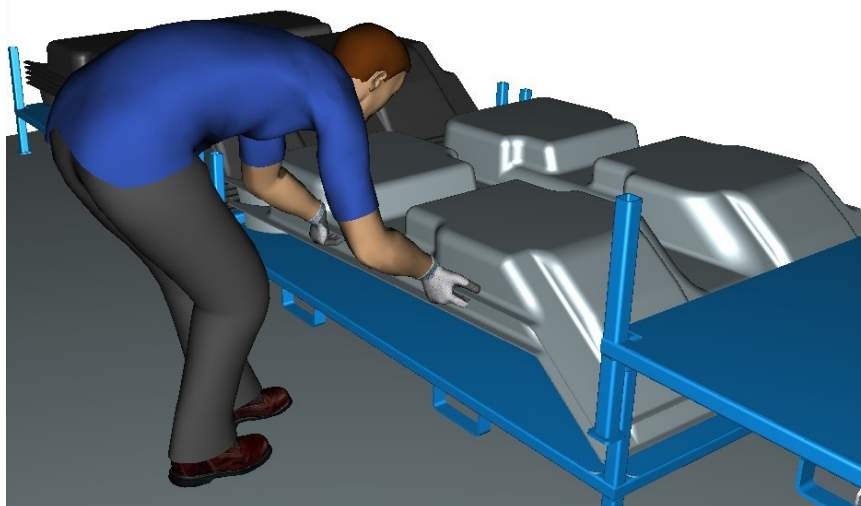
Číslo polohy	Index	5. percentil	95. percentil
1	LI	-	0,980
	RWL	-	5,10
2	LI	0,810	0,910
	RWL	6,17	5,47
3	LI	0,600	0,610
	RWL	8,29	8,21

## 6.4 Hodnocení pracovních poloh dle NV 361/2007 Sb.

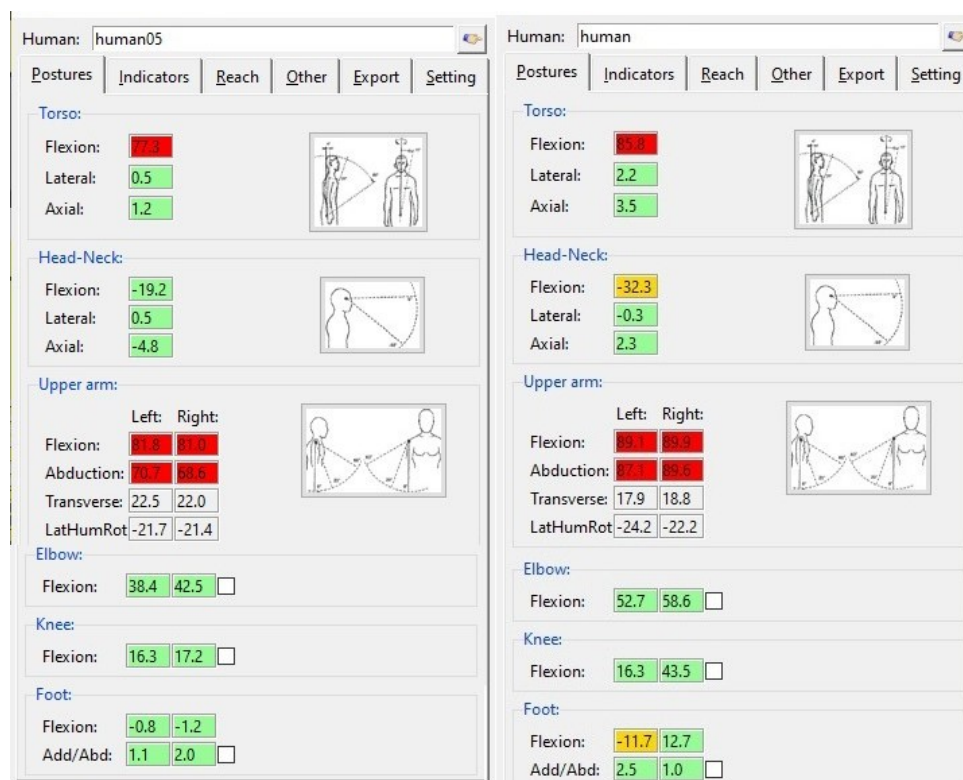
Třetí metodou v této práci bylo zvoleno hodnocení pracovních poloh dle NV 361/2007 Sb. Toto nařízení vymezuje podmínky pro ochranu zdraví při práci a dělí pracovní polohy na přijatelné (označené zelenou barvou), podmíněně přijatelné (označené žlutou barvou) a nepřijatelné (označené červenou barvou). V rámci add on aplikace NV 361/2007 bylo hodnocení pracovních poloh aplikováno na dvě pozice, a to vždy jak pro 5. percentil, tak pro 95. percentil. Výstupem jsou výsledné hodnoty pro oblasti trupu, krku, horních a dolních končetin, loktů, kolena a chodidel.

### 6.4.1 Poloha č. 1 – Úchop předlisovaného dílu

Popis polohy je totožný s popisem v kapitole 6.2.4. Na následujícím obrázku 6.22 je znázornění vytvořené simulace této polohy pro 95. percentil. Polohy, které byly vyhodnoceny jako nepřijatelné jsou znázorněny červenou barvou. V tomto případě byla za nejproblematictější oblast, pro oba vybrané percentily, označena pravá a levá horní končetina. Dále byla vyhodnocena jako nepřijatelná poloha trupu v ohybu, kde o něco horších výsledků došlo u 95. percentilu. Žlutou barvou byla vyhodnocena pro 95. percentil poloha krku v předklonu, což vyjadřuje, že tento pohyb je podmíněně přijatelný. Pro 5. percentil nevyšly hodnoty, které jsou podmíněně přijatelné. Hodnoty pro lokty, kolena a chodidla byly vyhodnoceny pro oba použité percentily jako přijatelné. Konkrétní výsledné limitní hodnoty jsou na obrázku 6.23.



