



Hjälpmedel för ergonomisk montering i specialombyggda fordon

I samarbete med Nordic Vehicle Conversion AB

ANTON BETSGREN

OSCAR ERICSSON

VILGOT HOLTMANN

VICTOR KINDBERG

RICKARD LINDGREN

VICTOR OLOFSSON

Hjälpmedel för ergonomisk montering i specialombyggda fordon.

© ANTON BETSGREN, 2026.

© OSCAR ERICSSON, 2026.

© VILGOT HOLTSMANN, 2026.

© VICTOR KINDBERG, 2026.

© RICKARD LINDGREN, 2026.

© VICTOR OLOFSSON, 2026.

Institutionen för Mechanical engineering

Chalmers tekniska högskola

SE-412 96 Göteborg

Sverige

Telefon + 46 (0)31-772 1000

Erkännanden, dedikationer och liknande personliga uttalanden återspeglar författarens egna åsikter.

Omslag:

Renderingar av specialpall med 4st stolar, samt lyftkran med stroppar och bårunderrede.

Chalmers Digitaltryck

Göteborg, Sverige 2026

Förord

Denna tekniska rapport skildrar kandidatarbetet genomfört på Chalmers Tekniska Högskola som beställts av Nordic Vehicle Conversion, 2026. Projektet har genomförts vid institutionen för industri- och materialvetenskap. Vi i projektgruppen vill tacka Jörgen Saméus, som varit gruppens kontaktperson hos företaget, för ett mycket gott samarbete. Projektgruppen vill tacka Johan Heinerud som varit projektgruppens handledare igenom hela projektet. Projektgruppen vill även tacka Lars-Ola Bligård som utöver examinator funnits tillgänglig igenom hela arbetet.

Sammanfattning

Följande kandidatarbete har utförts i syfte att förbättra ergonomin och minska den fysiska belastningen hos montörer vid Nordic Vehicle Conversion. Specifikt har inlyftet av passagerarstolar och bårunderreden hanterats.

Produktutvecklingsarbetet har skett iterativt i faser utifrån ett ramverk som ger struktur utan att hämma innovation där vidareutveckling utifrån feedback genomsyrat arbetet. Slutligen har projektet mynnat ut i två lösningar.

Den första lösningen berör passagerarstolarna och består av en elektrisk pallstaplare samt en specialanpassad pall. Dessa möjliggör i kombination inlyft av stolar på ett lågbelastande och effektivt sätt.

Lösning två består av en kran med tillhörande stroppsystem som möjliggör inlyft och placering av bårunderrede med precision.

Genom implementering av dessa lösningar kan större delen av de manuella lyften i monteringsprocessen elimineras vilket leder till en förbättrad ergonomi och arbetsmiljö för montörerna.

Abstract

This bachelor thesis was conducted with the aim of improving ergonomics and reducing the physical strain experienced by assemblers at Nordic Vehicle Conversion. The project specifically addressed the lifting and installation of passenger seats and stretcher bases during the assembly process.

The product development process was carried out iteratively in several phases, based on a framework designed to provide structure without limiting innovation. Continuous refinement through feedback was a central aspect throughout the project. Ultimately, the work resulted in two proposed solutions.

The first solution concerns the handling of passenger seats and consists of an electric pallet stacker combined with a specially designed pallet. Together, these enable an efficient and ergonomically sustainable method for lifting and positioning the seats.

The second solution consists of a crane system with an associated strap mechanism that enables the precise lifting and placement of stretcher bases.

By implementing these solutions, most manual lifting operations within the assembly process can be eliminated, leading to improved ergonomics and a better working environment for the assemblers.

Executive Summary

Vid konstruktion av specialfordon förekommer ett stort antal tunga lyft för att förse fordonen med speciella komponenter som är nödvändiga för att dess funktion. En utmaning som uppmärksammas vid tillverkningen är monteringen av stolar i färdtjänstbussar samt montering av bårunderreden i ambulanser. Komponenterna är tunga och otympliga vilket leder till att det krävs specialutformade hjälpmedel för att förbättra processernas ergonomi. Projektet har genomförts i syfte att uppnå en arbetsmiljömässig förbättring för montörerna.

Utvecklingsarbetet har skett iterativt i faser utifrån ett ramverk som ger struktur utan att hämma innovation, där vidareutveckling utifrån feedback genomsyrat arbetet. Centralt för utforskningen av problemrymden var intervjuer och observationer på plats hos Nordic Vehicle Conversion i Backaryd. Tillsammans med ergonomiska analyser (REBA) och länkanalyser låg dessa till grund för en iterativ idégenereringsprocess. Parallellt med idégenerering har syntes och utvärdering utförts för att smälta av lösningsrymden. Prototyper har skapats för olika ändamål. De har använts för effektiv kommunikation och som inspirationskälla under idégenerering. Dessutom har de använts som stöd för utvärdering av idéer och dellösningar samt validering av slutkoncept. Projektet har i stor mån utvärderats löpande tillsammans med Nordic Vehicle Conversion och mynnade slutligen ut i två lösningar som hanterar varsin av de två komponenterna.

I dagsläget placeras en eu-pall med fyra stolar á 30kg utanför färdtjänstbussen, vilka därifrån lyfts in manuellt en i taget. Med lösning ett, Specialpall i kombination med den elektriska pallstaplaren Logitrans Logiflex SELF MINI (figur 1), kan en hel pall med stolar placeras inuti färdtjänstbussen. Därifrån kan stolarna smidigt skjutas fram och rullas på plats. Detta tack vare hjulen som finns som tillägg för stolsbenen.



Figur 1 - Rendering av Specialpall modellerad i CAD-program CATIA samt Logitrans Logiflex SELF MINI.

Specialpallen är en modifierad EU-pall, utrustad med spår som lastsäkrar stolarna för transport samt en ramp för smidig avlastning. Rampen kan låsas i upprätt läge för färd och fällas helt då pallen är tom, vilket gör den staplingsbar.

Lösning två, Kranen (figur 2), är en förlängd motorlyft med tillhörande stropps-system som möjliggör upplockning, förflyttning och precis positionering av bårunderrede i ambulansen. Lösningen eliminerar alla manuella lyft i anknytning till bårunderredesmontering.



Figur 2 - Helhetsbild av Kranen.

Genom implementering av dessa lösningar kan majoriteten av de manuella lyften vid monteringsprocessen av de hanterade komponenterna elimineras. Detta leder till en förbättrad ergonomi och arbetsmiljö för montörerna mot en relativt låg investering där huvuddelen av kostnaden kommer från pallstaplaren.

Innehållsförteckning

Förord	ii
Sammanfattning	iii
Abstract	iv
Executive Summary	v
1. Inledning	1
1.1 Syfte	1
1.2 Mål	2
1.3 Projektets avgränsningar	2
2. Slutresultat	3
Stolsmontering	3
Bårunderredesmontering	4
3. Komponent- och processbakgrund	7
3.1 Stolar	7
3.2 Bårunderrede	9
4. Metod	11
4.1 Datainsamling och analys	11
4.2 Designarbete och utvärdering	15
5. Genomförande och designbeslut	19
5.1 Problembild och inledande datainsamling	19
5.2 Analys och konceptinriktning	20
5.3 Framväxande kravbild	21
5.4 Konceptutveckling och idégenerering	21
5.5 Mockups och konceptutvärdering	27
5.6 Detaljutveckling och dimensionering	29
5.7 Omvärldsanalys och verifiering	34
5.8 Sammanfattning av genomförande	35
6. Behov och krav	37
6.1 Stolar	37
6.2 Bårunderreden	38
7. Slutliga lösningar och verifiering	41

7.1 Kranen.....	41
7.2 Stolarna.....	46
8. Ergonomisk påverkan och processeffekt.....	53
9. Diskussion.....	55
9.1 Kranen.....	55
9.2 Spårpall.....	56
9.3 Metod och genomförande.....	57
9.4 Etik och samhällsaspekter.....	60
9.5 Användning av AI i projektet	62
10. Slutsatser	63
Rekommendationer:	64
Referenser	66
Bilagor	67

1. Inledning

Samhällets funktion är i hög grad beroende av specialiserade fordon anpassade för krävande och specifika ändamål. Dessa fordon används i verksamheter som sträcker sig från hantering av pengar och värdesaker till ambulanser inom sjukvården och polisens utryckningsfordon. Gemensamt för dessa tillämpningar är att de ställer höga krav på funktionalitet, tillförlitlighet och anpassning till sitt specifika användningsområde.

För att möta dessa krav måste fordonen anpassas efter verksamhetens behov. Tillverkningen utgår därför från befintliga bilmodeller som sedan byggs om efter kundens specifika önskemål. Eftersom varje beställning skiljer sig åt är produktionsprocessen svår att standardisera och arbetet sker därför i stor utsträckning manuellt.

Nordic Vehicle Conversion AB är en av Nordens ledande tillverkare av specialfordon och har sin produktion, sitt centrallager och huvudkontor i Backaryd, Blekinge (Nordic Vehicle Conversion, u.å.). För dem innebär ombyggnationen att många komponenter, däribland tunga sådana, installeras i fordonens begränsade utrymmen. Detta ställer höga precisionskrav på den fysiska hanteringen av dessa, vilket medför utmaningar kopplade till ergonomi och arbetsmiljö.

Två specifika moment som Nordic Vehicle Conversion, hädanefter benämnt NVC, möter och vill förbättra i sin produktionsprocess är montering av passagerarstolar i färdtjänstbussar, samt montering av bårunderrede i ambulanser.

1.1 Syfte

Syftet med projektet är att minimera personalens fysiska belastning genom att förbättra ergonomin vid montering av tunga komponenter, specifikt vid inlyft av stolar och bårunderreden, utan att negativt påverka resterande produktion.

1.2 Mål

Målet med projektet är att utveckla och utvärdera processer och hjälpmedel som kan implementeras i NVC:s befintliga verksamhet för att uppfylla projektets syfte.

Projektet ska resultera i konstruktionsunderlag, hållfasthetsberäkningar, CAD-modeller samt fullskaliga proof of concept-prototyper som möjliggör vidare konstruktion, tillverkning och implementering hos NVC.

1.3 Projektets avgränsningar

För att projektet skulle vara värdefullt för NVC och realiserbart inom bestämd tidsram var det väsentligt att göra lämpliga avgränsningar tidigt i projektet, dessa var följande:

- Projektet utgår från de fordon och komponenter som NVC arbetar med i dagsläget. De fordon som kommer behandlas i framtiden antas vara av liknande utformning och kommer därför ej beaktas.
- Inte designa om utformning på komponenter som skall installeras i fordonen.
- Produktion och driftsättning av utvecklade verktyg och processer kommer att beaktas i utvecklingsarbetet men inte arbetas med explicit då detta bedöms vara utanför projektets omfattning.

2. Slutresultat

Projektet resulterade i två separata lösningar för att förbättra ergonomin vid de identifierade monteringsmomenten: en lösning för montering av passagerarstolar samt en lösning för montering av bårunderreden.

Stolsmontering

Lösningen för stolsmontering består av en modifierad EU-pall, benämnd Specialpall, i kombination med en elektrisk pallstaplare, se figur 4. Specialpallen är avsedd för transport och hantering av hopmonterade stolar, och är utrustad med aluminiumskenor samt en ramp, se figur 3. Pallstaplaren används för att hämta, lyfta och placera pallen inne i fordonet. På detta vis placeras stolarna väldigt nära sina slutdestinationer och behöver bara manuellt flyttas den sista biten. Därmed elimineras de riskfyllda manuella lyften och med hjul som tillval på stolarna kan de rullas från pallen till sin slutposition via rampen med minimal ansträngning, utan lyft.



Figur 3 - Rendering av Specialpall i CAD-programvaran CATIA, samt bild på pallstaplaren.

Skenorna i aluminium är utformade för att lastsäkra stolarna och möjliggöra enkel av- och pålastning genom att stolsbenen kan glida längs dess ovansida. Skenornas

geometri skapar två funktionella zoner: en bredare sektion avsedd för lastsäkring samt en smalare sektion där stolarna kan lastas på och av, se figur 4 och 5.



Figur 4 - Illustration av hur stolsbenen glider ovanpå spåren och motverkar vältning vid transport.



Figur 5 - Illustration av en skenas utformning ovanifrån, med avsmalnad zon för öppning.

Rampen kan låsas i vertikalt läge med hjälp av en rattskruv som låser gångjärnet och hindrar då stolarna från att glida runt samtidigt som rampen också blir lastsäkrad.

När pallan är tom på stolar kan rampen vikas över och läggas längs skenorna. Tillsammans med den upphöjda bakkanten, som även är det bakre stoppet för stolarna, bildas en jämn ovansida och pallan blir staplingsbar.

Bårunderredesmontering

Den andra lösningen baseras på en motorlyft som modifierats för att uppnå alla krav, se figur 6. Räckvidden har ökats för att placera bårunderredet tillräckligt långt in i ambulansen. Kranen höjs och sänks hydrauliskt vilket tillåter finjustering och eliminerar alla manuella lyft från bårunderredesmonteringen.



Figur 6 - Helhetsbild av Kranen.

Vidare inkluderar lösningen grepp av underrede genom två stroppar och kabinhakar, som erbjuder mjuk kontaktyta och justering, se figur 7. Stropparna omfamnar underredet och medför säkra och enkla lyft.



Figur 7 - Dellösning som möjliggör säkra och stabila lyft.

3. Komponent- och processbakgrund

Följande kapitel innehåller bakgrundsinformation och behandlar respektive komponents utformning samt de nuvarande monteringsprocesserna, med syfte att skapa kontext för läsaren om projektet.

3.1 Stolar

Stolsmontering är ett återkommande moment som för tillfället genomförs av en montör utan hjälpmedel. Momentet innefattar upprepad lyft och förflyttning av otympliga stolar, vilket medför en betydande fysisk belastning.

Stolen består av två huvudsakliga komponenter: säte och stolsben, vilka monteras ihop före installation i fordonet, se figur 8. Den totala vikten för en färdigmonterad stol uppgår till cirka 30 kg beroende på modell. Enligt Arbetsmiljöverket ska manuella lyft bedömas utifrån vikt, greppbarhet, arbetsställning och frekvens samt så är det "olägligt att hantera bördor över 25 kg i de flesta fall" (Arbetsmiljöverket [AV], 2012, s.4 & s.23). Kombinationen av stolens vikt, otymplig geometri och förekomsten av lyft från låg höjd indikerar att arbetsmomentet kan innebära en ökad belastningsrisk.



Figur 8 - Bild av ihopmonterad stol.

Stolarnas resa inleds i centrallagret, dit säten och stolsben levereras, och därefter transporteras med lastbil cirka en kilometer till ett lager i anslutning till

monteringshallen. I detta lager monteras säte och stolsben samman på ett arbetsbord i midjehöjd. De färdiga stolarna lyfts sedan ner på en EU-pall med pallkrage och säkras med silvertejp inför vidare transport till monteringshallen. Väl i monteringshallen placeras pallan på golvnivå intill aktuellt fordon, se figur 9.



Figur 9 - Bild av fullt lastad pall placerad intill fordon, inför lyft.

Lyftmomentet från pall till slutposition illustreras i figur 10. Här lyfts stolarna en i taget från pallan, upp via en stegpall till fordonets golvnivå, cirka 60 cm över marken. Därefter förflyttar montören stolen inuti fordonet 1–3 meter, beroende på stolens förbestämda placering, innan den sänks ned i golvet skenor och fästs med ett pedaltryck, se figur 11.



Figur 10 - Sekvensbild som visar på tre förekommande arbetsställningar vid inlyft av stolar.



Figur 11 - Illustration av hur stolsbenen ligger i bilens golvskenor.

Arbetsmomentet innefattar därmed både lyft, bärande och arbete i begränsade utrymmen, vilket enligt gällande riktlinjer från Arbetsmiljöverket (AV, 2012) är faktorer som kan riskera ergonomisk överbelastning.

Antalet stolar per fordon är vanligtvis fyra, men upp till tolv kan förekomma. Då färdtjänstfordon utgör en betydande del av produktionen hos NVC blir detta ett repetitivt moment, vilket enligt arbetsmiljöföreskrifter bör beaktas ur ett belastningsergonomiskt perspektiv.

3.2 Bårunderrede

Bårunderredet är en fast installerad komponent i ambulanser, vars funktion är att möjliggöra in- och urlastning av en bår via fordonets bakdörrar. Systemet är konstruerat för att minska behovet av manuella lyft för ambulanspersonal i fält, men medför samtidigt hantering av tunga komponenter för montörerna under monteringsprocessen.

För att uppfylla funktionella krav är bårunderreden robust konstruerade och ibland motoriserade. Detta resulterar i en hög egenvikt, vanligtvis 100kg, men upp till 200 kg kan förekomma beroende på modell. Se figur 12, som visar en av de mest förekommande modellerna, med en vikt på 100kg.



Figur 12 - Bild på bårunderrede av modell Ergomy Total.

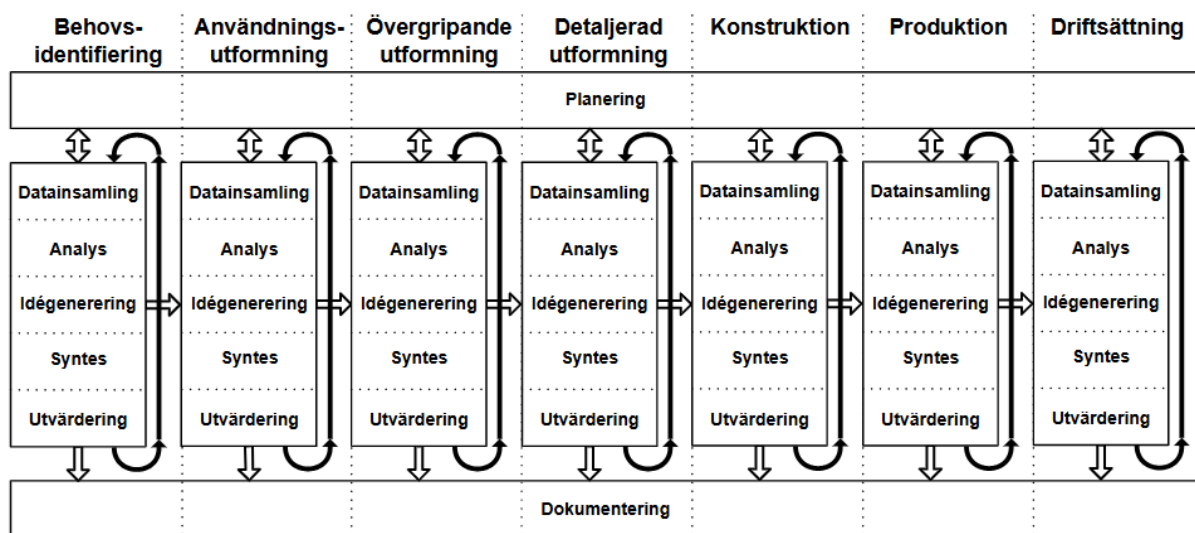
Monteringen utförs i dagsläget av flera montörer, vanligtvis tre till fem personer, som tillsammans lyfter in och positionerar bårunderredet i fordonet. Under momentet hålls komponenten upplyft medan en person styr och finjusterar positionen för att bårunderredet ska kunna fästas inuti ambulansen. Fyra hål i underredet ska passas in efter motsvarande hål i ambulansens golv för att kunna bultas ned. En tidskrävande, tung och precisionskrävande process som kräver ett flertal montörer. Enligt Arbetsmiljöverket ska, likt vid montering av stolar, manuella hanteringsmoment som innebär tunga lyft, statiska belastningar och arbete i begränsade utrymmen särskilt uppmärksammas, då dessa faktorer kan innebära förhöjd risk för belastningsskador (AV, 2012).

Arbetsmomentet är mindre frekvent än stolsmonteringen, men innebär samtidigt högre belastning per tillfälle. Kombinationen av hög vikt, samordnat lyftarbete och begränsat arbetsutrymme gör momentet relevant att analysera ur ett arbetsmiljöperspektiv.

4. Metod

Detta kapitel täcker de metoder som används i projektet och de anpassningar som gjorts för att effektivt tillämpa dem i projektets kontext. Som grund har arbetet utgått från produktutvecklings ramverket ACD³ (Användarcentrerad design i tre dimensioner).

ACD³-processen är en modell för hur produktutveckling kan utföras för att “ge tydlig och trygg struktur som synliggör designbesluten, men inte är så strikt att det kan hämma nyskapande och innovation” (Bligård, 2017). Centralt för denna arbetsgång är att arbetet sker iterativt, där datainsamling, analys, idégenerering, syntes och utvärdering genomförs inom varje fas, se figur 13. Detta kapitel sammanställer de metoder som använts inom dessa designaktiviteter för samtliga faser av ACD³-processen, förutom produktion och driftsättning som ligger utanför projektets omfattning.



Figur 13 – ACD³-processens struktur med sju faser och dess iterativa designaktiviteter.

4.1 Datainsamling och analys

Centrala datainsamlingsverktyg i projektet var intervjuer och observationer. Inför varje intervju- och observationstillfälle planerades vilken data som skulle samlas in, och underlag förbereddes för att på ett givande sätt dokumentera samt säkerställa att frågeställningarna besvaras. Utöver intervjuer och observationer planerades litteraturstudier och marknadsanalyser.

För att insamlad data ska ge värdefulla insikter måste informationen bearbetas genom olika analysmetoder. Projektet har brukat bland annat *HTA* (Hierarchical Task Analysis), *REBA* (Rapid Entire Body Assessment) och *affinitetsdiagram*. Individuell reflektion följt av öppen diskussion har också varit ett mycket värdefullt tillvägagångssätt som använts återkommande.

4.1.1 Intervjuer

"Intervjuer är möten med användare i syfte att ta reda på deras upplevelser, åsikter, motivation och beteende kring produkter och tjänster eller informationssamling från experter inom något område" - Wikberg Nilsson m.fl. (2021)

Metodens genomförande kan variera beroende på graden av struktur och miljö. Ostrukturerade intervjuer karaktäriseras av att det ej finns en fastslagen ordningsföljd och att det ej finns krav på exakta svar, istället styrs samtalet av teman vilket medför flexibilitet och möjlighet att få djupare svar på frågor.

Att utföra en intervju i en miljö som är relevant för ämnet möjliggör användandet av medierande objekt för att stötta diskussionen. Även ostrukturerade intervjuer kan använda sig av intervjuguider som underlag. Dessa används för att styra diskussionen och ser till att de ämnen som önskas tas upp diskuteras.

Intervjuers struktur anpassas ofta efter syfte, i ett mer explorativt stadie av en produktutvecklingsprocess är det bra med en intervjustruktur som är mer öppen för att fånga upp användarens behov och krav. När syftet med intervjuer övergår till att utvärdera koncept är det fördelaktigt att strukturera upp intervjuformen mer för att få kvantifierbara resultat på koncept. Att lämna rum för öppna frågor i utvärderande intervjuer kan däremot också fånga upp information som annars hade missats.

Fokusgrupp är en annan variant av intervjuer som grundar sig på ett antal användare som diskuterar olika punkter med varandra medan en person ur undersökande arbetsgrupp agerar facilitator.

Enligt Åsa Wikberg Nilsson m.fl. (2021) är fokusgrupp en värdefull resurs som kan ge feedback på utvecklade koncept. Vidare fortsätter Wikberg Nilsson att förklara hur användarnas diskussion med varandra gör att de kan bygga vidare på varandra och utveckla komplexa tankar enskilda individer själva inte skulle komma på.

4.1.2 Observationer

Observationer som datainsamlingsmetod kan utföras på olika sätt. Däribland kan de utföras genom att vara direkt och naturlig. Att en observation är av direkt och naturlig typ innebär att observationer utförs på plats för att se hur användaren beter sig eller utför specifika moment i sin naturliga kontext.

Metoden kan ytterligare delas upp i icke-deltagande och deltagande form. Icke-deltagande innebär att observation endast utförs på distans medan deltagande innebär deltagande att utföra deltagarnas moment. Enligt Wikberg Nilsson m.fl. (2021) är deltagande observationer speciellt användbara för att "stödja din förståelse för vad som kan ge en god användarupplevelse"

4.1.3 Litteraturstudier och marknadsanalys

Litteraturstudier och marknadsanalys används för att utvecklingsarbeten skall vila på en vetenskapligt befogad och juridiskt säker grund.

Litteraturstudier innefattar systematiska sökningar efter patent, rapporter och vetenskapliga artiklar. Syftet med att utföra litteraturstudier är att bland annat hämta stöd för val av metodik men även för att säkerställa att ett projekt inte inskränker på andra patent inom området, där en stor del av den relevanta litteraturen består av centrala patentverk.

