

EVALUERING AF XSENS BEVÆGELSESTEKNOLOGI BLANDT SLAGTERIANSATTE HOS TICAN BRØRUP

Philip Wolfgang, Marcus Thrane Leth, Kristian Ahrends Haagensen, Pascal Madeleine,
Karen Søgaard

SYDDANSK UNIVERSITET ODENSE Forskningsafdeling Fysisk Aktivitet og Sundhed i
Arbejdslivet

Projekttitel

Evaluering af Xsens bevægelsesteknologi blandt slagteriansatte hos Tican Brørup

Projektansvarlig

Philip Wolfgang, cand.scient, SDU

Karen Søgaard, Professor, SDU

Projektmedarbejdere

Marcus Thrane Leth, cand.scient, SDU

Kristian Ahrends Haagensen, cand.scient, SDU

Pascal Madeleine, Professor, AAU

Henrik Baare Olsen, Ingeniør, SDU

Samarbejdspartner

Tican Slagteri Brørup

Markedsvej 9, 6650 Brørup

Finansiering

Projektet er finansieret af Arbejdsmiljøforskningsfonden (projektnummer: 95-15407-2110171).

Udgivet

Februar 2026

Forskningsenheden Fysisk Aktivitet og Sundhed i Arbejdslivet (FAS)

Syddansk Universitet

Institut for Idræt og Biomekanik

Campusvej 55, 5230 Odense M

www.sdu.dk/da/forskning/fysisk-aktivitet-sundhed

Indhold

Forord.....	3
Indledning.....	4
Projektets hovedformål	5
Pilotprojekt	6
Metoder	8
3D kinematisk analyse med systemet Xsens Awinda	8
Vurdering af Ensidigt Gentaget Arbejde (EGA)	9
Pulssensor.....	9
Fokusgruppeinterviews	10
Dataindsamling	11
Målinger under arbejdsopgaver	11
Dataanalyse	13
Analyse af Xsens-data	13
Analyse af EGA-vurderinger	13
Statistisk analyse af RULA og EGA	14
Analyse af pulldata	14
Analyse af interviews.....	15
Resultater	16
Målinger af arbejdsopgaver.....	16
Arbejdsstationsprofil	18
Fokusgruppeinterviews	19
Diskussion.....	22
Konklusion.....	26
Referencer	27

Forord

Denne rapport præsenterer hovedresultaterne fra projektet *Evaluering af Xsens bevægelsesteknologi blandt slagteriansatte hos Tican Brørup*. Projektet har haft til formål at undersøge anvendeligheden af et kommercielt bevægelsesanalysesystem. Udstyret beskrives som et ergonomisk værktøj, der med fordel kan anvendes f.eks. i slagteriarbejde med henblik på at understøtte forebyggelse af muskelskeletbesvær blandt ansatte.

Projektet er gennemført som et arbejdspladsstudie i et samarbejde mellem Syddansk Universitet, Forskningsenheden for Fysisk Aktivitet og Sundhed i Arbejdslivet, og Aalborg Universitet, Institut for Medicin og Sundhedsteknologi, i partnerskab med Tican Fresh Meat A/S. Undersøgelsen er gennemført på Ticans slagteri i Brørup og har haft fokus på afprøvning af Xsens Awinda-bevægelsesteknologi i en konkret produktionskontekst.

Formålet med projektet var at afprøve det ergonomiske værktøj Xsens Awinda blandt slagteriansatte for at vurdere, om teknologien kan bidrage med værdifuld og praksisnær viden om bevægemønstre og ergonomisk belastning. Projektet har særligt haft fokus på, hvordan objektive bevægelsesdata kan supplere eksisterende ergonomiske vurderinger og dermed understøtte virksomhedens arbejde med ergonomiske forbedringer i arbejdsgange og arbejdsorganisering.

Projektet er udviklet og gennemført i tæt samarbejde med Tican slagteri Brørup, Tican Fresh Meat a/s, Slagteribranchens Arbejds miljøudvalg (SAU) samt en bred interessentgruppe, som har bidraget med viden, sparring og kritisk feedback undervejs. Vi vil gerne rette en stor tak til alle deltagere og interessenter for deres engagement, åbenhed og indsats, som har været afgørende for projektets gennemførelse. Projektet er endvidere gennemført med økonomisk støtte fra Arbejds miljøforskningsfonden, som vi takker for at have muliggjort projektets realisering.

Indledning

Muskel- og skeletbesvær (MSB) er en samlet betegnelse for en række lidelser, der påvirker muskler, sener, nerver og led, og som kan opstå eller forværres som følge af arbejdet (1). Ifølge Verdenssundhedsorganisationen (WHO) udgør denne type lidelser en væsentlig del af de arbejdsrelaterede helbredsproblemer på verdensplan (2).

Årsagerne til MSB er ofte gentagne bevægelser, langvarige eller uhensigtsmæssige arbejdsstillinger samt arbejde med stor kraft (1,3,4). Disse belastninger hænger typisk sammen med fysisk krævende arbejde og uhensigtsmæssigt designede arbejdspladser. Internationale undersøgelser viser, at MSB udgør over en tredjedel af alle arbejdsrelaterede skader og medfører betydelige økonomiske omkostninger for både virksomheder og samfund. I Europa anslås de samlede omkostninger relateret til muskel- og skeletbesvær til omkring 240 milliarder euro årligt (3,5).

Ud over de økonomiske konsekvenser påvirker MSB både medarbejdernes trivsel og virksomhedernes produktivitet. Det kan føre til øget sygefravær, reduceret effektivitet og højere personaleudskiftning, særligt i brancher med fysisk ensidigt eller krævende arbejde (3,5,6).

MSB i slagteribranchen

Ansatte i slagteribranchen er blandt de grupper, der er mest udsatte for MSB. Arbejdet indebærer ofte mange gentagne bevægelser, arbejde med hænder og arme i fastlåste stillinger, højt tempo og begrænset mulighed for restitution. Tidligere undersøgelser blandt slagteriansatte har vist, at sådanne arbejdsforhold øger risikoen for smerter og belastningsskader i især nakke, skuldre og arme (7,8).

Nye muligheder med sensorteknologi

Traditionelt har ergonomiske risici i det daglige arbejdsmiljøarbejde været vurderet ved hjælp af observationsmetoder, f.eks. *Rapid Upper Limb Assessment* (RULA), hvor en observatør vurderer arbejdsstillinger og bevægelser. Metoden er veldokumenteret og udbredt, men den er tidskrævende og baseret på subjektive vurderinger (9–11). I praksis erstattes RULA-metoden derfor ofte på slagterierne med den mindre ressourcetrækvende EGA metode udarbejdet specifikt til vurdering af slagteriarbejde (Figur 2).

De senere år har udviklingen af bærbare sensorer gjort det muligt at supplere manuelle observationer med objektive målinger. Xsens Awinda-systemet, som anvendes i dette projekt, bygger på små trådløse bevægelsessensorer (*inertial measurement units*, IMUs), der registrerer kroppens bevægelser i tre dimensioner (12). På den måde kan data om arbejdsstillinger og bevægelser indsamles med høj præcision og uden at forstyrre de ansattes arbejde.

Ved at kombinere Xsens-teknologien med RULA-metodens kriterier for belastende arbejdsstillinger kan man opnå en meget nøjagtig og pålidelig identificering af den ergonomiske risiko i arbejdet. Dette giver et stærkt grundlag for at vurdere risici og pege på mulige forbedringer, som både kan styrke medarbejdernes helbred og virksomhedens produktivitet.

Projektets hovedformål

1

At sammenligne RULA-baserede målinger foretaget med Xsens, med den hidtil anvendte EGA-metode for at vurdere, om de to metoder identificerer samme ergonomiske risikoniveau.

2

Undersøge ledelsens og arbejdsmiljømedarbejdernes oplevelse af analyseværktøjet Xsens' anvendelighed og brugervenlighed samt belyse potentielle barrierer for implementering af teknologien i slagteriets daglige sikkerhedsarbejde.

3

At analysere medarbejdernes pulsbelastning gennem en hel arbejdsdag for at belyse det fysiske krav i slagteriarbejde. Formålet er at vurdere det generelle arbejdspress, variationen over dagen og muligheden for restitution, samt at understøtte de ergonomiske fund med et objektivi mål for aerob belastning.

Pilotprojekt

Xsens Awinda-bevægelsesanalyzesystemet, som evalueres i projektet, blev indkøbt ved projektstart og var nyt for projektgruppen. Forud for gennemførelsen af den egentlige undersøgelse hos Tican blev der derfor gennemført et pilotprojekt, der testede anvendeligheden af Xsens Awinda-udstyret som måleudstyr ved arbejdspladsstudier. Pilotprojektet tog udgangspunkt i et selvstændigt forskningsprojekt vedrørende ergonomisk belastning hos kirurger på Aabenraa sygehus, hvor bevægelsesanalyse blev anvendt til at sammenligne ergonomisk belastning ved robotassisteret kirurgi og laparoskopisk kirurgi (13). Kirurgprojektet var metodisk og indholdsmæssigt uafhængigt af Tican-undersøgelsen, men fungerede som et pilotprojekt for afprøvning af Xsens Awinda-systemet i en arbejdspladskontekst. Oprindeligt skulle denne del have været udført med den oprindelige samarbejdspartner Danish Crown. Da de af interne årsager blev nødt til at trække sig ud af undersøgelsen var kirurgprojektet et godt alternativ for en praktisk afprøvning af begrænsningerne i Xsens Awinda-systemet i et feltstudie uden for laboratoriet, mens aftalen med Tican kom på plads.

Pilotprojektet blev udført som et samarbejde med Aabenraa sygehus, som også havde investeret i et Xsens Awinda-system og parterne kunne således gensidigt stille Xsens Awinda-dragter til rådighed for hinanden. Dette samarbejde muliggjorde, at begge projekter havde adgang til to dragter i måleperioderne, hvilket var afgørende for at kunne teste parallelle målinger, teknisk stabilitet og praktiske forhold ved brug af systemet i realistiske arbejdssituationer.

Formålet med pilotprojektet var således at opnå praktiske og metodiske erfaringer med opsætning, kalibrering, datakvalitet og efterbehandling af data fra Xsens Awinda-systemet. Disse erfaringer blev efterfølgende anvendt direkte i planlægningen og gennemførelsen af undersøgelsen hos Tican. Imidlertid blev der også indsamlet ergonomiske data om belastende arbejdsstillinger inden for kirurgi og disse er afrapporteret i to artikler (13,14).

Erfaringer fra pilotprojektet

Som pilotafprøvning i slagteriprojektet bidrog kirurgprojektet med en række væsentlige erfaringer, som havde direkte betydning for design og gennemførelse af Tican-undersøgelsen.

