

# Radioaktivitet

## i olje- og gassproduksjonen

ET TEMAHEFTE UTGITT AV OLJEINDUSTRIENS LANDSFORENING - JUNI 2002

## Naturlig radioaktivitet

Da jorden ble dannet for fire-fem milliarder år siden oppstod en mengde radioaktive stoffer fordi det var uorden i sammensetningen av partiklene i atomkjernene. For å oppnå en stabil tilstand, «skyter» atomkjernene ut overskuddspartiklene. Da sier vi at atomkjernene er radioaktive.

De fleste radioaktive stoffer fra skapelsesprosessen har forlenget dødd ut, men enkelte stoffer har så lang halveringstid at de fremdeles finnes i jordskorpen. Disse kalles naturlige radioaktive stoffer. Eksempler på slike stoffer er uran-238, thorium-232 og kalium-40 som alle har halveringstider på flere milliarder år.

Olje- og gassindustrien produserer ikke et eneste atom radioaktivt stoff, men virksomheten fører til at naturlige

forekommende radioaktive stoffer bringes nærmere menneskene.

I et radioaktivt stoff er atomkjernene ustabile. Ved spaltning sendes det ut ioniserende stråling i form av alfa- eller betapartikler. Strålingen er usynlig og har verken lukt eller smak, og kan kun påvises ved måleinstrumenter eller fotografisk film. Strålingen kan stoppes av luft, betong eller stål, avhengig av stråletype.

Dette heftet handler om radioaktivitet i olje- og gassproduksjonen, konsentrasjonene i fast form, i produksjonsvannet, i gass, støv eller i havet omkring. Vi vil fortelle hvor vi finner disse stoffene og hvilken betydning de kan ha for mennesker og miljø.

## Sammen om en god deponiløsning

- Miljøstiftelsen Bellona er fornøyd med at Oljeindustrien har valgt å gå inn for en deponeringsløsning av

lavradioaktivt avfall som baserer seg på komprimering og sluttdeponering i fjellhallen i Himdalen, sier Bellonas

medarbeider Nils Bøhmer.



Side 7

## Forsvinnende små effekter på helse og miljø

- Helse- og miljøeffektene fra naturlig radioaktive stoffer i olje- og gassproduksjon er så forsvinnende små at de egentlig er helt uten betydning, men vi skal likevel ta på alvor og respektere at folk har spesielle følelser knyttet til begrepene «stråling» og «radioaktivitet», sier Terje Strand, professor i strålingsfysikk ved Universitetet i Oslo.



Side 10

$\alpha$   $\beta$   $\gamma$

# Bakgrunnsstrålingen

Naturlig bakgrunnsstråling kommer fra bakken, verdensrommet eller fra stoffer i vår egen kropp. I gjennomsnitt mottar en nordmann en samlet stråledose på ca 4 millisievert (mSv) per år. Det er imidlertid store variasjoner avhengig av hvor du bor i landet. I områder med store forekomster av radon i byggegrunnen vil dosene kunne være 10 til 100 ganger høyere. Det er også store forskjeller fra land til land. I Nederland er gjennomsnittsdosen til befolkningen i underkant av 2 millisievert (mSv) per år, og det skyldes svært lave

radonkonsentrasjoner i inneluften på grunn av høyt grunnvann som reduserer radonutstrømningen fra grunnen.

De radioaktive stoffene i oljeproduksjonen skyldes forekomst av uran- og thoriummineraler i de sedimentære bergartene i reservoaret. I de fleste olje- og gassreservoarene er det påvist elementer fra disse radioaktive seriene hvor uran-238-serien er den viktigste og mest dominerende. Den naturlige bakgrunnsstrålingen i havet er imidlertid lavere enn på land fordi det ikke er stråling fra radioaktive stoffer i bakken eller fra radon.

## Aktivitet og stråledose

Aktiviteten av et radioaktivt stoff sier noe om hvor mange atomkjerner som desintegrerer per tidsenhet. Alle radioaktive stoffer har en bestemt halveringstid, f.eks. har radium-226 en halveringstid på 1600 år. Det vil si at antallet atomkjerner i en radiumkilde reduseres til halvparten etter 1600 år. Når vi vet hvilket grunnstoff vi har, og halveringstiden, er det mulig å regne seg frem til hvor mye vi har av stoffet i gram. Aktivitet er derfor et mål for hvor mye vi har av et radioaktivt stoff og måles i becquerel (Bq).

Stråledose er et mål for hvor mye stråling en person mottar og måles i sievert (Sv), eller i praksis millisievert (mSv) som er 1/1000 sievert. Stråledosen avhenger av type stråling (alfa, beta eller gamma) og hvordan man eksponeres, dvs. ekstern stråling eller innhalasjon/inntak av radioaktive stoffer.

### Innhold:

Radioaktivitet i produsert vann	side 3
Radioaktivitet i gass	side 4
Radioaktivitet i faste stoffer	side 5
Avfallshåndtering	side 6
Radioaktivitet i matvarer	side 8
Minimal radioaktivitet i sjømat	side 9
Industrien må opptre ryddig	side 11
Miljøovervåking	side 12
Opptak av radioaktivitet i marine økosystemer	side 13
Hva er radioaktivitet	side 14

# Radioaktivitet i produsert vann

I de sedimentære bergartene under havflaten, som inneholder olje og gass, finnes også varierende mengder radium. Når det bores en ny brønn, blir det alltid foretatt målinger av naturlig radioaktivitet i ulike dybder. Disse målingene kan si noe om hvilke typer bergarter som finnes. I porer i bergartene finnes det ikke bare olje og gass, men også vann. Dette vannet inneholder små mengder radioaktivitet.

Når uran brytes ned ved utsending av stråling, dannes radium. Radium løser seg i det saltholdige porevannet og den spesifikke aktiviteten i porevannet kan derfor bli høyere enn i bergartene. Når vi produserer olje og gass, følger det med radioaktive stoffer både med oljen og gassen, men mest med vannet. Etter

hvert som oljebrønnene blir eldre, vil mer og mer vann fra reservoaret følge med den produserte oljen og gassen. Dette vannet kalles produsert vann og blir separert fra oljen på plattformen, renses for rester av olje og sluppet ut i havet. Ofte injiseres sjøvann i reservoaret for å opprettholde trykket i brønnene. Det kan føre til større utfelling av radium i form av sulfater.

