

# Yrkeseksponering i Norge

Ioniserende stråling  
Ikke-ioniserende stråling



*Referanse:*

Sekse Tonje, Paulsen Gudrun Uthaug, Hannevik Merete, Strand Terje, Tynes Tore, Christensen Terje, Widmark Anders. Yrkeseksponering i Norge. Ioniserende stråling. Ikke-ioniserende stråling. Strålevern Rapport 2005:15. Østerås: Statens strålevern, 2005. Språk: norsk.

*Emneord:*

Stråleeksponering, overvåkingsresultater, målemetoder, yrkeseksponering, ioniserende stråling, ikke-ioniserende stråling.

*Resymé:*

Stråleeksponering av arbeidstakere i Norge som eksponeres for ioniserende og ikke-ioniserende stråling. Rapporten gir en oversikt over mulige kilder for eksponering og eventuelle overvåkingsresultater.

*Reference:*

Sekse Tonje, Paulsen Gudrun Uthaug, Hannevik Merete, Strand Terje, Tynes Tore, Christensen Terje, Widmark Anders. Radiation exposure of workers in Norway. Strålevern Rapport 2005:15. Østerås: Norwegian Radiation Protection Authority, 2005. Language: Norwegian.

*Key words:*

Radiation exposure, monitoring of radiation, occupational exposure, ionizing radiation, non-ionizing radiation.

*Abstract:*

*Radiation exposure of workers in Norway. The report gives an overview of occupational exposure from ionizing- and non-ionizing radiation.*

Prosjektleder: Ole Reistad

Godkjent:



Ole Harbitz, direktør, Statens strålevern.

47 sider.

Publisert 2005-15-11.

Opplag 500 (05-11).

Form, omslag: Lobo Media AS, Oslo.

Trykk: Lobo Media AS, Oslo.

*Bestilles fra:*

Statens strålevern, Postboks 55, 1332 Østerås.

Telefon 67 16 25 00, telefaks 67 14 74 07.

E-post: nrpa@nrpa.no, www.nrpa.no

ISSN 0804-4910

# Yrkeseksponering i Norge

**Ioniserende stråling**

**Ikke-ioniserende stråling**

Statens strålevern  
Norwegian Radiation  
Protection Authority  
Østerås, 2005



## Forord

Statens strålevern har som en av sine hovedoppgaver som tilsynsmyndighet og nasjonalt kompetanseorgan å overvåke og føre tilsyn med yrkeseksponerte og arbeidsmiljøer med ulike typer stråling. For å gi et samlende perspektiv på dette arbeidet samt grunnlag for styrket oppfølging, prioritering og kommunikasjon med aktuelle yrkesgrupper, har Strålevernet i denne rapporten samlet data for eksponering og doser fra forskjellige typer stråling til ulike typer arbeidstakere. Rapporten oppsummerer således vurderinger gjort over lang tid sammen med presentasjon av oppdaterte eksponeringsdata. Strålevernet vil komme med jevnlige oppdateringer av denne rapporten.

Rapporten kan sees på som en oppfølging av strålevernsløven (2000) med tilhørende forskrift (2003). Denne forskriften tar for seg både tradisjonelle fagområder, som for eksempel bruk av røntgen som har vært et viktig hjelpemiddel i mange år, og nye fagområder som elektromagnetiske felt og lys. Gjennom å inkludere alle typer stråling under Strålevernets mandat i én rapport, skal strålebrukere og andre interesserte få et bedre perspektiv på ulike typer overvåking av yrkesrelatert eksponering og doser. Strålevernets forskriften stiller krav til årlig rapportering av doser til Statens strålevern, som igjen vil være grunnlag for et nasjonalt doseregister i Norge. Denne rapporten er første ledd i en slik prosess med systematisk rapportering, og et grunnlag for bedret oppfølging av norske arbeidstakere både i Norge og utlandet.



## Sammendrag

Rapporten gir en oversikt over eksponering til norske arbeidstakere fra ioniserende stråling, både kunstige og naturlige strålekilder, og ikke-ioniserende stråling. Rapporten tar for seg ulike begreper om stråling, krav til overvåking av arbeidstakere og gir en oversikt over dosegrenser og anbefalte grenseverdier.

Arbeidstakere som jobber med ioniserende stråling innen medisin, forskning, industri og nukleær industri bærer persondosimetre som måler den individuelle dosen fra stråleeksponering. De rapporterte og estimerte stråledosene er sammenlignet med internasjonale dosedata gitt ut av FNs vitenskapelige komité for strålingseffekter (UNSCEAR). Det er godt samsvar mellom doser til norske arbeidstakere og doser rapportert til UNSCEAR.

Arbeidstakere som eksponeres for naturlig ioniserende stråling som radon, kosmisk stråling og håndtering av lavradioaktivt avfall, bærer normalt ikke persondosimetre, men kan ved behov få estimert persondosen. For ikke-ioniserende stråling er det ingen overvåking av eksponering. Det gis en oversikt over arbeidstakere som kan eksponeres for optisk stråling og elektromagnetiske felt i sitt arbeide. Aktuell eksponering er diskutert i forhold til anbefalte grenseverdier fra den internasjonale kommisjonen for beskyttelse mot ikke-ioniserende stråling (ICNIRP). Overskridelser av grenseverdier kan forekomme ved eksponering over kortere eller lengre tidsrom, men skjer som oftest unntaksvis.





## Liste med forkortelser

ALARA	As Low As Reasonably Achievable
CIE	Commission Internationale de l'éclairage
CT	Computed tomografi
DECT	Digital Enhanced Cordless Telecommunication
ESOREX	European Study On Occupational Radiation Exposure
IFE	Institutt for energiteknikk
ICNIRP	International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection (den internasjonale kommisjonen for beskyttelse mot ikke-ioniserende stråling)
ICRP	International Commission on Radiation Protection (den internasjonale stråleverniskommisjonen)
IR	Infrarød stråling
ISO	International Organization for Standardization
LRA	Lavradioaktivt avfall
MRI	Magnetisk resonans tomografi
NRPA	Norwegian Radiation Protection Authority (Statens strålevern)
RF	Radiofrekvente felt
SAR	Spesifikk absorpsjonsrate
TE-NORM	Teknologisk oppkonsentrert naturlig forekommende radioaktivitet
TLD	Termoluminescence dosimeter
UNSCEAR	United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiation
UV	Ultrafiolett stråling
WLAN	Wireless Local Area Networks



# Innholdsfortegnelse

<b>1</b>	<b>Innledning</b> .....	<b>11</b>
1.1	Ioniserende versus ikke-ioniserende stråling.....	11
<b>2</b>	<b>Yrkeseksponering for ioniserende stråling</b> .....	<b>13</b>
2.1	Kunstige versus naturlige strålekilder.....	13
2.2	Grunnleggende begreper.....	14
2.2.1	<i>Stråledose</i> .....	14
2.3	Måling og estimering av persondoser.....	15
2.4	Krav om doseovervåkning og grenseverdier.....	16
2.4.1	<i>Dosepass og nasjonalt doseregister</i> .....	18
2.5	Overvåkingsresultater – kunstige strålekilder.....	19
2.5.1	<i>Persondoser</i> .....	20
2.5.2	<i>Ekstremitetsmålinger</i> .....	24
2.5.3	<i>Doseutvikling 2000–2004</i> .....	25
2.6	Overvåkingsresultater – naturlige strålekilder.....	26
<b>3</b>	<b>Yrkeseksponering for ikke-ioniserende stråling</b> .....	<b>30</b>
3.1	Grunnleggende begreper.....	30
3.2	Eksponeeringsgrenser.....	31
3.3	Eksponeering for ikke-ioniserende stråling.....	31
3.3.1	<i>Optisk stråling</i> .....	31
3.3.2	<i>Elektromagnetiske felt – lavfrekvente felt og statiske magnetfelt</i> .....	33
3.3.3	<i>Elektromagnetiske felt – radiofrekvente felt</i> .....	38
<b>4</b>	<b>Oppsummering og diskusjon</b> .....	<b>43</b>
4.1	Ioniserende stråling.....	43
4.2	Ikke-ioniserende stråling.....	44
<b>5</b>	<b>Referanser</b> .....	<b>45</b>



# 1 Innledning

Denne rapporten gir en oversikt over doser til yrkeseksponerte i Norge. Det har opp gjennom årene vært mest fokus på stråledoser fra blant annet forskningsreaktorer, samt medisinsk og industriell bruk. Etterhvert har fokuset utvidet seg til også å gjelde stråledoser fra naturlig stråling som radongass, kosmisk stråling og andre typer ekstern bakgrunnstråling. I tillegg er det blitt mer interesse for ikke-ioniserende stråling som ultrafiolett stråling (UV), og elektriske og magnetiske felt. I denne rapporten vil det bli gitt en oversikt over på hvilken måte stråling kan være tilstede i arbeidsmiljøet, dosegrenser og resultater fra den doseovervåkningen som utføres i Norge.

Rapporten er delt i to hoveddeler, ioniserende stråling og ikke-ioniserende stråling, i første rekke etter hvilken primæreffekt den aktuelle strålingen har på materialet strålingen passerer gjennom. Mens ioniserende stråling omfatter stråling fra radioaktivt stoff, røntgenstråling og partikkelstråling, omfatter ikke-ioniserende stråling blant annet optisk stråling, UV, radiofrekvent stråling, elektriske og magnetiske felt og ultralyd. Siden stråling for mange er noe ukjent, vil denne rapporten også ta for seg definisjonen av ulike typer stråling. Deretter vil de ulike dosegrensene bli diskutert i tillegg til spesielle forhold, som blant annet hva man bør foreta seg ved registrering av høye doser. Overvåkingsresultater vil bli presentert og diskutert, også i forhold til tilsvarende data fra andre land.

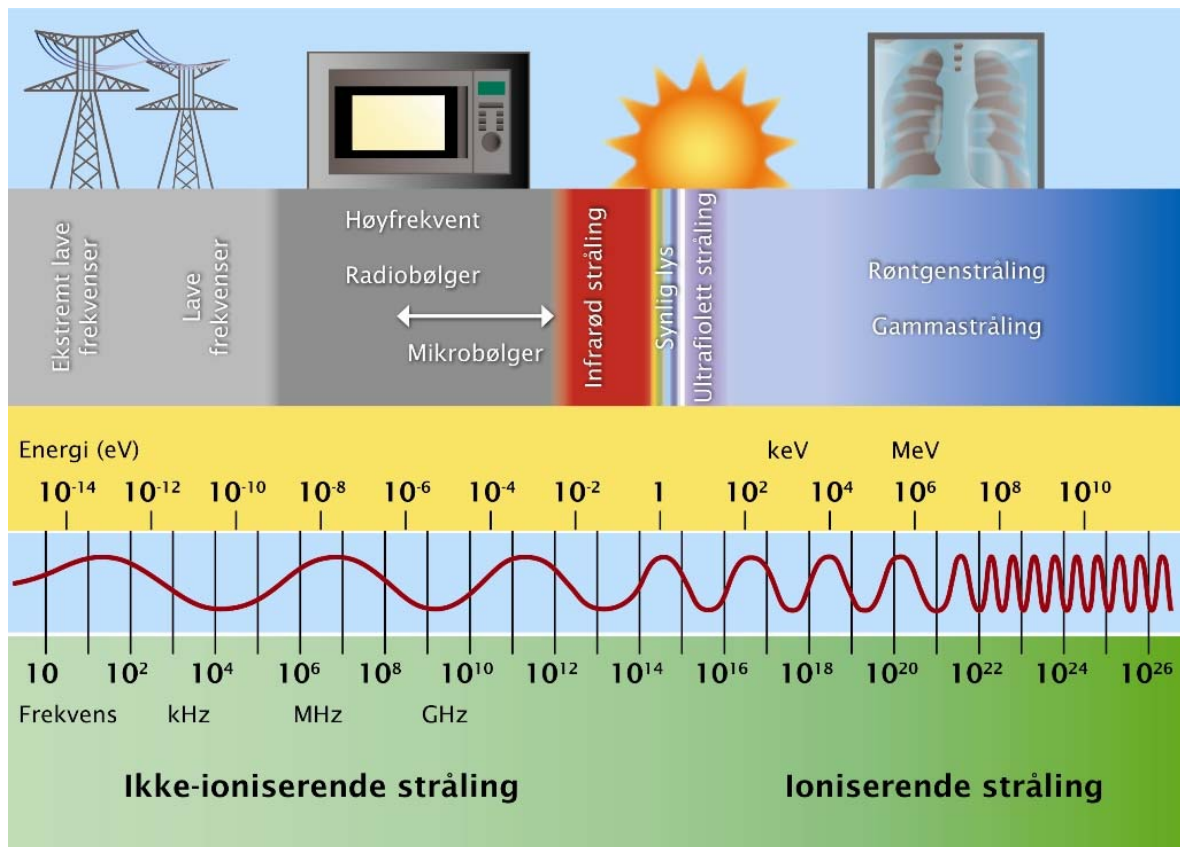
## 1.1 Ioniserende versus ikke-ioniserende stråling

All stråling kan tilordnes en frekvens, bølgelengde og energi. Figur 1.1 gir en oversikt over de ulike typer stråling i forhold til frekvens og energi. Det elektromagnetiske spekteret omfatter alt fra elektriske og magnetiske felt rundt strømførende eller spenningssett utstyr, synlig lys og UV, til røntgen- og gammastråler. Lave frekvenser (50-60 Hz) kalles ofte nettfrekvente felt og er lavenergetisk stråling. Synlig lys utgjør en liten del av det totale spekteret. Stråling med frekvenser over ca.  $10^{16}$  Hz, er ioniserende stråling slik som for eksempel røntgenstråling, og kalles høyenergetisk stråling.

Ioniserende stråling omfatter stråling med så høy energi at den kan slå løs elektroner fra de atomene og molekylene som blir truffet, slik at det dannes ioner. Når en slik ionisasjon skjer i molekyler som inngår i cellestrukturen i en organisme, kan dette føre til direkte og indirekte skader. Dette kan føre til celledød eller celforandringer som blant annet kan gi utvikling av kreft.

Den delen av det elektromagnetiske spekteret med frekvenser under  $10^{16}$  Hz kalles ikke-ioniserende stråling med ultrafiolett stråling i grenseområdet. For ikke-ioniserende stråling er energien lavere og dermed slås elektroner ikke løs på samme måte. Den biologiske effekten er derfor ulik for de forskjellige frekvensene og enhetene man bruker for å beskrive eksponering er ulik. Området deles oftest inn i områdene optisk stråling og elektromagnetiske felt. Overeksponering for synlig lys og UV kan føre til akutte skader som forbrenninger i hud og hornhinne, kjemisk skade på netthinne eller på sikt hudkreft eller grå stær. Eksponering for sterke elektriske og magnetiske felt ved lave frekvenser kan føre til indre strømmer i kroppen og gi akutte virkninger på sanser, sentralnervesystem og hjertefunksjon. Tilsvarende for høye frekvenser kan oppvarming av kroppsvev oppstå. Når det gjelder mulige langtidseffekter av svake felt, er det ikke påvist noen helseskadelige effekter, men det er fortsatt

usikkerhet rundt mulige vekselvirkningsmekanismer. Dette vil bli diskutert nærmere i kapittel 3 i denne rapporten.



Figur 1.1. Det elektromagnetiske spekter som funksjon av frekvens [Hz] og fotonenergi [eV].

## 2 Yrkeseksponering for ioniserende stråling

I dette kapitlet deles vurderingene inn i to deler etter opprinnelsen strålekilden har, om denne er kunstig laget eller naturlig forekommende. Bakgrunnen for denne inndelingen er at kunstige strålekilder har sitt opphav i bruk av stråling som verktøy, mens dette ikke gjelder naturlig stråling i samme grad. Konsekvensen er at det er lettere å beregne dosene for menneskeskapt stråling. For naturlig stråling kan dette være vanskeligere, siden hver enkelt persons eksponering kan være svært sammensatt. I tillegg vil det ved naturlig stråling være færre data som grunnlag for endelige fastsettelse av risiko, dvs. faktisk doseeksponering.

### 2.1 Kunstige versus naturlige strålekilder

Kunstige strålekilder kan være fremstilt ved bestråling av ulike materialer i en reaktor eller fremstilt i spesielle apparater, som for eksempel røntgenapparater. Det som fremstilles kan være alt fra legemidler til kilder for å ta bilder i industri og forskning. Eksempler på andre strålekilder er gamma-radiografiapparater og kjernekraftreaktorer. Strålekilder brukes i stadig større utstrekning innen flere områder, og er blitt en viktig del av vår hverdag. Spesielt er ulike typer strålekilder mye brukt innenfor helsevesenet.

