



AARHUS SCHOOL OF ENGINEERING

SUNDHEDSTEKNOLOGI
MEDICINSK TEKNOLOGI VURDERING

Ultralyds Robotarm

Anne Bundgaard Hoelgaard	(201404492)
Ditte Heebøll Callesen	(201408392)
Freja Ramsing Munk	(201406736)
Ida Mark Skovbjerg	(201404669)
Mette Østergård Knudsen	(201404501)
Nina Brkovic	(201406458)

Vejledere:

Lene Hause
Samuel Alberg Thrysøe
Aarhus Universitet

30. maj 2016

Abstract

Resumé

Forkortelser og formler

Forkortelser

Ord	Forklaring
Robotarm	Ultralyds robotarm udviklet af Robotic Ultrasound ApS
MTV	Medicinsk Teknologi Vurdering
RMV	Regionshospital Midt Viborg, Kvindesygdomme og Fødsler
HEH	Hospitalsenheden Horsens, Kvindeafdelingen, Svangre- og Ultralydsambulatorium
BMI	Body Mass Index

Formler

Annuitetsmetoden:

Viser den gennemsnitlige årlige værdi af en investering. Baseret på den forventede levetid og en pålagt årlig rente.

$$\left(\frac{(1 + \text{rente})^{\text{forventet levetid}} \cdot \text{rente}}{(1 + \text{rente})^{\text{forventet levetid}} - 1} \right) \cdot \text{udstyrspris} = \text{gennemsnitlige årlige værdi} \quad (1)$$

Ved ultralydsscanning af de gravide holder sonograferne proben i akavede stillinger og skal presse med **ca. 10-15 kg** for at få et klart billede. Disse stillinger øger muligheden for at få arbejdsskader. Der sker desuden en yderligere belastning, da der er en stigning i antallet af overvægtige [1]. Dette betyder at sonograferne skal presse med en større kraft for at få klare billeder. Grundet sonografernes arbejdsstillinger, er der fra Dansk Føtalmedicinsk Selskab kommet guidelines angående det maksimale antal af timer, en sonograf må foretage scanninger i løbet af en uge. Dette gør at der skal flere sonografer til for at kunne scanne det stigende antal gravide [2].

Denne udvikling har ført til, at der er blevet udviklet en Ultralyds Robotarm. Denne robotarm styres via et joystick, således sonograferne ikke skal være i akavede stillinger, men i stedet kan styre robotten til de ønskede stillinger.

Formålet med denne rapport er at undersøge om en Ultralyds Robotarm vil kunne gøre det lettere at håndtere den stigende mængde gravide og samtidig mindske chancen for arbejdsskader.

1.1 Baggrund

Projektet er lavet på baggrund af udviklingen af Ultralyds Robotarmen. Der ønskes at finde frem til om denne robotarm kan erstatte noget af det eksisterende udstyr og derved give en bedre effekt end det gamle udstyr.



1.2 Projektafgrænsning

I projektet er der valgt at fokusere på Ultralyds Robotarmen som en mulighed for at mindske arbejdsskaderne for sonograferne. Der er fravalgt at kigge på den telemedicinske del af robotarmen, da denne del ikke var færdig udviklet i det tidsrum hvor mini-MTV'en er blevet udarbejdet. Der blev taget kontakt til både "Kvindeafdelingen, Svangre- og Ultralydsambulatorium" på Hospitalsenheden Horsens (HEH) og afdelingen "Kvindesygdomme og Fødsler" på Regionshospitalet Viborg (RMV). Disse er valgt for at kunne udføre interview angående den daglige gang for sonografer på en afdeling. Grundet tidsbegrænsningen blev der kun taget kontakt til to afdelinger på hver sit sygehus.

Metoder 2

Afsnittet indeholder en beskrivelse af hvilke metoder, der er blevet anvendt til udarbejdelse af denne mini-MTV i forhold til de fire MTV aspekter: Teknologi, Patient, Organisation og Økonomi.

Overordnet set er der blevet gennemført en litteratursøgning og -vurdering på baggrund af en i forvejen opstillet protokol (Bilag xx). Protokollen er udarbejdet ud fra specifikke søgestrategier, hvor der er søgt på både engelsk og dansk. De specifikke søgeord er medtaget som dokumentation. Der er søgt i følgende databaser: Embase, PubMed, Google Scholar, Cochrane og Engineering Village.

De fremsøgte artikler er blevet sorteret ud fra inklusions- og eksklusionskriterier. Artikler, som omhandlede specifikt telemedicin er blevet ekskluderet, da indholdet ikke er relevant for problemstillingen. Artikler omhandlende scanning af gravide, scanning af hjertet, robotarm og arbejdsskader hos sonografer er inkluderet i mini-MTV'en.

Udover ovenstående litteratur er der, efter behov søgt efter ikke videnskabelig litteratur for at opnå en forståelse for opbygningen af sonograf uddannelse, ultralydsscanning og andre løse emner for at komme ind i problemstillingen.

2.1 Teknologi

Dataindsamling til Teknologiafsnittet er sket via antagelser fra CEO Søren Pallesen, Robotic Ultrasound ApS og produktspecifikationer fra Universal Robots, samt information fra interview og samtale med sonografer på HEH og RVM. Afsnittet belyser Ultralyds Robotarmens anvendelsesområder, specifikationer samt sikkerhedsindstillinger.

2.2 Patient

Patientafsnittet bygger på data fra interview og samtale med sonografer på HEH, samt viden fra etik undervisning. Derudover er de fem patientperspektiver – sociale, økonomiske, etiske, individuelle og kommunikative forhold – blevet benyttet til at belyse den pågældende teknologi og de faktorer, der har betydning for patientens hverdagsliv.

