



Exoskeletters betydning for lager- og bygningsarbejde

**Kortlægning af fysiske belastninger og
udvikling af fokuspunkter for implementering**

Mikkel Brandt Petersen, Sandra Schade Jacobsen, Jeppe Zielinski
Nguyen Ajslev, Ika Nimb, Emil Sundstrup, Sebastian Laigaard
Skals, Markus Due Jakobsen og Lars L. Andersen

December 2024

Projektnr. / sagsnr. 13-2020-03/ 20205100137

Sammenfatning

Arbejdsstyrken skal arbejde i flere år end tidligere grundet den øgede pensionsalder, hvilket især rammer arbejdstagere med et fysisk krævende job. En betydelig del af disse arbejdstagere forventer at måtte forlade arbejdsmarkedet før tid, fordi de ikke kan klare arbejdet længere. Lager- og byggebranchen er præget af hårdt fysisk arbejde, tunge eller hyppige løft, og u hensigtsmæssige arbejdsstillinger. Der er derfor behov for løsninger, der reducerer u hensigtsmæssige fysiske belastninger. En mulig løsning kan være at bruge exoskeletter til de mest fysisk krævende arbejdsopgaver. Exoskeletter er en ny teknologi, som bæres uden på kroppen, og har til formål at mindske den fysiske belastning kroppen udsættes for under arbejdet. Hvis dette rent faktisk er tilfældet, så kan exoskeletter potentielt medvirke til at forebygge muskel- og skeletbesvær, og derigennem reducere risiko for sygefravær og tidlig tilbagetrækning fra arbejdsmarkedet.

På denne baggrund undersøgte vi, om exoskeletter kunne mindske den fysiske belastning for udvalgte arbejdsopgaver inden for lager, murer- og tømrerarbejde. Endvidere undersøgte vi, medarbejdernes oplevelser med exoskeletterne, herunder hvordan exoskeletterne passede til de udvalgte arbejdsopgaver og den kontekst arbejdet blev udført i.

Vi gennemførte tekniske målinger af muskelaktivitet og bevægelser, mens medarbejderne udførte deres sædvanlige arbejdsopgaver på arbejdspladsen, både med og uden brug af exoskelet på hhv. 19 lagerarbejdere, 22 tømrere og 18 murere. For lagerarbejderne var arbejdsopgaverne løft af kasser med tunge varer, tømrerne udførte loftsmontage, og murerne udførte skalmuring. Lagerarbejderne og murerne anvendte et exoskelet designet til at aflaste lænderyggen og tømrerne anvendte et exoskelet designet til at aflaste skulderne. Desuden udførte vi interviews med både medarbejdere og ledere fra alle tre jobgrupper med henblik på, at beskrive hvordan branchen tog exoskeletterne til sig.

Resultaterne af de tekniske målinger viste at effekten af exoskelettet var ret forskellige i de tre jobgrupper:

For tømrerne viste exoskeletterne sig at have en positiv effekt. Vi så en mindsket belastning af muskulaturen omkring skulderne (-5 til -9%) og tømrere udtrykte generelt ønske om at fortsætte

brugen af teknologien, hvilket tyder på dens potentiale til at forbedre arbejdsforholdene i denne faggruppe. Dog så vi en øget muskelaktivitet i lænderyggen (4%), hvilket man bør være opmærksom på når man arbejder med exoskeletterne over længere tid. Omvendt så vi ikke de samme fordele hos murerne, hverken i de tekniske målinger hvor der var en øget muskelbelastning på 5% i lænderyggen, eller ved den kvalitative analyse, hvor flere fandt teknologien hæmmende for deres arbejde. For lagerarbejdere blev der registreret en øget muskelbelastning i lænderyggen (1,5%) ved exoskelet-indstillingen svarende til 9 kg støtte af exoskelettet, mens den tunge ikke gav nogen effekt. Dette understreger nødvendigheden af en kontekstafhængig tilgang til anvendelsen af exoskeletter.

Resultaterne fra de kvalitative interviews afspejlede generelt det samme billede som de tekniske målinger. Tømmerne fandt exoskeletterne brugbare og anvendelige, og var positive omkring dem som hjælpemiddel. Dette var ikke i samme grad tilfældet hos lagerarbejderne. Dog skal det nævnes at man hos netop lagerarbejderne var meget fokuserede på "target", dvs. dagens mål for arbejdet, og her blev exoskelettet mere set som et hjælpemiddel til at øge effektiviteten i form at kunne løfte flere kasser, end det blev opfattet som et hjælpemiddel til at mindske den fysiske belastning. Murerne fandt ikke exoskeletterne anvendelige under skalmuring, og ønskede generelt ikke at fortsætte med at anvende dem. Ud over resultater fra de tekniske målinger er det derfor også vigtigt at lytte til medarbejdernes præferencer når man overvejer at indføre exoskeletter på arbejdspladsen.

I sammenfatning viser studiet, at exoskeletter har potentiale til at reducere fysiske arbejdsbelastninger i visse faggrupper, men succes vil kræve en nøje tilpasning til opgaven og inddragelse af medarbejderne. Der er behov for fortsat udvikling af teknologien, med fokus på både effektivitet og praktisk anvendelighed i forskellige arbejdskontekster. Vi foreslår at fremtidig forskning fokuserer på følgende: Teknologien bør videreudvikles med fokus på effektivitet og praktisk anvendelighed i forskellige arbejdskontekster. Feltstudier er nødvendige for at vurdere deres funktion i reelle og uforudsigelige arbejdsforhold. Det er også vigtigt at undersøge, hvordan implementeringsstrategier fungerer i praksis for at optimere effekten. Langtidsstudier bør fokusere på helbredsmæssige og produktivitmæssige effekter, herunder reduktion af sygefravær. Denne viden er afgørende for at udnytte exoskelettets potentiale fuldt ud.

Summary

The increased retirement age may pose a challenge for workers in physically demanding jobs. A significant portion of these workers anticipates leaving the labor market prematurely because they can no longer manage the physical demands of their work. The warehouse and construction industries are characterized by physically demanding tasks, heavy or frequent lifting and awkward working positions. There is, therefore, a need for solutions that can ensure a healthy and long working life. One possible solution is the use of exoskeletons for the most physically demanding jobs. Exoskeletons are a new technology worn on the body, designed to reduce the physical strain placed on the body during work. If proven effective, exoskeletons could potentially help prevent musculoskeletal disorders, which can lead to pain, absenteeism, and early withdrawal from the labor market.

Therefore, we investigated whether exoskeletons could reduce physical strain during selected tasks within warehousing, masonry, and carpentry work. Furthermore, we assessed how well the exoskeletons suited the specific tasks and the context in which the work was performed.

We conducted technical measurements of muscle activity and movement during routine work tasks, both with and without exoskeletons, involving 19 warehouse workers, 22 carpenters, and 18 masons. For the warehouse workers, the tasks involved lifting boxes of heavy goods; while the carpenters performed overhead installations, and the masons carried out bricklaying. The warehouse workers and masons used exoskeletons designed to relieve the lower back, specifically models from BackX and Laevo, while the carpenters used a Hilti exoskeleton designed to reduce strain on the shoulders. Additionally, we conducted interviews with both employees and managers from all three job groups to understand how the respective industries adopted the exoskeletons.

The results of the technical measurements varied across the three job groups: For carpenters, exoskeletons demonstrated a positive effect. We observed reduced muscle strain around the shoulders, and the carpenters generally expressed a desire to continue using the technology, indicating its potential to improve working conditions. However, there was an increase in muscle activity in the lower back, which warrants further observation when using the exoskeletons over

time. Conversely, the masons did not experience the same benefits, with many finding the technology to be restrictive to their work. For warehouse workers, increased muscle strain was recorded when the exoskeleton was set to a low-support mode (equivalent to 9 kg support), whereas the high-support mode showed no effect. This highlights the importance of a context-dependent approach when implementing exoskeletons.

The findings from the qualitative interviews generally reflected the same trends observed in the technical measurements. Carpenters found the exoskeletons to be useful and practical, and they had a positive attitude toward them as an aid. This was not as evident among warehouse workers. However, it is worth noting that warehouse workers were heavily focused on achieving their “target,” i.e., the day’s productivity goals. In this context, the exoskeleton was often viewed more as a tool to increase efficiency—enabling them to lift more boxes—than as an aid to reduce physical strain. The masons did not find the exoskeletons suitable for bricklaying tasks and generally did not wish to continue using them.

In summary, the study shows that exoskeletons have the potential to improve working conditions in certain job groups, but success requires careful adaptation to the task and the involvement of employees. There is a need for continued development of the technology, with a focus on both efficiency and practical usability across different work contexts. We propose that future research focuses on the following: The technology should be further developed with an emphasis on efficiency and practical applicability in various work contexts. Field studies are necessary to evaluate their performance in real and unpredictable working conditions. It is also important to investigate how implementation strategies function in practice to optimize their effectiveness. Long-term studies should focus on health and productivity effects, including the reduction of sick leave. This knowledge is essential to fully realize the potential of exoskeletons.

Indholdsfortegnelse

1.0. Indledning.....	6
1.1. Formål	8
2.0. Metoder.....	9
2.1. Rekruttering af deltagere.....	9
2.2. Gennemgående metoder på tværs af jobgrupper	9
2.3. Jobgruppespecifikke metoder	13
2.4. Analyse af tekniske data.....	17
2.5. Statistik.....	18
2.6. Kvalitativ metode	19
3.0. Resultater fra de tekniske målinger.....	19
3.1. Rekruttering og deltagerkarakteristika	20
3.2. Lagerarbejdere	22
3.3. Tømrere.....	24
3.4. Murere.....	27
3.5. Spørgeskema om anvendelighed og accept.....	30
4.0. Resultater fra den kvalitative undersøgelse.....	32
4.1. Formål og intenderede effekter	35
4.2. Immanente effekter	39
4.3. Discontinuitet, indirekte effekter og rekonstitution i anvendelse	48
4.4. At tage hånd om	49
4.5. Magthierarkier	55
4.6. Dualitetsprincippet og det kategoriske imperativ	60
4.7. Fordele, succes og direkte effekter af exoskeletterne	62
4.8. Ulemper og uintenderede effekter	65
4.9. Appetitter.....	67
4.10. Opsamling på analyse.....	72
5.0. Konklusion og erfaringer.....	74
5.1. Erfaringer fra feltstudiet	74
5.2. Fokuspunkter for implementering.....	75
6.0. Perspektivering.....	76
7.0. Efterskrift	78
8.0. Referencer	79

1.0. Indledning

Arbejdstagere forventes at skulle være på arbejdsmarkedet i længere tid end tidligere. Især arbejdstagere med fysisk krævende arbejde fylder meget i debatten om pensionsalderen, da denne gruppe har særlige udfordringer med at kunne blive i arbejdet indtil pensionsalderen. Blandt de +50-årige i fysisk krævende jobs forventer 27% af mændene og 37% af kvinder, at de kommer til at forlade arbejdsmarkedet fordi de ikke længere er i stand til at klare arbejdet [1]. Dette sætter større krav til løsninger, der skal sikre et langt og sundt arbejdsliv.

Tidligere studier har vist, at medarbejdere, med høje fysiske arbejdskrav har øget risiko for udvikling af smerter, sygefravær og førtidspension [2-6]. Derfor er det vigtigt med en tidlig forebyggende indsats, der reducerer de fysiske krav i arbejdet og sikrer et sundt og sikkert arbejdsliv.

En mulig løsning er at anvende exoskeletter til de mest krævende arbejdsopgaver. Exoskeletter er et nyt teknologisk hjælpemiddel, som monteres på kroppen og har til hensigt at hjælpe medarbejderen med at holde kroppen i bestemte positioner, reducere muskelkraft og/eller gentagende bevægelser. Dermed kan exoskeletter potentielt medvirke til at mindske den fysiske belastning i arbejdet og potentielt reducere risikoen for muskel og skeletbesvær, langtidssygefravær og tidlig tilbagetræning fra arbejdsmarkedet. Samtidigt kan exoskeletter bidrage til sekundær forebyggelse ved at reducere konsekvenserne af nedsat arbejdsevne, således at udsatte medarbejdere potentielt vil kunne varetage deres arbejde i længere tid.

Exoskeletter anvendes i stigende grad i industrivirksomheder med ensidigt gentaget arbejde. Danske virksomheder og organisationer efterspørger derfor viden om, hvorvidt exoskeletter reelt reducerer den fysiske belastning, eller om de blot flytter belastningerne til en anden del af kroppen [7], eller om de bidrager til intensivering af det tunge arbejde. De efterspørger også, hvordan exoskeletter implementeres bedst, og hvordan medarbejderne kan klædes på til at tage exoskeletter i brug [8].

Laboratoriestudier viser under simulerede fysiske arbejdsopgaver, at exoskeletter kan reducere belastningen i de muskler, de er designet til at aflaste. For eksempel viser flere undersøgelser, at

rygbelastningen mindskes under simuleret løftearbejde ved brug af et ryg-exoskelet [9-12]. Tilsvarende aflaster skulder-exoskeletter ved simuleret arbejde over skulderhøjde [13-18]. Derudover kan exoskeletter også bidrage til reduceret hjertefrekvens [14] og iltforbrug under simuleret fysisk krævende arbejde [19, 20]. Studier peger dog på at exoskeletter kan påvirke præcisionen af arbejdet negativt [21, 22]. Fælles for disse studier er, at de alle er udført i laboratorier under simulerede arbejdsopgaver og således ikke under virkelige arbejdsituationer. Der kan dog være væsentlige forskelle i både implementering og effekter af exoskeletter mellem laboratoriemålinger og den virkelige verden ude på arbejdspladserne [23]. De få studier, der er gennemført på arbejdspladser, indikerer, at effekten af exoskeletter er mindre under reelle arbejdsituationer end i laboratorier [24, 25]. Der eksisterer dog meget få studier under reelle arbejdsituationer, og der er brug for flere feltstudier under reelt arbejde for bedre at forstå, hvordan kroppen belastes fysisk under brug af exoskeletter i det virkelige arbejdsliv, medarbejdernes oplevelse ved at bruge dem og hvordan de påvirker produktiviteten og præcisionen i arbejdet.

Branchespecifik viden

Risikofaktorer og effektive indsatser til at reducere fysiske belastninger er kontekst-afhængig, og varierer derfor fra branche til branche. Derfor anbefales det at de enkelte brancher og virksomheder hver især sætter ind over for de risikofaktorer, der har størst betydning hos netop dem [26]. Jobgrupper inden for lager- og byggebranchen er præget af hårdt fysisk arbejde, så som hyppige og/eller tunge løft, arbejde med bøjet eller vredet ryg, og træk og skub af tunge byrder, hvilket er væsentlige risikofaktorer for udvikling af MSB [27]. I begge brancher, er der derfor potentiale for at exoskeletter kan være en ny teknologi der kan bidrage til en reduktion af de fysiske belastninger. Selvom disse overordnede risikofaktorer i arbejdsmiljøet synes sammenlignelige mellem brancherne, kan der stadig være stor variation i typer og dosis af eksponering mellem jobgrupperne, hvilket kan have betydning for både valg og udfald af en given indsats. Dertil kan der være stor variation i arbejdspladskultur, struktur og organisatoriske forhold, som kan være altafgørende for succesfuld implementering og effekt af teknologiske hjælpemidler – herunder exoskeletter [28]. Det er derfor vigtigt, at både det benyttede exoskelet, samt implementeringen heraf, er tilpasset til den branchespecifikke kontekst, herunder om det er

passende til den enkelte arbejdsopgave. For at gøre ny viden om exoskeletters påvirkning af den fysiske belastning og på arbejdets udførelse tilgængelig for praksis, vil det endvidere være afgørende at samarbejde med relevante vidensbrobyggere om at udvikle branchespecifikke fokuspunkter for implementering målrettet lager- og byggebranchen.

Indførsel af ny teknologi

En rapport omhandlende arbejdsmiljømæssige udfordringer som følge af automatisering og digitalisering fremhæver at nye teknologier der matcher medarbejdernes, ledere og organisationens identitet kan bidrage til en øget følelse af mening i arbejdet, fx fordi teknologien frigør tid til de opgaver, som medarbejderne værdsætter mest [29]. Derudover indeholder nye teknologier ofte potentialer for standardisering, da designere af nye teknologier indskriver deres egne forventninger til brugernes ønsker, behov og evner [29]. Da exoskeletter er en relativt ny teknologi er det vigtigt at undersøge lager- og bygningsarbejdernes omstillingsparathed til nye teknologier, herunder afdækning af udfordringerne ved implementering af exoskeletter i arbejdet, samt arbejdernes og ledelsens oplevelse af at anvende dem. Vi ved fra litteraturen, at introduktion og tilstrækkelig uddannelse i ny teknologi kan have betydning for om teknologien opfattes som noget der kan forlænge eller forkorte arbejdslivet [29]. Det er derfor vigtigt at have fokus på implementering og oplæring i brug af ny teknologi, så indførelsen af exoskeletter sker på en god og hensigtsmæssig måde der kan spille ind i virksomhedens kultur og arbejds kontekst.

1.1. Formål

Formålet med projektet var at undersøge, hvorvidt brug af exoskeletter ude på arbejdspladserne kan bidrage til en reduktion af den fysiske belastning for lager- og bygningsarbejdere, samt at udvikle branchespecifikke fokuspunkter for implementering af exoskeletter. Projektet blev designet med det formål, at give en videnskabelig vurdering af både exoskeletters indflydelse på den fysiske belastning på lager- og bygningsarbejderen kroppe under arbejdet og af deres indvirkning på arbejdets udførelse, samt medarbejdernes opfattelse af at bruge dem. Projektet benyttede en integreret forskning-til-praksis tilgang, hvor relevante vidensbrobyggere (Dansk Byggeri, 3F, Byggeriets Arbejdsmiljøbus, BFA Bygge og Anlæg, BAT-Kartellet, Dansk Erhverv og Arbejdstilsynet) og brugere (Salling Group og andre deltagende virksomheder) blev inddraget i forskningsprojektet.

2.0. Metoder

I det følgende afsnit beskrives projektets metoder. Først beskrives rekrutteringen af deltagere samt den gennemgående metode, som blev brugt på tværs af de tre jobgrupper. Derefter beskrives de jobgruppespecifikke metoder, såsom typen af exoskelet som blev anvendt og beskrivelse af de konkrete arbejdsopgaver inden for jobgruppen. Ydermere gennemgås de anvendte metoder til databehandling og statistiske analyser af de tekniske målinger. Til sidst beskrives metoderne til den kvalitative del af projektet.

Projektet blev vurderet af Videnskabsetisk komité, som værende ikke anmeldelsespligtigt (H-21063645). Der var ingen økonomisk eller anden form for tilknytning til de kommercielle aktører bag exoskeletterne.

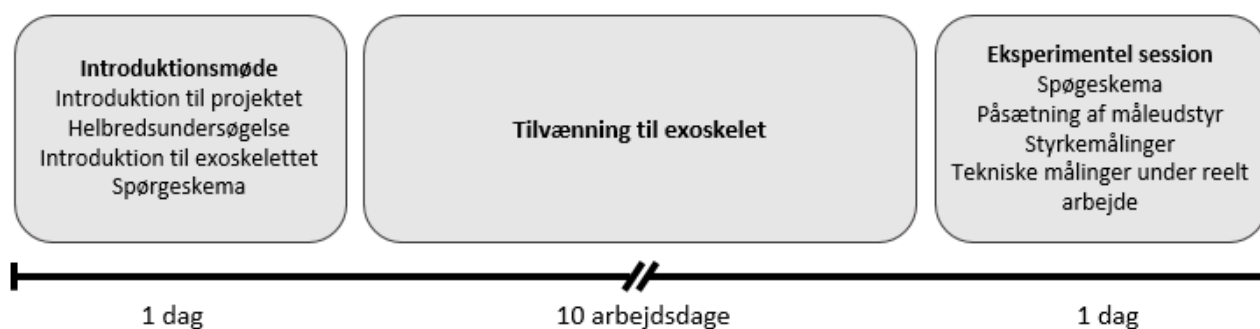
2.1. Rekruttering af deltagere

Vi rekrutterede medarbejdere i lager- og byggebranchen med hjælp fra hhv. interne aktører i lagervirksomheden og samarbejdspartnere i byggeriet (3F og DI Byggeri). Kravene for deltagelse var at være fyldt 18 år, arbejde på fuld tid og udføre arbejdsopgaver, som var relevante for undersøgelsen (se afsnit 2.3.). Ud fra et forsigtighedsprincip kunne medarbejderne ikke deltage, hvis de led af alvorlig sygdom som eksempelvis alvorlige hjerte-kar-sygdomme, forhøjet blodtryk (systolisk/diastolisk blodtryk over 160/100) eller plasterallergi. Dataindsamlingen foregik på arbejdsplader på tværs af Danmark, fra maj 2022 til august 2023.

2.2. Gennemgående metoder på tværs af jobgrupper

Introduktion og tilvænning til exoskelettet

Figur 1 illustrerer protokollen for projektets overordnede dele. Alle rekrutterede medarbejdere deltog i et introduktionsmøde, som inkluderede en forklaring af studiet, en kort helbredsundersøgelse, et spørgeskema om deltagerkarakteristika, tilpasning af exoskelettet og instruktioner i brugen af det. I en periode på to arbejdsuger gennemgik deltagerne en tilvænningsperiode, hvor de blev instrueret i at bruge exoskelettet under relevante arbejdsopgaver.



Figur 1. Protokol for projektets overordnede dele.

De skulle gradvist øge brugen af exoskelettet dag for dag, så deres kroppe langsomt kunne vænne sig til hjælpemidlet. Under tilvænningsperioden modtog deltagerne dagligt en sms med spørgsmål om, hvor lang tid de havde brugt exoskelettet, samt i hvor høj grad de følte sig tilvænnede til at bruge det. Den daglige tid med exoskelet blev angivet ud fra følgende intervaller: slet ikke, mindre end 1 time, mellem 1-2 timer, mellem 2-3 timer, mellem 3-4 timer, mere end 4 timer.

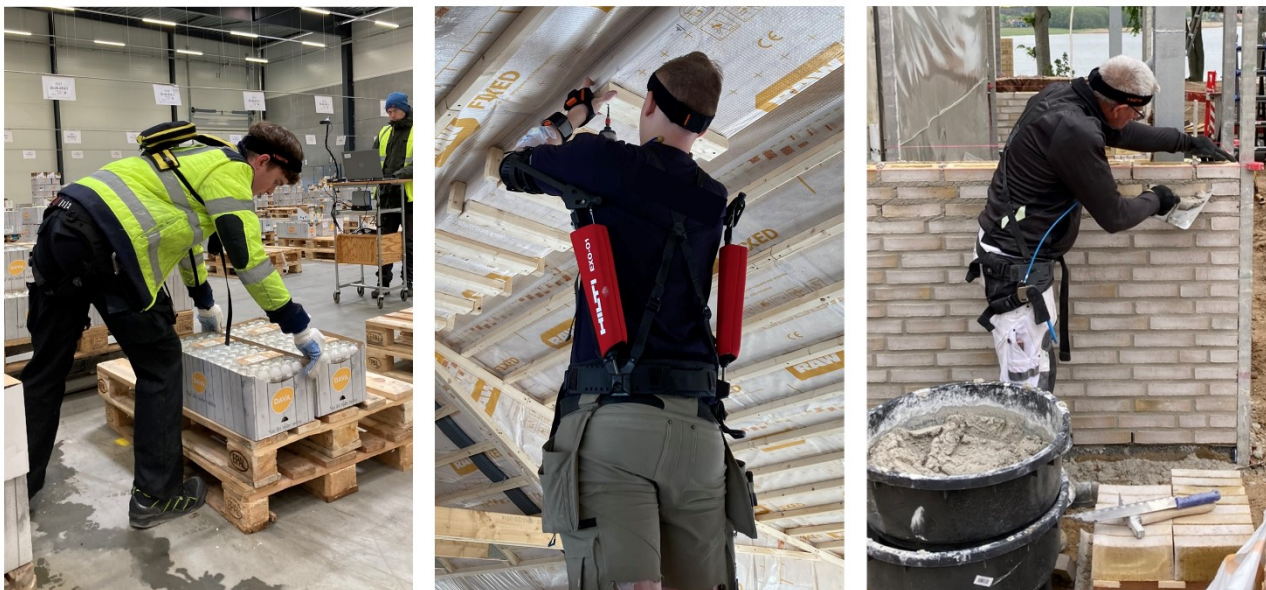
Tilvænningsgraden blev vurderet på en skala fra 1-5: slet ikke, i lav grad, i moderat grad, i høj grad og i meget høj grad.



Figur 2. Protokol for den eksperimentelle session.

Beskrivelse af målinger på arbejdspladserne

Efter tilvænningsperioden deltog hver deltager i en enkelt eksperimentel session, der sammenlagt varede tre til fire timer (Figur 2). Sessionen var inddelt i to dele. Under den første del (varighed ca. 1 time) udfyldte deltagerne et spørgeskema om exoskelettets anvendelighed og accept, fik påsat teknisk måleudstyr på kroppen, og udførte maksimale frivillige isometriske kontraktioner (MVIC'er). I sessionens anden del (varighed ca. 2-3 timer) udførtes tekniske målinger under deltagerens reelle arbejde, som blev udført med og uden brug af exoskelet (Figur 3).



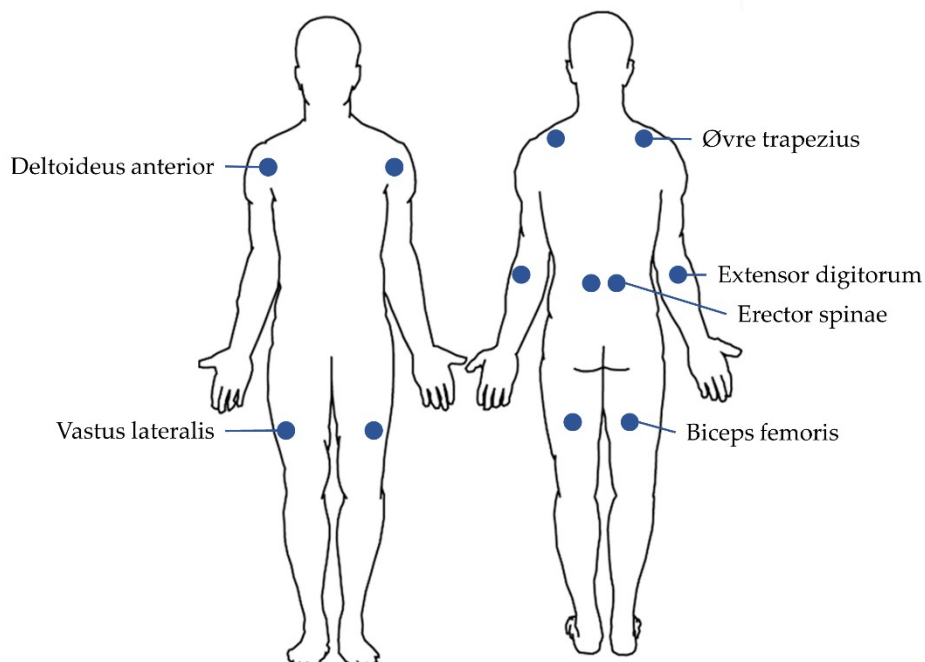
Figur 3. Eksempler på arbejdssituationer. Se tekst for yderlige beskrivelse.