Obrázek 6.22 Vytvořená simulace pro 95. percentil pro polohu č. 1

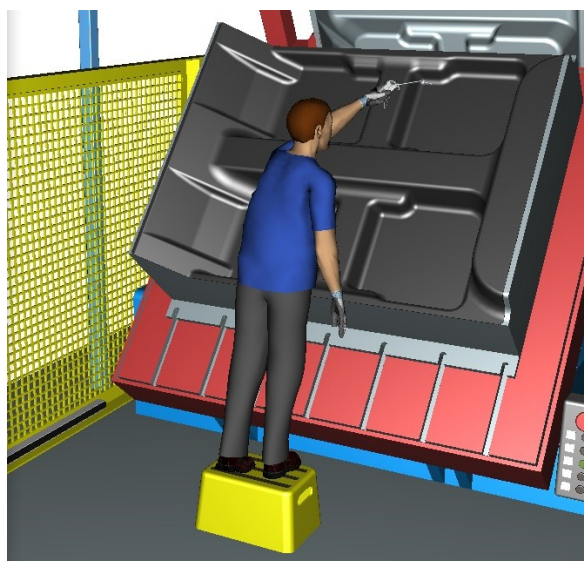


Obrázek 6.23 Výsledné hodnoty NV 361/2007 Sb. pro 5. (vlevo) a 95. percentil (vpravo) pro polohu č. 1

#### 6.4.2 Poloha č. 2 – Aplikace odmašťovací směsi pomocí pistole

Druhou pozicí pro hodnocení pracovních poloh dle NV 361/2007 Sb. byla zvolena poloha, viz kapitola 6.2.1. U 5. percentilu byly vyhodnoceny jako nepřijatelné hodnoty pro levou horní končetinu. Oblasti trupu, krku, loktů, kolen a chodidel byly v rámci NV 361/2007 Sb. vyhodnoceny jako přijatelné (označené zelenou barvou). Pro 95. percentil byly vyhodnoceny nejlépe, přijatelně polohy trupu v předklonu a úklonu, dále polohy krku, loktů, pravé horní končetiny a dolní končetiny (kolena a chodidla). Naopak nepřijatelných hodnot dosáhly oblasti levé horní končetiny a zápěstí při vytáčení směrem ven a dovnitř. Výsledné hodnoty pro oba

percentily jsou znázorněny na obrázku 6.25. Následující obrázek 6.24 je znázornění vytvořené simulace pro tuto polohu, pro 95. percentil.



Obrázek 6.24 Vytvořená simulace pro 95. percentil pro polohu č. 2

Human: human05		Human: human0	
Postures		Postures	
Indicators		Indicators	
Reach		Reach	
Other		Other	
Export		Export	
Setting		Setting	
<b>Torso:</b>			
Flexion:	17.0	Flexion:	10.0
Lateral:	0.8	Lateral:	7.4
Axial:	7.7	Axial:	23.4
<b>Head-Neck:</b>			
Flexion:	-1.6	Flexion:	-8.5
Lateral:	-0.4	Lateral:	0.1
Axial:	4.4	Axial:	-1.0
<b>Upper arm:</b>			
	Left: Right:		Left: Right:
Flexion:	57.4 3.6	Flexion:	53.1 6.7
Abduction:	150.0 8.1	Abduction:	-172.1 11.1
Transverse:	18.6 66.3	Transverse:	-7.1 59.4
LatHumRot:	-12.1 21.7	LatHumRot:	-110.6 -2.0
<b>Wrist:</b>			
Flexion:	6.3 15.8	Flexion:	-8.6 -7.6
Deviation:	-8.7 0.6	Deviation:	-2.5 -16.7
Pron/Sup:	-16.6 -7.0	Pron/Sup:	89.9 56.8
<b>Elbow:</b>			
Flexion:	46.9 12.7	Flexion:	4.3 18.2
<b>Knee:</b>			
Flexion:	5.2 7.6	Flexion:	5.1 5.1
<b>Foot:</b>			
Flexion:	0.7 3.1	Flexion:	-3.0 8.1
Add/Abd:	3.0 22.4	Add/Abd:	-0.6 2.6

Obrázek 6.25 Výsledné hodnoty NV 361/2007 Sb. pro 5. (vlevo) a 95. percentil (vpravo) pro polohu č. 2



## 6.5 Celkové vyhodnocení provedených analýz

Po provedení analýz v kapitolách 6.2, 6.3 a 6.4 bylo zjištěno hned několik nedostatků z oblasti ergonomie práce. Z výsledných hodnot analýz RULA, kde výsledné RULA skóre pro vybrané polohy dosáhlo ve většině případů kritických hodnot 6 a 7, lze říci, že úroveň rizika zatížení horních končetin a krku je vysoká. Podniku je tak doporučeno provést okamžitě změny. Po provedení další analýzy, kterou byla analýza NIOSH, nebyly zjištěny závažné nedostatky. Výsledné limitní hodnoty, kterými jsou indexy LI a RWL představují pouze nepatrné riziko. Podniku je však doporučeno nadále tyto pracovní polohy sledovat. V případě, že by výsledná hodnota indexu LI přesáhla doporučenou hranici 1, měl by podnik přistoupit k patřičným změnám. Jako poslední bylo v práci využito metody hodnocení pracovních poloh dle NV 361/2007 Sb., kde byly odhaleny nepřijatelné a podmíněně přijatelné pracovní polohy. Jako nepřijatelné oblasti byly označeny horní končetiny a oblast trupu v ohybu.

Celkově lze za problematické oblasti označit následující:

- dlouhý časový úsek, při kterém pracovník nanáší odmašťovací směs pod úhlem, při kterém je horní končetina namáhána,
- bezpečnost pracovníka při aplikaci odmašťovací směsi pomocí pistole,
- dlouhá vzdálenost při přenášení napěněného výrobku na odkládací rámovku,
- vysoká četnost ohýbání pro předpřipravený kus výrobku a zatěžování zad pracovníka.

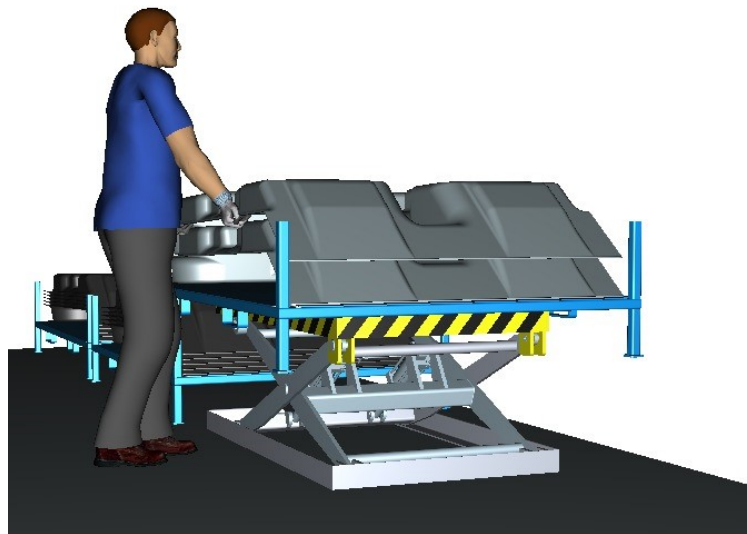
Výše zmíněnými problematickými oblastmi se zabývá následující kapitola 7, která obsahuje návrhy na nápravná opatření.

## 7 Nápravná opatření

Následující kapitola se věnuje racionalizaci pracoviště. Na základě výsledků z analýz, které byly součástí kapitoly 6, je patrné, že současný stav pracoviště není z hlediska ergonomie vyhovující a vyskytují se zde nedostatky. U pracovníků dochází u některých poloh k fyzickému přetěžování. Dále se jeví jako značné bezpečnostní riziko využívání pomocné bedýnky, která je nestabilní a hrozí tak nebezpečí pracovního úrazu. Tato kapitola tedy obsahuje návrhy na úpravu pracovního místa, které byly navrženy na základě pozorování pracoviště, výstupů z provedených analýz a dále tato kapitola zahrnuje další návrhy pro zlepšení. Cílem této kapitoly je tedy navržení vhodných opatření, které by měly vést k odstranění zjištěných nedostatků nebo alespoň zmírnit negativní dopady na pracovníka.