Teknisk opsætning og hardware

Ifølge producenten (Movella) kan én PC i princippet anvendes til samtidig drift af op til fire Xsens Awinda-dragter. Erfaringerne fra pilotprojektet viste imidlertid, at dette forudsætter en computer med betydelig computerkraft for at sikre stabil dataopsamling. Under realistiske måleforhold, hvor der indsamles store mængder højfrekvente bevægelsesdata, blev det vurderet, at belastningen på systemet kunne medføre øget risiko for ustabilitet, og i værste tilfælde, tab af data.

På denne baggrund blev det i både pilotprojektet og den efterfølgende undersøgelse hos Tican valgt at tilkoble hver Xsens-dragt til sin egen PC. Denne løsning blev anvendt for at sikre stabil drift, høj datakvalitet og en mere robust målesituation, særligt ved længere optagelser og parallelle målinger.

Trådløs kommunikation og kanalvalg

Pilotprojektet viste, at målinger i miljøer med høj maskininterferens, f.eks. magnetisme, bluetooth og WiFi, kan påvirke stabiliteten af signaloverførslen mellem sensor og modtager. Det blev erfaret, at brug af WiFi-kanalerne 11, 15, 20 eller 25 gav den mest stabile forbindelse i sådanne miljøer. Desuden blev det tydeligt, at når flere dragter anvendes samtidigt, skal hver dragt placeres på sin

egen kanal, og at der bør være mindst to kanalers afstand mellem de anvendte kanaler for at minimere interferens. Disse erfaringer blev direkte overført til opsætningen, der blev anvendt ved Tican.

Kalibrering og håndtering af sensorer

Pilotprojektet understregede vigtigheden af korrekt og gentagen kalibrering. Det blev konstateret, at hvis der skiftes kanal, er det nødvendigt at gennemføre en ny kalibrering af systemet. Tilsvarende gælder, hvis en sensor falder af, forskydes eller på anden måde justeres under målingen. Manglende rekalkibrering i sådanne situationer vil medføre unøjagtige data. På baggrund af disse erfaringer blev der i Tican-undersøgelsen indført klare procedurer for kalibrering forud for målinger.

Valg af måleprofil og ergonomisk analyse

En central metodisk erfaring fra pilotprojektet var, at måleprofilen Full Body skal anvendes for at man kan generere RULA-rapporter ud fra data fra Xsens Awinda-systemet. Valget af Full Body måleprofilen er således afgørende for, at der kan udtrækkes de nødvendige ledvinkler og krops-segmentdata, som indgår i den efterfølgende ergonomiske risikovurdering. Det betyder, at man ikke kan undlade påsætning af sensorer, selvom de ikke indgår i relevante udregninger. På baggrund af denne erfaring blev Full Body-profilen fastlagt som standardmåleprofil i undersøgelsen hos Tican.

Datamængde og efterbehandling

Pilotprojektet viste, at lange sammenhængende optagelser genererer meget store datamængder, hvilket medfører øget behandlingstid i efterbehandlingsfasen, f.eks. ved omdannelse af rådata til RULA-rapporter. For at sikre en hensigtsmæssig balance mellem datakvalitet og praktisk håndterbarhed i analysefasen blev målestrategien derfor justeret i undersøgelsen hos Tican. På slagteriet blev optagelængden tilpasset de ansattes opholdstid ved de enkelte arbejdsstationer, som de roterede imellem i løbet af arbejdsdagen. Optagelserne blev opdelt i kortere sekvenser med en varighed på ca. 5-7 minutter pr. arbejdsstation. Denne tilgang reducerede datamængden pr. optagelse og lettede efterbehandlingen, samtidig med at målingerne fortsat afspejlede realistiske arbejdsituationer og den faktiske organisering af arbejdet.

Overførsel af erfaringer til Tican-undersøgelsen

Samlet set fungerede kirurgprojektet som et værdifuldt pilotprojekt, der muliggjorde en systematisk afprøvning af Xsens Awinda-systemet under realistiske arbejdsforhold. De opnåede erfaringer bidrog markant til en mere robust og gennemtænkt metodisk tilgang i Tican-undersøgelsen, i forhold til teknisk opsætning, datakvalitet, ergonomisk analyse og ressourceforbrug i efterbehandlingsfasen.

Metoder

3D kinematisk analyse med systemet Xsens Awinda

Til registrering af medarbejdernes arbejdsbevægelser og stillinger blev Xsens Awinda-systemet anvendt (Xsens Technologies, Enschede, Holland). Systemet består af 17 trådløse bevægelsessensorer, såkaldte Inertial Measurement Units (IMU'er), som fastgøres til kroppen med velcro-stropper på hænder, arme, ben, overkrop, fødder og hoved. Hver sensor registrerer kroppens bevægelser 60 gange i sekundet og måler acceleration, vinkelhastighed og magnetiske felter.

Sensorerne kommunikerer trådløst med en computer, hvor data opsamles i programmet MVN Analyze. Under målingen kan medarbejdernes bevægelser visualiseres live som en digital figur, der bevæger sig i realtid i takt med deres faktiske bevægelser. Denne visualisering gør det muligt at følge arbejdsstillinger og bevægelsesmønstre direkte på skærmen, mens målingen foregår, og den fungerer dermed som et supplement til 3D-dataopsamlingen fra de 17 sensorer.

Tidligere studier har vist, at Xsens-systemet leverer høj nøjagtighed og robusthed under industrielle forhold, også i miljøer med elektrisk støj (15–17). Samlet set gør teknologien det muligt at foretage objektive målinger af bevægelsesmønstre direkte i produktionsmiljøet uden at forstyrre medarbejdernes arbejde.

De kinematiske data behandles efterfølgende offline ved hjælp af Matlab (MathWorks Inc., USA). Beregningerne anvender samme algoritmer som Movella (producenten bag Xsens-systemet) til at bestemme anatomiske vinkler i en helkropsmodel. Baseret på RULA definitioner, klassificeres arbejdsbevægelser og kropsstillinger som neutrale, lidt belastende og meget belastende (18).

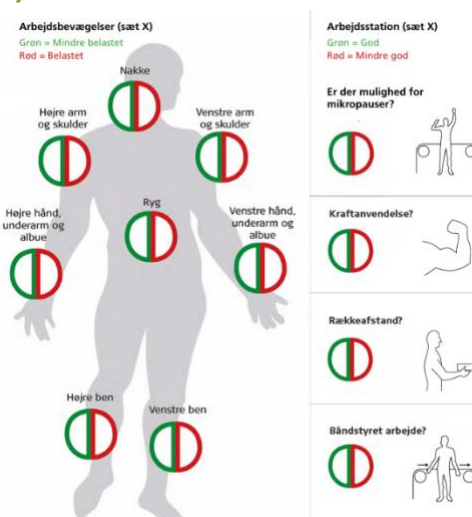


Figur 1: Xsens Awinda-bevægelsesanalyse bestående af 17 bærbare inertielle sensorer, som placeres på udvalgte kropssegmenter. Systemet er trådløst og transportabelt og egner sig derfor til ergonomiske målinger i reelle arbejdsmiljø-kontekster.

Vurdering af Ensidigt Gentaget Arbejde (EGA)

Slagteriernes egen metode EGA (Ensidigt Gentaget Arbejde), blev anvendt som sammenligningsmetode for Xsens. Denne ergonomiske vurderingsmetode, er udviklet af arbejdsmiljøprofessionelle specifikt til vurdering af arbejdet i store dele af slagteri- og fødevarerindustrien. EGA indgår som en del af Arbejdstilsynets vejledninger og bruges i praksis til at få et hurtigt billede af, om en arbejdsopgave er præget af belastende arbejdsstillinger, begrænset bevægelsesfrihed eller manglende variation.

EGA bygger på en kort observation af medarbejdernes arbejdsstilling og bevægelser, suppleret med en dialog om den oplevede belastning (19). I vurderingen indgår blandt andet, om kroppen arbejder i fastlåste eller uheldige stillinger, om der anvendes store kræfter, om arbejdsopgaven indebærer lang rækkeafstand eller foroverbøjning, og i hvilken grad tempo og båndstyring begrænser mulighederne for mikropauser. Resultatet dokumenteres typisk i et skema, hvor belastende forhold markeres med rød og ikke-belastende forhold med grøn. Skemaet giver et samlet overblik over arbejdsopgavens belastningsgrad og anvendes i virksomheden til at planlægge forebyggende indsatser eller ændringer i arbejdsgangen.



Figur 2: Ergonomisk risikovurdering med EGA-metoden, hvor både kropsbelastning og arbejdets organisering indgår som grundlag for identifikation af ergonomiske forbedringsmuligheder.

EGA-vurderingen indeholder således RULA elementerne, men giver en bredere vurdering af arbejdsbelastningen. Idet EGA er den metode, slagteriet allerede anvender i det daglige arbejds-miljøarbejde, blev det valgt som sammenligningsgrundlag for målingerne med Xsens.

Pulssensor

Bevægelsesmålingerne blev efter ønske fra slagteriet suppleret med en vurdering af belastningen på hjerte-kar-systemet over arbejdsdagen. Den aerobe belastning under arbejdet blev vurderet ved hjælp af pulsmålinger foretaget med Firstbeat Bodyguard 2 (Firstbeat Technologies, Finland), som er en let og bærbar pulsmåler velegnet til langvarige målinger i arbejdsmiljøer (20).

Pulsmåleren blev monteret direkte på huden ved hjælp af to engangselektroder placeret på brystkassen svarende til producentens anbefalinger (21). Én elektrode blev placeret under højre kraveben, mens den anden blev placeret på venstre side af overkroppen, lateralt og inferiort for hjertet. Enheden blev monteret om morgenen før arbejdsdagens start og båret kontinuerligt frem til arbejdsdagens afslutning, hvorefter pulsmålingen blev afsluttet og sensoren afmonteret. Denne opsætning muliggør kontinuerlig registrering af hjerteaktivitet under både arbejde og pauser med høj målenøjagtighed (20).



Figur 3: Bærbar Bodyguard 2-sensor anvendt til måling af puls og hjerterytmevariation som supplement til den ergonomiske bevægelsesanalyse.

Målingerne blev anvendt til beregning af medarbejdernes hjertefrekvens (HR) med henblik på vurdering af den aerobe belastning under arbejdsdagen (22).

Fokusgruppeinterviews

Efter de tekniske målinger blev der gennemført to fokusgruppeinterviews for at indsamle medarbejdernes og ledelsens erfaringer og vurderinger af Xsens-metoden.