For lagerarbejderne var arbejdsopgaverne løft af kasser med tunge varer, tømmerne udførte loftsmontage, og murerne udførte skalmuring. Den eksperimentelle procedure og tekniske måleudstyr beskrives i detaljer i de følgende afsnit.

Spørgeskema om anvendelighed og accept: På dagen for de tekniske målinger udfyldte deltagerne et spørgeskema, der vurderede deres oplevelse med exoskelettet. Dette spørgeskema indeholdt lukkede spørgsmål baseret på etablerede modeller for teknologiaccept (herunder System Usability Scale (SUS) [30], Technology Acceptance Model (TAM3) [31] og Unified Theory of Acceptance and Use of Technology (UTAUT) [32]). Spørgsmålene fokuserede primært på anvendelighed, forventet indsats og tilfredshed eller frustration med exoskelettet. Svarene blev vurderet på en 5-punkts skala: meget enig, enig, hverken enig eller uenig, uenig og meget uenig. Til sidst spurgte vi deltagerne, om de ville fortsætte med at bruge exoskelettet i deres arbejde i fremtiden.

Elektromyografi: Muskelaktivitet blev målt trådløst ved hjælp af overflade-elektromyografi (sEMG) (Ultium EMG, Noraxon, AZ, USA), med en samplingsfrekvens på 2000Hz. Efter klargøring af huden blev elektroder (BlueSensor N, Ambu, Danmark) placeret på 12 forskellige steder på kroppen. De muskler, der blev målt, var m. erector spinae (lænderyg), m. deltoideus anterior (forsiden af skulderen) og m. trapezius (nakke/øvre skulder), m. extensor digitorum (underarm, kun for tømmerne), m. vastus lateralis (forsiden af låret) og m. biceps femoris (baglår)

(Figur 4). Elektroder og kabler blev fastgjort til huden med medicinsk tape. sEMG-målingerne blev kombineret med samtidig videooptagelse af arbejdet til senere databehandling.



Figur 4. Muskler der blev målt muskelaktivitet på under de tekniske målinger.

Kinematik: Samtidigt med sEMG og videooptagelser, blev kropsbevægelser målt med et trådløst system, bestående af 17 bevægelsessensorer (Xsens Technologies BV, Enschede, Holland). Disse sensorer blev fastgjort ved hjælp af tape og velcro-stropper, og dataene blev brugt til at skabe en kinematisk model, som var skaleret til hver deltager. Inden målingerne blev udstyret kalibreret i overensstemmelse med producentens procedure.

Muskelstyrke: Test af maksimale frivillige isometriske kontraktioner (MVIC) blev udført med isometriske øvelser, hvor forskellige musklers maksimale aktivitet blev målt under forskellige positioner. Hver øvelse blev gentaget tre gange per muskel, og hver kontraktion blev holdt i 5 sekunder, med positiv verbal opmuntring fra testlederen. Der var en pause på et minut mellem hver gentagelse for at undgå træthedsudvikling.

Måling under reelle arbejdsituationer: Ved måling af exoskelettets effekt under reelle arbejdsituationer blev deltagerne instrueret i at udføre deres almindelige arbejde, både med og uden exoskelettet. Det blev randomiseret (tilfældigt udtrukket), om deltageren skulle starte med at

arbejde med eller uden exoskelet. Under selve målingerne omfattede måleudstyret en bærbar computer, et webcam og trådløse modtagere til sEMG- og kinematisksensorerne, som alle var monteret på en mobil testvogn, så vi kunne følge deltagerne tæt, mens de arbejdede.

Datakvaliteten blev løbende vurderet, og hvis kvaliteten ikke var tilstrækkelig, blev målingen midlertidigt stoppet, så problemet kunne løses og måleudstyret kalibreret på ny, inden målingerne fortsatte. Jobgruppespecifikke deltager vedr. feltmålingerne beskrives senere i dette afsnit (henvis til jobgruppespecifikt afsnit).

Interviews og observationer: Efter tilvænningsperioden og de tekniske målinger blev der foretaget interviews med deltagerne, samt både nærmeste leder og topledelse samt tillidsvalgte og arbejdsmiljøledere i den pågældende virksomhed. Formålet med interviewene var at få afdækket deltagerens oplevelser med exoskeletterne, samt deres forventninger til dets betydning for arbejdet i fremtiden. Interviewene skulle ligeledes bidrage til at kortlægge muligheder og barrierer for implementering af exoskeletter i fremtiden. Deltagerne blev interviewet i fokusgrupper for at kunne undersøge, hvordan de sammen reflekterede over betydningen af og forventninger til exoskeletterne. Ledere samt tillidsvalgte herunder også arbejdsmiljørepræsentanter blev interviewet enkeltvis for at eventuelle magtpositioner ikke influerede direkte i medarbejderinterviewene.

Under måleperioderne blev deltagerne ligeledes observeret af en forsker, der visuelt dokumenterede, hvordan exoskeletterne påvirkede deltagerens kropslige bevægelser samt udførsel af arbejdet.

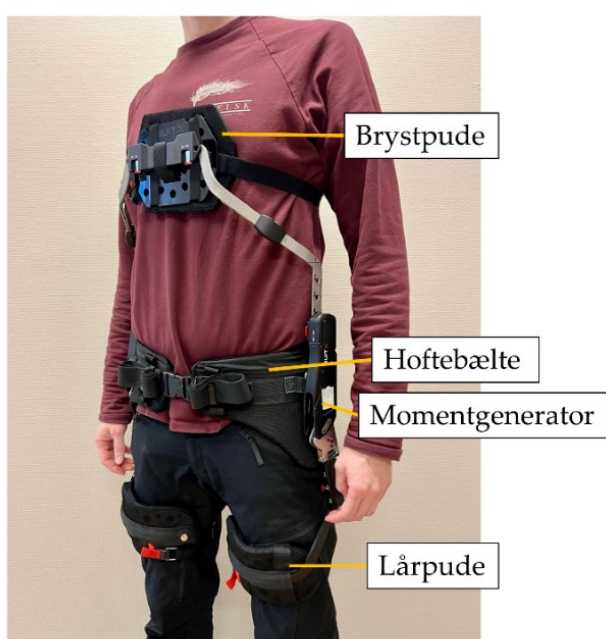
2.3. Jobgruppespecifikke metoder

Lagerarbejdere

Beskrivelse af exoskelet

Lagerarbejderne brugte BackX exoskelettet (Model V3, SuitX, Californien, USA) (Figur 5), som blev valgt af den deltagende lagervirksomhed. Dette passive ryg-exoskelet er designet til at mindske belastningen på lænden under foroverbøjning og løft. Exoskelettet består af et bælte om taljen, en brystpude, to lårpuder og en ekstern momentgenerator ved hver hoft, som er koblet til taljebæltet og bryststøtten. Når brugeren bøjer sig frem, påføres modstand ved brystet og lårene, hvilket

skaber en kraft, der efter designets hensigt arbejder parallelt med den, som rygmusklerne skaber. Exoskelettet vejer 4,5 kg og har to støtteindstillinger: 'Instant', som er velegnet til statiske arbejdsopgaver, da kraften genereres med det samme, når overkroppen bøjes, og 'Standard', som passer bedre til mere dynamiske opgaver, da kraften først aktiveres, når overkroppen er bøjet 30-45°. Exoskelettet har desuden to støtteniveauer: en der yder støtte svarende til en vægt på 9 kg (M9), og en der yder støtte svarende til 15 kg (M15). I dette studie brugte deltagerne Standard-indstillingen med både M9 og M15 kg under de eksperimentelle procedurer, men i tilvænningsperioden var det frit for deltagerne at vælge indstilling.



Figur 5. BackX exoskelet. Billedet er fra SuitX's manual.

Beskrivelse af feltmålinger

Under de tekniske målinger skulle deltagerne udføre deres normale arbejdsopgaver under tre forskellige betingelser, som blev gjort i en tilfældigt udtrukket rækkefølge: 1) med exoskelet og lav støtte (ifølge producenten svarende til 9kg/M9), 2) med exoskelet og høj støtte (ifølge producenten svarende til 15 kg/M15), og 3) uden at have exoskelet på. Arbejdet bestod i at løfte tunge kasser med kød (8-14 kg), mælk (16 kg) eller æg (9-15 kg). Under målingerne skulle deltagerne håndtere i alt 3-6 paller, som hver havde omkring 30-48 kasser i alt imens vi målte muskelbelastning, kropsbevægelser og videofilmede.

Tømrere

Beskrivelse af exoskelet

Tømrerne brugte Hilti EXO-01 (www.hilti.com; vægt: 1,99 kg) (Figur 6), et passivt exoskelet til overekstremiteterne, der er designet til at mindske belastningen på skuldrene ved arbejde over hovedhøjde. Det blev udvalgt og indkøbt til undersøgelsen af samarbejdspartnere i projektet, men de deltagende virksomheder havde ikke indflydelse på hvilken model der blev anvendt.

Exoskelettet bæres som en rygsæk og fastgøres med en bryststrop og et hoftebælte. Det har en støttearm og en armskinne, der er forbundet i en ledenhed, og en passiv fjeder (expander), som skaber den støttende kraft til skuldre og arme. Armskinnen fastgøres til overarmen med en armbeskytter og er forbundet til fjederen, der sidder i bunden af støttearmen og giver opadgående støtte. Derudover har hoftebæltet et kugleled og stabiliseringsstropper, som er designet med henblik på at tillade fri bevægelighed for overkroppen og armene. Hilti EXO-01 yder maksimal støtte, når armen er vandret (i en 90-graders vinkel), og ingen støtte, når armen er sænket. Støtten kan justeres til at passe forskellige armvægte.



Figur 6. Hilti EXO-01 exoskelet. Billede fra Hilti's manual.

Beskrivelse af feltmålinger

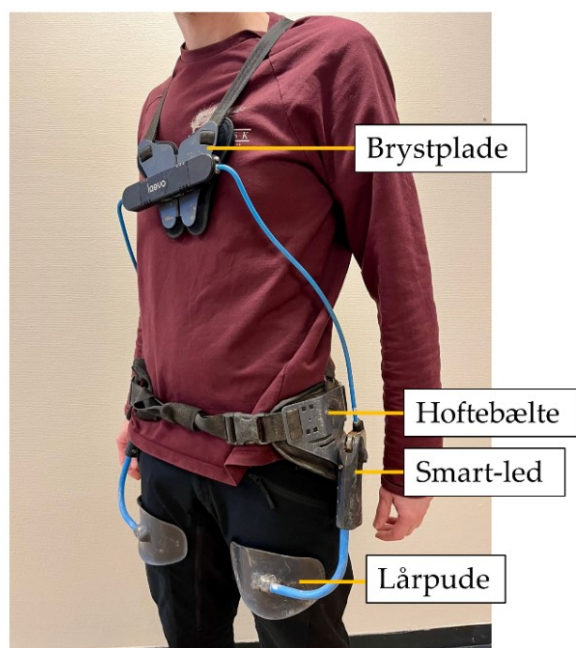
Tømrerne udførte deres normale arbejde med at montere lofter. Dette involverede forskalling og montering af gipsplader eller kliklofter. Der blev målt på flere forskellige typer af lofter, og

arbejdet kunne udføres med og uden værktøj, men fælles for dette arbejde var at det foregik over hovedhøjde.

Murere

Beskrivelse af exoskelet

Murerne brugte det passive ryg-exoskelet Laevo V2 (Intespring, Delft, Holland; vægt: 2,8 kg) (Figur 7). Dette kommercielt tilgængelige exoskelet består af fire hovedkomponenter: en brystpude, lårpuder, et hoftebælte og et smart-led med fjederlignende egenskaber. Metalstænger forbinder bryst- og lårkomponenterne over smart-leddet og skaber således en støtte for lænderyggen, når brugeren bøjer sig fremad. Brystpuden er til dels bevægelig for at tillade rotation af overkroppen. Støtten kan slås til og fra og aktiveringsvinklen for kropsbøjning kan justeres fra 0-45° foroverbøjning. Derudover kan exoskelettet tilpasses brugeren ved at udskifte de metalstænger til passende længder, samt justere støttevinklen i smart-leddene, så der undgås pres på brystet, når brugeren står oprejst.



Figur 7. Laevo V2 exoskelet. Billedet er fra Laevo's manual.

Beskrivelse af feltmålinger

Murernes arbejde bestod af skalmuring under to forskellige betingelser: med exoskelet og uden exoskelet. Mureren murede en hel flugt (væg) i samarbejde med sin makker. For at muliggøre at

måle på arbejde i samme murerhøjde både med og uden exoskelet, murede deltageren skiftevis to-tre skift (rækker af mursten) med og uden exoskelet.

2.4. Analyse af tekniske data

Alle optagelser fra hver deltager blev gennemgået manuelt for at identificere og analysere de forskellige arbejdsopgaver. Praktisk blev dette gjort ved at gennemgå længere videooptagelser af det fulde arbejde og opdele dem i mindre sekvenser, som hver repræsenterede en enkelt arbejdsopgave. På lageret blev optagelserne opdelt i individuelle løft af kasser og under gennemgang af videooptagelserne blev kassernes vægt samt start- og slut-løftehøjde noteret. For tømmerne var det sammenhængende perioder hvor medarbejderne arbejdede med armene hævet over skulderhøjde. For murerne var det hver enkelt sten, der blev lagt på muren (en murer-cyklus), og arbejdhøjden blev noteret. I denne proces blev arbejdsopgaverne således markeret, navngivet og gemt til senere analyse.

I signalbehandlingen af EMG data blev der anvendt et 4. order Butterworth-bandpasfilter (10–400 Hz), efterfulgt af et root-mean-square (RMS) filter beregnet over 500 ms intervaller. EMG-signalerne blev visuelt inspiceret for potentielle artefakter, og data med dårlig signalkvalitet blev efterfølgende fjernet fra datasættet.

For at normalisere muskelaktiviteten for hver muskel beregnede vi først den 95. percentil af det RMS-filtrerede signal for både den specifikke opgave og MVIC (maksimal kontraktion). Den højeste værdi fra disse beregninger blev brugt til at normalisere muskelaktivitetsniveauerne som en procentdel af MVIC (%MVIC). Dernæst vurderede vi den maksimale muskelaktivitet for hver opgave ved at beregne den 95. percentil af de normaliserede RMS-filtrerede signaler, hvilket betyder, at 95 % af de normaliserede værdier lå under denne tærskel i hele datasættet. Til sidst blev den akkumulerede muskelaktivitet for hver opgave, eller integreret EMG (iEMG), bestemt ved at integrere det normaliserede RMS-filtrerede signal over tid, angivet som %MVIC ganget med sekunder ($\text{\%MVIC} \cdot s$).

Følgende data blev udtrukket fra den kinematiske model: bilaterale, skulder fleksions-/ekstensivinkler samt abduktions-/adduktionsvinkler og ryggens fleksion/ekstensivinkel. I resultaterne for murerne og lagerarbejderne er skulder fleksions-/ekstensivinkler og

abduktions-/adduktionsvinkler beregnet som en samlet armbevægelse, dvs. vinklen armen er løftet i enten fleksion eller abduktion fra en neutral position langs kroppen. Ledvinklerne blev analyseret uden yderligere signalbehandling. Til sidst blev maksimale ledvinkler og bevægelsesudslag (ROM) udregnet og inkluderet i den statistiske analyse.

2.5. Statistik

Det følgende afsnit beskriver den statistiske metode, der er anvendt til analyse af de tekniske målinger.

For alle jobgrupper anvendte vi en lineær mixed-effects-model (LMM) til at analysere effekten af at anvende et exoskelet på muskelaktivitet og kinematik sammenlignet med at udføre opgaverne uden exoskelet. LMM blev valgt da den blandt andet kan håndtere mange gentagne målinger og et ubalanceret design, hvor der ikke er samme antal målinger for hver forsøgsperson.

For at imødekomme modellens krav om normalfordeling af residualer, varianshomogenitet og linearitet blev ekstreme målinger og residuale outliers (± 3 standardafvigelser) fjernet fra datasættet.

Alle analyser havde til formål at undersøge betingelsen *med eller uden exoskelet* som den primære effekt. Der var dog forskelle på, hvordan analyserne blev justeret for de enkelte jobgrupper:

- For lagerarbejderne var der tre overordnede betingelser, der blev statistisk sammenlignet: med 9 og 15 kg støtte fra exoskelettet, og uden exoskelet. Modellen blev yderligere justeret for antal kg løftet og løftehøjden (faste effekter), og tog samtidig højde for variationer i den løftede vægt på tværs af betingelser og forsøgspersoner samt gentagende målinger for hver forsøgsperson gennem specificeringen af tilfældige effekter.
- For murerne inkluderede modellen to overordnede betingelser (med eller uden exoskelet) og blev justeret for murervæggens højde (fast effekt) samt gentagende målinger for hver forsøgsperson (tilfældig effekt).

- For tømrerne var analysen ligeledes baseret på to betingelser (med eller uden exoskelet), men blev justeret for, hvilken hånd der blev brugt, som værktøjshånd i arbejdet (fast effekt) og gentagende målinger (tilfældig effekt).

P-værdier mindre end 0.05 blev betragtet som statistisk signifikante. Alle statistiske analyser blev udført i MATLAB v. 2024b (The MathWorks, Inc., Natick, MA, USA).

2.6. Kvalitativ metode

Introduktionen af exoskeletter i arbejdet er noget, der er med til at rekonfigurere en række relationer; imellem medarbejder og arbejde, imellem medarbejder og krop, imellem organisation og medarbejder, imellem organisation og omverden (arbejdstilsyn, medier mv.) og imellem medarbejder og exoskelet. Samtidig spiller introduktionen af exoskeletter ind i en konkret pågående organisatorisk og social kontekst og praksis. For at kunne beskrive hvordan exoskeletter påvirker arbejdet samt hvilke motiver og barrierer der kan være relevant i forhold til implementering af exoskeletter, er det af central betydning at vi anlægger et analytisk blik der har øje for disse forskellige relationer der påvirkes under implementeringen af exoskeletter.

For at kunne undersøge hvordan introduktionen og implementeringen af exoskeletter påvirker de ovenstående relationer har vi foretaget både observationsstudier samt interviews med ledere og medarbejdere i de tre brancher. Interviews er transskriberet og kodet i Nvivo12. Interviews har fulgt en semistruktureret interviewform der har taget udgangspunkt i en interviewguide [33] udarbejdet forud for case start. Yderligere spørgsmål er stillet på baggrund af observationsnoter. Alle interviews foretaget i projektet er transskriberet og kodet i Nvivo12.

3.0. Resultater fra de tekniske målinger

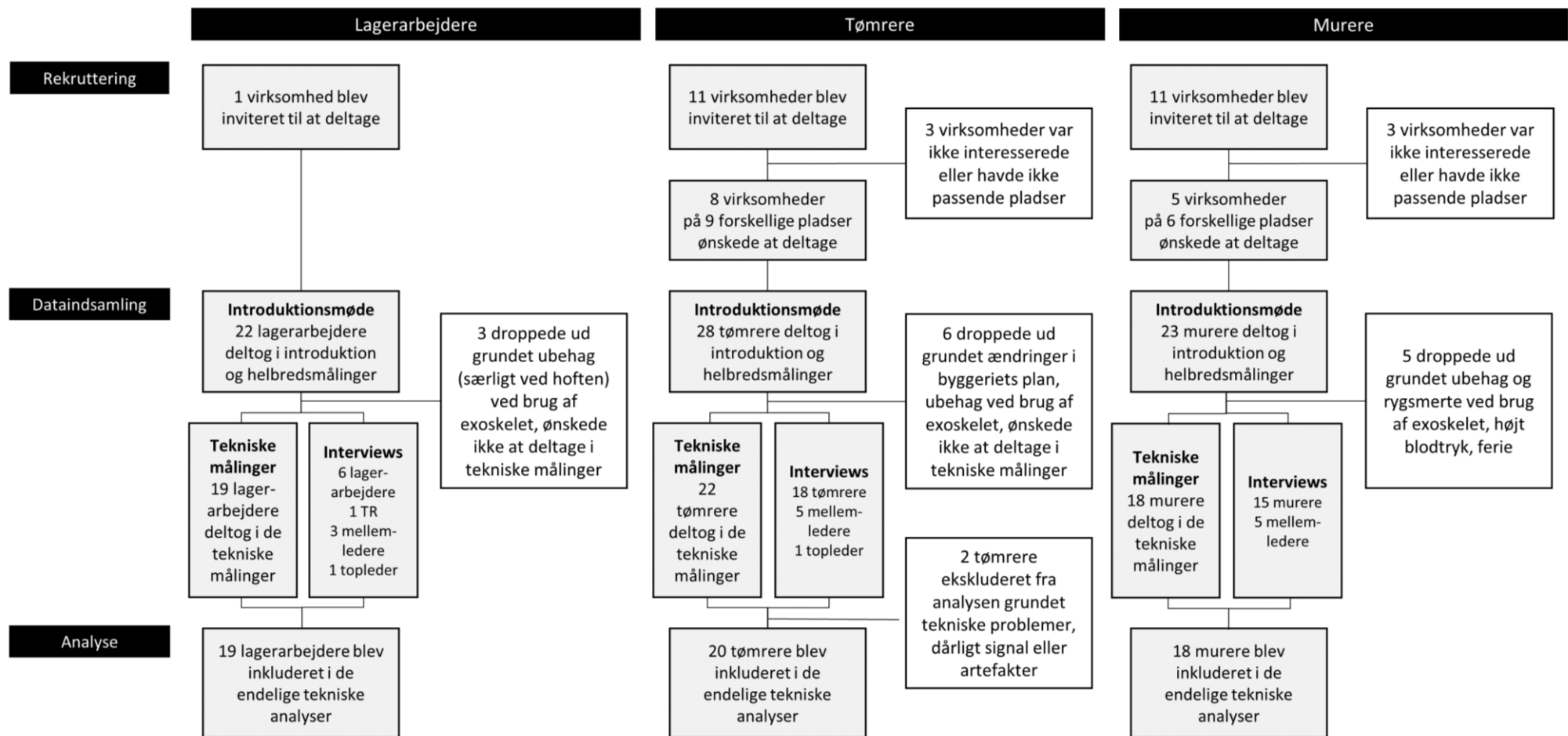
I de følgende afsnit præsenteres først rekrutteringen og karakteristika for de deltagende medarbejdere. Derefter gennemgås resultaterne fra de tekniske målinger, inddelt i tre underafsnit efter jobgruppe. Resultaterne fra spørgeskemaet om anvendelighed og accept præsenteres afslutningsvis på tværs af jobgrupperne. Resultaterne fra den kvalitative undersøgelse præsenteres i afsnit 4.0.

3.1. Rekruttering og deltagerkarakteristika

I Figur 7, illustreres flowet for rekruttering samt inklusion og eksklusion af deltagere. De deltagende medarbejders karakteristika præsenteres i Tabel 1 nedenfor.

Tabel 1. Deltagerkarakteristika på tværs af jobgrupperne.

Karakteristik	Lagerarbejdere	Tømrere	Murere
Antal deltagere, n	19	20	18
Køn, mænd / kvinder	16 / 3	19 / 1	18 / 0
Alder i år, gns. (SD)	28,1 (7,9)	33,1 (10,5)	40,5 (8,4)
Højde i cm, gns. (SD)	176,2 (10,0)	183,1 (6,0)	180,6 (7,2)
Vægt i kilo, gns. (SD)	73,6 (17,2)	88,9 (12,2)	92,5 (4,0)
BMI i kg/m ² , gns. (SD)	23,4 (3,4)	26,4 (2,8)	28,2 (4,0)
Dominante hånd (højre / venstre)	17 / 2	17 / 3	17 / 1



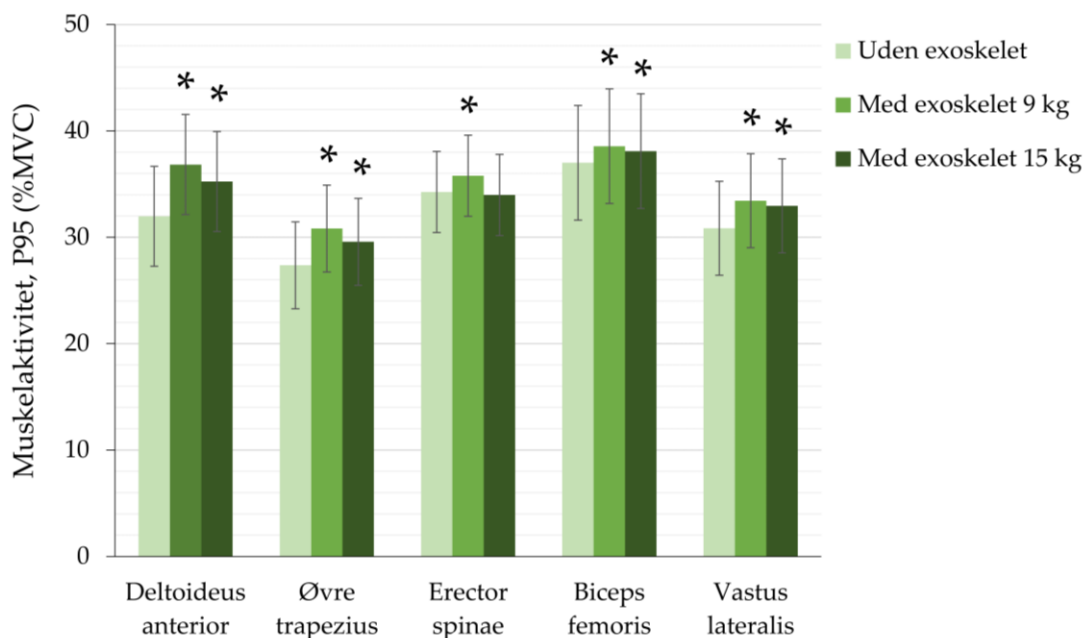
Figur 7. Flowchart for alle tre jobgrupper, hhv. lagerarbejdere, tømrere og murere.

