



r

**SSI Rapport**

SSI report

2001:20

*Godkännande  
av  
persondosimetritjänster*



*Statens strålskyddsinstitut*  
Swedish Radiation Protection Authority

FÖRFATTARE/ AUTHOR: Klas Bergman och Lars Malmqvist

AVDELNING/ DIVISION: Avdelningen för personal- och patientstrålskydd/ Division of Occupational and Medical Exposures

TITEL/TITLE: Godkännande av persondosimetritjänster /Approving of Personal Dosimeter Services

SAMMANFATTNING: Rapporten beskriver arbetet bakom godkännandet av svenska persondosimetritjänster

SUMMARY: The report describes the work behind the approval of Swedish Personal Dosimeter Services

SSI rapport : 2001:20

september 2001

ISSN 0282-4434

Författarna svarar själva för innehållet i rapporten.

*The conclusions and viewpoints presented in the report are those of the author and do not necessarily coincide with those of the SSI.*



Statens strålskyddsinstitut  
Swedish Radiation Protection Authority

## Innehållsförteckning

Inledning .....	1
Krav för godkännande .....	1
Bestrålningstest .....	1
Inspektion på plats .....	2
Avslutningsvis .....	2
Procedur för bestrålningstest, bilaga 1.....	3
Kontrollpunkter vid inspektion, bilaga 2 .....	16
Godkända dosimetritjänster, bilaga 3 .....	18

## Inledning

I ”RÅDETS DIREKTIV 96/29/EURATOM av den 13 maj 1996 om fastställande av grundläggande säkerhetsnormer för skydd av arbetstagarnas och allmänhetens hälsa mot de faror som uppstår till följd av joniserande strålning” fastläggs att dosimetritjänster som tillhandahåller persondosmätare för arbetstagare i kategori A ska vara godkända. Detta krav har omsatts i Statens strålskyddsinstitutets föreskrifter (SSI FS 1998:5) om mätning och rapportering av persondoser. I föreskriften anges bland annat ett antal krav som en dosimetritjänst måste uppfylla för att kunna bli godkänd. SSI är den myndighet som bedömer och godkänner dosimetritjänsterna. Denna rapport beskriver kortfattat det arbete som föregick beslut om godkännande.

## Krav för godkännande

Under 1999 startade Statens strålskyddsinstitut, SSI, förarbetet inför den granskningsprocess som skulle ge underlag för ett eventuellt godkännande av de persondosimetritjänster som ansökt om sådant. I ett projekt, ”Rutiner för godkännande av persondosimetrilaboratorium”, utarbetades riktlinjer och rekommendationer till de krav som skulle ligga till grund för ett godkännande. Underlaget skulle inhämtas dels genom ett tekniskt/fysikaliskt bestrålningstest av respektive dosimetrisystem, dels genom utförda inspektioner på plats. Vid inspektionerna skulle en genomgång av kvalitetsdokumentation, lokaler, rutiner, m.m., ske. Dosimetritjänsterna erhöll fortlöpande information under projektets gång, för att i god tid kunna förbereda sig inför kommande granskning, om man avsåg att ansöka om godkännande.

En kravlista för bedömning av laboratoriernas kvalitetsdokumentation m.m. utarbetades. Som grund för kraven användes ISO 9000-familjens standarder. Vissa av dessa krav modifierades något för att passa in i sammanhanget. Utöver krav i standarder kompletterades formuläret med frågor om dokumenthantering, rutiner, ersättare, m.m., vilket SSI bedömde vara viktigt för dosimetritjänsternas verksamhet. Bilaga 2 utgör en komprimerad version av innehållet i kravlistan.

I början av år 2000 fastställdes en tidplan för bestrålningstest och inspektioner. Enligt planen skulle arbetet vara slutfört före oktobers utgång, så att godkännanden, för dem som bedömts uppfylla ställda krav, skulle kunna utfärdas före årsskiftet 2000/2001.

## Bestrålningstestet

Som grund för bestrålningstestet har bland annat de tekniska rekommendationerna i EU-kommissionens ”Technical recommendations for monitoring individuals occupationally exposed to external radiation” använts. Som ett delmoment i granskningsprocessen initierade SSI ett externt projekt, med syfte att mot nämnda tekniska regler kontrollera egenskaperna hos de dosimetrisystem som ansökt om godkännande. Testet avsåg förmågan att bestämma persondosekvivalenten  $H_p(10)$  och  $H_p(0,07)$  vid varierande energier och bestrålningsvinklar. För att bland annat undvika att testets utfall skulle påverka bedömningen vid inspektionen av respektive dosimetritjänst, var laboratoriernas identitet kodad fram till det att samtliga bestrålningstester och inspektioner var slutförda. Endast den person som utförde bestrålningarna ägde kodnyckeln. I bilaga 1, vilken är ett utdrag ur projektrapporten, ges ytterligare information om bestrålningstestets omfattning och utförande. Bestrålningarna utfördes vid SSI:s dosimetrilaboratorium.

## Inspektion på plats

De två strålskyddsinspektörer som utsetts att samordna arbetet och utföra inspektionerna hade inför uppgiften genomgått SWEDAC:s (Styrelsen för ackreditering och teknisk kontroll) utbildning för bedömare.

Vid inspektionen av respektive dosimetritjänst utfärdades, om anledning fanns, "avvikelser" i de fall då dokument, rutinbeskrivningar, m.m., saknades eller bedömdes vara knapphändiga. I de fall då avvikelser utfärdades, fick aktuell dosimetritjänst tre månader på sig att rätta till påpekade brister. I samtliga fall har nödvändiga åtgärder och rättelser vidtagits och skriftligt redovisats till SSI.

Ett viktigt förhållande att kontrollera vid inspektionerna var punkten "Rutiner för ersättare vid vakans". I första hand var det antalet kompetenta ersättare som här åsyftades. SSI lade fast, när frågan första gången aktualiserades, att minst tre personer med kompetens att självständigt hantera dosimetrisystemen skall finnas knutna till respektive dosimetritjänst.

Andra viktiga punkter som togs upp, var om respektive dosimetritjänst dokumenterat sin verksamhet i erforderlig omfattning och på ett acceptabelt sätt. Dokumenthantering, ansvar och ändringsrutiner var andra viktiga områden som granskades. Genom de anvisningar som SSI redovisade inför granskningsomgången, kunde de deltagande dosimetritjänsterna skapa rutiner som i stort var överensstämmande, vilket underlättade granskningsarbetet.

## Avslutningsvis

Vid ett möte den 12 december 2000 samlades representanter för de testade dosimetritjänsterna på SSI för en genomgång av bestrålningstestet och granskningsarbetet på plats. I samband med detta delades intyg om godkännande ut. Samtliga elva dosimetritjänster som ansökt om godkännande godkändes, dock två med viss inskränkning. Det formella beslutet om godkännande av dosimetritjänsterna togs vid GD-föredragning den 27 november 2000. Godkända dosimetritjänster listas i bilaga 3.