Når det gjelder kilder til naturlig stråling, er kosmisk stråling og radon de viktigste kildene. Kosmisk stråling er stråling fra verdensrommet som kommer inn mot jordens atmosfære. Ved vekselvirkning i atmosfæren dannes det sekundær stråling – ved havnivå hovedsakelig fra myoner og elektroner, mens det er nøytronene som gir hovedbidraget til stråledosen ved opphold i atmosfæren og verdensrommet. Radon ( $^{222}\text{Rn}$ ), thoron ( $^{220}\text{Rn}$ ) og deres kortlivede datterprodukter kan gi betydelige doser til lungene ved inhalasjon. Dosene kommer hovedsaklig fra deponering av de kortlivede radioaktive datterproduktene i bronkiene og bronkiolene, og det er hovedsakelig alfastråling som gir dosen. Radon og thoron dannes fra henfall av henholdsvis uran ( $^{238}\text{U}$ ) og thorium ( $^{232}\text{Th}$ ) som man finner i varierende konsentrasjoner over alt på jorden. Det er radon og dens kortlivede datterprodukter som gir de største dosene til befolkningen fra ioniserende stråling.

I tillegg kan det på enkelte arbeidsplasser forekomme doser til personell på grunn av forhøyet ekstern bakgrunnstråling. En virksomhet som har gitt lave doser så langt, men som øker i omfang på grunn av opphugging av store mengder avfall fra olje- og gassvirksomhet, er teknologisk betinget naturlig forekommende radioaktivitet (TE-NORM). Aktiviteten består av naturlige radionuklider fra formasjonsvannet i reservoaret som følger produksjonsstrømmen opp til plattformene. De prosedyrene det er lagt opp til i forbindelse med håndtering, er i hovedsak knyttet til rasjonell avhending av lavradioaktivt avfall (LRA) blant annet for å begrense utslipp til miljø. Prosedyrene er ikke utviklet for å begrense doser til yrkeseksponerte.

Oppkonsentrering av naturlig radioaktivitet og forhøyet eksponering for naturlig radioaktive stoffer kan også forekomme i andre industrielle arbeidsoperasjoner, blant annet ved sveising med thoriumholdige elektroder, prosessering av uran-/radiumholdig eller thoriumholdige materialer eller restmateriale/slagg fra industrielle prosesser eller gruvevirksomhet.

## 2.2 Grunnleggende begreper

Naturlige og kunstige strålekilder kan sende ut stråling med ulike egenskaper. Stråledosen kan uttrykkes med forskjellige begreper avhengig av bestrålingssituasjonen og stråletype. I tabell 2.1 nevnes de typer stråling som omtales i denne rapporten med en beskrivelse av hva strålingen består av, rekkevidde og energinivå.

Tabell 2.1. Beskrivelse av ulike typer stråling.

Type stråling	Består av:	Rekkevidde	Energi
Alfastråling ( $\alpha$ )	Helium (2+) kjerner (partikler)	Noen centimeter i luft, stoppes av et tynt papir/ytte hudlaget hos mennesker	~ MeV området
Betastråling ( $\beta$ )	Elektroner og positroner	Noen meter i luft, omtrent 1 cm i vev	~ 100 keV til 2 MeV
Gamma- ( $\gamma$ ) og røntgenstråling	Fotoner med kortere bølgelengde enn UV og synlig lys	Lang rekkevidde, går lett gjennom vev	~ 10 keV til 2 MeV
Nøytronstråling	Nøytroner	Svært gjennomtrengende	Opptil 10 MeV

Det er viktig å legge merke til at alfastråling ( $\alpha$ ) er særlig risikofylt hvis den kommer inn i kroppen ved inntak eller innånding. Betastråling ( $\beta$ ) stoppes som regel av for eksempel brillerglass og tykke klær. Ved kraftig bestråling av ubeskyttet hud oppstår brannskader. Gamma- ( $\gamma$ ) og røntgenstråling er elektromagnetisk stråling, som også UV og synlig lys er, men med langt kortere bølgelengde. Gammastråling har høy energi. For å stoppe gammastråling trengs flere centimeter bly, desimetertykk betong eller flere meter vann. For røntgenstråling er det som oftest nok med noen få millimeter bly. Nøytronstråling kan gi stråledoser ved innfangning i atomkjerner og deretter kjernereaksjoner, eller ved direkte kollisjoner med atomkjernen. I alle disse prosessene dannes det ladede partikler (protoner og ioner) med høy energi som har evne til å ionisere.

### 2.2.1 Stråledose

Stråledose er et mål på den energi strålingen avsetter pr. kilo kroppsvev. Dette kalles absorbert dose, og enheten er [J/kg] eller gray [Gy]. Absorbert dose er imidlertid ikke noe entydig mål på skadelighet. Den absorberte dosen er avhengig av hvilke type stråling det dreier seg om. Ved å multiplisere den absorberte stråledosen med en vektfaktor for den aktuelle type stråling fås den ekvivalente dosen som er et mer praktisk mål på helserisikoen fra bestrålingen. Den ekvivalente dosen uttrykkes i enheten sievert [Sv]. For eksempel er 1 Gy av alfastråling 20 ganger mer skadelig (1 Gy=20 Sv) enn 1 Gy av beta- eller gammastråling (1 Gy=1 Sv). Vi sier at alfastrålingen har vektfaktor 20.

Ved å multiplisere den absorberte dosen med en vektfaktor både for type stråling og type organ strålingen absorberes i fås den effektive dosen. Ulike kroppsorganer har forskjellig strålefølsomhet. Strålefølsomheten er angitt ved en vektfaktor. Summen av dosene til de ulike organene gir den effektive dosen, og har også enheten sievert [Sv]. Vektfactorer for type stråling og organ er gitt i ICRP 60 (3). Den effektive dosen representerer en veid gjennomsnittlig helkroppsdose. Denne dosen lar seg ikke måle direkte, men kan beregnes dersom en rekke fysiske og geometriske forhold rundt bestrålingssituasjonen er kjent.



Kollektivdosen angir den totale dose for en gruppe personer som er blitt utsatt for en viss individdose (Sv). Kollektivdosen har enheten mansievert [manSv].

Den totale dosen er summen av dosene fra ekstern bestråling og intern bestråling. Eksempler på ekstern bestråling er for eksempel bruk av røntgen og eksponering for kosmisk stråling. Intern bestråling oppstår etter inntak av radioaktive stoffer som for eksempel radon eller radioaktivitet i mat eller drikkevann. Forøvrig finnes det naturlig forekommende radioaktivitet i kroppen, der kalium - 40, som finnes i alle levende celler, gir det største bidraget til den interne bakgrunnstrålingen.

## 2.3 Måling og estimering av persondoser

### Kunstige strålekilder

Persondosemålinger foretas i Norge hovedsakelig ved bruk av TLD (termoluminescence dosimeter). Måleperioden er 1-2 måneder, og minste dose som oppgis i målerapportene er 0,1 mSv. Det er helkroppsdosemålingene som gir grunnlaget for utarbeidelse av statistikk. Persondosimeteret måler kun doser fra ekstern stråling. I noen tilfeller er overvåking av intern stråling nødvendig. Den interne strålingen kan måles ved bruk av helkroppsteller, eller det kan foretas måling av for eksempel tritium og jod.

Ved måling av persondoser med dosimeter måles den ekvivalente dosen for hele kroppen,  $H_p[10]$ , og huddosen,  $H_p[0.07]$ .  $H_p[10]$  uttrykker dosen under 10 mm bløtvev, og relateres til helkroppsdosen. I realiteten ligger de fleste organer i kroppen dypere enn 10 mm, noe som fører til at den ekvivalente dosen, doseavlesningen, som regel er en del høyere enn den effektive dosen fordi mye av strålingen ikke vil nå inn til organene og avsette dose. Ved beregninger fra ICRP-74 (1) og ISO 4037-3 (2) kan det anslås at den effektive dosen er 50-90 % av dosimeteravlesningen dersom strålingen har retning inn mot dosimeteret. Denne andelen varierer med energien på strålingen, og ved høye stråleenergier vil den effektive dosen nærme seg doseavlesningen. Dersom personene i tillegg bruker beskyttelse som blyfrakk og thyroideakrage, blir dosen ytterligere redusert. Ifølge Franken et al. (3) kan den effektive dosen derfor anslås til å være rundt 10-40 % av dosimeteravlesningen. Skjermingseffekten varierer blant annet med tykkelsen på blybeskyttelsen, eksponeringsgeometrien (forfra, sideveis, bakfra) og spenningen på røntgenrøret. Denne andelen gjelder dersom dosimeteret bæres på korrekt måte over beskyttelsen. Ved bruk av thyroideakrage i tillegg vil den effektive dosen reduseres 5-10 % mer enn ved bare bruk av blyfrakk.

### Naturlige strålekilder

Ved måling av radon brukes sporfilm. Det finnes to typer sporfilm – sporfilm i diffusjonskammer basert på CR-39 og åpen sporfilm basert på LR-115. Åpen sporfilm kan gi store målefeil ved stor variasjon i likevektsforholdet mellom radon og radondøtre, og dessuten kan den lettere bli kontaminert og påvirket av støv og fuktighet i luften. Begge metodene oppfyller de minimumskrav som er satt for å kunne benyttes for radonmålinger i bygninger over bakken, men forholdene kan være vesentlig forskjellige på enkelte arbeidsplasser under jord og derfor bør målinger bare gjøres med sporfilm i diffusjonskammer. Måletiden bør minimum være en måned. Detektorene plasseres på arbeidsstedet over en periode fra noen uker opp til to måneder. I anleggsfasen, for eksempel i gruver eller tunneler ved utvinning og utsprenning av masser, vil det i noen tilfeller være vanskelig å gjennomføre døgkontinuerlige målinger. I tillegg kan det være store tidsvariasjoner som medfører vanskeligheter ved beregning av

totaleksponeringen over tid. I slike tilfeller vil doseovervåking baseres på enkeltmålinger over kortere tidsrom og med visse antagelser når det gjelder fastsettelse av gjennomsnittskonsentrasjon i arbeidstiden og totaleksponeringen over tid. Det kan også være aktuelt å utstyre enkelte arbeidstakere med persondosimetre basert på sporfilm.

I noen tilfeller kan dosene fra thoron ( $^{220}\text{Rn}$ ) og de kortlivede datterproduktene være langt høyere enn dosene fra radon og radondøtre. Dette gjelder hvis berggrunnen inneholder forhøyde konsentrasjoner av thorium ( $^{232}\text{Th}$ ). Konsentrasjonen av thoron og thorondøtre er langt vanskeligere å måle. Slike målinger gjøres vanligvis med utstyr for kontinuerlige målinger over kortere tidsrom, og persondosene er basert på modellberegninger.

Normalt brukes ikke persondosimetre ved doseovervåking av flypersonell. Persondosimetri for kosmisk stråling er vanskelig siden dosimetret også må måle dosen fra nøytroner. Ved ca. 2000 m høyde er den effektive doseraten fra nøytroner og den direkte ioniserende komponenten (i hovedsak myoner og elektroner) tilnærmet lik. Estimering av doser er basert på tilgjengelige måledata for aktuelle flystrekninger hvor det tas hensyn til høyde, breddegrad og oppholdstid. Doseraten øker når en nærmer seg polene på grunn av jordas magnetfelt. Intensiteten i øvre del av atmosfæren kan også påvirkes av solaktiviteten. Det er utarbeidet dataprogrammer for beregning av doser og som benyttes av flyselskapene for persondoseovervåking. En del av disse dataprogrammene er tilgjengelig på internett og kan finnes på <http://www.sievert-system.org/WebMasters/en/index.html>, [http://www0.gsf.de/epcard2/index\\_en.phtml](http://www0.gsf.de/epcard2/index_en.phtml) og [http://www.cami.jcabi.gov/AAM-600/Radiation/radio\\_CARI6M.htm](http://www.cami.jcabi.gov/AAM-600/Radiation/radio_CARI6M.htm).

## 2.4 Krav om doseovervåking og grenseverdier

I forskrift om strålevern og bruk av stråling av 21. november 2003 (strålevernforskriften) (4) er det krav om at arbeidstakere som arbeider med ioniserende stråling skal bære persondosimeter eller på annen måte få fastlagt den personlige stråleeksponering. I forskriften er virksomhetene pålagt å klassifisere arbeidsplassene (§ 20). Områdene der man kan få mer enn henholdsvis 1 og 6 mSv/år skal defineres som henholdsvis overvåket og kontrollert område. Personer som arbeider i disse områdene er pålagt å bære persondosimeter. Det er arbeidsgiver som er ansvarlig for å sørge for at forskriften som sådan følges opp i egen bedrift og dermed at arbeidstakere blir utstyrt med persondosimetre. Arbeidsgiver er også ansvarlig for å tilrettelegge arbeidet slik at dosene til arbeidstakerne blir så lave som mulig, gjøre resultatene kjent for de ansatte og oppbevare resultatene av doseovervåkingen. Resultatene fra doseovervåkingen skal årlig rapporteres til Statens strålevern, jmfør § 22 i strålevernforskriften.

Dosegrensene for arbeidstakere som eksponeres for ioniserende stråling, inkludert forhøyet naturlig stråling, er hjemlet i lov nr. 36 av 12. mai 2000 om strålevern og bruk av stråling (5) og angitt i forskrift om strålevern og bruk av stråling (4). Dosegrensene baserer seg på internasjonale anbefalinger fra ICRP (6), og er gitt i tabell 2.2. Det skilles mellom dosegrenser for allmennheten og for arbeidstakere som eksponeres gjennom sitt arbeid. Dosegrensen for befolkningen generelt er 1 mSv/år fra ioniserende stråling. Dette innbefatter ikke doser fra naturlig stråling i omgivelsene, som i gjennomsnitt utgjør ca. 3 mSv/år.

Tabell 2.2. Oversikt over dosegrenser for yrkeseksponerte – ioniserende stråling

Type dose	Dosegrense (mSv/år)
Helkroppsdose (effektiv dose)	20
Dose til hud, hender, føtter (ekvivalent dose)	500
Dose til øyelinse (ekvivalent dose)	150

Dosegrensen for helkroppsdose til arbeidstakere kan med tillatelse fra Statens strålevern i spesielle tilfeller fravikes for enkeltpersoner. Dette forutsetter at dosen over en sammenhengende fem års periode ikke overstiger 100 mSv og at dosen for et enkelt år ikke er over 50 mSv.

Når det gjelder gravide arbeidstakere, skal dosen etter påvist graviditet ikke overstige 1 mSv. Dette kan medføre at gravide i den resterende del av svangerskapet må omplasseres til annet arbeide uten yrkesmessig eksponering for ioniserende stråling, som angitt i forskrift om arbeid med ioniserende stråling (7).

Ved mistanke om særlig høye eller på annen måte ekstraordinære doser skal dette følges opp av arbeidsgiver. Dette skal også rapporteres til Statens strålevern. Ved behov og forespørsel kan Strålevernet også bistå med råd og informasjon når det gjelder å undersøke årsaker til ekstraordinære doser til personell, og anbefale tiltak for å redusere dosene. Årsaken til dosen skal kartlegges for å kunne hindre fortsatt forhøyede stråledoser til arbeidstakere. Eventuelle tiltak for å redusere eksponeringen til arbeidstakerne må iverksettes. Dette kan gjelde for eksempel å utbedre skjerming av arbeidsplassen, endre arbeidsprosedyrene, iverksette opplæringstiltak, omplassere arbeidstakere som har overskredet årsdosen etc.

### Kunstige strålekilder

Arbeidstakere som eksponeres for ioniserende stråling fra kunstige strålekilder er stort sett arbeidstakere innen medisin, forskning, industri og nukleær industri. For disse gjelder dosegrensene gitt i tabell 2.2. Doseovervåkingen skjer vanligvis ved at arbeidstakerne bærer persondosimetre. Hensikten med persondosimetre er å måle den individuelle stråleeksponeringen og derved få et grunnlag for å vurdere om persondosen og om eksponeringen holdes innenfor de gjeldende dosegrensene.

### Naturlige strålekilder

Det er først og fremst i forbindelse med eksponering for radon ( $^{222}\text{Rn}$ ), thoron ( $^{220}\text{Rn}$ ) og deres datterprodukter på arbeidsplasser under jord eller i bergrom man kan motta årsdoser som overstiger dosegrensene for yrkeseksponerte. Enkelte arbeidstakere vil kunne motta doser som langt overstiger 1 mSv/år. I 2000 ble det utarbeidet en veiledning (8) som blant annet beskriver klassifisering og målemetoder for doseovervåking på slike arbeidsplasser. Doseovervåking foregår vanligvis ved å plassere integrerende detektorer for måling av konsentrasjonen av radon (vanligvis sporfilm) på arbeidsplassen, men kan også gjøres ved å utstyre arbeidstakere med persondosimetre basert på sporfilm.