3.2. Lagerarbejdere

På lageret deltog 19 lagermedarbejdere i de tekniske målinger. Exoskeletterne, der blev anvendt på lageret, havde to indstillingsmuligheder, og indstillingen på den letteste (M9) viste en negativ effekt på muskelbelastningen i lænderyggen, mens den høje indstilling (M15) ikke var en forskel.

14 lagerarbejdere besvarede de daglige spørgeskemaer om brugen af exoskelettet. Disse lagerarbejdere brugte i gennemsnit exoskelettet i 1,4 timer/dagen. Efter tilvænningsperioden på 10 arbejdsdage, vurderede disse medarbejdere, at de, på en skala fra 0-5 (hvor 0 er 'slet ikke' og 5 er 'i meget høj grad'), følte sig 2,9 tilvænnet til at bruge exoskelettet. I disse resultater skal der dog tages højde for de manglende besvarelser, som kan påvirke resultatet.

Resultaterne fra de tekniske målinger under reelle arbejdsituationer viste en øget maksimal muskelbelastning på 1,5% ($p < 0,001$) i lænderyggen ved M9 indstillingen, mens der ikke var nogen signifikant effekt ved M15 ($p = 0,4$). Den maksimale muskelbelastning var øget for både M9 og M15 indstillingen for de øvrige muskler vi målte på (alle ($p < 0,01$)) (Figur 8).

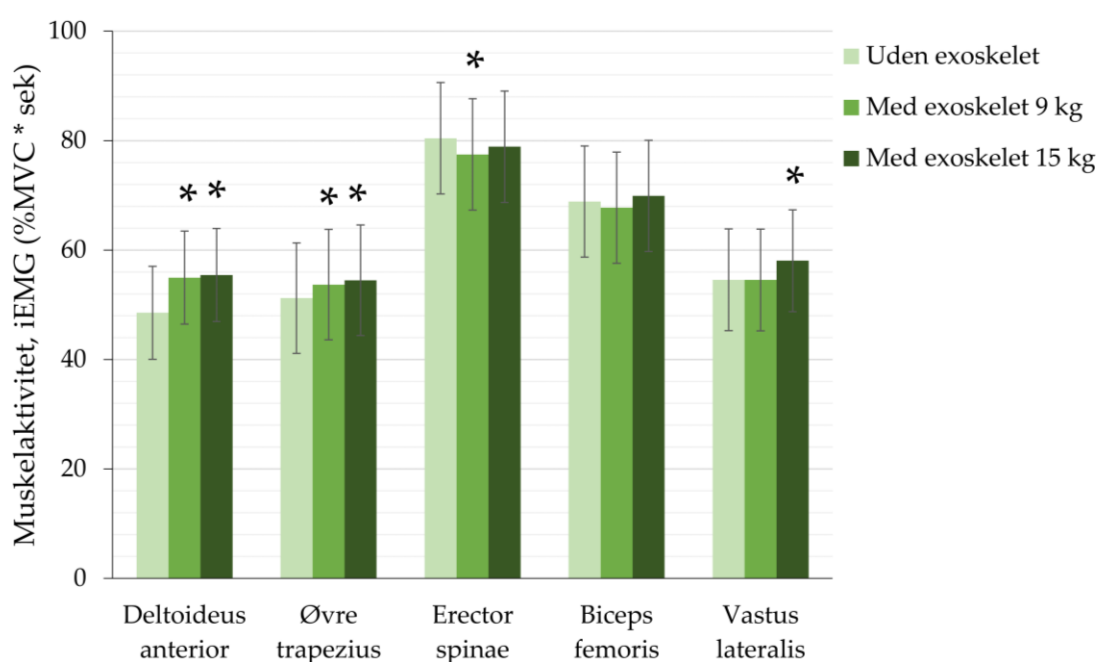


Figur 8. Muskelaktivitet (P95, %MVC) under lagerarbejde udført hhv. uden og med exoskelet med 9 kg-indstilling og 15 kg-indstilling. Data er baseret på målinger fra 19 lagerarbejdere. Signifikant forskel fra 'Uden exoskelet' er markeret med *.

Effekten af iEMG, der er et mål for den akkumulerede muskelbelastning over tid, kan vi se at en mindsket iEMG i lænderyggen på -3 og -1,5 %MVIC * s ved hhv. M9 og M15 indstillingen (Figur 9). Resultaterne viste en øget iEMG for deltioideus med hhv. 6,4 og 6,9 %MVIC * s for M9 og M15 indstillingen og 2,5 og 3,3 %MVIC * s for trapezius (alle $p < 0,001$). For vastus lateralis var der en øgning ved M15 indstillingen på 3,5 %MVIC * s, mens der ikke var forskel i biceps femoris.

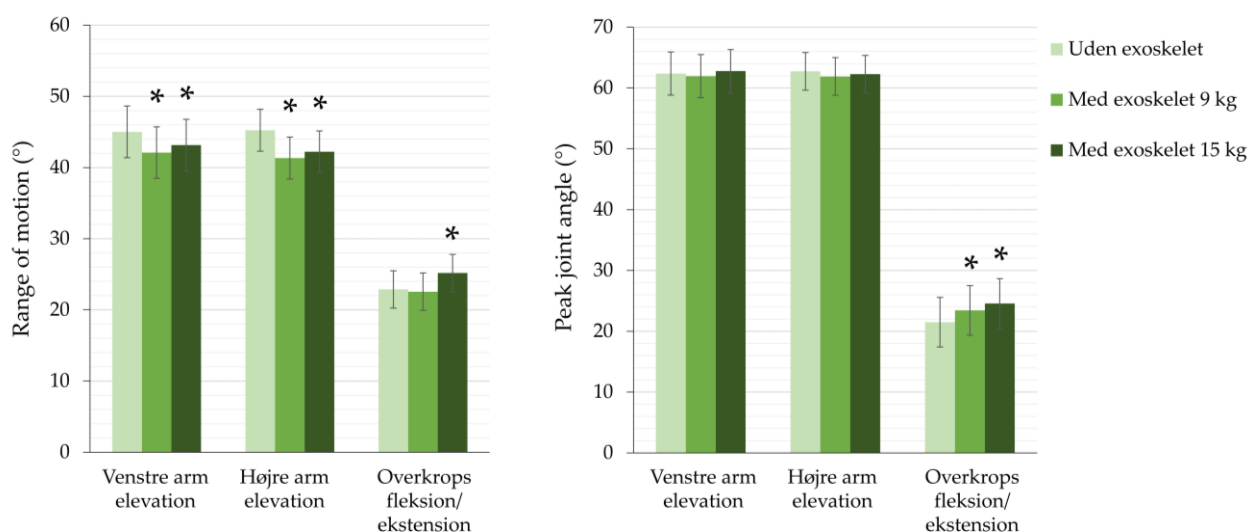
Tiden for et enkelt løft var reduceret fra 4,6s uden exoskelet til 4,2s ved M9 indstillingen ($p < 0,001$).

Ved M15 indstillingen var der ingen forskel i tiden for hvert enkelt løft.



Figur 9. Den akkumulerede muskelbelastning over tid (iEMG, %MVC * sek), der er et mål for, under lagerarbejde udført hhv. uden og med exoskelet med 9 kg-indstilling og 15 kg-indstilling. Data er baseret på målinger fra 19 lagerarbejdere. Signifikant forskel fra 'Uden exoskelet' er markeret med *.

Resultaterne af bevægelsesanalysen (Figur 10) viste et øgning i bevægeudslaget (ROM) for overkroppen på 2,3° ($p < 0,001$) på M15 indstillingen, mens der ikke var en signifikant ændring på M9 indstillingen. Desuden var der et fald i bevægeudslaget for armelevation for venstre arm på -2,9° ($p < 0,001$) ved M9 indstillingen og -1,9° ($p = 0,002$) ved M15 indstillingen, mens for højre side var -3,9° og -3,0 (begge $p < 0,001$) for hhv. M9 og M15. Beregningerne af den maksimale ledvinkel (peak joint angle) viste en øgning i overkroppen på 1,9° ($p < 0,001$) ved M9 indstillingen 3,1° ved M15 indstillingen. Der var ingen ændringer i skulderens maksimale ledvinkel (Figur 10).



Figur 10. Range of motion (venstre), som er bevægelsesudslaget, og maksimale ledvinkler (højre), som er den maksimale vinkel et led opnår under en bevægelse, under lagerarbejde udført hhv. uden og med exoskelet med 9 kg-indstilling og 15 kg-indstilling. Data er baseret på målinger fra 19 lagerarbejdere. Signifikant forskel fra 'Uden exoskelet' er markeret med *.

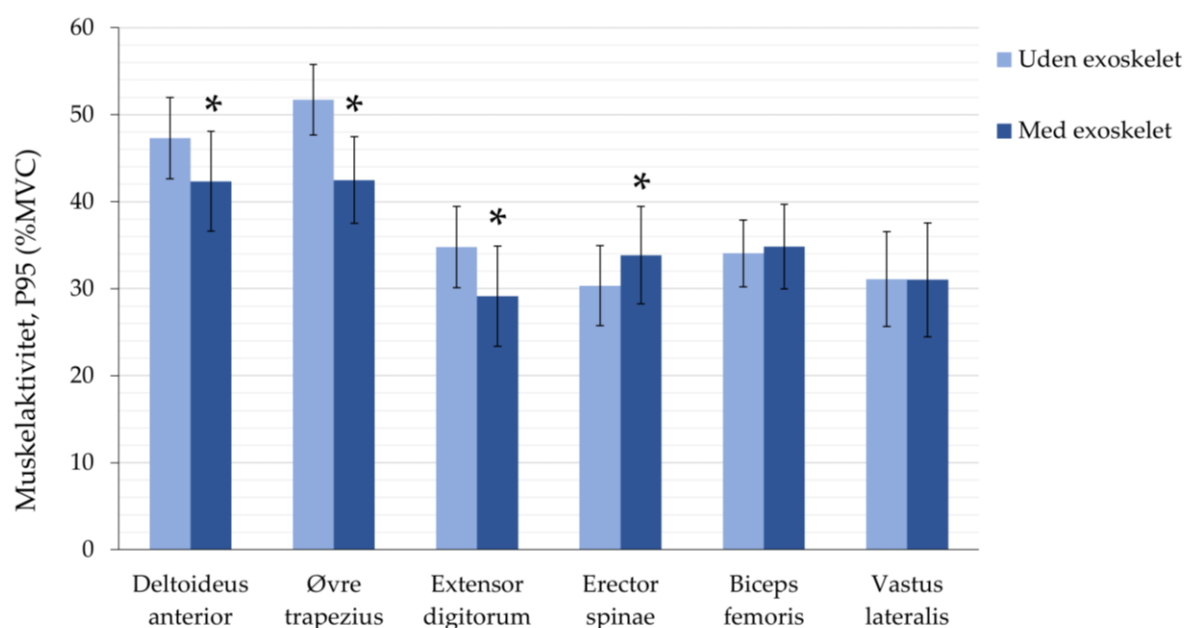
Efter tilvænningsperioden blev medarbejderne spurgt, om de ønskede at fortsætte med at bruge exoskelet i deres arbejde i fremtiden. Blandt lagerarbejderne svarede 6 personer ja, 5 nej, og 7 var i tvivl om, hvorvidt de ville fortsætte med at bruge exoskelettet.

3.3. Tømrere

Der deltog 22 tømrere i de tekniske målinger, hvoraf 2 personer måtte udgå fra de endelige analyser grundet problemer med data, der gjorde at de ikke kunne anvendes i analyserne. Exoskeletterne viste en positiv effekt under arbejde over skulderhøjde, idet den maksimale muskelaktivitet faldt i skulder og nakkemusklene, mens bevægeudslaget ændrede sig minimalt.

20 af tømrerne besvarede de daglige spørgeskemaer om brugen af exoskelettet, og heraf brugte de i gennemsnit exoskelettet i 1,4 timer/dag. Efter tilvænningsperioden på 10 arbejdsdage, vurderede disse tømrere, at de, følte sig 3,4 tilvænnet til at bruge exoskelettet på en skala fra 0-5 (hvor 0 er 'slet ikke' og 5 er 'i meget høj grad'). I disse resultater skal der dog tages højde for de manglende besvarelser, som kan påvirke resultatet.

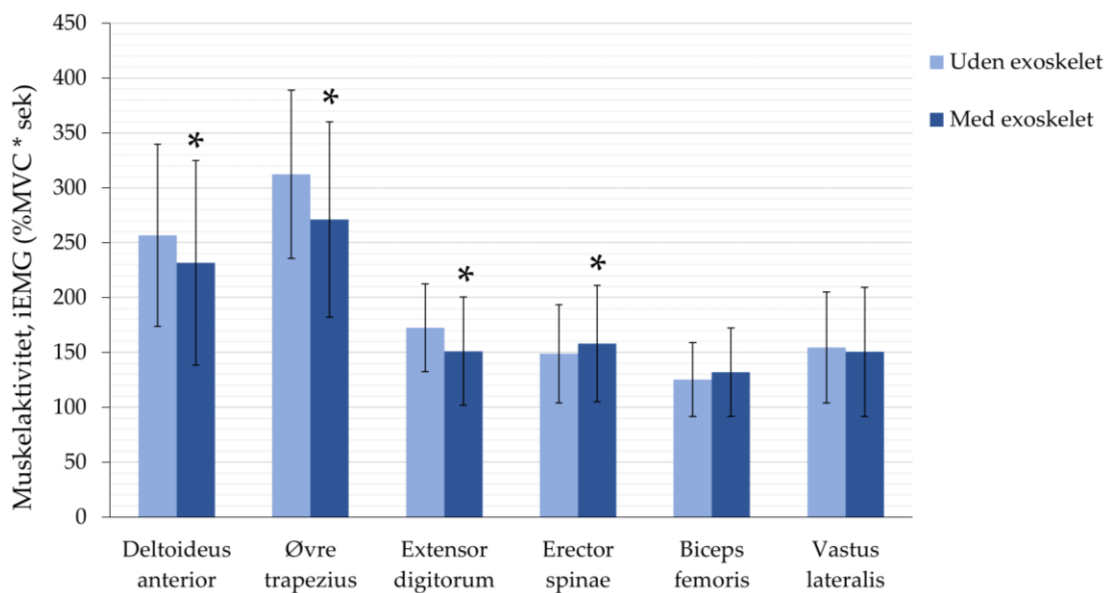
De tekniske målinger viste nedsat maksimal muskelaktivitet i nakken/skuldrene på hhv. -9% for trapezius og -5% for deltoideus, og for underarmene med -6% for extensor digitorum (alle $p < 0,001$) (Figur 11). Omvendt så vi en øget maksimal muskelaktivitet i lænderyggen på 3,5% i erector spinae ($p < 0,001$). I de andre muskler vi målte på var der uændret muskelaktivitet.



Figur 11. Maksimal muskelaktivitet (P95, %MVC) under tømmerarbejde udført hhv. uden og med exoskelet. Data er baseret på målinger fra 20 tømrere. Signifikant forskel fra 'Uden exoskelet' er markeret med *.

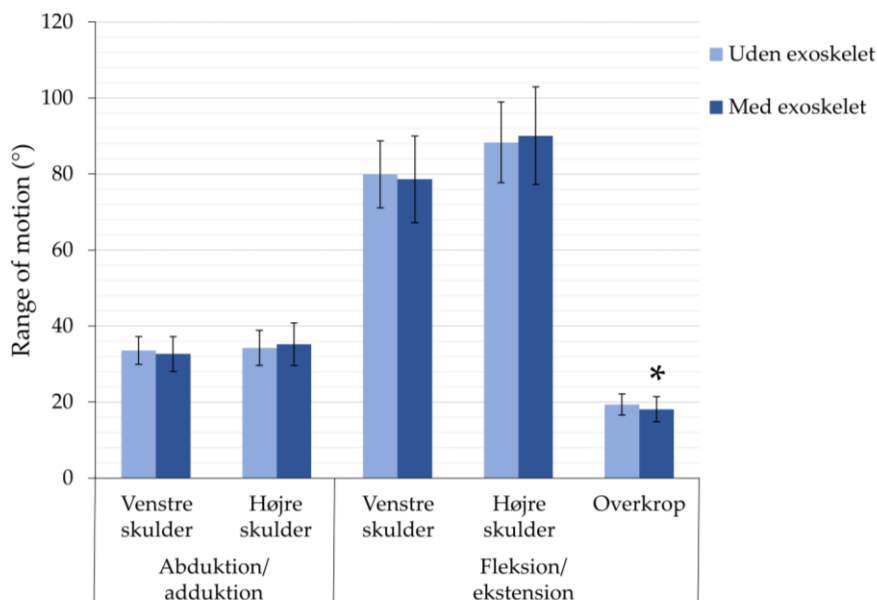
For iEMG, som er den akkumulerede muskelbelastning over tid (%MVC * sek) var der en reduktion i skulderne på hhv. -25 (%MVIC * s) for deltoideus ($p > 0,001$) og -41 (%MVIC * s) for trapezius ($p > 0,001$), og for håndledsextensoren (extensor digitorum) på -22 (%MVIC * s) ($p > 0,001$), samt for lænderyggen (erector spinae) på -9 (%MVIC * s) ($p = 0,03$). For lænderyggen var det ikke tilfældet hvis højre og venstre side adskilles i analysen (data ikke vist i denne rapport). Der var ikke ændringer i iEMG for benene (Figur 12).

Tiden tømrerne brugte på arbejdsopgaven blev en smule længere, da den gennemsnitlige tid brugt på opgaven steg ($p = 0,03$) fra 10,7s til 11,2s.



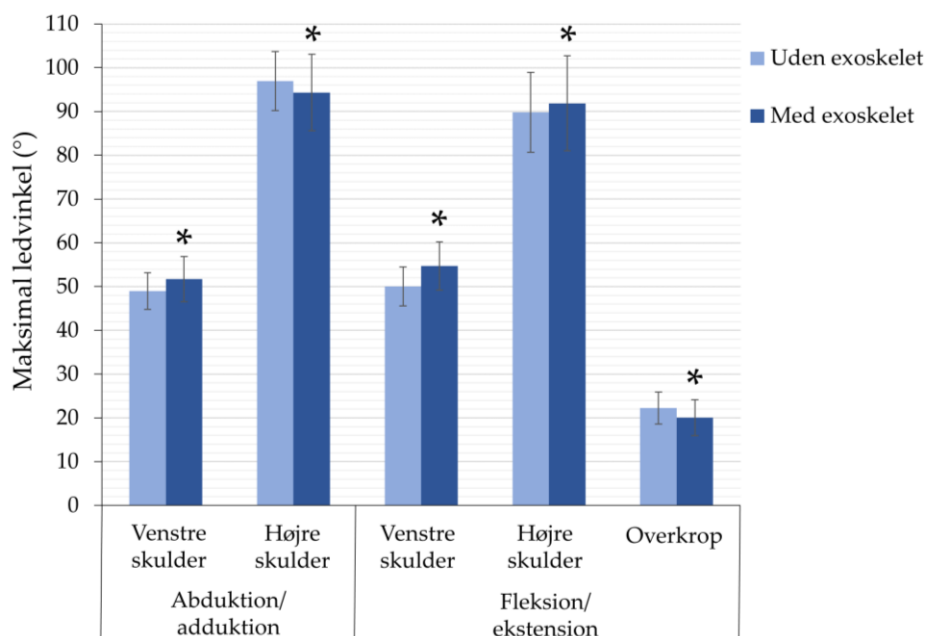
Figur 12. Den akkumulerede muskelbelastning over tid (iEMG, %MVC * sek) under tømmerarbejde udført hhv. uden og med exoskelet. Signifikant forskel fra 'Uden exoskelet' er markeret med *.

Resultaterne af bevægelsesanalysen viste ingen signifikant forskel i bevægelsesudslaget (range of motion, ROM) under skulder abduktion/adduktion eller fleksion/ekstension (Figur 13). Et lille fald i bevægelsesudslaget ved ryg flexion/extension blev også observeret.



Figur 13. Range of motion, ROM, som er bevægelsesudslaget, målt under tømmerarbejde udført henholdsvis uden og med exoskelet. Data er baseret på målinger fra 20 tømrere. Signifikant forskel fra 'Uden exoskelet' er markeret med *.

For de maksimale ledvinkler (Figur 14) var der et fald i skulderfleksion/ekstension for den ikke-dominante side og en stigning for den dominante side. Derudover var en stigning i skulderabduktion/adduktion for både den dominante og ikke-dominante side. Den maksimale vinkel under ryg-fleksion var øget ved brug af exoskelettet.



Figur 14. Maksimale ledvinkler, som er den maksimale vinkel et led opnår under en bevægelse, målt under tømrerarbejde udført henholdsvis uden og med exoskelet. Data er baseret på målinger fra 20 tømrere. Signifikant forskel fra 'Uden exoskelet' er markeret med *.

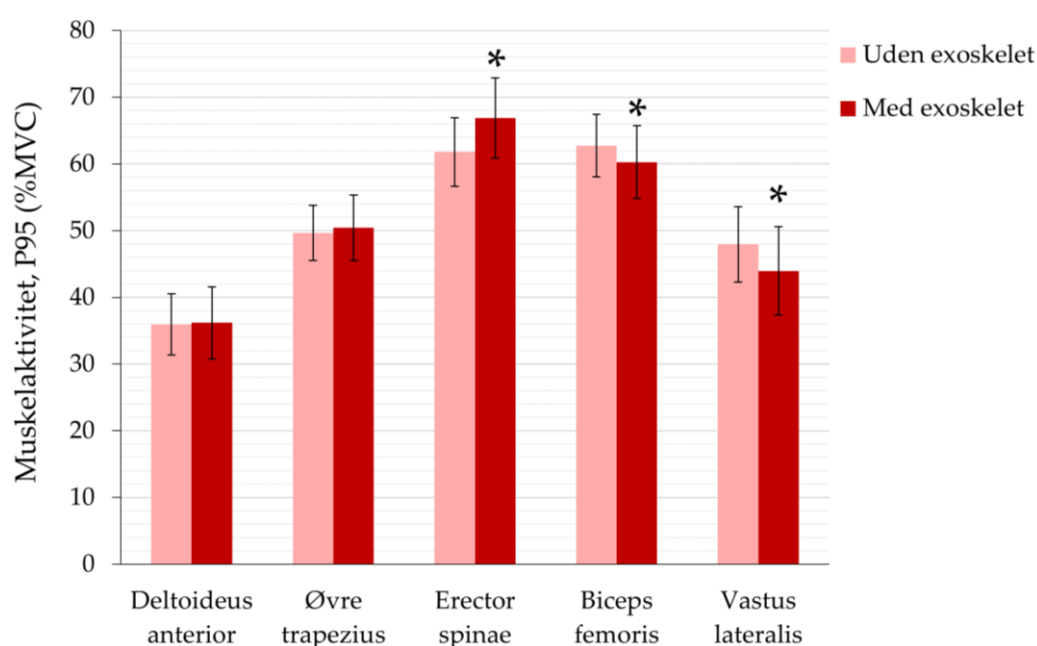
Deltagerne rapporterede desuden god anvendelighed og 13 af de 20 tømrere ville gerne fortsætte med at bruge exoskelettet i deres arbejde fremover. 3 tømrere ønskede ikke at bruge det, og 4 var i tvivl. Samlet set viser undersøgelsen positive effekter af exoskelettet på skulderbelastning under reelle arbejdsforhold, men man bør være særlig opmærksom på den øgede belastning på lænden ved implementering af exoskeletter til denne type arbejde.

3.4. Murere

18 murere deltog i de tekniske målinger. Resultaterne viste en negativ effekt på den maksimale muskelbelastning i lænderyggen ved brug af exoskelettet.

Alle 18 murere besvarede de daglige spørgeskemaer om brugen af exoskelettet, og her brugte murerne i gennemsnit exoskelettet i 1,0 time/dagen. Efter tilvænningsperioden på 10 arbejdsdage, vurderede disse medarbejdere, at de, på en skala fra 0-5 (hvor 0 er 'slet ikke' og 5 er 'i meget høj grad'), følte sig 2,3 tilvænnet til at bruge exoskelettet.

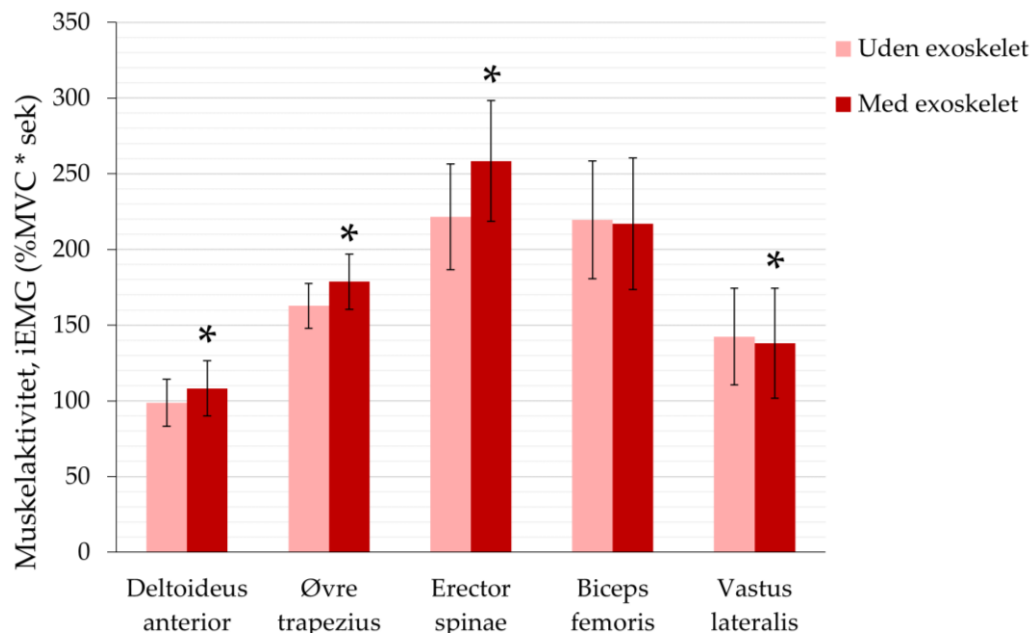
Resultaterne viste at brugen af exoskelettet medførte en øget maksimal muskelaktivitet i erector spinae på 5% ($p < 0.001$) (Figur 15). Modsat var der mindsket maksimal muskelaktivitet i benene (biceps femoris og vastus lateralis) på hhv. -2 og -4 % (begge $p < 0,001$). Der var ingen ændringer i muskelaktiviteten i skulderne.



