



CHALMERS

Ergonomisk och rationell montering av ramlageröverfall

- Ergonomiförbättringar på Volvo GTO i Skövde

Examensarbete inom högskoleingenjörsprogrammet maskinteknik

Simon Karlsson

Matilda Niiranen

Institutionen för Industri- och materialvetenskap

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2023

www.chalmers.se

EXAMENSARBETE 2023: IMSX20

Ergonomisk och rationell montering av ramlageröverfall

Examensarbete inom Maskinteknik

Simon Karlsson

Matilda Niiranen



CHALMERS

Institutionen för industri- och materialvetenskap

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2023

Ergonomisk och rationell montering av ramlageröverfall

@ SIMON KARLSSON, 2023

@ MATILDA NIIRANEN, 2023

Handledare: Cecilia Berlin, docent i produktionsergonomi vid Institutionen för Industri- och materialvetenskap, Chalmers Tekniska Högskola

Handledare: Mathias Hjärtqvist, produktionsingenjör Volvo GTO

Examinator: Cecilia Berlin, docent i produktionsergonomi vid Institutionen för Industri- och materialvetenskap, Chalmers Tekniska Högskola

Institutionen för industri- och materialvetenskap

Chalmers Tekniska högskola

SE-412 96 Göteborg, Sverige

Telefon +46(0) 31-772 1000

Förord

Följande rapport är resultatet av vårt examensarbete Ergonomisk och rationell montering av ramlageröverfall. Examensarbetet har genomförts av studenterna Simon Karlsson och Matilda Niiranen som avslutning på sin utbildning Högskoleingenjör inom Maskinteknik på Chalmers Tekniska Högskola.

Vi vill först och främst rikta ett stort tack till Volvo Group Truck Operations i Skövde och framför allt till Mathias Hjärtqvist. Volvo och Mathias har gett oss möjligheten att få genomföra examensarbetet i en verklig situation och gav oss ett aktuellt problem att lösa. Tack till Mathias för att han har varit behjälplig under hela arbetets gång och möjliggjort arbetet. Vi vill även rikta ett tack till de operatörer som har ställt upp på intervjuer och varit engagerade i detta arbete.

Stort tack även till Cecilia Berlin, som har varit handledare samt examinator för arbetet på Chalmers. Hon har väglett oss, delat med sig av sin expertis och sett till att vi kunnat ro arbetet i hamn.

Göteborg, 29 juni, 2023

Simon Karlsson, Matilda Niiranen

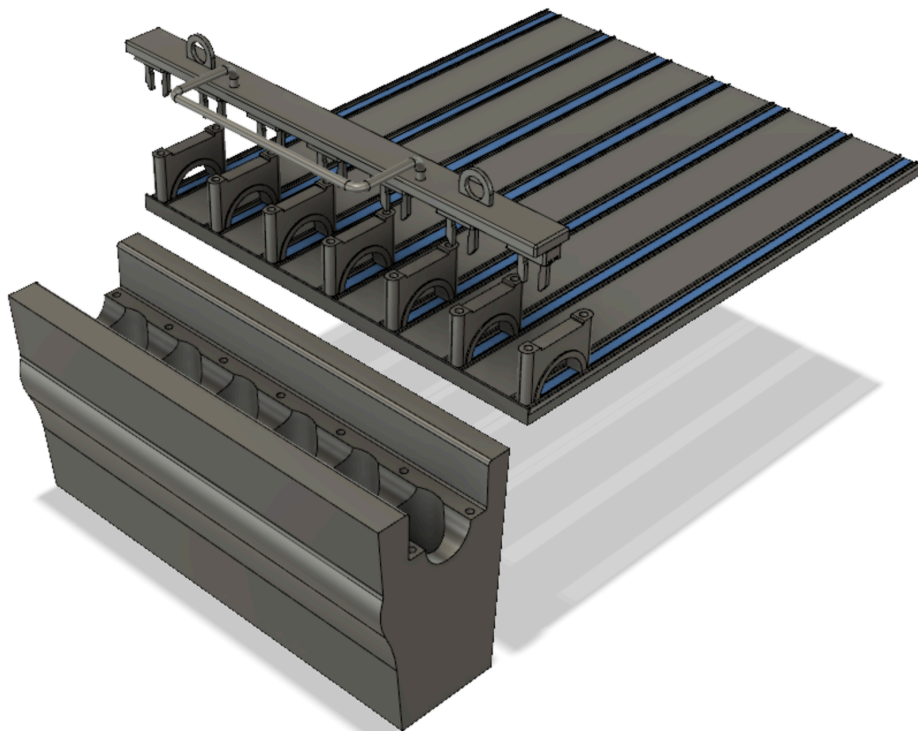
Sammanfattning

På uppdrag från och i samarbete med Volvo Group Trucks Operations i Skövde har vi genomfört detta arbete med syftet att förbättra den fysiska ergonomin på en arbetsstation ute i produktionen. Fysisk ergonomi innefattar bland annat hur belastningar i arbetet påverkar kroppen och är en viktig faktor att ta i beaktning vid förbättringsarbeten för att minska risken för förslitningsskador. Volvo har uppmärksammat att denna specifika arbetsstation är i behov av en ergonomisk förbättring.

Arbetet har utgått från följande huvudfrågeställning:

- På vilka olika sätt är det möjligt att förbättra den fysiska ergonomin på arbetsstationen?

För att finna lämpliga lösningar har en nulägesanalys genomförts där det framkom att arbetsstationen är i behov av en ergonomisk förbättring. Utifrån denna analys tillsammans med krav och önskemål från Volvo togs en kravspecifikation fram. Denna kravspecifikation togs i beaktning vid framtagning av koncept och sedan utvärdering av dessa. De koncept som togs fram delades in i olika konceptgrupper där två grupper stod kvar efter eliminering och utvärdering. Dessa två konceptgrupper innefattar en form av lyftverktyg och ett förlängt mellanlager. Efter utvärderingen utsågs ett elektriskt lyftverktyg tillsammans med ett magnetiskt lyftverktyg för materialhantering som den mest lämpade lösningen till detta ergonomiska problem och visas i figur 1.



Figur 1: Slutgiltig lösning, (Författarnas egen bild)

Sökord: ergonomi, fysisk ergonomi, förbättringsarbete, manuellt arbete, lyftverktyg

Abstract

The following report is the result of our work that has been carried out on behalf of and in collaboration with Volvo Group Trucks Operations in Skövde, Sweden. The thesis work aims to improve the physical ergonomics of a workstation in their production line. Physical ergonomics involves, for instance, how loads in work affect the body and is an important factor to take into consideration during improvement work to minimize the risk of work-related injuries. Volvo has noticed that this specific workstation needs an ergonomic improvement.

The work is based on the following question:

- In which different ways is it possible to improve the physical ergonomics of the workstation?

To find suitable solutions, a current state situation analysis has been carried out. The current situation analysis made it clear that the workstation required an ergonomic improvement. Later on, a requirements specification was made, based on the current state analysis together with the requirements and wishes of Volvo. This requirements specification was taken into consideration during the development of concepts and later on in the evaluation of the concepts. The concepts that were developed were divided into concept groups, where two of the groups were left after the evaluation and elimination. These two concept groups include a form of lifting tool and extended intermediate storage. After evaluating the concepts, an electric lifting tool for the assembly of the main bearing caps and a magnetic lifting tool for the material handling were chosen as the most suited solution to this ergonomic issue.

Keywords: ergonomics, physical ergonomics, improvement work, manual labor, lifting tool

Innehållsförteckning

1	INLEDNING	1
1.1	BAKGRUND	1
1.2	SYFTE OCH MÅL	2
1.3	AVGRÄNSNINGAR	2
1.4	PRECISERING AV FRÅGESTÄLLNINGEN	2
2	TEORETISK REFERENS RAM	4
2.1	ERGONOMI, VAD OCH VARFÖR?	4
2.2	FYSISK OCH KOGNITIV ERGONOMI	5
2.3	FYSISK BELASTNING	5
2.4	ANTROPOMETRI	6
2.5	DELTAGANDE ERGONOMI	6
3	METODOLOGI & GENOMFÖRANDE	8
3.1	INFORMATIONSSAMLING	9
3.1.1	<i>Intervjuer</i>	9
3.1.2	<i>Observationer</i>	10
3.2	ANALYS-METODER OCH VERKTYG	10
3.2.1	<i>Key Indicator Method (KIM)</i>	11
3.2.2	<i>RULA (Rapid Upper Limb Assessment)</i>	11
3.2.3	<i>Jack</i>	12
3.3	KRAVSPECIFIKATION	12
3.4	KONCEPTGENERERING AV FÖRBÄTTRINGSFÖRSLAG	13
3.4.1	<i>Fri idégenerering</i>	13
3.5	ELIMINERING/PRIORITERING AV KONCEPT	13
4	NULÄGESANALYS	15
4.1	ARBETSSTATIONEN	15
4.2	ARBETSPOPULATIONEN	18
4.3	PROBLEMBESKRIVNING VOLVO	18
4.4	ERGONOMISKA PROBLEM FUNNA	18
4.4.1	<i>Resultat från intervjuer</i>	20
4.4.2	<i>Resultat från analysverktyg</i>	21
4.5	KRAVSPECIFIKATION	22
5	KONCEPT/FÖRBÄTTRINGSFÖRSLAG	24
5.1	LÖSNINGSFRAMTAGNINGSPROCESSEN	24
5.2	KONCEPTGRUPP 1	25
5.2.1	<i>Lyftverktyg endast till arbetsstationens framsida</i>	26
5.2.2	<i>Lyftverktyg arbetsstationens baksida</i>	29
5.2.3	<i>Lyftverktyg fram- och baksida</i>	31
5.3	KONCEPTGRUPP 2	31
5.3.1	<i>Elektriskt styrt</i>	33
5.3.2	<i>Hävarm</i>	34
5.3.3	<i>Pneumatiska/elektriska cylindrar</i>	34
5.4	KONCEPTGRUPP 3	36
5.4.1	<i>Olika typer av exoskelett</i>	36
5.5	KITTVAGN	37
6	UTVÄRDERING/ELIMINERING AV KONCEPT	39
6.1	ELIMINERINGSMATRIS	39
6.2	KIM-ANALYS	40
6.3	PUGHMATRIS	41
		43
6.4	UTVÄRDERING AV TYP AV GRIPDON	43
6.5	PRIORITERINGSLISTA	44

6.6	VIDAREUTVECKLING AV VINNANDE FÖRBÄTTRINGSFÖRSLAG.....	44
7	DISKUSSION.....	47
8	SLUTRESULTAT/REKOMMENDATIONER	49
8.1	BESKRIVNING AV SLUTGILTIGT KONCEPT.....	49
8.2	FÖRBÄTTRINGAR, HUR MYCKET BÄTTRE?.....	51
8.3	IMPLEMENTERING.....	52
8.4	KOSTNADER.....	53
8.5	SLUTSATS	53
	REFERENSER.....	55
	BILAGOR.....	57

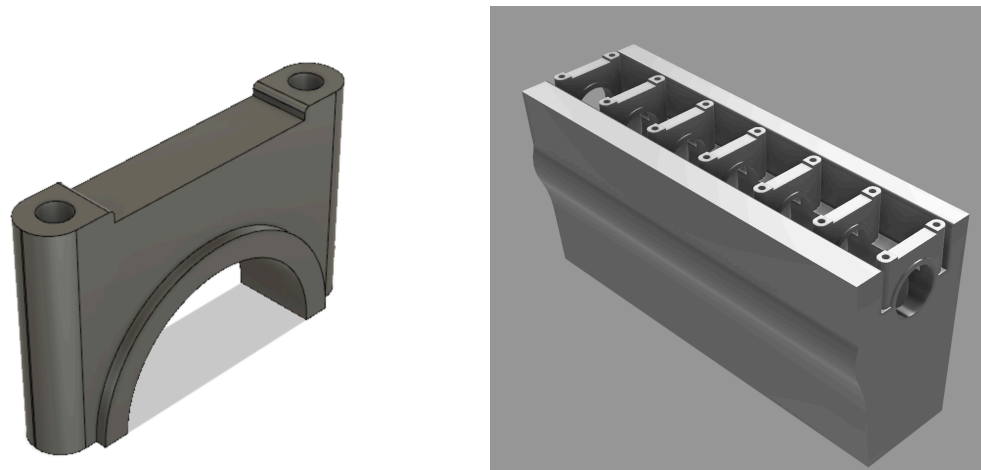
1 Inledning

Examensarbetet har genomförts tillsammans med och på uppdrag av Volvo Group Truck Operations på deras fabrik i Skövde och handlar om ett förbättringsarbete på en specifik arbetsstation för att förbättra den fysiska ergonomin. Arbetet kommer innefatta bland annat en nulägesanalys av den fysiska ergonomin på arbetsstationen, lösningsgenerering, utvärdering av lösningsförslagen samt argumentation om vilken lösning som är bäst givet de förutsättningar som finns på företaget och arbetsstationen.

1.1 Bakgrund

På Volvos fabrik i Skövde sker hela tillverkningsprocessen av motorer och drivlinekomponenter till lastbilar, från gjutning av komponenter, bearbetning av dessa och till sist slutlig montering innan de levereras till kund. På Volvo arbetar de kontinuerligt med att analysera och förbättra sina manuella arbetsstationer. De har nu identifierat en specifik arbetsstation som de vill prioritera och förbättra med avseende på ergonomi, då den inte uppfyller vare sig deras krav eller förväntningar. Mindre förbättringar har tidigare gjorts löpande utifrån analyser men på grund av att arbetssätt, analysverktyg och standarder ständigt förändras, vill företaget nu ta hjälp av oss med att se över den nuvarande arbetssituationen med avsikt att skapa en rationell arbetssituation med bättre fysiskt ergonomiska förutsättningar än i dagsläget. Med rationell avses att lösningen ska försöka minimera onödigt arbete och förluster som inte tillför något till produkten och som inte är värdeskapande arbete, i form av exempelvis onödig transport av material eller onödig gång. Tanken är alltså att med hänsyn till Lean och dess 3M, (Muri, Mura och Muda) minimera Muda, det som också kallas för "waste" (Wikipedia, 2023).

Arbetsstationen innefattar både manuella och automatiska operationer, där en operatör monterar ramlageröverfall samt skruv i cylinderblocket som sedan momentdras av ett automatiskt verktyg. Ett ramlageröverfall är en komponent i ett cylinderblock som är till för att hålla ramlager och vevaxeln på plats i cylinderblocket. Figur 2 visar en schematisk CAD-



Figur 2: CAD-modell av ramlageröverfall samt position efter montering, (Författarnas egen bild)

modell av ett ramlageröverfall och hur de sitter i cylinderblocket när de har monterats. Arbetsstationen innefattar även viss materialhantering, exempelvis hämtning av pallar med ramlageröverfall samt påfyllnad av dessa i mellanlagret. I dagsläget behöver operatörerna sträcka sig över cylinderblocket och lyfta ner ramlageröverfallen till deras position i cylinderblocket. Alla figurer på komponenter eller arbetsstationen som visas i rapporten är endast schematiska modeller av verkligheten och vissa skillnader kan finnas. Detta är på grund av sekretess och att företaget inte vill offentliggöra bilder på den faktiska arbetsstationen eller komponenter.

Arbetet på stationen ger upphov till stor belastning för axlar och armar och enligt företagets analys genomförs arbetet till viss del i en ogynnsam ergonomisk arbetsställning. Det som önskas av företaget är en lösning som minskar den ergonomiska belastningen och minskar risken för förslitningsskador, med fokus på den största ergonomirisken.

1.2 Syfte och Mål

Syftet med examensarbetet är att med fokus på fysisk ergonomi genomföra en analys av dagens arbetsstation och utifrån denna analys komma med förbättringsförslag på stationslayout så att operatörerna får en mer ergonomisk och rationell arbetssituation. Arbetet ska genomföras under vårterminen 2023 med definitivt färdigställande senast 23 juni 2023, med alla dess ingående delar. Målet är att arbetet ska mynna ut i ett slutgiltigt förbättringsförslag som är bäst givet de förutsättningar som finns.

1.3 Avgränsningar

Arbetet kommer avgränsas till att i första hand fokusera på den del av stationen där operatören placerar överfallen i cylinderblocket. Det som inte har direkt med montering av överfall att göra, kommer att prioriteras i andra hand. Skulle arbetet mynna ut i att andra delar, exempelvis materialhanteringen påverkas kommer detta att beskrivas och motiveras då.

En annan avgränsning är att det endast är fysisk ergonomi som kommer att avses och utvärderas och inte kognitiv ergonomi. Detta då det ej var efterfrågat från Volvos sida och anses inte vara ett problem i dagsläget.

Arbetet är endast tänkt att leverera designkoncept i form av CAD-modeller, alltså inga fysiska prototyper.

Arbetsstationens takt tid och produktionsvolym antas förbli konstanta även efter projektet, där konceptlösningen inte kommer att ha någon påverkan på detta.

1.4 Precisering av frågeställningen

Arbetsstationen där operatörerna monterar ramlageröverfallen i cylinderblocket ska med hänsyn tagen till ergonomi och rationalitet analyseras. Baserat på denna analys ska flera olika förbättringsförslag arbetas fram och analyseras utifrån de aktuella förutsättningarna på

arbetsstationen. Vidare ska även investeringsnivå och kostnad för investeringen beaktas och jämföras mellan lösningsförslagen. Företaget söker i första hand så kallade ”low cost automation” lösningar, vilket syftar till att lösningar eller eventuella hjälpmedel ska vara relativt billiga att implementera.

Syftet med arbetet är även att redovisa tänkt skillnad i efterläge i jämförelse med nuläget samt argumentera varför det är en förbättring och vad Volvo eventuellt kan tjäna på det, framför allt genom att operatörerna får en bättre arbetsmiljö i vilken de löper mindre risk att drabbas av förslitningsskador. Arbetet är tänkt att leda till att företaget får förslag på förbättringar för att förbättra ergonomin samt en utvärdering av dessa och en diskussion om hur de hade kunnat implementeras.

Förbättringsförslaget ska levereras i form av ett eller flera designkoncept. Detta innebär att någon fysisk prototyp inte ska utvecklas eller tas fram. Konceptet ska levereras i form av CAD-modeller och eventuellt någon form av layoutförslag på hur det hade integrerats i dagens arbetsstation. Det som också ska levereras tillsammans med designkonceptet är en beskrivning på hur lösningen kan integreras i den befintliga arbetsstationen.

Arbetet kommer att utgå från de huvudfrågeställningar som listas här nedanför. Dessa frågeställningar kommer att besvaras och diskuteras i slutsatsen.

De leveranser som förväntas av arbetet listas även nedan.

Huvudfrågeställningar:

- På vilka olika sätt är det möjligt att förbättra ergonomin på arbetsstationen med hänsyn till den tillgängliga ytan?
- Vilka av dessa förbättringar är bäst med hänsyn tagen till fysisk ergonomi och ekonomisk påverkan för företaget?
- Hur kommer lösningsförslaget tas emot av operatörerna?

Huvudleveranser:

- Ta fram en nulägesanalys av dagens arbetssätt och arbetsplats.
- Ge förslag på förändringar för att förbättra ergonomin och argumentera för dessa utifrån aktuella förutsättningar.
- Beskrivning och utvärdering av lösningsförslag/en.
- Diskutera huruvida det är möjligt att genomföra förbättringarna.

2 Teoretisk referensram

Ergonomi är ett väldigt brett område, så för att ge en grundläggande förståelse för ämnet och dess ingående delar kommer följande kapitel försöka förklara och beskriva de ämnen och teorier som arbetet utgår från och bygger sina slutsatser på. Arbetet handlar främst om produktionsergonomi, alltså ergonomi som är relaterad till produktionssystem och produktion i stort, vilket innebär att den teoretiska referensramen till största del kommer att behandla produktionsergonomi och ämnen relaterade till det.

2.1 Ergonomi, vad och varför?

Arbetsgivarverket beskriver ergonomi som ”förhållandet mellan människan och den fysiska, psykiska och sociala arbetsmiljön” (Arbetsgivarverket, u.å.). Det innebär att ergonomi går att dela upp i tre olika delar. Arbetsgivarverket (u.å.) kallar dessa delar för fysisk ergonomi, kognitiv ergonomi och organisatorisk ergonomi. Ergonomi handlar alltså om samspelet mellan människan och dennes arbetsuppgifter samt miljön som omger dem. Ifall man arbetar med ergonomi och utvecklar och designar arbetsstationer samt arbetsuppgifter på rätt sätt går det att förbättra verksamhetens resultat markant. Det kan också leda till att arbetaren lider mindre risk att skada sig och kan därmed arbeta mer effektivt och under längre tid. Att arbetarna kan arbeta fler år är extra viktigt med tanke på att befolkningen blir äldre och äldre och att den största folkökningen finns att vänta hos de allra äldsta, enligt SCB (2018). Det innebär att allt fler äldre kommer behöva försörjas av färre unga, alltså behöver vi arbeta längre.

I boken Maynard's Industrial Engineering Handbook beskrivs syftet med ergonomi vara att ”anpassa arbetet för personen” (Zandin & Maynard, 2001). Det är en passande beskrivning som fångar det övergripande syftet med produktionsergonomi. En annan liknande beskrivning är att det främsta syftet med ergonomi är att ”förbättra arbetarnas prestationer och säkerhet genom studerandet och utvecklandet av generella principer som styr interaktionen mellan arbetaren och arbetsmiljön” (Zandin & Maynard, 2001). Med utgångspunkt i dessa två citat går det att påstå att arbetet ska anpassas och förändras för att passa personen och inte tvärt om, för att se till att arbetaren kan göra sitt arbete så effektivt som möjligt samtidigt som han eller hon inte ådrar sig några skador.

Enligt en rapport från Arbetsmiljöverket (Sjögren Lindquist & Wadensjö, 2010) så leder arbetsskador till stora kostnader för både individ och samhälle. Sjögren Lindquist och Wadensjö skriver att för företaget innebär arbetsskador dels ett produktionsbortfall på grund av att den skadade arbetaren i fråga under en längre eller kortare tidsperiod inte kan arbeta alls eller inte kan upprätthålla samma produktivitet som innan arbetsskadan, dels en direkt ekonomisk kostnad för eventuell arbetsrehabilitering och medicinsk behandling av den skadade arbetaren. För arbetaren själv kan en arbetsskada innebära ett fysiskt och psykiskt lidande samt att personen inte längre klarar av andra vardagliga sysslor som hushållsarbete och liknande. Rapporten tydliggör att arbetsskador är ett stort problem för samhället i stort och diskuterar flera olika tillvägagångssätt för att minska antalet arbetsskador och därmed även

skadan på samhället, till exempel genom att lagstadga för regler om skyddsutrustning och utformning av maskiner etc.

Ett annat sätt att minska antalet arbetsskador är att designa arbetsstationen med arbetarens ergonomi och egenskaper i åtanke. Genom att utforma och förbättra arbetsstationer och arbetsuppgifter så att de fysiskt och psykiskt påverkar arbetaren så lite som möjligt går det att minska antalet arbetsskador. Genom att minska antalet arbetsskador minskar även bördan för alla parter: individen, samhället och företaget.

2.2 Fysisk och kognitiv ergonomi

Det går att dela upp ergonomi i olika delar. Två av dessa delar är fysisk ergonomi och kognitiv ergonomi. Det är oftast den första delen, fysisk ergonomi som man kommer att tänka på när ergonomi diskuteras. Fysisk ergonomi är kopplad till den fysiska arbetsmiljön och handlar om hur belastningar i arbetet påverkar kroppens rörelseorgan, de delar av kroppen som gör att den kan inta olika kroppsställningar (Arbetsmiljöverket, 2022). Den fysiska arbetsmiljön kan sägas bestå av saker som arbetaren kan ta på, exempelvis stolar, bord men också arbetsstationer, lokaler och verktyg, vilka är mer relevanta i detta arbete. Fysisk ergonomi handlar med andra ord om samspelet mellan arbetaren och den fysiska miljön runt omkring denne och hur det går att designa och förbättra denna, för att minska risker för belastningsskador och dylikt.

Kognitiv ergonomi kommer inte att behandlas och är inte tänkt utvärderas i detta arbete men en introduktion ges oavsett. Kognitiv ergonomi är till skillnad från fysisk ergonomi relaterad till hur arbetaren uppfattar arbetsplatsen och tolkar den information som ges. Enligt Berlin och Adams (2017) kan en arbetsplats som är kognitivt väl designad minska effekten av utmattning hos arbetaren genom att minimera möjligheten att göra felaktiga eller farliga handlingar. Kognitiv ergonomi handlar alltså om hur det är möjligt att designa arbetsstationer så att den stödjer och underlättar för arbetarens sinnen, genom att exempelvis ge lättillgänglig information vid rätt tillfällen, se till att informationen är lätt att hitta och att engagera flera olika sinnen i arbetet.