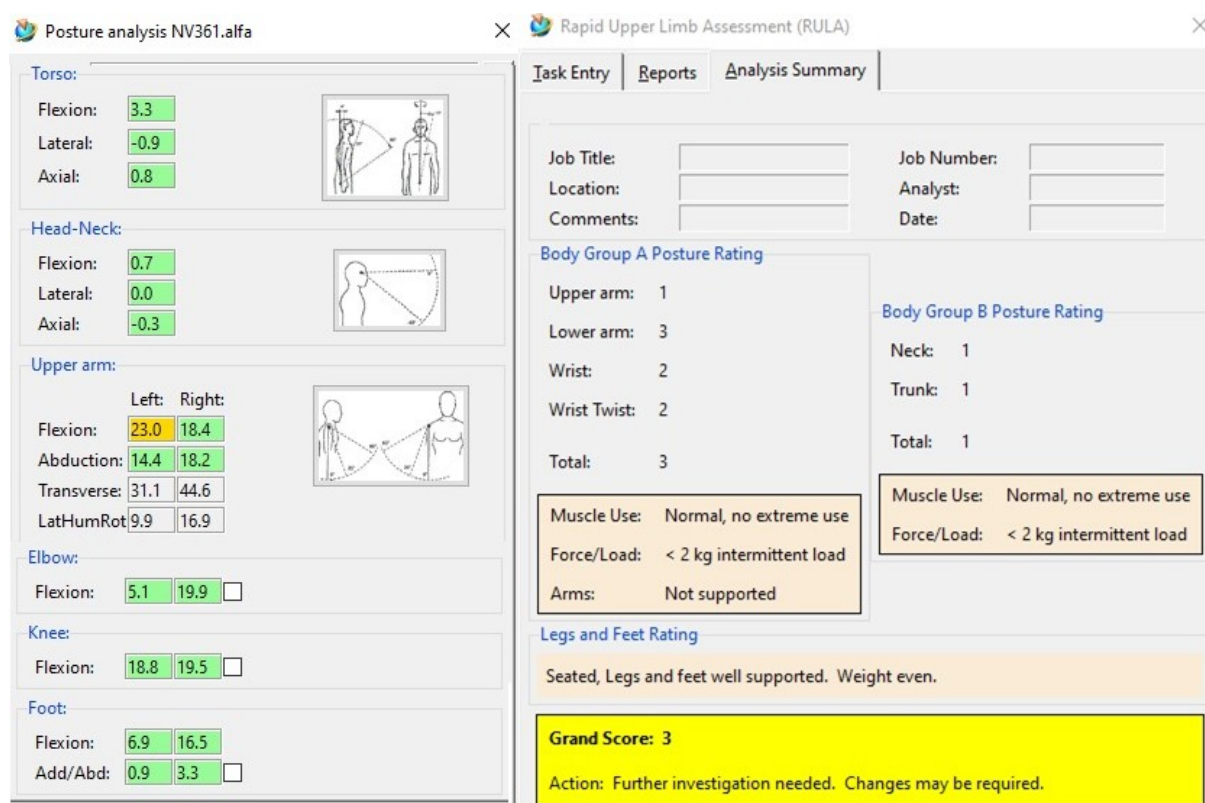
### 7.1 Podstavec pod rámovkou

Prvním nápravným opatřením je podstavec, který by byl umístěn pod rámovkou. Toto opatření bylo navrženo za účelem zmírnění zátěže pro pracovníka, který se během směny ohýbá celkem 200x pro díl, který je určen k dalšímu zpracování. Podstavcem by byl hydraulický zvedák, na kterém by byla položena rámovka s materiálem. Hydraulický zvedák by reagoval na změnu hmotnosti a s ubývajícemi / přibývajícemi kusy by se zvedal / snižoval. Pro pracovníka by se tak neměnila poloha, při které buď odebírá díl, nebo naopak odkládá hotový výrobek. Velikost hydraulického zvedáku byla navržena 150 cm na délku a 90 cm na výšku. Rozměry jsou navrženy tak, aby bylo možné manipulovat s rámovkou pomocí paletového vozíku. Celková výška hydraulického zvedáku včetně rámovky byla navržena tak, aby vždy vrchní díl byl minimálně ve výšce 105 cm. Celý tento návrh je zobrazen na obrázku 7.1.



Obrázek 7.1 Model umístěného podstavce pod rámovkou

Pro toto nápravné opatření bylo znovu provedeno hodnocení pracovních poloh dle NV 361/2007 Sb. a analýza RULA. Z výsledků NV 361/2007 Sb., vyšly hodnoty, které se klasifikují jako přijatelné. V případě výsledku metody RULA došlo ke skokovému zlepšení, kdy celkové RULA skóre vyšlo 3. Oba výsledky tedy potvrdily výrazné zlepšení a lze tak považovat opatření za účinné a vhodné k doporučení podniku pro jeho implementaci. Obě výsledné tabulky jsou znázorněny na obrázku 7.2.

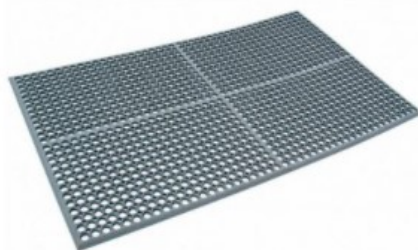


Obrázek 7.2 Výsledné hodnoty dle NV 361/2007 Sb. a analýzy RULA pro opatření č. 1

