

---

# YRKESEKSPONERING FOR ELEKTROMAGNETISKE FELT BLANT RADIOGRAFER VED BRUK AV MAGNETISK RESONANS

---



Marion Lambrechts Berge

Masteroppgave

Masterprogram i helsevitenskap

Studieretning yrkeshygiene

Forskningsgruppe for arbeids- og miljømedisin

Institutt for global helse og samfunnsmedisin

Det medisinske fakultet

Universitetet i Bergen

Vår - 2018

## Forord

Sommeren 2014 fikk jeg spennende reklame i posten. På «sovetema.dk» kan man kjøpe en «ny innovativ anti-stråling seng». De tilbyr en «strålingsfri og sund søvn til hele familien». Etter flere års arbeid som radiograf ble min nysgjerrighet vekket. Har de bygget et Faraday bur rundt sengen? Hva koster herligheten? Jeg ble skuffet. Det er ikke et Faraday bur rundt sengen, den ligner en vanlig seng og 180 x 200 ligger til den nette sum av 33.999 SKK. Heldigvis er det gratis levering og en prøveperiode på 100 netter. Jeg var fristet. Så kom jeg i tanker om en lørdag formiddag hvor jeg kjempet meg opp den smale trappen til soverommet i tredje etasje med en middelstor Ikea kommode. For å bøte på skadene måtte jeg male. Min nysgjerrighet ble temmet. Det kunne ikke være det verd. Jeg begynte heller på et annet prosjekt. Et prosjekt om eksponering for elektromagnetiske felt relatert til arbeid rundt MR skannere. Selv om interessen for dette temaet kanskje er like lunkent som interessen for både nye og innovative anti-strålingssenger for folk flest, gav dette heldigvis god mening for meg og kanskje også mine veiledere ved Universitetet i Bergen: Ole Jacob Møllerløyken (Førsteamanuensis, UIB ) og Magne Bråtveit (Professor, UIB). Uten gode råd, oppmuntring og hjelp fra dere hadde dette aldri godt bra, så tusen takk for hjelpen! Jeg må også rette en stor takk til forskergruppen ved Universitetet i Utrecht, som velvillig lånte meg utstyr så målingene kunne gjennomføres. Når jeg innså hvor mye tid det tar å lade dosimeterne, var det ikke vanskelig å forstå hvorfor de ble sendt avgårde med et stort smil. Det tok noe tid, men målingene ble gjennomført nesten som planlagt. Heldigvis fikk jeg mye god hjelp fra mine tidligere kollegaer som alltid tilrettela så jeg fikk tid til å gjennomføre prosjektet uten at det gikk på bekostning av dagens høydepunkt: croissanter og kaffe sammen med kanskje verdens hyggeligste radiografer. Jeg må også rette en stor takk til alle radiografene som tok seg tid til å delta i studien i en travel arbeidshverdag. Dere er gode! Til sist vil jeg sende de kjærligste takk til min familie, Kenneth og Lærke: Takk for godt selskap på de endeløse trilletter!

## Innhold

Forkortelser .....	4
Sammendrag .....	5
Abstract .....	6
Introduksjon .....	6
MR radiografens arbeidsoppgaver .....	9
Tiltaks- og grenseverdier .....	10
Tidligere forskning .....	12
Hensikt .....	15
Mål .....	15
Hovedmålsetting 1: .....	15
Hovedmålsetting 2: .....	15
Metode .....	16
Miljø .....	16
Utvalg .....	17
Innsamling av data .....	18
Gjennomføring .....	18
Måleutstyr .....	20
Potensielle determinanter for eksponeringsnivå .....	22
Etiske aspekter .....	24
Analyse av data .....	24
Resultater .....	25
Eksponeringsmodeller .....	27
Forberedende analyser .....	27
Endelige eksponeringsmodeller .....	30
Sammenligning med tiltaks- og grenseverdier .....	32
Diskusjon .....	33
Eksponeringsnivå og determinanter .....	33
Tiltaks- og grenseverdier .....	37
Styrker og svakheter .....	38
Konklusjon .....	41
Bibliografi .....	42

## Forkortelser

AL	-Action Level (tiltaksverdi)
AM	- Aritmetisk Gjennomsnitt
CT	- Computer Tomografi
EMF	- Elektromagnetiske Felt (statiske og tidsvarierende)
GM	- Geometrisk Gjennomsnitt
MR	- Magnetisk Resonans
PVK	- Perifert Venekateter
RF	- Radiofrekvente Felt
RMS	- Root Mean Square
SMF	- Statiske Magnetfelt
T	- Tesla
TvMF	- Tidsvarierende Magnetfelt



## Sammendrag

1. Juli 2016 trådte EU-direktivet om elektromagnetiske felt (Direktiv2013/35/EU, 2013) i kraft. EU-direktivet har til hensikt å beskytte arbeidstakere mot kortsiktige og akutte helseeffekter grunnet eksponering for elektromagnetiske felt. Tidligere studier har vist at grenseverdiene presentert her ikke kan overholdes av radiografer som arbeider med MR.

Hensikten med denne studien var å måle heldagseksponering for lavfrekvente elektromagnetiske felt hos radiografer som arbeider med MR, samt identifisere faktorer som kan påvirke eksponeringsnivået. Måleresultatene ble sammenlignet med tiltaks- og grenseverdiene gitt i EU-direktivet.

Studien er en tversnittstudie hvor datainnsamlingen er todelt. Et personlig dosimeter ble brukt til å måle radiografenes eksponering for statiske magnetfelt samt bevegelsesindusert tidsvarierende magnetfelt. Et spørreskjema ble brukt for å kartlegge deltakernes bakgrunn, arbeidsoppgaver og arbeidstider. 42 deltakere ble inkludert og i alt ble det gjennomført 79 målinger.

Gjennomsnittlig eksponering for statiske magnetfelt og tidsvarierende magnetfelt var henholdsvis 41 mT og 15 mTs<sup>-1</sup>. Gjennomsnittlig peak eksponering var henholdsvis 616 mT og 1188 mTs<sup>-1</sup>. Signifikante determinanter for økt eksponeringsnivå var antall prosedyrer knyttet til klargjøring av skanner, arbeid ved en åpen 1T skanner sammenlignet med lukkede skannere på henholdsvis 1,5T og 3T, og arbeid ved Sykehus A sammenlignet med Sykehus B. Determinanter av denne karakter kan være nyttige når tiltak for å redusere yrkeseksponering skal planlegges. Grenseverdiene for statiske magnetfelt etterleves. Tiltaksverdiene for tidsvarierende magnetfelt etterleves ikke. Dette understreker arbeidsgivers lovpålagte krav om å holde eksponeringen så lav som praktisk mulig.

**Nøkkelord:** elektromagnetiske felt, statiske magnetfelt, tidsvarierende magnetfelt, personlig eksponering, magnetisk resonans avbildning.

## Abstract

In July 2016, the EU Electromagnetic Field Directive (Direktiv2013/35/EU, 2013) entered into force. Previous studies have shown that the action and limit values in the Directive can not be met when working with magnetic resonance imaging.

This study aimed to measure the exposure to electromagnetic fields within a group of radiographers employed at two hospitals in Denmark and identify factors that influences the level of exposure. The results were compared to the action and limit values in the EU Directive.

A cross-sectional study design was used and the data collection was two-folded. A personal dosimeter was used to collect exposure data. A questionnaire was used to map the participants' background, work tasks and working hours. 42 participants were included, resulting in 79 measurements.

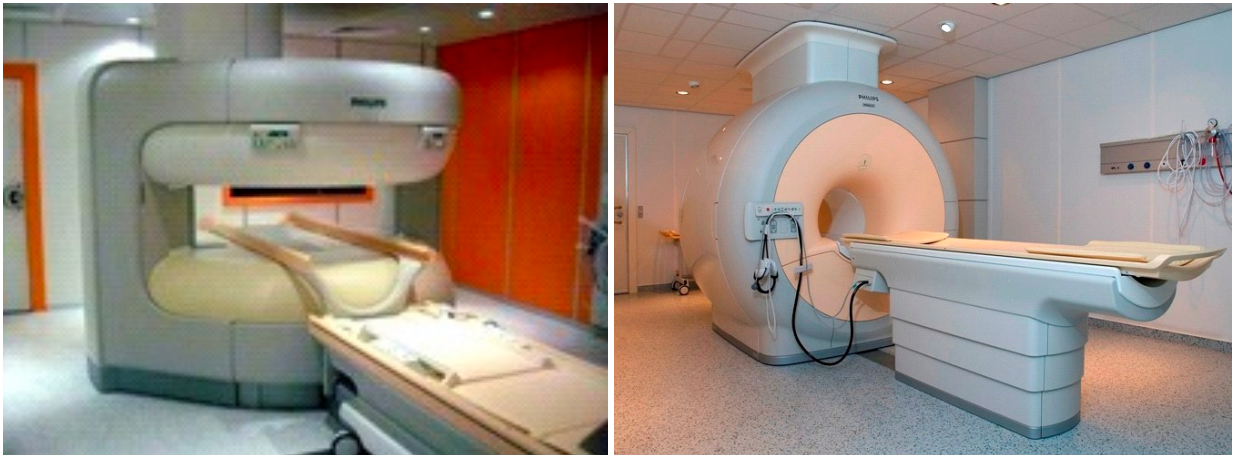
Average exposure to static magnetic fields and time-varying magnetic fields were 41 mT and 15 mTs<sup>-1</sup>, respectively. Average peak exposure were 616 mT and 1188 mTs<sup>-1</sup>, respectively. Significant determinants for higher exposure levels were preparation of the scanner, working around an open 1T scanner compared to closed scanners at 1,5T and 3T, respectively, and work at Hospital A compared to Hospital B. Such information can be useful when planning measures to reduce occupational exposure. Limit values for static magnetic fields are met. Action levels for motion induced time-varying magnetic fields are not met. This emphasizes the employer's responsibility to keep exposure as low as possible.

**Keywords:** electromagnetic fields, static magnetic fields, time-varying magnetic fields, personal exposure, magnetic resonance imaging.

## Introduksjon

I medisinen benyttes en rekke ulike bildediagnostiske prosedyrer for å diagnostisere og kontrollere sykdomsforløp hos pasienter. Blant annet brukes ultralyd, røntgen, gjennomlysning, computer tomografi (CT) og magnetisk resonans (MR). Ultralyd er en teknikk hvor man bruker lydbølger. Røntgen, gjennomlysning og CT, anvender ioniserende stråler for å danne bilder av kroppen. MR benytter ikke ioniserende stråling. På grunn av dette regnes MR som et tryggere alternativ for pasienter og personale sammenlignet med de ioniserende modalitetene. I MR benyttes et statisk magnetfelt (SMF) i kombinasjon med et tidsvarierende magnetfelt (TvMF) og radiofrekvente felt (RF) for å fremstille bilder av kroppens indre. Disse feltene er klassifisert som henholdsvis 3 (ikke mulig å klassifisere), 2B og 2B (mulig kreftfremkallende) av International Agency for Research on Cancer (IARC, 2018). Sammenlignet med CT, er en MR skanning en forholdsvis lang undersøkelse og varer typisk imellom 0,5 - 1,5 time. Ved mer komplekse problemstillinger, eller hvis pasienten krever ekstra overvåkning eller anestesi, kan en undersøkelse ha en varighet på flere timer. Denne oppgaven vil fokusere på det fysiske arbeidsmiljøet som knytter seg til MR modaliteten.

Siden den første MR skanneren på dansk jord ble tatt i bruk i 1984 har antall MR sentre og antall undersøkelser som tilbys økt betraktelig. Idag tilbys det MR skanninger ved alle store sykehus i Danmark, samt hos en rekke private klinikker. Det finnes MR skannere som er utviklet spesielt til skanning av ekstremiteter, og skannere utviklet for å skanne hele kroppen. Det finnes skannere med et horisontalt magnetfelt, og skannere med et vertikalt magnetfelt. De kan ha et åpent eller et lukket design (Figur 1). Skannerens SMF kan være induisert av en permanent magnet (blokker av ferromagnetisk materiale genererer et magnetfelt mellom magnetens poler), resistive magnet (elektrisitet passerer igjennom spoler og produserer et magnetfelt), superledende magnet (elektrisitet passerer igjennom spoler med superledende tråder og produserer et magnetfelt) eller en hybrid utgave. SMF måles i tesla (T). I klinisk arbeid ved de store sykehusene i Danmark er det mest vanlig å bruke superledende helkropps-skannere med feltstyrker på 1T, 1,5T eller 3T.

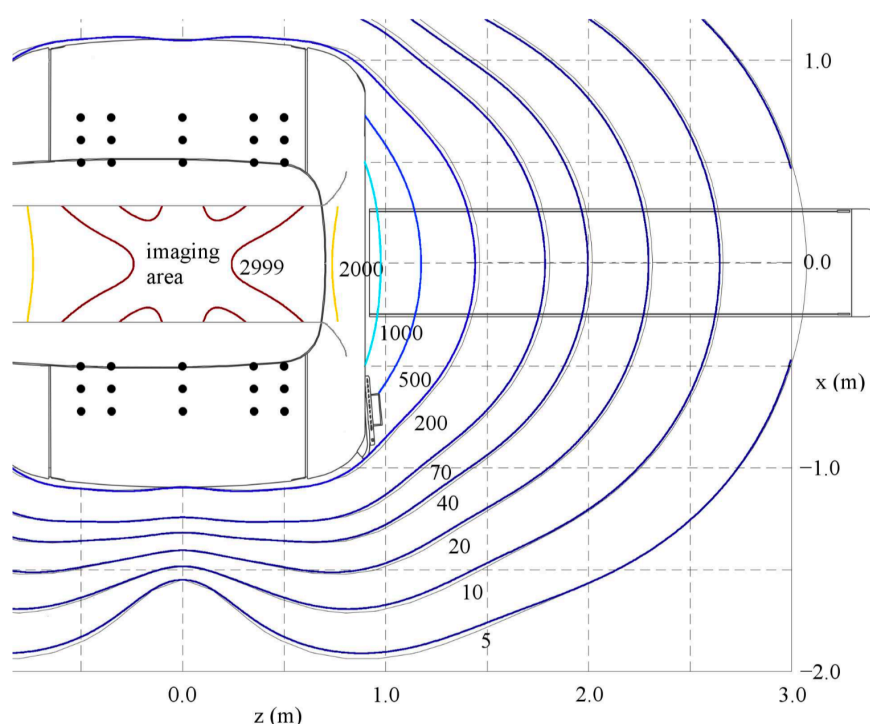


Figur 1: Åpen MR-skanner med vertikalt magnetfelt (venstre). Lukket MR-skanner med horisontalt magnetfelt (høyre) ("MR skanning," 2018).

MR skannerens SMF er konstant og alltid tilstede, det befinner seg i og rundt skanneren. Dette feltet vil arbeidstakere bli eksponert for hver gang de er i nærheten av MR skanneren. Skannerens SMF er sterkest nært skanneren og avtar med avstand fra kjernen (Figur 2). Form og størrelse på disse omkransende feltene har sammenheng med skannerens styrke samt måten dette feltet er skjermet fra omgivelsene på. Én løsning for å skjerme omgivelsene er passiv skjerming. Dette innebærer å bygge inn ferromagnetisk materiale i vegger, tak og gulv rundt MR skanneren. Dette er en meget dyr og tung løsning. De fleste skannere er idag superledende magneter med aktiv skjerming. Dette betyr at skanneren har spoler med motsatt polaritet av hovedfeltet innebygd i ytterkanten av skanneren. Resultatet er at utstrekningen av skannerens omkransende felt reduseres betraktelig. På den annen side betyr dette at man kan gå fra tilnærmet ingen eksponering til høy eksponering på en kort distanse (rundt 2 m).

Personalet som arbeider i et miljø med MR skannere eksponeres også for et tidsvarierende magnetfeltet (TvMF) som oppstår som følge av bevegelse i skannerens omkransende felt. Arbeidstakers eksponering for bevegelsesindusert TvMF vil ha sammenheng med formen på skannerens omkransende felt, samt bevegelsesmønster og hastighet til vedkommende.

Under selve avviklingen av en MR skanning vil det i tillegg være et TvMF induisert av skanneren selv, samt et radiofrekvent felt (RF) i og i umiddelbar nærhet til skanneren. Personalet vil kun unntaksvis eksponeres for disse feltene, eksempelvis ved intervensjonsprosedyrer, eller hvis en pasient krever ekstra overvåkning eller hjelp i det selve skanningen utføres. I noen tilfeller vil også personalet fungere som testpersoner når nye bildesekvenser skal utvikles og optimeres. Flere steder er det også normalt at studenter blir skannet i utdanningsøyemed: for å erfare en MR-skanning fra pasientens vinkel. I disse tilfeller vil testpersoner og studenter eksponeres for SMF, TvMF og RF på samme måte som pasienter.



Figur 2: Omkransende felt rundt en lukket superledende 3T MR skanner med aktiv skjerming (magnetfelt i mT, avstand i m) (Laakso, Kannala, & Jokela, 2013, s. 2628).

