

Erik O. Pettersen

Barn og angst for ioniserende stråling - en kreftforskers syn

Innledning

Hva er ioniserende stråling?

Stråling betegner det fysiske fenomen at energi kan forflytte seg i vakuum. Dette er altså noe helt annet enn når energi forflytter seg som bølger på vann eller som lydbølger i luft. I vannet og luften dytter molekylene på hverandre slik at det oppstår en bølge som kan bevege seg ved at stadig nye molekyler blir dyttet på. I vakuum derimot, finnes ingen molekyler. Likevel kan altså energi forflytte seg der også, da i form av stråling. Derfor kan sola overføre energi til jorda til tross for at det stort sett er vakuum mellom sola og jorda.

Den mest lavenergetiske strålingen kan vi ikke se, men den kan mottas av våre radioapparater. Litt mer høyenergetisk stråling kan vi se med våre øyne, det såkalte synlige lys. Ioniserende stråling er ennå mer energirik enn det synlige lys. Også denne strålingen er usynlig, på samme måten som radiostrålingen. Faktisk er ioniserende stråling så energirik at den kan fjerne elektroner fra molekyler den treffer. Dermed er molekylet ionisert, og det er årsaken til at navnet *ioniserende stråling* brukes. Rent fysisk er det nøyaktig samme type stråling som synlig lys, men den kan altså avsette mye mer energi enn det synlige lyset i de molekylene den treffer på sin vei.

Hvor finnes ioniserende stråling?

Ioniserende stråling er en del av oss selv og har alltid vært det. Jordkloden er radioaktiv og vi selv er radioaktive og denne radioaktiviteten kan måles i form av at både vi og jorda sender ut ioniserende stråling. Vi kan derfor aldri unngå denne strålingen. Ikke desto mindre kan den ioniserende strålingen hverken sees, luktes,

føles eller smakes. Så langt vi vet har altså ikke levende skapninger utviklet sansorganer for denne strålingen og de har derfor heller ikke mulighet for å oppsøke områder med spesielt høy eller spesielt lav bakgrunnsstråling. Allerede denne erkjennelsen antyder at betydningen av den ioniserende strålingen for de levende skapningene på jorda er lik innenfor den naturlige variasjonen på jorda.

Fra første stund etter at menneskene oppdaget den ioniserende strålingen for nesten 101 år siden har den fremstått som mystisk. Siden den ikke kan sanses, men likevel lett måles har den hele tiden vært forbundet med stor undring, men mange har også gitt uttrykk for sterke meninger om den. Allerede tidlig i dette århundret fikk menneskene høre at slik stråling kan gi skader på levende skapninger, men uten at man hadde mulighet for å måle styrken av det som gir skaden. En slik situasjon er velegnet til å skape myter og overtro.

Hvordan var holdningene til ioniserende stråling tidligere?

De to fysikerne Røntgen og Becquerell oppdaget ioniserende stråling hver for seg i henholdsvis 1895 og 1896. Fenomenet var så merkelig at det straks skapte enorm medieoppmerksomhet og utstrakt mytedannelse. De første 30 årene etterpå gikk mytene alltid i én bestemt retning, nemlig at slik stråling hadde helbredende egenskaper for en rekke sykdommer. Det ble nesten som å banne i kirka å antyde at denne typen stråling kunne være farlig for oss. Dessuten er det mulig at kvakksalverne på den tiden hadde et lite poeng. En stor mengde forskningsresultater antyder nemlig at meget små stråledoser kan virke stimulerende på cellevekst og ikke minst på reparasjonsprosesser i cellene, og derfor muligens kan være helsebringende (se for eksempel oversiktsartikkel av Loken og Feinendegen 1993). Dette gjelder bitte små strålingsdoser innenfor og litt over vanlig bakgrunnsstråling.

Den doktrinen vår lovgivning bygger på

I dag har denne holdningen snudd 180 grader rundt og har blitt like fordummende i motsatt retning. Dette har nok delvis sin bakgrunn i en politikk som bl.a. FNs strålevernorganisasjon UNSCEAR måtte velge i 1950-årene: *Av mangel på informasjon om de biologiske effektene av lave stråledoser (dvs omkring bakgrunnsnivået) sa de at man for sikkerhets skyld ville ha som doktrine at alle stråledoser, uansett hvor små de var, skulle ansees å kunne ha skadelige effekter.* Dette var altså ikke noe man visste om den ioniserende strålingens effekter, det var snarere å betrakte som en sikkerhetsforanstaltning fordi man ikke visste hvilke effekter den ioniserende strålingen har ved lave doser. Senere har alle lands lovgivning på dette området tatt utgangspunkt i denne doktrinen. Etter hvert har

allmennheten, og også mange fagfolk, kommet til å tro at den er sann, selv etter at mengdevis av undersøkelser tyder på at den er aldeles feil.

