



VYSOKÉ UČENÍ TECHNICKÉ V BRNĚ

BRNO UNIVERSITY OF TECHNOLOGY

FAKULTA STROJNÍHO INŽENÝRSTVÍ

FACULTY OF MECHANICAL ENGINEERING

ÚSTAV VÝROBNÍCH STROJŮ, SYSTÉMŮ A ROBOTIKY

INSTITUTE OF PRODUCTION MACHINES, SYSTEMS AND ROBOTICS

HODNOCENÍ LOKÁLNÍ SVALOVÉ ZÁTĚŽE NA VÝROBNÍ LINCE

EVALUATION OF THE LOCAL MUSCULAR LOAD ON THE PRODUCTION LINE

DIPLOMOVÁ PRÁCE

MASTER'S THESIS

AUTOR PRÁCE

AUTHOR

Bc. Nikola Slámová

VEDOUCÍ PRÁCE

SUPERVISOR

Ing. Luboš Kotek, Ph.D.

BRNO 2022

Zadání diplomové práce

Ústav: Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky

Studentka: **Bc. Nikola Slámová**

Studijní program: Kvalita, spolehlivost a bezpečnost

Studijní obor: bez specializace

Vedoucí práce: **Ing. Luboš Kotek, Ph.D.**

Akademický rok: 2021/22

Ředitel ústavu Vám v souladu se zákonem č.111/1998 o vysokých školách a se Studijním a zkušebním řádem VUT v Brně určuje následující téma diplomové práce:

Hodnocení lokální svalové zátěže na výrobní lince

Stručná charakteristika problematiky úkolu:

Oblast ergonomie je stále velmi aktuální i při zvyšování průmyslové automatizace, jelikož ve firmách dochází k neustálému tlaku na obsluhu.

Z těchto důvodů zde vzniká mnoho nebezpečí, která vedou k nemocím z povolání či jiným zdravotním následkům. Stanovení lokální svalové zátěže na konkrétní výrobní lince je možné několika přístupy, v práci by byla použita metoda posouzení pracovní zátěže integrovanou elektromyografií, která dokáže monitorovat odezvy nervového systému při zátěži a následně vyhodnocovat vynaloženou sílu. K porovnání výsledků by se použily moderní metody RULA/REBA, které se využívají k hodnocení ergonomie ve světě.

Cíle diplomové práce:

Rešerše současného stavu ergonomie lokální svalové zátěže.

Rešerše legislativních a normativních předpisů.

Systémový rozbor řešené problematiky.

Stanovení postupu testování lokální svalové zátěže na výrobní lince.

Měření a vyhodnocení dat.

Návrh opatření pro zlepšení.

Vlastní závěry a doporučení pro další rozvoj řešené problematiky.

Seznam doporučené literatury:

ČSN EN 13861: 2012. Bezpečnost strojních zařízení – Návod pro aplikaci ergonomických norem při konstrukci strojních zařízení.

CHUNDELA, Lubor. Ergonomie. 3. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. ISBN 978-80-01-05173-3.

FIŠEROVÁ, Světlá. Metody ergonomických hodnocení pro použití v technické praxi: Ergonomics evaluation methods for application in engineering practice: autoreferát disertační práce. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2010. ISBN 978-80-248-2275-4.

HLÁVKOVÁ, Jana a Alena VALEČKOVÁ. Ergonomické checklisty a nové metody práce při hodnocení ergonomických rizik: metodický materiál Národního referenčního pracoviště pro fyziologii a psychofyziologii práce. Praha: Státní zdravotní ústav, 2007. ISBN 978-80-7071-289-4.

Termín odevzdání diplomové práce je stanoven časovým plánem akademického roku 2021/22

V Brně, dne

L. S.

doc. Ing. Petr Blecha, Ph.D.
ředitel ústavu

doc. Ing. Jaroslav Katolický, Ph.D.
děkan fakulty

ABSTRAKT

Tato diplomová práce se zaměřuje na lokální svalovou zátěž ve výrobních procesech. Provedená analýza hodnotí stav zátěže na konkrétní lince. Práce je doplněna o preventivní opatření, které by měly zátěž snižovat.

ABSTRACT

This diploma thesis focuses on local muscle load in production processes. The performed analysis evaluates the state of the load on specific lines. The diploma thesis is complemented by preventive measures that should reduce the load.

KLÍČOVÁ SLOVA

Ergonomie, lokální svalová zátěž, hodnocení zátěže, montážní linka

KEYWORDS

Ergonomics, local muscular load, load evaluation, assembly line

BIBLIOGRAFICKÁ CITACE

SLÁMOVÁ, Nikola. Hodnocení lokální svalové zátěže na výrobní lince [online]. Brno, 2022 [cit. 2022-05-10]. Dostupné z: <https://www.vutbr.cz/studenti/zav-prace/detail/140329>. Diplomová práce. Vysoké učení technické v Brně, Fakulta strojního inženýrství, Ústav výrobních strojů, systémů a robotiky. Vedoucí práce Luboš Kotek.

PODĚKOVÁNÍ

Tímto bych ráda poděkovala panu Ing. Luboši Kotkovi Ph.D. za cenné rady a odborné vedení při tvorbě diplomové práce.

ČESTNÉ PROHLÁŠENÍ

Prohlašuji, že tato práce je mým původním dílem, zpracovala jsem ji samostatně pod vedením Ing. Luboše Kotka Ph.D. a s použitím literatury uvedené v seznamu.

V Brně dne 20.5.2022

.....

Bc. Nikola Slámová

OBSAH

1	ÚVOD	15
2	ANYLÝZA POZNATKŮ Z ERGONOMIE	17
2.1	Definice ergonomie.....	17
2.2	Dělení ergonomie.....	17
2.3	Legislativní požadavky	18
2.3.1	Legislativní nařízení EU	18
2.3.2	Legislativní nařízení v ČR	19
2.3.3	Normy v oblasti ergonomie	20
2.4	Rizikové faktory	22
2.5	Problematika fyzické zátěže	22
2.5.1	Celková zátěž.....	23
2.5.2	Lokální zátěž.....	23
2.5.3	Pracovní polohy	24
2.5.4	Manipulace s břemeny	25
3	SYSTÉMOVÝ PŘÍSTUP	27
4	METODY NA HODNOCENÍ LOKÁLNÍ ZATĚŽE	31
4.1	Hygienické limity podle nařízení vlády 361/2007.....	32
4.2	Měření využívaných pomůcek	32
4.3	Tenzometrická a výpočtová metoda	32
4.4	Hodnocení podle normy ČSN EN 1005	32
4.5	Dotazníky, Checklisty	35
4.6	Integrovaná elektromyografie.....	35
4.7	Moderní metody	36
4.7.1	Řešení pomocí software.....	37
5	POPIS ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY	39
5.1	Základní informace podniku BOSCH Group	39
5.1.1	Výrobní program	39
5.2	Měření lokální svalové zátěže.....	40
5.2.1	Metodika výzkumu – integrovaná elektromyografie.....	41
5.2.2	Metodika výzkumu – metody RULA	42
5.2.3	Porovnání hodnocení metod	43
5.3	Výrobek Common Rail pump 3	44
5.4	Snímek pracovního dne	44
6	ROZBOR MALOSÉRIOVÉ LINKY	47
6.1	Popis pracoviště a pracovních poloh	47
6.2	Hodnocení pomocí integrované elektromyografie	48
6.3	Hodnocení vybraných operací pomocí metody RULA	51
7	ROZBOR VELKOSÉRIOVÉ LINKY	61
7.1	Popis pracoviště a pracovních poloh	61
7.2	Hodnocení pomocí integrované elektromyografie	62
7.3	Hodnocení vybraných operací pomocí metody RULA	64
8	NÁVRHY OPTIMALIZAČNÍCH OPATŘENÍ	73
8.1	Společné návrhy	73

8.2	Návrh pracoviště 1.....	73
8.3	Návrh pracoviště 2.....	75
8.4	Návrhy na organizační změny	76
ZHODNOCENÍ A DISKUZE		77
8.5	Ekonomické zhodnocení	77
9	ZÁVĚR.....	81
10	SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ	83
11	SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK.....	87
11.1	Seznam tabulek.....	87
11.2	Seznam obrázků.....	88

1 ÚVOD

Vzhledem k tlaku na zdraví a spokojenost zaměstnanců roste význam bezpečné a zdraví neovlivňující práce. Ergonomie se zabývá designem pracoviště, pracovním prostředím, pracovními postupy a organizací práce. Všechny tyto parametry mohou pracovníka zatěžovat. Nejen ergonomický design pracoviště má za cíl minimalizaci zátěže a tím i usnadnění dlouhodobé práce.

Jedním z vlivů považujeme působení fyzické zátěže na organismus, do kterého patří i lokální svalové zatížení. Toto zatížení se týká zejména horních končetin při opakovaných pohybech. Zaměřit bychom se na něj měli z důvodu možného odhalení poškozování zdraví pracovníků. Při hodnocení lokální svalové zátěže si můžeme vybrat z množství metod. Patří mezi ně jednoduché měřicí nástroje pro určování vynaložené síly, měření signálů svalů, nebo moderní metody využívané ve světě. Tyto metody se mezi sebou liší v provedení, časové a finanční náročnosti.

Cílem této práce je popsat aktuální stav ergonomie z pohledu lokální zátěže. Dále popsat platnou legislativu v tomto odvětví a sepsat metody na hodnocení. Praktická část je věnována hodnocení konkrétní výrobní linky. Jako metoda hodnocení je zde použita integrovaná elektromyografie, která je označována ze nejpřesnější metodu. Výsledky jsou srovnány s metodou RULA, která hodnotí nejen lokální svalovou zátěž, ale i postavení celého těla. Na konci práce jsou uvedeny příklady úpravy pracoviště, které by vedly ke snížení zatížení pracovníků.

2 ANALÝZA POZNATKŮ Z ERGONOMIE

Ergonomie je vědní disciplínou, která se zabývá řešením, jak spojit složky systému, aby bylo dané uskupení co nejefektivnější. Mezi složky ve strojírenství patří zejména stroje, zařízení a prostřední ve výrobním podniku. Tento obor se však nevěnuje pouze pracovnímu využití, ale rozsah má do jakéhokoliv konání člověka. Díky ergonomii je tedy možné zlepšit podmínky nejen na pracovišti, ale i v každodenním životě.

2.1 Definice ergonomie

Poprvé se lidé začínají zabývat vztahem mezi prací a člověkem v období mezi světovými válkami v Německu, kde ji označovali jako věda o práci. Svoje současné označení ergonomie dostává až po druhé světové válce, a to zejména v Evropě, Spojených státech, Austrálii a vyspělejších asijských státech. Název ergonomie vznikl spojením řeckých slov ergon (práce) a nomos (zákon). Také se můžeme setkat s pojmy jako Human Factors, Biotechnology nebo Human Engineering. [5]

Zejména ve starší literatuře se setkáváme s různými definicemi. V roce 2002 však mezinárodní společnost IEA definovala ergonomii tímto způsobem. „*Ergonomie je vědecká disciplína založená na porozumění interakci člověka a dalších složek systému. Aplikaci vhodných metod, teorie a dat zlepšuje lidské zdraví, pohodu a výkonnost.*“

Ergonomie je systém, který řeší problematiku mezi člověkem, strojem ve výrobním i nevýrobním prostředí. Ergonomie je charakteristická systémovým přístupem, kde všechny složky na sebe vzájemně navazují. [5]

2.2 Dělení ergonomie

Základní oblasti podle IEA

- Kognitivní ergonomie (psychická) je zaměřena na psychologická stanoviska v pracovním prostředí. Zejména lze najít zejména problémy s pracovním stresem.
- Organizační ergonomie zajišťuje optimalizaci systému jako mohou být práce v týmu, práce na směny apod. [5]

Speciální oblasti ergonomie

- Myoskeletární ergonomie se zabývá onemocněním, která vznikají postupným působením nadměrného přetěžování, stálé pracovní polohy nebo vysokým počtem jednostranných pohybů.
- Psychosociální ergonomie je spjata s myoskeletární ergonomií, protože psychický a sociální činitel způsobuje velký podíl onemocnění spojených s pohybovým aparátem.
- Participační ergonomie se věnuje změnou uspořádání pracoviště za podpory samotných zaměstnanců. Tento přístup zvětšuje motivaci k úpravám.
- Rehabilitační ergonomie se zaměřuje se na konstrukční úpravy prostředí a pomůcek k vykonávání práce pro handicapované osoby. [5]

2.3 Legislativní požadavky

Ergonomie se vyznačuje zvláštnostmi ve vztahu k legislativě. Je to proto, že středobodem pracovního systému je a vždy bude člověk. Tento fakt pochopitelně ovlivňuje celé chování pracovního systému. Proto tedy v jakémkoliv legislativním dokumentu se nesmíme zaměřovat pouze na techniku. Do těchto norem se nepromítají pouze fyzické schopnosti pracovníka, ale musíme počítat i s psychickými vlastnostmi, které mají následovně vliv na celkové rozpoložení.

Legislativa ergonomie se promítá do českých státních norem, kde se využívají na návrh strojních zařízení, řešení optimálních podmínek, nebo řešení barev na pracovním místě. V roce 1995 dostaly svojí vlastní skupinu ve třídě 83 pod názvem „Ergonomie“.

Dále se řeší otázky bezpečnosti v zákoníku práce a hygienické limity, které jsou ustanoveny v nařízeních vlády a vyhláškách. Legislativní dokumenty tak postupně rozšiřují svoji působnost a jsou aktualizovány. Avšak jen tak nedosáhnou takové šíře jako u ostatních technických norem či hygienických předpisů. [9]

2.3.1 Legislativní nařízení EU

Rámcová směrnice 89/391/EHS ze dne 12. června 1989 o zavádění opatření pro zlepšení bezpečnosti a ochrany zdraví zaměstnanců při práci. Jedná se celkem o 19 samostatných směrnic. V rámci Evropské unie stanovuje nejnížší možné opatření pro zachování bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Jednotlivé členské země mohou tyto požadavky mohou přijmout nebo zavést přísnější variantu.

Směrnice zabezpečuje rovnocennou míru ochrany zdraví všech pracovníků. Tato úroveň je dosahována pomocí přijatých preventivních opatření. Základ směrnice je hodnocení rizik, do kterého patří identifikace rizik, jejich náprava, dokumentace, přehodnocování rizik informování a školení zaměstnanců. Právě nová povinnost preventivních opatření dává důraz na nové řízení bezpečnosti a ochrany zdraví. Zároveň nedochází k rozporu pro stávající nebo později vydané předpisy pocházející od členských států. Tato směrnice platí ve všech oborech veřejné i soukromé činnosti. [23]

Směrnice Rady 89/654/EHS ze dne 30. listopadu 1989 o minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví na pracovišti (první samostatná směrnice)

Směrnice 2009/104/ES ze dne 16. září 2009 o minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví pro používání pracovního zařízení zaměstnanci při práci (druhá samostatná směrnice)

Směrnice Rady 89/656/EHS ze dne 30. listopadu 1989 o minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví pro používání osobních ochranných prostředků zaměstnanci při práci (třetí samostatná směrnice)

Směrnice Rady 90/269/EHS – ze dne 29. května. 1990 o minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví při ruční manipulaci s břemeny spojenou s rizikem, zejména poškození páteře, pro zaměstnance (čtvrtá samostatná směrnice)

Směrnice Rady 90/270/EHS ze dne 29. května 1990 o minimálních požadavcích na bezpečnost a ochranu zdraví pro práci se zobrazovacími jednotkami (pátá samostatná směrnice)

Strojní směrnice EU 2006/42/ES ze dne 17. května 2006 o strojních zařízeních a o změně směrnice 95/16/ES

Směrnice určuje opatření, které vedou ke snížení dopadu na lidské zdraví při používání strojních zařízení. První ze zásad zajišťování bezpečnosti je konstruovat strojní zařízení tak, aby vykonávalo svoji funkci, aniž by osoby byly vystaveny riziku. Riziko musí být vyloučeno z celé doby životnosti stroje. [16]

2.3.2 Legislativní nařízení v ČR

Zákon č. 262/2006 Sb. *Zákoník práce v platném znění*

Tento zákon definuje základní podmínky při uzavírání pracovních vztahů. Podmínky se týkají přímo výkonu práce a jsou do nich zahrnuty i požadavky na bezpečnost a ochrany zdraví při práci. Povinnosti zaměstnavatele jsou vytváření bezpečného pracovního pracovních podmínek a kontrola úrovně bezpečnosti. Musí provádět identifikaci, hodnocení a prevenci rizik, které jsou základním předpokladem k zajištění bezpečnosti. Zaměstnavatel dále nesmí ohrozit zaměstnance prací, která by neodpovídala jeho kvalifikaci. Musí poskytnout zaměstnanci zdarma ochranné pomůcky, pokud nelze v dané situaci zavést opatření kolektivní ochrany.

Důležité je zpracování těchto dat kvůli hodnocení nových faktorů a následné odstranění všech nedostatků. Jestliže rizika nelze odstranit, musí být přijata vhodná opatření, která eliminují ohrožení zdraví na minimum. [24]

Zákon č. 258/2000 Sb. *O ochraně veřejného zdraví*

Ochrana před hlukem a vibracemi

Osoba, která provozuje stroje, musí zajistit, aby nepřevyšovaly dovolenou hodnotu hluku a vibrací. Hluk je definován jako nadměrný zvuk, který může poškozovat zdraví. Jestliže dochází k působení nadlimitních hodnot vibrací, může také docházet k ovlivňování zdraví. Obě veličiny musí být stanoveny právními předpisy. Tento předpis upraví hygienické předpisy podle denní doby, způsobu jejich měření a hodnocení.

Kategorizace práce a evidence rizikové práce

Zaměstnavatel je povinen zařadit práci do jedné ze čtyř kategorií. Kategorie se odvíjí od míry výskytu rizikových faktorů na pracovišti. Kritéria, faktory a limity pro zařazení určuje právní předpis. Jestliže u práce hrozí nebezpečí vzniku nemoci z povolání nebo jiné nemoci spojené s vykonáváním práce a je zařazena do kategorie třetí nebo čtvrté. [25]

Zákon č. 309/2006 Sb. *Zákon, kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy*

Tento zákon zapracovává příslušné předpisy Evropské unie a upravuje je v návaznosti na zákoník práce. Jedná se zejména o požadavky na pracoviště, organizaci práce a pracovní postupy. Také se zabývá předcházením ohrožení života, kdy zakazuje výkon některých prací. V další části vymezuje odbornou způsobilost pro řízení bezpečnosti ve firmě a povinnosti zaměstnavatele. [26]

Nařízení vlády č. 361/2007 Sb. *Nařízení vlády, kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví při práci*

Zabývá se rizikovými faktory, jejich členěním a hodnocením. Mezi tyto faktory patří fyzická a psychická zátěž, mikroklimatické podmínky jako zátěž teplem, chladem, práce s chemikáliemi a prachem. V další části se věnuje limitním hodnotám, které určují zařazení pozice. [11]

Nařízení vlády č. 176/2008 Sb. *O technických požadavcích na strojní zařízení*

Při používání stroje podle návodu k použití musí být míra nepohodlí, únavy či zátěže snížena na nejmenší úroveň. Zároveň musí být brán ohled na následující ergonomické zásady.

- Umožnění přizpůsobení se tělesným rozměrům, síle a výdrži obsluhy
- Poskytnutí dostatečného prostoru pro pohyb všech částí těla
- Vyhnutí se tempu udávaným strojem
- Vyhnutí se kontrolním činnostem, které vyžadují dlouhodobou pozornost
- Přizpůsobení rozhraní člověka a stroje předvídatelným vlastnostem obsluhy [28]

Vyhláška č. 432/2003 Sb. *Vyhláška, kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, limitní hodnoty ukazatelů biologických expozičních testů, podmínky odběru biologického materiálu pro provádění biologických expozičních testů a náležitosti hlášení prací s azbestem a biologickými činiteli*

Podle této vyhlášky se práce rozdělují do kategorií podle uvedených limitních a přípustných hodnot. Do faktorů, které ovlivňují zdraví se zahrnuje, fyzikální a chemické působení, biologické činitele, prach, fyzická zátěž, zátěž teplem a chladem, psychická a zraková zátěž a další faktory. [29]

2.3.3 Normy v oblasti ergonomie

ČSN EN 13861:2012 (83 3504) - Bezpečnost strojních zařízení – Návod pro aplikaci ergonomických norem při konstrukci strojních zařízení

Tato evropská norma uvádí metodiku k aplikaci různých ergonomických norem pro konstrukci strojního zařízení, aby se snížila četná nebezpečí a rizika ve stádiu konstrukce.

ČSN EN 614-1 + A1 (83 3501) - Bezpečnost strojních zařízení – Ergonomické zásady navrhování – Část 1: Terminologie a všeobecné zásady

Touto normou se stanovují ergonomické zásady, které je nutno dodržovat během navrhování strojních zařízení v zájmu zdraví a bezpečnosti obsluhy. Tato norma platí pro všechny úkony od instalace přes provoz až po demontáž.

ČSN EN 614-2 + A1 (83 3501) - Bezpečnost strojních zařízení – Ergonomické zásady navrhování – Část 2: Interakce mezi konstrukcí strojního zařízení a pracovními úkoly

Tato norma pomáhá konstruktérům používat ergonomické zásady při projektování strojních zařízení a minimalizovat únavu, nepohodlí a další negativní působení na obsluhu. Kvalita projektování má vliv na bezpečnost a schopnost plnit úkoly a tím i zlepšovat optimalizaci systému. [15]

ČSN ISO 6385 (83 3510) - Ergonomické zásady pro navrhování pracovních systémů

Tato norma slouží ke stanovení základních principů ergonomie pro navrhování pracovních systémů a zároveň definuje základní pojmy. Klade důraz na sjednocený přístup, kde ergonomové spolupracují s osobami zapojenými do navrhování. [15]

ČSN EN 1005-1 + A1 až 5 + A1 (83 3503) - Bezpečnost strojních zařízení – Fyzická výkonnost člověka

Část 1: Termíny a definice

Při navrhování a konstrukci strojů má výrobce splnit základní požadavky na bezpečnost a zdraví. První část normy poukazuje na základní termíny a definice, aby byly tyto požadavky splněny.

Část 2: Ruční obsluha strojního zařízení a jeho součástí

V druhé části najdeme ergonomická doporučení pro konstrukci strojních zařízení, které zahrnují ruční obsluhu nebo jejich součástí. Norma platí pro strojní zařízení o hmotnosti 3 kg nebo vyšší a pro jejich přenášení na vzdálenost menší než 2 m. Také poskytuje identifikaci nebezpečí a posuzování rizika týkající se ruční obsluhy od montáže až po likvidaci.

Část 3: Doporučené mezní síly pro obsluhu strojních zařízení

Zde jsou doporučeny mezní síly, které mohou být používány během provozu strojního zařízení zahrnující celý život stroje. Norma bere ohled na frekvenci, dobu a proměnlivosti sil. Nadměrné síly mohou vést k vyvoláním únavy, diskomfortu a následně ke vzniku onemocnění.