Flere yrkesgrupper er ansatt, eller har sitt daglige virke, ved en radiologisk avdeling hvor MR skannerne ved et sykehus typisk er lokalisert. Radiologer har blant annet ansvar for å beskrive bilder, gjennomføre ultralydskanninger og intervensjonsprosedyrer. Radiografer har arbeidsoppgaver som inkluderer pasientkontakt, bildeproduksjon og dokumentasjon av undersøkelser. Hjelpepleiere har blant annet pasientkontakt og assisterer radiografer og radiologer. Sekretærer skriver svar på undersøkelser og sender disse ut til henvisende avdelinger. Portører står

for transport og forflytting av pasienter og utstyr. Rengjøringspersonell står for rengjøring. Det er også ofte fysikere og teknikere tilknyttet en radiologisk avdeling. Disse yrkesgruppene har blant annet ansvar for vedlikehold, merking, kvalitetskontroll og reparasjoner av utstyr. Flere steder er det også forskere tilknyttet avdelingene. Tolker bistår pasienter som har behov for dette. Disse yrkesgruppene vil kunne eksponeres for lavfrekvente EMF i forbindelse med arbeid i nærheten av MR skannere, men av disse yrkesgruppene er det i all hovedsak radiografer som eksponeres daglig.

### **MR radiografens arbeidsoppgaver**

I Danmark ivaretar radiografene det meste av pasientkontakten som er knyttet til MR undersøkelsene. De mottar pasienter og pårørende, de informerer om prosedyrer og undersøker om pasienter kan gjennomgå en MR skanning. Videre er det radiografenes oppgave å gjennomføre selve skanningen. Dette skjer fra en PC som befinner seg i et kontrollrom i tilknytning til rommet hvor MR skanneren er plassert. Her vil eksponering for skannerens SMF være lav ( $<0,5$  mT). I tillegg er annet kontorarbeid, som telefonisk kontakt med pasienter, tidsbestilling, registrering i journaler, intern dokumentasjon og kvalitetssikring, en del av arbeidsdagen. Utover dette kommer møtevirksomhet, undervisning og annet administrativt arbeid i tillegg. I selve skannerrommet, i umiddelbar nærhet til en MR skanner, vil radiografene eksponeres for høye nivåer av lavfrekvente EMF. Her vil radiografene blant annet klargjøre skanneren til undersøkelser. Dette innebærer blant annet å plassere antenner (coils) ved anatomien som skal undersøkes. Det finnes ulike coils utviklet til ulike undersøkelser og utformingen av disse kan variere imellom ulike fabrikat. Radiografene ivaretar også arbeidsoppgaver som inkluderer rengjøring med såpe, vann, sprit og klor. Videre er klargjøring av kontrastsprøyte, pasienthåndtering, anleggelse av perifert venekateter (PVK) og administrasjon av medisin, arbeidsoppgaver som ofte gjennomføres tett på skanneren. Det er også arbeidsoppgaver knyttet til vedlikehold av skanneren, samt oppfylling av skuffer og skap som er lokalisert i skannerrommet, som vil føre til at radiografene beveger seg tett på MR skannere. I tillegg vil radiografene assistere annet helsepersonell i skannerrommet, eksempelvis anestesipersonell, når dette er nødvendig. Det er radiografenes mange arbeidsoppgaver som løses i MR skannerens omkransende felt, som er bakgrunnen til at denne yrkesgruppen er blant dem som har høyest eksponering for lavfrekvente EMF i relasjon til bruk av MR modaliteten.

## Tiltaks- og grenseverdier

Den Europeiske Union (EU) vedtok i 2013 et direktiv om EMF (Direktiv2013/35/EU, 2013) som har til hensikt å beskytte arbeidstakere mot kortvarige og akutte helseeffekter grunnet eksponering for EMF. Direktivet omhandler ikke mulige langtidsvirkninger da det i øyeblikket ikke er vitenskapelig bevis for en kausal sammenheng. Direktivet trådte i kraft 1. juli 2016 og skal etterleves av medlemslandene, herunder Danmark og Norge. Grenseverdiene presentert i direktivet er basert på ICNIRP (International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection) sine anbefalinger som er beskrevet i «Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields» (ICNIRP, 2009).

Direktivet deler mellom sensoriske effekter og helseeffekter som følge av EMF eksponering. Sensoriske effekter kan være forbigående sanseforstyrrelser, eksempelvis forbigående kvalme og svimmelhet hos arbeidstaker. Akutte og kortsiktige helseeffekter grunnet EMF eksponering kan være oppvarming eller stimulering av nerver eller muskelvev. En nedre grenseverdi er satt med tanke på å unngå sensoriske effekter, og for SMF eksponering er denne 2T. En øvre grenseverdi er satt med tanke på å unngå helseeffekter, og for SMF eksponering er denne 8T. Begge disse grensene gjelder peak verdier (Tabell I).

I direktivet er grenseverdiene for TvMF som er relevant for bevegelse i nærheten av MR skannere, uttrykt ved induert indre elektrisk feltstyrke. For å gjøre det lettere å bekrefte eller avkrefte om grenseverdiene overholdes inkluderer direktivet også tiltaksverdier knyttet til eksponering for TvMF. Tiltaksverdiene er peak verdier for arbeidstakerens kroppsposisjon og resulterer i en konservativ eksponeringsvurdering. Ergo, overholdes tiltaksverdiene, overholdes grenseverdiene. Disse tiltaksverdiene kan likevel ikke direkte sammenlignes med resultater fra personlige dosimetermålinger. Derfor er det i tidligere studier (Schaap, Christopher-De Vries, Crozier, De Vocht, & Kromhout, 2014) (Batistatou et al., 2016) regnet ut en nedre og øvre tiltaksverdi som kan anvendes til dette formålet. Nedre tiltaksverdi er beregnet til  $223 \text{ mT s}^{-1}$ . Øvre tiltaksverdi er beregnet til  $1780 \text{ mT s}^{-1}$  (Tabell I). Utregningene er gjennomført med utgangspunkt i RMS AL gitt i Direktiv/2013/EU (2013), tabell B2, ved hjelp av følgende formel:



$$(db/dt)_{\text{peak}} = \sqrt{2 \times 2\pi f \times B_L}$$

Tabell I: Tiltaks- og grenseverdier for SMF og bevegelsesindusert TvMF

	Tiltaks- og grenseverdier for sensoriske effekter
SMF	2 T
Bevegelsesindusert TvMF	223 mTs <sup>-1</sup>
	Tiltaks- og grenseverdier for helsemessige effekter
SMF	8 T
Bevegelsesindusert TvMF	1780 mTs <sup>-1</sup>

Tidligere studier som er gjort for å kartlegge eksponeringen i nærheten av MR skannere, og fysikkteorien som ligger bak MR teknologien, gjør at de rådende tiltaks- og grenseverdiene som er beskrevet i det nye EU-direktivet ikke kan overholdes ved bruk av MR utstyr (McRobbie, 2012). Derfor presiserer EU direktivet at arbeidstaker likevel kan overskride disse hvis eksponeringen er relatert til installasjon, testing, bruk, utvikling eller vedlikehold av MR utstyr i helsesektoren. Med dette er det derfor bestemt at tiltaks- og grenseverdiene ikke er gjeldende for personell som arbeider med MR, og disse er derfor ikke beskyttet mot kortsiktige og akutte helseeffekter grunnet EMF eksponering og eventuelle udokumenterte langtidseffekter. Dette støttes også av ICNIRP som vurderer at i yrkessammenheng, med tilstrekkelig rådgivning og trening, vurderes rimelig at arbeidstakere frivillig og bevisst utsettes for forbigående sensoriske effekter som eksempelvis kvalme (ICNIRP, 2009).

Unntaket fra tiltaks- og grenseverdiene som er gitt i direktivet forutsetter at arbeidsgiver har gjennomført en risikovurdering som blant annet kartlegger den eksponeringen de ansatte er utsatt for gjennom målinger eller beregninger, med mindre eksponeringsnivået kan bestemmes pålitelig ut fra andre opplysninger. Videre skal arbeidsgiver tilrettelegge for å få eksponeringen så lav som mulig, gjennom at utstyret, arbeidspraksisen og organiseringen av arbeidet tilrettelegges slik at eksponeringen blir så lav som mulig. Arbeidsgiver skal også kunne vise at arbeidstakerne fortsatt er beskyttet mot skadelige helseeffekter og sikkerhetsrisiko, herunder sikre at instruksjoner for sikker bruk av utstyret blir fulgt. Med det formål å på et tidlig tidspunkt kunne diagnostisere



helseskadelige effekter som følge av eksponering for EMF, skal det også iverksettes en risikobasert helseovervåking av arbeidstakerne. Innberettes uønskede virkninger som følge av eksponering skal arbeidsgiver sikre at berørte arbeidstakere tilbys passende legeundersøkelse eller individuell helseovervåking. (Direktiv2013/35/EU, 2013)

Det kjennes ingen entydige retningslinjer for å vurdere når eksponering på gruppenivå samsvarer med tiltaks- og grenseverdiene med utgangspunkt i personlige dosimetermålinger. For kjemisk eksponering er det foreslått at grenseverdiene overholdes hvis <5% av måledataene overskrider disse (Ogden & Lavoue, 2012). I en ny europeisk standard for «Workplace exposure» som ennå ikke er utgitt forventes det i tillegg at øvre 70% konfidensintervallet til 95 percentilen vil være utgangspunktet for å bestemme om en grenseverdi overholdes eller ikke (Vincent, 2016).

### **Tidligere forskning**

Etablerte biologiske effekter som følge av eksponering for magnetfelt er svimmelhet, kvalme, hodepine, metallsmak og synsforstyrrelser (McRobbie, 2012). Disse symptomene forventes å avta hurtig etter endt eksponering. Det er ikke konsensus for varig negativ helseeffekt som følge av EMF eksponering i forbindelse med arbeid ved MR skannere, men behovet for flere studier er kommentert i en rekke litteraturgjennomganger og uttalelser fra anerkjente organisasjoner (Hartwig et al., 2009) (ICNIRP, 2009). Det anbefales at man gjennomfører studier på eksponerte populasjoner, eksempelvis radiografer som arbeider med MR (MR radiografer), for å etablere retningslinjer for denne yrkesgruppen (Hansson Mild et al., 2013). Nylig har det blitt publisert artikler som viser økt risiko for ulykker som fører til personskade for arbeidstakere som er eksponert for EMF i forbindelse med MR skannere. Mekanismene bak dette kjennes ikke, men funnene peker i retning av at helseeffekter som følge av EMF eksponering varer lengre enn tidligere antatt. (Huss, Schaap, & Kromhout, 2017) (Bongers, Slottje, Portengen, & Kromhout, 2016).

Med utgangspunkt i lovgivning på feltet (Direktiv2013/35/EU, 2013) har det i de seneste år blitt gjennomført flere studier som har undersøkt personlig eksponeringsnivå for EMF ved arbeid med MR skannere. I en studie fra Nederland ble det fokusert på ulike profesjoners (radiografer, teknikere, leger, anestesipersonale, forskere, assistenter og rengjøringspersonell) eksponering for

SMF og TvMF rundt MR skannere (Schaap et al., 2014). Deltakerne bar personlige dosimetre igjennom en hel arbeidsdag, så lenge det var risiko for EMF eksponering fra MR skannere. Studien inkluderte magneter med feltstyrke fra 0,2T til 11,7T. Radiografer, teknikere og forskere var yrkesgruppene med høyest eksponering. Det var store variasjoner i eksponeringsnivå mellom arbeidstakere i samme yrkesgruppe, og det foreslås at yrkestittel ikke er en optimal gruppering for epidemiologiske formål. Resultatene viste også at grenseverdiene gitt i Direktiv 2013/35/EU (2013) ikke ble overholdt av radiografene. Her ble det beregnet en sannsynlighet på 2% for overskride den nedre grenseverdien for SMF, 2T. Videre ble det beregnet en sannsynlighet på 97% for overskride estimert tiltaksverdi for TvMF på  $223 \text{ mTs}^{-1}$ , og 15% for estimert tiltaksverdi på  $1780 \text{ mTs}^{-1}$ . (Schaap et al., 2014)

Med utgangspunkt i samme datamateriale har en annen studie fra Nederland fokusert på sammenhengen mellom eksponeringsnivåer og arbeidsrelaterte faktorer. Med utgangspunkt i MR skannere for mennesker viste resultatene at det ikke var forskjeller i eksponeringsnivå når det ble arbeidet rundt åpne skannere, sammenlignet med andre type skannere. Når det utelukkende ble analysert for lukkede helkroppskannere fant de en signifikant positiv sammenheng mellom skannernes feltstyrke og henholdsvis peak SMF, gjennomsnitt SMF, peak TvMF og gjennomsnitt TvMF, henholdsvis 30%, 61%, 36% og 76% for hver ekstra tesla fra 1,5T. Eksponeringsnivåene hadde ulik assosiasjon med spesifikke arbeids- og skanningsprosedyrer. Blant annet økte gjennomsnitt SMF og TvMF med 10% for hver gang et menneske ble skannet. Peak SMF og TvMF var positivt assosiert med antall skanninger av mennesker, ex-vivo prøver og fantom, henholdsvis 3% og 4%. Deltakerens høyde hadde en negativ sammenheng med peak SMF, 1% for hver cm. (Schaap, Christopher-De Vries, Cambion-Goulet, & Kromhout, 2016)

I en studie fra Storbritannia var det også høyest eksponering for EMF blant MR radiografer, sammenlignet med annet helsepersonell som hadde arbeidsoppgaver i nærheten av MR skannere. Studien inkluderte skannere med feltstyrke på 1,5T og 3T. Personlige dosimeter ble brukt til målingene. Disse var en generasjon nyere enn dem anvendt i Nederland, men ellers like. Målemetoden i de to studiene var noe ulik, da dosimeteret ble festet ved brystkassen i Nederland, og ved hoften i Storbritannia. Det var også forskjeller knyttet til justeringer av måleresultat.

Eksponeringsmønsteret i Storbritannia lignet det som ble funnet i Nederland. Radiografene i denne studien hadde 1,7% sannsynlighet for eksponering over 2T, 93% sannsynlighet for eksponering over 222,5 mTs<sup>-1</sup> og 8,6% sannsynlighet for eksponering over 1780 mTs<sup>-1</sup>. (Batistatou et al., 2016)

I Tyskland har personlige dosimetre blitt brukt til å måle eksponering for SMF og TvMF som følge av bevegelse i nærheten av MR skannere (3T og 7T) hos en liten gruppe forskere (n=5). I denne studien fikk deltakeren oppgitt bestemte bevegelsesmønstre som skulle gjennomføres i nærheten av skanneren. Det var her store forskjeller i eksponeringsnivå mellom deltakerne, dette selv om de fikk de samme instruksjonene. Måleresultatene peker i retning av at det er usannsynlig å overskride ICNIRP sin øvre grenseverdi for peak SMF (8T) ved 3T og 7T MR skannere. (Fatahi et al., 2017)

På Malta har det blitt gjennomført personlige målinger av SMF eksponering ved hånd, bryst og hodet hos radiografer (n=9) når de gjennomførte sine vanlige arbeidsoppgaver ved en 1,5T skanner. Resultatene viste at hendene fikk høyest eksponering, etterfulgt av hode og så bryst. Personale med erfaring hadde lavere eksponering enn nyutdannet personale, og forfatterne mener dette kan være et argument for at målrettet trening kan resultere i lavere eksponering. Resultatene ligger under grenseverdiene for SMF gitt i Direktiv 2013/35/EU (2013). Dette er som forventet, da skanneren var på 1,5T og nedre grenseverdi er på 2T. (Bonello & Sammut, 2017)

I Japan har det blitt gjennomført personlige målinger av SMF eksponering ved brystkassen hos fire radiografer når de gjennomførte ulike arbeidsoppgaver rundt 3T skannere (n=103). Det ble funnet betydelige forskjeller i Peak SMF eksponeringsnivå mellom ulike arbeidsoppgaver. MR undersøkelse av hode eller nakke viste høyere eksponeringsnivåer sammenlignet med henholdsvis veiledning og pleie av pasienter, samt prosedyrer knyttet til kontrast administrasjon. Resultatene ligger under grenseverdiene for SMF ved vanlige arbeidsbetingelser gitt i Direktiv 2013/35/EU (2013), da den høyeste verdien målt var 1250 mT. (Yamaguchi-Sekino, Nakai, Imai, Izawa, & Okuno, 2014)

## **Hensikt**

Hensikten med studien var å karakterisere eksponering for SMF og bevegelsesindusert TvMF med et personlig dosimeter hos MR radiografer ansatt ved to sykehus i Danmark. Innsamlede data er av beskrivende karakter og målet var å observere, beskrive og dokumentere aspekter av dette i sine naturlige omgivelser. Eksponeringsdata ble sammenlignet med tiltaks- og grenseverdiene i EU direktivet (Direktiv2013/35/EU, 2013) hvor det ikke ble tatt hensyn til at radiografer er unntatt fra disse.

## **Mål**

### **Hovedmålsetting 1:**

Måle MR radiografers heldagseksponering for lavfrekvente EMF.

Delmål:

1a: Bestemme gjennomsnittlig og peak eksponering for SMF og bevegelsesindusert TvMF.

1b: Identifisere determinanter som påvirker eksponeringsnivået.

### **Hovedmålsetting 2:**

Sammenligne måleresultatene med tiltaks- og grenseverdiene gitt i Direktiv 2013/35/EU (2013).

Delmål:

2a: Undersøke om eksponeringen for SMF er i samsvar med gjeldende øvre og nedre grenseverdier.