Figur 15. Maksimal muskelaktivitet (P95, %MVC) under murerarbejde udført hhv. uden og med exoskelet. Data er baseret på målinger fra 18 murere. Signifikant forskel fra 'Uden exoskelet' er markeret med *.

For den akkumulerede muskelbelastning; iEMG (Figur 16), så vi en øgning i lænderyggen (erector spinae) på 37 %MVIC * s ($p < 0,001$), det samme var tilfældet i skulderne, dvs. trapezius og deltoideus på hhv. 16 og 10 %MVIC * s (begge $p < 0,001$). I benene var der et fald iEMG på forlåret (vastus lateralis) på -4 %MVIC * s ($p = 0,05$), men ingen ændring på baglåret (biceps femoris). Tiden

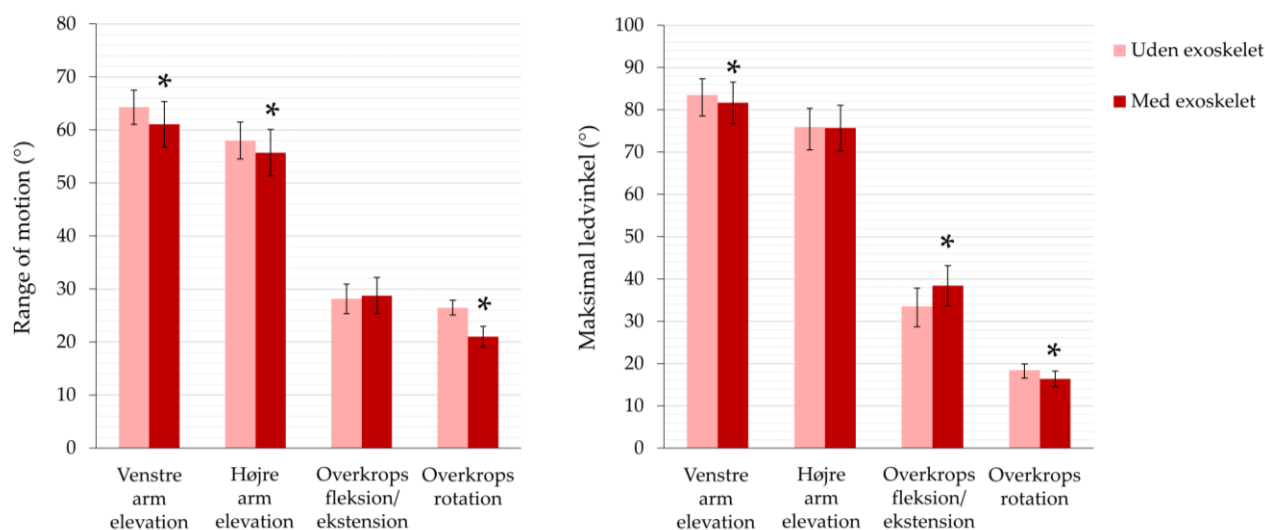
murerne brugte på at lægge en mursten var længere med exoskelettet ($p > 0,001$) idet tiden uden og med exoskelet var 7,8 s og 8,5 s.



Figur 16. Den akkumulerede muskelbelastning over tid (iEMG, %MVC * sek) under murerarbejde udført hhv. uden og med exoskelet. Data er baseret på målinger fra 18 murere. Signifikant forskel fra 'Uden exoskelet' er markeret med *.

Bevægelsesanalysen viste et fald i bevægeudslaget (range of motion) for armelevation på -3° og -2° for hhv. venstre og højre side (begge $p < 0,001$) samt mindre rotation i overkroppen på -5° ($p < 0,001$). Der var ingen forskel i bevægeudslaget for ryggen (Figur 17).

For de maksimale ledvinkler, så vi et fald i den maksimale armelevation på -2° i venstre side ($p < 0,001$), mens der ingen forskel var i højre. Ydermere var der en forskel i rotationen i overkroppen på -2° ($p < 0,001$), og en øget maksimal foroverbøjning i ryggen på 5° ($p < 0,001$) (Figur 17), hvor sidstnævnte kan være medvirkende faktor til den øgede muskelbelastning vi ser i ryggen.



Figur 17. Range of motion (venstre), som er bevægelsesudslaget, og maksimale ledvinkler (højre), som er den maksimale vinkel et led opnår under en bevægelse, under murerarbejde udført hhv. uden og med exoskelet. Data er baseret på målinger fra 18 murere. Signifikant forskel fra 'Uden exoskelet' er markeret med *.

Murernes respons på, om de ønskede at fortsætte med at bruge exoskeletterne fremadrettet, var væsentlig mere negativ end de øvrige jobgrupper. Kun 4 ønskede at fortsætte med at bruge exoskelettet, mens 11 sagde nej til fremtidig brug og 3 var i tvivl.

3.5. Spørgeskema om anvendelighed og accept

Resultater fra spørgeskemaet om anvendelighed og accept af exoskeletterne er vist i tabel 2.

Exoskeletterne blev generelt vurderet som brugervenlige på tværs af jobgrupperne, med en høj grad af enighed om, at de er nemme at lære at anvende (83,3-90 % enighed). Dette understøttes af positive vurderinger af exoskeletternes praktiske funktioner, såsom nem af- og påtagning (83-100 % enighed) og relativt nemme at indstille (55,6-72,2 % enighed). Tømrere oplevede typisk skulder-exoskeletterne som behagelige og godt tilpassede til kroppen, mens lagerarbejdere og murere oftere fandt ryg-exoskeletterne stive, besværlige og mindre komfortable. Derudover peger resultaterne på, at der kan være en vis frustration forbundet med brugen af exoskeletter, især blandt murere, hvor halvdelen (50 %) angiver dette som en udfordring.

Tabel 2. Besvarelser fra spørgsmål om anvendelighed og accept af exoskeletterne på tværs af jobgrupper.

	Lager (n=18)	Tømrer (n=20)	Murer (n=18)
Det er nemt at lære at bruge exoskelettet			
Enig	15	18	15
Hverken enig eller uenig	0	0	2
Uenig	3	2	1
Det er ofte frustrerende at bruge exoskelettet			
Enig	5	4	9
Hverken enig eller uenig	7	5	5
Uenig	6	11	4
Det er nemt at få exoskelettet til at gøre, som jeg vil have			
Enig	7	14	8
Hverken enig eller uenig	7	4	10
Uenig	4	2	0
Exoskelettet er stift og besværligt at bruge			
Enig	4	1	9
Hverken enig eller uenig	8	8	6
Uenig	6	11	3
Det er nemt at huske, hvordan jeg skal udføre opgaver med exoskelettet på			
Enig	10	14	10
Hverken enig eller uenig	3	5	8
Uenig	5	1	0
Det kræver en stor mental indsats at bruge exoskelettet			
Enig	3	1	3
Hverken enig eller uenig	7	2	7
Uenig	8	17	8
Det kræver en stor indsats at blive god til at bruge exoskelettet			
Enig	3	2	7
Hverken enig eller uenig	6	3	8
Uenig	9	15	3
Overordnet synes jeg, at exoskelettet er nemt at tage på			
Enig	16	20	17
Hverken enig eller uenig	1	0	1
Uenig	1	0	0
Overordnet synes jeg, at exoskelettet er nemt at indstille			
Enig	13	13	10
Hverken enig eller uenig	3	5	7
Uenig	2	2	1
Overordnet synes jeg, at exoskelettet tilpasser sig, så det sidder behageligt på min krop			
Enig	5	13	6
Hverken enig eller uenig	9	5	7
Uenig	4	2	5

Overordnet synes jeg, at exoskelettet er nemt at tage af			
Enig	15	20	16
Hverken enig eller uenig	1	0	2
Uenig	2	0	0

4.0. Resultater fra den kvalitative undersøgelse

Om interviews og observationer på lageret

Der er i alt foretaget 8 interviews; 3 fokusgruppeinterviews med lagerarbejdere, som deltog i de tekniske målinger, og 5 enkeltinterviews med ledere, topledelse samt medarbejdernes tillidsvalgte repræsentanter (arbejds miljørepræsentanter (AMR) og tillidsrepræsentanter (TR)). Da flere medarbejdere i casen ikke er dansktalende, er i alt ét af de tre lederinterviews samt to af de tre fokusgruppeinterviews foregået på engelsk. Citater fra disse interviews er oversat til dansk, hvilket fremgår af citatet.

Interviewene har haft til formål at afdække casen, deltagernes oplevelse med exoskeletterne samt muligheder og barriere for fremtidig anvendelse. Hvert fokusgruppeinterview er foretaget med to medarbejdere fra samme afdeling, således de sammen kunne reflektere over oplevelser og praksisser med exoskeletterne i en kontekst af lagerarbejde. Her har de interviewede haft mulighed for at uddybe eller udfordre hinandens fortællinger, og på den måde nuancere empirien. På lageret interviewedes således samlet 6 medarbejdere plus tillidsvalgte og tre mellemledere samt den øverste lokale chef.

Om interviews og observationer i murer- og tømrerarbejdet

Hos murerne gennemførtes i alt 10 interviews fordelt på de fem cases. Disse fordeltes på 5 interviews med medarbejdere, der gennemførtes i fokusgrupper af 2-4 medarbejdere, og 5 interviews med ledere. Samlet deltog 5 ledere og 15 murere i interviews.

Hos tømrerne gennemførtes i alt 12 interviews fordelt på de fem cases. Disse fordeltes på 6 interviews med medarbejdere, der gennemførtes i fokusgrupper af 2-4 medarbejdere, og 6

interviews med ledere. En enkelt leder var både formand for et murer- og et tømrersjak, der deltog i interventionen. Samlet deltog 6 ledere og 17 tømrere i interviews.

Baggrund for analysen og analysekategorier

Analysen er skrevet med udgangspunkt i de forskellige temaer, som de to overordnede teoretiske rammer indeholder. I løbet af analysen vil vi beskrive, hvordan medarbejdere og ledere i de tre forskellige typer af arbejde reflekterer over exoskeletterne. På denne måde får vi blik for forskelle og ligheder imellem opfattelsen af exoskeletter i mellem de tre typer af arbejde. Denne fremgangsmåde betyder også, at vi evt. kan se på de forskellige begreber i relation til hinanden og se på, hvor de analytisk set overlapper, komplementerer eller udfordrer hinanden.

Opdelingen tager således udgangspunkt i Duty, Utility, Virtue (DUV) begrebsrammen [34] og komplementerer denne med pointer fra Edwards og Ramirez (2016) analytiske punkter [35]. Begreberne, der anvendes fra begge rammer, forklares løbende i takt med deres anvendelse i analysen.

Analysen er gennemført ved at opstille 14 etiske analysekategorier på baggrund af ovenstående etiske konceptualiseringer. Hvert enkelt af studiets interviews er efterfølgende kodet i Nvivo12 ud fra disse 14 punkter (Tabel 3).

Tabel 3. De etiske analysekategorier.

De etiske analysekategorier	
1. Appetitter og begær	8. Indirekte effekter
2. Direkte effekter	9. Magthierarkier
3. Diskontinuitet	10. Rekonstituering i anvendelse
4. Dualitetsprincippet	11. Succes eller mangel på succes
5. Fordele	12. Tage hånd om
6. Formål og intenderede effekter	13. Ulemper
7. Immanente effekter	14. Uintenderede effekter

De indledende kodninger blev foretaget med udgangspunkt i de tre branchekategorier; lagerarbejde, murerarbejde og tømrerarbejde. Det er således primært beskrivelser, der går på tværs inden for disse tre respektive brancher, som analysen afspejler, og i mindre grad interne forskelle imellem de enkelte cases inden for brancherne. I lagerarbejdet er der kun én case.

På baggrund af de indledende kodninger inden for de 14 etiske analysepunkter, blev centrale analytiske pointer kondenseret ud fra de enkelte kodede citater inden for hvert analysepunkt. Disse pointer blev opsummeret inden for hvert analysepunkt, og har gjort udgangspunkt for syntetisering og skrivning af analysen. De specifikke citater udvalgt for at eksemplificere resultater inden for udvalgte dele af analyserne.

I løbet af analysen blev det klart, at en række af de etiske analysepunkters kodninger havde så stort et indholdsmæssigt overlap, at det var mest meningsfuldt at sammenlægge de analytiske hovedpointer fra disse punkter. Den indledende kodning i de 14 etiske analysepunkter var dog væsentlig, fordi udviklingen af mere gennearbejdede, holistiske og på sigt anvendelige etiske analysekategorier er en central ambition for dette forskningsprojekt. Derfor er det afgørende, at de etiske analysekategorier der udarbejdes, trækker på så velgennearbejdede og forskningsmæssigt veletablerede discipliner som muligt.

I analysen beskrives løbende de etiske analysepunkter i forbindelse med præsentationen af deres resultater i forhold til det empiriske materiale. De sammenskrevne etiske analysepunkter er følgende:

1. Formål og intenderede effekter
2. Immanente effekter
3. Diskontinuitet, indirekte effekter og rekonstitution i anvendelse
4. Tage hånd om
5. Magthierarkier
6. Dualitetsprincippet og det kategoriske imperativ
7. Fordele, succes og direkte effekter
8. Ulemper og uintenderede effekter
9. Appetitter

4.1. Formål og intenderede effekter

Det første punkt i DUV-rammen er formål. Dette er meget lig begrebet 'intenderede effekter' hos Edwards og Ramirez. Derfor har vi analyseret de to pointer under ét afsnit. Det er en central pointe at indlede den etiske analyse med en kortlægning af de formål, som ledere og medarbejdere forbinder med implementeringen af exoskeletter. Det er det, fordi klarhed omkring formålet kan give os et indblik i: 1) om der er en god vilje og intention, som driver implementeringen, og 2) om vi kan holde øvrige perspektiver og konsekvenser af teknologiimplementeringen op imod dette formål, og derved få blik for, om der sker det, man kan kalde en formålsglidning i forbindelse med implementeringen af teknologierne – dvs. om effekterne eller fordelene faktisk er nogle andre, end de man havde til formål at opnå.

På *lageret* fortæller de interviewede ledere om et par forskellige formål. De beskriver, at det overordnet handler om, at exoskeletterne skal hjælpe med at passe på medarbejdernes rygge, ved at forbedre ergonomien og hjælpe med at løfte de tunge kasser med eksempelvis mælk, kød og æg. Så medarbejderne løfter ordentligt og ikke kommer til skade.

Lederne beskriver også, at ny teknologi altid implementeres ud fra en business case, der vurderer, hvad virksomheden kan få ud af det. Det handler både om produktivitet og om andre målbare gevinster. Hvis du implementerer en ting som exoskeletter, så skal du eksempelvis også, teknisk set, få mindre sygdom og sygefravær ud af det. Lederen forklarer, at dette formål er på linje med, hvad virksomheden også gør med sygeforsikringsordning og lignende:

Interviewer: "Når virksomheden skal tilpasse sig eller implementere nye teknologier, er der så en generel tilgang til det?"

Leder: "Tja, [...] det starter på en måde med en business case. Hvor gavnligt det vil være for os, med alle beregningerne. Så først og fremmest, før vi går videre med det, skal vi tage en beslutning, og hvordan træffer vi den beslutning? Vi skal lave en cost-benefit-analyse, på en måde, for at finde ud af, om det vil være fordelagtigt for os, og ikke nødvendigvis kun økonomisk, men det kan være til gavn for vores medarbejdere eller af andre grunde. Men jeg nævner cost-benefit, fordi for eksempel hver eneste sygedag, som vi oplever, er også tabte penge. Og hvis du implementerer noget, som exoskeletter for eksempel, så er det godt nok en investering i fremtiden og i medarbejdernes helbred. Så teknisk set burde man opleve færre sygedage og færre sager på det område, derfor vil jeg sige, at det er en form for cost-benefit-case. Ikke for at lyde for professionel,

men... ud fra det, du ved, identificeringen af begrebet. Men hovedsageligt skal du lave en beregning af, hvordan det vil fungere."

(Leder, lager, citat oversat fra engelsk)

Medarbejderne på lageret fortæller i tråd med dette, at de opfatter formålet med implementering af exoskeletterne som noget, der skal hjælpe dem til at tjene flere penge til virksomheden, og gerne også få mindre ondt i ryggen.

Interviewer: 'Hvorfor tænker I at de kommer med de her forskellige tiltag?

Lagermedarbejder 1: 'For at hjælpe os' [...]

Interviewer: 'Hjælpe jer på hvilken måde?'

Lagermedarbejder 2: 'Hjælpe os til at tjene flere penge til dem. [...] Så du ikke får ondt i ryggen, så du kommer hver dag på arbejde så du bliver ikke syg. Altså lad os sige hvis du bliver ikke så tit syg så kommer du på arbejde så tjener du flere penge til dem'.

(Fokusgruppeinterview, lagerarbejder)

Der er således stor overensstemmelse imellem lederes og medarbejderes udsagn. Det handler på lageret om flere formål, hvoraf det at tjene flere penge oftest nævnes. Hertil at reducere sygefravær og om at passe på medarbejdernes rygge.

Både cases hos murere og tømrere er lidt mere diverse end lageret, hvor alle arbejder på samme arbejdsplads med de samme ledere. Hos både murere og tømrere er der fem forskellige arbejdspladser og derfor også større mulighed for variation i udsagnene. Overordnet set ligner formålene hos murere og tømrere formålene hos lageret. Alligevel taler både ledere og medarbejdere i de to håndværksfag lidt mere nuanceret omkring formålene med exoskeletterne. Ledere hos *murerne* beskriver, at der er meget hårdt arbejde i murerfaget, og at det at reducere det, er en af de vigtigste målsætninger hos virksomheden. Flere af lederne positionerer på den måde deres virksomheder som nogen, der går meget op i arbejdsmiljø. Således beskriver flere af lederne også, at de gerne vil have loyale og langtidstabile medarbejdere. Her kan exoskeletterne hjælpe, fordi håndværkere, der har mindre ondt, også er gladere og mere stabile. Flere ledere taler også exoskeletterne ind i en kontekst af, at der mangler arbejdskraft i håndværksfagene i Danmark. Hvis de ældre bliver for hurtigt slidt, og der ikke er nogen unge til at afløse dem, så er

det svært. Her kan det være et formål med introduktionen af exoskeletter og anden ny teknologi, at man styrker attraktionen ved faget. Flere af lederne understreger samtidig, at det er vigtigt, at der kan tjenes penge samtidig med at arbejdet bliver mindre fysisk anstrengende.

De skal hjælpe med at beskytte dem mod skader, tage trykket fra ryggen og lette belastningen, samtidig med at de måske kan gøre det muligt for dem at arbejde hurtigere. Denne hjælp er noget murerne meget gerne vil have, fordi de – ligesom deres ledere – opfatter arbejdet som meget fysisk anstrengende:

'Mit arbejde det tager en lille bid af dig hver dag, der er sådan et målebånd, som du kan klippe af hver dag, og det er sådan, jeg ser mit arbejde. Det er også sådan det er, øh men det er måske bare at forlænge målebåndet lidt kan man sige, og lade være med at klippe så meget af hver dag, fordi jeg kunne godt tænke mig et ordentligt seniorliv også, uden at være sådan en savlende grøntsag, altså uden at kunne noget som helst og skal have hjælp til alt muligt.'

(Fokusgruppeinterview, murer)

Flere murere beskriver dog også, at de i dagligdagen tænker meget på, hvordan de kan komme til at gøre arbejdet hurtigere, frem for at tænke på, hvordan de kan blive mindre belastede.

Hos **tømrerne** beskriver lederne, at exoskeletterne skal hjælpe med det hårde arbejde. Der er en udpræget forståelse hos lederne – hvoraf de fleste også selv har været håndværkere – at tømrerarbejdet er meget fysisk hårdt. Dette er et udpræget fokus og formål hos alle ledere hos både tømrere og murere. De taler, ligesom murerne, om formål forbundet med, at medarbejdere kan blive længere både i virksomheden og i branchen, og kan hjælpe på arbejdsopgaver, der ligger over hovedet. En enkelt beskriver også, at exoskelettet kan hjælpe dem til at leve op til arbejdsmiljøloven, og planlægge fysisk anstrengende arbejde på en god måde. Som hos murerne beskriver flere ledere, at det for dem og deres virksomhed er et konkurrenceparameter for at fastholde medarbejdere, at man sørger for gode tekniske hjælpemidler. Flere beskriver også, at det for dem er et formål, at være med til at gå forrest og at investere tid og energi i at understøtte sikkerhed og arbejdsmiljø for deres medarbejdere. Den mulighed giver exoskelettet. Tømrernes egne fortællinger understøtter dette. Overordnet set beskriver de, ligesom deres ledere, det primære formål ved at anvende exoskeletter som at gøre arbejdet mindre anstrengende og

reducere smerter i nakke, ryg og skuldre, så man bedre kan passe på sin krop og blive længere i arbejdet.

Der er overordnet set relativt stor overensstemmelse imellem, hvordan man i de tre typer af arbejde beskriver formålene med exoskeletterne (Tabel 4). Der er dog, som analysen også viser, en lille nuance i, hvordan både ledere og medarbejdere i de to håndværksfag taler om mulighederne i forhold til at reducere nedslidning og fastholde arbejdskraft, i forhold til lageret. Hvor medarbejderne i lageret, som eksemplificeret, beskriver at virksomheden primært er interesseret i at tjene flere penge på dem og lidt mindre i på at passe på dem.

Der beskriver interviewpersonerne i både murer- og tømrercases, at man i højere grad har til formål at forebygge, at medarbejderne bliver nedslidte på en længere bane. Der er måske ikke helt den samme optimeringsdagsorden i håndværksfagene som på lageret, selvom det stadig understreges, at man ikke skal reducere produktiviteten.

Tømrer: 'Jeg tænker at det er super fedt, at der er nogle, der tager ansvar og har lyst til at investere i det. Fordi der tror jeg godt at jeg kan tillade mig at sige, at de er lidt bagud på mange ting i byggebranchen i forhold til sådan noget, fordi går den - så går den. Og vi skal jo bare lige op på det der tag og rette det der tegl eller et eller andet, uden at tænke sikkerheden ind, fordi det har vi jo altid gjort sådan, så det gør vi jo bare, men at altså, men at det er stille og roligt på vej til, at okay det kan vi kan ikke gøre de der ting mere, det er ikke forsvarligt. På den måde, så ville jeg synes, at de tog ansvar for deres medarbejdere.'

(Fokusgruppeinterview, tømrer)

At øge produktivitet er i sig selv ikke noget negativt formål. Det kan være rigtig udmærket og være med til at sikre virksomhedens overlevelse og konkurrencedygtighed på et internationalt marked. Hvilket gælder både inden for lager-, murer- og tømrerarbejdet. Her vil det i de øvrige afsnit være væsentligt at se på, hvordan disse formål interagerer med hinanden.

Tabel 4. Formål med at anvende exoskeletter i de tre jobgrupper.

	Lager	Murere	Tømrere
Formål	• Øge produktivitet • Reducere sygefravær • Passe på medarbejdere • Reducere den fysiske belastning i arbejdet	• Reducere den fysiske anstrengelse i arbejdet • Undgå nedslidning • Undgå smerter • Fastholde arbejdskraft i virksomheden og branchen • Fastholde produktivitet samtidig med ovenstående.	• Reducere den fysiske anstrengelse i arbejdet • Undgå nedslidning • Undgå smerter • Fastholde arbejdskraft i virksomheden og branchen • Fastholde produktivitet samtidig med ovenstående.

4.2. Immanente effekter

Førend vi går mere direkte ind i interviewdeltagernes oplevelser med exoskeletterne, er det centralt at undersøge, hvilke kontekster exoskeletterne fungerer ind i. Immanente effekter handler om, at der i teknologier er indskrevet og indarbejdet nogle bestemte måder at organisere processer og arbejde omkring teknologierne [36]. Mens en stærk opfattelse af teknologisk immanens kan antyde, at visse teknologier har forudbestemte effekter på organisationen, kan en mere reflekteret tilgang tyde på, at nogle teknologier har en meget klar immanens, dvs. indebærer bestemte former for organisering. Andre teknologier åbner derimod op for en bredere række af mulige konfigurationer omkring teknologierne. I forhold til dette, kan det være, at der er visse forbindelser mellem den sociale kontekst og bestemte måder at organisere sig omkring specifikke teknologier. Immanens har en stærk effekt på, om en teknologi kan betragtes som enten "tag det eller lad det," eller om potentielle negative effekter kan modereres gennem bestemte måder at organisere sig omkring teknologien på. Dette er helt i tråd med en nyere teknologiforståelser, der understreger, at teknologier ikke nødvendigvis fungerer på samme måder under forskellige forhold [37, 38]. Edwards og Ramirez (2016) rammesætter b.l.a. dette ved at understrege betydningen af at reflektere over, hvordan teknologiens udformning i sig selv spiller en rolle for, hvordan den implementeres i den arbejdsproces, organisation, praktiske og sociale kontekst, som teknologien skal fungere i [35].

Exoskelettet er i samtlige cases en teknologi, der implicerer en individuel anvendelse af teknologien. De centrale immanente effekter ved exoskeletterne vil således handle om, hvordan de understøtter en særlig organisering af arbejdet i de tre faggrupper.

Lageret adskiller sig fra de andre to cases ved at foregå i detailbranchen. Casen foregik på én af virksomhedens terminaler, hvor der håndteres kølevarer. Det betyder at arbejdet på terminalen foregår i ca. 4 graders kulde. På terminalen håndteres der omkring 50.000 kolli om dagen, hvilket skal fordeles ud til butikkerne. Kolli refererer til en enkelt enhed eller pakke, som er en del af en større forsendelse. Det kan være en kasse, en palle, en sæk, eller en anden form for emballeret enhed, der indeholder varer. Kolli bruges som en praktisk måleenhed, som hjælper lagermedarbejdere og ledere med at tælle og håndtere varerne under transport, opbevaring og levering. I spidsperioder, såsom ved mærke- og helligdage, kan antallet af kolli, der skal håndteres, stige til 120-130.000 kolli om dagen. Vores interviewpersoner referer flere gange til den travlhed, der er op til jul, påske og virksomhedens fødselsdage, hvor medarbejderne både møder tidligere og flere er på arbejde, hvilket mindsker pladsen på lageret.

Der er ansat 155 medarbejdere, hvoraf ca. 37% er kvinder. Medarbejderstaben karakteriseres yderligere ved at bestå af medarbejdere fra 27 forskellige nationaliteter, hvor flere ikke kan tale engelsk og endnu flere ikke kan dansk. En række af medarbejderne fortæller, at denne sprogbarrierer betyder, at de vil have meget svært ved at finde arbejde andre steder på det danske arbejdsmarked, hvilket gør at de kan være meget afhængige af deres arbejde på lageret.