For arbeidstakere som kan eksponeres for radonstråling gjelder de generelle dosegrenser for ioniserende stråling som gitt i tabell 2.2. Anbefalt tiltaksnivå for arbeidsplasser under jord og i bergrom er gitt i Strålevernhefte nr. 23 (8). Anbefalt grenseverdi ved fulltidsarbeid (2000 timer pr. år) er  $1000 \text{ Bq/m}^3$  som tilsvarer en årlig effektiv dose på ca. 6 mSv (9). Dersom arbeidstiden er kortere, kan grenseverdien økes tilsvarende, men produktet av arbeidstid og radonkonsentrasjon bør ikke overstige  $2 \text{ MBq t/m}^3$ . I de tilfeller eksponeringen kan overstige denne verdien bør det gjennomføres tiltak for å begrense eksponeringen. Ved korte oppholdstider i forbindelse med eventuell inspeksjon eller vedlikehold av

anlegg kan det medføre behov for bruk av personlig verneutstyr som filtrerer og dermed begrenser inhalasjon av radon- og thorondøtre. Ved nivåer over 4000 Bq/m<sup>3</sup> på arbeidsplasser hvor enkelt-personer kan oppholde seg mer enn 100 timer/år, skal det vurderes tiltak for å redusere konsentrasjonene eller i unntakstilfeller benyttes personlig verneutstyr.

Det kan også forekomme høye radonkonsentrasjoner på arbeidsplasser over jord, blant annet i næringsbygg, skoler, barnehager etc. I de tilfeller det påvises forhøyede konsentrasjoner på slike arbeidsplasser, skal det gjennomføres utbedringstiltak slik at nivåene reduseres til under fastsatte tiltaksnivåer. Slike arbeidsplasser er derfor ikke underlagt rutinemessig doseovervåking.

Ved rensing av utstyr som er belagt med radioaktive avleiringer, kan det frigjøres radioaktivt støv til luften. Både <sup>226</sup>Ra og flere av datterproduktene avgir alfa-stråling, og ved inhalasjon av støv kan dette gi doser til lungene. Når man arbeider med utstyr som er belagt med radioaktive avleiringer, er det derfor viktig at man benytter nødvendige verne- og beskyttelsestiltak, og at det er god ventilasjon i lokalene for å begrense konsentrasjonen av radon. Verne- og beskyttelsestiltak bør spesielt rette seg mot å begrense innånding av støv og eksponering av personer som ikke er involvert i arbeidsoperasjonene. Ved gode rutiner og sikkerhetstiltak vil dosene være svært lave, og langt under 1 mSv/år.

Også for flypersonell gjelder de generelle dosegrensene for ioniserende stråling, gitt i tabell 2.2. Beregninger har vist at stråledosene kan variere mellom 1 og 5 mSv/år avhengig av flystrekning (høyde og breddegrad) og arbeidstid. Dette er under dosegrensen på 20 mSv/år, og sannsynligheten for at flypersonell vil overskride dosegrensene er derfor liten. Ved doseovervåking av flypersonell brukes normalt ikke persondosimetre. Arbeidsgiver er ansvarlig for at det gjøres anslag av doser til flypersonell og at disse rapporteres i henhold til de krav som settes av myndighetene. Det er utarbeidet data-programmer for å kunne gjøre doseberegninger ved forskjellige typer flyvninger.

Årlige gjennomsnittsdoser til et individ fra naturlig stråling (bakgrunnstråling) i Norge er gitt i tabell 2.3.

Tabell 2.3. Årlige gjennomsnittsdoser fra naturlig stråling (8).

Strålekilde	Dose (mSv/år)
Radon	2
Ekstern stråling fra miljøet (U-238, Th-232)	0,5
Intern aktivitet i kroppen (K-40)	0,35
Kosmisk stråling	0,3
<b>Totalt</b>	<b>3,15</b>

#### 2.4.1 Dosepass og nasjonalt doseregister

Utstedelse av dosepass gjelder for arbeidstakere som arbeider med ioniserende stråling. Et dosepass gir en oversikt over arbeidstakerens doser gjennom arbeidslivet og i hvert fall de siste fem årene. Dosepass utstedes normalt når arbeidstakere arbeider i flere ulike land. Dosepass skal forevises en eventuell ny arbeidsgiver for å vise at akkumulert yrkesdose for den aktuelle arbeidstakeren ligger under fastsatte grenseverdier før det nye arbeidet starter. Dersom dosen ligger over eller tett oppunder grenseverdiene, skal arbeidsgiver iverksette særlige tiltak som gir lavere eller ingen eksponering. Utstedelse av dosepass vil være aktuelt for alle grupper yrkeseksponerte, men særlig for arbeidstakere innen medisin

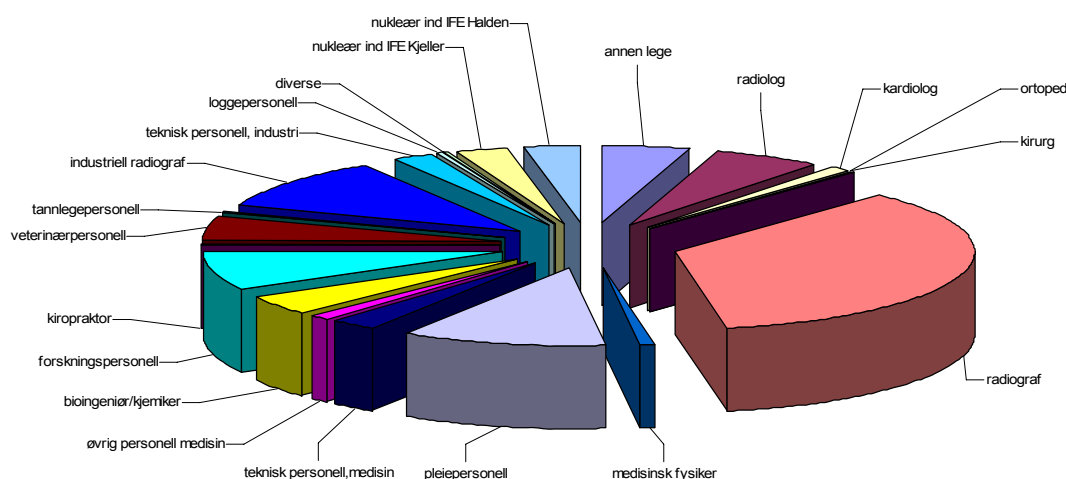
og nukleær industri. Begge disse områdene innebærer noe utveksling av arbeidskraft mellom ulike land. Statens strålevern har foreløpig ingen rutiner for automatisk utstedelse av dosepass til arbeidstakere. Imidlertid kan arbeidstakere på forespørsel til Statens strålevern få utstedt dosepass. Mer informasjon om dosepass kan finnes fra EU direktiv 90/641 (10).

Statens strålevern arbeider med utgangspunkt i lov (5) og forskrift (4) med å opprette et nasjonalt doseregister i Norge hvor det føres årlige oversikter over doser til ulike personer og yrkesgrupper. I forskrift av 21. november 2003 om strålevern og bruk av stråling, § 22 (4), er det hjemlet at resultater fra doseovervåkning skal rapporteres til Statens strålevern. Dette betyr at Strålevernet får mulighet til å samle alle dosedata til yrkeseksponerte i Norge. På bakgrunn av dette kan det opprettes et nasjonalt doseregister. Hvor omfattende et nasjonalt doseregister skal være, er ikke endelig fastlagt, og diskuteres i Norge som i en rekke andre land. ESOREX 2005 (European Study On Occupational Radiation Exposure) er en internasjonal studie i regi av EU som tar for seg hvordan stråledoser til yrkeseksponerte registreres i ulike land, og hvordan et nasjonalt doseregister etableres. Norge er med i denne studien gjennom deltagelse fra Statens strålevern.

## 2.5 Overvåkingsresultater - kunstige strålekilder

I Norge er det persondosimetritjenesten ved Statens strålevern og Institutt for energiteknikk (IFE) som utfører persondosemålinger. I tillegg kommer en del utenlandske dosimetrilaboratorier som leverer tjenester til diverse selskaper som opererer i Nordsjøen.

Totalt ble 6977 personer registrert med persondosimetermålinger fra en eller flere perioder i 2004, 6535 fra persondosimetritjenesten ved Strålevernet og 442 fra IFE. Figur 2.1. viser hvordan persondosimeterbruken fordeler seg blant brukerne.



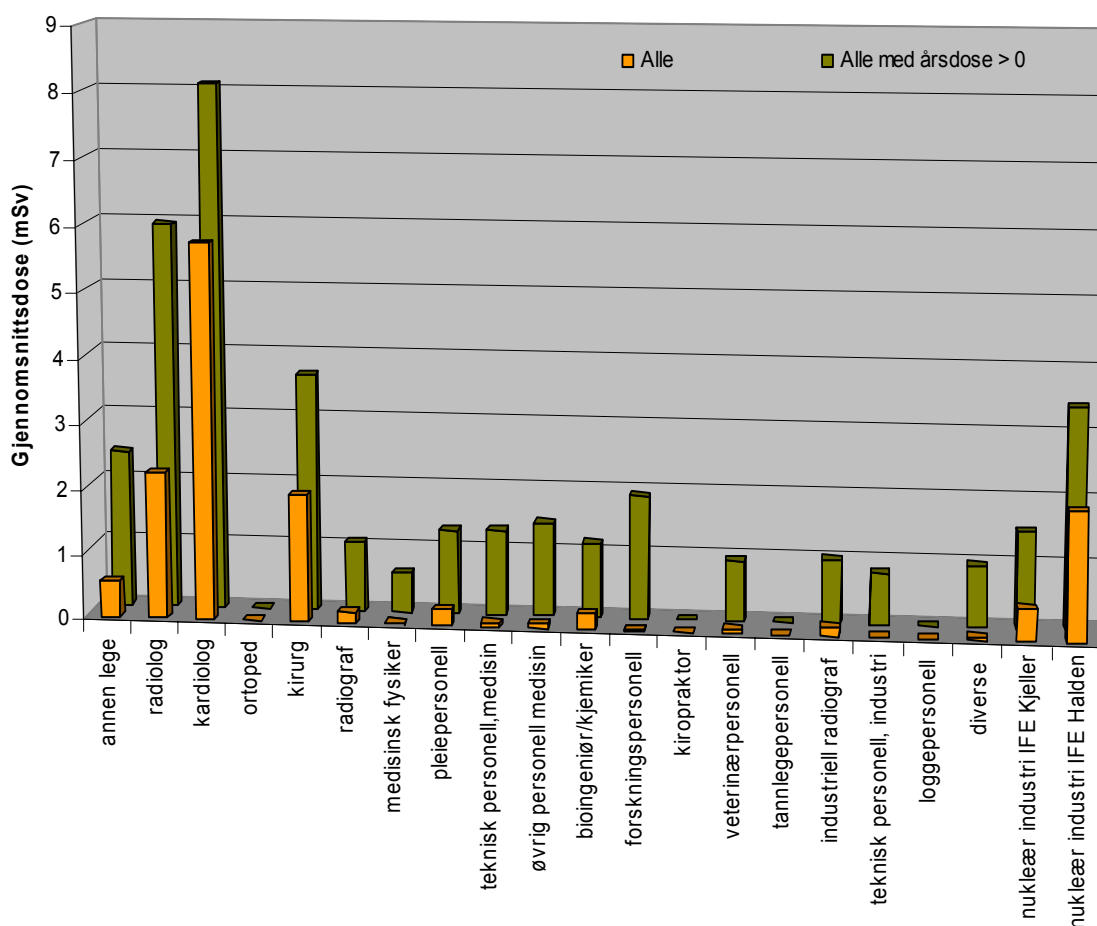
Figur 2.1. Oversikt over fordelingen av arbeidstakere som bærer persondosimeter innenfor de ulike stillingskategoriene i 2004 (totalt 6977 personer).

Bruk av persondosimeter er som beskrevet i kap. 2.4 basert på en klassifisering av den aktuelle arbeidsplassen. Flest brukere finner man i dag i relasjon til medisinsk bruk av stråling. Innen industrisektoren er det flest brukere innen industriell radiografi, både ved bruk av mobilt og fast utstyr, og innen nukleær sektor (IFE).

### 2.5.1 Persondoser

Doseresultatene for 2004 er presentert i tabell 2.4 som gir en oversikt over antall personer med årdsdose i ulike doseintervaller, gjennomsnittlige årdsdoser for personer innen ulike stillingskategorier, og kollektivdoser. Data er innhentet fra IFE og persondosimetritjenesten ved Statens strålevern (11).

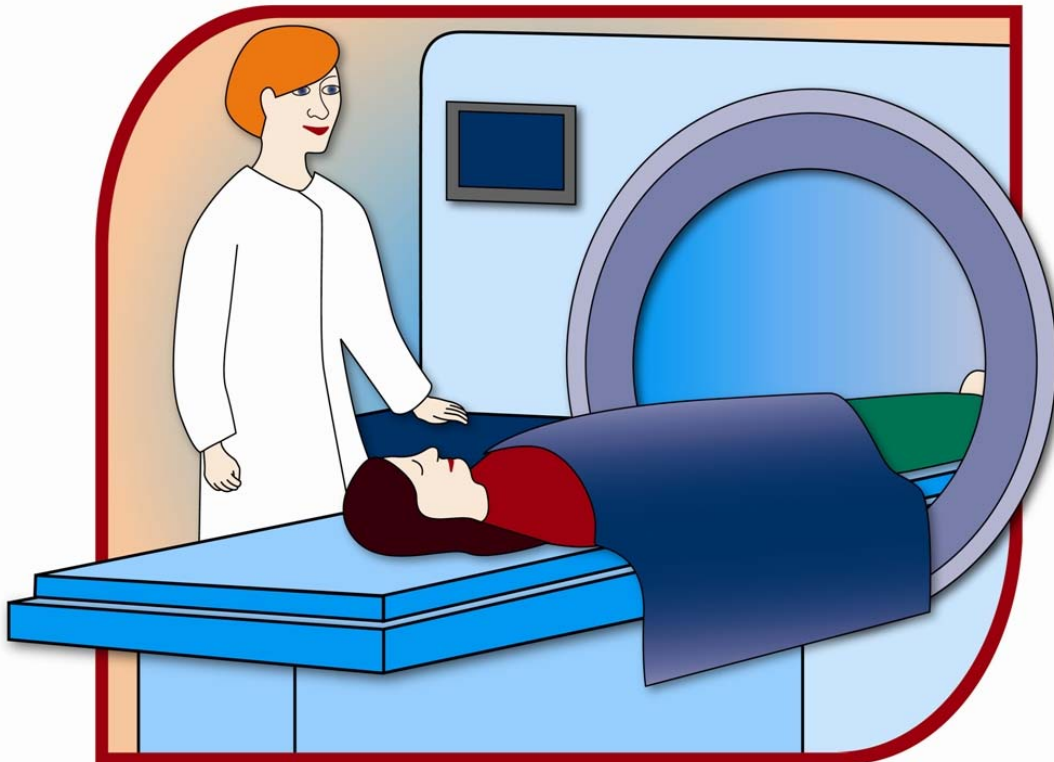
Som det framgår av tabell 2.4 har 84,7 % av arbeidstakerne som brukte persondosimeter hele eller deler av 2004, ingen registrerte persondoser over rapporteringsgrensen. Gjennomsnittlig årdsdose for alle brukere er 0,42 mSv, mens gjennomsnittlig årdsdose for arbeidstakere med registrert dose over rapporteringsgrensen er 2,37 mSv. Kollektivdosen er 2,9 manSv. Gjennomsnittsdosene for alle stillingskategorier er illustrert i figur 2.2.



Figur 2.2. Gjennomsnittsdosen for alle, og alle med registrert dose større enn registreringsgrensen innenfor de ulike stillingskategoriene i 2004.

Tabell 2.4. Dosefordeling for ulike stillingskategorier for 2004.