Marknadsanalys genomförs ofta i syfte att undersöka hur liknande branscher hanterar problematik i specifika moment, relevanta till den problematik ett produktutvecklingsarbete har satt sig ut för att lösa. Till hjälp för marknadsanalys används ofta sökmotorer, videotjänster och produktspecifikationer.

4.1.4 Analys

Rapid Entire Body Analysis

REBA är en typ av belastningsanalys som använder stillbilder för att effektivt bedöma arbetspositioner. Metoden följer en mall där varje kroppsdel bedöms mot olika kriterier och därefter summeras i en tabell vilket ger en angiven totalpoäng.

Syftet är att poängen skall reflektera arbetsställningens belastning och därav hur stort behovet för åtgärd är, högre poäng är alltså sämre ur ett ergonomiskt perspektiv (Hignett & Mcatamney, 2000). I detta projekt har ett arbetsblad (se bilaga A), ursprungligen utvecklat av Alan Hedge, publicerat av TuMeke Ergonomics (2023), använts. Detta blad sammanställer alla kriterier i en överblicklig och lättbearbetad form.

Hierarchical Task Analysis

HTA är en metod för att visualisera och förstå processer. Komplexa uppgifter delas upp i mindre deluppgifter, som i sin tur kan delas upp vidare i än mindre steg. Analysen visualiseras i ett träd-diagram, vilket ger god överblick över alla moment och deras relationer. Detta gör det möjligt att upptäcka flaskhalsar och onödiga moment. (Bligård, 2017, s.156)

Länkanalys

En länkanalys kartlägger samband mellan aktiviteter, exempelvis förflyttningar mellan maskiner och knappar. Dessa kan sedan viktas och klassificeras för att resultera i frekvensen och ordningen som dessa samband används. Presenteras oftast grafiskt. (Bligård, 2017, s.156)

Affinitetsdiagram

Affinitetsdiagram konstrueras efter brain- eller speeddrawing för att "kategorisera bidragen och skapa grupper av teman och relationer, samt för att sortera ut vad som inte hör hemma med de övriga bidragen" (Wikberg Nilsson m.fl., 2021). Således är det en metod för att skapa en gemensam förståelse inom projektgruppen. Alla bidrag flyttas omkring för att bilda kluster av de bidrag som på något sätt är relaterade till varandra. Sedan analyseras bidragen i respektive kluster och ett gemensamt tema bestäms.

4.2 Designarbete och utvärdering

En stor del av designarbete är skapande och de metoder som stödjer det. Dessa innefattar idégenerering, syntes och utvärdering, vilket är vad detta delkapitel behandlar.

4.2.1 Idégenerering

Under hela projektarbetets gång har idégenerering förekommit iterativt eftersom nya insikter och förutsättningar uppdagats. Genom att utföra idégenerering inom samtliga faser har kravställning och idéer gått från en mycket stor lösningsrymd och sedan smalnat av mot ett mer komplett lösningsförslag där förslag enklare kunde utvärderas helhetsmässigt.

Metoder som utnyttjades för idégenerering var bland annat brainstorming, mindmapping och dark horse. Syftet med idégenereringsmetoder är att främja kreativitet och leder till att en större del av lösningsrymden utforskas.

Brainstorming

Brainstorming är en metod vars ändamål är att generera ett stort antal idéer under kort tid. Deltagarna skall i största möjliga mån vara självsäkra i att uttrycka sina idéer framför gruppen då en stor del av metodikens fördelar bygger på att deltagarna blir inspirerade av att höra varandras tankar. Där det finns plats uppmuntras även deltagare att kombinera hela koncept eller dellösningar för att skapa ännu fler idéer som kan ligga till potentiellt underlag för något nyskapande. (Wikberg Nilsson m.fl., 2021, s.137)

Braindrawing

Braindrawing är en metod som går ut på att deltagare individuellt skissar på olika tankar under en bestämd mängd tid och sedan berättar om den idé eller idéer som har frambringats.

Skissning kontra diskussion eller skrivande kan stimulera nya perspektiv och den gemensamma genomgången av skisser och idéer stimulerar deltagare att aktivt

komma på nya förslag inför nästa idégenereringsomgång. (Wikberg Nilsson m.fl., 2021, s.141)

Dark horse

Syftet med dark horse metoden är att främja lösningar som vid en första anblick anses radikala eller för mycket "utanför boxen". Tanken är att det ska leda till delkoncept eller idéer som i slutändan visar sig vara väldigt värdefulla. (Wikberg Nilsson m.fl., 2021, s.157)

Dark horse används som ett komplement till övriga idégenereringsmetoder, oftast som en del av brainstorming eller mindmapping.

Morfologisk matris

Morfologisk matris är enligt Wikberg Nilsson m.fl. (2021, s.161) "... en metod för att komma på dellösningar utifrån olika kriterier eller funktioner som har identifierats."

Processen använder sig av en matris med diverse identifierade problem som kolumn överrubriker och olika lösningar som kolumnernas innehåll. Matrisen skapar sedan mönster av streck som korsar kolumner över olika lösningar. Samtliga lösningar under ett streck kombineras sedan till ett lösningsförslag. Upprepan av processen skapar flera olika lösningsförslag med godtyckliga lösningar på separata delproblem.

Legometoden

Legometoden, eller *Laborative, Exploration, Grading och Optimization*, går ut på att man använder sig av lego eller liknande byggdelar för att enkelt utvärdera konceptformat och anpassa konstruktioner (Wikberg Nilsson m.fl., 2021). Just LEGO fungerar bra för detta då byggdelarna enkelt kan monteras isär och omkonstrueras. Tekniklego specifikt är mycket användbart då mekaniska principer undersöks då det stödjer mer komplexa och dynamiska sammansättningar.

Metoden främjar deltagarnas tankegångar och fungerar som medierande objekt under pågående idégenereringsfas. Något som gör det enkelt för gruppen att kommunicera förslag med varandra.

4.2.2 Syntes – Prototypande och modeller

Prototypande innefattar allt ifrån enkla skissmodeller av lego, tidigare beskrivet under legometoden, till mockups i 1:1 skala av olika lastutrymmen. Under projektet fyller prototypande olika syften beroende på vilket stadie ett projekt finner sig i, enligt (Wikberg Nilsson m.fl., 2021, S. 178). Dessa är exempelvis att utforska den kontext som lösningen skall användas i, testa att olika mekanismer fungerar eller utforska hur olika lösningskoncept upplevs. Material som används i prototypande är av stor bredd och kan vara allt från kartong och gummisnoddar till trä eller metall.

Projektgruppen har ritat och modellerat i dataprogrammet CATIA. Programmet möjliggör för smidiga tester av ihopsatta komponenter och hur de interagerar med varandra. CATIA möjliggör även beräkning av vikt och simulering av hållfasthet.

4.2.3 Utvärdering

Idéer och koncept som uppstått genom arbetet har utvärderats baserat på de kriterier och fakta som projektgruppen besatt i just det skede, i syfte att förbättra och vidareutveckla koncept. Delkapitlet kommer därav delas upp beroende på vilken typ av syntes och beskriva hur genomförandet av den utvärdering har skett och till vilket syfte.

Kravspecifikation

Enligt Åsa Wikberg Nilsson m.fl. (2021, s. 86) är en kravspecifikation (i boken benämnd designspecifikation) en sammanställning av identifierade kriterier för designlösningen samt fungerar som en kommunikation mellan olika aktörer. Dessutom fyller kravspecifikationen ytterligare ett ändamål vilket är dokumentation.

Pughmatris

Pughmatrisen även benämnd konceptviktningsmatris i *Design: process och metod* (Wikberg Nilsson m.fl., 2021, s.237) innebär att koncept viktas mot varandra med ett poängsystem enligt en tidigare beslutad bedömningsgrund. Samtliga poäng adderas för att få ett slutgiltigt resultat där de olika koncepten kan viktas mot varandra. Pughmatrisen förutsätter även att man ger olika egenskaper viktning för att kunna få en mer komplett helhetsbild av olika lösningsförslags måluppfyllnad.

Syftet med metoden är enligt Wikberg Nilsson "... att diskutera koncepten med utgångspunkt i uppfyllande av kriterier snarare än personligt tyckande om de olika koncepten" (Wikberg Nilsson m.fl., 2021, s.237).

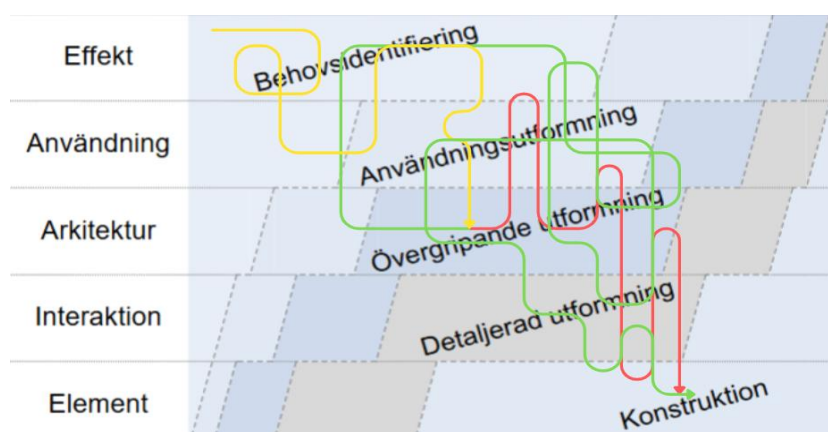
Hållfasthetssimuleringar och kraftjämviktsberäkningar

Lösningförslagets hållfasthet kontrollerades med hjälp av simulerad belastning i CATIA. Detta för att säkerställa att de uppfyller kraven som användningen ställer. Kraftjämviktsberäkningar gjordes tillskillnad från hållfasthetssimuleringarna för hand på grund av dess mer enkla karaktär.

5. Genomförande och designbeslut

Det här kapitlet presenterar genomförandet av utvecklingsarbetet som utgått från ACD³ processen. Projektgruppen har rört sig fram och tillbaka mellan processens olika steg och arbetat iterativt under hela projektet.

Detta kan illustreras med utgångspunkt i Lars-Ola Bligårds beskrivning av ACD³-processen (Bligård, 2017). Till skillnad från en linjär utvecklingsprocess har arbetet i praktiken innehållit flera återkopplingar mellan stegen. I illustrationen nedan (figur 14) som visar projektgruppens uppfattning av den faktiska arbetsprocessen, framgår denna iterativa och parallella struktur tydligare.



Figur 14 - Visualisering av utvecklingsprocessen.

5.1 Problembild och inledande datainsamling

Under projektets inledande fas genomfördes en bred undersökning av befintliga lösningar för ergonomisk hantering av större detaljer inom industri och produktion. Inspiration hämtades från företag såsom Volvo och Toyota samt från olika typer av industriella hjälpmedel och lyftsystem. Gruppen undersökte både färdiga helhetslösningar och enskilda delkomponenter för att identifiera relevanta principer och funktioner.

Flera typer av grepplösningar identifierades, bland annat krokar, klor, vakuumkoppar och produktspecifika fixturer. Även olika typer av lyftlösningar analyserades, exempelvis vinschar, pelarlyftar, saxlyftar och kranar. Hydraulik, elektronik, pneumatik och mekanik identifierades som de vanligaste drivprinciperna. För förflyttning av komponenter studerades lösningar baserade på hjul, teleskoparmar

och traverser. Bland de lösningar som återfanns i produktion fanns bland annat takmonterade och golvstående lyftarmar med vakuumfästen för bilsäten (Bilochpuratips Automobile, 2023). Dessa bedömdes dock ligga långt utanför projektets ekonomiska och praktiska ramar.

Den första omfattande datainsamlingen genomfördes i samband med första besöket hos NVC. Fokus låg då på att kartlägga arbetsmomenten och förstå problemområdet i dess verkliga kontext. Observationer och intervjuer med intervjumall (bilaga B) genomfördes samtidigt som möjlighet gavs att följa hela monteringsprocessen för stolar i färdtjänstbussar. Någon montering av bårunderreden kunde däremot inte observeras vid tillfället då inga ambulansbeställningar fanns inne i produktionen. Däremot var personal tillgänglig som kunde beskriva processen.

5.2 Analys och konceptinriktning

Med datainsamlingen kunde likheter och skillnader mellan de två problemområdena tydliggöras. En likhet mellan momenten är, trots viktskillnad, att båda komponenter som lyfts är förhållandevis lätta för lyftanordningar på marknaden, men för tunga för god manuell hantering. Båda komponenterna ska lyftas lika högt och ungefär lika långt in i bilar med liknande utformning. Båda momenten sker i slutskedet av monteringsprocessen, vilket innebär att det finns mycket färdigbyggd inredning som lätt kan skadas.

Bland skillnaderna noterades det att stolarna monteras betydligt oftare och hanteras av en ensam montör, medan bårunderreden monteras mer sällan men väger betydligt mer, vilket kräver samordnade lyft av flera personer.

Datan analyserades med bland annat *REBA*-analyser, *länkanalys* och *HTA*, se bilaga C, D, E, F och G. Den ergonomiska analysen, *REBA*, gav kvantitativa resultat som kunde användas till att motivera behovet av förändring och möjlighet att senare objektivt jämföra alternativa arbetssätt med de befintliga. *Länkanalys* och *HTA* utnyttjades parallellt för att kartlägga monteringsprocesserna, och identifiera vart förändring hade gjort mest nytta. Med analyserna kunde observerade problem översättas till konkreta krav och funktioner inför idégenerering. Begränsningar i lokalerna och fordonen ledde exempelvis till krav på maximal höjd och bredd för

utrustningen, samtidigt som utrymmet inne i fordonen satte ytterligare begränsningar på storlek och manövrering.

En central insikt under projektets gång var att ergonomiska förbättringar måste vägas mot effektivitet och användarvänlighet. Frågan om när en ergonomisk förbättring faktiskt blir tillräckligt attraktiv för att användas i praktiken diskuterades återkommande. Särskilt vid stolsmontering bedömdes det viktigt att lösningen inte upplevdes som långsam eller omständlig jämfört med dagens arbetssätt. Detta eftersom stolarna är tillräckligt lätta för att lyftas in utan större ansträngning, men ändå tunga nog att på sikt vara skadliga.

5.3 Framväxande kravbild

Efter insamlade data analyserats sammanställdes den i en tidig kravbild för att säkerställa att projektet fortskrider med gemensam förståelse. Detta gjordes som förberedelse inför konceptutveckling och idégenerering.

Tidigt i projektet var målet att utveckla en gemensam lösning för både stolar och bårunderreden. Detta grundade sig i problemens likheter, önskemål från företaget, och i tanken att en gemensam lösning skulle minska behovet av flera olika verktyg, för att därmed förenkla underhåll och implementering. Detta i kombination med den insamlade datan mynnade ut i en gemensam kravlista för båda problemen.

Punkterna inkluderade bland annat:

- Möjliggöra vertikalt lyft, minst 80cm.
- Möjliggöra horisontell förflyttning, 2,5m.
- Tåla lasten av bårunderrede, 200kg.
- Lösningen ska inte nedprioriteras av arbetarna p.g.a. upplevd osmidighet.
- Bårunderredet ska kunna monteras med färre montörer.

Se bilaga H för komplett lista.

5.4 Konceptutveckling och idégenerering

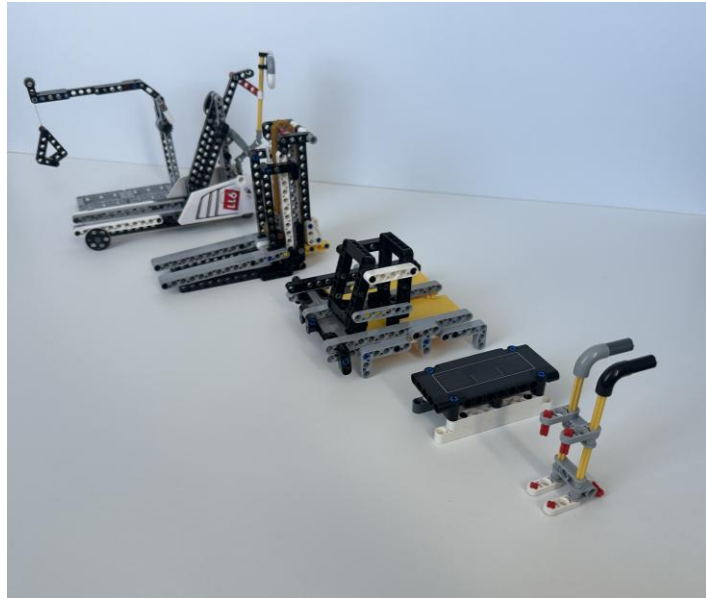
Den tidigaste idégenereringen genomfördes medvetet helt kravlöst genom *brain drawing* med endast företagets korta briefing som utgångspunkt. Detta möjliggjorde en bred utforskning av lösningsrymden innan behov och krav tydliggjordes. Idéerna

dokumenterades främst genom skisser och sammanställdes i *affinitetsdiagram*, se bilaga I och bilaga J. I detta skede sorterades mycket få förslag bort då även orealistiska *dark horse* idéer kan bidra till fortsatt utveckling och inspiration. Lösningsrymden reducerades successivt i takt med att datainsamling, observationer och analyser genomfördes och flertalet idéer eliminerades eller vidareutvecklades gentemot den framväxande kravbilden.

LEGO-modeller användes enligt *Legometoden* för att snabbt visualisera idéer och diskutera olika lyftprinciper och användningsscenarier, se figur 14 och 15. De enkla modellerna fungerade som effektiva kommunikationsverktyg och gjorde det lättare att resonera kring rörelser, geometrier och användning i tre dimensioner. För att utforska Lösningsrymden mer systematiskt användes även *morfologiska matriser*, se bilaga K, där olika funktioner och delprinciper kombinerades på nya sätt. Arbetssättet möjliggjorde både realistiska och mer extrema konceptförslag, vilket bidrog till att identifiera oväntade kombinationer och potentiella dellösningar.



Figur 15 - Legomodeller i låg fidelitet.



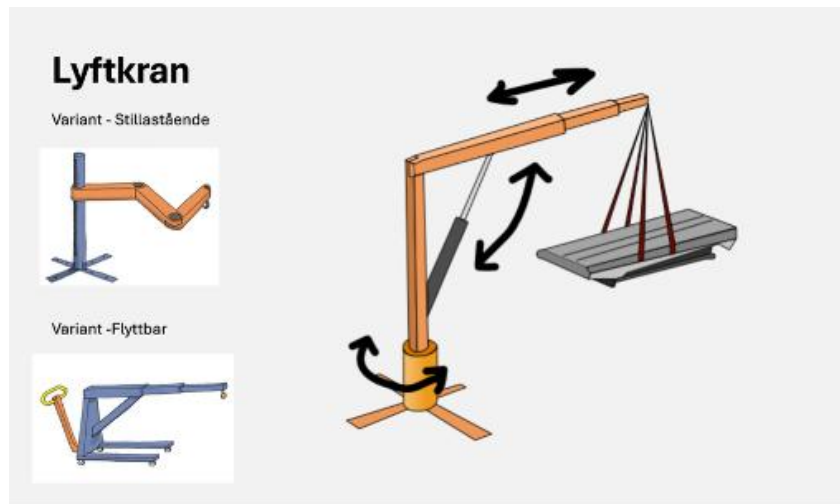
Figur 16 - Legomodeller i högre fidelitet.

Efter fortsatt utveckling av idéer kunde tre kategorier identifieras utifrån principiella likheter: att lyfta komponenterna ovanifrån, underifrån eller lyftlösa koncept.

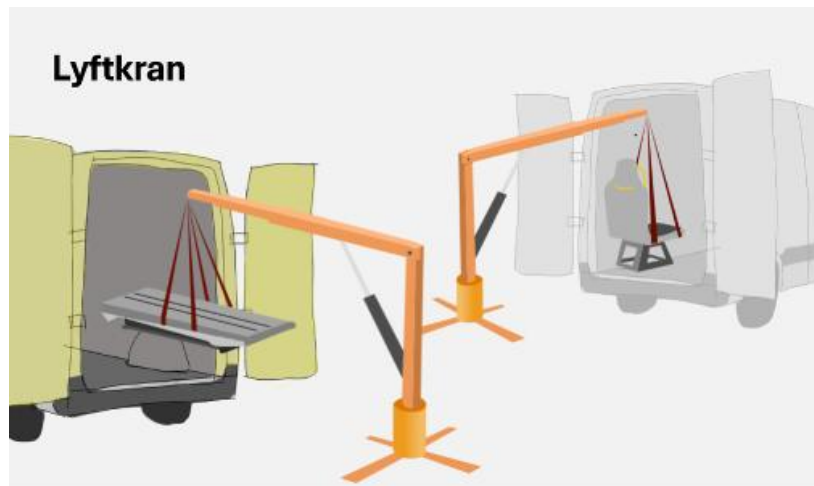
Lösningar som lyfte ovanifrån utvecklades främst kring diverse kranar och armkonstruktioner, medan lösningar som arbetade underifrån utvecklades kring användning av gafflar och befintliga logistikflöden baserade på EU-pallar. Kategorin lyftlösa koncept bygger på att utnyttja processens tidigare lyft och att fortsatt hålla godset i rätt höjd, eller att utnyttja ramper och hjul.

Inom varje huvudkategori bearbetades lösningarna och vidareutvecklades med avseende på den framväxande kravbilden för att mynna ut i ett koncept vardera. De tre koncepten som kristalliserades var: Kran, Pallyft och Tjockpall. De två senare beroende av ett gemensamt delkoncept i form av en specialutformad pall.

Konceptet Kranen var en lyftanordning där montören med hjälp av stroppar eller annan adapter kan lyfta stolar eller bårunderreden in i fordonet. För att visa på variationsmöjligheter utvecklades flera varianter av konceptet, bland annat stationära eller mobila lösningar samt varianter med olika typer av förlängning och olika frihetsgrader, se figur 16 och 17.



Figur 17 - Visualisering av olika lösningsförslag för konceptet.



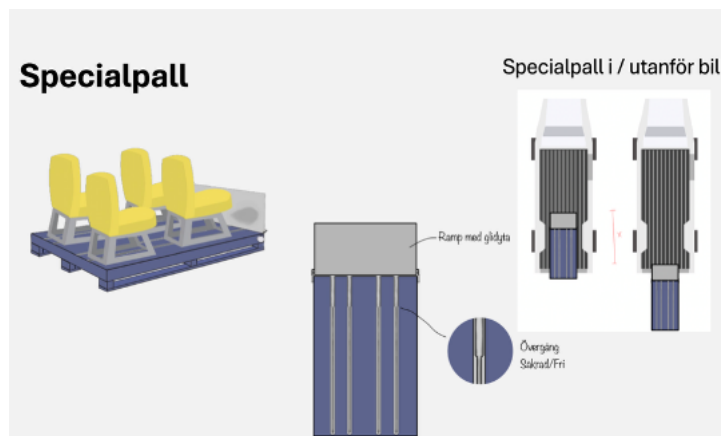
Figur 18 - Kranen visualiserad användning.

En styrka med konceptet var att det endast påverkar själva lyftmomentet in i bilen och därmed inte kräver större förändringar av tidigare steg i monteringsprocessen, vilket underlättar implementering. Samtidigt identifierades tydliga begränsningar vid hantering av stolar då endast en stol rimligen lyfts in åt gången.

De två kommande huvudkoncepten baseras på delkonceptet Specialpall, se figur 18. Specialpallen består av en modifierad EU-pall försedd med skenor, anpassade efter stolsbenen, som medger lastsäkring men tillåter stolarna att glida i skenornas riktning. Specialpallen placeras på, eller i höjd med, fordonets innergolv. I ena änden sitter en ramp för att underlätta förflyttning av stolarna från pallens skenor till golvet inuti fordonet, se figur 19.

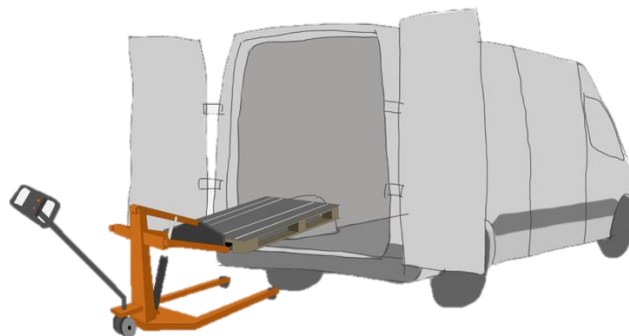


Figur 19 - Visualisering av Specialpall.