Den etiske vurdering tager udgangspunkt i problemstillinger, der påvirker gravide og sonografer. Disse problemstillinger omhandler de professionsetiske principper, som den etiske vurdering er baseret på.

2.3 Organisation

Dataindsamling til Organisationsafsnittet er sket via direkte kontakt til kilder gennem interviews i både HEH og RMV. Afsnittet belyser betydningen af implementeringen af den nye teknologi for afdelingen som organisation samt mulige ændringer for personalet. Derudover er Leavitts organisationsmodel blevet benyttet til at beskrive de fire organisatoriske hovedelementer.

2.4 Økonomi

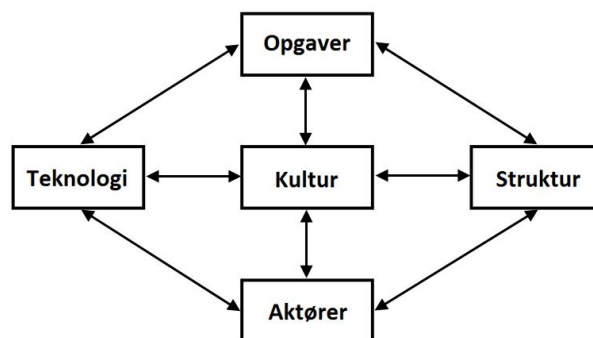
Den økonomiske dataindsamling er primært sket på baggrund af direkte kontakt til kilder via telefon eller mailkorrespondance. Derefter er dokumenter og andre skriftlige kilder afsøgt, typisk ved at holde dem op mod mundtlige kilder. Vurderingen er udarbejdet med udgangspunkt i følgende sundheds økonomiske analyser: Omkostningsminimeringsanalyse (CMA) og cost-effectiveness (CEA). De økonomiske beregninger indeholder flere af projektgruppens antagelser, hvor det ikke har været muligt at finde kilder med tilstrækkelig økonomisk evidens.


Organisation 3

Dette afsnit vil give et indblik i strukturen og opbygningen af Kvindeafdelingen, Svangre- og ultralydsambulatorium på Hospitalsenheden Horsens (HEH) og afdeling Kvindesygdomme og Fødsler på Regionshospitalet Midt Viborg (RMV). Afsnittet vil belyse, hvilken betydning implementeringen af en Ultralyds Robotarm, vil have for afdelingerne som organisation, samt hvilke ændringer dette vil medføre i arbejdsgangen for personalet.

Informationer, som er indhentet fra HEH og RMV, vil blive sammenholdt med videnskabelige artikler, i forsøget på at finde en større sammenhæng i problemstillingen omkring arbejdsgener ved ultralydsscanning.

Det er valgt, at benyttes Leavitts organisationsmodel 3.1 som analysemetode. Denne model er en diamantmodel, der arbejder med fire organisatoriske hovedelementer, der relaterer sig til hinanden. Hvert hovedelement vil blive belyst i hvert sit underafsnit [3].



Figur 3.1: Leavitts organisationsmodel, viser hvordan struktur, aktører, opgaver og teknologi indbyrdes relaterer sig til hinanden, i midten haves kulturen for organisationen. 

I analysen er der kun medtaget to ultralydsafdelinger, og derfor er der ikke videre empiri for at kunne drage konklusioner om, at billedet vil være det samme på andre lignende hospitals afdelinger i Danmark.

Dataindsamlingen til analyse er indhentet gennem interview med afdelingssygeplejerske Tina Arnbjørn og tre sonografer fra HEH, samt interview med afdelingssygeplejerske Karen Marie Goul og en sonograf fra RMV. Til at underbygge arbejdsskadeproblemstillingen benyttes yderligere videnskabelige artikler.

3.1 Kvindeafdelingen, Svangre- og ultralydsambulatorium, Hospitalsenheden Horsens

HEH er bemanded af en afdelingssygeplejerske, fem sonografer samt et ukendt antal læger. Afdelingen har udstyr til fire stuer, hvoraf tre stuer bemandes af sonografer. Der foretages 30-40 scanninger om dagen på afdelingen, hver scanning tager i gennemsnit 35 minutter.



3.2 Kvindesygdomme og fødsler, Regionshospitalet Viborg

Bemanning på RMV består af en afdelingssygeplejerske, ni sonografer og et ukendt antal læger. Afdelingen har ultralydsscanningsudstyr til fem stuer til gravide, hvoraf tre stuer er i drift dagligt og bemandes af sonografer. Dagligt foretages der 25-30 scanninger på afdelingen. En scanning tager i gennemsnittet 30 minutter.

Antallet af læger er ikke relevant for denne analyse, da der udelukkende fokuseres på sonografernes arbejdsgange.

3.3 Leavitts organisationsmodel

Det er valgt at sammenskrive de indsamlede data fra HEH og RMV, da afdelingerne på de to hospitaler er sammenlignelige. Leavitts organisationsmodel er med til at give et billede af de to afdelingers organisation og struktur. Derudover vil modellen belyse, hvordan organisationsstrukturen, opgaver og organisationens ansatte bliver påvirket af implementeringen af den nye teknologi.

3.3.1 Opgaver

Opgaverne som afdelingerne varetager på nuværende tidspunkt, vil ikke ændre sig ved implementering af robotarmen, da behovet for scanninger af gravide forbliver uændret. Opgaverne består af nakkefoldsscanning i 11.-13. uge, misdannelsesscanning i 19.-22. uge, vægtscanninger samt andre kontrolscanninger i løbet af graviditeten.



3.3.2 Teknologi

Ved implementering af ny teknologi, som Ultralyds Robotarmen, vil det sætte krav til aktørernes faglige kundskaber og erfaringer i brugen af teknologien. Dette er gældende for samtlige sonografer. Derfor vil der skulle være en indkørselsperiode af teknologien førend, at den vil være i fuld brug og alt personale har den rette kendskab i brugen af robotarmen.