Interview med medarbejderne

Det første fokusgruppeinterview blev gennemført med de 10 medarbejdere, der deltog i afprøvningen af Xsens-dragten. Formålet med interviewet var at indhente deres erfaringer med selve måleforløbet og få indsigt i, hvordan udstyret blev oplevet i en almindelig arbejdsdag. Interviewet belyste, hvordan det føles at arbejde med dragten på, hvilke praktiske forhold medarbejderne var opmærksomme på, og om udstyret på nogen måde påvirkede deres arbejdsopgaver. Derudover havde interviewet til hensigt at afdække medarbejdernes overvejelser om, hvorvidt teknologien kunne anvendes i daglig drift, og hvilke forhold der i givet fald ville være vigtige at tage hensyn til. Formålet var således at indsamle viden om medarbejdernes perspektiver på anvendelighed, brugbarhed og eventuelle barrierer i relation til teknisk måleudstyr i en travl produktionskontekst.

Deltagergruppen havde forskellige sproglige forudsætninger. Nogle medarbejdere talte udelukkende polsk, andre rumænsk, enkelte primært dansk, mens enkelte også kunne kommunikere på engelsk. På baggrund af denne sproglige diversitet blev interviewet gennemført med anvendelse af tolk for at sikre, at alle deltagere havde mulighed for at forstå spørgsmålene og bidrage med deres erfaringer. Denne sproglige ramme udgjorde en væsentlig metodisk forudsætning for interviewets gennemførelse.

Interview med ledelse og arbejdsmiljøorganisation

Det andet fokusgruppeinterview blev gennemført med syv repræsentanter fra ledelsen og 2 repræsentanter fra arbejdsmiljøorganisationen. Formålet var at indhente deres perspektiver på teknologiens anvendelighed i en organisatorisk sammenhæng og belyse, hvilken rolle objektive målinger fra Xsens potentielt kan spille i virksomhedens arbejdsmiljøarbejde. Interviewet havde desuden til hensigt at afdække, hvilke forudsætninger ledelsen vurderer nødvendige for en eventuel implementering af teknologien, herunder organisatoriske rammer, ressourcer, prioriteringer og mulige barrierer. Endelig skulle interviewet give indsigt i, hvordan værktøjet kunne tænkes at indgå i fremtidige risikovurderinger og støtte den løbende forebyggende indsats på tværs af afdelingerne.

Dataindsamling

Målinger under arbejdsopgaver

For at få et både detaljeret og repræsentativt billede af den ergonomiske risiko på arbejdspladsen blev der gennemført målinger blandt medarbejdere i forskellige funktioner på slagteriet. I samarbejde med virksomheden udvalgte vi arbejdsstationer fra Opskæringen, Pakkeriet og Slagtergangen, og i alt 42 konkrete arbejdsfunktioner blev registreret og analyseret. Målingerne blev gennemført mandag til fredag i uge 2, 2025, hvor de 10 medarbejdere, der stod på de udpegede arbejdsstationer deltog, to personer pr. dag. Alle deltagere blev informeret om projektets formål og målemetoder, og deltagelse var frivillig.

Gennemsnit (SD)	
Alder	40,3 (±10,68)
Vægt (kg)	87,6 (±13,76)
Højde (cm.)	178,3 (±7,56)
Erfaring (år)	9,4 (±4,18)
Antal	
Køn	
Mænd	9
Kvinder	1
Afdeling	
Opskæring	4
Pakkeri	4
Slagtergang	2

Tabel 1. Oversigt over de deltagende medarbejders baggrundskarakteristika. Alders-, vægt-, højde- og erfaringsniveau er angivet som gennemsnit ± standardafvigelse.

Efter kalibrering af Xsens Awinda-systemet blev deltagerne bedt om at udføre deres arbejde som normalt. For hver arbejdsstation blev der foretaget én hovedmåling med Xsens samt 1-2 backupmålinger. EGA-vurderingerne blev gennemført i overensstemmelse med den officielle metodebeskrivelse. For hver arbejdsfunktion blev der foretaget en kort observation af medarbejderens arbejdsstillinger og bevægelsesmønstre, som derefter blev vurderet ud fra skemaets faste kategorier. Der blev udført én EGA-vurdering pr. arbejdsstation.

Under målingerne blev start- og sluttidspunkt for hver arbejdsstation noteret, herunder tidspunkter for eventuelle pauser. Data fra Xsens, EGA og pulldata kunne således synkroniseres for de specifikke arbejdsstationer.

På grund af begrænsninger i Xsens-sensorernes batterikapacitet blev målingerne med Xsens og EGA typisk afsluttet omkring kl. 11:30 hver dag. Deltagerne blev dog bedt om at beholde pulsmåleren på resten af dagen, så pulldata kunne analyseres for hele arbejdsdagen.

	Funktion	Værktøj
Opskæring	Trimme Hofte	Kniv
	Sortere	Kniv
	Ridse kam	Kniv
	Fjerne fedt	Wizard
	Fjerne fedtkant	Kniv
	Skind af hoftekød	Kniv
	Skær lyskekød af	Kniv
	Skær lyskekød af og vend	Kniv
	Fjerne skind	Wizard
	Fjerne fedt	Wizard
	Ophæng forender	Ingen
	Halemand	Kniv
	Spidsben	Kniv
	Plademand 1	Kniv
	Plademand 2	Kniv
	Plademand 5	Kniv
	Frigør kam	Kniv
	Svær rester	Wizard
	Vrag mand	Ingen
	3 Snit	Kniv
	Bordblad	Kniv
	Afskær plader	Kniv
	Forender	Ingen
	Stiksår	Stiksav
	Løsne plader	Kniv
Pakkeri	Skub ind i lastbil	Ingen
	Generel klargøring	Ingen
	Klargøring af ny lastbil	Ingen
	Læg låg på	Ingen
	Gulv 1	Ingen
	Karkørsel	Ingen
	På paller	Ingen
	Terminal	Ingen
	Læg låg	Ingen
	Fyld i kasse	Ingen
Slagtergang	Trim hovedet	Kniv
	Udtræk flommer	Ingen
	Sug venstre	Suger
	Sug højre	Suger
	Frigør mørbrad	Kniv
	Løsne flommer	Ingen
	Løsne indmad	Kniv

Tabel 2. Oversigt over de arbejdsfunktioner, der indgik i målingerne, samt det værktøj medarbejderne anvendte ved hver funktion. Tabellen omfatter funktioner fra Opskæring, Pakkeri og Slagtergang og giver et samlet overblik over variationen i arbejdsopgaver og redskaber i de målte stationer.

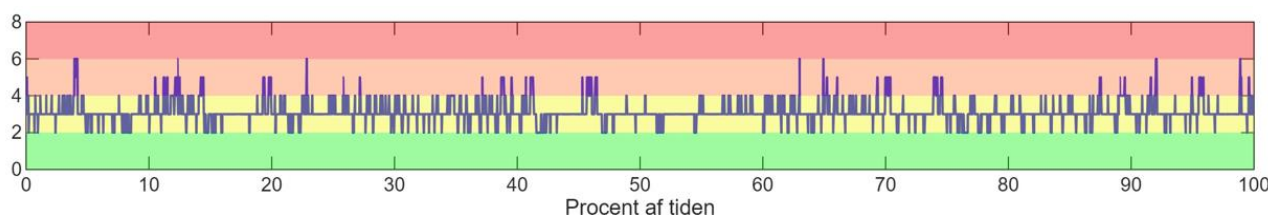
Dataanalyse

Analyse af Xsens-data

Til vurdering af den ergonomiske risiko er anvendt Rapid Upper Limb Assessment (RULA), et internationalt anerkendt observationsværktøj udviklet af McAtamney og Corlett (1993). Metoden vurderer arbejdsstillinger ud fra vinkler og bevægelser i nakke, skuldre, arme og håndled samt kropsholdning, muskelaktivitet og ydre belastning. RULA genererer en samlet risikoscore, som angiver behovet for ergonomisk forbedring. Scoren varierer fra niveau 1-2 (ingen umiddelbar risiko) til niveau 7-8 (kræver umiddelbar indsats) (18). For overskuelighedens skyld, vil analysemetoden fremover blive omtalt som Xsens/RULA.

Xsens/RULA-analysen kan udføres direkte i Xsens' egen software, MVN Reports. I dette projekt blev analysen imidlertid gennemført i Matlab for at gøre det muligt at integrere RULA-resultaterne med både EGA-vurderinger og pulldata i et samlet analyseoverblik. Beregningerne blev udført i tæt samarbejde med Movella og med respekt for de samme grænseværdier, som anvendes i Xsens' egen rapporteringsplatform. For hver arbejdsstation blev beregnet:

- Hvor stor en del af tiden medarbejderne befandt sig i ergonomiske stillinger udenfor det neutrale område, der ifølge RULAs klassifikation ikke indebærer en risiko.
- En tidslinje for RULA-score.
- Gennemsnitlige og højeste RULA-score i målingen, samt procent af arbejdstiden som var RULA-score 7 eller højere svarende til høj risiko.



Figur 4: Et eksempel på en tidslinje for RULA-scoren. Y-aksen angiver RULA-score, mens X-aksen viser måletiden som 100 %. De farvede baggrundszone markerer RULAs risikoniveauer fra grøn (lav risiko) til rød (høj risiko). Figuren illustrerer, hvordan risikoen ved hver Xsens/RULA måling varierer over tid, og hvordan medarbejderen i enkelte korte perioder befinder sig i de høje risikoniveauer.

Analyse af EGA-vurderinger

I EGA-analysen anvendes udelukkende den del af EGA, som består af de otte kropsregioner (nakke, skuldre, arme, ryg, albuer/underarme, ben), her kaldet den anatomiske del af EGA. De fire EGA-elementer, der vedrører arbejdsstationens indretning og rammer (mikropausser, kraft-anvendelse, rækkeafstand og båndstyret tempo), blev således udeladt. Dette skyldtes to centrale forhold:

1. RULA-metoden indeholder ikke tilsvarende punkter. Hvis disse arbejdsstations-relaterede EGA-elementer blev medtaget, ville vi sammenligne to meget forskellige vurderingsprincipper, hvilket kunne skabe et skævt billede af sammenhængen.
2. Den anatomiske del af EGA har otte fokuspunkter, samme antal som de anatomiske scores i RULA. Dette gjorde det muligt at lave en mere direkte sammenligning mellem de to metoder.

EGA-score	RULA-score	Risiko
1-2	1-2	Ingen risiko
3-4	3-4	Lav risiko
5-6	5-6	Medium risiko
7-8	7-8	Høj risiko

Tabel 3. RULA-metodens risikokategorier (1-2: ingen risiko, 3-4: lav risiko, 5-6: medium risiko, 7-8: høj risiko) projiceret over på de tilsvarende EGA-scorer.

