

PLANERING AV STRÅLKÄLLORS ANVÄNDNINGSGUTRYMMEN

1	ALLMÄNT	3
2	DOSRESTRIKTIONER OCH PLANERINGSVÄRDEN	3
2.1	Dosrestriktioner	3
2.2	Planeringsvärden	3
3	PLANERING OCH KONSTRUKTION AV STRÅLSKÄRMAR	4
3.1	Riktungs- och vistelsefaktor	4
3.2	Planeringsavstånd	4
3.3	Strålningsalstrande apparaten och dess användning	4
3.4	Andra synpunkter	5
4	STRÅLSÄKERHETSARRANGEMANG	6
4.1	Varningsmärken och -ljus	6
4.2	Andra strålsäkerhetsarrangemang	6
5	GODKÄNNANDE AV STRÅLSKÄRMAR OCH UTRYMMEN	7

BILAGA A	PLANERING AV STRÅLSKÄRMAR I DE VANLIGASTE FALLEN
BILAGA B	BERÄKNINGSFORMLER
BILAGA C	PARAMETERVÄRDEN FÖR BERÄKNINGSFORMLERNA
BILAGA D	DEFINITIONER OCH BEGREPP

Detta direktiv är i kraft från och med den 1.10.2011 tills vidare.

Detta direktiv ersätter direktiv ST 2.2 av den 2.2.2001, Strålsäkerhet vid strålbehandlingsapparater och -utrymmen och ST 3.6 av den 24.9.2001, Strålsäkerhet av röntgenrum.

Helsingfors 2011

ISSN 0789-4368

ISBN 978-952-478-629-4 (tryckt)

Edita Prima Oy/Helsingfors 2011

ISBN 978-952-478-630-0 (pdf)

ISBN 978-952-478-631-7 (html)

Grund för bemyndigandet

Den som bedriver strålningsverksamhet ansvarar enligt strålskyddslagen för att verksamheten är säker. Verksamhetsutövaren är skyldig att sörja för, att den säkerhetsnivå som framläggs i ST-direktiven förverkligas och upprätthålls.

Strålsäkerhetscentralen ger med stöd av 70 § 2 mom. i strålskyddslagen (592/1991) allmänna anvisningar, strålsäkerhetsanvisningar (ST-direktiv) beträffande säkerheten vid användning av strålning och vid övrig strålningsverksamhet.

1 Allmänt

I detta direktiv framställs krav på planering av strålskärmar och strålsäkerhetsarrangemang för strålkällors användningsutrymmen och omgivande utrymmen. I planeringen av utrymmena ska också skyddsarrangemangen särskilt beaktas.

Detta direktiv berör i första hand användningsutrymmen för strålningsalstrande apparater som emitterar fotonstrålning (gamma- och röntgenstrålning) och för radioaktiva ämnen som används som slutna källor. För planering av strålskärmar för de vanligaste fotonstrålkällornas utrymmen inom hälsovården och industrin ges instruktioner samt beräkningsformler och parametrar i bilagorna A, B och C.

Direktivet berör även bestrålningsanläggningar och användningsutrymmen för apparatur och ämnen avsedda för produktion av neutronstrålning samt för partikelacceleratorer avsedda för forskning eller radionuklidproduktion. För planering av strålskärmar för dessa utrymmen och anläggningar ges dock inga särskilda beräkningsinstruktioner eller -formler.

Detta direktiv är tillämpligt på utrymmen där man hanterar öppna källor endast i fråga om strålskärmar i utrymmena.

Mer detaljerade instruktioner och krav gällande varnings- och säkerhetsarrangemang samt utrymmen ges särskilt för varje tillämpning av strålningsanvändning i de ST-direktiv som berör dessa tillämpningar.

Om Strålsäkerhetscentralens rätt att fastställa de krav som gäller vid planering av konstruktioner och utrymmen som inverkar på säkerheten vid användning av strålningsalstrande apparater och radioaktiva ämnen stadgas i 24 och 26 § strålskyddslagen (592/1991).