Figur 20 - Beskrivning av Specialpallens funktionalitet.

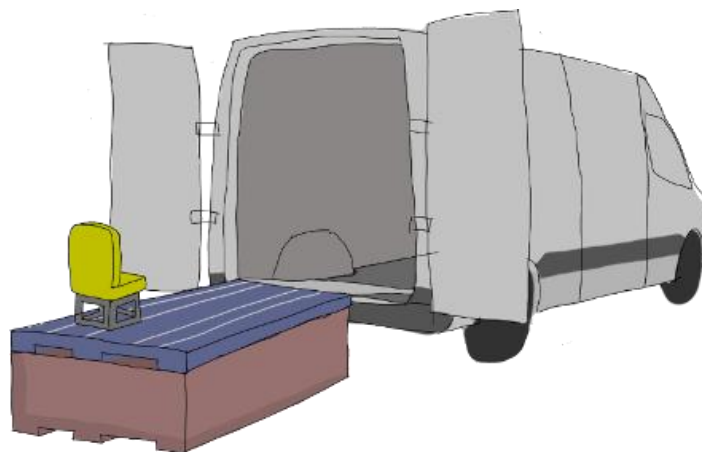
Konceptet Pallyft bygger vidare på Specialpallen genom att placeras den inne i fordonet med hjälp av en pallyftare, se figur 20. När stolarna lyfts tillsammans i stället för individuellt kan effektiviteten bibehållas samtidigt som de manuella vertikala lyften elimineras. Lösningen minskar även behovet av horisontell förflyttning inne i fordonet eftersom stolarna kan placeras nära sin slutposition. En nackdel med konceptet var att det ställde höga krav på precision vid manövrering för att undvika kontaktskador mellan fordon och pallyft.



Figur 21 - Visualisering av Pallyft i samspel med koncept Specialpall.

För att hantera bårunderreden med pallyften kan gafflarnas bredd anpassas efter bårunderredens geometri så de kan lyftas underifrån. En alternativ lösning är att adaptrar kan fästas på gafflarna för att sedan lyfta bårunderredet ovanifrån.

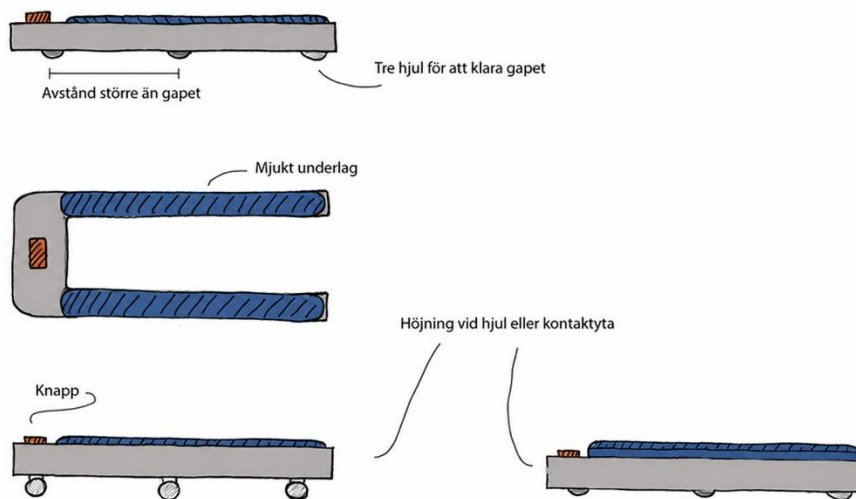
Konceptet Tjockpall utvecklades kring idén att nyttja gaffeltrucken som lastar av lastbilen som kommer från centrallagret. I stället för att placera pallan med stolar på golvet, så placeras pallan ovanpå en förhöjd pall, som gör att den hamnar i samma höjd som innergolvet i bilen, se figur 21. Tjockpallen med Specialpallen ovanpå kan sedan flyttas med palldragare och ställas utanför bilen utan att föra in själva pallan i bilen. Rampen fungerar då som en brygga mellan pall och fordon. Den tjocka pallan består av 3 staplade EU-pallar som sammanfogats. När Specialpallen placerats ovanpå blir höjden ca 600mm (4x150mm) vilket motsvarar innergolvet höjd i bilen.



Figur 22 - Visualisering av Specialpall ovanpå Tjockpall.

Lösningen syftade till att helt ta bort ett vertikalt lyft och samtidigt utnyttja företagets befintliga processer. Till skillnad från konceptet Pallyft krävs därmed inte att någon ytterligare lyftutrustning införskaffas.

Ett tillägg krävs för bårunderredet vid användning av Tjockpallen, se figur 22. Tillägget är består av en gaffelliknande ram med hjul och hydraulik och fungerar som en lättviktig palldragare. Pallan som bårunderredet levereras på placeras, av gaffeltrucken som lastar av lastbilen, ovanpå en tjock pall. När Tjockpallen med bårunderrede dragits ut med en vanlig palldragare och placerats bakom ambulansen kan tillägget föras in under bårunderredet, lyfta bårunderredet och rulla in det på rätt plats där den kan sänkas ned.



Figur 23 - Tillägg hantering av bårunderreden vid användning av Tjockpall.

När detta koncept togs fram hade endast ritningar på bårunderredet undersökts. Ingen information om emballage eller leveransprocess fanns tillgänglig. Detta resulterade i att tilläggets utformning ej med någon säkerhet skulle fungera. Därav syftade konceptet i stället till att visa ett potentiellt tillvägagångssätt att förflytta ett uppackat bårunderrede horisontellt.

5.5 Mockups och konceptutvärdering

Fullskaliga mockups av lastutrymme, stol, Specialpall och bårunderrede skapades utifrån insamlade data från besöken i produktionen. Syftet var att kunna utvärdera koncepten i en mer realistisk miljö och få en bättre förståelse för storlek, rörelseutrymme och användning, se figur 23.

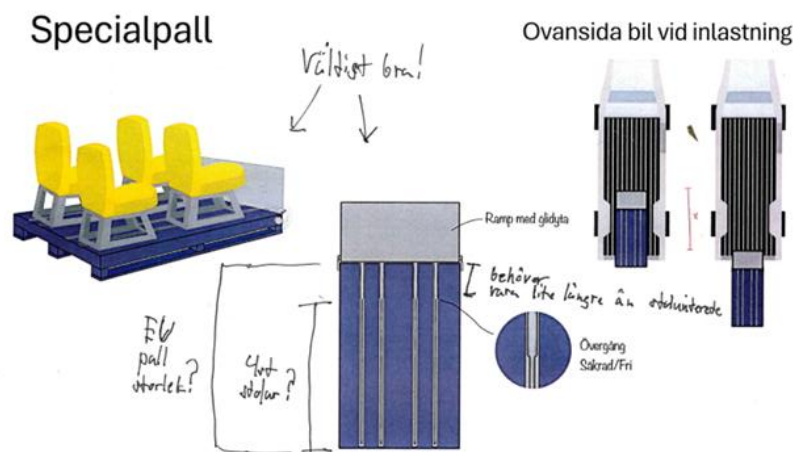


Figur 24 - Bild på mockup enligt minsta färdtjänstfordon och på representation av fordonens innergolvshöjd.

Mockuperna visade sig vara mycket värdefulla eftersom de tydliggjorde relationen mellan lösningarna och omgivningen på ett sätt som varken CAD-modeller eller skisser lyckades förmedla.

Koncepten utvärderades inledningsvis tillsammans med konstruktionsansvarig Jörgen Saméus genom diskussioner och *pughmatrix* (bilaga L), baserade på den framtagna kravbilden.

Ytterligare utvärdering genomfördes då koncepten presenterades för montörer och övrig berörd personal hos NVC. Presentationen ledde in i en gruppintervju med diskussioner om koncepten, möjliga vidareutvecklingar och svårigheter gällande implementation. Slutligen fick alla svara på enkäter individuellt för att säkerställa att alla åsikter fångades upp, se figur 24 samt bilaga M.



Figur 25 - Utdrag ur diskussionsunderlag som fyllts i under besök hos NVC.

En återkommande synpunkt från montörerna, som bekräftar gruppens tidiga inställning, var att lösningar måste vara tidseffektiva och smidiga för att faktiskt användas i verksamheten. Till skillnad från de konstruktionsansvariga fokuserade montörerna mindre på kostnadsbilden och mer på praktisk funktion och ergonomisk avlastning.

Parallellt var återkommande feedback från NVC vikten av enkla och robusta lösningar. Konstruktionerna skulle vara lätta att förstå, underhålla och helst möjliga att tillverka och reparera internt hos företaget. Samtidigt visade konceptutvärderingen att flera krav var svåra att uppfylla samtidigt, exempelvis

kombinationen av att hantera ett tungt bårunderrede och samtidigt erbjuda hög effektivitet med de lättare stolarna.

Diskussionerna ledde slutligen till insikten att en 2-i-1-lösning inte var optimal. Flera uttryckte att arbetsmomenten för stolar och bårunderreden var för olika och att en gemensam lösning riskerade att bli opraktisk för båda fallen. Ytterligare en viktig faktor bakom beslutet var att lösningarna behövde användas i olika delar av verksamheten och ibland samtidigt. Även om en gemensam lösning hade varit tekniskt möjlig hade företaget därför ändå behövt flera exemplar, vilket minskade värdet av en kombinerad lösning.

Personalen föredrog därför separata lösningar, där en vidareutveckling av Kranen ansågs mest lämplig för bårunderreden medan en vidareutveckling av Specialpall tillsammans med pallyft bedömdes ha högst potential för stolar. Utifrån analys, utvärdering och feedback fortskred projektet därför med vidareutveckling av de två övergripande koncepten: Kranen för bårunderreden och Specialpall i kombination med pallyft för stolsmontering.

5.6 Detaljutveckling och dimensionering

Under projektets senare del genomfördes mer detaljerad datainsamling kring mått, geometrier och användningssituationer för att möjliggöra utveckling av koncepten på interaktion- och elementnivå. Projektgruppen arbetade löpande med modellering och simulering i CATIA samtidigt som fysiska prototyper och dellösningar framställdes och utvärderades praktiskt i verkstäder.

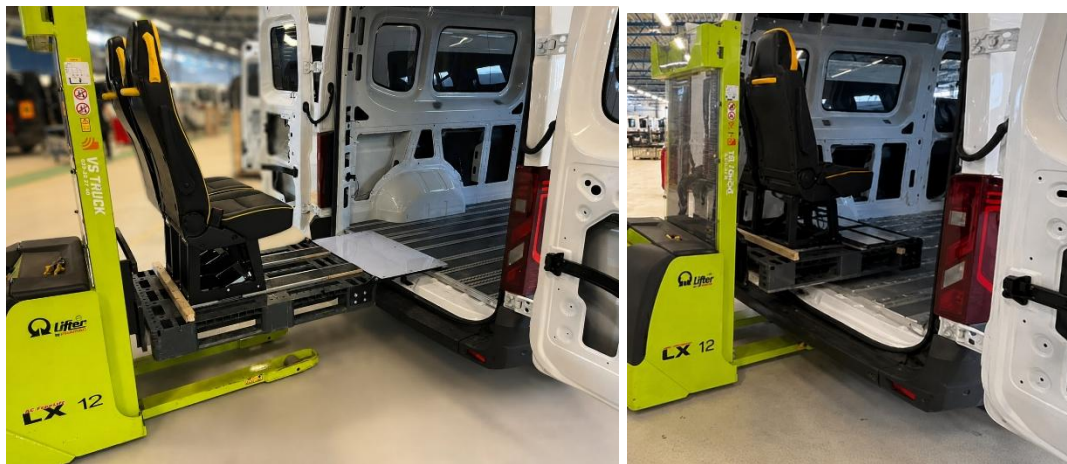
Den detaljerade datainsamlingen resulterade i en slutgiltig *kravspecifikation* för respektive delproblem, med begränsande dimensioner, se bilaga N samt kapitel 6. Befintliga produkter prioriterades framför egenkonstruerade lösningar. De bedömdes vara både mer kostnadseffektiva och mer realistiska att implementera i verksamheten, då de redan är CE-certifierade och därmed testade och säkra.

Detta sparar både tid och pengar, därför inleddes en marknadsundersökning i syfte att hitta befintliga produkter som uppfyller samtliga krav i de slutgiltiga kravspecifikationerna.

Den kategori av pallyft som identifierades vara mest lämplig var pallstaplare. De har i regel hög lasthöjd, men framför allt medför de förflyttning även i upphissat läge, vilket inte gäller för alla varianter av höglyftande pallyftare.

Att kunna lyfta och föra in pallen i bilen är en väsentlig del av lösningen och därmed en nödvändig egenskap. Alternativet hade varit att pallens höjdes bakom fordonet, och en längre ramp anslöt den till fordonet, se figur 25. Problemen med det är dels den mer skrymmande rampen och att man inte når stolarna inifrån. Därmed måste man gå ut ur fordonet för att skjuva fram varje stol till rampen, för att sen återigen klättra upp i bilen och föra stolen till sin plats.

När pallens placeras i bilen är det inga problem att kliva på pallens, men när pallens helt står på en höjd pallyft är det en säkerhetsrisk.



Figur 26 - Bilder på skillnad vid placering inne och utanför, där placering avgör hur pallens stöds underifrån.

Staplaren som föreslagits för inköp av NVC är Logitrans Logiflex SELF MINI. Den valdes på grund av minimala dimensioner, tillräcklig lyfthöjd, samt att både drivning och lyft är elektrisk.

Gällande kranar hittades ingen på marknaden som uppfyllde alla krav i kravspecifikationen, se bilaga N. Vid utveckling av en anpassad lösning bedömdes det mest effektivt att utgå från en befintlig produkt, och modifiera den för att uppnå kraven.

Många produkter uppfyllde nästan alla krav, och den produkt som upplevdes optimal att utgå ifrån var Biltema motorlyft 2000kg. Den erhöll ej tillräcklig räckvidd, men hade en konstruktion som möjliggjorde förlängning av lyftarmen.

Med dessa lyftverktyg identifierade kunde fokus läggas på utformning av Specialpallen och förlängning av motorlyften.

Specialpall

Under den senare delen av utvecklingsarbetet användes fortfarande skisser och *skissmodeller*, men i takt med att verkstadsarbetet tog större plats blev arbetssättet alltmer experimentellt och fysiskt. Många interaktioner är svåra att förutse i förväg, och det visade sig ofta vara snabbare att testa olika lösningar praktiskt än att försöka planera alla detaljer på förhand.

Flera delar av Specialpallen krävde upprepade iterationer för att möta alla tidigare ställda krav och de krav som framkom till följd av designbeslut som togs under prototypandet och formgivandet. Under utvecklingsarbetet av de olika komponenterna kunde implementeringen av en lösning leda till nya problem som behövde undersökas.

För basen undersöktes EU-pallar av både trä och plast, och den slutliga prototypen skapades utav en pall i plast. Tanken var att en plastpall skulle vara mer "vänlig mot fordonet", inte skräpa ner och inte kunna orsaka lika stor skada vid felhantering. Däremot påvisades plastpallen vara komplicerad, då den ej möjliggjorde för enkel fästning av de övriga komponenterna, något som träpallen är bättre lämpad för då den är mer solid. Därutav undersöktes högkvalitativa träpallar, som medgav goda fästningsmöjligheter och som inte borde skräpa ned på samma sätt som pallar med limmat spån.

Gällande pallens spår experimenterades det med olika sorters aluminiumprofiler där låsning och låg friktionskoefficient för stolarna var i fokus. Efter testning fastställdes spårtjocklek som medgav bra låsning. Utvecklandet av zonen som tillåter avlastning av stolarna gav insikten att en vanlig plåt fungerar för spåren och att profiler inte krävs. Därför bestämdes det att nyttja plåt eftersom det är lättare att forma och införskaffa i rätt tjocklek.

Vid skapande av rampen genomfördes först beräkningar av hållfasthet för att kunna bedöma materialval och dimensioner. Rampens ram tillverkades i metallverkstaden, se figur 26, och praktisk utvärdering med last visade att ytterligare stag var

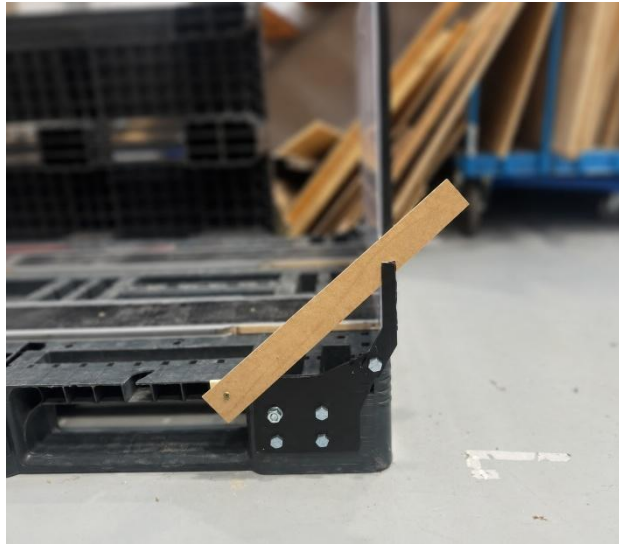
nödvändiga för upplevd stabilitet och säkerhet. För material till rampens yta tillämpades och utvärderades främst plast i syfte att inte repa stolsbenen. Efter sammanfogning av rampens metallram och ytan av plast uppstod ett väldigt högt ljud vid nedfällning som ej förutspåddes och dämpande material adderades.



Figur 27 - Bild vid tillverkning av stålram för rampen.

Gångjärnens design tog ett par vändningar under projektet. Tidiga idéer stötte på problem när det kom till de tre positionerna rampen måste kunna inta och det klargjorde vikten av rampens rotationspunkt. En annan lösning fungerade väl men inkräktade på pallens markfrigång och hade försvårat upplockning med gafflar. Utifrån denna problematik utvecklades den slutgiltiga designen som ökar pallens bredd marginellt, fortfarande inom *kravspecifikationens* maximumbredd, samt uppfyller övriga krav.

Ett exempel på en lösning som ställer nya krav och kräver dellösningar, är låsningen av rampen. Under den sekvens pallen är lastad måste rampen hållas i upprätt läge för att inte förlänga pallen eller vara i vägen för stolarna. För att möjliggöra detta genomfördes därför utveckling och utvärdering av låsmekanismer. Olika haspar, låssprintar och låsning eller klämning av gångjärnen togs fram och testades, se figur 27. Utvärderingen baserades på pallens användningskontext där det viktigaste är åtkomlighet men också enkelhet och tillverkning eftersom NVC själva vill kunna laga eller göra fler pallar. Här användes återigen en mockup av fordonet för att fånga den tidigare nämnda användningskontexten under utvärdering.



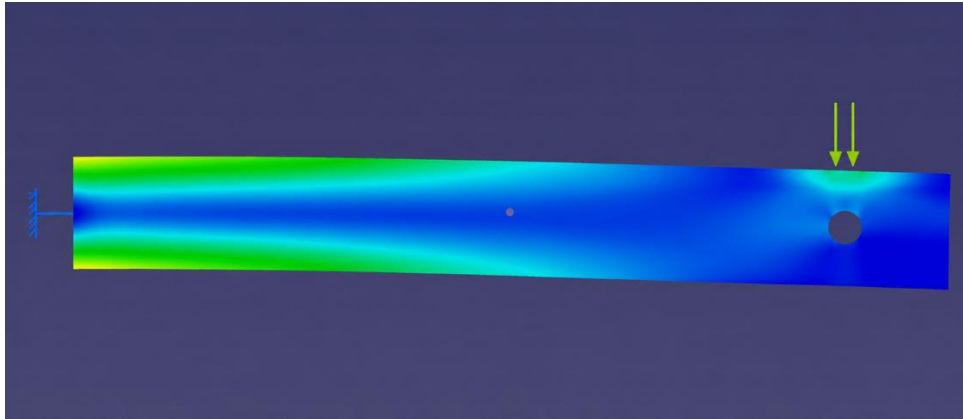
Figur 28 - Mockup av låsningskoncept till Specialpall.

Kranen

För att realisera implementering av motorlyften behövdes den införskaffas för att verifiera mått som inte specificerades i produktbladet, där den viktigaste var effektiv räckvidd. Med detta menas hur långt in i en ambulans motorlyften kan nå. Innan inköp analyserades tillgängliga mått för att uppskatta motorlyftens räckvidd och motivera realiserbarheten och därmed inköp.

Efter inköp kunde förlängningens dimensioner fastställas och det genomfördes en kraftjämviktsberäkning för att understryka att Kranen inte kommer tippa trots att förlängningen placerar kroken utanför understödsytan. Parallellt gjordes beräkningar på Kranens hållfasthet med hänsyn på dess godkända belastning, den planerade förlängningen och den maximala operativa lasten samt hållfasthetsberäkningar på själva förlängningen, se figur 28 samt bilaga O, P och Q.

Material införskaffades och bearbetades i FUSE-metallverkstaden på Chalmers med stöd av verkstadspersonal. För att kunna lyfta bårunderredet införskaffades även material till greppanordningen som togs fram under besök två, i samband med laboration med ett bårunderrede.



Figur 29 - Bild av deformation hos förlängning belastad med 3000N (Deformationen är överdriven för tydlighet).

Med alla delar på plats utfördes användar- och belastningstester som visade på goda resultat. Efter diskussion med NVC fastslogs det att en högre säkerhetsmarginal är att önska, så att de efter modifiering utan tvekan kan CE-certifiera Kranen. Detta klargjorde den slutliga designen på förlängningen, som NVC själva tog på sig att tillverka.

5.7 Omvärldsanalys och verifiering

Parallellt med huvudkonceptens utveckling genomfördes patentsökningar för att identifiera eventuella liknande lösningar och säkerställa att koncepten inte stod i konflikt med befintliga patent. Inga patent som liknar Specialpallen hittades.

Marknadsanalysen bidrog främst till ökad förståelse för hur ergonomiska lyft- och hanteringsproblem adresseras inom liknande verksamheter. Eftersom projektets lösningar huvudsakligen utvecklades utifrån verksamhetsspecifika behov snarare än avancerade tekniska system, bedöms analysens direkta inverkan ha varit begränsad.

För att verifiera den färdigställda Kranen och få feedback på den slutgiltiga prototypen av Specialpallen genomfördes ett tredje och sista besök nere i produktionen med praktisk utvärdering. Montörerna fick möjlighet att testa lösningarna i den faktiska miljön och ge återkoppling kring funktion och användbarhet.

Både observation och deltagande observation på hela processen, för inlyft av bårunderrede, genomfördes med Kranen. Detta i syfte att säkerställa att målbilden var uppfylld och för att fånga upp eventuell feedback från personalen.

Efter mindre slutliga justeringar gällande grepplösningen kvarlämnades Kranen i produktionen efter en demonstration av rekommenderat tillvägagångssätt för montering av bårunderrede med Kranen, samt Kranens alla funktioner. Tillsammans med förlängningens konstruktionsunderlag levererades därmed en komplett lösning för bårunderredesmontering till NVC.

För stolarna kunde inte en renodlad verifiering genomföras, eftersom varken en produktionsredo Specialpall framtagits eller den identifierade pallstaplaren införskaffats. Den slutgiltiga prototypen av Specialpallen som medtogs besatt ej rätt plastmaterial på ytan eller rätt utformning av skenorna. Processen för montering av stolar kunde dock simuleras väl med hjälp av en liknande pallstaplare samt den konceptuellt funktionsdugliga, men ej helt representativa, prototypen. Samtliga deltagare blev briefade om omständigheterna innan de utförde testerna.

Med bakgrund i den mycket givande feedbacken, från testerna av stolsmontering, finaliserades CAD-modellen till den slutliga designen och användes för att ta fram renderingar och de tekniska ritningarna som tillsammans med hållfasthetsberäkningar bildar konstruktionsunderlaget. Tillsammans med den modifierade monteringsprocessen och offerten för pallstaplaren levererades dessa digitalt som en komplett lösning för stolsmontering till NVC.

5.8 Sammanfattning av genomförande

Som nämnt har ACD3-processen använts som grund för projektets genomförande där projektgruppen rört sig fram och tillbaka mellan processens olika steg och arbetat iterativt under hela projektet.

Mitt i projektets genomförandet delades utvecklingen upp i två parallella spår för bårunderreden respektive stolar. I illustrationen från början av kapitlet (figur 14) framgår denna iterativa och parallella struktur tydligare. Det gula spåret visar processen för 2-i-1 lösningen, som senare delar sig i ett grönt spår för Specialpallen

samt ett rött spår för Kranen, där Specialpallen genomgått betydligt mer utvecklingsarbete än Kranen.

