

Retrospektiv studie i 15 länder**Cancerrisker från låga doser av joniserande strålning**

*En ny omfattande internationell studie på personal vid kärntekniska anläggningar stöder vedertagna uppskattningar av risker från joniserande strålning. Undersökningen behandlar sambandet mellan små stråldoser och risken att avlida i cancer. Resultaten publicerades juni 2005 i nätupplagan av British Medical Journal.*

*Studien omfattade över 400 000 personer på 154 anläggningar i 15 länder. Av dem som deltog i undersökningen dog ca 200 personer i leukemi och 6 500 i övrig cancer.*

*De flesta av anläggningarna är kärnkraftverk – de äldsta med start före 1950, men även personal från forskningsreaktorer samt anläggningar för uppberedning och för produktion av isotoper har studerats.*

*Detta faktablad är ett fylligt referat av studien som även anknytits till såväl arbetarskydd i allmänhet som svenskt strålskyddsarbete av docent Monica Gustafsson. Hon har tidigare arbetat med strålskyddsfrågor i Sverige och vid FN:s atomenergiorgan IAEA och är nu ställföreträdande radiologisk föreståndare vid Barsebäcksverket.*

Joniserande strålning kan påverka människokroppens celler – det är ett välkänt faktum. Mycket snart efter upptäckten av röntgenstrålningen för mer än 100 år sedan utnyttjades höga stråldoser i syfte att behandla sjukdomar. Ett försök att behandla bröstcancer utfördes redan i januari 1896 (1) av en person som tidigare observerat en strålskada på sina händer (den första dokumenterade strålskadan) och som insåg att detta kunde vändas till något positivt.

Allt eftersom kunskapen om olika stråleffekter ökade vidtogs försiktighetsåtgärder för att skydda dem som utsattes för strålning, t.ex. i sitt arbete. Det var dock först i början på 1950-talet, när de fördröjda effekterna av atombombsexplosionerna i Hiroshima och Nagasaki framträdde i form av leukemi och cancer, som det internationella strålskyddsarbetet verkligen tog fart.

Riskbedömningarna har sedan ständigt förbättrats, men fortfarande gäller att de flesta studier som ligger till grund för riskbedömningen baseras på relativt höga stråldoser som givits under en kort tid. De stråldoser människor utsätts för som patienter på röntgenavdelningar eller som personal vid kärnkraftverk, sjukhus, forskningsavdelningar etc, erhålls som låga doser, oftast under en lång tid.

Man tar hänsyn till denna skillnad genom att vid riskbedömningar vid låga stråldoser anta att risken per dosenhet är endast hälften så stor som vid högre doser, men behovet av direkta studier på mer relevanta bestrålningsituationer kvarstår.

**Personal – en lämplig studiegrupp**

En befolkningsgrupp, som är lämplig för sådana studier, utgörs av personer som bestråls i sitt arbete. Regler för personalstrålskydd har funnits sedan mer än 70 år. Dessa inkluderar gränser för de stråldoser en person kan få och följaktligen måste dessa doser mätas och registreras. Dosregistren utgör viktiga källor för epidemiologiska studier, men eftersom de registrerade stråldoserna är relativt låga, och de hälsoeffekter man vill studera därför lätt "drunknar" i normala variationer, måste

studiegrupperna omfatta ett mycket stort antal individer för att ett tillfredsställande säkert resultat skall erhållas (2).

En internationell organisation som engagerat sig i dessa problem är IARC (International Agency for Research on Cancer), som tillhör Världshälsoorganisationen, WHO, och som verkar för att identifiera cancerorsaker och därmed bidra till att lämpliga skyddsåtgärder kan vidtas.

Resultat av en studie, ledd av IARC och baserad på kombinerade analyser av sammanlagt mer än 95 000 personer på kärntekniska anläggningar i Kanada, Storbritannien och USA rapporterades 1994 (3).

För att ytterligare öka den statistiska säkerheten och precisionen i uppskattningen av cancerriskerna efter låga stråldoser som givits under lång tid och därmed förbättra den vetenskapliga basen för strålskyddsföreskrifter och strålskyddsarbete, initierade IARC en ännu större studie på personalgrupperna.