Část 4: Hodnocení pracovních poloh a pohybů ve vztahu ke strojnímu zařízení

Pro posouzení možných zdravotních rizik, které souvisí s polohou a pohybů u stroje byla vydána čtvrtá část. Cílem je zajistit snížení zdravotních dopadů na obsluhu, které by mohly mít vliv na kvalitu a výkonnost práce.

Část 5: Posuzování rizika velmi často opakované ruční manipulace

Tato norma uvádí uživateli návod pro identifikaci případných zdravotních rizik z důvodu přetížení. Metody posuzování mohou také ukázat, jak se dá pracovat na jeho snížení. Také je zde uvedena metodika, která uvádí aplikace různých ergonomických norem pro konstrukci, aby byla možnost snížit rizika již v tomto stádiu. [30]

ČSN EN 894-1 až 4 (83 3585) - Bezpečnost strojních zařízení. Ergonomické požadavky pro navrhování sdělovačů a ovládačů

Část 1: Všeobecné zásady interakcí člověka se sdělovači a ovládači

Tato evropská norma se zabývá projektováním sdělovačů a ovládačů pro obsluhu strojních zařízení. Definuje obecné principy, aby se omezilo vzniku chyb a práce byla efektivní a bezpečná.

Část 2: Sdělovače

Tato norma se vztahuje k navrhování a umístování sdělovačů u strojních zařízení. Jejím cílem je omezit ergonomická rizika, která by při používání mohla vzniknout. Specifikace se týká vizuálních, akustických a taktilních sdělovačů.

Část 3: Ovladače

V normě se zvláště zabývá bezpečností při práci s ovladači, aby nedocházelo k poškození zdraví obsluhy. Obsahuje proto ergonomické požadavky a doporučení pro navrhování a konstrukci ovladačů používaných u strojních zařízení.

Část 4: Umístění a uspořádání sdělovačů a ovladačů

Pro odstranění nebezpečných situací týkající se obsluhy sdělovačů nebo ovladačů, se využívá tato norma. Jedná se ale i o uspořádání řídicích panelů, pultů a jiných prvků. [27]

2.4 Rizikové faktory

Při výkonu práce je zaměstnanec vždy vystaven působení rizikových faktorů, které mohou mít vliv na jeho zdraví. Pod pojmem rizikový faktor je zahrnuta každá událost, činitel nebo vlastnost pracovního systému, která může být příčinou poškození zdraví, nemoci z povolání nebo pracovního úrazu. Proto je důležité se zabývat prevencí rizik. Základem prevence je vyhledávání a eliminace negativních faktorů. Pokud některé riziko nelze odstranit, je nutné zajistit vhodné opatření, které alespoň omezí jejich působení. K těmto opatření patří uspořádání pracoviště, změny, které se týkají pracovních činností a organizační opatření. [14]

Rozdělení zátěže

- Fyzická zátěž
 - Celková zátěž
 - Lokální zátěž
 - Pracovní poloha
 - Manipulace s břemeny
- Zraková zátěž
- Psychická zátěž
- Fyzikální faktory
 - Hluk
 - Vibrace
 - Neionizující a ionizující záření
- Mikroklimatické podmínky
- Chemické faktory
- Biologické činitele

2.5 Problematika fyzické zátěže

Fyzická zátěž se objevuje při každé činnosti pracovního procesu. Jestliže je tato zátěž nepřiměřená, představuje pro organismus závažný problém. Následek zátěže přináší výskyt bolestivých problémů, které nejprve snižují pracovníkovi komfort. Po dlouhodobém působení již způsobuje pokles produktivity a tím i finanční důsledky pro zaměstnavatele. Proto je důležité se věnovat preventivním opatření a předcházet poškozování zdraví. [10]

2.5.1 Celková zátěž

„Za celkovou fyzickou zátěže se považuje zátěž při fyzické práci dynamické, vykonávané velkými svalovými skupinami, při které je zatěžováno více než 50 % svalové hmoty“. [11]

Hodnocení

K popisu fyzické zátěže se využívají fyzikální jednotky, nejčastěji to bývá hmotnost a síla. Dalším hodnotícím kritériem mohou být fyziologické ukazatele, jako jsou energetický výdej nebo srdeční frekvence. Hodnocení fyzické zátěže pomocí energetického výdeje je závislé na pohlaví, věku, fyzické zdatnosti, délce vykonávané práce a dalších. [10]

Při hodnocení rozlišujeme:

- Energetický výdej brutto – pracovní energetický výdej + bazální metabolismus
- Energetický výdej netto – pracovní energetický výdej [10]

2.5.2 Lokální zátěž

„Lokální svalová zátěž je zátěž malých svalových skupin při výkonu práce končetinami“. [11]

Hodnocení

„Při hodnocení lokální svalové zátěže se zjišťují a posuzují vynakládané svalové síly, počty pohybů a pracovní polohy končetin v závislosti na rozsahu statické a dynamické složky práce při práci v průměrné osmihodinové směně“. [11]

Práce s převažující statickou složkou zátěže

Jedná se o úkony, při kterých svaly ruky a předloktí setrvávají v kontrakci déle než 3 s. Převaha statické práce se stanoví, jestliže statické činnosti trvají déle než polovinu pracovní doby. [11]

Práce s převažující dynamickou složkou zátěže

Tato situace nastává, jestliže se ve směně nepřevažují úkony se statickou složkou zátěže. [10]

Nadměrnost a jednostrannost

Pro správnou analýzu je potřeba se zaměřit na kritéria související s nadměrným zatěžováním, jednostranností a délkou úkonu. Nadměrnost a jednostrannost jsou posuzovány spolu a udávají informaci o poměru vynakládaných sil a časovém průběhu. [11]

Výrazným rizikem bývají cyklické úkoly při obsluze strojního zařízení. Zasaženy jsou nejvíce horní končetiny, které jsou tímto vystaveny riziku únavy, diskomfortu a následně i svalově kosternímu poškození. [2]

Hodnotí se zejména podle:

- Velikosti vyvíjených sil
- Časového intervalu, po který působí síla během úkonu
- Polohy celého těla a rozsah pohybů
- Střídání pracovních operací v průběhu pracovní doby [11]

Rizika lokální svalové zátěže

Opakovaná lokální zátěž může způsobit onemocnění nazývané RSI syndrom. Vzniká při relativně jednoduchých pracovních činnostech a malých silách, kde se využívají stejné svalové skupiny. Při vyšším stádiu se projevuje snížením pracovního výkonu. [10]

2.5.3 Pracovní polohy

Další z parametrů ovlivňující celkovou ergonomii je poloha, kterou pracovník zaujímá. V průmyslové výrobě se nejčastěji setkáme s prací v sedě, ve stoje a kombinací obou. Poloha v sedě je samozřejmě pohodlnější a jestliže máme na výběr, měli bychom volit tuto variantu. Na druhou stranu existují výzkumné důkazy, že sezení po delší dobu vede k nepohodlí, bolesti nebo dokonce nevratnému poškození. [7]

O návrh pracovních poloh se musíme zajímat zejména, jestliže se jedná o dlouhodobou činnost zaměstnance. Jestliže je konstrukce stroje již daná, nebo nelze upravit z hlediska technologie, musíme pracovní prostředí pravidelně hodnotit. [11]

Hodnocení

Pracovní poloha se hodnotí vždy v přímé souvislosti s vykonávanou činností

Hodnotí se zejména tyto parametry:

- Dosahové vzdálenosti
- Úhel posuzované části
- Délka trvání polohy
- Vynakládané síly
- Stabilita v pracovní poloze
- Čas na odpočinek
- Poměr statické a dynamické složky

Hodnocení probíhá na základě rozřazení poloh na přijatelnou, podmíněně přijatelnou a nepřijatelnou.

U přijatelné polohy je zdravotní riziko malé či zanedbatelné, proto není nutné opatření. Riziko u podmíněně přijatelné polohy se může objevit u části nebo celé populace. Pro snížení rizik je vhodné navrhnout opatření. Nepřijatelná poloha vystavuje pracovníka příliš velkému riziku. Musí dojít k přerušení výroby a provedení přepracování pracovního místa.

Souhrnná doba strávená v nepřijatelných polohách může být maximálně 30 minut při osmihodinové směně. Zároveň v jedné nepřijatelné poloze může strávit maximálně 8 minut podle pracovní polohy. Jestliže jsou limity překračovány, musí být zavedeny přestávky trvající až deset minut každé dvě hodiny. Při delší směně se tyto limity zvyšují. [11]

Pracovní výška ve stoje

Ideální pracovní výška při stání je cca mezi 80 cm až 150 cm. Volba závisí především na typu úlohy a tělesných rozměrech pracovníka. Optimální pracovní výška se může určovat podle „pravidla loktů“. Pro fyzicky náročné činnosti je vhodná pracovní výška o 15–40 cm nižší než úroveň loktů. Jestliže je nutné používat jemnou motoriku, měla by pracovní plocha být o 10–20 cm vyšší oproti výšce loktů. Při běžné pracovní činnosti se doporučuje umístit plochu někde mezi těmito rozměry. Jestliže se vyžaduje jemná montáž a není potřeba velkých sil, je vhodnější

při práci zvolit sezení. Z tohoto důvodu je nejlepší pořizovat na pracoviště stoly již s nastavitelnou výškou. [11]

Pracovní výška v sedě

Problém spojený s navrhováním sedadel vhodných pro práci není zdaleka vyřešen. V posledních desetiletích design sedadel vzbudil zájem výzkumníků, designérů a výrobců kvůli stále rostoucímu počtu problémů pohybového aparátu. [7]

Kromě zátěže bederní kyfózy může také sezení vyvolat nadměrné svalové napětí v úrovni zad a ramen. Například, pokud je pracovní plocha příliš nízko, osoba se předklání. A naopak jestliže se nachází příliš vysoko, je nutno zvedat ramena. V ideálním případě by pracovní povrch měl být ve výšce, která umožňuje pracovat s rameny v uvolněné poloze. [7]

Pracovní pohyby

Při pracovní činnosti je doporučeno používat obě ruce kvůli rovnoměrnému zatížení končetin. Na toto pravidlo je nutné myslet již při návrhu pracoviště a rozmístění pracovních pomůcek. Pracovních pohybů by mělo být prováděných co nejméně, aby nedocházelo k přetěžování pracovníka. Proto by pohyby na jeden výrobek měly být určeny pracovním návodem. Důležitým faktorem při pohybech jsou dosahové vzdálenosti v horizontálním i vertikálním směru. Nejčastější činnost by měla být prováděna přímo před pracovníkem. S menší četností roste i možnost používat i vzdálenější místa. [11]

2.5.4 Manipulace s břemeny

Pod pojmem "břemeno" v technické praxi se rozumí polotovary, výrobky, přepravky, různé dílce, nádoby, balíky apod. [1]

Ruční manipulaci s břemenem zahrnuje zvedání, nošení, pokládání, strkání a jinou činnost s břemenem, kde hrozí kvůli špatným ergonomickým podmínkám poškození páteře nebo jiné onemocnění zejména kvůli většímu zatěžování jedné strany těla. [11]

Lze najít mnoho doporučení, směrnic a metod k hodnocení manipulace, aby docházelo k co nejmenšímu dopadu na zdraví. Při tomto problému je potřeba brát v potaz mnoho vstupujících faktorů, proto je obtížné stanovit přesné limity, které zaměstnanec bezpečně ochrání. Proto platnost současných mezí nebyla zatím potvrzena a je potřeba jejich ověření. [5]

Hodnocení

Hygienické limity vycházejí z fyziologických kritérií a hodnotí se hmotnost břemena a dobu manipulace. Proto se definují pojmy občasná a častá manipulace. Občasná manipulace znamená celkovou dobu manipulace maximálně půl hodiny za osmihodinovou směnu. [11].

Při hodnocení je nutné zvažovat tyto okolnosti:

- Pohlaví, věk a fyzická kondice pracovníka
- Frekvence manipulace
- Pracovní poloha
- Možnosti a způsob úchopu
- Pracovní podmínky, stav podlahy, aj. [10]

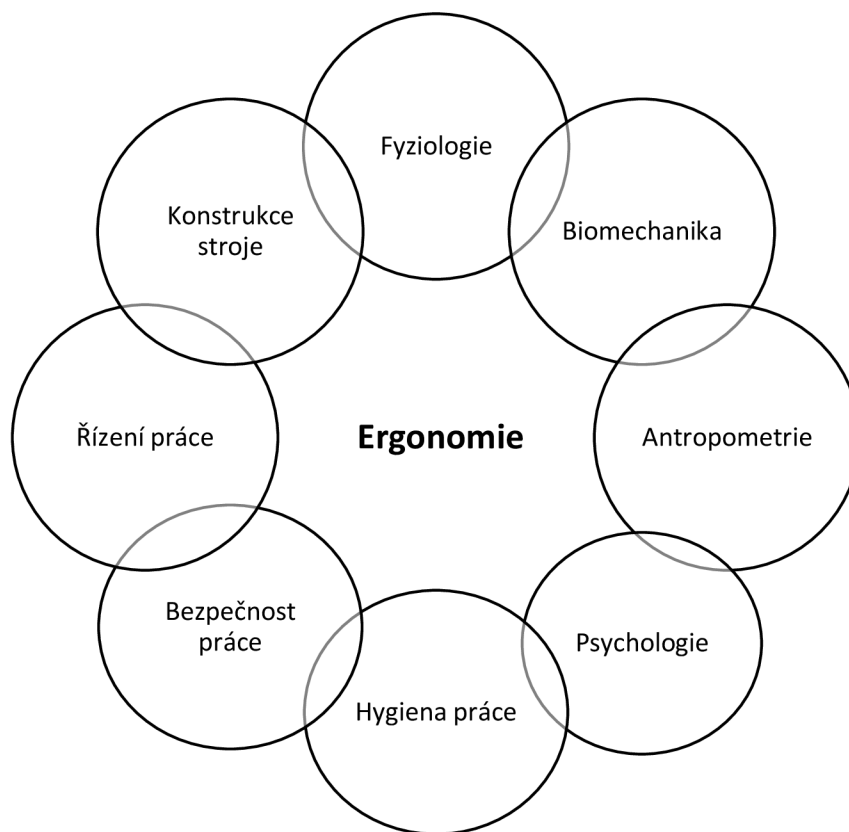
Před samotnou manipulací musí být zaměstnanec seznámen o vlastnostech břemene a s riziky, kterým může být při nesprávné manipulaci vystaven. [11]

3 SYSTÉMOVÝ PŘÍSTUP

Ergonomie zkoumá vliv působení pracovních podmínek a prostředí na lidské zdraví. Proto musí vycházet z poznatků lidského těla, jako jsou anatomie, antropometrie, fyziologie a biomechanika apod. Do jejího okruhu zkoumání se zahrnuje problematika pracovních poloh, fyzická zátěž, manipulace s břemeny, opakované pracovní činnosti, bezpečnost práce nebo psychická zátěž. Ergonomie byla vytvořena, aby sjednocovala tyto disciplíny, které se zabývají vztahem mezi člověkem a prací a dokázala stejnou důležitost mezi těmito obory. [5]

Systém lze obecně definovat jako množinu elementů, které jsou navzájem propojené a umožňují dosahovat předem určených cílů. Ergonomie je systém, který řeší problematiku mezi člověkem, strojem a prostředím, a to ve výrobním i nevýrobním prostředí. [2]

Ergonomie vychází z poznatku, že celek není složený pouze z jednotlivých složek, ale musíme ho brát jako nové uskupení. Toto seskupení má vždy jiné vlastnosti a je potřeba se ke každému chovat individuálně. Je to způsob řešení, při němž se berou v potaz všechny souvislosti a vazby ovlivňujících podmětů. [1]



Obr. 1) Propojení oborů [13]

Stejně jako u ostatních interakcí osob s jejich okolím, zahrnuje tento proces i kontinuální výměnu informací mezi člověkem a strojem. Operátor poskytuje vstup do stroje, který na tento vstup reaguje a zobrazuje informace zpět ohledně stavu. Člověk musí tyto informace zpracovat prostřednictvím svých smyslů a správně vyhodnotit další úkony. [7]

Systemový přístup v ergonomii se uplatňuje ve všech fázích konstrukčního či projektového postupu složitých systémů. [1]

Zejména řešení ergonomického problému vyžaduje zavedení tohoto přístupu. Proces řešení ergonomických úkolů v rámci určitého pracovního systému začíná tím, že se musí jasně definovat konkrétní cíl práce. Současně musí být vyjasněna představa, jakými metodami se bude problém řešit, co je potřeba zjistit a kdo se bude na tomto úkolu podílet. Zároveň je nutné zabezpečit tento úkol, co se týče finanční, personální a časové stránky. Výsledek řešení by měl být jasně určen. [8]

Při jakémkoliv řešení úkolů platí, že plán by měl být rozdělen do několika fází, které se dodržují v chronologickém pořadí. Zároveň může docházet ke vzájemnému překrývání či dílčímu dělení. Dělení těchto fází vždy závisí na složitosti daného problému. Tyto fáze se následně nastudují, popíší, kriticky zhodnotí a připraví se návrh pro nápravná opatření. [8]

Faktory pracovního prostoru

Mezi základní faktory pracovního prostoru se zařazuje dostatečné osvětlení a vhodné mikroklimatické podmínky (teplota, vlhkost, možnost výměny vzduchu a jeho proudění). K tomu se přidávají i další vlivy jako jsou vibrace, hluk, expozice prachu a chemických látek.

Součástí charakteristik pracovního prostoru je i vhodné uspořádání pracoviště. Do této problematiky patří rozměry pro práci a manipulaci, dostatečná šíře mezi jednotlivými pracovišti i uspořádání úložných prostorů. Při hodnocení ergonomie se také posuzuje ergonomie strojů, zařízení či jejich části. Důležité je zahrnout i způsoby uchopení rukojeti, polohy ovladačů a pedálů a síly potřebné k jejich ovládnutí.

Podmínky práce jsou dány pracovní polohou, pracovním tempem a podílem pracovní činnosti a přestávek. Na psychiku člověka má také vliv práce v noci či monotónnost činnosti. Výkon práce je z ergonomického hlediska spojen s hodnocením celkové fyzické zátěže se zahrnutím lokální svalové zátěže a ruční manipulace s břemeny. [12]

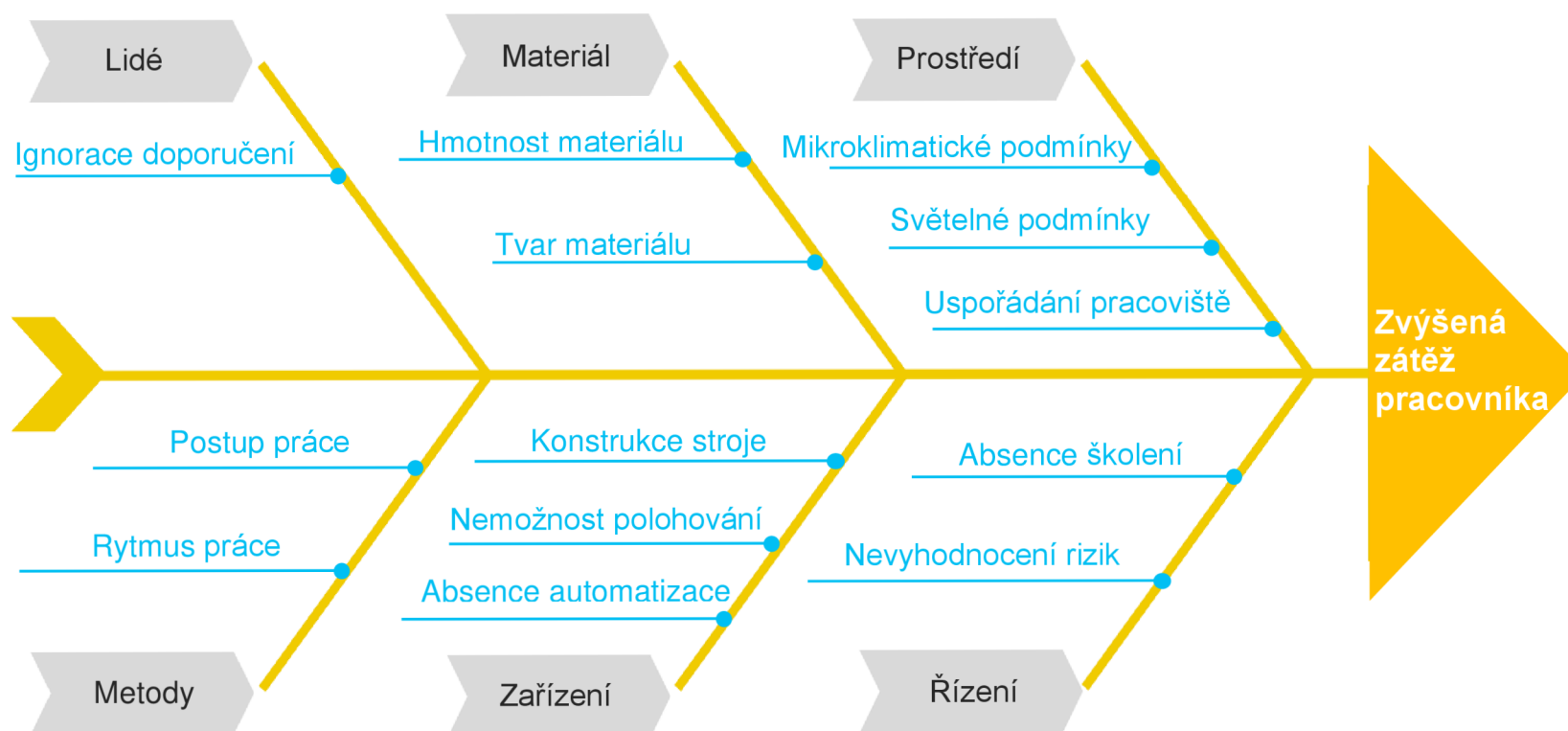
Metodologie systémového přístupu ergonomie

Metodologie se zabývá aplikováním správných metod, které daný systém analyzují a pomáhají nalézt vhodné podmínky. Jde o pohled na schopnosti člověka, technické a organizační opatření při působení vlivů pracovního prostředí. Právě systémový pohled umožní řešit specifické požadavky na systém ve vztahu mezi člověkem, strojem a jeho okolím.

Bez správných metod hodnocení by nedocházelo k přesným výsledkům, naopak by výstup mohl být velmi zkreslený a neodpovídat skutečnosti. Na zvolení vhodné metody hodnocení závisí mnoho důležitých aspektů. Základním kamenem správné analýzy je znalost pracovního systému a metod. [4]

Analýza příčin a následků

Vhodným způsobem, jak zachytit všechny ovlivňující body je využití analýzy příčin a následků. Jedná o grafický nástroj, proto velmi ilustrativně pomáhá k lepšímu porozumění daného problému. V následujícím znázornění jsou uvedeny příčiny zvýšené zátěže na pracovníky.