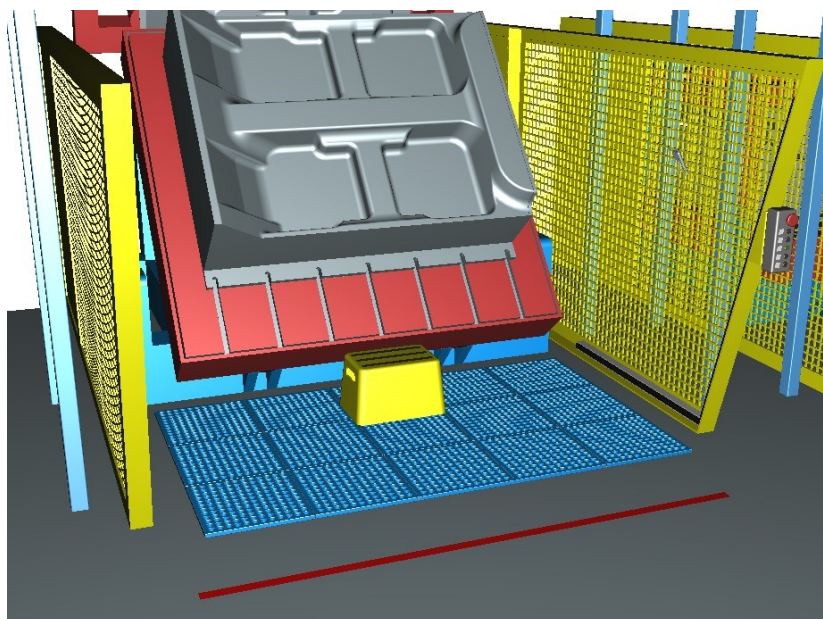
## 7.2 Protiskluzová podložka

Druhým navrhovaným opatřením je ergonomická protiskluzová podložka. Ta by byla umístěna před lisovacím strojem. Tato podložka by zabraňovala nechtěnému pohybu bedýnky. Rozměry podložky byly navrženy pro velikost pracoviště, a to konkrétně 2 metry na délku a 1 metr na šířku. Hlavní výhodou této podložky je její ergonomické navržení, které zvyšuje ochranu zdraví, bezpečnost při práci a produktivitu pracovníků, dále snižuje únavu a tlak na dolní končetiny, včetně kyčlí a páteře. Její protiskluzová vlastnost by snižovala rizika pracovních úrazů. Na obrázku 7.3 je znázorněna ergonomická podložka, která je běžně využívanou pomůckou na pracovištích.

Při navrhování podložky bylo uvažováno, zda svými rozměry a výškou nebude vadit bezpečnostním klecím při samotném spouštění procesu vypěňování. Na základně pozorování chodu na pracovišti bylo zhodnoceno, že navržení protiskluzové podložky bezpečnostním závorám vadit nebude. Nicméně za nevýhodu této podložky lze považovat její údržbu, z důvodu četného výskytu polystyrenových úlomků a dalších nečistot. Proto byla navržena alternativa, které se podrobněji věnuje kapitola 7.5. Návrh protiskluzové podložky je znázorněn také v 3D provedení, viz obrázek 7.4.



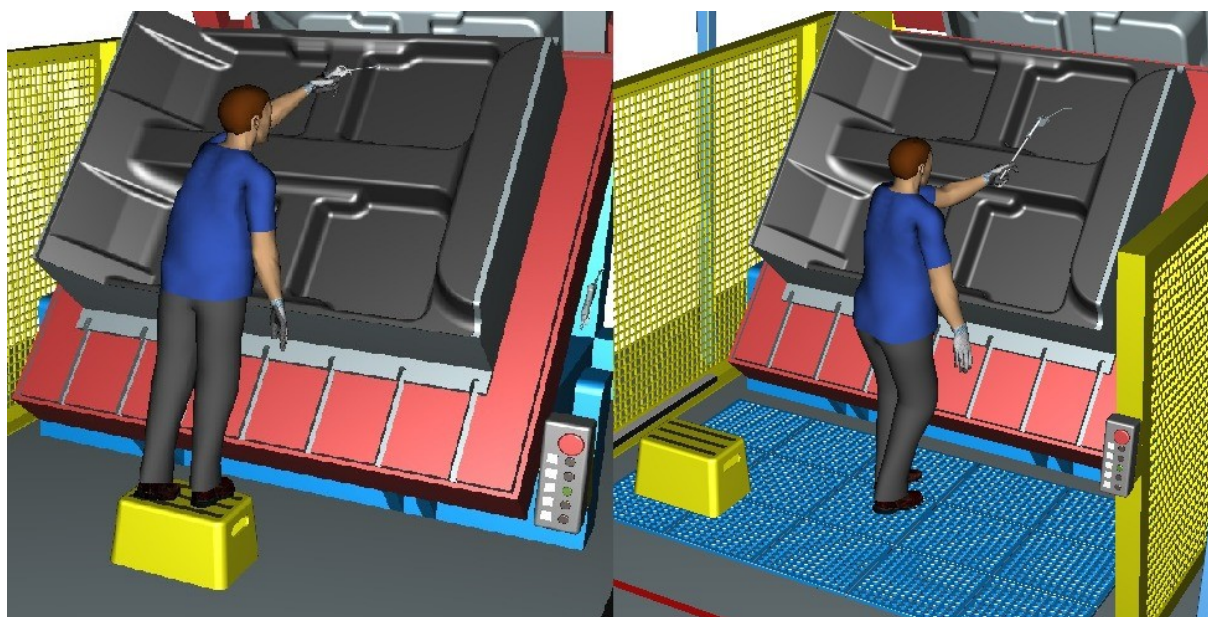
Obrázek 7.3 Ergonomická protiskluzová podložka [28]