## Variierende konsentrasjoner

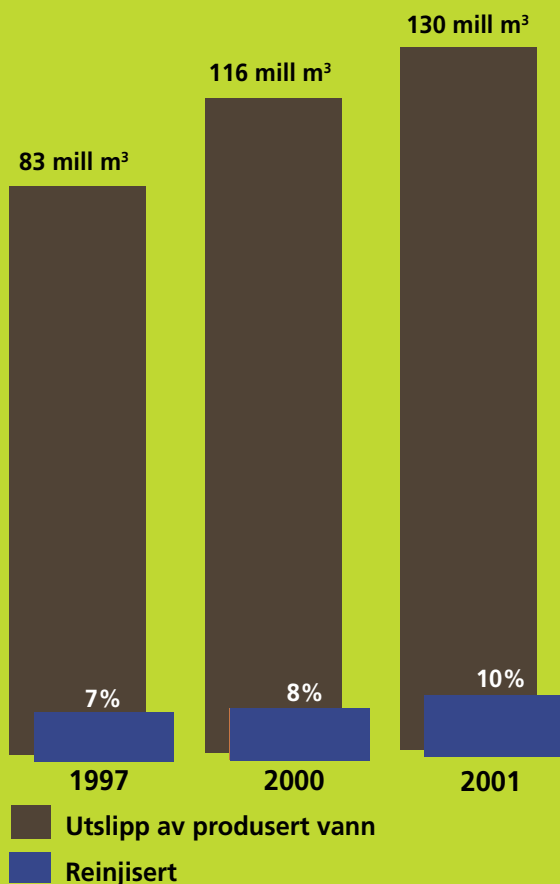
Det er foretatt måling av radium i produsert vann, og konsentrasjonen kan variere en del. På enkelte plattformer er det målt konsentrasjoner varierende fra 0,7 til 10,4 becquerel (Bq) per liter.

Konsentrasjonen av radium i produsert vann ligger vanligvis i områdene 3,8 -

4,8 becquerel (Bq) per liter for radium-226, og mellom 2,1 - 4,2 becquerel (Bq) per liter for radium-228. Tilsvarende for havvann er 0,7 - 8,5 millibecquerel (mBq) per liter for radium-226 og 0,02 - 6,6 millibecquerel (mBq) per liter for radium-228.

Generelt er konsentrasjonen av radium-226 i produsert vann mellom 100 og 1000 ganger høyere enn konsentrasjonen i havvann. Konsentrasjonen i havvann øker med dybden og er også høyere ved kysten enn ute på åpent hav. Det finnes også andre radioaktive stoffer i det produserte vannet, men radium-226 og radium-228 står for mer enn 90 prosent av den totale radioaktiviteten.

Utslipp av produsert vann



## Utslipp av produsert vann

De siste ti årene har utslippene av produsert vann fra norsk sokkel økt betraktelig. Det skyldes både at vanninnholdet øker med feltets alder, og at oljeproduksjonen har økt. I 1997 var mengden produsert vann 83,6 millioner kubikkmeter, ca 7 prosent ble reinjisert. I 2000 var utslippet økt til 116 millioner kubikkmeter og ca 8 prosent ble reinjisert. I 2001 var utslippet på 130 millioner kubikkmeter og ca 10 prosent ble reinjisert. Mengden produsert vann på norsk sokkel forventes å øke også i fremtiden.

## Umulig å påvise

Utslippet av produsert vann i år 2000 inneholdt ca 400 milliarder becquerel. Dette er et stort tall, men det er bare ca en titusendel av den mengde radium som allerede finnes i Nordsjøen. Forskerne hevder derfor at det ikke vil være mulig å påvise økt radiuminnhold i vannet i Nordsjøen som følge av oljevirkosheten, bortsett fra i sedimenter nær utslippspunktene.

# Radioaktivitet i gass

All naturgass vil inneholde litt naturlig radioaktivitet. Mekanismen er at når radium brytes ned, dannes gassen radon. Ved produksjon av gass fra reservoarene vil det derfor følge litt radongass med gasstrømmen til overflaten, gjennom prosessanlegget og videre inn i transportsystemet. Litt radon vil følge med helt til gassbrukerne.

## Radon i naturgassen

Radon-222, som er nedbrytningsprodukt etter radium-226, har en relativt kort halveringstid bare 3,8 dager. Dette betyr at for hver 3,8 dager som går, halveres mengden radon i gassen. Noe blir likevel alltid igjen.

For flytende naturgass (LNG), som har relativt lang transporttid til forbrukerne, vil mengden radon bli tilsvarende mindre. Dette vil gjelde for gassen fra Snøhvit-feltet.

Det foretas rutinemessig målinger av radon i naturgass i alle letebrønner. Målinger av radon i gass fra norsk sokkel viser verdier i området 10 - 140 becquerel per kubikkmeter (Bq/m<sup>3</sup>). På Snøhvit-feltet ble det påvist ca 30 becquerel per kubikkmeter (Bq/m<sup>3</sup>) radon i gassen. Til sammenligning er det på amerikanske oljefelt målt konsentrasjoner helt opp til 50.000 Bq/m<sup>3</sup>.

## Liten innvirkning på inneluften

Beregninger har vist at en konsentrasjon på 100 Bq/m<sup>3</sup> i naturgass, vil ved normal bruk av gass til koking, gi en økning av radoninnholdet i inneluft på ca 0,03 Bq/m<sup>3</sup>.

I Norge er det gjennomsnittlige innhold av naturlig radon i inneluft beregnet til 88 becquerel per kubikkmeter (Bq/m<sup>3</sup>). Dersom konsentra-

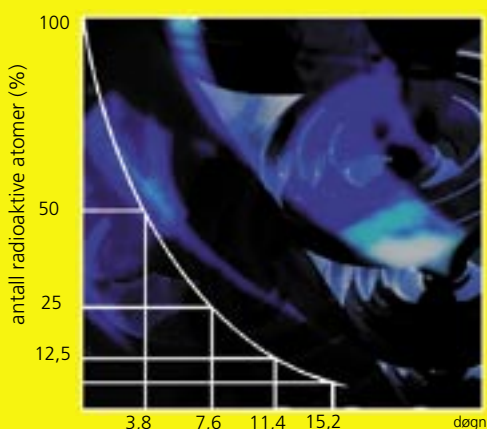
sjonen overstiger 200 Bq/m<sup>3</sup>, anbefaler myndighetene at tiltak settes i verk for å redusere radoninnholdet.

I England er det gjort beregninger som viser at radoninnhold i naturgass bidrar til en økning av den naturlige bakgrunnsstråling på ca 4 promille. (4 mikrosievert per år).

## Blyavleiring i rørene

Det største problemet med radon i naturgass vil trolig være dannelse av radioaktivt bly i gassrørene. Når radon brytes ned dannes nye radioaktive stoffer, såkalte radon-døtre. Ett av disse stoffene er bly-210 med en halveringstid på 22 år. Erfaring viser at det på gassproduserende plattformer etter relativt lang produksjonstid kan påvises bly i form av metallisk bly eller blyulfid, som et tynt og nesten usynlig belegg i gassrørene. Denne avleiringsformen innebærer imidlertid ikke det problem at rørene tettes.

Når stadig «frisk» radon strømmer gjennom rørene, vil datterproduktene, som er faste stoffer, avsettes på rørveggene. Dette stoffet tas hånd om når rør skiftes ut og når plattformer stenges ned. Avsetningene vil avta med avstanden fra produksjonsplattformen.



Radon har kort nedbrytningstid. Allerede etter 3,8 døgn er radonmengden halvert, og etter 15,2 døgn er mengden kun en sekstendel av det opprinnelige.