Det vurderes, at de eksisterende stuer på HEH og RMV er tilstrækkelig store til at teknologien vil kunne implementeres uden yderligere ændringer. På RMV kan det dog blive nødvendigt at flytte patientskærmen, da robotarmsstativet muligvis vil komme til at dække for udsynet til skærmen.

3.3.3 Aktører


Muskel- eller skeletbesvær forårsaget eller forværret af de arbejdsopgaver, som udføres på arbejdspladsen er work-related musculoskeletal disorders. De fremkommer ved gentagne belastninger, kraftkrævende eller akavede bevægelser. I 2008 oplevede 90% af sonograferne

smerter under udførelsen af scanningen. Disse smerter er en økonomisk og personlig omkostning for ledelsens og for sonografernes hverdag. [4][5]

Billedet af at 90% af sonograferne mærker til smerter under scanninger blev også gjort klart på både HEH og RMV, hvor udtalelser fra sonograferne underbyggede netop dette. Her er den udbredte mening, at arbejdet er belastende og derfor er usikkerhed om hvor længe de kan blive i stillingen. Det belastende arbejde sammen med den stigende tendens for de gravides BMI skaber denne usikkerhed. Dog er sonograferne positive omkring deres stilling, hvilket også kan være med til at undertrykke smerterne, for at kunne blive i stillingen.

Disse skader og smerter ses i nakke, skulder og håndled og kan forekomme af drejende bevægelser i nakke og krop, håndledsbøjninger og arbejde i udstrakt arm. Smerterne kan også stamme fra inflammation af senerne i hånd og håndled, hvilken kan forekomme af belastningen fra grebet om ultralydsproben sammen med håndledsbøjninger [4]. Se figur 3.2 og 3.3.




Figur 3.2: Håndledsbøjning og greb om probe 



Figur 3.3: Arbejde i udstrakt arm

Implementeringen af robotarmen vil føre til markante ændringer for sonografernes arbejdsstillinger. Disse ændringer kommer ved, at sonografen ikke længere skal sidde med armen ind over den gravide, og skaderne i skulderen vil derfor kunne undgås. Desuden vil sonografen være mere centreret omkring arbejdsstationen og derfor vil vrid i kroppen og nakken også blive mindsket. Sonografen skal dog stadig holde om dummy-proben, se under Teknologi 5, så den gribende belastning kan ikke fjernes helt. Men sammen med at de resterende belastninger kan mindskes eller helt fjernes, vil dette ikke have den samme belastende virkning.

3.3.4 Struktur

På nuværende tidspunkt  den strukturelle opbygning på afdelingerne således, at en medarbejder ultralydsscanner henholdsvis 30 timer på HEH og 22 timer på RMV om ugen. De resterende timer udmønter sig som aflastende arbejde for den enkelte medarbejder. Denne struktur skyldes, at det er et kendt problem på afdelingerne, at scanningsarbejdet er fysisk belastende for medarbejderen. I løbet af en scanningsdag har én medarbejder i gennemsnit ti scanninger. Yderligere foretages der på afdelingerne forebyggende tiltag, i form af styrketrænende elastikøvelser, fri massage, ergonomiske redskaber samt fri adgang til fysioterapeuter og wellness-konsulenter, der kontrollerer og vejleder om medarbejderens arbejdsstillinger.

Afdelingerne tilrettelægger selv mængden af tid den enkelte sonograf skal scanne i løbet af en uge. Men Dansk Føtalmedicinsk Selskab udstikker hvert femte år anbefalinger, som det anbefales afdelingerne at følge. Anbefalingerne i forhold til antal timers ultralydscanning er 28 timer pr. uge, da det er vurderet at ved denne mængde af scanninger vil belastningen af sonografen ikke være i en skaden grad. (Mangler reference) Denne vurdering underbygges af videnskabelige forskningsundersøgelser, hvor sonografers arbejdsskader og mængden af scanningstid er blevet sammenholdt. Disse undersøgelser viser yderligere at en arbejdsskade typisk først optræder efter 5 år, hvilket der skal tages højde for i valget af observationsgruppe til lignende undersøgelser [6]. Dette viser, at RMV følger anbefalingen, mens HEH har sat niveauet 8 timer om ugen højere. Årsagerne hertil kan være flere, men typisk er at normeringerne og bevillingerne i forhold til antal sonografer og antallet af scanninger der skal udføres ikke gør det muligt at tilpasse arbejdsforholdet til anbefalingerne.

Implementering af robotarmen vil føre til en ændring i afdelingernes strukturelle opbygning. Grundet at robotarmen vil gøre scanningsarbejdet væsentlig mindre belastende, og dermed vil det kunne føre til at en medarbejder vil kunne scanne fuldtids, altså 37 timer om ugen. Præcis hvilke arbejdsstillinger der er nu og hvilke det vil ændre sig til er beskrevet i afsnittet Aktør, Organisation. Fuldtids scanning vil føre til at de opgaverne sonograferne varetager som aflastende arbejde, vil skulle varetages af andet personale. Yderligere vil det føre til en ændring i antallet af sonografer der er behov for på den enkelte afdeling.

3.3.5 Kultur

Kulturen på HEH og RMV er meget teknologivenlig. Derfor formodes det, at implementeringen af teknologien ikke vil føre til væsentlige problemer i forhold til at få personalet til at benytte den nye teknologi. Dog kræves det, at der tilrettelægges en ordentlig plan for oplæring af personalet i brugen af teknologien. Personalet har generelt en god holdning og tillid til teknologi og er åbne for en mulig implementering af Ultralyds Robotarmen.