Doktrinens konsekvenser for myndighetenes politikk

I fagmiljøene føres det i dag en tung debatt som går på veivalget videre for de store internasjonale strålevernorganisasjonene. Spørsmålet er om de skal legge om sin doktrine i retning av å erkjenne at stråledosene til en person må over et visst nivå for i det hele tatt å gi noen skadelig effekt, eller om de skal holde fast ved sin nåværende doktrine om at alle stråledoser uansett hvor små de er, er av det vonde. Nylig konkluderte lederen for den internasjonale strålevernkommisjonen, ICRP, Roger H. Clarke med at det i alle tilfelle ville være for upraktisk å håndheve en regel om at de minste stråledosene er ufarlige. Personlig er han heller ikke enig i at de er ufarlige, men uttalelsen viser at det ikke bare er faglige vurderinger som ligger til grunn når fagfolk argumenterer mot hverandre. Satt på spissen kan denne uttalelsen sammenlignes med at lederen for en internasjonal kommisjon hadde sagt at vi nå bør se bort fra alle indikasjoner på at jorda er rund og heller gå ut fra at den er flat fordi dette forvaltningsmessig og organisatorisk er mer praktisk å håndheve.

Denne problemstillingen kan ved første øyekast kanskje virke litt akademisk og fjern. Imidlertid har den store konsekvenser for oss alle, og ikke minst for barn og ungdom. La meg ta Tsjernobyl-ulykken som et eksempel: I Norge har journalistene vennet seg til å kalle Tsjernobyl-ulykken for en katastrofe, svært ofte på en slik måte at lesere, lyttere eller seere får inntrykk av at den var en katastrofe, ikke bare for selve kraftverket og dets nærområder, men *også for innbyggerne i Norge*. Det inntrykket som fester seg hos folk flest er naturligvis at den var en katastrofe for nordmenn fordi mange av oss allerede har fått stråleskader av nedfallet. I virkeligheten er den ekstra dosebelastning nordmenn får pga Tsjernobylkatastrofen langt mindre enn den ekstra dosebelastningen de får ved å flytte fra et trehus til et murhus. Vi snakker altså om stråledoser innenfor det vi mener med normale bakgrunnsnivåer av stråling. Dersom dette skal kalles en katastrofe i Norge bør man altså sikte til andre effekter enn de vi kan regne med å få på grunn av den økte strålebelastningen. At jordbrukere og andre omtaler ulykken som en katastrofe, etter at de fikk sitt liv og virke snudd på hodet ved at de ble satt til å fore ned sau eller tvangsslakte buskap er naturlig. Heller ikke myndighetene hadde noe egentlig valg, de fulgte internasjonalt anerkjente prosedyrer basert på strålevernorganisasjonenes anvisninger. Det viktige spørsmålet er imidlertid om den grunnleggende doktrinen fra 50-årene, som sier at selv de aller minste stråledosene er farlige, faktisk er feil. I såfall er det denne feilen, og ikke Tsjernobylulykken, som har skapt katastrofen for de berørte bøndene.

Doktrinens og politikkenes konsekvenser for barns og ungdoms holdninger

Ungdom er ikke dumme. De følger med i denne debatten, og mange forstår at dersom vi mennesker har fått stråleskade som faktisk vil gi mange av oss kreft om 30 år, ja da betyr dette lite for bestemor eller bestefar, det er unger og ungdommer som rammes. Slik denne problematikken gjerne fremstilles i presse og kringkasting er det ikke rart at mange, spesielt blant ungdommer, blir engstelige. Dersom den mest pessimistiske argumentasjonen hadde vært riktig er den logiske konklusjon at deres fremtid er dystert.