**Den aktuella studien**

Denna multinationella studie av cancerrisker, vars resultat publicerades i juni 2005 (4), påbörjades 1993 och omfattade närmare 600 000 personer vid kärntekniska anläggningar i 15 länder\*. Studien använde sig av ett gemensamt protokoll (5) för insamlingen av information om personer som deltagit i arbete med joniserande strålning under olika långa tidsperioder under åren 1943–2000.

Endast urvalsgrupper som uppfyllde tre på förhand bestämda villkor inkluderades: 1) fullständig och icke-selektiv uppföljning av dödsorsaker; 2) tillgång till individuella årliga dosberäkningar för samtliga individer; 3) god kännedom om tidigare dosmätningmetoder.

Dödsorsaken kunde fastställas för 90 % av de avlidna personerna genom nationella eller regionala dödsorsaksregister och i några fall genom kontakter med lokala myndigheter. Studien fokuserade på två grupper av cancer: 1) all cancer utom leukemi och 2) leukemi utom kronisk lymfatisk leukemi, vilken inte induceras i nämnvärd grad av joniserande strålning.

\* Deltagande länder: Australien, Belgien, Finland, Frankrike, Japan, Kanada, Litauen, Schweiz, Slovakien, Spanien, Storbritannien, Sverige, Sydkorea, Ungern och USA.

Varje persons individuella stråldos rekonstruerades med hjälp av dokumentation på de individuella arbetsplatserna eller i nationella dosregister. Felkällorna i de registrerade doserna uppskattades liksom jämförbarheten i doser mellan olika anläggningar och tidsperioder. En retrospektiv studie av äldre typer av dosimeter utfördes liksom en granskning av tidiga mät- och beräkningsmetoder.

Tillsammans visade dessa studier att dosmätning och registrering av bestrålning från neutroner och intern kontamination varierade avsevärt i kvalitet under den tidigare delen av studieperioden och därför uteslöts personer som beräknades ha fått mer än 10 % av sin stråldos från dessa strålslag. Vidare inkluderades endast personer som varit anställda i mer än ett år.

**Dosregistren upptar** resultat av mätningar med en s.k. persondosimeter, som mäter stråldosen i den punkt på kroppen där den är lokaliserad. Detta är en tillräckligt noggrann dosbestämning för registreringsändamål, men för att beräkna bärarens framtida cancer risk krävs en uppskattning av stråldoserna till kroppens olika strålningskänsliga organ.

Omräkningen till organdoser från mätvärden registrerade under denna långa tidsperiod och vid många olika anläggningar, innehåller betydande felkällor i form av olika dosimeter-teknologi, olika bestrålningsförhållanden (t.ex. strålriktning) och varierande kalibreringsmetoder.

Två grundliga studier resulterade i omräkningsfaktorer specifika för respektive organ, olika dosimeter typer och anläggningar. Uppskattningen av risken för cancer utom leukemi grundades på stråldosen till tjocktarmen och beräkningen av leukemirisk på stråldosen till den aktiva benmärgen. Stråldoserna uttrycktes som dosekvivalenter i enheten sievert (Sv).

**Den statistiska analysen** baserades på underliggande dödsorsak\* och för beräkningar av relativ överrisk på grund av bestrålning uppdelades materialet efter kön, ålder, tidsperiod, anläggning, anställningstid och socioekonomisk status. I analyserna av cancerfrekvensen uteslöts grupper där socioekonomisk status inte var känd, medan socioekonomisk status inte ansågs ha betydelse för leukemirisk.

För att ta hänsyn till den latensperiod som har iakttagits mellan bestrålning och eventuell cancerdöd, infördes en s.k. fördröjning av stråldoserna med två år för leukemi och tio år för andra cancerformer (detta innebär att om dödsfall i cancer registrerats under år x baseras riskuppskattningen på de stråldoser som ackumulerats fram till år x-10). Känslighetsanalyser utfördes med olika tidsfördröjningar.

För att kunna göra jämförelser med data för de överlevande efter atombombexplosionerna i Japan, inkluderade studien också en analys av solida tumörer. Vidare undersökte man möjlig påverkan av rökning genom att var för sig analysera rökrelaterade och icke-rökrelaterade solida tumörer samt genom studier av två grupper av andra rökrelaterade sjukdomar.