Medarbejderne på terminalen udfører mange løft og betegnes som 'plukkere', da deres arbejde består i at plukke kolli. Dette arbejde udføres hovedsageligt manuelt, hvorfor det er et fysisk anstrengende job med mange løft.

Medarbejderne på lageret beskriver gennemgående, at deres arbejde er stærkt organiseret og styret igennem den algoritmebaserede ledelse, der beskrives under begrebet 'Target'. Target, som er den engelske oversættelse af ordet 'mål', anvendes på terminalen, som begreb for de forventninger, der er til medarbejdernes samlede antal plukkede kolli. Target styres igennem et IT-system, og medarbejderne er i stand til at følge med i, hvordan det går med deres target via en digital tavle på væggen. Forsimplet kan det forklares ved, at når en medarbejder er færdig med at plukke til én palle, så tager medarbejderen en ny. Denne palle registreres i it-systemet og indeholder nogle beregninger der bestemmer, hvor mange kolli det forventes at medarbejderen når at plukke i

timen. Target stiger, hvis en medarbejder har en palle, hvor flere kolli skal 'afleveres/plukkes' til samme 'butik', hvilket betyder at medarbejderen ikke skal bruge 'spild tid' på at fordele kolli til flere butikker inde på lageret. Modsat kan target falde, hvis en palle netop skal fordeles ud til flere butikker.

Generelt set beskriver medarbejderne på lageret, at de er meget orienterede mod at nå og følge med target. De beskriver, at target kan være stressende, særligt hvis man får nogle dårlige paller, som gør det svært at følge med. Endvidere beskriver medarbejderne, at target kan presse dem, så de arbejder hurtigere, frem for at passe på deres krop, hvis de har ondt eller er syge.

Lagermedarbejder: 'Jeg var forkølet i 20 dage. Derfor var mit target nede. Så jeg blev stoppet af supervisor der sagde 'hvad fanden sker der? Hvorfor er din target sådan nede?'. Jeg sagde 'kan du ikke høre jeg har været syg i 20 dage', så... Det er sådan at hvis man arbejder godt, så forventer de det samme target, I ved godt der er blå og grøn og rød. Hvis man er altid i blå... Det forventer de bare.'

Interviewer: 'Får I noget ud af at være i blå?'

Lagermedarbejder: 'Nej, det er ikke sådan ligesom bonus, man får ikke noget. Men hvis man er i rød så bliver man bare stoppet. Hvis man er i blå så får man ikke ros. Jo nogen gange. Men man kan ikke bruge rosen til kroppens smerter. Altså de siger "godt arbejde". Men man har været hurtig og får ondt i kroppen for at lave et godt job. Men hvis man er i rød så man bliver stoppet, dårligt arbejde og hvad sker der og dit og dat..'

(Fokusgruppeinterview, lagerarbejder)

Medarbejderne beskriver alle sammen, at de i større eller mindre grad får ondt i kroppen af det fysiske arbejde og af tempoet i arbejdet. Endvidere kan det være en udfordring i perioder, hvor der er mange vikarer på arbejde, da de ofte ikke har det samme fokus på target som de fastansatte.

Derfor bliver det sværere at nå det samlede target, og der opstår ekstraarbejde.

I target-systemet bliver medarbejderen automatisk kaldt ind til en forbedringssamtale, hvis ikke de når deres target. Her afhænger det dog af medarbejderens historik, om den automatiske indkaldelse reelt set fører til en forbedringssamtale.

Lederne på lageret beskriver, at det er en udfordring at fastholde en empatisk tilgang til ledelsen af medarbejderne, og man skal sikre, at man ikke behandler medarbejderne som et nummer i rækken, der understøtter et bestemt mål i target.

Interviewer: 'Hvad laver man som [leder]'

Leder: Sørger for at det køre, bedst muligt. [...] Bemandingen skal man sørge for fungerer optimalt i de funktioner de har [...]. Og at man er menneske og ikke den her der bare siger "jamen du er et nummer at vi skal plukke 200 kolli i timen, hvis ikke du gør det så er det bare ærgerligt". Så der er noget, menneske i det. Men man skal også være, ehm, nogen gange er man også nødt til at være meget kold beregnende og så sige "jamen, det er hertil og så er det ikke længere" fordi ellers så er det ikke forsvarligt. Hverken for firmaet eller for din skyld, som medarbejder. Og der er det ikke altid at medarbejderne klare...

Interviewer: nej, hvad tænker du på der?

Leder: 'Jamen det kan være hvis de har meget ondt i ryggen, hvor de siger "det skal nok blive bedre, det skal nok blive bedre", hvor det er at man siger "jamen nu har vi været igennem tre forløb og det bliver ikke bedre og jeg har ikke- jeg har altså ikke et job jeg lige kan lave til dig, som er specielt". Og selvom de er meget glade for at være her, så er man nødt til at tage den beslutning og sige okay nu er du nødt til at finde noget andet.'

(Leder, lager)

Således kan man som leder opleve, at man er nødt til at være kold og beregnende, fordi målene skal nås. Hvis nogle har for mange sygedage, fx med ondt i ryggen, så må man bede dem finde et andet arbejde. Lederne eksemplificerer dog også, at der kan være fornuftige årsager til, at den enkelte medarbejder ikke når sit target. Det kan være på grund af manglende varer, stregkoder der driller etc.

Flere af lederne beskriver, at man på ledelsesniveau i organisationen er meget orienterede i retning af at finde på initiativer, der kan optimere processerne på lageret. Det er vigtigt, fordi der er stor konkurrence imellem lagre og i detailbranchen i det hele taget. I denne konkurrence beskriver lederne både target, ordresystemet og exoskeletter som teknologier, der kan være med til at give lageret en konkurrencemæssig fordel i forhold til andre konkurrenter på markedet.

Det er klart, at når exoskelettet sættes ind i denne kontekst, med et stærkt fokus på effektivitet og opnåelse af target for både medarbejdere og ledere, vil en immanent effekt af anvendelsen af exoskeletterne være at øge den enkelte arbejders kapacitet. Hvis ikke exoskelettet gør medarbejderne i stand til at arbejde mindst ligeså hurtigt som uden, så vil det slet ikke blive

accepteret. Yderligere understøttes dette af det ledelsesmæssige fokus på potentialer for at forbedre konkurrencesituationen igennem anvendelse af exoskeletterne. Det er i sig selv en udmærket ting, at exoskeletterne muligvis kan understøtte virksomhedens konkurrenceposition, men det er ikke sikkert, at denne effekt vil sætte sig positivt igennem i forhold til de øvrige formål omkring reduktion af sygefravær og medarbejdernes fysiske anstrengelse i arbejdet.

Murerne i de deltagende cases laver skalmuring. Det er en bestemt kategori af murerarbejde, der foregår ved at murerne står og murer en murstensvæg med mørtel, ske og mursten. Væggen skal typisk mures fra grundhøjde og op til højden på den mur, der nu engang er tegnet. Når arbejdet skal foregå ved højere etager, anvendes enten et stillads, eller en platform, der muliggør at tilpasse arbejdshøjden optimalt. Murerarbejdet er ligesom lagerarbejdet et meget fysisk anstrengende arbejde, og belastningerne findes både i håndled, ryg, skuldre og albuer. Vi har tidligere foretaget studier af de forskellige belastninger i mureres arbejde med både kvalitative og tekniske metoder [39-42], hvorfor disse elementer ikke gennemgås indgående her. Det er imidlertid stadig væsentligt at understrege specifikke elementer af murerarbejdets organisering, som har direkte betydning for, hvilke rammer exoskeletterne implementeres i.

De interviewede murere understreger generelt de fysiske karakteristika ved arbejdet, og de fysiske belastninger og smerter som følge af dette. Som de beskriver, så er branchen bygget på hårdt arbejde. Flere beskriver, at man kan afhjælpe noget af dette ved at holde sig i god fysisk form, evt. styrketræne ved siden af arbejdet. Murerne er således selv meget opmærksomme på både den fysiske belastning og betydningen af at have en fysisk kapacitet til at modstå denne. Der er mange tunge løft, og murerne beskriver, at man i den sammenhæng gerne vil have nogle flere hjælpemidler – derfor er flere som udgangspunkt også positive over for ideen omkring exoskeletter.

Flere af dem peger samtidig på, at det er en stor udfordring at få skabt fokus og opmærksomhed omkring arbejdsmiljø i branchen. De beskriver, at store firmaer fokuserer på det, men de små og mindre virksomheder stort set ikke gør. De fleste af de interviewede murere arbejder i større murerfirmaer >249 ansatte. På trods af at disse murere fortæller, at de store virksomheder har fokus på arbejdsmiljøet, er det stadig ofte en nødvendighed at kæmpe hårdt for at få hjælpemidler. Hvis det koster penge, skal man gå til de rette personer og arbejde for det. Nogle af interviewpersonerne fortæller, at de oplever, at virksomheden sparer så meget på sikkerheden, at

de nogle gange får indtrykket af, at arbejdsmiljøet er medregnet i tilbuddet. I stedet for at fokusere på arbejdsmiljøet, vælger virksomheden dog at skære ned på sikkerheden og bruge pengene til at skabe økonomisk overskud. Dette beskrives også som en effekt af, at arbejdstilsynet kun sjældent kommer og fører tilsyn med arbejdet. Én fortæller også om en arbejdsmiljøkoordinator, der forsøgte at tage arbejdsmiljøet seriøst, men blev fyret, fordi det kostede penge.

'Nogle går faktisk op i det, men... Der var et firma hvor de fik en ny sikkerhedskoordinator. Men han blev fyret fordi han rent faktisk tog sikkerheden seriøst, ikke. Så blev det dyrt. Det hører man også om, ikke, så...'

(Fokusgruppeinterview, murer)

Et væsentligt element i murernes organisering handler om akkordarbejdet. Tidligere studier har peget på, at akkordarbejde kan være med til at besværliggøre implementeringen af arbejdsmiljøtiltag og tekniske hjælpemidler, og er med til at øge den fysiske anstrengelse i arbejdet. Ikke blot i byggebranchen, men bredt set [43-45]. I akkordarbejdet er det væsentligt for medarbejderne, at arbejdet foregår så hurtigt og effektivt som muligt, fordi det muliggør en højere løn. Medarbejderne på akkordarbejde oplever samtidig ofte en god indflydelse på, hvordan arbejdet gennemføres, fordeles og hvor meget man gerne vil nå i løbet af en given tidsperiode. Desværre peger tidligere studier på, at denne indflydelse i meget lille grad anvendes til at passe på kroppen. I stedet søger medarbejderne oftest at optimere indtægten [46].

Murerne i vores cases er ingen undtagelse. De fortæller, at de arbejder med fuld fart på akkorden, og at mange godt kan mærke, at de har ondt forskellige steder, men alligevel 'maser på', som de siger. Flere understreger, at akkorden er en decideret forhindring for at forbedre det fysiske arbejdsmiljø. På akkorden vælger man at nedprioritere arbejdsmiljø, og man arbejder fysisk hårdere. Arbejdsmiljøchefen i én af vores cases beskriver det således:

'Så det er sådan lidt. Jeg tror også, at folk de inderst inde godt ved, at vi bliver nødt til at gøre et eller andet, og folk de kan godt mærke at de er slidte, altså. Vi gjorde på et tidspunkt noget med ergonomi, hvor vi havde sådan et ergonomikursus. Og det første han gør, det er at han har lagt noget tape på bordet, og så nu skal i starte med at sætte tape på, hvor i har ondt sådan i hverdagen. Og nogle af dem stod jo som sådan en helt mumie til sidst, fordi de havde tapet sig helt ind [...]. Ja, så folk, jeg tænker, de er godt klar over, at de skal passe på sig selv i højere grad, men stadigvæk så er der også, og det er jo så den kamp der med akkord og i det

hele taget med, at man gerne vil præstere, og vi skal følge tidsplanerne osv. At vi skal også have noget for hånden jo, vi skal jo ikke bare gå og dase den af, der skal også ske noget.'

(Arbejdsmiljøchef, murer)

Nogle af medarbejderne beskriver også, at akkorden er med til at instituere et psykisk pres, der tilskynder medarbejderne til at præstere hurtigere og mere effektivt. Her gør selvorganiseringen, at man skal kunne tage ansvar og løse opgaverne til den rigtige tid og kvalitet.

Akkorden kan også udgøre en udfordring i forhold til finansiering af exoskeletter fremadrettet. På akkord skal sjakket i nogle tilfælde selv betale de hjælpemidler, der er til stede. Andre hjælpemidler er der præcedens for, at arbejdsgiver stiller til rådighed. Her er exoskelettet endnu ikke en del af de veletablerede hjælpemidler, og det vil derfor være et stort spørgsmål, hvem der skal betale for udgiften til exoskeletterne i første omgang.

For murerne er det således også vigtigt, at exoskelettet er nemt tilgængeligt og kan indgå i det daglige flow af arbejdsprocesser. Ellers risikerer det igen, at medarbejdere fremdriften i arbejdet og evnen til at tjene penge på akkorden. Det betyder, at murerne taler en del om, hvor man kan placere exoskeletterne logistisk, og at exoskeletterne skal understøtte, at man kan lægge minimum det samme antal sten som uden. Det skal ikke være i vejen og ikke koste penge at anvende.

De interviewede ledere i murerkasene understøtter, at der er en central opgave i at forbedre arbejdsmiljøet, og at sikre, at murerne kommer hjem med mindre ondt og ikke er udsat for så mange arbejdsulykker. Flere af lederne beskriver, som tidligere nævnt, meget eksplicit, at de og deres virksomheder går utroligt meget op i arbejdsmiljø. Det er også én af årsagerne til, at man gerne vil deltage i indeværende forskningsprojekt, og se om det fører til nogle løsninger.

Lederne beskriver samtidig, at der er forskellige forhold, der kan skabe udfordringer for anvendelsen af exoskeletterne. Det skal her understreges, at én af lederne taler entydigt om, at arbejdsmiljø har den højeste prioritet, imens de fire øvrige interviewede ledere alle, på den ene eller anden måde, beskriver følgende udfordringer:

I forhold til finansieringen understøtter lederne murerens egne perspektiver. Flere beskriver fx, at man som virksomhed gerne ville tage en del af akkordprisen for at arbejderne kunne få exoskeletterne. Altså at virksomheden således ville tage prisen fra medarbejdernes arbejds løn.

Arbejderne kæmpede dog imod denne løsning. Og det vil gøre anvendelsen til en udfordring på sigt. Som én fortæller, så må arbejderne også betale for, at der bliver passet på dem.

'Jamen, det var fordi, [exo-skeletterne] var forholdsvis dyre, og vi var egentlig indstillet på at tage nogle prøver ind og havde et møde i lokaludvalget, hvor vi talte om, om man ville lave et fradrag i akkord, mod, at man så fik de her exo-skeletter. Du ved, så man betalte lidt fra begge sider, håndværkerne betalte lidt for at få dem, og de havde måske også lidt nemmere ved at arbejde, og så ville [virksomheden] godt give resten til det. Men det kunne man ikke blive enige om.'

(Leder, murer)

I tråd med dette lægger flere ledere også vægt på, at medarbejderne bliver nødt til også selv at tage et personligt ansvar for, hvor hårdt og usikkert de arbejder. De tænker ikke nok over sikkerhed og sundhed.

Hos **tømrerne** ligner organiseringen af arbejdet i høj grad murernes. Generelt er interviewpersonerne enige om, at risikoen for fysisk nedslidning og smerter er et stort problem, og at alle tekniske hjælpemidler, der kan afhjælpe den fysiske anstrengelse, derfor er velkomne. I vores fem cases arbejdes der også med akkord, hvilket betyder, at tømernes udfordringer ligner murerens. For begge faggrupper er det afgørende for, om de har haft en god arbejdsdag, at de har nået en høj produktivitet i forhold til akkorden. Derfor betyder det meget, at exoskeletterne kan indgå i arbejdet uden at kompromittere den. Flere af tømrerne beskriver, ligesom murerne, at det bare er et vilkår, altså at det koster på kroppen, når man skal tjene penge.

Flere af tømrerne taler dog meget positivt om de virksomheder, som de selv er i, og fortæller at disse virksomheder generelt har meget mere fokus på hjælpemidler, sikkerhed og arbejdsmiljø end normalen i branchen. De oplever, at de har mulighed for at passe på sig selv, og at der også bliver brugt penge på arbejdsmiljø. Alligevel giver flere også udtryk for et generelt problem både iblandt dem selv og i branchen generelt. Det handler om, at der bliver set igennem fingrene med, hvad man egentlig kunne gøre for arbejdsmiljøet. Hvis noget risikerer at koste penge, eller bare koster penge "up front", så er det ofte, man vælger ikke at prioritere det. Og det gælder både ledere og medarbejdere. Som beskrevet i anden forskning er dette en gensidigt stiltiende accept [46]. Denne kan også betyde, som én interviewperson beskriver, at man undgår at rapportere ulykker, fordi man fx har installeret belønningssystemer, såsom at få en pølsevogn på pladsen, hvis der i en

given tidsperiode ikke har ulykker. Her vælger medarbejdere så ikke at rapportere ulykker, fordi alle i så fald ville miste pølsevognen:

Tømrer 1: 'Det er hvis man bliver sygemeldt, hvis der er en sygemelding, pga. en arbejdsulykke, så tæller det som en arbejdsskade. Det er derfor, Jim han ikke sagde noget, da han skød sig i gennem fingeren.'

Tømrer 2: 'Hehe. Ja, det er så en ulempe ved det på en måde. Ja det er så det, der kan være lidt farligt også.'

Interviewer: 'Ja, fordi man så ikke melder den?'

Tømrer 2: 'Ja, han meldte det ikke, fordi det var så tæt på, at vi var henne over. Men tog han bare plaster på, men jeg tror også, han var lidt inde på, at det hjalp jo ikke en skid altså, hvis han sygemeldte sig, altså vi andre vidste godt, at han havde ondt i fingeren, så han fik den bare rensset og ordnet, og så var han på arbejde ikk også. Men det er stadigvæk voldsomt, ikk også, men... det er jo op til hvert enkelt, vil jeg så sige. Der var ikke nogen af os, der krævede det.'

Tømrer 1: 'Nej, nej, det bestemmer han selv.'

Tømrer 2: 'Altså så vild med hotdog er jeg heller ikke, at det skal gå ud over nogen. Så hvis man selv synes, det er en mission, så må man jo bare gøre det. Jeg var sgu nok taget på skadestuen og fået det rensset.'

(Fokusgruppeinterview, tømrere)

Overordnet afspejler ledernes udsagn det, som medarbejderne også beskriver. De mener, det vil være positivt at komme af med belastningen på skuldrene (som tømrernes exoskeletter støtter). Ligesom tømrerne selv, er de meget orienterede mod, at exoskeletterne skal passe ind i en virkelighed med akkordarbejde. De beskriver, at man opsøger det monotone arbejde for at tjene flere penge. Hvis exoskelettet kan integreres i arbejdsplanlægningen, fx ved længerevarende opgaver over skulderhøjde, kan det være effektivt og vil sandsynligvis blive anvendt.

Opsummering af immanente effekter

Det er på baggrund af ovenstående analyse klart, at exoskelettet sættes ind tre forskellige kontekster med stærkt fokus på effektiv produktivitet. Hos lagerarbejderne er medarbejdernes fokus på target, ikke at få negativ påtale og således at kunne fastholde deres ansættelse på længere sigt. Her er det lederne, der har et stærkt fokus på optimering af processer. I murer- og tømrerarbejdet tjener akkorden til nogenlunde samme funktion, her er det dog i en vis

udstrækning medarbejderne selv, der er med til at fastsætte mulighederne for at tage hensyn til kroppen i arbejdet. Motivationen for effektivitet skabes igennem det økonomiske incitament. I disse kontekster vil en immanent effekt (naturlig organisering) af anvendelsen af exoskeletterne være at forøge den enkelte arbejders kapacitet. Hvis ikke exoskelettet gør medarbejderne i stand til at arbejde mindst ligeså hurtigt som uden, så vil det formegentlig ikke blive accepteret. Delanalysen kan dog ikke afklare, hvilken betydning dette har for den fysiske belastning og nedslidning. Samtidig viser analysen, at exoskeletter kun kan implementeres succesfuldt i denne kontekst, hvis de medfører øget produktivitet, hvilket i praksis betyder en acceleration af arbejdet. Dette er tidligere beskrevet som den effektiviseringsdagsorden, der ofte forbindes med nye teknologier i arbejdsmiljøet [47]. For at exoskeletterne effektivt kan begrænse fysisk nedslidning, skal de derfor både være i stand til at accelerere arbejdet og samtidig reducere den fysiske anstrengelse.

4.3. Diskontinuitet, indirekte effekter og rekonstitution i anvendelse

Diskontinuitet handler om at se på, hvor meget teknologien ændrer den måde arbejdet var organiseret og fungerede på inden implementeringen [35]. Indirekte effekter handler om, hvordan teknologierne kan virke på processer, som man grundlæggende set ikke havde planlagt [36]. Rekonstitution i anvendelse handler om, at teknologierne ændrer karakter, imens vi anvender dem. I det følgende sammenlægges diskontinuitet, indirekte effekter og rekonstitution i anvendelse i ét afsnit, da deltagerne i vores cases ikke berører disse områder meget – primært på grund af exoskeletternes karakter.

Overordnet set er både *lagerarbejdere, tømrere og murere* enige om, at exoskeletterne ikke ændrer arbejdet meget. Exoskelettet fungerer ikke som et grundlæggende brud med, hvordan arbejdet udføres, som havde de fx skullet udføre arbejdet ved at betjene en robot. Exoskeletterne gør at man kan løfte mere, og at kroppen i vid udstrækning bliver fastholdt i at bevæge nogle af leddene i skulder, ben og ryg på måder, der passer ind i exoskeletternes funktion. Som én lagerarbejder siger så; '*er det noget med at gøre de eksisterende arbejdsopgaver nemmere at gå til*'. Der er således ikke den store diskontinuitet forbundet med exoskeletterne.

I forhold til indirekte effekter, så er det klart, at lagerarbejderne beskriver, at kunne løfte flere kasser i de tunge områder fx kød og mælk. Dette er, i forhold til de immanente effekter, ikke nogen overraskelse, fordi medarbejderne jo gerne vil arbejde mere effektivt og produktivt i relation til target. Dette kan dog igen være en udfordring i forhold til at opnå formålet med at reducere den fysiske belastning på medarbejderne. Enkelte medarbejdere på lageret beskrev endvidere, at exoskelettet kunne være stressende at have siddende på kroppen, fordi det oplevedes som en stor vægt at gå med i løbet af arbejdsdagen.

En interessant indirekte effekt hos tømrerne var, at flere blev så glade for exoskeletterne, at de ikke ville undvære det. En fortæller at;

'Det er mere, jeg er et juletræ, fordi jeg skal have [exoskelettet] hængende på mig, ikke også. Og der hjælper det bare fint til det. Jeg er faktisk blevet så glad for at have det på, så det irriterer mig, når jeg ikke har det på. Også fordi jeg skal have det hængende på bukserne, og så lige pludselig står jeg der, og de er næsten gledet ned om anklerne, fordi jeg skal spænde det så meget, så. Så på den måde, så er det egentlig befriende nok [bare at have exoskelettet på].'

(Fokusgruppeinterview, tømrere)

En indirekte effekt af exoskeletterne kunne på sigt være, at færre folk kunne gøre det samme arbejde på sigt, eller at produktiviteten kan øges. Det er et meget sandsynligt outcome på sigt, når vi ser på de immanente effekter ovenfor. Men undersøgelsen kan ikke direkte sige så meget om dette, da implementering både har været kort, og med meget forskellig succes i de tre forskellige brancher.

Med hensyn til rekonstitution i anvendelsen kan den indirekte effekt – hvor lagerarbejderne løfter flere kasser og dermed undertiden faktisk tungere, end de gjorde uden exoskelettet – betragtes som en rekonstitution i forhold til formålet. Formålet specificerede nemlig ikke, at medarbejderne skulle løfte flere kasser ad gangen. Dette er dog ikke en rekonstitution af exoskelettets funktion, som jo er at løfte kasser med mindre kraftudvikling i de muskler, som exoskelettet understøtter.

4.4. At tage hånd om

Analysen af at tage hånd om. Kommer af Knud Ejler Løgstrups pligtetiske fordring der grundlæggende klargør, at du i hvilken som helst situation, hvor du har med et andet menneske at

gøre, holder noget af dets liv i din hånd – og den kendsgerning må du forholde dig til [48]. I forhold til nye teknologier som exoskeletter betyder det, at vi må undersøge, hvad deltagerne i vores interviews og intervention forventer, at exoskeletterne skal tage hånd om. I forbindelse med nye teknologier handler dette om, at der altid indlejres bestemte værdier, ideologier, karakteristika eller forståelser i nye teknologier [36, 49]. Dette betyder, at teknologier ikke er neutrale værktøjer, men bidrager til bestemte konfigurationer af, hvordan virkeligheden skal forstås og eventuelt udvikles [37].

Hos *lagermedarbejderne* har vi allerede set, at exoskeletterne forventes at tage hånd om medarbejdernes belastning i ryggen under arbejde. Flere beskriver, at exoskeletterne kan forbedre eller nedbringe rygsmerter på den lange bane. På denne måde tager exoskeletterne hånd om medarbejdernes velbefindende og helbred. På den anden side er både ledere og medarbejdere orienterede imod at balancere investeringen i exoskeletterne, deres effekt på smerter og deres effektivitet. Som én leder siger:

'Jeg tænker måske lidt... Man kan selvfølgelig ikke måle penge oppe imod medarbejdernes helbred, men hvis man ikke ved hvor smerten går hen, eller hvis det bare er sådan at det bliver udlignet måske, det kan også godt være. Og så selvfølgelig også den økonomiske del. Om investeringen er den er det værd i sidste ende. Eller man skal instruere medarbejderne i og sige 'jamen, i stedet for at du løfter 3, så sænker vi vores target, så løfter de bare 2'. Det kunne man også sige. Så det er mere sådan deromkring, det der med at: prisen i forhold til kan man lave andre foranstaltninger, som ville gøre det billigere og så der hvor... jamen, hvad er effekten af det, altså? Får man noget om et halvt år et andet sted måske? Det er måske de barriere, hvad jeg tænker.'