# Radioaktivitet i faste stoffer

Midt på åttitallet oppdaget oljeselskapene at virksomheten på sokkelen kunne medføre radioaktive stoffer som et uønsket biprodukt i de faste avleiringene i bunnsedimentene rundt plattformene. Dette har sin årsak i at når sjøvann blander seg med reservoarvann skjer utfelling av sulfater som inneholder litt radiumsulfat i fast form. Dette er tungt løselige stoffer som vil kunne avsettes som avleiringer i produksjonsrør og prosessanlegg. En viss mengde radiumsulfat vil følge med som små partikler i det produserte vannet og havne i sjøen, mens noe radium vil være oppløst i vannfasen.

Problemer med avleiringer er at de kan føre til redusert produksjon simpelthen fordi rørene gror igjen. Overraskelsen var at disse avleiringene var svakt radioaktive. De fikk derfor betegnelsen lavradioaktive avleiringer (LRA).

## Frigrenser

Statens strålevern har fastsatt frigrenser for lavradioaktive avleiringer til 10 becquerel per gram (Bq/g) for radium-226, radium-228 og bly-210.

Det betyr at avfallet ikke er å betrakte som radioaktivt i de tilfeller hvor ingen av disse tre radionuklidene har en spesifikk aktivitet som overstiger frigrensen på 10 Bq/g. Avfallet kan da

reinjiseres eller deponeres på en vanlig fyllplass forutsatt at avleiringene ikke inneholder andre stoffer som gjør at det må behandles som spesialavfall.

Når målinger viser spesifikk aktivitet over 10 Bq/g for minst en av disse radionuklidene, så skal avfallet klassifiseres som radioaktivt. Selv om spesifikk aktivitet kommer opp mot 1000 Bq/g for disse stoffene så er avfallet likevel å betrakte som lavradioaktivt avfall. I de tilfeller det blir påvist forekomst av slikt avfall skal det settes i verk vernetiltak for personell som håndterer avfall og utstyr som inneholder slike stoffer. Det er satt krav til midlertidig lagring av slikt lavradioaktivt avfall i påvente av en løsning for endelig disponering.

## Ufarlig, men problematisk

Målinger som er gjort i avleiringer på installasjoner i norsk del av kontinentalsokkelen viser at den spesifikke aktivitet varierer fra 4 til 40 becquerel per gram (Bq/g). I USA er det påvist avleiringer med opptil 1000 Bq/g radium. På bakgrunn av målinger på avfall fra norsk sokkel er gjennomsnittlig spesifikk aktivitet av radium-226 beregnet til ca 25 becquerel per gram (Bq/g). Disse avleiringene representerer stråledoser som er godt innenfor det myndighetene anser som ufarlige. Likevel innebærer

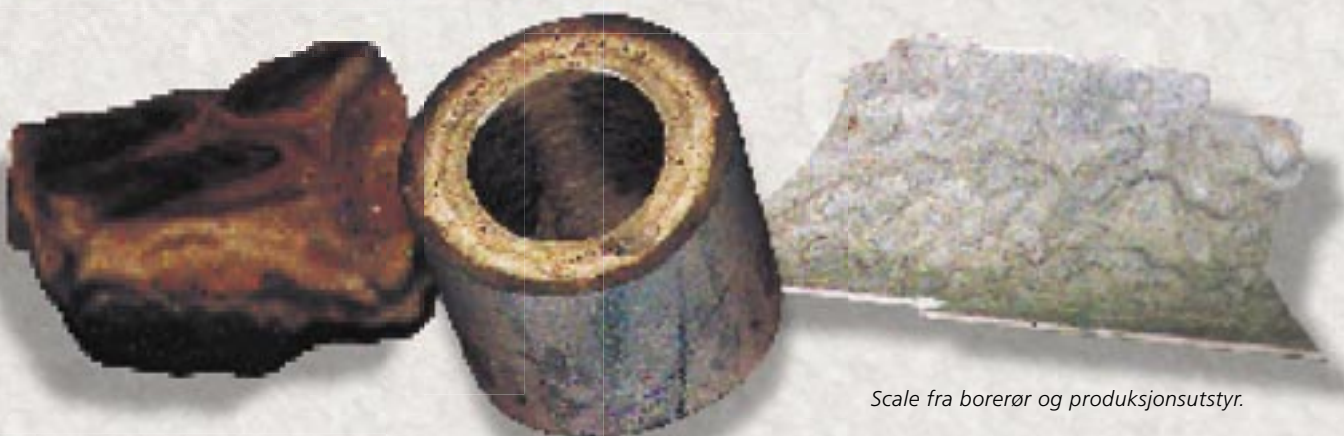
avfallet problemer for olje- og gassindustrien. I første rekke hindrer en opphoping av avleiringer i rør og annet utstyr en effektiv og jevn produksjon. Derneft må industrien sammen med myndighetene finne løsninger for praktisk og sikker håndtering og lagring av avfallet.

I olje- og gassindustrien er lavradioaktive avleiringer mer et avfallsproblem enn det er et helse- og arbeidsmiljøproblem. Prinsippet i alt strålevern er at all unødig stråling skal unngås. Samtidig vil oljeindustrien arbeide for å etablere forsvarlige rutiner for lagring av stoffet.

Det største problemet er kanskje likevel de følelser og reaksjoner som vekkes blant folk når temaet radioaktivitet bringes på bane.

## Hva slags stoffer?

Det radioaktive stoffet som skaper problemer er radium. Dette er et nedbrytningsprodukt av uran og thorium. I uranserien finnes radium som radium-226 med halveringstid 1600 år og i thoriumserien som radium-228 med halveringstid 5,8 år. Radium løses opp i det saltholdige produksjonsvannet ved olje- og gassutvinning og har derfor større mobilitet enn uran og thorium. I formasjonsvannet i olje- og gasslommene finnes ofte



Scale fra borerør og produksjonsutstyr.



høye konsentrasjoner av barium, strontium og kalsium. Problemet med avleiringer oppstår når sjøvann med høyt sulfatinnhold blander seg med dette formasjonsvannet. Da utfelles barium, strontium og radiumsulfat som alle er tungt oppløselige stoffer og avsettes i produksjonsrør, prosessutstyr, separatorer osv. Siden radium tilhører samme kjemiske gruppe som de nevnte stoffene vil også radium felles ut som radiumsulfat. Konsentrasjonen av radium er svært lav. Det finnes ca 100 milliarder bariumatomer for hvert radiumatom. Likevel skaper disse små mengdene radium problemer for oss.

Avleiringer finnes også som karbonater, særlig  $\text{CaCO}_3$ . Normalt har disse betydelig lavere radioaktivitet.

I tillegg kan avleiringene inneholde radioaktivt bly-210. På norsk sokkel har målinger hittil vist svært lave verdier av bly-210, men selskapene er oppmerksomme på problemene dette kan medføre.

