



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 Thrysoe Aarhus Universitet

16. december 2015

# Abstract

---

# Resumé

---

# Forkortelser og formler

---

## Forkortelser

Ord	Forklaring
-----	------------

---

Robotarm	Ultralyds robotarm udviklet af Robotic Ultrasound ApS
----------	---

MTV	Medicinsk Teknologi Vurdering
-----	-------------------------------

Afd. KF	Afdelingen for Kvindesygdomme og fødsler på Skejby Hospital
---------	---

## Formler

# Indledning 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 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 ultralydsrobotarm. Denne robotarm styres via et joy-stick, således sonograferne ikke skal være i akavede stillinger, men istedet kan styre robotten til de ønskede stillinger.

Formålet med denne rapport er at undersøge om en ultralydsrobotarm 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 ultralydsrobotarmen. 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 ultralydsrobotarmen 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 blevet taget kontakt til både "Kvindeafdelingen, Svangre- og ultralydsambulatorium" på Hospitalsenheden Horsens og afdelingen "Kvindesygdomme og Fødsler" på Regionshospitalet Viborg. Disse er valgt for at kunne udfører 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 littetursøgning 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.

Udover ovenstående litteratur er der, efter behov søgt efter ikke videnskabelig litteratur for at opnå en forståelse for opbygningen af sonograf uddannelse, ultralyds scanning og andre løse emner for at komme ind i problemstillingen. Evt. skriv noget om inklusion og eksklusion kriterier

Eksklusion:

- Telemedicin
- Scanning af hjerte mv.

Inklusion:

- Scanning af gravide
- Robotarm
- Arbejdsskader, hvor forhold er sammenlignelige med DK

## 2.1 Teknologi

## 2.2 Patient

Patientafsnittet bygger på data fra interview og samtale med sonografer på Horsens Sygehus, samt viden fra etikundervisning. 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 Horsens og Viborg. 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

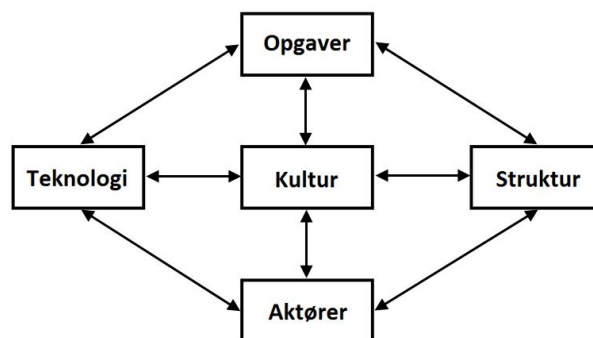
Den økonomiske dataindsamling er primært sket på baggrund af direkte kontakt til kilder via telefon eller mailkorrespondance. Derefter er dokumenter og andre skriftlige kilder afsøgt, typisk ved at holde dem op mod mundtlige kilder. Vurderingen er udarbejdet med udgangspunkt i følgende sundheds økonomiske analyser: Omkostningsminimerings analyse (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 og afdeling Kvindesygdomme og fødsler på Regionshospitalet Viborg. 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 afdelingen på Hospitalsenheden Horsens og afdelingen på Regionshospitalet Viborg, vil blive sammenholdt med videnskabelige artikler, i forsøget på at finde en større sammenhæng i problemstillingen omkring arbejdsgener ved ultralydsscannings arbejdet.

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 organisations model, 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 ultralydsafdeling, 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 Hospitalsenheden Horsens, samt interview med afdelingssygeplejerske Karen Marie Goul og en sonograf fra Regionshospitalet Viborg. Til at underbygge arbejdsskade-problemstillingen benyttes yderligere videnskabelige artikler.



### **3.1 Kvindeafdelingen, Svangre- og ultralydsambulatorium, Hospitalsenheden Horsens**

Afdelingen på Horsens 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 afdelingen i Viborg består af en afdelingssygeplejerske, ni sonografer og et ukendt antal læger. Afdelingen har ultralyds scannings udstyr 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 Horsens og Viborg, 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 afdelingen i Horsens og i Viborg er tilstrækkelig store til at teknologien vil kunne implementeres uden yderligere ændringer. I Viborg kan det dog blive nødvendigt at flytte patientskærmen, da robotarmstativet muligvis vil komme til at dække for udsynet til skærmen.