Alle disse skremselsbildene er egnet til å gi barn og ungdom en fordømmende holdning til foreldregenerasjonene som hensatte dem i en situasjon som fremstilles som håpløs. Dette ville kanskje ha vært berettiget dersom grunnlaget var riktig. Men dersom antagelsene er helt feil og det faktisk ville kreves hundrevis av Tsjernobylulykker for at man skulle se noen negative helseeffekter fjernt fra kraftverket kan propagandaen ha skadet våre barn mer enn ulykken har skadet miljøet.

Konsekvensene for miljøvernssaken

For mange unge blir vern mot stråling synonymt med miljøvern og det brukes store krefter på kampen mot stråling i miljøsammenheng. Men er dette virkelig relevant også når vi snakker om stråling på bakgrunnsnivå? Tar våre barn skade av bakgrunnsstråling? Representerer stråling et reelt miljøproblem eller har den mer en symbolsk betydning i miljødebatten? Dette er viktige spørsmål fordi nettopp miljøproblemene kan være vår tids viktigste spørsmål, og da gjelder det å bruke pengene og kreftene på de problemene som virkelig representerer en fare.

Jeg vil be leseren legge merke til sine egne reaksjoner når han eller hun leser spørsmålene ovenfor. Svarene er for mange så opplest og vedtatt at leseren lett kommer i forsvarsposisjon bare spørsmålene stilles. Imidlertid, dersom lovgivningen er basert på en feil antagelse betyr det at vi faktisk prioriterer ressurser i feil retning når vi velger å se på bakgrunnsstråling som farlig. Og dette kan faktisk være så alvorlig at det kan være våre etterkommeres fremtid det står om dersom deres fremtid faktisk er truet av miljøforverring.

La oss se på noen av våre vitenskapelige erfaringer med strålingseffekter.

Gir stråling arvelige skader?

At stråling gir arvelige skader på mennesker har vært en av stråleforskningens aller sikreste hypoteser. Den stammer fra sikre observasjoner av økt mutasjonsfrekvens som følge av bestråling på laverestående organismer som bakterier og fluer, men også en liten økning på høyere organismer som mus som lever under godt kontrollerte betingelser. Man har derfor antatt at stråling også kan skape mutante mennesker, noe som blant annet har gitt seg utslag i en hel industri basert på sjokkopplevelser presentert i film og tegneserier med såkalte strålingsinduserte mutanter som både superhelter og superskurker. Allerede fra barnsben blir vi på denne måten ledet hen til å tro at stråling lett fremkaller vanskapede mennesker. Hvor realistisk er alt dette?

I virkeligheten finner man ikke noen høyere frekvens av mutasjoner eller misdannelser på mennesker som bor i områder med høy sammenlignet med lav bakgrunnsstråling (det finnes store mengder litteratur, men se for eksempel Graham 1996) til tross for at bakgrunnsstrålingen hyppig varierer med en faktor på 2 til 3 fra sted til sted. I ekstreme tilfeller kan bakgrunnsstrålingen være en faktor 100 høyere enn gjennomsnittet, som for de som arbeider i de såkalte helsebringende vannkildene i Bagdastein i Østerrike. Likevel finner man ingen økt mutasjonsfrekvens, økt kreftforekomst eller økt dødelighet hos disse menneskene. Dette er egentlig ikke så vanskelig å forstå siden alle levende individer ble utviklet under kontinuerlig bakgrunnsstråling. Selv om bakgrunnsstrålingen altså varierer kraftig er den selvfølgelig innenfor det som levende skapninger kan takle, ellers ville det ikke ha vært levende skapninger fordelt over jorden.

Det som kan være vanskeligere å forstå, men som like fullt er et faktum, er at de menneskene som overlevde atombombeeksplosjonene i Hiroshima og Nagasaki og senere har fått både barn og barnebarn (24.000 barn) heller ikke har fått avkom med mutasjonsfrekvens som er annerledes enn den som er i befolkningen ellers (Vogel 1992). Dette til tross for at mange av disse foreldrene hadde fått enorme stråledoser, langt høyere enn det vi kan få i naturen. Dessuten skjedde bestrålingen i løpet av kort tid under og etter selve atombombeeksplosjonen, noe som gir mye større biologiske effekter enn en langsom bestråling.