Statistisk analyse af RULA og EGA

For at vurdere, om Xsens/RULA-metoden identificerer belastningsniveauer, der adskiller sig fra eller supplerer den EGA-vurdering, blev der gennemført en statistisk sammenligning mellem de to metoders scorer på tværs af de målte arbejdsfunktioner.

For hver arbejdsstation forelå der ét observationspar bestående af én EGA-score og én gennemsnitlig RULA-score pr. deltager. Den gennemsnitlige RULA-score blev beregnet på baggrund af kontinuerlige bevægelsesmålinger over en måleperiode på ca. 5-10 minutter. Da begge vurderinger refererede til den samme arbejdsstation og deltager, blev der anvendt parret t-test til at analysere forskellen mellem metoderne.

Forskellen mellem metoderne blev beregnet som:

$$Score\Delta = RULA_{mean} - EGA$$

Analyserne blev gennemført for alle arbejdsstationer samlet, samt opdelt efter produktionsområde (Opskæring, Pakkeri og Slagtergangen) for at undersøge, om sammenligningen mellem metoderne varierede mellem arbejdsområder.

Antagelsen om tilnærmelsesvis normalfordeling af differencerne blev vurderet som rimeligt opfyldt på baggrund af antallet af observationer og fraværet af ekstreme outliers. Der blev anvendt et tosidet signifikansniveau på 5 % ($\alpha = 0,05$). Alle statistiske analyser blev gennemført i Stata.

Analyse af pulsdata

Analysen af pulsdata blev struktureret i to niveauer: (1) arbejdsstationsspecifik analyse og (2) samlet tidsbaseret analyse over hele arbejdsdagen. Den arbejdsstationsspecifikke analyse gør det muligt at sammenholde pulsmålingen med de øvrige metoder i projektet, herunder EGA-vurderinger samt Xsens/RULA, for hver enkel arbejdsstation. Den samlede tidsbaserede analyse vil omvendt gøre det muligt at analysere pulsdata for hele arbejdsdagen for at klarlægge eventuelle systematiske forskelle i pulsniveau fra arbejdsdagens start til slut.

I studier af arbejdsrelateret aerob belastning anbefales det at relatere den målte hjertefrekvens til den enkelte deltagers maksimale hjertefrekvens for at kunne beregne den relative pulsbelastning, eksempelvis som procent af hjertefrekvensreserve (%HRR). Dette forudsætter dog individuel måling af både hvile- og maxpuls (23).

Det var imidlertid ikke muligt at gennemføre en valid måling af hvile- og maxpuls under de praktiske og organisatoriske forhold på slagteriet. Medarbejdernes maksimale hjerterefrekvens blev derfor estimeret ved hjælp af den aldersbaserede standardformel:

$$HR_{max} = 220 - \text{alder}$$

Denne formel anvendes ofte i arbejdsmiljø- og feltstudier, hvor direkte måling af maksimal hjerterefrekvens ikke er mulig (23,24). Dette giver en pragmatisk referenceværdi til kvantificering af intensitetsniveauet. Estimatet muliggør beregning af relative belastningszoner og giver dermed et grundlag for at vurdere variationer i arbejdskrav mellem stationerne.

Pulsdata blev også behandlet for alle deltagere over hele arbejdsdagen. Denne del af analysen havde til formål at identificere markante tidsmønstre hen over arbejdstiden. Pulsene over arbejdsdagen kan udvise karakteristiske stigninger, fald eller gentagne belastningsperioder, som kan være knyttet til arbejdets organisering, pauser, opgaver eller træthed hen over arbejdsdagen. En samlet tidsserieanalyse giver et supplerende perspektiv på den fysiske påvirkning, der ikke nødvendigvis fremgår af de stationsopdelte analyser.

Analyse af interviews

Interviewmaterialet blev analyseret ved hjælp af tematisk analyse som beskrevet af Braun og Clark (2006). Analysen fulgte seks trin: (1) Interviewoptagelserne blev lyttet igennem og transskriberet ordret. (2) Materialet blev gennemlæst flere gange for at opnå fortrolighed, hvorefter (3) der blev udarbejdet indledende koder baseret på meningsfulde udsagn i teksten. (4) Koderne blev herefter organiseret i overordnede temaer, som blev gennemgået og (5) justeret for at sikre sammenhæng mellem datamateriale og temainddeling. (6) Til sidst blev temaerne navngivet og beskrevet, og der blev udvalgt illustrative citater, som repræsenterer deltagernes centrale perspektiver. Denne fremgangsmåde gjorde det muligt systematisk at identificere mønstre i medarbejdernes og ledelsens oplevelser af Xsens-teknologien (25).

Resultater

Målinger af arbejdsopgaver

RULA vs. EGA

For at undersøge, hvordan Xsens/RULA sammenlignes med den eksisterende ergonomiske vurderingspraksis på arbejdspladsen, blev de beregnede RULA-scorer analyseret i forhold til de EGA-vurderinger, der blev foretaget på samme arbejdsstationer. For hver funktion blev EGA-scoren sammenholdt med den gennemsnitlige RULA-score, beregnet ud fra en måleperiode på 5-10 minutters varighed.

Resultatet viser, at Xsens/RULA-metoden vurderer den ergonomiske risiko systematisk anderledes end EGA, og at forskellene er statistisk signifikante. På tværs af alle målinger var den gennemsnitlige RULA-score 3,28, mens den gennemsnitlige EGA-score var 2,33. Xsens/RULA vurderer dermed i gennemsnit den ergonomiske risiko knap ét niveau højere end EGA.

Når analyserne opdeles efter afdelinger, fremstår samme mønster i både Opskæring og Pakkeri. I Opskæring vurderede RULA risikoen signifikant højere end EGA (3,20 vs. 2,21), og forskellen var endnu tydeligere i Pakkeri (3,38 vs. 1,73). I Slagtergangen sås der et omvendt billede, hvor EGA vurderede risikoen højere end RULA (4,00 vs. 3,51). Også her var forskellen statistisk signifikant.

Forskellene mellem metoderne ligger primært inden for RULA-niveau 3-4, hvilket klassificeres som et lavt risikoniveau (18). Selvom RULA-scoren ligger højere end EGA i størstedelen af funktionerne, er vurderingen i begge metoder, at den ergonomiske risiko samlet set ligger inden for et område, der ikke indikerer akut ergonomisk risiko.

Område	Gns. RULA	Gns. EGA	Forskel (RULA-EGA)	P-værdi	Retning
Alle områder	3,28	2,33	+0,95	<0,001	RULA > EGA
Opskæring	3,20	2,21	+0,99	<0,001	RULA > EGA
Pakkeri	3,38	1,73	+1,65	0,017	RULA > EGA
Slagtergangen	3,51	4,00	-0,49	0,004	EGA > RULA

Tabel 4. En oversigt over den gennemsnitlige ergonomiske risikoscore vurderet med henholdsvis RULA og EGA på tværs af alle målinger samt opdelt i de tre afdelinger: Opskæring, Pakkeri og Slagtergangen. Positive forskelle (RULA-EGA) betyder, at RULA vurderer risikoen højere end EGA, mens negative forskelle angiver det modsatte.

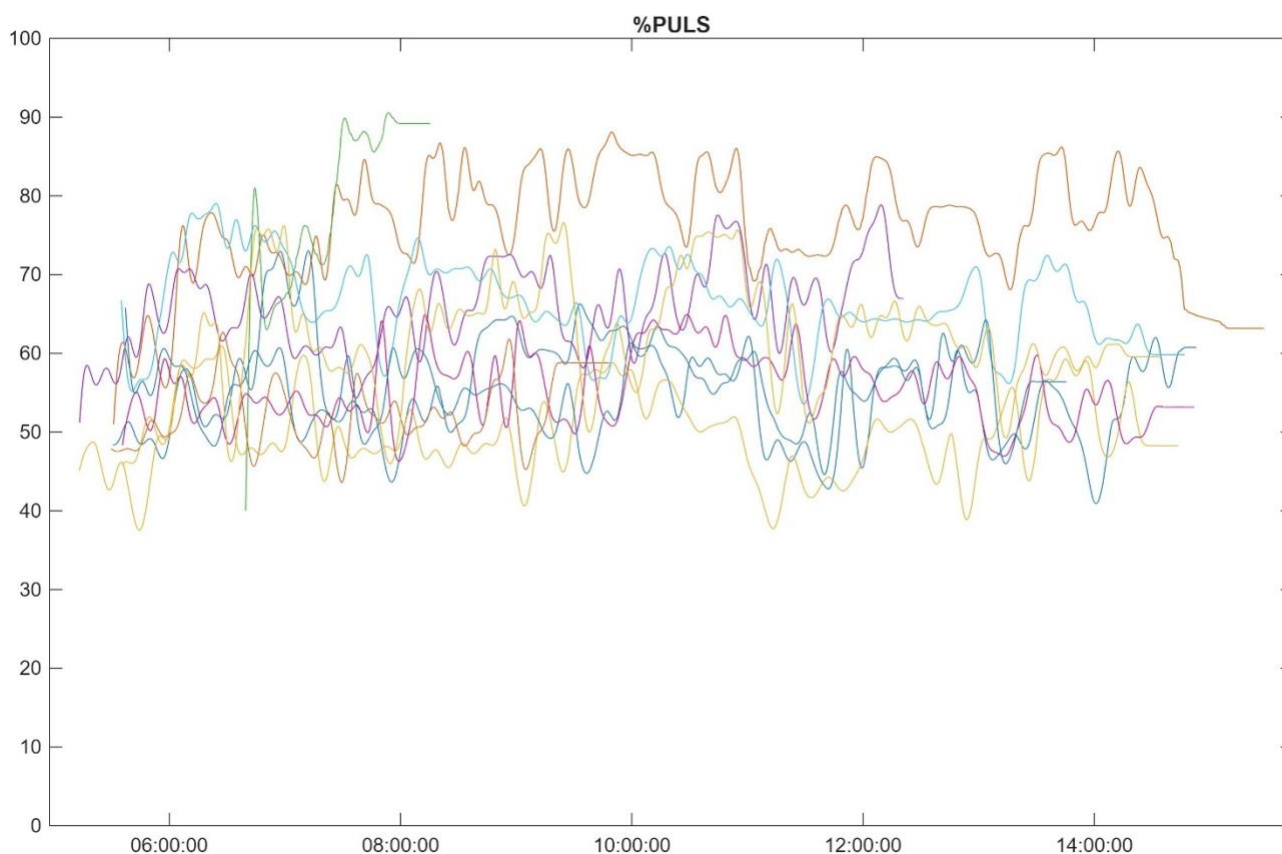
Puls

Pulsmålingerne giver et samlet billede af medarbejdernes relative pulsbelastning gennem en hel arbejdsdag. Målingerne viser, at pulsen generelt lå i intervallet 40-80 % af maksimal puls, med periodiske toppe op mod 85-90 % ved enkelte arbejdsstationer. Ifølge Sundhedsstyrelsen vurderes en puls på 64-76 % af maksimal puls som moderat intensitet og 77-93 % som høj intensitet (26). På den baggrund kan den målte pulsbelastning karakteriseres som moderat til høj fysisk belastning, hvilket indikerer, at arbejdet stiller betydelige krav til kondition og fysisk udholdenhed.