2b: Undersøke om eksponeringen for bevegelsesindusert TvMF er i samsvar med gjeldende øvre og nedre tiltaksverdier.

### **Hypotese:**

H<sub>1</sub>: Eksponeringen overskrider tiltaks- og grenseverdiene for SMF og bevegelsesindusert TvMF gitt i Direktiv 2013/35/EU (2013).

H<sub>0</sub>: Eksponeringen overskrider ikke tiltaks- og grenseverdiene for SMF og bevegelsesindusert TvMF gitt i Direktiv 2013/35/EU (2013).

## Metode

Studien er en tversnittstudie hvor datainnsamlingen var todelt. Numeriske eksponeringsdata for lavfrekvente EMF ble samlet inn ved hjelp av personlige dosimetermålinger, mens informasjon om deltakernes bakgrunnsopplysninger, arbeidsoppgaver og arbeidstider ble samlet inn ved hjelp av et spørreskjema. Masteroppgaven er en del av en større studie som omfatter både eksponering samt relaterte helseplager knyttet til arbeid ved MR skannere.

## Miljø

Målingene ble gjennomført ved to sykehus i Danmark: Sykehus A og Sykehus B. Sykehusene ble valgt da de har store MR avsnitt med flere skannere av ulik styrke og fabrikat. I motsetning til mindre sykehus arbeider radiografene fast ved MR avdelingene her. Dette gjorde det praktisk mulig å gjennomføre to heldagsmålinger for nesten hver deltaker i det gitte tidsrom hvor dosimeterne var tilgjengelige.

Sykehus A hadde ved datainnsamlingen fem lukkede helkropp MR skannere: tre med feltstyrke 1,5T, og to med feltstyrke 3T (Tabell II). Alle er superledene magneter med horisontalt magnetfelt og har aktiv skjerming.

Tabell II:MR skannere ved Sykehus A som inngår i studien

Rom	Fabrikat	Styrke
44	GE Discovery 450	1,5 T
45	Siemens Spectra	3 T
46	Siemens Avanto	1,5 T
47	Siemens Avanto	1,5 T
48	Siemens Verio	3 T

Sykehus B hadde ved datainnsamling seks MR skannere: én åpen helkroppskanner på 1T, samt fem lukkede helkroppsskannere: tre på 1,5T og to på 3T (Tabell III). Disse skannerne er også superledende med aktiv skjerming. Panorama HFO 1T skiller seg ut, da denne har et vertikalt magnetfelt. De resterende har horisontalt magnetfelt.

Tabell III: MR skannere ved Sykehus B som inngår i studien

Rom	Fabrikat	Styrke
20	Philips Achieva	1,5 T
21	Philips Achieva	3 T
22	Philips Panorama HFO	1 T
23	Philips Ingenia	3 T
24	Philips Achieva	1,5 T
25	Philips Achieva	1,5 T

Ved oppstart av målingene var det ved Sykehus A ansatt 26 MR radiografer (12 kvinner og 14 menn) og ved Sykehus B var det ansatt 24 MR radiografer og (12 kvinner og 12 menn). Mandag til fredag på dagvaktene ble MR skannerne vanligvis betjent av to radiografer. Radiografene roterte mellom ulike skannere fra dag til dag. En dagvakt varte typisk mellom 7 og 10 timer (07:00 - 18:00). Ved Sykehus A var MR skannerne også åpen for akutte undersøkelser hver kveld og natt (18:00 - 07:00), samt 24 timer i døgnet lørdag og søndag. I dette tidsrommet ble MR skanneren betjent av én radiograf. Sykehus B holdt kveldsåpent i hverdagene (18:00 - 23:00), men lukket avdelingen om natten. Lørdag og søndag var MR avdelingen åpen fra 08:00 til 23:00. Én radiograf betjente skanneren om kvelden og i helgene.

### Utvalg

Utvalget ble bestemt med utgangspunktet i en styrkeberegning gjort med et ønske om å måle eventuelle negative helseplager hos radiografer som arbeider med MR. Forekomst av helseplager vil inngå i senere analyser på samme datamateriale. I en studie fra Nederland ble det vist at en gruppe fabrikkansatte som var eksponert for lavfrekvente EMF i forbindelse med utvikling av MR skannere hadde økt forekomst av helseplager (hodepine, øyesymptomer, metallsmak, kvalme, konsentrasjonsproblemer, svimmelhet, hudsymptomer, hjertebank og trøtthet) sammenlignet med en kontrollgruppe, henholdsvis 32% vs 13% (de Vocht, van Drooge, Engels, & Kromhout, 2006). Med en gruppe på 50 eksponerte, som er det totale antallet radiografer på de to valgte sykehusene, og 50 kontroller, vil det oppnås en statistisk styrke på 74% ved en p-verdi på 0,05. Alle radiografene som arbeidet med MR og var tilgjengelige ved avdelingene i datainnsamlings-perioden ble derfor invitert til å delta i studien. Hver deltaker deltok to ganger når dette var mulig. Dette ble gjort for å

sikre nok data ved eventuell lav svarprosent, samt mulighet til å analysere på variasjoner i eksponering fra dag til dag hos samme deltaker.

Gravide ble ekskludert fra studien, da begge avdelinger som inngår i studien fant tilpassede arbeidsoppgaver til disse kvinnene for unngå eksponering for EMF i tilknytting til arbeid ved MR skannere.

### **Innsamling av data**

Alle målinger er gjennomført på dagvaktene, mandag til fredag, av Marion Lambrechts Berge.

### **Gjennomføring**

Før oppstart av målingene ble mellomlederne for aktuelle radiografgrupper kontaktet via mail. Her ble de informert om studiens formål, metode og nytteverdi. Disse stilte seg positive til gjennomførelse av studien ved deres avdeling og formidlet videre kontakt til radiografene som ble invitert til å delta i studien. Først fikk radiografene tilsendt et informasjonsbrev via mail (Vedlegg 1) som informerte om studiens bakgrunn, metode og reservasjonsrett. Ved første personlige møte ble eventuelle spørsmål og uklarheter besvart før radiografene eventuelt takket ja til å delta i studien. Dette ved å signere et samtykkeskjema (Vedlegg 2). Innsamling av data startet 20.04.2015 og varte til og med 19.06.2015 (Tabell IV).

Tabell IV: Lokalisasjon og dato for datainnsamling

Lokalisasjon	Startdato	Sluttdato
Sykehus A	20.04.2015	19.06.2015
Sykehus B	26.05.2015	05.06.2015

Dosimeterne ble aktivert minimum en time før datasamlingen startet. Dette ble gjort for å minimere eventuell drift i målingene som kan skyldes oppvarming av batteriet. Hver måledag ble mellom tre og seks radiografer kontaktet personlig ved arbeidshagens start. Alle radiografene ved avdelingene var inkludert i studien, og det var tilfeldig hvem som ble valgt til å delta på ulike dager. Dette ble basert på hvem som var tilgjengelig ved arbeidshagens start.

Vanligvis var en skanner betjent av to radiografer. Typisk ville den ene radiografen umiddelbart gå i gang med å gjøre skanneren klar til første undersøkelse, mens den andre radiografen var opptatt med forberedelser i kontorlandskapet. Det var radiografen som startet i kontorlandskapet som vanligvis deltok i studien den gjeldende dag. Andre dager var begge radiografene tilgjengelige i kontorlandskapet om morgenen, og i disse tilfellene kunne begge radiografene som arbeidet ved samme skanner bli inkludert. Dersom det var møter eller annen aktivitet om morgenen, ble radiografene kontaktet så snart de ankom skannerområdet igjen.

Ved arbeidsgrensens start fikk deltakerne utdelt spørreskjema (del én og del to) og dosimeteret ble festet med en strikk om brystkassen (Figur 3). Del én av spørreskjemaet ble besvart ved arbeidsgrensens start. Del to ble besvart ved arbeidsgrensens slutt. Dosimeteret og spørreskjemaet ble innsamlet ved arbeidsgrensens slutt. Alle dosimeter og strikk ble rengjort ved arbeidsgrensens slutt. (Figur 4).



Figur 3: Et dosimeter festet med en strikk om brystkassen





Figur 4: Strategi for datainnsamling via spørreskjema og personlig dosimeter.

## Måleutstyr

### Dosimeter

Det er benyttet tilsvarende dosimeter som Schaap et al. (2014) (Figur 5), utlånt fra gruppen i Nederland. Dosimeterne er utviklet av Professor Stuart Crozier, Universitetet i Queensland, Australia. Seks dosimeter ble benyttet til målingene. Dosimetrene ble innstilt til «static field mode» (Tabell V) og målte kontinuerlig SMF (B, målt i mT) og bevegelsesindusert TvMF (dB/dt, målt i mTs<sup>-1</sup>) i tre ortogonale retninger (x,y,z) (Figur 6).



Figur 5: Personlig dosimeter til måling av elektro magnetiske felt, utviklet av Professor Stuart Crozier, Universitetet i Queensland, Australia

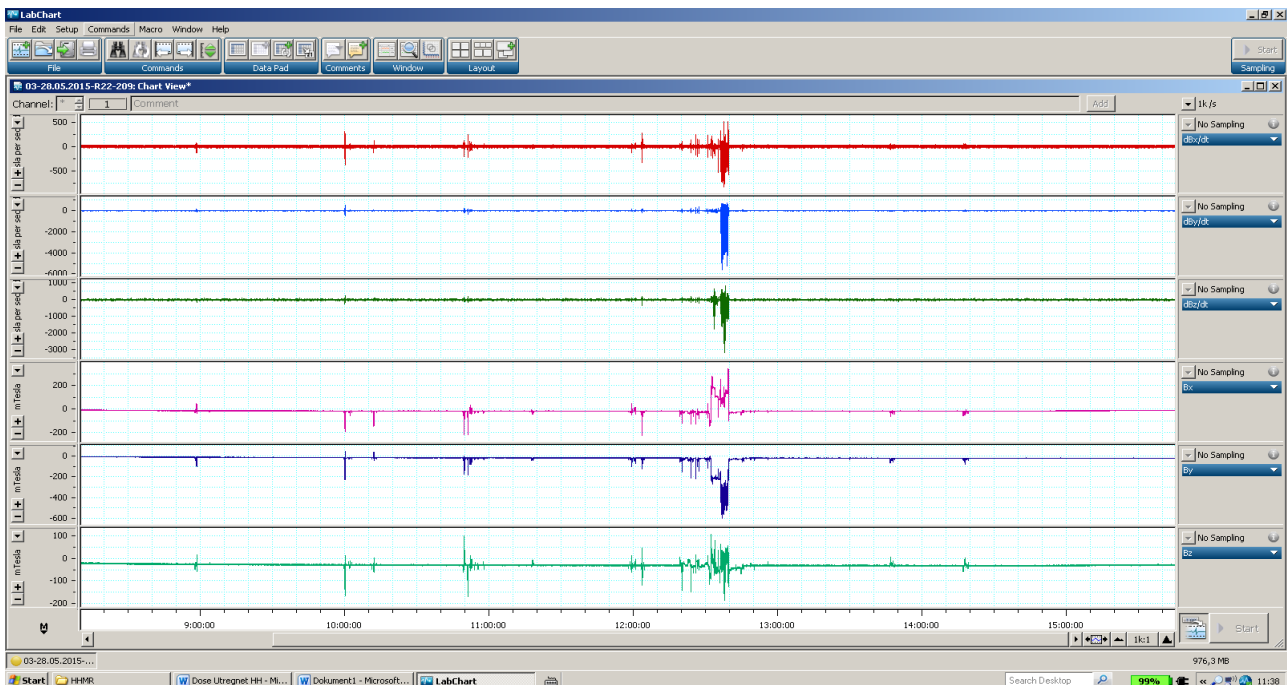
Tabell V: Dosimeter spesifikasjoner ved statisk mode

Måleområde	0T til $\pm 7T$
Oppløsning	$\pm 0,5 \text{ mT}$
Nøyaktighet	$\pm 10 \text{ mT}$ mellom (0T til $\pm 1T$ ) $\pm 50 \text{ mT}$ mellom ( $1T$ til $\pm 7T$ )
Sampling frekvens	50 Hz

Dosimeterne ble avlest etter hver måledag i programmet: MrDose Ver 1.0.1. (The University of Queensland, ITEE). Videre er eksponeringsnivå (gjennomsnitt og peak B og dB/dt) kalkulert i LabChart 6, AD Instruments (Figur 6), ved hjelp av følgende formler:

$$B = \sqrt{(B_x^2 + B_y^2 + B_z^2)}$$

$$dB/dt = \sqrt{(dB/dt_x^2 + dB/dt_y^2 + dB/dt_z^2)}$$



Figur 6: Eksempel på en dosimeterfil fra en hel arbeidsdag (8:30 - 15:00) vist i LabChart. De tre øverste grafene viser TvMF (dB/dt) i x, y og z retning ( $\text{mTs}^{-1}$ ). De tre nederste grafene viser SMF (B) i x, y og z retning (mT).

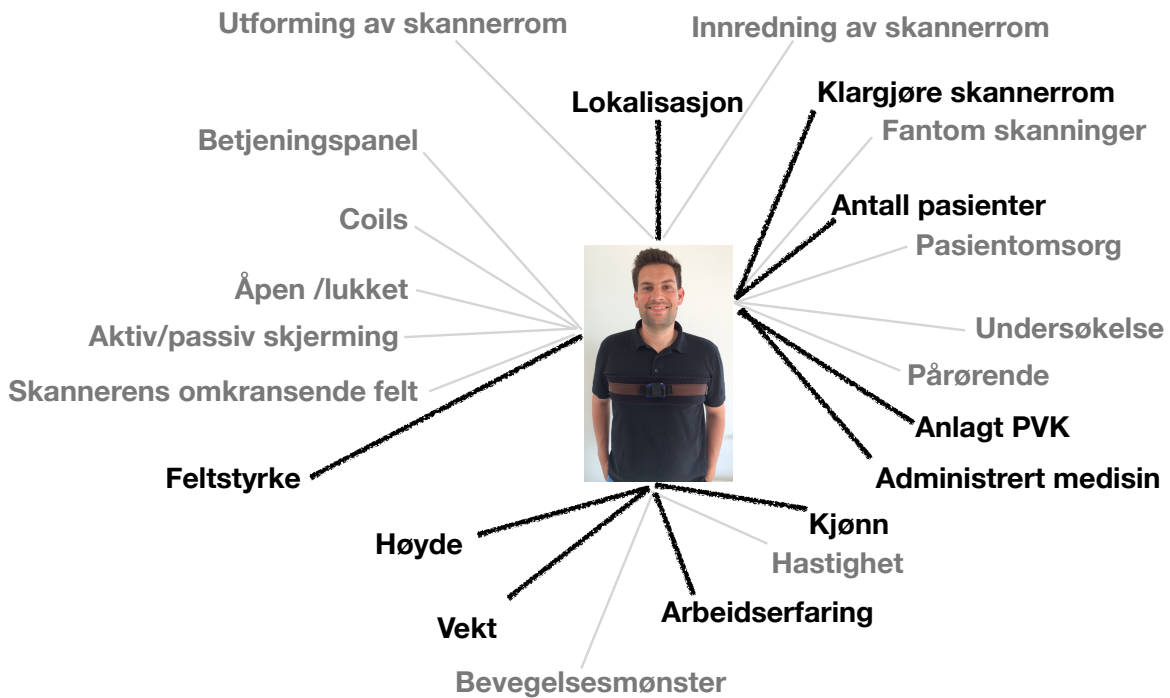
## Spørreskjema

Det ble benyttet tilsvarende spørreskjema som Schaap et al. (2014) (Vedlegg 3). Det bestod av to deler. Første del ble besvart ved arbeidshagens start, og inkluderte blant annet deltakernes bakgrunnsdata: kjønn, høyde, vekt, alder og arbeidserfaring. Andre del ble besvart ved arbeidshagens slutt og inkluderte blant annet hvilke skanner deltakeren hadde arbeidet ved, antall pasienter som var skannet og videre spesifikke arbeidsoppgaver som var blitt gjennomført i nærheten av MR skanneren. Arbeidsoppgavene som ble kartlagt var: anlagt perifert venekateter (PVK), administrert kontrast eller annen medisin (for eksempel buscopan), klargjort kontrastpumpe, påsatt EKG elektroder eller annen monitorering på pasient eller frivillig, blodprøvetagning, spyttprøvetagning, klargjort rom til neste pasient (skifte coil, rengjøring med mer), rengjort i skannerrommet og reparasjoner i skannerrommet. Spørreskjemaet ble oversatt fra engelsk til dansk og er videre forkortet noe, da ikke alle spørsmål var relevante for denne studien.

## Potensielle determinanter for eksponeringsnivå

Schaap et al. (2016) viste at eksponeringsnivåer for SMF og TvMF ble påvirket av en rekke ulike determinanter: deltakerens høyde, skannertype (åpen, lukket, oppreist og ekstremitet), antall skanningsprosedyrer (mennesker, fantom, ex-vivo prøver, funksjons MR, intervensjons MR), antall rengjøringsprosedyrer (grundig og vanlig), antall prosedyrer i skannerrommet (rektalgel, rektalcoil, blodprøve, spyttprøve og anleggelse av PVK) og antall pasienter som krever ekstra oppfølging. Bonello og Mammut (2017) viste at personale med arbeidserfaring hadde lavere eksponering enn nyutdannet personale.