Det kan även nämnas att det vid SSI:s granskning framkommit flera positiva iakttagelser och "good practise" erfarenheter av dosimetritjänsterna. Dessa erfarenheter har dosimetritjänsterna kunnat ta del av under granskningsarbetet.

# **Procedur för test av persondosmätare och resultat av ett landsomfattande test**

(Utdrag ur rapporten)

Projekt SSI P 1192.00

Projektansvarig:

Eva Lund  
Avd för Radiofysik, IMV  
Hälsouniversitetet  
581 85 LINKÖPING

Jan-Erik Kyllönen  
Statens strålskyddsinstitut  
171 16 STOCKHOLM

## Abstract

The Swedish regulation SSI FS 98:5 requires that radiological workers of category A use dosimeters from an approved personal dosimetry service. The regulation also includes certain specific dosimeter requirements, which are based on those presented in the Technical Recommendations by the European Commission (Report EUR 14852 EN, 1994).

All services have been tested for their ability to determine  $H_p(10)$  and some of them to determine  $H_p(0.07)$  at one radiation quality. The test was performed in the interval 0.2 mSv to 100 mSv at three different dose equivalents unknown to the system owner. The 11 services operating in Sweden at the moment use 5 different types of dosimeters. The five unique systems have been tested regarding the angular and energy dependence of the response of the dosimeters. The dosimeters were irradiated to a personal dose equivalent of about 1 mSv at three photon energies and at four angles ( $0^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $40^\circ$  and  $60^\circ$ ) both vertically and horizontally rotated. Only 2 of the services determine  $H_p(0.07)$  for beta and gamma radiation and were tested for this quantity.

The test results for  $H_p(10)$  are all except two within the trumpet curve. For the unique systems it is shown that the uncertainty related to angular response at a specified energy is within the required  $\pm 40\%$  except for the lowest X-ray quality at 40 kV. The response is more dependent on photon energy than on the direction of the photon radiation and the choice of radiation quality for the calibration is of great importance for the system performance.

## Sammanfattning

I Statens strålskyddsinstitutets författning SSI FS 98:5 krävs att radiologiskt sysselsatt personal av kategori A använder persondosimetrar från ett godkänt dosimetrlaboratorium. Författningen anger hur stor avvikelse mellan uppmätt och "sant" värde som tillåts (den s.k. trumpetkurvan) samt anger krav på riktningsoch energiberoende hos dosimetrarna. Kraven motsvarar de som presenterats i *Technical recommendations for monitoring individuals occupationally exposed to external radiation*. Radiation Protection 73, European Commission, EUR 14852 EN, 1994.

Samtliga elva laboratorier som betjänar persondosimetrin i Sverige testades avseende förmågan att bestämma  $H_p(10)$ , ett par även  $H_p(0.07)$ . Testet genomfördes i intervallet 0.2 mSv till 100 mSv vid tre, för systeminnehavaren okända värden på persondosekvivalenten.

De 11 system som testades använder fem olika typer av dosimetrisystem och ett system av varje typ testades avseende riktningsoch energiberoende i dosresponsen. Testet gjordes vid tre fotonenergier i fyra vinklar ( $0^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $40^\circ$  och  $60^\circ$ ) för såväl horisontell som vertikal vridning. Dosimetrarna bestrålades med ca 1 mSv. Endast två av systemen mäter  $H_p(0.07)$  för gamma och beta strålning och dessa testades med avseende på denna storhet för dessa stråltyper.

Vid bestämning av  $H_p(10)$  föll alla resultatet utom två inom den s.k. trumpetkurvan. Energi- och vinkelberoendetestet visar att responsen ligger inom de krävda  $\pm 40\%$  utom vid den lägsta röntgenkvaliteten 40 kV där några system ligger utanför. Energiberoendet dominerar över riktningberoendet och valet av kalibreringsenergi är därför av stor betydelse för systemets förmåga att bestämma persondosekvivalenten vid en okänd bestrålning.



## Introduktion

Europadirektivet 96/29 "basic standards against dangers arising from ionizing radiation" kräver att arbetare inom kategori A använder dosimetrar från en godkänd dosimetritjänst. Statens strålskyddsinstitut har därför utfärdat en författning, SSI FFS 98:5, av vilken framgår vilka krav som ställs på en persondosimetritjänst och hur ett godkännande går till. Som en del i godkännandet ska ett bestrålningstest genomföras. Landets samtliga dosimetritjänster erbjöds att genomgå ett sådant test utan kostnad under förutsättning att resultaten fick behandlas öppet. Resultaten presenteras i denna rapport

Bestrålningstestet omfattar dosimetrarnas respons avseende energi- och riktningberoende samt test av linearitet inom det föreskrivna dosområdet 0,17 mSv till 100 mSv. Gränser och metodik följer EU kommissionens tekniska rekommendationer EUR 14852 EN. <sup>(1)</sup> Ett godkännande gäller för två år och därefter erbjuds ett förenklat test vartannat år.

Landets persondosimetritjänster har testats tidigare, 1982 <sup>(2)</sup>. Vid den tidpunkten förelåg inga myndighetskrav och den storhet som då skulle bestämmas var dosekvivalenten fritt i luft. Resultaten jämfördes med krav i amerikanska och tyska standardförslag.

Ett av laboratorierna deltog under år 1999 i ett internationellt test <sup>(3)</sup>.

## Krav för godkännande

Den svenska författningen baseras på gränsvärden från ICRP35. <sup>(4)</sup> För årliga doser i närheten av årsgränserna får avvikelser mellan uppmätt och sant värde inte överskrida en faktor 1,5 vid en konfidensnivå på 95 %. Om det uppmätta värdet når den lägre gränsen för krav på registrering, 0,17 mSv, är en faktor 2 i avvikelse acceptabel.

## Trumpetkurvan

Ovanstående formulering av gränsvärdena leder till en stegfunktion och för att underlätta tester av dosimetersystem har man antagit en metod att jämna ut denna så att gränsvärdena följer en kurva, trumpetkurvan, som funktion av dosnivåerna. <sup>(5)</sup>

Responser definieras som förhållandet mellan uppmätt värde  $H_p(d)_m$  och det uppskattat sanna värdet  $H_p(d)_t$

$$R(H_p(d)) = \frac{H_p(d)_m}{H_p(d)_t} \quad (1)$$

Trumpetkurvans gränser ges av den övre nivån  $H_{ul}$  och den lägre nivån  $H_{ll}$

$$\begin{aligned} H_{ul}/H_{pt} &= 1.5[1 + H_0/(2H_0 + H_t)] \\ H_{ll}/H_{pt} &= \frac{1}{1.5}[1 - 2H_0/(H_0 + H_t)] \end{aligned} \quad (2)$$

$H_0$  är den lägsta dos som behöver registreras och den är satt till 0,17 mSv för månatliga registreringar av  $H_p(10)$ . Om det "sanna"  $H_{pt} < H_0$  så är  $H_{ll} = 0$  och  $H_{ul} = 2$ . Den svenska författningen kräver att responserna skall hamna inom trumpetkurvans gränser i dosområdet 0,17 mSv och 100 mSv.