### Avfall etter rengjøring

Etter hvert som avleiringene dannes, må rør og andre komponenter skiftes ut. Før rørene kan brukes på nytt eller smeltes om, må de rengjøres. Dette skjer vanligvis ved høytrykkspyling med

trykk opptil 1000 bar. Før rengjøringen må det foretas målinger for å fastslå om avleiringene er radioaktive. Dersom det fastslås at avleiringene inneholder mer enn 10 becquerel per gram (Bq/g) radium-226 eller radium-228, betegnes avleiringene som lavradioaktivt avfall (LRA) og må tas vare på som radioaktivt avfall. Oljeproduiserende land rundt Nordsjøen genererer årlig omkring 200 tonn fast spesialavfall som har et forhøyet innhold av naturlig forekommende radioaktive stoffer.

Andelen fra norsk sokkel utgjør ca 25 tonn.



## Avfallshåndtering

Inntil 1995 ble totalt 70 tonn lavradioaktivt avfall (LRA) fjernet fra produksjonsrør og annet utstyr og sendt videre til Institutt for energiteknikk på Kjeller. Dette avfallet ble senere deponert i Himdalen i Akershus, som er det eneste godkjente deponi for radioaktivt avfall i Norge.

### Mellomlagring

På grunn av stadig økning i volum bestemte Statens strålevern i 1995 av lavradioaktivt avfall (LRA) ikke lenger skal kunne deponeres i Himdalen. Inntil andre muligheter var utredet ble oljeselskapene bedt om midlertidig å lagre dette etter nærmere retningslinjer på forsyningsbasene.

### Injisering i offshorebrønner

I en innstilling fra 1998 anbefalte et utvalg injeksjon i offshorebrønner som den beste metode for sluttdeponering av LRA som er mellomlagret på land. I høringsrunden kom det imidlertid fram at dette vil være i strid med London-konvensjonen som forbyr dumping av slikt materiale.

Myndighetene, Statens forurensningstilsyn og Statens strålevern, tillater i dag at lavradioaktivt avfall (LRA) blir injisert i egnede brønner sammen med produksjonsavfall fra samme plattform som der avfallet er produsert. Det har også vært gitt tillatelser til å transportere LRA som skal injiseres til andre plattformer på samme felt.

### Fortsatt uløst problem

I dag er det midlertidig lagret mellom 100 og 200 tonn lavradioaktive avleiringer på ni godkjente lagerplasser i Norge. Disse avleiringene består i hovedsak av bariumsulfat fra rengjøring av produksjonsrør, men også rensing av annet utstyr som er tatt inn til land. Undersøkelser viser at en del av disse avleiringene kan inneholde betydelige mengder oljeholdig materiale og tungmetaller. I tillegg, finnes også et ukjent antall tonn rør-bend, ventiler, filterinnsatser og annet metallskrap som ikke er rengjort med hensyn til LRA.

Oljeindustriens Landsforening (OLF) har samarbeidet med myndighetene og Miljøstiftelsen Bellona for å

finne en løsning på problemet med sluttdeponering av LRA på land. Det har synes å være to mulige veier å gå:

- 1) Først rens avleiringene for olje og tungmetaller og deretter kjemisk skille ut de radioaktive stoffene. Metoden forutsetter at en mindre fraksjon (ca 1-2 prosent) av avfallet kan deponeres i Himdalen.
- 2) Statens strålevern har godkjent et deponi i Sokndal i Rogaland under forutsetning av at avfallet ikke inneholder andre forurensende stoffer. Det er ikke avklart hvem som skal eie og drive et slikt deponi, heller ikke hvilke krav som stilles til forbehandlingen av avfallet. Totalt utgjør mengden radium som kan lagres ca. 0,5 g.

Ny teknologi gjør at det nå er mulig å komprimere volumet av det lavradioaktive avfallet. Derfor har OLF anbefalt Olje- og energidepartementet å velge det første alternativet.

# - Sammen om en god deponiløsning

***- Vi er godt fornøyd med at oljeindustrien nå har valgt å satse på en deponeringsløsning av lavradioaktivt avfall i Himdalen, sier miljøstiftelsen Bellonas kjernefysiske fagmedarbeider, Nils Bøhmer.***

I den siste tiden er det utviklet lovende teknologi som kan skille ut oljerestene og tungmetallene fra lavradioaktivt avfall (LRA), og som samtidig reduserer volumet av det radioaktive avfallet til bare noen prosenter av den opprinnelige mengden. Med en slik volumreduksjon har Oljeindustriens Landsforening (OLF) konkludert med at den beste løsningen må være å deponere dette radioaktive avfallet i det allerede eksisterende deponiet for radioaktivt avfall i Himdalen i Aurskog-Høland i Akershus.

## **Teknologien finnes**

- Miljøstiftelsen Bellona har samarbeidet med OLF om denne løsningen, sier Nils Bøhmer. Vi er svært fornøyd med at industrien ønsker en løsning som benytter seg av best tilgjengelig teknologi og allerede eksisterende deponi. Vi håper at forslaget fra OLF overfor myndighetene vil få fortløpende gang i arbeidet med å bli kvitt midlertidige lagre langs kysten av Vestlandet, sier han.

Teknologien som er i stand til å komprimere LRA ned til et par prosent av den opprinnelige mengden,

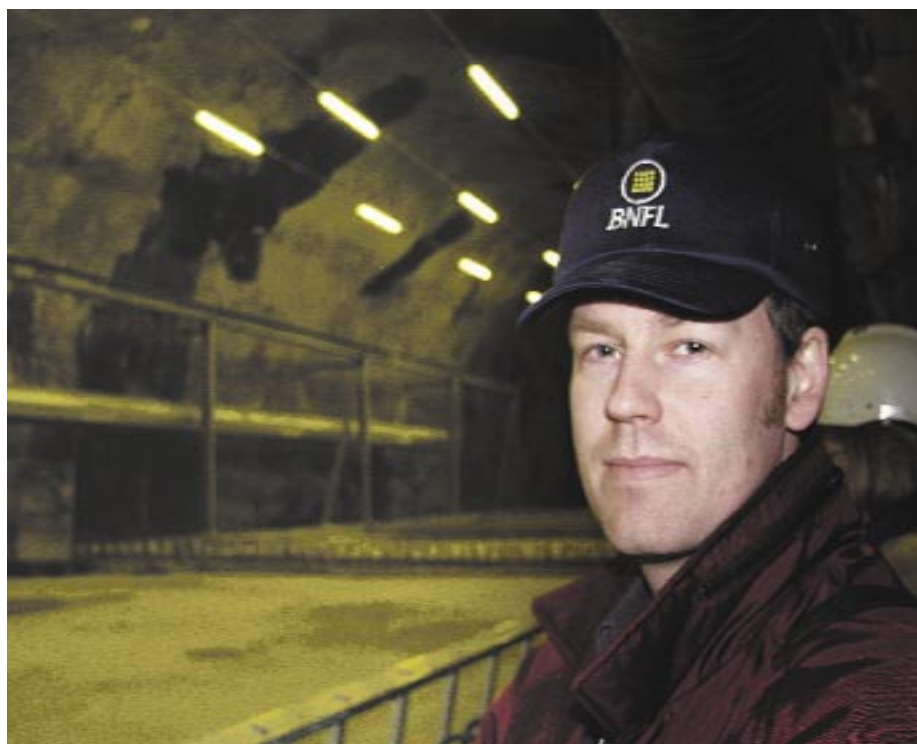
og samtidig skille ut oljerester og tungmetaller, er tilgjengelig.