HEH har allerede på nuværende tidspunkt indvilliget i at være testafdeling for Robotic Ultrasound ApS under udviklingen af produktet. Det er i afdelingen interesse, da de ser en fremtid i produktet og dermed ønsker at være med til at tilpasse produktet til afdelingens struktur og behov.

3.4 Delkonklusion

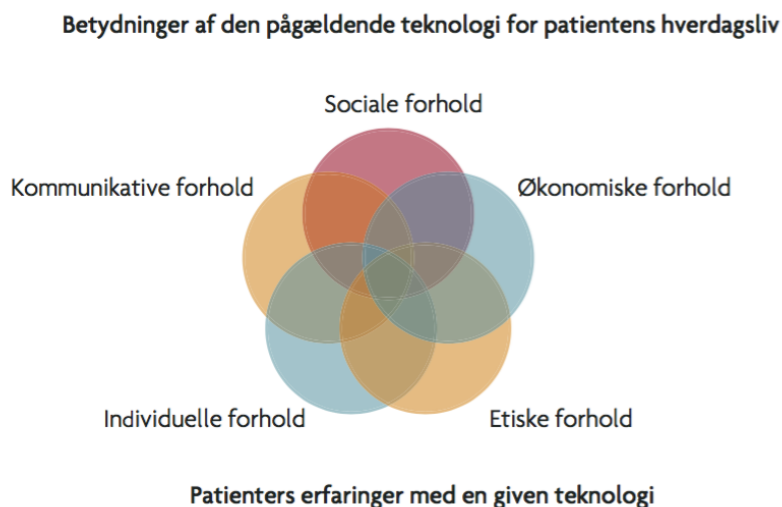
Patient 4

Ved implementering af en ny teknologi, herunder en Ultralyds Robotarm, kan det have en indvirkning på patienten. Derfor er det vigtigt at belyse, hvilken effekt den nye teknologi har på patientgruppen.

I denne mini-MTV vil både gravide og sonografer blive placeret i rollen som patienter - gravide da de får foretaget en ultralydsscanning og sonografer da de er i risikogruppen for arbejdsskader. Begge grupper vil derfor blive belyst i dette afsnit.

Dette afsnit vil delvist være baseret på interview og efterfølgende samtaler med sonografer på HEH og RMV.

For at kunne udarbejde en fyldestgørende analyse af patientperspektivet er det nødvendigt at belyse flere forhold. Se figur 4.1, hvor de fem patientperspektiver er vist.



Figur 4.1: Udforskning af de fem patientaspekter i MTV, som har betydning for patientens hverdagsliv



4.1 Sociale forhold

På nuværende tidspunkt findes skepsis blandt sonografer i forhold til om de kan forsætte med at scanne indtil pensionsalderen. Der er lavet undersøgelser, som viser at 20 % kommer på førtidspension grundet deres arbejde [7].

For sonograferne vil eventuelle færre arbejdsskader betyde bedre fysiske funktioner i forhold til arbejde og fritid. Dette kan forlænge tiden på arbejdsmarkedet og forbedre personalemiljøet.

4.2 Kommunikative forhold

Produktet af scanningen, eksempelvis billeder og kønsbestemmelse, vil ikke blive påvirket af Ultralyds Robotarmen. For sonograferne vil det kræve en anden introduktion, da de ikke længere vil have fysisk kontakt med den gravide, dog er de stadig placeret i samme rum.

Sonograferne vil igennem bedre arbejdsstillinger potentielt opleve et andet overskud til arbejdssituationen og patientkontakten.

4.3 Individuelle forhold

Enkelte gravide patienter kan opleve en utryghed ved at få en fremmed teknologi, robotarmen, fysisk tæt på sig. Dette kan forøge den utryghed, som den gravide i forvejen kan have i første trimester omkring sikkerheden af en ultralydsscanning [8]. Der vil altid være en sonograf tilstede under en scanning, som skaber en menneskelig kontakt og en professionel tryghed.

Sonografernes anciennitet vil være en stor tryghedsfaktor for patienten. Derved vil en eventuel utryghed fra den gravide patient blive mindsket når sonograferne udviser sikkerhed og åbenhed for teknologien.



For den gravide er det især vigtigt at knytte bånd med fosteret. Derved mener sonograferne på RMV, at så længe de gravide og deres pårørende kan følge med i scanningen på en skærm, vil den nye teknologi ikke have stor påvirkning på den gravide.

Sonograferne er meget engagerede i deres arbejde, hvilket kan være en af grundene til, at de ikke indmelder skader. Dette er på trods af videnskabelige undersøgelser, som viser at mange sonografer døjler med smerter [7]. Hvis akavet og fysisk udfordrende arbejdsstillinger for sonograferne undgås, kan det muligvis skabe en bedre opmærksomhed mod den gravide patient - eksempelvis overskud til forklaring af billeder og patientens velbefindende.

4.4 Etiske forhold

Brugen af en Ultralyds Robotarm danner grundlag for en række etiske problemstillinger, som påvirker både gravide og sonografer. Problemstillingerne omhandler de professionsetiske principper [9]:

- **Pligter**

- Undgå skade af brugeren:
Ultralyds Robotarmen skal hverken være til skade for gravide eller sonograferne.

- **Konsekvenser**

- Forebygge sygdom og sygelighed og fremme sundhed eller status quo:
Hvis man ud fra et nytteetisk perspektiv, kan få flere gravide igennem en scanning på kortere tid og samtidig mindske antallet af arbejdsskader for sonografer, vil ressourcerne blive udnyttet bedst muligt, og derved komme flest mulige til gavn. Dette følger de socialetiske ideer i nytteetikken, som ud fra en overrodenet forestilling ønsker at fremme nytte og retfærdighed for de mange.
- Lindre lidelse, fremmedgørelse og ubehag:
Ultralyds Robotarmen skal opfylde dette overfor både sonografer og patienten. Det kan

tænkes, at patienten kan føle sig fremstillet som et objekt, fordi teknologien kommer tættere på patienten, mens sonograferne kommer længere væk. Dog er sonografen til stede i samme rum som patienten, derved er der stadig en form for menneskelig kontakt. Det kan tænkes at denne kontakt vil mindske risikoen for fremmedgørelse og ubehag for patienten.