## Energi- och riktningsberoende

Kraven som ICRP 35 fastställt betyder att den uppmätta dosen skall hamna i ett intervall mellan  $-1/1,5$  och  $1,5$ , dvs. mellan  $-33\%$  och  $+50\%$  av det sanna värdet av den storhet som avses. Detta kriterium uppfylls om mätvärdets standardavvikelse,  $s$  uppfyller

$$1.96|s| \leq 0.5(0.33 + 0.50) \rightarrow s \leq 0.212 \quad (3)$$

Mätvärdets standardavvikelse  $s$  antas omfatta alla osäkerheter både de som beräknas med metoder av typ A och sådana som beräknas med hjälp av typ B enligt definitionen i "Guide to the expression of uncertainty in measurements".<sup>(6)</sup> Metoder av typ A är statistiska medan typ B innebär uppskattningar.

Bestämning av persondosekvivalenten innefattar korrektioner av flera slag med osäkerheter som beräknas genom uppskattningar. De flesta av dessa korrektioner kan innefattas i det man kallar kalibreringskonstanten och är behäftade med små osäkerheter. Däremot känner man i många fall inte till vilken strålkvalitet bäraren utsatts för och inte heller hur bäraren rört sig i strålfältet och därför kommer alla bestämningar av persondos ekvivalenten att ha en osäkerhet som beror på dosimetrarnas energi- och riktningsberoende och beräknas med metoder av typ B. Energi- och riktningsberoendet är heller inte oberoende av varandra och standaravvikelsen  $s_{E,\phi}$  specificeras för båda tillsammans.

Osäkerheten i dosimetrarnas energi och vinkelrespons skall enligt SSI FS 98:5 inte överstiga  $40\%$  för dosimetrar som bestrålas med infallsvinklarna  $0^\circ$ ,  $\pm 20^\circ$ ,  $\pm 40^\circ$  och  $\pm 60^\circ$  med en fotonenergi som faller inom det område som man begärt godkännande för. Denna gräns har valts därför att tre välfungerande TL system i en test uppfyllde detta krav<sup>(7)</sup> och att det är obetydligt högre än  $0.36$  som är den osäkerhet man kan tillåta i vinkelbestämningen vid en viss energi förutsatt att alla andra osäkerheter är försumbara. Nedan följer en utredning som förklarar detta val:

För en korrekt bestämning av dosekvivalenten måste dosimeterns energi- och vinkelberoende vara känt. Om en bärare har rört sig godtyckligt i strålfältet liknar detta den situation som uppstår när man genomför en rotationssymmetrisk bestrålning i en testsituation. En sådan kan genomföras genom test i några givna vinklar t ex vid  $0^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $40^\circ$ , och  $60^\circ$  och responsen vid varje vinkel ges lika vikt. Medelresponsen för samtliga vinklar kan för varje energi uttryckas som:

$$\bar{R}_E = \frac{1}{n} \left( \sum_{i=1}^n R_{E,\phi_i} \right) \quad (4)$$

Här är  $n$  antalet vinklar,  $R_{E,\phi_i}$  är kvoten mellan uppmätt och "sant" värde av dosekvivalenten vid energi  $E$  och vinkeln  $\phi_i$ .

$$R_{E,\phi_i} = \frac{(H_{E,\phi_i})_m}{(H_{E,\phi_i})_t} \quad (5)$$

En modell för hur den uppmätta dosekvivalenten kan bestämmas från den angivna dosekvivalenten  $H_t$  kan uttryckas som:

$$H_m = N \cdot k_n \prod_{q=i}^n k_q \cdot H_t \quad (6)$$

$N$  är kalibreringsfaktorn,  $k_n$  är korrektion för icke linjär respons och  $n$  korrektionsfaktorer  $k_q$  för andra faktorer som påverkar responsen. En sådan är  $k_{E,\phi}$  som beror på hur strålningsfältet är beskaffat i arbetssituationen och det antas vara rotationssymmetriskt. Värdet på samtliga korrektionsfaktorer antas ligga inom:

$$1 - a_{E,\Phi} \leq k_{E,\Phi} \leq 1 + a_{E,\Phi} \quad (7)$$

där  $\pm a_{E,\Phi}$  utgör intervallens gränser.

I den normala situationen kan man anta att alla korrektionsfaktorerna kan sättas lika med 1 och finns inräknade i kalibreringskonstanten. Man behöver därför bara ta hänsyn till osäkerheten i bestämningen.

Den relativa standardavvikelsen  $s$  i det uppmätta värdet  $H_m$  ges av:

$$S = \sqrt{s_A^2 + s_{B'}^2 + s_{E,\Phi}^2} \quad (8)$$

där  $s_A$  omfattar alla fel som kan bestämmas med metoder av typ A,  $s_B$  alla de som kan bestämmas med metoder av typ B utom den relativa standardavvikelsen i korrektionsfaktorn för strålfältets beskaffenhet i arbetsituationen,  $s_{E,\Phi}$ . Denna korrektionsfaktor  $k_{E,\Phi}$  antas ha en rektangulär fördelning varför standard osäkerheten ges av:

$$s_{E,\Phi} = \frac{a_{E,\Phi}}{\sqrt{3}} \quad (9)$$

i enlighet med GUM<sup>(6)</sup>

Den totala osäkerheten för 95% konfidens är  $S=1,96s=0,415$  se ekv (3). Den högsta tillåtna begränsningen för  $k_{E,\Phi}$  erhålls om man antar att  $s_A$  och  $s_B$  är båda =0 och kan man då beräkna att  $a_{E,\Phi}$  skall vara  $< 0,36$ . Om alla korrektionsfaktorer antas vara = 1 utom den för arbetsfältets beskaffenhet kommer osäkerheten avseende riktningens beroendet vid en specifik energi E att kunna uttryckas som:

$$|\bar{R}_E - 1| < 0,36 \quad (10)$$

## Testets genomförande

### Inbjudan och urval

Samtliga dosimetrilaboratorier i Sverige inbjöds att delta i detta bestrålningstest och elva laboratorier vid kärnkraftverk, sjukhus och inom industrin önskade delta. Samtliga dessa system använder termoluminescensdosimetrar och laboratorierna uppmanades att sända in en dosimeterhållare tillsammans med information om dosimetermaterial, hållarens filttertjocklek och typ av utläsare. Vidare skulle anges för vilket strålslag, vilka energiområden och vilka storheter man önskade få sitt system godkänt. Samtliga system önskade godkännande för bestämning av  $H_p(10)$  för fotoner medan två laboratorier dessutom önskade godkännande för bestämning av  $H_p(0.07)$  för  $\gamma$  och  $\beta$ -strålning.