Obr. 2) Analýza příčin a následků

4 METODY NA HODNOCENÍ LOKÁLNÍ ZATĚŽE

Klíčovým komponentem úspěšné realizace ergonomického hodnocení a navrhování pracovních systémů jsou zvolené metody. Před jakoukoliv analýzou nejen strojního zařízení, je nutné sumarizovat si metody, které v této oblasti figurují. Proto je část práce věnována metodám pro hodnocení lokální svalové zátěže. Jedná se o postupy, které se v dnešní době využívají při návrhu, analýze a hodnocení pracovního prostředí. Při hodnocení je nutné se zaměřit na celý pracovní systém včetně obsluhy, pracovních prostředků a pracovního prostoru. Složitost tohoto procesu se odlišuje od počtu pracovníků až po velikost dílny. [11]

Nutnost zabývat se lokální svalovou zátěží na zaměstnavatele neustále narůstá. Toto měření je prováděno hlavně z důvodů stanovení klasifikace pracovišť dle vyhlášky č. 432/203 Sb. a nemocí z povolání, které jsou hlášeny pracovníky. [10]

Po vybrání vhodné metody, se určují osoby na provedení analýzy. Tito pracovníci musí hodnocenou práci rutinně provádět alespoň čtvrt roku a musí být schopni při měření spolupracovat. Výběr osob se provádí v závislosti na účelu měření. Kvůli šetření nemocí z povolání je měření prováděno na osobě, která je věkově a konstitučně podobná. Pro určování kategorie práce je třeba provádět měření na minimálně dvou zapracovaných osobách.

Měření má probíhat za běžných provozních podmínek, aby byly zahrnuty všechny pracovní úkony a operace. Následně je provedeno časové hodnocení na průměrnou pracovní směnu. [11]

Při hodnocení se zkoumají tyto body:

a) Podrobná analýza pracovních podmínek

Tato analýza zahrnuje popis práce, pracovního místa a sledování časových režimů práce. Patří sem zejména délka práce a odpočinku u prováděných pracovních operací. Dále se zahrnuje podíl zátěže u svalových skupin, posouzení statické a dynamické složky práce a výskyt úkonů s vysokou silovou zátěží.

b) Popis práce a sledování časových faktorů práce

Během pracovní směny se provádí nepřerušované pozorování a zaznamenávání doby trvání jednotlivých úkonů. Analýza popisuje práci, sleduje režim práce a odpočinku v průběhu směn. Zkoumá časové úseky u jednotlivých operací a pracovní polohy u těchto činností. Poté se posuzuje jednotlivá zátěž u svalových skupin. Zároveň se zkoumá plnění výkonové normy.

c) Popis a hodnocení pracovních poloh

Hodnocení se provádí metodou biomechanické analýzy při současném hodnocení časových faktorů práce. Po analýze se určuje vhodnost pracovních poloh na přijatelné, podmíněně přijatelné a nepřijatelné polohy.

d) Manipulační rovinu a pohybový prostor

Zaznamenává se pohybový prostor a manipulační rovina, která je u činnosti potřeba. Také se hodnotí uspořádání strojního zařízení a potřebné dosahové vzdálenosti. Toto zkoumání zahrnuje i vzdálenost pracovních pomůcek a potřebného materiálu. [10]

4.1 Hygienické limity podle nařízení vlády 361/2007

U tohoto hodnocení se zjišťují hodnoty vynaložených sil a počet pohybů horní končetiny za průměrnou směnu. Tyto hodnoty se porovnávají s dovolenými hodnotami určené hygienickým limitem. [11]

Limity pro vynakládané síly

Jestliže se jedná o práci s převládající dynamickou složkou, je dovoleno vynakládat 55 až 70 % svalových sil 600x za osmihodinovou směnu. Toto pravidlo platí za předpokladu frekvence měření vynakládaných sil jedenkrát za sekundu. Vynakládaná síla v pracovním postupu by neměla pravidelně překračovat stanovenou hranici 70 % F_{max} . Při práci, kde převládá statická složka je určena hranice na 45 % F_{max} . [11]

Limity pohybů rukou a předloktí

Celkový počet pohybů, vykonaných během standardní osmihodinové směny, nesmí přesáhnout 27 000, což znamená průměrně 56 pohybů za minutu. [11]

Limity pohybů drobných svalů

Při vynakládaných svalových silách 3 % F_{max} , nesmí překročit hodnotu 110 pohybů horní končetinou za minutu a při 6 % F_{max} , nesmí překročit hodnotu 90 za minutu. [11]

Limity pro delší než osmihodinovou směnu

V tomto případě se musí hodnota průměrného hygienického limitu navýšit. Procentuální navýšení průměrného hygienického limitu je posuzováno vždy v závislosti na konkrétní délce směny a činí 5 % za každou hodinu nad osmihodinovou směnu. [11]

4.2 Měření využívaných pomůcek

Cílem této metody je změřit vynaložené síly, které pracovníci při práci používají. Tyto parametry se určují pomocí tenzometrických přístrojů a následně porovnávají s referenčními hodnotami. Využívá se měření tahů, tlaků pák, rukojetí a jiných ovladačů, hmotnosti břemen, pracovních pomůcek a nástrojů. Mohou sem patřit jednoduchá měřidla jako jsou mincíře, momentové klíče, dynamometry, váhy a jednoduché tenzometry bez kontinuálního časového záznamu. [11]

4.3 Tenzometrická a výpočtová metoda

Při této metodě jsou využívány tenzometrické přístroje s kontinuálním časovým záznamem, proto může docházet k lepšímu měření svalových sil. [11]

Následně je prováděn výpočet průměrných směnových časově vážených svalových sil a vyhodnocení dalších kritérií. Při používání této metody je potřeba vyhodnotit i polohu horních končetin. [10]

4.4 Hodnocení podle normy ČSN EN 1005

Hodnocení kritérií pro ruční manipulaci s břemeny

Toto hodnocení vychází z normy ČSN EN 1005-2+A1

- a) Prověrka pomocí kritických hodnot

Pomocí této metody se můžeme rychle přesvědčit, zda je pracovník ohrožen.

V prvním kroku se nastaví referenční hmotnost, která odpovídá předpokládané uživatelské populaci.

V druhém kroku se zjišťuje, zda jsou splněna kritéria při manipulaci s břemenem. Jestliže jedno kritérium z druhého kroku není splněno, je nutné přejít na další metodu hodnocení podle tabulek. Jsou-li všechna dodržena, pokračuje se vyhodnocení pomocí třech případů. Posouzení rizika je v pořádku, pokud vyhovuje alespoň jedna z popsaných provozních situací. Není-li s žádnou situací shoda, je potřeba zvážit změnu stroje nebo použít odhad pomocí tabulek.

b) Odhad pomocí tabulek

V prvním kroku se nastaví referenční hmotnost stejně jako v předchozím kroku. V druhém kroku se zjišťuje, zda jsou splněná kritéria při manipulaci s břemenem. Jestliže alespoň jedno kritérium není splněno, je nutné přejít na metodu pomocí vzorce. Jestliže jsou podmínky v pořádku, vypočítá se index rizika vydělením skutečné hmotnosti doporučeným hmotnostním limitem uvedeným v tabulce. Podle této hodnoty se určuje, zda je riziko pro obsluhu přijatelné, nebo je potřeba úprava konstrukce stroje.

c) Výpočet podle vzorce

První dva kroky jsou stejné jako u předchozích dvou metod. Není-li jedno nebo více kritérií splněno, zváží se možnost splnění kritéria. Pokud jsou kritéria splněna, vypočítá se podle zadaného vzorce hmotnostní limit a určí se, zda je dané riziko přijatelné, nebo nikoliv. [23]

Hodnocení pracovních poloh

Toto hodnocení vychází z normy ČSN EN 1005-4+A1 a poukazuje na analýzu pracovních poloh při obsluhování strojních zařízení. Díky této normě je možné upravit polohy tak, aby docházelo, co k nejmenší zátěži pracovníka a tím i snížením riziku vzniku poškození zdraví. Tato doporučení je třeba respektovat již při návrhu a po celou dobu životnosti stroje.

Tato norma se zabývá hodnocení celého těla pracovníka. Hodnocení začíná od trupu, kde se posuzuje předklon, záklon, úklon a otáčení. V případě horních končetin se hodnotí pouze předloktí. U hlavy a krku se hodnotí sklon a ohýbání. Další částí je hodnocení ostatních částí těla.

Proces hodnocení:

1. Určení pracovníků na hodnocení
2. Analýza pracovních úkolů
3. Zjištění potřebných údajů
4. Hodnocení pomocí techniky
5. Posuzování rizika
6. Hodnocení s pomocí pracovníků
7. Posuzování rizika

Po vyhodnocení se rozhoduje, zda je riziko přijatelné, podmíněně přijatelné nebo nepřijatelné. [24]

Hodnocení metodou OCRA

Norma ČSN EN 1005-5+A1 slouží k posuzování rizik spojených s četností úkonů horních končetin při obsluze strojního zařízení. Představuje metody, které dokážou analyzovat dané zatížení a dosáhnout tak snížení rizika. Pomáhá tím konstruktérům navrhnout zařízení tak, aby vysoká četnost opakování byla s rovnováhou s potřebnou silou a polohou končetin. Tato norma se nezaměřuje na polohy hlavy, krku, trupu a dolních končetin.

Proces hodnocení:

1. Identifikace rizika
2. Provedení metody 1
3. Posuzování přijatelnosti rizika
4. Provedení metody 2
5. Posuzování přijatelnosti rizika

Jestliže se při analýze rizik zjistí existenci nebezpečí, provede se všeobecný odhad rizika pomocí metody 1. Poté dochází k posuzování přijatelnosti rizika. Pokud je riziko nepřijatelné, pokračuje se metodou 2. Při nepřijatelnosti rizika po tomto hodnocení, je nutné navrhnout rekonstrukce stroje. [25]

Metoda 1

Při konstrukci stroje je potřeba kontrolovat faktory, které ovlivňují zátěž na horní končetiny. Následující podmínky musí být pro přijatelnost rizika splněny.

1. Práce neobsahuje nevhodné polohy

Posuzují se pohyby nadloktí, loketní kloubu, zápěstí a druhy uchopení, které jsou popsány v přílohách normy.

2. Práce se objevuje nízká opakovatelnost

Zde by měla být doba cyklu delší než půl minuty a stejné druhy pracovních úkonů by se neměly opakovat více než polovinu směny.

3. Hodnota FF nepřesahuje 40 úkonů za minutu

$$FF = \frac{NTC \times 60}{FCT} \quad (1)$$

4. Pracovní úkon neobsahuje přídavné faktory

Těmito faktory jsou myšleny vibrace na ruce, otřesy, místní stlačení kvůli nástrojů, vystavení chladu nebo nevhodné rukavice pro uchopení.

Metoda 2

Jestliže není alespoň jeden faktor v metodě 1 splněn, je potřeba se na pracoviště více zaměřit. Tyto faktory se mohou vyskytovat v různých intenzitách a kombinacích. Úroveň je posuzována podle indexu OCRA, který je dán poměrem mezi předpokládanou četností (FF) a referenční četností (FR).

$$index\ OCRA = \frac{FF}{RF} \quad (2)$$

Pro výpočet indexu se zkoumají rizikové faktory, které jsou znázorněny pomocí násobitelů. Tyto násobitelé se pohybují podle úrovně rizika od 0 do 1.

$$RF = CF \times PO_M \times RE_M \times AD_M \times FO_M \times (RC_M \times DU_M) \quad (3)$$

Hodnocení

Při výpočtu je získána hodnota indexu OCRA, která je uvedena v následující tabulce. Jestliže je hodnocení podmienečně přijatelné, nebo nepřijatelné, měl by konstruktér uvážit návrh strojního zařízení, aby byly zajištěny vhodnější podmínky. [30]

Tab 1) Hodnocení metodou OCRA [30]

Index OCRA	Hodnocení rizika
$\leq 2,2$	Přijatelné
2,3 – 3,5	Podmienečně přijatelné
$> 3,5$	Nepřijatelné

4.5 Dotazníky, Checklisty

Pro subjektivní hodnocení zátěže se mohou používat dotazníky nebo checklisty. Těchto checklistů existuje velká řada na orientační hodnocení i na konkrétní části těla. Tato metoda může být univerzálnějšího charakteru, kdy je možno testovat více kritérií. Na druhou stranu mohou být nepodrobné a obsahovat mnoho informací, které ani nejsou pro danou situaci relevantní. Snížením hodnotících parametrů se zlepší přehlednost a lépe se vystihnou povahy daného pracoviště. Proto jsou vhodnější specializované kontrolní listy, které poskytují potřebná data k vyhodnocení rizik.

V některých případech je potřeba vytvořit checklist nový. Tehdy je nutné posbírat co nejvíce potřebných dat ohledně charakteristických znaků dané skupiny a vyhodnotit rizika vedoucí k přetížení či poškození zdraví. Kontroly jednotlivých bodů na pracovišti by měly zejména vycházet z legislativních požadavků, jako jsou zákony, vyhlášky a normy. Příkladem je toho publikace od skupiny Hlávková a Valečková, který vyšel v roce 2007 a poukazuje na hodnocení různých svalových skupin. [5]

4.6 Integrovaná elektromyografie

Jedná se o zatím nejpřesnější metodu na hodnocení lokální svalové zátěže. Elektromyografie se zabývá vyšetřováním stavu nervového a pohybového systému. Principem této metody je zaznamenávání elektrické aktivity, která je snímána z nervu nebo svalu. Tato aktivita vzniká pouze při svalové aktivitě, kdy se vytváří změna elektrického potenciálu. Vyhodnocování může být provedeno buď na povrchu pokožky pomocí povrchových elektrod nebo ze svalových vláken pomocí jehlových elektrod. [14]

- EMG Holter včetně příslušenství

Svalová zátěž je zaznamenávána pomocí přístroje EMG Holter, který umožňuje provádět záznam libovolně dlouhou dobu. Signál elektrické aktivity svalů z pokožky je snímán pomocí povrchových jednorázových elektrod. Přenos je zaručen senzory a neustálý kontakt s pokožkou zajišťuje hypoalergenní gel se samolepicím lepidlem. Konektory jsou k přístroji připojovány pomocí kabelů s konektory, jejichž konstrukce znemožňuje samovolné uvolnění. Tudíž by nemělo dojít k přerušení ukládání dat do přístroje. Do jednoho svodu v přístroji jsou vestavěny dva EMG kanály, což snižuje počet kabelů. Toto opatření zjednodušuje přípravu měření a snižuje možná rušení při měření. Elektronika přístroje je proti vnějšímu rušení chráněna pomocí ocelového obalu a koženého pouzdra. Pomocí opasku je přístroj připevněn pracovníkovi kolem těla, aby nepřekážel při vykonávání práce.

- Zdravotnický materiál

Pro zajištění se využívají návlčky na ruce, které zabraňují samovolnému odlepení elektrod. Tyto návlčky nesmí pracovníka rušit od prováděné práce.

- Tenzometr

Ke stanovení maximální svalové síly se využívá analogový nebo digitální tenzometr.

- Digitální kamera

Při měření lokální zátěže je pomocí kamery pořizován videozáznam, který slouží k zaznamenání doby trvání jednotlivých úkonů. Z něj se dále vyhodnocuje počet pohybů, které pracovník vykonal.

- Notebook

Notebook je využíván k nastavení Holteru a vyhodnocování dat po připojení kabeláže. K těmto činnostem je zapotřebí speciální program, který se využívá zejména k vytváření databáze měření, zobrazení výsledných křivek, základním statistickým výpočtům nebo k exportu hodnot.

4.7 Moderní metody

Další popisování metody se věnují hodnocení odchýlení těla od základní polohy. V hodnocení pracovních poloh je tato identifikace odchýlení velice důležitá k rozpoznání nefyziologických poloh. K vyhodnocení se využívá tabulek nebo softwarových programů. Výsledek určuje míru naléhavosti změn na pracovišti. [4]

Metoda RULA

Metodiku RULA vyvinuli Dr. E. Nigel Corlett a Dr. Lynn Mc. Atamney na univerzitě v Nottinghamu v roce 1993. Byla vynalezena za účelem prozkoumání expozice jednotlivých rizikových faktorů spojeným s poruchami horních končetin, které se vyskytují u pracovníků. RULA je metoda rychlého průzkumu používaná při ergonomickém hodnocení pracovišť. Zaměřuje se na krk, trup, horní i dolní končetiny a je vhodná i pro sedící pracovníky. Používá se na doplnění ostatních ergonomických metod. [17]

Výhodou při hodnocení je zohledňování síly užívané při práci, vliv časového hlediska a zátěž svalů při statické činnosti. Základním předpokladem je určení výchozí polohy jednotlivých částí těla, které určuje základní skóre. Zkoumaným polohám se rozdávají body,

které se nazývají proměnné skóre. Výsledek dané části dostaneme sečtením základního a proměnného skóre. [4]

Metoda REBA

Metoda REBA úzce souvisí s metodou RULA. Tento způsob vyhodnocení spočívá v rozdělení poloh do dvou skupin. Hodnocené polohy následně dostávají základnímu skóre a k nim je připočítáváno dodatečné skóre zejména za rotaci nebo naklonění příslušné části těla.

Skupina A – Hodnotí polohu trupu, krku, dolních končetin a poměr zátěže a síly

Skupina B – Hodnotí polohu zápěstí, předloktí, celých paží a techniku uchopení

Do hodnocení je zahrnuta také úroveň činnosti a je hodnoceno skórem C. Ta kontroluje, zda jsou části těla dlouho ve statické fázi, nebo jestli nejsou nadměrně přetěžovány. Zahrnutím těchto třech výsledných bodů je určeno REBA skóre, které je porovnáváno s tabulkou. [4]

Metoda OWAS

Jedná se o nejpoužívanější metodu pro hodnocení. Metoda OWAS je založena na vzorkování práce, která vyžaduje dodržování dostatečného počtu pracovních poloh. Pomocí popsané strategie odběru vzorků se metoda aplikuje na každý bod pozorování. Pracovní polohy jsou v tomto případě popsány čtyřmi polohami zad, třemi polohami paží, sedmi polohami nohou a třemi kategoriemi zatížení nebo použití síly. Pomocí těchto možností přichází v úvahu 252 kombinací různých pozic. Metoda je vhodná na různé aplikace z důvodu jednoduchosti a rychlosti. [18]

4.7.1 Řešení pomocí software

Díky využití softwarů v ergonomii máme možnost provádět analýzy přímo na digitálním modelu člověka. Tento model se pohybuje ve virtuálním světě a vykonává úkoly jako na reálném pracovišti. Tento software můžeme využít buď na hodnocení rizik na již existujícím pracovišti, nebo na návrhového systému. Základem hodnocení je použít co nejvíce podobný model člověka a tím se přiblížit k dosažení výsledků. Dále je také potřeba vytvořit model hodnoceného pracoviště. Pomocí tohoto nástroje lze provádět analýzy, které pomůžou porozumět zatížení pracovníka. Například můžeme ověřovat manipulaci s materiálem, nebo provádět hodnocení pracovního postoje. V současné době jsou nejvíce využívány dva softwarové nástroje, protože obsahují uznávané ergonomické analýzy. Jedná se o softwary Tecnomatix Jack a Delmia V5 Human. [19]

Spojení tohoto softwaru a snímání pomocí kamery v reálném čase dosáhneme další technologie. Toto jednoduché a praktické řešení umožňuje zachycení reálného pohybu člověka přímo ve výrobě. Společnosti by pak mohly jednoduše vytvářet simulace lidské činnosti. Pomocí toho by se daly provádět úpravy pracovišť i pracovních postupů. Ve spojení s ergonomickými analýzami je pak možné rychle identifikovat riziko vzniku ohrožení nebo přetížení člověka a okamžitě také na tuto situaci reagovat. [20]

5 POPIS ŘEŠENÉ PROBLEMATIKY

V této diplomové práci bylo cílem popsat problematiku lokálního zatížení ve firemní praxi. Všechny poznatky jsem čerpala v podniku Bosch Diesel v Jihlavě, který se zabývá výrobou pro automobilový průmysl. V tomto podniku mají zájem o bezpečnost a zdraví svých zaměstnanců, proto využívají moderní vybavení pro měření lokální svalové zátěže.

5.1 Základní informace podniku BOSCH Group

Bosch je celosvětovým pojmem pro mnoho výrobků v oblasti automobilové a průmyslové techniky, jakož i spotřebního zboží a techniky budov. Zákazníci těchto výrobků pochází z celého světa.

Společnost Bosch diesel s.r.o. v Jihlavě byla založena 4. ledna 1993, kdy se poжил podnik německé firmy Robert Bosch GmbH ze Stuttgartu a jihlavský závod Motorpal a.s. Tento podnik se zejména zaměřuje na výrobu komponentů pro automobilový průmysl pro všechny významné automobilky. Za dobu svého působení v Jihlavě prošla firma velkým rozvojem a zaměstnává více než 5.000 pracovníků. Patří tedy mezi největší zaměstnavatele v kraji Vysočina.

Ke klíčovým prioritám firmy patří bezpečnost práce, ochrana zdraví pracujících, ochrana životního prostředí, proto byl úspěšně zaveden a certifikován systém ochrany životního prostředí a bezpečnosti práce dle ISO 14001:2004 a ČSN EN 45001. Od roku 2017 vlastní firma v rámci BOZP ocenění "Bezpečný podnik", jelikož mají zaveden systém řízení bezpečnosti a prokazují funkčnost tohoto systému.

5.1.1 Výrobní program

Hlavní část výrobní produkce tvoří komponenty pro dieselové motory pro světové hráče na poli výroby automobilů, proto kvalita těchto výrobků musí být prvotřídní. Výroba zahrnuje vstříkovacího systému Common Rail, který se skládá vysokotlaká čerpadla, tlakové zásobníky a tlakové regulační ventily. Oddělená výroba pro motory představuje montáž zpětného odvodu paliva, která se do tohoto závodu přesunula v roce 2017. Jihlavě jsou zajištěny i opravy vstříkovacích systémů, jestliže přestanou splňovat požadované technické parametry pro provoz v naftových motorech. Jedná se o opravy čerpadel rotačních a radiálních, vstříkovacích jednotek i vysokotlakých čerpadel pro nákladní a stavební stroje. Zde je provedena jejich úplná demontáž na jednotlivé součástky, které jsou kontrolovány na opotřebení. Po kontrole jsou shodné součástky smontovány zpět do původního stavu. Takto opravená čerpadla splňují provozní parametry jako nová. V tomto výměnném systému jsou zákazníkům k dispozici také čerpadla pro starší typy motorů, které se již nevyrábí. Pomocí těchto oprav je možné využít i stávající součásti, které by musely být vyrobeny znovu a dochází tedy ke zmírnění zátěže na životního prostředí.