Stillingkategori	Antall personer med årtdose (H <sub>p</sub> [10], mSv) i intervall											Totalt ant personer	D=0		$\bar{D}$ mSv	$\bar{D}_{>0}$ mSv	KD mansv
	0-0,5>	0,5-1>	1-2>	2-3>	3-5>	5-10>	10-15>	15-20>	20-30>	30-50>	50+		Ant.	%			
annen lege	285	14	14	7	10	1	5	0	1	0	0	337	259	76,9	0,56	2,41	0,19
radiolog	273	22	27	15	12	27	5	4	4	1	3	393	244	62,1	2,25	5,94	0,88
kardiolog	33	8	3	3	3	12	8	5	3	2	0	80	23	28,8	5,77	8,09	0,46
ortoped	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	2	2	100	0	0	0
kirurg	9	2	0	1	0	2	1	0	0	0	0	15	7	46,7	1,95	3,66	0,03
radiograf	2272	85	50	23	18	7	2	1	1	0	0	2459	2074	84,3	0,17	1,07	0,41
medisinsk fysiker	65	2	0	0	0	0	0	0	0	0	0	67	65	97,0	0,02	0,62	0
pleiepersonell	699	23	23	13	14	4	1	0	0	0	0	777	626	80,6	0,25	1,29	0,19
teknisk personell,medisin	167	1	0	1	2	0	0	0	0	0	0	171	163	95,3	0,06	1,31	0,01
øvrig personell medisin	81	2	0	0	1	0	0	0	0	0	0	84	80	95,2	0,07	1,45	0,01
bioingeniør/kjemiker	247	10	8	7	4	2	0	0	0	0	0	278	220	79,1	0,25	1,15	0,07
forskningspersonell	576	2	0	0	0	0	1	0	0	0	0	579	572	98,8	0,02	1,9	0,01
kiropraktor	3	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	3	3	100	0	0	0
veterinærpersonell	343	3	4	2	0	1	0	0	0	0	0	353	325	92,0	0,07	0,93	0,03
tannlegepersonell	20	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	20	20	100	0	0	0
industriell radiograf	712	25	12	7	8	2	0	0	0	0	0	766	658	85,9	0,14	0,99	0,11
teknisk personell, industri	140	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	141	139	98,6	0,01	0,8	0
loggepersonell	17	0	0	0	0	0	0	0	0	0	0	17	17	100	0	0	0
diverse	35	0	1	0	0	0	0	0	0	0	0	36	34	94,4	0,05	0,95	0
nuklear ind IFE Kjeller	156	12	7	7	8	3	0	0	0	0	0	193	136	70,5	0,5	1,5	0,088
nuklear ind IFE Halden	128	16	14	10	13	12	5	8	0	0	0	206	87	42,2	2,0	3,4	0,404
<b>Totalt</b>	<b>6263</b>	<b>227</b>	<b>164</b>	<b>96</b>	<b>93</b>	<b>73</b>	<b>28</b>	<b>18</b>	<b>9</b>	<b>3</b>	<b>3</b>	<b>6977</b>	<b>5754</b>	<b>84,7</b>	<b>0,42</b>	<b>2,37</b>	<b>2,89</b>



I 2004 er det registrert 15 personer med årsdose over dosegrensen på 20 mSv per år. Alle disse arbeider innen medisinsk virksomhet. Tre personer ved samme arbeidssted er registrert med mottatt stråledose over 50 mSv i 2004. Dette gjelder tre radiologer som har fått henholdsvis 76,2 mSv, 93,4 mSv og 97,2 mSv. Alle er forøvrig fulgt opp av arbeidsgiver i samråd med Statens strålevern.

Det bemerkes at personer som arbeider med medisinsk strålebruk bærer persondosimeteret uskjernet av blyfrakk, noe som medfører at den effektive dosen som arbeidstakeren mottar blir lavere enn den dosen som måles og rapporteres. Den effektive dosen vil være ca. 10-40 % av den rapporterte dosen (se kap. 2.3 for nærmere forklaring). I de aktuelle tilfellene ovenfor har dette vært et viktig moment i vurderingen av den aktuelle dosen som den enkelte lege har mottatt.

Ved stråleterapi er dosene generelt sett lave. Denne arbeidssteds-kategorien er imidlertid viktig å overvåke på grunn av at det brukes meget høy energi og høye doser ved pasientbehandlingene. I tillegg eksisterer det et lite dosebidrag fra nøytroner som dannes ved disse energiene. Dette bidraget er imidlertid lavt. Ved brachyterapi finnes det også en risiko for uhell med åpne kilder, hvilket berettiger en doseovervåkning av personellet.

Dersom en ser bort fra medisinsk virksomhet, er det stillingskategoriene forskningspersonell og nukleær industri som får de høyeste stråledosene. For alle stillingskategorier gjelder at den effektive stråledosen er lavere enn den rapporterte dosen. Hvor stor andel dette utgjør avhenger av stråleenergien.



Ved IFE er de stråleenergiar arbeidstakerne eksponeres for så høye at dosen som måles av persondosimeteret, er tilnærmet lik den effektive dosen. Den høyeste årsdosen var i 2004 på 19,6 mSv. I tillegg til den eksterne strålingen måles også intern aktivitet i kroppen. Den effektive stråledosen fra intern aktivitet gir et svært lite bidrag til den totale stråledosen. Det som måles er inntak av gammaemittere ved bruk av helkroppsteller, opptak av jodisotoper ved direkte måling på skjoldbruskkjertelen og opptak av alfa- og betaemittere, som tritium, ved urinanalyser. I 2004 ble det ikke registrert årsdoser over 1 mSv fra inntak av gammaemittere eller opptak av jodisotoper. Den høyeste registrerte dose fra tritium var 4,8 mSv. Både ekstern og intern dose inngår i dosene målt ved IFE.

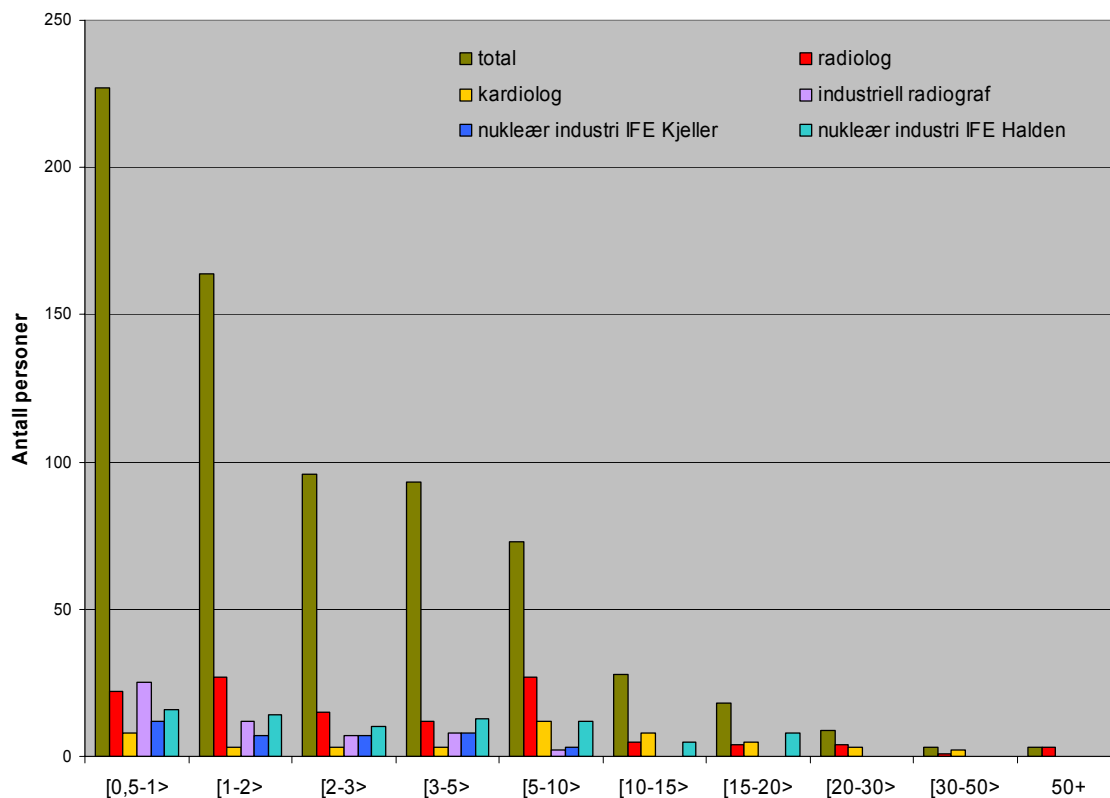
Det er enkelte grupper som bærer persondosimeter fra persondosimetertjenesten ved Statens strålevern, som også kan bli eksponert for intern stråling. Dette gjelder hovedsakelig arbeidstakere som arbeider med åpne radioaktive kilder på isotoplaboratorium eller med nukleærmedisin, det vil si bioingeniører, kjemikere, radiografer eller forskere. Disse dosene er normalt lave.

Figur 2.3 gir en oversikt over dosefordelingen i ulike doseintervall fra 0,5 mSv til over 50 mSv for noen utvalgte stillingskategorier. Det er her valgt å fokusere på de legegruppene som har de høyeste registrerte dosene, og de største arbeidstakergruppene innen industri som industriell radiografi og nukleær industri. Figur 2.3 og tabell 2.4 viser at fra 10 mSv og oppover er dosebidraget med et par unntak bidrag fra personer i de utvalgte stillingskategoriene. Doser målt over 50 mSv kommer utelukkende fra radiologer. Det er ingen arbeidstakere innen industrien som har registrert stråledoser over 20 mSv.

Dersom en går nærmere inn på de ulike stillingskategoriene og sammenligner de rapporterte dosene med de reelle effektive dosene, er bildet noe annerledes.

Ved IFE Halden er den høyeste dosen på 19,6 mSv tilnærmet lik effektiv dose på grunn av den gjennomtrengelige stråleenergien. For industrielle radiografer er den høyeste årsdosen 6,9 mSv, noe som er godt under dosegrensen. Ved industriell radiografi blir arbeidstakerne eksponert for stråleenergi opp mot mange 100 keV. Den effektive dosen antas å ligge mellom 50 og 90 % av doseavlesningen, avhengig av energien på strålingen. Det brukes ikke personlig verneutstyr mot stråling verken for personale ved IFE eller industrielle radiografer.

For radiologer som arbeider med stråleenergi i området 20-100 keV antas den effektive dosen å være rundt 50-90 % av doseavlesningen, og ved bruk av blybeskyttelse enda lavere. Det vil si at for en radiolog som bruker blybeskyttelse og har en doseavlesning på rundt 100 mSv, vil den antatte effektive dose ligge et sted mellom 10 og 40 mSv. Den effektive dosen er forbundet med stor usikkerhet på grunn av strålingens energi, retning og om beskyttelsesutstyr som blyfrakk og thyroideabeskyttelse er benyttet. Registrert årsdose opp imot 100 mSv vil gi en effektiv dose rundt og større enn dosegrensen på 20 mSv/år. Ved slike årsdoser bør arbeidsgiver sette i verk tiltak for å redusere dosene som for eksempel ved å bedre arbeidsprosedyrene, omplassere personell, iverksette opplæringstiltak etc.



Figur 2.3. Antall personer med årtdose i ulike doseintervall fra 0,5 mSv til 50+ mSv for noen utvalgte stillingskategorier: Radiolog, kardiolog, industriell radiograf og personell i nukleær industri. Total viser årtdose i ulike doseintervall for alle arbeidstakere som har vært utstyrt med persondosimeter.

### 2.5.2 Ekstremitetsmålinger

Arbeid med ioniserende stråling vil i noen tilfeller gi en betydelig større stråledose til hendene enn til resten av kroppen. Ved arbeid der hendene er spesielt utsatt, vil det være nødvendig å bruke et fingerdosimeter for å få et riktig bilde av den stråledosen man er utsatt for. For arbeidstakere som arbeider med åpne kilder eller med hendene i et strålefelt, kan det være aktuelt å bruke fingerdosimeter i tillegg til persondosimeteret. Dette gjelder blant annet arbeidstakere innen nukleær industri, isotopproduksjon, forskning og medisin.

Institutt for energiteknikk måler i tillegg til persondoser også fingerdoser. Dosene ved IFE Kjeller og IFE Halden er gitt i tabell 2.5. Registreringsgrensen er 1,0 mSv per måleperiode, som er 1 måned. I 2004 var den høyeste målte årtdose på IFE Kjeller 40,0 mSv, mens den ved IFE Halden var 46,3 mSv. Fra tabellen ser en at de målte årtdosene til hendene ligger langt under dosegrensen på 500 mSv/år.

Tabell 2.5. Fingerdoser ved IFE, 2004.

Antall personer	Ekvivalent dose (mSv)					
	<1	1-9,9	10-49,9	50-99,9	100-500	>500
Nukleær industri, IFE Kjeller	42	30	6	0	0	0
Nukleær industri, IFE Halden	3	2	2	0	0	0
<b>Totalt</b>	<b>45</b>	<b>32</b>	<b>8</b>	<b>0</b>	<b>0</b>	<b>0</b>

Persondosimetritjenesten ved Statens strålevern tilbyr ved forespørsel også måling av fingerdoser. En måleperiode vil normalt være en til to måneder. Rapporteringsgrensen er 0,1 mSv. Denne tjenesten er forholdsvis ny, og det finnes foreløpig ikke en samlet oversikt over årsdoser til brukerne. Strålevernet har de senere årene gjennomført flere prosjekter for å se hvilke arbeidsprosedyrer som gir størst dose til fingrene.

Tabell 2.6. Eksempler på fingerdoser fra ulike kartleggingsprosjekt ved Statens strålevern.

Yrkesgruppe/prosedyre	Dose per prosedyre	Max dose	Gjennomsnittsdose
Kirurger ortopedi		60 mSv per år	14 mSv per år
Kirurger/radiologer ved innleggelse av abdomale aortastentografer	<1 mSv	1 mSv per prosedyre	
Radiologer ved biopsi med CT-gjennomlysning, fingre i primærstrålen	54 mSv	350 mSv per prosedyre	
Radiologer ved biopsi med CT-gjennomlysning, fingre utenfor primærstrålen	30-50 µSv		
Bruk av <sup>99m</sup> Tc		52 mSv per år	17 mSv per år
Bruk av <sup>32</sup> P		1,7 mSv per uke	<0,1 mSv per uke

Strålevernet har målt fingerdoser på noen utvalgte yrkesgrupper som en mistenker blir eksponert for store mengder stråling på hendene (12, 13). Det ble målt på ortopedier som bruker gjennomlysning ved operative inngrep, kirurger og radiologer ved innleggelse av abdominale aortastentografer, forskere som eksponeres for <sup>32</sup>P og personale innen nukleærmedisin som eksponeres for <sup>99m</sup>Tc. I tillegg har det blitt målt fingerdoser ved biopsier veiledet med CT-gjennomlysning der radiologens fingre har vært både i primærstrålen og utenfor primærstrålen. Resultatene er presentert i tabell 2.6.

Ved et sykehus ble biopsiene foretatt ved kontinuerlig CT-gjennomlysning. Det ble gjennomført fem målinger, der maksimal dose til fingrene var 350 mGy ved en av prosedyrene. Dosegrensen på 500 mSv var mulig å overskride i løpet av få prosedyrer. Ved et annet sykehus foretok man biopsiene utenfor CT gantryet. Der var fingerdosene typisk 1000 ganger lavere.

### 2.5.3 Doseutvikling 2000-2004

Tabell 2.7 gir en oversikt over stråledoser, kollektivdoser og antall personer som har vært utstyrt med persondosimeter i Norge for år 2000-2004.

Antall personer som bærer persondosimeter ligger stabilt på rundt 7000, mens andelen personer som ikke har registrert dose har økt. Dette gjenspeiler seg i at både gjennomsnittsdosen til alle og kollektivdosen er gått ned de siste par årene. Når det gjelder gjennomsnittsdosen til arbeidstakere med registrert dose over registreringsgrensen, ser det ut til at den øker.

Det ser ut til å være en trend at færre yrkeseksponerte får stråledoser, men at de arbeidstakerne som får doser, mottar større doser. En av flere årsaker til denne utviklingen kan være mer spesialiserte arbeidsoppgaver som gir større doser for enkelte leger, og at bare en liten gruppe høyt spesialisert personell

utfører dette arbeidet. Dette gir en høy arbeidsbelastning for noen i denne gruppen. I tillegg utfører disse personene vanligvis de mest kompliserte prosedyrene, der strålebruken ofte er mer omfattende.

Tabell 2.7. Oversikt over stråledoser og kollektivdoser for år 2000-2004 innhentet fra persondosimetritjenesten ved Statens strålevern og IFEs persondosimetrilaboratorium.

År	Totalt antall personer	Antall personer D=0	$\bar{D}$ (mSv)	$\bar{D}_{>0}$ (mSv)	KD (manSv)
2000	7115	5462	0,50	2,15	3,6
2001	6956	5274	0,52	2,16	3,6
2002	7025	5347	0,54	2,28	3,8
2003	7032	5471	0,49	2,12	3,3
2004	6977	5754	0,42	2,37	2,9

## 2.6 Overvåkingsresultater - naturlige strålekilder

### Radon og thoron

Det er i hovedsak tre typer anlegg som kommer inn under definisjonen *arbeidsplasser under jord og i bergrom*; kraftstasjoner, gruver og forsvarsanlegg. Denne type arbeidsplasser kan også omfatte tunneler, vannverk, togstasjoner, tilfluktsrom og lagre, men her foreligger få måledata og det er ingen oversikt over hvor mange arbeidstakere det kan omfatte.