(Leder, lager)

Her beskriver lederen et meget relevant etisk dilemma, der handler om, hvorvidt exoskeletter er det rigtige hjælpemiddel til at nedbringe den fysiske anstrengelse i lagerarbejde. Som lederen selv siger, så risikerer man meget nemt, at medarbejderne kommer til at løfte mere for at nå target. På den måde udtrykker flere af lederne på lageret en opmærksomhed på denne etiske og arbejdsmiljømæssige udfordring.

Et andet aspekt af det etiske princip om at tage hånd om den andens liv er, at det ikke bør ske imod vedkommendes vilje [48]. Her beskriver flere af lederne på lageret, at medarbejdernes frie

vilje i forhold til at anvende exoskeletterne er begrænset. "SMS'erne" hentyder til daglige spørgsmål om anvendelighed, accept og tilvænning, som var en del nærværende projekt.

Interviewer: *'Kan du fortælle lidt om de barriere der var i starten?'*

Leder: *'En af de barriere, sådan frustrationsmæssigt som kom, det var faktisk SMS'erne. Men jeg tror faktisk det var fordi, øh, nogle er jo heller ikke indstillet til at de gider at sidde og bruge deres tid på at svare på en SMS, som ikke har nogen relevans for dem. Lige i det øjeblik, der føler de sådan lidt "jamen, vi skal teste det her, hvorfor skal jeg så bruge mere af min tid på at svare på en SMS?". Det var derfor, flere gange hvor I sagde 'vil I ikke minde jeres medarbejdere om at de skal svare på SMS'erne'. Og der var mange, de havde de her frustrationer. Og så kommer de ind, tager tøjet af, "jeg gider ikke mere". Og så begynder det at komme: "det nager her, det nager her, det nager her, det nager der". Men hvor vi faktisk også... Nu har vi arbejdet med det over et stykke tid, hvor vi har synliggjort "jamen, det kan være det kommer ind. Det kan være du kommer til at arbejde med det, så du kan ligeså godt vænne dig til det", og ligesom blevet mere firkantede, og så blev det taget godt imod. [...] For én ting er, at vi går ud og siger 'det her, det skal I gøre'. Og en anden ting det er at sige 'det er frivilligt'. Men er det frivilligt, så kan jeg jo til hver en tid tage det af, ikk' oss. Så på den måde.*

(Leder, lager)

Det etiske dilemma i at implementere nye teknologier over for medarbejderne, som de egentlig ikke er interesserede i, er lederne på lageret mindre opmærksomme på. Dette er på trods af, at man i nordisk arbejdslivstradition har langvarige traditioner for at samarbejde og involvere medarbejdere eller medarbejderrepræsentanter i implementering af nye teknologier [50, 51]. Vi ved også, at manglende indflydelse i arbejdet er en risikofaktor for en række andre arbejdsmiljø-udfordringer. Derfor er dette en særligt væsentlig udfordring på lageret, hvor vi også ved at lagerarbejdere traditionelt oplever meget lav indflydelse i arbejdet [52].

Lederne på lageret gør det på lignende måder meget klart, at implementeringen af exoskeletter er noget der vil komme, hvis økonomien omkring anvendelsen ser rigtig ud. Selvom det også vil være relevant og godt, hvis de forbedrer den fysiske anstrengelse, ser det ud til, at det på lageret primært er produktiviteten og økonomien samt ønsket om at reducere sygefravær, der tages hånd om med exoskeletterne.

Hos *murerne* er situationen en lille smule anderledes. Murerne selv vil gerne tage hånd om deres kroppe med exoskeletterne, hvis det fungerer til at reducere belastningen under deres arbejde. Men samtidig er exoskelettet også kun brugbart, hvis det ikke sænker deres arbejdstempo og produktivitet. Selvom exoskelettet, som et nyt teknisk hjælpemiddel, potentielt kan reducere deres anstrengelse, smerte og nedslidning, skal det også understøtte, at de kan tage hånd om deres indtjening og privatøkonomi.

Lederne hos murerne understøtter i det store hele denne overvejelse, men igennem akkordorganiseringen kan lederne overlade ønsket om at optimere på effektivitet og produktivitet et langt stykke hen ad vejen til murerne selv. Således ser vi i det store hele, at murerne ledere fortæller om, hvordan murerne selv har udfordringer med at tage hånd om kroppen.

Formand: 'Vi har jo nogle helt forskellige indstillinger til hvordan vi går på arbejde. Mange af håndværkerne de tager jo på arbejde, primært fordi de skal tjene nogle penge, og familien er det allervigtigste. Det er det også for vi andre, men vi selvudvikler os, og vi kigger efter hvordan vores karrierer, eller hvad vi skal kalde det, de kan blive. De tager afsted for at knokle og tjene mest muligt. Så at de skal sidde og kigge på psyke og på velfærd, og hvordan de kan aflaste deres led – så langt tænker de slet ikke. Ikke fordi de ikke kan, men fordi det ikke er en del af deres job sådan pr. automatik. Så jeg tror vi skal have det fokus langt mere ned i håndværkerne.

(Formand, murer)

Som følge af dette ansvar for produktivitet, optimering og organisering, der ligger hos murerne selv, så er der heller ikke nogen af murerne ledere, der går ind og forsøger at tvinge murerne til at anvende exoskeletterne. Den samme formand fortæller videre:

Formand: 'Jamen, jeg tror bare, vi forsøger at kaste nogle bolde op, og lade dem være medbestemmende på det. Sådan en som Allan (pseudonym), som prøvede det her exo-skelet, han har jo en enorm rolle i det med at tænke det ind, og han får noget tid til at køre rundt og snakke med de andre også, og ja, jamen jeg synes vi skal... ja. Jeg tror det er denne der oplysning gennem Allan, vi skal arbejde i, eller vi arbejder i.'

(Formand, murer)

Hos *tømrerne* taler de i nogle markant andre vendinger omkring exoskeletterne end murerne gør. De er meget positive omkring, hvad exoskeletterne tager hånd om. Selvom det er at foregribe det senere afsnit omkring fordele og intenderede effekter, så kommer dette formegentlig også af, at tømrerne har rigtige gode oplevelser med deres type exoskeletter.

Nogle af tømrerne fortæller, at selvom exoskelettet ikke gør, at de kan arbejde hurtigere, så vil de gerne bruge det, for det hjælper virkelig på deres fysiske overskud, imens de arbejder, som én fortæller;

'Altså jeg vil sige det sådan, da det åbnede op for, at jeg så kunne få [exoskelettet til skulderen], for eksempel nu har jeg denne der frisk-luft-hjelm, den koster alligevel 5.000 kr. Jeg tænkte, at hvorfor fanden skulle jeg gå og passe på min ryg og mine skuldre, hvis ikke jeg passer på det, som jeg trækker vejret med. Så på den måde synes jeg da, at det har en indvirkning, fordi jeg bliver da... Altså selvfølgelig er man... Jeg bliver da mere interesseret i at passe på mig selv, i det omfang jeg kan, når det er, at jeg har muligheden for at gøre det, uden det gør ondt, og uden at jeg føler, det er forkert.'

(Fokusgruppeinterview, tømrer)

Flere understøtter denne pointe, der også handler om, hvordan tømrerne beskriver, at det er meget vigtigt, at man som håndværker ikke skal have ondt i kroppen, når man går hjem fra arbejde.

Tømrerne beskriver, at exoskeletterne er rigtig gode til at tage hånd om deres sundhed. De vil gerne være med til at vise, at exoskeletterne kan hjælpe, og måske også vise, at det kan hjælpe andre. På den måde reflekterer tømrerne faktisk endnu bredere end deres eget arbejde og tænker på, hvordan exoskeletterne kan bidrage til at tage hånd om andre faggrupper med samme typer af arbejde, fx elektrikere.

Flere af tømrerne fortæller at exoskeletterne også understøtter, at de på en og samme tid kan tage hånd om kroppen og føle sig effektive i forhold akkorden. Ligesom hos murerne, er det væsentligt for tømrerne, at de har mulighed for at tage hånd om deres indtjening, når de anvender exoskeletterne. Samtidig med at de beskriver at akkorden er vigtig, nedtones dens betydning i forhold til anvendelse af exoskeletterne også i en række tilfælde. Fx således:

Tømrer 1: 'hvis jeg var på akkord, så skulle jeg nok kompenseres for at have det på[...]. Også selvom at det gavner mig, fordi..'

Tømrer 2: 'men det er så der igen, fordi der er jeg uenig, jeg synes faktisk, at jeg var mere produktiv med det på, så det er også sådan lidt, altså der er nogle ting, som jeg måske ikke ville have lavet med det på, men så ville jeg planlægge mig ud af det.'

Tømrer 3: jaer. Jeg synes også der er mange hvis'er, fordi kommer der en 2.0 skulle jeg til at sige, en opgraderet udgave, hvor man nemmere selv kan justere eller det sidder bedre, eller et eller andet, og at hvis det er lige pludselig, du har en arbejdsopgave, hvor man siger, ja! Lige præcis her giver det mega god mening, så er det jo klart, at det ville man prædike til alle andre, hvis de kommer ud i sådan en opgave, og siger, jamen har I set det her, fordi sådan er tingene jo også, hvis der kommer, ikke en smart nyhed, men hvis man sidder og snakker og så siger, når men jeg har prøvet, altså det der og det var altså rigtig fint, det skulle I også gøre, hvis I kommer ud for den her opgave eller et eller andet, så tror jeg ligeså meget det er sådan arbejdsopgavens, opgavens ja'

(Fokusgruppeinterview, tømrere)

På linje med murerne, fortæl tømrerne også bredt set, at de sætter pris på, hvordan exoskeletterne er blevet introduceret og implementeret i samarbejde med deres ledere. De beskriver, at de virksomheder de er i, understøtter sådan nogle gode arbejdsmiljømæssige initiativer og derved bidrager til at tage hånd om tømrernes sikkerhed og sundhed.

Ledernes orientering hos tømrerne afspejler i høj grad murerne ledere. De beskriver, at det for dem handler om, at tømrerne skal have mulighed for at tage hånd om deres kroppe, og om hvordan de kan komme til at blive længere i arbejdet. Ligesom murerne ledere fortæller tømrernes ledere, at deres medarbejdere stort set kun tænker på, hvordan de kan maksimere deres indtjening på akkorden. Flere af lederne hos tømrerne beskriver også, hvordan tømrerne selv har været med til at introducere ideen om, at exoskeletterne skulle afprøves på deres byggepladser, og at det er vigtigt for dem, at exoskeletterne er behagelige for medarbejderne at have på.

Der er således også forskel på, hvad man med implementeringen af exoskeletterne tager hånd om hos lagerarbejdere, murere og tømrere. Primært ligger forskellen igen imellem lagerarbejdere og de to andre faggrupper. Lagerarbejderne 'tages hånd om' af lederne, der har produktivitet og fysisk anstrengelse i et dobbelt sigte – med stærkt fokus på optimering. Lagerarbejderne oplever heller ikke - som vi så tidligere – at det overordnede formål med exoskeletterne i lige så høj grad er at tage hånd om dem, men i højere grad at hjælpe dem til, at tjene flere penge til virksomheden.

Hos murerne og tømrerne er organiseringen mere i medarbejdernes hænder, og det betyder til dels at lederne ikke spiller så markant en rolle i forhold til at skubbe på anvendelsen af exoskeletterne. Derudover betyder det også, at det er murerne og tømrerne selv, der kan afgøre, om der er den rigtige balance imellem fysisk aflastning og anvendelighed ved brug af exoskeletterne. Når tømrerne reflekterer noget bredere omkring, hvad exoskeletterne kan bidrage til at tage hånd om, handler det b.la. også om, at exoskeletterne virkelig er anvendelige for dem. Der er således nogle positive potentialer, som tømrerne gerne vil dele med andre.

4.5. Magthierarkier

Analysen af, hvordan magthierarkier spiller ind i implementeringen – og potentielt forandres som følge af introduktionen af nye teknologier på arbejdspladsen – er vigtig, både fordi det er kendt fra anden forskning, at oplevelsen af indflydelse både er vigtigt i forhold til implementering af nye teknologier i arbejdet [53] og for at opnå arbejdsmiljømæssige gevinster af implementerede teknologier [47, 54, 55]. Men også, fordi det er væsentligt at være opmærksom på om nye teknologier ændrer de eksisterende magtstrukturer på måder, som forskubber magten på arbejdspladsen og således kan være med til at skabe nye etiske eller arbejdsmiljømæssige problemer.

På *lageret* er hierarkiet meget udtalt og medarbejderne beskriver, at have meget lav grad af indflydelse generelt. Deres indflydelse begrænser sig eksempelvis til at forsøge at gennemskue, om en palle vil være god og hurtig til at opnå en høj score på target. Hvis de tager for mange af de gode paller, vil de dog blive upopulære i gruppen, fordi det i så fald går ud over andre. Flere af medarbejderne beskriver, at der er en stram styring af arbejdstempoet igennem target, og hvis man ikke følger det, vil ledelsen påtale det over for én.

Interviewer: 'Føler I at I er sikre på arbejdet, føler I at de tænker på om I har det godt?'

Lagermedarbejder 1: 'Jaeh'

Lagermedarbejder 2: 'Måske'

Lagermedarbejder 1: 'Altså vi har fået exoskeletter og så har vi fået de der plakater oven for. Så vi skal have noget mere vand og grønt'

Lagermedarbejder 2: 'Jaja det er bare tom snak. Hvis var det mig havde jeg sagt de skal bare fjerne target. Fordi det giver folk stress og sådan noget og. Det er bare target der er problemet her, ellers det er fint nok også plus det er koldt især. Nogen gange er det på minus fire grader. Og man fryser især når vi er færdige med at arbejde.'

(Fokusgruppeinterview, lager)

Flere af medarbejderne understreger, at man godt kunne anvende exoskelettet til at passe på kroppen, hvis det ikke var fordi, at man skulle leve op til target. Det ville medarbejderne egentlig gerne, men target er ikke noget, de som sådan har indflydelse på.

Medarbejderne er heller ikke særligt opmærksomme på de mere formelle indflydelseskanaler, der principielt er til stede, men måske ikke spiller så stor en rolle på lageret. Flere af dem kender ikke til deres arbejdsmiljørepræsentant eller tillidsrepræsentant, og de der gør, mener ikke at de kan hjælpe med nogen væsentlige ting i forhold til arbejdet.

Lagermedarbejder 2: 'Jae. Jeg har ikke gjort det med dig tror jeg men. Jae, nogen gange vi snakker om, nogle ting som man tænker fordi hvis man arbejder andre steder, også her i Danmark lad os sige, så man ved godt hvordan er det at arbejde her i Danmark, der er noget der hedder lov og regler. Så.'

Interviewer: 'Ved I hvem I skal gå til hvis, I har sådan nogle tanker om noget er lovligt eller'

Lagermedarbejder 2: 'Arbejdstilsynet er det ikke det?'

Interviewer: 'Nå, jamen også her, her på stedet'

Lagermedarbejder 2: 'Nå her, nej neeej. Nej, jeg ved ikke, har vi sådan noget, hvad fanden hedder de.

Repræsentant eller nej det har vi ikke'

Lagermedarbejder 1: 'Nej det findes ikke her'

(Fokusgruppeinterview, lager)

Vi har ellers interviewet medarbejdernes tillidsvalgte repræsentanter (AMR eller TR) på lageret. Deres udsagn går meget i tråd med, hvad medarbejderne i øvrigt fortæller, som beskrevet i dette lidt lange, men meget sigende citat:

Interviewer: 'Hvordan kan det være at du blev tillidsvalgt?'

Tillidsvalgt, lager: 'Ja, det var jo egentligt for at udvikle mig selv. Altså, det var for ligesom at give et løft til det at være heroppe og bare være lagerekspedient, kan man sige. Det er ikke nemt at stige i graderne heroppe

[...]. Så derfor føler jeg, at det var den vej jeg kunne gå. Og så kunne jeg måske hjælpe mine kollegaer en lille smule. Støtte dem. Qua også at jeg har været her i så mange år. Så firmaet, lederne i firmaet, de lytter lidt mere til mig end de gør til en østeuropæer eller en udlænding, som kommer ind og snakker med dem. Det gør de faktisk.

Og jeg har taget den der uddannelse som bisidder, så de kan tage mig med ind til samtale hvis det er. Og de bruger det begge dele, også firmet hvis de skal have varslet et eller andet, så tager de mig med ind som ekstra mand, kan man sige, også for at prøve at støtte dem selv, men også for at støtte medarbejderen, ikke også.

Altså, ja. Fordi det skal man som tillidsvalgt, men skal se det fra begge sider. [...]

Interviewer: Hvor tit – nu siger du at du tit sidder med, at de også hiver dig med ind, når der er noget – hvor tit er det cirka?

Tillidsvalgt, lager: 'Jamen, det er en 5-7 gange om året. Mere er det nok ikke vil jeg sige. Det er også fordi at – nu kommer der jo lidt politisk – men regeringen for nogle år siden, da vi havde den der venstre-konservative regering, der valgte de jo at der var fri fagforeningsvalg i Danmark, var jeg lige ved at sige. Da jeg startede her for 37 år siden, der var vi alle sammen i samme fagforening. Der stod vi sammen på arbejdspladsen. Det føler jeg ikke vi gør mere. Fordi nu er der frit fagforeningsvalg. Så firmaet griner jo af os, hvis vi kommer med ret mange store ting, kan man sige.

Interviewer: Kan du uddybe det?

Tillidsvalgt, lager: Ja. Altså fordi vi ikke står sammen. Det er sværere... Dengang hvis, eksempel nu har vi haft mange problemer med vores aflønning. Dengang når der var det, så satte vi os bare ind i kantinen og så gik der 20 minutter og så var der styr på det løn. Nu her, det hjælper ikke noget at vi sætter os 15 mand ind som er medlem af HK. Nu skal vi kæmpe hver for sig om lønnen, altså når der er problemer med lønnen.

Sådan føler jeg lidt det er, ikke også? Ja. Altså før der stod vi sammen omkring det, når der var noget. Om det var fyrring af en kollega eller lønnen det var galt med, så stod vi sammen omkring det, ikke også. Det gør vi ikke længere. Altså, nu er vi ikke en enhed længere. Nu vi, hver mand tænker mere på sig selv og gør det billigst muligt. Og som jeg siger til mine udenlandske kollegaer, det kan jeg godt forstå, hvis man kommer her til landet, for bare at tjene penge i et halvt år eller i et år, hvorfor skal man så betale for fagforeningen?'

(Tillidsvalgt, lager)

Som beskrevet understøtter den tillidsvalgtes beskrivelser de øvrige lagerarbejderes fortællinger. De tillidsvalgte beskriver både den historiske udvikling og den nuværende situation omkring

fagforeningstilslutning, der har ført til, at medarbejderne på lageret i dag er stærkt individualiserede og magtesløse over for initiativer, som ledelsen vil gennemføre. I højere grad end en organiserende rolle, beskriver den tillidsvalgte, at vedkommende har en legitimerende rolle, hvor ledelsen trækker vedkommende ind og bruger vedkommende til at godtgøre, at der har været medarbejder-repræsentation, når optimeringer, afskedigelser eller forandringer skal gennemføres.

Lederne bruger, som beskrevet, en del af deres tid på at udvikle optimeringsplaner, sørge for, at den rigtige bemanding er til stede, løse konflikter om, hvem der tager for mange af de gode paller, og sikre, at medarbejderne lever op til target. I forhold til implementeringen af nye teknologier som exoskelettet, så fungerer det primært sådan, at ledelsen informerer medarbejderne om, at de nye teknologier vil være gode for dem. Det er ikke noget som medarbejderne på den måde har indflydelse på. Når medarbejderne på lageret har haft udfordringer med exoskelettet, så fortæller lederne, at de har understreget, at medarbejderne skal løfte korrekt, at de lige så godt kan vende sig til det eller lignende:

Interviewer: 'Ja. Øhm. Jeg har hørt nogle af dem nævne det her med, at når de har exoskelettet på, så arbejder de langsommere. Har I hørt noget om det? Og hvad tænker I om det?'

Leder: Jeg har hørt det. Men mit svar tilbage til dem har også været 'jamen, så er det fordi du har løftet forkert hele tiden'. Og jeg siger 'det exoskelet det gør, at du skal løfte ergonomisk'. Håndterer du det ergonomisk, og har du vænnet dig til det, så vil der også komme en dag, hvor du bliver hurtigere. [...] Han spørger mig så "hvordan det?", så siger jeg "prøv at gå hen og løft hvordan du vil, så skal jeg prøve at filme dig". Og jeg har ikke filmen mere, for ellers ville jeg gerne have vist dig den. [...] Så siger jeg så 'så det er måske derfor du føler dig langsommere, du føler dig begrænset, men det er ikke ens betydende med at du er langsommere på længere sigt, når du har vænnet dig til at gå med det'. Det handler jo om at finde sin rytme. Og den finder du ikke ved at gå med det i 14 dage. Der skal længere tid til. Ah okay, det kunne han faktisk godt se. Så...

Interviewer: 'Ja, fordi de har også nævnt target som sådan en, ja, lidt en barriere?'

Leder: Ja. Vi bruger jo target til at analysere vores produktion. Så det vil sige at, i løbet af dagen, lad os sige vi har... der er jo stor forskel på om vi har 15.000 – nu tager jeg udelukkende i Fersk – 15.000 i Fersk eller om vi har 22.000 i Fersk. Vi har jo det samme antal butikker lige meget hvad. Så det betyder bare at hver

butik skal have flere papkasser. Så det vil jo også betyde at om de tager 1 kasse eller om de tager 3 kasser, det tager næsten samme tid. Men effekten af det, den er jo meget større for os, set effektivitetsmæssigt. Så det bliver lignet ud fra en faktor. Så det vil sige deres target, det bliver lignet ud fra skal du kun lægge 1 kasse på eller skal du lægge 3 kasser på? Så kommer der nogle gode dage, for eksempel torsdag og fredag, der kan de lægge 5-6 kasser på hver palle, men så skal de også plukke 190, nogle gange op til 250 i timen, hvis de har rigtig god faktor. Og hvis de er helt nede, så plukker de 160 i timen. Og det er jo det vi bruger til at analysere vores produktion med allerede fra morgenen af, og dagen før også, hvor vi taster tallene ind og kan se, jamen hvor mange mand skal vi bruge... øh, sådan overslags-mæssigt. For eksempel, så er der exoskelet, jamen så ved vi skal have 2 på exoskelet, jamen så skal vi have 2 mand ekstra ind, og sådan ligesom hele tiden supplere med det. Og på den måde regner vi med det. Men hvis der er en der ikke holder sit target – lad os sige vi har 10 mand, som ikke holder sit target – med minus 30, så har vi 300 kolli i timen. Så over 7 timer, så har vi 2100 kollis tilbage. Vi regner med 1000 kolli per mand. Jamen så har vi to mand vi mangler til sidst på dagen. Så derfor er det rigtig vigtigt at vi holder dem op på target og at de følger deres target. Nogle de kører jo bare derudad, så de laver jo meget over, men det gør jo så også at vi kan sige til nogen 'vil I før hjem?'. Eller vi kan sige 'fint, hvis I basser alle sammen igennem nu, jamen så holder vi weekend kl ni (21)', jamen så, så får den jo fuld gas, igå. Så på den måde. Så det er det vi bruger target til, til at analysere produktionen med. Og til og... også fordi de får jo også en løn – for at være helt ærlig, ren købmandsskab – de får jo løn, så vi forventer en hvis effektivitet. Det gør vi også. Så...'

(Leder, lager)

På lageret spiller exoskelettet ikke ind på en måde, der går ind og ændrer eksisterende magthierarkier. Men samtidig fungerer det ind i en kontekst, hvor medarbejderne har meget lidt indflydelse, og hvor target fungerer som et magtfuld styringsredskab i forhold til, hvordan medarbejderne anvender deres fysiske kapacitet i arbejdet.

Hos **murerne** er det heller ikke sådan, at exoskeletterne går ind og ændrer markant i de eksisterende magthierarkier. Murerne er generelt blevet spurgt, om de havde lyst til at indgå i projektet omkring exoskeletter, og det har de været positive overfor. Murerne og deres ledere har også haft meget åbne dialoger omkring anvendeligheden af exoskeletterne, der skulle støtte murerne nedre ryg. Her har murerne i vid udstrækning også selv haft meget at sige i forhold til, hvor meget exoskeletterne skulle anvendes. Det største forhandlingspunkt har handlet om, hvem

der skulle betale for exoskeletter på længere sigt, hvis det skulle implementeres. Skal det betales på akkorden? Eller skal arbejdsgiver betale for exoskeletterne? Ved vores interview var dette ikke et afklaret punkt. Men det var tydeligt igennem interviewene, at det flow, der skal til for at murerne kan leve op til den ønskede akkord, spiller en magtfuld rolle.

Hos *tømrerne* var det i flere cases nogle af medarbejderne selv, der gerne ville afprøve exoskeletterne. De har generelt set stor indflydelse på, hvordan arbejdet arrangeres og det væsentlige er derfor, om exoskeletterne - som ved murerne - repræsenterer en egentlig aflastning og at de kan indgå i flowet med akkorden. Lederne understøtter denne pointe, men understreger, at det grundlæggende er tømrerne selv, der kommer til at afgøre om exoskeletter bliver et væsentligt hjælpemiddel.

Overordnet set viser analysen, at exoskeletter ikke er en teknologi, der igennem sin introduktion går ind og direkte påvirker de magthierarkier, der i forvejen er til stede på arbejdspladsen.

4.6. Dualitetsprincippet og det kategoriske imperativ

Dualitetsprincippet og det kategoriske imperativ handler om to, overordnet set, meget lignende principper. Dualitetsprincippet kommer fra dydsetikken [50] og handler om, at man som person med magt over andre ikke bør misbruge sin magt til at implementere ting, fx teknologier, overfor de, man har magt over, hvis man ikke ville implementere de samme principper, teknologier eller forandringer overfor sig selv. Det kategoriske imperativ kommer fra pligtetikken [56] og siger, at ens handlinger bør være til eksempel for generel praksis i den forstand, at man skal ønske, at de handlinger, man selv gør, vil andre også gøre imod én selv eller hinanden. Vi har set på, om interviewpersonerne i de tre brancher havde nogle overvejelser omkring disse, lidt abstrakte, principper i forhold til exoskeletterne.

På *lageret* er disse etiske principper generelt ikke noget, der kommer meget ind i ledernes eller medarbejdernes fortællinger. Én leder fortæller dog, at han ikke selv kan lide at få trukket nye initiativer, som fx exoskeletter, ned over hovedet uden at blive forberedt. Derfor synes han, at det er på sin plads at informere medarbejderne forud for implementeringen. Omvendt er hverken han, eller de andre ledere vi har interviewet, tilbageholdene med at sige til medarbejderne, at de skal anvende exoskeletterne. Også selvom de synes, det er irriterende eller ikke fungerer særligt godt.

