

# Fukushima-ulykken – helsemessige konsekvenser

Ulykken i Fukushima-kraftverket i Japan i 2011 er den nest største kjernekraftverkulykken i historien. I likhet med Tjernobyl-ulykken er den blitt klassifisert til den høyeste alvorlighetsgraden på International Nuclear Event Scale. Heldigvis kan det i dag konkluderes med at følgene ble langt mindre alvorlige enn det vi så etter Tsjernobyl-ulykken.

 Engelsk oversettelse av hele artikkelen på [www.tidsskriftet.no](http://www.tidsskriftet.no)

Den biologiske effekten av en stråledose måles i sievert (Sv), mens strålenivåer ofte angis som doserater, som er stråledoser per tidsenhet. Bakgrunnsstrålingen er i Norge omtrent 2–3 mSv/ år, det vil si gjennomsnittlig 0,25–0,35 µSv/time. Dosegrensen for yrkeseksponering er 20 mSv/ år i gjennomsnitt over en femårsperiode, eller 7,5 µSv/t. Dette tilsvarer omtrent den stråledosen en person blir utsatt for under en hjertekateterisering.

Radioaktiv stråling kan deles inn i tre doseratenivåer etter risiko for helseskader (1, 2): 1) Lave doserater (10–100 µSv/t). Det er ikke påvist helsemessige konsekvenser ved doser i denne størrelsesordenen selv etter eksponering over flere dager eller uker. 2) Middels høye doserater (100 µSv/t–100 mSv/t). En totaldose på 100 mSv kan gi påvisbare forandringer hos de mest strålesensitive cellene i kroppen og blant annet føre til fosterskader tidlig i graviditeten. En slik totaldose kan for eksempel oppnås ved eksponering av 100 mSv/t over en time, eller det kan skje ved eksponering av lavere doserater over lengre tidsrom. 3) Høye doserater (over 100 mSv/t) er forbundet med helseskader etter kort tids eksponering, først og fremst på grunn av økt risiko for kreft og lunge- og hjertesykdom senere i livet. Ved totaldoser over 1–2 Sv vil det oppstå akutt strålesyndrom. Beinmargen er det organet som vil bli først rammet. Ved økende stråledoser vil det deretter komme affeksjon av mage-tarm-kanal, hud, sentralnervesystemet og andre organer. Stråledoser over ca. 5–6 Sv regnes som potensielt dødelige, selv med moderne intensivbehandling.

**Fukushima Dai-ichi kjernekraftverk**  
Fukushima Dai-ichi (Fukushima nummer 1) kjernekraftverk består av seks reaktorer som hver inneholder en reaktortank med kjernebrensel og et basseng for oppbevaring av brukt kjernebrensel. På kraftverket er det dessuten et felles basseng for brukt brensel. Reaktorene avkjøles med vann under trykk som bringes til koking av varmen som produseres i reaktorene. Dampen ledes så inn i turbiner som produserer elektrisitet. En viktig forskjell fra Tsjernobyl kjernekraftverk er at reaktorene i Fuku-

shima har en inneslutning av betong og stål for å hindre at radioaktivitet slipper ut til omgivelsene hvis en ulykke skulle inntraffe. Kraftverket ligger ved sjøen og er beskyttet mot tsunamibølger ved at reaktorene er plassert 10–13 meter over havoverflaten og av en mur som er bygd i vannet utenfor (3).

## Forløpet av Fukushima-ulykken

Jordskjelvet i Japan 11. mars 2011 førte til at elektrisitetsforsyningen til kjøleanleggene på kraftverket ble brutt, men bygningene fikk ikke alvorlige skader, og driften av kjøleanleggene ble umiddelbart gjenopprettet ved hjelp av nødaggregater. De tre reaktorene som var aktive, ble automatisk stengt. Etter avstengningen fortsatte imidlertid reaktorene å produsere varme på grunn av naturlig radioaktiv nedbrytning av kjernebrenselet. Omtrent 45 minutter etter jordskjelvet skyllet en 14 meter høy tsunamibølge inn over anlegget og satte nødaggregatene ut av drift. Dette førte til en rask temperaturøkning inne i reaktorene. Brenselsstavene ble etter hvert eksponert og begynte å smelte. Dermed ble det frigjort radioaktive nedbrytningsprodukter og hydrogengass. Sammen med oksygen i luften dannet hydrogen knallgass som forårsaket gjentatte eksplosjoner i reaktorbygningene.

Det pågikk hele tiden et arbeid for å kjøle ned anlegget, først utvending med brannsprøyter og med vann som ble sluppet ned fra helikopter, deretter med sjøvann som ble ledet inn i reaktorene. Kjølevannet ble etter hvert sterkt radioaktivt forurenset og ble en kilde til spredning av radioaktivitet.