2 Dosrestriktioner och planeringsvärden

2.1 Dosrestriktioner

När det gäller strålningsarbete ska arbetsutrymmena vid behov delas in (klassificeras) i kontrollerade områden och övervakade områden; områden utanför dessa kallas oklassificerade.

Strålskärmar i strålkällors användningsutrymmen och kringliggande utrymmen ska planeras och konstrueras så, att strålningsexponeringen källan ger upphov till blir så liten som det med rimliga åtgärder är möjligt och den effektiva dosen åtminstone inte överskrider följande dosrestriktioner:

- 6 mSv per år på övervakat område
- 0,3 mSv per år på oklassificerat område.

Dosrestriktionen är källspecifik. Om användningsutrymmet ändå innehåller flera strålkällor, räknas de alla som en enda källa när man fokuserar på strålskärmar i utrymmena. Om det finns flera användningsutrymmen bredvid varandra, måste också den sammanlagda effekten av strålkällorna i dem beaktas så att de dosgränser som stadgas i strålskyddsförordningen inte överskrids.

Om klassificering av kontrollerade och övervakade områden stadgas i 32 § strålskyddslagen. Klassificeringen behandlas noggrannare i direktiv ST 1.6. Om Strålsäkerhetscentralens rätt att fastställa dosrestriktioner stadgas i 7 § mom. 2 strålskyddsförordningen (1512/1991). Dosgränserna har fastställts i kapitel 2 strålskyddsförordningen. Definitioner på effektiv dos och andra dosstorheter som nämns i detta direktiv framställs i direktiven ST 1.9 och ST 7.2.

2.2 Planeringsvärden

De dosrestriktioner som fastställs i punkt 2.1 är angivna för effektiv dos. I planeringen av strålskärmmningen används i stället för effektiv dos de storheter som kan mätas på en viss plats. I detta direktiv används miljödosekvivalenten som utgångspunkt för planeringen av skärmmningen; dess värde är ett tillräckligt gott närmevärde för den effektiva dosen från extern strålning på mätplatsen.

Vid kontinuerlig och regelbunden verksamhet används för strålningsalstrande apparater ofta veckovisa driftvärden. Även för miljödosekvivalenten kan veckovisa värden användas. Då planerar man skärmar så, att miljödosekvivalentens veckovisa värden blir så små som det med rimliga åtgärder är möjligt och åtminstone inte överskrider följande riktgivande värden:

- 120 μ Sv per vecka på övervakat område
- 6 μ Sv per vecka på oklassificerat område.

3 Planering och konstruktion av strålskärmar

3.1 Rikttnings- och vistelsefaktor

I planeringen av strålskärmar kan man använda rikttnings- och vistelsefaktorer, med vars hjälp man beaktar hur strålkällan och utrymmena i användningsutrymmets omgivning används.

För strålningsalstrande apparatens rikttningsfaktor U i den aktuella riktningen ska man använda ett värde som är minst lika stort som den andel av apparatens driftstid under vilken primärstrålningen från apparaten har denna riktning då apparaten används på förväntat sätt. Om oskärmat radioaktivt ämne används, ska man som dess rikttningsfaktor använda värdet $U = 1$ för alla riktningar.

Den effektiva dos en person får i ett visst utrymme per år kan uppskattas genom att man multiplicerar den miljödosekvivalent för ett år som bestämts för utrymmet i fråga med den uppskattade vistelsefaktorn T för utrymmet. För vistelsefaktorn ska följande värden användas:

- För kontinuerligt använda arbetsutrymmen ska man använda värdet $T = 1$.
- För hälsovårdens patientutrymmen och väntrum ska man använda värdet $T = 1$. Om människor inte ständigt vistas i väntrummet då strålning används, kan man för detta utrymme använda ett mindre värde för vistelsefaktorn. Ett mindre värde än $T = 0,1$ får dock inte användas.
- För sådana bo- och vistelseutrymmen som inte kontrolleras av verksamhetsutövaren ska man använda värdet $T = 1$.
- För sådana inner- och ytterutrymmen där ingen enskild person vistas kontinuerligt (t.ex. WC, korridor, omklädningsrum, förråd eller parkeringsplats) ska man för vistelsefaktorn använda ett värde som är minst lika stort som den andel av tiden under vilken den person som vistas mest i utrymmet kan finnas där. Ett mindre värde än $T = 0,1$ får inte användas ifall det inte finns särskild, godkänd grund för detta.

3.2 Planeringsavstånd

I bedömningen av strålskärmaras dämpnings-effekt ska man för arbets- eller vistelseavstånd för personer som arbetar eller vistas på övervakat eller oklassificerat område använda följande värden:

- bakom eller ovanför skärmen 0,3 m
- nedanför skärmen 1,5 m mätt från golvet i utrymmet under skärmen.

Dessa värden bygger på att ingen vanligtvis vistas närmare än 0,3 m från en vägg och att ingens kropp i medeltal befinner sig mer än 1,5 m ovanför golvet. Större värden kan användas om man kan visa att vistelseavstånden permanent är större än värdena ovan. Man ska dock beakta att den sammanlagda inverkan från flera strålkällor eller spridd strålning kan leda till att dosraten är störst någon annanstans än på de ovan nämnda avstånden (se punkt 3.4, avsnittet Att försäkra sig om skärmaras tillräcklighet).

3.3 Strålningsalstrande apparaten och dess användning

Strålningsalstrande apparatens accelerations-spänning (eller rörspänningen), primärstrålningens fältstorlek och strålningens dosrat kan variera under användningen. Då man planerar användningsutrymmets strålskärmar kan man för spänningen, fältstorleken och dosraten använda värden som motsvarar apparatens förväntade användning. Dessa värden får dock inte underskattas. Inte heller får man underskatta apparatens rikttningsfaktorer och driftsbelastning eller vistelsefaktorer för kringliggande utrymmen. Om apparatens användningssätt eller de kringliggande utrymmenas användningssyfte ändras eller om en ny apparat tas in i användningsutrymmet, ska strålskärmaras tillräcklighet bedömas på nytt i den nya situationen.

Föremålet för bestrålningen (patienten eller det fotograferade eller bestrålade objektet) och dess stöd (t.ex. patientbordet eller undersökningsbordet) kan ha en dämpande effekt som vanligen inte beaktas. I planeringen av skärmar för apparatens primärstrålning kan man ändå beakta ett sådant fast primärstrålskärm som är en del av apparatens konstruktion och täcker hela primärstrålkäglan.

Om strålning används under flera än ett arbetsskift, ska användningsutrymmenas strålskärmar planeras enligt det skift som alstrar mest strålning. Strålningsanvändningen under alla skift tillsammans måste beaktas, då skärmingen gäller

- boutrymmen
- innerutrymmen som inte kontrolleras av verksamhetsutövaren.
- patientrum.

3.4 Andra synpunkter

Placering av utrymmen och källor

Tjockleken på de skärmar som behövs i strålkällornas användningsutrymmen kan minskas genom att man placerar dem på platser i vars närhet ingen annan verksamhet förekommer. T.ex. minskar inom isotopmedicinen behovet av skärmar mot gammastrålningen från positronemittrar och ¹³¹I-isotopen om patienternas väntrum och isoleringsrum placeras så att de inte ligger i närheten av andra rum som är i kontinuerlig användning. Vidare kan man använda utrymmen som redan är skärmade.

Skärmarnas tjocklek kan minskas också genom korrekt placering av strålkällan (t.ex. genom att man väljer riktningen för primärstrålningen på lämpligt sätt).

Skärmarnas konstruktion och täckning

Skärmen i primärstrålningens riktning måste täcka minst den yta som primärstrålningen kan träffa.