2.3 Fysisk belastning

Fysisk belastning i sig är inte något farligt, människor utsätts för det hela tiden i varierande grad. Allt från att bära hem matkassarna till att lyfta otympliga och tunga artiklar på arbetet. För att förstå vad det är som gör fysisk belastning till en risk kan man säga att:

$$\textit{Fysisk belastning} = \textit{kroppsställning} \times \textit{kraft} \times \textit{tid}$$

Belastningen är alltså en kombination av dessa tre faktorer, där risken för skadlig belastning ökar med de tre faktorerna. Ibland är det inte praktiskt möjligt att påverka någon av faktorerna, vilket gör det extra viktigt att försöka minska de två andra. Måste t.ex. kroppsställningen vara i ytterläge, behöver kraften vara liten och tiden som aktiviteten utförs kort, om kraften är stor behöver kroppsställningen vara god och tiden kort. En bra

kroppsställning är en position där kroppen kan bruka stora krafter eller precisa rörelser och indikeras av god balans, symmetrisk distribution av påfrestningar på kroppsdelar och där skelettet belastas i stället för musklerna (Berlin och Adams, 2017). En dålig kroppsställning ger då upphov till större belastningar och indikeras av asymmetri, obalans mellan kraftupptagning av benen och stor muskulär belastning. Arbetet bör därför kunna utföras så nära som möjligt en neutral position.

2.4 Antropometri

Att tänka på vid design av arbetsstationer är att den ska passa många operatörer och i idealfallet alla olika sorters kroppar, oavsett hur de ser ut. Det ämne som är relaterat till detta kallas för antropometri. Antropometri är vetenskapen som rör kroppsmått. Det finns stora variationer i kroppsstorlek och kroppsmått mellan olika nationaliteter, kön och populationer. Detta försvårar arbetet med att designa arbetsstationer som ska passa alla, speciellt när man designar för en internationell miljö, enligt Berlin och Adams (2017). Att designa för en internationell miljö blir mer och mer relevant, med tanke på invandring och att populationer blir mer blandade mellan olika nationaliteter och därmed får större variationer i kroppsstorlekar. Den senaste tiden har även fler företag arbetat för att anställa fler kvinnor in i mansdominerade yrken, som industriarbetare. Detta ställer högre krav på designen av arbetsplatserna då kvinnor över lag har mindre kroppsmått än män.

Många antropometriska mått är normalfördelade, vilket innebär att 50% av populationen ligger över medelvärdet och de andra 50% ligger under, med en koncentration kring medelvärdet och färre som har högre och lägre värde än medelvärdet. Det går även att dela upp kurvan i mindre delar, så kallade percentiler. Ifall någon har en längd som 5e percentilen, innebär det att personen är längre än 5% av populationen, medan en person vars längd är i 95e percentilen är längre än 95% av populationen och endast 5% är längre. Med hjälp av normalfördelade mått och percentiler är det möjligt att veta hur stor del av befolkningen som kommer att kunna använda exempelvis en ny arbetsstation och hur stor del som kan komma att få problem. Det finns riktlinjer och tumregler som säger att utformningar bör ta i åtanke en kvinna i 5e percentilen och en man i 95e percentilen. Storlek och höjd bör designas utefter männens 95e percentil, och räckvidd bör designas utefter en kvinna i 5e percentilen (Berlin och Adams, 2017). Detta innebär dock att upp till 10% av befolkningen kan bli exkluderad när en sådan lösning väljs, vilket innebär att riktlinjen inte alltid bör följas utan det enskilda fallet får avgöra beroende på vilka förutsättningar som finns.

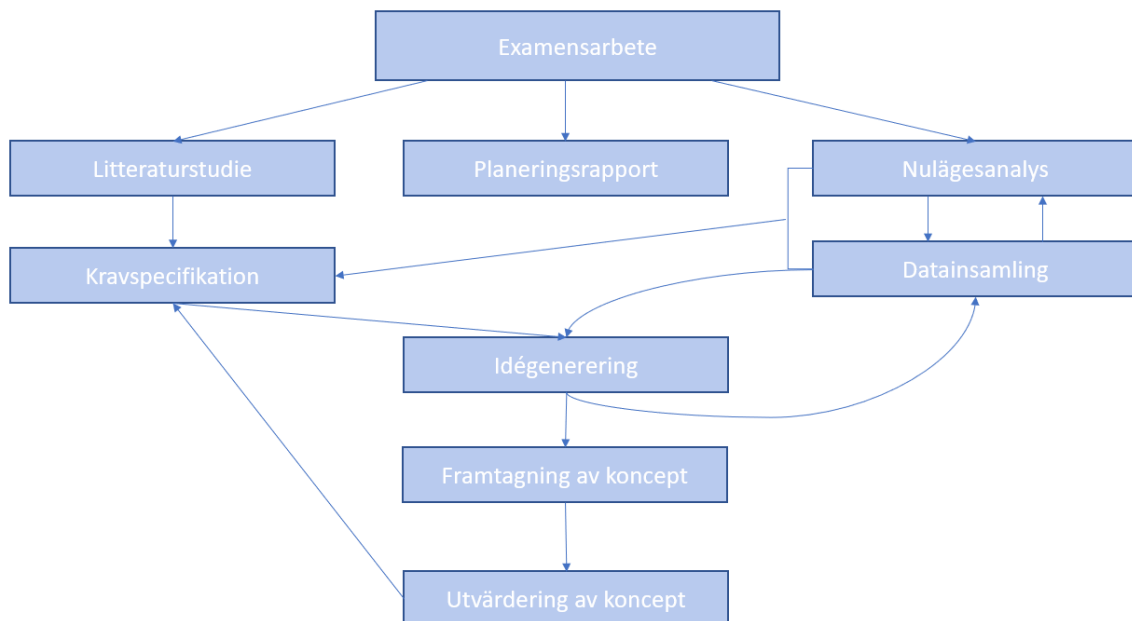
2.5 Deltagande ergonomi

För att få ut ett så bra resultat som möjligt av arbetet som genomförs kommer vi att till viss del att försöka använda oss av metoden deltagande ergonomi. Det är en metod som syftar till att aktivt involvera arbetarna i arbetet med att utveckla och implementera förändringar i arbetsplatsen som syftar till att förbättra produktiviteten och minska säkerhets- och hälsorisker (Burgess-Limerick, 2018). Burgess-Limerick skriver vidare att den underliggande tanken till att försöka involvera arbetarna så mycket som möjligt är att de är experter inom sitt område och sin arbetsstation. Med rätt verktyg, förutsättningar och uppmuntran är det de som

är bäst lämpade för att hitta och analysera problem och även utveckla och implementera lösningar. Om arbetarna själva får vara med under processen är det även större chans att lösningen blir accepterad och används som den är tänkt att göra.

3 Metodologi & Genomförande

Följande kapitel beskriver den metod som har använts genom arbetet och hur de olika delarna genomfördes. Kapitlet beskriver bland annat hur datainsamlingen gick till, vilka observationer som har genomförts och hur generering och eliminering av konceptförslag gick till. Dessutom kommer de analys-metoder och verktyg som har använts att beskrivas.



Figur 3: Schema över arbetets gång (Författarnas egen illustration)

I figur 3 framgår det hur vi har arbetat under examensarbetets gång och i vilken ordning de olika stegen togs samt deras förhållande till varandra. Till exempel uppkom kravspecifikationen dels från litteraturstudier, dels från information från både nulägesanalysen och datainsamlingen. Idégenereringen gjordes med inspiration från litteraturstudier och med kravspecifikationen i åtanke, men även utifrån nulägesanalysen och datainsamlingen och skedde genom en iterativ process där vi flera gånger om gick tillbaka till nulägesanalysen och datainsamlingen. Utvärderingen av koncepten genomfördes utifrån kraven och önskemålen från kravspecifikationen.

Vår tanke är att försöka lyssna så mycket som möjligt på operatörernas åsikter och vad de anser vara det största ergonomiska problemet med dagens arbetsstation. Under arbetets gång är det tänkt att de ska fungera som ett bollplank som vi kan diskutera lösningsförslag med och där de kan komma med åsikter och eventuell kritik.

3.1 Informationsinsamling

Informationsinsamlingen gick ut på att först och främst få en förståelse för ergonomi i sin helhet för att sedan kunna tillämpa denna kunskap i arbetet. Därför genomfördes en litteraturstudie där en grundläggande förståelse om produktionsergonomi erhöles utifrån ett flertal böcker och från internet. En granskning av interna dokument från Volvo genomfördes även, för att ta reda på vad för krav och ergonomiska riktlinjer Volvo använder sig av när de designar och förändrar arbetsstationer. Dessa dokument och den information som finns där är därmed inte tillgängliga för utomstående personer. På grund av sekretess kommer den information som hämtades från interna dokument inte att presenteras i den publicerade rapporten.

På grund av att flera olika arbeten och försök har genomförts på arbetsstationen förut så har även dessa lösningsförslag granskats, för att dra värdefulla slutsatser om vad som har fungerat bra och vad som inte har gjort det.

Information- och datainsamling skedde under olika delar och perioder av arbetet, på grund av att informationen behövdes vid olika tillfällen under arbetets gång och på grund av arbetets karaktär där vi använde oss av åsikter och input från operatörerna vid konceptframtagning och utvecklingen av koncepten. Det var alltså en iterativ process där specifik information hämtades när den behövdes.

3.1.1 Intervjuer

Efter att den inledande informationsinsamlingen hade genomförts konstruerades intervjufrågor som skulle ställas till operatörerna som arbetar på arbetsstationen. Intervjuerna var tänkta att ge oss en tydligare bild av hur arbetet på stationen uppfattades av operatörerna själva och vilka problem de tyckte fanns. Enligt Denscombe (2016) är det lämpligt att använda intervjuer som metod för att hämta information när avsikten är att utforska åsikter, uppfattningar och känslor. Det är precis det som var syftet med intervjuerna, att ta reda på vad operatörerna tyckte och kände om arbetsstationen och den fysiska ergonomin på stationen.

Intervjuerna genomfördes på totalt åtta olika operatörer i olika åldrar, kön och med olika kroppsstorlek. Intervjuerna var helt frivilliga och tillåtelse gavs från samtliga operatörer. Intervjuerna var även helt anonyma och svaren kommer endast att användas för arbetet och kommer inte att publiceras i något annat syfte. Samma frågor ställdes till samtliga operatörer, med undantag för vissa frågor som togs bort eftersom svaret som gavs alltid var samma och inte berodde på operatören i sig. Intervjuerna var semistrukturerade, vilket Denscombe (2016) beskriver som att intervjuaren har ett färdigt frågebatteri, men är fortfarande flexibel beroende på hur väl den intervjuade utvecklar sina svar och idéer och kan förändra frågorna något utifrån den intervjuade.

De frågor som ställdes var följande:

- Hur skulle du själv beskriva din arbetssituation med avseende på ergonomi?
- Har du någon gång känt smärta under eller efter en arbetsdag, om ja, var i kroppen?
- Hur ofta upplever du smärta eller obehag till följd av arbetet?
- På en skala 1–10, hur skulle du ranka smärtan?
- Har du någon gång haft behov av att sjukanmäla dig till följd av arbetet på stationen?
- Vilken del av arbetet på stationen tycker du är den värsta? Med hänsyn till obehag och smärta.
- Hur ofta upprepas denna rörelse/aktivitet? (*Togs bort*)
- Ifall du skulle fått fria händer, hur skulle du vilja förändra arbetsstationen och vilka förbättringar skulle du vilja se?
- Kan du alltid se det du monterar eller behöver du sträcka dig för att nå eller se? (*Togs bort*)
- Finns det någon typ av lösning du inte vill ha?

Frågan *Hur ofta upprepas denna rörelse/aktivitet* ställdes endast på den första intervjun, på grund av att svaret oavsett operatör skulle vara samma och att antalet repetitioner per skift till stor del är standardiserat.

Resultaten från intervjuerna presenteras under kapitel 4 Nulägesanalys.

3.1.2 Observationer

Utöver intervjuer filmades även arbetssekvensen och vi fick tillgång till en video som spelats in förut, med tillåtelse från operatörerna. Enligt Denscombe (2016) finns det ett flertal fördelar med att göra observationer av det man undersöker, bland annat att en observation direkt registrerar vad människan, i vårt fall operatören, gör till skillnad på vad de säger att de gör. Han skriver också att observationer ger objektiva och sakliga data, vilket var viktigt för oss inför resten av arbetet.

Det tydliggjordes att filmen endast skulle komma att användas inom arbetet och inte spridas till någon extern part samt raderas efter arbetets slut. Filmen togs för att göra det möjligt att analysera arbetet så många gånger som behövdes och fungerade som grund för de analyser som genomförts. Andra observationer som har gjorts är mätningar av arbetsstationen och avstånd mellan operatör, ramlageröverfall och cylinderblock för att göra det möjligt att simulera arbetet i programvaran Jack, som kommer att beskrivas i avsnittet nedan.

3.2 Analys-metoder och verktyg

För att möjliggöra analys och utvärdering av ergonomin har tre stycken olika metoder och verktyg använts. Vilka de är och hur de använts kommer beskrivas. Att just dessa analysverktyg användes beror dels på att det är verktyg vi har kommit i kontakt med innan och som var bekanta. Samt att de flesta var nya för Volvo, vilket gjorde det intressant att visa upp verktygen för företaget.

3.2.1 Key Indicator Method (KIM)

Det finns ett flertal olika varianter av denna metod. Arbetsmiljöverket listar tre stycken av dem och på deras hemsida går det att hitta broschyrer och checklistor för att kunna använda dessa (Arbetsmiljöverket, u.å.). Dessa tre metoder kallas för KIM 1, KIM 2 samt KIM 3. På grund av arbetets karaktär och vilka rörelser som det innebär kommer vi att använda oss av KIM 1, då denna handlar om att bedöma risker vid manuell hantering av artiklar och vid lyft och bärande av dessa. Denna metod kallas även för KIM-LHC (Lifting, Carrying, Handling) vilket är det namn som upphavsorganisationen "Bundesanstalt für Arbeitsschutz und Arbeitsmedizin", förkortat BAuA, kallar det för (BAuA, u.å.).

Bedömningen börjar med att bestämma hur ofta rörelsen upprepas under en arbetsdag, detta resulterar i ett tidspoäng som senare används vid beräkning av den totala riskpoängen. Lastens vikt definieras sedan vilket ger ett lastpoäng och bedöms olika beroende på om det är en kvinna eller en man som utvärderas. Sedan bestäms hur lasten handskas, med en eller två händer och om det är ojämn fördelning av vikten. Kroppspositionen utvärderas sedan och det kan ges tilläggs-poäng om exempelvis kroppen vrids. Om det är tillämpligt, ges det poäng för ogynnsamma utföringsförhållanden, till exempel begränsat utrymme. Till sist bedöms arbetets belastningsvariation, innan resultatet kan räknas ut utifrån de poäng som tilldelats i de olika delarna. KIM gör skillnad på kvinnor och män, där olika poäng tilldelas beroende på biologiskt kön. Detta leder till att om utvärderingen görs på en kvinna, kommer de slutgiltiga poängen bli högre och en eventuell arbetsstation med ergonomiska problem innebär därför högre risk för en kvinna. <20 poäng innebär en låg belastningsnivå och att fysisk överbelastning är osannolik, kräver inga åtgärder. 20 till 50 poäng innebär en måttligt förhöjd belastningsnivå och att fysisk överbelastning kan ske hos mindre belastningståliga personer, kan kräva åtgärder. 50 till 100 poäng innebär en betydligt förhöjd belastningsnivå och att fysisk överbelastning kan ske även hos normalt belastningståliga personer, åtgärder bör prövas. Mer än 100 poäng innebär en hög belastningsnivå och att fysisk överbelastning är sannolik samt att åtgärder krävs.

3.2.2 RULA (Rapid Upper Limb Assessment)

En annan metod för att utvärdera ergonomin som till viss del liknar KIM är RULA. RULA står för Rapid Upper Limb Assessment och är utvecklat av Dr. Lynn McAtamney och Professor E. Nigel Corlett. Det är ytterligare en metod för att utvärdera ergonomin i de övre extremiteterna, alltså armar, handleder, axlar, nacke och brösttrygg (ErgoPlus, 2022). Utvärderingen börjar med att bestämma hur armen och handleden är positionerade. Olika positioner ger olika poäng, ju sämre position desto högre poäng. Poängen för armens och handledens position används sedan för att få fram ett slutgiltigt poäng med hjälp av en tabell. Poäng ges sedan ifall aktiviteten upprepas kontinuerligt och beroende på hur stor kraft som måste användas. Nästa steg är att utvärdera nackens och bröstorgans position. Dessa ges sedan ett sammanslaget poäng och även här ges extra poäng beroende på kraftens storlek och aktivitetens upprepning. Dessa två sammanslagna poäng används i en tabell för att finna ett slutgiltigt poäng. Ett poäng mellan 1-2 är acceptabelt, 3-4 bör utvärderas närmare, 5-6 bör

utvärderas närmare samt förändras snart och ett poäng lika med 7, vilket är det högsta poänget, bör utvärderas och förändras omedelbart.

Vi har använt oss av RULA i programmet Jack, som beskrivs i underrubriken nedan. Viktigt att nämna är att RULA endast utvärderar ergonomin i en specifik, momentan kroppsställning.

3.2.3 Jack

Jack är en programvara från Siemens och är ett modellerings- och simuleringsverktyg som möjliggör för användaren att förbättra ergonomin hos produktutformningar och industriella arbetsuppgifter (Siemens Industry Software, 2011). Jack gör det möjligt att använda modeller av människor, så kallade manikiner. Dessa går att förändra och manipulera så att de matchar den aktuella arbetspopulationen och kan sedan användas för att utvärdera flera olika faktorer i designen, som skaderisk, användarkomfort, åtkomst med mera. Vi har använt Jack för att visualisera arbetsstationen på ett enkelt och tydligt vis, med endast en manikin som representerar arbetspopulationen och CAD-modeller av ett ramlageröverfall samt mellanlagret. Ramlageröverfallet och mellanlagret är inte modellerade exakt efter verkligheten utan en viss designfrihet har tagits vid modellering av dessa. Avstånden mellan manikin och ramlageröverfall är dock korrekta och är uppmätta i verkligheten. Jack har också använts för att visualisera samt utvärdera de ergonomiska problem som finns på arbetsstationen. Resultaten från Jack presenteras under kapitel 4 Nulägesanalys.

3.3 Kravspecifikation

Utifrån de observationer som gjorts, intervjuvaren och analyserna kunde sedan en kravspecifikation göras. Hänsyn har tagits till Volvos interna ergonomiska riktlinjer vilket speglas i vissa krav i kravspecifikationen. Kravspecifikationen är uppdelad i två tabeller. Tabell 3 innehåller krav, som måste bli uppfyllda. Tabell 4 listar de önskemål som har ställts på lösningsförslaget som ska tas fram. Kolumnen längst till höger i de båda tabellerna visar hur kraven och önskemålen är viktade mot varandra. En hög viktning innebär att kravet eller önskemålet är viktigt att uppfylla och en låg viktning innebär att det inte är lika viktigt, i relation till de andra kraven och önskemålen. Den framtagna kravspecifikationen presenteras under kapitel 4.5 Kravspecifikation.

Enligt Johannesson, Persson och Pettersson (2013) kan kravspecifikationen användas som utgångspunkt vid sökandet efter förbättringsförslag samt som en grund vid utvärderingen av förslagen. Syftet med en kravspecifikation är enligt Johannesson et al. (2013) att konkretisera problemet som ska lösas och visa vad lösningen ska uppnå. Den ska också stödja sökningen av lösningsalternativ och styra valet av lösning.

Vår kravspecifikation kommer senare att ligga till grund för genereringen av förbättringsförslag samt utvärderingen av dessa. Förslag som inte lever upp till de krav som ställts i kravspecifikationen kommer att elimineras alternativt prioriteras ned.

3.4 Konceptgenerering av förbättringsförslag

Förbättringsförslagen grundar sig dels på kravspecifikationen, vad som krävs av en eventuell lösning och dels de slutsatser och kunskaper som har dragits från nulägesanalysen av arbetsstationen. Lärdomar och kunskaper från informationsinhämtningen och litteraturstudien ligger även dem till grund för genereringen av förbättringsförslag.

3.4.1 Fri idégenerering

För att komma på och generera lösningsförslag har fri idégenerering, framför allt i form av brainstorming använts. Det är en metod som vi har erfarenhet av sedan tidigare. Metoden tillhandahåller och skapar ett öppet klimat där alla olika idéer och funderingar kan yttras (Mindtools.com, u.å).

Med hjälp av brainstorming har vi genom diskussion med varandra tagit fram flera olika idéer som kan tänkas möta de krav som ställs på den slutliga lösningen. På grund av att kravspecifikationen är relativt utförlig, fanns det vissa restriktioner för idéframtagningen. Vi valde att fokusera på de förbättringsförslag som kunde tänkas uppfylla de krav som ställts och kunde därmed tidigt i processen sälla bort de idéer som inte skulle kunna möta dessa.

För att generera ytterligare idéer, alternativt för att utveckla redan framtagna idéer gick vi även igenom intern dokumentation från Volvo som innehöll kortare förklaringar av tidigare försök till förbättringar. Dessa dokument gav oss kunskaper om vad som fungerat bra respektive mindre bra och vad som eventuellt kunde utvecklas vidare av oss. Försök gjordes även för att kolla på andra liknande lösningar som fanns på marknaden eller som andra företag redan genomfört, för att möjligtvis kunna få inspiration och dra lärdomar.

3.5 Eliminering/prioritering av koncept

Volvo har uttryckt en önskan om att arbetet skulle mynna ut i ett antal förbättringsförslag och inte enbart det som efter elimineringsfasen ensamt återstod. Detta innebär att de förbättringsförslag som ej elimineras kommer att jämföras mot varandra, där en prioriteringslista kommer att utföras utefter resultatet. Denna lista presenteras under 6.5 Prioriteringslista.

Eftersom lösningen måste kunna uppfylla kraven som ställs på den i kravspecifikationen, användes en elimineringsmatris för att sälla bort de lösningar som inte uppfyller kraven och på så sätt inte kommer att utvärderas och presenteras som en potentiell lösning. En elimineringsmatris eliminerar de lösningsalternativ som inte uppfyller samtliga kriterier plus de som behöver undersökas ytterligare. De lösningsförslag som uppfyller samtliga krav alternativt har kriterier som behöver utvärderas vidare går vidare i processen (Johannesson, H., Persson, J. & Pettersson, D. (2013)). De lösningsförslag som inte uppfyller samtliga krav går inte vidare i utvärderingsprocessen.

För att finna det mest lämpade förbättringsförslaget behövde koncepten utvärderas och ställas mot varandra i olika aspekter. För att utvärdera och prioritera konceptet, användes en

Pughmatris som nästa steg där koncepten ställdes mot varandra. Enligt Johannesson et al. (2013) används ett antal urvalskriterier som baseras på önskemål och krav som kan vara bra att överträffa.

Urvalskriterierna och lösningsförslagen läggs in i en matris. En referenslösning väljs och de övriga lösningarna jämförs med referensen. Man tar då ställning till huruvida varje förbättringsförslag uppfyller kriterierna bättre (+), lika bra (0) eller sämre (-) än referensen. När samtliga lösningsförslag jämförts mot referensen summeras hur många +, - respektive 0 de fått och ett nettovärde kan tas fram. Detta nettovärde kan sedan användas för att rangordna de olika lösningsförslagen (Johannesson et al, 2013). Baserat på den rangordning som nu har tagits fram tas sedan beslut om vilka lösningsalternativ som ska vidareutvecklas. Nästa steg i processen är att använda den högst rankade lösningen som referens, och utvärdera de andra alternativen mot denna. Detta upprepas tills rangordningen inte ändras.

4 Nulägesanalys

Följande kapitel är tänkt att förtydliga hur arbetsstationen ser ut och hur arbetet på stationen genomförs. Kapitlet kommer även att innehålla Volvos syn på de ergonomiska problemen som finns på arbetsstationen. Därefter kommer resultaten från de ergonomiska analyser som vi har genomfört att presenteras och utvärderas samt resultaten från intervjuerna med operatörerna. Nulägesanalysen har genomförts för att identifiera vilka delar av arbetet som utgör den största ergonomiska risken för operatörerna och som bör förbättras.

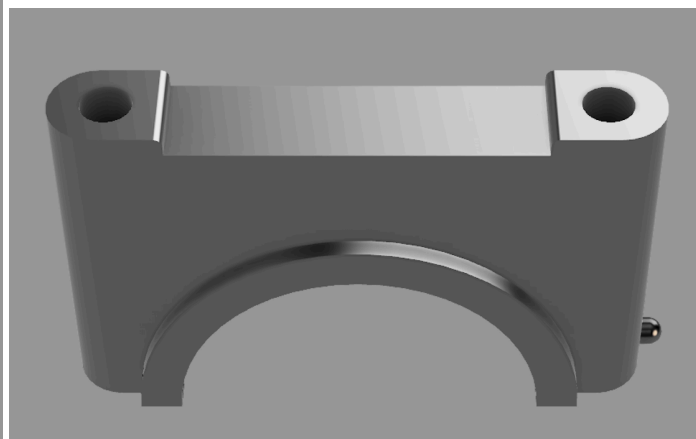
Nulägesanalysen och dess resultat skapar en grund för förbättringsförslagen att stå på och utgå ifrån.

4.1 Arbetsstationen

På arbetsstationen monteras ramlageröverfall i ett cylinderblock. I varje cylinderblock monterar operatören 7 stycken ramlageröverfall. Figur 4 och 5 visar ungefär hur ramlageröverfallen ser ut. Det finns 3 stycken olika varianter, med mindre variationer i bredd, längd samt vikt. Ramlageröverfallen har en vikt på ungefär 4,5 kg.