- Riktignok gjenstår det å dokumentere at prosessen også lar seg gjennomføre i praksis i storskala, og ikke bare på en laboratoriebank. Det krever nok både tid og penger, sier Bøhmer. Det forutsettes også en konsesjonsendring for anlegget i Himdalen, i og med at naturlig forekommende radium ikke kommer inn under Atomenergiloven,

som er bakgrunnen for Himdalen-konsesjonen fra 1990, legger han til.

Bøhmer har tro på en fortløpende gang i prosessen mot endelig løsning på LRA-problemet.

- Hvis det legges litt press på oljeselskapene slik at de bevilger de pengene som skal til, kan et nytt anlegg kan være i gang med komprimerings- og renseprosessene allerede i løpet av 2004, sier Bellona-representanten.



*Nils Bøhmer: Fagmedarbeider i Bellona, i fjellhallen i Himdalen.*

# Radioaktivitet i matvarer

Dersom matvarer forurenses med radioaktive stoffer, vil dette kunne gi stråledoser til mennesker. Hvor stor denne stråledosen blir avhenger av flere forhold. Kjemisk og biologisk reagerer radioaktive stoffer på samme måte som det grunnstoff de tilhører. Eksempelvis vil radioaktivt jern (for eksempel jern-55) oppføre seg kjemisk som vanlig jern. Dersom radioaktivt jern kommer inn i kroppen vil det fordele seg i kroppen og skilles ut som vanlig jern.

## Oppholdstiden i kroppen

Hvor lenge et radioaktivt stoff oppholder seg i kroppen avhenger av hvor raskt det skilles ut. Vi kan da snakke om en biologisk halveringstid. Den effektive halveringstid i kroppen avhenger både av den biologiske og den fysiske halveringstid. Et eksempel er inntak av radioaktivt cesium (cesium-137): Cesium er et typisk stoff som kan spres som nedfall fra atombombesprengninger eller kjernekraftulykker. Når dette stoffet havner på bakken, vil noe bli tatt opp i gress og bli overført til muskelmassen

hos beitende dyr, først og fremst sauer, kyr og reinsdyr. Når menneskene spiser kjøttet, tas noe av cesiumet opp i maten vi spiser og havner i våre muskler. Derifra skilles stoffet ut med en biologisk halveringstid på ca 100 dager. Den effektive halveringstid er også ca 100 dager, men kan reduseres gjennom diett med bentonitt. Den fysiske halveringstid er 30 år og bidrar lite til å redusere innholdet.

## Ulike stoffer til ulike kroppsdelar

Alle radioaktive stoffer har sine egne veier når de kommer inn i kroppen gjennom maten. Som nevnt vil radioaktivt cesium havne i musklene og derfor gi stråledose til hele kroppen.

Radium finner veien til benvev. Utskillelsen derfra er meget langsom og stort sett vil den radium som deponeres i beinbygningen forbli i kroppen så lenge vi lever. Radioaktivt jod, som i likhet med cesium er et nedfallsprodukt etter kjernekraftulykker, konsentreres i skjoldbruskkjertelen.

## Radioaktive stoffer og ytre miljø

Normalt vil de grenseverdier som settes for mennesker også sikre miljøet. Når vi vurderer utslipp av radioaktive stoffer, skal det også tas hensyn til det ytre miljø. Det har ikke vært mulig å påvise skader på skalldyr eller fisk under forsøk, som lever i vann med meget høyt radium-innhold. Dette skyldes blant annet at disse organismene er mer motstandsdyktige mot stråling enn mennesker.

Det er imidlertid hensynet til miljøet som tilsier at radioaktive stoffer ikke skal dumpes i sjøen eller deponeres under sjøen, selv om stråledosene til mennesker ved slike handlinger er akseptable.

Dersom vi trekker miljøhensynet langt, kan vi tenke oss at radioaktivt skifer ikke tillates sluppet ut i sjøen av hensyn til miljøet, selv om skader på marine organismer, fisk eller mennesker ikke kan påvises.

## Radioaktivitet i fisk

Stråledoser til mennesker på grunn av radioaktiv forurensing i havet vil i første rekke avhenge av innholdet av radioaktivitet i fisk. Undersøkelser viser at fisken fra Barentshavet er blant den minst forurensede på den nordlige halvkule.

## Renest fisk i Barentshavet

Innholdet i menneskeskapt radioaktivitet i fisk fra Barentshavet ligger på ca 1 becquerel per kilo (Bq/kg). Dette er en lav verdi, under aktivitetsnivået vi finner i fisk fra for eksempel Østersjøen. Nivået er også langt under internasjonale grenser for tillatte aktivitetsnivåer i mat. Som i de fleste andre land er grensen i Norge for radioaktivitet i fisk satt til 600 becquerel per kilogram (Bq/kg).



# - Kunnskap gir trygghet

***- Mangel på kunnskap kan skape frykt, og fordi folk flest forbinder radioaktivitet med atomulykker (Tsjernobyl), farlig opphopning og håndtering av atomavfall på Kolahalvøya, vil den samme frykten trigges når man hører om radioaktive stoffer i andre sammenhenger, sier Jan Tuxen Thingvold i Statoil.***



*Jan Tuxen Thingvold:  
Utdannet cand. real. med hovedfag  
i kjernekjemi. Han er nå ansatt som  
overingeniør i Statoil med ansvar for  
kjemikalietesting offshore og utvelgelse  
og anbefaling av kjemikalier til bruk på  
Statfjord-feltet.*

- Det viser seg gang på gang at den udefinerbare angsten for det ukjente og truende slipper taket når fakta om de radioaktive stoffene i oljeproduksjonen blir presentert. Alle fakta på bordet og full åpenhet er helt avgjørende, sier Jan Tuxen Thingvold.

Thingvold mener at et av trusselbildene som befolkningen kan ha i forbindelse med lavradioaktivt avfall, er at avfallet under gitte omstendigheter skal eksplodere og forurense omgivelsene. Dette er absolutt ikke mulig.

## **Radium kan ikke eksplodere**

Lavradioaktivt avfall består av mineraler med et svært lite innhold av det radioaktive stoffet radium og dens datterprodukter. Radium er kjemisk bundet til sulfat og er like uløselig som mineralene det er bundet til. En god del av avfallet inneholder noe olje og tungmetaller i konsentrasjoner som gjør

at det uavhengig av det radioaktive innholdet likevel er å betrakte som spesialavfall.