Kurverne viser også en markant variation gennem dagen, hvor pulsen stiger og falder i takt med skiftende arbejdsintensitet. Der ses imidlertid ikke en systematisk tendens til hverken stigende eller faldende puls fra arbejdsdagens start til slut. Udover de hyppige faser med højt relativ pulsniveau, viser kurverne også, at der ikke forekommer længerevarende perioder med lav puls, hvilket tyder på begrænset mulighed for restitution i løbet af arbejdsdagen.

Der ses også tydelige forskelle mellem medarbejderne i det relative belastningsniveau. Nogle medarbejdere ligger overvejende i intervallet 55-70 % af maksimal puls, mens andre i perioder arbejder stabilt over 75-80 % af maksimal puls. Denne variation kan afspejle forskelle i arbejdsopgaver, individuelle arbejdsmønstre, temperaturforhold og fysisk kapacitet.

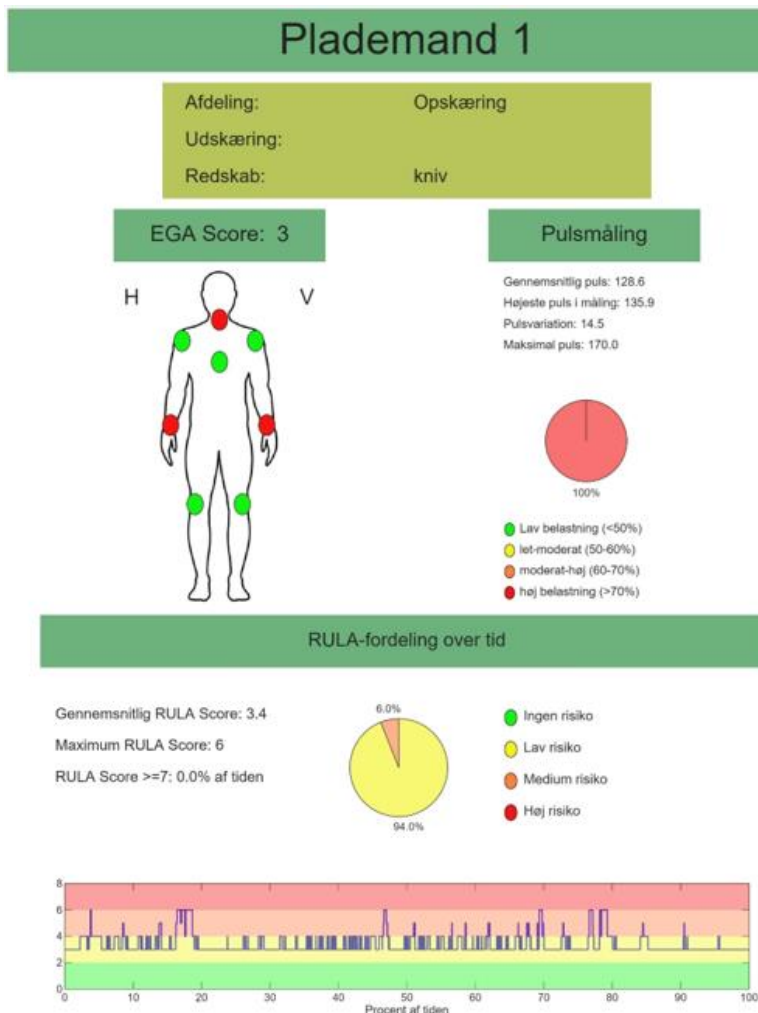
Samlet set viser pulsmålingerne, at arbejdet i betydelig grad kræver en god kondition, idet pulsen er relativt høj over store dele af arbejdsdagen. Samtidig indikerer belastningsmønstret, at der ikke generelt forekommer arbejdsopgaver med en intensitet og struktur, som forventes at give en sundhedsfremmende effekt. Holtermann et al. (2018) påpeger, at ifølge klassiske referencer inden for træningslære, kræver forbedring af kredsløbskonditionen kortvarige perioder med høj intensitet (>60-80 % af maksimal kapacitet), mens langvarigt arbejde ved moderat intensitet uden tilstrækkelig restitution ikke forbedrer, og i nogle tilfælde kan forringe, den kardiovaskulære sundhed (27).



Figur 5: Medarbejdernes relative puls målt over en hel arbejdsdag. Kurverne illustrerer, at pulsen overvejende ligger i et interval svarende til moderat til høj relativ belastning, omkring 40-80 % af maksimal puls, med periodiske toppe op mod 85-90 % ved enkelte arbejdsopgaver. De løbende udsving afspejler variation i arbejdsintensitet gennem arbejdsdagen, mens fraværet af længerevarende perioder med lav relativ puls indikerer begrænsede muligheder for restitution under arbejdet.

Arbejdsstationsprofil

For hver analyseret arbejdsstation er der udarbejdet en samlet arbejdsstationsprofil, hvor ergonomiske risikofaktorer og fysiologisk belastning er sammenfattet i ét overskueligt ark. Samtlige arbejdsstationsprofiler kan ses i Bilag 1, mens figur 6 viser et eksempel på opbygningen og indholdet.



Figur 6: Eksempel på samlet arbejdsstationsprofil for en arbejdsstation. Figuren viser, hvordan EGA-vurdering, relativ puls og Xsens/RULA-analyse er sammenfattet i ét ark for den enkelte arbejdsstation. De komplette belastningsprofiler for alle arbejdsstationer fremgår af Bilag 1.

arbejdet er konditionskrævende, samt om der forekommer perioder med lav belastning, der kan fungere som restitution.

Endelig indgår Xsens/RULA-analysen, som belyser den ergonomiske risiko over tid. Her vises både gennemsnitlig og maksimal RULA-score samt den procentmæssige fordeling af risikoniveauer over arbejdstiden. Den tidsbaserede visning giver et indtryk af fordelingen og hyppigheden af den ergonomiske risiko.

Samlet set muliggør arbejdsstationsprofilerne en overskuelig vurdering, hvor ergonomisk risiko, arbejdsintensitet og fysiologisk belastning kan ses i sammenhæng for den enkelte arbejdsstation. Denne tilgang understøtter en mere nuanceret vurdering af arbejdets samlede risikoprofil end ved anvendelse af de enkelte metoder isoleret.

Arbejdsstationsprofilen er opbygget med henblik på at give et helhedsorienteret billede af arbejdets fysiske krav ved at kombinere tre af undersøgelsens fire metoder hhv. EGA, relativ pulsbelastning og Xsens/RULA.

Øverst i profilen angives grundlæggende oplysninger om arbejdsstationen, herunder afdeling, arbejdsopgave og anvendt redskab. Herefter præsenteres EGA-scoren, som giver en samlet vurdering af den ergonomiske belastning baseret på observerede arbejdsstillinger og bevægelsesmønstre. Den tilhørende kropsillustration visualiserer, hvilke kropsområder der er vurderet som særligt udsatte.

Den fysiologiske belastning er repræsenteret ved pulsmålinger angivet som relativ puls (% af maksimal puls). Her vises både gennemsnitlig puls, maksimale værdier samt fordelingen af arbejdstiden på forskellige belastningszoner (lav, let, moderat og høj). Denne fremstilling gør det muligt at vurdere, i hvilken grad

Fokusgruppeinterviews

Medarbejdernes oplevelse med Xsens-dragten

Fokusgruppeinterviewet med medarbejderne, der bar Xsens-dragten under arbejdet, viste en generelt positiv og åben holdning til teknologien. Medarbejderne fremhævede, at dragten overordnet ikke begrænsede deres bevægelsesmønster eller ændrede måden, de udførte deres arbejde på, hvilket var afgørende for deres accept af teknologien. Samtidig udtrykte de nysgerrighed over for projektet og oplevede, at udstyret i store træk var nemt at arbejde i, om end der var enkelte praktiske udfordringer, som bør adresseres ved bredere implementering.

Den klart største udfordring for medarbejderne var håndsensoren. Sensoren, og den tilhørende rem, påvirkede grebet om kniven og var ubehagelig under længere tids brug. Flere beskrev, at sensoren trykkede på håndfladen og gjorde det nødvendigt at spænde grebet mere end normalt, hvilket gav ømhed i hånden. En udfordring, der har direkte betydning for både arbejds komfort og sikkerhed, særligt i funktioner hvor medarbejderne arbejder med kniv.

“Handsken sidder megairriterende... og så den sensor ovenpå. Lige så snart du skal stramme dit greb, får du ømme håndpuder.”

Et andet tema der fyldte meget, var varmen i enkelte afdelinger, især på Slagtergangen, hvor temperaturen er høj. Medarbejderne skal under målingerne bære en ekstra T-shirt hvor Xsens-sensorerne kan påsættes, og dette blev oplevet som en potentiel udfordring. Flere pegede på, at dette særligt ville være problematisk om sommeren, og at alternative løsninger, såsom sensorer integreret i arbejdstøjet, ville være nødvendige for længerevarende målinger.

“Det er sindssygt varmt dernede... det var lidt en killer at have en ekstra T-shirt på.”

Medarbejderne fremhævede også tidsforbruget forbundet med at få dragten på. Det tog typisk 15-20 minutter at montere og kalibrere sensorerne, hvilket de oplevede som et reelt problem i afdelinger, hvor der er stramme tidsrammer for omklædning og mødetid. Hvis der på sigt ønskes en større implementering af Xsens vil det være nødvendigt med grundig planlægning og eventuelle justeringer af arbejds gangene.

På trods af disse udfordringer var medarbejderne samlet set meget positive over for projektet og teknologien. De oplevede dragten som spændende og gav udtryk for, at de gerne ville deltage igen. Der var ingen oplevelse af overvågning eller ubehag i forbindelse med at blive filmet eller observeret, eftersom medarbejderne allerede kender dette fra daglig drift og kvalitetskontrol. Som en af

deltagerne bemærkede, blev kollegerne primært nysgerrige snarere end skeptiske, og ingen oplevede dragten som grænseoverskridende at få monteret.

“For vores vedkommende var der ikke noget problem, for vi er vant til at der er en masse, der holder øje med os hver dag... Så vi følte os ikke generet af det.”