6. Behov och krav

Behov och krav har vuxit fram successivt under utvecklingsarbetets gång. De har identifierats och fastställts utifrån observationer och intervjuer, genomförda analyser, diverse designbeslut samt kontinuerliga diskussioner med NVC. Detta kapitel utgår från de färdigställda kravspecifikationerna, se bilaga N, och presenterar de mest centrala och betydande behoven och kraven samt bakgrunden till varför dessa identifierades som viktiga för projektet.

6.1 Stolar

Grundbehovet är som många gånger nämnt att reducera den fysiska belastningen genom att minimera manuella lyft och därigenom minska risken för belastningsskador. Utifrån de intervjuer och observationer som genomfördes framkom det tydligt att montörerna i praktiken undviker hjälpmedel som upplevs göra arbetet mer omständligt eller tidskrävande. Även om det manuella arbetssättet innebär högre fysisk belastning.

Vid analys av hela kedjan, från hopmontering av stol till stol på plats i fordonet, identifierades en passage mellan lagret och monteringshallen med en begränsad dörrbredd på 950 mm. För att stolarna ska kunna transporteras genom passagen krävs därför att de packas tätt och att lösningen inte överskrider denna bredd. Detta för att undvika att NVC behöver modifiera eller påverka verksamheten genom att exempelvis öppna upp dörrpartier, vilket strider mot projektets mål om sömlös integration av lösningarna.

Det framkom att ungefär var tionde bil är utrustad med bakhavellyft, vilket begränsar möjligheten att lyfta in hjälpmedel via bakdörrarna då elen för dessa fixas väldigt sent i processen. I dessa fall kan den mer otympliga sidodörren användas, men det medför andra storleksbegränsningar och krav på hantering och rörelseutrymme.

Storleksbegränsningarna baseras på fordonen med minst tillgängligt utrymme för att täcka extremfallen. Bland annat identifierades det högsta golvet som 600 mm ovan marknivå. Ytterligare begränsningar identifierades i form av bland annat hjulhus, infällda ramper och en stor luftkonditioneringsenhet.

Identifierade behov vid monteringen av stolar i färdtjänstbussar:

- Reducera den fysiska belastningen vid montering.
- Öka säkerheten och minska risken för belastningsskador.
- Bibehålla eller förbättra effektivitet i monteringsprocessen.
- Skapa en lösning som upplevs enkel och praktisk att använda i det dagliga arbetet.
- Lösningen får inte skada fordon eller inredning

Identifierade krav vid monteringen av stolar i färdtjänstbussar:

- Lösningen får inte inkludera belastande moment som presterar 8 eller sämre i en *REBA*-analys.
- Lösningens totala bredd får inte överstiga 950 mm.
- Lösningen ska möjliggöra lyft av stolar till minst 600 mm höjd.
- Verktyg måste ha skydd vid potentiella kontaktpunkter.

6.2 Bårunderreden

Vid monteringen av bårunderreden identifierades, liksom monteringen av stolar, stora ergonomiska belastningar kopplade till manuella lyft och positionering av bårunderreden med en vikt upp till cirka 200 kg. I nuläget monteras dessa av tre till fem montörer. *REBA*-analys ger mellan-hög riskpoäng, se bilaga R, S och T, vilket är missvisande lågt då lasten långt överskrider ramen för vad analysen är ämnad för.

Till skillnad från monteringen av stolar sker detta moment dock relativt sällan, vanligtvis endast någon gång per månad. Detta innebär att lösningen måste kunna stuvas undan och krav på effektivitet och smidighet inte är lika avgörande som för stolsmonteringen. Däremot identifierades ett behov av att minska antalet montörer som behöver avbryta sina ordinarie arbetsuppgifter för att genomföra momentet.

Varje ambulans har en egen monteringsstation där den byggs och flera ambulanser kan byggas samtidigt. Detta kombinerat med brist på plats för en dedikerad station för montering av bårunderrede innebär att ett verktyg måste vara lättmanövrerbart. Monteringen ställer höga krav på precision vid positionering. Underredet ska styras

in och monteras mot fyra borrade infästningspunkter i ambulansgolvet, där fyra skruvar behöver linjera med motsvarande hål. Momentet kräver i nuläget en hög grad av samarbete och samordning mellan montörerna, vilket ytterligare motiverade behovet av ett hjälpmedel som möjliggör en mer kontrollerad och precis hantering.

Utöver de ergonomiska behoven identifierades även flera geometriska och praktiska aspekter som påverkar lösningsrymden. Bårunderredena ska placeras 1350 mm in i fordonen, vilket ställer krav på räckvidd och stabilitet hos ett potentiellt lyfthjälpmedel. Bårunderredena levereras emballerade i trälådor, vilket problematiserar upplockningen och antingen ställer ytterligare geometriska krav på stödbenens utformning eller att avlastningen ur låda sker på ett skilt sätt.

Vid analys av olika ambulansmodeller identifierades den högsta golvhöjden till 800 mm över marknivå. Då en modell öppnar sin baklucka uppåt måste denna lyfthöjd på 800 mm kunna nås utan att hela lösningen blir över 1800 mm hög.

Identifierade behov vid monteringen av bårunderrede i ambulanser:

- Reducera den fysiska belastningen vid montering.
- Minska antalet montörer som krävs vid montering.
- Förbättra ergonomin vid lyft och positionering.
- Möjliggöra säkrare och mer kontrollerad hantering av bårunderreden.
- Minimera påverkan på övriga produktionsflöden och verkstadsyta.

Identifierade krav vid monteringen av bårunderrede i ambulanser:

- Lösningen ska kunna hantera laster upp till 200 kg.
- Lösningen ska vara mobil.
- Lösningen ska max inkludera 2 montörer.
- Lösningen ska kunna lyfta lasten till minst 800 mm höjd.
- Lösningen ska ha en effektiv räckvidd på minst 1350mm.
- Lösningen totala höjd får inte överstiga 1800 mm.
- Lösningen ska kunna förvaras utan att störa övrig produktion.

7. Slutliga lösningar och verifiering

Slutkonceptet landade i två separata lösningar för att helt uppfylla kravspecifikationerna för respektive monteringsmoment. För montering av bårar är resultatet en kran på hjul, som med precision och flexibilitet kan lyfta ett bårunderrede in i ambulansen.

För stolarna resulterade det i en tvådelad lösning, med en elektrisk pallstaplare och en specialutformad lastpall, med skenor för stolarna. Stolsbenen ska utrustas med tillvalet *hjul* från leverantören. Pallstaplaren bör köpas in, och pallen har utformats genom arbetet för intern tillverkning av NVC.

7.1 Kranen

Den slutliga lösningen för hantering av bårunderreden baseras på en mobil verkstadskran (Biltema motorlyft 2000 kg). Kranen har modifierats genom en förlängning av lyftarmen, ett tillägg av ett stötskydd, samt en anordning för att fästa bårunderredet i Kranens krok, se figur 30.



Figur 30 - Den modifierade Kranen.

Den låga höjden på Kranens ben möjliggör positionering av stödbenen under transportemballaget, vilket tillåter ett rent vertikalt uppluckande av bårunderredet. De svängbara bakre hjulen bidrar till god manövrerbarhet både i belastat, obelastat och i hopfällt tillstånd.

Användning

Den nya processen för att montera bårunderreden inleds med att förbereda bårunderredet genom att skyddsplasten och de två överliggande reglarna av transportemballaget avlägsnas, se figur 31. Skruvarna som fäster bårunderredet i botten av emballaget avlägsnas med ett spärrskaft och hylsa. Stropparna placeras därefter runt bårunderredet och kopplas till Kranens krok. Lyft sker genom handpumpning och lasten höjs till erforderlig nivå, se figur 31.



Figur 31 - Bild på hur bårunderredet kommer transporterat, samt lyftet upp ur emballaget.

Under förflyttning förs Kranen fram av en operatör och lasten kontrolleras av en annan för att motverka rotation och svängningar. Kranen manövreras därefter in i fordonet, där lasten sänks kontrollerat till sin slutliga position, se figur 32. Denna metod eliminerar behovet av manuella lyft och möjliggör en mer kontrollerad, effektiv och ergonomisk monteringsprocess.



Figur 32 - Placering av bårunderrede i ambulans.

Detaljutformning

Nedan presenteras lösningarnas utformning i detalj.

Förlängning av lyftarm

Den framtagna förlängningen har en längd om 250 mm, vilket resulterar i en total räckvidd på 1400 mm in i fordonet. Detta ger en stötmarginal på 50 mm i den ambulans där baren ska lyftas in längst, vilket bedömdes tillräckligt genom diskussion med NVC.

Konstruktionen utgörs av en fyrkantsprofil i stål (50 × 50 mm, godstjocklek 4 mm). Dimensioneringen har valts för att uppnå en balans mellan hållfasthet och vikt, där en grövre profil skulle öka stabiliteten men ge en mycket högre vikt.

Förlängningen är en teleskopsarm som monteras inuti den befintliga armen med en överlappning om 220 mm, vilket säkerställer god kraftöverföring och minskar risken för lokal spänningskoncentration. Infästningen sker med en sprint placerad 130 mm från profilens mynning, vilket ger en robust men samtidigt demonterbar lösning.

Hållfasthetsberäkningar har genomförts i CATIA med ett lastfall motsvarande hantering av det tyngsta bårunderredet om 200kg. Konstruktionen har en säkerhetsfaktor över 4 och kommer inte uppnå plastisk deformation, se bilaga Q. Stabiliteten har även analyserats med avseende på vältmoment, där Kranens egenvikt och geometri bedöms vara tillräcklig för att motverka instabilitet vid normal användning.

Utveckling av stötskydd

Vid inlyft i ambulansen identifierades risk för kontakt mellan kran och fordon, särskilt vid den hydrauliska kolven som är exponerad i rörelseriktningen. För att reducera denna risk har ett koncept för stötskydd i form av en plastkåpa utvecklats, se figur 33.



Figur 33 - Stötskydd som fortfarande medför användning av höjning och sänkning.

Kåpan är utformad för att både absorbera stötar och skapa en mer förlåtande yta vid eventuell kontakt, samtidigt som den inte begränsar kolvens eller skaftets rörelse. Detta bidrar till att minska risken för både materiella skador och oönskade avbrott i arbetsprocessen.

Befintlig höj- och sänkmekanism

Kranen manövreras via ett manuellt hydraulsystem, vilket inte har utvecklats vidare. Höjning sker genom pumpning av ett skaft kopplat till en hydraulcylinder, vilket möjliggör finjustering av höjd och position, se figur 34. Den manuella lösningen ger hög kontroll, låg komplexitet och minimal underhållsproblematik jämfört med elektriska alternativ.



Figur 34 - Bild av manöverhandtag vid pumpning.

Sänkning sker genom reglering av tryckavlastning via en ventil. Denna funktion möjliggör en steglös och kontrollerad rörelse, vilket är särskilt viktigt vid positionering

av tunga komponenter i trånga utrymmen. Ventilen öppnas med en stor och fjädrad ratt, vilken ger montören god kontroll, se figur 35.



Figur 35 - Ratt för sänkning av lyftarm.

Lyftstroppar

För att säkerställa ett stabilt lyft används lyftstroppar anpassade efter bårunderredets geometri och tyngdpunktsläge, se figur 36. Två stroppar med 2 meter omkrets används som utgångsläge. Då tyngdpunkten generellt är centralt placerad, men inte helt i den geometriska mittpunkten, krävs endast mindre justeringar i stropparnas längd för att uppnå horisontell orientering. Denna justerbarhet uppnås genom användning av schackel eller karbinhakar, vilket ger flexibilitet utan att öka komplexiteten i systemet. En korrekt orienterad last minskar risken för pendelrörelser och underlättar precis positionering.



Figur 36 - Stropparnas utformning och hur infästning ser ut vid användning.

Fortsättningsvis är Kranens hopfällbara konstruktion en betydande fördel, då användningsfrekvensen för monteringsmomentet är relativt låg och golvyta i produktionsmiljön är begränsad. Möjligheten att fälla ihop Kranen reducerar därför dess påverkan på övriga produktionen.

Slutligen gav Kranens ursprungliga konstruktion goda förutsättningar för vidare modifiering. Den enkla geometrin och befintliga infästningslösning för lyftarmen möjliggjorde för en enklare förlängning utan en omfattande omkonstruktion av grundprinciper.

7.2 Stolarna

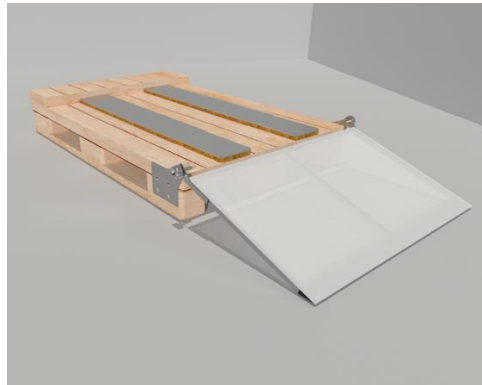
Lösningen för stolsmontering består av en elektrisk pallstaplare samt en specialutformad lastpall. Systemet är framtaget för att minska manuella lyft genom att möjliggöra transport och avlastning av stolar direkt från pall till fordonets golvspår.

Specialpallen

Specialpallen är utformad för att möjliggöra ergonomisk transport, förvaring och avlastning av stolar under hela monteringsprocessen. Konstruktionen består av en modifierad EU-pall utrustad med spår och en nedfällbar ramp, se figur 37.

Stolarna monteras direkt på pallen och transporteras därefter med hjälp av en elektrisk pallstaplare. Vid montering placeras pallen i nivå med fordonets golv,

varefter rampen fälls ned så stolarna kan rullas från pallens spår till fordonets fasta golvspår.



Figur 37 - Helhetsbild av Specialpallen.

Pallens grund utgörs av en EU-pall för att säkerställa kompatibilitet med befintliga logistiksystem, såsom lagerhyllor, gaffeltruckar och pallhanteringsutrustning. Konstruktionen i hyvlat trä ger god vridstyvhet samtidigt som den möjliggör enkel infästning av övriga komponenter. Pallens klossar är utformade i massivt trä för att kunna ta upp belastningar från rampens gångjärn och infästningar, se figur 38.



Figur 38 - Modellerings av bas, inklusive bakre höjning.

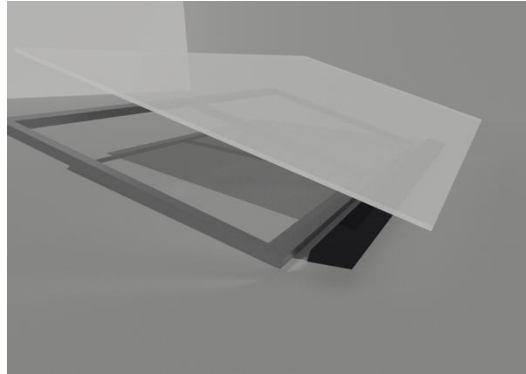
Rampens huvudsakliga funktion är att möjliggöra en kontrollerad och ergonomisk förflyttning av stolar från pallens spår till fordonets golv. Rampen består av en stålram, en glidplatta, gångjärn och tillhörande beslag.

Ramen består av fyrkantsprofiler i stål med dimensioner 15 x 15 mm och godstjocklek 1,5 mm. Dimensioneringen baseras på en avvägning mellan låg vikt, tillräcklig hållfasthet och enkel tillverkning.

Plattan på rampen består av HDPE (High density polyethylene), se figur 39.

Materialet erhåller många bra egenskaper utifrån användningsscenariot. Materialet

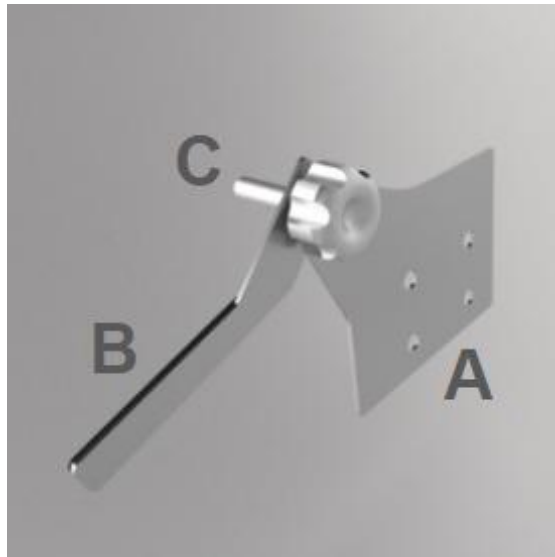
är mycket starkt i förhållande till dess vikt och kommer därav ge en stabil yta samtidigt som vikten av rampen inte påverkas avsevärt. Den högre densiteten innebär att materialet är styvare vilket innebär mindre deformation av ytan då stol eller montör använder ytan. Plattan är monterad på ramen med nio skruvar.



Figur 39 - Sprängskiss av modellerad ramp, med ingående delar: ram, platta och fot.

Gångjärnen är konstruerade så att rampen ligger i nivå med pallen i nedfällt läge, och kan roteras och läggas platt ovanpå spåren när pallen är olastad. Detta gör pallen staplingsbar vilket sparar plats vid förvaring, och förbättrar sikten vid förflyttning av pallen, vilken minskar risken för påkörningsolyckor och skador på personer, fordon och andra objekt i verkstaden. Detta uppnås genom precis positionering av rotationspunkten i förhållande till pallen, spåren och rampens geometrier.

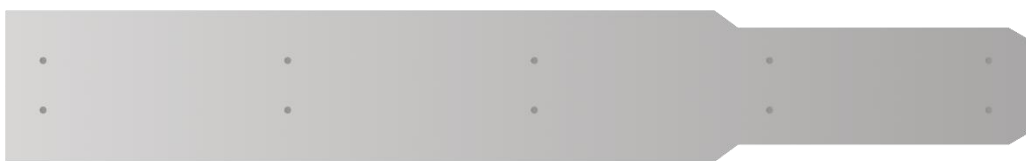
Gångjärnssystemet består av ett antal komponenter, se figur 40. Del A består av en stålplatta som monteras i pallens yttersida med 4 franska träskruv. I plattans övre främre hörn finns ett hål för den skruv som agerar axel i gångjärnet. Del B är en platta med hål på rätt avstånd och vinkel för att passa med hålet på plattan i pallen. Denna svetsas ihop med rampens ram. På insidan av hålet svetsas en M10 mutter fast. Mellan plattorna placeras en bricka. Del C är Axeln, som består av en M10 rattskruv, med vilken man kan skruva åt förbandet och därmed låsa rampen i uppfällt läge. Denna låsning av rampen fungerar som lastsäkring, och förhindrar stolarna från att glida ur spåren under transport.



Figur 40 - Modellerings av gångjärnen samt rattskruv.

Spåren består av en 4mm aluminiumplåt som är utskuren för att hålla stolarna på insidan av de spårklossar som finns i botten av underredet. Spåren är utformade för att i ett bakre läge säkerställa att stolarna är lastsäkrade och längre fram, i anslutning till rampen, övergå till en öppning så att stolen kan vinklas bakåt för att hjulen ska nå ner till pallen, se figur 41. Spåren är fasade vid öppningen och vid dimensionsförändringen, för att förenkla placering av stolsbenet i spåren.

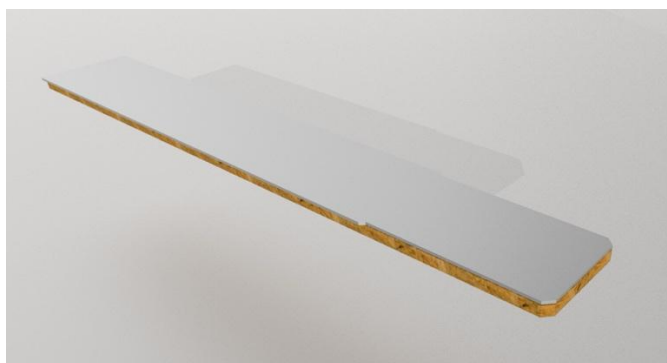
Spårplåten är monterad på en 15 mm tjock plywoodplatta, som i sin tur är monterad i pallen, för att åstadkomma tillräcklig distans mellan botten på underredets klossar och pallen, se figur 42 och 43.



Figur 41 - Spårplåtens utformning ovanifrån med avsmalning vid öppning.



Figur 42 - Illustrationer som visar tvärsnitten i av- och pålastningszonen (vänster) och lastsäkringszonen (höger).



Figur 43 - Modellerings av spåren som består av en övre spårplåt och undre plywoodskiva.

Lösningen förutsätter att stolarna som införskaffas till produktionen vid NVC ska vara stolsben med tillhörande avlastningshjul monterade baktill. De medför att transporterung nerför ramp och inuti fordon sker enkelt och helt utan lyft, se figur 44.



Figur 44 - Bild på avlastningshjul monterade på bakre del av stolsben.

Pallyft

Staplaren som föreslagits för inköp av NVC är Logitrans Logiflex SELF MINI, se figur 45. Den valdes på grund av minimala dimensioner, tillräcklig lyfthöjd, samt att både drivning och lyft var elektrisk. Modellen kommer i två lyfthöjder, där den lägre av dem (920mm) uppfyller kraven för inlyft av pallen i bilen (800mm). Den högre av dem (1650mm) är dock den som rekommenderas, då den dessutom klarar av att lasta av pallar från lastbilen som pallarna anländer monteringsanläggningen från centrallagret i. Normalt sker lastning och lossning med en gaffeltruck, men då endast ett begränsat antal medarbetare på NVC innehar behörighet för att använda den elimineras den resulterande flaskhalsen med hjälp av ett inköp av Logitrans Logiflex

SELF MINI. Prismässigt var det inte stor skillnad på de två alternativen, cirka 6500 euro för den låglyftande staplaren och cirka 6900 euro för den höglyftande dito.



Figur 45 - Bild på Logiflex SELF MINI.

Pallstaplaren är tillverkad av det danska företaget Logitrans och säljs i Sverige av PMH International AB, vilket innebär att NVC slipper importera produkten. Staplaren är CE-märkt.

Användning

Stolsbenen placeras i spåren på Specialpallen, som på monteringsstationen står upphöjd i lämplig arbetshöjd. Sätena placeras på underredena, och skruvas fast i korrekt position. Med hjälp av den elektriska pallstaplaren plockas pallen ner och placeras intill vagnen med andra komponenter ämnade för den aktuella bilen i lagret. När stolarna ska monteras hämtas pallen med pallstaplaren, och körs ut i monteringshallen. Montören kör upp pallen mot bilen, och höjer gafflarna med pallen för att ta sig över innergolvet i bilen. Försiktigt förs pallen in i bilen, tills ca halva pallen är inne.

Pallen sänks tills den avlastas mot golvet men precision krävs då förare måste se till att gafflarna ej går emot. Montören går in i bilen, antingen bredvid pallen eller genom sidodörren, och lossar rampen med rattskruven, och fäller ned den. En stol i taget kan nu dras fram till änden på pallen, där spåren släpper stolen, för att luta stolen bakåt tills hjulen tar i, och rulla ner stolen för rampen. Stolen rullas fram till sin slutgiltiga position, där den sänks ner och låses fast i spåren i bilens golv. När

stolarna är på plats fäller montören över rampen så den lägger sig parallellt med pallens spår, och kan sen köra bort pallen och staplaren till lagret igen.

8. Ergonomisk påverkan och processeffekt

Följande kapitel tydliggör hur den ergonomiska situationen ser ut och vilka områden som kräver åtgärder, samt hur det slutgiltiga resultatet presterar i jämförelse med nuvarande tillvägagångssätt.

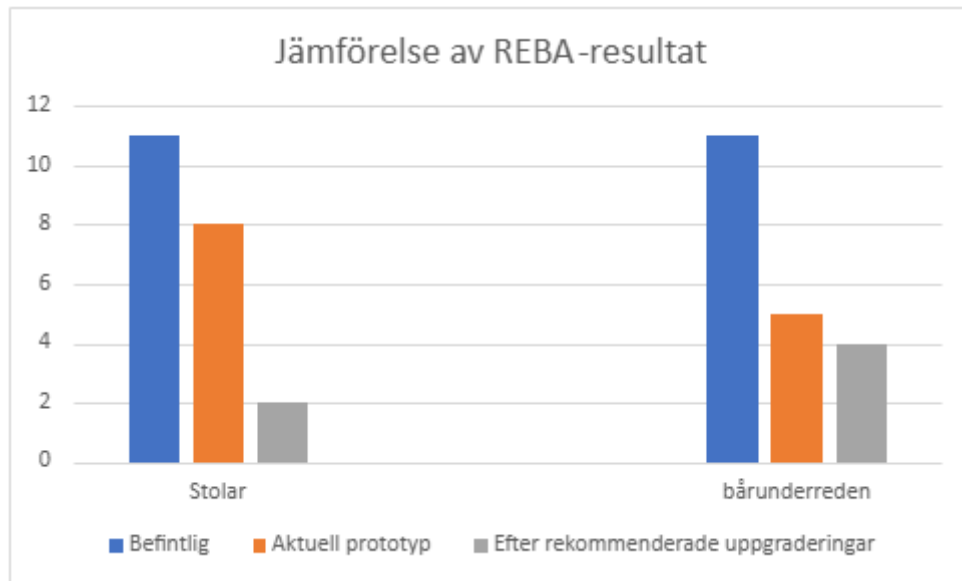
Riktlinjer och rekommendationer har hämtats från arbetsmiljöverkets sida "Manuell hantering och annan kraftutövning" (2025), under delavsnittet "Lyfta och bära laster". Arbetsmiljöverket betonar bland annat vikten av att en Arbetstagare ska kunna utföra arbetet med god balans och förespråkar därav minimal höjdförändring och användning av instabila stödytor.