De elva laboratorierna använder sig av fem olika typer av dosimetrisystem som skiljer sig åt beträffande typ av läsare, typ av hållare eller dosimetermaterial. Dessutom skiljer sig dosimetrisystemen från varandra avseende det energiområde inom vilket de bestämmer persondosekvivalenten. En representant för varje unikt system utsågs slumpmässigt och fick genomgå ett komplett test omfattande även vinkel- och energirespons förutom linearitets testet.

Dosimetrilaboratorierna sände in 12 dosimetrar för linearitetstestet eller totalt 40 dosimetrar om de genomgick det kompletta testet. Laboratorierna uppmanades att behandla dosimetrarna på det sätt som deras rutiner föreskriver.

### Mätupställning

Bestrålningarna genomfördes på riksmätplatsen för joniserande strålning vid Statens strålskyddsinstitut. Strålkvaliteter och andra karakteristika följer den internationell standarden ISO4037 för referensbestrålningar<sup>(9)</sup> se tabell 1.

För röntgenstrålkvaliteterna utnyttjades en Pantac HF420 C generator och ett keramiskt röntgenrör med ett fönster motsvarande 7 mm Be (AEG typ MB42011). Fotonfältet 662 keV erhöles från en 900 GBq

kollimerad  $^{137}\text{Cs}$ -källa. En  $^{90}\text{Sr}+^{90}\text{Y}$  källa användes för att generera ett betastrålfält med en absorberad dosrat i luft på 1,2 mGy/h i bestrålningspunkten.

**Tabell 1. Referensstrålkvaliteter använda i genomförandetestet. De fyra första utgörs av snäva röntgenstrålfält definierade av ISO.**

Strålkvalitet	Effektiv energi keV	Kerमारater i bestrålningspunkten $\mu\text{Gy/s}$
N40	32	1,601
N80	64	1,275
N150	120	6,408
N250	198	1,981
$^{137}\text{Cs}$	662	4,076

Dosimetrarna bestrålades placerade på ett  $30 \times 30 \times 15 \text{ cm}^3$  vattenfyllt fantom av PMMA (plexiglas) med en väggjocklek av 3 mm. Fantomet placerades 2,3 m från fokus i röntgenstrålfältet och på 2,0 m avstånd från källan i Cs-fältet. I betastrålfältet var avståndet mellan dosimeter och strålkälla 30 cm. Som mest bestrålades 3 dosimetrar åt gången. De placerades vertikalt mitt på fantomet för att minska inflytandet av häl-effekten från röntgenröret. För att testa dosimetrarnas vinkelberoende placerades de först vertikalt mitt på fantomet och roterades runt den vertikala axeln genom dosimeterpositionen med strålen infallande  $0^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $40^\circ$  och  $60^\circ$  relativt fantomytans normal. Därefter vreds dosimetrarna  $90^\circ$  och testet upprepades för att kartlägga dosimetrarnas vinkelrespons i vertikal led.

### Dosintervall och strålkvaliteter

Dosimetrarnas förmåga att bestämma persondosekvivalenten testades vid tre olika dosnivåer som var okända för systemanvändaren. Doserna valdes slumpmässigt inom tre olika intervall, 0,2-0,4 mSv, 1-3 mSv och 58-85 mSv. Det lägsta intervallet ligger precis över den lägsta dosekvivalent, 0,17 mSv, som behöver registreras vid månatliga utläsningar. Det högsta intervallet valdes med hänsyn till den övre gränsen för författningens krav på mätområdet, som är 100 mSv. Strålkvaliteten N80 användes för dosimetrar från ett av laboratorierna medan övriga bestrålades vid 662 keV från Cs-källan.

Dosimetrarnas energi- och vinkelrespons testades vid tre strålkvaliteter, vilka varierade beroende på vilket energiområde godkännandet skulle avse. Sjukhusen, testades för röntgenkvaliteterna N40, N80 samt för  $^{137}\text{Cs}$  fotoner, medan bland annat kärnkraftverken testades för kvaliteterna N150, N250 och  $^{137}\text{Cs}$ . Majoriteten av dosimetrylaboratorierna önskade få sina system godkända för energier även utanför de som tillhandahålls av Riksmätplatsen och en utredning har gjorts av möjligheten att extrapolera resultaten till högre energier (se nedan). I detta test bestrålades dosimetrarna till en dosekvivalent runt 1 mSv vid infallsvinklarna  $0^\circ$ ,  $20^\circ$ ,  $40^\circ$  och  $60^\circ$  i både horisontell och vertikal led. För ett av laboratorierna, som använder en tydligt osymmetrisk hållare, testades även negativa vinklar.

### Osäkerheter hos dosimetrisystem

Bestämning av persondosekvivalenten är behäftad med osäkerheter som kan bestämmas med metoder av såväl typ A som typ B <sup>(6)</sup>. Till den totala osäkerheten bidrar räknestatistik, energi- och riktningsberoendet hos dosimetrarna, olinearitet i responsen, dosimeterfading, störningar i form av mekanisk påverkan och bestrålning med UV- eller synligt ljus, kalibreringsfel samt variationer i form av bakgrundsbestrålning när dosimetern inte används. Bland dessa är bidraget från dosimeterns energi- och vinkelrespons det viktigaste medan de övriga felkällorna i allmänhet är jämförelsevis små.

## Osäkerheter i given dosekvivalent

Osäkerheterna i given dosekvivalent som kan bestämmas med metoder av typ A är i allmänhet små. Den kombinerade osäkerheten är för luftkerma i mätpositionen 3 % (95 % konfidensnivå).<sup>(8)</sup> Omräkningsfaktorerna från luftkerma till  $H_p(10)$  är de som angetts i ISO-4037-3<sup>(9)</sup> för alla strålkvaliteter utom för  $H_p(0.07)$  för 662 keV där konversionsfaktorn togs från referens 7. Felen i konversionsfaktorerna är uppskattade till att vara mindre än 4% vid 95% konfidens nivå<sup>(10)</sup>.