Man måste lägga vikt vid strålskärmingens jämna kvalitet och att skärmmningsmaterialet är lämpligt. Byggnadernas mellanbottnar byggs ofta av betongplattor som är profilerade eller har håligheter. Då är inte betongens tjocklek överallt densamma som den nominella tjockleken. Konstruktionens strålskärming måste utökas för att vara tillräcklig överallt. Det samma måste göras t.ex. när det gäller väggar byggda av håltegel.

De blyskivor som används för skärmar ska förenas med tät stumfog eller överlappa varandra. Om man använder stumfog är det skäl att täcka fogarna med en extra remsa blyskiva för att undvika springor i skärmen.

Man måste beakta hål och tunnare ställen i

skärmarna p.g.a. t.ex. rör, elskåp och strömbrytare och liknande som är infällda i väggen. Vidare ska man fästa uppmärksamhet vid att skärmmningsförmågan hos dörrar och fönster och deras karmar i användningsutrymmena är tillräcklig. Skärmen ska i sin helhet ha tillräcklig skärmmningsförmåga. Om man i det skärmade utrymmet ofta utför mätningar för vilka man behöver t.ex. el- eller mätkablar, ska man för skärmarna planera en lämplig kabelgenomföring med tanke på strålsäkerheten.

Inom hälsovårdens röntgenverksamhet ska skärmarnas blyekvivalensvärden märkas ut på sådana dörrar som är försedda med strålskärmar. Även på blyglasfönster ska blyekvivalensvärdena märkas ut.

Att försäkra sig om skärmarnas tillräcklighet

Verksamhetsutövaren ska säkerställa att skärmarna i alla avseenden byggs enligt planerna och att skärmarna är tillräckliga.

Vederbörlig kontroll under byggandet är en väsentlig del av sörjandet för att skärmarna är tillräckliga. När skärmarna väl är byggda kan man försäkra sig om deras tillräcklighet med strålningsmätningar.

Mätningarna ska göras åtminstone på de avstånd från skärmarna som vid planeringen av skärmarna använts som arbets- eller vistelseavstånd (se punkt 3.2). Ibland kan det vara skäl att göra mätningar också på andra ställen, t.ex. då det skärmade utrymmet träffas av strålning som sprids från konstruktioner och passerar förbi skärmen, eller då utrymmet träffas av strålning från flera olika strålkällor. Om utrymmets tak har ringa skärmmningsförmåga, måste man beakta också spridd strålning från luftrummet ovanför taket (himmelsstrålning). Mätningarna ska göras på tillräckligt många ställen så att man kan försäkra sig också om att skärmarna är heltäckande och håller jämn kvalitet. Särskild uppmärksamhet bör fästas vid fogar mellan skärmar av olika material samt vid dörr- och fönsterkarmar, eftersom man hos dessa har upptäckt flest konstruktionstekniska brister.

Om man i utrymmen som omger strålbehandlingsapparaters användningsutrymmen upptäcker områden där dosraten överstiger 20 µSv/h, ska man sörja för att ingen tvingas arbeta kontinu-

erligt eller annars vistas längre tider på dessa områden.

4 Strålsäkerhetsarrangemang

4.1 Varningsmärken och -ljus

Allmänna krav

I närheten av strålkällor eller på dörrar till strålkällors användningsutrymmen ska finnas märkning för strålfara, då det är nödvändigt att varna för joniserande strålning.

Sådana utrymmen vars strålskärmar plane-rats utgående från ett vistelsefaktorvärde $T < 1$ och där ingen antas vistas kontinuerligt (t.ex. förråd och städskrubbar) ska märkas med t.ex. en skylt som förbjuder långvarig vistelse i utrymmena.