Med utgangspunkt i tidligere forskning samt utstyr, arbeidsgang og prosedyrer som ble gjennomført ved de to sykehusene, ble det i denne studien valgt følgende mulige determinanter for å undersøke mulig sammenheng med eksponeringsnivå: skannernes feltstyrke (1T, 1,5T og 3T), lokalisasjon (Sykehus A og Sykehus B), deltakernes karakteristikk (kjønn, høyde, vekt og arbeidserfaring), antall pasienter som er skannet, antall ganger det er anlagt PVK, antall ganger det er administrert kontrast eller medisin (eksempelvis Buscopan) og antall ganger skannerrommet er klargjort før en undersøkelse (inkluderer lettere rengjøring, coilsift med mer). (Figur 7)



Figur 7: Mulige determinanter som kan påvirke radiografers eksponeringsnivåer for SMF og bevegelsesindusert TvMF hvor de som inngår i analysene er uthevet.

## Etiske aspekter

Studien er godkjent av datatilsynet i Danmark (Vedlegg 4 og 5) og av Regional etisk komite i Norge (Vedlegg 6). Etisk komite i Danmark vurderte at studien ikke behøver godkjenning (Vedlegg 7).

Alle deltagere ble informert om studien skriftlig via mail, samt muntlig ved første møte. Deretter avgjorde de om de ville delta ved å signere et samtykkeskjema. Deltakerne ble tildelt et individuelt løpenummer som ble registrert på spørreskjemaet og koblet til dosimeterdata for å sikre anonymitet. Etter hver måledag ble dosimeterne avlest, dataen anonymisert og til sist lagret. Spørreskjemaene ble anonymisert og låst inne. Dette med utgangspunkt i protokoll for datasamling (Vedlegg 8). Nøkkelen mellom navn og løpenummer ble oppbevart separat og nedlåst, og ble til sist makulert da all innsamling av data var gjennomført, den 19. juni 2015.

Resultatene presenteres på et gruppenivå av en slik størrelse at identifisering av enkeltpersoner ikke er mulig. Gjennomføringen av prosjektet innebar ingen intervensjoner, så forsøkspersonene ble derfor ikke utsatt for økt risiko for mulige skadevirkninger.

## Analyse av data

IBM SPSS Statistics versjon 24 for Windows ble benyttet til analyse av data. Gjennomsnitt SMF, peak SMF og gjennomsnitt TvMF var normalfordelt. Peak TvMF var skjevfordelt mot høyre. Analysene ble derfor gjennomført på innsamlet lineære eksponeringsdata og i tillegg på log-transformert data for peak TvMF.

Aritmetisk gjennomsnitt (AM), geometrisk mean (GM), variasjonsbredde (range) og standardavvik (SD) for gjennomsnitt SMF, peak SMF, gjennomsnitt TvMF, og peak TvMF ble beregnet og stratifisert for radiografer ansatt ved Sykehus A, radiografer ansatt ved sykehus B og for ulike magnetfeltstyrker: 1-3T, 1T, 1,5T, 3T og 1,5T + 3T.

I forberedende analyser for eksponeringsmodeller «mixed effects models» ble variansanalyse (anova) benyttet for å analysere forskjeller i eksponeringsnivå mellom arbeid ved ulike feltstyrker etterfulgt av Bonferonni Post hoc test. Independent sample T-test ble benyttet for analyser av forskjell i eksponeringsnivå mellom de to sykehusene. Dette ble gjort for arbeid ved alle feltstyrker samlet, så for henholdsvis arbeid ved feltstyrkene 1,5T og 3T. Independent sample T-test ble

benyttet for analyser av forskjell i eksponeringsnivå mellom kjønn og mellom Sykehus A og Sykehus B. Pearson korrelasjonsanalyse ble brukt for å teste for sammenheng mellom eksponeringsnivå og kontinuerlige variabler (høyde, vekt, arbeidserfaring, antall pasienter, anleggelse av PVK, administrering av medisin og klargjøring av skannerrom til pasient).

Lineær «mixed effects models» ble benyttet til de endelige analysene for å identifisere signifikante determinanter for eksponeringsnivået. De lineære eksponeringsdataene (gjennomsnitt SMF, peak SMF, gjennomsnitt TvMF og peak TvMF) og log transformert data (peak TvMF) ble kategorisert som avhengige variabler i separate modeller. Mulige determinanter ble kategorisert som fixed effects. For å ta hensyn til gjentakende målinger hos samme deltaker ble deltakernes løpenummer kategorisert som en tilfeldig effekt. Variablene testet i modellene ble valgt på bakgrunn av et signifikansnivå  $P \leq 0,2$  i de forberedende analysene. For variabler (fixed effects) med signifikant korrelasjon, ble kun den ene inkludert i modellene. Et signifikansnivå på  $P \leq 0,2$  ble satt for å beholde variablene i de endelige modellene. I alle tester ble nivå på signifikante forskjeller/ assosiasjoner satt til  $P < 0,05$ .

Prosentandel av målingene (peak SMF og peak TvMF) som lå over grenseverdiene for normale og kontrollerte arbeidsbetingelser ble beregnet. I tillegg ble også 95 percentilen for Peak SMF og Peak TvMF benyttet for å sammenligne målte eksponeringsnivåer med øvre og nedre tiltaks- og grenseverdier.

## **Resultater**

I det aktuelle tidsrommet var 49 radiografer tilgjengelig ved de to sykehusene. Av disse 49 takket fem nei til å delta og én ble ekskludert grunnet graviditet. I alt ble det innsamlet eksponeringsdata 79 ganger (34 kvinner og 45 menn) fra 42 MR radiografer (19 kvinner og 23 menn). Tabell VI viser en oversikt over deltakernes kjønn, alder, høyde, vekt og arbeidserfaring, samt antall pasienter som ble skannet i løpet av en arbeidsdag.

Tabell VI: Deltakernes fordeling mellom kjønn, alder, høyde, vekt, arbeidserfaring og antall pasienter som er skannet i løpet av en arbeidsdag.

	<b>N obs</b>	<b>N sub</b>		<b>AM</b>	<b>SD</b>	<b>Range</b>
Kvinner	34	19	Alder (år)	49	11	25 - 61
			Høyde (cm)	170	6	158 - 184
			Vekt (kg)	73	10	58 - 93
			Arbeidserfaring (år)	11	7	0 - 25
			Antall pasienter	6	3	0 - 10
Menn	45	23	Alder (år)	44	11	26 - 61
			Høyde (cm)	181	6	168 - 195
			Vekt (kg)	85	16	67 - 135
			Arbeidserfaring (år)	10	7	0 - 26
			Antall pasienter	6	2	3 - 15

Samlet for alle deltakere var AM for gjennomsnitt SMF, peak SMF, gjennomsnitt TvMF og peak TvMF henholdsvis 41 mT, 616mT, 15mTs<sup>-1</sup> og 1188mTs<sup>-1</sup> (Tabell VII). Det var en betydelig varians i målingene, spesielt for peak SMF og peak TvMF. Tabell X viser at for alle eksponeringsvariablene var dag-til- dag variansen «within-worker variance» større enn variansen mellom arbeidstakerne «between-worker variance».

En detaljert oversikt over eksponeringsverdiene (gjennomsnitt SMF, peak SMF, gjennomsnitt TvMF og peak TvMF) for ulike grupper (alle deltakere, ansatte ved Sykehus A og ansatte ved Sykehus B) og fordelt imellom arbeid ved ulike magnetfeltstyrker (1-3T, 1T, 1,5T, 3T og 1,5+3T) er samlet i Vedlegg 9.

Tabell VII: Måleresultat (AM, GM og range) for gjennomsnitt SMF, peak SMF, gjennomsnitt TvMF og peak TvMF, samt prosentandel av målinger over tiltaks- og grenseverdier.

	N obs	N pers	AM (SD)	GM	Range	% > nedre tiltaks- og grenseverdier	% > øvre tiltaks- og grenseverdier
SMF gjennomsnitt (mT)	79	42	41 (7)	40	29 – 57		
SMF Peak (mT)	79	42	616 (272)	566	170 – 2020	1 %	0 %
TvMF gjennomsnitt (mTs <sup>-1</sup> )	79	42	15 (1)	15	12 - 18		
TvMF Peak (mTs <sup>-1</sup> )	79	42	1188 (793)	1028	330 - 5672	100 %	11 %

## Eksponeringsmodeller

### Forberedende analyser

Der var signifikant forskjell i Peak TvMF mellom arbeid ved ulike feltstyrker ( $P = 0,002$ ).

Bonferonni Post hoc testing viste at denne forskjellen kun var signifikant mellom arbeid ved 1T og 1,5T skannere (1977 mTs<sup>-1</sup> vs 985 mTs<sup>-1</sup>:  $P = 0,008$ ). Det var ingen signifikante forskjeller i eksponeringsverdiene: gjennomsnitt SMF, TvMF og Peak SMF mellom arbeid ved ulike feltstyrker. (Tabell VIII)

Samlet for alle MR radiografer var det kun signifikant forskjell mellom ansatte ved Sykehus A og ansatte ved Sykehus B i peak SMF (667 mT vs 537 mT:  $P = 0,037$ ; Tabell VIII). Ved arbeid ved feltstyrken 1,5 T var det signifikant forskjell mellom ansatte ved Sykehus A og Sykehus B i gjennomsnitt TvMF (15mTs<sup>-1</sup> vs 14 mTs<sup>-1</sup>:  $P = 0,009$ ) og peak TvMF (1075 mTs<sup>-1</sup> vs 736 mTs<sup>-1</sup>:  $P = 0,023$ ). Ved arbeid ved feltstyrken 3T var det ingen signifikante forskjeller i eksponeringsnivåene mellom de ansatte ved Sykehus A og Sykehus B.

Med utgangspunkt i log-transformerte peak TvMF eksponeringsdata var resultatene like som ved bruk av lineære måleresultat. Det var en signifikant forskjell i Peak TvMF og arbeid ved ulike feltstyrker ( $P = 0,003$ ), og denne forskjellen var kun signifikant mellom arbeid ved 1T og 1,5T



(P = 0,018). Det var signifikant forskjell i peak TvMF mellom arbeid ved Sykehus A og Sykehus B ved feltstyrken 1,5 T (P = 0,024) (Tabell VIII).

Det var ingen signifikante forskjeller i eksponeringsnivåer mellom kvinner og menn.

Tabell VIII: Eksponeringsnivå stratifisert på eksponeringsnivå og feltstyrke, sykehus og kjønn.

		N obs	N pers	SMF gjennomsnitt (mT)	SMF Peak (mT)	TvMF gjennomsnitt (mTs <sup>-1</sup> )	TvMF Peak (mTs <sup>-1</sup> ) (log-transformet)
Feltstyrke	1T (Ref)	7	5	39	622	15	1977
	1.5T	45	31	41	573	15	985*** (**)
	3T	23	18	42	677	15	1213
Sykehus	Sykehus B (Ref)	31	16	40	537	14	1167
	Sykehus A	48	26	41	667**	15*	1202
Kjønn	Kvinner (Ref)	34	19	41	666	15	1326
	Menn	45	23	41	578	15	1084

\*\*\*  $P \leq 0,01$ ; \*\*  $P \leq 0,05$ ; \*  $\leq 0,2$

Det var signifikant korrelasjon mellom eksponeringsverdiene gjennomsnitt TvMF, peak TvMF og peak SMF (Tabell IX). Det var signifikant sammenheng mellom deltakerens høyde og henholdsvis peak TvMF (P = 0,044) og peak SMF (P = 0,034). Det var ingen signifikant sammenheng mellom eksponeringsnivåene og radiografenes vekt, arbeidserfaring eller antall pasienter, anleggelse av PVK eller administrering av medisin. Det var en signifikant sammenheng mellom gjennomsnitt TvMF og antall ganger deltakeren hadde klargjort skanneren til neste pasient (P = 0,029). (Tabell IX)

Tabell IX: Korrelasjonskoeffisient og signifikansnivå mellom eksponeringsverdier og deltakernes høyde, vekt, arbeidserfaring, antall pasienter om er skannet og antall arbeidsoppgaver knyttet til henholdsvis anleggelse av iv adgang, administrasjon av medisin og klargjøring av skannerrom.

	TVMF Gjennomsnitt (mTs <sup>-1</sup> )	SMF Gjennomsnitt (mT)	TVMF Peak (mTs <sup>-1</sup> )	SMF Peak (mT)	Log TVMF Peak (mTs <sup>-1</sup> )	Høyde (cm)	Vekt (kg)	År arbeidet med MR (n)	Antall pasienter (n)	Lagt PVK (n)	Administrert medisin (n)	Klargoort skanner (n)
TVMF Gjennomsnitt (mTs <sup>-1</sup> )	1	0,133	,397****	,389****	,492****	-0,146*	-0,112	0,074	0,088	0,018	0,123	,247**
SMF Gjennomsnitt (mT)		1	0,140	0,023	0,137	-0,024	0,044	-0,096	-0,045	0,025	0,081	-0,020
TVMF Peak (mTs <sup>-1</sup> )			1	,546****	,904****	-,227**	-0,043	0,094	-0,054	-0,085	-0,059	0,044
SMF Peak (mT)				1	,672****	-,239**	-0,175*	0,031	-0,102	-0,062	0,070	-0,014
Log TVMF Peak (mTs <sup>-1</sup> )					1	-0,218*	-0,034	0,083	-0,064	-0,073	-0,012	0,019
Høyde (cm)						1	,600****	-0,070	0,065	,363****	0,203*	0,123
Vekt (kg)							1	-0,040	-0,048	0,108	0,042	0,157*
År arbeidet med MR (n)								1	-,277**	-0,18*	-0,134	0,023
Antall pasienter (n)									1	0,155*	,297****	,483****
Lagt PVK (n)										1	,486****	,306****
Administrert medisin (n)											1	,325****

Pearson korrelasjon; \*\*\*\* P ≤ 0,01; \*\* P ≤ 0,05; \* P ≤ 0,2  
N=73 - 79

### Endelige eksponeringsmodeller

De endelige lineære «mixed effects» modellene inkluderte følgende determinanter: Deltakerens høyde, antall prosedyrer knyttet til klargjøring av skannerrom til neste pasient, lokalisasjon (sykehus) og feltstyrke. Modellene forklarte 15,9%, 11,7%, 18,8% og 20% av totalvariansen i henholdsvis peak SMF, gjennomsnitt TvMF, peak TvMF og log-transformert Peak TvMF. Det var ingen signifikante determinanter knyttet til gjennomsnitt SMF. (Tabell X)

Deltakernes arbeidserfaring og kjønn, samt antall pasienter som var skannet, antall PVK prosedyrer og administrering av medisin var ikke signifikante determinanter og ble derfor ikke inkludert i de endelige modellene. Det var signifikant korrelasjon mellom høyde og vekt. Derfor ble kun høyde inkludert i de endelige modellene.

Modellen for peak SMF predikerer at eksponeringsnivået synker med 8,6 mT per centimeter med arbeidstakernes økende høyde, at arbeid ved Sykehus A gir 185 mT høyere eksponering sammenlignet med Sykehus B, samt at arbeid ved feltstyrken 1,5T gir 178 mT lavere eksponering sammenlignet med arbeid ved 1T.

For gjennomsnitt TvMF predikerer modellen at for hver gang skanneren klargjøres til ny pasient øker eksponeringsnivået  $0,5 \text{ mTs}^{-1}$ , og at arbeid ved Sykehus A gir  $0,76 \text{ mTs}^{-1}$  høyere eksponering enn Sykehus B.

For peak TvMF predikerer modellen et lavere eksponeringsnivå når det arbeides i nærheten av 1,5T og 3T skannere sammenlignet med 1T skannere (henholdsvis 1148 og 775  $\text{mTs}^{-1}$  lavere). (Tabell X)

Tabell X: Lineær mixed effects modeller av peak SMF, gjennomsnitt TvMF, peak TvMF og log-transformert peak TvMF og determinantene: høyde, klargjøring av skannerrom, lokalisasjon og feltstyrke.