For oss som arbeider med kreftforskning og strålebehandling er dette mindre av en overraskelse enn for folk flest. Vi kan bare konstatere at selv pasienter som er strålebehandlet for testikkelkreft gir opphav til meget velskapte barn etter behandlingen (selv om de også risikerer å bli sterile). Disse har fått doser til testiklene som i mange tilfeller langt overgår også de dosene som atombombeofrene fikk. Vi forstår ikke hvorfor ioniserende stråling er så tilsynelatende fri for å gi arvelige skader til menneskenes avkom, og resultatene

må selvsagt ikke tolkes dithen at strålingen overhodet ikke gir arvelige skader. Det er ingen tvil om at store stråledoser gir arvelige skader i menneskeceller dyrket i kultur såvel som i menneskeceller i kroppen. Ikke desto mindre er den økte mutasjonsfrekvensen på grunn av stråling på menneskenes avkom så lav at den ikke kan måles selv etter de to atombombene som er sluppet mot mennesker.

For at man ikke skal misforstå dithen at man tror måle metodene er utilstrekkelige vil jeg til sammenligning bare trekke fram en annen faktor som slår ut kraftig når det gjelder frekvens av misdannelser og mutasjoner hos menneskers avkom, men som sjelden nevnes i denne debatten, nemlig økende alder på foreldre (Vogel 1992). For eksempel er mutasjonsfrekvensen (arvelige sykdommer som kortvoksthet, abnormiteter i hjerte og hovedpulsåre osv) hos menneskebarn i Norge 1,47 ganger større dersom barnets far ved unnfangelsen er over 35 år sammenlignet med om han er under 30. Selv denne lille aldersforskjellen gir altså kraftige utslag. Utslaget øker enormt dersom alderen øker enda mer: Frekvensen av misdannelser er anslått å være over 4 ganger høyere dersom faren er 40-45 år sammenlignet med om han er 20-25 år. Alderen på moren er tilsvarende viktig. Alderen på førstegangsforeldre har etterhvert blitt høy i Norge. Samfunnet bidrar dessuten aktivt til dette ved å tilby kunstig befruktning til par som har nådd relativ høy alder. Denne økte alderen betyr altså mer for mutasjonsfrekvensen hos avkommet enn stråling kan gjøre, og det ser ut til å gjelde *uansett strålenivå*.

Effekten av stråling¹ på celler i rask vekst og på fostre

Den umiddelbare effekten stråling har på celler i rask vekst er å hindre at cellene gjennomfører cellyklus og deler seg. Dette er grunnen til at strålebehandling av kreftpasienter så raskt avhjelper kreftpasientenes symptomer. Når kreftcellenes celledeling stopper opp lindres smertene fordi kreftsvulsten slutter å øke presset på omkringliggende vev. Mens kreftceller såvel som normale celler ligger arrestert uten å dele seg reparerer de stråleskadene, men dette kan ta lang tid. Enkelte skader er kompliserte, slik at cellene kan trenge et helt døgn eller mer for å reparere dem. I løpet av denne tiden vil alltid noen av kreftcellene likevel prøve å dele seg uten at reparasjonen er fullført. Dersom de har blitt bestrålt med virkelig store stråledoser (1000 til 30.000 ganger høyere doser enn det

¹Stråledoser angis gjerne i enheten Gray (GY) som angir energimengde absorbert pr. kg bestrålt materiale. Når man måler på levende skapninger er det imidlertid vanlig å ta hensyn til at noen typer ioniserende stråling gir større skadefrekvens enn andre typer ioniserende stråling selv om absorbert energimengde pr. kg er den samme. Man multipliserer da dosen målt i Gy med en såkalt strålevektfaktor som er bestemt for hver stråletype. Den resulterende dosen angis i enheten Sievert (Sv). *Gjennomsnittlig bakgrunnsstråling er ca 2,4 mSv pr år i verden totalt.*

bakgrunnsstrålingen gir i løpet av et helt år) vet vi at noen av dem vil dø i det de prøver å gjennomføre celledelingen.

Dette er altså selve den cellebiologiske mekanismen bak strålebehandling av kreft: Kreftcellene dør ikke av strålingen før de forsøker å dele seg til to nye celler. Strålingen angriper dermed kreftcellene mer enn normale celler fordi kreftcellene mer enn de normale cellene prøver å dele seg hele tiden.