Vysokotlaké dieselové čerpadlo – CPx

Zajišťuje plnění tlakového zásobníku dostatečným množstvím paliva při požadovaném tlaku (1350, 1600 nebo 1800 barů). Jednotlivé výrobní úseky se zabývají výrobou těchto čerpadel od obrábění jednotlivých dílů až po konečnou montáž na několika velkosériových i malosériových montážních linkách.

Vysokotlaký zásobník – Rail

Jedná se o zásobník, do kterého proudí palivo z čerpadla pod tlakem, a je z něj rozváděno k jednotlivým vstřikovacím jednotkám. V Jihlavě je soustředěna velkosériová i malosériová výroba těles zásobníků a kompletní montáž jednotlivých komponentů (senzory, omezovací ventily apod.). Vyrábí se zde typy pro 3, 4, 5, 6 i 8válcové motory pro zákazníky z celého světa.

Tlakový regulační ventil – DRV

Zde se reguluje tlak paliva mezi čerpadlem a motorem. Montuje se buď na čerpadlo nebo na zásobník. Výroba zahrnuje broušení kuželového sedla ventilu, výrobu filtrů a konečnou montáž ventilu.

Zpětné vedení paliva – FRL

Produkt FRL se používá pro zpětný odvod paliva do nádrže. Využívá se pro osobní i nákladní automobily. Existuje mnoho variant produktu FRL dle typů vstřikovačů, primárně je rozlišujeme na elektromagnetické a piezoelektrické. Aby vstřikovače správně fungovali, je nutné udržovat přetlak ve zpětném vedení. Tuto funkci zajišťuje zpětný tlakový ventil, který je umístěn ve zpětném vedení.

5.2 Měření lokální svalové zátěže

Na základě vybraných metod se na daném pracovišti hodnotilo zatížení, které každodenně působí na pracovníky. V analýze jsem se zaměřila na stanovení lokální zátěže, která je závislá na postoji pracovníků, uspořádání linky a technickém vybavení. Přestože vlivy okolního prostředí jsou při hodnocení také důležité, nebyly do této práce zahrnuty. První metodou k vyhodnocování zátěže byla využita integrovaná elektromyografie. K doplnění výsledků jsem v práci aplikovala metodu RULA. Nejprve byla provedena pomocí tužky a papíru, poté pomocí softwaru.

Postup činností:

- Metoda integrované elektromyografie
 - Provedení měření
 - Určení typu práce a procentuální využívání sil
 - Vyhodnocení výsledků
- Metody RULA pomocí tabulek a počítačového softwaru
 - Vytípnování rizikových poloh
 - Určení skóre jednotlivých poloh
 - Vyhodnocení naléhavosti opatření
- Závěrečné zhodnocení
 - Porovnání výsledků obou metod
 - Doporučení opatření

Metodika sběru dat

Ke sběru dat pro integrovanou elektromyografii a metodu RULA jsem využila techniku přímého pozorování bez ovlivňování skutečností. Těchto pozorování jsem se účastnila v půlce roku 2021 a na začátku roku 2022. Tyto měření provádělo oddělení, které se zabývá ergonomií na pracovišti. Všechna měření probíhala za normálních pracovních podmínek. Abych dokázala analyzovat celý výrobní postup pro metodu RULA, používala jsem videa z měření IEMG. Tímto způsobem jsem byla schopná prohlédnout si celý postup zpětně a určit tak nejvíce rizikové pozice.

Výběr pracovníků

Hlavního šetření se účastnili pouze pracovníci, kteří na této lince pravidelně pracují. Taktéž nevykazovali žádné vlivy, které by mohly měření ovlivnit. Jejich výška se pohybovala od 175 do 185 cm.

5.2.1 Metodika výzkumu – integrovaná elektromyografie

Tato metoda je v ČR označována jako nejpřesnější metoda pro určování zátěže, proto se jí firma rozhodla provádět od roku 2019 pod svým vedením. Měření ve firmě používají zejména k identifikaci rizikových linek a tím zabránění nemoci z povolání.

Příprava na měření

Nejdříve jsme si nachystali potřebné pomůcky, které jsme u měření využívali. Každého pracovníka jsme seznámili s průběhem výzkumu a vysvětlili mu důvod, proč se toto měření ve firmě provádí. Poté jsme zjistili o pracovníkovi základní informace pro vedení statistiky. Po informování pracovníků bylo potřeba připravit přístroj. Po vyndání přístroje jsme do něj vložili baterii. Na elektrody zapojené do Holteru, jsme umístili nové lepící kroužky.

Nalepení elektrod

Po připravení všech částí přístroje jsme hledali body na ruce pracovníka, na které se elektrody lepily. Důležité je, aby se elektrody vedle sebe navzájem nedotýkaly. Tyto svaly byly vyhledávány ve stoje.

Nejprve jsme našli flexor, který se nachází na spodní straně předloktí. Na něj jsme umístili dvě elektrody vedle sebe tak, aby bylo možné paži pohybovat. Pro rozpoznání jsme použili červené elektrody. Stejným způsobem byl nalezen extenzor, který se nachází na horní straně předloktí a označili jsme ho žlutými elektrody. Poslední na řadě byla zelená elektroda, která se používá pro uzemnění na loket. Nakonec se elektrody a kabely na pracovníkovi přichytily pomocí pružné bandáže.

Propojení Holteru a notebooku

Po nalepení elektrod na ruce, jsme je pomocí kabelů připojili k Holteru a poté k počítači. Po zapnutí přístroje jsme do softwaru zapsali jméno pracovníka pro identifikaci měření a zmáčkli tlačítko START/STOP umístěno na Holteru. Jedná se o malé červené tlačítko, které se nachází vedle zesilovacích kanálů a lze ho stisknout například hrotem pera. Po zmáčknutí se všechny údaje začaly ukládat do paměti. V tomto kroku jsme nastavili i správný rozsah Holteru na mechanických tlačítkách od 1 až 9. Nastavení probíhalo tak, že pracovník mačkal gumové kolečko a my sledovali křivku záznamu na monitoru. Jestliže pík dosahoval přibližně do $\frac{3}{4}$ svislé stupnice, pak byl rozsah nastaven správně. Když byla jeho hodnota nižší, museli jsme signál zesílit, v opačném případě snížit.

Určení maximální síly

Po nastavení rozsahu jsme měřili hodnotu maximální síly pomocí dynamometru. Měření jsme prováděli celkem dvakrát na jednu ruku a pracovník byl u měření povzbuzován k vyvinutí co největší síly. Síla by měla být držena alespoň 2–3 s. Pomocí těchto měření se určí maximální hodnota sledovaných svalových skupin extenzorů a flexorů, která slouží k určení referenční hodnoty pro výpočet procenta vynakládaných sil při práci.

Průběh měření

Po důkladné přípravě jsme pracovníka informovali, aby pracoval jako při běžném pracovním dni. Začátek měření, nebo cokoli důležitého, co se během měření stalo, jsme označili zmáčknutím velkého červeného tlačítka na Holteru (markerem). Tuto situaci přístroj označil do grafu zanesením zelené čáry a tím jsme zaznamenali důležité milníky měření, které by mohly být důležité pro další vyhodnocování dat.

Poté jsme nechali pracovníka 1,5 – 2 h pracovat a celou dobu ho sledovali. Ke zjištění časových charakteristik jsme souběžně s měřením pořizovali video nahrávku, kterou jsme si pouštěli zpětně. Po uplynutí předem stanovené doby měření se opět na Holteru stisklo malé červené tlačítko START/STOP a v tom okamžiku přístroj přestal ukládat data. Poté jsme přístroj a všechno ostatní příslušenství z pracovníka odpojili. Po propojení s notebookem se převedly naměřené údaje do programu na vyhodnocení.

Vyhodnocení

Před vyhodnocením samotného měření jsme se nejprve zkoumali samotné maximální síly pracovníků. Dalším krokem bylo vyhodnocení získaných dat v softwaru.

Hodnocení lokální svalové zátěže musí vždy zahrnovat údaje zda:

- Převažující statická nebo dynamická složka práce
- Hodnota celosměnového časově váženého průměru vynakládaných svalových sil nepřesahuje limitní hodnoty
- Četnost pohybů za minutu a za pracovní dobu v závislosti na velikosti vynakládaných svalových sil nepřekračuje dané limitní hodnoty

5.2.2 Metodika výzkumu – metody RULA

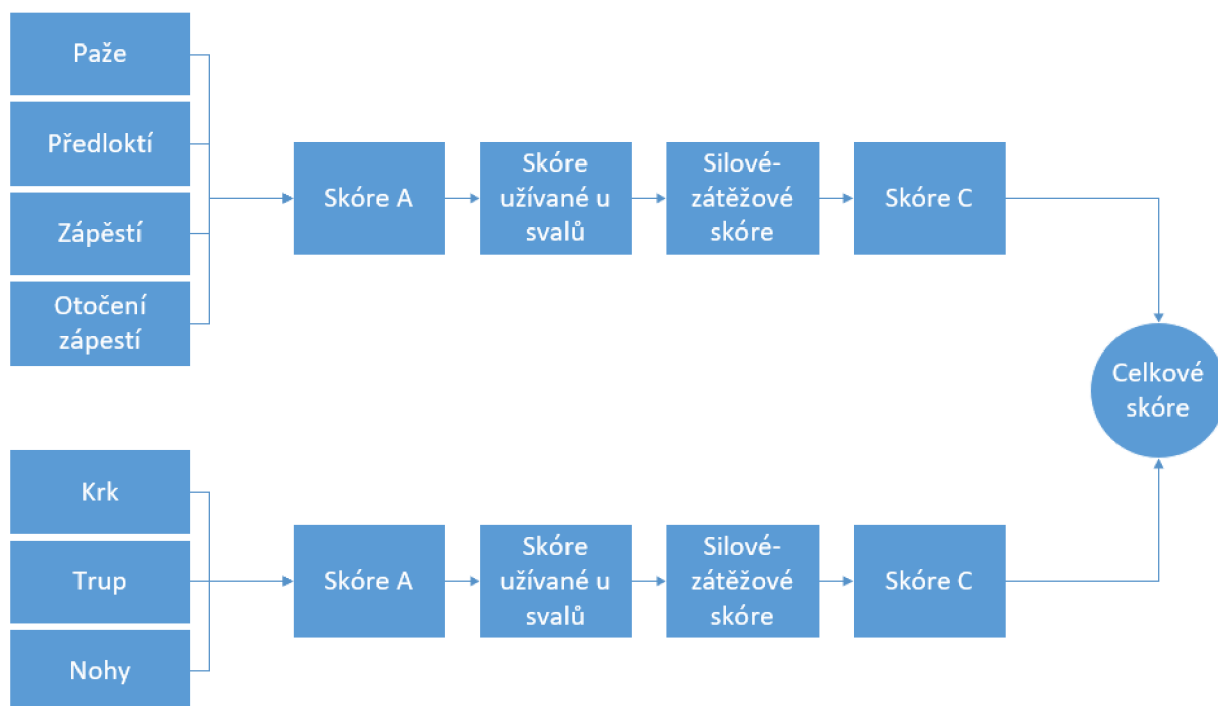
Tuto metodu jsem využila, abych porovнала výsledky z předchozího měření. Tato metoda se ve firmě Bosch nevyužívá. Je to z důvodu využití jiných metod na hodnocení polohy těla.

Určení vhodných pozic

Při analýze touto metodou je důležitý výběr vhodných pozic, protože se vždy hodnotí každá pozice samostatně bez ohledu na ostatních. Pozice jsem vybírala na základě častého opakování, nebo při nefyziologickém postavení některé části těla.

Průběh hodnocení

Po vybrání pozic následovalo samotné hodnocení. Při hodnocení jsem vycházela z následujícího schématu. Nejprve se zvlášť vyhodnotí horní a spodní část těla podle tabulek vytvořených pro tuto analýzu. K tomuto hodnocení se dodají přídatná skóre podle okolností. Spojením těchto dílčích výsledků se vyhodnotí celkové hodnocení dané polohy.



Obr. 3) Schéma hodnocení metody RULA [22]

Vyhodnocení pozic

Při celkové vyhodnocení stavu pozice jsem vycházela z následující tabulky. Při zjištění celkového skóre se určí kategorie, která nás informuje o naléhavosti opatření.

Tab 2) Hodnocení metodou RULA [22]

Kategorie	Celkové skóre	Slovní hodnocení
1	1-2	Práce je na přijatelné úrovni, ale nesmí být prováděna dlouhá časový úsek
2	3-4	Je potřeba dalšího vyhodnocení a provedení změn
3	5-6	Jakmile je to možné, je potřeba provést změny na pracovišti
4	7	Je nutné okamžité zastavení výroby a provedení změn

5.2.3 Porovnání hodnocení metod

Při hodnocení metodou elektromyografie se zjišťují maximální síly vyvíjené pracovníky. Od těchto hodnot se následně odvíjí, zda zátěž překračuje stanovené limity. Výsledky této metody velmi ovlivňuje výběr pracovníka. Pokud je hodnocen silný jedinec, jeho výsledná lokální svalová zátěž bude podstatně menší, než pokud by byl hodnocen slabší pracovník. Také si

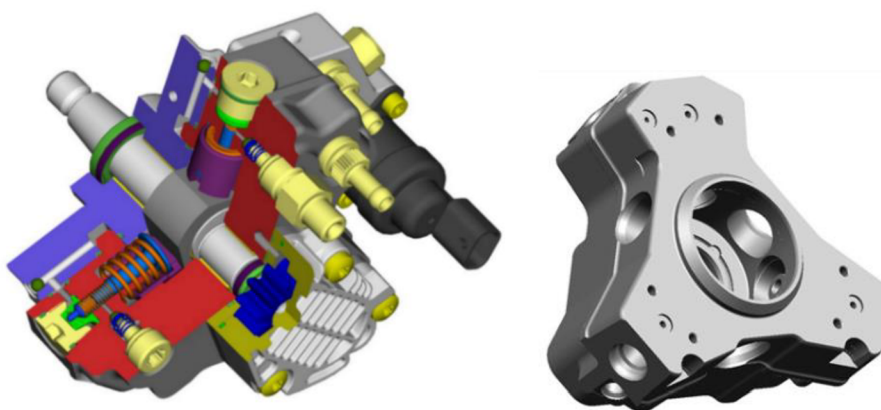
musíme uvědomit, že hodnoty maximální síly se budou zákonitě lišit při odlišném pohlaví. Jestliže na vyhovujícím pracovišti pro muže bude pracovat žena, může u ní docházet k přetěžování svalů.

Naproti tomu u metody RULA se vždy hodnotí poloha, která nezávisí na parametru maximální síly. Tím pádem tyto analýzy podstatně lépe vypovídají o chování celé pracovní populace, a ne pouze vybraného jedince. Zároveň s touto metodou se nám dostává informace nejen o lokálním zatížení, ale i o postavení celého těla. Na druhou stranu má metoda RULA pouze 4 stupně, podle kterých určujeme závažnost rizika. Z hlediska hodnocení můžeme říct, že první metoda má podstatně vyšší rozlišovací schopnost a můžeme určit přesné zatížení.

Při hodnocení pomocí elektromyografie potřebujeme řádnou přípravu, zkušenosti a více času na vyhodnocení u druhé metody. Pouze za předpokladu správného měření, dostáváme přesné výsledky o zatížení. U metody RULA se jedná spíše o subjektivní hodnocení, proto by se tato metoda měla provádět ve skupině, aby nedocházelo ke zkresleným závěrům. Každá metoda má svoje výhody a nevýhody, proto je nejlepší kombinovat jejich vlastnosti a dozvědět se o pracovišti co nejvíce informací.

5.3 Výrobek Common Rail pump 3

Po konzultaci se společností jsme vybrali výrobek, který vyhovuje cílům diplomové práce. Pro tento účel jsme určili součást čerpadla Common Rail Pump 3 (CP3). V systému CP3 je palivo vedeno z vysokotlakového čerpadla do zásobníku tlaku – Rail, který je jeden společný pro všechny válce motoru. Ze zásobníku je palivo rozvedeno k jednotlivým vstřikovačům ve válcích. Vysokotlaké čerpadlo se nachází v systému jedno, obvykle tři pístové, avšak u větších motorů mohou být dvě. Čerpadla jsou dimenzována na dodávku paliva při maximálním výkonu motoru, tlak v zásobníku je udržován ventilem a přebytečné palivo se vrací do sání čerpadla či do nádrže. Součástí každého válce je elektronická řídicí jednotka, která určuje množství paliva a správný moment stříknutí do čerpadla. Výrobek, který byl vybrán na analýzu, můžeme vidět na obrázku.



Obr. 4) Čerpadlo CP3 a část čerpadla – těleso [21]

5.4 Snímek pracovního dne

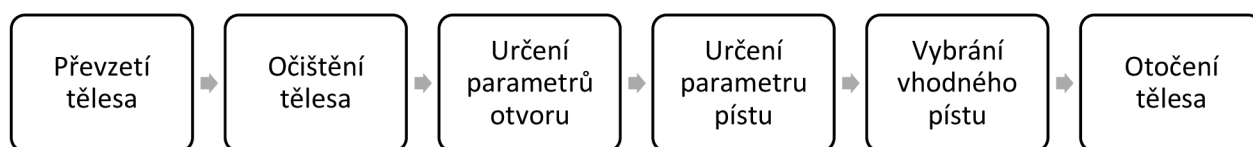
Měření probíhalo na dvou linkách, které se zabývají montáží podobných celků. Proto je měření v diplomové práci rozděleno do dvou částí. Postup prací na výrobku je podobný, pouze se liší provedením linky. V prvním případě se jedno spíše o nárazovou výrobu, u druhé linky probíhá

výroba kontinuálně. Analýza pro lokální hodnocení je provedena pro činnosti, které se opakují dokola.

Proces přípravy dílů

Pracovník převezme těleso a vyčistí jeho otvory. Dalším krokem je přesunutí tělesa na další stanici a přemístění do zařízení, které určí parametry otvoru. Dále musí pracovník vybrat píst a provést kontrolu pístu, zda je do čerpadla vhodný. Ty jsou vloženy v mřížkách po pravé ruce. Na každé mřížce jsou umístěny jiné průměry, proto pracovník dopředu neví, kam bude pohybovat rukou. Pracovník vybírá píst, očistí ho rukama a vkládá do zařízení a zmáčkne příslušné tlačítko. Při kontrole hlídá údaje na obrazovce, která se nachází ve výšce očí. V případě nevhodnosti daného pístu, ho pracovník vrátí na původní místo a znovu a činnost opakuje. Jestliže vyhovuje, vloží jej pracovník na vyhrazenou podložku.

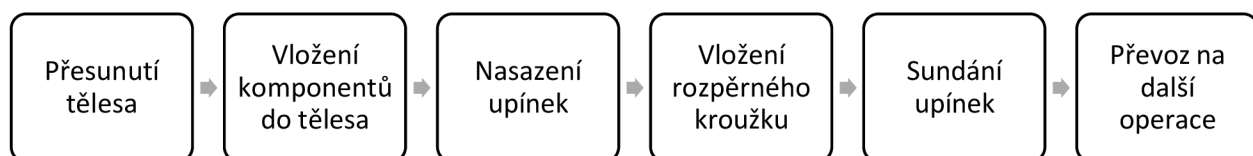
Poté pracovník musí tělo čerpadla v otočit a vyhodnotit parametry pro další otvor. Tento proces pracovník vykonává, dokud nenajde tři písty, které vyhovují parametrům tělesa čerpadla. Poté se dostáváme do fáze montáže.



Obr. 5) Proces vybírání pístů

Proces montáže

Zde již nastávají činnosti jemné motoriky, kde se zevnitř těla vkládá píst z předchozí operace a pružina. Po vložení komponentů do otvoru, pracovník zajistí toto spojení pomocí upínky. Pohyby při svírání vychází hlavně z oblasti zápěstí pravé ruky, kdy dochází k zajišťování a levou k přidržování výrobku. Tento proces je prováděn pro každý otvor, tedy třikrát na výrobek. Pro zajištění komponentů se vloží do těla rozpěrný kroužek, který zajistí bezproblémový převoz na další operace. Po zajištění dochází k odebrání upínky.



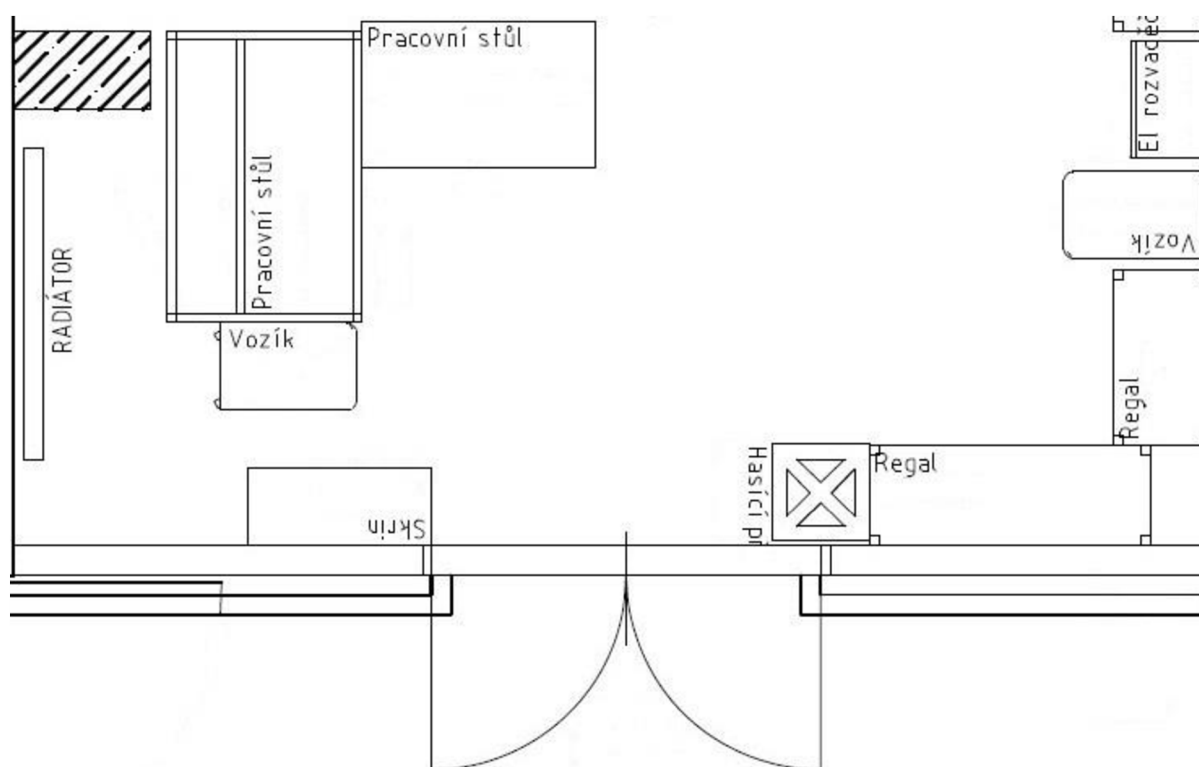
Obr. 6) Proces montáže

6 ROZBOR MALOSÉRIOVÉ LINKY

No tomto závode se nachází pouze linky na demontáž starých čerpadel a montáž vhodných dílů. Takto opravená čerpadla splňují provozní parametry jako nová. V tomto výměnném systému jsou zákazníkům k dispozici také čerpadla pro starší typy motorů, které se již nevyrábí. Pomocí těchto oprav je možné využít i stávající součásti, které by musely být vyrobeny znovu a dochází tedy ke zmírnění zátěže na životní prostředí. Tato produkce však neutváří zisk firmě, a proto počet repasovaných výrobků nedosahuje vysokých počtů.