Figur 4: CAD-modell av ramlageröverfall sett från snett uppifrån (Författarnas egen bild)



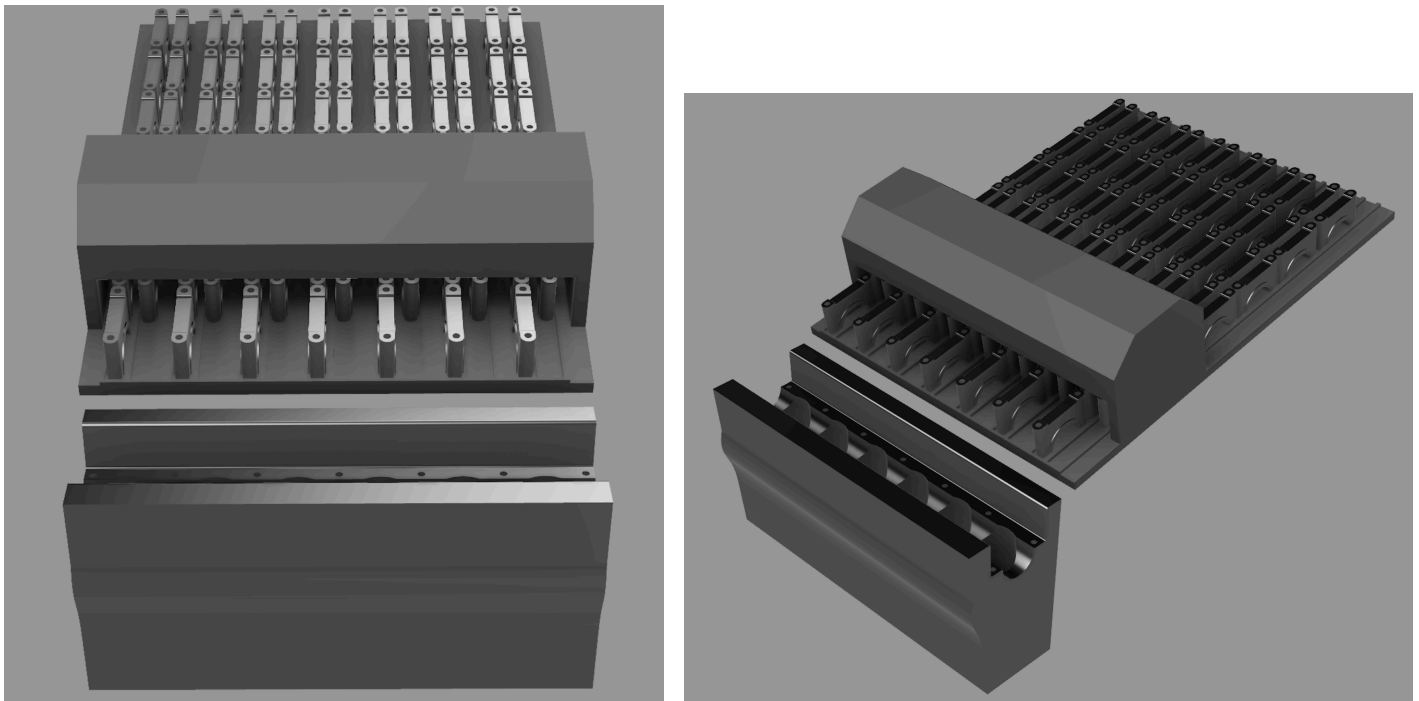
Figur 5: CAD-modell av ramlageröverfall sett från sidan (Författarnas egen bild)

Ett flertal aktiviteter sker på denna arbetsstation innan cylinderblocket med de monterade ramlageröverfallen skickas vidare ut i produktionen.

Operatören monterar 14 styrdon och 14 hylsor i cylinderblocket innan blocket skickas vidare in i maskinen som pressar ner hylsorna. Under tiden maskinen arbetar, hämtar operatören 14 bultar från en närliggande pall och placerar dessa i de 7 ramlageröverfallen som ligger i mellanlagret. Bultarna väger ungefär 0,5 kg styck, och i varje ramlageröverfall placeras alltså

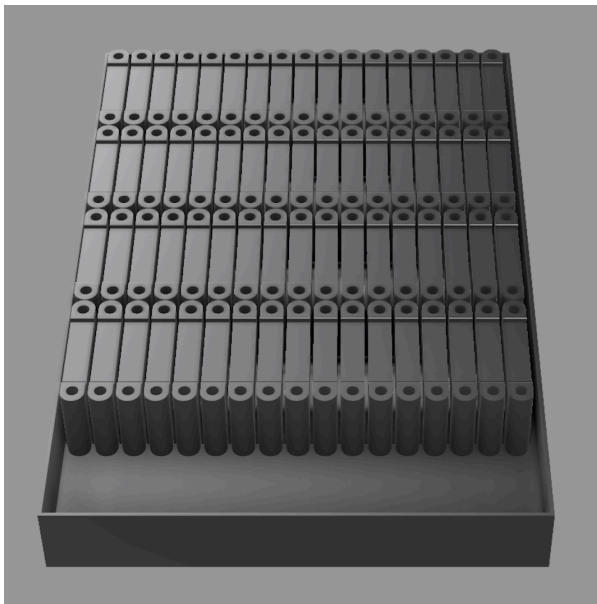
två stycken. Detta innebär att ramlageröverfallen nu väger någonstans i intervallet 5-6 kilogram.

När maskinen har pressat ner alla hylsor skickas cylinderblocket tillbaka till arbetsstationen där operatören nu avlägsnar de 14 styrdonen och lyfter i de 7 ramlageröverfallen en och en. För att minska cykeltiden äntrar operatören manuellt de 14 skruvarna med en mindre och snabbare handdragare. När operatören har skruvat ner bultarna skickas cylinderblocket återigen in till maskinen där pressas ned och bultarna skruvas ned helt med det specificerade åtdragningsmomentet och cylinderblocket med de nu monterade och åtdragna ramlageröverfallen skickas sedan vidare till nästa operation och steg i produktionen. Figur 6 visar en schematisk CAD-modell av arbetsstationens framsida, med mellanlager och ramlageröverfall. Ramlageröverfallen monteras sedan i cylinderblocket som står framför mellanlagret.

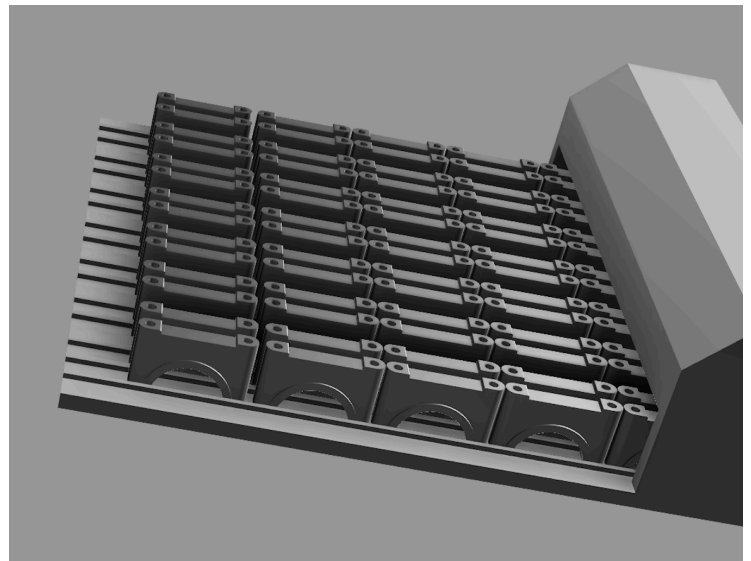


Figur 6: Schematiska modeller av arbetsstationens framsida, närmast i bild cylinderblock, bakom detta mellanlager med ramlageröverfall (Författarnas egen bild)

Operatören behöver även fylla på ramlageröverfall från baksidan av stationen emellanåt. Figur 7 visar ungefär hur pallarna med ramlageröverfall ser ut när de kommer till stationen, men de är då helt uppfyllda. Operatören tar ramlageröverfall från pallarna och lyfter över dem till mellanlagret, vilket går att se i Figur 8. För att göra detta går operatören runt till baksidan av stationen där de sänker ner mellanlagret till en lägre höjd. Sedan lyfter de på ramlageröverfallen manuellt och höjer sedan mellanlagret till produktionshöjd. Operatören fyller även på hylsor till mellanlagret från denna plats innan operatören går tillbaka till stationen.



Figur 7: Schematisk CAD-modell av all med ramlageröverfall på baksidan av stationen (Författarnas egen bild)



Figur 8: Schematisk CAD-modell av mellanlagrets baksida, ramlageröverfallens position (Författarnas egen bild)

Produktionsvolymen är i dagsläget relativt låg, men trots den relativt låga volymen så behöver operatören repetera sekvensen där de lyfter ner ramlageröverfallen och bultarna mer än 200 gånger per skift, vilket innebär en totalvikt på över 1000 kg per skift.

Här nedan finns en sekvensbeskrivning som beskriver de steg som görs på arbetsstationen.

Sekvens nummer	Aktivitet
1	Montering av 14 styrdon
2	Montering av 14 hylsor
3	Maskinen pressar ner hylsorna
4	Hämta och placera 14 bultar i ramlageröverfallens hål
5	Borttagning av 14 styrdon
6	Montering av 7 ramlageröverfall
7	Skruva ner 14 bultar med skruvdragare
8	Maskinen skruvar fast 14 bultar
9	Gå till stationens baksida (1/4)
10	Sänk buffertbana till arbetshöjd (1/4)
11	Ladda på 4 x 7 ramlageröverfall (1/4)
12	Höj buffertbana till produktionshöjd (1/4)
13	Fyll på hylsor i mellanlager (1/4)
14	Gå tillbaka till arbetsstationens framsida (1/4)

Tabell 1: Sekvensbeskrivning arbetsstation

4.2 Arbetspopulationen

Det arbetar ca 4 personer per skift på den avdelning där arbetsstationen befinner sig. Operatörerna på avdelningen arbetar enligt ett roterande schema. Enligt den rotationsplan som finns ska operatören sköta arbetet på stationen under en veckas tid per månad och arbetar även på andra stationer och med andra arbetsuppgifter under sitt skift.

På avdelningen arbetar en blandad population med olika åldrar, kön och kroppsstorlekar. Även arbetserfarenhet skiljer mellan dessa arbetare där en hel del är mycket rutinerade och har arbetat på avdelningen i många år och där andra är relativt nya på avdelningen och därför har mindre erfarenhet.

4.3 Problembeskrivning Volvo

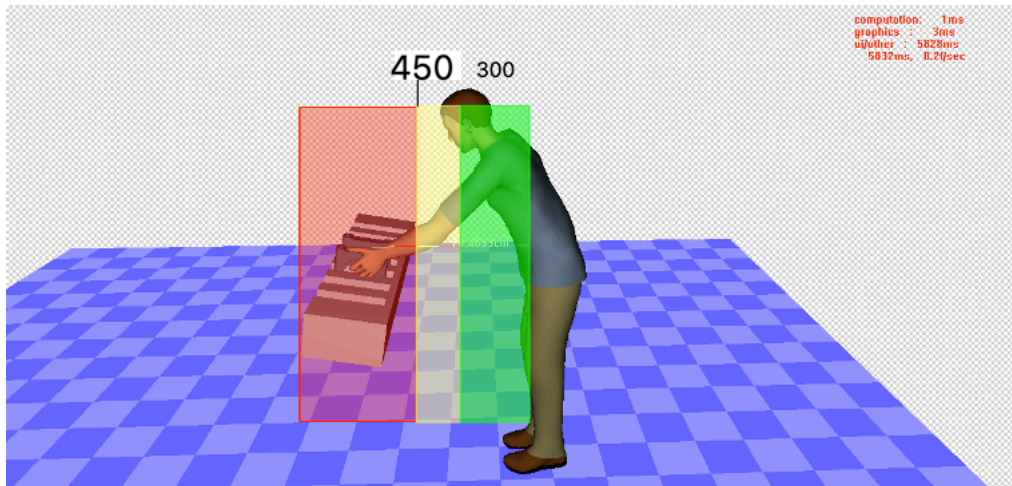
Volvo har uppmärksammat att operatörerna upplever smärta och obehag till följd av arbetet på denna station. De kroppsdelar som främst blivit påverkade är operatörernas armar, axlar och rygg. Ett fåtal operatörer kan ej arbeta på stationen på grund av den belastning som sker på denna arbetsstation, men också på grund av andra skador som de ådragit sig.

Arbetsmomentet att lyfta ner och montera ramlageröverfall är den sekvens som Volvo, efter deras analys, har uppmärksammat som mest påfrestande för operatörerna.

4.4 Ergonomiska problem funna

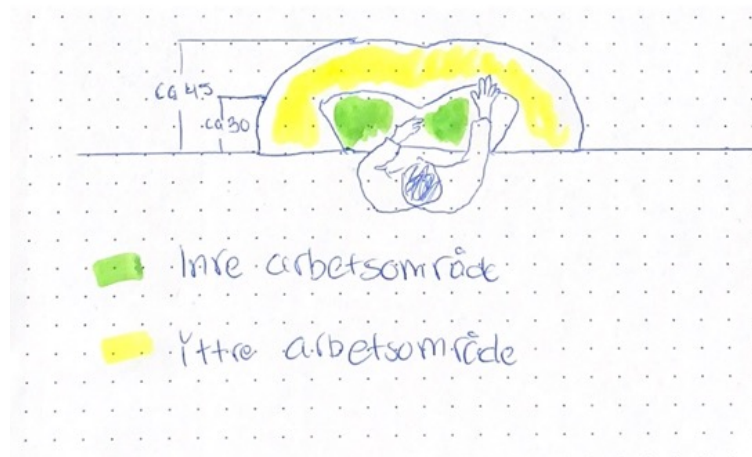
Utifrån analysen som vi själva har gjort har ett antal ergonomiska problem uppfattats. De problem som har påträffats stämmer ganska väl överens med de problem som Volvo beskriver. Det moment i arbetet på stationen som även vi har uppfattat som värst för operatörerna är när de lyfter ner ramlageröverfallen i cylinderblocket, vilket även speglas mycket väl i svaren vi fick från de intervjuade operatörerna. Detta beror på att ramlageröverfallen med skruv är relativt tunga och väger mellan ungefär 5 och 6 kg. Lyftet hade inte varit lika påfrestande ifall det hade skett i en mer neutral kroppsposition, men nu tvingas operatörerna att sträcka sig för att hämta ramlageröverfallen vilket ökar belastningen mångfalt på operatören. Avståndet mellan operatören och ramlageröverfallen har mätts upp till 70 cm. Utvärderingen genomfördes initialt med hjälp av Volvos interna ergonomiska riktlinjer. På grund av sekretess vill de inte att dessa publiceras offentligt, och den analysen har därför maskerats och raderats från denna rapport. Riktlinjerna följer dock rådande lagstiftning och speglar på ett ungefär Arbetsmiljöverkets riktlinjer. På grund av detta har vi valt att referera till de riktlinjer som Arbetsmiljöverket har.

Enligt Arbetsmiljöverkets Belastningsergonomi, AFS 2012:2 (Arbetsmiljöverket, 2012) når inre arbetsområde, som vi kallar grön zon, ut till 300 mm från kroppen, det yttre arbetsområdet, som vi kallar gul zon, till 450 mm från kroppen och därefter är det vad vi kallar röd zon. Dessa zoner går att se i figur 10. Grön zon innebär att arbetsmomentet är acceptabelt, gult att det bör värderas närmare och rött att det är olämpligt och att de flesta arbetare riskerar att drabbas av belastningsbesvär (Arbetsmiljöverket, Belastningsergonomi AFS 2012:2, 2012).



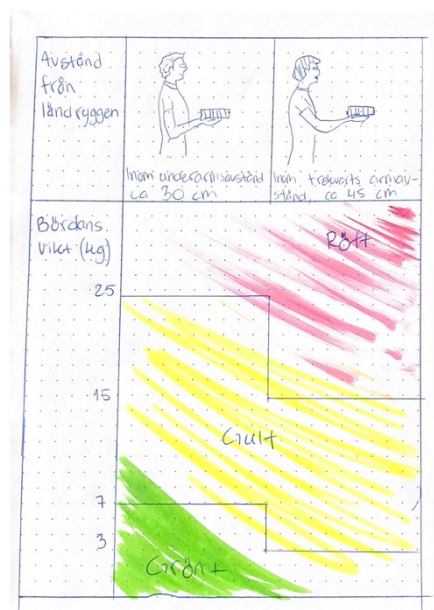
Figur 9: Visualisering av arbetsmomentet i programvaran Jack, med de tre zonerna visualiserade (Författarnas egen bild)

Arbetet på stationen befinner sig med andra ord stundtals i röd zon och det är här de tunga lyften genomförs, vilket innebär en ökad risk för förslitningsskador och obehag för operatörerna. Detta går att se i figur 9, där arbetsmomentet där operatören hämtar ramlageröverfall från mellanlagret för montering i cylinderblocket har visualiserats och de tre zonerna och deras mått enligt Arbetsmiljöverket har lagts till. Bilden visar att just detta moment utförs i röd zon, vilket enligt Arbetsmiljöverkets riktlinjer är olämpligt och innebär att arbetsstationen bör ses över och förändras.



Figur 10: Lyftområden visualiserade, inspirerad av Belastningsergonomi, AFS 2012:2, Arbetsmiljöverket (Författarnas egen bild)

Figur 11 visar en lämplig arbetstyngd beroende på lyftområde. Arbetsmiljöverket rekommenderar enligt bilden att belastade lyft ska ske maximalt 45 cm från ländryggen vid lyft med vikt upp till 7 kg. I dagsläget sker det belastande lyftet på ca 5-6 kg 70 cm från ländryggen samt i en relativt hög frekvens där operatören lyfter runt 20 ramlageröverfall per timme. Som nämnt innan kan fysisk belastning beskrivas utifrån tre faktorer, kroppsställning, kraft och tid. Figur 11 tar endast hänsyn till de två förstnämnda, och inte vare sig tid eller upprepningsfrekvens. Tar vi hänsyn till frekvensen som operatören genomför momentet, innebär det att vi kan dra slutsatsen, utifrån figur 10 samt kompletterande information om frekvens, att momentet där operatören lyfter ramlageröverfallen befinner sig utanför bilden och i stället i eller nära röd zon. Arbetsmomentet där operatören hämtar ramlageröverfall är därmed enligt Arbetsmiljöverkets riktlinjer olämpligt. För att komma ner på en acceptabel nivå, hade lyftet behövt göras inom det gröna området och då måste lyftet ske inom 30 cm från kroppen.



Figur 11: Lämplig arbetstyngd beroende på lyftområde, inspirerad av *Belastningsergonomi, AFS 2012:2, Arbetsmiljöverket (Författarnas egen bild)*

4.4.1 Resultat från intervjuer

De slutsatser och lärdomar som kunde dras från intervjuerna som genomfördes med operatörerna på arbetsstationen stämde väl överens med vad vi själva hade funnit och vad Volvo själva ansåg vara det största problemet.

De 8 operatörer som intervjuades arbetar vanligtvis på två olika skift, hälften på varje. Genom att intervjua operatörer från två olika skift, försökte vi fånga upp eventuella skillnader i arbetssätt och ifall det fanns några skillnader i hur de tänker och tycker om arbetsstationen. Urvalsgruppen innehåller personer i åldrarna från 21 till 62 år med en kroppslängd på ca 160 cm till ca 183 cm. Av dessa operatörer var 6 män och 2 kvinnor. För att bibehålla operatörernas anonymitet kommer deras specifika ålder och kroppsstorlek ej att redovisas i denna rapport men dessa parametrar har tagits till hänsyn vid de utförda analyserna.

Något som yttrade sig under intervjuerna var att 6 av 8 operatörer upplever smärta under eller efter en arbetsdag på arbetsstationen varav 4 av 8 upplever smärta eller obehag varje dag de arbetar med att montera ramlageröverfall på arbetsstationen. Den främst beskrivna lokaliseringen av smärtan hos operatörerna var i axlar och brösttrygg men även smärta i ländrygg, armar och handleder. Tre operatörer har beskrivit denna smärta som mellan 8–10 på en skala mellan 1–10 där 1 är ingen smärta alls och 10 är kraftig smärta. Då denna skala är väldigt individuell mellan operatörerna, kommer denna fråga ej tas vid stor vikt i nulägesanalysen.

Alla operatörer var överens om att det mest smärtsamma och problematiska momentet är sekvensen där de lyfter ner ramlageröverfallen. En del av operatörerna anser även att materialhanteringen är problematisk medan andra tycker att den inte är nämnvärt problematisk och accepterar utformningen och arbetet där. En sak som uppkom i intervjuerna med samtliga var inställningen till en kittvagn som lösning. Samtliga hade en negativ inställning till denna typ av lösning då de ansåg att det endast flyttar på problemet och förvärrar arbetet på arbetsstationen. Kittvagnen innebär att de måste lasta upp ramlageröverfallen på vagnen i stället, vilket ger upphov till lyft som tvingar operatören att vrida överkroppen. Sekvensen som innebär att lyfta ner överfallen på cylinderblocket från kittvagnens position ansågs vara något bättre men nackdelarna med denna lösning vägde över och var alldeles för stora.

Arbetsstationen var ej lämpad för någon specifik kroppsstorlek och var varken till för- eller nackdel beroende på kroppsstorlek. Längre personer behöver sträcka sig längre ner för att kunna montera i cylinderblocket och kortare personer behöver sträcka sig längre för att hämta ramlageröverfallen. Ingen av de 8 operatörerna som blev tillfrågade svarade att det var några problem med att se det de monterar.

4.4.2 Resultat från analysverktyg

Med utgångspunkt i att en del av arbetet sker i röd zon har en utvärdering av ergonomi gjorts i positionen där operatören sträcker sig för att hämta och lyfta ramlageröverfallen med hjälp av programvaran Jack. Utvärderingen som har använts är byggd på RULA, vilken beskrivs närmare i kapitel 3 Metodologi och Genomförande. Utvärderingen resulterade i en totalpoäng på 7, vilket enligt RULA innebär att arbetsstationen bör utvärderas och förändras omedelbart. Resultatet från RULA i Jack representerar endast en enda specifik kroppsposition, men eftersom det enligt våra observationer och data från intervjuerna är denna position som är värst, så det betyder att den kroppspositionen är intressant att analysera och utgå ifrån.

Resultaten från metoden visar att arbetet på arbetsstationen bör utvärderas närmare och att förändringar är nödvändiga omedelbart. Se Bilaga 1 för de exakta resultaten från Jack.

Utöver analysen i Jack har en annan utvärderingsmetod använts, KIM. Resultatet från den utvärderingen är likvärdiga resultaten från de andra analyserna och visar även den att en närmare utvärdering bör övervägas, att smärta kan uppstå samt att det finns risk för fysisk

överbelastning även hos normalt motståndskraftiga personer. Resultaten från KIM säger att förändring av designen av arbetsstationen och andra förebyggande åtgärder bör övervägas. Bilaga 2 visar hur metoden har använts och vilka poäng som givits, samt hur resultaten beräknades och vad de innebär.

Allt som allt visar alla utvärderingar, analysmetoder och observationer att arbetet på arbetsstationen kan innebära en förhöjd risk för belastningsskador hos operatörerna och att den bör ses över och förbättringsförslag bör tas fram. Resultaten pekar på att det är ett specifikt arbetsmoment som är det värsta med hänsyn till fysisk ergonomi. Går det att designa om arbetsstationen så att detta momenten antingen försvinner helt eller på något sätt blir lättare för operatören att genomföra, kommer problemen att minska.

4.5 Kravspecifikation

Här nedan presenteras den kravspecifikation som har tagits fram utifrån informationsinhämtningen, nulägesanalysen och ytterligare observationer och slutsatser som gjorts. Kraven och önskemålen har viktats, mellan 1-5. En hög viktning innebär att kravet eller önskemålet är väsentligt och bör därför fokuseras på, samt kan vara bra att överuppfylla. En låg viktning innebär i sin tur att det inte är lika viktigt att uppfylla lika väl.