Det er de meget åbne omkring. På sin vis er det således lidt det omvendte af det kategoriske imperativ, der er på spil her. Og det kan pege på, at man på lageret bør gøre sig nogle overvejelser om, hvordan man implementerer nye teknologier, fordi det etisk set ikke er så velovervejet.

Det er heller ikke fordi hverken *murerne* eller *tømrerne* har de store overvejelser af denne karakter. Om exoskeletterne fortæller *murerne*, at hvis de skulle tale om dem til andre, så er det et hjælpemiddel der kan aflaste ryggen. Så det kan på mange måder være godt for andre også. En af murerne beskriver, at han som arbejdsmiljørepræsentant er nødt til at gå foran med et godt eksempel og rent faktisk anvende exoskelettet, fordi han er nødt til at sætte et eksemplet for de andre.

'Ja, det kræver lidt af mig, for jeg er jo nødt til at vælge, jeg er jo nødt til at, specielt når vi går på de store pladser, hvor der går andre murere også jo, så er jeg jo nødt til at, jeg kan jo ikke stå og vælge de nemme løsninger hver gang, jeg er jo nødt til at faktisk, hvad kan man sige, fremstå som et godt eksempel og lave de rigtige, den rigtige måde at gøre tingene, den rigtige arbejdsgang, kan man sige, ikk og. Så folk kan se, okay, det kunne godt være vi skulle gøre det sådan ikk. Altså jeg kan jo ikke springe over og lade være med at, altså hvad kan man sige, jeg er jo nødt til at gøre det på den rigtige måde.'

(Arbejdsmiljørepræsentant, murer)

Videre taler arbejdsmiljørepræsentanten om, at dette for eksempel også handler om at anvende og afprøve exoskeletterne, som de har forpligtet sig på, selvom de ikke umiddelbart passer så godt på arbejdsopgaverne. På den måde søger han, at leve op til dualitetsprincippet ved at udsætte sig selv for den samme teknologianvendelse, som kollegerne skal.

Tømrerne beskriver primært, at det vil være godt at dele viden omkring exoskeletterne med andre tømre og andre faggrupper, som kunne have hjælp af dem. Dette er et aspekt af det kategoriske imperativ i den forstand, at tømrerne ønsker, at andre skal kunne have gavn af denne teknologi på linje med dem selv. I øvrigt er der hverken nogle af murerne eller tømrerne, der beskriver, at de er blevet tvunget til at gå med exoskeletterne. Deres ledere har i en række tilfælde forsøgt at understøtte, at exoskeletterne blev anvendt, men det er ikke blevet gennemtruffet af lederne, som på lageret.

4.7. Fordele, succes og direkte effekter af exoskeletterne

Fordele og ulemper er måske nogle af de mest klassiske eksempler på overvejelser, som både virksomheder, ledere og medarbejdere generelt gør sig, når det kommer til implementeringen af nye teknologier. Men det er faktisk også centrale aspekter i den nytteetiske tænkning, der fokuserer på, at den 'gode' gerning eller handling kan identificeres ved at opgøre fordele og ulemper og stille dem overfor hinanden og tage sine beslutninger ud fra summen af disse [57]. At beskrive fordele og ulemper er også centralt i andre etiske overvejelser om teknologi i arbejdet, som Orlikowski beskriver som 'direkte og indirekte' effekter [36] og som Edwards og Ramirez diskuterer i forbindelse med teknologiers succes eller manglende succes i implementeringen [35]. Samtlige interviews er analyseret for både exoskeletternes succes, fordele og de direkte effekter af anvendelsen. Disse perspektiver er sammenskrevet i det følgende. I næste afsnit kommer så ulemper og manglende succes.

På *lageret* beskriver medarbejderne blandede oplevelser med anvendelse af exoskeletterne. Der hvor de særligt oplever, at exoskeletterne er en fordel, er i det helt tunge arbejde, hvor de løfter og pakker kød, mælk og andre tunge kasser. Her hjælper exoskeletterne på flere måder:

Interviewer: 'hjælper det med rygsmerter?'

Lagermedarbejder 3: 'nej'

Interviewer: 'havde du ondt før?'

Lagermedarbejder 3: 'nej. Nogle gange, hvis jeg arbejder mere end 12 timer. Så har jeg lidt ondt i ryggen, men med hvile har jeg ingen smerter'

Interviewer: 'tror I på, at exo vil mindske smerter på den lange bane?'

Lagermedarbejder 3: 'Helt sikkert. Fordi noget retter den position du arbejder i, helt sikkert'

Lagermedarbejder 4: 'Ja. Jeg tror det er bedre for kød afdelingen, for eksempel det er bedre for tunge kasser [...]. Det er kun vigtigt for kød-afdelingen, tror jeg. Nogle kasser er meget, meget tunge.'

Interviewer: og exo vil hjælpe med det?'

Lagermedarbejder 3: 'Ja, præcis, ja.'

Interviewer: 'hvad hjælper det med?'

Lagermedarbejder 4: 'ja, fordi – for eksempel jeg skal klare mit target, jeg skal være hurtig, to eller tre kasser for eksempel. Jeg er nødt til at tænke på mit target og holde øje med target, fordi'

Lagermedarbejder 3: 'Vi kan løfte flere kasser nu med exoskelettet'

Lagermedarbejder 4: 'ja, fordi'

Interviewer: 'I kan løfte flere kasser?'

Lagermedarbejder 4: JA! Se på skærmen, fordi jeg skal klare mit target'

(Fokusgruppeinterview, lager, oversat fra engelsk)

En vigtig fordel, som de fleste af medarbejderne også beskriver er, at exoskelettet var nemt at tage på og indstille til flere eller færre kilo i støtte. Det hjælper også medarbejderne til at korrigere deres position, når de arbejder med de tunge kasser, der er fysisk hårde at håndtere. Samtlige medarbejdere er enige om, at de ser det som en fordel, at man i dette tunge arbejde kan håndtere flere kasser samtidig og således nemmere nå target. En enkelt af medarbejderne fortæller, at han bliver mindre træt i ryggen, når han anvender exoskelettet. Men generelt er det ikke direkte sådan, at medarbejderne beskriver, at exoskelettet letter deres fysiske anstrengelse i arbejdet.

Lederne på lageret beskriver, at exoskeletterne er særligt interessante, når man tænker dem i et perspektiv, hvor den ikke bruges alle steder, men anvendes der hvor den bringer værdi. Det er særligt i forhold til det stationære arbejde som kødvejning, kødpluk, mælk og andre tunge løft og labeling. Opgaver, hvor man ikke går meget rundt, men står og løfter og sætter labels på varer. Lederne beskriver, at exoskelettet beskytter den nedre ryg rigtig godt og hjælper med at gøre jobbet for medarbejderne. Det er særligt godt for medarbejderne under tunge løft, hvor exoskelettet holder medarbejderne i en position, hvor de ikke kan lave så mange vrid. Exoskelettet beskrives også af lederne som en måde at gøre noget, der er sjovt for medarbejderne og lave noget udviklende. Samtidig med at det kan skåne medarbejdernes ryg. Lederne beskriver endvidere, at exoskelettet er et meget fleksibelt udstyr til forskel fra andre fastmonterede typer af hjælpemidler. Lederne beskriver også, at medarbejderne heller ikke har plukket langsommere end de ellers ville gøre, hvilket er en fordel. Den ene leder beskriver faktisk, at medarbejderne har været hurtigere med exoskeletterne på. Det hænger jo udmærket sammen, hvis de kan løfte mange flere kasser ad gangen.

Hos *murerne* er oplevelserne med anvendelse af exoskeletterne mere entydig. De kan anvendes på lange lige flugter, hvor man arbejder fra murerplatformen og bare skal arbejde ligeud i lang tid. Imidlertid kun hvis man ikke er nedsunket i forhold til materialerne på platformen – hvilket ikke

er så ofte. Som vi vil se i næste afsnit omkring ulemper, så er murernes oplevelse i langt højere grad, at exoskeletterne er til gene under arbejdet. Kun få af de interviewede murere beskrev at exoskelettet nogle gange kunne aflaste ryggen lidt, men generne oversteg generelt dette. Murernes ledere afspejler generelt deres medarbejderes holdninger til exoskeletterne. Én fortæller at han kendte nogle murere, der havde gode erfaringer med exoskeletter, men det var til skuldrene, ikke til ryggen, som denne intervention testede til skalmuring.

Tømrerne beskriver generelt exoskeletterne til skulderen i meget positive vendinger. Som én beskriver:

Interviewer: 'lad os gå over til de her exoskeletter, hvad, hvordan blev I introduceret til dem?'

Tømrer: 'Det var jo Jannick (pseudonym), der kom med et nye projekt, de var blevet taget fat i af Hilti, tror jeg. Om vi ville være sådan lidt, om det var noget, vi ville have på prøve, øhm ... i form af om vi skulle købe nogle af dem, og vi er jo så glade for dem, der er jo både murer og det var faktisk alle faggrupper, der prøvede dem, tror jeg.'

Interviewer: 'Mh...'

Tømrer: 'Og [...] det fik han igennem, at det kom på prøve og så var det egentlig meget godt. Og bare den anden dag, der havde jeg det nye på hele dagen, og så tog jeg den af den sidste halve time og så blev jeg bare øm med det samme i skulderen, det syrede bare til, altså det var vildt, der var så stor forskel, der havde jeg faktisk haft det på hele dagen. Det var første gang jeg havde det på en hel dag af gangen, tror jeg.'

(Fokusgruppeinterview, tømrer)

Det er lidt forskelligt, om tømrerne mener at exoskelettet faktisk gør det muligt for dem at arbejde hurtigere på akkorden, eller om det blot er virkelig godt til at hjælpe på træthed, fysisk anstrengelse og smerte. De beskriver generelt, at når man har en masse arbejde over skulderhøjde, fx når man skruer lofter, sætter lamper op mv. De beskriver også, at det er virkelig godt, at exoskelettet har mange justeringsmuligheder. Flere tømrere beskriver, at man lige skulle vænne sig til både justeringsmulighederne og til at gå med exoskelettet. Men når den del var på plads - ville alle gå med det. Nogen af tømrerne beskriver, som ovenstående citat også viser, at exoskelettet var så godt, at de slet ikke ville undvære det til arbejdsopgaver over skulderhøjde igen.

4.8. Ulemper og uintenderede effekter

I forhold til ulemper beskriver *lagerarbejderne* primært en række begrænsninger i forhold til anvendeligheden af exoskeletterne. Som beskrevet virker exoskeletterne godt for kød og andre tunge varer. Men det er ikke det, der er mest af. Til samtlige andre arbejdsopgaver virker exoskeletterne ikke, beskriver medarbejderne. Her gjorde exoskeletterne også at medarbejderne følte sig mere låste i kroppen og det giver stress, når man skal nå target. Flere beskrev også, at man skal klikke rundt på knapper og justere. Nogle beskriver endvidere, at exoskelettet kan give ondt ved hoften. På den anden side synes flere godt, at man kunne anvende det, hvis der ikke var target. Men det er jo ikke tilfældet.

Lederne på lageret understøtter primært disse beskrivelser. Flere af dem havde forventninger om, at det ville være nemmere og mere effektivt at anvende. Men der er simpelthen for mange lette ting at løfte, hvor medarbejderne ikke rigtig har glæde af exoskelettet. Altså ud over de afdelinger, som blev nævnt under fordele i forrige afsnit. Flere ledere har også oplevet at medarbejdere brokker sig over bevægeligheden og tempoet under arbejdet i de områder, hvor der er lettere løft.

Murerne har relativt mange oplevelser med exoskeletterne, som de ikke finder særligt favorable.

Exoskelettet kan sommetider sidde fast i forskellige ting på byggepladsen, fx hvis man kører vogn eller trillebør. Der er også risiko for, at det kan hænge fast i stilladset og andre ting.

Foruden disse udfordringer, er der også en række problemer med oplevelsen af at have exoskelettet på kroppen. Her beskriver murerne at exoskelettet kan skurre på overkroppen og give en følelse af, at man skal trykke exoskelettet ned med mavemusklerne, så man både får ondt i lænden og i brystet. Flere murere beskriver faktisk, at de bliver mere belastede med exoskelettet end uden. For én gik det så vidt, at han oplevede at hans smerter i kroppen blev forværret af exoskelettet:

Murer: 'jeg havde smerter sådan lidt on off, ikke, altså kæmper meget med mit ben nu, men mit lår og min balle kommer og går meget, og da jeg fik exoskelettet på gik det helt amok, der gik det også op ad ryggen, så det måtte jeg rive af igen. Opgav simpelthen at bruge det, fordi hver gang jeg fik det på, gik det helt amok, så det har jeg kæmpet lidt med det sidste års tid'

Interviewer: 'okay så det forværede både de eksisterende smerter og gav nye?'

Murer: 'ja, de var lige gået væk, det var lige blevet godt, så gik der, havde jeg det på i 3 timer eller sådan noget, så måtte jeg simpelthen flå det af igen, og der gik jeg altså resten af dagen, før det holdt op, først sidst på dagen det holdt op med at gøre ondt i kroppen, så jeg ved ikke, om det var fordi jeg skulle svinge mig forbi et eller andet hele tiden, men det gjorde i hvert fald ondt.'

(Fokusgruppeinterview, murer)

Selvom der blot er enkelte murere, der oplevede at exoskelettet decideret forværrede smerter, tror murerne generelt set ikke rigtig på, at exoskelettet til lænderyggen kan hjælpe med den fysiske anstrengelse eller de smerter de har. Dertil kommer, at murerens arbejde, lidt ligesom på lageret, er ret forskelligt, afvekslende, og så duer det bare ikke rigtigt. Når exoskelettet primært er godt til de lange flugter under særlige forhold, så er det bare ikke ret hensigtsmæssigt i den form, det er blevet testet i dette forsøg. Ligesom ved fordele, så er murerens ledere meget enige i disse betragtninger.

Hos **tømrerne** beskrives det primært, at ulemper ved skulder-exoskelettet kan være, at man på nogle tidspunkter ikke har så mange arbejdsopgaver over skulderhøjde, og der giver det ikke rigtig mening at bruge. Det kan også være lidt belastende at gå med, hvis man så er imellem opgaver over hovedhøjde. Desuden kan det være en udfordring at gå med, hvis man fx har en lang jakke på. Dertil fortæller flere tømrere, ligesom murerne, at man kan sidde fast i ting på byggepladsen og at det er noget, man skal være opmærksom på. Den sidste ting som enkelte tømrere fortæller er, at exoskelettet nogle gange kan mangle lidt støtte i nogle af yderpositionerne, hvis man fx skal række langt eller højt. Der kunne de godt tænke sig, at exoskelettet blev udviklet lidt mere.

Formålet med exoskeletterne, delvist for de deltagende virksomheder og i høj grad for forskningsprojektet, har blandt andet været at reducere den fysiske anstrengelse, træthed og potentielt modvirke smerter og fysisk nedslidning. Det er dog en stor ulempe, at exoskelettet blot indgår som en del af de organisatoriske praksisser, der presser medarbejderne til at levere mere og arbejde hurtigere. Exoskeletterne alene ser ikke ud til, at kunne ændre effekten af target eller kravene om at arbejde hurtigt på akkorden.

4.9. Appetitter

Appetitter handler om de måder, hvorpå teknologierne skaber nye muligheder, der ikke ligger direkte i selve teknologien eller i implementeringen. Appetitter handler fx om at kigge på, hvilke nye ideer, funktioner eller muligheder, der opstår i sammenhæng med implementeringen af teknologien. Dette kan være vigtigt, fordi det er med til at muliggøre overvejelser om eventuelle kommende muligheder og risici, teknologien vil kunne medføre.

På *lageret* er medarbejderne positive overfor, at selvom de ikke oplever en entydig positiv effekt af exoskeletterne, så er der mulighed for at exoskeletter i fremtiden vil kunne hjælpe dem. Igen er det dog primært igen ud fra en ide om, at exoskeletterne muliggør øget løftemængde. Da vi spørger en tillidsvalgt om exoskeletterne er svære at acceptere som medarbejder, svarer vedkommende således:

Tillidsvalgt: *'Nej, det tror jeg ikke. Hvis de kan mærke at de får det nemmere ved at arbejde og de skåner deres krop, så tror jeg... Det er en af de nemme at acceptere, tror jeg. Det tror jeg. Det eneste... min frygt med den det er bare... ja nu bliver det nemmere at løfte, jamen så kan vi tage to kasser i stedet for kun én kasse. Altså. Eller 3 kasser i stedet for én kasse. Og det synes jeg, det er en skæv retning at gå i, selvom det bliver nemmere, ikke også. Altså fordi tidligere, der havde vi 20 kg i kasserne. Men så lige pludseligt, så blev reglerne ændret, så nu må der kun være 12 kg i kasserne. Så har vi fået alle kasserne justeret ned, så nu er der kun under 12 kg i kasserne, var jeg lige ved at sige. Men trods det, så nogen af dem, så kan de godt tage 2 kasser eller 3 kasser jo.'*

Interviewer: *'Det har jeg i hvert fald set ude på lageret.'*

Tillidsvalgt: *'Ja. Og... og... ja. Jeg har forsøgt at snakke, altså, men det er jo simpelthen som at snakke til en dør. For som jeg siger til dem "prøv at hør, hvis du får en arbejdsskade på det der? Den er svær at vinde. Fordi du selv har dummet dig". Ikke også?'*

Interviewer: *'Hvorfor tror du de gør det?'*

Tillidsvalgt: *'Fordi de er pressede af, hvor mange kollis de skal pakke.'*

(Tillidsvalgt, lager)

Hos lederne på lageret er der endnu større forhåbninger til muligheder for, at der vil komme mere smart udstyr. Selvom lederne deler medarbejdernes opfattelse af, at exoskelettet ikke virker til alle arbejdsopgaver, beskriver flere, at det primært er et spørgsmål om tid, før de er udviklet i en grad,

så de virkelig bliver anvendelige. Lederne ser også potentialer i at trække exoskelet-udviklingen i en endnu mere automatiseret retning:

Interviewer: 'Ja, og du nævnte også noget om robotter?'

Leder: 'Ja, robotter er en anden ting. Jeg vil sige, at robotter helt klart kan erstatte et menneske på mange områder og alt muligt andet, men øh... for at være ærlig, ville jeg ikke endnu stole på, at alt, hvad vi håndterer i lageret, kan overlades til robotter. For eksempel, Fersk-plukning, vi er det eneste lager i hele [virksomhed], der har det, ingen andre har det. Og det er en kompleks ting, ret kompleks. Alt det, du modtager, bliver sendt ud samme dag som det friskeste, produceret samme dag, stort set. Og det er et ret komplekst system, og selvom det er effektivt og en produktiv metode, tror jeg stadig, at... ja, visse robotter ikke helt ville kunne følge med den hastighed, vi arbejder i. Os mennesker handler om orientering og identificering af problemer, du ved, og robotter er programmeret til at udføre de daglige rutineopgaver, som er monotone ting, du gør, og det er det, vi skal lære robotterne at håndtere.'

(Leder, lager, oversat fra engelsk)

Lagerarbejdet er i forvejen arbejde, hvor mange processer er automatiserede, standardiserede og optimerede. Fx i forbindelse med kommunikationen af rækkefølge og påfyldning af kollis, som jo foregår via computeren og kommunikerer til den enkelte medarbejder i headsettet. Generelt taler lederne i forbindelse med exoskeletterne en del om at kunne automatisere flere arbejdsopgaver og om, hvordan det er en løbende proces. Én leder fortæller i denne forbindelse også om, hvordan man på en af virksomhedens kølefabrikker allerede har fået maskiner, der selv kan pakke og plukke – robotter. Det næste kunne så være, at disse robotter kørte selv og også wrapper pallerne i plastikfilm.

Hos både *murerne* og *tømrerne* er associationen fra exoskelet og til robotter også nærliggende:

Interviewer: 'Du var lidt inde på det, lige før, der var du lidt inde på, hvad I havde forventet, at det var. Kan I sige mere om, hvad I havde forventet, at exoskelettet kunne?'

Murer 1: 'vi havde snakket, jeg tror vi havde forventet, at det også var noget, der gik ud og støttede af på armene, ikke'

Murer 2: 'jaer jeg troede ikke kun det var ryg, jeg troede det var skulder også, ikke altså og så ryggen ikke, så det var en helhed til os, men det er jo kun det halve, fordi du får lige så ondt i skulderen på et tidspunkt jo.'

Murer 1: 'ja det gør ingen forskel, det støtter kun på ryggen.'

Murer 2: 'så jeg havde håbet lidt på, at det var det hele, fordi der er jo også mange andre, der har ondt i skuldrene, og det kan man jo godt mærke, sådan en god dag der, hvor man har lagt flere tusinde sten nærmest, ikke, der er du træt altså. Så noget, der tog det hele, det kunne være dejligt. Lidt en Ironman dragt, det er ikke engang løgn, havde den været opfundet, så havde det været perfekt, ikke.'

(Fokusgruppeinterview, murere)

Forestillingerne om, at exoskeletterne kunne udvikles til at overtage alt det fysisk anstrengende arbejde, er meget hurtigt det, medarbejdere og ledere på tværs af de tre faggrupper kommer til at tænke på, når de overvejer fremtidspotentialerne i exoskeletterne. Der er således masser af ideer om, hvordan man kunne forbedre komforten, hvilke områder og muskler som exoskelettet støtter, lade det være en robot, der selv kan gøre arbejdet eller gøre det til en avatar, som man kan styres fra en computer. Enkelte murere taler om, at de egentlig ikke kan forestille sig, at de vil kunne lægge flere sten med exoskeletterne, men at det nok er noget, som virksomheden forestiller sig. Der er altså en appetit for øget hastighed også. En enkelt af murerne taler om, at han faktisk synes det er lidt ærgerligt, at det gammeldags håndværksarbejde udfordres med automatisering og robotisering, men det er som beskrevet kun én enkelt. Murerne taler meget i samme retning som murerne selv.

Interviewer: 'Ja, ja. Hvordan, nu kom vi ind på de her exo-skeletter, hvad ser du af potentiale for de her skeletter?'

Leder: 'Jamen jeg tror, at der er et kæmpe potentiale, for jeg tror, nu kigger vi på robotter og sådan noget, og det er jo ikke kun pga. og spare på mandekraften, det er jo ligeså meget at spare på nedslidning. Og hvis vi kan have nogle dygtige mennesker, det er jo ikke alt vi kan lave med robotter, hvis vi kan have nogle dygtige mennesker, der ikke slides så hårdt, jamen så har vi også nogle, der måske kan bliver lidt længere, og som kan have en større arbejdsglæde, og vi kan måske begynde og, ja, det ved jeg ikke, lave en kombination af de to ting? Jeg synes jo, at det er ærgerligt, hvis murerfaget det skal glemmes i håndværket. Og hvis vi kan komme dertil, hvor man egentlig ikke bliver nedslidt som håndværker, jamen så bliver det måske også mere attraktivt at komme på arbejde. Så har vi ikke de håndværkmangler mere, som vi har... Der er mange led i det.'

(Leder, murer)

Enkelte af lederne diskuterer, hvordan man bør afhjælpe den fysiske belastning i arbejdet.

Exoskelettet åbner en diskussion om, når arbejdet er hårdt, skal vi så give folkene et exoskelet og få dem til at løfte 90 kg. Eller skal vi få nogle andre tekniske hjælpemidler i stedet for bare at bygge på manden til at kunne gøre mere? Hvilken retning skal vi gå?

Dette åbner op for en spændende diskussion om exoskelettet skal anses for at være et teknisk hjælpemiddel eller et personligt værnemiddel. Nogle af lederne taler også om, hvordan exoskeletterne og kommende robotisering af murerfaget vil kunne gøre arbejdet hurtigere. På den måde bekræftes murerenes egne overvejelser i forhold til dette.

Tømrernes beskrivelser af, hvordan fremtiden med exoskeletter vil se ud, er meget på linje med det murerne beskriver. I et interview fremhæver nogle tømrere dog, at der kan være udfordringer med at have selvkørende robotter til at bevæge sig rundt ude på byggepladsen. Både i forhold til sikkerhed og fremkommelighed. Tømrernes generelt positive opfattelse af exoskeletterne skinner også igennem, når vi spørger dem, hvordan de vil reagere, hvis de ser andre gå rundt med exoskeletter på en byggeplads:

Interviewer: *Nej, hvis I kom til et nyt sted, og I var nye, og dem, der i forvejen var der og arbejdede, de gik rundt med exoskeletterne? Hvad ville jeres tanker være så?*

Tømrer 1: *'Håb.'*

Interviewer: *'Håb?'*

Tømrer 1: *'Håb om en god arbejdsplads, fordi der er sådan nogle ting på plads.'*

Tømrer 2: *'Ja, når de også brugte tid på det og penge på det.'*

Tømrer 1: *'Ja, det ville signalere for mig, at det ikke er prisen på udstyret, der gør, hvad man har på, men at man har det på, der skal bruges. Det ville jeg forestille mig, ville være et godt billede. Jeg har da haft nogle, der har gået herude på cykelstien, når jeg har gået og lavet lejligheden herhenne af, så har de stillet sig op, som om jeg nærmest var en abe eller sådan noget, der gik rundt inde i et bur. Så har de stået sådan her ved hegnet og stået og kigget, fordi jeg går jo rundt med maske og alt muligt, jeg ligner næsten en halv robot, ikk ogs. Og det kan man se, altså de snakker, når de ser det, at man går rundt med sådan noget der. Og jeg da også blevet spurgt af alle lige i starten: "Hvad er det der, du går rundt med på ryggen?" Og så forklarer man det jo, jeg har egentlig også sagt det til elektrikerne, og jeg gik over og sagde det til – ja, jeg kan ikke huske, hvad han hedder, ham, der ligesom løber rundt og leger præsident for dem?'*

(Fokusgruppeinterview, tømrere)

Tømrernes ledere fortæller også om robotmetaforene og forestiller sig, at maskiner generelt vil kunne overtage mange arbejdsopgaver for håndværkere over tid. Dertil peger de på, at der er nogle nye overvejelser, der må gøres, når man således taler om exoskeletter i arbejdet.

Interviewer: 'tror du der er en fremtid i de her exoskeletter?'

Formand: 'det tror jeg bestemt, der er. Det er jeg faktisk ikke i tvivl om, ud fra det jeg har hørt, dem melde tilbage, de 4 her.'

Interviewer: 'Og hvordan ser du det, at det kan foregå i praksis, hvordan ...? [...]'