Samlet peger interviewet på, at medarbejderne er motiverede og generelt positive over for brugen af Xsens, men at der er et klart behov for justeringer af sensorplacering og udstyr, især håndsensoren og beklædningskravene, hvis systemet skal anvendes bredt i den daglige produktion.

Arbejds miljørepræsentanter og ledelsens vurderinger

I fokusgruppeinterviewet med arbejds miljørepræsentanter og ledelse fremstod der en grundlæggende positiv vurdering af Xsens-teknologiens potentiale. De deltagende repræsentanter så muligheder i, at teknologien kunne tilbyde en mere nøjagtig og objektiv forståelse af de ergonomiske risici end EGA-metoden, der primært bygger på observationer. Den objektive dokumentation blev fremhævet som et stort plus, særligt fordi medarbejdernes bevægelser kunne følges direkte på skærmen under målingerne. Denne live-visualisering gav et konkret indblik i arbejdsstillinger, som i flere tilfælde udfordrede deres egne antagelser. Arbejds miljørepræsentanterne beskrev, hvordan de havde forventet, medarbejderne arbejdede i uhensigtsmæssige stillinger, men at sensordata viste noget andet og mere nuanceret. For dem var dette et tegn på, at Xsens kan skabe mere præcise vurderinger og samtidig minde om, at observationer og antagelser om ergonomiske risici ikke altid er tilstrækkelige.

En anden vigtig pointe i interviewet var, at medarbejderne arbejder meget forskelligt, både i tempo, teknik og bevægelsesmønster. Dette blev fremhævet som et argument for objektive målinger, da traditionelle observationer ikke altid fanger den individuelle variation.

“Det er jo ikke nogen, der arbejder ens.”

Denne individualitet betyder, at Xsens kan bidrage til mere individuelle ergonomiske tilpasninger og understøtte rokeringer og justering af arbejdsstationer. Systemet blev set som et potentielt værktøj til f.eks. at vurdere, om en arbejdsstation er placeret i den korrekte højde, eller om enkelte medarbejdere har fordel af små justeringer i deres arbejdsområde. Det blev nævnt, at teknologien dermed kunne hjælpe både ledelse og medarbejderne med at identificere forbedringsmuligheder i den daglige arbejdspraksis.

Systemet blev også vurderet som relevant i forbindelse med planlægning af nye arbejdsstationer, i ændring af arbejdsprocedurer samt i dialog med Arbejdstilsynet (AT). Flere deltagere pegede på, at objektive og kvantificerbare data kan styrke virksomhedens position i arbejds miljøarbejdet og give et bedre grundlag ved besøg eller påbud fra AT.

“Når AT kommer, så har du noget at præsentere... du er på forkant.”

Der var bred enighed om, at Tican med fordel kan bruge Xsens som et redskab til at være proaktive fremfor reaktive i forhold til AT's krav.

Samtidig var gruppen opmærksom på en række forhold, der kan få betydning for, om teknologien kan implementeres i praksis. Først og fremmest blev AT's fremtidige anerkendelse af Xsen/RULA vurderet som en afgørende faktor for teknologiens reelle potentiale i branchen. Hvis ikke metoden kan anvendes som officiel dokumentation, vurderede flere, at investeringen kan blive vanskelig at retfærdiggøre.

Derudover fyldte økonomi og cost-benefit-overvejelser meget i interviewet. For ledelsen er teknologiens værdi tæt knyttet til, om den kan bidrage til at reducere nedslidning, arbejdsskader og sygefravær, som er betydelige økonomiske udgiftsposter.

“Det skal holdes op imod arbejdsskader... kan vi forebygge?”

Hvis Xsens kan dokumentere, at den bidrager til færre skader, vurderede flere, at systemet på sigt vil kunne tjene sig selv hjem.

Praktiske forhold blev også drøftet, herunder pladsbegrænsninger i produktionen, især i smalle områder med høj trafik. Gruppen fremhævede, at det kan være vanskeligt at etablere stabile arbejdspladser til pc-udstyr og målepersonale tæt på produktionen. Dette blev dog betragtet som en udfordring der kan løses. Ligeledes blev høje temperaturer i visse afdelinger nævnt som en faktor, der kan påvirke anvendelsen af dragten i varme perioder. Der blev også peget på behovet for oplæring og etablering af superbrugere, så virksomheden selvstændigt kan udføre målinger og integrere teknologien i det almindelige arbejdsmiljøarbejde.

Samlet set var arbejdsmiljørepræsentanter og ledelse enige om, at Xsens-systemet rummer betydeligt potentiale til at styrke de ergonomiske vurderinger i virksomheden og bidrage til forebyggelse af arbejdsskader. Der var en klar forståelse af, at teknologien kan fungere som et stærkt supplement til eksisterende værktøjer, især hvis den på sigt godkendes af relevante myndigheder, og at den kan understøtte både strategisk og praktisk arbejdsmiljøudvikling hos Tican.

Diskussion

Dette projekt havde til formål at afprøve, om bevægelsesanalyse baseret på Xsens Awinda-teknologi kan anvendes som ergonomisk vurderingsværktøj i slagteriets systematiske arbejdsmiljøvurdering. I det følgende diskuteres resultaterne i projektet og de metodiske styrker og begrænsninger. Endelig vurderes betydningen af resultaterne i relation til forebyggelse af arbejdsrelaterede muskelskelet-besvær blandt slagteriansatte.

Hovedresultatet viser, at der er statistisk signifikante forskelle mellem de gennemsnitlige RULA- og EGA-scorer. Forskellene ligger imidlertid primært inden for den acceptable zone. Samtidig er der blandt både ansatte og ledere en positiv modtagelse af Xsens som et visuelt hjælpemiddel og en objektiv dokumentation, der opleves som mere valid end EGA-metoden. De ansatte, der afprøvede Xsens, var generelt positive, men havde konkrete krav til udstyret, hvis det skulle anvendes som et standardelement i den ergonomiske vurdering af arbejdsstationerne på slagteriet.

De supplerende målinger af den aerobe belastning ved arbejdsstationerne og over arbejdsdagen viste primært, at opgaverne er moderat belastende, mens mønsteret over hele arbejdsdagen viser en kontinuerlig høj belastning uden pauser, hvor pulsen kommer ned i nærheden af hvileniveau og giver mulighed for restitution.

Metodiske styrker og bidrag

En væsentlig styrke ved Xsens er muligheden for objektive, realtidsbaserede målinger af arbejdsstillinger ved hjælp af bærbar sensorteknologi. Traditionelle ergonomiske observations-metoder er ofte tidskrævende og er baseret på subjektiv vurdering. Dette medfører variation mellem observatører, hvilket kan udfordre både validitet og reproducerbarhed (9,10,28,29). Ved at anvende Xsens Awinda-systemet blev det muligt at generere RULA-scoring automatisk og kontinuerligt, hvilket reducerer risikoen for observationsbias og inter-rater variation.

En styrke ved projektets design er, at målingerne blev gennemført direkte i det daglige hverdagsarbejdsmiljø på slagteriet og ikke i et laboratorie- eller simulationssetup. Dette øger undersøgelsens kontekstuelle validitet, idet de registrerede bevægelsesmønstre og arbejdsstillinger afspejler faktiske arbejdsopgaver, tempo og organisatoriske rammer. Dermed bidrager projektet med viden om ergonomisk belastning under realistiske produktionsforhold, hvilket er centralt i arbejdsmiljøforskning og -praksis.

Projektets fokus på sammenkoblingen mellem objektive målinger (Xsens/RULA) og den eksisterende ergonomiske praksis (EGA) udgør desuden et kontekstuel vigtigt metodisk bidrag. Sammenligningen giver indsigt i, hvorvidt teknologibaserede i højere grad identificerer ergonomiske risici, eller blot er på linje med mere praksisnære vurderingsmetoder, og om metoderne supplerer hinanden.

Begrænsninger i datagrundlag og generaliserbarhed

Projektets målinger omfattede et begrænset antal arbejdsstationer og medarbejdere. I alt blev der gennemført målinger på 42 udvalgte arbejdsstationer, primært udvalgt på baggrund af en formodning om forhøjet ergonomisk risiko. Resultaterne kan derfor ikke uden videre generaliseres til alle arbejdsfunktioner på slagteriet eller til slagteribranchen generelt. Den selektive tilgang indebærer, at

potentielt belastende arbejdsstillinger ikke er blevet registreret, hvilket kan medføre en underrepræsentation af den samlede ergonomiske risikoprofil.

Måleperioden var endvidere begrænset af sensorernes batteritid, hvilket betød, at Xsens-målinger udelukkende kunne gennemføres for arbejdsopgaverne i formiddagstimerne. Selvom pulsdata dækkede hele arbejdsdagen og ikke indikerede systematiske forskelle mellem formiddag og eftermiddag, kan det ikke udelukkes, at der forekommer variationer i bevægemønstre eller træthed senere på dagen.

Tekniske og praktiske forhold ved brug af sensorteknologi

Anvendelsen af bærbare sensorer i et slagterimiljø indebærer en række praktiske forhold, som kan have betydning for datakvaliteten og fortolkningen af resultaterne. Enkelte medarbejdere oplevede imidlertid varme som en udfordring, som følge af den ekstra beklædning, der er nødvendig for at bære sensorerne, hvilket potentielt kan have haft betydning for deres bevægemønstre under målingerne. Dette vil dog også påvirke EGA-målingerne og således ikke have væsentlig betydning for sammenligningen af de to metoder.

Arbejdsbevægelser kunne i enkelte tilfælde føre til forskydning af sensorerne, særligt på benene, hvilket påvirker målenøjagtigheden og nødvendiggør justering eller recalibrering undervejs. Disse forhold er særligt relevante i arbejdsfunktioner med høj bevægelsesintensitet og mange gentagelser.

Generelt angav deltagerne, at de ikke oplevede sig væsentligt generet af at være ikklædt Xsens-udstyret under arbejdet. Enkelte medarbejdere pegede dog på praktiske udfordringer, herunder samspillet mellem handsker og sensorer, sensorer på benene, der kunne glide, samt den fornævnte varme forbundet med ekstra beklædning. Det kan derfor ikke udelukkes, at måleudstyret i begrænset omfang har påvirket medarbejdernes bevægemønstre under målingerne, selvom dette vurderes at være af mindre betydning for de overordnede resultater.

Sammenligning mellem Xsens/RULA og EGA

Sammenligningen mellem Xsens/RULA og EGA blev foretaget på et begrænset materiale idet kun EGA-elementer relateret til kropsregioner indgik i analysen. Elementer som kraftanvendelse, mikropauser, rækkeafstand og båndtempo blev udeladt, da disse ikke indgår i RULA-metoden. Denne harmonisering af metoderne var et bevidst analytisk valg med henblik på at skabe et sammenligneligt grundlag mellem den subjektive vurderingsmetode (EGA) og den objektive bevægelsesanalyse (Xsens/RULA).