Obrázek 7.4 Model protiskluzové podložky

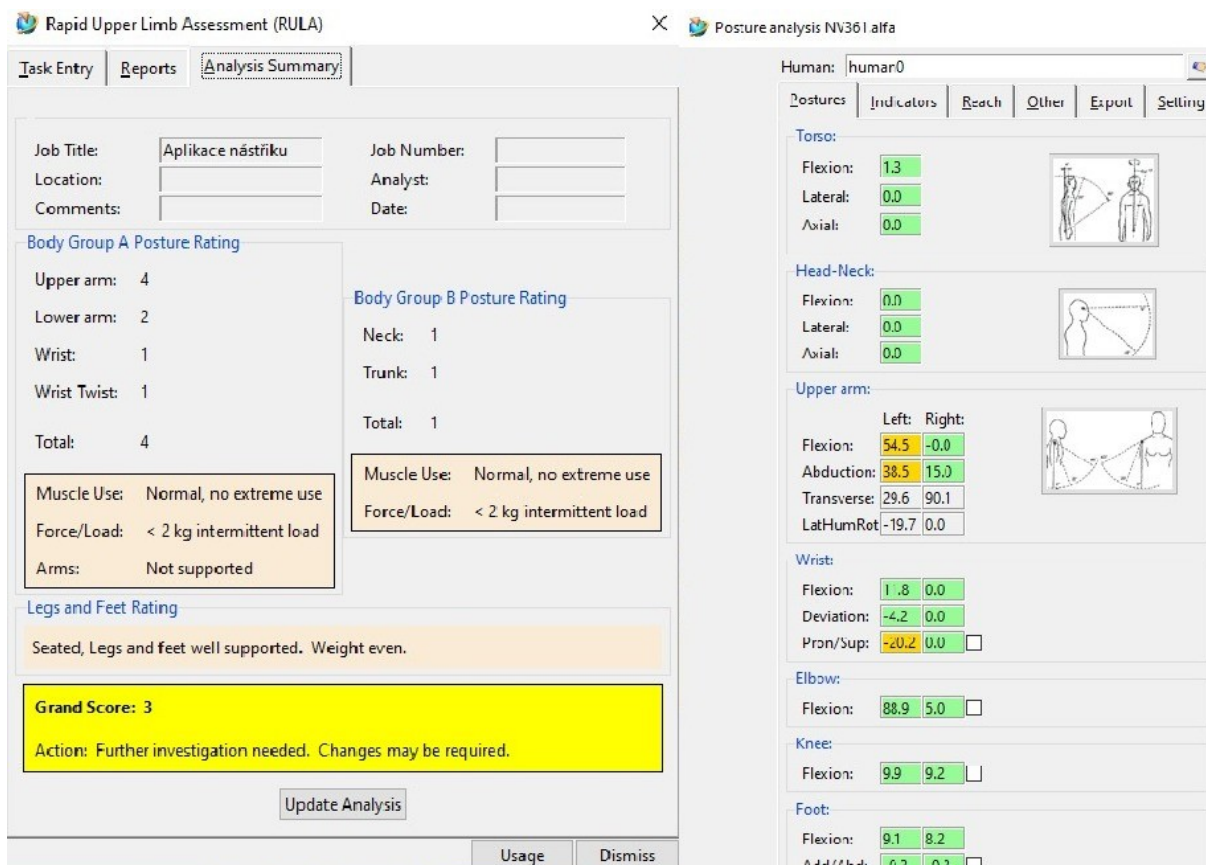
### 7.3 Prodloužení nástavce na pistoli

Pracovníci při své práci používají postřikovací pistole. Tato činnost zabírá pracovníkům značnou část pracovní doby, jelikož nástřik před vložení každého dílu trvá mezi 35–40 s. Celkově tato činnost tvoří přibližně jednu čtvrtinu pracovní směny. Proto byl navržen a vymodelován nástavec, který by o 25 cm prodlužoval rukojeť postřikovací pistole. Díky prodloužení by pracovník dosáhl na všechna potřebná místa, aniž by byl vystavován úhlům, při kterých by byla horní končetina nepříjemně namáhána. Na obrázku 7.5 je znázorněna simulace pohybu pracovníka pro 95. percentil populace při postřiku s pistolí před úpravou (vlevo) a s pistolí po úpravě (vpravo).



Obrázek 7.5 Aplikace nástřiku před a po návrhu opatření

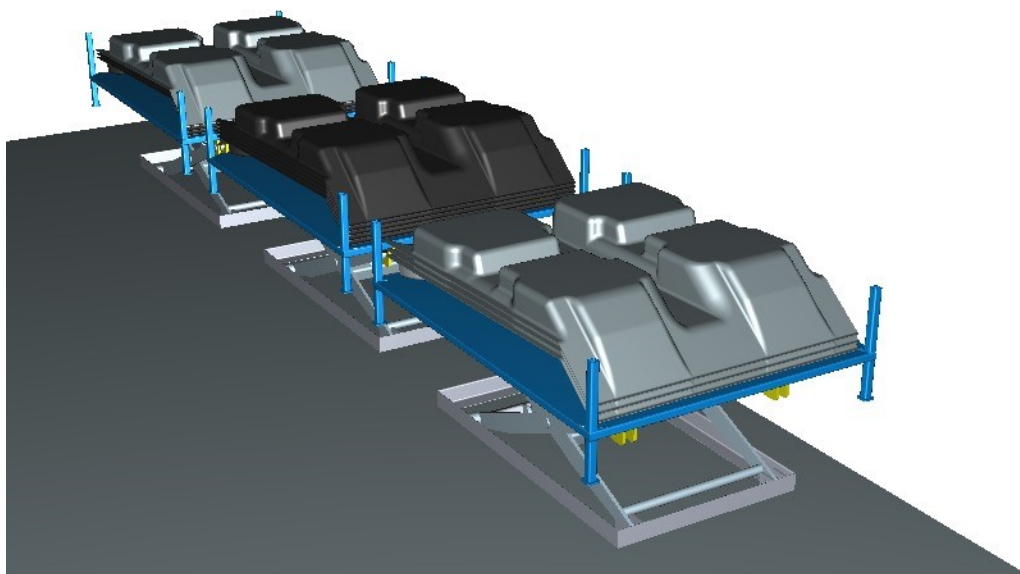
Pro toto nápravné opatření byla znovu provedena analýza RULA a hodnocení pracovních poloh dle NV 361/2007 Sb. Analýza RULA byla realizována pro pozici, která je uvedena na obrázku 7.5 (vpravo). Výsledné RULA skóre bylo tímto opatřením vylepšeno na hodnotu 3 a k výraznému zlepšení došlo také v rámci NV 361/2007 Sb., kde hodnoty trupu, pravé horní končetiny, krku, loktů, kolen a chodidel jsou vyhodnoceny jako přijatelné. Horní levá končetina byla vyhodnocena jako podmíněně přijatelná. Na základě znovu provedených analýz tak lze konstatovat, že navržené opatření v podobě prodloužení nástavce může vést ke zlepšení současného stavu pracoviště. Obrázek 7.6 znázorňuje výsledky z provedené analýzy RULA a hodnocení pracovních poloh dle NV 361/2007 Sb.



Obrázek 7.6 Výsledné hodnoty dle analýzy RULA a NV 361/2007 Sb., pro opatření č. 2

## 7.4 Přeuspořádání umístění rámevek

Jedno z dalších opatření, které se jeví jako vhodné, je přeuspořádání umístění rámevek. Současné pracoviště je uspořádané tak, že k němu náleží tři rámovky. Dvě, na kterých je uložen materiál připravený k vypnění a jedna sloužící pro odkládání hotových dílů. Rozmístění rámevek je takové, že rámovka pro hotové výrobky je umístěna nejbližší ke stroji na pravé straně (myšleno z pohledu na pracoviště, viz obrázek 5.3). Nicméně pro druhý stroj (vlevo) je vzdálenost k rámovce přibližně dvojnásobná. Návrhem je tedy uspořádat rámovky tak, aby vzdálenosti od obou strojů k rámovce pro hotové díly byly totožné. V návrhu je rámovka pro odkládání hotových dílů uprostřed a naproti každému stroji jsou zbývající dvě rámovky s předpřipraveným materiálem. Mezi výhody tohoto opatření patří zkrácení doby, během které pracovník nese hotový díl, jež je po vypnění těžší přibližně o 2 kilogramy, a s tím související zmírnění fyzické zátěže. Návrh na nové uspořádání rámevek je na obrázku 7.7.