Når det gjelder kraftstasjoner, er det mellom 160 og 170 kraftstasjoner i Norge som kommer inn under kategorien under jord og i bergrom. Mange av disse er ikke permanente arbeidsplasser, men er fjernstyrte med jevnlig besøk. I tillegg gjøres det med jevne mellomrom en del vedlikeholdsoperasjoner – blant annet av rørganger – og i slike tilfeller kan radonnivåene være svært høye (50 000 -100 000 Bq/m<sup>3</sup>). Dette nødvendiggjør spesielle tiltak (ventilasjon, verneutstyr – bl.a. finmaskede støvmasker) for å hindre/begrense innånding av de datterproduktene av radon og thoron som gir det meste av dosene. For de ordinære kraftstasjonene er det lagt opp til rutiner for målinger (se Strålevernhefte 23 (8)) som medfører at det med jevne mellomrom skal gjennomføres målinger. Måleresultatene rapporteres til Strålevernet og Arbeidstilsynet. Disse rapportene arkiveres hos Strålevernet, men det lages ikke noen årlig oversikt over dosene. Rutiner for registrering av persondoser fra slike arbeidsoperasjoner er under vurdering ved Strålevernet.

Antallet gruver og gruvearbeidere har gått sterkt ned de senere år. Det er stort sett bare på Svalbard det per i dag drives ordinær gruvedrift med arbeidsplasser under jord. I disse anleggene er radonnivåene og dosene lave, noe som skyldes bergarter med lav forekomst av radium.

Antallet forsvarsanlegg i fjell/bergrom har også avtatt i de senere år – men det finnes per i dag ingen oppdatert oversikt over antall arbeidstakere og arbeidstid i slike anlegg. Det har tidligere vært målt svært høye nivåer i enkelte anlegg – opp til 220 000 Bq/m<sup>3</sup> i et anlegg i Nord-Norge – men her ble det gjennomført tiltak for å få ned nivåene. Disse fjellanleggene ble benyttet til lager for utstyr og var derfor ikke permanente arbeidsplasser.

I 1991 ble det utarbeidet en rapport av Statens institutt for strålehygiene (14) som gir en summarisk oversikt over doser til arbeidstakere under jord og i bergrom. Kollektivdosen ble den gang beregnet til mellom 5 og 7 manSv, men det er sannsynlig at den er noe lavere idag på grunn av færre arbeidere og at det er foretatt utbedringstiltak i flere anlegg. Kollektivdosen i dag er anslått til å ligge mellom 4 og 5 manSv. Det er kraftstasjoner i fjell som gir det største bidraget til kollektivdosen.

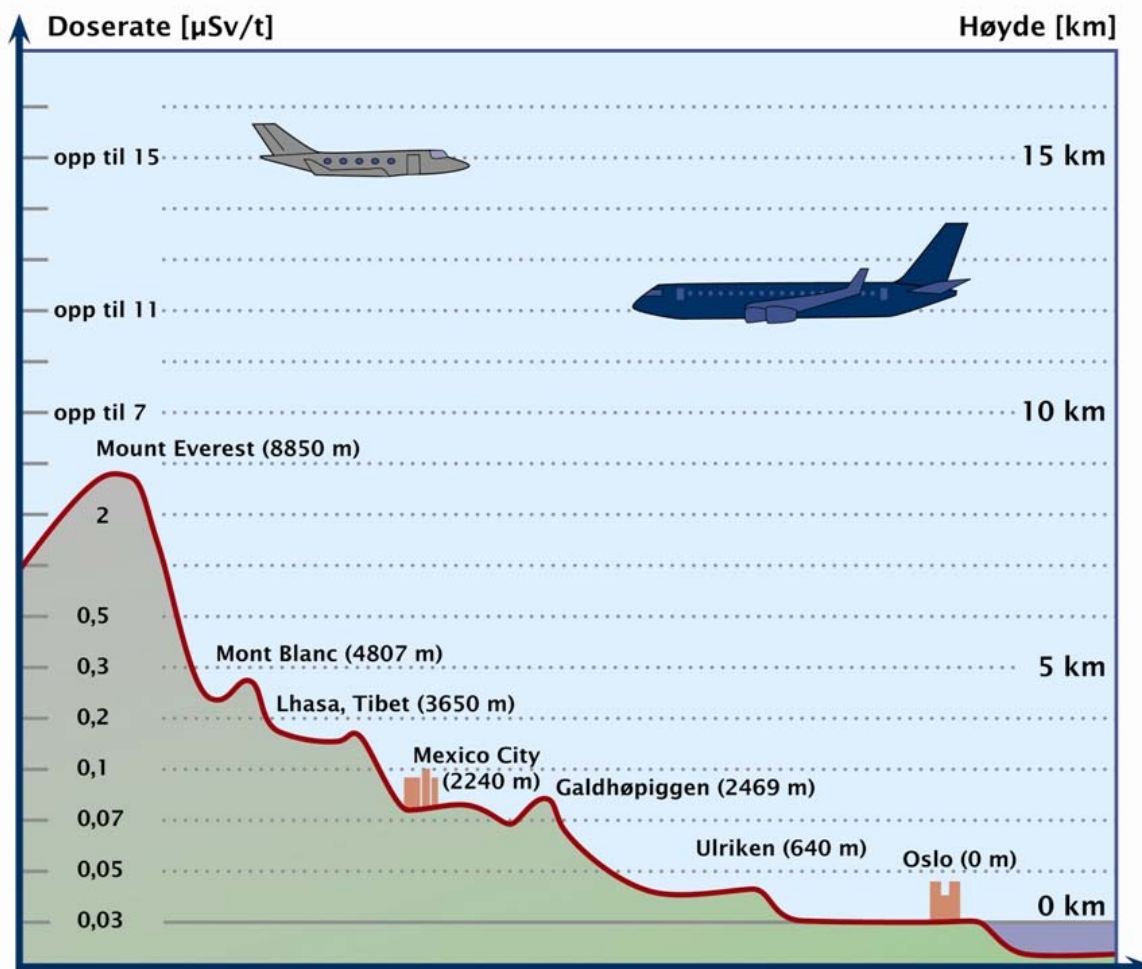
### **Kosmisk stråling**

En nordisk gruppe med representanter for alle de fem strålevernsmyndighetene og luftfartsmyndighetene i Norden har utarbeidet en vurdering av eksponering av flypersonell. Det legges opp til at flyselskapene årlig skal gi en oversikt over personeldoser og at det etableres doseregister for flypersonell. I den sammenheng henvises det til UNSCEAR 2000 (Vol 1) (15) og Strålskyddsnytt nr. 2 (SSI 2000) (16). I følge disse referansene vil 600 timer flyving medføre en ekstra dose på ca. 3 mSv. Det finnes en rekke rapporter og publikasjoner hvor det er gjort doseberegninger fra kosmisk stråling, og årlig effektiv dose varierer her mellom 1 mSv og 6 mSv. Dette kommer i kategori B i henhold til EUs klassifisering, det vil si at det medfører kontroll, men ikke behov for individuell persondosimetri siden det heller ikke er fare for uforutsett eksponering.

Persondosene er størst for interkontinentale flyvninger siden man da flyr noe høyere, og hvis man i tillegg flyr over polene, noe som blant annet gjøres når man flyr til vestkysten av USA, kan dosene ved enkelte flyvninger overstige 0,1 mSv. Ved supersoniske flyvninger med Concorde var marsjhøyden på ca. 18 000 m, og doseraten var mer enn det dobbelte av dosen ved subsoniske flyvinger. Disse flyene er nå tatt ut av trafikk. Enkelte såkalte *business jets* går betydelig høyere enn vanlige passasjerfly – opp til 12-13 000 meters marsjhøyde. Det er i disse flyene man idag har de høyeste doseratene. Ved disse

høydene vil det aller meste av stråledosen (>90%) være fra nøytroner. Figur 2.4 illustrerer doserate ved ulike høyder over havet.

Det er imidlertid lite aktuelt å sette krav som medfører begrensninger på flyvninger for å redusere/begrense dosene fra kosmisk stråling. Til det er dosene for lave, og dessuten vil det ikke være berettighet utifra en totalvurdering. Det eneste som er aktuelt å regulere er doser til gravide. Praksis i de fleste flyselskapene er at flypersonell omdisponeres til arbeid på bakken når de får påvist graviditet. Dosen til fosteret skal ikke overstige 1 mSv for resterende del av svangerskapet.



Figur 2.4. Figuren illustrerer doseraten fra kosmisk stråling ved ulik høyde over havet. Doseraten er gitt som effektiv dose per tidsenhet ( $\mu\text{Sv/t}$ ). Doseraten varierer med breddegrad, og vil ved store høyder (>5 km) være nesten det dobbelte om man flyr over polene sammenlignet med om man flyr i samme høyde i ekvatoriale strøk.

Det er totalt rundt 1900 flyvere og 2800 kabinansatte nordmenn i norske og nordiske flyselskap<sup>1</sup>. Gjennomsnittsdosen er anslått å ligge på mellom 1,5 og 2 mSv/år og medfører derfor total kollektiv dose på rundt 7 til 9 manSv/år. Flypersonell er derfor den yrkesgruppen i Norge som får den største

<sup>1</sup> Dette er det totale antallet personer i Norge med gjeldende flysertifikat typeberettighet for fly og helikopter og godkjent kabinpersonale. Antall arbeidstakere som opererer i luften til enhver tid er trolig noe lavere.

kollektive dose. Dosene er størst (3-4 mSv/år) for flypersonell som er knyttet til interkontinentale flyvninger.

### **Teknologisk betinget økning av naturlig radioaktivitet**

Målinger i Norge og andre oljeproduserende land viser at eksterndosene ved håndtering av utstyr eller opphold nær utstyr som er belagt med radioaktive avleiringer, er svært lave sammenlignet med andre grupper som utsettes for stråling i sitt yrke (blant annet medisinsk røntgenpersonell) og langt lavere enn fra eksternt bakgrunnstråling (17, 18). Gjennomsnittlig effektiv eksternt årsdose i forbindelse med rensing av utstyr som er belagt med radioaktive avleiringer, er beregnet til 0,1 mSv/år. De individuelle årsdosene vil variere fra i underkant av 0,01 mSv/år til 0,7 mSv/år. Det ikke er krav om bruk av persondosimeter, selv om dette kan anbefales i enkelte arbeidsoperasjoner. Det forutsetter imidlertid at man benytter våte metoder for rensing – som er standard i de fleste operasjoner - samt at verne- og beskyttelsesutstyr benyttes for å begrense doser ved inhalasjon.

Når det gjelder interndoser, kan det ved rensing av utstyr som er belagt med radioaktive avleiringer, frigjøres radioaktivt støv til luften. Både <sup>226</sup>Ra og flere av datterproduktene avgir alfa-stråling, og ved inhalasjon av støv kan dette gi doser til lungene. Når man arbeider med utstyr som er belagt med radioaktive avleiringer, er det derfor viktig at man benytter nødvendige verne- og beskyttelsestiltak og at det er god ventilasjon i lokalene for å begrense konsentrasjonen av radon. Verne- og beskyttelsestiltak bør spesielt rette seg mot å begrense innånding av støv og eksponering av personer som ikke er involvert i arbeidsoperasjonene. Ved gode rutiner og sikkerhetstiltak vil dosene være svært lave, langt under 1 mSv/år.

Det finnes per i dag ingen samlet oversikt over antall arbeidstakere og stråledoser på arbeidsplasser hvor man håndterer eller kan bli eksponert for materialer med forhøyet innhold av naturlig radioaktive stoffer. Slike arbeidsplasser kan omfatte virksomheter med prosessering av uran-/radiumholdige eller thoriumholdige materialer eller restmateriale/slagg fra industrielle prosesser, gruvevirksomhet, etc., men også små virksomheter med f.eks. bruk av thoriumholdige elektroder i forbindelse med sveising og håndtering av forskjellige typer filtre og avleiringer fra bl.a. vannrenseanlegg. Det er grunn til å anta at de individuelle dosene i de aller fleste tilfellene er små, men disse forholdene er dårlig undersøkt. Det er tatt flere initiativer på internasjonalt nivå, blant annet av IAEA, for å fremskaffe en bedre oversikt over hvilke arbeidsplasser dette kan gjelde, og hvilke stråledoser det er snakk om.

## 3 Yrkeseksponering for ikke-ioniserende stråling

Det er ikke krav om doseovervåking for ansatte som arbeider med ikke-ioniserende stråling, men strålevernforskriften gir retningslinjer for eksponeringsnivåer som normalt ikke skal overskrides. Det finnes således ikke noen samlet oversikt over yrkeseksponering for ikke-ioniserende stråling. I dette kapitlet gis en oversikt over begreper og noen områder der en kjenner til at slik eksponering kan forekomme. Strålevernet har gjennom mange år foretatt målinger av eksponering ved forespørsel der det har vært mistanke om at eksponering over internasjonale anbefalinger kunne forekomme uten at disse resultatene er systematisert. På noen områder er det gjort mer systematiske målinger, og noen måleresultater der Strålevernet har gjennomført slike, blir presentert.

### 3.1 Grunnleggende begreper

For å beskrive styrken på *optisk stråling*, som dekker infrarød stråling (IR), synlig lys og ultrafiolett stråling (UV), brukes effekt per kvadratmeter ( $W/m^2$ ) kalt irradians, eller den biologisk veide størrelsen med samme enhet, kalt biologisk effektiv irradians. For dosebegrepet brukes gjerne energi per kvadratmeter ( $J/m^2$ ). Overeksponering for synlig lys og UV kan føre til akutte skader som forbrenninger i hud og hornhinne, kjemisk skade på netthinne eller på sikt føre til hudkreft eller grå stær.

*Elektriske felt* måles i volt per meter ( $V/m$ ), og det får oss til å assosiere elektriske felt med elektrisk spenning (elektrisk potensial). Dersom det er spenningsforskjeller et sted, vil vi ha et elektrisk felt.

For *lavfrekvente og statiske magnetfelt* bruker vi tradisjonelt å oppgi *B*-feltet (magnetisk flukstetthet), målt i tesla (T) eller  $\mu T$  fordi teslaenheten er så stor. Det er vel etablert at kraftige lavfrekvente elektriske felt ( $> 10\text{ kV/m}$ ) og magnetfelt ( $> 1000\text{-}10\ 000\ \mu T$ ) kan indusere såpass sterke strømmer i kroppen at nerver aktiveres. Dette skyldes at vi får tilstrekkelig store spenningsforskjeller langs nerver til at vi får utløst aksjonspotensialer. Dosebegrepet er knyttet til induisert strøm i kroppen opp til frekvens 100 kHz.

Ved høyere frekvenser, *radiofrekvens (RF) området* og oppover, brukes heller *H*-feltet (magnetisk feltstyrke), målt i ampere per meter ( $A/m$ ). Biologiske effekter av eksponering for radiofrekvente felt (RF) er avhengig av frekvens. I området over 10 MHz kan det elektromagnetiske feltet gi energiabsorpsjon i kroppen og føre til oppvarming av kroppsvevet. Temperaturøkningen bestemmes av hvor mye energi som absorberes i kroppen, og størrelsen benevnes spesifikk absorpsjonsrate, SAR, som angis i watt per kilo ( $W/kg$ ). Kjente biologiske effekter skyldes denne oppvarmingseffekten og dosebegrepet er knyttet til SAR. Når det gjelder ikke-termiske effekter av svakere felt, er det fortsatt usikkerhet rundt mulige vekselvirkningsmekanismer.

I frekvensområdet mellom 100 kHz og 10 MHz er eksponeringsgrenser knyttet både til induisert strøm og SAR.



Fordi både induisert strøm og SAR-verdiene i kroppen er vanskelige å måle i levende individer, er det avledet eksponeringsgrenser for elektrisk og magnetisk feltstyrke som lar seg måle eller beregne utenfor kroppen.

## 3.2 Eksponeringsgrenser

Retningslinjer for ikke-ioniserende stråling er gitt i strålevernforskriftens § 26 (4). All eksponering skal holdes så lavt som praktisk mulig. Relevante retningslinjer fra ICNIRP (19, 20) skal normalt følges, dersom det ikke finnes nasjonale eller europeiske standarder til erstatning for disse. ICNIRPs retningslinjer finnes på internett: <http://www.icnirp.org/pubemf.html> og er i dag gjeldende i Norge.

### Optisk stråling

For arbeidstakere som eksponeres for UV-stråling, synlig lys og infrarød stråling i sitt arbeid er eksponeringsgrensene forskjellig for de ulike typer optisk stråling. Når det gjelder naturlig UV-stråling fra sola, omfatter ikke Strålevernforskriften denne type eksponering.