- **Idealer**

- Handle med forståelse og empati:

Ud fra patientens perspektiv kan det opfattes som en ændring af nærhed- og omsorgsrelationen mellem patienten og sonografen under en scanning med Ultralyds Robotarmen.

- Handle med etisk ansvarlighed overfor sonografer:

En af Ultralyds Robotarmens hovedfunktioner er at mindske antallet af sonografernes arbejdsskader. Derved skabes der en empati for sonografernes arbejdssituationen.

Resultatet er at en mindskelse i antallet af arbejdsskader vil fremme personalesikkerhed og -trivsel.

4.5 Økonomiske forhold

Ultralyds Robotarmen kommer ikke til at have økonomisk indvirkning for den gravide patient. Derimod ligger betalingen og andre tilkoblede ydelser ved den pågældende afdeling og dens ledelse. Dette uddybes i afsnittet Økonomi 6.

Både på HEH og RMV ser sonograferne fordele ved Ultralyds Robotarmen, dog menes det, at økonomien og ledelsens beslutninger vil blive vægtet tungere end sonografernes argumenter.

4.6 Delkonklusion

Set fra de patientmæssige forhold, vil indførslen af en Ultralyds Robotarm ikke have en stor indflydelse på de gravide. Den ubehag og usikkerhed der kan fremkomme, kan afhjælpes af sonografernes anciennitet. Så længe den gravide har mulighed for at danne et forhold til fosteret, burde de gravide ikke have et problem med det nye udstyr. Set fra sonografernes synsvinkel kan indførslen af Robotarmen forbedre deres arbejdsforhold.

Teknologi 5

I dette afsnit undersøges Ultralyds Robotarmen ud fra et teknologisk perspektiv. Afsnittet er blandt andet baseret på besøg hos Hospitalsenheden Horsens, Kvindeafdeling, Svanger- og Ultralydsambulatorium (HEH) og Regionshospitalet Midt Viborg, Kvindesygdomme og Fødsler (RMV). Den teknologiske løsning består af:

- UR3 Robotarm fra Universal Robots incl. software til styring af denne
- Stativ til roboten
- Joystick
- Computer
- Holder til ultralydsprobe

Denne løsning skal kobles til det allerede eksisterende udstyr. Derfor er produktet en add-on løsning, hvilket betyder, at produktet skal købes udover det almindelige scanningsudstyr. Det eksisterende system består af Voluson S6 inkl. DICOM og printer, samt diverse ultralydsprober.



Figur 5.1: Nuværende udstyr: Voluson S6 med tilbehør. Billede fra HEH.



Figur 5.2: Animation af robotarmen på stativet.

5.1 Anvendelsesområde

Produktet skal anvendes til ultralydsscanninger af gravide patienter. Robotarmen er fastmonteret på et stativ, så den hænger over den gravide. Det medvirker en større trykkraft, end hvis den stod på gulvet. For at skabe mobilitet, er stativet placeret på hjul. Hjulene kan låses af sikkerhedsmæssige årsager og for en statisk placering i forhold til den gravide. På robotarmen findes en universalholder til ultralydsproben. Holderen passer til alle større fabrikanters håndholdte ultralydsprober, bortset fra vaginalprober.

Stativet med robotarmen skal være på den modsatte side af sengen end sonografen. Dette sikrer sonografens udsyn og nærkontakt til den gravide. Robotarmen skal holde ultralydsproben over den gravide, mens robotarmen styres af sonografen via et joystick. Derved undgår sonografen fysisk akavede arbejdsstillinger.

Joysticket har en dummy-probe, som ikke har nogen probeegenskaber, men den skal give sonografen en følelse af at sidde med en ægte probe i hånden. Systemet skal kunne overføre det tryk, som sonografen påvirker joysticket med, til robotarmen.



Figur 5.3: Eksempel på opstilling af Ultralyds Robotarm. Nu er robotarmen placeret over patienten og ikke ved side af. På billedet ses joystick(tv.) og robotarm(th.).

5.2 Specifikationer

Robotarmen har en rækkevide på 50 cm, hvilket angiver hvor langt den kan række ud, som var det en arm. Den vejer 11 kg, derfor skal stativet være bygget dertil. Robotarmen har 6-graders frihed, som betyder at den kan bevæge sig i x-, y- og z-aksens retning og med drejevirkning om hver akse. Samtidigt kan den lave en ± 360 graders rotation.

(Skulder og base led kan dreje med en hastighed på 360 grader/sekund, andre led har en hastighed på 180 grader/sekund.).

Robotarmen kræver en 100-240 VAC, 50-60 Hz strømforsyning, som betyder at den kan blive sat til en almindelig dansk stikkontakt.

Joysticket har bevægelighed som et håndled, derved har den også de begrænsninger som findes

ved et håndled. Det har 6-graders frihed, så det passer med robotarmen. Se bilag UR3 Tekniske specifikationer.

Der medfølger software til robotarmen, som både er koblingslinket mellem joystick og robotarm og styring deraf. Det er her bevægelserne fra joysticket omsættes til robotarmens bevægelser. Det er også her flere sikkerhedsmæssige foranstaltninger er placeret. Nogle er indbygget i robotarmen, for eksempel stopper den øjeblikligt, hvis den bliver mødt af en kraft på 50 N (ca. 5 kg) eller derover, det er blandt andet derfor den må benyttes på et hospital.