#### **3.3.3 Aktører**

Muskel- eller skeletbesvær som er forårsaget eller forværret af de arbejdsopgaver som udføres på arbejdspladsen er work-related musculoskeletal disorders, som ses ved gentagne belastninger,

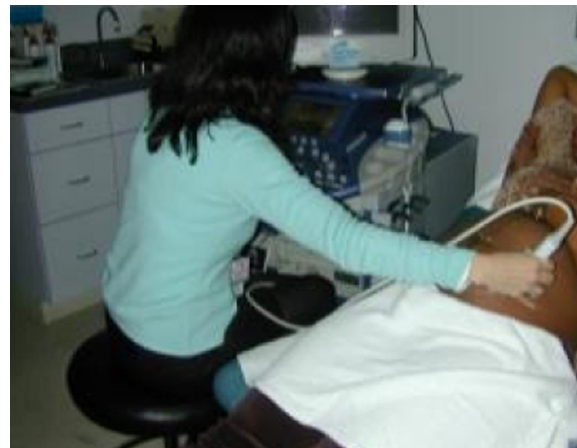
kraftkrævende eller akavede bevægelser. I 2008 oplevede 90% af sonograferne smerter under udførelsen af scanningen. Disse smerter er en økonomisk og personlig omkostning for ledelsens og for sonografernes hverdag. [?] [?] ]

Billedet af at 90% af sonograferne mærker til smerter under scanninger blev også gjort klart i både Horsens og Viborg, hvor udtalelser fra sonograferne underbyggede netop dette. Her er den udbredte mening, at arbejdet er belastende og der 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. [?] ]



Figur 3.2: Håndledsbøjning og greb om proben.



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 (reference til teknologi), 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 er den strukturelle opbygning på afdelingerne således, at en medarbejder ultralydsscanner henholdsvis 30 timer i Horsens og 22 timer i Viborg om en uge. 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 en 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 ultralydsscanning er 22 timer pr. uge, da det er vurderet at ved denne mængde af scanninger vil belastningen af sonografen ikke være i en skaden grad. **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. (Artikel 35) Dette viser, at afdelingen i Viborg følger anbefalingen, mens afdelingen i Horsens har sat niveau 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 afdelingerne i Horsens og Viborg 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.

Afdelingen i Horsens 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

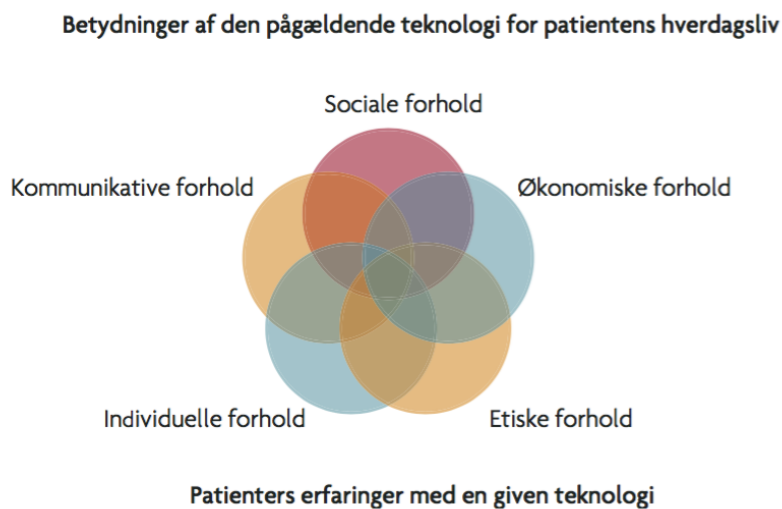
# Patient 4

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 MTV vil både gravide og sonografer blive placeret i rollen som patienter. Gravide da de får foretaget en ultralydsscanning og sonografer da de ofte oplever arbejdskader. Begge grupper vil derfor blive belyst i dette afsnit.