	Peak SMF (mT)		Gjennomsnitt TvMF (mTs <sup>-1</sup> )		Peak TvMF (mTs <sup>-1</sup> )		Log Peak TvMF (mTs <sup>-1</sup> )	
	Random effects β (SE)	Mixed-effects Model β (SE)	Random effects β (SE)	Mixed-effects Model β (SE)	Random effects β (SE)	Mixed-effects Model β (SE)	Random effects β (SE)	Mixed-effects Model β (SE)
Skjæringspunkt	613,85 (34,54)**	2117 (672)**	14,717 (0,18)**	13,58 (0,44)**	1185 (95)**	4800 (1932)*	3,009 (0,028)**	4,02 (0,555)**
Høyde (cm)		-8,6 (3,8)*				-17 (11)		-0,005 (0,003)
Klargjøring av skannerrom (h)				0,15 (0,05)**				
Lokalisasjon		185 (67)**		0,76 (0,36)*		301 (193)		0,104 (0,055)
Feltstyrke 1.5T		-178 (58)**		-0,42 (0,29)		-1148 (249)**		-0,310 (0,068)**
Feltstyrke 3T						-775 (273)**		-0,172 (0,075)*
WW	51423	43555	1,201	0,979	532237	368815	0,035	0,025
BW	22308	18484	0,720	0,717	97417	142434	0,015	0,015
% totalvariasjon forklart av de faste effektene		15,9 %		11,7 %		18,8 %		20 %

β = Regresjon koeffisient

SE = Standard avviket til regresjon koeffisient

WW = Within worker variance / variasjon hos samme deltaker

BW = Between worker variance / variasjon mellom ulike deltakere

\*\* = Signifikans ved  $P \leq 0,01$

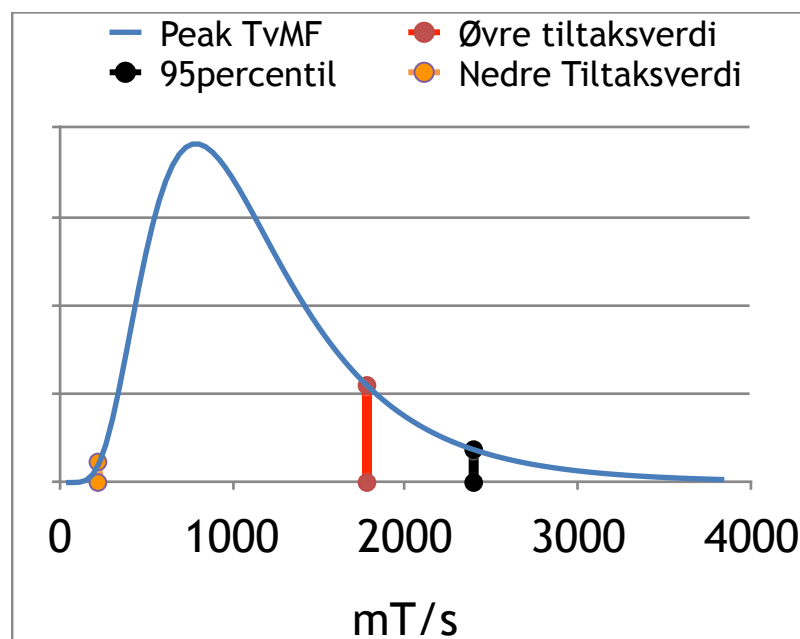
\* = Signifikans ved  $P \leq 0,05$

Ellers  $P \leq 0,2$

### Sammenligning med tiltaks- og grenseverdier

En av 79 målinger var tilnærmet lik nedre grenseverdi for peak SMF (2T) med en verdi på 2,020T. Denne eksponeringen var ved arbeid i en 3T skanner lokalisert på Sykehus A (Vedlegg 9). Ingen målinger var over øvre grenseverdi for SMF (8T). Alle målingene oversteg nedre estimert grenseverdi for peak TvMF (223 mTs<sup>-1</sup>), mens 11% var over øvre estimerte grenseverdi for peak TvMF(1789 mTs<sup>-1</sup>). (Tabell VII)

For peak SMF var 95 persentilen på 1091mT, og er med dette under nedre og øvre grenseverdi for SMF, henholdsvis 2T og 8T. For peak TvMF var 95 persentilen på 2489 mTs<sup>-1</sup>, og er med dette over nedre og øvre estimerte tiltaksverdi, henholdsvis 223mTs<sup>-1</sup> og 1780 mTs<sup>-1</sup> (Figur 8).



Figur 8: Log normal distribusjon peak TvMF, 95 percentilen og estimert nedre og øvre tiltaksverdi for bevegelsesindusert TvMF.

## Diskusjon

Samlet for alle deltakere var AM for gjennomsnitt SMF, peak SMF, gjennomsnitt TvMF og peak TvMF henholdsvis 41 mT, 616 mT, 15 mTs<sup>-1</sup> og 1188 mTs<sup>-1</sup>. Eksponeringsmodellene som inkluderte radiografens høyde, klargjøring av skanner til ny pasient, arbeidslokalisasjon (sykehus) og skannernes feltstyrke forklarte 15,9%, 11,7%, 18,8% og 20% av totalvariansen i henholdsvis peak SMF, gjennomsnitt TvMF, peak TvMF og log-transformert Peak TvMF. Det var ingen signifikante determinanter knyttet til MR radiografenes eksponeringsnivå for gjennomsnitt SMF. Determinantene påvirker de ulike eksponeringsverdiene forskjellig. Da rundt 80% av totalvariansen ikke er forklart, viser dette at også andre faktorer som ikke ble identifisert i denne studien har stor innflytelse på eksponeringsnivåene. Eksponeringen overholder grenseverdiene for SMF gitt i Direktiv 2013/35/EU (2013). Derimot overskrider eksponeringen både nedre og øvre tiltaksverdi for bevegelsesindusert TvMF.

## Eksponeringsnivå og determinanter

Eksponeringsnivået for gjennomsnitt SMF i den foreliggende studien (41 mT) var høyere enn i studie fra Storbritannia (18 mT; Batistatou et al. 2016) og Nederland (5.3 mT; Schaap et al. 2014). En av årsakene til denne forskjellen kan ha sammenheng med ulik databehandling. Schaap et al. (2014) brukte like dosimeter som denne studien, men har gjennomført omfattende justeringer av målte data. Det ble korrigert for en «Baseline-drift» som trolig ses fordi batteriet i dosimeteret varmes opp i løpet av arbeidsdagen. Dette gjelder kun for SMF og ikke TvMF. Korrigeringen ble gjort ved hjelp av en semiparametrisk modellering hvor hvert målepunkt i hver måling (x, y, z retning) er endret før eksponeringsnivået ble beregnet. Videre har Schaap et al. (2014) gjennomført en justering av både SMF og TvMF for bakgrunnsstøy. Bakgrunnsstøy var beregnet for hvert enkelt måleinstrument med utgangspunkt i et ønske om at SMF = 0 mT og TvMF = 0 mTs<sup>-1</sup> utenfor MR miljøet. Batistatou et al. (2016) har anvendt andre generasjon av samme dosimeter. Her var oppvarming av batteriet ikke et problem. Likevel har de også her gjennomført justeringer av målingene, dette med tanke på dosimeterets «limit of detection». Batistatou et al. (2016) har imidlertid ikke justert peak SMF, gjennomsnitt TvMF og peak TvMF og rapporterer for disse eksponeringsvariablene lignende resultater som denne studien, med henholdsvis 695 mT, 16 mTs<sup>-1</sup> og 1131 mTs<sup>-1</sup>. Schaap et al. (2014) ligger noe lavere med 636 mT, 1,3 mTs<sup>-1</sup> og 1034 mTs<sup>-1</sup>, som igjen kan ha sammenheng med ulik databehandling.

En annen forskjell mellom studiene er at Batistatou et al. (2016) festet dosimeteret ved deltakerens hofte, mens Schaap et al. (2014) festet dosimeteret midt på deltakerens brystkasse, på samme måten som i denne studien. Bonello og Mammut (2017) viste at plassering av dosimeter påvirket måleresultatene, men det ble ikke gjort målinger ved hoften. Det vil derfor være av stor nytteverdi å kartlegge ulik plassering av dosimeter sin effekt på måleresultatene i fremtidige studier. Dette spesielt med tanke på plassering ved hoften, som kanskje vil være den mest komfortable løsningen for deltakere i lignende studier.

Selv om det er vanskelig å sammenligne resultatene med Nederland og Storbritannia, grunnet ulik metode og databehandling, kan det peke i retning av at det er et liknende eksponeringsnivå hos MR radiografer på tvers av landegrenser, da spesielt mellom Danmark og Storbritannia. Det forventes at eksponeringsnivået i den foreliggende studie ville vært noe lavere hvis det var gjennomført lignende justeringer som Schaap et al. (2014). Dette ville ført til at resultatene nærmet seg resultatene i denne studien.

Det var ingen signifikant korrelasjon mellom gjennomsnitt SMF og de andre eksponeringsverdiene. Det var heller ingen signifikante determinanter knyttet til gjennomsnitt SMF. Selv om det var signifikant korrelasjon ( $P \leq 0,001$ ) mellom de andre eksponeringsverdiene: gjennomsnitt TvMF, peak SMF og peak TvMF, viste de endelige analysemodellene at determinantene påvirker de ulike eksponeringsverdiene forskjellig.

Deltakernes høyde påvirket kun eksponeringsnivået for peak SMF, som forventes å synke når arbeidstakerens høyde stiger. I eksponeringsmodellen for peak SMF forklarer denne determinanten noe av variansen i eksponering mellom arbeidstakerne. Denne sammenhengen forstås ikke som at deltakerens reelle eksponering synker med økende kroppshøyde, men er mest sannsynlig et uttrykk for at avstanden øker fra dosimeteret til skannerens åpning, hvor SMF eksponeringen vil være høyere. Dette understreker at målingene er følsomme for plassering av det personlige dosimeteret, både på personen og personens fysiske mål. Dette er også tidligere vist av Schaap et al. (2016) hvor eksponeringsnivået for peak SMF forventes å synke med 1% for hver ekstra cm.

Antall ganger MR radiografen klargjør MR skanneren til en ny pasient predikerer en økning i eksponeringsnivået for eksponeringsmodellen for gjennomsnitt TvMF, og bidrar til å forklare noe av dag-til-dag variansen, trolig siden antall klargjøringer for hver av radiografene varierer fra dag til dag. Det var ingen signifikant sammenheng mellom antall prosedyrer og henholdsvis peak TvMF og SMF. Dette kan peke i retning av at selv om en økning i antall prosedyrer knyttet til klargjøring av skanner fører til at MR radiografene tilbringer større deler av arbeidsdagen i nærheten av MR skanneren, påvirker denne økningen ikke bevegelsesmønsteret og hastighet til MR radiografene.

Arbeid ved Sykehus A forventes å gi høyere peak SMF og gjennomsnitt TvMF eksponering sammenlignet med Sykehus B. Bakgrunnen for ulik eksponering vites ikke. Det kreves nærmere studier av lokale forskjeller i arbeidsforhold for å avdekke en eventuell bakgrunn for dette. Det er flere årsakssammenhenger som i så tilfelle kan undersøkes. Sykehus A har Siemens og GE skannere. Sykehus B har Philips skannere. Det vil være av stor interesse å undersøke nærmere om de ulike skannernes omkransende felt, plassering av betjeningspanel, høretelefoner, alarmklokker og ulike coil løsninger kan påvirke eksponeringsnivået for SMF. Dette kan ha stor nytteverdi med tanke på utviklingen av nye MR skannere og ikke minst inngå i planleggingen når nye skannere skal installeres. Dette er spesielt viktig for arbeidsgiver som er pålagt å tilrettelegge for at arbeidstakers eksponeringen for EMF blir så lav som praktisk mulig (Direktiv2013/35/EU, 2013). Et annet moment kan være at de to sykehusene kan ha ulike arbeidsrutiner. Fatahi et al. (2017) fant ulik eksponering for SMF og TvMF selv når deltakerne fikk instruksjoner om å løse samme arbeidsoppgave i nærheten av samme MR skanner. Bonello & Mammut (2007) viste også at erfarent personale hadde lavere eksponering for EMF sammenlignet med nyutdannet personale, og forklarte dette med ulike arbeidsrutiner. Det fremkom ingen signifikant korrelasjon mellom eksponeringsnivå og antall år radiografene hadde arbeidet med MR i denne studien. Likevel kan det være en mulighet at Sykehus B har andre og mere standardiserte arbeidsrutiner sammenlignet med Sykehus A og at dette kan forklare den observerte forskjellen. En annen mulighet kan være ulike pasientgruppene ved de to sykehusene, med tanke på hvor pleietrengende de er. Dette kan igjen påvirke tiden radiografen tilbringer i skannerrommet og gjennomsnitt TvMF. I denne sammenheng er det også interessant å se om en eventuell planlegging av arbeidsdagen, som fører til få eller ingen



coilskift, kan resultere i lavere gjennomsnitt TvMF eksponering. Dette spesielt da gjennomsnitt TvMF også var korrelert med antall ganger MR radiografene klargjorde skanneren. Yamaguchi-Sekino et al. (2014) viste at MR undersøkelse av hode eller nakke gav høyere gjennomsnitt Peak SMF sammenlignet med henholdsvis veiledning og pleie av pasienter, samt prosedyrer knyttet til kontrast administrasjon ved 3T skannere. Hvordan henholdsvis bruk av spesifikke coils og ulike pasientoppsett i skanneren påvirker ulike eksponeringsverdier vil mulig gi en bedre forklaring på totalvariansen.

De endelige analysemodellene predikerer at arbeid ved feltstyrken 1,5T gir lavere eksponeringsnivå for henholdsvis peak SMF og TvMF sammenlignet med 1T, og arbeid ved 3T gir lavere peak TvMF sammenlignet med 1T. Bakgrunnen for disse forskjellene kan trolig forklares med utgangspunkt i skannernes fysiske utforming og de ulike skannernes omkransende felt. Det var kun én skanner med feltstyrke 1T som inngikk i studien. Dette er en åpen skanner med et vertikalt magnetfelt (Figur 1). Skannerens åpne design gjør det enkelt for radiografer å lene kroppen langt inn mot skannerens isosenter hvor magnetfeltet vil være tilnærmet 1T. Her kan radiografer flytte på coils og assistere pasienter selv når pasientene er posisjonert i senteret av skanneren. Alle skannere med en feltstyrke på 1,5 T og 3T som inngikk i studien var lukkede helkroppsskannere med horisontalt magnetfelt (Figur 1). Her vil det være vanskeligere for radiografer å nå skannerens isosenter hvor magnetfeltet vil være tilnærmet 1,5T eller 3T. I de fleste tilfeller vil radiografen kjøre pasienten ut av skanneren for å rette på pasientoppsettet fremfor å lene seg mot skannerens isosenter, da dette vil være tungvint, trangt og gi dårlig arbeidsstilling. Dette kan trolig forklare hvorfor radiografer som arbeider rundt MR skannere med en feltstyrke på 1,5T og 3T vil ha lavere eksponering, sammenlignet med feltstyrken 1T. På den annen side fant Schaap et al. (2016) at det ikke var forskjeller i eksponering når det ble arbeidet rundt åpne skannere, sammenlignet med andre type skannere. Nærmere studier av de ulike skannernes omkransende felter og ulike bevegelsesmønstre kan eventuelt avklare dette nærmere. En annen mulighet er at pasienter som har ekstra behov for oppfølging og støtte (barn, svært overvektige og klaustrofobe pasienter) kan ha blitt planlagt til den åpne 1T skanneren for å øke pasientenes komfort. Dette er pasientgrupper som kan kreve ekstra hjelp og tilrettelegging for å kunne gjennomføre en MR skanning. Dette kan igjen føre til at radiografer strekker seg ekstra langt inn i magneten for å assistere pasientene.

Eksponeringsmodellene i denne studien forklarer opp til 20% av totalvariansen i eksponeringsnivå. I denne studien ble også kjønn, arbeidserfaring, antall pasienter som er skannet, antall ganger det er anlagt PVK og antall ganger det er administrert kontrast eller medisin testet i modellene, men det var ingen signifikante effekter knyttet til disse. I tidligere studier er det imidlertid vist at flere av disse kan ha ulik innvirkning på eksponeringsnivået (Schaap et al., 2016). Dette kan tyde på at lokale organisatoriske forskjeller, som for eksempel oppbevaring av coils, ulike prosedyrer og fordeling av arbeidsoppgaver mellom radiografer, kan ha påvirkning på eksponeringsnivåene.

### **Tiltaks- og grenseverdier**

En peak verdi på 2020 mT var målt ved arbeid i en 3T skanner. Selv om det er, som tidligere diskutert, endel svakheter knyttet til måleinstrumentene og databehandling, er det naturlig å anta at eksponeringen kan nå dette nivået ved arbeid ved 3T skannere. På den annen side, 95 percentilen for peak SMF var 1091 mT og med dette langt under både nedre og øvre grenseverdi for SMF, henholdsvis 2T og 8T. Derfor vurderes det at grenseverdiene for SMF etterleves, selv om det er observert et enkelt tilfelle på 2T. Ved arbeid rundt 1T og 1,5T skannere var det ingen måledata som nådde opp på dette nivået. Lignende resultat ble også vist av Bonello og Sammut (2017) hvor arbeid ved 1,5T skanner ikke ga eksponering over 2T. Totalt for alle skannere var det en sannsynlighet på 1% for å overskride grenseverdien på 2T. Dette er i tråd med hva som er vist i tidligere studier. Schaap et al. (2014) beregnet 2% sannsynlighet for overskride grenseverdien på 2T blant MR radiografer. I Batistatou et al. (2016) var sannsynligheten 1,7% blant MR radiografer.