6.1 Popis pracoviště a pracovních poloh

Pracoviště pro tento druh výrobku se nachází v jednopodlažní výrobní hale. Linka se nachází v menší místnosti, kde se dobře udržuje teplota např. v létě pomocí klimatizace a v zimě pomocí topení. Naopak neobsahuje žádné denní světlo, proto musí být vybaveno umělým osvětlením. Stěny jsou bílé barvy, která na pracovníky působí nerušivě. V této místnosti se nachází více pracovních míst, které na sebe navzájem nenavazují. Rozložení daného pracovního prostoru je zobrazené na obrázku.



Obr. 7) Layout pracoviště [21]



Obr. 8) Pracovní linka [fotoarchiv autora]

Pracovní prostor stanice tvoří dva pracovní stoly, které jsou přisunuty kolmo k sobě. Na nich jsou umístěny všechny zařízení, které je potřeba k vykonávání práce. Okolo stolu jsou rozmístěny držáky nářadí, pomůcek a bedny s komponenty. Osvětlení se nachází na stropě místnosti, ale i přímo nad stanovištěm pro větší intenzitu.

Práce na této lince vyžaduje neustálé stání. Jelikož se jedná o dvě části linky, pracovník má možnost měnit svoji polohu u práce a nemusí stát pořád na stejném místě. Taktéž musí do procesu montáže dodávat montovaný materiál z regálu, který mají umístěný asi dva metry od svého pracoviště.

Pracovní rovina obou stanovišť se nachází v jiné výšce. Je to dáno z důvodu jemnější práce na druhé stanici, která je ve výšce 112 cm. První stanice má manipulační výšku ve výšce 100 cm. Při posuzování pracoviště se zkoumá nejen výška, ale i dosahová vzdálenost, kterou musí pracovník překonávat. Nejdále se na tomto pracovišti nachází mřížka s písty a to 95 cm daleko od těla pracovníka. Přestože se na této lince jedná o lehkou montážní práci, kde není potřeba velkých sil, je toto práce vhodná pro muže kvůli této dosahové vzdálenosti.

6.2 Hodnocení pomocí integrované elektromyografie

U tohoto výrobku se jednalo o práci dynamického charakteru, kde převládala práce pravou rukou. Rozdíl v počtech zjištěných pohybů mezi operátory byl způsobem odlišným pracovním stereotypem. Průměrný počet pohybů na kus byl určen pro pravou horní končetinu 107 a pro levou 49. Za celou směnu pracovník vykoná pravou rukou 7490 pohybů a levou 3430.

Tab 3) Průměrná síla za celou pracovní směnu

Pořadí pracovníka	PHK [%F _{max}]		LHK [%F _{max}]	
	Extenzory	Flexory	Extenzory	Flexory
1	7,2	4,2	7	2,8
2	5	3,5	3,5	3,3
3	5,1	5	4,6	4,1
Průměrná síla	5,8	4,2	5	3,4

V této tabulce č. 3 jsou uvedené průměrné síly všech pracovníků za celou pracovní dobu, které se odvíjí od maximální síly. Limitní hodnota pro dynamickou práci je využití 30 % F_{max}, proto obě ruce nepřekračují tento limit. Z výsledků lze vidět, že více byla využita pravá ruka. Z těchto hodnot se vypočítal průměr a vybrala se nejvyšší hodnota pro levou a pravou ruku. Vybraná hodnota pro pravou ruku je 5,8 % a pro levou 5 %.

Tab 4) Počty sil v rozmezích % F_{max}

Pořadí pracovníka	PHK		LHK	
	50-70 %	>70 %	50-70 %	>70 %
1	0	0	8	4
2	0	0	0	0
3	0	0	4	0
Průměrná hodnota	0	0	4	1,3

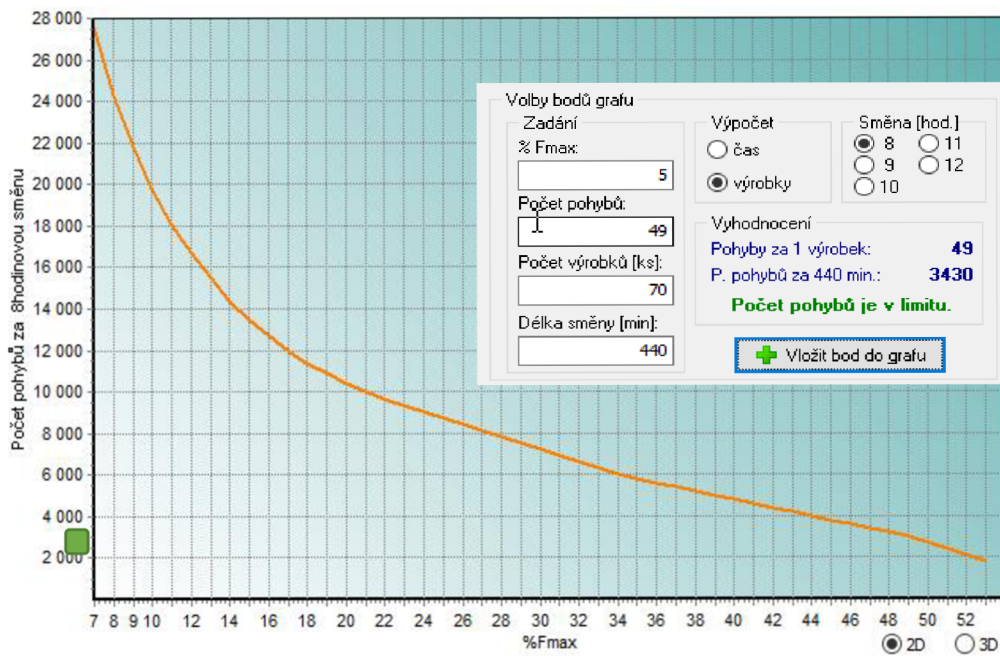
Při práci s převažující dynamickou složkou se může svalová síla od 55 do 70 % F_{max} vyskytnout maximálně 600x za osmihodinovou směnu. Tato hodnota byla stanovena hygienickým limitem. Z tabulky č. 4 lze vidět, že žádný pracovník ani zdaleka nepřekračuje tento limit.

Přesáhnutí 70 % u všech pracovníků bylo pouze ojedinělé, proto je nepovažujeme za pravidelnou součást hlavní pracovní operace.

Také můžeme říct, že pracovníci 1 a 3 měli více počtů přesáhnutí limitu u levé ruky při hodnocení obou kategorií. Zde může být problém s nevytrénovanou levou rukou, nebo nevhodný pracovní postup. Z tohoto vyhodnocení nemůžeme určit, u které části linky k přesahování došlo. Z mého pozorování bych odhadovala tuto větší zátěž u druhé části linky, protože zde pracovníci zařazovali do činnosti více levou ruku.

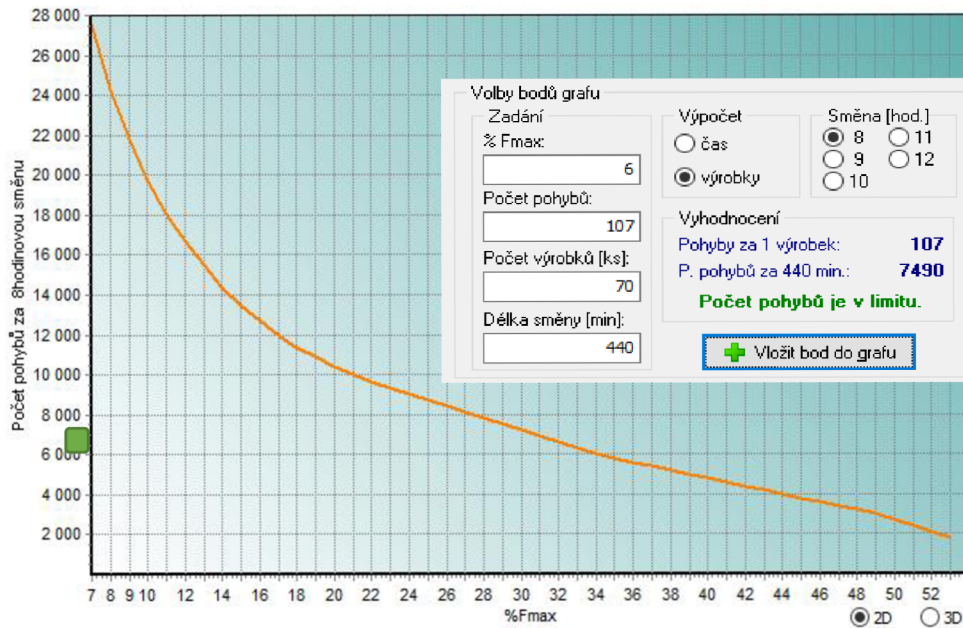
V následujícím grafické znázornění jsou porovnány hygienické limity pro počet pohybů a průměrné síly pracovníků za osmihodinovou směnu.

Levá horní končetina



Obr. 9) Graf závislosti počtu pohybů na %F_{max} LHK

Pravá horní končetina



Obr. 10) Graf závislosti počtu pohybů na %F_{max} PHK

K vyhodnocení těchto grafů se zadává průměrná síla pracovníků, počet pohybů na výrobek, počet kusů výrobku a délka směny. Tyto hodnoty se udávají pro každou ruku zvlášť, aby se docílilo přesnějších výsledků. Software vyhodnotí podle zadané síly počet pohybů, které může pracovník vykonat a přepočítá je na zadanou délku směny. Zároveň graf dělí oranžová křivka, která rozděluje graf na dvě poloviny. Všechny výsledky pod křivkou jsou brány za přijatelné, protože vynaložená síla je úměrná počtu pohybům. Naopak se jedná o nepřijatelný stav, který je potřeba řešit úpravou pracoviště nebo změnou pravidel.

Při tomto zatížení lze provést 27600 pohybů na levou a 21600 na pravou horní končetinu. Jelikož pracovník vykoná pravou rukou 7490 pohybů a levou 3430, jsou tyto hodnoty v toleranci. Hned na první pohled lze vidět, že pravá ruka zaměstnanců je více zatížena než levá. Přesto výsledky na obou rukách se nachází v zóně s bezproblémovým výsledkem. Je to způsobeno zejména malým počtem vyrobených kusů za směnu.

V tomto případě jsou síly tak malé, že nemohou být do grafu zaznamenány. Proto muselo být využito ručního označení pomocí zelených čtverců.

Tab 5) Celkové hodnocení analýzy

Hodnotící parametr	Limit pro dynamický druh práce	Zjištěná hodnota
Celosměnový průměr vykonávaných sil	30 % Fmax	LHK: 5 %
		PHK: 5,8 %
Počet sil v rozmezí 55–70 % Fmax. za směnu	600x	LHK: 4x
		PHK: 0x
Nepřípustné síly jako pravidelná součást práce	≥70 % Fmax	LHK: 0x
		PHK: 1,3x
Limit počtu pohybů v závislosti na Fprům.	LHK: 27600 poh/sm PHK: 21600 poh/sm	LHK: 3430
		PHK: 7490

Zde je již uvedeno celkové hodnocení z této metody. Můžeme vidět že, žádný hodnotící parametr nepřesahuje limitní hodnotu. Podle této analýzy tedy můžeme říct, že v rámci lokální zátěže je toto pracoviště vyhovující.

6.3 Hodnocení vybraných operací pomocí metody RULA

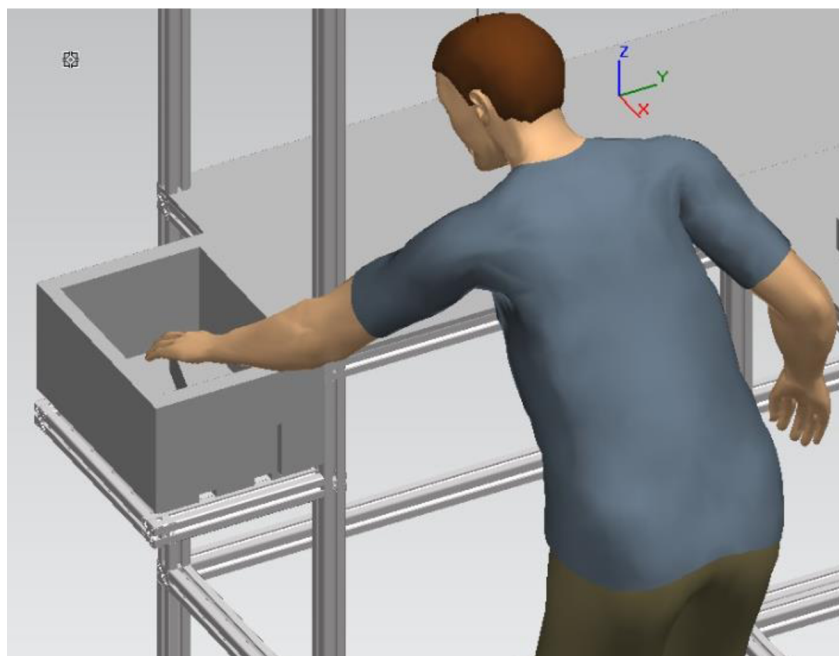
Pro tuto analýzu byl vybrán pracovník, který byl zároveň měřen pomocí integrované elektromyografie. Tuto metodu jsem aplikovala pro 6 pozic, které by mohly mít negativní vliv na zaměstnance a zároveň má smysl se jimi zabývat. Jedná se o polohy, které pracovník vykonává často, nebo by mohlo docházet k ohrožení zdraví. Jednotlivé úkony jsou očíslovány dle prováděného pořadí. Vyhodnocení a porovnání ergonomické analýzy se nachází dále v tabulce. Metoda RULA je aplikována jak na vyfocené, tak vymodelované pozice.

Zvednutí těla čerpadla

Při této operaci nedochází k zapojení obou končetin, protože pracovník používá pouze levou ruku. Pravou rukou se drží konstrukce stanice nebo se o ni opírá. Ohýbá nejen krk a záda, ale dochází zde i k rotaci trupu. Taktéž při ohýbání dochází k nerovnoměrnému rozložení váhy na spodní končetiny. K této poloze těla dochází pro rychlejší práci. Jelikož k tomuto úkonu dochází jednou za deset minut, není potřeba přidávat další body za zátěž svalů. Těleso váží do pěti kilo a jedná se o přerušovanou zátěž na krátkou vzdálenost, proto přidávám bod k silovému skóre.



Obr. 11) Zvednutí těla čerpadla [fotoarchiv autora]



Obr. 12) Zvednutí těla čerpadla – modelování

Očištění otvorů těla čerpadla pomocí vrtáku

Pracovník je u této pozice mírně nahnut a v pravé ruce drží vrtačku, kdy je zápěstí mírně natočeno. Druhou rukou si tělo přidržuje a stojí oběma nohama na zemi. Celkově každý otvor pročistí třikrát. Jedná se o pohyb s předmětem do pěti kilo, proto se přičítá jeden bod za silovou zátěž.



Obr. 13) Očištění otvoru [fotoarchiv autora]



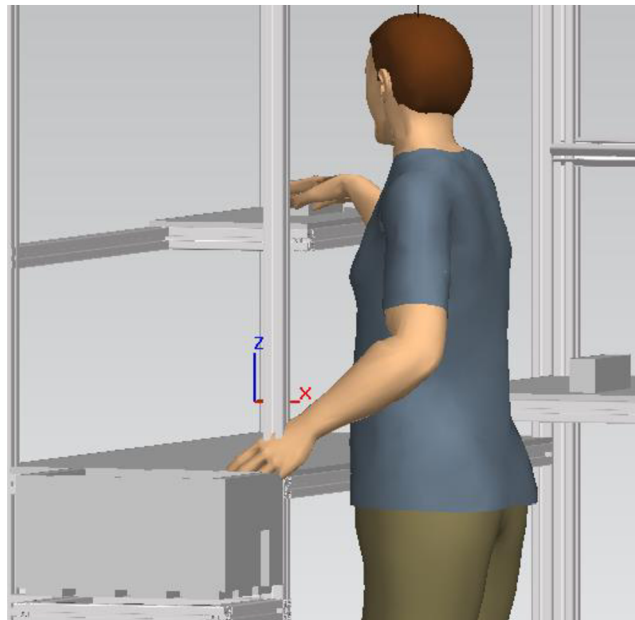
Obr. 14) Očištění otvoru – modelování

Uchopení pístu

Při této poloze pracovník zvedá ruku na pravou stranu a musí ohýbat zápěstí. Kvůli umístění čepů otáčí i krk doprava. U této stanice dochází k jednostrannosti, kdy je používána převážně pravá horní končetiny. Touto rukou mnohdy sahá na hranici svých možností a menší pracovníci musí přenést váhu na špičky. Z tohoto důvodu je pracoviště vhodné pro vyšší pracovníky, kterým nevadí větší dosahová vzdálenost. I tak se písty nachází v oblasti vhodné pro méně častou manipulaci. Může zde docházet tedy k přetěžování horních a spodních končetin a krku. Tato pozice se musí řešit, protože je prováděna více než 4krát za minutu.



Obr. 15) Uchopení pístu [fotoarchiv autora]



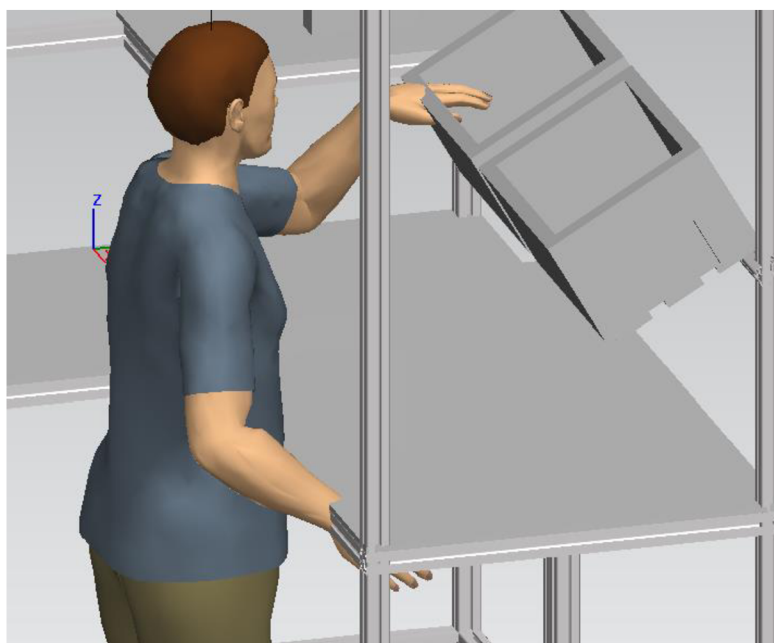
Obr. 16) Uchopení pístu – modelování

Uchopení komponentu z bedny

V této pozici pracovník vyndává montážní materiál z bedýnky, která je umístěna ve výšce 145 cm nad zemí. Dochází zde ke zvedání ruky nad úroveň srdce a ohýbání zápěstí. Úhel natočení krku a trupu je zanedbatelný. Tato činnost neprobíhá často, proto nepřidávám ke zjištěným skóre žádné dodatečné body.



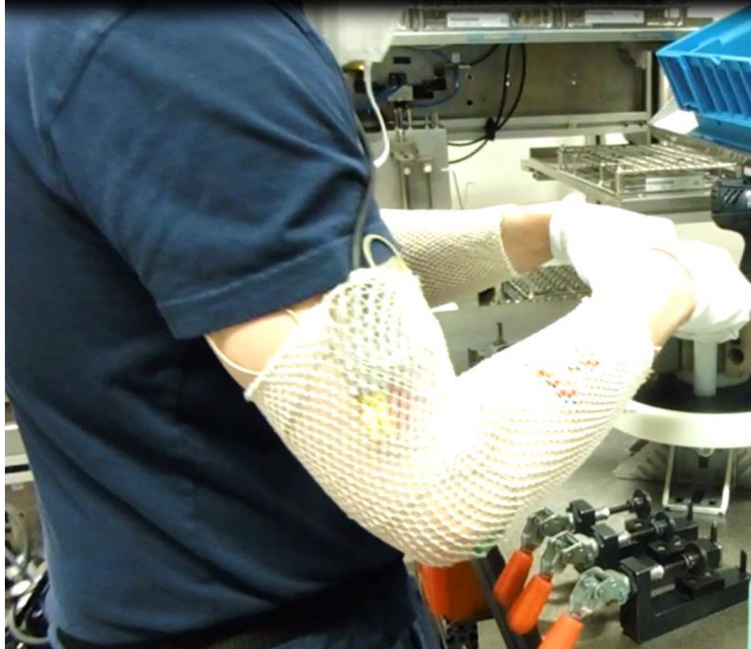
Obr. 17) Uchopení materiálu [fotoarchiv autora]



Obr. 18) Uchopení materiálu – modelování

Vložení pístu a pružiny do tělesa

V této fázi se vkládají všechny potřebné komponenty do těla čerpadla. Zde pracovník ohýbá zápěstí, drží ruce ve vzduchu a pohybuje jemně prsty, aby montáž proběhla správně. U této pozice probíhá nejvíce práce prsty, proto by se mohlo jednat o lokální zátěž. Krk a trup se nacházejí ve stejné poloze jako v předchozím případě a také nepřidávám žádné dodatečné body.