Under de arbetsmoment som förekommer inom ramen för detta projekt sker flertal lyft av stora, otympliga objekt av hög vikt där även kritiska punkter som förflyttningen upp i ett fordon har identifierats. Enligt Arbetsmiljöverket sida "Manuell hantering och annan kraftutövning" (2025) under delavsnittet "Lyfta och bära laster" leder tunga lyft till stor belastning på muskler, leder och hjärt-kärlsystem.

Den kvantitativa ergonomiska analysen genomfördes med hjälp av metoden REBA och visade på kritisk belastning vid flera tillfällen under montering av stolar i färdtjänstbussar. Under sekvensen analyserades arbetspositioner som resulterade i poäng upp till 11, se bilaga D, E och F. Liknande har REBA-analyser genomförts på de förekommande tunga lyft vid montering av bårunderreden. Där de kritiska arbetsställningarna resulterade i poäng upp till 11 poäng, se bilaga R, S och T. Detta innebär att arbetsmomenten är ohållbara och omedelbar förändring bör implementeras enligt metodens graderingar.

Efter utvärdering av lösningarna vid användning, genomförd hos NVC, innebar implementering av lösningarna följande resultat. Vid montering av bårunderreden och stolar har samtliga manuella lyft, ej inkluderat separata lyft av stolsben och säten, eliminerats. Följandevis har den reducerade fysiska påfrestningen indikerat en tydlig skillnad och ergonomin vid båda arbetsmoment förbättrats. REBA-analyser har genomförts på de fysiska prototyper som testades vid det sista besöket hos NVC. Resultatet av dem blev 8 poäng för stolarna och 5 poäng för bårarna, se bilaga U och V. Vid en teoretisk utvärdering av processerna, efter implementering av hjul på stolsben respektive förbättrad handpump, sänkes resultatet till 2 respektive 4 poäng,

vilket tydligt visar effekten av lösningarna som utvecklats, se figur 46, bilaga W och X.



Figur 46 - Visualisering av REBA-jämförelser för olika problem och lösningar.

För montering av bårunderreden kvarstår vissa ergonomiska belastningar vid användning av Kranen, främst i samband med pumpning av hydraulkolven vid höjning av lasten. Belastningen bedöms dock vara betydligt lägre än vid tidigare manuella lyft av hela bårunderredet.

9. Diskussion

Detta kapitel diskuterar samt utvärderar projektarbetet och de slutliga resultaten. Kapitlet innehåller potentiella förbättringar och rekommendationer för fortsatt utveckling och framtagning av produkterna. Fokuset ligger på att lyfta och diskutera beslut som tagits och hur de motiverats utifrån projektets syfte.

9.1 Uppfyllnad av syfte och mål

Projektets syfte, att minimera NVC:s personals fysiska belastning vid inlyft av stolar och bårunderreden utan att negativt påverka produktionen i övrigt, är uppnått. Detta eftersom projektmålen avklarats genom den iterativa produktutvecklingsprocess som redogjorts i denna rapport.

Projektet har nyttjat processutvärderingar och användarundersökningar som sedan legat som grund i utvecklingen av processer och hjälpmedel genom designmetodik. Detta tillvägagångssätt har säkerställt att målen uppfylls på ett sätt som stödjer syftet och bland annat resulterat i att det ursprungliga målet med att båda komponenterna skulle hanteras med samma lösning förkastades, eftersom syftet då kunde uppfyllas på ett bättre sätt.

Enligt de satta målen har konstruktionsunderlag, hållfasthetsberäkningar, CAD-modeller samt fullskaliga proof of concept-prototyper levererats. Dessa skulle sedan användas av NVC för vidare konstruktion, tillverkning och implementering. Detta mål kan sägas ha överskridits då den tillverkade prototypen för lyft av bårunderreden sattes in i produktion direkt efter tester och leverans.

Mer om de enskilda lösningarnas syfte och måluppfyllnad i kommande avsnitt.

9.2 Kranen

Vid utvärdering av Kranen i jämförelse med det tidigare manuella arbetssättet observerades en tydlig reduktion av den fysiska belastningen vid montering av bårunderreden. Implementeringen av Kranen bedöms därmed uppfylla projektets

huvudsakliga syfte, vilket var att minska den ergonomiska belastningen för montörerna utan att försämra produktionens effektivitet eller flexibilitet.

Kranen kvarlämnades i produktionen hos NVC. Den nuvarande förlängningen ska betraktas som en preliminär lösning, framtagen för att möjliggöra tidig användning och utvärdering i produktionsmiljö. Ytterligare konstruktionsförbättringar avseende hållfasthet bedömdes nödvändiga för att uppnå önskad säkerhetsfaktor och långsiktig driftsäkerhet vilket togs hänsyn till i konstruktionsunderlagen. Att därmed lämna Kranen i produktionen med den tunnväggiga förlängningen kan därför anses onödigt då verktyget inte bör användas innan det CE-certifieras.

Marginella ergonomiska förbättringsmöjligheter identifierades vid presentation och praktisk användning av lösningen. Det framkom att handtaget för höjning av Kranen medförde en mindre gynnsam arbetsställning för operatören. Ett omkonstruerat handtag med förbättrad ergonomi skulle kunna förbättra användarupplevelsen ytterligare. Konceptet för stötskyddet behöver utvecklas vidare med fler iterationer och en prototyp för utvärdering. Detta hanns inte med inom projektets tidsram.

9.3 Spårpall

Vid praktisk utvärdering med den fullskaliga prototypen framkom att fastmonterade hjul på stolsunderredena var svåra att motivera kostnadsmässigt ur NVC:s perspektiv. Samtidigt bedöms hjul i kombination med ramp ge tydlig ergonomisk förbättring, då stolen kan rullas ner mot bilens golv utan tunga lyft. Gruppen bedömer därför att hjulen är den mest ergonomiskt fördelaktiga lösningen, eftersom de i princip eliminerar det sista manuella lyftet inne i fordonet.

Utan hjul kvarstod ett kortare och mer kontrollerat lyft vid övergången mellan ramp och golv, där stolen placeras i spåren och skjuts till slutposition. Lösningen bedöms ändå uppfylla projektets huvudsakliga syfte att minska ergonomisk belastning utan att påverka produktionens effektivitet eller flexibilitet.

Konstruktionen bedömdes vara enkel att tillverka och möjlig att producera internt eller via lokala verkstäder med projektets ritningar. Vissa funktioner, främst kopplade till ramp och hjul, kunde endast utvärderas teoretiskt då kompletta komponenter saknades vid testtillfället. Lösningen bedöms dock vara nära implementerbar.

Förbättringsmöjligheter identifierades främst i rampens material och utformning. Den plastbaserade rampen bedömdes vara för spröd och hal vid belastning. Alternativ som aluminium eller marinplywood identifierades, förutsatt att vikten hålls rimlig. Vidare identifierades möjligheten att helt avveckla rampen om hjullösningen inte implementeras. Detta som nämnt på grund av att montören isåfall behövde lyfta stolen en bit i bilen och upplevdes lättare att göra det utan rampen.

Även spårens konstruktion visade förbättringspotential, då viss vridning observerades vid belastning. Detta kan reduceras genom fler infästningspunkter eller genom att ersätta de 1 mm tjocka aluminium-U-profilerna med 4 mm stålplåt, eftersom endast ena sidan av profilen nyttjades och det fanns cirka 3–4 mm spelrum mot underredet.

Dessa förbättringar hann aldrig praktiskt genomföras och kan ej med komplett säkerhet bevisa att processen för stolar hade underlättats.

9.4 Metod och genomförande

Projektgruppen har under arbetets gång använt ett flertal metoder för datainsamling, analys, idégenerering, prototyputveckling och utvärdering. Flera av dessa metoder visade sig vara väl anpassade för projektets karaktär, medan andra medförde begränsningar som påverkade resultatet och arbetssättet. Gruppen har även identifierat alternativa tillvägagångssätt som potentiellt hade kunnat stärka projektets genomförande ytterligare.

En metod som visade sig vara särskilt värdefull under idégenereringsfasen var användningen av LEGO-modeller. Denna typ av lågupplöst prototypframtagning möjliggjorde snabb visualisering och kommunikation av idéer inom projektgruppen. Trots den enkla utformningen gav modellerna tillräcklig geometrisk och funktionell representation för att diskutera rörelser, lyftprinciper och användningsscenarier. Gruppen bedömer därför att metoden gav hög nytta i förhållande till investerad tid och bidrog till att effektivisera den tidiga konceptutvecklingen.

En metod som däremot upplevdes som mer begränsad var REBA-analysen. Metoden användes för att bedöma ergonomisk belastning vid olika arbetsmoment och gav projektgruppen en tydlig indikation på att flera av de observerade

arbetsställningarna innebar hög belastningsrisk. Samtidigt identifierades metodologiska begränsningar i samband med analysen. REBA baseras på bedömning av statiska kroppsställningar genom enskilda stillbilder, medan de aktuella monteringsmomenten i hög grad bestod av dynamiska rörelser och kontinuerliga förflyttningar. Detta innebar att aspekter såsom rörelsemönster över tid, förflyttningssträckor och vertikala lyfthöjder inte fullt ut fångades av analysen. Gruppen bedömer därför att REBA var tillräcklig för att identifiera kritiska arbetsmoment, men att kompletterande ergonomiska analysmetoder potentiellt hade kunnat ge en mer heltäckande bedömning av arbetsbelastningen.

En annan betydande resurs under projektets gång var möjligheten att använda FUSE-verkstaden på Chalmers. Tillgången till utbildning, handledning och praktiskt stöd inom metallbearbetning och prototypstillverkning möjliggjorde utveckling av prototyper med högre detaljnivå och funktionalitet än vad gruppen initialt hade möjlighet att framställa. Detta bidrog inte enbart till förbättrad teknisk verifiering av koncepten, utan även till ökad förståelse för tillverkningsmässiga aspekter och praktiska konstruktionsbegränsningar. Särskilt betydelsefullt var möjligheten att färdigställa och testa Kranen i fullskalig form, vilket gjorde det möjligt att lämna över en fungerande prototyp till NVC för fortsatt användning och utvärdering i produktionen. Gruppen bedömer att den praktiska prototypframtagningen var central för projektets kvalitet och realiserbarhet.

En aspekt som kan ha påverkat projektets genomförande var den initiala ambitionen att utveckla en gemensam lösning för både stolsmontering och montering av bårunderreden. Inledningsvis identifierades flera likheter mellan problemen, vilket stärkte idén om att kombinerad lösning är både möjlig och rimlig att utveckla. Båda typerna av komponenter skulle lyftas lika högt, ungefär lika långt, och in i väldigt lika fordon. Båda kontexterna var liknande, lyften sker i en monteringshall med liknande utformning, av specialutbildad personal. De kan båda i sammanhanget klassas som lätta objekt (<200kg), till skillnad från andra lyft i fabriken som lyfter många ton. Båda komponenterna hör dessutom till de som monteras allra sist, vilket innebär krav på hög precision, dels för att få dem på rätt plats, dels för att undvika skada den färdigbyggda interiören bak i fordonet.

Projektgruppen identifierade efter djupare undersökning av kontexten att de två problemområdena ställde olika krav avseende geometri, frekvens och arbetsflöde, vilka försvårade utvecklingen av en gemensam lösning utan allt för stora kompromisser. Trots detta lades betydande tid på att utforska kombinerade koncept, då detta låg i linje med företagets ursprungliga önskemål.

Koncepten som togs fram var i huvudsak lämpliga för något av problemen, men hade olika tillägg eller funktioner för att även kunna användas till det andra problemet. Efter fortsatt konceptutvärdering och dialog med NVC fattades beslutet att istället utveckla två separata lösningar. Koncepten som visades upp kunde alla användas för att lösa båda problemen, men när man föredrog olika koncept för olika problem blev det tydligt att det var den bästa vägen framåt i projektet. Här förtydligades det dessutom att man inte hade klarat sig med ett exemplar av lösningen, för att de olika lyften kan ske parallellt i olika lokaler, vilket motiverade den nya riktningen på projektet ytterligare.

I efterhand bedömer gruppen att detta möjliggjorde mer ändamålsenliga och specialiserade lösningar för respektive arbetsmoment. Samtidigt innebar arbetet med kombinationslösningar att mindre tid kunde ägnas åt att utforska lösningsrymden för separata koncept i ett tidigare skede. Det är därför möjligt att ytterligare iterationer och alternativa lösningar hade kunnat identifieras vid ett tidigare uppdelat arbetssätt. Gruppen bedömer dock att arbetet med kombinerade koncept ändå var värdefullt, då det bidrog till en djupare förståelse för problemområdenas likheter och skillnader samt stärkte motiveringen bakom det slutliga vägvalet.

En central faktor för projektets kvalitet och förståelse av problemområdet var de återkommande besöken hos NVC i Backaryd. Projektgruppen bedömer att de ergonomiska och praktiska problem som behandlades i arbetet varit svåra att fullt ut förstå genom enbart distansarbete eller teoretiskt underlag. Möjligheten att observera produktionen och monteringsmomenten i deras verkliga kontext gav en djupare förståelse för arbetsflöden, geometriska begränsningar och de ergonomiska utmaningar som lösningarna behövde anpassas efter. Besöken möjliggjorde även iterativ utveckling där koncept och senare fullskaliga prototyper kunde diskuteras och testas direkt tillsammans med montörer och ansvarig personal, vilket gav mer

realistisk och användbar återkoppling än vad digital kommunikation sannolikt hade kunnat erbjuda. Utan möjligheten att genomföra dessa besök hade projektet med hög sannolikhet resulterat i en lösning som ej bemött komplexiteten i problemen.

Även den kontinuerliga dialogen med konstruktionsansvarig Jörgen Saméus och handledare Johan Heinerud bedöms ha varit betydelsefull för projektets utveckling. Genom att tidigt kunna presentera mockups och senare mer detaljerade prototyper skapades möjlighet till löpande validering av idéer och designbeslut. Gruppen bedömer att detta bidrog till snabbare iterationer och minskad risk för att lösningarna utvecklades i en riktning som inte varit praktiskt användbar i verksamheten.

Trots att lösningarna som tagits fram visat god potential att förbättra ergonomin för montörerna genom att eliminera manuella lyft, finns det områden som bör undersökas vidare innan fullskalig implementering i produktionen.

För kranlösningen är det främst handtaget till pumpen som bör formas för att medge en mer upprätt och ergonomisk position vid höjning av kranen, samt att byta förlängningen till en med grövre dimension för att uppnå god säkerhetsmarginal och öka chanserna för en framgångsrik CE-certifiering.

När det gäller specialpallen är det främst material till rampen som bör utforskas vidare. Spåren har inte testats i sin slutgiltiga utformning, vilket också bör göras för att säkerställa att de fungerar som tänkt. Den bör även testas ihop med den tänkta pallstaplaren, för att identifiera eventuella kritiska moment, exempelvis risken att pallstaplaren slår i stötfångaren på fordonet, och ta fram förebyggande åtgärder innan skador eller olyckor hinner ske.

Slutligen bör man utvärdera hjulen som tillval på stolarnas underreden. Hjulen har stor potential att helt eliminera det sista lyftet i bilen, och ett rimligt pris för en sådan arbetsmiljöförbättring bör sättas, och i samråd med leverantören och kunder undersöka möjligheter att finansiera en sådan förändring.

9.5 Etik och samhällsaspekter

Etiska aspekter har varit en viktig del av projektet, både vid datainsamling och utveckling av lösningsförslag. Projektets huvudsakliga syfte har varit att förbättra

arbetsmiljön för montörer genom att minska den fysiska belastningen vid hantering av tunga komponenter. Lösningarna har därför utvecklats med fokus på ergonomi, säkerhet och användarvänlighet, utan att kompromissa med arbetsmiljön för att uppnå högre produktionstakt.

Under projektets gång fick projektgruppen insyn i delar av företagets verksamhet som inte är offentligt tillgängliga. Företagsrelaterad information samt intervjuer och observationer har därför hanterats varsamt och anonymt. Projektet har följt Chalmers riktlinjer för hantering av personuppgifter och GDPR-relaterad information, se bilaga Y.

Projektet har även tagit hänsyn till hållbar utveckling med stöd i Förenta nationernas globala mål (2015), främst mål 3, god hälsa och välbefinnande, mål 8, anständiga arbetsvillkor och ekonomisk tillväxt, mål 9, hållbar industri, innovationer och infrastruktur samt mål 12, hållbar konsumtion och produktion. Under arbetet har hänsyn tagits till bland annat materialval, materialåtgång, tillverkningens miljöpåverkan, användningsfasens påverkan samt konstruktionernas möjlighet till reparation och återvinning. Även lösningarnas påverkan på arbetsförhållanden och ergonomi har varit en central aspekt genom hela projektet.

Vid utvecklingen av Specialpallen har hållbarhetsaspekter integrerats i konstruktionen. Lösningen bygger på användning och modifiering av befintliga EUPallar i stället för att utveckla en helt ny grundkonstruktion, vilket minskar materialåtgång och möjliggör återanvändning inom befintliga logistiksystem. Även spårprofilernas utformning har optimerats för att minimera materialanvändningen. I stället för att omsluta stolsbenet från båda sidor utformades profilerna för att endast styra och hålla lasten där det är funktionellt nödvändigt. Detta reducerar både vikt och materialvolym samtidigt som funktion och stabilitet bibehålls. Gruppen bedömer att dessa konstruktionsval bidrar till en mer resurseffektiv lösning med lägre miljöpåverkan.

Den lösning för stolarna som ansågs mest ergonomisk innebar att man beställde underredena till stolarna med ett extra tillval, hjul. Detta bedömdes underlätta mycket, och göra en märkbar skillnad på ergonomin för montörerna. Det visade sig vara en kostnad som NVC behövde utvärdera. Detta illustrerar en avvägning mellan ekonomiska aspekter och arbetsmiljömässiga fördelar, där projektgruppen

identifierar ett etiskt dilemma men överlåter det slutliga ställningstagandet till företaget.

9.6 Användning av AI i projektet

Projektgruppen har använt generativa AI-verktyg, däribland GPT-5.3 och Gemini, som stöd under projektarbetet. Verktögen har främst använts för språklig bearbetning och korrigerande av grammatiska och stilistiska skillnader i rapporttexten. Användningen bedöms inte ha påverkat projektets validitet negativt, då allt AI-genererat material har granskats kritiskt och jämförts mot originaltexten innan implementering. Inga större textmassor eller faktabaserade delar av rapporten har genererats av AI. Samtliga resultat, analyser och tekniska underlag som projektet bygger på har tagits fram av projektgruppen genom egen datainsamling, analys och utveckling.

Projektgruppen har även använt textbaserade AI-modeller som stöd i den tidiga idégenereringsfasen för att snabbare utforska olika lösningsprinciper och lyftkoncept. AI användes därmed som ett kompletterande verktyg för att bredda lösningsrymden och stimulera fortsatt konceptutveckling. Gruppen bedömer att detta varit ett resurseffektivt sätt att stödja den kreativa processen, särskilt i tidiga skeden där många alternativa lösningar behövde undersökas. Samtidigt har projektgruppen varit medveten om vikten av kritisk granskning av AI-genererade förslag, då modellerna kan generera lösningar som är tekniskt orimliga eller saknar praktisk relevans. Samtliga idéer och förslag har därför värderats och verifierats genom diskussion inom projektgruppen samt mot projektets kravbild och praktiska förutsättningar.

AI-baserade bildredigeringsverktyg har använts för att bearbeta fotografier och visualiseringar som använts i rapporten. Verktögen har främst använts för att redigera bort bakgrunder, isolera produkter och förbättra den visuella tydligheten i illustrationer och konceptbilder. Syftet med detta har varit att skapa mer lättolkade och enhetliga visualiseringar snarare än att förändra eller manipulera konstruktionernas funktion eller utformning. Användningen bedöms därför inte påverkat rapportens tekniska innehåll eller resultatets validitet, utan endast fungerat som ett stöd för den visuella presentationen av projektets lösningar.

10. Slutsatser

Projektets syfte var att utveckla lösningar för montering av bårunderreden och stolar hos NVC, med fokus på att reducera fysisk belastning utan att försämra produktionens effektivitet eller flexibilitet. Projektet resulterade i två separata lösningar: en modifierad motorlyft för hantering av bårunderreden samt en specialutformad spårpall i kombination med elektrisk pallstaplare för hantering av stolar.

Lösningarna bedöms uppfylla projektets huvudsakliga mål genom att reducera antalet manuella tunga lyft i produktionen. Den ergonomiska förbättringen verifierades både genom praktiska tester och genomförda REBA-analyser, där tidigare arbetsmoment uppvisade höga belastningsnivåer. Vid montering av bårunderreden eliminerades samtliga manuella lyftmoment, medan majoriteten av de mest belastande momenten vid stolsmontering reducerades eller eliminerades, oberoende av om hjulförsedda stolsunderreden används eller inte.

Kranen visade sig vara en praktiskt fungerande och realiserbar lösning som redan implementerats i produktionen hos NVC. Kombinationen av låg kostnad, hög tillgänglighet och möjlighet till modifiering gjorde Biltemas motorlyft lämplig som grundkonstruktion. Samtidigt identifierades behov av fortsatt utveckling, främst kopplat till ergonomin vid pumpning av hydrauliken. Trots detta bedöms lösningens nytta vara tillräckligt stor för att motivera fortsatt användning och vidareutveckling. Projektgruppen rekommenderar därför att NVC vidareutvecklar förlängningen enligt framtaget konstruktionsunderlag samt genomför CE-certifiering av lösningen.

Även lösningen för stolsmontering bedöms ha god potential för praktisk implementering. Genom att låta stolarna monteras direkt på Specialpallen och därefter transporteras hela vägen fram till och upp i fordonet reducerades flera belastande arbetsmoment genom hela processkedjan. Lösningen integreras dessutom väl i befintliga logistiksystem genom användning av standardiserad EU-pall och kommersiellt tillgänglig pallstaplare.

Projektet visade samtidigt att ekonomiska och praktiska aspekter påverkar vilka ergonomiska förbättringar som är realistiska att implementera i industrin. De hjulförsedda stolsunderredena bedömdes ge den bästa ergonomiska lösningen, då

det sista manuella lyftmomentet inne i fordonet elimineras. Dock var kostnaden för tillvalet svårt att motivera ur företagets perspektiv. Detta illustrerar den avvägning som ofta behöver göras mellan arbetsmiljö, kostnad och praktisk genomförbarhet i produktionsverksamhet.

Under projektets gång identifierades även flera förbättringsmöjligheter för fortsatt utveckling. För Kranen gäller detta främst ergonomisk förbättring av handtaget, medan vidareutveckling av spårpallen främst berör rampens materialval och spårens utformning. Lösningarna bör därför betraktas som funktionella och implementerbara koncept med potential för fortsatt utveckling, snarare än helt färdigutvecklade produkter.

Slutligen bedömer projektgruppen att det nära samarbetet med NVC, återkommande tester i verklig produktionsmiljö samt utvecklingen av fullskaliga prototyper varit avgörande för projektets kvalitet och relevans. Projektet visar att relativt enkla och kostnadseffektiva hjälpmedel kan bidra till tydliga ergonomiska förbättringar inom fordonsmontering och samtidigt bibehålla produktionens effektivitet och flexibilitet.