### Elektromagnetiske felt

ICNIRPs anbefalte eksponeringsgrenser for elektriske og magnetiske felt er frekvensavhengige. I tabell 3.1 gis en oversikt over anbefalingene for elektriske og magnetiske felt for noen utvalgte frekvensområder for arbeidstakere.

Tabell 3.1. Eksponeringsgrenser for yrkeseksponerte for elektrisk og magnetisk felt.

Felt/Frekvens	Anbefalt eksponeringsgrense		
	Magnetfelt	Elektrisk felt	
	$B^1$ ( $\mu\text{T}$ )	$H^2$ (A/m)	(V/m)
statiske magnetfelt	$2 \times 10^5$ (=200mT)		
50 Hz	500		10 000
82 Hz – 65 kHz	30,7	24,4	610
100 kHz		16	610
1 MHz		1,6	610
10-400 MHz		0,16	61
900 MHz		0,24	90
2 – 300 GHz		0,36	137

<sup>1</sup>magnetisk flukstetthet, <sup>2</sup>magnetisk feltstyrke

## 3.3 Eksponering for ikke-ioniserende stråling

### 3.3.1 Optisk stråling

#### Medisinsk bruk og tannpleie

Alle former for optisk stråling brukes i ulike medisinske sammenhenger. Effekter på hud og øyne av UV og kortbølget synlig lys har størst yrkeshygienisk betydning. Det er gjort en kartlegging av yrkesdosene i utvalgte representative hudavdelinger der UV brukes til behandling av hudsykdommer. ICNIRPs retningslinjer blir ikke overskredet ved normale arbeidsprosedyrer i løpet av en arbeidsdag (21). Det er

rapportert fra personell at de enkelte ganger opplever UV-doser som gir forbrenninger dersom de ikke er spesielt varsomme under f.eks. oppmåling i lysbehandlingsenhetene. Dette kan dreie seg om svært få episoder per år på landsbasis, men en antar at det i de tilfellene foreligger klare overskridelser av eksponeringsgrensene.

Medisinsk bruk av blått lys i forbindelse med lysbehandling av nyfødte og fotodynamisk behandling av kreft fører under vanlige omstendigheter ikke til overskridelse av relevante eksponeringsgrenser for arbeidstakere.

Det brukes store mengder blått lys, også på grensen av UV, ved herding av dentale biomaterialer. Halogenherdelamper med bølglengder fra 350-400 nm, LED-kilder med bølglengder i området 400-500 nm er eksempler. Under disse operasjonene brukes vanligvis flere minutters eksponering per herdeprosess. Ved tannbleking er også sterke lamper og laser introdusert. Det er anslått (22) at tannhelsepersonell uten øyebeskyttelse kan få doser av blått lys til øynene som overskrider aktuelle eksponeringsgrenser i løpet av få minutter. Bruk av øyebeskyttelse synes lite utbredt blant personalet ved slike lysherding. Det er derfor rimelig å anta at man innen dentalmedisin finner arbeidstakere som får for høye doser optisk stråling.

### **Laser**

Laser har en rekke anvendelsesområder innen industri, forskning, undervisning og medisin, og finnes i en del forbruksartikler. I de fleste industrianvendelsene vil laseren være innebygd, slik at mulig overeksponering ikke er aktuelt for andre enn servicepersonell. For medisinske anvendelser vil alle som jobber med og i nærheten av laseren kunne utsettes for direkte og reflektert stråling. Negative helseeffekter er begrenset til hud og øyne, hvor de mest alvorlige effekter kan oppstå i øyet. Det antas at de fleste som jobber med lasere, benytter beskyttelsesbriller. Øyeskader kan oppstå ved ulykkestilfeller, der personer glemmer å bruke eller bruker feil type beskyttelsesbriller, eller at uvedkommende personer kommer inn i laserstrålen. Omfanget antas ikke å være stort, men hvis skader skjer kan det innebære betydelig reduksjon eller permanent tap av syn.

### **UVC**

UVC blir brukt til desinfeksjon i næringsmiddelindustri, helsevesen, laboratorier etc. Eldre kilder kan være til dels dårlig sikret, mens moderne bestrålingsanlegg vanligvis leveres med manuelle eller automatiske sikkerhetsanordninger. Det har vært episoder hvor personale er blitt overeksponert, enten av eldre, usikrede kilder eller av moderne kilder hvor sikkerhetssystemene har sviktet eller var manuelt satt ut av drift. Manglende kompetanse eller kildeoversikt kan føre til utilsiktet overeksponering. Det er ikke mulig i dag å anslå omfanget av yrkesdoser som overskrider grenseverdier eller fører til akutte skader på hud og øyne.

### **UV i industrien**

Ved noen arbeidssituasjoner oppstår UV som en bieffekt. Det kan være særlig aktuelt ved sveising der de åpenbart største akutte strålehygieniske problemene skyldes UV fra lysbuen.

### **Naturlig UV**

Strålevernsforskriften gjelder ikke naturlig UV-stråling, men for utendørsarbeidere kan UV-doser fra sola innebære en helserisiko. Anbefalinger fra ICNIRP sier at eksponeringen av ubeskyttet øye og hud ikke skal overskride 30 J/m<sup>2</sup> CIE-vektet dose i løpet av en 8 timers arbeidsdag.

Beregninger foretatt på grunnlag av data fra nettverket for overvåking av naturlig UV i Norge viser at man i Sør-Norge i verste fall kan komme opp i 20 ganger denne verdien i løpet av en 8 timers dag midt på sommeren forutsatt ubeskyttet hud eller øyne eksponeres hele tiden. Tilsvarende nordpå er ca. 10 ganger eksponeringsgrensen. Grensene for en arbeidsdag kan ved klarvær overskrides i sør-Norge fra og med mars til og med oktober mens det nordpå kan være aktuelt fra april til september.

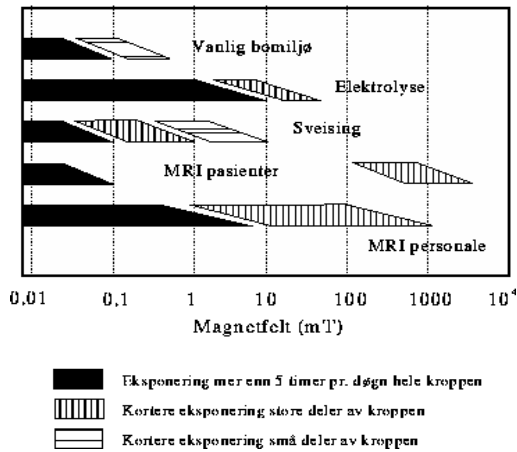


### *3.3.2 Elektromagnetiske felt - lavfrekvente felt og statiske magnetfelt*

Rundt alle elektriske installasjoner og strømførende ledninger finnes det elektriske og magnetiske felt. Eksponering i arbeidslivet er mangeartet, og forekommer i varierende grad i arbeidssituasjoner innen industri, medisin, kontorarbeid og lignende.

I figur 3.1 og 3.2 nedenfor vises en oversikt over mulig magnetfelt eksponering for endel forskjellige områder som innebærer eksponering for lavfrekvente, da fortrinnsvis 50 Hz, eller statiske magnetfelt. Det er benyttet tre forskjellige kategorier eksponering, alt etter dens varighet og lokalitet. Oversikten kan bli sterkt misvisende dersom den leses ukritisk. Det er flere forhold som kan føre til dette. Eksponering for de mest ekstreme feltene skjer relativt sjelden, og da gjerne bare på deler av kroppen så som hender eller føtter.

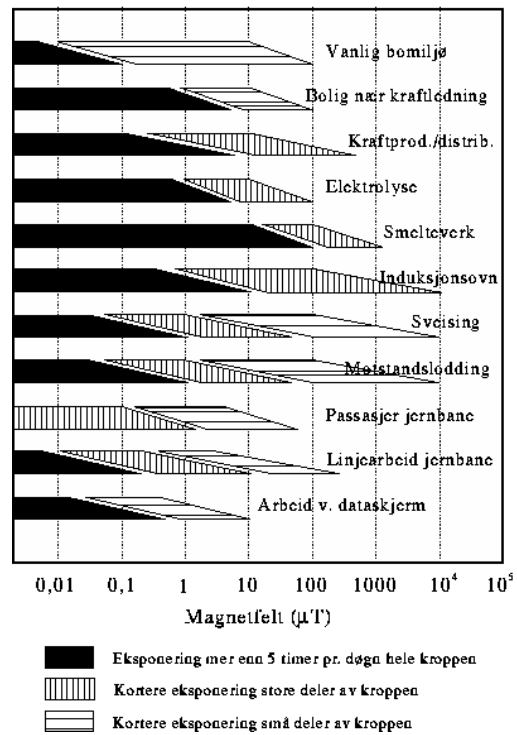
Eksponering for statiske magnetfelt i Norge i dag



Figur 3.1: Oversikt over eksponeringsnivå for statiske magnetfelt i Norge. (Kilde: NOU 1995:20).

Nivåene er oppgitt i mT, 1 mT = 1000 µT.

Eksponering for lavfrekvent magnetfelt i Norge i dag



Figur 3.2: Oversikt over eksponeringsnivå for lavfrekvente magnetfelt i Norge. (Kilde: NOU 1995:20).

### Kraftproduksjon, distribusjon av elektrisitet og smelteverk

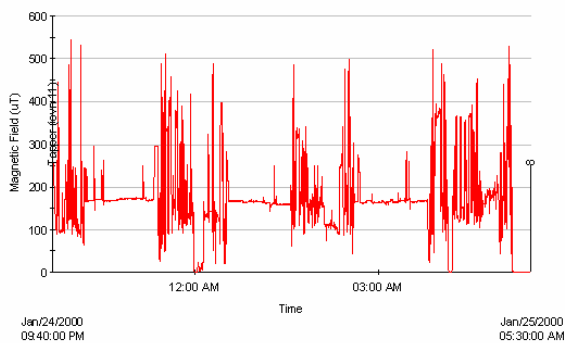
Ved kraftverk produseres eller benyttes 50-Hz vekselstrøm med store strømstyrker og til dels høye spenninger. Arbeidstakere i disse virksomhetene kan bli utsatt for elektriske og magnetiske felt som ligger opp mot nivåer som kan gi påvisbare akutte biologiske effekter ved at nervesignaler genereres. Det innebærer nivåer som overskrider ICNIRPs eksponeringsgrenser. Elektrisitetsarbeidere generelt har likevel en mer beskjeden eksponering enn hva folk flest forventer, og eksponeringen i løpet av arbeidsdagen er ofte ikke høyere enn den folk får som bor nær store høyspentledninger (23). Eksponeringen i smelteverk er nok noe høyere (24).

Ved arbeid tett inntil spenningsatte anlegg ved frekvens 50 Hz, som ved rydding under høyspentledninger, kan eksponeringsgrense for elektrisk feltstyrke på 10 kV/m av og til bli overskredet. Arbeid på spenningsatt høyspentlinje kan innebære høy eksponering for magnetfelt ved arbeid i mastene nær strømførende ledere, særlig for hode, hender og underarmer.

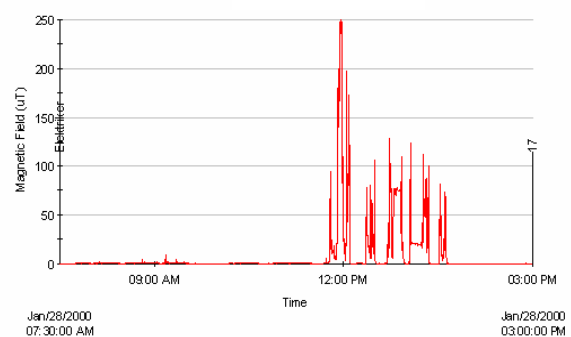
Tidsvariable magnetfelt kommer fortrinnsvis fra kraftforsyningsanlegg, ledninger, transformatorer, motorer og smelteovner. Feltet kan være inntil 20 000 µT, men middelvei er flere tierpotenser lavere og vil være under ICNIRPs grenser.



Statens strålevern har utført dosimetermålinger av 50 Hz magnetfelt i tre smelteverk. 45 ansatte ble utstyrt med dosimeter, og 62 hele arbeidsskift ble målt. Resultatene viser store forskjeller på eksponeringen blant de ulike arbeidstakerne. Mens gjennomsnittsverdiene varierte fra 0,3 til 150  $\mu\text{T}$  for ulike yrkesgrupper, var maksimalverdien for flere typer arbeidstakere rett over eller like under eksponeringsgrensen på 500  $\mu\text{T}$ . Variasjonen innen samme arbeidsdag kan også være høy som man kan se av utskriftene av det registrerte magnetfeltet for en tapper og en elektriker i henholdsvis figur 3.3 og 3.4. Tapperen har en forholdsvis høy “bakgrunnsverdi”, med klare topper ved arbeid nærmere ovnen. Elektrikeren derimot har en lav bakgrunn med kortvarige høye topper ved visse arbeidsoppgaver.



Figur 3.3. Utskrift av måleresultater for en tapper i et smelteverk.



Figur 3.4. Utskrift av måleresultater for en elektriker i et smelteverk.

## **Elektrolyseverk og elektrosvising**

Ved elektrolyseverk benyttes likestrøm med høye strømstyrker. Arbeidstakere i elektrolyseverk er først og fremst eksponert for sterke statiske magnetfelt. Flukstettheter kan være opptil 60 mT. Middelerdi over en arbeidsdag er typisk 0,1-1 mT. Her kan også forekomme tidsvariable felt fortrinnsvis fra kraftforsyningsledninger. Elektrisk feltstyrke mellom likeretterne (dette er ingen normal arbeidsplass) kan være som for kraftforsyningsarbeidere, ellers er verdiene lave. For magnetfelt vil eksponeringsgrensen på 200 mT ikke være overskredet.

Elektrosvising har store likhetstrekk med de to ovenstående arbeidssituasjonene. Sveising med sveiselikeretter (mest vanlig) kan nærmest sammenlignes med en kombinasjon av smelteverksarbeid og elektrolysearbeid. Spenningen er lav, slik at det ikke forekommer noe elektrisk felt av betydning, derimot finnes ganske sterke magnetfelt, både statiske og tidsvariable. Flukstetthet ved likestrømsveising er som regel under 10 mT, men bare deler av kroppen blir utsatt for såpass høye felt. I noe mindre utstrekning, og hovedsaklig på mindre sporadiske arbeider, benyttes vekselstrømsveising. Ved pågående sveising er magnetfeltet ca. 100  $\mu$ T, men bare deler av kroppen er utsatt for dette nivået. Ved motstandssveising kan flukstettheten for enkelte operasjoner gi en overskridelse av eksponeringsgrensen for 50 Hz for deler av kroppen.

## **Motstandslodding**

Ved motstandslodding sendes 50 Hz strøm gjennom gjenstander. Arbeidstakerne har gjerne matekabelen inn mot kroppen under bruk. Magnetisk flukstetthet kan være 1000-10 000  $\mu$ T lokalt, og omkring 20-50  $\mu$ T gjennomsnittlig over hele kroppen. Her er ubetydelige elektriske felt.

## **Magnetpulverprøving**

Magnetpulverprøving benyttes i stor grad ved overflatekontroll under fabrikasjon av stålkonstruksjoner, tanker, etc. Metoden er basert på induksjon av magnetfelt i objektet. Søking etter feil på overflaten av et objekt, gjøres ved bruk av et sterkt lavfrekvent magnetfelt og et magnetisk pulver.

Felteksposeringen ved magnetpulverprøving er målt (25) i forbindelse med testing av skovlehjul i kraftstasjoner. Helt inn til spolen ble det målt et magnetfelt på 18 000  $\mu$ T, men om lag 50 cm vekk fra midten av spolen var feltet redusert med en faktor 10 til rundt 1500  $\mu$ T.

Et felt på 1500  $\mu$ T representerer tre ganger eksponeringsgrense for yrkeseksponerte. Dersom bare hånd og underarm kommer så nær som 50 cm, antar man at eksponeringen tilfredsstillende de grunnleggende begrensningene gitt for indusert strømtetthet. ICNIRP har referert at kontrollerte laboratoriestudier av frivillige eksponert i fire til seks timer per dag i flere dager for lavfrekvente magnetfelt opp til 5 000  $\mu$ T, ikke har vist noen akutteffekter, og man har antatt at eksponering av lemmer opp til 25 000  $\mu$ T heller ikke vil gi slike akutteffekter (20).

## **Jernbane**

Arbeidstakere i Norges Statsbaner (NSB) og Flytoget blir på de elektrifiserte delene av jernbanenettet eksponert for elektriske og magnetiske felt fra kjørelidning og skinner, samt elektriske motorer og installasjoner. Det brukes hovedsaklig en frekvens på 16 2/3 Hz. Eksponeringen varierer en god del med type arbeid, og det er naturlig å skille mellom lokførere, vognpersonell og linjearbeidere.