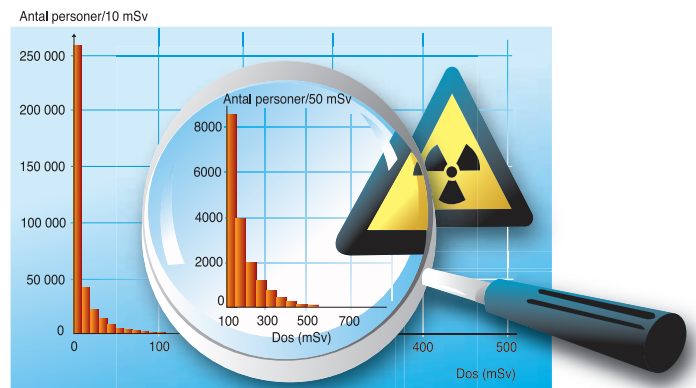
## Resultat av studien

Efter att de förhandsbestämda urvalskriterierna tillämpats återstod 407 391 personer, av vilka huvuddelen arbetat på kärnkraftverk och övriga med forskning, hantering av kärnavfall samt framställning av kärnbränsle, radioaktiva isotoper och kärnvapen. Cirka 6 % av dessa personer avled under den inklu-

derade tidsperioden, därav 6 519 personer i cancer utom leukemi och 196 personer i leukemi utom kronisk lymfatisk leukemi.

Nittio procent av individerna var män. Den genomsnittliga ackumulerade stråldosen var 19,4 mSv men dosfördelningen var mycket skev (Fig 1), innebärande att mer än 90 % av personerna fick en total stråldos på mindre än 50 mSv medan mindre än 0,1 % fick ackumulerade doser över 500 mSv.

Som jämförelse kan nämnas att varje svensk beräknas få en genomsnittlig *årlig* stråldos på 3,8 mSv, huvudsakligen från naturliga strålkällor (6).



Figur 1. Fördelning av ackumulerade doser hos den personal som ingick i analyserna.

Den observerade relativa överrisken för dödsfall i cancer utom leukemi, 0,97 per Sv, är signifikant skild från noll och motsvarar en relativ risk på 1,10 för en dos på 100 mSv. Detta innebär att en person som fått 100 mSv löper en 10 % högre risk att avlida i cancer utom leukemi än en person som inte fått denna stråldos.

För solida tumörer uppskattas den relativa risken till 0,87 per Sv, vilket är högre än det som beräknats för de överlevande efter atombombexplosionerna (0,32 per Sv). Med beaktande av de stora osäkerheterna är de båda resultaten dock statistiskt förenliga.

För leukemi ger studien en relativ risk på 1,19 för en dos på 100 mSv. En person som fått 100 mSv löper alltså en 19 % högre risk att avlida i leukemi än den som inte fått denna stråldos.

Analyserna av en möjlig påverkan av rökning visade på en ökad risk för rökrelaterad cancer i denna grupp, framförallt härrörande från en ökad risk för lungcancer. Risken för andra rökrelaterade sjukdomar var förhöjd men inte statistiskt skild från noll.

## Möjliga slutsatser - osäkerheter

Denna studie utgör det hittills största bevismaterialet när det gäller effekter av låga stråldoser fördelade över en lång tid. Den reflekterar huvudsakligen risker för män och visar att en liten men signifikant överrisk för cancer föreligger, även vid de doser och doshastigheter som är typiska för personerna i studien.

Felkällorna i dosberäkningen minimerades genom att endast de personer som fick stråldoser huvudsakligen från högenergetisk gammastrålning, och för vilka man därför kunde göra tillförlitliga dosuppskattningar, inkluderades.

Studien av tidigare mätmetoder liksom beräkningen av organdoser ur persondosmätningen bidrog till att ytterligare begränsa de systematiska felen i dosuppskattningen.

\* Enligt WHO den sjukdom eller skada som inledde den kedja av sjukdomshändelser som direkt ledde till döden.

## Cancer utom leukemi

För dödlighet i cancer utom leukemi resulterar studien i en riskuppskattning för låga doser som ligger två till tre gånger över den gängse tillämpade linjära extrapolationen baserad på studierna av dödsfall i cancer hos de överlevande efter atombombs-explosionerna i Japan. Med hänsyn tagen till de stora osäkerheterna skiljer sig dock inte riskuppskattningarna från varandra.