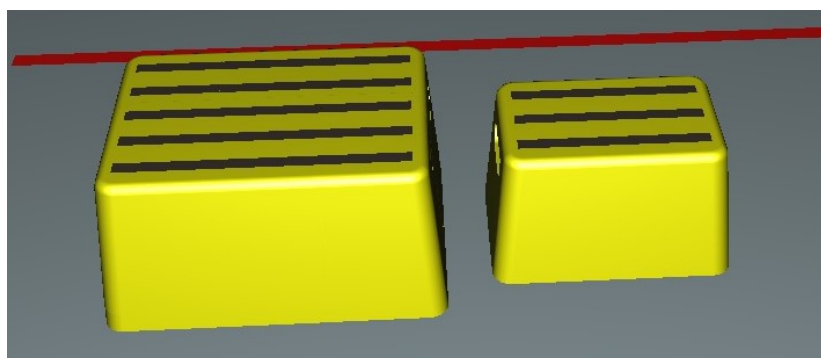
Obrázek 7.7 Ukázka přeuspořádání rámovek

## 7.5 Další návrhy

Tato kapitola se věnuje dalším návrhům, které by mohly zlepšit současný stav pracoviště. Prvním z návrhů jsou **ergonomické vložky do bot**, které jsou pro práci vykonávanou výhradně vstoje považovány za potřebné a vysoce efektivní. Ergonomické ortopedické vložky mají pozitivní vliv na nožní klenbu, rozložení váhy na chodidla, dále tlumí otřesy a mnoho dalších výhod, které pozitivně ovlivňují zdraví pracovníka. Možnou alternativou je obuv se zdravotní podrážkou či obuv s paměťovou pěnou.

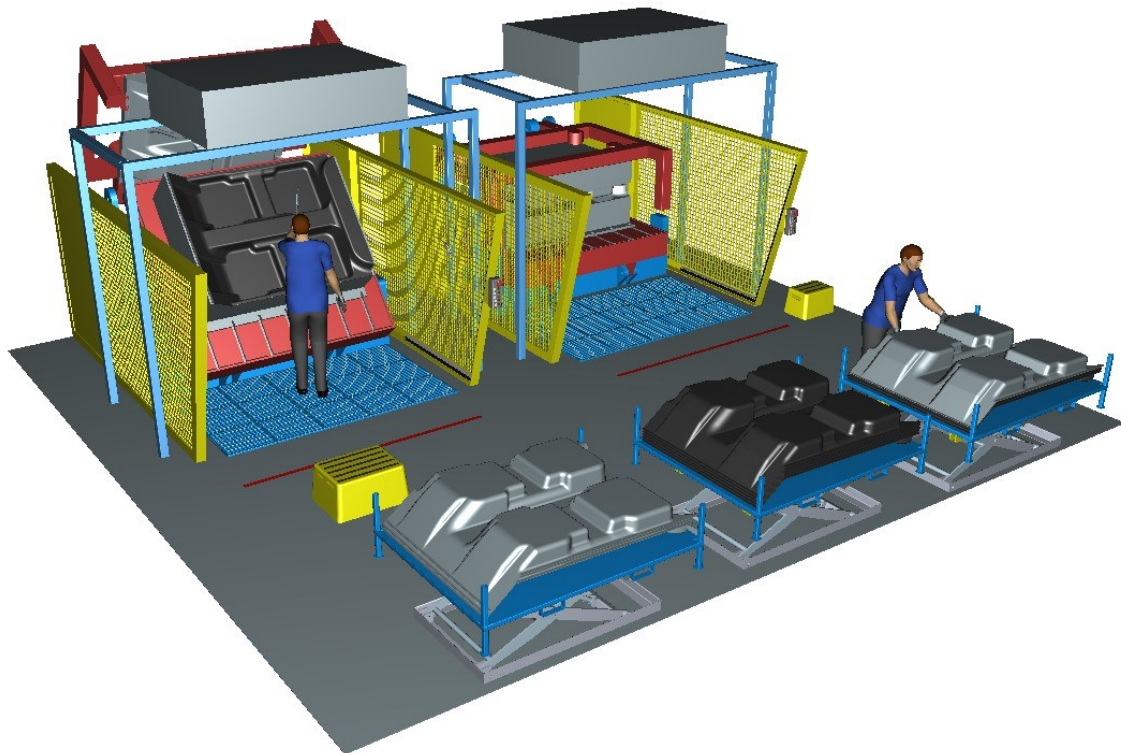
Následující návrh navazuje na opatření, kterému se věnovala kapitola 7.2. Je jím použití **protiskluzového materiálu**, který by byl použit zespod pomocné bedýnky. Zamezilo by se tak nechtěnému pohybu bedýnky ve chvílích, kdy ji pracovník využívá k postřiku nebo během vyjímání výrobku z ocelové formy.

Vhodné by bylo také zvážit **změnu rozměrů bedýnky**. Současné rozměry jsou 46x30x31 cm. Pozorování pracovníků při práci odhalilo, že zvětšení rozměrů bedýnky by napomohlo k lepší manipulaci při vyjímání napěněného výrobku z ocelové formy (zejména pro pracovníky menšího vzrůstu). Nové rozměry bedýnky byly navrženy 64x35x46,5 cm, viz obrázek 7.8. Rozměry byly zvětšeny 1,5x, kromě její výšky, která byla zvětšena pouze o 5 cm tak, aby byla zachována co největší stabilita bedýnky.



Obrázek 7.8 Model bedýnky s novými rozměry vs. současné rozměry

Obrázek 7.9 představuje pracovní místo po úpravě. Pracoviště je opatřeno protiskluzovou rohoží, hydraulickým zvedákem, rámovkami, které jsou umístěné v jiném pořadí, dále je zde pomocná bedýnka s většími rozměry a pracovník, který drží pistoli opatřenou nástavcem.



Obrázek 7.9 Model pracoviště po úpravě

## **Závěr**

Předložená bakalářská práce byla zpracována na téma „*Ergonomie pracoviště*“. Na základě studia odborné literatury byly v teoretické části práce představeny a vysvětleny pojmy ergonomie a ergonomie na pracovišti. V rámci legislativy ergonomie bylo přiblíženo také nařízení vlády č. 361/2007 Sb., které bylo následně použito v praktické části práce. Dále byly popsány ergonomické analýzy, se zaměřením na analýzu RULA a NIOSH. Softwarové podpoře je věnována poslední kapitola teoretické části práce.

Cílem bakalářské práce byla ergonomická analýza pracoviště a následná racionalizace, která byla provedena na základě identifikace zjištěných problematických oblastí.

Praktická část práce byla zpracována na základě pozorování a sběru dat na vybraném pracovišti. Hlavní součástí pracoviště je vstříkolisovací stroj, pomocí kterého jsou vypěňovány komponenty do interiérů automobilů. Při prohlídce pracoviště bylo shledáno hned několik nedostatků týkajících se ergonomie práce. Následně byly provedeny analýzy RULA a NIOSH a dále bylo použito metody pracovních poloh dle NV 361/2007 Sb. pro 5. a 95. percentil lidské populace. Pro analýzy bylo využito softwarového programu Tecnomatix Jack. Po identifikování problematických oblastí pak byla navržena nápravná opatření, doplněná o grafické návrhy a pro některá opatření byly znovu vytvořeny ergonomické analýzy.

Navržená nápravná opatření by měla podniku zlepšit pracovní podmínky pro jejich zaměstnance, což by mimo jiné umožnilo podniku zefektivnit výrobu.