Ved desintegrasjon av radium dannes den radioaktive edelgassen radon, som kan gi doser til lungene ved innånding. Denne gassen er imidlertid ikke eksplosiv.

Det er svært små mengder radium og radon i LRA. De ca 200 tonn som per i dag er midlertidig lagret på basene inneholder totalt i underkant av et halvt gram radium, og bare noen få mikrogram radon.

## **Havet er naturlig radioaktivt**

Naturlig forekommende radioaktive stoffer (hovedsakelig radium) i utslippsvannet fra olje- og gassindustrien påvirker ikke livet i havet og forstyrrer ikke den naturlige balansen av radioaktivitet som er der fra naturens side. Innholdet av radium i havvannet er konstant.

## Minimal stråling fra sjømat

Radium som havner i sjøen vil kunne gi stråledoser til mennesker gjennom plankton til fisk og fra fisk til mennesker. Radium kan også overføres til marine matvarer som reker, krepser og hummer. Som nevnt havner det mest radium i benvev og skall som ikke spises av mennesker. Det er derfor svært lite av det radium som finnes i sjøen som

kommer tilbake til menneskene. Likevel skjer det en oppkonsentrering av radium i fisk, bløtdyr og skalldyr i forhold til nivået i sjøvann. I litteraturen brukes en konsentrasjonsfaktor på 100 for dette, noe som betyr at mengde radium per gram i fisk eller skalldyr (våt vekt) er 100 ganger høyere enn i sjøvann. Dersom en person spiser mye fisk hele

sitt liv og en tenker seg at all fisken er fanget nær utslippssteder for produsert vann, kan en beregne en tilleggsdose fra radium på ca 10 mikrosievert per år, mindre enn en prosent av den naturlige bakgrunnsstråling. Strålingseksperter karakteriserer disse stråledosene som neglisjerbare.

# - Folks bekymring må respekteres!

***- Helse- og miljøeffektene knyttet til lavradioaktivt avfall i olje- og gassindustrien er så forsvinnende små at de egentlig er helt uten betydning. Men vi skal likevel respektere at folk engster seg. Det er knyttet spesielle følelser til begrepene «stråling» og «radioaktivitet», sier Terje Strand, professor i strålingsfysikk ved Universitetet i Oslo.***

- Det eneste reelle strålingsproblem i Norge i dag er knyttet til radongass i våre boliger. Radongass som siver inn i huset fra bergarter i grunnen kan over tid medføre en økt risiko for utvikling av lungekreft, men her er det mulig å gjøre tiltak for å redusere konsentrasjonene. Et annet viktig område er bruk av stråling i medisin, men her er bruken både innen diagnostikk og terapi under kontrollerte og optimaliserte betingelser med liten fare for uønskede virkninger og ihvertfall ingen fare for miljøet. Radioaktivitet og stråling som helse- og miljørisiko er overdrevet, sier Strand. Store overskrifter i media i forbindelse med utslipp av radioaktivitet fra reprosesseringsanlegget for kjernebrensel i Sellafield og radioaktivitet i sauekjøtt og reinsdyrkjøtt fra nedfall etter Tsjernobyl gir inntrykk av at stråling representerer en trussel for helse og miljø. Sannheten er at de fleste av disse kildene gir et nesten ubetydelig bidrag sammenliknet med den naturlige bakgrunnsstrålingen som alltid har vært der og som vi alle utsettes for til daglig, sier Strand.

Selv om Terje Strand, rent vitenskapelig betrakter strålefare for miljø og helse ved den radioaktiviteten som frigjøres i forbindelse med olje- og gassutvinning som liten, vil han likevel være forsiktig



*Terje Strand:*

*Professor i strålings- og miljøfysikk ved Universitetet i Oslo og konsulent i strålevern og måleteknikk, spesielt innenfor LRA-problematikken i oljeindustrien.*

med å bruke betegnelsen «ufarlig» overfor allmennheten. Ufarlig kan oppfattes av folk flest som at det overhode ikke finnes noen strålefare og vil kunne gi inntrykk av at man forsøker å bagatellisere. Vi skal ta folks frykt for stråling og radioaktivitet på alvor, samtidig som vi forsøker å gi så faglig riktig informasjon som mulig.

## **Inhibitorer**

Strand kan imidlertid se et framtidig problem knyttet til den utstrakte bruken av såkalte inhibitorer for å

forhindre avleiringer på innsiden av produksjonsutstyret. Inhibitorer er organiske forbindelser som forhindrer deponering på innsiden av produksjonssystemet, men gjør at en større andel av stoffene følger med det produserte vannet ut i havet. Disse organiske kompleksene, som også vil inneholde radioaktive stoffer, kan føre til større opptak i levende organismer i det marine miljø, og på den måten komme inn i næringskjeden.

- Dette er neppe noe stort miljøproblem, men bruken av inhibitorer er økende og derfor kan dette bli et større problem i fremtiden, sier Strand.

## **Blyavsetninger i gassproduksjon**

I forbindelse med gassproduksjon kan det dannes tynne belegg på innsiden av produksjons-, transport og lagringssystemet med forhøyde konsentrasjoner av bly-210. Dette belegget kan representere et strålingsproblem og må fjernes når plattformer, tankskip etc går til opphogging. I motsatt fall kan vi risikere at stålverkene, med de strenge regler som gjelder for radioaktive stoffer, ikke vil ta imot slikt metall for omsmelting, sier Strand.

# - Industrien må opptre ryddig og kontrollert

***- Det er viktig at vi overvåker radioaktiviteten i havet og i sjømat. Olje- og gassindustrien utvider derfor sine måleprogrammer og arbeider mot å redusere utslippene mest mulig, blant annet ved å reinjisere produsert vann, sier Helge Aamlid i Statoil.***

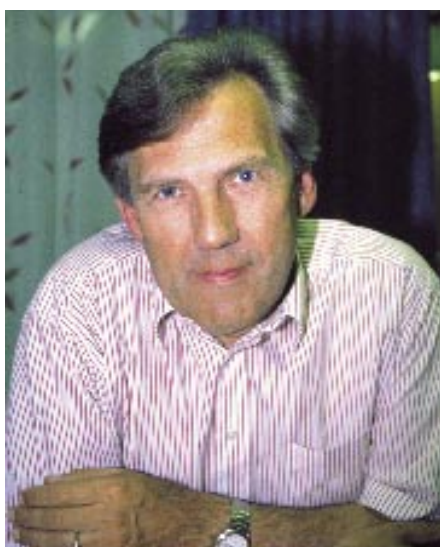
Det var en overraskelse på norsk sokkel midt i åttiårene da vi oppdaget at avleiringene i produksjonsrørene inneholdt så mange radioaktive atomer at myndighetenes grenser for friklassifisering ble overskredet, og avfallet måtte karakteriseres som radioaktivt. Derved må avfallet behandles i henhold til et til dels komplisert regelverk, og det vanskeligste av alle spørsmål kommer: Hvor skal vi sluttdeponere det radioaktive avfallet?