Möjliga förklaringar till studiens högre riskvärden redovisas i rapporten. Den observerade större risken skulle kunna bero på att läkare har en större benägenhet att ange cancer som dödsorsak för personer med hög exponering, men detta motsades av att en liten överrisk observerades även för andra dödsorsaker än cancer.

När det gäller påverkan av rökning och matvanor på resultaten, var den tillgängliga informationen inte tillräckligt detaljerad för att ett säkert resultat skall kunna anges. Däremot har materialet indelats efter socioekonomisk status, som har relativt starka samband med rökning och matvanor, och de analyser som kan utföras leder fram till slutsatsen att rökning kan förklara en del av den ökade risken från cancer utom leukemi, dock inte hela ökningen.

Analys av materialet visar inte att resultatet påverkas starkt av data från ett enda land. När man utesluter data från ett land i taget får man relativa överrisker som varierar mellan 0,58 och 1,25 per Sv, värden som i samtliga fall är högre än, men förenliga med, de värden som beräknas ur data för överlevande efter atombombs-explosionerna i Japan.

Resultatet är inte signifikant skilt från noll och riskuppskattningen ligger mellan de uppskattningar som erhålls när två olika modeller för interpolation appliceras på män i åldern 20-60 år som bestrålades i Hiroshima och Nagasaki.

Konfidensintervallet är mycket stort och resultatet är därför förenligt såväl med ett antagande om att risken vid låga stråldoser är lika stor som vid höga doser som med ett antagande om en ännu större riskreduktion vid låga doser än som nu tillämpas.

## Risker för personal

Enligt den aktuella studien skulle en individ som når gällande dosgräns för bestrålning under fem år (100 mSv) löpa en risk att avlida i leukemi utom kronisk lymfatisk leukemi, som är 19 % högre än risken i en jämförbar grupp som inte erhållit denna stråldos. För cancer, utom leukemi, är motsvarande siffra 10 %.

Mindre än 5 % av personerna i studien nådde dessa stråldosnivåer, de flesta under studiens tidigare år, och författarna beräknar att 1-2 % av dödsfallen i cancer (utom leukemi) i studiegruppen skulle kunna vara orsakade av strålningen.

Detta skulle motsvara ca 0,3 - 0,6 % av alla dödsfall i denna grupp och som jämförelse kan nämnas att ILO (International Labour Organization) nu uppskattar att 2,2 % av alla dödsfall i den industrialiserade världen (7) beror på arbetsrelaterade olyckor eller sjukdomar.

## Studiens betydelse för strålskyddsarbetet

Strålskyddsansvariga över hela världen har sett fram emot publiceringen av resultaten av denna studie och detta av flera skäl.

Studiematerialet omfattar ett unikt stort antal individer, som erhållit relativt låga stråldoser, vilka beräknats med största möjliga noggrannhet.

Förutom artikelns 52 författare, som representerar nästan lika många institutioner i de deltagande länderna, har ytterligare specialister medverkat i separata studier, som rapporterats i den vetenskapliga litteraturen. Studien har letts av IARC, som utgör en del av FN-organet WHO, vilket bör vara en garanti för objektivitet i tolkningen av analyserna. Studien representerar ett mycket omfattande och högkvalificerat arbete.

Resultatet sammanfattas av författarna på några rader:

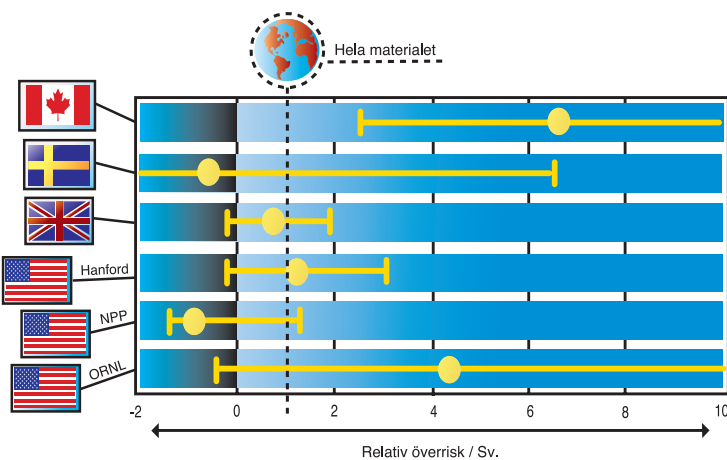
### Följande är känt

- Nuvarande strålskyddsnormer baseras huvudsakligen på data från studier på de överlevande från atombombs-explosionerna i Japan.
- Riskuppskattningarna för joniserande strålning i låga doser givna under lång tid eller i fraktioner är kontroversiella.