Om signalljus används i omedelbar närhet av dörrarna till en strålkällas användningsutrymme, rekommenderas:

- Ett gult eller vitt signalljus, som visar när den strålningsalstrande apparaten är tillkopplad och färdig för funktion. För ljuset rekommenderas texten "APPARATEN FÄRDIG FÖR FUNKTION".
- Ett rött signalljus, som visar när apparaten alstrar strålning eller när radioaktivt ämne förekommer oskärmat. För ljuset rekommenderas texten "TILLTRÄDE FÖRBJUDET".

Det är skäl att placera ljusen på lagom titthöjd eller så att de annars är lätta att upptäcka.

Skyddsbehållaren för radioaktivt ämne ska vara försedd med märkning för strålfara och märkning som visar ämnets (eller ämnenas) aktivitet vid en given tidpunkt och vilken radionuklid det är fråga om.

Varningsmärkningen på strålkällor behandlas i direktiv ST 1.3 och märkningen av användningsutrymmen i direktiv ST 1.6.

Speciella krav gällande strålbehandling

Dörren till behandlingsrummet ska vara försedd med märkning som visar att rummet används för strålbehandling.

Inne i behandlingsrummet ska finnas ett rött signalljus (eller ljudsignal) som visar när strålbehandlingsapparaten alstrar strålning. Signalljuset på efterladdningsapparater ska kopplas till en dosratsmätare med kontinuerlig funktion. Då fungerar signalljuset självständigt och är oberoende av behandlingsapparatus styr-system.

Om efterladdningsapparaten, förutom skyddsbehållaren för radioaktivt ämne som används för behandlingen, innehåller andra strålande delar på vars yta dosraten är större än $20 \mu\text{Sv/h}$, ska även dessa delar förses med märkning för strålfara.

Vid isotopbehandling och vissa former av brackyterapi är patienten ofta isolerad i några dagar, vanligen i eget rum på bäddavdelningen. På dörren till ett sådant rum behövs inte annan varningsmärkning eller signaljus än den ovan nämnda märkningen för strålfara och märkningen som visar att det är fråga om ett strålbehandlingsrum.

Speciella krav gällande industri

Speciella krav gällande radiografirum inom industriell radiografi ges i direktiv ST 5.6. Speciella krav gällande användning av slutna källor samt kontroll- och analysröntgenapparatur ges i direktiven ST 5.1 och ST 5.2.

Speciella krav gällande öppna källor

Speciella krav gällande användning av öppna källor ges i direktiv ST 6.1, ST 6.2 och ST 6.3.

4.2 Andra strålsäkerhetsarrangemang

Allmänna krav

Obehörigt tillträde till strålkällors användningsutrymmen som klassats som kontrollerade områden ska förhindras med konstruktioner, lås eller övervakning.

Minst en av dörrarna till en strålkällas användningsutrymme ska alltid gå att öppna inifrån utrymmet. Passage in i och ut ur rummet ska vara möjlig även då den automatiska dörröppningen inte fungerar.

Då strålning används inom hälsovården ska det finnas syn- och hörselkontakt från kontrollrummet till patienten i behandlings- eller

undersökningsrummet och möjlighet att tala till patienten. Dessutom ska det finnas synkontakt från kontrollrummet till dörrarna till behandlings- eller undersökningsrummet, om inte de är låsta.

Storleken på källors användningsutrymmen

Arealen och formen på strålkällors användningsutrymmen planeras utifrån verksamhetens art. Det måste finnas tillräckligt med rörelseutrymme för strålnings säkert arbete, och rörliga eller t.ex. i taket fästa strålskärmar måste vid behov kunna användas.

Speciella krav gällande strålbehandling

Dörren till behandlingsrummet ska vara försedd med två säkerhetsanordningar, som oberoende av varandra stänger av behandlingsapparaten om någon försöker komma in i behandlingsrummet. Den ena anordningen ska vara en strömbrytare, som stänger av apparaten ifall dörren inte är stängd. Strömbrytaren ska vara av en sådan typ att den stänger av apparaten också om den skadas. Den andra apparaten rekommenderas vara en ljusport vid dörren som stänger av apparaten då man passerar ljusporten. Båda säkerhetsanordningarna ska kopplas så att behandlingsapparaten kan sättas i funktion igen endast från kontrollbordet.