I dagene etter ulykken ble det målt sterkt stigende radioaktivitet på anlegget. Den høyeste verdien, en doserate på 12 mSv/t, ble målt 15. mars, fire dager etter jordskjelvet. På grunn av ulykken ble de fleste ansatte på kraftverket evakuert, bare 50 arbeidere og ingeniører ble igjen. Fra 17. mars ble det konstatert en gradvis reduksjon av stråledosene på anlegget, først og fremst fordi nedkjøling av reaktorene med sjøvann begynte å få effekt.

## Helsemessige konsekvenser for redningsarbeiderne

Redningsarbeidet var meget krevende og måtte ofte avbrytes på grunn av høye strålenivåer. Ved utstrakt bruk av beskyttelsesdrakter og nøye monitorering av strålesituasjonen lyktes det likevel å begrense stråledosene til redningsarbeiderne. En oversikt over mottatte stråledoser ble offentliggjort 30. april i en pressemelding fra Tokyo Electric Power Company, selskapet som eier kraftverket (4). Det ble konstatert at ingen av redningsarbeiderne hadde fått stråledoser som kunne forårsake akutt strålesyndrom. 45 av de 50 arbeiderne hadde fått stråledoser over 100 mSv, seks av disse hadde fått stråledoser på 200–250 mSv (tab 1). De resterende fem arbeiderne hadde fått stråledoser under 100 mSv. To arbeidere som uforvarende hadde tråkket i radioaktivt kjølevann var blitt eksponert for en lokal stråledose på 3–4 Sv. Det hadde imidlertid ikke utviklet seg lokale stråleskader hos disse personene. Til sammenlikning ble det ved Tsjernobyl-ulykken påvist 134 tilfeller av akutt strålesyndrom, hvorav 28 personer døde i løpet av

**Tabell 1** Oversikt over antall tilfeller med akutt strålesyndrom og antall redningsarbeidere i Tsjernobyl og Fukushima som mottok helsefarlige stråledoser (≥ 100 mSv)

	Fukushima (4)	Tsjernobyl (5)
Antall personer med påvist akutt strålesyndrom	0	134
Antall døde av akutt strålesyndrom	0	28
Mottatt stråledose – antall personer:		
Stråledoser ≥ 250 mSv	6 <sup>1</sup>	ca. 2 200 <sup>2</sup>
≥ 100 mSv < 250 mSv	39 <sup>1</sup>	ca. 260 000 <sup>2</sup>
<sup>1</sup> Individuelle dosemålinger		
<sup>2</sup> Estimerer		

de tre første månedene. Av i alt ca. 800 000 redningsarbeidere som deltok ved Tsjernobyl-ulykken er det beregnet at ca. 260 000 mottok en stråledose på over 100 mSv (5). Selv om de fysiske skadene for «The Fukushima 50» i en slik sammenlikning heldigvis ble begrenset, må det likevel antas at den psykiske belastningen har vært betydelig.

### Konsekvenser for befolkning og miljø

Utslippene av radioaktiv forurensing til luften var betydelige de første dagene etter ulykken, men en stor del av det radioaktive materialet som kom opp i høyere luftlag, ble ført av vinden ut over Stillehavet og falt ned langt fra land. Forurensingene med radioaktivt nedfall over land ble derfor begrenset til områder i den nordlige delen av Japan (6). Ingen andre land ble utsatt for radioaktivt nedfall av betydning. Motiltakene som japanske myndigheter satte i verk, besto av råd om innendørsopphold, eventuelt evakuering, distribusjon av jodtabletter i beredskap for barn og matrestriksjoner. Fra 12. mars, dagen etter jordskjelvet, ble befolkningen i en radius på 20 km rundt Fukushima Dai-ichi evakuert. Senere ble evakueringssonen utvidet til en radius av 30 km.

Det ble gjennomført måling av radioaktiv forurensing hos ca. 200 000 innbyggere i Fukushima prefektur, og hos 102 av disse personene var det nødvendig å fjerne radioaktiv forurensning på kropp og klær. Etter rensingen ble radioaktiviteten så redusert at det ikke var grunn til bekymring for helsemessige konsekvenser hos disse personene (6).

I slutten av mars ble det gjennomført en undersøkelse av opptak av radioaktivt jod hos 1 080 barn i alderen 0–15 år i de mest forurensede områdene. Ingen av de undersøkte barna hadde fått doser over 100 mSv mot skjoldkjertelen, noe som er grensen i Japan for å anbefale bruk av jodtabletter (6). Det skal bemerkes at i Norge er denne grensen 10 mSv, slik at i vårt land ville vi ha anbefalt inntak av jodtabletter hos en del av disse barna. Tiden vil vise om det vil komme en økning av tilfeller med skjoldkjertelkreft hos barn i Japan, slik situasjonen var etter Tsjernobyl-ulykken (5).