	Krav	Kommentar	Vikt (1-5)
K.1	Maximal storlek 6x3 m på vardera sida av banan	Lösningen får inte vara större än de angivna måtten, för att få plats på den befintliga arbetsstationen	5
K.2	Utsträckning av arm, vid belastning <300mm	Operatören ska inte behöva sträcka ut armen mer än 300 mm vid belastning, handarbetet ska ske inom 300 mm från kroppen	3
K.3	Böjning av bål framåt <20° (utan stöd, med belastning)	Böjning av bål framåt får ej ske över 20° (utan stöd, med belastning)	5
K.4	Lyft av arm framåt med belastning <60°	Höjning av arm framåt får ej ske över 60° med belastning	5
K.5	Ge bättre resultat i KIM LHC än nuläget	En ergonomisk analys av lösningsförslaget ska generera bättre resultat än vad som ges i nuläget	5
K.6	Lösningen ska vara enkel för operatörerna att använda	Ingen speciell utbildning ska krävas för att operatörerna ska kunna använda lösningen	4
K.7	Mindre påfrestning på handleder	Arbetet ska kunna utföras utan att behöva ha handlederna i onaturliga/extrema positioner	4
K.8	Lösningen ska vara accepterad av ≥ 75% av operatörerna	Operatörerna ska vilja använda lösningen och se denna som en förbättring	5
K.9	Tidsåtgång samma som idag	Arbetet ska inte ta längre tid än det tar i nuläget, för att operatörerna ska hinna med sina andra arbetsuppgifter	5

Tabell 2: Kravspecifikation

	Önskemål	Kommentar	Vikt (1-5)
Ö.1	100% avlastning av armar och axlar	Arbetet ska inte innebära någon extra belastning på armar och axlar för operatören	3
Ö.2	Neutral kroppsposition	Arbetet ska kunna genomföras så nära en neutral kroppsposition som möjligt	3
Ö.3	Underlätta arbetet på båda stationer, även materialhanteringen	Lösningen omfattar både monteringen och materialhanteringen	4
Ö.4	Alla 7 ramlageröverfall ska kunna lyftas och hanteras samtidigt	Lösningen medger att alla ramlageröverfall lyfts ner i cylinderblocket samtidigt	5
Ö.5	Lösningen ska kunna implementeras utan produktionsstopp	För att förhindra längre produktionsstopp	3
Ö.6	Alla operatörer ska kunna använda lösningen	Oavsett kön, längd, ålder och kroppsstorlek ska varje operatör kunna arbeta på stationen utan problem	5
Ö.7	Kostnad < 1 000 000 kr	Kostnaden för att implementera lösningen ska helst inte överstiga 1 000 000 kr	4

Tabell 3: Önskemål

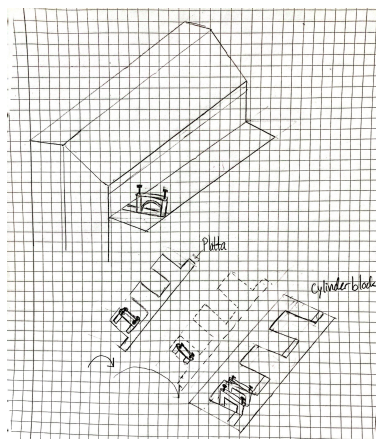
5 Koncept/förbättringsförslag

Följande kapitel presenterar de koncept tillika förbättringsförslag som har tagits fram. Hur konceptgenereringen har gått till har beskrivits under metoddelen, kapitel 3.4 Fri idégenerering. Konceptgrupp 1 bygger på att avlasta operatören helt och hållet genom att konstruera ett lyftverktyg som kan lyfta samtliga ramlageröverfall samtidigt och sedan lyfta dem till deras position i cylinderblocket. Detta var den lösning som flest operatörer skulle kunna tänka sig vid en första intervju. Tanken bakom konceptgrupp 2 är att på olika sätt positionera ramlageröverfallen direkt ovanför cylinderblocket, vilket skapar en mycket mer ergonomiskt fördelaktig arbetsställning. Tanken är att arbetet då ska kunna genomföras i en mer neutral kroppsposition och inom grön zon enligt figur 8 och 9. Koncept 3 förändrar inte den fysiska arbetsstationen i sig, utan förbättringsförslaget utnyttjar exoskelett som operatören använder för att avlasta kroppen vid de tunga lyften.

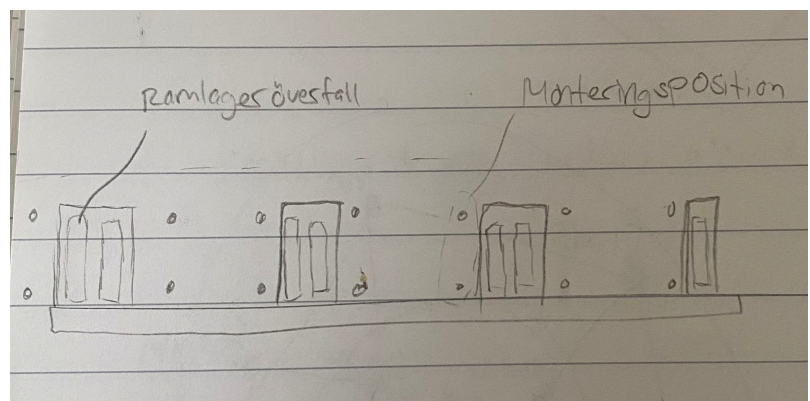
Koncepten utformades utefter kraven om att framta en lösning som är mer ergonomisk än i dagsläget. De framtagna koncepten ska kunna användas av alla operatörer oavsett kroppsstorlek och ska vara enkla att förstå och använda. De ska också vara rimliga att implementera i produktionen sett till både storlek, kostnad och svårighetsgrad. Stor vikt lades vid att generera koncept som är enkla att implementera och använda.

5.1 Lösningframtagningsprocessen

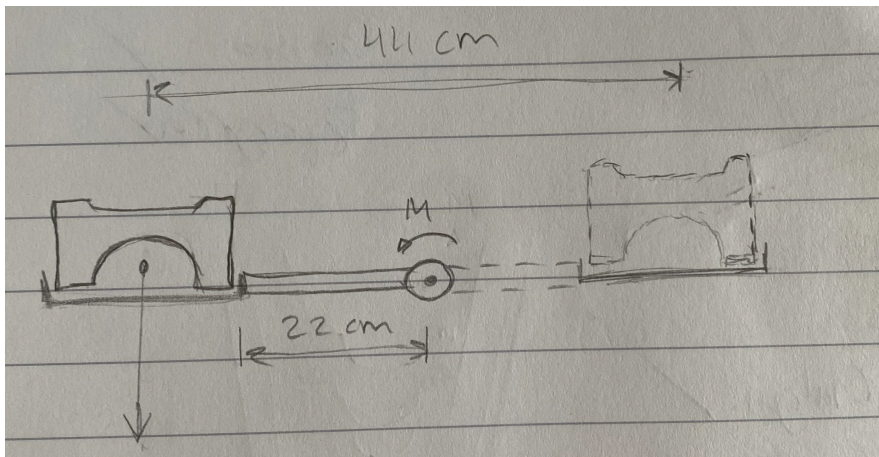
Lösningförslagen som listas nedan har uppkommit genom främst brainstorming och diskussion samt skissering av idéer. Den funktion som valts att fokuseras på främst vid konceptframtagning är sekvensen lyft från mellanlager till montering av ramlageröverfallen. De konceptgrupper som framtagits har varit anpassade efter just den tidigare nämnda sekvensen men är tekniskt skilda från varandra. För att finna en lämplig lösning har både mekaniska och mer elektroniska lösningar tagits fram. Vissa skisser togs fram under idégenereringen, men de flesta lösningar modellerades med hjälp av CAD i stället för att göra skisser, ett exempel är den första modellen av metallskivan som visas i figur 15. Utifrån dessa tankar, idéer och skisser utvecklades sedan de olika koncepten.



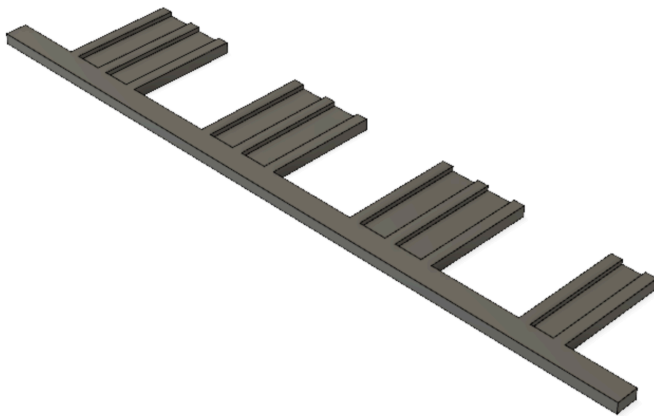
Figur 12: Tidig skiss på metallskiva (Författarnas egen bild)



Figur 13: Tidig skiss av metallskiva (Författarnas egen bild)



Figur 14: Tidig skiss av funktion som flyttar ramlageröverfallen genom att vrida de kring en axel (Författarnas egen bild)



Figur 15: Tidig CAD-modell på metallskiva (Författarnas egen bild)

5.2 Konceptgrupp 1

Denna konceptgrupp bygger som nämnt på lyftverktyg och att eliminera manuellt lyft av ramlageröverfallen delvis eller helt och hållet. Olika idéer och implementeringar har diskuterats och tagits fram. En idé är att använda magnetlyft, en annan att använda pneumatik på något sätt alternativt att använda elektriska gripdon. Lyftverktyget gör det möjligt för operatören att arbeta mer upprätt och ha en mer neutral kroppsposition än i dagsläget. Operatören kommer slippa sträcka sig ut i den röda zonen, enligt figur 9 och slipper genomföra tunga lyft i denna zon. Lyftverktyget ska vara enkel att använda oavsett kroppsstorlek och ska passa alla operatörer på arbetsstationen.

5.2.1 Lyftverktyg endast till arbetsstationens framsida

Eftersom de största ergonomiska problemen uppkommer på arbetsstationens framsida, fokuserar detta koncept endast på den främre sidan av stationen. Detta innebär att eventuell implementering och förändring på arbetsstationen och i arbetssätt hålls till en så låg nivå som möjligt, samtidigt som konceptet löser det största ergonomiska problemet.

Lyftverktyget ska ha kapacitet att lyfta alla sju ramlageröverfallen samtidigt och i rätt position gentemot hur de monteras i cylinderblocket. Lyftverktyget kan vara konstruerat på ett flertal olika sätt och utnyttja olika tekniker och gripdon, som pneumatiska gripdon, ett magnetiskt gripdon eller elektriska gripdon. De olika delkoncepten beskrivs här nedanför.

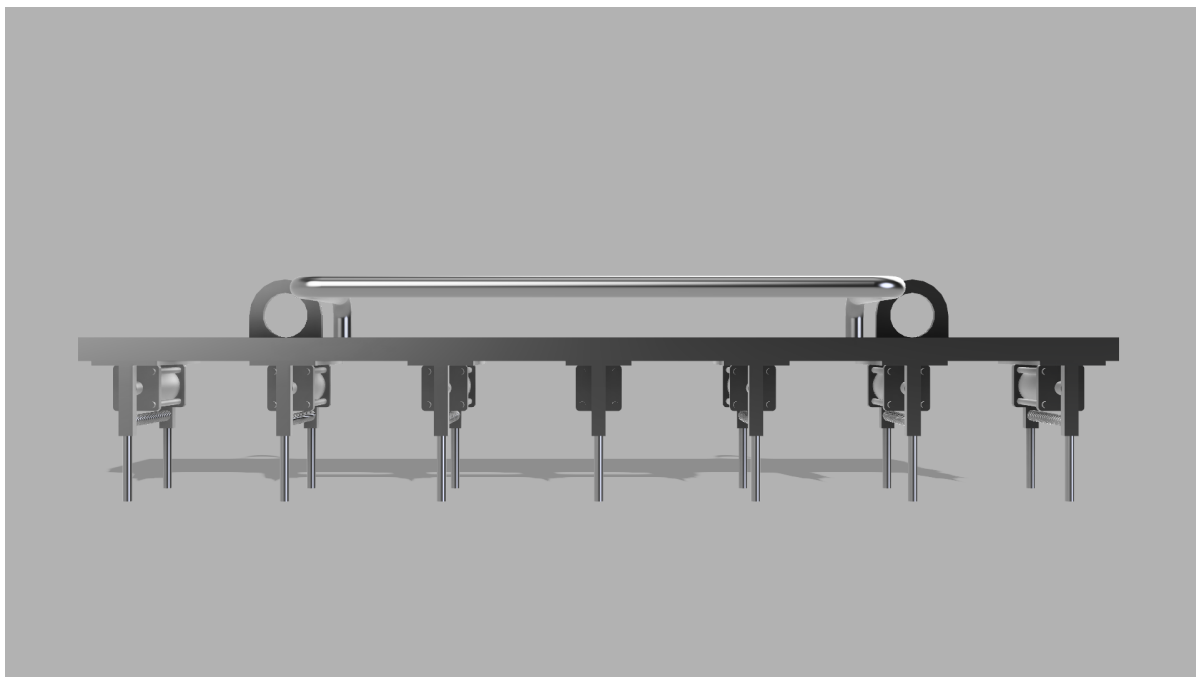
Lyftverktyget är tänkt att hänga från en kättingtelfer som är monterad på en svängarm. Kättingtelfern på svängarmen medger att lyftverktyget kan sänkas och höjas och att det går att positionera och flytta inom arbetsstationen, vilket är en förutsättning för att lyftverktyget ska vara till någon nytta.

För att kunna säkerhetsställa att ramlageröverfallen är rätt positionerade kommer skenor att användas i mellanlagret med en passning anpassad för ramlageröverfallen och deras positioner. Skenor finns redan i mellanlagret i dagsläget, men dessa medger en viss differens i ramlageröverfallens position, så för att säkerställa att dessa hamnar precis där de behöver vara kommer skenor att behöva justeras.

5.2.1.1 Pneumatiskt lyftverktyg

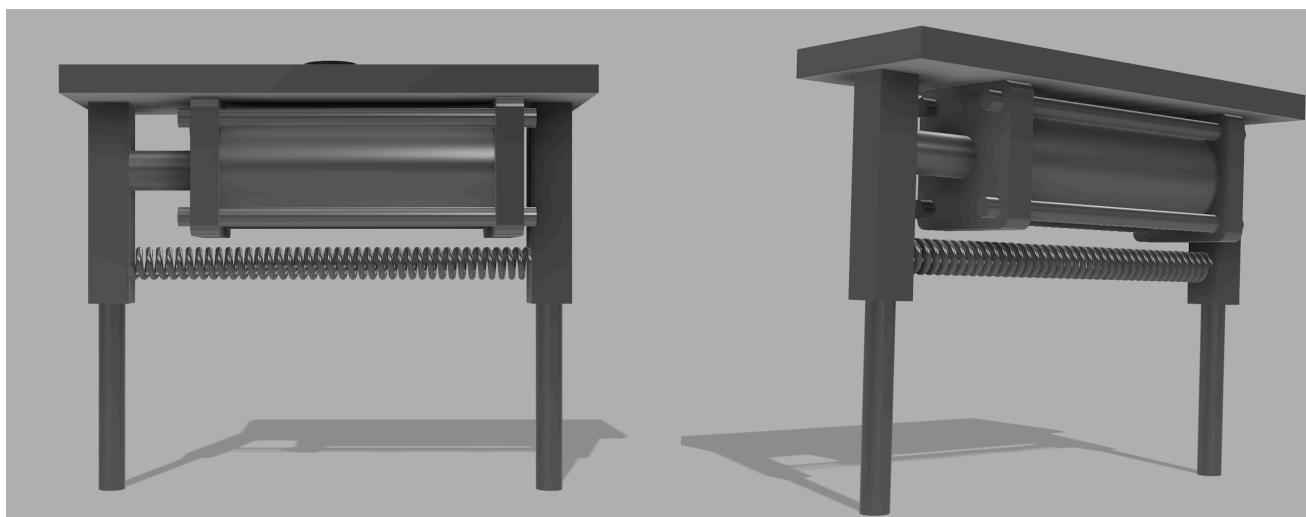
Följande koncept är ett pneumatiskt lyftverktyg som nyttjar tryckluft för att greppa ramlageröverfallen, med hjälp av pneumatiska gripdon. Gripdonen är tänkta att vara konstruerade så att två ”pinnar” positioneras i de två hålen på ramlageröverfallen, en pinne i vardera hål. Den ena pinnen ska vara stel och går alltså inte att flytta eller positionera om. Den andra pinnen ska kunna ”tryckas ut” med hjälp av en enkelverkande cylinder, så att den trycks utåt mot hålets sida, och gripdonet ”greppar” således ramlageröverfallet. Med hjälp av en knapp eller spak ska operatören kunna ändra läge på en arbetsventil så att tryckluften kan flöda till cylindrarna, vilken i sin tur styr ut cylindrarna och gripdonet greppar ramlageröverfallen. Lyftverktyget kan sedan höjas upp med hjälp av kättingtelfern på svängarmen, positioneras över cylinderblocket och sedan sänkas ned tills ramlageröverfallen monteras i deras respektive position.

Ett pneumatiskt lyftverktyg förutsätter att ramlageröverfallen går att montera i cylinderblocken utan att sätta i bultarna i ramlageröverfallen först. I dagsläget görs detta medan ramlageröverfallen ligger i mellanlagret, innan ramlageröverfallen monteras i cylinderblocket. Detta är något som har undersökts av oss och enligt våra tester är det möjligt att montera ramlageröverfallen utan att först sätta i bultarna, men de sitter inte speciellt hårt fast på hylsorna utan kan flytta på sig en del.



Figur 16: Tidig CAD-modell av lyftverket med pneumatiska gripdon (Författarnas egen bild)

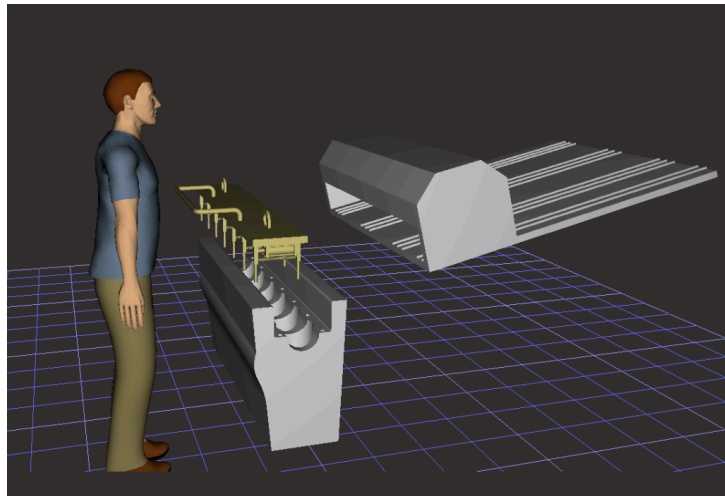
Figur 16 visar den grundläggande tanken på hur det pneumatiska lyftverket är tänkt att vara konstruerat. Det fästs i kättingtelfern i de två öglorna, vilket medför att det är svårt att vinkla verktyget åt sidorna och att det hålls horisontellt, vilket är önskvärt. Gripdonens funktion, som visas i figur 17, består av en enkelverkande pneumatisk cylinder och en spiral fjäder. När cylindrarna blir matade med tryckluft, går kolvstången ut och pressar ut den ena pinnen. När tryckluften stängs av, återgår kolvstången samt pinnen till sitt ursprungsläge med hjälp av fjädern.



Figur 17: Tidig CAD-modell av gripdonet (Författarnas egen bild)

Kontrollerna för att både aktivera och avaktivera tryckluften samt höjning och sänkning av lyftverket är tänkta att vara placerade på lyftverktygets handtag för enkel åtkomst för operatören.

Lösningförslagets funktion liknar ett annat lyftverktygs funktion som används på en annan arbetsstation i fabriken, vilket innebär att funktionen i sig fungerar och är väl beprövad. Figur 18 visar lyftverktygets storlek i förhållande till en människa.



Figur 18: Lyftverktyg i gult i relation till en människa (Författarnas egen bild)

Skillnaden är bara lyftverktygets generella utformning, och att gripdonen behöver vara kraftigare för att klara av den högre vikten av just de ramlageröverfall som finns på arbetsstationen som arbetet handlar om.

5.2.1.2 Magnetlyft

Ett magnetiskt lyftverktyg har funktionen att med hjälp av elektromagneter lyfta ramlageröverfallen med lyftverktyget för att sedan kunna förflytta ramlageröverfallen till montering i cylinderblocket. Eftersom ramlageröverfallen har en slät yta på ovansidan bör de kunna lyftas med magneter i stället för att behöva använda ramlageröverfallens hål eller gripdon som omfamnar detaljen. Vid användning av ett magnetiskt lyftverktyg är det mycket viktigt att ramlageröverfallen är i korrekt position innan de fästs och lyfts upp av lyftverktyget. Detta för att säkerställa att ramlageröverfallen kan monteras direkt på cylinderblocket utan att behöva korrigeras av operatören. För att ramlageröverfallen ska hållas i sin position och vara stabila, kommer två magneter användas per ramlageröverfall på ramlageröverfalllets yttre sidor, där hålen befinner sig. De ytor som magneten fästs i är också mer bearbetade och har en finare yta vilket underlättar för att minimera differensen av ramlageröverfalllets position från mellanlagret till monteringen.

Eftersom alla lyftverktyg har samma funktion oavsett vilket sorts gripdon som använts kommer det inte att modelleras flera gånger, utan den grundläggande konstruktionen visas i figur 16.

5.2.1.3 Elektriskt lyftverktyg

Följande koncept är ett elektriskt lyftverktyg som använder sig av elektriska gripdon, som är monterade på sådant sätt att samtliga ramlageröverfall kan greppas samtidigt och sedan

placeras i cylinderblocket. Gripdonen är monterade på samma sätt och med samma avstånd mellan sig som på det pneumatiska lyftverktyget, det enda som skiljer sig är alltså typen av gripdon. I stället för att använda pinnar som fästs i ramlageröverfallets hål, kommer i stället ett parallellgripdon att användas som greppar tag i mitten på ramlageröverfallet för att sedan lyfta upp det.

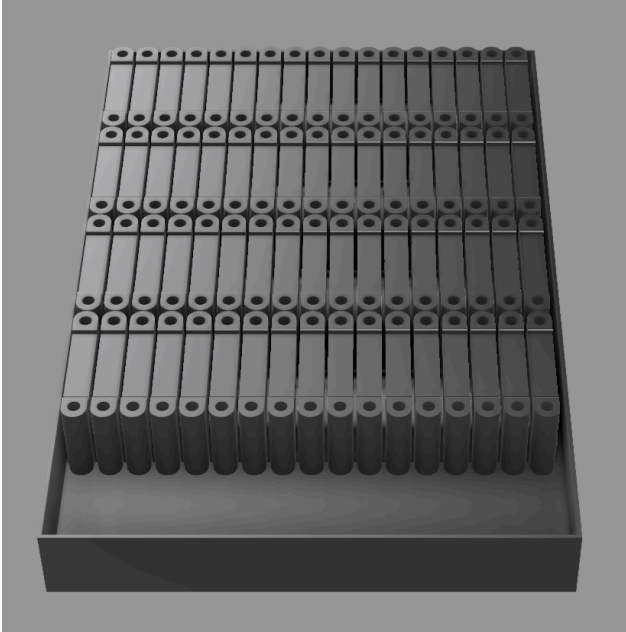
Fördelen med elektriska gripdon är att de i många fall har möjligheten att förse användaren med information om detaljen har greppats korrekt eller inte, på grund av att de kan vara utrustade med sensorer som mäter och returnerar bland annat kraft och tid (Universal robots, 2020). Detta är en viktig säkerhetsaspekt, för att tillse att operatören inte tappat något ramlageröverfall när de lyfts upp. Greppkraften går även att justera med elektriska gripdon, till skillnad från pneumatiska som antingen är helt öppna eller helt stängda, det finns inget mellanläge. En annan fördel med elektriska gripdon är att de endast kräver elektricitet och ingen tillförsel av tryckluft. Pneumatiska gripdon kräver däremot en extern arbetsventil som styr gripdonen, vilket skapar en mer komplicerad konstruktion.

5.2.2 Lyftverktyg arbetsstationens baksida

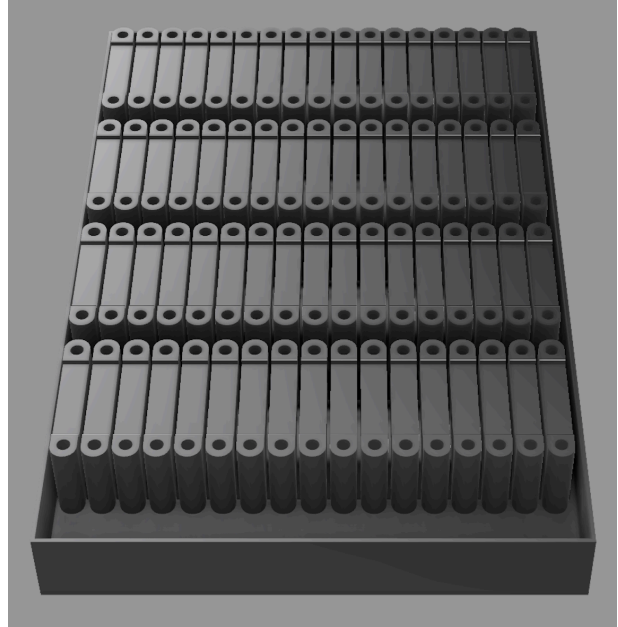
Detta är inte ett eget koncept, utan beskriver endast varför det krävs ett annat sorts lyftverktyg på baksidan.

På grund av arbetsstationens upplägg kommer det för att kunna lyfta ramlageröverfallen både på framsidan och baksidan att behövas två olika lyftverktyg som operatören kan skifta mellan. På baksidan, där materialhanteringen av ramlageröverfall samt styrhylsor sker, anländer ramlageröverfallen till arbetsstationen i pallar, där de ligger på ett annat sätt än hur de ligger i mellanlagrets framsida. Detta medför att det krävs ett lyftverktyg som är konstruerat på ett annorlunda sätt. Detta lyftverktyg ska kunna lyfta 3 stycken ramlageröverfall ”på rad”, alltså precis som de ligger i pallen. Mellanlagret är också konstruerat så att ramlageröverfallen ligger på detta sätt, vilket gör det enkelt för operatören att lämna av ramlageröverfallen i mellanlagret.

På grund av att ramlageröverfallen är olika långa så skiljer sig avstånden mellan hålen. Det innebär att det är svårt att använda sig av ett pneumatiskt gripdon liknande det som används till framsidan. Ett elektriskt gripdon är också svårt att använda, på grund av att ramlageröverfallen ligger intill varandra och kommer att vara omöjliga att greppa från sidorna. Figur 19 och 20 visar skillnaden.