Dette afsnit vil delvist være baseret på et interview og efterfølgende samtaler med sonografer på Horsens Sygehus og Viborg Regionshospital.

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. Godt 20 % kommer på førtidspension grundet deres arbejde ifølge [4].

For personalet vil eventuelle færre arbejdsskader betyde et større udbytte af fysiske funktioner i forhold til arbejde, men også i fritiden. 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 personalet vil det kræve en anden introduktion, da de ikke længere vil have den fysiske kontakt med den gravide. Derved er den gravide selv nødsaget til at meddele ubehag.

Personalet vil igennem bedre arbejdsstillinger muligvis opleve et andet overskud til arbejdssituationen og patientkontakten.

## 4.3 Individuelle forhold

Den gravide patient kan måske 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 [5]. Der vil altid være personale tilstede under en scanning, som skaber en menneskelig kontakt og en professionel tryghed.

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

For den gravide er det især vigtigt at knytte bånd med fosteret. Derved mente sonograferne på Viborg, at så længe de gravide kunne se fosteret på skærmen, ville den nye teknologi ikke have stor påvirkning.

Personalet er meget engagerede i deres arbejde, hvilket kan være en af grundene til at de ikke indmelder skader. Dette er på trods af undersøgelser som viser at mange sonografer dør med smerter [4]. Hvis akavet og fysisk udfordrende arbejdsstillinger for personalet 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 personalet. Problemstillingerne omhandler de professionsetiske principper [6]:

- **Pligter**

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

- **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 personalet, 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 personalet og patienten. Det kan tænkes at patienten kan føle sig fremstillet som et objekt, forbi teknologien kommer tættere på patienten, mens personalet kommer længere væk. Dog er personale 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 personalet under en scanning med Ultralyds Robotarmen.

- Handle med etik ansvarlighed overfor personalet:

En af Ultralyds Robotarmens hovedfunktioner er at mindske antallet af personalets arbejdsskader. Derved skabes der en empati for personalets 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 i Horsens og Viborg ser personalet fordele ved Ultralyds Robotarmen, dog menes det, at økonomien og ledelsens beslutninger vil blive vægtet tungere end personalets 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 personalets 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 personalts 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 og Hospitalsenhed Midt i Viborg. Den teknologiske løsning består af:

- UR3 Robotarm fra Universal Robots incl. software til styring af denne
- Stativ til robotten
- 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 nuværende system består af Voluson S6 inkl. DICOM og printer, samt diverse ultralydsprober.



*Figur 5.1: Nuværende udstyr: Voluson S6 med tilbehør. Billede fra Hospitalsenhed Horsens.*



*Figur 5.2: Animation af robotarmen på stativet.*

## 5.1 Anvendelsesområde

Produktet skal anvendes til ultralydsscanninger af gravide borgere. 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 for af sikkerhedsmæssige årsager og for en statisk placering i forhold til den gravide. På robotarmen findes en universalholder til ultralydsproben. Holderen er universal og passer til alle større fabrikanters håndholdte ultralydsprober, bortset fra vaginalprober.

Stativet med robotarmen skal være på den modsatte side af sengen, end sonografen. Dette sikre 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 nogle probe egenskaber, 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 borgeren 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 360grader/sekund, andre led har en hastighed på 180grader/sekund.).

Robotarmen kræver en 100-240 VAC, 50-60Hz 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 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 de 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 på 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 ultralyds proben på den gravide borger, 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 borgeren og kan dermed bedre selv have føling med situationen.

## 5.4 Sikkerhed

I softwaren til styring fra joystick til robotarm findes en sikkerhedsindstilling, hvor en grænse for trykpåvirkningen skal indstilles. Hvis der af menneskelige eller teknologisk 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. Men at robotarmen kan udføre størstedelen af scanningerne gør, at en stor del af belastningen på sonograferne fjernes. Derfor kan de mest komplicerede scanninger udføres manuelt, da sonograferne vil have mere styrke til disse.