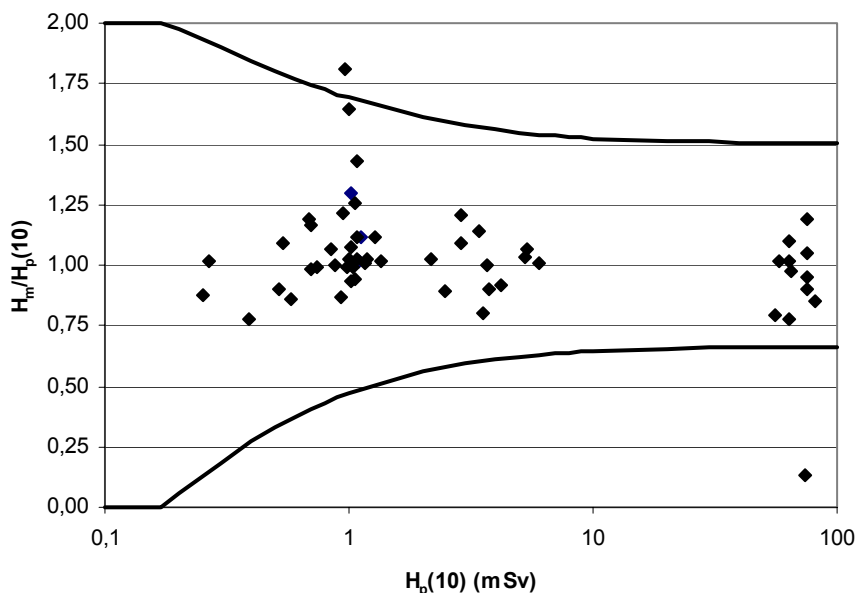
Intensitetsvariationerna i röntgenfältet uppgår till 7 % i anod-katod riktningen beroende på häleffekten i röntgenröret. I ett område som är mindre än 5 cm från fantomkanterna är inspridningen ofullständig. Eftersom dosimetrarna placerats centralt och vertikalt vid provbestrålningen faller större delen av dessa felkällor bort och där dosimetrarna är placerade blir osäkerheten orsakad av inhomogeniteter i strålfältet mindre än 2 % vid 95 % konfidensnivå. Den kombinerade osäkerheten i kalibreringsförfarandet är lika med kvadratroten ur summan av de ingående varianserna och uppgår till 5% vid 95% konfidensnivå.

## Resultat

Nedan följer en sammanfattning av resultaten. I bilagan återfinns resultaten för varje enskilt laboratorium. För att säkerställa opartiskhet under hela testet har endast den bestrålningsansvarige känt till givna doser och resultat för de individuella laboratorerna. Samtliga övriga involverade har för sammanställningen hanterat resultaten under kodbeteckningar.

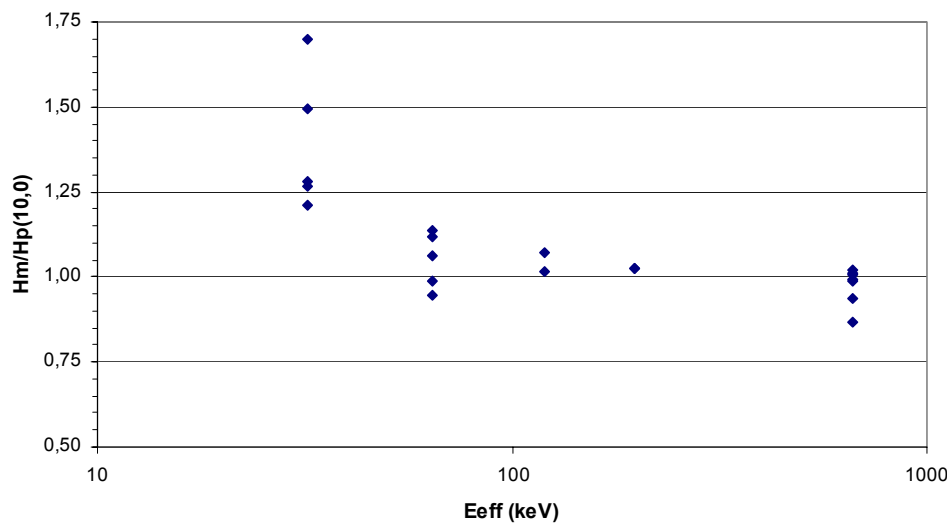
## Linearitet och noggrannhet

Det sammanfattade resultatet av hur väl dosimetrisystemen kan bestämma persondosekvivalenten på 10 mm djup återfinns i figur 1. Där visas förhållandet mellan uppmätt dosekvivalent och det vi betraktar som det "sanna" värdet som funktion av den givna dosekvivalenten vid normalt infall och för energier mellan 32 och 662 keV. Dessa förhållanden skall hamna inom trumpetkurvan som är ritad med heldragen linje. Alla värden utom två faller inom det accepterade intervallet. (Kommentarer i diskussionen)



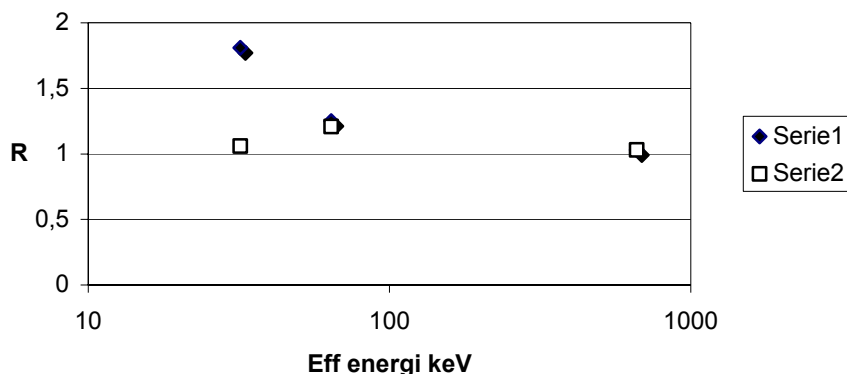
**Figur 1 Trumpetkurvan med förhållandet mellan uppmätt persondosekvivalent och det "sanna" värdet av  $H_p(10,0^\circ)$  som funktion av den givna dosekvivalenten för energier mellan 32 och 662 keV. Enbart resultat efter bestrålning med vinkelrätt infallande strålfält visas i figuren.**





**Figur 3** Förhållandet mellan uppmätt och givet dosekvivalentvärde vid 0° bestrålningsvinkel (vinkelrätt infall)  $H_p(10,0^\circ)$  för samma mätningar som redovisats i figur 2.

Ett av laboratorierna har rapporterat sina värden från testet av vinkel- och energiberöende på två sätt. Dels under förutsättningen att strålkvaliteterna varit okända och att systemet kalibrerats för röntgenkvalitet N100 (83 keV), serie 1 i fig 4, dels under förutsättningen att bestrålningsenergierna är kända och att systemets egna kalibreringar för motsvarande energier har kunnat användas, serie 2 i fig 4.



**Figur 4** Den kombinerade vinkel- och energi responsen uttryckt som medelvärdet av förhållandet mellan uppmätt och angivet värde för samtliga riktningar som funktion av fotonenergin. För serie 1 har systemet kalibrerats i ett röntgenfält 100 kV med effektiv energi 84 keV för samtliga testenergi, för serie 2 har systemet kalibrerats med röntgenenergierna som motsvarar respektive testenergi.

## Diskussion

### Förmågan att bestämma $H_p(10)$

Testet avseende linearitet och noggrannhet visar att i intervallet 0,17 och 100 mSv hamnar samtliga testpunkter utom två inom den s.k. trumpetkurvan.