For peak TvMF var 95 percentilen 2489 mTs<sup>-1</sup> og med dette langt over både nedre og øvre estimerte tiltaksverdi, henholdsvis 223 mTs<sup>-1</sup> og 1780 mTs<sup>-1</sup>. Derfor vurderes det at tiltaksverdiene for TvMF ikke etterleves og at radiografer som arbeider med MR er i høy risiko for å oppleve sensoriske effekter som er knyttet til eksponering for TvMF. Dette kan eksempelvis være svimmelhet, kvalme, hodepine, metallsmak og synsforstyrrelser som er kjente biologiske effekter som følge av EMF eksponering (McRobbie, 2012). 100% av målingene i denne studien var over nedre tiltaksverdi. Tidligere har Schaap et al. (2014) beregnet 97% sannsynlighet for overskride estimert tiltaksverdi for TvMF på 223 mT/s. Batistatou (2016) har lignende resultat med 93 % sannsynlighet for eksponering over 222.5 mTs<sup>-1</sup>. Videre var 11% av måleresultatene over øvre

estimerte tiltaksverdi. Schaap et al. (2014) beregnet 15% og Batistatou et al. (2016) 8,6% sannsynlig. Resultat i denne studien føyer seg med dette inn i rekken av dokumentasjon som understreker at radiografer som arbeider med MR ikke kan etterleve gjeldende lovgivning gitt i Direktiv 2013/35/EU (2013). I denne sammenheng vurderes det viktig å understreke arbeidsgivernes lovpålagte ansvar om å tilrettelegge så arbeidstaker får så lav eksponering som mulig. Nærmere bestemt skal utstyret, arbeidspraksisen og organiseringen av arbeidet tilrettelegges så eksponeringen blir så lav som praktisk mulig. Ytterligere forskning som fokuserer på determinanter knyttet til eksponering vil derfor være av stor relevans. Dette vurderes som kanskje ett av de viktigste innsatsområdene fremover. Arbeidsgiver skal også kunne vise at arbeidstakerne fortsatt er beskyttet mot skadelige helseeffekter. Nye funn peker i retning av at helseeffektene varer lengre enn tidligere antatt (Huss et al., 2017). Derfor vil det også være av stor interesse for både arbeidstaker og arbeidsgiver at forslag til en mere systematisk overvåkning av arbeidstakernes helse og uønskede virkninger som følge av EMF eksponering, utvikles og iverksettes. Det kjennes ikke til noen gode og standardiserte løsninger for dette per i dag. Da det er akseptert at MR radiografer overskrider tiltaks- og grenseverdiene for EMF eksponering, og da det vurderes rimelig at de utsettes for dokumenterte forbigående helseeffekter og eventuelle udokumenterte langtidsvirkninger, vil dette være et viktig sikkerhetstiltak for spesielt denne yrkesgruppen.

Det forventes det at det i tråd med ny europeisk standard vil bli vanlig å bruke 70% konfidensintervall til 95 percentilen for å bestemme om grenseverdier for kjemisk eksponering etterleves eller ikke (Vincent, 2016) (Ogden & Lavoue, 2012). I denne studien er det valgt en forenklet modell hvor 95 percentilen blir brukt til dette formålet. Det forventes ikke at bruk av 70% konfidensintervall til 95 percentilen vil gi andre resultat med utgangspunkt i datene som inngår i denne studien, da differansen mellom tiltaks- og grenseverdiene og 95 percentilene er for stor.

### Styrker og svakheter

Det er utført eksponeringsmålinger over en periode på 45 dager og to målinger for nesten hver deltaker. 43 av 49 radiografer deltok i studien. Radiografene gjennomførte sine daglige oppgaver, og det ble ikke gjort noen endringer i planlagte aktiviteter på grunn av målingene. Derfor anses målingene som representative. Liknende metode og utstyr er benyttet for å måle eksponering for lavfrekvente EMF i tidligere studier. Dette styrker også studiens interne validitet. Masterstudenten

hadde god kjennskap til prosedyrer og arbeidsgang ved klinikkene som inngår i studien. Dette ble utnyttet for å tilpasse spørreskjemaet de lokale forhold best mulig og er en styrke for studien.

Denne studiens måleresultat er ikke justert. Med tanke på determinantene: radiografens høyde, klargjøring av skanner til ny pasient, arbeidslokalisasjon (sykehus) og feltstyrke, vil sammenhengen mellom disse og eksponeringsnivå imidlertid ikke bli påvirket av en eventuell justering av måledata. På den annen side gjør dette, som tidligere nevnt, det vanskelig å sammenligne resultatene med tidligere studier. Det antas at resultatene ville vært noe lavere hvis det var gjennomført justeringer av «baseline drift» og bakgrunnsstøy på samme måte som Schaap et al. (2014). Resultatene ville da ytterligere nærmet seg resultatene vist i denne studien. På den annen side er det mulig at resultatene ville beveget seg vekk fra den reelle eksponeringen. Dette da annet medisinskteknisk utstyr som bidrar med EMF eksponering i et sykehusmiljø kan bli justert vekk. Videre forventes det at justeringer av «baseline drift» og bakgrunnsstøy ville hatt henholdsvis ingen og liten effekt på måleresultatene for peak TvMF. Derfor vurderes det at resultatene som viste at tiltaksverdiene for TvMF ikke overholdes, vil være uendret etter en eventuell justering. Med tanke på peak SMF ville resultatene blitt noe redusert. Da resultatene viste at grenseverdiene for SMF eksponering overholdes, ville denne konklusjonen stått uendret, selv med omfattende justeringer. Derfor vurderes det at unnlattelse av justering ikke svekker studiens interne validitet.

Målingene er gjennomført ved å feste dosimeteret midt på deltakerens brystkasse. Det antas at eksponeringen her er noe lavere enn eksponering ved deltakerens hodet, som er et spesielt sensitivt organ med tanke på sensoriske effekter, og ikke minst lavere enn eksponering ved deltakerens hender, som vist av Bonello og Sammut (2017). Det er også vist at deltakernes høyde påvirker de målte eksponeringsnivåene. Derfor vil målingene ikke kunne gi en eksakt verdi av eksponering som gjenspeiler hele kroppen, men vise et ganske nøyaktig eksponeringsnivå ett sted på deltakerens kropp. Dette er en svakhet med studiens interne validitet.

Eksponeringen som ble målt representerer kun dagvakter. Eksponering om kveld og natt, når radiografene alene betjener en skanner, er ikke kartlagt og behøver ikke være den samme. Nye målinger må gjennomføres hvis dette ønskes kartlagt. Den foreliggende studien og Schaap et al.

(2016) peker også i retning av at det er flere ulike determinanter knyttet til eksponeringsnivået lokalt, blant annet valg av utstyr og antall gjennomførte prosedyrer. Eksponeringen behøver derfor ikke være lik ved andre MR klinikker i og utenfor Danmark og svekker studiens eksterne validitet.

Det er også en feilkilde knyttet til selve utfylling av spørreskjema som er viktig å vektlegge. Det er mulig at denne oppgaven ble nedprioritert av deltakerne, spesielt på travle dager. Her kunne det ha vært en fordel å benyttet en annen metode, eksempelvis observasjonsstudie, for å kartlegge antall arbeidsprosedyrer og gjennomføring av disse på en bedre måte. Det er mulig at dette ville ha ført til bedre forklaring av totalvariasjonen i de ulike eksponeringsverdier.

## Konklusjon

Masteroppgaven karakteriserer heldagseksponering for SMF og bevegelsesindusert TvMF hos MR radiografer ansatt ved to sykehus i Danmark. De endelige analysemodellene viste at determinantene: radiografens høyde, klargjøring av skanner til ny pasient, arbeidslokalisasjon (sykehus) og skannernes feltstyrke forklarte opp til 20% av variansen i eksponeringen. Resultatene ble sammenlignet med tiltaks- og grenseverdiene gitt i Direktiv 2013/35/EU (2013). Det vurderes at grenseverdiene for SMF eksponering overholdes. Derimot overholdes ikke tiltaksverdiene for bevegelsesindusert TvMF. Resultat i denne studien føyer seg med dette inn i rekken av dokumentasjon som understreker at radiografer som arbeider med MR ikke overholder gjeldende lovgivning. Dette understreker viktigheten av arbeidsgivers lovpålagte krav om å tilrettelegge for å holde arbeidstakers eksponering så lav som praktisk mulig. Videre arbeid med å kartlegge determinanter som påvirker MR radiografers eksponering for lavfrekvente EMF vurderes viktig med tanke på å utarbeide dosereduserende tiltak.

## Bibliografi

- Batistatou, E., Molter, A., Kromhout, H., van Tongeren, M., Crozier, S., Schaap, K., . . . de Vocht, F. (2016). Personal exposure to static and time-varying magnetic fields during MRI procedures in clinical practice in the UK. *Occup Environ Med*, *73*(11), 779-786. doi: 10.1136/oemed-2015-103194
- Bonello, J., & Sammut, C. V. (2017). Experimental analysis of radiographer exposure to the static field from a 1.5-T magnetic resonance imaging machine. *Int J Occup Saf Ergon*, *23*(1), 133-138. doi:10.1080/10803548.2016.1216357
- Bongers, S., Slottje, P., Portengen, L., & Kromhout, H. (2016). Exposure to static magnetic fields and risk of accidents among a cohort of workers from a medical imaging device manufacturing facility. *Magn Reson Med*, *75*(5), 2165-2174. doi:10.1002/mrm.25768
- de Vocht, F., van Drooge, H., Engels, H., & Kromhout, H. (2006). Exposure, health complaints and cognitive performance among employees of an MRI scanners manufacturing department. *J Magn Reson Imaging*, *23*(2), 197-204. doi:10.1002/jmri.20485
- Direktiv2013/35/EU. (2013). DIRECTIVE 2013/35/EU OF THE EUROPEAN PARLIAMENT AND OF THE COUNCIL of 26 June 2013 on the minimum health and safety requirements regarding the exposure of workers to the risks arising from physical agents (electromagnetic fields) (20th individual Directive within the meaning of Article 16(1) of Directive 89/391/EEC) and repealing Directive 2004/40/EC. Hentet fra <http://eur-lex.europa.eu/legal-content/EN/TXT/?uri=CELEX:32013L0035>.
- Fatahi, M., Karpowicz, J., Gryz, K., Fattahi, A., Rose, G., & Speck, O. (2017). Evaluation of exposure to (ultra) high static magnetic fields during activities around human MRI scanners. *MAGMA*, *30*(3), 255-264. doi:10.1007/s10334-016-0602-z
- Hansson Mild, K., Hand, J., Hietanen, M., Gowland, P., Karpowicz, J., Keevil, S., . . . Wilen, J. (2013). Exposure classification of MRI workers in epidemiological studies. *Bioelectromagnetics*, *34*(1), 81-84. doi:10.1002/bem.21728
- Hartwig, V., Giovannetti, G., Vanello, N., Lombardi, M., Landini, L., & Simi, S. (2009). Biological effects and safety in magnetic resonance imaging: a review. *Int J Environ Res Public Health*, *6*(6), 1778-1798. doi:10.3390/ijerph6061778

- Huss, A., Schaap, K., & Kromhout, H. (2017). MRI-related magnetic field exposures and risk of commuting accidents - A cross-sectional survey among Dutch imaging technicians. *Environ Res*, *156*, 613-618. doi:10.1016/j.envres.2017.04.022
- IARC. (2018). LIST OF CLASSIFICATIONS, VOLUMES 1–120. Hentet fra [http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/latest\\_classif.php](http://monographs.iarc.fr/ENG/Classification/latest_classif.php)
- ICNIRP. (2009). Guidelines on limits of exposure to static magnetic fields. *Health Phys*, *96*(4), 504-514. doi:10.1097/01.HP.0000343164.27920.4a
- Laakso, I., Kannala, S., & Jokela, K. (2013). Computational dosimetry of induced electric fields during realistic movements in the vicinity of a 3 T MRI scanner. *Phys Med Biol*, *58*(8), 2625-2640. doi:10.1088/0031-9155/58/8/2625
- McRobbie, D. W. (2012). Occupational exposure in MRI. *Br J Radiol*, *85*(1012), 293-312. doi:10.1259/bjr/30146162
- MR skanning. (2018). Hentet 10. mars 2018 fra <https://www.herlevhospital.dk/mr>
- Ogden, T., & Lavoue, J. (2012). Testing compliance with occupational exposure limits: development of the British-Dutch guidance. *J Occup Environ Hyg*, *9*(4), D63-70. doi:10.1080/15459624.2012.663702
- Schaap, K., Christopher-De Vries, Y., Cambron-Goulet, E., & Kromhout, H. (2016). Work-related factors associated with occupational exposure to static magnetic stray fields from MRI scanners. *Magn Reson Med*, *75*(5), 2141-2155. doi:10.1002/mrm.25720
- Schaap, K., Christopher-De Vries, Y., Crozier, S., De Vocht, F., & Kromhout, H. (2014). Exposure to static and time-varying magnetic fields from working in the static magnetic stray fields of MRI scanners: a comprehensive survey in the Netherlands. *Ann Occup Hyg*, *58*(9), 1094-1110. doi:10.1093/annhyg/meu057
- Vincent, R. (2016). Structure and content of the draft standard EN 689. Hentet 15. april 2018 fra [http://treball.gencat.cat/web/.content/09\\_-\\_seguretat\\_i\\_salut\\_laboral/documents/05\\_-\\_promocio\\_i\\_campanyes/Jornades/Arxius/EN\\_689/01.Raymond\\_Vincent\\_EN689\\_Barcelona\\_Nov\\_2016.pdf](http://treball.gencat.cat/web/.content/09_-_seguretat_i_salut_laboral/documents/05_-_promocio_i_campanyes/Jornades/Arxius/EN_689/01.Raymond_Vincent_EN689_Barcelona_Nov_2016.pdf)
- Yamaguchi-Sekino, S., Nakai, T., Imai, S., Izawa, S., & Okuno, T. (2014). Occupational exposure levels of static magnetic field during routine MRI examination in 3T MR system. *Bioelectromagnetics*, *35*(1), 70-75. doi:10.1002/bem.21817



## **Deltagerinformation om deltagelse i et videnskabeligt forsøg**

### **Arbejdsrelateret eksponering for Magnetfelt og Relaterede Sundhedsproblemer hos MR-Radiografer**

Vi vil spørge, om du vil deltage i et videnskabeligt forsøg, der udføres af masterstuderende Marion Lambrechts Berge i samarbejde med Universitet i Bergen.

Før du beslutter om du vil deltage i forsøget, er det vigtigt at du forstår hvad forsøget går ud på, og hvorfor vi gennemfører forsøget. Vi vil derfor bede dig om at læse denne deltagerinformation grundigt igennem.

Hvis du beslutter dig for at deltage i forsøget, vil vi bede dig om at underskrive vedlagte samtykkeerklæring. Husk, at du har ret til betænkningstid, før du beslutter, om du vil underskrive samtykkeerklæringen.

Det er frivilligt at deltage i forsøget. Du kan når som helst og uden at give en grund trække dit samtykke tilbage.

Alt indsamlet data vil blive gemt anonymt, uden navn og personnummer. En personlig kode (løbenummer) knytter dig til dine oplysninger gennem en navneliste som makuleres, når alt data er indhentet. Resultat fra studierne vil kun præsenteres på et gruppeniveau, hvor identificering af enkeltpersoner ikke er muligt.

Projektet er klareret af Regional Komité for Medicinsk Forskningsetik Vest-Norge, De Videnskabetiske Komiteer i Danmark, samt Datatilsynet i Danmark.

#### **Formål med forsøget:**

1. Måle MR-radiografers eksponering for det statiske magnetfelt og bevægelsesinduceret tidsvarierende magnetfelt ved person dosimetri.
2. Kortlægge udbredelsen af akutte sundhedsproblemer ved hjælp af et spørgeskema.
3. Analyse af en eventuel korrelation mellem eksponering og sundhedsproblemer.
4. Udføre en risikoanalyse med udgangspunkt i eksponeringsdata.

#### **Du vil blive bedt om at:**

1. Bære et dosimeter fastgjort med en elastik rundt om brystet i 1 - 2 hele arbejdsdage.
2. Svare på et spørgeskema ved vaktens opstart og slutning i de pågældende dage.  
Estimeret tidsforbrug per arbejdsdag er ca. 20 minutter.

#### **Nytte ved forsøget**

Forsøget vil bidrage med information om MR-radiografers individuelle eksponering for magnetfelt i sine virkelige omgivelser. Det vurderes specielt vigtigt at monitorere dette erhverv, da en stadig stigende arbejdsbelastning, samt et øget brug af kraftige feltstyrker bidrager til stadig højere eksponering. En korrelation mellem sundhedsproblemer og magnetfeltstyrke, eksponeringstid og/eller motion induceret tidvarierende magnetfelt, kan danne et grundlag for forslag til eventuelle interventioner, hvis dette vurderes nødvendigt.

**Adgang til forsøgsresultatet**

Forskningsresultater vil indgå i en masteropgave ved Universitet i Bergen. En mindre rapport vil også blive tilgængelig for ledelse samt arbejdstagernes repræsentant ved afdelingerne som indgår i studiet. Endvidere vil indsamlet data efterfølgende være tilgængeligt for en gruppe forskere ved Universitet Utrecht i Holland, der ønsker at indsamle eksponeringsdata blandt radiografer i Europa. Al data som indgår her, vil selvsagt også være anonymiseret.

Vi håber, at du med denne information har fået tilstrækkeligt indblik i, hvad det vil sige at deltage i forsøget. Hvis du vil vide mere, er du meget velkommen til at tage kontakt både via mail og telefon.

Med venlig hilsen

Marion Lambrechts Berge  
Mastergradstuderende ved Universitet i Bergen  
e-mail: Marion.Lambrechts.Berge@regionh.dk  
telefon: 29899549



**UNIVERSITET I BERGEN**

*Institutt for Global Helse og Samfunnsmedisin*  
Forskningsgruppe for Arbeids- og Miljømedisin

**Informert samtykke til deltagelse i et sundhetsvidenskabeligt forskningsprojekt**

Jeg giver samtykke til at deltage i forskningsprojektet.

Jeg ved at det er frivilligt at deltage, og at jeg altid kan trække mit samtykke tilbage.