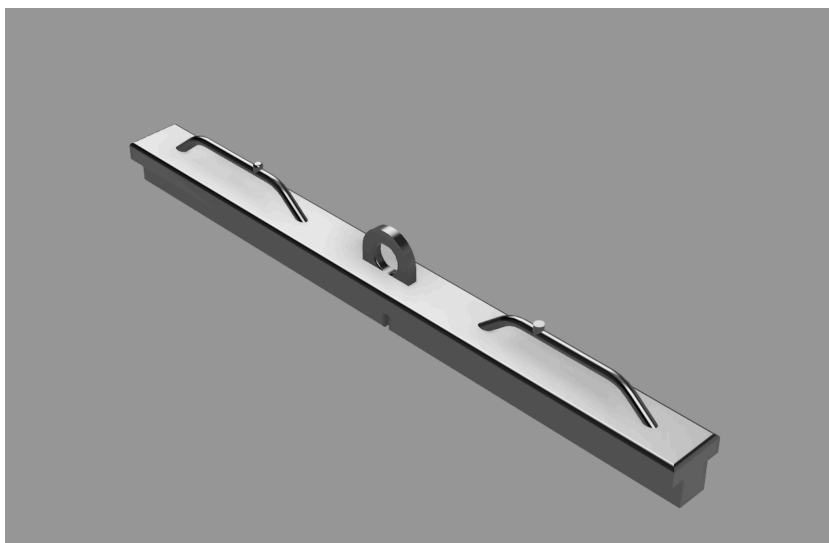


Figur 19: Schematisk CAD-modell av ramlageröverfall i pall, kortare variant (Författarnas egen bild)



Figur 20: Schematisk CAD-modell av ramlageröverfall i pall, längre variant (Författarnas egen bild)

På grund av detta, kommer lyftverkyget på baksidan att använda sig av elektromagneter. Dessa elektromagneter löper längs hela lyftverkygets längd. Magneterna kommer fästa på den bearbetade ytan där hålen befinner sig, vilket möjliggör en viss variation i position av ramlageröverfallen. I verkligheten ligger inte ramlageröverfallen helt rakt i pallarna utan de ligger med viss förskjutning mot varandra i höjd och sida. Detta går dock inte att se i CAD-modellerna, utan där ser det ut som att de ligger perfekt. Det talar för att ett lyftverkyg med



Figur 21: Lyftverkyg till arbetsstationens baksida (Författarnas egen bild)

elektromagneter är den lösning som kommer att fungera bäst, då detta kan lyfta ramlageröverfallen även ifall de ligger något förskjutna mot varandra.

Figur 21 visar den grundläggande konstruktionen på lyftverktyget, det är upphängt i öglan i mitten och handtagen är till för att operatören ska kunna manövrera lyftverktyget.

Elektromagneterna på undersidan ska kunna aktiveras och avaktiveras med hjälp av en knapp på handtagen för enkel åtkomst. På grund av att mellanlagret inte går att vinkla ner, och att ramlageröverfallen därför behöver lastas på när det är vinklat, behöver lyftverktyget också kunna vinklas, därav är det endast fäst i kättingtelferns mitt.

En annan lösning till detta hade varit att konstruera om mellanlagret så att det även går att vinkla ner, så att ramlageröverfallen hade kunnat lastas på när mellanlagret är plant. Detta hade medfört att lastningen av ramlageröverfall förenklats, speciellt ifall lyftverktyget hade använts.

Att det endast finns ett förbättringsförslag till arbetsstationens baksida beror på att absolut störst fokus har lagts på framsidan. Dels för att uppdraget från företaget inriktade sig på framsidan då det är där det största ergonomiska problemet befinner sig. Även vid intervjuerna framkom det att få operatörer ansåg att baksidan var ett så stort problem, vilket ledde till att vi valde att fokusera främst på framsidan.

5.2.3 Lyftverktyg fram- och baksida

Genom att kombinera de föregående delkoncepten får vi ett förbättringsförslag som förbättrar ergonomin både på arbetsstationens framsida och baksida. Detta är såklart det mest optimala utifrån ett ergonomiskt och arbetsmiljömässigt perspektiv, men kräver i sin tur en större investering och större förändring på arbetsstationen.

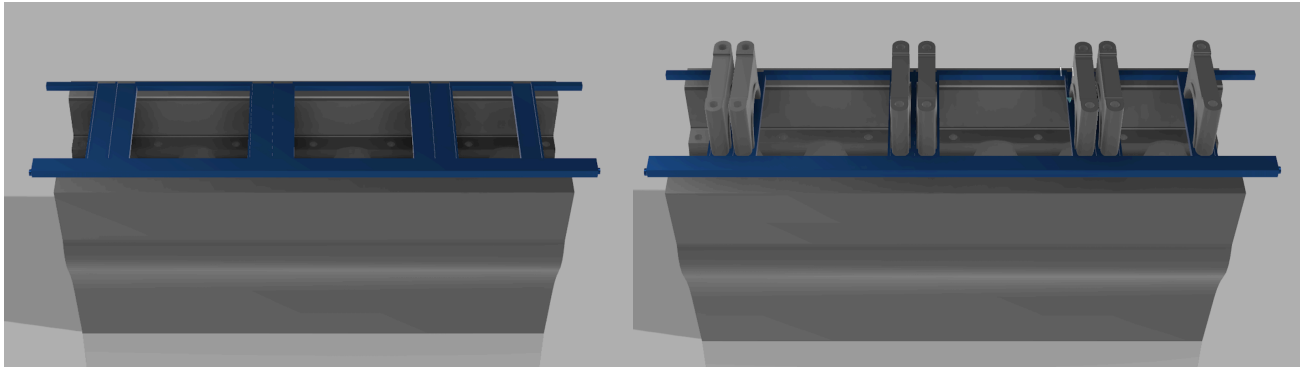
Som nämnts innan, krävs det två stycken olika lyftverktyg för att göra detta möjligt. Operatören måste på grund av detta enkelt kunna byta mellan de två olika lyftverktygen för framsidan respektive baksidan, alternativt att det installeras två svängarmar med varsitt lyftverktyg, ett för framsidan och ett för baksidan.

5.3 Konceptgrupp 2

Den här konceptgruppen innehåller lösningar där ett förlängt och ombyggt mellanlager är utgångspunkten för att förbättra arbetsstationens ergonomi.

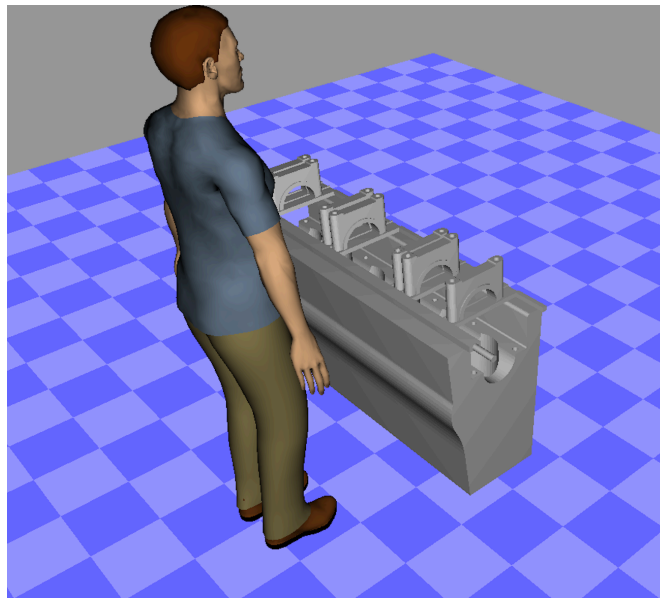
Lösningen går ut på att med ett ombyggt mellanlager liknande den metallskiva som användes när Volvo tog fram en kittvagn i ett tidigare försök att förbättra ergonomin på arbetsstationen. Detta ombyggda mellanlager ska vara konstruerat efter ramlageröverfallen och dessas position. Mellanlagret ska med lätthet kunna förflyttas till att positioneras precis över cylinderblocket, vilket kan göras på olika sätt. Detta kommer göra att lyftet blir mer ergonomiskt då det blir mycket kortare avstånd samt kan genomföras i en neutral

kroppsposition där operatören ej behöver sträcka sig för att hämta ramlageröverfallen. Metallskivan går att se i figur 22 och figur 23.



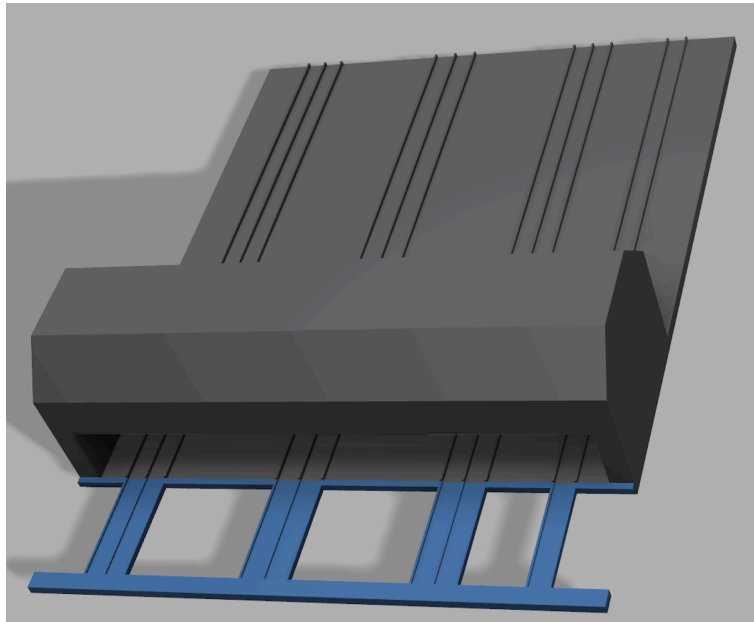
Figur 22: Metallskivan i blått utan ramlageröverfall på, cylinderblock i grått (Författarnas egen bild)

Figur 23: Metallskiva med ramlageröverfall, redo för montering i cylinderblock (Författarnas egen bild)



Figur 24: Cylinderblock, metallskiva och ramlageröverfall i relation till en människa (Författarnas egen bild)

Gemensamt för samtliga delkoncept i konceptgrupp 2 är att de kräver ombyggnation av mellanlagret på grund av att ramlageröverfallens positioner i mellanlagret är tvungna att vara annorlunda mot hur det ser ut idag. Hade mellanlagret sett ut som idag, hade det varit omöjligt för operatören att montera ramlageröverfallen när metallskivan väl är positionerad över cylinderblocket, utan mellanlagret måste vara konstruerat så att ramlageröverfallen placeras i de skenor som finns på metallskivan. Det ombyggda mellanlagret går att se i figur 25, där skenor som ramlageröverfallen ska placeras i syns.



Figur 25: Ombyggt mellanlager i grått, metallskiva i blått (Författarnas egen bild)

Det ombyggda mellanlagret medför att det får plats färre ramlageröverfall på det än det gör idag. Detta betyder att operatören kommer att få fylla på mellanlagret fler gånger, med då detta inte ses som en lika ergonomiskt påfrestande aktivitet så anses det inte vara ett problem. Dessutom, i den standardiserade arbetssekvensbeskrivningen framgår det att operatören ska fylla upp mellanlagret med ramlageröverfall cirka 4 gånger per skift.

Det kommer att finnas plats på mellanlagret för att kunna montera 6 cylinderblock, innan det behöver fyllas upp. Det innebär att operatören behöver fylla upp det ungefär 3-4 gånger per skift.

När väl metallskivan med ramlageröverfall på har flyttats till sin position över cylinderblocket, kan operatören välja att antingen sätta bultarna i ramlageröverfallen när de står på metallskivan, eller montera ramlageröverfallen och sedan bultarna. Att montera skruvarna efter att ramlageröverfallen är monterade leder till att lyften blir lättare och mindre påfrestande.

5.3.1 Elektriskt styrt

Med hjälp av en elmotor kan metallskivan förflyttas från ställningen där ramlageröverfallen lastas på och är placerade på till en position över cylinderblocket där operatören på ett enklare och mer ergonomiskt sätt lyfta ner dem i cylinderblocket.

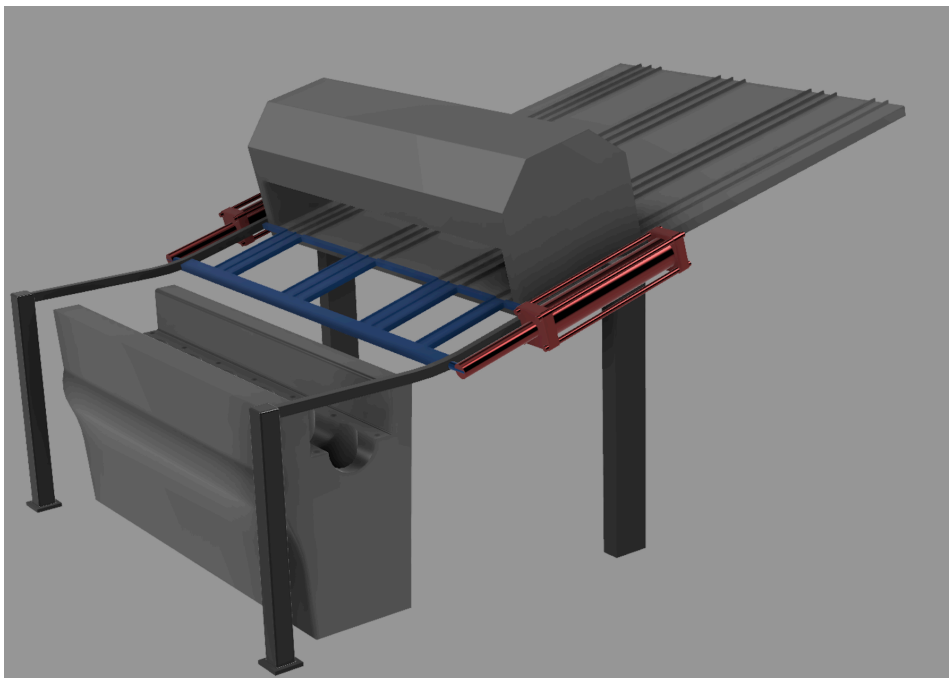
Metallskivan går att flytta fram och tillbaka genom att aktivera elmotorn så att metallskivan med ramlageröverfallen kan roteras kring elmotorns axel, så att det hamnar precis ovanför cylinderblocket och kan sedan flyttas tillbaka till mellanlagret för att hämta nya ramlageröverfall inför nästa cylinderblock.

5.3.2 Hävarm

I stället för en elektrisk styrning av positionen av metallskivan kan man med hjälp av en hävarm förflytta metallskivan till en position som är precis över cylinderblocket.

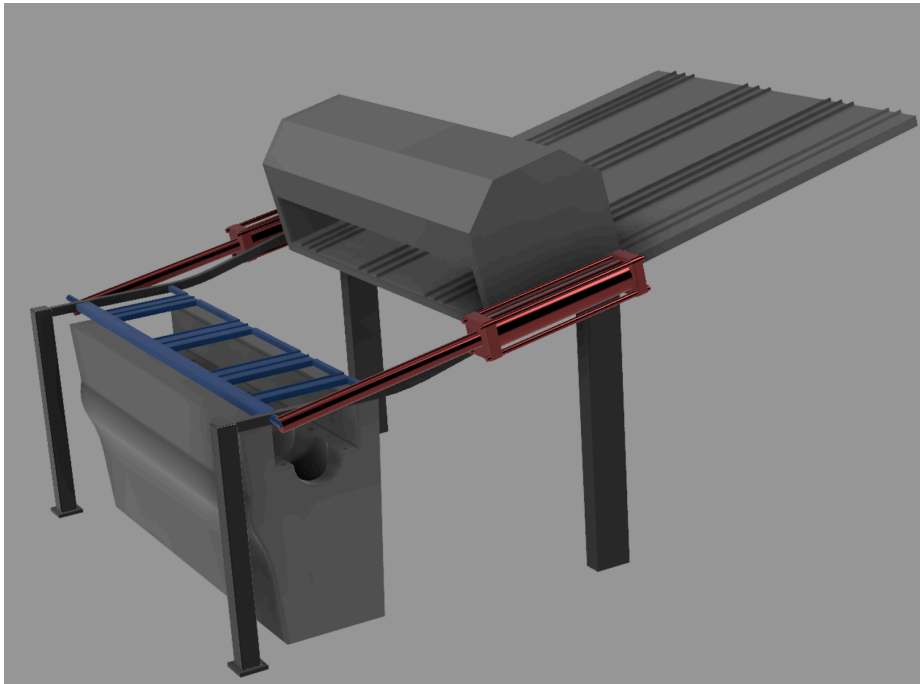
5.3.3 Pneumatiska/elektriska cylindrar

Metallskivan med ramlageröverfallen kan med hjälp av dubbelverkande cylindrar, antingen pneumatiska eller elektriska tryckas fram till en position över cylinderblocket och sedan dras tillbaka till mellanlagret. Metallskivan behöver då löpa fram och tillbaka i en ställning som konstrueras. Mellanlagret kan fortfarande sänkas och höjas precis som i dagsläget, så ställningen är byggd runt mellanlagret. Figur 26 visar hur konceptet är tänkt att se ut och



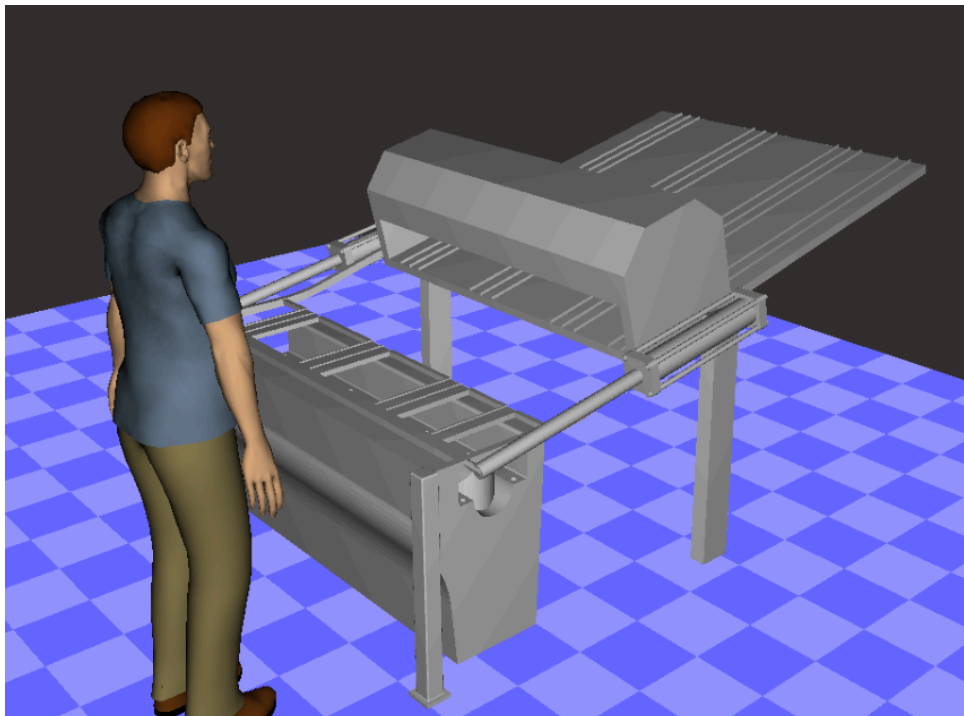
Figur 26: CAD-modell av förlängt mellanlager med pneumatiska cylindrar, metallskivan i "hämtningsläge" (Författarnas egen bild)

fungera. De två pneumatiska cylindrarna, som lika gärna hade kunnat vara elektriska cylindrar skjuter fram och drar sedan tillbaka metallskivan. När ramlageröverfallen ligger på metallskivan, skjuter cylindrarna fram den i den ställning som konstrueras. När operatören sedan har monterat ramlageröverfallen, drar cylindrarna tillbaka metallskivan till mellanlagret så att nya ramlageröverfall kan hämtas.



Figur 27: Förlängt mellanlager med pneumatiska cylindrar, med metallskivan i "monteringsläge" (Författarnas egen bild)

Figur 27 visar samma koncept men med metallskivan i läget där operatören ska montera ramlageröverfallen. Figur 28 visar konstruktionen i relation till en människa, för att visa på storleken.



Figur 28: Förlängt mellanlager med pneumatiska cylindrar i relation till en människa (Författarnas egen bild)

5.4 Konceptgrupp 3

Exoskelett är en form av ergonomihjälpmiddel som operatören har på sig för att avlasta kroppen vid ansträngning och hjälper operatören med de tunga lyften. Ett exoskelett kan beskrivas som ett ”yttre skelett” som bärs på operatörens kropp och är utformat med en bärande struktur (DBSchenker.com, u.å). Exoskelettet kan med hjälp av sin mekaniska kraft tillsammans med människans motoriska kompetens genomföra diverse arbetsuppgifter, såsom montering på ett mer avlastande och effektivt sätt. Exoskelett är en lösning och konceptgrupp som skiljer sig åt i förhållande till de andra grupperna. Idén uppkom då en av personerna som genomfört arbetet kom i kontakt med det vid arbete inom annat monteringsarbete i industrin. Därav tyckte vi att det kunde vara intressant att undersöka eventuell implementering även i detta ergonomiska problem.

Både fördelar och nackdelar kan lyftas fram när det gäller exoskelett. Fördelar finns så som mindre belastning för operatören och hjälp och stöd vid rotation och lyft. Belastningen fördelas i stället och tas upp av starkare delar av kroppen, av själva exoskelettet eller leds ned i marken. De starkare delarna av kroppen klarar av mer belastning.

Det finns även ett flertal nackdelar som är värda att ta till beaktning. En nackdel är att exoskelettet kan upplevas som otympligt och kan ta tid att ta på och att ta av. Är det för tidskrävande och omständligt att använda, finns det risk att operatören inte vill använda sig av verktyget. En eventuell implementering och användning av exoskelett förändrar heller inte det ursprungliga ergonomiska problemet på arbetsstationen och avlastar endast operatören, men förändrar inte operatörens kroppsposition. Enligt docent Cecilia Berlin, som är certifierad europeisk ergonom, har ergonomer ett litet förbehåll mot exoskelett då det tvingar kroppen till obekväma och ibland onaturliga ställningar även om operatören ej är lika hårt belastad (Berlin, C., personlig kommunikation, 19 april, 2023). En annan nackdel är att det kan vara svårt att hitta ett exoskelett som passar samtliga operatörer utan stora justeringar på grund av deras skillnader i kroppsstorlek och längd.

5.4.1 Olika typer av exoskelett

Det finns två olika typer av exoskelett, passiva och aktiva. De aktiva exoskeletten är designade med batteri och sensorer och används vanligtvis inom medicin och rehabilitering för att underlätta för människor med till exempel nedsatt muskelstyrka eller andra skador (Fogelqvist, J., Arbetsmiljöforum.se, 2022). De passiva exoskeletten baseras på andra mekaniska mekanismer, till exempel fjädrar och kräver ingen strömtillförsel. Dessa används främst inom kroppsarbete i arbetslivet och kommer vara den typen av exoskelett som kommer att undersökas i detta koncept.

Inom kategorin passiva exoskelett, finns det olika exoskelett beroende på vilken kroppsdel/kroppsdelar som behöver avlastas. Tanken med exoskelettens konstruktion, oavsett om de använder sig av elektriska motorer och sensorer eller inte är att fördela kraften från svagare delar av kroppen, till starkare delar. De starkare delarna, till exempel bål och ben klarar av mer belastning än de svagare delarna, som axlar och armar. Det finns till exempel

exoskelett som är konstruerade för arbete ovanför huvudet som avlastar armar och axlar; exoskelett för arbete ovanför axlar som avlastar axlar, brösttrygg och ländryggen; och exoskelett för arbete över midjan som avlastar axlar, brösttrygg och ländrygg. Det finns även exoskelett för arbete där de nedre kroppsdelarna avlastas, men dessa exoskelett är inte relevanta för detta ergonomiska problem.

För att visa upp några exempel på exoskelett som hade kunnat vara möjliga att implementera och använda på arbetsstationen har vi undersökt två stycken typiska exoskelett. Dessa två presenteras här nedan.

5.4.1.1 MATE XT från AJM Robotics

Enligt AJM Robotics (Exoskelett.se, u.å), som tillverkar exoskelett för olika arbeten kan deras produkt MATE XT minska muskelanvändningen med 30%. Exoskelettet, som är ett passivt skelett, är konstruerat för att avlasta rygg, nacke, armar och axlar, och sägs också förbättra kroppshållningen. Den ska också kunna tas på eller tas av på under 30 sekunder, vilket gör det till ett lättillgängligt hjälpmedel. Exoskelettets assistansnivå kan även justeras av användaren, beroende på vilken arbetsuppgift som operatören ska genomföra och hur mycket avlastning han eller hon vill ha, då det kan skilja mellan operatörerna.

5.4.1.2 Ottobock Shoulder från SUITX

SUITX är ett annat företag som tillverkar och säljer olika exoskelett. Deras Ottobock Shoulder är främst till för att avlasta operatörens armar vid arbete som sker ovanför huvudet. Det fungerar genom att absorbera och lagra potentiell energi i ett system av fjädrar och vajrar. Sedan, när den lagrade energin behövs släpps den ut och avlastar operatören (SUITX.com, 2021). Exoskelettet sägs kunna reducera belastningen på musklerna och lederna i axeln med 40%. Det ska också kunna gå att sätta på sig och ta av sig på 20 sekunder vardera.