Samtidig indebærer denne metodiske tilpasning en væsentlig begrænsning. Sammenligningen siger alene noget om overensstemmelse i den samlede score mellem metoderne. Den kan ikke belyse, om metoderne identificerer de samme specifikke anatomiske områder som ergonomisk kritiske hos den enkelte medarbejder.

Endvidere betyder fraværet af arbejdsstationsrelaterede elementer fra EGA, at sammenligningen ikke afspejler den samlede ergonomiske risikoprofil ved arbejdsstationerne. Resultaterne kan derfor ikke anvendes til at vurdere, om Xsens/RULA kan erstatte EGA, men snarere hvordan metoderne kan supplere hinanden i en samlet ergonomisk vurdering.

Xsens/RULA-metoden muliggør en detaljeret registrering af arbejdsstillinger og bevægelser, men kan ikke registrere kraftanvendelse. Kraft er en veldokumenteret risikofaktor for udvikling af arbejdsrelaterede muskelskeletbesvær (7,30,31), og fraværet af denne dimension betyder, at ergonomiske faktorer som tunge løft, gentagne tryk eller kraftfulde greb, ikke indgår i vurderingen.

Tidligere forskning peger på, at sammenhængen mellem observerede arbejdsstillinger og faktisk udvikling af muskelskeletbesvær ikke altid er entydig (10,32,33). Selvom RULA er et udbredt og anerkendt screeningsværktøj, er dets prædiktive styrke i forhold til langsigtet helbredseffekt begrænset. Resultater baseret på RULA bør derfor fortolkes som indikatorer for potentiel risiko snarere end som direkte mål for sundhedseffekt.

Fortolkning af relativ pulsbelastning og metodiske usikkerheder

Pulsmålingerne viste, at medarbejdernes relative belastning gennem arbejdsdagen overvejende lå i intervallet 40-80 % af maksimal puls, med periodiske toppe op mod 85-90 %. Beregningerne er baseret på en estimeret maksimal hjerterefrekvens ($HR_{max} = 220 - \text{alder}$).

Denne estimeringsmetode indebærer en velkendt usikkerhed. Tanaka et al. (2001) har vist, at formelen $220 - \text{alder}$ systematisk afviger fra målte værdier og især undervurderer maksimal hjerterefrekvens hos personer over 40 år (24). I en gruppe med en gennemsnitsalder på 40,3 år ($\pm 10,68$) kan dette påvirke fortolkningen af den relative belastning. Undervurderes maksimalpuls hos ældre medarbejdere, vil deres relative arbejdsbelastning fremstå højere end den reelt er, mens de yngre medarbejders relative belastning undervurderes. De rapporterede procenter bør derfor tolkes med forsigtighed, særligt ved individuelle sammenligninger.

Direkte maksimaltestning viser, at der er betydelig individuel variation. Berglund et al. (2019) fandt forskelle på -5 til 12 slag/min mellem standardtest og dedikeret maksimaltest (23) og konkluderer, at præcis bestemmelse af den maksimale puls kræver en specifik maksimaltest. Estimering af maksimal puls vil således altid indebære en vis usikkerhed i klassificeringen af relative intensitets-zoner.

Vores resultater er i overensstemmelse med nyere studier blandt slagteriarbejdere, hvor den fysiske belastning klassificeres som moderat til tung baseret på arbejdsrelateret hjerterefrekvens. Santos et al. (2023) fandt, at pulsen hos flere medarbejdere var højere ved arbejdsdagens afslutning, hvilket blev relateret til akkumuleret træthed (34). Selvom der i dette projekt ikke sås en entydig lineær stigning gennem dagen, indikerer fraværet af længerevarende perioder med lav puls, at restitutionen under arbejdet kan være begrænset. Tilsvarende viste Vogel & Eklund (2015), at en betydelig andel af medarbejderne overskred anbefalede grænser for relativ aerob belastning, hvilket indikerer, at arbejdsbelastningen i flere tilfælde kan overstige et bæredygtigt niveau over en hel arbejdsdag (35).

Litteraturen understreger samtidig, at puls ikke alene afspejler opgavernes intensitet, men også påvirkes af individuelle og organisatoriske forhold. Vogel & Eklund (2015) fandt, at længere erhvervserfaring var associeret med lavere relativ belastning, hvilket kan afspejle mere effektiv arbejdsteknik (35). Endvidere viser Van Holland et al. (2015), at behov for restitution og funktionel kapacitet er tæt forbundet med arbejdssevne (36). Samlet peger forskningen således på, at slagteriarbejde indebærer en moderat til høj kardiovaskulær belastning, hvor både fysiske krav, arbejdstempo, organisering og individuelle ressourcer spiller en central rolle.

Implementeringsmæssige perspektiver

En yderligere begrænsning ved teknologien relaterer sig til den langsigtede implementering i industrien. Selvom Xsens Awinda er mere mobil og økonomisk tilgængelig end optiske bevægelsessystemer, er adgangen til færdigbearbejdede outputs, såsom automatiske RULA-rapporter, knyttet til en abonnementsbaseret softwarelicens (37). Manglende mulighed for lokal lagring eller fri adgang til data kan udgøre en barriere for bred og vedvarende anvendelse i virksomheders daglige arbejdsmiljøarbejde.

Kvalitative data og sproglige forhold

Fokusgruppeinterviewet med medarbejderne blev gennemført med brug af tolk, idet flere deltagere primært talte polsk eller rumænsk, mens andre havde begrænsede dansk- eller engelskkundskaber. Tican stillede tolk til rådighed og situationen var ikke uvant for medarbejderne. Det var helt centralt i projektet, at det var muligt at inddrage udsagn fra de medarbejdere, som ville være målgruppen for anvendelsen af Xsens hvis Tican vælger at fortsætte med den type målinger i deres arbejdsmiljøarbejde. Anvendelsen af tolk var således en nødvendig forudsætning for at kunne gennemføre interviewet med de relevante deltagere, men det kan samtidig have påvirket dynamikken og graden af dialog mellem deltagerne.

En central styrke ved fokusgruppemetoden er netop den interaktion, der opstår mellem deltagerne, hvor erfaringer, perspektiver og forståelser udvikles i dialog (38). Når kommunikationen formidles via tolk, kan denne interaktion i nogen grad hæmmes, idet spontane reaktioner, overlap og direkte respons mellem deltagerne reduceres. Dette kan begrænse fremkomsten af den kollektive meningsskabelse, som ofte anses som et særkende ved fokusgrupper.

Sådanne forhold skal imidlertid ikke alene betragtes som metodiske svagheder, men som vilkår, der former den type data, der produceres (38). Fokusgrupper skal forstås som sociale og kontekstuelle situationer, hvor deltageres bidrag påvirkes af både sproglige, kulturelle og strukturelle rammer. I dette projekt betyder det, at de kvalitative data primært afspejler individuelle erfaringer og perspektiver, formidlet i en fælles ramme, snarere end en dynamisk dialog mellem deltagerne.

Resultaterne fra fokusgruppeinterviewet skal derfor fortolkes med bevidstheden om, at den kollektive interaktion var begrænset, og at visse nuancer eller uenigheder mellem deltagerne kan være underrepræsenteret. Samtidig har fokusgruppen fortsat bidraget med værdifuld viden om medarbejdernes oplevelser af arbejdet og anvendelsen af måleteknologien, om end på andre præmisser end ved fokusgrupper uden sproglige barrierer.

Samlet vurdering

Samlet set vurderer vi, at de metodiske begrænsninger ikke påvirker projektets resultater. Begrænsningerne er imidlertid væsentlige at inddrage i vurderingen af Xsens Awinda som et muligt værktøj i fremtidigt arbejdsmiljøarbejde. Projektet viser, at teknologien kan bidrage med detaljeret og objektiv viden om arbejdsstillinger og bevægemønstre, men også at den bør anvendes som supplement til, og ikke erstatning for, eksisterende ergonomiske vurderingsmetoder, der inddrager organisatoriske forhold, kraftanvendelse og arbejdstempo.

Konklusion

Projektet havde til formål at afprøve Xsens/RULA-metoden som et objektivt værktøj til en ergonomisk vurdering af arbejdsopgaver i slagteriproduktionen og sammenligne disse målinger med den eksisterende EGA-praksis. Projektet har belyst medarbejdernes og ledelsens oplevelse af målemetoden samt undersøgt den kardiovaskulære belastning gennem pulsmålinger. Projektets resultater giver et bredt indblik i, hvordan Xsens/RULA og EGA understøtter og supplerer hinanden og det vurderes, at Xsens kan bidrage til Ticans løbende arbejdsmiljøarbejde.

Sammenligningen viste, at RULA i gennemsnit vurderede den ergonomiske risiko lidt højere end EGA i Opskæring og Pakkeri, mens billedet var omvendt i Slagtergangen. Forskellene var statistisk signifikante, men størstedelen af scorerne lå i intervallet 3-4, som generelt betragtes som lav risiko, og ingen målinger lå i de øverste kategorier. Der er således ikke forskel i den handlingsanvisning, resultaterne fører til. Begge metoder peger ikke på alvorlige ergonomiske problemer, men Xsens/RULA giver et mere detaljeret indblik i bevægelser og arbejdsstillinger over tid.

Pulsmålingerne viste, at medarbejderne gennem arbejdsdagen ligger på et moderat til højt pulsniveau (ca. 40-85 % af maksimal puls) uden systematiske forskelle fra arbejdsdagens start til slut. Dette afspejler, at arbejdet stiller relativt store fysiske krav, med variation mellem funktioner og individer. Der var ikke længerevarende perioder med puls nær hvileniveau, hvilket indikerer begrænset mulighed for restitution. Pulsdata fungerer dermed som et relevant supplement til de ergonomiske vurderinger og bidrager til forståelsen af den samlede fysiske belastning.

Fokusgruppeinterviewet med medarbejderne viste, at de generelt var positive over for at deltage og nysgerrige på teknologien. De oplevede, at dragten fungerede fint i praksis, om end der var enkelte udfordringer, især med håndsensoren, varme i nogle afdelinger og tidsforbrug ved påtagning. Disse forhold er vigtige at være opmærksomme på ved eventuel fremtidig brug, men medarbejderne gav samtidig udtryk for, at udfordringerne ikke ændrede deres opgaver væsentligt, og at de gerne deltager igen.