Forsøgspersonens navn: \_\_\_\_\_

Dato: \_\_\_\_\_

Underskrift: \_\_\_\_\_

Jeg erklærer, at forsøgspersonen har fået skriftlig information om forsøget.

Efter min overbevisning er der givet tilstrækkelig information til, at der kan træffes beslutning om deltagelse i forsøget.

Dato: \_\_\_\_\_

Underskrift: \_\_\_\_\_

\_\_\_\_\_



## UNIVERSITET I BERGEN

---

*Institutt for Global Helse og Samfunnsmedisin*

Forskningsgruppe for Arbeids- og Miljømedisin

### **Instruktion til spørgeskema**

**Arbejdsrelateret eksponering for Magnetfelt og Relaterede Sundhedsproblemer hos MR-Radiografer**

Det anbefales, at du læser hele spørgeskemaet igennem, før du skriver dine svar.

Spørgeskema er opdelt i to sektioner:

1. Spørgeskema som skal besvares ved arbejdsdagens start.
2. Spørgeskema som skal besvares når arbejdsdagen er slut.

Det er vigtigt at du registrerer klokkeslæt, samt tjekker at løbenummer og dato er rigtigt udfyldt på spørgeskemaets to dele.

Spørgeskemaet kan afleveres til Marion Lambrechts Berge eller lægges i aftalt dueslag ved rum 47.

#### **Kontakt**

Har du spørgsmål er du altid velkommen til at kontakte Marion Lambrechts Berge, som enten er tilgængelig på afdelingen, via mail eller telefon:

E-Mail: [Marion.Lambrechts.Berge@regionh.dk](mailto:Marion.Lambrechts.Berge@regionh.dk)

Telefon: 29899549

Tak for din deltagelse.

#### **Udfyld venligst:**

Navn:

---

Dato:

---

Løbenummer:

---

Rumnummer:

---

Dosimeternummer:

---

---

## Spørgeskema del 1

Udfyldes ved arbejdsdagens start

**Løbenummer:**

**Dato:**

**Tid:** \_\_\_\_ : \_\_\_\_

1. Arbejder du ved en MR-skanner:  Ja  
 Nej → Fortsæt til spørgsmål 5
2. Hvor mange dage per måned (4 uger) arbejder du ved en MR-scanner: \_\_\_\_ dage per måned
3. Hvornår startede du at arbejde ved en MR skanner: \_\_\_\_ / \_\_\_\_ (måned / år)
4. Har du haft perioder hvor du ikke har arbejdet med MR: \_\_\_\_ år \_\_\_\_ måneder
5. Udfyld venligst

Alder: \_\_\_\_\_

Køn: \_\_\_\_\_

Højde: \_\_\_\_\_

Vægt: \_\_\_\_\_

6. Hvordan vurderer du dit eget helbred?  
(Sæt 1 kryds)  
 Meget dårligt  
 Dårligt  
 Godt  
 Meget godt  
 Svært godt
7. Bruger du nikotin regelmæssigt (rygning, spray, tyggegummi, plaster)?  
 Nej  
 Ja → Venligst angiv hvor mange år og omtrentlig mængde per dag: \_\_\_\_\_
8. Hvor mange timer har du sovet i nat: \_\_\_\_ timer
9. Arbejdede du ved en MR scanner i går?  
 Ja  
 Nej → Fortsæt til spørgsmål 11

10. Oplevede du nogle af de symptomer som er nævnt i nedenstående tabel efter **gårsdagens** arbejde?

- Ja → Venligst kryds af i **kolonne A**, for **gårsdagens** symptomer  
 Nej

11. Oplever du nogle af de symptomer som er nævnt i nedenstående tabel på **nuværende tidspunkt**, altså før du starter dit arbejde?

- Ja → Venligst kryds af i **kolonne B**, for symptomer du har på **nuværende tidspunkt**  
 Nej → Første del af spørgeskemaet er færdiggjort

	A. Gårsdagens symptomer	B. Nuværende Symptomer
Tinnitus eller fornemmelse af ringen for ørerne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ørepine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hovedpine	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Koncentrationsproblemer	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Træthed eller søvnighed	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kvalme	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Opkastning	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ufrivillige muskelsammentrækninger	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hjertebanken	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prikkende fornemmelse i kroppen Angiv venligst kropsdel:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Følelse af glødende, brændende eller irriteret hud	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pludselig varmfølelse eller hedeture	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kløende, rindende eller røde øjne	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Synsforstyrrelser i form af sorte pletter eller midlertidigt tab af syn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Synsforstyrrelser i form af lyse pletter eller lysglimt	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sløret eller dobbeltsyn	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Følelse af svimmelhed	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Følelse af ustabilitet i stilstand eller i bevægelse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En metallisk smag i munden	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En udefinerbar lugtfornemmelse	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Andet, angiv venligst:	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

12. Har du nogen idé om hvad der forårsager disse symptomer?

---



---



---

## Spørgeskema del 2

Udfyldes ved arbejdsdagens slut

**Løbenummer:**

**Dato:**

**Tid:** \_\_\_\_:\_\_\_\_

1. Har du arbejdet ved en MR-scanner i dag?

- Nej → Fortsæt til spørgsmål 5  
 Ja

2. Hvilken scanner arbejdede du ved i dag?

Navn/runnummer: \_\_\_\_\_ Feltstyrke: \_\_\_\_\_

3. Følgende tabel handler om antal scanninger du har gennemført alene eller sammen med en kollega i dag.

	Antal
Hvor mange patienter har du scannet?	
Hvor mange forsøgsdyr har du scannet?	
Hvor mange fantomer har du scannet?	

4. Følgende tabel omhandler procedurer som du har gennemført i dag, alene eller i samarbejde med en kollega.

**Rad A.** Angiv antal procedurer du har gennemført eller medvirket til.

**Rad B.** Angiv antal procedurer hvor du gik ind i scannerrummet.

**Rad C.** Angiv antal procedurer hvor du gik ind i scannerrummet under scanningsafvikling.

Procedure	A. Antal gennemførte procedurer	B. Antal procedurer hvor du har været i scannerrummet	C. Antal procedurer gennemført i scannerrummet under scanningsafvikling
Anlagt i.v. adgang			
Administreret kontrast eller anden medicin (eks buscopan)			
Klargjort kontrastpumpe			
Påsat EKG elektroder eller anden monitorering på patient/frivillig			
Blodprøvetagning			
Spytprøvetagning			
Klargjort rum til næste patient (skiftning af coil, rengøring etc.)			
Rengjort scannerrum (gælder kun hvis dette ikke indgår i anden procedure)			
Reparation i scannerrum			
Andet:			



5. Har du brugt rengøringsmidler der har en stærkt kemisk lugt eller damp, såsom produkter der indeholder blegemiddel eller flygtige forbindelser (fx klor) i løbet af denne arbejdsdag?  
 Nej  
 Ja
6. Hvordan vurderer du, at arbejdsbyrden har været i løbet af denne arbejdsdag?  
 Lille  
 Moderat  
 Høj
7. Hvor anstrengende mener du, at denne arbejdsdag har været?  
 Næsten ikke anstrengende  
 Noget anstrengende  
 Meget anstrengende
8. Har du mærket nogle af symptomerne i nedenstående tabel i løbet af arbejdsdagen?  
 Nej → Din besvarelse er nu fuldført  
 Ja → Venligst angiv hvilke symptomer du har oplevet og deres varighed

	Symptomer i løbet af arbejdsdagen	Varighed i minutter				
		<1	<5	<15	<60	>60
Tinnitus eller fornemmelse af ringen for ørerne	<input type="checkbox"/> →	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ørepine	<input type="checkbox"/> →	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hovedpine	<input type="checkbox"/> →	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Koncentrationsproblemer	<input type="checkbox"/> →	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Træthed eller søvnighed	<input type="checkbox"/> →	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kvalme	<input type="checkbox"/> →	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Opkastning	<input type="checkbox"/> →	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Ufrivillige muskelsammentrækninger	<input type="checkbox"/> →	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Hjertebanken	<input type="checkbox"/> →	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Prikkende fornemmelse i kroppen, angiv kropsdel:	<input type="checkbox"/> →	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Følelse af glødende, brændende eller irriteret hud	<input type="checkbox"/> →	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Pludselig varmfølelse eller hedeture	<input type="checkbox"/> →	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Kløende, rindende eller røde øjne	<input type="checkbox"/> →	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Synsforstyrrelser i form af sorte pletter eller et midlertidigt tab af syn	<input type="checkbox"/> →	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Synsforstyrrelser i form af lyse pletter eller blink	<input type="checkbox"/> →	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Sløret eller dobbeltsyn	<input type="checkbox"/> →	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Følelse af svimmelhed	<input type="checkbox"/> →	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Følelse af ustabilitet i stilstand eller i bevægelse	<input type="checkbox"/> →	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En metallisk smag	<input type="checkbox"/> →	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
En udefinerbar lugtfornemmelse	<input type="checkbox"/> →	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>
Andet, angiv venligst:	<input type="checkbox"/> →	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>	<input type="checkbox"/>

9. Har du nogen idé om hvad der forårsagede disse symptomer?

---

---

---

10. Har du følt, at en eller flere af disse symptomer har påvirket dine arbejdsaktiviteter på nogen måde?

- Nej  
 Ja → Ved hvilke af de ovennævnte symptomer var dit arbejde påvirket af, og på hvilke måde?

---

---

---

Tak for at du tog dig tid til at besvare spørgeskemaet.

Du kan aflevere spørgeskemaet til Marion Lambrechts Berge eller ved aftalt dueslag ved rum 47.

**Venligst kontroller at dit løbenummer, dato og tidspunkt er korrekt anført på spørgeskemaets to dele.**

Version 1. 2015



Marion Lambrechts Berge  
Radiograf, Student ved UIB  
3023/DIA/Radiologi  
Rigshospitalet

Sendt til:

Godkendelsesmyndighed:  
Region Hovedstaden, IMT  
Borgervænget 7  
2100 København Ø

Dataansvarlig myndighed:  
Region Hovedstaden  
Kongens Vænge 2  
3400 Hillerød

## Tilladelse

### Vedrørende anmeldelse af: "Arbejdsrelateret eksponering for Magnetfelt og Relaterede Sundhedsproblemer hos MR-Radiografer"

Ovennævnte projekt er den 13. april 2015 anmeldt i henhold til paraplyanmeldelsesordningen mellem Region Hovedstaden og Datatilsynet.

Tilladelsen er givet af Ulla Terese Kræmer, Juridisk enhed, personaleafdelingen

Det fremgår af anmeldelsen, at du er projektansvarlig for projektets data. Behandlingen af oplysningerne ønskes påbegyndt den 30. marts 2015 og forventes at ophøre den 1. maj 2017.

Din anmeldelse af databehandling med titlen "Arbejdsrelateret eksponering for Magnetfelt og Relaterede Sundhedsproblemer hos MR-Radiografer" er nu godkendt og anmeldt under Region Hovedstadens paraplyanmeldelse for sundhedsvidenskabelig forskning med j.nr.: 2012-58-0004.

Dit lokale j.nr. under Region Hovedstadens paraplyanmeldelse er: RH-2015-11 med I-Suite nr.: 03631 og det skal anvendes ved forespørgsler, ændringer eller ansøgning om forlængelse af dit projekt.

(Der skal ske behandling af oplysninger ved følgende databehandler: Ole Jacob, Møller løkken, Førsteamanuensis, Universitet i Bergen, Institutt for global helse og samfunnsmedisin

Hjemmel til data er givet gennem: **Patientsamtykke**

Denne tilladelse er alene en tilladelse til at behandle personoplysninger i forbindelse med projektets gennemførelse. Tilladelsen indebærer således ikke en forpligtelse for myndigheder, virksomheder m.v. til at udlevere eventuelle oplysninger til dig til brug for projektet.

## Tilladelse

Du har hermed tilladelse til opbevaring af data på følgende vilkår:



Tilladelsen gælder indtil: 1. maj 2017.

Hvis du ikke inden denne dato har fået tilladelsen forlænget, går Region Hovedstaden ud fra, at projektet er afsluttet, og at oplysningerne er enten slettet, anonymiseret, tilintetgjort eller overført til arkiv.

*Du skal være opmærksom på, at al databehandling, også passiv opbevaring, af personoplysninger efter tilladelsens udløb er en overtrædelse af denne tilladelse.*

#### **Ændringer i projektet**

Væsentlige ændringer som eksempel, at dit projekt:

- ikke bliver afsluttet til den planlagt tid
- afsluttes før tid
- får tilknyttet eksterne databehandlere
- får tilføjet andet personhenførbare data

skal anmeldes til den lokale kontaktperson for dataanmeldelser. Husk at opgive dit lokale journalnummer og I-Suite nr, jf. øverst i mailen.

#### **Elektroniske oplysninger - krav til sikkerhed:**

Identifikationsoplysninger skal krypteres eller erstattes af et kodenummer eller lignede. Alternativt kan alle oplysninger lagres krypteret. Krypteringsnøglen, kodenøglen m.v. skal opbevares forsvarligt og adskilt fra personoplysningerne.

Vær opmærksom på at krypterede eller kodede data kun er pseudoanonymiseret data. Data er først anonymiseret, når det ikke længere er muligt at anvende den til at identificere konkrete individer - hverken på menneskelig, teknisk eller anden vis.

Adgang til projektdata må kun finde sted ved benyttelse af et fortroligt password.

Ved overførsel af personhenførbare oplysninger via internet eller andet eksternt netværk skal der træffes de fornødne sikkerhedsforanstaltninger mod, at oplysningerne kommer til uvedkommendes kendskab. Oplysningerne skal som minimum være krypteret under hele transmissionen. Ved anvendelse af interne net skal det sikres, at uvedkommende ikke kan få adgang til oplysningerne.

Oplysningerne må ikke opbevares på en bærbar computer. Til brug for midlertidig opbevaring af data kan projektet få en krypteret usb-nøgle fra CIMT, hvor du kan have dine oplysninger.

Databaser må ikke opbevares på et personligt drev, typisk et H:\ drev.

Udtagelige lagringsmedier, sikkerhedskopier af data m.v. skal opbevares forsvarligt aflåst og således, at uvedkommende ikke kan få adgang til oplysningerne.

Version 1. 2015



Endvidere henvises der til reglerne i Sikkerhedsbekendtgørelsen BEK. nr. 528 som alle offentlige myndigheder skal overholde.

Link til sikkerhedsbekendtgørelsen: <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=1002>

Version 1. 2015



Marion Lambrechts Berge  
Radiograf, Student ved UIB  
3023/DIA/Radiologi  
Rigshospitalet

Sendt til:

Godkendelsesmyndighed:  
Region Hovedstaden, IMT  
Borgervænget 7  
2100 København Ø

Dataansvarlig myndighed:  
Region Hovedstaden  
Kongens Vænge 2  
3400 Hillerød

## Tilladelse

### Vedrørende anmeldelse af: "Arbejdsrelateret eksponering for Magnetfelt og Relaterede Sundhedsproblemer hos MR-Radiografer"

Ovennævnte projekt er den 13. april 2015 anmeldt i henhold til paraplyanmeldelsesordningen mellem Region Hovedstaden og Datatilsynet.

Tilladelsen er givet af Ulla Terese Kræmer, Juridisk enhed, personaleafdelingen

Det fremgår af anmeldelsen, at du er projektansvarlig for projektets data. Behandlingen af oplysningerne ønskes påbegyndt den 30. marts 2015 og forventes at ophøre den 1. maj 2017. **01.05.2017 ændres til 01.05.2018, Ændring godkendt, Kirsten Ingrid Lindeblad, Jur.Enhed, Rigshospitalet.**

Din anmeldelse af databehandling med titlen "Arbejdsrelateret eksponering for Magnetfelt og Relaterede Sundhedsproblemer hos MR-Radiografer" er nu godkendt og anmeldt under Region Hovedstadens paraplyanmeldelse for sundhedsvidenskabelig forskning med j.nr.: 2012-58-0004.

**Dit lokale j.nr. under Region Hovedstadens paraplyanmeldelse er: RH-2015-11 med I-Suite nr.: 03631 og det skal anvendes ved forespørgsler, ændringer eller ansøgning om forlængelse af dit projekt.**

(Der skal ske behandling af oplysninger ved følgende databehandler: Ole Jacob, Møller løkken, Førsteamanuensis, Universitet i Bergen, Institutt for global helse og samfunnsmedisin

Hjemmel til data er givet gennem: **Patientsamtykke**

Denne tilladelse er alene en tilladelse til at behandle personoplysninger i forbindelse med projektets gennemførelse. Tilladelsen indebærer således ikke en forpligtelse for myndigheder, virksomheder m.v. til at udlevere eventuelle oplysninger til dig til brug for projektet.

Tilladelse

Version 1. 2015



Du har hermed tilladelse til opbevaring af data på følgende vilkår:

Tilladelsen gælder indtil: 1. maj 2017. **01.05.2017 ændres til 01.05.2018**

Hvis du ikke inden denne dato har fået tilladelsen forlænget, går Region Hovedstaden ud fra, at projektet er afsluttet, og at oplysningerne er enten slettet, anonymiseret, tilintetgjort eller overført til arkiv.