5.5 Kittvagn

En gammal lösningen som Volvo själva har utvärderat och testat i produktionen är en så kallad kittvagn. Kittvagnen fungerar på sådant sätt att en operatör lastar ramlageröverfallen på en vagn och transporterar denna vagn fram till cylinderblocket för montering. För att detta ska fungera krävs det att pallar med ramlageröverfall förflyttas till arbetsstationens framsida för att på enklare sätt kunna lasta kittvagnen och minimera transportsträckan från materialhanteringen till montering.

Den äldre lösningen skapade obehag för operatörerna i sekvensen att lasta över ramlageröverfallen från pallarna till kittvagnen. I intervjuerna med operatörerna framkom det att smärta och obehag uppkom främst i handleder men även i armar, axlar och rygg. Detta berodde främst på att operatören upplevde att de behövde rotera kroppen för att kunna lyfta upp ramlageröverfallen från pallarna på deras sida för att lägga dem på kittvagnen. Kittvagnen kunde upplevas som ostabil och då även svår att hantera vilket gjorde det svårt för operatören att transportera vagnen fram till cylinderblocket för montering.

Det finns både fördelar och nackdelar med denna typ av lösning. En fördel med en kittvagn är att själva monteringen av ramlageröverfallen till cylinderblocket blir enklare och mer ergonomisk för operatörerna då ramlageröverfallen står närmare operatören och cylinderblocket, vilket medför att operatören ej behöver luta sig fram och lyfta ner ramlageröverfallen.

Ett flertal nackdelar har tidigare i detta avsnitt tagits upp så som upplevd smärta och obehag vid lastning av ramlageröverfallen, upplevd ergonomisk arbetsställning med rotation av överkroppen och en upplevd känsla att kittvagnen kunde vara ostabil.

För att förbättra lösningen med kittvagn behöver lastningen av ramlageröverfall ske på bättre sätt och med en mer ergonomisk kroppsställning samt genom att tillverka en mer användarvänlig kittvagn.

6 Utvärdering/eliminering av koncept

Följande kapitel handlar om utvärderingsprocessen där de olika framtagna koncepten/förbättringsförslagen utvärderas och rangordnas beroende på hur väl de uppfyller kraven och presterar gentemot varandra. Enligt tidigare beskrivet så kommer vi att använda oss av först och främst en elimineringsmatris där koncept som inte uppfyller kraven kommer att slopas alternativt prioriteras ned.

6.1 Elimineringmatris

Elimineringsmatrisen utformades med inspiration från Beitz och Pahl enligt Johannesson, H., Persson, J. & Pettersson, D. (2013). I denna elimineringsmatris användes kraven från kravspecifikationen för att kunna utvärdera de olika koncepten.

För att förtydliga vilket koncept som refererar till vilken siffra följer en beskrivning:

- 5.2.1.1 – Pneumatiskt lyftverktyg framsida
- 5.2.1.2 – Magnetiskt lyftverktyg framsida
- 5.2.1.3 – Elektriskt lyftverktyg framsida
- 5.2.3 – Lyftverktyg fram- och baksida
- 5.3.1 – Elektriskt styrt förlängt mellanlager
- 5.3.2 – Hävarm förlängt mellanlager
- 5.3.3 – Pneumatiska/elektriska cylindrar förlängt mellanlager
- 5.4 – Exoskelett
- 5.5 – Kittvagn

Även kraven har förtydligats med förklaringar:

- K.1 - Maximal storlek 6x3 m på vardera sida av banan
- K.2 - Utsträckning av arm <300mm
- K.3 - Böjning av bål framåt <20° (utan stöd)
- K.4 - Lyft av arm framåt <60°
- K.5 - Ge bättre resultat i KIM LHC än nuläget
- K.6 - Lösningen ska vara enkel för operatörerna att använda
- K.7 - Mindre påfrestning på handleder
- K.8 - Lösningen ska vara accepterad av $\geq 75\%$ operatörerna
- K.9 - Tidsåtgång samma som idag

Resultatet från den första KIM-analysen medgav att konceptgrupp 1 har ett KIM-värdet på 6 för män och 9 för kvinnor, se bilaga 3. KIM-värdet på nulägesanalysen var 61 för män och 70 för kvinnor, se bilaga 2. Ett värde på 70 hamnar i det näst högsta riskområdet, där utformningsåtgärder bör prövas. Maximalt värde är ≥ 100 poäng. Detta visar på att ett lyftverktyg hade gjort en markant skillnad ergonomiskt sett. KIM-värdet för lyftverktyg är under 20 poäng vilket gör att denna arbetssekvens hamnar i riskområde 1, vilket pekar på att det är en låg belastning och att en fysisk överbelastning är osannolik.

Resultatet på KIM-analysen förkonceptgrupp 2, gav ett KIM-värde på 41,6 för män och 51,2 för kvinnor, se bilaga 4, vilket är en förbättring från nulägesanalysen men ej lika markant som förbättringen från nuläge till lyftverktyg. KIM-värdet för konceptgrupp 2 är mellan 20 och 50 poäng vilket gör att arbetssekvensen hamnar i riskområde 2. Detta tyder på att belastningsnivån är måttligt förhöjd och kan orsaka fysisk överbelastning hos mindre belastningståligen personer och att åtgärder kan vara skäligen i vissa fall.

6.3 Pughmatrix

Urvalskriterierna som har använts i de relativa beslutsmatriserna är de önskemål som ställdes på lösningarna. Detta är på grund av att de lösningar som jämförs med hjälp av Pughmatriserna redan har utvärderats mot kraven och alla lösningar som jämförs här uppfyller alla krav. I den första Pugh-matrisen användes det pneumatiska lyftverktyget som referens gentemot de andra koncepten. Eftersom konceptet pneumatiskt lyftverktyg är mycket likt resten av koncepten i konceptgrupp 1 blev resultatet av Pughmatrisen att lyftverktygen ansågs som bättre gentemot konceptgrupp 2. I den andra Pughmatrisen stod i stället konceptet elektriskt styrt mellanlager som referens. Konceptet lyftverktyg på fram- och baksida rangordnades högst och utsågs som bästa koncept i den andra Pughmatrisen. Detta innebär att resultatet från elimineringsmatrisen samt Pughmatriserna är att lösningsförslaget med lyftverktyg på arbetsstationens framsida samt baksida är det koncept som är bäst. Detta koncept kommer därför att vidareutvecklas och beskrivas vidare.

- A – Koncept 5.2.1.1 Pneumatiskt lyftverktyg
- B – Koncept 5.2.1.2 Magnetiskt lyftverktyg
- C – Koncept 5.2.1.3 Elektriskt lyftverktyg
- D – Koncept 5.2.3 Lyftverktyg fram- och baksida
- E – Koncept 5.3.1 Elektriskt styrt förlängt mellanlager
- F – Koncept 5.3.3 – Pneumatiska/elektriska cylindrar förlängt mellanlager

- Ö.1 - 100% avlastning av armar och axlar
- Ö.2 - Neutral kroppsposition
- Ö.3 - Underlätta arbetet på båda stationer, även materialhanteringen
- Ö.4 - Alla 7 ramlageröverfall ska kunna lyftas och hanteras samtidigt
- Ö.5 - Lösningen ska kunna implementeras utan produktionsstopp
- Ö.6 - Alla operatörer ska kunna använda lösningen
- Ö.7 - Kostnad <1 000 000 kr

Kriterier	Alternativ					
	A	B	C	D	E	F
Ö.1	R	0	0	0	-	-
Ö.2	E	0	0	0	-	-
Ö.3	F	0	0	+	0	0
Ö.4	E	0	0	0	-	-
Ö.5	R	0	0	-	-	-
Ö.6	E	0	0	0	0	0
Ö.7	N	0	0	0	0	0
	S					
$\Sigma+$		0	0	1	0	0
$\Sigma 0$		7	7	5	3	3
$\Sigma -$		0	0	1	4	4
Nettovärde		0	0	0	-4	-4
Rangordning		1	1	1	2	2

Tabell 5: Relativ beslutsmatrix enligt Pugh

Kriterier	Alternativ					
	E	B	C	D	A	F
Ö.1	R	+	+	+	+	0
Ö.2	E	+	+	+	+	0
Ö.3	F	0	0	+	0	0
Ö.4	E	+	+	+	+	0
Ö.5	R	+	+	+	+	0
Ö.6	E	0	0	0	0	0
Ö.7	N	0	0	0	0	0
	S					
Σ+		4	4	5	4	0
Σ 0		3	3	2	3	7
Σ -		0	0	0	0	0
Nettovärde		4	4	5	4	0
Rangordning		2	2	1	2	3

Tabell 6: Pugh-matris nummer 2

6.4 Utvärdering av typ av gripdon

Det koncept som efter Pughmatrisen ansågs vara bäst specificerar inte vilken typ av gripdon som lyftverkyget på framsidan använder sig av. De gripdon som tagits fram till lyftverkygen i konceptgrupp 1 är pneumatiskt gripdon, magnetiskt gripdon och elektriskt gripdon. Vid användning av pneumatiskt och magnetiskt gripdon kan bultarna ej vara monterade på ramlageröverfallen då ramlageröverfallens hål och bearbetade yta användas för att kunna lyftas upp av verktyget. Efter ett försök att montera ramlageröverfallen utan bultarna monterade och direkt på styrhylsorna, framgick det som mer ostabilt och något svårare än vid montering där bultarna redan är monterade i ramlageröverfallen, då bultarna styr in ramlageröverfallen. Ett elektriskt gripdon däremot kan greppa ramlageröverfallet över dess mitt och behöver då ej använda ramlageröverfallens hål vilket gör att bultarna kan vara monterade innan vilket medför lättare styrning. Därav anser vi att ett elektriskt gripdon är mest lämpat för denna lösning. Används elektriska gripdon är det även möjligt att kontrollera att de har gripit ramlageröverfallen korrekt, då de har möjligheten att läsa av gripkraften och det är då möjligt att jämföra denna kraft med ett referensvärde.

Ett pneumatiskt gripdon är mer precist än ett magnetiskt lyftverkyg då det pneumatiska gripdonet greppar ramlageröverfallet i dess hål och därmed greppar ramlageröverfall i dess korrekta position. Ett magnetiskt lyftverkyg däremot lyfter ramlageröverfallen på dess släta yta vid dess hål och kan då fästas snett vilket gör att ramlageröverfallen ej hamnar på en korrekt position.

På arbetsstationens baksida kommer ett magnetiskt lyftverktyg användas, beskrivet i avsnitt 5.2.2 Lyftverktyg arbetsstationens baksida.

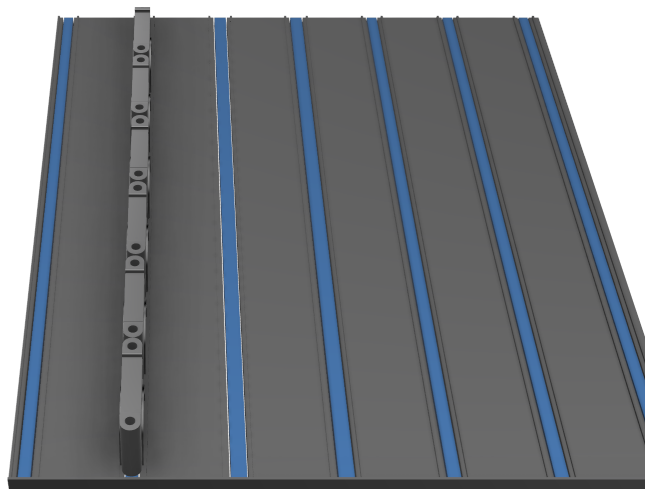
6.5 Prioriteringslista

Utifrån utvärderingen av de framtagna koncepten kom vi fram till följande prioriteringslista, där det första förbättringsförslaget är det som anses vara bäst lämpat efter utvärderingsprocessen. Sedan prioriteras de övriga lösningsförslagen utefter hur de placerade sig i processen och slutsatser dragna från samtal med operatörerna.

1. Lyftverktyg med ett elektriskt gripdon samt ett magnetiskt lyftverktyg till arbetsstationens baksida
2. Lyftverktyg med ett pneumatiskt gripdon samt ett magnetiskt lyftverktyg till arbetsstationens baksida
3. Lyftverktyg med ett magnetiskt gripdon samt ett magnetiskt lyftverktyg till arbetsstationens baksida
4. Lyftverktyg med ett elektriskt gripdon
5. Lyftverktyg med ett pneumatiskt gripdon
6. Lyftverktyg med ett magnetiskt gripdon
7. Förlängt mellanlager med pneumatiska/elektriska cylindrar
8. Förlängt mellanlager med elektrisk styrning

6.6 Vidareutveckling av vinnande förbättringsförslag

I dagsläget är mellanlagret konstruerat med en viss lutning, för att dra nytta av gravitationskraften för att föra fram ramlageröverfallen, vilket går att se i figur 6. Detta kan göra det problematiskt att plocka upp ramlageröverfallen med lyftverktyget då det måste vinklas och passas in till den lutning som mellanlagret har. En alternativ lösning och vidareutveckling av konceptet är att bygga om mellanlagret så att det i stället är plant och med hjälp av en mekanisk konstruktion föra fram ramlageröverfallen, som ett typ av ”matarbord”.



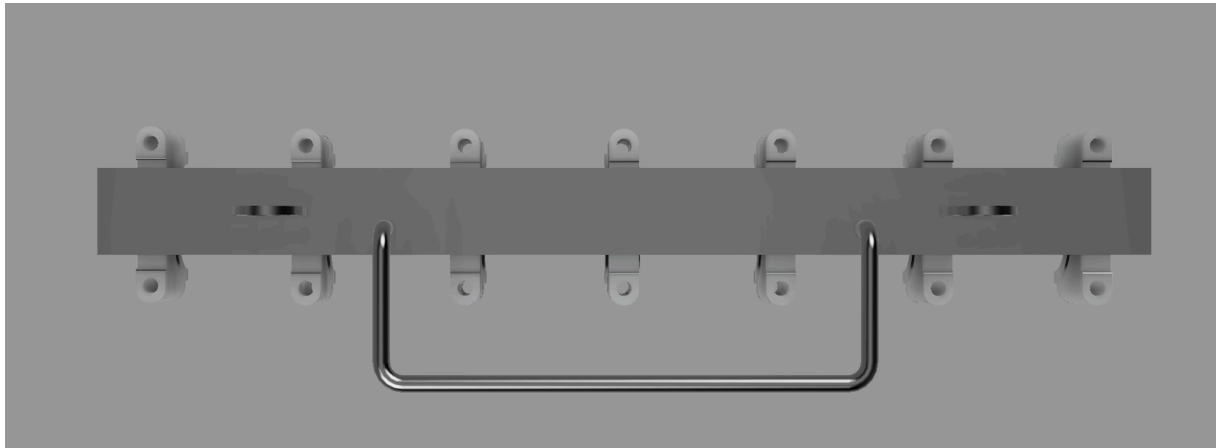
Figur 29: Principiell modell av matarbordet (Författarnas egen bild)

Ramlageröverfallen placeras på det plana matarbordet på baksidan av arbetsstationen på

likande sätt som idag, sedan lyfter mekanismen upp dem och de flyttas successivt framåt. Ett sådant mellanlager hade gett upphov till en lättare lastning av ramlageröverfall och framför allt en lättare hantering av lyftverktyget vid hämtning av ramlageröverfallen. Figur 29 visar principiellt hur matarbordet fungerar, genom att de blå delarna med hjälp av en mekanism lyfts upp och därmed lyfter ramlageröverfallen, de blå delarna flyttas framåt en liten sträcka och sänks ned. Då står ramlageröverfallen återigen på mellanlagret men en liten bit längre fram, detta upprepas succesivt till dess att de främre ramlageröverfallen nått hela vägen fram till kanten, vilket är närmast operatören och cylinderblocket.

En annan fördel med att bygga om mellanlagret är att det då är möjligt att se till att ramlageröverfallen hamnar precis på de positioner där de enkelt kan plockas upp av lyftverktyget, då dagens mellanlager medför ett visst spel mellan de skenor som finns. Detta är ett problem som kan försvåra hämtning av ramlageröverfallen, så dessa skenor behöver vara mer exakta för att medge att ramlageröverfallen endast kan hamna där de ska.

Genom utvärdering framkom det att ett lyftverktyg med ett elektiskt gripdon samt ett magnetiskt lyftverktyg till arbetsstationens baksida var det bästa alternativet till lösning för det ergonomiska problemet. Valet av detta gripdon gjordes på grund av att bultarna kan vara monterade i ramlageröverfallen i förväg vilket hjälper till som styrning vid montering av ramlageröverfallen i cylinderblocket. För att kunna ha bultarna monterade innan ramlageröverfallen lyfts kan de elektriska gripdonens armar bli längre för att förhindra kollision mellan bultarna och lyftverktyget. Alternativt kan lyftverktyget göras smalare så att lyftverktyget hamnar emellan bultarna och på sådant sätt ej kolliderar, som visualiseras i figur 30 där det syns att det finns gott om plats för lyftverktyget mellan bultarna som ska sitta i ramlageröverfallens hål. Figur 31 visar de elektriska gripdonen.



Figur 30: Smalt lyftverktyg, med ramlageröverfall i gripdonen, sett ovanifrån (Författarnas egen bild)



Figur 31: Lyftverktyg med elektriska gripdon, öppna utan ramlageröverfall, sett framifrån (Författarnas egen bild)

7 Diskussion

I följande diskussionskapitel kommer vi att diskutera andra möjliga lösningar som inte har tagits med eller undersökts i arbetet, hur vi eventuellt hade velat förändra arbetet, exempelvis vad gäller hur vi använt olika metoder. Vi diskuterar även vidareutvecklingspotential i den slutliga lösningen och huruvida vi anser arbetet har tagit etik och hållbarhet i beaktning.

En kollaborativ robot hade kunnat vara en bra lösning på problemet. Konceptet slopades möjligtvis för tidigt i processen och har inte tagits i beaktning, då det förmodligen hade krävts ett helt eget dedikerat examensarbete för att undersöka eventuell implementering och programmering osv av en kollaborativ robot på arbetsstationen. Detta gör det omöjligt för oss att ta med det som ett eget likvärdigt utvecklat koncept. En kollaborativ robot eller en helt autonom robotcell hade sannolikt varit det bästa alternativet sett ur ett fysiskt ergonomiskt perspektiv, då det till viss del (alternativt helt och hållet) eliminerar belastningen på operatören. På grund av att det hade krävts väldigt mycket dedikerad tid och arbete för att utveckla ett färdigt koncept med en kollaborativ robot så undersöktes det inte vidare. Dessutom förstod vi att från företagets håll vill de gärna att man först undersöker lösningar som är enkla att implementera och använda, alltså sådana som vi har tagit fram, innan man undersöker en eventuell robotcell eller kollaborativ robot.

Med det sagt, så finns det en väldigt stor potential med kollaborativa robotar och är absolut något som bör undersökas vidare, ifall lösningarna som detta arbete kommit fram till visar sig vara otillräckliga eller icke önskvärda. Det som hade kunnat undersökas är nivån av kollaboration mellan roboten och operatören. Det finns flera olika nivåer av samarbete och interaktion mellan människan och roboten och för att komma fram till en lämplig nivå behöver arbetsstationen och dess arbete undersökas ytterligare.

I början av rapporten beskrev vi att vi under arbetets gång skulle försöka använda oss av metoden deltagande ergonomi. Det var inte lika lätt som vi förväntade oss och det arbetet har inte riktigt blivit av som vi ville. Det deltagande som operatörerna har gjort är att svarat på de frågor som vi ställde vid nulägesanalysen, samt tagit ställning till huruvida de är positivt inställda till de olika lösningsförslagen eller inte och vid det tillfället uttryckt sina åsikter om de olika lösningsförslagen. För att få ett ännu bättre resultat av arbetet hade vi velat ha en mer kontinuerlig dialog med operatörerna under arbetets gång. Att det inte blev så beror främst på att vi inte befann oss på företaget lika mycket som vi trodde att vi skulle göra, samt en upplevd ovilja att störa operatörerna under deras dagliga arbete när vi väl var på plats. Ifall vi hade gjort arbetet igen, hade detta fått ta större plats och en mer kontinuerlig diskussion hade förts med operatörerna. Detta på grund av att vi båda är säkra på att operatörerna har idéer, erfarenhet och kunskaper som kan vara till väldigt stor hjälp vid förbättringsarbeten, så länge diskussionen kan genomföras på ett avslappnat och öppet sätt där alla kan få sina åsikter hörda.

Hade arbetet gjorts om, hade vi fokuserat mer på att förändra den grundläggande konstruktionen av mellanlagret och inte endast på att förändra arbetsstationen runt omkring den. Mellanlagret, som det ser ut i dag, är förmodligen inte det mest optimala och mer tid kunde ha lagts på att försöka förändra och förbättra det som en del av lösningen. Vi har skrivit ett stycke om hur det hade kunnat förändras under 6.6 Vidareutveckling av vinnande förbättringsförslag.

Alternativa sätt för upphängning av lyftverktyg hade kunnat undersökas och analyseras om vi hade dedikerat mer tid. Denna idé kom fram sent i arbetet av inspiration från en annan arbetsstation i fabriken och efter samtal med en produktionschef i fabriken. En alternativ upphängning, i stället för en kättingtelfer, hade kunnat vara helt stel och motordriven. Den går då alltså inte att flytta manuellt och kan enbart flyttas med hjälp av motorer som styrs på en kontrollpanel. Detta gör att lyftverktyget inte kommer att ha möjlighet att gunga på grund av sin egen vikt och operatören kommer kunna ha mer kontroll över den. Detta är något som vi inte har haft tillräckligt med tid eller möjlighet att undersöka, men som vi tror hade varit ett rimligt alternativ.

När det kommer till etik och moral tycker vi att arbetet håller en hög nivå. Vad gäller etik så har diskussionerna och intervjuerna med operatörerna över tid skett med samtycke och med en gemensam överenskommelse att resultaten från dessa endast kommer att användas inom arbetet och inte publiceras i något annat syfte. Allt har varit helt och hållet frivilligt vilket säkerställdes med varje operatör inför varje intervjutillfälle. Det var ingen operatör som tillfrågades som inte ville svara på våra frågor. De svar som vi fick anonymiserades och det är omöjligt för utomstående att identifiera vem som har svarat vad.

Hållbarhet är något svårare att uppskatta och utvärdera. Hållbarhet går att dela upp i tre olika delar, social hållbarhet, ekonomisk hållbarhet och miljömässig hållbarhet. Den slutliga lösningen tar enligt oss social hållbarhet i stor beaktning och kommer att leda till att operatörerna får en säkrare och mer ergonomisk arbetssituation som de förmodligen kommer att trivas bättre på. Vi har tagit operatörernas välbefinnande i beaktning och till viss del låtit dem vara med under processen.

Vad gäller ekonomisk hållbarhet kommer förändringen på kort sikt att kosta pengar då företaget kommer bli tvungna att köpa in komponenter och kommer att få spendera pengar på utvecklingskostnader. Dock, i ett längre perspektiv kan lösningen möjligtvis leda till att företaget slipper sjukskrivningar och de kostnader som är relaterade till dessa samt att vissa operatörer som inte kan arbeta på arbetsstationen i nuläget på grund av redan ådragna skador kan återgå till arbetsstationen.

I detta arbete har social hållbarhet och till viss del ekonomisk hållbarhet fått stå över miljömässig hållbarhet. Nya material och komponenter kommer med största sannolikhet att behöva införskaffas, vilket gör det till en fråga att noggrant bedöma utifrån miljömässig synpunkt. Görs smarta materialval och eventuell återanvändning av komponenter, kan även den miljömässiga hållbarheten hållas till en hög nivå.