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

nogle år tilbage i tiden og derfor at teknologien allerede ændret sig meget. Derfor menes det ikke at styring, betjening og implementering af ultralyds robotarmen til scanninger af gravide vil give de store problemer i sig selv. Der vil naturligvis altid være en overgangsperiode, hvor sonograferne skal vænne sig til at benytte joysticket.

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 omkostningsminimeringsanalysen. Da det antages at den sundhedsmæssige effekt er ens i den nuværende situation og i den fremtidige situation, hvor robotarm implementeres som en add-on løsning til eksisterende ultralydsudstyr.

Der opstilles to scenarier. Scenarie 1 er den nuværende situation på en ultralyds scannings stue, mens scenarie 2 er den fremtidige situation på en stue med 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. 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 Horsens 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 kr., når den kommer på markedet. Scenarie 2 vil primært bygge på hypoteser, da robotten ikke er færdigt udviklet endnu.

Grundet at robotarmen er en add-on løsning til det eksisterende ultralyds udstyr, er priser på indkøb og vedligehold af ultralyds udstyret 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 ultralyds scannings stue i drift 5 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

Lønoms-kostninger 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 bemandet 5 dage om ugen. Månedslønnen for en sonograf med 2 års erfaring med kvalifikationstillæg er på løntrin 6, hvilket giver 26.967 kr. På årsbasis giver det en årsløn på 323.604 kr. Lønudgifter er dermed beregnet til:

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

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 skanne fuldtids, 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 velfærdskonsulenter 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 kr. Uddannelsen foregår som mesterlære over en 16 ugers periode. I denne periode er den nye sonograf altid under vejledning af mesteren. Dermed er der dobbeltbemanding på hver scanning, således antages det at prisen på uddannelsen er givet ved lønoms-kostninger til den ekstra mand i form af mesteren i de 16 uger:

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

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 regionsmæssigt perspektiv 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 nemlig 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 derhjemme. 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 ultralyds udstyr. Der tages ligeledes udgangspunkt i omkostnings- og ressourceforbruget for at holde en ultralyds scannings stue i drift 5 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 kr. til robotarm med tilbehør og stativ
- Færre arbejdsskader og -gener
- Ingen udgifter til forebyggelse
- Regionens ansvar for personale og arbejdsmiljø
- Lønomskostninger

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

Fordeles etableringsomkostningerne over ti år efter annuitetsmetoden (reference til formel) med forrentningsfaktor på 2,2 %. Forrentningsfaktoren estimeres til at være et gennemsnit af inflations renten i Danmark i 2016 og 2020. Årligt giver dette en omkostning på 18.355 kr.:

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

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 (se organisation). 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 personalet 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 kr. 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 5 dage om ugen. I dette scenarie skal der kun 1 sonograf til. Da det antages at en sonograf nu kan scanne 5 dage om ugen, altså fuldtid, hvorimod sonografen før kun kunne holde til at scanne 4 dage om ugen. Dette giver lønomkostninger på årsbasis:

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

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 Viborg, Afdeling Kvindesygdomme og fødsler

I forbindelse med denne mini-MTV er der også indhentet oplysninger fra Regionshospitalet Viborg, Afdeling kvindesygdomme og fødsler gennem et interview. Formålet med interview'et var at få afdækket de samme områder, som der blev afdækket ved interview med Hospitalsenheden Horsens.

Set fra et økonomisk perspektiv er omkostningerne til at holde en stue i drift på Regionshospitalet Viborg sammenlignelige med de beskrevne for afdelingen på Hospitalsenheden Horsens. 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.

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. *Overvægt*, April 2016.
- [2] Danmarks Statestik. *Danmarks Statestik*, April 2016.
- [3] Finn Børlum Kristensen Helga Sigmund. *Metodehåndbog for medicinsk teknologivurdering*. Sundhedsstyrelsen, 2007.
- [4] Becky Morton and Penny Delf. The prevalence and causes of msi amongst sonographers. *Elsevier Ltd*, 2007.
- [5] Jean Hedrick Lea. Psychosocial progression through normal pregnancy: A model for sonographer-patient interaction. *Journal of Diagnostic Medical Sonography*, 1985.
- [6] Jørgen Husted. *Etik og værdier i sygeplejen*. Hans Reitzels, 2013.