*Du skal være opmærksom på, at al databehandling, også passiv opbevaring, af personoplysninger efter tilladelsens udløb er en overtrædelse af denne tilladelse.*

#### **Ændringer i projektet**

Væsentlige ændringer som eksempel, at dit projekt:

- ikke bliver afsluttet til den planlagt tid
- afsluttes før tid
- får tilknyttet eksterne databehandlere
- får tilføjjet andet personhenførbare data

skal anmeldes til den lokale kontaktperson for dataanmeldelser. Husk at opgive dit lokale journalnummer og I-Suite nr, jf. øverst i mailen.

#### **Elektroniske oplysninger - krav til sikkerhed:**

Identifikationsoplysninger skal krypteres eller erstattes af et kodenummer eller lignede. Alternativt kan alle oplysninger lagres krypteret. Krypteringsnøglen, kodenøglen m.v. skal opbevares forsvarligt og adskilt fra personoplysningerne.

Vær opmærksom på at krypterede eller kodede data kun er pseudoanonymiseret data. Data er først anonymiseret, når det ikke længere er muligt at anvende den til at identificere konkrete individer - hverken på menneskelig, teknisk eller anden vis.

Adgang til projektdata må kun finde sted ved benyttelse af et fortroligt password.

Ved overførsel af personhenførbare oplysninger via internet eller andet eksternt netværk skal der træffes de fornødne sikkerhedsforanstaltninger mod, at oplysningerne kommer til uvedkommendes kendskab. Oplysningerne skal som minimum være krypteret under hele transmissionen. Ved anvendelse af interne net skal det sikres, at uvedkommende ikke kan få adgang til oplysningerne.

Oplysningerne må ikke opbevares på en bærbar computer.  
Til brug for midlertidig opbevaring af data kan projektet få en krypteret usb-nøgle fra CIMT, hvor du kan have dine oplysninger.

Databaser må ikke opbevares på et personligt drev, typisk et H:\ drev.

Udtagelige lagringsmedier, sikkerhedskopier af data m.v. skal opbevares forsvarligt aflåst og således, at uvedkommende ikke kan få adgang til oplysningerne.

Version 1. 2015



Endvidere henvises der til reglerne i Sikkerhedsbekendtgørelsen BEK. nr. 528 som alle offentlige myndigheder skal overholde.

Link til sikkerhedsbekendtgørelsen: <https://www.retsinformation.dk/Forms/R0710.aspx?id=1002>



## Vedlegg 6



<b>Region:</b> REK sør-øst	<b>Saksbehandler:</b> Silje U. Lauvrak	<b>Telefon:</b> 22845520	<b>Vår dato:</b> 06.02.2015	<b>Vår referanse:</b> 2014/2196 REK sør-øst D
			<b>Deres dato:</b> 09.12.2014	<b>Deres referanse:</b>

Vår referanse må oppgis ved alle henvendelser

Ole Jacob Møllerløkken  
Institutt for Global helse og Samfunnsmedisin  
Universitetet i Bergen

### 2014/2196 YRKESEKSPONERING FOR MAGNETFELT OG RELATERTE HELSEPLAGER HOS MR-RADIOGRAFER

**Forskningsansvarlig:** Universitetet i Bergen, Institutt for Global helse og Samfunnsmedisin  
**Prosjektleder:** Ole Jacob Møllerløkken

Vi viser til søknad om forhåndsgodkjenning av ovennevnte forskningsprosjekt. Søknaden ble behandlet av Regional komité for medisinsk og helsefaglig forskningsetikk (REK sør-øst) i møtet 14.01.2015. Vurderingen er gjort med hjemmel i helseforskningsloven (hfl.) § 10, jf. forskningsetikkloven § 4.

#### **Prosjektleders prosjektbeskrivelse**

*Formål • Måle MR-radiografers eksponering for statiske magnetfelt og bevegelsesindusert tidsvarierende magnetfelt ved et dosimeter. • Sammenligne måleresultat med grenseverdiene gitt i Direktiv 2013/35/EU. • Kartlegge utbredelsen av akutte helseplager ved hjelp av et spørreskjema. • Analysere for en eventuell korrelasjon mellom eksponering og helseplager. Materiale og metode 50 eksponerte og 50 kontroller inngår i studiepopulasjonen som er sammensatt av både kvinner og menn. Kontrollene arbeider ved CT-skannere og de eksponerte ved MR-skannere på 1T, 1.5T og 3T. Samtlige ansatt ved sykehus i Københavns området. Kvantitative data innsamles og SPSS benyttes for statistiske analyser. Nytteverdi Det vurderes viktig å overvåke MR-radiografer da stadig høyere arbeidsbelastning samt økt bruk av høyere magnetfeltstyrker bidrar til økt eksponering for magnetfelt. Studien kan danne et grunnlag for forslag til eventuelle intervensjoner hvis dette vurderes nødvendig.*

#### **Vurdering**

Komiteen har vurdert søknaden og har ingen innvendinger til at studien gjennomføres som beskrevet i søknad og protokoll.

#### **Vedtak**

Med hjemmel i helseforskningsloven § 9 jf. 33 godkjenner komiteen at prosjektet gjennomføres.

Godkjenningen er gitt under forutsetning av at prosjektet gjennomføres slik det er beskrevet i søknad og protokoll, og de bestemmelser som følger av helseforskningsloven med forskrifter.

Tillatelsen gjelder til 30.06.2016. Av dokumentasjonshensyn skal opplysningene likevel bevares inntil 30.06.2021. Forskningsfilen skal oppbevares aidentifisert, dvs. atskilt i en nøkkel- og en opplysningsfil. Opplysningene skal deretter slettes eller anonymiseres, senest innen et halvt år fra denne dato.

Forskningsprosjektets data skal oppbevares forsvarlig, se personopplysningsforskriften kapittel 2, og

Helsedirektoratets veileder for «Personvern og informasjonssikkerhet i forskningsprosjekter innenfor helse og omsorgssektoren».

Dersom det skal gjøres vesentlige endringer i prosjektet i forhold til de opplysninger som er gitt i søknaden, må prosjektleder sende endringsmelding til REK.

Prosjektet skal sende sluttmelding på eget skjema, senest et halvt år etter prosjektslutt.

*Klageadgang*

REKs vedtak kan påklages, jf. forvaltningslovens § 28 flg. Klagen sendes til REK sør-øst D. Klagefristen er tre uker fra du mottar dette brevet. Dersom vedtaket opprettholdes av REK sør-øst D, sendes klagen videre til Den nasjonale forskningsetiske komité for medisin og helsefag for endelig vurdering.

Vi ber om at alle henvendelser sendes inn på korrekt skjema via vår saksportal: <http://helseforskning.etikkom.no>. Dersom det ikke finnes passende skjema kan henvendelsen rettes på e-post til: [post@helseforskning.etikkom.no](mailto:post@helseforskning.etikkom.no).

Vennligst oppgi vårt referansenummer i korrespondansen.

Med vennlig hilsen

Finn Wisløff  
Professor em. dr. med.  
Leder

Silje U. Lauvrak  
Rådgiver

**Kopi til:** Universitetet i Bergen ved øverste administrative ledelse: [post@uib.no](mailto:post@uib.no)



Marion Lambrechts Berge  
Radiograf, Radiologisk Klinik  
Rigshospitalet

**Center for Sundhed**

De Videnskabetiske Komiteer

Regionsgården  
Kongens Vænge 2  
3400 Hillerød

**Opgang** B+D  
**Telefon** 3866 6395  
**Direkte** 38 66 63 23  
**Mail** vek@regionh.dk

EAN-nr: 5798001555203  
Bank: 31003100142287

Protokol nr.: 14013268

Ref.: Julie Dahl Larsen

Dato: 5. december 2014

**Arbejdsrelateret eksponering for Magnetfelt og Relaterede Sundhedsproblemer  
hos MR-Radiografer**

Du har ved mail af 24. november 2014 spurgt, om ovennævnte projekt skal anmeldes til det videnskabetiske komitesystem.

Komiteen har vurderet, at der ikke er tale om et sundhedsvidenskabeligt forskningsprojekt som dette er defineret i komitélovens § 2,<sup>1</sup>, da der dels er tale om en sundhedsvidenskabelig intervention af så lille en størrelsesorden dels er der tale en spørgeskemaundersøgelse.

Projektet er derfor ikke anmeldelsespligtigt, jf. komitélovens § 1, stk. 4 og kan iværksættes uden tilfaldelse fra De Videnskabetiske Komiteer for Region Hovedstaden.

I Danmark har det videnskabetiske komitesystem til opgave at vurdere sundhedsvidenskabelige forskningsprojekter.

Registerforskningsprojekter, interviewundersøgelser og spørgeskemaundersøgelser skal kun anmeldes, hvis der indgår menneskeligt biologisk materiale i projektet.

Der ligger således ikke i afvisningen af at bedømme projektet nogen etisk stillingtagen eller negativ vurdering af dets indhold.

Vi gør opmærksom på, at Sundhedsstyrelsen i visse tilfælde skal godkende videregivelse af oplysninger fra patientjournaler. Nærmere oplysning kan findes på Sundhedsstyrelsens hjemmeside.

Behandling af personhenførbare oplysninger er omfattet af persondataloven. Nærmere oplysning herom findes på Datatilsynets hjemmeside.

---

<sup>1</sup> Lov nr. 593 af 14. juni 2011 om videnskabetisk behandling af sundhedsvidenskabelige forskningsprojekter med senere ændring.

Klagevejledning:

Komitéens afgørelse kan, jf. komitélovens § 26, stk. 1, indbringes for Den Nationale Videnskabsetiske Komité, senest 30 dage efter afgørelsen er modtaget. Den Nationale Videnskabsetiske Komité kan, af hensyn til sikring af forsøgspersonernes rettigheder, behandle elementer af projektet, som ikke er omfattet af selve klagen.

Klagen skal indbringes elektronisk og ved brug af digital signatur og kryptering, hvis protokollen indeholder fortrolige oplysninger.

Dette kan ske på adressen: [dketik@dketik.dk](mailto:dketik@dketik.dk)

Klagen skal begrundes og være vedlagt kopi af Den Regionale Videnskabsetiske Komités afgørelse samt de sagsakter, som Den Regionale Videnskabsetiske Komité har truffet afgørelse på grundlag af.

Med venlig hilsen

De Videnskabsetiske Komiteer



Julie Dahl Larsen

Juridisk konsulent

## Vedlegg 8

### Protokoll for datasamling

#### Kontor - Morgen

1. Aktiver dosimeter - minst 1 time før målingene starter for å minimere drift
  1. Start MrDose
  2. Plug i dosimeter
  3. Sjekk batteristatus - må være minimum 80%
  4. Reset dosimeter klokken
  5. Trykk «Read ID»
  6. Trykk «Change ID»
    1. Location ID: MRRH / CTRH / MRHH
    2. User ID: Dosimeternummer + DDMM
  7. Trykk «Set ID»
  8. Aktiver «Static Mode»
  9. Plug ut dosimeter
  10. Sjekk at det blå lys blinker
  11. Registrer tidspunkt på sampling skjema
  12. Gjenta for alle dosimeter

#### Sykehus - Morgen

1. Samle inn samtykkeskjema, tildel løpenummer
2. Registrer løpenummer, dosimeternummer, dato og tidspunkt på spørreskjema og sampling skjema
3. Del ut spørreskjema og dosimeter

#### Sykehus - Ettermiddag

1. Samle inn dosimeter og spørreskjema
  1. Registrer tidspunkt på samplingskjema og spørreskjema
  2. Evt hjelp med utfylling av spørreskjema
2. Stopp dosimeter
  1. Åpne MrDose
  2. Plugg i dosimeter
  3. Trykk på «Disable logging»
  4. Plugg ut dosimeter
  5. Sjekk at det blå lyset ikke blinker mere
  6. Fortsett med neste dosimeter (nå er disable logging aktivert, så du behøver bare å plugge dosimeteret i, vente i 5 sekunder!, så plugge det ut)

#### Kontor - Ettermiddag/kveld

1. Anonymiserte spørreskjema låses inn i skapet
2. Nedlastning av data
  1. Åpne MrDose
  2. Download Data
  3. Sjekk at data lagres riktig sted (MRRH / CTMR / MRHH)
  4. Tildel riktig filnavn : løpenummer.dosimeternummer.dato.lokalisasjon
  5. Visuell sjekk av data - er tidspunkt og dato riktig? Ser filen ut som den pleier?
  6. Ta backup
  7. Lad dosimeter
3. Rengjøring
  1. Vask dosimeter - alkohol / klor (hver dag)
  2. Vask dosimeter-seler - alkohol / vaskemaskin (vaskemaskin i helgene eller ved behov)
3. Utrekninger
  1. Åpne fil i LabChart
  2. Forandre tid til «time of day»
  3. Finn mean og peak SMF
  4. Finn mean og peak TvMF
    1. Marker ønsket tidsrom for de tre aktuelle X,Z og Y retninger
    2. Lim inn i formelfeltet: « $B=\sqrt{Bx^2+By^2+Bz^2}$ » eller « $dB/dt=\sqrt{(dB/dtx^2+dB/dty^2+dB/dtz^2)}$ »
    3. Les av mean og peak og noter og lagre det i resultater

Vedlegg 9

<b>Gjennomsnittlig eksponeringsnivå for SMF (mT) hos ulike grupper: Sykehus A+B, Sykehus A og Sykehus B fordelt på ulike feltstyrker</b>						
		<b>N obs</b>	<b>N pers</b>	<b>AM</b>	<b>GM</b>	<b>Range</b>
Sykehus A+B	1-3 T	79	42	41	40	29 – 57
	1 T	7	5	39	38	31 – 47
	1.5 T	45	31	41	40	29 – 57
	3 T	23	18	42	41	32 – 54
	1.5T + 3T	4	3	39	38	31 – 50
Sykehus A	1-3 T	48	26	41	41	29 - 57
	1.5 T	33	22	41	40	29 - 57
	3 T	12	10	42	42	33 - 54
	1.5T + 3T	3	3	41	42	33 - 50
Sykehus B	1-3 T	31	16	40	39	29 - 55
	1 T	7	5	39	38	31 -47
	1.5 T	12	9	40	39	29 - 55
	3 T	11	8	41	41	32 - 50
	1.5T + 3T	1	1	31	31	31

**Peak eksponering for SMF (mT) hos ulike grupper: Sykehus A+B,  
Sykehus A og Sykehus B fordelt på ulike feltstyrker**

		<b>N obs</b>	<b>N pers</b>	<b>AM</b>	<b>GM</b>	<b>Range</b>
Sykehus A+B	1 - 3T	79	42	616	566	170 – 2020
	1 T	7	5	622	598	377 – 863
	1.5 T	45	31	573	523	170 – 1218
	3 T	23	18	677	627	379 – 2020
	1.5 T + 3T	4	3	741	709	478 – 1091
Sykehus A	1 - 3T	48	26	667	617	290 - 2020
	1.5 T	33	22	608	567	290 - 1218
	3 T	12	10	787	727	575 - 2020
	1.5 T + 3T	3	3	829	809	663 - 1091
Sykehus B	1 - 3T	31	16	537	496	170 - 1046
	1 T	7	5	622	598	377 - 863
	1.5 T	12	9	475	418	170 - 1046
	3 T	11	8	557	534	379 - 961
	1.5 T + 3T	1	1	478	478	478

**Gjennomsnittlig eksponering for TvMF (mTs<sup>-1</sup>) hos ulike grupper: Sykehus A+B, Sykehus A og Sykehus B fordelt på ulike feltstyrker**

		<b>N obs</b>	<b>N pers</b>	<b>AM</b>	<b>GM</b>	<b>Range</b>
Sykehus A+B	1 - 3 T	79	42	15	15	12 - 18
	1 T	7	5	15	15	13 - 16
	1.5 T	45	31	15	15	13 - 18
	3 T	23	18	15	15	12 - 18
	1.5 T + 3T	4	3	15	15	14 - 17
Sykehus A	1 - 3 T	48	26	15	15	12 - 18
	1.5 T	33	22	15	15	13 - 18
	3 T	12	10	15	15	12 - 18
	1.5 T + 3T	3	3	16	16	15 - 17
Sykehus B	1 - 3 T	31	16	14	14	13 - 18
	1 T	7	5	15	15	13 - 16
	1.5 T	12	9	14	14	13 - 15
	3 T	11	8	15	15	13 - 18
	1.5 T + 3T	1	1	14	14	14



**Peak eksponering for TvMF (mTs<sup>-1</sup>) hos ulike grupper: Sykehus A+B, Sykehus A og Sykehus B fordelt på ulike feltstyrker**

		<b>N obs</b>	<b>N pers</b>	<b>AM</b>	<b>GM</b>	<b>Range</b>
Sykehus A+B	1 - 3T	79	42	1188	1028	330 - 5672
	1 T	7	5	1977	1605	910 - 5672
	1.5 T	45	31	985	886	330 - 1943
	3 T	23	18	1213	1102	631 - 3437
	1.5 T + 3T	4	3	1955	1698	1038 - 3924
Sykehus A	1 - 3T	48	26	1202	1057	407 - 3924
	1.5 T	33	22	1075	975	408 - 1943
	3 T	12	10	1287	1129	724 - 3437
	1.5 T + 3T	3	3	2261	2000	1357 - 3924
Sykehus B	1 - 3T	31	16	1167	985	330 - 5672
	1 T	7	5	1977	1605	910 - 5672
	1.5 T	12	9	736	682	330 - 1219
	3 T	11	8	1133	1073	631 - 2106
	1.5 T + 3T	1	1	1038	1038	1038