8 Slutresultat/rekommendationer

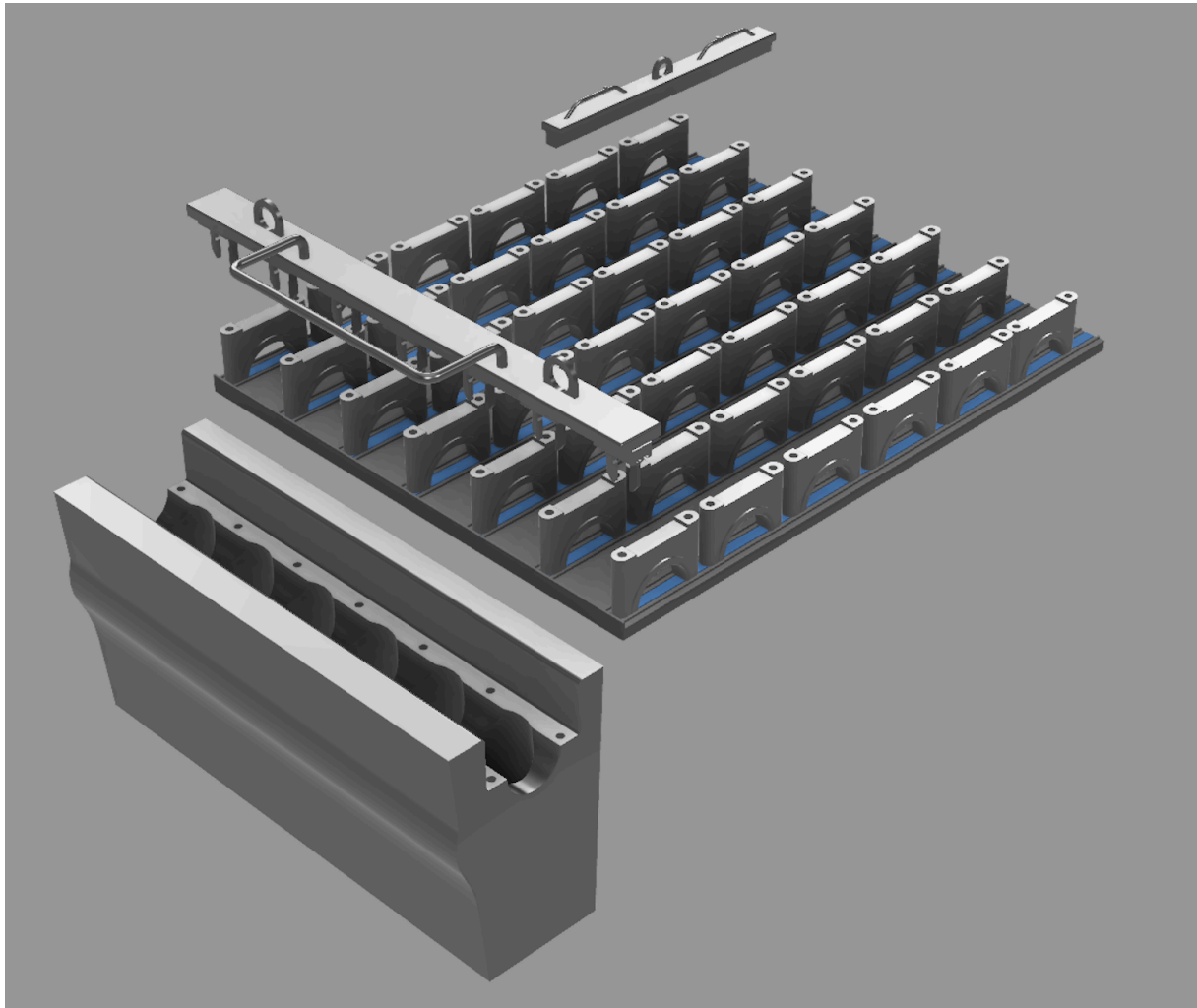
Detta avslutande kapitel kommer presentera hur mycket bättre lösningsförslaget är än nuläget, hur en eventuell implementering hade gått till samt en enklare kostnadsanalys.

8.1 Beskrivning av slutgiltigt koncept

Det koncept som har valts som det slutgiltiga förslaget, elektriskt lyftverktyg samt ett magnetiskt lyftverktyg till arbetsstationens baksida, kommer att beskrivas mer ingående här nedan.

Lyftverktyget kommer vara elektriskt styrt och vara utformat med elektriska gripdon som greppar ramlageröverfallens mitt. Detta lyftverktyg är tänkt att vara upphängt i en kättingtelfer. Styrningen uppåt och nedåt sker med knappar som sitter på lyftverktygets handtag och kan därmed styras i höjdlid samtidigt som den manövreras av operatören. Styrningen i sidled och framåt och bakåt som kommer utföras för att positionera lyftverktyget kommer att styras manuellt av operatören. Att lyftverktyget är tänkt att användas tillsammans med en kättingtelfer beror på att det är en lösning som redan används på företaget och förväntas även fungera bra i denna applikation. Det ger även möjligheten för operatören att själv styra lyftverktyget manuellt, vilket gör det enkelt att göra små justeringar. En annan anledning är att mest fokus och energi lades på att utveckla lyftverktyget och inte upphängningen.

De tidigare upprättade huvudfrågeställningarna har besvarats i de framtagna koncepten då alla de koncept som klarade elimineringen anses uppnå de krav som ställts. De framtagna koncepten visar tydligt att det på olika sätt är möjligt att förbättra ergonomin för operatörerna utan att påverka arbetsstationens tillgängliga yta. Med hjälp av en elimineringsmatris och två stycken Pughmatriser framkom en lösning som ansågs vara mest lämpad både för fysisk ergonomi och troligtvis även för ekonomisk påverkan för företaget. Denna lösning är som tidigare nämnt ett elektriskt lyftverktyg med ett magnetiskt lyftverktyg till arbetsstationens baksida. Efter intervjuer med operatörerna angående lösningsförslagen så accepterades lösningen med lyftverktyg av samtliga operatörer, och var under hela processen den lösning som lyftes fram av operatörerna som bäst. Figur 32 visar den slutgiltiga lösningen i CAD. Det som inte är med i figuren är lyftbordet samt upphängningen av lyftverktygen, samt den bana som cylinderblocket löper på. Detta är saker som vi valt att utelämna då de inte är viktiga för lösningen i sig.



Figur 32: Slutgiltigt lösningsförslag (Författarnas egen bild)

Sekvens nummer	Aktivitet
1	Montering av 14 styrdon
2	Montering av 14 hylsor
3	Maskinen pressar ner hylsorna
4	Hämta och placera 14 bultar i ramlageröverfallens hål
5	Borttagning av 14 styrdon
6	Hämtning av lyftverktyg
7	Positionering av lyftverktyg
8	Greppa ramlageröverfallen med lyftverktyget genom knapptryckning
9	Positionering av lyftverktyg för montering
10	Montering av ramlageröverfall med hjälp av lyftverktyget
11	Lämning av lyftverktyg
12	Gå till stationens baksida (1/6)
13	Sänk buffertbana till arbetshöjd (1/6)
14	Hämtning av magnetiskt lyftverktyg (1/6)
15	Positionering av magnetiskt lyftverktyg (1/6)

16	Greppa 3 ramlageröverfall på det magnetiska lyftverktyget, lämna i respektive skena i mellanlagret (1/6)
17	Upprepa steg 16 tills mellanlagret är fullt (1/6)
18	Ladda på 3 x 7 ramlageröverfall på buffertbana (1/6)
19	Lämning av lyftverktyg (1/6)
20	Höj buffertbana till produktionshöjd (1/6)
21	Fyll på hylsor i mellanlager (1/6)
22	Gå tillbaka till arbetsstationens framsida (1/6)

Tabell 7: Sekvensbeskrivning slutlig lösning

Tabell 7 visar den sekvensbeskrivning som det slutliga förbättringsförslaget ger upphov till. Vid montering av ramlageröverfallen med hjälp av lyftverktyget blir sekvensbeskrivningen längre där fler sekvenser behöver utföras i jämförelse med nulägets sekvensbeskrivning. Detta kommer troligtvis leda till att monteringen av ramlageröverfallen kommer att ta något längre tid. Däremot är de ergonomiska vinsterna så pass omfattande vilket gör att den ökade tidsåtgången är hanterbar. Produktionshastigheten bedöms inte öka, på grund av att mantiden, den tid det tar för operatören att genomföra arbetet, fortfarande bedöms vara kortare än maskintiden. Det är alltså maskintiden som bestämmer takten.

8.2 Förbättringar, hur mycket bättre?

För att undersöka hur stora förbättringarna blev har vi återigen använt oss av Jack och RULA. Vi har redan undersökt hur lösningen presterar jämfört med nuläget i en KIM-analys, där lyftverktygen var en klar förbättring. För att ytterligare visa på förbättringen använder vi Jack på samma sätt som i nulägesanalysen men med den förbättrade arbetsstationen. Detta gav följande resultat: I läget där operatören hämtar ramlageröverfallen från mellanlagret med hjälp av lyftverktyget får RULA-analysen genom Jack värdet 3, vilket är ett lågt värde. Ett värde på 3 innebär enligt RULA att arbetssituationen bör utvärderas närmare. Trots det, är det en väldigt stor förbättring från det tidigare värdet på 7, som säger att en förändring behöver ske snarast. Att arbetssituationen enligt resultatet bör utvärderas närmare ser vi som en naturlig och ytterst viktig del av det ständiga förbättringsarbetet som ständigt bör fortgå. Det finns säkert andra lösningar som hade fått ner resultaten ännu mer, men utifrån de förutsättningar som fanns nu så är vår lösning den bäst lämpade.

Samma värde får analysen av läget där operatören lämnar ramlageröverfallen i cylinderblocket. Att värdena blir så pass mycket lägre än i nulägesanalysen beror främst på att operatören inte gör några belastade lyft, utan använder lyftverktyget för att lyfta. Resultaten och visualiseringar av hur operatören står vid hämtning respektive lämning visas i bilaga 5 och bilaga 6.

Lösningen är även väl anpassad för en arbetspopulation som skiljer sig åt när det kommer till längd och kroppsstorlek. Lyftverktyget kommer att kunna användas av både de kortaste och de längsta personerna utan några bekymmer eller hinder. De kortaste kan få sträcka sig något längre, men eftersom rörelserna är obelastade är det mindre problematiskt.

Eftersom lösningen bidrar till en stor förbättring av den fysiska ergonomin på arbetsstationen, vilket var det huvudsakliga syftet med arbetet, bör den implementeras. Det är även en förbättring som kommer att tas väl emot av operatörerna och en lösning som de tror på och vill ha. Det innebär att den eventuella implementeringen blir enklare, samtidigt som operatörerna är mer villiga att vara med och utveckla lösningen och komma med förslag och egna idéer. Hade lösningen blivit sämre bemött, tror vi att det är svårare att samarbeta med operatörerna och därmed också att hitta en lösning som alla är nöjda med. I slutändan så görs förbättringsarbetet främst för operatörerna, för att de ska få en mer säker och ergonomisk arbetssituation, vilket vår lösning till väldigt stor del bidrar till.

Ett annat syfte var att förbättringen skulle göra arbetsstationen mer rationell och minimera förluster enligt 3M. En vinst när det kommer till förluster, är att alla 7 ramlageröverfallen nu kan förflyttas samtidigt i stället för en och en. Det leder till en kortare transportsträcka och att det endast blir ett moment att lyfta ner ramlageröverfallen i cylinderblocket. Men den absolut största vinsten är fortfarande relaterad till den ergonomiska förbättringen, vilket vi till största del har fokuserat på. Operatörerna kommer att minimera den kroppsliga belastningen som de utsätts för i dagsläget på arbetsstationen.

Utifrån kostnadsanalysen i 8.4 Kostnader, kom vi fram till att lösningen ligger en bra bit under den kostnad som sattes upp i början av arbetet. Lösningen uppfyller med andra ord de målsättningar som arbetet hade, och är en förbättringslösning som kommer att leda till en mer fysiskt ergonomiskt gynnsam arbetsstation som operatörerna kommer att trivas bättre på.

8.3 Implementering

Alla lösningsförslag som tagits fram har utvecklats med implementering i åtanke. Däremot har de olika lösningsförslagen olika stora omfattningar vid implementering. Konceptgrupp 1, lyftverktyg, anses vara den enklaste lösningen att implementera i dagens produktion då de kan monteras vid arbetsstationen även under produktion då de ej påverkar arbetsstationens funktion och arbetet kan förmodligen fortskrida på samma sätt som idag. Däremot behöver troligtvis ett mindre produktionsstopp göras ifall mellanlagret byggs om eller byts ut och måste implementeras på arbetsstationen. Vi tror inte att implementeringen kommer att påverka den nuvarande produktionen nämnvärt, utan den kommer förmodligen kunna fortskrida under implementeringen. Vi tror att en del av monteringsarbetet kan ske parallellt med arbetet på stationen.

Konceptgrupp 2, förlängt mellanlager, skulle troligast påverka produktionen mer än lyftverktyget då delar av arbetsstationen behöver byggas om och delar behöver läggas till, så som ett nytt mellanlager, skenor och metallskiva. Vid implementering av ett förlängt mellanlager kommer troligen produktionen bli mer påverkad då ett längre uppehåll kommer att behöva göras. Det är dock troligtvis möjligt att fortsätta monteringen under omkonstruktionen, genom att operatörerna får hämta ramlageröverfallen direkt från pallarna som flyttas till arbetsstationen framsida.

8.4 Kostnader

En referenskostnad sattes upp i början av projektet på 1 000 000 kr. Vi antar, baserat på kostnadsanalysen att alla de slutgiltiga lösningarna som tagits fram kommer att hamna under budgetgränsen. Något som kan påverka kostnaden är däremot eventuella produktionsstopp och de ekonomiska förluster som blir påföljden av ett stopp. Då vi ej har exakt information eller kunskaper angående hur stora förlusterna blir vid produktionsstopp, så kan vi inte med säkerhet konstatera att konceptet tillsammans med eventuella förluster inte överstiger den utnämnda budgeten. Däremot tror vi med största sannolikhet att investeringen i lyftverktyget samt det förlängda mellanlagret kommer att klara budgeten.

Vid undersökning av vad liknande komponenter kostar så kom vi fram till följande:
Samtliga kostnader är inklusive moms.

En svängarm med tillhörande telfer kostar maximalt 150 000 kr (Runelandhs.se, u.å)

Ett lyftbord kostar mellan 15 000–30 000 kr (Lyftonline.se, u.å)

Elektriskt gripdon kostar maximalt 10 000 kr (Festo.com, u.å) och lyftverktyget använder 7, vilket totalt blir 70 000 kronor.

Elektromagneter till lyftverktyg på baksidan kostar 15 000 kr (Solenoidninja.com, u.å)

Sedan tillkommer kostnader för utvecklingsarbete, eventuella prototyper som företaget behöver tillverka samt material de behöver köpa in med mera. Om lösningen använder två svängarmar, en till lyftverktyget på framsidan och en till lyftverktyget på baksidan så kommer kostnaden oavsett inte komma i närheten av 1 000 000 kronor.

Vi försökte hitta ett liknande lyftverktyg för att kunna jämföra eventuell kostnad, men hittade inga likvärdiga då det är en väldigt unik tillämpning.

Det var svårt att få fram kostnader utan att göra en offertförfrågan, vilket inte är möjligt att göra för oss som studenter. Kostnaderna som tagits fram är alltså de kostnader som fanns tillgängliga för privatpersoner utan att göra en offertförfrågan och kan vara något missvisande. Men då de endast används för att ge en fingervisning är de eventuella felen försumbara. Vissa komponenter kommer också att behöva modifieras eller specialbeställas, vilket kan förändra priserna.

8.5 Slutsats

Följande kapitel är tänkt att knyta an till de huvudfrågeställningar som ställdes upp i början av arbetet och som arbetet var tänkt att ge svar på. Huvudfrågeställningarna kommer att upprepas och vi kommer att reflektera över hur väl de blev uppfyllda. Huvudfrågeställningarna är följande:

- *På vilka olika sätt är det möjligt att förbättra ergonomin på arbetsstationen med hänsyn till den tillgängliga ytan?*

Vi har visat, med de framtagna förbättringsförslagen, på vilka olika sätt det är möjligt att förbättra den fysiska ergonomin på arbetsstationen. Konceptgrupp 1 och konceptgrupp 2 har analyserats med hjälp av KIM och förbättrar enligt dessa analyser den fysiska ergonomin på arbetsstationen. Hänsyn har vid utvecklingsarbetet tagits till den tillgängliga ytan och inget av de konceptförslag som har tagits fram tar mer plats än den yta som finns tillgänglig.

- *Vilka av dessa förbättringar är bäst med hänsyn tagen till fysisk ergonomi och ekonomisk påverkan för företaget?*

Utvärderingsprocessen som genomfördes visade entydigt att det finns ett förbättringsförslag som var bäst med hänsyn till fysisk ergonomi. Det slutgiltiga konceptet presterar märkvärt bättre än nuläget i de analysverktyg som har använts. Den ekonomiska påverkan för företaget har inte undersökts lika mycket som den fysiska ergonomin, den kostnadsanalys som genomförts under kapitel 8.4 Kostnader är det enda som beskriver den ekonomiska påverkan för företaget.

- *Hur kommer lösningsförslaget tas emot av operatörerna?*

Det slutliga konceptet, som beskrivs under 8.1 Beskrivning av slutgiltigt koncept har tagits emot mycket väl av de tillfrågade operatörerna. Konceptet presenterades för de operatörer som tidigare under arbetet har tillfrågats och agerat intervjuunderlag och deras åsikter efterfrågades. Samtliga operatörer, 8 stycken, var mycket positivt inställda till konceptet. De anser att det är ett förbättringsförslag som de tror kommer att förbättra deras arbetssituation markant och som de tror att de kommer att ha nytta av.

Referenser

AJM Robotics (u.å) MATExt exoskelett

Hemsida: <https://exoskelett.se/mate/>

Arbetsmiljöforum (2022). Extra skelett ger stöd

Hemsida: <https://www.arbetsmiljoforum.se/nyheter/extra-skelett-ger-stoed/>

Arbetsmiljöverket (2022). Belastningsergonomi. Hemsida:

<https://www.av.se/halsa-och-sakerhet/belastningsergonomi/#1>

Arbetsmiljöverket (2012) Belastningsergonomi, AFS 2012:2. Hemsida:

<https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/belastningsergonomi-foreskrifter-afs2012-2.pdf>

BAuA Federal Institute for Occupational Safety and Health (u.å). KIM LHC

Hemsida: https://www.baua.de/SiteGlobals/Forms/Suche/BAuA/EN/Expertensuche_Formular.html?resourceId=5a653dbc-701f-4b31-8977-d8f244261d3b&input_=28bdf32-884d-468a-9881-0f68b52c4d1f&pageLocale=en&templateQueryStringExpert=kim+lhc&submit=Search

Berlin, C. & Adams, C. (2017). *Production ergonomics: designing work systems to support optimal human performance*. London: Ubiquity Press.

Burgess-Limerick, R. (2018). Participatory ergonomics: Evidence and implementation lessons

Hemsida: <https://reader.elsevier.com/reader/sd/pii/S0003687017302740?token=F7C64B23755B7374C6E1883A107DFE659CC5246AF36B77FD51871AA4E098ED5EC7B5020282865AC42AD18585564F8FFF&originRegion=eu-west-1&originCreation=20230303130550>

DB Schenker (u.å) Kan bärbara robotar ge hälsosammare arbetsvillkor?

Hemsida: <https://www.dbschenker.com/se-sv/om-oss/presscenter/global-stories/exoskelett>

Denscombe, M. (2016). *Forskningshandboken för småskaliga forskningsprojekt inom samhällsvetenskaperna*. Johanneshov: MTM.

ErgoPlus (u.å). A Step-by-Step Guide to the RULA Assessment Tool

Hemsida: <https://ergo-plus.com/rula-assessment-tool-guide/>

Festo (u.å) Parellel grippers

Hemsida: https://www.festo.com/se/en/c/products/industrial-automation/pneumatic-grippers/mechanical-grippers/parallel-grippers-id_pim487/?page=0

Johannesson, H., Persson, J. & Pettersson, D. (2013). *Produktutveckling: effektiva metoder för konstruktion och design*. (2. uppl.) Stockholm: Liber.

Lyftonline (u.å) Lyftbord

Hemsida: <https://www.lyftonline.se/sok/lyftbord>

Mindtools (u.å). Brainstorming

Hemsida: <https://www.mindtools.com/acv0de1/brainstorming>

Runelandhs (u.å) Svängkranar med eltelfer

Hemsida: <https://www.runelandhs.se/lager-och-industri/lyftutrustning/sv%C3%A4ngkranar-telfrar/pelarsv%C3%A4ngkran-med-eltelfer-donati>

Siemens Industry Software (2011) Jack

Hemsida: https://www.plm.automation.siemens.com/media/store/en_us/4917_tcm1023-4952_tcm29-1992.pdf

Sjögren Lindquist, G. Wadensjö, E. (2010). Samhällsekonomiska kostnader för arbetsmiljöproblem. Hemsida:

<https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/kunskapssammanstallningar/samhallsekonomiska-kostnader-arbetsmiljoproblem-kunskapssammanstallning-rap-2010-02.pdf>

Solenoid-ninja (u.å) Rectangular electromagnet

Hemsida: <https://solenoid-ninja.com/rectangular-electromagnet-holding-force-880n-to-10400n/>

Statistiska centralbyrån (2018). Störst folkökning att vänta bland de äldsta

Hemsida: <https://www.scb.se/hitta-statistik/statistik-efter-amne/befolkning/befolkningsframskrivningar/befolkningsframskrivningar/pong/statistiknyhet/sveriges-framtida-befolkning-20182070/>

SuitX (2021) Ottobock Shoulder

Hemsida: <https://www.suitx.com/obs>

Universal Robots (2020). Robot gripper showdown: air gripper vs. Electric gripper

Hemsida: <https://www.universal-robots.com/blog/robot-gripper-showdown-air-gripper-vs-electric-gripper/>

Zandin, K.B. & Maynard, H.B. (red.) (2001). *Maynard's industrial engineering handbook*. (5th ed.) New York: McGraw-Hill.

Wikipedia contributors. (2023). Muda (Japanese term). Wikipedia.

Hemsida: [https://en.wikipedia.org/wiki/Muda_\(Japanese_term\)](https://en.wikipedia.org/wiki/Muda_(Japanese_term))

Bilagor

Bilaga 1

Resultat från RULA med hjälp av Jack vid nulägesanalysen

Rapid Upper Limb Assessment (RULA) ×

Task Entry | Reports | Aalysis Summary

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

Body Group A Posture Rating

Upper arm:	4
Lower arm:	3
Wrist:	2
Wrist Twist:	1
Total:	5

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: 2-10 kg intermittent load
Arms: Not supported

Body Group B Posture Rating

Neck:	1
Trunk:	4
Total:	6

Muscle Use: Normal, no extreme use
Force/Load: 2-10 kg intermittent load

Legs and Feet Rating

Standing, weight even. Room for weight changes.

Grand Score: 7

Action: Investigation and changes are required immediately.

Usage | Dismiss

Bilaga 2

Resultat från KIM vid nulägesanalysen

Nyckelindikatormetod för bedömning och utformning av belastningar vid att manuellt lyfta, hålla och bära laster ≥ 3 kg (KIM-LHC)													
Arbetsplats / delmoment:													
Arbetsdagens längd:						Bedömare:							
Delmomentets längd:						Datum:							
Steg 1: Tidspoäng													
Frekvens [upp till ... ggr per delmoment och arbetsdag]:	5	20	50	100	150	220	300	500	750	1000	1500	2000	2500
Tidspoäng	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	9	10
Steg 2: Bedömningspoäng för ytterligare faktorer													
Effektiv lastvikt ¹⁾	Lastpoäng män				Lastpoäng kvinnor								
3 till 5 kg	4				6								
> 5 till 10 kg	6				9								
> 10 till 15 kg	8				12								
> 15 till 20 kg	11				25								
> 20 till 25 kg	15				75								
> 25 till 30 kg	25				85								
> 30 till 35 kg	35												
> 35 till 40 kg	75												
> 40 kg	100				100								
¹⁾ "Effektiv lastvikt" avser den belastningen som den anställde faktiskt utsätts för. Vid tippning av en kartong verkar endast 50 % av lastens vikt, bärs en last av två verkar per person ca. 60 % av lastvikten (p.g.a. ökad krav på lastkontroll och koordinering kan man inte utgå från 50 %).													
Lastupptagningsförutsättningar												Poäng	
Lastupptagning med båda händer och symmetrisk												0	
Lastupptagning sker tidvis med en hand och/eller osymmetrisk, ojämn lastfördelning mellan händerna												2	
Lastupptagning sker övervägande med en hand eller instabil												4	
Kroppshållning ²⁾													
Rörelsen kan ske åt båda håll, d.v.s. nedanstående piktogram kan representera både starten och slutet av lasthanteringen. Finns det flera piktogram i ett fält ska dessa anses likvärdiga. Dessutom ska kroppsvridning / -sidolutning, lastposition, grepp på distans, arbete med upplyfta händer och grepp över axelhöjd beaktas (tilläggs-poäng).													
Start / mål	Mål / start	Poäng	Start / mål	Mål / start	Poäng	Tilläggs-poäng (max. 6 poäng) Endast relevant, om tillämpligt							
		0			10 ³⁾	Enstaka kroppsvridningar resp. sidolutning förekommande		+1					
		3			13 ³⁾	Lasttyngdpunkten resp. händerna ibland långt från kroppen		+1					
		5			15 ³⁾	Armar ibland lyfta, händerna mellan armbågs- och axelhöjd		+0,5					
		7			18 ³⁾	Armar ofta/lämmt lyfta, händerna mellan armbågs- och axelhöjd		+1					
		9 ³⁾			20 ³⁾	Händerna ibland över axelhöjd		+1					
		9 ³⁾			20 ³⁾	Händerna i ofta/lämmt över axelhöjd		+2 ³⁾					
		Poäng kroppshållning			Tilläggs-poäng	Summa							
		5			4	9							

²⁾ I synnerhet bör de typiska kroppshållningarna vid lastupptagning och -nedsänkning beaktas. Sällsynta avvikelser kan försummas. Utförs lyft / hållarbetet sittande, t.ex. vid förflyttning ska piktogrammen tillämpas på motsvarande sätt. Hög lastvikt vid sittande lasthantering bör undvikas

³⁾ OBS: Om denna kategori har valts, rekommenderas att utvärdera detta delmoment även med KIM-ABP (kroppshållning)!