I noen organer i kroppen har normale celler den samme tendensen til hyppig celledeling som kreftceller, og i disse organene er også normale celler like strålefølsomme som kreftceller. Dette gjelder for eksempel for bloddannende celler i benmarg og for cellene i vår hud, spesielt huden på innsiden av tarmene. Ved strålebehandling av kreft må man derfor hindre at store stråledoser kommer inn i disse organene.

Men det normalvevet som fremfor noe er preget av hyppig celledeling er fosteret i mors liv. Det er derfor grunn til å forvente at fosterstadiet er det stadiet hvor mennesker såvel som dyr er mest følsomme for stråling, noe som klart stemmer i praksis. For å plassere strålefølsomheten for fostre i riktig perspektiv må vi se litt på fosterets forskjellige utviklingstrinn (Tubiana m.fl. 1990). Vi inndeler fosterutviklingen i 3 perioder:

- a) Før implantasjonen (0-9 dager etter befruktning)
- b) Organogenesen (9-60 dager etter befruktning)
- c) Den føtale perioden (2-9 måneder etter befruktning)

Før implantasjonen

La oss repetere biologien og samtidig minne om at konklusjonene stammer fra eksperimenter på smågnagere: Egget befruktes i egglederen og vandrer ned til livmoren hvor det implanteres. Denne prosessen tar ca 9 dager i mennesker, noe kortere i smågnagere. I løpet av denne første tiden skjer det celledelinger, men ingen differensiering. Den lille celleklumpen kalles et embryo, og på dette stadiet er altså alle cellene i embryoet fremdeles like. Dersom embryoet bestråles i denne tiden vil det dø dersom alle cellene dør, eller det vil overleve dersom en eller flere celler overlever. Responsen på stråling er altså alt eller intet i denne perioden. Dersom embryoet dør vil som regel kvinnen ikke vite det fordi hun ikke visste at hun var gravid. Dersom embryoet overlever vil det utvikle seg normalt og vil ikke ha noen økt fare for misdannelser eller sykdommer.

Under organogenesen

Dette er den perioden hvor embryoet utvikler organer og er en dramatisk periode. Forskjellige grupper av celler differensieres etter at de har gjennomgått massiv cellevekst og celledelinger, noe som altså er strålefølsomme perioder for celler.

Bildet forandres dramatisk fra dag til dag. En dag forøkes de cellene som skal bli til indre organer. En annen dag de som skal bli til bindevev og bein. Samtidig differensieres andre grupper av celler (med differensiering menes at en celle som for eksempel skal bli til en nervecelle faktisk modnes til å bli en nervecelle). Hver cellegruppe passerer slik sett en periode hvor de har sin maksimale strålefølsomhet. Dersom embryoet mottar stråling på et tidspunkt da en slik cellegruppe har sin maksimale strålefølsomhet kan dette innebære at utviklingen av det organet disse cellene skulle danne hemmes, men uten at embryoet dør eller at utviklingen av andre organer hemmes. Dermed oppstår det vi kaller strålingsinduserte anomalier, misdannelser. I denne perioden har embryoet sin største strålefølsomhet. De minste dosene man har målt kan gi misdannelser i mus er 5cGy, eller 50 mGy, som er omtrent 1/4 til 1/8 av de minste dosene som kan gi en målbar effekt på celleoverlevelse i cellekulturer. Dette er selvsagt likevel en meget stor dose sammenlignet med bakgrunnsstrålingen, og langt høyere enn det som godtas av stråling til gravide, som er 2 mSv (for enkelhets skyld kan man si at 2mSv=2mGy) i løpet av hele graviditeten (som igjen tilsvarer 0.4 mSv i løpet av organogenesen). Om jeg skal oversette dette til en enkel tommelfingerregel kan vi si at den høyeste stråledosen som er godkjent for gravide ligger lavere enn 1/100 av den aller laveste dosen som gir noen målbar effekt på fosteret når det er i sin mest strålefølsomme periode.

Likevel er det grunn til å merke seg at organogenesen, altså den perioden som begynner 9 dager etter befruktningen og varer til 2 måneder etter befruktningen er den egentlig strålefølsomme perioden i et menneskes liv. På dette stadiet er fosteret 10 ganger mer strålefølsomt enn i andre stadier (med det mener jeg at det tåler bare 1/10-part av den dosen det tåler i andre stadier) og forskjellen er enda større om vi sammenligner med strålefølsomheten for voksne.