5.3 Effektivitet

Ultralyds Robotarmen vil blive benyttet til 70-80% af scanningerne på gravide, da de sidste 20-30% af scanningerne er for komplicerede til at robotten kan udføre dem. Derfor skal sonografen manuelt foretage de sidste 20-30% af scanningerne med den nuværende metode.

De komplicerede ultralydsscanninger er blandt andet scanninger på kvinder med højt BMI eller kvinder med bagoverbøjet livmoder. Dette er ud fra antagelser fra CEO Søren Pallesen af Robotic Ultrasound ApS.

Ultralyds Robotarmen har ikke indflydelse på billedkvalitet eller kvaliteten af selve scanningen. Dette kommer af at ultralydsproberne er de samme, som man før har benyttet.

Computeren i Voluson S6 indeholder det samme software til billedanalyse og til diverse instrumenter som bruges under scanninger. Det er blandet andet tale om software til vækst- og flowmålinger af fostre.

Når sonografen vil trykke med ultralydsproben på den gravide, vil trykkraften bliver overført til joysticket og dummy-proben så sonografen får den korrekte tryk feedback. Derved vil sonografen have følelsen af, at der bliver trykket direkte på patienten og kan dermed bedre selv have føling med situationen.

5.4 Sikkerhed

I softwaren til styring fra joystick til robotarmen findes en sikkerhedsindstilling, hvor en grænse for trykpåvirkningen skal indstilles. Hvis der af menneskelige eller tekniske fejl bliver påvirket med en kraft over grænsen, vil robotarmen automatisk slå fra og stoppe.

Som tidligere nævnt er der også en sikkerhed i, at robotarmen stopper sine bevægelser, hvis den bliver ramt af en kraft på over 5 N. Denne foranstaltning gør, at den ikke vil gøre skade på mennesker eller genstande ved at ramme dem.



5.5 Delkonklusion

Ultralyds Robotarmen kommer kun til at udføre 70-80% af scanningerne, hvilket gør at sonograferne stadig skal udføre nogle af scanningerne manuelt. Det at robotarmen kan udføre størstedelen af scanningerne gør, at en stor del af belastningen på sonograferne fjernes. Sonograferne vil have mere styrke til at udføre de mest komplicerede scanninger manuelt.

Der er tidligere blevet testet med robotarme i forbindelse med ultralydsscanninger, dog på hjertet. Her viste det sig ikke at være et problem at styre selve armen [10]. Denne undersøgelse ligger

nogle år tilbage i tiden, og derfor har teknologien allerede ændret sig meget. Det menes ikke at styring, betjening og implementering af Ultralyds Robotarmen til scanninger af gravide vil give de store problemer i sig selv som følge af ny teknologi. Der vil naturligvis altid være en overgangsperiode, hvor sonograferne skal vænne sig til at benytte teknologien.

Formålet med dette afsnit er ud fra et økonomisk aspekt at vurdere om en given teknologisk løsning er værd at implementere i praksis. I dette tilfælde gøres det ved at benytte omkostningsminimeringsanalyse. Da det antages, at den sundhedsmæssige effekt er ens i den nuværende situation og i den fremtidige situation, hvor robotarmen implementeres som en add-on løsning til eksisterende ultralydsudstyr.

Der opstilles to scenarier. Scenarie 1 er den nuværende situation på en ultralydsscannings stue, mens scenarie 2 er den fremtidige situation på en stue med en robotarm. I analysen ønskes det at klarlægge forskellene i de to scenarier, i forhold til hvilke ressource- og omkostningsforhold der er i det enkelte scenarie. Belægget for dette afsnit er skabt pga. interview med "Kvindeafdelingen, Svangre- og Ultralydsambulatorium" på Hospitalsenheden Horsens (HEH). Her er deres arbejdsgange og arbejdsforhold blevet klarlagt, se Organisation for yderligere beskrivelse heraf. Dermed er det vigtigt at pointere, at forholdene skal være sammenlignelige med HEH førend, at der kan konkluderes tilsvarende for andre afdelinger.

Yderligere tager analysen udgangspunkt i, at CEO Søren Pallesen hos Robotic Ultrasound forventer, at salgsprisen på robotarmen med tilbehør bliver 400.000 DKK, når den kommer på markedet. Scenarie 2 vil primært bygge på hypoteser, da robotten ikke er færdigudviklet endnu.

Grundet at robotarmen er en add-on løsning til det eksisterende ultralydsudstyr, er priser på indkøb og vedligehold af ultralydsudstyret ikke medtaget i denne analyse, da det antages at denne må være ens for begge scenarier, og dermed ikke beskriver en forskel. Alle priser i de følgende beregninger er angivet uden moms.


6.1 Scenarie 1 - Den nuværende situation

I dette scenarie fokuseres der på omkostnings- og ressourceforbruget for at holde en ultralydsscannings stue i drift fem dage om ugen. I den nuværende situation scanner en sonograf fire dage om ugen, mens sonografen den femte dag varetager en række arbejdsopgaver, som sonografen i princippet er overkvalificeret til at varetage. Dette skyldes, at det ønskes at aflaste sonograferne i deres arbejdsforhold, og dermed mindske mængden af arbejdsgener og potentielle arbejdsskader.

Omkostningerne i den nuværende situation kan opdeles i følgende punkter. Hver punkt vil blive uddybet og argumenteret senere i afsnittet.