Kun de som arbeider i friluft utendørs, det vil si hovedsakelig linjearbeidere, utsettes for elektriske felt der feltstyrken er omkring 1 kV/m som er innenfor ICNIRPs retningslinjer.

Magnetisk flukstetthet er svært varierende i tid. I førerrom kan magnetfeltet komme opp i 40  $\mu\text{T}$ , mens gjennomsnittsverdien kan ligge på rundt 2  $\mu\text{T}$ . I vognene er gjennomsnittet om lag 0,5-1  $\mu\text{T}$ . For linjearbeiderne er eksponering for magnetfelt sterkt avhengig av hvorvidt all strøm går gjennom skinnene (og kjøreledning) eller om såkalt returleder er benyttet. Det er rapportert nivåer rundt 2  $\mu\text{T}$  ved separat returleder og 5-40  $\mu\text{T}$  uten separat returleder (målt 1m over skinnene). Linjearbeidere kan utsettes for toppverdier på flere hundre  $\mu\text{T}$  lokalt.

Trikk og t-bane bruker statiske felt og eksponering blir i størrelsesorden jordmagnetfeltet.

### **Magnetfelt i fly, skip og buss**

Magnetfelt har vært målt i fly ved at piloter bar et magnetfeltdosimeter (26). I hovedsak ble pilotene eksponert i frekvensområdet 100-800 Hz. Nivåer registrert i forskjellige flytyper varierer mellom 0,5 og 1,3  $\mu\text{T}$  som er langt under ICNIRPs retningslinjer.

Statens strålevern har også utført målinger av lavfrekvente magnetfelt på skip. Ansatte med antatt eksponering for magnetfelt ble utstyrt med dosimeter. Seks skip var med i prosjektet. Medianverdiene ligger på samme nivå som man finner i kontormiljø. Gjennomsnitt- og medianverdiene i målingene lå også i denne undersøkelsen betydelig under grenseverdiene med en høyeste verdi på 9  $\mu\text{T}$  for en enkelt maskinist. Maksimalverdiene lå på samme måte som for ansatte i smelteverk opp mot grenseverdien på 500  $\mu\text{T}$ , men ikke i noe tilfelle over dette. Undersøkelsen viser at arbeidsrutiner og innredning av arbeidsplass kan ha stor betydning for eksponering. Der det er mulig, bør man søke å plassere arbeidsplassene i kontrollrommet lengst mulig unna strømførende enheter i tavlene. Ved nybygg bør det etableres separate tavlerom langt unna faste arbeidsplasser.

Nye busser er utstyrt med mye elektronikk rundt fører, og det har vært en del usikkerhet om hva dette representerer av eksponering for sjåførene. Statens strålevern har foretatt målinger med personbåret dosimeter på fire sjåfører på nye og gamle modeller. De høyeste feltverdiene for busser i trafikk (maks. 6,0  $\mu\text{T}$ ) var betydelig høyere enn feltet som ble målt for busser målt i ro, men med motor og alle elektroniske apparater på (0,67  $\mu\text{T}$ ). Dette kan tyde på at de høyeste feltverdiene bussjåfører utsettes for kommer fra forhold langs ruta, som passering av høyspentledninger, og ikke fra forhold inni bussen. Feltet ved førersetet til bussjåfører ble også målt med motoren i gang og alt elektronisk apparatur på. Nivået var fra 0,01-0,7  $\mu\text{T}$  med høyeste verdi ved fot. Nivåene som er registrert hittil er altså langt under eksponeringsgrensene og generelt lave.

### **Kontormaskiner**

En elektrisk skrivemaskin, kopimaskin, laserskriver eller annen elektrisk kontormaskin omgir seg med relativt beskjedne magnetfelt. Tett inntil maskinene kan det måles relativt sterke felt (typisk opp til 10  $\mu\text{T}$ ) når maskinen er aktiv. Opphold ved maskinene vil normalt være av kort varighet og i større avstand fra maskinen slik at nivåene vil være langt under eksponeringsgrensene.

### **Medisinsk diagnostikk og behandling**

I medisinen brukes magnettomografer (MRI) med et kraftig statisk magnetfelt sammen med radiofrekvente felt (RF). Pasienten utsettes for et statisk felt på 0,5-2 T (2000 mT), og personalet sporadisk for felt opp til vel en tiendedel av dette. Typisk verdi for personalet ved opphold i kontrollrom, er vesentlig lavere, ca. 1,0-3,0 mT, som er godt under anbefalt grense på 200 mT. Pacemakerpasienter har ikke adgang innenfor en avmerket sone der feltet er mer enn 0,5 mT. For øvrig vises til et

dokument American College of Radiology (ACR) har publisert, et ”White Paper in MR safety” (27) med anbefalinger om sikkerhet ved medisinsk bruk av MR.

### 3.3.3 Elektromagnetiske felt – radiofrekvente felt

Yrkeseksponering for radiofrekvente felt er økende, den håndholdte mobiltelefonen er et eksempel på ny eksponering det siste ti-året. I hovedsak kan følgende arbeidssituasjoner nevnes når det gjelder eksponering for RF:

- plastsveising, tretøking og treliming
- medisinsk varmebehandling som kortbølge- og mikrobølgediatermi
- oppvarming av mat i restaurantkjøkken og lignede (mikrobølgeovner)
- radaranlegg i forbindelse med overvåkning av luft- og sjøtrafikk
- radiokommunikasjon, radionavigering, radio- og TV-sending
- systemer for overvåkning (innbruddsalarm, automatisk dør i varehus etc).
- trådløst kommunikasjonsutstyr (mobiltelefoni, DECT, etc.)
- arbeid med induksjonsovner
- arbeid med induksjonsvarmere
- overflatebehandling
- elektronisk artikkelovervåkning, tyverialarmer

Tabell 3.2. Noen typiske anvendelsesområder av radiofrekvente felt og mikrobølger ved forskjellige frekvenser.

Båndbetegnelse	Forkortelse	Frekvensområde	Eksempler – eksponering
Very low frequency	VLF	3-30 kHz	Dataskjermer, ubåt-kommunikasjon, induksjonsovn, elektronisk artikkelovervåkning
Low frequency	LF	30-300 kHz	Loran navigasjons-sendere
Medium frequency	MF	300-3000 kHz	AM kringkasting, amatørradio, induksjonsvarmere, diatermi
High frequency	HF	3-30 MHz	Internasjonal kringkasting, amatørradio, plastsveising, treliming/tøking kortbølge diatermi
Very high frequency	VHF	30-300 MHz	FM-sendere, VHF TV, VHF-kommunikasjon
Ultrahigh frequency	UHF	300-3000 MHz	Mobiltelefoni, mikrobølgeovn, luftfartsradar
Super high frequency	SHF	3-30 GHz	Satelitt stasjoner, flyradar, politiradar, annen radar

Tabell 3.2 gir en oversikt over radiofrekvente felt og anvendelsen av frekvensområder (28). Under følger en sammenfatning av hvert frekvensområdet. Mer detaljer om eksponeringen i disse frekvensområdene kan finnes hos bl.a. Mantiply et al (28) og Floderus et al. (29)

#### VLF 3-30 kHz

ICNIRPs norm for dette frekvensområdet er henholdsvis 610 V/m og 24,4 A/m for elektrisk og magnetisk feltstyrke.



### **Arbeid med induksjonsovner/induksjonsvarmere m.m.**

Vanlig frekvensområde for industrielle induksjonsovner er 480 Hz - 7 kHz. Ekstremt høye verdier er blitt målt inntil en 800 Hz ovn, et E-felt på henholdsvis 4000 V/m og 1400 V/m på 0,1 og 0,5 m avstand. Tilsvarende H-felt var 955 og 390 A/m. Det ble vist at disse høye verdier kunne være en del av arbeidstakernes eksponering. Middelverdier for eksponerte arbeidstakere vil vanligvis være godt under ICNIRPs grenseverdier, men ekstremverdier over dette kan forekomme.

Induksjonsovn for bruk ved matlaging opererer på frekvensen 22 til 34 kHz. På 30 cm avstand er det målt elektrisk felt rundt 5 V/m og magnetisk feltstyrke 0,7-1,6 A/m, altså langt under eksponeringsgrensene.

Ved induksjonsloddning (10-20 kHz) vil den verste situasjon oppstå når arbeidstakerne har matekabelen inn mot kroppen under bruk. Elektrisk feltstyrke varierer og kan være opptil 600 V/m 10 cm fra kabelen (29).

### **Elektronisk artikkelovervåking**

Det finnes i dag flere typer varesikringsalarmer som benytter ulike teknologi og ulike deler av det elektromagnetiske spekteret fra noen hundre Hz til MHz-området.

I bibliotek brukes et system med en elektromagnetisk plate som operer på 650 Hz for å magnetisere og avmagnetisere bøker. Metalldetektor på flyplass opererer på 5 kHz mens aktuelle frekvenser for tyveri-alarmer i butikk kan være mellom 5 og 10 kHz.

Statens strålevern har gjennomført enkelte målinger på slike varesikringsalarmer. Arbeidstakere har båret måleapparat som kontinuerlig registrerer magnetfeltet hvert 10 sekund. Det ble målt lave gjennomsnittsverdier for butikkarbeidere, i området 0,06-0,12  $\mu\text{T}$ . Dette er på nivå med det som finnes i boliger.

For bibliotekansatte ble det i ett av bibliotekene som benytter elektromagnetiske alarmsystemer målt noe høyere gjennomsnittsverdier på det personbårede måleapparatet (0,31-0,47  $\mu\text{T}$ ). Feltet mellom alarmsystemets sendere som overvåker utgangsdøren til biblioteket ble målt til å ligge mellom 160 og 240  $\mu\text{T}$ . Dette er høyere nivåer enn de grensene som anbefales av ICNIRP ved denne frekvensen (115  $\mu\text{T}$ ). Det innebærer imidlertid kun svært kortvarig eksponering ved passering, men dersom man har en permanent arbeidsplass nær et slikt alarmsystem, vil nivåene være nødvendig høye selv om de ikke overskrider grenseverdien.

#### LF 30 - 300 kHz

En kjenner ikke så mange aktuelle anvendelser for dette frekvensområdet utover et sivilt radar-navigasjonssystem som benytter et pulset signal rundt 100 kHz, kalt **Loran**. Amerikanske målinger av feltstyrke viste at nivåene i 3-4 meters avstand var godt under eksponeringsgrensene. De største målte felt helt nær anlegget kunne komme over ICNIRPs eksponeringsgrenser.

#### MF 300-3000 kHz

### **AM kringkasting**

AM kringkasting sendes på frekvenser mellom 0,5-1,6 MHz og kan sende med svært variert effekt, typisk fra 1 kW til 1,5 MW. Opphold svært nær de kraftigste antennene vil innebære eksponering over

eksponeringsgrensene. Målinger inni senderhus viste svært lave nivåer bortsett fra noe lekkasje helt inntil senderenhetene som var neglisjerbare i noen cm avstand.

### **Medisinsk varmebehandling som kortbølge- og mikrobølgediatermi**

Kirurgisk diatermi brukes ved kirurgiske inngrep og opererer på frekvenser mellom 0,5-2,4 MHz med effekter inntil 1 kW. Feltene kan under typiske forhold variere fra 200 V/m og 0,1 A/m på 40 cm avstand til 1000 V/m og 0,35 A/m på 10 cm avstand fra skjæresonden. Feltene avhenger av anvendelsen og kan være høyere enn dette ved noen moder. Ved aktiv bruk vil nivåene inntil ledningen kunne overskride ICNIRPs eksponeringsgrenser for elektrisk felt slik at hender og armer kan eksponeres for høye nivåer mens resten av kroppen ikke eksponeres for vesentlige nivåer.

Kortbølgebehandling hos fysioterapeut brukes for å gi muskelstimulering og opererer på frekvensen 1,0 MHz. Eksponering av personalet kommer an på bruken av utstyret. Ved normal bruk, det vil si i kontakt med pasientens kropp, er feltet fysioterapeuten utsettes for svært lavt.

#### HF 3-30 MHz

Eksponering fra kilder som plastsveiseutstyr (13-27 MHz), treliming/herding (13 MHz) varme-forseglingsutstyr (5-120 MHz) og medisinsk diatermisk utstyr (kontinuerlig eller pulset, 27 MHz) er vanskelig å skjerme og kan innebære eksponeringsnivåer over eksponeringsgrensene.

### **Radiosamband**

Radiosamband blant annet i Forsvaret benytter sendere i HF området. Ved opphold svært nær antennene eller ved service på selve senderenhetene kan overeksponering forekomme i korte perioder avhengig av arbeidsrutiner.

### **Plastsveising, tretøking, treliming**

Radiofrekvente felt ved frekvens ca. 13 eller 27 MHz benyttes for rask oppvarming av materiale for tøking av tre, herding av lim, sveising av plast etc. Strålevernet har foretatt mye målinger rundt slike maskiner som viser at ved betjening av manuelle maskiner der man må holde materialet på plass under sveiseprosessen og hendene kommer svært nær elektrodene, kan relativt høy eksponering av hendene forekomme. Ved arbeidsoperasjoner der operatør befinner seg litt vekk fra elektrodene, er det sjelden noe problem med høy eksponering. Ved liming eller tøking av tre kan feltet være 3-4 ganger eksponeringsgrensen tett inntil pressen, men innebærer vanligvis lave nivåer der personer normalt oppholder seg. I dag er de fleste maskiner bra skjermet og arbeidsprosessene mer automatiserte, men overeksponering er fortsatt et problem ved enkelte prosesser.

#### VHF 30-300 MHz

### **FM radio og VHF TV-sendere**

Målinger i sendemasten for FM radio (88-108 MHz) og VHF TV-sendere (54-88 MHz og 174-216 MHz) har vist elektrisk feltstyrke opp til noen hundre V/m og magnetfelt opp til noen A/m. Ved service som innebærer at man må opp i sendemasten kan det forekomme passering rett foran antenner som innebærer kortvarig eksponering for slike felt. Arbeidsrutiner skal ivareta at ingen oppholder seg rett foran antenneelementene ved sending med full effekt. Feltstyrke på bakken under slike antenner er stort sett langt under eksponeringsgrensene.

### UHF 300 MHz - 3 GHz

#### **UHF TV-sendere**

UHF TV-sendere opererer på frekvens 470-806 MHz og har vanligvis en sendestyrke på 30 kW med utstrålt effekt opp til 5 MW. Eksponeringssituasjonen er som for VHF TV-sendere omtalt over.

#### **Mikrobølgeovner i restaurantkjøkken**

Mikrobølgeovner opererer ved frekvensen 2,4 GHz. En internasjonal standard stiller krav til maksimal lekkasjestråling i 5 cm avstand fra ovnen og man oppholder seg normalt lenger fra ovnen enn det. Målinger har vist at ved 1 m avstand fra ovnen er feltet typisk på 1-2 V/m når ovnen er i bruk som innebærer en eksponering langt under ICNIRPs norm. Eksponeringen for arbeidstakeren vil være ubetydelig. Dersom det er feil på ovnen (for eksempel at døren ikke lukkes ordentlig), vil eksponering kunne forekomme, men skade forårsaket av dette er ikke rapportert i Norge på årevis.

#### **Trådløst kommunikasjonsutstyr (mobiltelefoni, DECT, WLAN etc.)**

Det innføres mer og mer trådløst kommunikasjonsutstyr i kontormiljøer. Trådløse nettverk bruker frekvenser rundt 2400 MHz. Maksimal utstrålt effekt er normalt 100 mW. Selv om nivåene er lave bør det legges opp til å holde en viss avstand mellom personer og antenner. Det anbefales å montere base-stasjonen høyt opp på veggen og ikke i umiddelbar nærhet av permanent arbeidsplass for å holde eksponering så lavt som mulig. Det innføres også trådløse telefoner eller mobiltelefoner i stedet for fast-telefoner. Eksponering over eksponeringsgrenser forekommer ikke, men enkelte kan oppleve ubehag.

#### **Radar for lufttrafikk**

En lufttrafikkradar opererer vanligvis på frekvens noen få GHz. Pulsing og antennerotasjon fører til at gjennomsnittsnivå av feltstyrke er betraktelig lavere enn spissnivå, typisk kan spisseffekten være  $10^5$  ganger høyere enn gjennomsnittet. ICNIRPs anbefalinger gir også eksponeringsgrenser for effektetthet ( $W/m^2$ ) i selve pulsen. Ved vurdering av eksponeringssituasjoner må derfor både gjennomsnittseffekt og pulseffekt vurderes.

Normalt skal opphold rett foran en radarantenne, i høyde med antennen ikke forekomme og overeksponering av personell ved slikt utstyr forekommer sjelden ved normal drift. Antennene er normalt plassert høyt slik at radarstrålen sveiper over hodet på personer i nærheten. Ved radarer plassert på bakken skal sikkerhetsinstrukser ivareta at ingen ferdes innenfor en eventuell sikkerhetssone. Ved service både på antenne og sender kan overeksponering forekomme dersom antennen er i drift under arbeidet.