Den punkt som föll signifikant nedanför trumpetkurvan härrör från ett system som använder sig av en mjukvara som gav nästan 10 gånger för låga värden när dosekvivalenten översteg ca 70 mSv. Detta programmeringsfel har nu korrigerats. Att detta fel uppdagades visar på värdet av tester. Två av laboratorierna använde denna programvara.

Testet för bestämning av det kombinerade vinkel och energiberoendet hos dosimetrarna visar att samtliga system har en avvikelse som är mindre än 40 % för alla energier utom för den lägsta röntgenkvaliteten, N40. Samtliga punkter som inte uppfyller de uppsatta kraven på vinkel- och energiberoende härrör från laboratorier som använder LiF som dosimetermaterial. Detta material har ett större energiberoende än  $\text{Li}_2\text{B}_4\text{O}_7$  och valet av kalibreringsenergi är därför av stor betydelse för systemets möjlighet att bestämma dosekvivalenten vid en okänd bestrålningssituation. Om endast hänsyn tas till dosimetermaterialets energiberoende kommer LiF-dosimetrar som kalibreras i ett N40 fält att underskatta  $H_p(10)$  med mellan 20 och 70 % för energier över 80 keV. Om 662 keV väljs som kalibreringsenergi kommer persondosekvivalenten att i stället överskattas med 20 – 50 % under 100 keV. En underskattning är allvarligare och det får anses som olämpligt att kalibrera med strålkvaliteter under 80 keV om man avser att bestämma dosekvivalenten för högre energier. Däremot kan en kalibrering med 40 kV röntgenstrålning vara lämplig för avläsning av persondosimetrar som används t ex vid diagnostiska röntgenavdelningar där större delen av de spridda fotonerna har energier under 50 keV. Detta illustreras tydligt av resultaten i figur 4. I serie 1 där kalibreringsenergin var 84 keV för samtliga testenergier ser vi en avvikelse särskilt för den lägsta energin, medan när kalibreringsenergierna anpassats till testenergierna denna helt försvinner och vi ser att osäkerheten orsakad av dosimetrarnas vinkelberoende för vissa energier, även låga, är relativt liten.

Avvikelsen i figur 2 kan alltså hanteras genom ett lämpligt val av kalibreringsenergi. Avvikelsen från trumpetkurvan i figur 1 var orsakad av valet av kalibreringsenergi och försvinner med en annan kalibreringsenergi. Man kan därför anse att de svenska dosimetrisystemen efter beaktande av orsakerna till de funna avvikelserna på ett godtagbart sätt kan bestämma en okänd persondosekvivalent.

De system som testats avseende vinkel- och energiberoende visar samtliga, oberoende av dosimetermaterial, en överskattad dosekvivalent för  $60^\circ$  infallande strålning och vid lägsta energin 32 keV. Detta kan förklaras med att dosimetern är placerad utanpå fantomet, så som den bärs på kroppen, och att därmed strålningen dämpas mindre än vad fotoner förväntas göra när de passerar fantommaterialet fram till en punkt på 10 mm djup.

## Kalibrering i snäva röntgenfält och bestämning av persondosekvivalent i breda energifördelningar

Tester genomförs normalt i de sk ISO ”narrow” röntgenfälten, som är relativt hårt filtrerade. Strålningsfälten på de flesta arbetsplatser täcker ett mycket bredare energiområde. Om en dosimeter klarar ett test för ett antal hårt filtrerade fält förväntar man sig att dess respons inom ett brett energiområde också blir godkänd. I princip är avsikten att trumpetkurvan skall kunna användas för alla tänkbara bestrålningssituationer för vilka dosimetern är avsedd. Om konversionskoefficienten  $\frac{H_p(10, \alpha)}{K_{air}}$  delas upp i konver-

sionskoefficienten  $h(\bar{E}, d, 0^\circ)$  gånger faktorn för vinkelberoendet

$R(\bar{E}, d, \alpha) = h(\bar{E}, d, \alpha) / h(\bar{E}, d, 0^\circ)$

kommer denna senare faktor att vara ungefär densamma för ett hårt filtrerat röntgenfält som för fält med brett energispektrum<sup>(9)</sup>. Den största skillnaden är i  $h(\bar{E}, d, 0^\circ)$  som är 7-16 % högre i energiområdet 30-70 för ett hårt filtrerat spektrum jämfört med ett brett fördelat spektrum. Detta har också tidigare visats<sup>(2)</sup>. I energiområdet 30-80 keV blev förhållandet mellan uppmätt och sant värde på dosekvivalenten 5-10% lägre för dosimetrar bestrålade i brett energi spektrum jämfört med förhållandet i ett snävt fält. Det betyder att eftersom man i de flesta test grundar sina kalibreringsfaktorer på ett  $H_p(10)$  värde som bestämts i ett ISO ”narrow” fält kommer persondosekvivalenten i ett strålningsfält i arbetssituationen att bli något överskattat särskilt inom röntgendiagnostik.

## Extrapolation av responsen till högre energier

Flera dosimetriclaboratorier önskade godkännande för energier högre än vad som är möjligt att testa vid riksmätplatsen. Kärnkraftsindustrin har uppgivit en övre gräns till 7.6 MeV, sjukhusen önskar godkännande upp till flera tiotals MeV. Vi har valt att göra en uppskattning av hur väl en kalibrering upp till 662 keV kan extrapoleras till 7 MeV. Persondosekvivalenten  $H_p(10)$  har bestämts med hjälp av bl. a TLD i strålfält med energierna 4 MeV respektive 6.7-7,1 MeV vid Physikalisch Technische Bundesanstalt, PTB i Braunschweig.<sup>(11)</sup> Monoenergetisk gammastrålning med så höga energier kan endast erhållas vid relativt



kortlivade radionuklidens sönderfall eller som vid PTB genererade via kärnreaktioner; 4.4 MeV fotoner via  $^{12}\text{C}(p,p'\gamma)^{12}\text{C}$  och 6-7 MeV fotoner via  $^{19}\text{F}(p,\alpha\gamma)^{16}\text{O}$ . Dessa strålkvaliteter har införts i ISO 4037 som referens strålfält. Man har funnit att responsen för LiF dosimetrar i dessa strålfält underskattar  $H_p(10)$  med 6 % för normalt infall och upp mot 13 % vid  $30^\circ$  och  $60^\circ$ .<sup>(12)</sup> Detta antas beror på otillräckligt med material framför dosimetern och därför en ofullständig dosupbyggnad. Saez-Vergara<sup>(13)</sup> undersökte olika typer av omgivningsdosimetrar utnyttjande LiF och fann att responsen för 7 MeV fotoner relativt 662 keV ligger inom  $1,0 \pm 0,1$ . Om vi i värsta fall räknar med en underskattning av persondosekvivalenten på 10% vid 7 MeV så visar det sig att samtliga punkter i detta test fortfarande hamnar inom trumpetkurvan (figur 1). Vid linearitetstestet användes med ett undantag energin 662 keV och vi anser därför att responsresultaten kan extrapoleras till 7MeV. Eftersom inga diskontinuiteter i massenergiabsorption eller stoppingspower förekommer vid dessa energier kan dosimetrlaboratorierna godkännas även för tester rimligt över 7MeV, t ex för 7.6 MeV.