På dette stadiet vet mange kvinner ikke selv om at de er gravide, og det er viktig at helseinstitusjoner tar dette i betraktning når det skal gjøres røntgenundersøkelser eller lignende av kvinner i fertil alder. Farene for skader er nok likevel langt større når det gjelder røyking og andre kjemiske påvirkninger enn når det gjelder stråling fordi faren for at kvinnen røyker eller bruker tabletter eller narkotika rett og slett er langt større enn at hennes foster skal bli utsatt for stråledoser på 50 mGy i denne perioden.

Den føtale perioden

I denne perioden er organene ferdig formet. Effektene av stråling synker dermed drastisk fordi det er mindre sannsynlig at enkeltorganer får redusert utviklingshastighet som følge av at strålingen dreper noen enkeltceller. Dersom én celle dør blir denne raskt erstattet ved at en annen, identisk celle gjennomgår vekst og celledeling.

Det er imidlertid viktig å merke seg at sentralnervesystemet utvikler seg også inn i den føtale perioden. Fra undersøkelser av atombombeofrene i Japan er det vist at for de fostrene som hadde nådd frem til mellom den 8. og den 25. uken etter befruktningen ved bombenedslaget, og som fikk stråledoser over ca 200 mGy kunne man senere måle redusert mental kapasitet, og i økende grad med økende stråledoser over 200 mGy (Schull m.fl. 1989).

Gir stråling økt kreftrisiko?

For de atombombeofrene i Hiroshima og Nagasaki som ble truffet av store stråledoser, men som likevel overlevde strålingen er det ingen tvil om at strålingen ga økt kreftrisiko senere i livet. For de som fikk de aller høyeste stråledosene (doser opp til det som er dødelig) representerer økningen en dobling til firedobling av kreftrisikoen (Thompson m.fl. 1994) avhengig av hvilken kreftform man ser på. I denne gruppen av bombeofre ble det også vist at den relative økningen av kreftrisikoen var høyere om et barn enn om en voksen ble bestrålt. Anslagsvis var kreftrisikoen senere i livet omtrent dobbelt så stor for en som ble bestrålt med 1 Sv ved 5 års alder sammenlignet med for en som ble bestrålt med samme dose ved 35 års alder (Tokunaga m.fl. 1994).

En dose på 1 Sv er imidlertid kolossalt stor i forhold til all bakgrunnsstråling. For de som fikk lavere stråledoser er uenigheten blant fagfolk stor. Noen mener at også disse har en liten økt risiko, andre at de ikke har noen økt risiko, og atter andre at de har en redusert risiko for kreft. Problemet er at det for atombombeofre som fikk stråledoser under ca 200 mSv (som fremdeles er ca 100 ganger så stor stråledose som det vi får fra bakgrunnen i løpet av et helt år) ikke er mulig å se noen klar forskjell på deres kreftrisiko og den til vanlige folk som ikke har fått annet enn bakgrunnsstråling.

Også når man sammenligner kreftrisiko hos befolkningsgrupper som bor i områder med høy bakgrunnsstråling versus befolkningsgrupper i områder med lav bakgrunnsstråling har det vist seg vanskelig å påvise økt risiko av økt bakgrunnsstråling. En rekke undersøkelser er gjort. Den største omfatter en sammenligning mellom befolkningen i de 7 delstatene i USA som har den høyeste bakgrunnsstrålingen (Wyoming, Colorado, Montana, Utah, Idaho, New Mexico og South Dakota). Der ligger kreftrisikoen 15 % lavere enn gjennomsnittet for

hele USA til tross for at bakgrunnsstrålingen i disse statene er 50 til 100 % høyere enn gjennomsnittet for USA.

Problemet for forskerne er selvfølgelig at det kan være andre miljøfaktorer som har større betydning enn strålingen når det gjelder kreftinduksjon, som skaper disse forskjellene i kreftrisiko. Men dette betyr ikke at man kan avfeie denne observasjonen som uviktig. Den viser uansett at strålingens betydning for kreftforekomst innenfor de naturlige variasjonene i strålingsnivå er meget liten sammenlignet med eventuelle andre miljøfaktorer og at det egentlige problemet består i å identifisere de miljøproblemene som betyr mest. Det må nok en gang nevnes at vi allerede har identifisert den viktigste når det gjelder kreftdødsfall, nemlig tobakksrøyking.