## **Tar utfordringene på alvor**

I olje- og gassindustrien vet vi at ordet radioaktivitet kan skape engstelse og motvilje mot vår virksomhet. Det er derfor meget viktig at industrien tar utfordringen på alvor og bidrar til at både behandling og sluttdeponering av radioaktivt avfall skjer på en ryddig og sikker måte der både hensynet til personell og miljø veier tungt.

## **Målinger viser at industrien har kontroll**

Vår industri skaper ikke ny radioaktivitet slik atomenergien gjør, men vår virksomhet fører til at vi flytter naturlige radioaktive stoffer fra reservoarene under Nordsjøen slik at de enten slippes ut i havet sammen med produsert vann, eller havner som radioaktivt avfall.



*Helge Aamlid:*

*Sivilingeniør med kjernefysikk og reaktor-fysikk som fag. Han har vært ansatt ved Statens strålevern og Det Norske Veritas og er nå fagleder for HMS-styring i Statoil.*

## **Vil ha et rent matfat**

Det er foretatt målinger av radioaktivitet i avfallet, i sjøen, i fisk og skalldyr og i sedimentene rundt installasjonene. Det er også foretatt målinger og beregnet stråledoser til personell som arbeider med radioaktive avleiringer. Som det er vist i denne brosjyren, er stråledosene meget lave og strålevernekspertene karakteriserer dem som ubetydelige. Det er heller ikke mulig å påvise forhøyede mengder radioaktivitet i sjøvann eller i fisk og skalldyr av de stoffer som oljeindustrien

slipper ut. Årsakene til dette er at det finnes radium i sjøen av naturlige årsaker og at fortyningsevnen i havet er så stor. Det er imidlertid påvist noe mer radioaktivitet i sedimentene nær plattformene.

## **Lav personstråling offshore**

Stråledosene til de mest utsatte personer som følge av radioaktivitet fra olje- og gassindustrien, ligger langt under de naturlige variasjoner vi finner på land når det gjelder strålingen fra bakken. Likevel gir vår virksomhet et meget lite, men dog et bidrag til den stråling mennesker utsettes for.

## **Overvåking viktig**

Det er viktig at vi overvåker radioaktiviteten i havet og i sjømat. Olje- og gassindustrien vil derfor utvide måleprogrammene. Samtidig vil vi, der det er mulig, bidra til å redusere utslippene mest mulig. Injeksjon av produsert vann er ett av bidragene til å hindre at naturlige radioaktive stoffer kommer ut i havet.





# Miljøovervåking

I 1999 startet det nasjonale overvåkingsprogrammet for radioaktivitet. Statens strålevern, som er landets fagmyndighet på strålevern og atomsikkerhet og forvalter av Strålevernloven, har det koordinerende ansvar for overvåkingsprogrammet.

Målet med overvåkingen er å dokumentere nivåer og trender av radioaktiv forurensning i norske kyst- og havområder. Oljeindustrien har plikt til å overvåke sedimentene og vannsøylen.

## Ulike overvåkingsserier

Fra 2000 vil radioaktivitet være med i prøvetaking av sedimentprøver. Havforskningsinstituttet bidrar blant annet med innsamling av prøver, og sørger for at nødvendige data blir

samlet inn og gjort tilgjengelig når måleresultatene skal tolkes.

De årlige brisling- og sildeundersøkelsene i fjordene, fra svenskegrensa til Varangerfjorden, er en overvåkingsserie som er egnet til innsamling av prøver fra en rekke viktige miljøfaktorer der radioaktiv forurensning er en del av dem.

## Rutinemessige analyser

Statens strålevern gjennomfører rutinemessige analyser på marint prøvemateriale som sjøvann, tang, reker, blåskjell og hummer.

Prøvene blir analysert for blant annet technetium-99, radioaktivt cesium og plutonium. Resultatene viser forhøyede konsentrasjoner av technetium-99 som følge av de økte utslippene fra det

britiske gjenvinningsanlegget for brukt kjernebrensel i Sellafield. Opptaket av technetium-99 er høyest i tang, mens opptaket i fisk generelt ser ut til å være svært lite. De høyeste nivåene som er målt, er opp mot 900 becquerel per kilo (Bq/kg) tørrvekt i tang og tare.

EUs tiltaksgrenser for matvarer ved fremtidige atomulykker er på 1250 becquerel per kilo for voksne og 400 becquerel per kilo for barn.

# Opptak av radioaktivitet i marine økosystemer

Bruk av såkalte inhibitorer er vanlig for å hindre at det danner seg avleiringer (scale) i produksjonsutstyr. Økende bruk av inhibitorer vil kunne føre til større mengde radium i produsert vann. Inhibitorerne er organiske forbindelser og kan muligens også gi økt biologisk opptak av radioaktivitet i marine økosystemer.

Radium tas generelt opp i både planter og dyr, men overføres i liten grad mellom de ulike leddene i næringskjeden.

Det er foretatt en rekke målinger av radioaktivitet i plankton, skalldyr og fisk. Radium følger kalsium og avleires mest i skall og ben. Det finnes også visse mengder bly-210 og polonium-210 i sjøvann fordi disse er de mest langlivede stoffene når radium brytes ned. Disse stoffene finnes i bløtvev i skalldyr og fisk og bidrar derfor i større grad til den stråling mennesker utsettes for ved å spise fisk. Det har alltid vært små mengder radioaktive stoffer i havet, men forskerne har ikke kunnet påvise noen økning av

radioaktivitet i næringsmidler som følge av utslipp av naturlig radioaktivitet i bunnsedimentene. Likevel finnes det vitterlig noen flere radioaktive atomer i havet som følge av olje- og gassvirksomheten.





# Hva er radioaktivitet?

Radioaktive stoffer sender ut partikler som har evnen til å ionisere biologiske atomer og molekyler. Denne typen stråling kaller vi «ioniserende stråling», den er usynlig og har ingen lukt eller smak. Den eneste måten vi kan påvise slik stråling er ved måleinstrumenter, men den kan stoppes av luft, betong eller stål, avhengig av hvilken type

stråling det dreier seg om. Ioniserende stråling kan gi biologiske skader på vev ved at celler dør eller utvikler seg til kreftceller, men også skader på arvestoffer og dermed konsekvenser for kommende generasjoner.

Det at stoffer er radioaktive skyldes at atomkjernen er ustabil. Som alle ustabile systemer som vi kjenner fra

dagliglivet, for eksempel en stein som ligger oppe i ei li, vil også en ustabil atomkjerne søke mot å bli mer stabil ved å kvitte seg med energi. En måte å kvitte seg med energi på er å sende ut stråling.

*Alfastråling* er positivt ladet. Denne strålingen er partikler som består av to protoner og to nøytroner. Dette er kjernen i heliumatomet.

Alfastrålingen ( $\alpha$ ) har kort rekkevidde i luft (< 4 cm) og strålingen stoppes av et papirark, klær eller hud. Alfastrålingen trenger ikke inn i kroppen med mindre radioaktivt materiale pustes inn eller svelges. Intern alfastråling vil kunne forårsake skade.