Obr. 19) Vkládání pístu a pružiny [fotoarchiv autora]



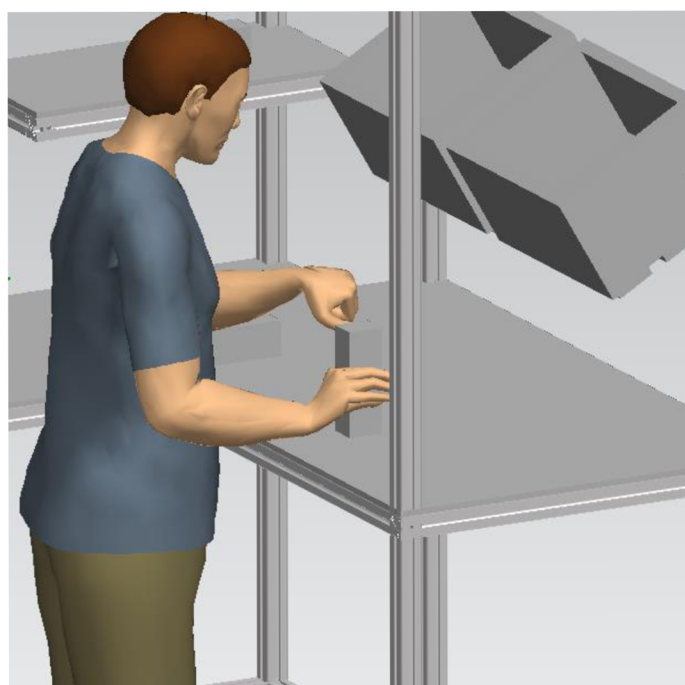
Obr. 20) Vkládání pístu a pružiny – modelování

Zajištění tělesa pomocí upínek

Po montáži probíhá zajištění komponentů pomocí upínek. Fotka nám ukazuje začátek upínání, kdy pracovník potřebuje překonat sílu potřebnou na zajištění výrobku. Při této poloze dochází k ohýbání obou zápěstí. K poloze však dochází dvakrát za minutu, proto není potřeba přidávat další body.



Obr. 21) Upínání tělesa [fotoarchiv autora]



Obr. 22) Upínání tělesa – modelování

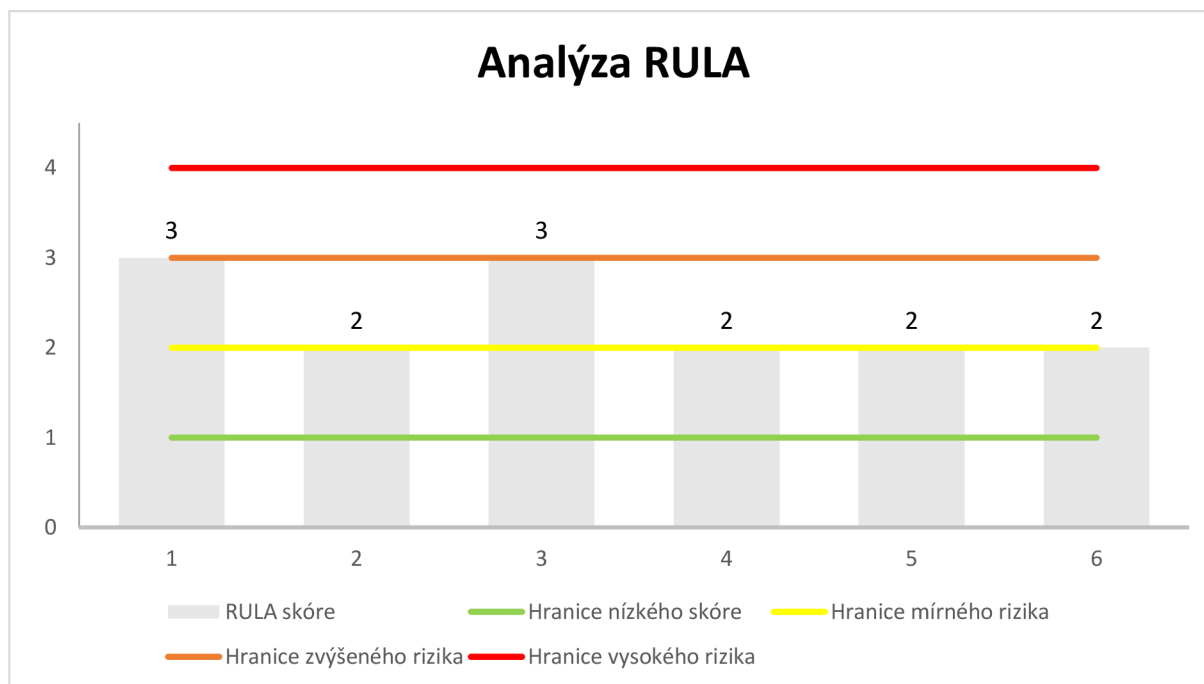
Výsledky analýzy z tabulek

Pořadí	Pracovní pozice u linky A	Hodnocení	Kategorie
1	Zvednutí těla čerpadla	6	3
2	Očištění děr těla čerpadla pomocí vrtáku	3	2
3	Uchopení pístu	5	3

Pořadí	Pracovní pozice u linky B	Hodnocení	Kategorie
4	Uchopení komponentu z bedny	3	2
5	Vložení pístu a pružiny do tělesa	3	2
6	Zajištění tělesa pomocí upínky	3	2

V tomto hodnocení se dvě polohy dostali do kategorie 3. Mezi nejvíce hodnocenou polohu se dostalo zvedání tělesa, kdy pracovník ohýbá trup a zatěžuje tím svoje tělo. Druhá nevhodná poloha je uchopování čepu, kdy dochází k natahování trupu a zvedání chodidla za země.

V této situaci podle výše uvedené tabulky platí, že je nutné provést změny na pracovišti. Změna nemusí přijít okamžitě, ale až to situace dovolí. Tímto vyhodnocením se tato metody liší od elektromyografie, kde jsme situaci hodnotili jako bez problémovou.



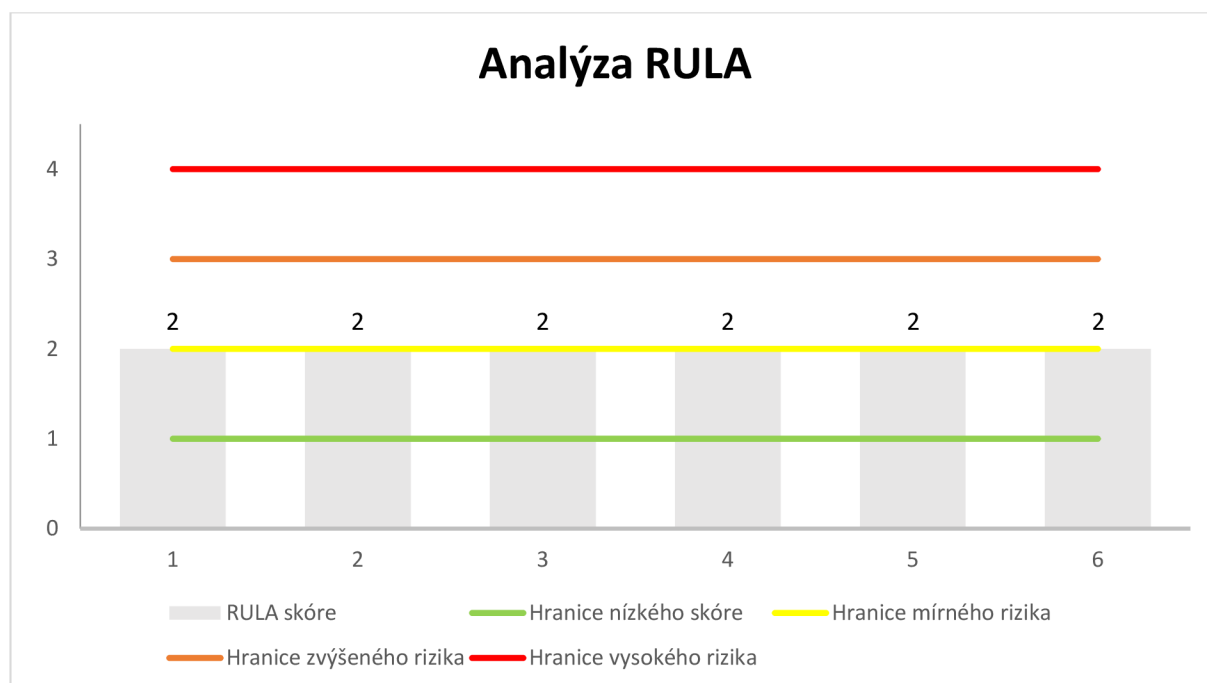
Z grafu můžeme na první pohled vidět, kam se jaká pozice v hodnocení dostala. Pouze dvě pozice dosahují zvýšeného rizika, kdy je zapotřebí provedení zásahů do pracovního procesu. Ostatní pozice jsou na hranici rizika, které není závažné, ale taktéž by bylo vhodné se na ně zaměřit. Uspokojivý je fakt, že žádná pozice nepřesáhla 4. kategorii, která by pro pracovníky představovala závažné riziko.

Výsledky analýzy pomocí softwaru

Pořadí	Pracovní pozice u linky A	Hodnocení	Kategorie
1	Zvednutí těla čerpadla	4	2
2	Očištění děr těla čerpadla pomocí vrtáku	3	2
3	Uchopení pístu vysoko a do boku	3	2

Pořadí	Pracovní pozice u linky B	Hodnocení	Kategorie
4	Uchopení komponentu z bedny	4	2
5	Vložení pístu a pružiny do tělesa	3	2
6	Zajištění tělesa pomocí upínky	4	2

V tomto hodnocení již nastává rozdíl oproti metodě pomocí tabulek. Zde se všechny vybrané pozice nachází v 2. kategorii. V této situaci tedy není nutné v první řadě provádět změny na pracovišti. Spíše je potřebné se na pozice zaměřit a provést vyhodnocení dalšími vhodnými metodami.



Tímto vyhodnocením se tato metody příliš neliší od elektromyografie, kde jsme situaci hodnotili také jako bez problémovou. Chyba vyhodnocení může být příliš přísným hodnocením v případě tabulkové metody, nebo nevhodně namodelované pracoviště.

7 ROZBOR VELKOSÉRIOVÉ LINKY

Na závodě, kde se měření odehrávalo, se nachází výroba nových čerpadel různých druhů. Kvůli velikosti haly a vyšších počtů výrobků je zde vyšší automatizace montážních linek. Jsou zde k vidění dopravníky na dopravu výrobků či roboty, které nahrazují lidi při nevyhovující práci.

7.1 Popis pracoviště a pracovních poloh

Toto pracoviště se také nachází v prvním patře výrobní haly. Na rozdíl od první linky se jedná o větší výrobní prostory, kde se nachází více pracovních pozic, které na sebe navzájem navazují. Stěny jsou natřeny bílou barvou a prostor je ve dne osvětlen přirozeným světlem. Rozložení prostor je uvedeno na obrázcích.



Obr. 23) První část pracovní linky [fotoarchiv autora]



Obr. 24) Druhá část pracovní linky [fotoarchiv autora]



Obr. 25) Třetí část pracovní linky [fotoarchiv autora]

Narozdíl od prvního případu je linka rozdělena na tři oddělená pracoviště, která jsou spojena dopravníkem. Na tomto pracovišti jsou tedy potřeba dva lidé. Okolo pracovního prostoru jsou umístěné všechny zařízení, držáky nářadí, pomůcky a bedny s komponenty. Osvětlení se nachází na stropě místnosti, ale i přímo nad pracovištěm.

Práce na této lince vyžaduje neustálé stání, ale součástí práce je popocházení. Při uspořádání pracoviště musí měnit svoji polohu a nedochází tak ke strnulému stání. Pracovní rovina obou stanovišť se nachází v jiné výšce. První stanice, která se nachází u dopravníku má výšku 100 cm a druhá 93 cm. Tato výška je stanovena, protože na tomto pracovišti jsou zastoupeny i ženy. Nejdále se na tomto pracovišti nachází mřížky s písty. Na rozdíl od první linky zde není potřeba zvedat ruce do vysokých poloh.

7.2 Hodnocení pomocí integrované elektromyografie

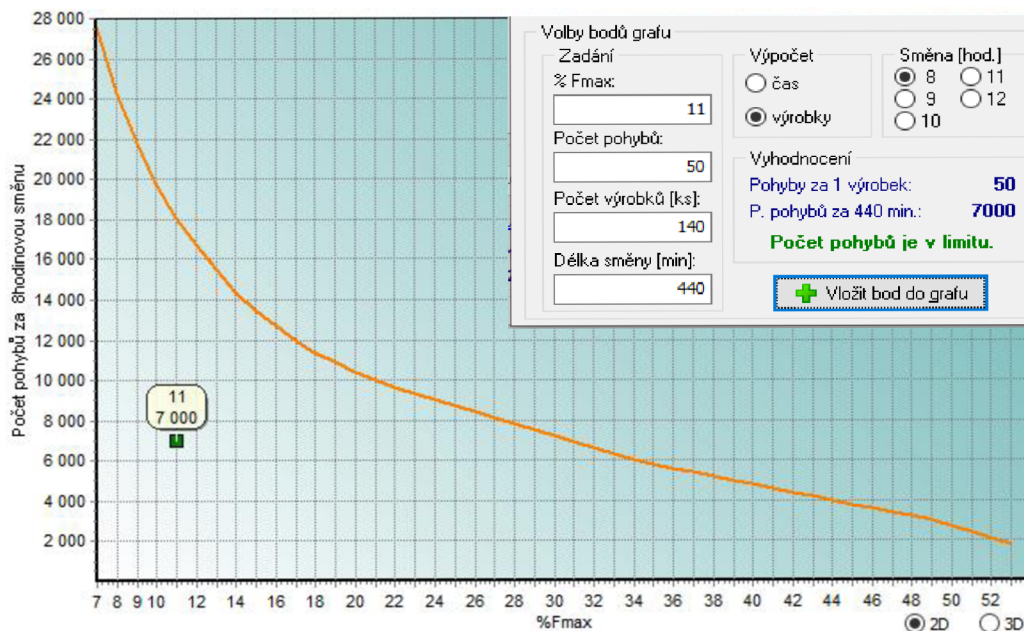
U tohoto výrobku se také jednalo o práci dynamického charakteru, kde převládala práce pravou rukou. Průměrný počet pohybů na kus byl určen pro pravou horní končetinu 71 a pro levou 50. Můžeme si všimnout, že počet pohybů pravou rukou je menší než první linky. Je to způsobeno lepším uspořádáním pracovního postupu. Za celou směnu pracovník vykoná pravou rukou 9940 pohybů a levou 7000. Z důvodu zacvičení bylo měření provedeno pouze na jednom pracovníkovi.

Tab 6) Průměrná síla za celou pracovní směnu

	PHK	LHK
Maximální hodnoty [%]	5	11

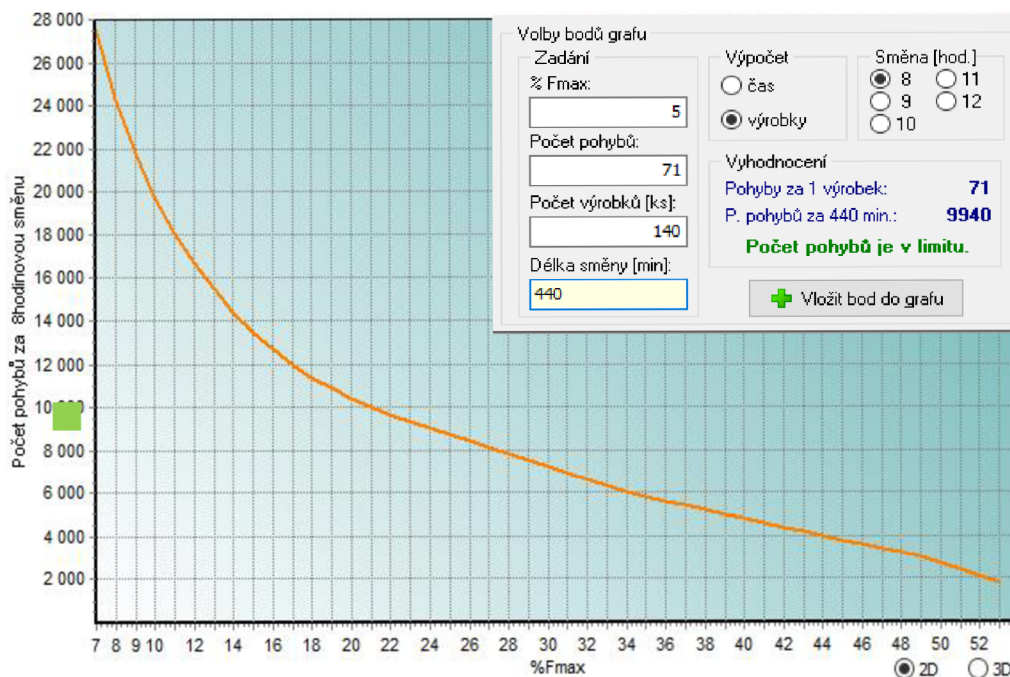
V této tabulce jsou uvedeny průměrné síly na obou rukách. Můžeme vidět, že na rozdíl u první linky, je zatížena více levá ruka než pravá. Mohlo by to být způsobeno větší zátěží právě této končetiny.

Levá horní končetina



Obr. 26) Graf závislosti na počtu pohybů na %F_{max} LHK

Pravá horní končetina



Obr. 27) Graf závislosti na počtu pohybů na %F_{max} PHK

K vyhodnocení podmínek na pracovišti byly opět využity grafy, které dávají do poměru počet pohybů a průměrnou sílu. Graf kříží oranžová křivka, která rozděluje graf na dvě poloviny.

Na první pohled může z vyjádření vyčíst, že na této lince dochází k násobně většímu zatížení pracovníka. Není to z pohledu větších vyvíjených sil, ale dochází tu k častějším pohybům rukou. Je to způsobeno výrobou více kusů za směnu.

Oproti předchozí lince tu dochází k jináčím situaci, kdy byla jednoznačně více zatížena pravá ruka. Na této lince levá ruka vykoná 7000 pohybů, ale průměrná síla dosahuje 11 % F_{max} . Kdežto pravá ruka vykoná 9940 pohybů, ale síla odpovídá 5 % F_{max} . Při odečtení z grafu zjistíme, že při těchto zatížení může pracovník provést 18000 pohybů na levou a 28000 na pravou horní končetinu. Proto je více zatížena levá ruka.

Z grafů se taktéž dá vyčíst, že nedošlo k překročení vytyčených mezí, přestože se na této lince smontuje dvakrát více výrobků.

I v tomto případě musel být výsledek zaznamenán ručně.

Tab 7) Celkové hodnocení analýzy

Hodnotící parametr	Limit pro dynamický druh práce	Zjištěná hodnota
Celosměnový průměr vykonávaných sil	30 % F_{max}	LHK: 11 %
		PHK: 5 %
Počet sil v rozmezí 55–70 % F_{max} za směnu	600x	LHK: 5 x
		PHK: 0 x
Nepřípustné síly jako pravidelná součást práce	≥ 70 % F_{max}	LHK: 13 x
		PHK: 0 x
Limit počtu pohybů v závislosti na $F_{prům}$	LHK: 18 100 pohybů/směna PHK: 27600 pohybů/směna	LHK: 7000
		PHK: 9940

Ani u této linky nedošlo k překročení žádného parametru. Podle této metody není zátěž zvýšená, proto ani není nutné zavádět nápravná opatření.

7.3 Hodnocení vybraných operací pomocí metody RULA

Tuto metodu jsem aplikovala pro 6 pozic, které by mohly mít negativní vliv na zaměstnance, protože jsou vykonávány často, nebo dochází k negativnímu vychylování těla. Jednotlivé úkony jsou očíslovány dle prováděného pořadí. Vyhodnocení a porovnání ergonomické analýzy se nachází dále v tabulce. Zde je metoda RULA také vykonávána jak pro vyfocené, tak vymodelované pozice.

Očištění otvorů těla pomocí vzduchu

Na této lince se používá jiný druh upevnění vzduchu. Páčka je umístěna vysoko nad hlavou pracovníka. Ten jí musí jednou rukou vzít a druhou pustit vzduch. Přitom musí mít ruce nad rameny. Tato pozice není vykonávaná často, proto nepřidávám dodatečné body.



Obr. 28) Očištění otvorů [fotoarchiv autora]



Obr. 29) Očištění otvorů – modelování

Uchopení pístu

Při této poloze pracovník natahuje ruku a krk na pravou stranu, tudíž dochází k jednostrannosti. Na rozdíl od linky v první části práce, se tato zásobníky nenachází v nepřijatelné výšce. Ale přeci jen zde může docházet k přetěžování horních končetin a krku. V případě menší výšky pracovníka může docházet k nadzvedávání levé nohy. Vzhledem k tomu, že zde pracují ženy, měli by se zde dosahové vzdálenosti dosahovat menších hodnot. Tato pozice je prováděná více než 4krát za minutu.



Obr. 30) Uchopení pístů [fotoarchiv autora]



Obr. 31) Uchopení pístů – modelování

Přesunutí pístů

Jestliže pracovník najde vhodný píst vkládá ho na dopravník. Touto pozicí dochází k rotaci trupu. Pracovník by se měl otáčet nejlépe celým tělem, nebo omezit vykonávání činnosti.



Obr. 32) Přesunutí pístů [fotoarchiv autora]



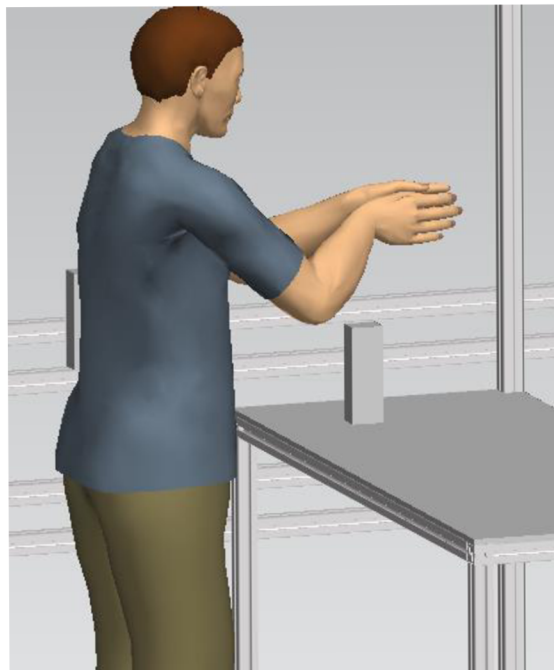
Obr. 33) Přesunutí pístů – modelování

Otočení těla čerpadla

Na tomto pracovišti je proveden jiný způsob měření parametrů tělesa. Pracovník musí vzít celou váhu tělesa a otočit ho. Při tomto pohybu jsou namáhány ruce a ramena pracovníka. Zejména pak pro ženy to může představovat větší zátěž.



Obr. 34) Otočení těla [fotoarchiv autora]



Obr. 35) Otočení těla – modelování

Uchopení komponentu z bedny

V této pozici pracovník vyndává montážní materiál z bedýnky. Dochází zde ke zvedání ruky nad úroveň srdce a ohýbání zápěstí. Tato činnost neprobíhá často, proto nepřidávám ke zjištěným skóre žádné dodatečné body.