En rekke målinger av vannprøver, jordbruksprodukter og sjømat som ble utført i mars, viste forhøyede nivåer av radioaktivitet, noe som førte til at det ble innført matrestriksjoner (7).

Betydelige jordområder både innenfor og utenfor evakueringssonen er blitt kontaminert, og fremst av radioaktivt cesium, som har en halveringstid på ca. 30 år (7). Denne kontamineringen må fjernes før befolkningen skal kunne flytte tilbake til de mest forurensede områdene.

På samme måte som etter Tsjernobyl-ulykken er den største radioaktive forurensningen blitt påvist i et område på noen titalls



Måling av radioaktivt jod i skjoldkjertelen hos et barn fra Fukushima-distriktet. Foto Kyoda/Reuters/Scanpix

kilometer rundt kraftverket (8). Bare langvarig overvåking og forskning vil kunne vise hvilke konsekvenser denne situasjonen vil få til lands og for det kystnære marine økosystemet i dette området.

#### Jon-Magnus Tangen

jon.magnus.tangen@oslo-universitetssykehus.no  
NBC-senteret  
Oslo universitetssykehus

#### Alicja Jaworska

Håkan Mattsson  
Statens strålevern

Jon-Magnus Tangen (f. 1945) er spesialist i hematologi og overlege ved NBC-senteret, Oslo universitetssykehus, Ullevål. (Kompetansesenter for medisinsk håndtering av personskade ved hendelser som involverer skadelige effekter av radioaktiv stråling (N), biologiske (B) og kjemiske (C) agens).

#### Ingen oppgitte interessekonflikter.

Alicja Jaworska (f. 1954) har doktorgrad i strålingsbiologi og er forsker ved Seksjon beredskap, Statens strålevern. Hun er norsk kontakt og medlem i WHO's Radiation Emergency Medical Preparedness and Response Network (REMPAN).

#### Ingen oppgitte interessekonflikter.

Håkan Mattsson (f. 1969) er ph.d i reaktorfysikk fra Chalmers tekniska högskola i Göteborg. Han er seniorrådgiver ved Statens strålevern, Avdeling Strålevern og Sikkerhet.

#### Ingen oppgitte interessekonflikter.

#### Litteratur

- Opdahl H. Del I: Introduksjon til NBC-medisin. I: Håndbok i NBC-medisin, versjon 3.2011 (under utarbeiding). Oslo: Nasjonalt kompetansesenter for NBC-medisin, Oslo universitetssykehus, 2011 (under utarbeiding).
- Tangen JM, Jaworska A, Opdahl H. Del III: Stråleskade. I: Håndbok i NBC-medisin, versjon 3.2011 (under utarbeiding). Oslo: Nasjonalt kompetansesenter for NBC-medisin, Oslo universitetssykehus, 2011 (under utarbeiding).
- IAEA International Fact Finding Expert Mission of the Fukushima Dai-ichi NPP Accident following the Great East Japan Earthquake and Tsunami. 24. may-2. june 2011. IAEA. [www.pub.iaea.org/MTCD/meetings/PDFplus/2011/cn200/documentation/cn200\\_Final-Fukushima-Mission\\_Report.pdf](http://www.pub.iaea.org/MTCD/meetings/PDFplus/2011/cn200/documentation/cn200_Final-Fukushima-Mission_Report.pdf) (4.11.2011).
- Press release Tokyo Electric Power Company of July 13, 2011. Evaluation status of exposed dose of employees at emergency work in Fukushima Daiichi Nuclear Power Station (continued report 4). [www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/11071313-e.html](http://www.tepco.co.jp/en/press/corp-com/release/11071313-e.html) (15.8.2011)
- Bennett B, Repacholi M, Carr Z, red. Health effects of the Chernobyl accident and special health care programmes. Genève: World Health Organization, 2006. [www.who.int/ionizing/chernobyl/whochernobyl\\_report\\_2006.pdf](http://www.who.int/ionizing/chernobyl/whochernobyl_report_2006.pdf) (15.8.2011).
- Report of Japanese Government to the IAEA Ministerial Conference on Nuclear Safety- The accident at TEPCO's Fukushima Nuclear Power Stations, 7.06.2011. [www.kantei.go.jp/foreign/kan/topics/201106/iaea\\_houkokusho\\_e.html](http://www.kantei.go.jp/foreign/kan/topics/201106/iaea_houkokusho_e.html) (15.8.2011).
- Cyranoski D. No fallout legacy for Japan's farms. Nature 2011; 475: 154.
- Garnier-Laplace J, Beaugelin-Seiller K, Hinton TG. Fukushima wildlife dose reconstruction signals ecological consequences. Environ Sci Technol 2011; 45: 5077–8.

Mottatt 5.9. 2011, første revisjon innsendt 29.9. 2011, godkjent 27.10. 2011. Medisinsk redaktør Trine B. Haugen.