Rekommendationer:

- Implementera den modifierade motorlyften för montering av bårunderreden.
 - Den framtagna kranlösningen har visat sig eliminera samtliga manuella lyftmoment vid hantering av bårunderreden och rekommenderas därför för fortsatt användning i produktionen.
- CE-certifiera kranlösningen.
 - Tillverka en permanent förlängning enligt framtaget konstruktionsunderlag.
- Vidareutveckla kranlösningen.
 - Förbättra handtagets utformning för att minska belastningen vid pumpning.
- Implementera Specialpallen och elektrisk pallstaplare för stolsmontering.
 - Den framtagna lösningen rekommenderas för att reducera tunga lyft under hela processen, från lager till slutmontering i fordonet.
- Prioritera inköp av stolsunderreden med hjul.

- Vid framtida inköp bör NVC välja hjulförsedda stolsunderreden, eftersom detta eliminerar det sista manuella lyftmomentet inne i fordonet och ger den mest ergonomiskt fördelaktiga lösningen.
- Anpassa Specialpallens utformning efter vald stolskonfiguration.
 - Om hjulförsedda stolsunderreden inte införs rekommenderas att rampen utelämnas, eftersom den då inte tillför någon funktion och endast ökar konstruktionens komplexitet.
- Fortsätt utveckla Specialpallen med fokus på.
 - Val av slitstarkt material för rampen.
 - Optimering av spårens geometri.
 - Verifiering av hållfasthet och användarvänlighet vid långvarig användning.

Referenser

- Arbetsmiljöverket. (2019, 9 april). *Belastningsergonomi: Arbetsmiljöverkets föreskrifter och allmänna råd om belastningsergonomi (AFS 2012:2)*.
<https://www.av.se/globalassets/filer/publikationer/foreskrifter/belastningsergonomi-foreskrifter-afs2012-2.pdf>
- Bilochpuratips Automobile. (2023, 4 december). *Toyota car seat installation assembly [Video]*. YouTube. <https://www.youtube.com/shorts/74PgYvanGaw>
- Bligård, L.-O. Avdelning Design & Human Factors, Institutionen för produkt- och produktionsutveckling, CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA (2017). *ACD³-processen: Utdrag från andra upplagan av Utvecklingsprocessen ur ett människa-maskinperspektiv*.
- Hedge, Alan. (2023). *REBA Employee Assessment Worksheet* [arbetsblad]. TuMeke Ergonomics. <https://ergo-plus.com/wp-content/uploads/REBA.pdf>
- Hignett, Sue & Mcatamney, Lynn. (2000). Rapid entire body assessment (REBA). *Applied ergonomics*, 31(2). 201-205. [https://doi.org/10.1016/S0003-6870\(99\)00039-3](https://doi.org/10.1016/S0003-6870(99)00039-3)
- Malhotra, N. K., Nunan, D., Birks, D. F. & Wills, P. (2017). *Marketing Research: An Applied Approach* (5. Uppl.) Pearson.
[http://www.pmm.edu.my/zxc/2022/lib/ebok/Marketing%20Research%20An%20Applied%20Approach%20\(1\).pdf](http://www.pmm.edu.my/zxc/2022/lib/ebok/Marketing%20Research%20An%20Applied%20Approach%20(1).pdf)
- Nordic Vehicle Conversion. (u.å.). *Om oss*. Nordic Vehicle.
<https://www.nordicvehicle.se/om-oss/>
- Wikberg Nilsson, Å., Ericsson, Å. & Törlind, P. (2021). *Design: Process och Metod* (2. uppl.). Studentlitteratur. ISBN: 978-91-44-14339-2

Bilagor

Bilaga A: Mall för REBA ursprungligen utvecklat av Alan Hedge, publicerat av TuMeke Ergonomics (2023).

REBA Employee Assessment Worksheet



A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position



Neck Score

Step 1a: Adjust...

If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Step 2: Locate Trunk Position



Trunk Score

Step 2a: Adjust...

If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Step 3: Legs



Leg Score

Step 4: Look-up Posture Score in Table A

Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A

Posture Score A

Step 5: Add Force/Load Score

If load < 11 lbs: +0
If load 11 to 22 lbs: +1
If load > 22 lbs: +2
Adjust: If shock or rapid build up of force: +1

Force/Load Score

Step 6: Score A, Find Row in Table C

Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A. Find Row in Table C.

Score A

Automate this assessment with Computer Vision! Find us at www.tumekergonomics.io

SCORES

Table A		Neck											
Legs		1				2				3			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk Posture Score	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	2	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	3	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	6	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Table B		Lower Arm					
Upper Arm Score		1			2		
		1	2	3	1	2	3
Wrist	1	1	2	2	1	2	3
	2	1	2	3	2	3	4
	3	3	4	5	4	5	5
	4	4	5	5	5	6	7
	6	6	7	8	7	8	8
	7	7	8	8	8	9	9

Score A	Table C											
	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	9	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	10	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	10	11	11	11	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Table C Score	+	Activity Score	=	REBA Score
---------------	---	----------------	---	------------

REBA Scoring	
1	negligible risk
2 or 3	low risk, change may be needed
4 to 7	medium risk, further investigation, change soon
8 to 10	high risk, investigate and implement change
11 +	very high risk, implement change

Original Worksheet Developed by Dr. Alan Hedge. Based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-205

B. Arm and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position



Step 7a: Adjust...

If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

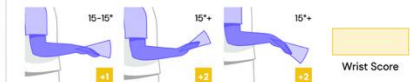
Upper Arm Score

Step 8: Locate Lower Arm Position



Lower Arm Score

Step 9: Locate Wrist Position



Wrist Score

Step 9a: Adjust...

If wrist is bent from midline or twisted: +1

Step 10: Look-up Posture Score in Table B

Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

Posture Score B

Step 11: Add Coupling Score

Well fitting Handle and mid range power grip	good, +0
Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part	fair, +1
Hand hold not acceptable but possible	poor, +2
No handles, awkward, unsafe with any body part	Unacceptable: +3

+

Coupling Score

=

Step 12: Score B, Find Column in Table C

Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

Score B

Step 13: Activity Score

- +1 1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
- +1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)
- +1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

Bilaga B: Intervjuguide

Intervjumall produktionspersonal

En övergripande mall som används vid intervju med personal som genomför monteringsarbetet.

Generella frågor:

1. Hur länge har du arbetat i produktionen hos Nordic Vehicle Conversion?
2. Har du erfarenhet av konstruktion av fordon tidigare?
 - A. Om ja: Vad skiljer sig i arbetet hos NVC jämfört med tidigare arbetsplatser?
3. Hur många bilar monterar ni samtidigt?
4. Vilka olika typer av säten och bårunderreden används?
5. Hur ofta sker förändring på sätesmodeller, bilmodeller, etcetera (Endast berörda modeller)
6. Lastkaj, hur kommer säten och bårunderreden fram till ambulans/färdtjänstbuss?
7. Hur förvaras säten och bårunderreden i lager/verkstad?
8. Hur hanteras säten/bårunderreden originalfabrik/upplyft på pall
9. (Om det inte framgått ur observation) Finns det en centralplats där verktyg samlas eller finns det en lokal verktygsstation för varje monteringsplats?
10. Hur ser behovet ut i egenskap av antalet lyftanordningar som kommer behövas? Är det en per bil eller en per verkstad?

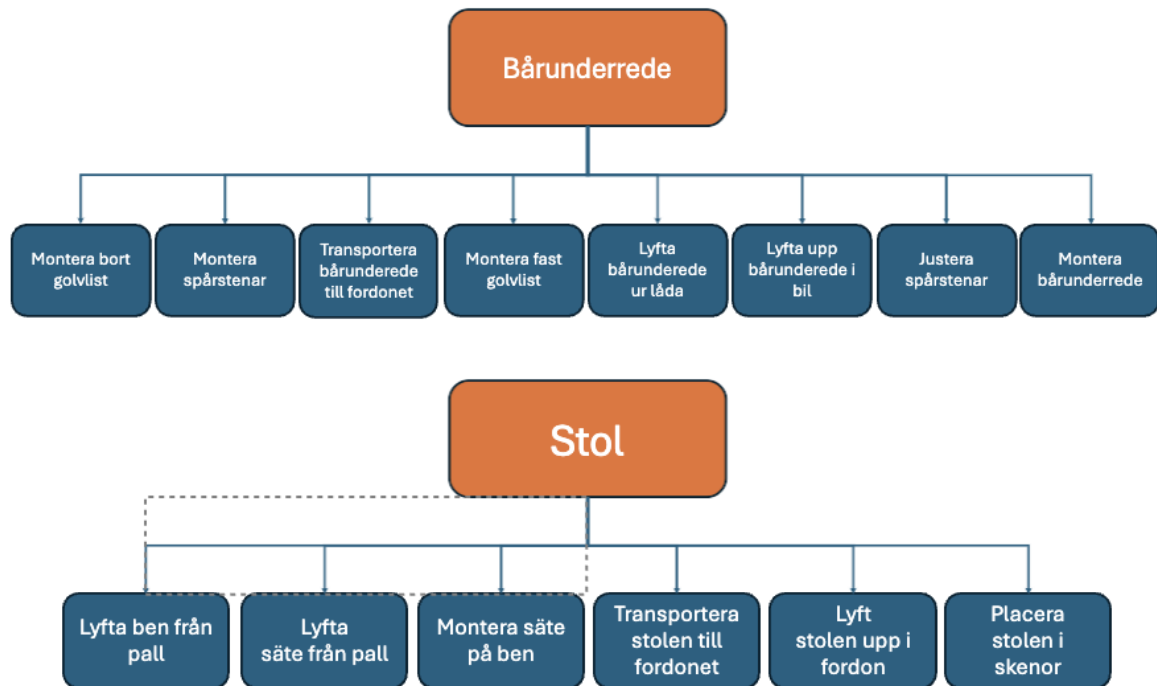
Montering säten:

1. Hur ofta genomför du montering av säten?
 - A. Hur många gånger har du uppskattningsvis genomfört detta moment?
2. Vill du förklara för oss i detalj hur momentet går till?
 - A. När uppstår det problematik? Varför? På vilket sätt? Ergonomi?
 - B. Hur lång tid tar det ungefär?
3. Har ni under den tid du arbetat här förändrat ert tillvägagångssätt att montera sätena?
4. Hur skiljer det sig mellan de olika modellerna?
 - A. Vilken är lättast/svårast? Varför? Varför? Varför?

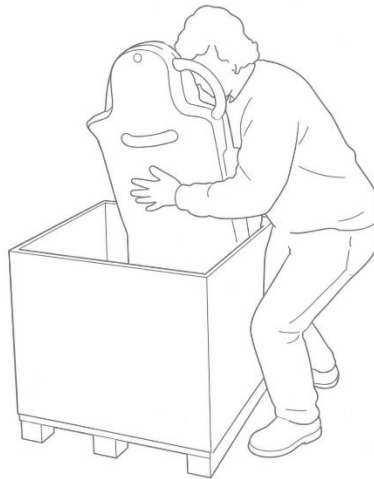
Montering bårunderreden:

1. Hur ofta genomför du montering av bårunderreden?
 - a. Hur många gånger har du uppskattningsvis genomfört detta moment?
2. Vill du förklara för oss i detalj hur momentet går till?
 - a. När uppstår det problematik? Varför? På vilket sätt? Ergonomi?
 - b. Hur lång tid tar det ungefär?
 - c. Hur många personer krävs? Tar det tid innan tillräckligt många är tillgängliga?
3. Har ni under den tid du arbetat här förändrat ert tillvägagångssätt att montera bårunderreden?
4. Hur skiljer sig monteringen mellan de olika ambulansmodellerna?
 - a. Vilken är lättast/svårast? Varför?

Bilaga C: Översiktlig HTA-analys utav de olika monteringsmomenten.



Bilaga D: REBA-analys av momentet när montör lyfter stols ut ur pall med väggar för säkring under transport enligt nuvarande tillvägagångssätt. Stolen väger 30 kg och ska lyftas högt för att kunna tas ut. REBA-analysen resulterade i 10 poäng vilket innebär: *High risk, investigate and implement change.*



REBA Employee Assessment Worksheet



A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position

Neck Score: **2**

Step 1a: Adjust...

If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Step 2: Locate Trunk Position

Trunk Score: **4**

Step 2a: Adjust...

If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Step 3: Legs

Leg Score: **2**

Step 4: Look-up Posture Score in Table A

Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A

Posture Score A: **6**

Step 5: Add Force/Load Score

If load < 11 lbs: +0
If load 11 to 22 lbs: +1
If load > 22 lbs: +2
Adjust: If shock or rapid build up of force: +1

Force/Load Score: **2**

Step 6: Score A, Find Row in Table C

Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A. Find Row in Table C.

Score A: **8**

SCORES

Table A

	Neck				
	1	2	3	4	5
Legs	1	2	3	4	5
Trunk	1	2	3	4	5
Posture Score	1	2	3	4	5
Force/Load Score	1	2	3	4	5

Table B

	Lower Arm				
	1	2	3	4	5
Upper Arm	1	2	3	4	5
Wrist	1	2	3	4	5
Score B	1	2	3	4	5

Table C

Score A	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Table D

Table C Score	Activity Score	REBA Score
1	negligible risk	
2 or 3	low risk, change may be needed	
4 to 7	medium risk, further investigation, change soon	
8 to 10	high risk, investigate and implement change	
11 +	very high risk, implement change	

B. Arm and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position

Upper Arm Score: **3**

Step 7a: Adjust...

If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: +1

Step 8: Locate Lower Arm Position

Lower Arm Score: **2**

Step 9: Locate Wrist Position

Wrist Score: **1**

Step 9a: Adjust...

If wrist is bent from midline or twisted: +1

Step 10: Look-up Posture Score in Table B

Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

Posture Score B: **4**

Step 11: Add Coupling Score

Well fitting Handle and mid range power grip: good, +0
Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part: fair, +1
Hand hold not acceptable but possible: poor, +2
No handles, awkward, unsafe with any body part: unacceptable, +3

Coupling Score: **2**

Step 12: Score B, Find Column in Table C

Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

Score B: **6**

Step 13: Activity Score

+1 1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
+1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)
+1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

REBA Scoring

Score	Risk Level
1	negligible risk
2 or 3	low risk, change may be needed
4 to 7	medium risk, further investigation, change soon
8 to 10	high risk, investigate and implement change
11 +	very high risk, implement change

Original Worksheet Developed by Dr. Alan Hedge. Based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-205

implement change.



REBA Employee Assessment Worksheet



A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position

Neck Score: **4**

Step 1a: Adjust...

If neck is twisted: **+2**

If neck is side bending: **+1**

Step 2: Locate Trunk Position

Trunk Score: **3**

Step 2a: Adjust...

If trunk is twisted: **+1**

If trunk is side bending: **+1**

Step 3: Legs

Leg Score: **2**

Step 4: Look-up Posture Score in Table A

Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A

Score A: **6**

Step 5: Add Force/Load Score

• If load < 11 lbs: +0
 • If load 11 to 22 lbs: +1
 • If load > 22 lbs: +2

Adjust: If shock or rapid build up of force: +1

Force/Load Score: **2**

Step 6: Step 4, Find Row in Table C

Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A. Find Row in Table C.

Score A: **8**

B. Arm and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position

Upper Arm Score: **4**

Step 7a: Adjust...

If shoulder is raised: **+1**

If upper arm is abducted: **+1**

If arm is supported or person is leaning: **-2**

Step 8: Locate Lower Arm Position

Lower Arm Score: **2**

Step 9: Locate Wrist Position

Wrist Score: **1**

Step 9a: Adjust...

If wrist is bent from midline or twisted: **+1**

Step 10: Look-up Posture Score in Table B

Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

Score B: **5**

Step 11: Add Coupling Score

Well fitting handle and mid range power grip: good, +0
 Acceptable but not ideal hand held or coupling acceptable with another body part: fair, +1
 Hand hold not acceptable but possible: poor, +2
 No handles, awkward, unsafe with any body part: Unacceptable, +3

Coupling Score: **2**

Step 12: Score B, Find Column in Table C

Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

Score B: **7**

Step 13: Activity Score

• 1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
 • 1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)
 • Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

Activity Score: **1**

Table A

Legs	Neck						Trunk					
	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	4	5	6
2	2	3	4	5	2	3	4	5	4	5	6	7
3	3	4	5	6	3	4	5	6	5	6	7	8
4	4	5	6	7	4	5	6	7	6	7	8	9
5	5	6	7	8	5	6	7	8	7	8	9	10

Table B

Upper Arm Score	Lower Arm		Wrist		
	1	2			
1	1	2	1	2	3
2	1	2	3	2	4
3	3	4	5	4	5
4	4	5	6	5	6
5	6	7	8	7	8
6	7	8	9	8	9

Table C

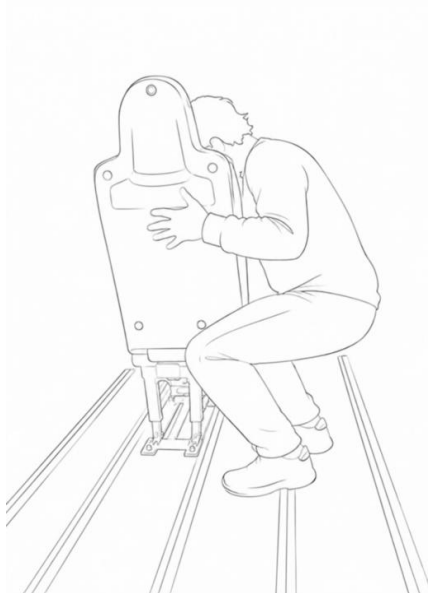
Score A	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	2	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	11	11	11	11	11
9	9	9	9	10	10	11	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	12	12	12	12	12	12	12
11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Table C Score

Table C Score	Activity Score	REBA Score
1	negligible risk	
2 or 3	low risk, change may be needed	
4 to 7	medium risk, further investigation, change soon	
8 to 10	high risk, investigate and implement change	
11+	very high risk, implement change	

Automate this assessment with Computer Vision! Find us at www.tumlab.io | Original Work/Analysis Developed by Dr. Alan Hedge. Based on Technical note, Rapid Entire Body Assessment (REBA), largest, McMaster/University Applied Ergonomics 31 (2000) 201-205.

Bilaga F: REBA-analys av momentet när montör placerar stol inuti fordon för att fästas i sina skenor. REBA-analysen resulterade i 11 poäng vilket innebär: *Very high risk, implement change.*



REBA Employee Assessment Worksheet



A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position



Step 1a: Adjust...

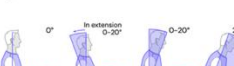
If neck is twisted: +1

If neck is side bending: +1

Neck Score

3

Step 2: Locate Trunk Position



Step 2a: Adjust...

If trunk is twisted: +1

If trunk is side bending: +1

Trunk Score

3

Step 3: Legs



Step 3a: Adjust...

If legs are side bending: +1

If legs are twisted: +1

Leg Score

3

Step 4: Look-up Posture Score in Table A

Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A

Posture Score A

7

Step 5: Add Force/Load Score

If load < 11 lbs: +0

If load 11 to 22 lbs: +1

If load > 22 lbs: +2

Adjust: If shock or rapid build up of force: +1

Force/Load Score

2

Step 6: Score A, Find Row in Table C

Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A.

Find Row in Table C.

Score A

9

SCORES

Table A		Neck				Trunk			
Legs		1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	2	3	4	5	1	2	3	4
2	2	3	4	5	6	2	3	4	5
3	3	4	5	6	7	3	4	5	6
4	4	5	6	7	8	4	5	6	7
5	5	6	7	8	9	5	6	7	8
6	6	7	8	9	10	6	7	8	9

Table B		Lower Arm			
Upper Arm		1	2	3	4
1	1	2	3	4	5
2	2	3	4	5	6
3	3	4	5	6	7
4	4	5	6	7	8
5	5	6	7	8	9
6	6	7	8	9	10

Table C		Score B											
Score A		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
5	4	4	5	5	6	7	8	8	9	9	9	9	9
6	5	5	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	6	6	7	7	8	9	9	10	10	10	10	11	11
8	7	7	8	8	9	10	10	10	11	11	11	11	11
9	8	8	9	9	10	10	11	11	11	12	12	12	12
10	9	9	10	10	11	11	12	12	12	12	12	12	12
11	10	10	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12
12	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Table C Score	11	+	Activity Score	0	=	REBA Score	11
---------------	----	---	----------------	---	---	------------	----

REBA Scoring	
1	negligible risk
2 or 3	low risk, change may be needed
4 to 7	medium risk, further investigation, change soon
8 to 10	high risk, investigate and implement change
11 +	very high risk, implement change

B. Arm and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position



Step 7a: Adjust...

If shoulder is raised: +1

If upper arm is abducted: +1

If arm is supported or person is leaning: +1

Upper Arm Score

4

Step 8: Locate Lower Arm Position



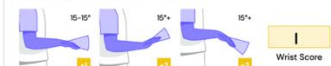
Step 8a: Adjust...

If wrist is bent from midline or twisted: +1

Lower Arm Score

2

Step 9: Locate Wrist Position



Step 9a: Adjust...

If wrist is bent from midline or twisted: +1

Wrist Score

1

Step 10: Look-up Posture Score in Table B

Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

Posture Score B

5

Step 11: Add Coupling Score

Well fitting Handle and mid range power grip

Acceptable but not ideal hand hold or coupling

Acceptable with another body part

Hand hold not acceptable but possible

No handles, awkward, unsafe with any body part

good, +0

fair, +1

poor, +2

Unacceptable, +3

Coupling Score

2

Step 12: Score B, Find Column in Table C

Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B.

Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

Score B

7

Step 13: Activity Score

1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)

Repeated small range actions (more than 4x per minute)

Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

1

2

3

4

5

6

7

8

9

10

11

12

13

14

15

16

17

18

19

20

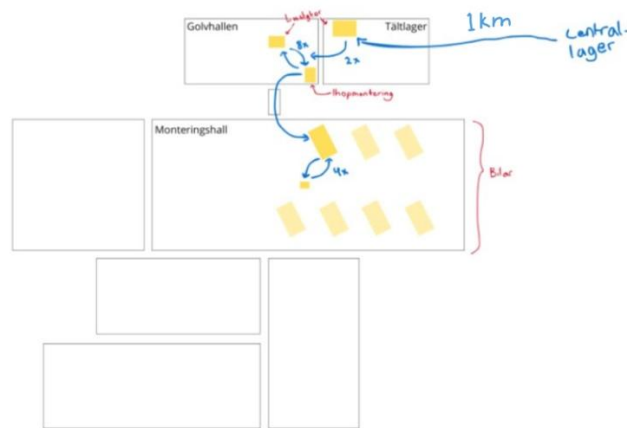
21

22

23

24

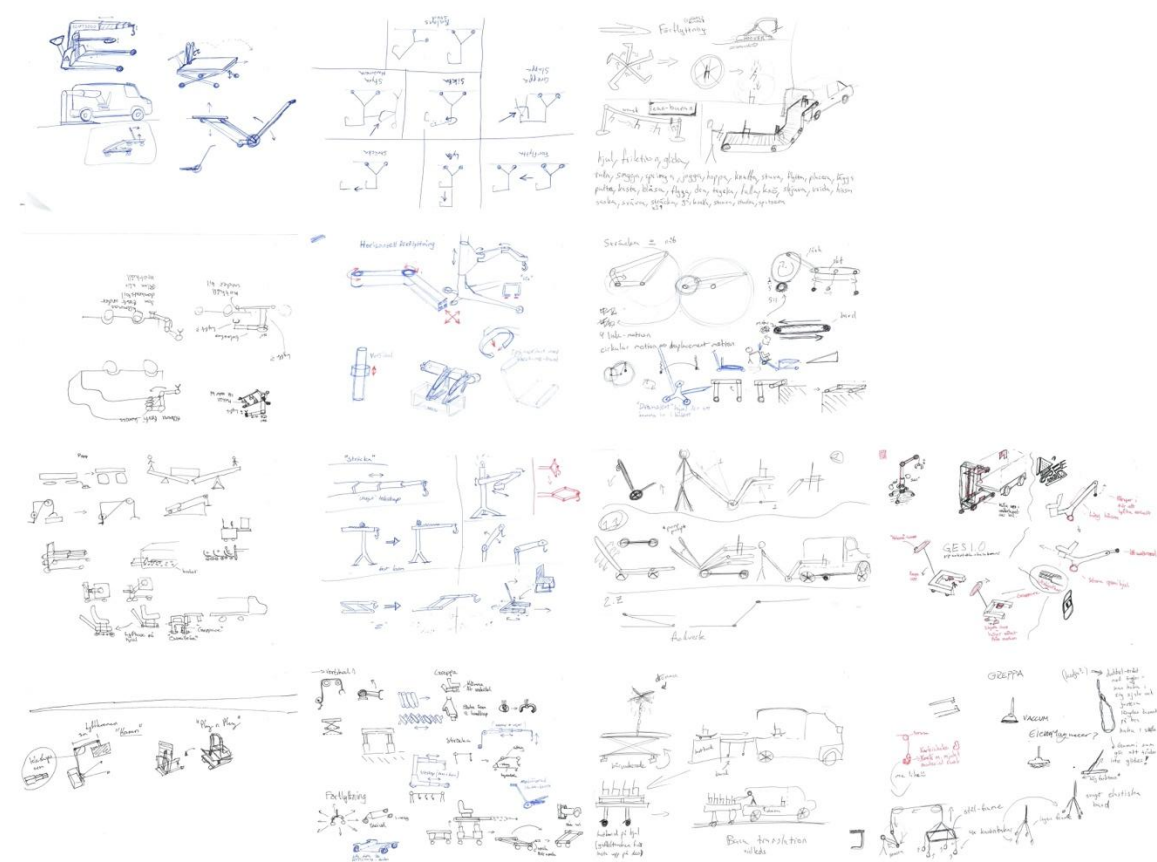
Bilaga G: Länkanalys av stolsmontering. Utnyttjades för att skapa en överblick av de ingående stegen i processkedjan.