Obr. 36) Uchopení komponentu [fotoarchiv autora]



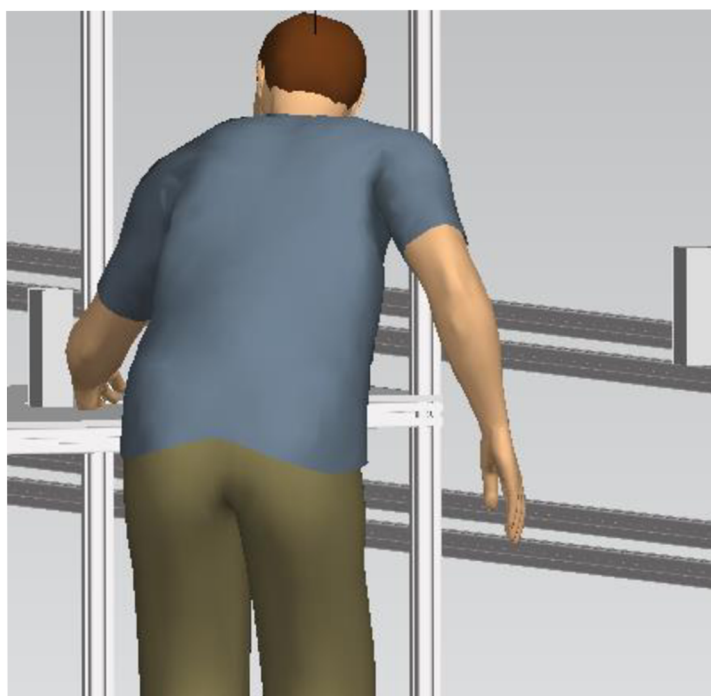
Obr. 37) Uchopení komponentu – modelování

Odebrání hřídele z bedny

Součásti pro tuto operaci se nachází na stole po levé straně pracovního místa. Při odebírání tohoto předmětu se musí pracovník natočit do boku a natáhnou ruku. Bylo by potřeba najít pro tuto bedýnku vhodnější místo. Nejenže by se zlepšila poloha těla pracovníka, ale také by se ušetřil čas na výrobek.



Obr. 38) Odebrání hřídele [fotoarchiv autora]



Obr. 39) Odebrání hřídele – modelování

Výsledky analýzy z tabulek

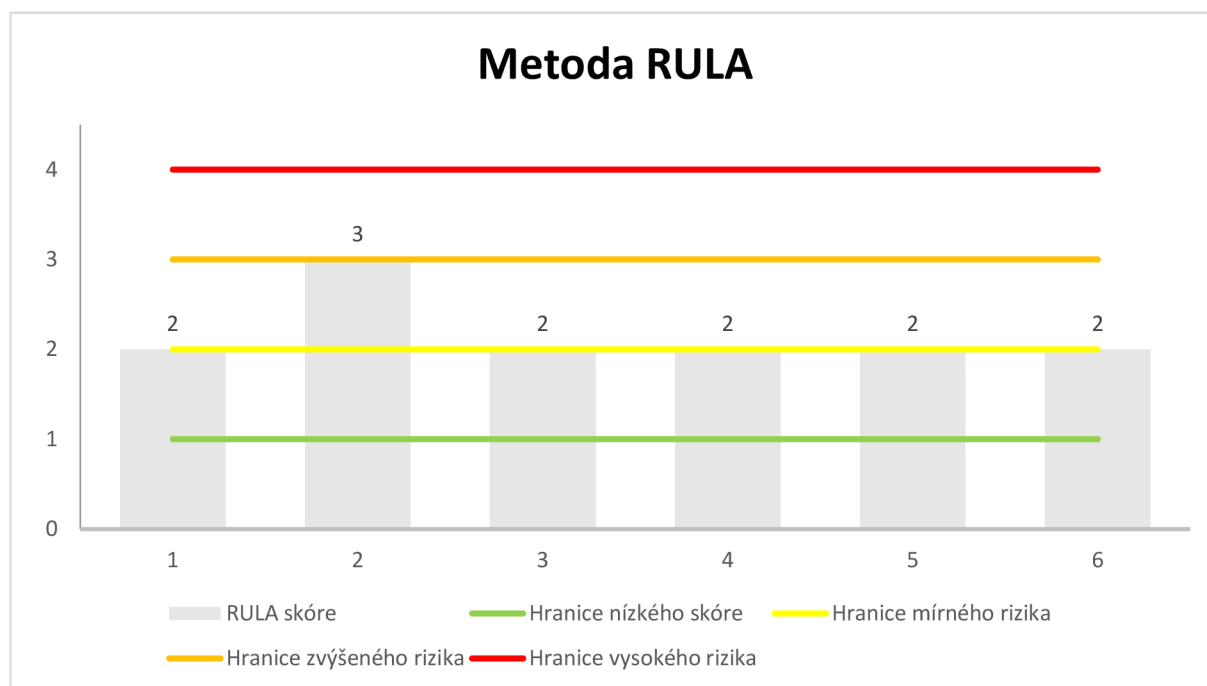
Tab 8) Hodnocení metody RULA

Pořadí	Pracovní pozice u linky A	Hodnocení	Kategorie
1	Očištění děr těla čerpadla pomocí vrtáku	3	2
2	Uchopení pístů	5	3
3	Přesunutí pístů	3	2
4	Otočení čerpadla	3	2

Pořadí	Pracovní pozice u linky B	Hodnocení	Kategorie
5	Uchopení komponentu z bedny	3	2
6	Odebrání hřídele z bedny	3	2

V tomto hodnocení se pouze jediná poloha přehoupla do kategorie 3. Stejně jako v případě první linky bylo určeno uchopování čepu.

Jakmile to bude možné, mělo by zde dojít ke změně dosahů mřížek na čepy. Stejně jako u předchozí linky se hodnocení neshoduje s výsledky pomocí elektromyografie, kdy byla situace určena jako bezproblémová.



Obr. 40) Vyhodnocení metody RULA

Z grafu můžeme na první pohled vidět hodnocení této linky. Kromě jedné pozice se jedná pouze o mírné riziko, které by nemělo zaměstnance v takové míře zatěžovat. I přes to bychom se na ně měli zaměřit a pomocí vhodných metod snižovat na co nejnižší úroveň.

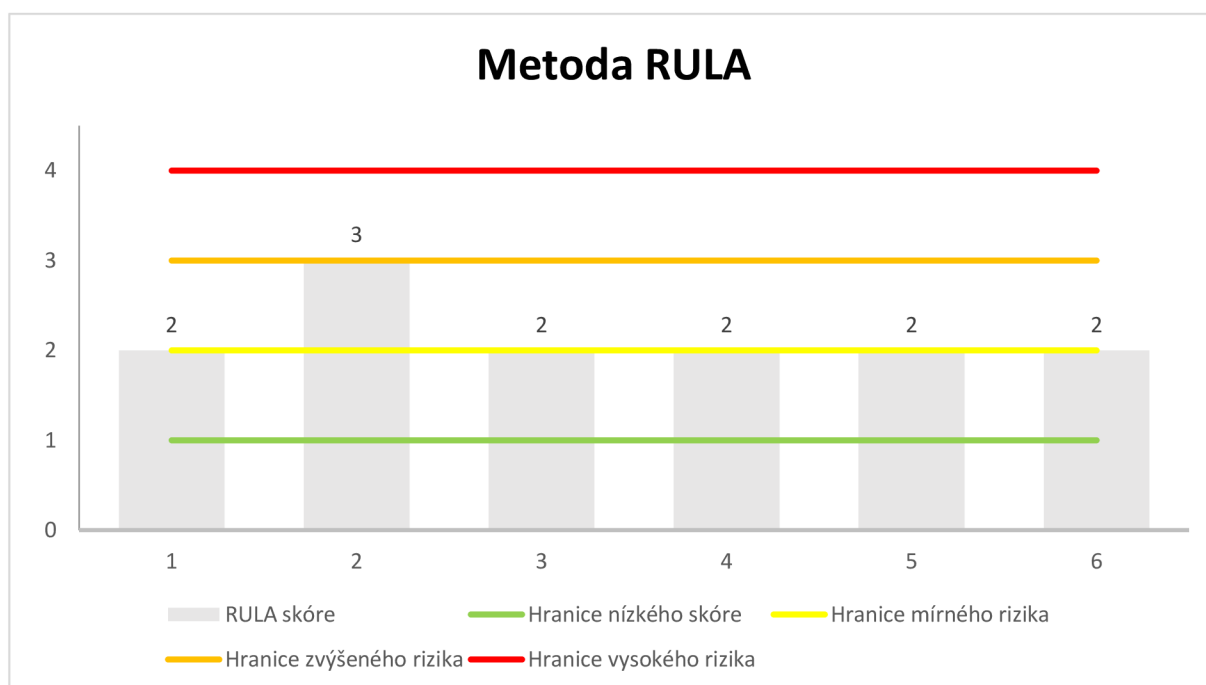
Hodnocení pomocí softwaru

Tab 9) Hodnocení metody RULA

Pořadí	Pracovní pozice u linky A	Hodnocení	Kategorie
1	Očištění děr těla čerpadla pomocí vzduchu	4	2
2	Uchopení pístů	5	3
3	Přesunutí pístů	3	2
4	Otočení čerpadla	4	2

Pořadí	Pracovní pozice u linky B	Hodnocení	Kategorie
5	Uchopení komponentu z bedny	3	2
6	Odebrání hřídele z bedny	4	2

Toto hodnocení vychází stejně jako v případě tabulek, kdy se musíme zaměřit na pozici uchopení pístů. Dochází zde k natahování trupu do dálky a zvedání chodidla za země. Tento způsob vyhodnocení potvrdil potřebu provést změnu na pracovišti.



Obr. 41) Vyhodnocení metody RULA

Z grafu můžeme na první pohled vidět, že hodnocení se totožné s předchozím vyhodnocení. Jelikož se jedná o zvýšené riziko u jedné pozice, nebude nutné předělávat celou pracovní linku, ale pouze její část.

8 NÁVRHY OPTIMALIZAČNÍCH OPATŘENÍ

Cílem jakékoliv ergonomické analýzy je nejen vyhledání rizik, ale i následné vyhodnocení dané situace. Po určení závažnosti rizik je nutné stanovit nápravná opatření a podle naléhavosti je uvést do provozu. Takto zamezíme dalšímu vzniku poškození zdraví. Nápravná opatření jsou rozdělena na technická a organizační. Při realizaci opatření se preferuje kolektivní ochrana před individuální, protože má širší účinnost.

8.1 Společné návrhy

Nejprve jsem se zaměřila na úpravy, které je potřeba vyřešit kvůli výsledkům z analýzy. Jelikož se zde objevují stejné části, lze je upravit naráz v obou případech.

Upravení dosahových vzdáleností zásobníků na čepy

Důležité je zaměřit se nejprve na činnosti, které pracovníci vykonávají častěji než ostatní. V tomto případě je to právě vybírání pístů na další operace. Tyto zásobníky se nacházejí vysoko a pouze na jedné straně stolu. Proto jsem navrhla jejich snížení, aby nedocházelo k natahování a nahýbání částí těla do nepřírodných úhlů. Zároveň bych zásobníky umístila na obě strany od zařízení, aby bylo zajištěno rovnoměrné zatížení obou končetin. Po zavedení těchto úprav by mělo dojít zároveň k urychlení práce.

Úprava zásobníků na materiál pro montáž

Mezi pozice, kterými by se dalo vyřešit přetěžování horních končetin, patří snížení polohy boxů na montážní materiál. Pod nimi sice omezíme prostor pro odkládání pomůcek, ale pracovník nebude muset zvedat paži do nepříjemné oblasti. Taktéž zápěstí nebude muset tolik ohýbat. Dalším zlepšením by bylo pořízení menších bedýnek na materiál, které budou mít zkosenou přední stranu. Tyto bedýnky jsou zejména vhodné pro skladování menších předmětů, které se při montáži používají. Tím se docílí zmenšení úhlu rozsahu a snížení dosahové vzdálenosti. Na přední straně bedýnky je stále možné umístit štítek s označením materiálu.

8.2 Návrh pracoviště 1

Dále jsem se zaměřila na konkrétní návrh pracoviště. Také jsem se zabývala pracovními postupy, které mají vliv na efektivitu práce. Při novém uspořádání linky by se pracovníkům zkrátila dosahová vzdálenost, kterou musí při práci překonat. Tím by se i upravila doba potřebná na jeden výrobek a zajistila se lepší využitelnost pracovníků.

Úprava stolů

Jedním z možných řešení je úprava parametrů stolu tak, aby pracovní plocha vyhovovala při všech činnostech práce. Různou výškou pracovníků se ale liší i vhodná pracovní výška. Při realizaci stolu je nutné se podřídit nejmenšímu pracovníku, který na dané lince pracuje. V tomto případě má nejmenší pracovník stůl 10 cm pod úroveň loktů, proto bych výšku stolu neupravovala. Dalším možným řešením je pořízení moderních pracovních stolů, u kterých lze výšku nastavit. Zde jsem využila úpravy šířky, kdy jsem stůl A zkrátila o 20 cm, aby se upravily dosahové vzdálenosti.

Zvedák na bedny

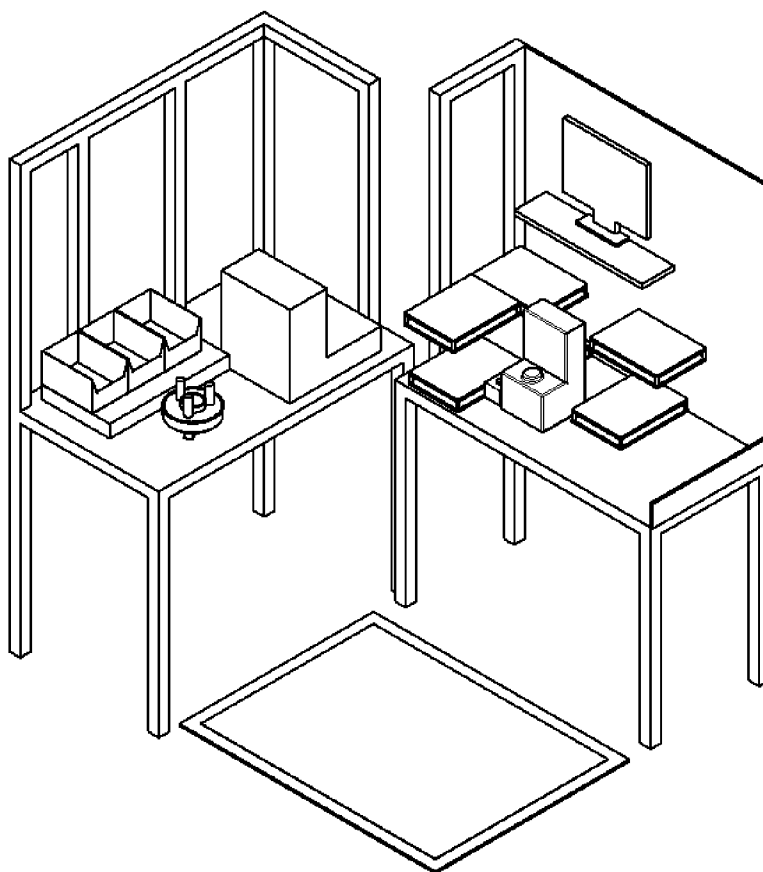
Výhodným řešením by bylo použít zvedák na palety, kdy by zvedání materiálu probíhalo pomocí mačkání tlačítka. Zároveň i tak by byla potřeba poučit pracovníky, aby došli k bedně blíže a využívali obě ruce. Tím zamezíme jednostrannému zatížení ruky a namáhání zad.

Posunutí obrazovky

Jelikož k pozorování obrazovky dochází stejně často jako vybírání pístů, je vhodné posunout obrazovku rovnoběžně s pracovním místem, aby pracovník nemusel natáčet hlavu. Tuto obrazovku bych umístila mezi zásobníky na písty, aby obě ruce sahaly přibližně stejně daleko.

Bezpečnostní guma

Pro lepší odpružení je výhodné doplnit pracoviště gumou, pro větší pohodlí. Toto opatření nepřispívá ke zlepšení lokální zátěže horních končetin, ale pomůže pracovníkovi k lepšímu postoji a tím přispívá ke zlepšení celkové ergonomii na pracovišti. Tato guma se již na pracovišti nachází, ale nedrží pevně na svém místě. U nové gumy se tedy musíme zaměřit na protiskluzové vlastnosti, které zaručí bezpečnost na pracovišti. Aby byl přechod gumy zřetelný, je lepší pořídit i reflexní lišty.



Obr. 42) Návrh pracoviště 1

8.3 Návrh pracoviště 2

V tomto případě je linka již více automatizovaná a nedochází zde k namáhání zejména při přenášení výrobků.

Přiblížení pracoviště

Během této operace musí pracovníci přecházet od jednoho pracoviště k druhému. Pohyb u práce je určitě vhodnější než strnulé stání. Zde se ale jedná o vzdálenost větší než 1 m a pracovník ho musí překonávat dvakrát na každý výrobek. Tento pohyb už může způsobovat celkovou zátěž a způsobit únavu dolních končetin. Úpravou by se snížila zátěž pro pracovníky i potřebný čas na jeden výrobek.

Přípravek na přenášení pístů

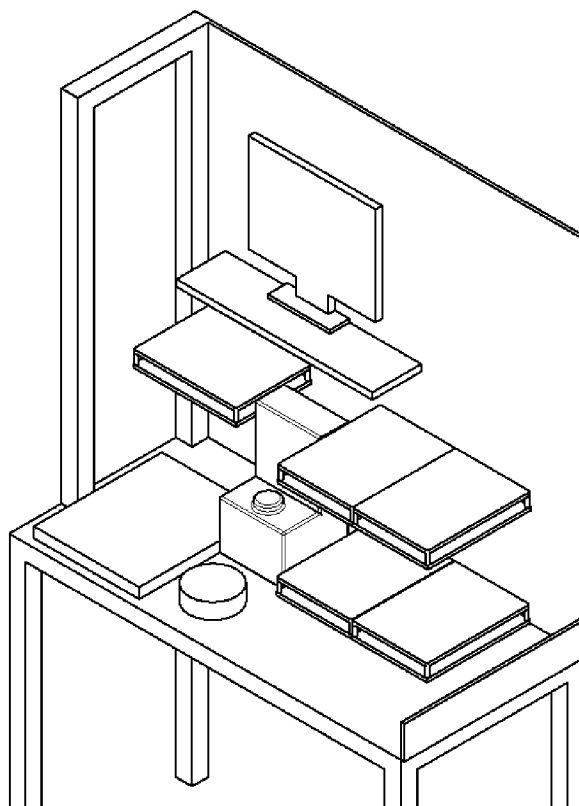
Při přenášení každého pístu zvláště dochází k namáhání těla z důsledku natáčení zad. Vhodnější by bylo odkládat písty na předem určenou podložku a písty přenášet najednou.

Úprava pozice vzduchu

Při čištění výrobků vzduchem pracovníci zvedají ruce nad hlavu a musí přetáhnout pružinu. Proto by bylo vhodné přesunout trysku se vzduchem blíže k výrobku.

Přesunutí bedýnky na materiál

Pozice při odeírání hřidelů se nachází mimo dosahovou vzdálenost pracovníka. Musí se tedy s každým výrobkem otočit. Kvůli namáhání zad by bylo vhodné přemístit vzdálenou bedýnku do oblasti časté manipulace.



Obr. 43) Návrh pracoviště 2 – druhá část

8.4 Návrhy na organizační změny

Ergonomie se neskládá pouze z přestavění pracoviště, ale i z organizačních úprav. Tyto úpravy jsou ekonomicky výhodnější a dokáží práci zefektivnit. Zároveň se můžou používat na všechny pracoviště ve firmě.

Střídání rukou

Při vykonávání činnosti je lepší využívat obě ruce stejně, aby nedocházelo k jednostrannému zatížení. Optimální je například střídání rukou při méně přesných pohybech, kde nedochází ke snížení kvality výrobku. Může to být např. očišťování otvoru pomocí vrtáku a vzduchu, nebo mačkání tlačítek. Tímto způsobem se efektivně využije i nedominantní ruku a rozloží se dopad na obě končetiny. Toto opatření může být pro pracovníky nezvyk, na který se musejí po dobu trvání práce soustředit.

Standardizace pracovního postupu

K ergonomii patří i uspořádání pracovních procesů. V rámci řešené problematiky navrhuji poučit dotyčné pracovníky ohledně ergonomických problémů, které se mohou vyskytovat při vykonávání práce. Dále by bylo vhodné všechny pracovníky naučit správnému tělu při výkonu jednotlivých činností. Především jim vysvětlit, jak správně zvedat břemena a ukázat postupy při práci s nástroji.

Bezpečnostní přestávky

K zmírnění svalové lokální zátěže je vhodné zavést do pracovní doby krátké bezpečnostní přestávky pro odpočinek a protáhnutí těla. Jestliže zátěž přesahuje hygienické limity, musí již firma tyto přestávky poskytovat ze zákona § 27a odst. 1 nařízení vlády č. 361/2007 Sb.

Toto opatření je zároveň i užitečné, jestliže pracovník zaujímá při práci nepříjemné pracovní polohy podle § 30 odst. 3 nařízení vlády č. 361/2007 Sb. Tato přestávka by měla trvat 5 až 10 minut po každých dvou hodinách od započetí výkonu práce.

Rotace pracovníků

Jestliže nelze zavést bezpečnostní přestávky, je potřeba zavést na pracoviště řízenou rotaci operátorů, která eliminuje jednostranné, dlouhodobé a nadměrné zátěže při pracovním výkonu. Toto opatření plně zabezpečuje plnění zákonů v předešlém bodě.

ZHODNOCENÍ A DISKUZE

Při porovnání výsledků malosériové a velkosériové výroby z pohledu ergonomie můžeme říct že, u sériové dochází k větší lokální svalové zátěži. Při malosériové výrobě sice dochází k většímu množství manipulace s výrobkem, zejména zvedání a pokládání výrobku, ale je zde smontována zhruba polovina výrobků než na velkosériové lince. Díky využití opatření s dopravníky se nejen snižuje zátěž, ale i zrychluje rychlost práce. Právě proto je možné na této lince smontovat více kusů. Ale kvůli této skutečnosti dosahuje průměrná síla na této lince vyšších hodnot. Obě linky však s rezervou splňují hygienické limity. Po aplikaci představených úprav by mohla úroveň zátěže ještě klesnou. Tím by se zajistily pro pracovníky ještě lepší podmínky.

Malosériová výroba

Při hodnocení IEMG vyplývá, že pracovník pracuje více pravou rukou, protože se zde vyskytuje větší procento využití. Nevýhodou tohoto měření je, že není rozděleno na stanoviště, takže není možné určit, jak se v hodnocení od sebe liší. Až z video záznamu lze vidět, že u druhé stanice dochází k většímu lokálnímu zatížení horních končetin kvůli jemnější práci rukou. Proto by pro měření bylo vhodnější, aby pracovník pracoval pouze s jedním výrobkem, celý ho dokončil a přesunul se na další kus. Docílí se tím opakování křivky a může se zjistit významný bod, který by jinak zůstal skryt. Tento způsob práce je výhodný i při běžném výkonu, protože se střídají pohyby a pracovník nezatěžuje jednu svalovou skupinu pořád dokola. Z výsledné tabulky se zřejmé, že není potřeba pracoviště nijak upravovat, protože nepřesáhlo žádnou z limitních hodnot.