## Sammanfattning

Detta test visade att med rätt kalibreringsenergi och med korrigerig för ett programvarufel klarade samtliga elva persondosimetritjänster som sökt för godkännande kraven som föreskrivs i författningen SSI FS 98:5. Kravet på osäkerheten i den kombinerad vinkel- och energiresponsen visade sig svårast att uppfylla, särskilt vid de lägsta energierna för de system som använder LiF som dosimetermaterial. Därför bör naturligtvis kalibreringsenergin väljas så nära de faktiska energierna i bestrålningssituationen som möjligt.

## Tack

Vi vill tacka alla systemanvändare som i rätt tid försett oss med tillräckligt antal dosimetrar, information och mätresultat. Vi vill också tacka Lennart Lindborg SSI för alla synpunkter och diskussioner samt Jan-Erik Grindborg SSI för alla goda råd och generös tillgång till dosimetrlaboratoriet. Det är vår förhoppning att testresultaten och våra funderingar kring dessa skall vara till nytta för dosimetritjänsterna i Sverige.

## Referenser

1. Christensen, P., Julius, H. W. and Marshall, T. O., *Technical recommendations for monitoring individuals occupationally exposed to external radiation*. Radiation Protection 73, European Commission, EUR 14852 EN, 1994
2. Gullberg, O. and Lindborg, L., *Tillförlitlighet hos persondosimetrisystem, en undersökning i Sverige av persondosimetrisystem*, SSI a 82-21, (1982) in Swedish
3. Bordy, J.M., Stadtmann, H., Ambrosia, P., Bartlett, D.T., Colgan T., and Hyvönen, H. *EURADOS trial performance test for photodosimetry*. Presented at European Workshop on Individual Monitoring of External Radiation, 4-6 September 2000.
4. ICRP. *General Principles of Monitoring for Radiation Protection of Workers*. Publication 35 (Oxford: Pergamon Press), (1982)
5. Julius, H. W., Christensen, P. and Marshall, T. O. *Performance, Requirements and Testing in Individual Monitoring*. Radiat Prot Dosim **34**, 87-91 (1990)
6. International Organization for Standardization (ISO) *GUIDE TO THE EXPRESSION OF UNCERTAINTY IN MEASUREMENT* International Organization for Standardization, 1993
7. Julius, H. W., Marshall, T. O., Christensen, P. and van Dijk, J. W. E, *Type Testing of Personal Dosimeters for Photon Energy and Angular Response*. Radiat Prot Dosim **54**, 3/4, 273-277 (1994)

8. Grindborg, J.E., Gullberg, O., Lindborg L, Ljungberg, M., Samuelsson G. and Schüberg B, *Uncertainties in Calibration at a Secondary Standard Dosimetry Laboratory*, SSI-report 1991-04, ISSN 0282-4434
9. ISO 4037, *X- and  $\gamma$  reference radiations for calibrating dosimeters and dose ratemeters and for determining their response as a function of photon energy, Part 3 Calibration of area and personal dosimeters and the measurements of their responses as a function of energy and angle of incidence*. ISO 4037-3, 1997 (F-DIS)
10. Grosswendt, B. *The Angular Dependence and Irradiation Geometry Factor for Dose Equivalent for Photons in Slab Phantoms of Tissue-Equivalent Material and PMMA*, Radiat Prot Dosim **35**, 4, pp221-235,(1991).
11. Büermann, L, Guldbakke, S., Kramer, H-M., *Calibration of personal and area dosimeters in high-energy photon fields*, Rapport, PTB-Dos-32, 1999, ISBN 3-89701-285-5
12. Drake, P., , *Experimental estimation of conversion factors between air kerma free-in-air and individual dose equivalent penetrating for 4-7 MeV photons*. Radiat Prot Dosim **46**, pp23-29, (1993)
13. Saez-Vergara, J.C., Gomez-Ros J.M. and Delgado A., *High energy photon response of different environmental TLDS*. Radiat Prot Dosim **47**, pp 327-330, (1993)

## **Kontrollpunkter vid inspektion på plats**

### **1 Organisation**

- 1.1 Laboratoriets inplacering i huvudorganisationen
- 1.2 Laboratoriets interna organisation
- 1.3 Laboratoriets bemanning
- 1.4 Kompetenskrav för personal enligt 1.3
- 1.5 Utbildningsplan för personalen
- 1.6 Kontaktperson i dosimetrifrågor gentemot SSI
- 1.7 Rutiner för ersättare vid vakans

### **2 Ansvar och befogenheter**

- 2.1 Ansvarig för laboratoriets verksamheten och dennes befogenheter
- 2.2 Ansvar och befogenheter övriga
- 2.3 Vilka har access till persondosdatabasen

### **3 Dokumentstyrning**

- 3.1 Förteckning över gällande kvalitetsdokument
- 3.2 Vem granskar och godkänner nya/reviderade kvalitetsdokument
- 3.3 Hantering av nya/reviderade dokument
- 3.4 Rutiner för arkivering

### **4 Processtyrning/processbeskrivningar**

Rutiner för

- 4.1 leverans av persondosmätare till kund
- 4.2 hantering av persondosmätare vid utvärdering
- 4.3 nollställning dosimetrar utanför avläsningssystemet
- 4.4 användning av bakgrundsdosimetrar
- 4.5 åiterrapportering av doser till kund
- 4.6 rapportering till det nationella dosregistret
- 4.7 rapportering till kund vid höga doser
- 4.8 säkerhetskopiering av databaser
- 4.9 leveranskontroll av dosimetrar till kund, kopplingen dosimeterbärare - dosimeter
- 4.10 kontaminationskontroll av dosimeterhållare
- 4.11 utvärdering av skillnader mellan olika dosimetrar i samma hållare

### **5 Beskrivning av teknisk utrustning**

- 5.1 Förteckning över relevant teknisk utrustning
- 5.2 Beskrivningar/manualer för utrustning enligt 5.1

## **6 Kalibrering och kontroll**

6.1 Rutiner för kalibrering och kontroll av läsare och bestrålare (dosgivare)

6.2 Rutiner för kalibrering och kontroll av dosimetrar

6.3 Periodicitet för kalibrering

6.4 Dokumenterad spårbarhet

## **7 Hantering av fel**

7.1 Rutin för förfarande vid onormala resultat

## **7 Kvalitetsrevisioner**

8.1 Rutiner för intern revision

## Godkända Dosimetritjänster

Dosimetritjänsterna vid:

Länssjukhuset Ryhov  
Jönköping

Regionsjukhuset  
Örebro

Universitetssjukhuset  
Linköping

Universitetssjukhuset i Lund  
Lund

Universitetssjukhuset MAS  
Malmö

Sahlgrenska Universitetssjukhuset\*  
Göteborg

Studsvik instrument AB  
Solna

Westinghouse Atom AB  
Västerås

Oskarshamns Kraftgrupp AB  
Oskarshamn

Ringhals AB  
Väröbacka

Barsebäck Kraft AB  
Löddeköpinge

Forsmarks Kraftgrupp AB  
Östhammar

\* Godkänt den 24 september 2001

# SSI-rapporter 2001

SSI reports 2001

- 
- 2001:01 Patientdoser från röntgenundersökningar i Sverige – sammanställning av resultaten från sjukvårdens rapportering 1999**  
Avdelningen för personal- och patientstrålskydd.  
Wolfram Leitz and Helene Jönsson 70 SEK
- 2001:02 SKI's and SSI's Joint Review of SKB's Safety Assessment Report, SR 97, Summary**
- 2001:03 SKI's and SSI's Joint Review of SKB's Safety Assessment Report, SR 97, Review Report**
- 2001:04 Personalstrålskydd inom kärnkraftindustrin under 1999**  
Avdelningen för personal- och patientstrålskydd.  
Thommy Godås, Ann-Christin Hägg, Peter Hofvander, Ingemar Lund, Lars Malmqvist och Erik Welleman 60 SEK
- 2001:05 Kalibrerings- och normalieverksamheten vid Riksmätplats 06 under 2000**  
Avdelningen för personal- och patientstrålskydd.  
Jan-Erik Grindborg, Karl-Erik Israelsson, Jan-Erik Kyllönen och Göran Samuelson 70 SEK
- 2001:06 Säkerhets- och strålskyddsläget vid de svenska kärnkraftverken 2000**  
Statens strålskyddsinstitut
- 2001:07 Kärnkraftsolyckan i Tjernoby. En sammanfattning femton år efter olyckan**  
Avdelningen för avfall och miljö  
Leif Moberg 60 SEK
- 2001:08 Föreskrifter om skydd av människors hälsa och miljön vid utsläpp av radioaktiva ämnen från vissa kärntekniska anläggningar – bakgrund och kommentarer**  
Avdelningen för avfall och miljö 60 SEK
- 2001:09 Exponering för radiofrekventa fält och mobiltelefoni**  
Ulf Bergqvist, Gert Anger, Elisabeth Birke, Yngve Hamnerius, Lena Hillert, Lars-Eric Larsson  
Christer Törnevik och Johan Zetterblad 80 SEK
- 2001:10 SKI:s och SSI:s gemensamma granskning av SKB:s preliminära säkerhetsanalys för slutförvar för långlivat låg- och medelaktivt avfall**
- 2001:11 Ethical Problems in Radiation Protection**  
Kristin Shrader-Frechette and Lars Persson 80 SEK
- 2001:12 SSI:s granskning av SKB:s komplettering av FUD-98**  
Avdelningen för avfall och miljö  
Mikael Jensen, Carl-Magnus Larsson, Anders Wiebert, Tomas Löfgren och Björn Hedberg
- 2001:13 Annual Report 2000**
- 2001:14 Avfall och miljö vid de kärntekniska anläggningarna – Tillsynsrapport 2000**  
Avdelningen för avfall och miljö 70 SEK
- 2001:15 Radioaktivt avfall från icke tillståndsbunden verksamhet (RAKET) – identifiering av aktuellt avfall, sammanställning av relevanta regler och principer, förslag på system för omhändertagande**  
Avdelningen för avfall och miljö 70 SEK
- 2001:16 Personalstrålskydd inom kärnkraftindustrin under 2000**  
Avdelningen för personal- och patientstrålskydd  
Ansi Gerhardsson, Thommy Godås, Peter Hofvander, Ingemar Lund och Lars Malmqvist 60 SEK
- 2001:17 Utveckling av metod för utfrågning SKI och SSI**
- 2001:18 Föreskrifter om hantering av radioaktivt avfall och kärnavfall vid kärntekniska anläggningar - bakgrund och kommentarer**  
Avdelningen för avfall och miljö 60 SEK
- 2001:19 SKI and SSI's Joint Review of SKB's Preliminary Safety Assessment for a Repository for Long-lived Low and Intermediate-level Waste**
- 2001:20 Godkännande av persondosimetritjänster**  
Avdelningen för personal- och patientstrålskydd  
Klas Bergman och Lars Malmqvist 60 SEK



**Statens strålskyddsinstitut, ssi**, är en central tillsynsmyndighet med uppgift att skydda människor, djur och miljö mot skadlig verkan av strålning. SSI arbetar för en god avvägning mellan risk och nytta med strålning, och för att öka kunskaperna om strålning, så att individens risk begränsas.

SSI sätter gränser för stråldoser till allmänheten och till dem som arbetar med strålning, utfärdar föreskrifter och kontrollerar att de efterlevs, bland annat genom inspektioner. Myndigheten informerar, utbildar och ger råd för att öka kunskaperna om strålning. SSI bedriver också egen forskning och stöder forskning vid universitet och högskolor.

Myndigheten medverkar i det internationella strålskyddssamarbetet. Därigenom bidrar SSI till förbättringar av strålskyddet i främst Baltikum och Ryssland. SSI håller beredskap dygnet runt mot olyckor med strålning. En tidig varning om olyckor fås genom svenska och utländska mätstationer och genom internationella varnings- och informationssystem.

SSI har idag ca 110 anställda och är beläget i Stockholm.

**the swedish radiation protection authority (ssi)** is a government authority with the task of protecting mankind and the living environment from the harmful effects of radiation. SSI ensures that the risks and benefits inherent to radiation and its use are compared and evaluated, and that knowledge regarding radiation continues to develop, so that the risk to individuals is minimised.

SSI decides the dose limits for the public and for workers exposed to radiation, and issues regulations that, through inspections, it ensures are being followed. SSI provides information, education, and advice, carries out research and administers external research projects.

SSI participates on a national and international level in the field of radiation protection. As a part of that participation, SSI contributes towards improvements in radiation protection standards in the former Soviet states.

SSI is responsible for co-ordinating activities in Sweden should an accident involving radiation occur. Its resources can be called upon at any time of the day or night. If an accident occurs, a special emergency preparedness organisation is activated. Early notification of emergencies is obtained from automatic alarm monitoring stations in Sweden and abroad, and through international and bilateral agreements on early warning and information.

SSI has 110 employees and is situated in Stockholm.



*Statens strålskyddsinstitut*  
Swedish Radiation Protection Authority

---

Adress: Statens strålskyddsinstitut; S-17116 Stockholm;

Besöksadress: Karolinska sjukhusets område, Hus Z 5.

Telefon: 08-729 71 00, Fax: 08-729 71 08

Address: Swedish Radiation Protection Institute;

SE-17116 Stockholm; Sweden

Telephone: + 46 8-729 71 00, Fax: + 46 8-729 71 08

[www.ssi.se](http://www.ssi.se)