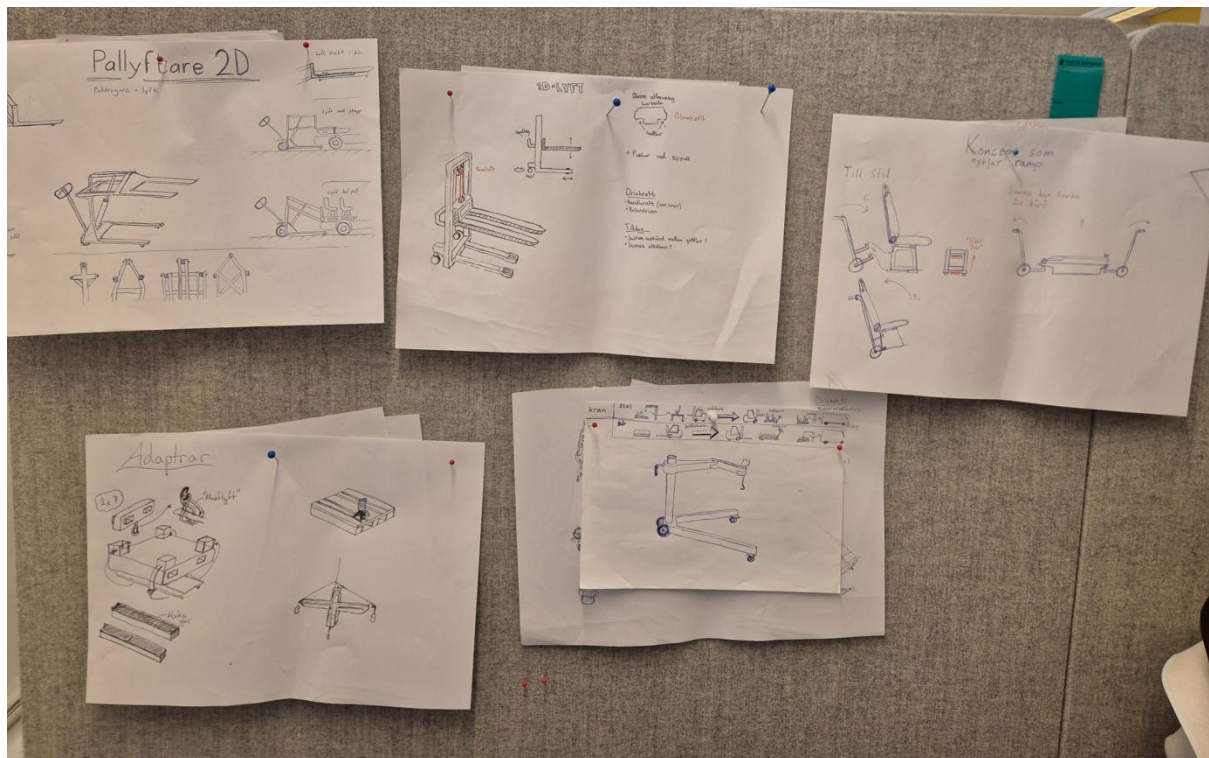
Bilaga H: Kravspecifikation som användes tidigt i projektet.

Behov	Kategori	Krav	Ursprung	Prioritet	Kommentar
Måste tåla lasten av bärunderrede	Maxlast	Kunna lyfta 200 kg	Uppgift	1	
Vertikal förflyttning upp i bilhöjd	Förflyttning	0.8m ??	Uppgift	1	
Horisontell förflyttning in i bil	Förflyttning	2.5 m ??	Uppgift	1	
Lösningen ska underlätta montering av båda komponenterna	Mångsidighet		Uppgift	1	
Bärunderredet ska kunna monteras med färre montörer		1-2 personer	Uppgift	1	Önskvärt med 1 max 2
Stolar ska monteras av en montör		1 person	Uppgift	1	
Under baklucka på (liten ambulans)	Dimension	Xm	Fordon	1	Inga ambulanser i produktion föräns i mars/april
Få plats under bilens markfrigång (liten ambulans)	Dimension	Xm	Fordon	1	
Få plats mellan hjulen bak (liten ambulans)	Dimension	Xm	Fordon	1	
Få plats mellan bakdörrar (liten ambulans)	Dimension	Xm	Fordon	1	
Få plats i inredda fordon (liten ambulans)	Dimension	Xm	Fordon	1	
Funka med bakgavellyft	Begränsning	ivägen	Fordon	1	
Om det ska transporteras genom gången	lokalt	0.95 m bredd 2m höjd	Fabrik		
Måste kunna lagras (förvaras)	Förvaring		Fabrik	10	
Underlag?	golvet		Fabrik	1	
Lösningen ska inte nedprioriteras av arbetarna	Effektivitet		Användarvän	1	Snabbare, smidigare, lättare, roligare, mer tillfredställande
Måste vara ergonomiskt bättre än dagsläget	Ergonomisk	Max 7 poäng på REBA	Användarvän	1	Måste
Måste vara lättmanövrerad	Flyttbar		Användarvän		

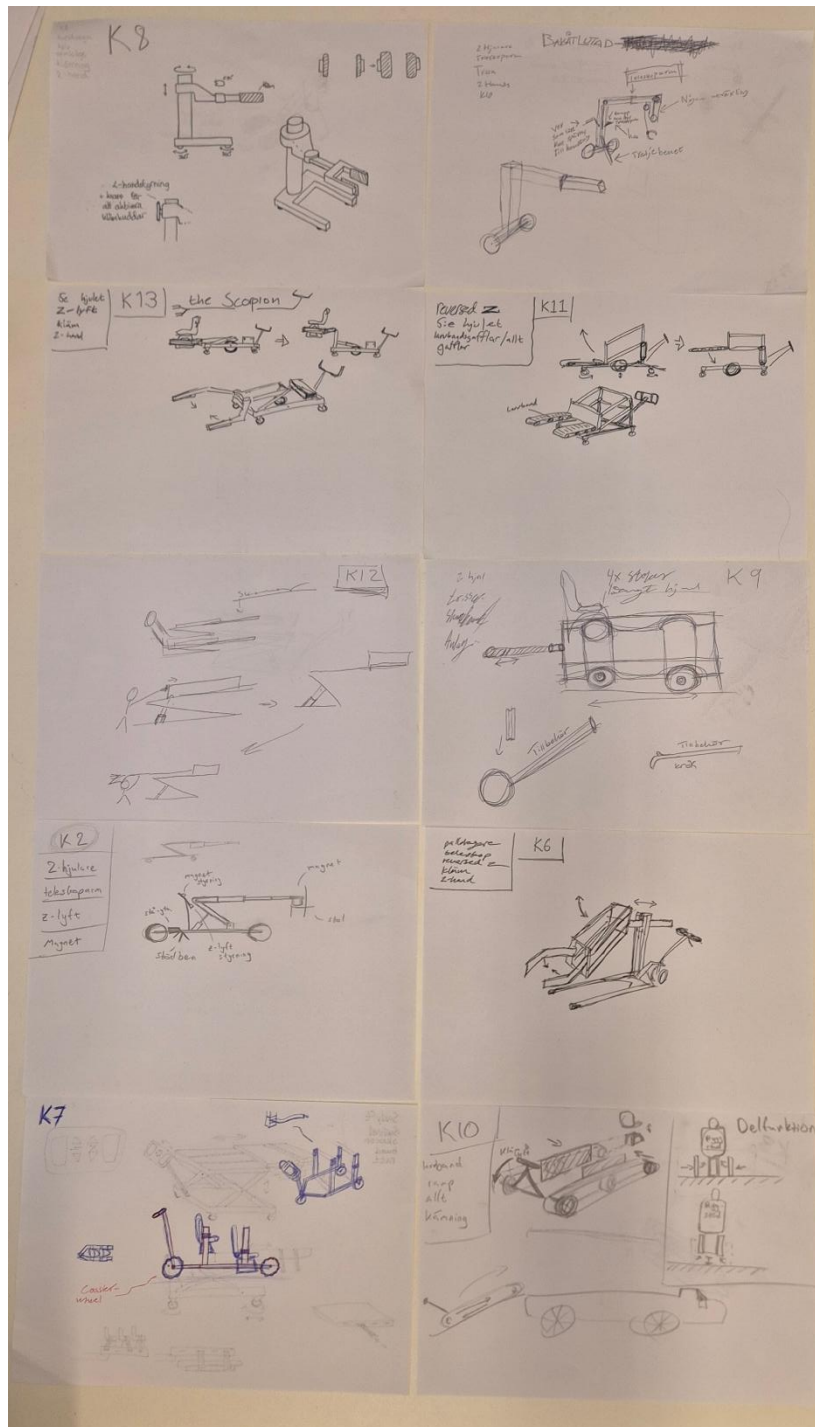
Bilaga I: Ett utdrag utav de flertal skisser som genomförts utigenom projektets gång, summerade i ett kollage.



Bilaga J: Affinitetsdiagram där de tidigare skapade idéer grupperades, nedan följer en bild utifrån en av dessa grupperingar.



Bilaga K: Morfologisk matris, Nedan är ett utdrag av skisser som förekom under användning av metoden.

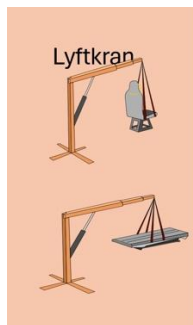


Bilaga L: Pughmatris, De tidigare antaganden om de olika koncepten representerade inte hur poängen hade givits senare i projektet.

	Kostnad	Hastighet	Påverkan på befintlig process	Förvaring	Mental Belastning	Fysisk belastning	Totalpoäng
Pallyft							20
Lyftkran							16
Tjockpall							18

Sämst	1	2	3	4	5	Bäst
-------	---	---	---	---	---	------

Bilaga M: Tom enkät som användes som diskussionsunderlag vid konceptutvärdering.



Markera på skalan med ett kryss och svara sedan gärna på frågorna

Är något som är oklart eller svårt att förstå?

Otydlig _____ Tydlig

Vilka för/nackdelar ser du med denna typ av lösning?

*.....

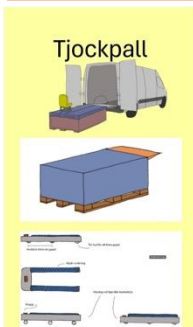
Oanvändbar _____ Användbar

Skulle du använda en lösning av denna typ? Varför/ varför inte?

.....

Försämring _____ Förbättring

Skissa gärna och dra pilar på/till bilderna och ge gärna förslag på förbättringar på baksidan av pappret



Markera på skalan med ett kryss och svara sedan gärna på frågorna

Är något som är oklart eller svårt att förstå?

Otydlig _____ Tydlig

Vilka för/nackdelar ser du med denna typ av lösning?

*.....

Oanvändbar _____ Användbar

Skulle du använda en lösning av denna typ? Varför/ varför inte?

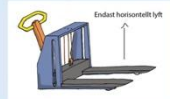
.....

Försämring _____ Förbättring

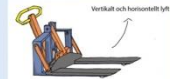
Skissa gärna och dra pilar på/till bilderna och ge gärna förslag på förbättringar på baksidan av pappret

Pallyft

Variant 1 – Endast horisontellt lyft



Variant 2 – Vertikal och horisontellt



Markera på skalan med ett kryss och svara sedan gärna på frågorna

Är något som är oklart eller svårt att förstå?

Otydlig _____ Tydlig

Vilka för/nackdelar ser du med denna typ av lösning?

*.....

Oanvändbar _____ Användbar

Skulle du använda en lösning av denna typ? Varför/ varför inte?

.....

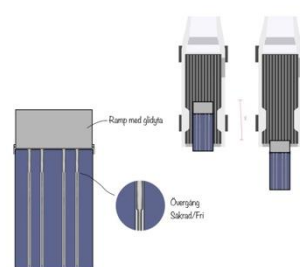
Försämring _____ Förbättring

Skissa gärna och dra pilar på/till bilderna och ge gärna förslag på förbättringar på baksidan av pappret

Specialpall



Ovansida bil vid inlastning



Bilaga N: Slutgiltig kravspecifikation för samtliga lösningar

Slutgiltig kravspecifikation Kranen

Behov	Krav	Kategori	Krav/Önskemål	Kommentar
Kunna lyfta bårundemed	MIN 250kg (utstäckt läge)	Uppgift	1	Tyngsta bårundemed väger 200 kg
Vertikal förflyttning upp i bilhöjd (range)	0.8 m	Uppgift	1	Kommer behöva en range som överskrider 80 cm
2 montörer ska klara monteringen	En kan styra bår, en kan styra kran	Uppgift	1	Minska antalet personer som behöver delta
Horisontell förflyttning in i bil	MIN 1.35m clearance mellan: stomme – krok	Uppgift	1	
Lösningen ska inte nedprioriteras av arbetema	Vara objektivt smidigare och säkrare	Användarvän	1	Snabbare, smidigare, lättare, roligare, mer tillfredställande, säkrare
Måste vara ergonomiskt bättre än dagsläget	Max 3 poäng på REBA	Användarvän	1	Vore bra. Kan vara svårt i och med sista lyftet för att passa in i spåret
Lyftens ben ska ej krocka med bilens hjul	Sticka ut max 0.5m (eller mer) (från stomme)	Fordon	1	
Få plats under bilens markfrigång	0.2 m	Fordon	1	
Måste kunna lagras (förvaras)	Kunna användas till annat eller stuvas undan	Fabrik	10	
Flyttbar	Förmåga att förflytta med gods	Uppgift	1	Hjul, inte dundertung

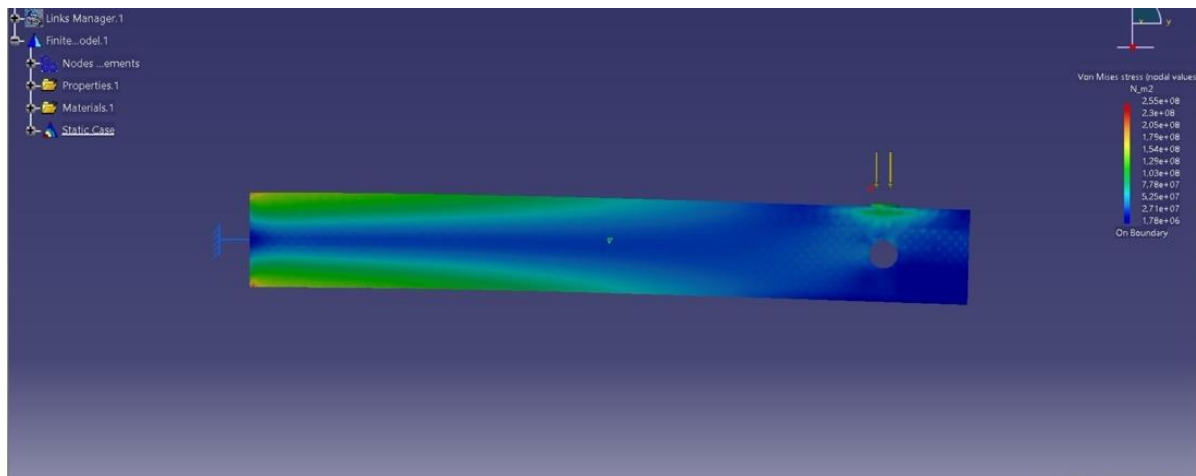
Slutgiltig kravspecifikation Pallstaplare

Behov	Krav	Kategori	Kra	Kommentar
Kunna lyfta pall	Kunna lyfta 150 kg	Uppgift	1	(20-30kg) med 4 stolar (30x4kg)
Vertikal förflyttning upp i bilhöjd	0.8 m	Uppgift	1	Bilgolvet är 0.59m + 10 cm för pall + marginal på 15.9%
Stolar ska monteras av en montörutan truckkort	1 montör	Uppgift	1	Önskvärt med 1 max 2
Horisontell förflyttning in i bil	0.6 m	Uppgift	1	För att komma in i bilen en bit med pallen
Lösningen ska inte nedprioriteras av arbetema	Vara objektivt snabbare och smidigare	Användarvän	1	Snabbare, smidigare, lättare, roligare, mer tillfredställande
Måste vara ergonomiskt bättre än dagsläget	Max 3 poäng på REBA	Användarvän	Ö	Vore bra. Kan vara svårt i och med sista lyftet för att passa in i spåret eller om d
Få plats mellan hjulen bak	1.5 m	Fordon	1	
Få plats i inredda fordon bredd	1.26 m	Fordon	1	FORD begränsar,
Få plats under bilens markfrigång	XXm	Fordon	1	
Bakgavellyften är alltid ivägen	ivägen	Fordon	1	Vi lyfter in det genom sidodörren
Om det ska transporteras genom gången	2m höjd	Fabrik	1	
Om det ska transporteras genom gången	1.45 m bredd	Fabrik	1	
Om det ska transporteras genom gången	0.95 m bredd	Fabrik	Ö	Dörren kan slås ut och låsa mellan på annat sätt
Måste kunna lagras (förvaras)	Kunna användas till annat eller stuvas undan	Fabrik	10	

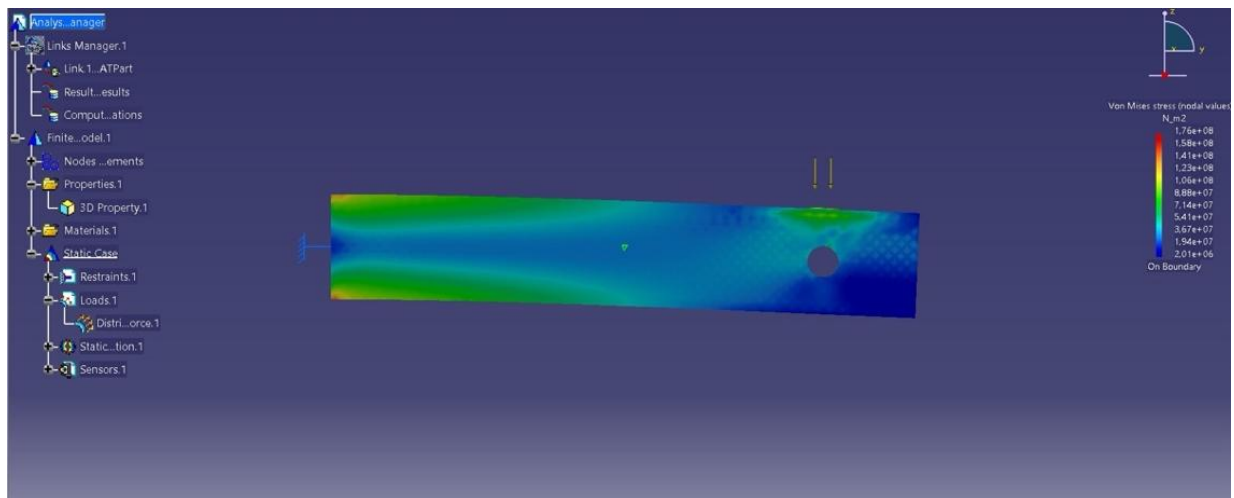
Slutgiltig kravspecifikation Specialpall

Behov	Krav	Kategori	Priolista	Kommentar
Kunna trasportera fyra stolar	Plats för fyra stolar		1	2 stolar i längd plus nästan en hel stol frispår plus ramp
Stol inte tappar vid förflyttning	Lastsäkring		1	Fasthållande spår
Medföra hjälp vid avlastning, pålastning	Ramp med låg friktion		1	
Lätt att lyfta ur	spår med hållighet		1	
Maximal bredd med stolar	126 cm		1	Ford
Avstånd mellan given punkt på ett sken par och ett annat på näst gående skenpar	35 cm			
Skydda bilgolv				Gummerade gafflar möjligtvis
Lätt att förvara	staplingsbar			
Underlätta förflyttning	Ramp ej i vägen			

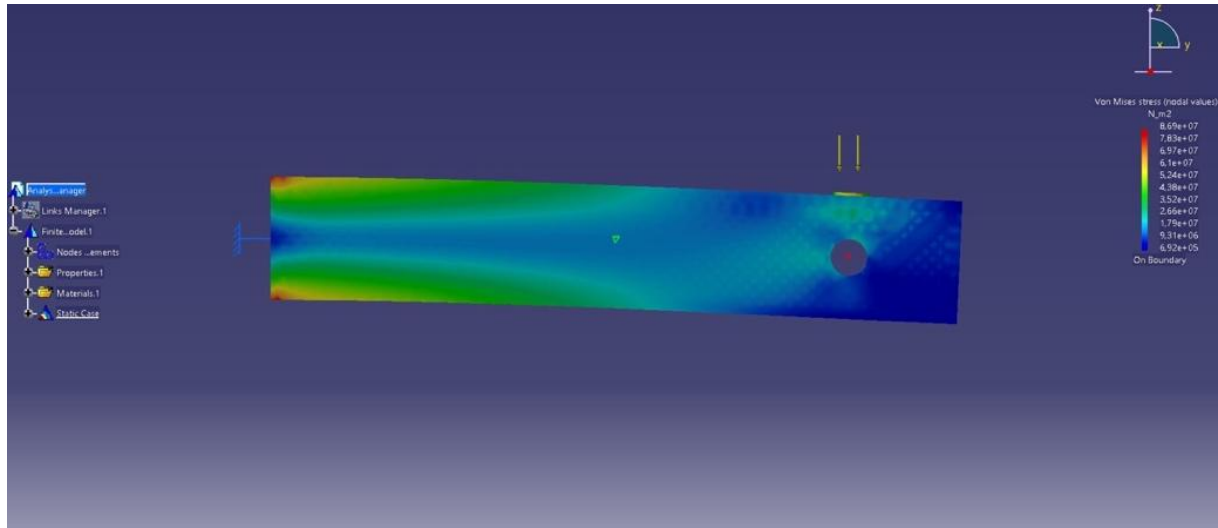
Bilaga O: Simulering av förlängning 350mm med godstjocklek 2mm, belastad med 3000 Newton vid bedömd lastpunkt. Dimensioner på förlängningen som användes vid tredje besöket hos NVC. Resulterade i en maximal spänning på 255 MPa.



Bilaga P: Simulering av förlängning 250mm med godstjocklek 2mm, belastad med 3000 Newton vid bedömd lastpunkt. Resulterade i maximal spänning på 176 MPa.



Bilaga Q: Simulering av förlängning 250mm med godstjocklek 4mm, belastad med 3000 Newton vid bedömd lastpunkt. Dimensioner som ska implementeras utav NVC i syfte att öka säkerhetsmarginalen. Resulterade i en maximal spänning till 87 MPa.



Bilaga R: REBA-analys utav montör som lyfter in bårunderrede inuti ambulans.

Poängen (8) som analysen redovisar är missvisande då momentet innebär en last på 50 kg vilket är avsevärt tyngre än minimumvikt för maxlast enligt analysen, som är 11 kg. Detta moment är det vanligtvis en montör som utför i denna position.



REBA Employee Assessment Worksheet



A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position

Neck Score: **2**

Step 1a: Adjust...

If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Step 2: Locate Trunk Position

Trunk Score: **4**

Step 2a: Adjust...

If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Step 3: Legs

Leg Score: **1**

Adjust...

30-60°: +1
60°+: +2

Step 4: Look-up Posture Score in Table A

Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A

Score A: **5**

Step 5: Add Force/Load Score

If load < 11 lbs: +0
If load 11 to 22 lbs: +1
If load > 22 lbs: +2
Adjust: If shock or rapid build up of force: +1

Force/Load Score: **2**

Step 6: Score A, Find Row in Table C

Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A. Find Row in Table C.