Som kontrollapparat för acceleratorbehandlingsrum rekommenderas t.ex. en kamera med vars hjälp man kan försäkra sig om att ingen annan än patienten finns i rummet under det behandling pågår.

I behandlingsrummet och kontrollrummet ska på synligt ställe finnas nödknappar som då man trycker på dem gör att apparatens funktion upphör, dess rörelser avstannar och dess accelerationsspänning kopplas ur eller de radioaktiva ämnena på nytt innesluts i säkerhetsbehållaren. Det ska vara möjligt att sätta apparaten i funktion igen endast från kontrollbordet. Efterladdningsapparater ska dessutom vara försedda med en apparat med vars hjälp man manuellt kan återföra de radioaktiva ämnena till

säkerhetsbehållaren.

Efterladdningsapparaters säkerhetsbehållare ska vara byggda så att radioaktiva ämnen inte kan avlägsnas ur behållaren utan specialverktyg. Om ämnena vid en felsituation hamnar utanför behållaren, ska personalen ha tillgång till redskap med vars hjälp ämnena kan skärmas provisoriskt.

För isolering av en patient i brackyterapi eller isotopbehandling (se punkt 4.1, avsnittet Speciella krav gällande strålbehandling) behövs inte med tanke på strålsäkerheten särskilda apparater eller arrangemang förutom eventuell strålskärm för isoleringsrummet. Personalen måste dock ha instruktioner om isoleringsrummets användning (t.ex. regler för arbete i rummet och besök).

Speciella krav gällande industri

Speciella krav gällande radiografirum inom industriell radiografi ges i direktiv ST 5.6.

Speciella krav gällande öppna källor

Speciella krav gällande användning av öppna källor ges i direktiven ST 6.1, ST 6.2 och ST 6.3.

5 Godkännande av strålskärmar och utrymmen

Strålsäkerhetscentralen kontrollerar strålskärmar och strålsäkerhetsarrangemangen i strålkällors användningsutrymmen och i utrymmen som omger dem i samband med behandlingen av ansökan om säkerhetstillstånd och i samband med inspektioner av driftställena. Strålsäkerhetscentralen godkänner skärmarna för de vanligaste strålkällornas användningsutrymmen ifall de uppfyller kraven i detta direktiv och säkerhetsarrangemangen ifall de uppfyller kraven i detta direktiv och kraven för olika tillämpningar som framställs i andra ST-direktiv. Skärmar och arrangemang för andra fall av strålningsanvändning godkänns utifrån kraven i detta direktiv och en särskild säkerhetsbedömning från fall till fall.

Strålsäkerhetscentralen ger under planeringen av strålskärningen på begäran ett förhandsutlåtande om skärmarnas tillräcklighet. Det är skäl att begära förhandsutlåtande vid planering av följande utrymmen:

- laboratorium av typ A^{*)}
- strålbehandlingsutrymme
- acceleratorsanläggning^{*)}
- bestrålningsanläggning eller driftställe för bestrålningsapparat
- utrymme för industriell radiografi, i vilket man ämnar använda partikelaccelerator eller slutna strålkällor med hög aktivitet.

Det är skäl att begära förhandsutlåtandet så tidigt som möjligt i planeringen innan man godkänner konstruktionsplanen.