### Denna studies bidrag

- En liten överrisk för cancer existerar även vid låga stråldoser av den storleksordning som var typisk för den personal på kärntekniska anläggningar som ingick i studien.

Publiceringen av resultaten i BMJ (British Medical Journal), som kommer att följas av en mer detaljerad rapport, har redan föranlett ett antal kommentarer i form av "rapid responses".



Figur 2. Relativ överrisk per Sv för cancer utom leukemi i urvalsgrupper med fler än 100 dödsfall (NPP= kärnkraftverk, ORNL= Oak Ridge National Laboratory).

Figur 2 visar överrisken från de största urvalsgrupperna. Endast när Kanada, som har den högsta relativa överrisken, utesluts blir resultatet ej längre signifikant skilt från noll.

Känslighetsanalys med olika latensperioder visar att längre tidsfördröjning leder till högre riskvärden och större osäkerhet, men alla resultat är förenliga med data från de överlevande i Hiroshima och Nagasaki.

## Leukemi utom kronisk lymfatisk leukemi

För leukemi utom kronisk lymfatisk leukemi, är resultatet av denna studie förenligt såväl med det gängse sättet att beräkna risker utifrån data från atombombs-explosionerna i Japan som med resultat av tidigare mindre studier på personal.

Studiens resultat stöder således de uppskattningar av risker från joniserande strålning som är grunden för existerande strålskyddsnormer och det pågående strålskyddsarbetet.

Man kan med stor tillfredsställelse notera att den princip som varit vägledande för strålskyddsarbetet alltsedan 1950-talet, nämligen att alla stråldoser skall hållas så låga som är rimligt möjligt, har varit och är motiverad.

Denna princip har tillämpats med stor framgång, inte minst på kärnkraftverk, vilket har resulterat i en signifikant minskning av personalbestrålningen, illustrerat bland annat i publikationer från Statens strålskyddsinstitut, SSI (8).

**Monica Gustafsson**

monica.1.gustafsson@ringhals.se

Illustrationer: Lasse Widlund

## Referenser

1. Kärnkraften, människan och säkerheten. Bo Lindell/Sven Löfveberg. Allmänna Förlaget, Stockholm, 1972.
2. Epidemiologi. En vetenskap med fallgropar. Faktablad utgivet av Analysgruppen vid KSU. Nr 25, mars 2000.
3. Direct estimates of cancer mortality due to low doses of ionising radiation: an international study. IARC Study Group on Cancer among Nuclear Industry Workers. *Lancet* 1994;344:1039-43.
4. Risk of cancer after low doses of ionising radiation: retrospective cohort study in 15 countries. Cardis, E. et al., *BMJ (British Medical Journal)*, 2005;331:77.
5. International Collaborative Study of Cancer Risk among Radiation Workers in the Nuclear Industry, Procedures document. Cardis E., Martuzzi, M., Amoros, E. Lyons: International Agency for Research on Cancer, 1997(97/002).
6. Joniserande strålning. Rapport utgiven av Analysgruppen vid KSU, 2004.
7. World Day for Safety and Health at Work 2005: A Background Paper. *ILO InFocus programme on Safe Work*, International Labour Office, Geneva, 2005. [http://www.ilo.org/public/english/bureau/inf/download/sh\\_background.pdf](http://www.ilo.org/public/english/bureau/inf/download/sh_background.pdf)
8. Personalstrålskydd inom kärnkraftindustrin under 2004. SSI Rapport 2005:12.

Publikationerna Bakgrund och Faktaserien ges ut av Analysgruppen vid Kärnkraftsäkerhet och Utbildning AB (KSU).

Gruppens huvuduppgift är att sammanställa och analysera fakta kring frågor som kommer upp i samhällsdebatten med anknytning till reaktorsäkerhet, strålskydd, radiobiologi och riskforskning.

Skriftserier och rapporter publiceras på Analysgruppens hemsida [www.analys.se](http://www.analys.se). Den innehåller också ett omfattande länkbibliotek till nationella och internationella forskningsorganisationer, kärnkraftmyndigheter och kraftföretag.