## Seznam použité literatury

### Kněžní zdroje

- [1] GILBERTOVÁ, S., MATOUŠEK, O. *Ergonomie – Optimalizace lidské činnosti*. 1. vyd. Praha: Grada Publishing, 2002. ISBN 80-247-0226-6
- [2] HÁJEK, V. *Ergonomie v bytě, v projektu a v praxi*. Praha: Sobotáles, 2004. ISBN 80-86817-00-8
- [3] HLÁVKOVÁ, J., VALEČKOVÁ, A. *Ergonomické checklisty a nové metody práce při hodnocení ergonomických rizik*. Praha: Státní zdravotní ústav, 2007. ISBN 978-80-7071-289-4
- [4] CHUNDELA, L. *Ergonomie*. Praha: ČVUT, 2013. ISBN 978-80-01-05173-3
- [5] LINHARTOVÁ, L. *Znáte pojem ergonomie pracoviště a víte, proč je tak důležitý?* [online]. [cit. 11-11-2020]. Dostupné z: <https://www.deliving.cz/ergonomie-pracoviste/>
- [6] MALÝ, S. a spol. *Ergonomické stresory pod kontrolou aneb Ergonomie – jak na to*. 1.vyd. Praha: VÚBP, 2016. ISBN 978-80-87676-27-1
- [7] MALÝ, S., KRÁL, M., HANÁKOVÁ, E. *ABC Ergonomie*. Praha: Professional Publishing, 2010. ISBN 978-80-7431-027-0
- [8] MAREK, J., SKŘEHOT, P. *Základy aplikované ergonomie*. Praha: VÚBP, 2009. ISBN 978-80-86973-58-6
- [9] SHORROCK, S., WILLIAMS, C. *Human Factors and Ergonomics in Practise*. 1. vyd. CRC Press, 2017. ISBN 978-14-72-43925-3
- [10] SLAMKOVÁ, E., DULINA, L., TABAKOVÁ, M. *Ergonómia v priemysle*. 1.vyd. Žilina: GEORG knihárstvo, 2010. ISBN 978-80-89401-09-3

### Internetové zdroje

- [11] *A Step-by-Step Guide to Using the NIOSH Lifting Equation for Single Tasks*. [online]. [cit. 03-12-2020]. Dostupné z: <https://ergo-plus.com/niosh-lifting-equation-single-task/>
- [12] Automa. *Tecnomatix – soubor nástrojů digitální továrny*. 2008. ISSN 1210-9592
- [13] BAUMRUK, M. *Tecnomatix Jack 7.0 – Software pro ergonomii v praxi*. [online]. [cit. 15-11-2020] Dostupné z: [https://www.plm.automation.siemens.com/cz\\_cz/Images/Tecnomatix\\_Jack\\_7\\_tcm841-117308.pdf](https://www.plm.automation.siemens.com/cz_cz/Images/Tecnomatix_Jack_7_tcm841-117308.pdf)
- [14] BOWDEN, S. *Rapid Upper Limb Assessment (RULA) Worksheet Tool*. [online]. [cit. 15-11-2020] Dostupné z: <https://www.morganmaxwell.co.uk/rapid-upper-limb-assessment-rula-worksheet-tool-free-pdf-download/>
- [15] BUREŠ, M. *Ergonomie – Úvod*. Plzeň, 2012. Přednáška z předmětu ŘOP. Západočeská univerzita v plzni, FST, Katedra KPV
- [16] *Ergonomické pracoviště – pro zdraví vašich zaměstnanců*. [online]. [cit. 20-11-2020]. Dostupné z: <https://www.hoffmann-group.com/CZ/cs/hot/know-how/online-pruvodce/pruvodce-zarizenim-provozu/ergonomicke-pracoviste/e/61057/>
- [17] *Ergonomie pracovního místa*. [online]. [cit. 20-11-2020]. Dostupné z: <https://zsbozp.vubp.cz/pracovni-prostredi/ergonomie/337-ergonomie-pracovniho-mista>
- [18] *Hygiena práce a pracovního prostředí*. [online]. [cit. 16-11-2020]. Dostupné z: <https://www.bezpecnostprace.info/hygiena/hygiena-prace-a-pracovniho-prostredi/>
- [19] *Metody ergonomie pro použití v praxi*. [online]. [cit. 09-11-2020]. Dostupné z: <https://www.altaxo.cz/provoz-firmy/management/rady-pro-manazery/metody-ergonomie-pro-pouziti-v-praxi>

- [20] MIDDLESWORTH, M. *A Step-by-Step Guide to the RULA Assessment Tool*. [online]. [cit. 15-11-2020]. Dostupné z: <https://ergo-plus.com/rula-assessment-tool-guide/>
- [21] *Možnosti ergonomických analýz pracovních poloh s využitím reálného pohybu člověka v digitálním prostředí*. [online]. [cit. 01-12-2020]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/node/69741/pdf-export>
- [22] *Narizení vlády č. 361/2007 Sb.* [online]. [cit. 18-11-2020]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2007-361>
- [23] *Nemoci z povolání*. [online]. [cit. 18-11-2020]. Dostupné z: <https://zsbozp.vubp.cz/zdravi/nemoci-povolani/102-nemoci-z-povolani>
- [24] *NIOSH Lifting Index*. [online]. [cit. 15-11-2020]. Dostupné z: <https://www.svetproduktivity.cz/slovník/NIOSH-Lifting-Index.htm>
- [25] *Praktické aspekty ergonomie pracovišť*. [online]. [cit. 16-11-2020]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/prakticke-aspekty-ergonomie-pracovist>
- [26] *Process Simulate*. [online]. [cit. 01-12-2020]. Dostupné z: [https://www.plm.automation.siemens.com/en\\_gb/Images/7457\\_tcm642-80351.pdf](https://www.plm.automation.siemens.com/en_gb/Images/7457_tcm642-80351.pdf)
- [27] *Process Simulate*. [online]. [cit. 03-12-2020]. Dostupné z: <https://oneplm.com/tecnomatix/process-simulate/>
- [28] *Protiúnavové průmyslové rohože zlepšují ergonomii a bezpečnost práce, ale i produktivitu zaměstnanců*. [online]. [cit. 10-04-2021]. Dostupné z: <https://www.dewolf.cz/blog/protiunavove-prumyslove-rohoze-ergonomie/>
- [29] RODOVALHO, E. C., et al. *New ergonomics device to improve occupational safety of blasthole drill operators*. *J Mater Res Technol*. 2018 Dostupné z: <https://doi.org/10.1016/j.jmrt.2018.11.013>
- [30] *Siemens – Tecnomatix Jack Student Download*. [online]. [cit. 18-11-2020]. Dostupné z: [https://www.plm.automation.siemens.com/plmapp/education/jack/en\\_us/free-software/student](https://www.plm.automation.siemens.com/plmapp/education/jack/en_us/free-software/student)
- [31] Státní zdravotní ústav. *Nemoci z povolání v České republice 2019*. Praha, 2020. ISSN 1804-5960
- [32] *Tecnomatix Jack*. [online]. [cit. 15-11-2020]. Dostupné z: <https://www.digipod.zcu.cz/index.php/oblasti-nasazeni/ergonomie/jack>
- [33] *The Nordic Musculoskeletal Questionnaire*. [online]. [cit. 16-11-2020]. Dostupné z: <https://academic.oup.com/occmed/article/57/4/300/2751338>
- [34] VALEČOVÁ, A. *Moderní metody v hodnocení ergonomických rizik*. [online]. [cit. 15-11-2020]. Dostupné z: [https://www.ergonomicka.cz/app/uploads/valeckova\\_moderni\\_metody.pdf](https://www.ergonomicka.cz/app/uploads/valeckova_moderni_metody.pdf)
- [35] *Vyhláška č. 107/2013 Sb.* [online]. [cit. 18-11-2020]. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2013-107>
- [36] *Využití legislativy jako součástí ergonomického nástroje Tecnomatix Jack*. [online]. [cit. 15-05-2021]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/josra/vyuziti-legislativy-jako-soucasti-ergonomickeho-nastroje-tecnomatix-jack>
- [37] *Významné body novely zákona o ochraně veřejného zdraví*. [online]. [cit. 18-11-2020]. Dostupné z: <https://www.bozpinfo.cz/vyznamne-body-novely-zakona-o-ochrane-verejneho-zdravi>
- [38] *Základní legislativa v EU a v ČR k problematice fyziologie práce a ergonomie*. [online]. [cit. 18-11-2020]. Dostupné z: [http://www.khshk.cz/e-learning/kurs5/kapitola\\_21\\_zkladn\\_legislativa\\_v\\_eu\\_a\\_v\\_r\\_k\\_problematice\\_fyziologie\\_prce\\_a\\_ergonomie.html](http://www.khshk.cz/e-learning/kurs5/kapitola_21_zkladn_legislativa_v_eu_a_v_r_k_problematice_fyziologie_prce_a_ergonomie.html)