- Lønomkostninger
- Arbejdsgener og -skader

- Udgifter til forebyggelse
- Uddannelse af flere sonografer

Lønomskostninger er i dette scenarie givet ved 1,2 sonograf. Den 1,2 sonograf er estimeret på baggrund af, at det er nødvendigt, at have en hel sonograf samt 1/5 af en anden sonografs arbejdstid for at have stuen bemanded fem dage om ugen. Månedslønnen for en sonograf med 2 års erfaring med kvalifikationstillæg er på løntrin 6, hvilket giver 26.967 DKK  på årsbasis giver det en årsløn på 323.604 DKK. Lønudgifter er dermed beregnet til:

$$323604 \text{ DKK} \cdot 1.2 = 388325 \text{ DKK} \quad (6.1)$$

Det ses også, at i den nuværende organisering af arbejdsgangen er der taget konsekvensen af, at scanning af gravide er et belastende arbejde. Dette viser sig gennem en række omkostninger til forebyggelse af arbejdsskader og -gener. Det koster blandt andet penge, at en sonograf ikke kan scanne fuldtid, og dermed bliver nødsaget til at påtage sig opgaver, sonografen er overkvalificeret til. Disse opgaver vil være billigere omkostningsmæssigt, hvis de bliver varetaget af en person, hvis kvalifikationsniveau passer til opgaven. Denne person vil typisk modtage en lavere løn end sonografen, og dermed vil det føre til en besparelse.

Samtidig er der udgifter til forebyggelse såsom ergonomiske stole, elastik-træning, massage i arbejdstiden og wellness-konsulenter, der altid står til rådighed, for at give sonograferne råd og vejledning om bedre arbejdsstillinger og -forhold.

Yderligere er der omkostninger forbundet med uddannelse af sonografer. Uddannelse af en sonograf er estimeret til at koste 108.000 DKK. Uddannelsen foregår som mesterlære over en 16 ugers periode. I denne periode er den nye sonograf altid under vejledning af mesteren. Dermed er der dobbeltbemanning på hver scanning. Således antages det at prisen på uddannelsen er givet ved lønomskostninger til den ekstra mand i form af mesteren i de 16 uger:

$$27000 \text{ DKK} \cdot 4 \text{ måneder} = 108000 \text{ DKK} \quad (6.2)$$

Der er dog også forbundet omkostninger med, at sonografen først antages at kunne foretage alle typer scanninger hundrede procent på egen hånd efter to år. Dermed kan der være forlængede scanningstider for den nye sonograf, såfremt vedkommende støder på ukendte ting og bliver nødsaget til at opsøge hjælp fra mere erfarne sonografer.

Fra et regionsperspektiv er der ikke direkte omkostninger forbundet med, at en sonograf pådrager sig en arbejdsskade grundet dårlige arbejdsforhold. Hvorimod fra et samfundsperspektiv vil det kunne føre til afledte omkostninger, i form af at personen bliver udkørt af arbejdet, og dermed bliver tvunget tidligt på pension. Dermed vil denne person være mindre værd, grundet at denne persons samlede livsløn vil være lavere end en sonograf der har været på arbejdsmarkedet et fuldt arbejdsliv. Dette fører til at denne person koster samfundet penge, fremfor at bidrage til samfundet.

Hvor stort et problem arbejdsskader er økonomisk, er svært at måle. En arbejdsskade viser sig som en smerte, men det svært at angive smerteværdien i kroner og øre. Yderligere er det svært at svare på om smerten fremkommer af scannings arbejdet eller af en fritidsinteresse sonografen har. Dette gør at arbejdsskader viser sig som afledte omkostninger.

6.2 Scenarie 2 - Den fremtidige situation

I dette scenarie fokuseres der på de ressourcer der vil komme i spil ved implementering af en Ultralyds Robotarm som en add-on løsning til eksisterende ultralydsudstyr. Der tages ligeledes udgangspunkt i omkostnings- og ressourceforbruget for at holde en ultralydsscannings stue i drift fem dage om ugen. I dette afsnit vil der blive trukket paralleller til scenarie 1, for at tydelige gøre hvor omkostnings forskellene er.

Omkostningerne i den fremtidige situation er givet ved følgende punkter. Hvert punkt vil blive uddybet i afsnittet.

- 400.000 DKK til robotarm med tilbehør og stativ
- Færre arbejdsskader og -gener
- Ingen udgifter til forebyggelse
- Regionens ansvar for personale og arbejdsmiljø
- Lønomskostninger



Etableringsomkostninger til robotarmen med tilbehør er estimeret til at være på 400.000 DKK. For de fleste institutioner vil en udgift på 400.000 DKK være et stort udlæg, derfor er det mere relevant at fordele omkostninger over den årrække, som indkøberne afskriver teknologien over. Afskrivnings perioden er på ti år, da det er estimeret at udstyret er forældet efter ti år. Eksisterende ultralydsudstyr afskrives ligeledes over ti år.



Fordeles etableringsomkostningerne over ti år efter annuitetsmetoden med forrentningsfaktor på 2,2 %, se Forkortelser og formler, formel 1. Forrentningsfaktoren er estimeres til at være et gennemsnit af inflations renten i Danmark i 2016 og 2020 [11]. Årligt giver dette en omkostning på 18.355 DKK:

$$\left(\frac{(1 + 0.022)^{10} \cdot 0.022}{(1 + 0.022)^{10} - 1} \right) \cdot 400000 \text{ DKK} = 18355 \text{ DKK} \quad (6.3)$$



Det forventes at ved brug af en robotarm ved scanning vil belastningen på sonografen være markant sænket. Det skyldes at sonografen ikke bliver belastet af at påføre store tryk på patienten, samt bevæge arm og skulder ud i dårlige arbejdsstillinger. Dette uddybes i afsnittet Aktører under Organisation 3.3.3. Dermed antages i denne analyse, at der i dette scenarie ikke vil opstå arbejdsgener eller -skader grundet scanningsarbejdet.