Metoda RULA nám naopak říká, že by bylo vhodné změny zavést. Tato metoda je citlivější na provedení pohybů než na jejich četnost. Nejhuře ohodnocené pozice touto metodou převažují na první stanici, kde se pracovník více natahuje a zvedá výrobky z palety. Při dalších operacích nedosahuje hodnocení tak vysokých hodnot. Je to z důvodu vhodnějších dosahových vzdáleností.

Velkosériová výroba

U této linky zatěžuje pracovník dvakrát více levou ruku, přestože provádí více pohybů pravou rukou. Může to být způsobeno větším namáháním nebo nedostatečným vycvičením této končetiny. Celkově se zatížení pohybuje na vyšší úrovni než v případě malosériové linky. Je to způsobeno vyšším počtem výrobků za směnu. Přesto i v tomto případě nám metoda ukazuje, že na pracovišti není potřeba žádných změn.

Naopak metoda RULA poukazuje na nevhodnou pozici při vybírání pístů z mřížek. Pracovník se musí naklánět záda a zvedat nohy. Když vezmeme v potaz, že pracovník vykonává tuto polohu několikrát do minuty, jedná se o polohu nevhodnou pro celé tělo. Je tedy vhodné zavést opatření pro tuto činnost.

8.5 Ekonomické zhodnocení

Výpočet úspory na pracovníka

Při vykonávání jednostranné činnosti podporuje vznik nemoci z povolání způsobené fyzickými faktory. Všechny tyto nemoci jsou uvedeny v nařízení vlády 290/1995 Sb. Jestliže zaměstnanec

pracoval u zaměstnavatele za podmínek, za nichž daná nemoc z povolání vzniká, je zaměstnavatel povinen nahradit zaměstnanci škodu. Odškodňování nemocí z povolání upravuje zákoník práce.

Při tomto charakteru práce by mohl zaměstnanec utrpět tyto nemoci z povolání:

- a) *„Nemoci šlach, šlachových pochev, tíhových váčků nebo úponů svalů nebo kloubů končetin z dlouhodobého nadměrného jednostranného přetěžování. Objektivními vyšetřovacími metodami potvrzené vleklé formy nemoci vedoucí k výraznému omezení pracovní schopnosti.“* [31]
- b) *Nemoci periferních nervů končetin charakteru úžinového syndromu z dlouhodobého nadměrného jednostranného přetěžování s klinickými příznaky a s patologickým nálezem v EMG vyšetření, odpovídajícími nejméně středně těžké poruše.* [31]

V případě uznání nemoci z povolání má zaměstnanec nárok na:

1. Náhradu za ztrátu na výdělkem po dobu pracovní neschopnosti

Jedná se o rozdíl mezi průměrným výdělkem před vznikem nemoci z povolání a výší nemocenské.

2. Náhradu za ztrátu na výdělkem po skončení pracovní neschopnosti

Zaměstnavatel musí vyplácet náhradu při uznání invalidity ve výši rozdílu mezi průměrným výdělkem před vznikem škody a výdělkem dosahovaným po zjištění nemoci z povolání s připočtením případného invalidního důchodu pobíraného z téhož důvodu. Náhrada přísluší zaměstnanci nejdéle do konce kalendářního měsíce, v němž dovršil věk 65 let nebo do data přiznání starobního důchodu.

3. Náhradu za bolest a ztížení společenského uplatnění

V tomto případě může zaměstnanec dostat jednorázovou částku, která je určena podle právního předpisu.

4. Náhradu účelně vynaložených nákladů na léčení

Zde musí zaměstnavatel proplatit náklady spojené s léčením přísluší tomu, kdo tyto náklady vynaložil. Mohou to být například léky nebo pomůcky. [31]

Náklady na nemoc z povolání

Závažnější formy těchto onemocnění mají většinou dlouhodobější charakter. Jestliže vezmeme příklad poškození šlach na pravém zápěstí a následnou operaci, je zde možná dlouhodobá rekonvalescence. Dále může pracovník za tuto dobu požadovat náhradu za bolest a léčiva. Jestliže vezmeme půl roku pracovní neschopnosti a průměrného hrubého výdělku 30 000 Kč, poté by zaměstnanec měl nárok na nemocenskou 112 900 Kč za celou dobu neschopnosti. Zaměstnanci by tedy vznikl nárok na rozdíl, což odpovídá 35 720 Kč.

Kdyby zároveň zaměstnanci byla uznána náhrada za bolest a ztížení společenského uplatnění, přibyl by mu nárok na 150 bodů za poškození šlach na horní končetině a 450 bodů za omezení pohyblivosti zápěstí.

Tab 10) Náklady pro zaměstnavatele

Druh náhrady	Cena pro zaměstnavatele [Kč]
Náhrada mzdy	35 720
Náhrada za bolest	37 500
Náhrada za ztížení společenského uplatnění	112 500
Náhrada za léčiva	1 140
Celkem výdaje	186 860

Celkové náklady za problémy s nemocí povolání budou činit 186 860 Kč. Tyto náklady uhradí za firmu pojišťovna, protože každý podnik musí sjednané povinné pojištění.

Náklady na přestavbu pracoviště

Při přestavbě pracoviště je také důležité zjistit výši nákladů. Jestliže se tato investice firmě nevyplatí, bude je obtížné prosadit. Náklady jsou rozděleny ve dvou tabulkách podle linek. Do nákladů nejsou započítány náklady za prostoj výroby. Jelikož úpravy mohou být provedeny až to bude možné, doporučuji je vykonat v případě např. odstávky výroby nebo celozávodní dovolené.

Malosériová linka

U této linky by bylo potřeba pořídit vybavení, které pomůže se snížením nejen lokální zátěže, ale celkové zátěže na pracovníka. Před pořízením těchto objektů je vhodné podívat např. na sklad firmy.

Tab 11) Náklady na přestavbu linky 1

Úprava	Cena [Kč]
Zvedák na bedny	73 810
Bedýnky na materiál	66
Bezpečnostní guma	2 657
Celkem	76 533

Velkosériová linka

U této linky firma ušetří za zvedák, jelikož manipulace probíhá pomocí dopravníků. Pracoviště je také vybaveno bezpečnostní gumou, proto ji není potřeba pořizovat. Jedinou investicí by bylo pořídit bedýnky jako v případě první linky.

Tab 12) Náklady na přestavbu linky 2

Úprava	Cena [Kč]
Bedýnky na materiál	66

9 ZÁVĚR

V diplomové práci jsem se zabývala problematikou měření lokální svalové zátěže ve strojírenské praxi. V první části byl představen vztah ergonomie k ostatním vědám, které se zabývají vztahem mezi člověkem a prací. Ergonomie je má za cíl sjednotit a postavit na stejnou úroveň při řešení pracovních systémů. Jelikož neodmyslitelnou částí této je legislativa, byly zde analyzovány nejvýznamnější zákony, směrnice a normy. Základním pilířem je Rámcová směrnice o bezpečnosti a ochraně zdraví. V ČR je důležitý zákoník práce, který zajišťuje podmínky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci. Jelikož je důležité zátěž řádně identifikovat, byly představeny nejznámější metody na hodnocení svalové zátěže. Také bylo poukázáno na nové metody, které se u nás zatím nepoužívají, ale v jiných státech jsou již běžně dostupné. Jsou to metody levné, rychlé a snadné. Nejnovější způsoby provádění analýzy a hodnocení rizika jsou ergonomické softwary. Jejich vznik zapříčinila digitalizace, která se ani ergonomii nevyhýbá.

V praktické části byla představena firma, která se ergonomií aktivně zabývá. V této firmě bylo provedeno měření lokální svalové zátěže na dvou podobných pracovních linkách. V prvním případě se jednalo o nárazovou výrobu repasovaných výrobků. Naopak u druhé linky probíhá výroba kontinuálně. Tyto linky byly hodnoceny dvěma způsoby. Jednou z nich byla integrovaná elektromyografie, která se považuje za nejpřesnější metodu na hodnocení lokální zátěže. Pro srovnání byla aplikována metoda RULA, která byla použita ručně i pomocí ergonomického softwaru.

Z logiky věci vyplývá, že by u sériové linky mělo docházelo k většímu zatížení. V tomto případě tomu tak úplně nebylo. Skutečně u IEMG jsme mohli vidět větší zátěž. Nejednalo se o větší silovou zátěž, ale o více pohybů kvůli většímu počtu výrobků. Stále však výsledky byly v limitu a pracoviště nebylo nutno předělávat. Přesto, že lokální svalová zátěž byla v pořádku, vyhodnocení druhou metodou nám ukázalo jisté nedostatky. Tato metoda totiž nehodnotí pouze zatížení horních končetin, ale celého těla. Postavení pracovníka nebylo vhodné, proto jsme se dostali do středního rizika a situaci bylo nutné řešit. Z tohoto důvodu je vhodné metody hodnocení vhodně kombinovat, abychom dostali co nejvíce informací o daném pracovišti. V další části práce byly představeny teoretické technické i organizační opatření.

Zájem o metodiky hodnocení vstříc výrobními společnostmi neustále stoupá. Realizace není ovšem příliš snadná z důvodu časové, odborné a finanční náročnosti. Právě kladení důrazu na finanční priority může bránit ve výběru metod hodnocení a realizaci vhodných opatření. Lokální svalovou zátěž je možno ve firmách hodnotit nejen pomocí drahých přístrojů, ale je možnost využít i levnějších variant.

10 SEZNAM POUŽITÝCH ZDROJŮ

- [1] MALÝ, Stanislav, Miroslav KRÁL a Eva HANÁKOVÁ. ABC ergonomie, Praha: Professional Publishing, 2010. IBNS 978-80-7431-027-0.
- [2] CHUNDELA, Lubor. Ergonomie. 3. vyd. V Praze: České vysoké učení technické, 2013. 173 s. ISBN 978-80-01-05173-3.
- [3] FIŠEROVÁ, Světa. Metody ergonomických hodnocení pro použití v technické praxi: autoreferát disertační práce. 1. vyd. Ostrava: Vysoká škola báňská – Technická univerzita Ostrava, 2010. 41 l. ISBN 978-80-248-2275-4
- [4] HLÁVKOVÁ, Jana; VALEČKOVÁ, Alena. Ergonomické checklisty a nové metody práce při hodnocení ergonomických rizik: metodický materiál Národního referenčního pracoviště pro fyziologii a psychofyziologii práce. Praha: Státní zdravotní ústav, 2007. 88 s. ISBN 978-80-7071-289-4
- [5] GILBERTOVÁ, Sylva; MATOUŠEK, Oldřich. Ergonomie: optimalizace lidské činnosti. Praha: Grada Publishing, 2002. 239 s. ISBN 80-86022-45-5
- [7] Handbook of human factors and ergonomics 4th ed. Hoboken, NJ: Wiley, 2012
- [8] KRÁL, Miroslav. Pět kroků chronologického postupu ergonomického zkoumání a hodnocení v rámci pracovního systému. Vyd. 1. Praha: Výzkumný ústav bezpečnosti práce, 2001. 27 s. Bezpečný podnik. ISBN 80-238-8874-9
- [9] KRÁL, Miloslav. Ergonomie v pojetí legislativy a technické normalizace. Vyd. 1. Rožnov pod Radhoštěm: pro IVBP vydal RoVS – Rožnovský vzdělávací servis, 2002. 37 s. ISBN 80-238-9179-0
- [10] KHSHK [online]. Praha [cit. 2022-01-20]. Dostupné z: http://www.khshk.cz/e-learning/kurs5/kapitola_12___ergonomie.html
- [11] Nařízení vlády č. 361/2007 Sb., kterým se stanoví podmínky ochrany zdraví zaměstnanců
- [12] TILHON, Jiří. Patří ergonomie do problematiky BOZP? Bezpečnost a hygiena práce, 2017, roč. 67, č. 9, s. 27-31. Dostupné z: <https://zsbozp.vubp.cz/pracovni-prostredi/ergonomie/505-patri-ergonomie-do-problematiky-bozp>
- [13] BUREŠ, Marek a Kateřina SEKULOVÁ. Ergonomická rizika opakované výroby [online]. [cit. 2022-02-03]. Dostupné z: <https://www.cad.cz/component/content/article/6006.html>
- [14] KÁBA, Ing. Martin. Vliv pracovní polohy na lokální svalové zatížení předloktí u stárnoucí populace v průmyslové výrobě. Plzeň, 2020. Disertační práce. Dostupné z: https://dspace5.zcu.cz/bitstream/11025/42507/1/FST_KPV_DP_Kaba_28082020.pdf
- [15] Technor [online]. Hradec Králové, 2020 [cit. 2022-04-03] <https://www.technicke-normy-csn.cz/technicke-normy-csn/83-ochrana-zivotniho-prostredi-pracovni-a-osobni-ochrana-bezpecnost-strojnich-zarizeni-a-ergonomie/8335-ergonomie/>
- [16] BOZPinfo [online]. Praha, 2013 [cit. 2022-04-15], <https://www.bozpinfo.cz/smernice-v-eu-k-bozp-hygien-prace>

- [17] A.Hedge a kol.:Hand book of human factors and ergonomics methods, CRC PRESS LLC, 2005
- [18] BRANDL, Christopher. Ergonomic analysis of working postures using OWAS in semi-trailer assembly, applying an individual sampling strategy. International Journal of Occupational Safety and Ergonomics [online]. 2016, 110-117 [cit. 2021-10-07]. [https://www-tandfonline-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/doi/full/10.1080/10803548.2016.1191224](https://www.tandfonline-com.ezproxy.lib.vutbr.cz/doi/full/10.1080/10803548.2016.1191224)
- [19] BUREŠ, Marek, Využití digitálních nástrojů ergonomie pro praxi. Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti [online], 2011, roč. 4, č. 1. Dostupný z: <http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-01-2011/digitalni-nastroje-ergonomie.html>.
- [20] GÖRNER, Tomáš, Možnosti ergonomických analýz pracovních poloh s využitím reálného pohybu člověka v digitálním prostředí. Časopis výzkumu a aplikací v profesionální bezpečnosti [online], 2012, roč. 5, č. 3-4. Dostupný z WWW: <<http://www.bozpinfo.cz/josra/josra-03-04-2012/ergonomie-cloveka-v-digitalnim.html>>. ISSN 1803-3687.
- [21] Interní informace společnosti Bosch Diesel
- [22] McAtamney, L. a Corlett, E.N. RULA [online]. [cit. 2022-04-04]. Dostupné z: <https://www.rula.co.uk/media/RULASheet.pdf>
- [23] Rámcová směrnice o bezpečnosti a ochraně zdraví. Evropská agentura pro bezpečnost a ochranu zdraví při práci [online]. [cit. 2021-11-10]. Dostupné z: <https://osha.europa.eu/cs/legislation/directives/the-osh-framework-directive/the-osh-framework-directive-introduction>
- [24] Zákon č. 262/2006 Sb. ze dne 21. dubna 2006 zákoník práce. In: Sbíрка zákonů České republiky. Praha, 2006, částka 84, číslo 262. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-262>
- [25] Zákon č. 258/2000 Sb., ze dne 14. července 2000 o ochraně veřejného zdraví a o změně některých souvisejících zákonů. In: *Sbíрка zákonů České republiky*. Praha, 2000, částka 74, číslo 258. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2000-258>
- [26] Zákon č. 309/2006 Sb. ze dne 23. května 2006, kterým se upravují další požadavky bezpečnosti a ochrany zdraví při práci v pracovněprávních vztazích a o zajištění bezpečnosti a ochrany zdraví při činnosti nebo poskytování služeb mimo pracovněprávní vztahy. Praha, 2006, částka 96, číslo 309. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2006-309>
- [27] ČSN EN 894-1 až 4 - *Bezpečnost strojních zařízení. Ergonomické požadavky pro navrhování sdělovačů a ovládačů* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009
- [28] Nařízení vlády č. 176/2008 Sb. ze dne 21. dubna 2008., kterým se stanoví požadavky na strojní zařízení. In: *Sbíрка zákonů České republiky*. Praha, 2008, částka 56, číslo 176. Dostupné také z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2008-176#p1>
- [29] Vyhláška č. 432/2003 Sb. ze dne 15.12.2003, kterou se stanoví podmínky pro zařazování prací do kategorií, Praha, 2003, číslo 432. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/2003-432>
- [30] ČSN EN 1005-1 + A1 až 5 + A1 *Bezpečnost strojních zařízení – Fyzická výkonnost člověka* Praha: Úřad pro technickou normalizaci, metrologii a státní zkušebnictví, 2009

[31] Nařízení vlády č. 290/1995 Sb. ze dne 15. prosince 1995, kterým se stanoví seznam nemocí z povolání, Praha, 1995, číslo 290. Dostupné z: <https://www.zakonyprolidi.cz/cs/1995-290>

11 SEZNAM ZKRATEK, SYMBOLŮ, OBRÁZKŮ A TABULEK

Seznam zkratk

Zkratka	Význam
ČR	Česká republika
EU	Evropská unie
IEA	International Ergonomics Association
ČSN	Česká technická norma
EN	Evropská norma
ISO	International Organization for Standardization
FF	Předpokládaná četnost pracovního úkonu za minutu
FCT	Předpokládané trvání doby cyklu v sekundách
NTC	Počet pracovních úkonů v pracovním cyklu potřebných k provedení úkolu
OCRA	Occupational Repetitive Action
CF	Konstantní četnost pracovních úkonů za minutu
PO _M	Násobitel polohy
RE _M	Násobitel opakovatelnosti
AD _M	Dodatečný násobitel
FO _M	Násobitel síly
RC _M	Násobitel pro rozkový faktor „nedostatek doby zotavení“
DU _M	Násobitel pro celkové trvání opakovaného úkolu ve směně
IEMG	Integrovaná elektromyografie
RULA	Rapid Upper Limb Assessment
REBA	Rapid Entire Body Assessment
OWAS	Ovako Working posture Analysis System
% F _{max}	Procento vynakládané síly z maximální svalové síly
PHK	Pravá horní končetina
LHK	Levá horní končetina

11.1 Seznam tabulek

TAB 1) HODNOCENÍ METODOU OCRA	35
TAB 2) HODNOCENÍ METODOU RULA.....	43
TAB 3) PRŮMĚRNÁ SÍLA ZA CELOU PRACOVNÍ SMĚNU	49

TAB 4)	POČTY SIL V ROZMEZÍCH % FMAX.....	49
TAB 5)	CELKOVÉ HODNOCENÍ ANALÝZY	51
TAB 6)	PRŮMĚRNÁ SÍLA ZA CELOU PRACOVNÍ SMĚNU.....	62
TAB 7)	CELKOVÉ HODNOCENÍ ANALÝZY	64
TAB 8)	HODNOCENÍ METODY RULA	71
TAB 9)	HODNOCENÍ METODY RULA	72
TAB 10)	NÁKLADY PRO ZAMĚSTNAVATELE	79
TAB 11)	NÁKLADY NA PŘESTAVBU LINKY 1.....	79
TAB 12)	NÁKLADY NA PŘESTAVBU LINKY 2.....	79

11.2 Seznam obrázků

OBR. 1)	PROPOJENÍ OBORŮ.....	27
OBR. 2)	ANALÝZA PŘÍČIN A NÁSLEDKŮ	29
OBR. 3)	SCHÉMA HODNOCENÍ METODY RULA	43
OBR. 4)	ČERPADLO CP3 A ČÁST ČERPADLA – TĚLESO.....	44
OBR. 5)	PROCES VYBÍRÁNÍ PÍSTŮ	45
OBR. 6)	PROCES MONTÁŽE	45
OBR. 7)	LAYOUT PRACOVIŠTĚ.....	47
OBR. 8)	PRACOVNÍ LINKA	48
OBR. 9)	GRAF ZÁVISLOSTI POČTU POHYBŮ NA %F _{MAX} LHK.....	50
OBR. 10)	GRAF ZÁVISLOSTI POČTU POHYBŮ NA %F _{MAX} PHK.....	50
OBR. 11)	ZVEDNUTÍ TĚLA ČERPADLA	52
OBR. 12)	ZVEDNUTÍ TĚLA ČERPADLA – MODELOVÁNÍ	52
OBR. 13)	OČIŠTĚNÍ OTVORU	53
OBR. 14)	OČIŠTĚNÍ OTVORU – MODELOVÁNÍ.....	53
OBR. 15)	UCHOPENÍ PÍSTU.....	54
OBR. 16)	UCHOPENÍ PÍSTU – MODELOVÁNÍ	54
OBR. 17)	UCHOPENÍ MATERIÁLU	55
OBR. 18)	UCHOPENÍ MATERIÁLU – MODELOVÁNÍ	55
OBR. 19)	VKLÁDÁNÍ PÍSTU A PRUŽINY	56
OBR. 20)	VKLÁDÁNÍ PÍSTU A PRUŽINY – MODELOVÁNÍ	56
OBR. 21)	UPÍNÁNÍ TĚLESA.....	57
OBR. 22)	UPÍNÁNÍ TĚLESA – MODELOVÁNÍ	57
OBR. 23)	PRVNÍ ČÁST PRACOVNÍ LINKY	61
OBR. 24)	DRUHÁ ČÁST PRACOVNÍ LINKY.....	61

OBR. 25) TŘETÍ ČÁST PRACOVNÍ LINKY	62
OBR. 26) GRAF ZÁVISLOSTI NA POČTU POHYBŮ NA %F _{MAX} LHK	63
OBR. 27) GRAF ZÁVISLOSTI NA POČTU POHYBŮ NA %F _{MAX} PHK.....	63
OBR. 28) OČIŠTĚNÍ OTVORŮ	65
OBR. 29) OČIŠTĚNÍ OTVORŮ – MODELOVÁNÍ	65
OBR. 30) UCHOPENÍ PÍSTŮ	66
OBR. 31) UCHOPENÍ PÍSTŮ – MODELOVÁNÍ.....	66
OBR. 32) PŘESUNUTÍ PÍSTŮ	67
OBR. 33) PŘESUNUTÍ PÍSTŮ – MODELOVÁNÍ	67
OBR. 34) OTOČENÍ TĚLA	68
OBR. 35) OTOČENÍ TĚLA – MODELOVÁNÍ	68
OBR. 36) UCHOPENÍ KOMPONENTU	69
OBR. 37) UCHOPENÍ KOMPONENTU – MODELOVÁNÍ.....	69
OBR. 38) ODEBRÁNÍ HŘÍDELE	70
OBR. 39) ODEBRÁNÍ HŘÍDELE – MODELOVÁNÍ	70
OBR. 40) VYHODNOCENÍ METODY RULA.....	71
OBR. 41) VYHODNOCENÍ METODY RULA.....	72
OBR. 42) NÁVRH PRACOVIŠTĚ 1	74
OBR. 43) NÁVRH PRACOVIŠTĚ 2 – DRUHÁ ČÁST.....	75