Konklusjon

Mennesker er mest strålefølsomme i en periode midt i forsterstadiet, men selv i denne perioden må strålingen mer enn 100-dobles i forhold til bakgrunnsstrålingen for at vi skal kunne måle noen effekter av strålingen.

Riktignok er det fremdeles mange spørsmål vi ikke kan svare på når det gjelder strålingens virkning på mennesker og dyr. Likevel er det en tabbe med vidtrekkende konsekvenser å avfeie de kunnskapene vi faktisk har. Disse går entydig i retning av at farene forbundet med stråling på et dosenivå innen et bredt spekter som vi kan kalle bakgrunnsnivået, er sterkt overdrevet i opinionen. Slik feilvurdering kan ha alvorlige konsekvenser fordi de bidrar til å henlede oppmerksomhet mot ioniserende stråling og bort fra kjemikalier (f.eks. sprøytemidler) og andre faktorer i miljødebatten. Grunnen til at det lett blir slik er at ioniserende stråling kan måles med ekstrem nøyaktighet. Man kan lett påvise økninger i strålenivået som er bare en brøkdel av bakgrunnsnivået og fullstendig irrelevant fra et helseaspekt. Med ioniserende stråling kan man derfor alltid fremskaffe noen tall som kan diskuteres og vurderes og som kan brukes som grunnlag for å treffe såkalte tiltak. Dette gir seg merkelige, ulogiske utslag som at husdyreiere måtte foreta sikring mot radioaktivitet i kjøtt etter Tsjernobylulykken til en verdi av flere hundrede millioner kroner mens ingen advares mot for eksempel å flytte inn i murhus, som faktisk medfører høyere tilleggsdoser. Alt dette er imidlertid tilleggsdoser som ligger godt innenfor variasjonsområdet for vanlig bakgrunnsstråling.

Noe helt annet er det med mange giftige kjemikalier. Ikke bare er de ofte vanskelige å påvise i naturen, men de kan bli omdannet slik at det virksomme giftstoffet kan være et annet molekyl enn det som ble sluppet ut. Eller stoffet kan være virksomt bare kort tid, i en periode hvor det ikke blir påvist, mens effektene kommer mange år senere. I disse tilfellene kan man rett og slett stå uten tall å diskutere og man kan faktisk mangle grunnlag for å igangsette tiltak selv om stoffet over tid krever mange menneskeliv.

Til slutt et lite hjertesukk fra en kreftforsker: Tobakksrøyking er med sikkerhet så farlig at det krever millioner av menneskeliv hvert år i verden, og med forferdelige lidelser ikke bare for røykerne, men også for deres nærmeste. Vil man bedre kreftstatistikkene er dette problem nummer 1, og her er det faktisk berettiget å snakke om en katastrofe både for mange ufødte, for barn og for voksne.

Litteratur

- Loken, M. og L.E. Feinendegen. 1993. Radiation hormesis. Its emerging significance in medical practice. *Investigative Radiology* 28:446-450.
- Graham, J. 1996. The benefits of low level radiation. *The Uranium Institute, 21st Annual Symposium*:1-5.
- Schull W.J., M. Otake og H. Yoshimaru. 1989. Radiation-related damage to the developing human brain. I: B.F Baverstock og J.W. Stather, red. *Low Dose Radiation. Biological Bases of Risk Assessment*:28-41. London, New York, Philadelphia: Taylor and Francis.
- Thompson, D.E., K. Mabuchi, E. Ron, M. Soda, M. Tokunaga, S. Ochikubo, S. Sugimoto, T. Ikeda, M. Terasaki, S. Izumi og D.L. Preston. 1994. Cancer incidence in atomic bomb survivors. Part II: Solid tumors, 1958-1987. *Radiation Research* 137: S17-S67.
- Tokunaga, M., C.E. Land, S. Tokuoka, I. Nishimori, M. Soda og S. Akiba. 1994. Incidence of female breast cancer among atomic bomb survivors, 1950-1985. *Radiation Research* 138: 209-223.
- Tubiana, M., J. Dutreix og A. Wambersie. 1990. *Introduction to Radiobiology*. London, New York, Philadelphia: Taylor and Francis.
- Vogel, F. 1992. Risk calculations for hereditary effects of ionizing radiation in humans. *Human Genetics* 89:127-146.