Det bevirker at udgifterne til forebyggelse af sonograferne forsvinder. Afdelingen vil dermed ikke have udgifter til ressourcer, som velfærds konsulenter, **ergonomiske stole**, aflastende arbejdstider, massage og elastik-træning. I dette punkt adskiller scenarie 1 sig meget fra scenarie 2. Ved besparelse på forebyggelse kan det frigive flere penge til sundhedsfremmende løsninger.

I det første scenarie medførte det i princippet ingen omkostninger for regionen, hvis personalet bliver arbejdsskadet og dermed sygemeldt. Hvorimod det vil være dyrt for samfundet, grundet udbetaling af understøttelse og manglende skatte indkomst. I scenarie 2 er det lige omvendt. Regionen vil have udgiften til robotarmen på 400.000 DKK som en meromkostning, hvilket vil være et stort udlæg hvis der udelukkende ses på tallene. Samtidig har regionen også et ansvar for

dens personale og arbejdsmiljø, herunder sikkerhed og sundhed. Dette ansvar gør, at regionen ikke udelukkende fokuserer på tallene, men også vil medtage andre aspekter når en ny teknologi muligvis skal implementeres for at forbedre arbejdsforhold for personalet.

Samfundet forventer at regionen løfter ansvaret. Således regionen på den måde bidrager til at personalet kan blive i deres arbejdsposition i flere år, og dermed går senere på pension. Et andet aspekt i forhold til regionen er, at regionen ønsker at fremstå godt ud ad til, som en attraktiv region der kan tiltrække arbejdskraft og borgere.

Det sidste forhold, der er medtaget i denne analyse er forskellene i lønomkostninger. I scenarie 1 skulle der 1,2 sonograf til for at bemande en stue fem dage om ugen. I dette scenarie skal der kun 1 sonograf til. Da det antages, at en sonograf nu kan scanne fem dage om ugen, altså fuldtid, hvorimod sonografen før kun kunne holde til at scanne fire dage om ugen. Dette giver lønomkostninger på årsbasis:

$$323604 \text{ DKK} \cdot 1 = 323604 \text{ DKK pr. stue} \quad (6.4)$$



Behovet for færre sonograf til bemanning af én stue, vil sandsynligvis over tid føre til, at færre sonografer skal uddannes. Dette vil føre til en økonomisk gevinst for regionen, da udgifterne til uddannelse af sonografer vil blive nedsat.

6.3 Perspektivering til Regionshospitalet Midt Viborg, Afdeling Kvindesygdomme og Fødsler

I forbindelse med denne mini-MTV er der også indhentet oplysninger fra RMV gennem et interview. Formålet med interviewet var at få afdækket de samme områder, der blev afdækket ved interview med HEH.

Set fra et økonomisk perspektiv er omkostningerne til at holde en stue i drift på RMV sammenlignelige med de beskrevne for HEH. Dette viser, at denne omkostnings- og ressourceanalyse er mulig at overføre til lignende afdelinger på andre hospitaler i Danmark.

6.4 Delkonklusion

Denne gennemgang af omkostnings- og ressourceforskelle mellem scenarie 1 og scenarie 2 viser, at der er en række fordele ved scenarie 1 såvel som scenarie 2. Hvilken der er den afgørende faktor er dermed op til den enkelte potentielle indkøber at afgøre. De største forskelle er ved lønudgifter, penge til forebyggelse og penge til anskaffelse af ultralyds robotarm.

Hvis der kun kigges på de direkte omkostninger, vil scenarie 1 være den løsning, med mindst omkostninger. Dette skyldes at scenarie 2 er dyrere i direkte omkostninger, da robotarmen er en add-on, og besparelsen på 0,2 sonograf ikke dækker udgiften til robotarmen på 400.000 DKK. Hvis der medtages de indirekte og afledte omkostninger, vil scenarie 2 give mulighed for besparelser for regionen, i forhold til forebyggelse af arbejdsskader og mulige sygedage. Dette kan opveje for udgifterne til robotarmen, men vil naturligvis være afhængig af den enkelte hospitalsafdeling. Scenarie 2 giver mulighed for længere tid på arbejdsmarkedet, hvorved tidlig pension undgås, hvilket giver mindre omkostninger for samfundet.

Konklusion 7

Perspektivering 8

Referencer 9

Bilag 10

Herunder findes en liste over bilagene.

Litteratur

- [1] Danskernes sundhed. *Overvaegt*, April 2016.
- [2] Danmarks Statestik. *Danmarks Statestik*, April 2016.
- [3] Finn Børlum Kristensen Helga Sigmund. *Metodehåndbog for medicinsk teknologivurdering*. Sundhedsstyrelsen, 2007.
- [4] Carolyn T Coffin. Work-related musculoskeletal disorders in sonographers: a review of cause and types og injury and best practices for reducing injury risk. *Dovepress*, 2014.
- [5] Beth L. Veale Jeremy Alaniz. Stretching for sonographers: A literature review of sonographer-reported musculoskeletal injuries. *Journal of Diagnostic Medical Sonography*, 2013.
- [6] Developed through a consensus conference hosted by Society of Diagnostic Medical Sonography. Industry standarts for the prevention of work-related musculoskeletal disorders in sonography. *Journal of Diagnostic Medical Sonography*, 2003.
- [7] Becky Morton and Penny Delf. The prevalence and causes of msi amongst sonographers. *Elsevier Ltd*, 2007.
- [8] Jean Hedrick Lea. Psychosocial progression through normal pregnancy: A model for sonographer-patient interaction. *Journal of Diagnostic Medical Sonography*, 1985.
- [9] Jørgen Husted. *Etik og værdier i sygeplejen*. Hans Reitzels, 2013.
- [10] Philippe Arbeille and Romain Provost. Teles-operated echocardiography using a robotic arm and an internet connection. *Elsevier*, 2014.
- [11] Trading Economics. Danmarks inflation-rate prognose. May 2016.