Ogynnsamma utföringsförhållanden (anges endast om tillämpligt) / tabellerna inte nämnda faktorer bör beaktas på motsvarande sätt. Sällsynta avvikelser kan försummas.	Mellanpoäng (ZW)	Σ ZW
Hand-/armställning-rörelse: 	1 2	0
Kraftöverföring-/inlittering begränsad: Dålig greppbar last / förhöjda hållkrafter nödvändiga / inga utformade handtag / arbetshandskar	1	
Kraftöverföring-/inlittering avsevärt begränsad: Laster nästintill ogreppbara / oljiga, mjuka, vassa / inga eller olämpliga handtag / arbetshandskar	2	
Omgivningsförutsättningar begränsade: ogynnsamma väderleksförhållanden och/eller belastning genom värme, drag, kyla, blöta	1	
Begränsat utrymme: För liten arbetsyta mindre än 1,5 m ² , lätt nedsmutsat golv, något ojämnt, lätt lutning upp till 5°, lätt begränsad stabilitet, krav på att positioner lasten exakt	1	
Ogynnsamma utrymmen: Mycket begränsad rörelsefrihet eller utrymme med för låg höjd, arbete i trångt utrymme, starkt nedsmutsat golv, ojämnt eller stenlagt, trappsteg/islaghål, större 5-10°, begränsad stabilitet, krav på att positioner lasten mycket exakt	2 ⁴⁾	
Kläder: Ytterligare belastning genom hindrande kläder eller utrustning (t.ex. tunga regnrockar, heltäckande skyddskläder, andningsutrustning, verktygsbälten o.d.)	1	
Påfrestning genom att hålla / bära: lasten måste hållas mellan > 5 och 10 sekunder eller transporteras över ett avstånd mellan > 2 m och 5 m.	2	
Betydlig påfrestning genom att hålla / bära: lasten måste hållas > 10 sekunder eller transporteras över ett avstånd > 5 m.	5 ⁴⁾	
Inga: det föreligger inga ogynnsamma utföringsförhållanden.	0	

⁴⁾ OBS: Råder det ogynnsamma rumsliga förhållanden vid bärandet av lasten eller om lasten ska bäras över ett avstånd > 10 m, ska detta delmoment bedömas enligt KIM-BM!

Arbetsorganisation / tidfördelning	Poäng
Bra: frekvent belastningsvariation genom andra sysslor (med olika belastningssätt) / ingen tät följd av högre belastningar inom ett belastningssätt under en arbetsdag.	0
Begränsad: sällan belastningsvariation genom andra sysslor (med olika belastningssätt) / ibland tät följd av högre belastningar inom ett belastningssätt under en arbetsdag.	2
Ogynnsam: Ingen/nästintill belastningsvariation genom andra sysslor (med olika belastningssätt) / ofta tät följd av högre belastningar inom ett belastningssätt under en arbetsdag med ibland höga belastningstoppar.	4

Steg 3: Utvärdering och bedömning

	M	W	
Effektiv lastvikt	6	9	
Lastupptagningsförutsättningar +	4		
Summa kroppshållning +	9		
Ogynnsamma utföringsförhållanden (Σ ZW) +	0		
Arbetsorganisation/tidfördelning +	0		
	Summa indikatorpoäng:		Resultat
Tidspoäng	x	3,2	=
	19	22	=
	61	70	

Baserat på det beräknade poängantalet och följande tabell kan en grov bedömning göras:

Risk	Risikområde	Belastningsnivå ³⁾	a) Sannolikhet för fysisk överansträngning b) Möjliga hälsokonsekvenser	Åtgärder
	1	< 20 poäng	läg a) Fysisk överbelastning är osannolikt b) Hälsorisk förväntas inte	Inga
	2	20 - < 50 poäng	måttligt förhöjd a) Fysisk överbelastning kan ske hos mindre belastningståliga personer. b) Trötthet, mindre anpassningssvårigheter som kan kompenseras på fritiden	För mindre belastningståliga personer är åtgärder för utformning och andra förebyggande åtgärder skäliga.
	3	50 - < 100 poäng	betydligt förhöjd a) Fysisk överbelastning kan ske även hos normalt belastningståliga personer b) Besvär (smärtor) eventuellt med funktionsstörningar, mestadels reversibla, utan morfologiska manifestationer	Åtgärder för utformning och andra förebyggande åtgärder bör provas.
	4	≥ 100 poäng	hög a) Fysisk överbelastning är sannolikt. b) Starkare besvär och/eller funktionsstörningar, strukturella skador med sjukdomsvärde	Utformningsåtgärder krävs. Övriga preventiva åtgärder bör provas.

³⁾ Gränserna mellan risikområdena är p.g.a. individuella arbetstekniker och prestationsförutsättningar flytande. Klassificeringen bör därför endast tolkas som orienteringshjälp. Principiellt kan antas att sannolikheten för fysisk överbelastning ökar med stigande poäng.

Bilaga 3

Resultat från KIM för konceptgrupp 1

Steg 1: Tidspoäng													
Frekvens [upp till ... ggr per delmoment och arbetsdag]:	5	20	50	100	150	220	300	500	750	1000	1500	2000	2500
Tidspoäng	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	9	10

Steg 2: Bedömningspoäng för ytterligare faktorer		
Effektiv lastvikt ¹⁾	Lastpoäng män	Lastpoäng kvinnor
3 till 5 kg	4	6
> 5 till 10 kg	6	9
> 10 till 15 kg	8	12
> 15 till 20 kg	11	25
> 20 till 25 kg	15	75
> 25 till 30 kg	25	85
> 30 till 35 kg	35	
> 35 till 40 kg	75	100
> 40 kg	100	

¹⁾ "Effektiv lastvikt" avser den belastningen som den anställde faktiskt utsätts för. Vid tipning av en kartong verkar endast 60 % av lastens vikt, bärs en last av två verkar per person ca. 60 % av lastvikt (p.g.a. ökad krav på lastkontroll och koordinering kan man inte utgå från 60 %).

Lastupptagningsförutsättningar	Poäng
Lastupptagning med båda händer och symmetrisk	0
Lastupptagning sker tidvis med en hand och/eller osymmetrisk, ojämn lastfördelning mellan händerna	2
Lastupptagning sker övervägande med en hand eller instabil	4


Kroppshållning ²⁾					
Rörelsen kan ske åt båda håll, d.v.s. nedanstående piktogram kan representera både starten och slutet av lasthanteringen. Finns det flera piktogram / ett följt ska dessa anses likvärdiga. Dessutom ska kroppsvridning / sidolutning, lastposition, grepp på distans, arbete med upplyfta händer och grepp över axelhöjd beaktas (tilläggs-poäng).					
Start / mål	Mål / start	Poäng	Start / mål	Mål / start	Poäng
		0			10 ³⁾
		3			13 ³⁾
		5			15 ³⁾
		7			18 ³⁾
		9 ³⁾			20 ³⁾

Tilläggs-poäng (max. 6 poäng) Endast relevant, om tillämpligt.		
Enstaka kroppsvridningar resp. sidolutning förekommande	+1	
Frekventa kroppsvridningar resp. sidolutning förekommande	+3	
Lasttyngdpunkten resp. händerna ibland långt från kroppen	+1	
Lasttyngdpunkten resp. händerna ofta långt från kroppen	+3 ³⁾	
Armar ibland lyfta, händerna mellan armbågs- och axelhöjd	+0,5	
Armar ofta/jämnt lyfta, händerna mellan armbågs- och axelhöjd	+1	
Händerna ibland över axelhöjd	+1	
Händerna ofta/jämnt över axelhöjd	+2 ³⁾	

Poäng kroppshållning	Tilläggs-poäng	Summa
0		0

²⁾ I synnerhet bör de typiska kroppshållningarna vid lastupptagning och -nedstänkning beaktas. Sällsynta avvikelser kan försummas. Utförs lyft / hållarbete sittande, t.ex. vid förflyttning ska piktogrammen tillämpas på motsvarande sätt. Högre lastvikter vid sittande lasthantering bör undvikas

³⁾ OBS: Om denna kategori har valts, rekommenderas att utvärdera detta delmoment även med KIM-ABP (kroppshållning)!

Ogynnsamma utföringsförhållanden (anges endast om tillämpligt) I tabellerna inte nämnda faktorer bör beaktas på motsvarande sätt. Sällsynta avvikelser kan försummas.	Mellanpoäng (ZW)	Σ ZW
Hand-/armställning-rörelse: 	Ibland på gränsen till rörlighetsområdet Ofta/jämnt på gränsen till rörlighetsområdet	1 2
Kraftöverföring-/Initiering begränsad: Dålig greppbar last / förhöjda hällkrafter nödvändiga / Inga utformade handtag / arbetshandskar		1
Kraftöverföring-/Initiering avsevärt begränsad: Laster nästintill ogreppbara / oljiga, mjuka, vassa / Inga eller olämpliga handtag / arbetshandskar		2
Omgivningsförutsättningar begränsade: ogynnsamma väderleksförhållanden och/eller belastning genom värme, drag, kyla, blöta		1
Begränsat utrymme: För liten arbetsyta mindre än 1,5 m ² , lätt nedsmutsat golv, något ojämnt, lätt lutning upp till 5°, lätt begränsad stabilitet, krav på att positioner lasten exakt		1
Ogynnsamma utrymmen: Mycket begränsad rörelsefrihet eller utrymme med för låg höjd, arbete i trångt utrymme, starkt nedsmutsat golv, ojämnt eller stenlagt, trappslegslaghål, större 5-10°, begränsad stabilitet, krav på att positioner lasten mycket exakt		2 ⁴⁾
Kläder: Ytterligare belastning genom hindrande kläder eller utrustning (t.ex. tunga regnrockar, heltäckande skyddskläder, andningsutrustning, verktygsbälten o.d.)		1
Påfrestning genom att hålla / bära: lasten måste hållas mellan > 5 och 10 sekunder eller transporteras över ett avstånd mellan > 2 m och 5 m.		2
Betydlig påfrestning genom att hålla / bära: lasten måste hållas > 10 sekunder eller transporteras över ett avstånd > 5 m.		5 ⁴⁾
Inga: det föreligger inga ogynnsamma utföringsförhållanden.		0

⁴⁾ OBS: Råder det ogynnsamma rumsliga förhållanden vid bärandet av lasten eller om lasten ska bäras över ett avstånd > 10 m, ska detta delmoment bedömas enligt KIM-BMI

Arbetsorganisation / tidsfördelning	Poäng
Bra: frekvent belastningsvariation genom andra sysslor (med olika belastningssätt) / Ingen tät följd av högre belastningar inom ett belastningssätt under en arbetsdag.	0
Begränsad: sällan belastningsvariation genom andra sysslor (med olika belastningssätt) / Ibland tät följd av högre belastningar inom ett belastningssätt under en arbetsdag.	2
Ogynnsam: Ingen/måstintill belastningsvariation genom andra sysslor (med olika belastningssätt) / ofta tät följd av högre belastningar inom ett belastningssätt under en arbetsdag med ibland höga belastningstoppar.	4

Steg 3: Utvärdering och bedömning

		M	W	
Effektiv lastvikt	4	6		
Lastupptagningsförutsättningar +	0			
Summa kroppshållning +	0			
Ogynnsamma utföringsförhållanden (Σ ZW) +	0			
Arbetsorganisation/tidsfördelning +	0			
Summa indikatorpoäng:	4	6	=	6 9
Tidspoäng x 1,5				
	6	9		

Baserad på det beräknade poängantalet och följande tabell kan en grov bedömning göras:

Risk	Risikområde	Belastningsnivå ¹⁾	a) Sannolikhet för fysisk överansträngning b) Möjliga hälsokonsekvenser	Åtgärder
	1	< 20 poäng	a) Fysisk överbelastning är osannolikt b) Hälsorisk förväntas inte	Inga
	2	20 - < 50 poäng	a) Fysisk överbelastning kan ske hos mindre belastningstålga personer. b) Trötthet, mindre anpassningsvärdigheter som kan kompenseras på fritiden	För mindre belastningstålga personer är åtgärder för utformning och andra förebyggande åtgärder skälliga.
	3	50 - < 100 poäng	a) Fysisk överbelastning kan ske även hos normalt belastningstålga personer b) Besvär (smärtor) eventuellt med funktionsstörningar, mestadels reversibla, utan morfologiska manifestationer	Åtgärder för utformning och andra förebyggande åtgärder bör prövas.
	4	≥ 100 poäng	a) Fysisk överbelastning är sannolikt. b) Starkare besvär och/eller funktionsstörningar, strukturella skador med sjukdomsvärde	Utformningsåtgärder krävs. Övriga preventiva åtgärder bör prövas.

¹⁾ Gränserna mellan risikområdena är p.g.a. individuella arbetstekniker och prestationsförutsättningar flytande. Klassificeringen bör därför endast tolkas som orienteringshjälp. Principiellt kan antas att sannolikheten för fysisk överbelastning ökar med stigande poäng.

Bilaga 4

Resultat från KIM för konceptgrupp 2

Steg 1: Tidspoäng

Frekvens (upp till ... ggr per delmoment och arbetsdag):	5	20	50	100	150	220	300	500	750	1000	1500	2000	2500
Tidspoäng	1	1,5	2	2,5	3	3,5	4	5	6	7	8	9	10

Steg 2: Bedömningspoäng för ytterligare faktorer

Effektiv lastvikt ¹⁾	Lastpoäng män	Lastpoäng kvinnor
3 till 5 kg	4	6
> 5 till 10 kg	6	9
> 10 till 15 kg	8	12
> 15 till 20 kg	11	25
> 20 till 25 kg	15	75
> 25 till 30 kg	25	85
> 30 till 35 kg	35	
> 35 till 40 kg	75	100
> 40 kg	100	

¹⁾ "Effektiv lastvikt" avser den belastningen som den anställde faktiskt utsätts för. Vid öppning av en kartong verkar endast 60 % av lastens vikt, bärs en last av två verkar per person ca. 60 % av lastvikten (p.g.a. ökad krav på lastkontroll och koordinering kan man inte utgå från 60 %).

Lastupptagningsförutsättningar	Poäng
Lastupptagning med båda händer och symmetrisk	0
Lastupptagning sker delvis med en hand och/eller osymmetrisk, ojämn lastfördelning mellan händerna	2
Lastupptagning sker övervägande med en hand eller instabil	4


Kroppshållning²⁾

Rörelsen kan ske åt båda håll, d.v.s. nedanstående piktogram kan representera både starten och slutet av lasthanteringen. Finns det flera piktogram / ett följt ska dessa anses illvärdiga. Dessutom ska kroppsvridning / -sidolutning, lastposition, grepp på distans, arbete med upplyfta händer och grepp över axelhöjd beaktas (tilläggspoäng).

Start / mål	Mål / start	Poäng	Start / mål	Mål / start	Poäng	Tilläggspoäng (max. 6 poäng) Endast relevant, om tillämpligt										
		0			10 ³⁾	Enstaka kroppsvridningar resp. sidolutning förekommande -1 Frekventa kroppsvridningar resp. sidolutning förekommande -3										
		3			13 ³⁾	Lasttyngdpunkten resp. händerna ibland långt från kroppen -1 Lasttyngdpunkten resp. händerna ofta långt från kroppen -3 ³⁾										
		5			15 ³⁾	Armar ibland lyfta, händerna mellan armbågs- och axelhöjd +0,5 Armar ofta/ljämnt lyfta, händerna mellan armbågs- och axelhöjd -1										
		7			18 ³⁾	Händerna ibland över axelhöjd -1 Händerna ofta/ljämnt över axelhöjd +2 ³⁾										
		9 ³⁾			20 ³⁾											
<table border="1"> <tr> <td>Poäng kroppshållning</td> <td>+</td> <td>Tilläggspoäng</td> <td>=</td> <td>Summa</td> </tr> <tr> <td>3</td> <td></td> <td></td> <td></td> <td>3</td> </tr> </table>						Poäng kroppshållning	+	Tilläggspoäng	=	Summa	3				3	
Poäng kroppshållning	+	Tilläggspoäng	=	Summa												
3				3												

³⁾ I synnerhet bör de typiska kroppshållningarna vid lastupptagning och -nedläggning beaktas. Sällsynta avvikelser kan försummas. Utförs lyft / hållarbete sittande, t.ex. vid förflyttning ska piktogrammen tillämpas på motsvarande sätt. Högre lastvikter vid sittande lasthantering bör undvikas

⁴⁾ OBS: Om denna kategori har valts, rekommenderas att utvärdera detta delmoment även med KIM-ABP (kroppshållning)

Ogynnsamma utföringsförhållanden (anges endast om tillämpligt) / tabellerna inte nämnda faktorer bör beaktas på motsvarande sätt. Sällsynta avvikelser kan försummas.	Mellanpoäng (ZW)	Σ ZW	
Hand-/armställning-rörelse: 	Ibland på gränsen till rörlighetsområdet Ofta/lämmt på gränsen till rörlighetsområdet	1 2	2
Kraftöverföring/-initiering begränsad: Dålig greppbar last / förhöjda hällkrafter nödvändiga / Inga utformade handtag / arbetshandskar	1		
Kraftöverföring/-initiering avsevärt begränsad: Laster nästintill ogreppbara / oljiga, mjuka, vassa / Inga eller olämpliga handtag / arbetshandskar	2		
Omgivningsförutsättningar begränsade: ogynnsamma väderleksförhållanden och/eller belastning genom värme, drag, kyla, blöta	1		
Begränsat utrymme: För liten arbetsyta mindre än 1,5 m ² , lätt nedsmutsat golv, något ojämnt, lätt lutning upp till 5°, lätt begränsad stabilitet, krav på att positioner lasten exakt	1		
Ogynnsamma utrymmen: Mycket begränsad rörelsefrihet eller utrymme med för låg höjd, arbete i trångt utrymme, starkt nedsmutsat golv, ojämnt eller stenlagt, trappsteg/slaghål, större 5-10°, begränsad stabilitet, krav på att positioner lasten mycket exakt	2 ⁴⁾		
Kläder: Ytterligare belastning genom hindrande kläder eller utrustning (Lex. tunga regnrockar, heltäckande skyddskläder, andningsutrustning, verktygsbälten o.d.)	1		
Påfrestning genom att hålla / bära: lasten måste hållas mellan > 5 och 10 sekunder eller transporteras över ett avstånd mellan > 2 m och 5 m.	2		
Betydlig påfrestning genom att hålla / bära: lasten måste hållas > 10 sekunder eller transporteras över ett avstånd > 5 m.	5 ⁴⁾		
Inga: det föreligger Inga ogynnsamma utföringsförhållanden.	0		


⁴⁾ OBS: Råder det ogynnsamma rumsliga förhållanden vid bärandet av lasten eller om lasten ska bäras över ett avstånd > 10 m, ska detta delmoment bedömas enligt KIM-BMI!

Arbetsorganisation / tidsfördelning	Poäng
Bra: frekvent belastningsvariation genom andra sysslor (med olika belastningssätt) / Ingen tät följd av högre belastningar inom ett belastningssätt under en arbetsdag.	0
Begränsad: sällan belastningsvariation genom andra sysslor (med olika belastningssätt) / Ibland tät följd av högre belastningar inom ett belastningssätt under en arbetsdag.	2
Ogynnsam: Ingen/nästintill belastningsvariation genom andra sysslor (med olika belastningssätt) / ofta tät följd av högre belastningar inom ett belastningssätt under en arbetsdag med ibland höga belastningstoppar.	4

Steg 3: Utvärdering och bedömning

	M	W	
Effektiv lastvikt	6	9	
Lastupptagningsförutsättningar +	2		
Summa kroppshållning +	3		
Ogynnsamma utföringsförhållanden (Σ ZW) +	2		
Arbetsorganisation/tidsfördelning +	0		
	Resultat		
	M	W	
Tidspoäng x 3,2	13	16	= 41,6 51,2
Summa indikatorpoäng:	13	16	

Baserad på det beräknade poängantalet och följande tabell kan en grov bedömning göras:

Risk	Risikområde	Belastningsnivå ¹⁾	a) Sannolikhet för fysisk överansträngning b) Möjliga hälsokonsekvenser	Åtgärder
	1 < 20 poäng	låg	a) Fysisk överbelastning är osannolikt b) Hälsorisk förväntas inte	Inga
	2 20 - < 50 poäng	måttligt förhöjd	a) Fysisk överbelastning kan ske hos mindre belastningstålga personer. b) Trötthet, mindre anpassningsvärdigheter som kan kompenseras på fritiden	För mindre belastningstålga personer är åtgärder för utformning och andra förebyggande åtgärder skäliga.
	3 50 - < 100 poäng	betydligt förhöjd	a) Fysisk överbelastning kan ske även hos normalt belastningstålga personer b) Besvär (smärtor) eventuellt med funktionsstörningar, mestadels reversibla, utan morfologiska manifestationer	Åtgärder för utformning och andra förebyggande åtgärder bör prövas.
	4 ≥ 100 poäng	hög	a) Fysisk överbelastning är sannolikt. b) Starkare besvär och/eller funktionsstörningar, strukturella skador med sjukdomsvärde	Utformningsåtgärder krävs. Övriga preventiva åtgärder bör prövas.

¹⁾ Gränserna mellan risikområdena är p.g.a. individuella arbetstekniker och prestationsförutsättningar flytande. Klassificeringen bör därför endast tolkas som orienteringshjälp. Principiellt kan antas att sannolikheten för fysisk överbelastning ökar med stigande poäng.

Bilaga 5

Resultat från RULA vid analys av lyftverktyg med hjälp av Jack, samt visualisering av position vid hämtning

Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Task Entry | Reports | Analysis Summary

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

Body Group A Posture Rating

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

Body Group B Posture Rating

Neck: 1
Trunk: 1
Total: 1

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

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

Legs and Feet Rating

Standing, weight even. Room for weight changes.

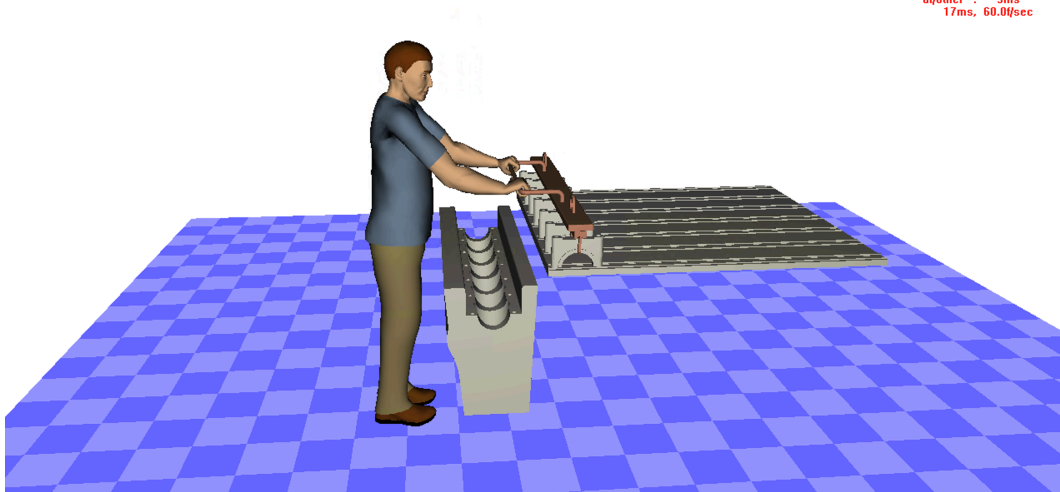
Grand Score: 3

Action: Further investigation needed. Changes may be required.

Update Analysis

Usage Dismiss

computation: 0ms
graphics : 14ms
u/other : 3ms
17ms, 60.0/sec



Bilaga 6

Resultat från RULA vid analys av lyftverktyg samt visualisering av position

Rapid Upper Limb Assessment (RULA)

Task Entry | Reports | Analysis Summary

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

Body Group A Posture Rating

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

Body Group B Posture Rating

Neck: 1
Trunk: 1
Total: 1

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

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

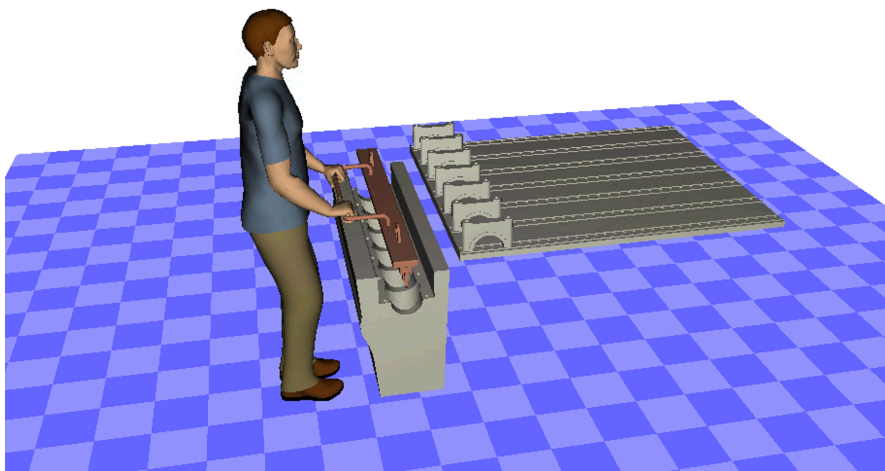
Legs and Feet Rating

Standing, weight even. Room for weight changes.

Grand Score: 3
Action: Further investigation needed. Changes may be required.

Update Analysis

Usage Dismiss



INSTITUTIONEN FÖR INDUSTRI- OCH
MATERIALVETENSKAP
CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA
Göteborg, Sverige 2023
www.chalmers.se



CHALMERS