Interviewet med ledelsen og arbejdsmiljøorganisationen viste en tilsvarende positiv holdning til potentialet i Xsens/RULA. De så særlig værdi i muligheden for at visualisere bevægelser og opnå et mere præcist datagrundlag, som kan støtte både ergonomiske vurderinger, planlægning af arbejdsstationer og dialogen med AT. Samtidig pegede de på praktiske forhold som oplæring, pladsforhold og økonomi som vigtige overvejelser ved en eventuel implementering. Overordnet blev Xsens/RULA vurderet som et muligt supplement til de værktøjer, virksomheden allerede anvender.

Samlet set viser projektet, at Xsens/RULA-metoden kan give en mere detaljeret og tidsbaseret vurdering af ergonomiske belastninger end EGA, og at de to metoders ergonomiske vurdering af arbejdsfunktionerne ikke er væsentligt forskellige. Pulsdata bidrager med et uafhængigt indblik i det fysiologiske arbejdspress og understøtter forståelsen af belastningsniveauet i de målte funktioner. Resultaterne peger ikke på kritiske risici, som bør ændres nu og her, men på områder, hvor der kan arbejdes videre med justeringer, forebyggelse og vidensopbygning hvor individuelle tilpasninger også inddrages. Teknologien rummer et potentiale som en del af Ticans fremtidige arbejdsmiljøindsats, forudsat at dens anvendelse tilpasses de praktiske rammer og behov, som er fremhævet af både medarbejdere og ledelse.

Referencer

1. Simoneau S, St-Vincent M, Chicoine D. Work-Related Musculoskeletal Disorders (WMSDs). 1996.
2. Musculoskeletal health [Internet]. 2022 [henvist 4. december 2025]. WHO. Tilgængelig hos: https://www.who.int/news-room/fact-sheets/detail/musculoskeletal-conditions?utm_source
3. de Kok J, Vroonhof P, Snijders J, Roullis G, Clarke M, Peereboom K, m.fl. Work-related musculoskeletal disorders: prevalence, costs and demographics in the EU. [Internet]. LU: Publications Office; 2019 [henvist 15. november 2024]. Tilgængelig hos: <https://data.europa.eu/doi/10.2802/66947>
4. Kumar S. Theories of musculoskeletal injury causation. *Ergonomics*. januar 2001;44(1):17–47. doi:10.1080/00140130120716
5. Bevan S. Economic impact of musculoskeletal disorders (MSDs) on work in Europe. *Best Practice & Research Clinical Rheumatology*. juni 2015;29(3):356–73. doi:10.1016/j.berh.2015.08.002
6. Hansson EK, Hansson TH. The costs for persons sick-listed more than one month because of low back or neck problems. A two-year prospective study of Swedish patients. *Eur Spine J*. maj 2005;14(4):337–45. doi:10.1007/s00586-004-0731-3
7. Frost P, Andersen JH, Nielsen V. Occurrence of carpal tunnel syndrome among slaughterhouse workers. *Scand J Work Environ Health*. august 1998;24(4):285–92. doi:10.5271/sjweh.322
8. Sundstrup E, Jakobsen MD, Jay K, Brandt M, Andersen LL. High Intensity Physical Exercise and Pain in the Neck and Upper Limb among Slaughterhouse Workers: Cross-Sectional Study. *BioMed Research International*. 2014;2014:1–5. doi:10.1155/2014/218546
9. Burt S, Punnett L. Evaluation of interrater reliability for posture observations in a field study. *Applied Ergonomics*. april 1999;30(2):121–35. doi:10.1016/S0003-6870(98)00007-6
10. Li G, Buckle P. Current techniques for assessing physical exposure to work-related musculoskeletal risks, with emphasis on posture-based methods. *Ergonomics*. maj 1999;42(5):674–95. doi:10.1080/001401399185388
11. Vignais N, Miezal M, Bleser G, Mura K, Gorecky D, Marin F. Innovative system for real-time ergonomic feedback in industrial manufacturing. *Applied Ergonomics*. juli 2013;44(4):566–74. doi:10.1016/j.apergo.2012.11.008
12. Paulich M, Schepers M, Rudigkeit N, Bellusci G. Xsens MTw Awinda: Miniature Wireless Inertial-Magnetic Motion Tracker for Highly Accurate 3D Kinematic Applications. maj 2018.
13. Valorenzos A, Nielsen KA, Helligsø P, Nielsen MF, Wolfgang P, Thomsen GF, m.fl. Ergonomic strain of robotic-assisted versus laparoscopic inguinal hernia repair (ESRALI)—a crossover trial. *Surg Endosc*. maj 2025;39(5):3095–105. doi:10.1007/s00464-025-11676-7

14. Wolfgang P, Valorenzos A, Als Nielsen K, Frank Thomsen G, Dalager T. Ergonomic strain among surgical assistants during robotic-assisted versus laparoscopic inguinal hernia repair - ESRALI phase two [In Manuscript]. 2026.
15. Poitras I, Dupuis F, Biemann M, Campeau-Lecours A, Mercier C, Bouyer L, m.fl. Validity and Reliability of Wearable Sensors for Joint Angle Estimation: A Systematic Review. *Sensors*. 31. marts 2019;19(7):1555. doi:10.3390/s19071555
16. Schepers M, Giuberti M, Bellusci G. Xsens MVN: Consistent Tracking of Human Motion Using Inertial Sensing [Internet]. 2018. doi:10.13140/RG.2.2.22099.07205
17. Skals S, Bláfoss R, Andersen MS, De Zee M, Andersen LL. Manual material handling in the supermarket sector. Part 1: Joint angles and muscle activity of trapezius descendens and erector spinae longissimus. *Applied Ergonomics*. april 2021;92:103340. doi:10.1016/j.apergo.2020.103340
18. McAtamney L, Nigel Corlett E. RULA: a survey method for the investigation of work-related upper limb disorders. *Applied Ergonomics*. april 1993;24(2):91–9. doi:10.1016/0003-6870(93)90080-S
19. EGA - Vurdering af arbejdsbevægelser [Internet]. 2023 [henvist 4. december 2025]. BFA. Tilgængelig hos: <https://bfaportalen.dk/sider/mejerier-og-slagterier/ega-vurdering-af-arbejdsbevaegelser>
20. Parak J, Korhonen I. Accuracy of Firstbeat Bodyguard 2 beat-to-beat heart rate monitor. Firstbeat Technology Ltd; 2023.
21. Firstbeat. Attaching the Firstbeat Life measurement device and electrodes [Internet]. Firstbeat; 2025. Tilgængelig hos: <https://support.firstbeatlife.com/hc/en-us/articles/360007786877-Attaching-the-Firstbeat-Life-measurement-device-and-electrodes>
22. Korshøj M, Lund Rasmussen C, De Oliveira Sato T, Holtermann A, Hallman D. Heart rate during work and heart rate variability during the following night: a day-by-day investigation on the physical activity paradox among blue-collar workers. *Scand J Work Environ Health*. 1. juli 2021;47(5):387–94. doi:10.5271/sjweh.3965
23. Berglund IJ, Sørås SE, Relling BE, Lundgren KM, Kiel IA, Moholdt T. The relationship between maximum heart rate in a cardiorespiratory fitness test and in a maximum heart rate test. *Journal of Science and Medicine in Sport*. maj 2019;22(5):607–10. doi:10.1016/j.jsams.2018.11.018
24. Tanaka H, Monahan KD, Seals DR. Age-predicted maximal heart rate revisited. *Journal of the American College of Cardiology*. januar 2001;37(1):153–6. doi:10.1016/S0735-1097(00)01054-8
25. Braun V, Clarke V. Using thematic analysis in psychology. *Qualitative Research in Psychology*. januar 2006;3(2):77–101. doi:10.1191/1478088706qp063oa
26. Sundhedsstyrelsen. Fysisk aktivitet og intensitet [Internet]. [henvist 16. februar 2016]. Tilgængelig hos: <https://www.sst.dk/vidensbase/forebyggelse/anbefalinger-om-fysisk-aktivitet/anbefalinger-om-fysisk-aktivitet-og-stillesiddende-tid/fysisk-aktivitet-og-intensitet?>
27. Holtermann A, Krause N, Van Der Beek AJ, Straker L. The physical activity paradox: six reasons why occupational physical activity (OPA) does not confer the cardiovascular health

- benefits that leisure time physical activity does. *Br J Sports Med.* februar 2018;52(3):149–50. doi:10.1136/bjsports-2017-097965
28. David GC. Ergonomic methods for assessing exposure to risk factors for work-related musculoskeletal disorders. *Occupational Medicine.* 1. maj 2005;55(3):190–9. doi:10.1093/occmed/kqi082
29. Chatzis T, Konstantinidis D, Dimitropoulos K. Automatic Ergonomic Risk Assessment Using a Variational Deep Network Architecture. *Sensors.* 12. august 2022;22(16):6051. doi:10.3390/s22166051
30. Gorsche RG, Wiley JP, Renger RF, Brant RF, Gerner TY, Sasyniuk TM. Prevalence and incidence of carpal tunnel syndrome in a meat packing plant. *Occup Environ Med.* juni 1999;56(6):417–22. doi:10.1136/oem.56.6.417
31. Magnusson M. An ergonomic study of work methods and physical disorders. 1987.
32. Vignais N. Innovative system for real-time ergonomic feedback in industrial manufacturing. *Applied Ergonomics.* 2013.
33. Joshi M, Deshpande V. Identification of indifferent posture zones in RULA by sensitivity analysis. *International Journal of Industrial Ergonomics.* maj 2021;83:103123. doi:10.1016/j.ergon.2021.103123
34. Santos LA, Vanderlei LCM, Garrigou A, Pasquereau P, Messias IDA. Physical load and heart rate behavior in workers in the slaughterhouse and meat packing industries. *Rev bras cineantropom desempenho hum.* 2023;25:e93577. doi:10.1590/1980-0037.2023v25e93577
35. Vogel K, Eklund J. On physiological demands and sustainability in meat cutting. *Ergonomics.* 4. marts 2015;58(3):463–79. doi:10.1080/00140139.2014.975287
36. Van Holland BJ, Soer R, De Boer MR, Reneman MF, Brouwer S. Workers' Health Surveillance in the Meat Processing Industry: Work and Health Indicators Associated with Work Ability. *J Occup Rehabil.* september 2015;25(3):618–26. doi:10.1007/s10926-015-9569-2
37. Movella. Manage-MotionCloud-Subscriptions [Internet]. [hentet 30. januar 2026]. Xsens Knowledge base. Tilgængelig hos: https://base.xsens.com/s/article/Manage-MotionCloud-Subscriptions?language=en_US
38. Smithson J. Using and analysing focus groups: Limitations and possibilities. *International Journal of Social Research Methodology.* januar 2000;3(2):103–19. doi:10.1080/136455700405172