## Seznam tabulek

Tabulka 2.1 Nemoci z povolání [32].....	18
Tabulka 3.1 RULA skóre [20].....	21
Tabulka 3.2 Metoda REBA celkové hodnocení [3] .....	25
Tabulka 6.1 Vyhodnocení analýzy RULA .....	39
Tabulka 6.2 Souhrn výsledků analýzy NIOSH .....	46

## Seznam obrázků

Obrázek 1.1 - Mnoho oborová ergonomie [6].....	12
Obrázek 2.1 Snižování pracovního výkonu během pracovní doby [16] .....	15
Obrázek 3.1 Metoda RULA [34].....	21
Obrázek 3.2 Dotazník Nordic Questionnaire [15] .....	23
Obrázek 3.3 Parametry NIOSH [29] .....	24
Obrázek 4.1 Tecnomatix Jack [30] .....	26
Obrázek 4.2 Process Simulate [27] .....	27
Obrázek 5.1 Rozměry pracoviště 1 a 2 .....	28
Obrázek 5.2 Náhled na celé pracoviště .....	29
Obrázek 5.3 Model celého 3D pracoviště v programu NX.....	29
Obrázek 5.4 Model vstříkolisovacího stroje .....	30
Obrázek 5.5 Model pomocné bedýnky .....	30
Obrázek 5.6 Model finálního výrobku .....	30
Obrázek 5.7 Model nastříkovací pistole.....	31
Obrázek 5.8 Model rámovek .....	31
Obrázek 5.9 Model 5. a 95. percentilu populace.....	32
Obrázek 6.1 Příklad vstupních parametrů pro analýzu RULA .....	33
Obrázek 6.2 Poloha č. 1 a vytvořená simulace pro 95. percentil .....	34
Obrázek 6.3 RULA skóre pro 5. percentil na boxu.....	35
Obrázek 6.4 RULA skóre pro 95. percentil na boxu (vlevo) a na zemi (vpravo) .....	35
Obrázek 6.5 Poloha č. 2 a vytvořená simulace pro 95. percentil .....	36
Obrázek 6.6 RULA skóre pro 5. (vlevo) a 95. percentil (vpravo) .....	36
Obrázek 6.7 Poloha č. 3 a vytvořená simulace .....	37
Obrázek 6.8 RULA skóre pro 5. (vlevo) a 95. percentil (vpravo) .....	38
Obrázek 6.9 Vytvořená simulace pro 95. percentil pro polohu č. 4.....	38
Obrázek 6.10 RULA skóre pro 5. (vlevo) a 95. percentil (vpravo) .....	39
Obrázek 6.11 Vstupní parametry 1 .....	41
Obrázek 6.12 Vstupní parametry 2 .....	41
Obrázek 6.13 Vstupní parametry 3 .....	42
Obrázek 6.14 Počáteční a koncová poloha pro variantu úchopu č. 1 pro 95. percentil .....	42
Obrázek 6.15 Výsledek analýzy NIOSH pro variantu úchopu č. 1 pro 95. percentil .....	43
Obrázek 6.16 Počáteční a koncová poloha pro variantu úchopu č. 2 pro 95. percentil .....	43
Obrázek 6.17 Výsledky analýzy NIOSH pro 2. polohu pro 5. percentil.....	44
Obrázek 6.18 Výsledky analýzy NIOSH pro 2. polohu pro 95. percentil.....	44
Obrázek 6.19 Počáteční a koncová poloha pro variantu úchopu č. 3 pro 95. percentil .....	45
Obrázek 6.20 Výsledky analýzy NIOSH pro 3. polohu pro 5. percentil.....	45
Obrázek 6.21 Výsledky analýzy NIOSH pro 3. polohu pro 95. percentil.....	45
Obrázek 6.22 Vytvořená simulace pro 95. percentil pro polohu č. 1.....	47
Obrázek 6.23 Výsledné hodnoty NV 361/2007 Sb. pro 5. (vlevo) a 95. percentil (vpravo) pro polohu č. 1 .....	47

Obrázek 6.24 Vytvořená simulace pro 95. percentil pro polohu č. 2.....	48
Obrázek 6.25 Výsledné hodnoty NV 361/2007 Sb. pro 5. (vlevo) a 95. percentil (vpravo) pro polohu č. 2.....	48
Obrázek 7.1 Model umístěného podstavce pod rámovkou .....	50
Obrázek 7.2 Výsledné hodnoty dle NV 361/2007 Sb. a analýzy RULA pro opatření č. 1.....	51
Obrázek 7.3 Ergonomická protiskluzová podložka [28].....	51
Obrázek 7.4 Model protiskluzové podložky .....	52
Obrázek 7.5 Aplikace nástřiku před a po návrhu opatření .....	52
Obrázek 7.6 Výsledné hodnoty dle analýzy RULA a NV 361/2007 Sb., pro opatření č. 2.....	53
Obrázek 7.7 Ukázka přeuspořádání rámovek .....	54
Obrázek 7.8 Model bedýnky s novými rozměry vs. současné rozměry.....	54
Obrázek 7.9 Model pracoviště po úpravě.....	55