### SHF 3-30 GHz

#### **Flyradar**

Værradarer i fly opererer på frekvens 9,4 GHz. Radaren sender i pulser, og rett foran en værradarer er det beregnet at spissnivået kan være langt over ICNIRPs eksponeringsgrenser. Også gjennomsnittlig feltstyrke kan overskride anbefalte maksimalgrenser rett foran (avstand 10 cm) radaren. På 10 meters avstand er nivåene langt lavere

#### **Politiradar**

Politiradarer opererer i dette frekvensområdet. Maksimalfeltet i sendespalten på håndholdte politiradarer kan variere mellom 30 og 120 V/m. Operatørens eksponering kan i følge amerikanske

vrderinger være mellom 1 og 15 V/m når enheten peker bort fra operatøren. Felt fra 30 til 300 m fra en slik radar varierer fra 1 til 0,1 V/m.

## 4 Oppsummering og diskusjon

### 4.1 Ioniserende stråling

Det er først og fremst for ioniserende stråling det eksisterer kontinuerlige måleserier å vise til både for arbeidstakere i Norge og på verdensbasis. UNSCEAR utgir med jevne mellomrom rapporter som tar for seg doser til arbeidstakere som eksponeres for ioniserende stråling på verdensbasis, og i UNSCEAR 2000 (15) er dosedata for årene 1990-1994 presentert. Tabell 4.1 gir en oversikt over utvalgte grupper yrkeseksponerte. Tabellen presenterer gjennomsnittsdosen for alle yrkeseksponerte og alle som har fått registrert dose på verdensbasis for perioden 1990-1994 og i Norge i 2004. Gjennomsnittsdosene på verdensbasis er gitt som effektive doser.

Tabell 4.1. Gjennomsnittsdoser (mSv) på verdensbasis for årene 1990-1994 og for Norge i 2004.

Arbeidstakergruppe/ virksomhetsområde	Verden (1990-1994)		Norge (2004)	
	$\bar{D}$	$\bar{D}_{>0}$	$\bar{D}$	$\bar{D}_{>0}$
Radiolog	0,5	1,34	2,25	5,94
Tannlege	0,06	0,89	0	0
Veterinærmedisin	0,18	0,62	0,07	0,93
Industriell radiografi	1,58	3,17	0,14	0,99
Nukleær industri (reaktor drift)	1,4	2,7	1,3	2,8
Kosmisk stråling for flypersonell	3	- <sup>1)</sup>	1,5 - 2,5	- <sup>1)</sup>
Radon på arbeidsplasser under jord og i bergrom <sup>2)</sup>	0,7	- <sup>1)</sup>	2 - 3	- <sup>1)</sup>

<sup>1)</sup> Ikke relevant siden kosmisk stråling og radondosene er basert på hhv. beregninger og målinger på arbeidssted og siden naturlig stråling alltid gir doser over 0.

<sup>2)</sup> I UNSCEARs data er ikke urangruver tatt med.

Ved sammenligning av doser i Norge i forhold til på verdensbasis må det tas hensyn til at dosedataene fra UNSCEAR er 10 år eldre enn de norske. Dersom gjennomsnittsdosene for norske arbeidstakere sammenlignes med gjennomsnittsdosene på verdensbasis er det godt samsvar.

Når det gjelder radiologer, ligger dosene i Norge noe høyere enn på verdensbasis. Årsaken til dette kan være ulik praksis i de forskjellige land når det gjelder plassering av dosimeteret. I mange land bæres dosimeteret under en beskyttende blyfrakk. I Norge bæres dosimeteret over en eventuell blyfrakk, og dette vil således føre til høyere dose på dosimeteret.

For industriell radiografi ligger dosene i Norge noe lavere enn på verdensbasis. Dette kan skyldes strenge krav til strålebruk for industriell radiografi i norsk forvaltning. Når det gjelder doseovervåking av tannleger i Norge, har dette et svært lite omfang, noe som kan ses av tabell 2.4. For veterinærer samsvarer dosene bra.

Når det gjelder doser til ekstremiteter, er det særlig fingerdoser for radiologer som utfører biopsier ved hjelp av CT-gjennomlysning, som gir grunn til bekymring. Med fingrene i primærstrålen under pågående eksponering, vil dosegrensen på 500 mSv kunne overskrides i løpet av 1-2 prosedyrer.

Flypersonell er den yrkesgruppen som mottar den største kollektive dosen (mellom 7 og 9 mSv/år). De høyeste individuelle dosene vil imidlertid ligge langt under dosegrensen for yrkeseksponerte på 20 mSv/år. Gjennomsnittsdosen ligger litt i underkant av UNSCEAR. Det skyldes sannsynligvis at UNSCEAR har basert sine beregninger på flypersonell som er i full jobb som flyvere eller kabinansatte, mens den norske yrkesgruppen også omfatter personell som i perioder er satt på bakken på grunn av sykdom, deltidsjobb, etc. Gjennomsnittsdosen for arbeidsplasser under jord er noe høyere enn UNSCEAR, og det skyldes at det er høyere radonkonsentrasjoner i de norske anleggene som kommer inn i denne kategorien. Kollektivdosen er beregnet til å ligge mellom 4 og 5 mSv/år, men individdosene kan for enkelte arbeidstakere langt overstige dosegrensen på 20 mSv/år.

## 4.2 Ikke-ioniserende stråling

I hovedsak eksponeres norske arbeidstakere for nivåer under anbefalte retningslinjer fra ICNIRP. Det gjelder både UV, lavfrekvente og radiofrekvente felt. Overskridelser av grenseverdier kan imidlertid forekomme, og dette er oppsummert nedenfor. Det er videre et krav at all eksponering skal holdes så lavt som praktisk mulig grunnet fortsatt usikkerhet om mulige helseeffekter av nivåer under ICNIRPs anbefalinger. Ikke-ioniserende stråling er et område der Strålevernets forvaltning er under utvikling og kvantitative data er i liten grad tilgjengelige. I fremtidige rapporter vil imidlertid resultater av Strålevernets tilsynsarbeid og annen innrapportering være et viktig grunnlag for bedre å vurdere faktisk eksponering.

Ved lysbehandlingsenheter i kliniske avdelinger kan overskridelse av UV-grenser forekomme. Tannhelsepersonell kan få doser av blått lys til øynene som overskrider aktuelle eksponeringsgrenser i løpet av få minutter. Konsekvent bruk av øyebeskyttelse blant personalet ved lysherding er viktig og lysbleking av tenner er viktig.

Det har vært episoder hvor personale er blitt overeksponert for UVC-kilder, enten av eldre, usikrede kilder eller av moderne kilder hvor sikkerhetssystemene har sviktet eller var manuelt satt ut av drift.

Dagens regelverk omfatter ikke naturlig stråling fra sola. Ved utendørsarbeid kan imidlertid UV-dosene fra slik eksponering overskride grenseverdiene for UV-eksponering fra og med mars til og med oktober i Sør-Norge. Nordpå kan dette være tilfelle fra april til september.

Ved arbeid tett inntil spenningsatte høyspentanlegg, som ved rydding under høyspentledninger, kan ICNIRPs eksponeringsgrense for elektrisk feltstyrke på 10 kV/m bli overskredet. Arbeid på spenningsatt linje kan også innebære høy eksponering for magnetfelt ved arbeid i mastene nær strømførende ledere.

Ved motstandssveising og ved magnetpulvertesting kan 50 Hz magnetfeltet for enkelte operasjoner gi en overskridelse av ICNIRPs eksponeringsgrense på 500 µT for deler av kroppen.

Ved plastsveising av større presenninger eller ved små manuelle maskiner kan overskridelse av ICNIRPs anbefalinger forekomme.

Medisinsk elektrokirurgisk utstyr kan gi høy RF eksponering av hender og underarmer.

## 5 Referanser

1. Conversion coefficients for use in radiological protection against external radiation. International Commission on Radiological Protection, ICRP publication 74. Annals of the ICRP 1996; 26, (3-4). Oxford: Pergamon Press, 1996.
2. X and gamma reference radiation for calibrating dosimeters and for determining their response as a function of photon energy – part 3: Calibration of area and personal dosimeters and the measurements of their response as a function of energy and angle of incidence. ISO International standard 4037-3:1999. Geneva: International Organization for Standardization, ISO, 1999.
3. Franken Y. Guidance on the use of protective lead aprons in medical radiology: Protection efficiency and correction factors for personal dosimetry. I: 6<sup>th</sup> European ALARA Network Workshop, Madrid 2002. Occupational exposure optimization in the medical field and radiopharmaceutical industry: Proceedings. Madrid: Ministerio de Ciencia y Tecnologia, 2002: 135-139.
4. Forskrift av 21. november 2003 nr. 1362 om strålevern og bruk av stråling (strålevernsforskriften). <http://www.lovdatab.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-20031121-1362.html> (06.09.05)
5. Lov av 12. mai 2000 nr. 36 om strålevern og bruk av stråling. <http://www.lovdatab.no/all/hl-20000512-036.html> (06.09.05)
6. 1990 Recommendations of the International Commission on Radiological Protection. ICRP publication 60. Annals of the ICRP, 1990; 21 (1-3). Oxford: Pergamon Press, 1991.
7. Forskrift av 14. juni 1985 nr. 1157 om arbeid med ioniserende stråling. <http://www.lovdatab.no/cgi-wift/ldles?doc=/sf/sf/sf-19850614-1157.html> (06.09.05)
8. Strålevern hefte 23. Radon på arbeidsplasser under jord og i bergrom. Østerås: Statens strålevern, 2000. <http://www.nrpa.no/dokumentarkiv/StraalevernHefte23.pdf> (06.09.05)
9. Protection against radon-222 at home and at work. International Commission on Radiological Commission, ICRP publication 65. Annals of the ICRP 1993; 23, (2). Oxford: Pergamon, 2004.
10. Council directive 90/641 Euratom of 4 December 1990 on the operational protection of outside workers exposed to the risk of ionizing radiation during their activities in controlled areas. Official Journal L 349 13.12.1990: 0021-0025. <http://europa.eu.int/eur-lex/lex/LexUriServ/LexUriServ.do?uri=CELEX:31990L0641:EN:HTML> (06.09.05)
11. StrålevernRapport 2005:16. Paulsen G.U., Sekse T., Widmark A. Årsrapport fra persondosimetritjenesten ved Statens strålevern 2004. Østerås: Statens strålevern 2005.

12. Sæther HK, Davidson T-M, Widmark A, Wøhni T. Measurements of finger doses in X-ray guided surgery, nuclear medicine and research. *Radiation Protection Dosimetry* 2005;113: 392-395.
13. Olerud HM, Ølberg S, Widmark A, Hauser H. Physician and patient radiation dose in various CT guided biopsy protocols. Poster. I: 6<sup>th</sup> European ALARA Network Workshop, Madrid 2002. Occupational exposure optimization in the medical field and radiopharmaceutical industry: Proceedings. Madrid: Ministerio de Ciencia y Tecnologia, 2002: 106-109.
14. Strand T, Kolstad AK. Radon på arbeidsplasser under jord 1990. SIS Arbeidsdokument 1991:4. Østerås: Statens institutt for strålehygiene, SIS, 1991.
15. Sources and effects of ionizing radiation: Volume 1: Sources. United Nations Scientific Committee on the Effects of Atomic Radiations. UNSCEAR 2000 report to the General Assembly, with scientific annexes. New York: United Nations, 2000.
16. Lindborg N. Flygplansbesättningar och kosmisk strålning. *Strålskyddsnytt* 2000; 18 nr. 2: 1-6. <http://www.ssi.se/tidningar/ssn.html> (07.09.05)
17. StrålevernRapport 1997:1. Strand T., Lysebo I., Kristensen D., Birovljev A. Radioaktive avleiringer i olje- og gassproduksjon. Østerås: Statens strålevern, 1997.
18. Radiation protection and the management of radioactive waste in the oil and gas industry. IAEA safety report serie, no. 34. Wien: International Atomic Energy Agency, IAEA, 2003.
19. ICNIRP 1998. Guidelines for limiting exposure to time-varying electric, magnetic and electromagnetic fields (up to 300 GHz). International Commission on Non-Ionizing Radiation Protection. *Health Physics* 1998; 74: 494-522.
20. INIRC 1990. Interim guidelines on limits of exposure to 50/60 Hz electric and magnetic fields. International Non-ionizing Radiation Committee of the International Radiation Protection Association. *Health Physics* 1990; 58: 113-122.
21. Christensen T. Protection against ultraviolet and visible radiation used in medical therapy. I: 11th International Congress of the International Radiation Protection Association, Madrid 2004. Widening the radiation protection world: Full papers. Madrid: Spanish Radiation Protection Society, SENDA, 2004. CD-ROM. <http://www.irpa11.com/new/pdfs/8b1.pdf> (06.09.05)
22. Roll EB, Dahl JE, Johnsen B, Christensen T. Se opp for lys fra herdelamper. *Den norske tannlegeforenings tidende* 2002; 112: 576-580.
23. Mäkinen P, Järvinen P, Valjus J. 50 Hz sähköja magneettikenttäaltistus suurjännitetöissä (finsk, engelsk abstract). Imatran Voima Oy forskningsrapport IVO-A-01/91. Helsinki 1991.



24. Thommesen G, Bjølseth PS. Statiske og lavfrekvente magnetfelt i norske smelte- og elektrolyseverk. SIS-rapport 1992:1. Østerås: Statens institutt for strålehygiene, 1992.
25. Vistnes AI. Magnetfelt til omgivelsene ved magnetpulverprøving av løpehjul i kraftverk. Oslo: Universitet i Oslo, Fysisk institutt, 2003.
26. Nicholas JS, Butler GC, Lackland DT, Hood WC Jr, Hoel DG, Mohr LC Jr. Flight deck magnetic fields in commercial aircraft. *American Journal of Industrial Medicine* 2000; 38: 548-554.
27. American College of Radiology. White paper on MR safety. Combined Papers of 2002 and 2004.  
[http://www.acr.org/s\\_acr/bin.asp?TrackID=&SID=1&DID=12183&CID=1848&VID=2&DOC=File.PDF](http://www.acr.org/s_acr/bin.asp?TrackID=&SID=1&DID=12183&CID=1848&VID=2&DOC=File.PDF) (13.06.05)
28. Mantiply ED, Pohl KR, Poppell SW, Murphy JA. Summary of measured radiofrequency electric and magnetic fields (10 kHz to 30 GHz) in the general and work environment. *Bioelectromagnetics* 1997; 18: 563-577.
29. Floderus B, Stenlund C, Carlgren F. Occupational exposures to high frequency electromagnetic fields in the intermediate range (>300 Hz-10 MHz). *Bioelectromagnetics* 2002; 23: 568-577.

**StrålevernRapport 2005:1**

Virksomhetsplan 2005

**StrålevernRapport 2005:2**

Natural Radioactivity in Produced Water from the Norwegian Oil and Gas Industry in 2003

**StrålevernRapport 2005:3**

Kartlegging av historiske utslipp til Kjeller-området og vurdering av mulige helsekonsekvenser

**StrålevernRapport 2005:4**

Assessment of environmental, health and safety consequences of decommissioning radioisotope thermal generators in NW Russia

**StrålevernRapport 2005:5**

Environmental Impact Assessments in Arctic Environments  
Protection of plants and animals

**StrålevernRapport 2005:6**

Anbefaling for opplæring av medisinske fysikere i stråleterapi i Norge

**StrålevernRapport 2005:6b**

Øvingsoppgaver til Anbefaling for opplæring av medisinske fysikere i stråleterapi i Norge

**StrålevernRapport 2005:7**

Radionuclides in Marine and Terrestrial Mammals of Svalbard

**StrålevernRapport 2005:8**

Forvaltningsstrategi om magnetfelt og helse ved høyspentanlegg

**StrålevernRapport 2005:9**

Statens strålevern i Mammografiprogrammet  
Databaseprogram for kvalitetskontrollresultater

**StrålevernRapport 2005:10**

Radioaktiv forurensing i sauekjøtt, ku- og geitemelk, 1988-2004

**StrålevernRapport 2005:11**

Tilsyn med medisinsk strålebruk ved fem Helseforetak i 2004  
- etter ny forskrift om strålevern og bruk av stråling

**StrålevernRapport 2005:12**

Stråledose til screena kvinner i Mammografiprogrammet

**StrålevernRapport 2005:13**

Reprosessering og lagring av brukt reaktorbrensel i Russland  
Status og alternativer

**StrålevernRapport 2005:14**

Norsk støtte til sikkerhetsarbeid ved russiske kjernekraftverk  
Strategi for 2005 - 2007