*Betastråling* har negativ ladning og består av elektroner. Betastrålingen ( $\beta$ ) har større rekkevidde og kan trenge gjennom hud, papir og klær.

*Gammastråling* har nøytral ladning og består av fotoner, eller energipakker av elektromagnetisk stråling. Gammastråling ( $\gamma$ ) har i prinsippet uendelig rekkevidde, men intensiteten kan reduseres betydelig når den går gjennom tykke metallrør eller betong.

## Strålingens gang gjennom stoff

Da franskmannen Becquerel oppdaget at fotografisk film svertes av uran hadde han også funnet opp en detektor for stråling fra radioaktive stoffer.

Årsaken til denne svertingen skyldes at stråling fra radioaktive stoffer tilhører den kategorien vi i dag kaller «ioniserende stråling». Dette betyr at den materie som utsettes for stråling vil få atomer og molekyler ionisert. Det vil si at elektroner i atomene løsriveres. Siden elektronet er bundet til atomet, må det følgelig tilføres energi for å løsrive elektronet. At stråling ioniserer innebærer derfor også at strålingens energi avsettes i det den trenger gjennom.

Ladete partikler som  $\alpha$ - og  $\beta$ -partikler ioniserer mye kraftigere enn elektromagnetisk stråling som  $\gamma$ - eller røntgenstråling. Derved stoppes de også mye lettere.

Som tommelfingerregel kan vi si at:

- et papirark stopper  $\alpha$ -partikler,
- ei glassplate stopper  $\beta$ -partikler.
- $\gamma$ -stråler er ikke elektrisk ladet,

og kan derimot gå gjennom tykke metallrør og murvegger, avhengig av energien.

Radioaktive kilder stråler i alle retninger. Strålingsintensiteten vil derfor avta på samme måte som lysintensiteten fra en lyspære, den er omvendt proporsjonal med kvadratet av avstanden fra kilden. Dette betyr at i to meters avstand fra kilden er intensiteten fire ganger mindre enn i en meters avstand.

Å holde god avstand fra kilden er derfor en god leveregel når vi omgås radioaktivitet.

Skjerming av  $\gamma$ -stråling er avhengig av hvor høy  $\gamma$ -energien er samt atomnummer, densitet og tykkelse til skjermingsmaterialet. Det mest brukte skjermingsmaterialet er bly, stål og betong.

# Hvordan dør radioaktiviteten ut?

Når en radioaktiv, det vil si ustabil, atomkjerne spaltes og sender ut stråling, går den over i en stabil tilstand og er ikke lenger radioaktiv. En radioaktiv kilde vil derfor bli svakere med tiden og til slutt dø ut.

Halveringstiden er den tiden det tar før halvparten av kjernene har henfalt og aktiviteten er redusert til det halve.

For eksempel er halveringstiden for radon-222 ca fire dager, mens uran-238 har en halveringstid på hele 4,5 milliarder år. Det er like lenge som jorda har eksistert. Etter én halveringstid er altså halvparten av de radioaktive kjernene igjen. Etter to halveringstider er 1/4 igjen og etter tre halveringstider 1/8 osv. Skjematisk fremstilt vil man

få en kurve som faller veldig fort til å begynne med, men som flater ut etter hvert. Teoretisk sett når den aldri helt ned til null.

## Stråledoser av LRA

Stråledoser til personell som arbeider med lavradioaktivt avfall (LRA) er under normale betingelser langt under 1 millisievert (mSv) per år. Det er først og fremst i forbindelse med rengjøring av rør og utstyr at man kan motta stråledoser i området 0,1 - 1 millisievert (mSv) per år og da i hovedsak ved inhalasjon. Forutsatt at man benytter nødvendig verne- og beskyttelsesutstyr, som begrenser inhalasjon av radiumholdig støv, og at rengjøring foregår med høytrykkspyling, er det lite sannsynlig at dosene for personell vil komme over 0,1 - 0,2 millisievert (mSv) per år.

Offshore er det først og fremst i forbindelse med vedlikeholds- og renseoperasjoner hvor man for eksempel skal fjerne materiale fra separatorer og tanker at man kan få målbare doser, men disse dosene vil ligge langt under 1 millisievert (mSv) per år ved bruk av verne- og beskyttelsesutstyr.

Doser til personell som er involvert i utskifting av rør, transport, tilsyn med

midlertidige lagre og lignende, vil være langt lavere enn 0,1 millisievert (mSv) per år.

Lavradioaktivt avfall (LRA) i olje- og gassproduksjon er avfallsproblem og et lite, ja nesten ubetydelig, yrkeshygienisk- og miljøproblem.

Utslipp av radioaktive stoffer med det produserte vannet gir ingen merkbar økning til den naturlige radioaktiviteten som allerede finnes i sjøvann og det er derfor ikke mulig å kunne påvise noen konsekvenser for helse og miljø ved slike utslipp.

### Henvisninger:

«Lavradioaktive avleiringer» (LRA), OLF.

«Vår strålende verden»  
av Henriksen E K og Henriksen T,  
Fysisk institutt, UiO 1999  
[www.uio.no/miljoforum/stral](http://www.uio.no/miljoforum/stral)

«Stråling og helse»,  
Henriksen T, Ingebretsen F, Storruste T,  
Strand T, Svendby T, Wethe P.  
Fysisk institutt, UiO, 1995  
[www.afl.hitos.no/mfysikk/rad/radioa.htm](http://www.afl.hitos.no/mfysikk/rad/radioa.htm)

«Radioaktive avleiringer i olje og gassproduksjonen, Strålevernrapport 1997:1,»  
Statens strålevern. [www.nrpa.no](http://www.nrpa.no)

Havforskningsinstituttets nettsider:  
[www.imr.no](http://www.imr.no)

### Redaksjon:

Miljørådgiver Bente Jarandsen, OLF  
Miljøkoordinator Berit H. Melberg, Statoil  
Fagleder HMS-styring Helge Aamlid og  
overingeniør Jan Tuxen Thingvold, Statoil

Produksjon: TidsPRESS as  
Foto: Fotobase/H. Nor-Hansen, T. Nilsen/Bellona, Svein Erik Dahl/  
Samfoto, TidsPRESS as. Design: Hallo. Trykk: Aske Trykkeri AS.

Oljeindustriens Landsforening, OLF, er en interesse- og arbeidsgiverorganisasjon for oljeselskaper og leverandørbedrifter knyttet til utforskning og produksjon av olje og gass på norsk kontinentalsokkel. OLF er tilknyttet Næringslivets Hovedorganisasjon, NHO.



**OLJEINDUSTRIENS  
LANDSFØRENING**

Oljeindustriens Landsforening  
Lervigsveien 32 / Postboks 547  
N-4001 Stavanger  
Telefon: 51 84 65 00  
Fax: 51 84 65 01  
E-post: [firmapost@olf.no](mailto:firmapost@olf.no)  
Internett: [www.olf.no](http://www.olf.no)