Score A: **7**

SCORES

Table A

	Neck												
Legs	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4	
Trunk Posture Score	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	3	5
2	2	3	4	5	6	3	4	5	6	4	5	6	7
3	2	4	5	6	7	4	5	6	7	5	6	7	8
4	3	5	6	7	8	5	6	7	8	6	7	8	9
5	4	6	7	8	9	6	7	8	9	7	8	9	9

Table B

	Lower Arm								
Wrist	1	2	3	4	1	2	3	4	
Upper Arm Score	1	1	2	3	4	1	2	3	4
2	2	1	2	3	4	2	3	4	5
3	3	4	5	6	7	3	4	5	6
4	4	5	6	7	8	4	5	6	7
5	5	6	7	8	9	5	6	7	8
6	6	7	8	9	9	6	7	8	9

Table C

Score A	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	3	4	5	6	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	4	5	6	7	7	8	8	9	9
4	3	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
5	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9	9
6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10	10
7	7	7	8	9	9	9	10	10	10	10	11	11
8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	11	12	12
10	10	10	10	11	11	11	12	12	12	12	12	12
11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Table C Score **7** + **Activity Score** **1** = **REBA Score** **8**

REBA Scoring

1	negligible risk
2 or 3	low risk, change may be needed
4 to 7	medium risk, further investigation, change soon
8 to 10	high risk, investigate and implement change
11 +	very high risk, implement change

B. Arm and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position

Upper Arm Score: **1**

Step 7a: Adjust...

If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: +1

Step 8: Locate Lower Arm Position

Lower Arm Score: **2**

Step 9: Locate Wrist Position

Wrist Score: **1**

Step 9a: Adjust...

If wrist is bent from midline or twisted: +1

Step 10: Look-up Posture Score in Table B

Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

Posture Score B: **1**

Step 11: Add Coupling Score

Well fitting Handle and mid range power grip	good, +0
Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part	fair, +1
Hand hold not acceptable but possible	poor, +2
No handles, awkward, unsafe with any body part	Unacceptable, +3

Coupling Score: **2**

Step 12: Score B, Find Column in Table C

Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

Score B: **3**

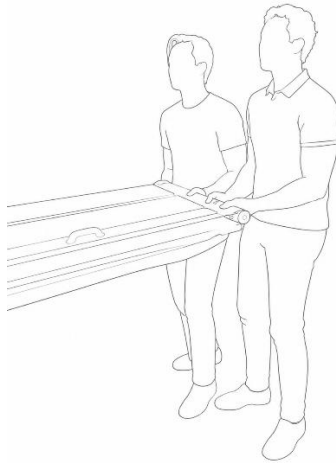
Step 13: Activity Score

1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)	+1
Repeated small range actions (more than 4x per minute)	+1
Action causes rapid large range changes in postures or unstable base	+1

Automate this assessment with Computer Vision! Find us at www.tumeke.io

Original Worksheet Developed by Dr. Alan Hodge. Based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-205

Bilaga S: REBA-analys utav montör som lyfter in bårunderrede utanför ambulans. Poängen (4) som analysen redovisar är missvisande då momentet innebär en last på 25 kg vilket är avsevärt tyngre än minimumvikt för maxlast enligt analysen, som är 11 kg. Detta moment är det vanligtvis två montörer som utför i denna position.



REBA Employee Assessment Worksheet



A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position



Step 1a: Adjust...

If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Step 2: Locate Trunk Position



Step 2a: Adjust...

If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Step 3: Legs



Step 4: Look-up Posture Score in Table A

Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A

Posture Score A: 1

Force/Load Score: 2

Score A: 3

REBA Score: 4

REBA Scoring: 1 negligible risk, 2 or 3 low risk, change may be needed, 4 to 7 medium risk, further investigation, change soon, 8 to 10 high risk, investigate and implement change, 11+ very high risk, implement change

Original Worksheet Developed by Dr. Alan Hedge, Based on Technical note, Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 301-305

SCORES

Table A		Neck											
Legs	Trunk Posture Score	1				2				3			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
		1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	3	6
		2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
		3	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8

Table B		Lower Arm											
Wrist	Upper Arm Score	1				2				3			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
		1	1	2	2	1	2	2	3	3	4	5	5
		2	1	2	3	2	3	2	3	4	5	4	5
		3	3	4	5	4	5	4	5	5	6	7	8

Table C		Score B											
Score A	Score B	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7
		2	1	2	2	3	4	4	5	6	7	7	8
		3	2	3	3	4	5	6	7	7	8	8	9
		4	3	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
		5	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
		6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
		7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
		8	8	8	9	10	10	10	10	11	11	11	11
		9	9	9	10	10	11	11	11	11	12	12	12
		10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
		11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
		12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Table C Score: 3

Activity Score: 1

REBA Score: 4

REBA Scoring: 1 negligible risk, 2 or 3 low risk, change may be needed, 4 to 7 medium risk, further investigation, change soon, 8 to 10 high risk, investigate and implement change, 11+ very high risk, implement change

Original Worksheet Developed by Dr. Alan Hedge, Based on Technical note, Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 301-305

B. Arm and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position



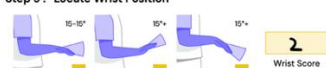
Step 7a: Adjust...

If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: +1

Step 8: Locate Lower Arm Position



Step 9: Locate Wrist Position



Step 9a: Adjust...

If wrist is bent from midline or twisted: +1

Step 10: Look-up Posture Score in Table B

Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

Posture Score B: 2

Coupling Score: 1

Score B: 3

REBA Score: 4

REBA Scoring: 1 negligible risk, 2 or 3 low risk, change may be needed, 4 to 7 medium risk, further investigation, change soon, 8 to 10 high risk, investigate and implement change, 11+ very high risk, implement change

Original Worksheet Developed by Dr. Alan Hedge, Based on Technical note, Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 301-305

Well fitting Handle and mid range power grip: good, +0
Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part: fair, +1
Hand hold not acceptable but possible: poor, +2
No handles, awkward, unsafe with any body part: Unacceptable, +3

Step 12: Score B, Find Column in Table C

Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B.

Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

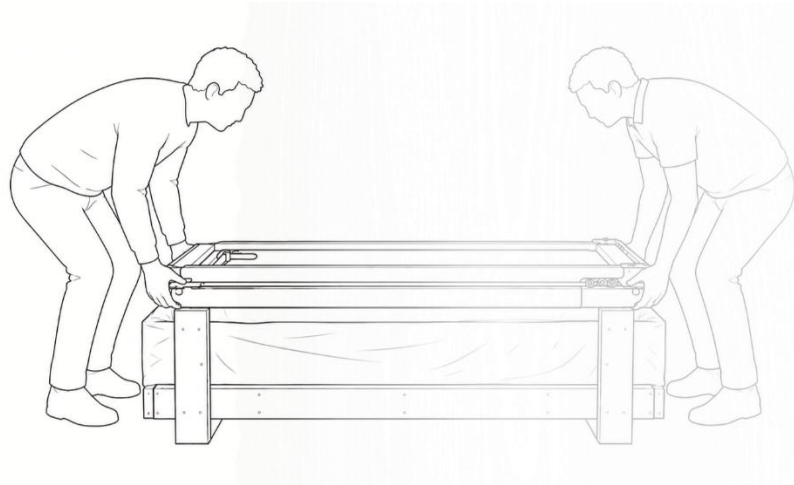
Step 13: Activity Score

1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)

Repeated small range actions (more than 4x per minute)

Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

Bilaga T: REBA-analys utav montör som lyfter bårunderrede ut ur transportemballage. Poängen (11) som analysen redovisar är missvisande då momentet innebär en last på 50 kg vilket är avsevärt tyngre än minimumvikt för maxlast enligt analysen, som är 11 kg. Detta moment är det vanligtvis 2–4 montörer som utför i denna position.



REBA Employee Assessment Worksheet



A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position

Step 1a: Adjust...

If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Neck Score 2

Step 2: Locate Trunk Position

Step 2a: Adjust...

If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Trunk Score 4

Step 3: Legs

Leg Score 2

Step 4: Look-up Posture Score in Table A

Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A

Score A 6

Step 5: Add Force/Load Score

If load < 11 lbs: +0
If load 11 to 22 lbs: +1
If load > 22 lbs: +2
Adjust: If shock or rapid build up of force: +1

Force/Load Score 2

Step 6: Score A, Find Row in Table C

Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A. Find Row in Table C.

Score A 8

SCORES

Table A

Legs	Neck				Trunk			
	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	2	3	4	1	2	3	4
2	2	3	4	5	2	3	4	5
3	3	4	5	6	3	4	5	6
4	4	5	6	7	4	5	6	7
5	5	6	7	8	5	6	7	8
6	6	7	8	9	6	7	8	9

Table B

Wrist	Lower Arm	
	1	2
1	1	2
2	2	3
3	3	4
4	4	5
5	5	6
6	6	7
7	7	8
8	8	9
9	9	10

Table C

Score A	Score B											
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	10	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	11	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

REBA Scoring

1	negligible risk
2 or 3	low risk, change may be needed
4 to 7	medium risk, further investigation, change soon
8 to 10	high risk, investigate and implement change
11+	very high risk, implement change

Table C Score 10 + **Activity Score** 1 = **REBA Score** 11

B. Arm and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position

Step 7a: Adjust...

If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: +1

Upper Arm Score 2

Step 8: Locate Lower Arm Position

Lower Arm Score 2

Step 9: Locate Wrist Position

Wrist Score 2

Step 9a: Adjust...

If wrist is bent from midline or twisted: +1

Step 10: Look-up Posture Score in Table B

Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

Posture Score B 3

Step 11: Add Coupling Score

Well fitting Handles and mid range power grip	good, +0
Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part	fair, +1
Hand hold not acceptable but possible	poor, +2
No handles, awkward, unsafe with any body part	Unacceptable, +3

Coupling Score 2

Step 12: Score B, Find Column in Table C

Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

Score B 5

Step 13: Activity Score

+1	1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
+1	Repeated small range actions (more than 4x per minute)
+1	Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

Automate this assessment with Computer Vision! Find us at www.tumeka.io

Original Worksheet Developed by Dr. Alan Hodge. Based on Technical note Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-205

Bilaga U – REBA-analys utav montör som lyfter ned stol från Specialpall till fordonets golv.



REBA Employee Assessment Worksheet



A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position



Step 1a: Adjust...

If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Step 2: Locate Trunk Position



Step 2a: Adjust...

If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Step 3: Legs



Step 4: Look-up Posture Score in Table A

Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A

Step 5: Add Force/Load Score

If load < 11 lbs: +0
If load 11 to 22 lbs: +1
If load > 22 lbs: +2
Adjust: If shock or rapid build up of force: +1

Step 6: Score A, Find Row in Table C

Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A. Find Row in Table C.

Automate this assessment with Computer Vision! Find us at www.tumeke.io

SCORES

Table A		Neck											
Legs	Trunk Posture Score	1				2				3			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	5	6
2	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
3	2	4	5	6	7	4	5	6	7	6	7	8	9
4	3	5	6	7	8	5	6	7	8	7	8	9	9
5	4	6	7	8	9	6	7	8	9	8	9	9	9

Table B		Lower Arm			
Wrist	Upper Arm Score	1	2	3	4
		1	2	3	4
1	1	1	2	2	3
2	1	2	3	2	4
3	3	4	5	4	5
4	4	5	5	5	6
5	6	7	8	7	8
6	7	8	8	8	9

Score A	Table C											
	Score B											
1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	12
1	1	1	1	2	3	3	4	4	5	6	7	7
2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
3	2	3	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8
4	3	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9
5	4	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
11	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

Table C Score	Activity Score	REBA Score
8	0	8

REBA Scoring	
1	negligible risk
2 or 3	low risk, change may be needed
4 to 7	medium risk, further investigation, change soon
8 to 10	high risk, investigate and implement change
11 +	very high risk, implement change

B. Arm and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position



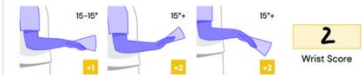
Step 7a: Adjust...

If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: -1

Step 8: Locate Lower Arm Position



Step 9: Locate Wrist Position



Step 9a: Adjust...

If wrist is bent from midline or twisted: +1

Step 10: Look-up Posture Score in Table B

Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

Step 11: Add Coupling Score

Well fitting Handle and mid range power grip: good, +0
Acceptable but not ideal hand hold or coupling: fair, +1
Hand hold not acceptable but possible: poor, +2
No handles, awkward, unsafe with any body part: Unacceptable: +3

Step 12: Score B, Find Column in Table C

Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

Step 13: Activity Score

+1 1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
+1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)
+1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

Original Worksheet developed by Dr. Alan Hedge. Based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-205

Bilaga V: REBA-analys av den befintliga positionen vid höjning av lyftarmen, vilken sker genom upprepad pumpning av det lågt monterade handtaget.



REBA Employee Assessment Worksheet



A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position



Step 1a: Adjust...

If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Step 2: Locate Trunk Position



Step 2a: Adjust...

If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Step 3: Legs



Step 4: Look-up Posture Score in Table A

Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A

Step 5: Add Force/Load Score

If load < 11 lbs: +0
If load 11 to 22 lbs: +1
If load > 22 lbs: +2
Adjust: If shock or rapid build up of force: +1

Step 6: Score A, Find Row in Table C

Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A. Find Row in Table C.

Automate this assessment with Computer Vision! Find us at www.tumeke.se

SCORES

Table A		Neck				Trunk				Legs			
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
Trunk Posture Score	1	1	2	3	4	1	2	3	4	3	3	3	3
	2	2	3	4	5	3	4	5	6	4	5	6	7
	3	3	4	5	6	4	5	6	7	5	6	7	8
	4	4	5	6	7	5	6	7	8	6	7	8	9
	5	4	6	7	8	6	7	8	9	7	8	9	9

Table B		Lower Arm				Upper Arm			
		1	2	3	4	1	2	3	4
Wrist	1	1	2	2	1	2	3	3	4
	2	1	2	3	3	3	4	5	5
	3	3	4	5	4	5	5	6	7
	4	4	5	6	5	6	7	8	8
	5	6	7	8	7	8	8	9	9

Table C		Score B											
		1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Score A	1	1	1	1	2	3	3	4	5	6	7	7	7
	2	1	2	2	3	4	4	5	6	6	7	7	8
	3	2	3	3	4	5	6	7	7	8	8	8	8
	4	3	4	4	5	6	7	8	8	9	9	9	9
	5	4	4	5	6	7	8	8	9	9	10	10	10
	6	6	6	6	7	8	8	9	9	10	10	10	10
	7	7	7	7	8	9	9	9	10	10	11	11	11
	8	8	8	8	9	10	10	10	10	10	11	11	11
	9	9	9	9	10	10	10	11	11	11	12	12	12
	10	10	10	10	11	11	11	11	12	12	12	12	12
	11	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12
	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

$$4 + 1 = 5$$

Table C Score Activity Score REBA Score

REBA Scoring	
1	negligible risk
2 or 3	low risk, change may be needed
4 to 7	medium risk, further investigation, change soon
8 to 10	high risk, investigate and implement change
11 +	very high risk, implement change

B. Arm and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position



Step 7a: Adjust...

If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: +1

Step 8: Locate Lower Arm Position



Step 9: Locate Wrist Position



Step 9a: Adjust...

If wrist is bent from midline or twisted: +1

Step 10: Look-up Posture Score in Table B

Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

Step 11: Add Coupling Score

Well fitting Handle and mid range power grip: good, +0
Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part: fair, +1
Hand hold not acceptable but possible: poor, +2
No handles, awkward, unsafe with any body part: unacceptable, +3

Step 12: Score B, Find Column in Table C

Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

Step 13: Activity Score

+1 1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
+1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)
+1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

Original Worksheet Developed by Dr. Alan Hedge. Based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA), Hignett, McAtamney, Applied Ergonomics 31 (2000) 204-205

Bilaga W: REBA-analys utav montör som flyttar stol inuti fordon. Stolen har rullats ner för rampen och rullas hela vägen till sin slutgiltiga position.



REBA Employee Assessment Worksheet

TuMeke
Ergonomics

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position



Step 1a: Adjust...

If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

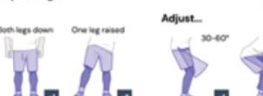
Step 2: Locate Trunk Position



Step 2a: Adjust...

If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Step 3: Legs



Step 4: Look-up Posture Score in Table A

Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A.

Step 5: Add Force/Load Score

If load < 11 lbs: +0
If load 11 to 22 lbs: +1
If load > 22 lbs: +2
Adjust: If shock or rapid build up of force: +1

Step 6: Score A, Find Row in Table C

Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A. Find row in Table C.

Automate this assessment with Computer Vision! Find us at www.tumeke.se

SCORES

Table A		Neck											
Legs	Trunk Posture Score	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Table B		Lower Arm											
Wrist	Upper Arm Score	1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
		1	2	3	4	1	2	3	4	1	2	3	4
1	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13
2	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14
3	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
4	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16
5	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17
6	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15	16	17	18

Table C		Score B											
Score A	Activity Score	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
		1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9	9
10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11	11
12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12	12

2	Table C Score	+	0	=	2	REBA Score
---	---------------	---	---	---	---	------------

REBA Scoring	
1	negligible risk
2 or 3	low risk, change may be needed
4 to 7	medium risk, further investigation, change soon
8 to 10	high risk, investigate and implement change
11+	very high risk, implement change

B. Arm and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position



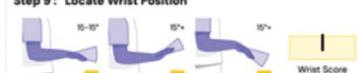
Step 7a: Adjust...

If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: +1

Step 8: Locate Lower Arm Position



Step 9: Locate Wrist Position



Step 9a: Adjust...

If wrist is bent from midline or twisted: +1

Step 10: Look-up Posture Score in Table B

Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B.

Step 11: Add Coupling Score

Well fitting Handle and mid range power grip: good, +0
Acceptable but not ideal hand hold or coupling acceptable with another body part: fair, +1
Hand hold not acceptable but possible: poor, +2
No handles, awkward, unsafe with any body part: Unacceptable, +3

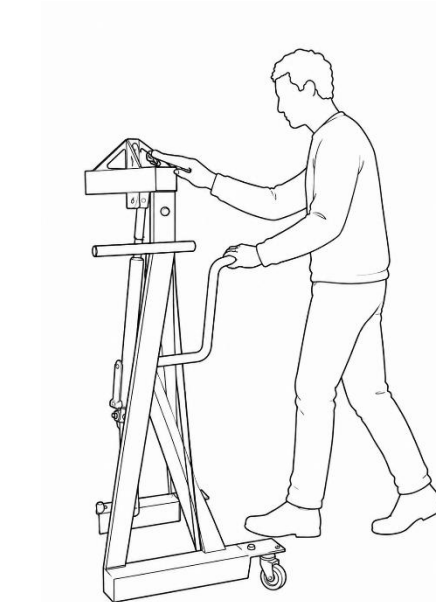
Step 12: Score B, Find Column in Table C

Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

Step 13: Activity Score

1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
Repeated small range actions (more than 4x per minute)
Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

Bilaga X: REBA-analys vid höjning av Kranens lyftarm, om handtaget vinklats för att undvika behov av en böjd position.



REBA Employee Assessment Worksheet

A. Neck, Trunk and Leg Analysis

Step 1: Locate Neck Position

Neck Score: 1

Step 1a: Adjust...

If neck is twisted: +1
If neck is side bending: +1

Step 2: Locate Trunk Position

Trunk Score: 2

Step 2a: Adjust...

If trunk is twisted: +1
If trunk is side bending: +1

Step 3: Legs

Leg Score: 1

Step 4: Look-up Posture Score in Table A

Using values from steps 1-3 above, locate score in Table A

Posture Score A: 2

Step 5: Add Force/Load Score

If load < 11 lbs: +0
If load 11 to 22 lbs: +1
If load > 22 lbs: +2
Adjust: If shock or rapid build up of force: +1

Force/Load Score: 0

Step 6: Score A, Find Row in Table C

Add values from steps 4 & 5 to obtain Score A. Find Row in Table C.

Score A: 2

SCORES

Table A: Neck

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Neck	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Trunk	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Legs	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Table B: Lower Arm

	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Lower Arm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
Upper Arm	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12

Table C: Score B

Score A	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12
1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1	1
2	1	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2	2
3	2	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3	3
4	3	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4	4
5	4	4	4	5	5	5	5	5	5	5	5	5
6	5	5	5	6	6	6	6	6	6	6	6	6
7	6	6	6	7	7	7	7	7	7	7	7	7
8	7	7	7	8	8	8	8	8	8	8	8	8
9	8	8	8	9	9	9	9	9	9	9	9	9
10	9	9	9	10	10	10	10	10	10	10	10	10
11	10	10	10	11	11	11	11	11	11	11	11	11
12	11	11	11	12	12	12	12	12	12	12	12	12

REBA Scoring

1	negligible risk
2 or 3	low risk, change may be needed
4 to 7	medium risk, further investigation, change soon
8 to 10	high risk, investigate and implement change
11 +	very high risk, implement change

B. Arm and Wrist Analysis

Step 7: Locate Upper Arm Position

Upper Arm Score: 3

Step 7a: Adjust...

If shoulder is raised: +1
If upper arm is abducted: +1
If arm is supported or person is leaning: +1

Step 8: Locate Lower Arm Position

Lower Arm Score: 2

Step 9: Locate Wrist Position

Wrist Score: 1

Step 9a: Adjust...

If wrist is bent from midline or twisted: +1

Step 10: Look-up Posture Score in Table B

Using values from steps 7-9 above, locate score in Table B

Posture Score B: 4

Step 11: Add Coupling Score

Well fitting handle and mid range power grip: good, +0
Acceptable but not ideal hand held or coupling acceptable with another body part: fair, +1
Hand held not acceptable but possible: poor, +2
No handles, awkward, unsafe with any body part: unacceptable, +3

Coupling Score: 0

Step 12: Score B, Find Column in Table C

Add values from steps 10 & 11 to obtain Score B. Find column in Table C and match with Score A in row from step 6 to obtain Table C Score.

Score B: 4

Step 13: Activity Score

+1 1 or more body parts are held for longer than 1 minute (static)
+1 Repeated small range actions (more than 4x per minute)
+1 Action causes rapid large range changes in postures or unstable base

Activity Score: 1

Original Worksheet Developed by Dr. Alan Hedge. Based on Technical note: Rapid Entire Body Assessment (REBA) Hagberg, Mathiassen, Applied Ergonomics 31 (2000) 201-205

CHALMERS

Samtycke och information om behandling av personuppgifter i studentarbete

Jag samtycker till att mina personuppgifter i form av

Ljud-/videoupptagning och bild eller annan information kopplad till mig så som förnamn och svar på frågor ställda av gruppen

får behandlas av Chalmers tekniska högskola för studien:

Inom ramen för kandidatarbetet IMSX16-04 där montering av komponenter i transportfordon hos Nordic Vehicle Conversion AB ska undersökas för möjliga förbättringar.

Information

Personuppgifterna kommer att hanteras på följande sätt:

Uppgifter kommer att delas med handledare, examiner och företaget Nordic Vehicle Conversion AB samt användas som underlag för resultat som publiceras i kandidatarbetet IMSX16-04. Notera att kandidatarbetet blir en offentlig handling. Personuppgifter kommer att lagras t.o.m. 1/7-2026.

Ditt samtycke gäller tills vidare. Du har rätt att när som helst ta tillbaka ditt samtycke. Detta gör du genom att kontakta kandidat_imsx16-04@outlook.com eller registrator@chalmers.se. Om du återkallar ditt samtycke kommer vi upphöra att behandla personuppgifter vi samlat in med stöd i ditt samtycke. Vissa uppgifter kan komma att sparas pga. Chalmers skyldigheter enligt svensk arkivlagstiftning.

Chalmers tekniska högskola, 412 96 Göteborg, med org. nr 556479-5598 är personuppgiftsansvarig. Du hittar Chalmers integritetspolicy på www.chalmers.se.

Som registrerad har du rätt att få information om hur dina personuppgifter behandlas. Du har rätt att få felaktiga uppgifter rättade, överflödiga uppgifter raderade, begära att behandlingen begränsas och uppgifter överförda till en annan aktör. Du har även rätt att lämna klagomål till Integritetsskyddsmyndigheten (IMY). Har du frågor rörande Chalmers behandlingar av personuppgifter kan du kontakta Chalmers dataskyddsombud på dataskydd@chalmers.se.

Jag samtycker till att Chalmers tekniska högskola behandlar personuppgifter om mig i enlighet med ovanstående.

Ort	Underskrift
Datum	Namnförtydligande

INSTITUTIONEN FÖR MECHANICAL ENGINEERING

CHALMERS TEKNISKA HÖGSKOLA

Göteborg, Sverige 2026

www.chalmers.se



CHALMERS