Formand: 'jeg tror hvis man skal gøre noget, så godt jeg kender folk, fordi folk netop er almindeligvis bare springer over, hvor gærdet er lavest... Så tror jeg, det er noget, man skal indføre som lov, at man skal bruge ganske enkelt. Altså det er lovkrav, at man gør sådan. Lige så vel, som du skal have maske på, hvis du står og skær med et eller andet, eller høreværn på for den sags skyld, for at beskytte dine ører. Så skal man indføre det, for at beskytte bevægeapparatet. For ellers så tror jeg, det ville være noget, hvor folk siger, ej puh det er besværligt, det gider jeg ikke. Det kender jeg folk godt nok til.'

(Tømrerformand)

På denne måde taler tømrerlederen ind i en diskussion omkring exoskeletters rolle og status, samt hvordan de på sigt skal anvendes. Generelt ser både medarbejdere og ledere således gode potentialer og mange fremtidspotentialer i exoskeletterne. Vi slutter analysen af med et citat fra den samme formand, der meget godt rammesætter hele exoskelet-perspektivet.

Interviewer: 'John, i forhold til nye teknologier i branchen... Ser du en eller anden overordnet tendens eller hvad tænker du, der sker på det område?'

Formand: 'Jeg synes jeg kan se, teknologimæssigt, kan man jo godt se, der sker en hel masse ting i øjeblikket, både med robotter og ting og sager. Jeg kan se i forbindelse med, at vi skulle lave de her huller nede i lofterne, der fik vi jo lavet de her to manuelle maskiner. Man fandt faktisk ud af, der fandtes robotter til at lave det samme arbejde. Så jeg er slet ikke i tvivl om, at teknologien, den stikker sgu af i øjeblikket, der er virkelig, virkelig gang i det, ikke.'

Interviewer: 'Tænker du, der er nogle sådan grænser for, hvad man skal bruge teknologi til?'

Formand: 'Næ det synes jeg sgu ikke, altså hvis det giver mening rent selvfølgelig er der noget økonomi, man skal holde op imod det, man får ud i den sidste ende, ikke, det vil der jo altid være. Så jeg tænker ikke, at der er nogle grænser for i princippet, så længe de ting hænger sammen.'

(Tømrerformand)

4.10. Opsamling på analyse

Analysen er baseret på den etiske begrebsramme og viser en række vigtige faktorer for, hvordan exoskeletter implementeres i lagerarbejde samt murer- og tømrerarbejde. Centralt i analysen står særligt to nøgleperspektiver: 1) målstyringen, og 2) organiseringen, hierarkiseringen og medarbejdernes mulighed for at få indflydelse i de to typer organisationer, dvs. lager og akkordsjak.

Målstyringen er i begge typer organisationer med til at understøtte et pres på effektivitet og højt fysisk aktivitetsniveau for medarbejderne. Det ser dog ud til, at implementeringen af exoskeletter i lagerarbejde i højere grad indgår i det, der kan kaldes 'den ergonomiske fælde'. Her føler medarbejderne sig i udstrakt grad nødsaget til, at anvende teknologien til at løfte flere kasser, hvilket faktisk øger den fysiske belastning i arbejdet frem for at reducere den.

For at forstå dette på et lidt bredere niveau, er der især tre karakteristika der har betydning for en vellykket implementering af exoskeletter til forbedring af arbejdsmiljøet, som er beskrevet i nedenstående:

- 1) Anvendeligheden i forhold til opgaven
- 2) Medarbejdernes indflydelse
- 3) Mulighed for at tage hånd om sig selv igennem anvendelsen af teknologien

Når vi ser på de tre forskellige kontekster i forhold til deres formål med at implementere exoskeletterne, ser det i højere grad ud til at lykkes inden for tømrerarbejdet. Dette skyldes en række forskellige ting. Exoskelettet passer rigtig godt til det arbejde tømrerne udfører. Det er loftarbejde, hvor exoskelettet understøtter arbejdsprocessen meget direkte på de muskler, der er belastede af arbejdsprocessen. Desuden oplever tømrerne, at de kan arbejde lige så godt eller bedre med exoskeletterne i den specifikke arbejdsopgave, end de kunne uden. De oplever heller ikke at

miste produktivitet, hvilket er vigtigt for deres accept og anvendelse af skelettet. Det er således sandsynligt, at tømrerne, ved at anvende exoskeletter, kan opnå en forbedring på deres formål om at reducere den fysiske anstrengelse, undgå nedslidning og smerter samt både at fastholde arbejdskraft og produktivitet.

Hos murerne er dette mere tvivlsomt. De er for så vidt i samme situation som tømrerne, og med gode muligheder for både indflydelse og implementering af exoskeletterne. Men de afprøvede exoskeletter fungerer bare ikke særligt godt i deres konkrete arbejdsproces. I en række tilfælde virker den nærmest til at gøre deres arbejde mere belastende. Derfor kan det nok ikke anbefales at anvende denne type af lænderygs-exoskeletter til skalmuring.

På lageret er der gode muligheder for at optimere produktiviteten ved at implementere exoskeletter i de specifikke afdelinger, hvor der arbejdes med tungere varer. Det er dog yderst tvivlsomt, om dette vil føre til reduktion i sygefravær, mindske den fysiske belastning i arbejdet eller bidrage til, at der passes bedre på medarbejderne. Dette skyldes at medarbejderne på lageret er så stærkt optagede af at leve op til target, at de ansføres til at løfte flere varer i stedet for at reducere anstrengelsen, som følge af implementeringen af exoskeletterne. Lederne ansører i vores interview ikke dette direkte, men deres opmærksomhed er også rettet meget specifikt imod optimering af produktiviteten og det fremgår ikke klart, om eller hvordan de har intentioner om at forhindre medarbejderne i at øge belastningen ved at løfte mere.

At øge produktivitet er i sig selv ikke noget negativt formål. Det kan være rigtig udmærket og være med til at sikre virksomhedens overlevelse og konkurrencedygtighed på et internationalt marked. Hvilket gælder både inden for lagerarbejdet, murer- og tømrerarbejdet. Men det er væsentligt at huske, når vi taler etik og arbejdsmiljø, at de arbejdsmiljømæssige og menneskelige konsekvenser er det mest centrale. Her ser det således ud til primært at være i tømrerarbejdet, at der kan være nogle positive effekter at hente.

I forhold til medarbejdernes indflydelse, fremhæves det flere gange som væsentligt, at tømrerne og murerne – på trods af udfordringerne ved akkordarbejde – har indflydelse på, om og hvordan de vil anvende exoskeletterne. Ligeledes har det en betydning, at de primært har til formål at tage hånd om deres eget helbred, når de anvender og afprøver teknologien. De har større indflydelse på anvendelsen, og de har generelt set ikke en oplevelse af, at de skal gøre det for at optimere virksomhedernes indtjening på deres arbejde. Når exoskeletterne således også kan betale sig at

anvende for tømrerne, så er det deres egen beslutning, om de vil anvende dem til at arbejde hurtigere og måske tjene flere penge på akkorden – hvilket ingen af dem egentlig nævner som en plan. Men beslutningen ligger hos dem. Til forskel herfra er det ikke i samme grad op til lagermedarbejderne. De har mindre indflydelse som vist igennem analysen, og de har en opfattelse af at et meget centralt formål er at tage bedre hånd om virksomhedens indtjening. Når de har haft negative oplevelser med exoskeletterne, har de også primært fået at vide, at de bare skulle vende sig til dem. Lagerarbejderne har heller ikke en oplevelse af, at kunne omsætte den mulige øgede produktivitet med exoskeletterne til deres egen fordel. De kan muligvis bare undgå at falde længere ned på target og få negative påtaler fra lederne. Således kan vi ikke forvente at se nogle positive udviklinger i arbejdsmiljøet på lageret, som følge af den organisering som exoskeletterne indgår i. Exoskeletterne ser ellers ud til at passe rigtig godt til dele af arbejdsprocesserne.

5.0. Konklusion og erfaringer

Dette feltstudie har haft til formål at undersøge effekten af exoskeletter på tværs af forskellige faggrupper og at vurdere deres potentiale og begrænsninger i arbejdsmæssige kontekster. Gennem projektet er der opnået værdifuld indsigt i, hvordan exoskeletter påvirker medarbejderne og deres arbejdsmiljø. Resultaterne viser, at effekten af exoskeletter varierer markant afhængigt af arbejdsart og konteksten, hvori de anvendes. Konklusionen sammenfatter, i hvilket omfang projektets mål er blevet opfyldt, og hvilke erfaringer og læringspunkter der er opnået gennem arbejdet. Afslutningsvis fremhæves en række fokuspunkter, der bør inddrages i overvejelserne ved implementering af exoskeletter på arbejdspladser.

5.1. Erfaringer fra feltstudiet

For tømrerne viste exoskeletterne sig at have en positiv effekt. Vi så en mindsket belastning af muskulaturen omkring skulderne, og tømrere udtrykte også selv generelt ønske om at fortsætte brugen af teknologien, hvilket tyder på dets potentiale til at forbedre arbejdsforholdene i denne faggruppe. Dog så vi en øget muskelaktivitet i lænderyggen, hvilket man bør være opmærksom

på, når man arbejder med exoskeletterne over tid. Omvendt oplevede murerne ikke de samme fordele, og flere fandt teknologien hæmmende for deres arbejde. For lagerarbejdere blev der registreret en øget muskelbelastning ved den lette indstilling af exoskelettet, mens den tunge ikke viste nogen ændring. Disse resultater demonstrerer, hvordan projektets formål, om at identificere exoskelettets effekt på tværs af faggrupper, er blevet opfyldt. Samtidig understreger de indsamlede erfaringer nødvendigheden af grundig tilpasning og evaluering af teknologien i forhold til specifikke arbejdsopgaver og arbejdsmiljøer. Disse beskrives nærmere i det følgende afsnit.

5.2. Fokuspunkter for implementering

Projektets formål var blandt andet at udvikle branchespecifikke fokuspunkter for god implementering af exoskeletter. Gennem projektets arbejde er det dog blevet tydeligt, at mange af de samme opmærksomhedspunkter går igen på tværs af faggrupper. Erfaringerne viser, at en række generelle principper kan danne grundlag for en succesfuld implementering, uanset arbejds kontekst. For at sikre succesfuld implementering af exoskeletter anbefales følgende overvejelser ud fra projektets analyser og resultater:

1. Anvendeligheden i forhold til opgaven

Exoskelettets design og funktion skal matche arbejdsopgavernes karakter. Hver faggruppe har unikke behov og bevægelsesmønstre, som teknologien skal kunne understøtte for at være effektiv.

2. Medarbejdernes indflydelse

Involvering af medarbejderne i beslutningsprocessen er afgørende. Deres erfaringer og feedback kan bidrage til en bedre tilpasning af teknologien og sikre, at den bliver taget godt imod.

3. Mulighed for at tage hånd om sig selv gennem teknologien

Exoskeletter skal ikke kun reducere fysisk belastning, men også give medarbejderne en følelse af kontrol over deres arbejdsmiljø og sundhed. Teknologien bør ses som et hjælpemiddel, der støtter den enkelte arbejdsopgave.

4. Afsæt tid til tilvænning

Det er vigtigt, at der afsættes tilstrækkelig tid til, at medarbejderne kan tilvænne sig til brugen af exoskelettet. Medarbejderne bør modtage grundig instruktion i korrekt brug og indstilling, hvorefter en tilvænningsperiode på et par uger anbefales. I denne periode bør medarbejdernes oplevelser med brug og indstilling af exoskelettet løbende evalueres for at sikre, at teknologien fungerer efter hensigten.

5. Vær varsom med beslutninger baseret på laboratoriestudier

Forskning under kontrollerede laboratorieforhold afspejler ikke nødvendigvis virkeligheden på arbejdspladsen, hvor arbejdsopgaver ofte er mere komplekse og varierede. Derfor bør feltstudier vægtes højere, når beslutninger om implementering træffes.

Afsluttende bemærkninger

Sammenfattende viser studiet, at exoskeletter har potentiale til at forbedre det fysiske arbejdsmiljø blandt visse faggrupper, men succes kræver en nøje tilpasning til opgaven og en inddragelse af medarbejderne. Samtidig peger projektets erfaringer på nødvendigheden af fortsat udvikling af teknologien, med fokus på både effektivitet og praktisk anvendelighed i forskellige arbejdskontekster. Dette understreger vigtigheden af en kontekstafhængig tilgang, hvor erfaringerne fra dette projekt kan fungere som et udgangspunkt for fremtidige implementeringer og undersøgelser.

6.0. Perspektivering

Vores undersøgelse af exoskelettets effekt bidrager i høj grad til at mindske et betydeligt videnshul i den eksisterende litteratur. Hidtil har mange studier været baseret på laboratorieforsøg eller teoretiske modeller, mens der har manglet feltundersøgelser, der undersøger brugen af exoskeletter under reelle arbejdsforhold. Ved at inkludere forskellige jobgrupper i vores undersøgelse, giver vi en mere nuanceret forståelse af exoskelettets effekt, og hvordan medarbejderne tager imod dem i praksis, samt påvirkning i forskellige arbejdsmiljøer.

Et centralt fokus i vores undersøgelse er, hvordan exoskeletter påvirker kroppen under fysisk arbejde. Det er vigtigt at belyse, om belastningen mindskes eller flyttes til andre dele af kroppen i stedet for at blive reduceret samlet set. For eksempel kan en mindsket belastning på ryggen potentielt medføre øget belastning på skuldre, hvilket kan medføre nye problemer eller udfordringer for medarbejderne. Ved at analysere belastningsmønstre og kropslige reaktioner, kan vores undersøgelse bidrage til en bedre forståelse af disse dynamikker, og hjælpe med at optimere design og anvendelsesmuligheder af exoskeletter.

Derudover er det vigtigt med flere feltstudier, da resultater fra laboratoriestudier ikke altid kan overføres direkte til virkelige arbejdspladser, hvor forholdene ofte er langt mere varierede og hvor andre kontekstforhold gør sig gældende. Feltstudier giver mulighed for at undersøge, hvordan exoskeletter fungerer under skiftende og uforudsigelige forhold, som er typiske i mange brancher. Denne viden er afgørende for at kunne vurdere deres reelle effektivitet og anvendelighed.

I forlængelse af dette, kunne det ligeledes være relevant at undersøge de foreslåede fokuspunkter for implementering af exoskeletter nærmere. En sådan evaluering kunne give værdifuld indsigt i, hvordan de forskellige fokuspunkter fungerer i praksis og bidrage til at finjustere implementeringsstrategierne for at opnå den ønskede effekt.

Selvom vores undersøgelse giver vigtig indsigt, er der stadig mange ubesvarede spørgsmål, særligt i forhold til langtidseffekterne af at bruge exoskeletter. Der er behov for interventionsforskning, der undersøger, hvordan langvarig brug af exoskeletter påvirker medarbejdernes helbred, herunder effekten på kroniske smerter, eller evnen til at arbejde på trods af smerter og om de kan reducere sygefravær. Derudover er det vigtigt at vurdere, om exoskeletter har en målbar effekt på produktiviteten i forskellige brancher. Uden denne langsigtede viden kan det være svært at drage fuldt udbytte af potentialet ved exoskeletter.

Alt i alt bidrager vores undersøgelse til at udvide forståelsen af exoskeletters rolle i arbejdsmiljøet. Lager-, murer- og tømrerbrancherne i Danmark kan anvende forskningen direkte hvis man går med overvejelser omkring indkøb af exoskeletter, hvilket kan have en positiv effekt på arbejdspladserne ved at skabe et bedre arbejdsmiljø.

7.0. Efterskrift

Vi ønsker at takke Arbejdsmiljøforskningsfonden for støtte til projektet og for den udtalte tålmodighed og forståelse for ændringer i projektet, som Covid-19 pandemien har forårsaget. Desuden vil vi takke vores samarbejdspartnere for hjælp til rekruttering, branchespecifik sparring og støtte gennem hele projektet.

8.0. Referencer

1. Andersen, L.L., P.H. Jensen, and E. Sundstrup, *Barriers and opportunities for prolonging working life across different occupational groups: the SeniorWorkingLife study*. Eur J Public Health, 2020. **30**(2): p. 241-246.
2. Andersen, L.L., et al., *Dose-response relation between perceived physical exertion during healthcare work and risk of long-term sickness absence*. Scand J Work Environ Health, 2012. **38**(6): p. 582-9.
3. Lund, T., et al., *Physical work environment risk factors for long term sickness absence: prospective findings among a cohort of 5357 employees in Denmark*. Bmj, 2006. **332**(7539): p. 449-52.
4. Lund, T., L. Iversen, and K.B. Poulsen, *Work environment factors, health, lifestyle and marital status as predictors of job change and early retirement in physically heavy occupations*. Am J Ind Med, 2001. **40**(2): p. 161-9.
5. Ropponen, A., et al., *Physical work load and psychological stress of daily activities as predictors of disability pension due to musculoskeletal disorders*. Scand J Public Health, 2014. **42**(4): p. 370-6.
6. Sundstrup, E., et al., *Retrospectively assessed physical work environment during working life and risk of sickness absence and labour market exit among older workers*. Occup Environ Med, 2018. **75**(2): p. 114-123.
7. Weston, E.B., et al., *Biomechanical evaluation of exoskeleton use on loading of the lumbar spine*. Appl Ergon, 2018. **68**: p. 101-108.
8. Baltrusch, S.J., et al., *Perspectives of End Users on the Potential Use of Trunk Exoskeletons for People With Low-Back Pain: A Focus Group Study*. Hum Factors, 2020. **62**(3): p. 365-376.
9. Kermavnar, T., et al., *Effects of industrial back-support exoskeletons on body loading and user experience: an updated systematic review*. Ergonomics, 2021. **64**(6): p. 685-711.
10. Koopman, A.S., et al., *Effects of a passive back exoskeleton on the mechanical loading of the low-back during symmetric lifting*. J Biomech, 2020. **102**: p. 109486.
11. Madinei, S., et al., *Biomechanical Evaluation of Passive Back-Support Exoskeletons in a Precision Manual Assembly Task: "Expected" Effects on Trunk Muscle Activity, Perceived Exertion, and Task Performance*. Hum Factors, 2020. **62**(3): p. 441-457.
12. van Sluijs, R.M., et al., *Evaluation of the physiological benefits of a passive back-support exoskeleton during lifting and working in forward leaning postures*. J Biomech, 2023. **149**: p. 111489.
13. de Vries, A.W., F. Krause, and M.P. de Looze, *The effectivity of a passive arm support exoskeleton in reducing muscle activation and perceived exertion during plastering activities*. Ergonomics, 2021. **64**(6): p. 712-721.
14. Schmalz, T., et al., *Biomechanical and Metabolic Effectiveness of an Industrial Exoskeleton for Overhead Work*. Int J Environ Res Public Health, 2019. **16**(23).
15. Kong, Y.K., et al., *Efficacy of passive upper-limb exoskeletons in reducing musculoskeletal load associated with overhead tasks*. Appl Ergon, 2023. **109**: p. 103965.
16. Musso, M., A.S. Oliveira, and S. Bai, *Influence of an upper limb exoskeleton on muscle activity during various construction and manufacturing tasks*. Appl Ergon, 2024. **114**: p. 104158.
17. De Bock, S., et al., *An Occupational Shoulder Exoskeleton Reduces Muscle Activity and Fatigue During Overhead Work*. IEEE Trans Biomed Eng, 2022. **69**(10): p. 3008-3020.

18. van der Have, A., et al., *The Exo4Work shoulder exoskeleton effectively reduces muscle and joint loading during simulated occupational tasks above shoulder height*. *Applied Ergonomics*, 2022. **103**: p. 103800.
19. Baltrusch, S.J., et al., *SPEXOR passive spinal exoskeleton decreases metabolic cost during symmetric repetitive lifting*. *Eur J Appl Physiol*, 2020. **120**(2): p. 401-412.
20. Baltrusch, S.J., et al., *The effect of a passive trunk exoskeleton on metabolic costs during lifting and walking*. *Ergonomics*, 2019. **62**(7): p. 903-916.
21. Alabdulkarim, S., S. Kim, and M.A. Nussbaum, *Effects of exoskeleton design and precision requirements on physical demands and quality in a simulated overhead drilling task*. *Appl Ergon*, 2019. **80**: p. 136-145.
22. Baltrusch, S.J., et al., *The effect of a passive trunk exoskeleton on functional performance in healthy individuals*. *Appl Ergon*, 2018. **72**: p. 94-106.
23. Jakobsen, M.D., et al., *Is Borg's perceived exertion scale a useful indicator of muscular and cardiovascular load in blue-collar workers with lifting tasks? A cross-sectional workplace study*. *Eur J Appl Physiol*, 2014. **114**(2): p. 425-34.
24. De Bock, S., et al., *Passive Shoulder Exoskeletons: More Effective in the Lab Than in the Field?* *IEEE Trans Neural Syst Rehabil Eng*, 2021. **29**: p. 173-183.
25. Pentenga, H.M., et al., *The effects of working with a passive arm-support exoskeleton on objective and self-reported measures during field tasks - a randomised cross-over study*. *Ergonomics*, 2024: p. 1-17.
26. Arbejdstilsynet, *Baggrundsnotat om prioriteringen af muskel- og skeletbesvær*. 2007.
27. Andersen, L.L., et al., *Physical workload and risk of long-term sickness absence in the general working population and among blue-collar workers: prospective cohort study with register follow-up*. *Occup Environ Med*, 2016. **73**(4): p. 246-53.
28. Fitzgerald, S., et al., *Barriers to and facilitators of implementing complex workplace dietary interventions: process evaluation results of a cluster controlled trial*. *BMC Health Serv Res*, 2016. **16**: p. 139.
29. Ajslev, J., et al., *Arbejdsmiljømæssige udfordringer som følge af automatisering og digitalisering. En rapport om trends og tendenser med relevans for fremtidens arbejdsmarked*. 2019, Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø: København.
30. Bangor, A., P.T. Kortum, and J.T. Miller, *An Empirical Evaluation of the System Usability Scale*. *International Journal of Human-Computer Interaction*, 2008. **24**(6): p. 574-594.
31. Venkatesh, V. and H. Bala, *Technology Acceptance Model 3 and a Research Agenda on Interventions*. *Decision Sciences*, 2008. **39**(2): p. 273-315.
32. Venkatesh, V., et al., *User acceptance of information technology: Toward a unified view*. *MIS quarterly*, 2003: p. 425-478.
33. Brinkmann, S. and L. Tanggaard, *Kvalitative metoder : En grundbog*. Vol. 1. udg. 2010, København: Hans Reitzels Forlag.
34. Ajslev, J.Z.N., I.E.E. Nimb, and M. Friis Andersen, *In the name of safety - safety monitoring and the development of the Duty, Utility, Virtue framework for ethical consideration*. *Safety Science*, 2024. **173**: p. 106448.
35. Edwards, P. and P. Ramirez, *When should workers embrace or resist new technology?* *New Technology, Work and Employment*, 2016. **31**(2): p. 99-113.
36. Orlikowski, W.J., *The Duality of Technology: Rethinking the Concept of Technology in Organizations*. *Organization Science*, 1992. **3**(3): p. 398-427.

37. Barad, K., *Meeting the Universe Halfway: Quantum Physics and the Entanglement of Matter and Meaning*. Vol. 1. 2007: Duke University Press.
38. Grint, K. and S. Woolgar, *The Machine at Work: Technology, Work and Organization*. 2013: Wiley. 208.
39. Ajslev, J.Z.N., *Fordelingen af arbejdet i byggesjakket og muskel-og skeletbesv? r*. Skriftserie for Center For Arbejdslivsforskning (CAF), 2014: p. 1-71.
40. Ajslev, J.Z.N., *Muskel-og skeletbesvær i byggebranchen: en kortlægning af organisationsfaktorer samt individuelle holdninger og forståelser*. 2014.
41. Brandt, M., et al., *Influence of brick laying height on biomechanical load in masons: Cross-sectional field study with technical measurements*. Work, 2024(Preprint): p. 1-12.
42. Brandt, M., et al., *Effects of a Participatory Ergonomics Intervention With Wearable Technical Measurements of Physical Workload in the Construction Industry: Cluster Randomized Controlled Trial*. J Med Internet Res, 2018. **20**(12): p. e10272.
43. Ajslev, J.Z.N., et al., *Habituating pain: Questioning pain and physical strain as inextricable conditions in the construction industry*. Nordic journal of working life studies, 2013. **3**(3): p. 195-218.
44. Ajslev, J.Z.N., R. Persson, and L.L. Andersen, *Associations between wage system and risk factors for musculoskeletal disorders among construction workers*. Pain Research and Treatment, 2015. **2015**(1): p. 513903.
45. Kristensen, T.S., *Sickness absence and work strain among Danish slaughterhouse workers: an analysis of absence from work regarded as coping behaviour*. Social science & medicine, 1991. **32**(1): p. 15-27.
46. Ajslev, J.Z.N., et al., *Trading health for money: agential struggles in the (re) configuration of subjectivity, the body and pain among construction workers*. Work, employment and society, 2017. **31**(6): p. 887-903.
47. Ajslev, J.Z.N., et al., *Occupational identities and physical exertion in (re) configurations of new technologies in eldercare*. Nordic Journal of Working Life Studies, 2019.
48. Løgstrup, K.E., B. Rabjerg, and R. Stern, *The Ethical Demand*. 2020: Oxford University Press. 294.
49. Haraway, D., *Simians, cyborgs, and women: The reinvention of nature*. 1991: Routledge.
50. Berg, T.E., H.E. Børve, and F.M. Røkenes, *The Nordic model and management in international corporations: A scoping review*. 2023.
51. Kettunen, P., *Reinterpreting the historicity of the Nordic model*. Nordic journal of working life studies, 2012. **2**(4): p. 21-43.
52. Arbejdstilsynet, *National Overvågning af Arbejds miljøet blandt Lønmodtagere 2021 og 2023*. 2023.
53. Greenhalgh, T., et al., *Diffusion of innovations in service organizations: systematic review and recommendations*. The milbank quarterly, 2004. **82**(4): p. 581-629.
54. Ball, K., *Electronic monitoring and surveillance in the workplace: Literature review and policy recommendations*. 2021.
55. Wählin-Jacobsen, C.D., et al., *Implementeringsledelse i forhold til arbejdsmiljøtiltag: Udvikling af et nyt begreb med eksempler fra SOSU-arbejds-pladser*. 2022, Det Nationale Forskningscenter for Arbejdsmiljø.
56. Kant, I., *Groundwork of the metaphysics of morals*. 1 ed. 2008: Wilder Publications.
57. Bentham, J., *An introduction to the principles of morals and legislation*. 2019: Anodos Books.