Litteratur

1. Archer BR, Fewell TR, Conway BJ, Quinn PW. Attenuation properties of diagnostic x-ray shielding materials. *Med. Phys.* 1994; 21: 1499–1507.
2. Delacroix D, Guerre JP, Leblanc P, Hickman C. Radionuclide and Radiation Protection Data Handbook 2002. *Rad. Prot. Dos.* 2002; 98 (1).
3. DIN 6812. Medizinische Röntgenanlagen bis 300 kV – Regeln für die Auslegung des baulichen Strahlenschutzes. DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
4. DIN 6844-3 und DIN 6844-3 Berichtigung 1. Nuklearmedizinische Betriebe – Teil 3: Strahlenschutzberechnungen. DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
5. DIN 6847-2. Medizinische Elektronenbeschleuniger-Anlagen – Teil 2: Regeln für die Auslegung des baulichen Strahlenschutzes. DIN Deutsches Institut für Normung e.V.
6. International Atomic Energy Agency. Radiation Protection in the Design of Radiotherapy Facilities. Safety Reports Series No. 47. Vienna: IAEA; 2006.
7. International Commission on Radiological Protection. Protection against Ionizing Radiation from External Sources Used in Medicine. ICRP Publication 33. Oxford: Pergamon Press; 1982.
8. Madsen MT, Anderson JA, Halama JR, Kleck J, Simpkin DJ, Votaw JR, Wendt RE III, Williams LE, Yester MV. AAPM Task Group 108: PET and PET/CT Shielding Requirements. *Med. Phys.* 2006; 33: 4–15.
9. National Council on Radiation Protection and Measurements. Radiation Protection for Particle Accelerator Facilities. NCRP Report No. 144. Bethesda, MD: NCRP; 2003.
10. National Council on Radiation Protection and Measurements. Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP Report No. 147. Bethesda, MD: NCRP; 2004.
11. National Council on Radiation Protection and Measurements. Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X- and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities. NCRP Report No. 151. Bethesda, MD: NCRP; 2005.
12. Pukkila O. (toim.). Säteilyn käyttö. Säteily- ja ydinturvallisuuskirjasarja, osa 3 (Användning av strålning. Bokserien om strål- och kärnsäkerhet, del 3). Helsingfors: Strålsäkerhetscentralen; 2004.
13. Tapiovaara M. Röntgenhuoneen säteilysuojatarpeen arviointiin käytettävä tietokoneohjelma: RtgSuojaus (Dataprogram för bedömning av strålskärmbehov i röntgenundersökningsrum: RtgSuojaus). STUK-STO-TR 2. Helsingfors: Strålsäkerhetscentralen; 2005.

^{*)} Vid planering av laboratorier av typ A ska man dessutom tillställa Strålsäkerhetscentralen en sådan utsläppsplan som avses i direktiv ST 6.1 för utlåtande. Utlåtande förutsätts också vid planering av utrymmen för acceleratorsanläggningar för radionuklidproduktion.

BILAGA A

Planering av strålskärmar i de vanligaste fallen

I planeringen av strålskärmar för strålkällors användningsutrymmen kan man utnyttja datorprogram som utvecklats för ändamålet, Monte Carlo -beräkning eller data från mätningar. Monte Carlo-metoden kan vara särskilt användbar i situationer där man är tvungen att beakta effekterna av multipelspridd strålning.

Om beräkningsprogram eller andra metoder inte finns tillgängliga, kan skärmarna planeras med hjälp av förfaringssätt, beräkningsformler och parametrar som framställs i denna bilaga samt i bilagorna B och C. Märk, att dessa formler och parametrar leder till resultat som åtminstone inte borde underskatta skärmningen. P.g.a osäkerheten i beräkningarna uppnås slutlig säkerhet om skärmningens tillräcklighet först genom mätningar.

A.1 Acceleratorer för strålbehandling

Inom strålbehandlingen tillämpas för bedömning av acceleratorernas driftsbelastning absorberad dos i vatten. Enheten är gray (Gy). I skärmningsberäkningar som handlar om fotonstrålning kan värdet för absorberad dos, uttryckt i gray, oftast med tillräcklig noggrannhet anses ange värdet för miljödosekvivalent, uttryckt i sievert.

Primärstrålning

Transmissionsfaktorn B för primärstrålning hos den skärm som behövs för strålbehandlingsacceleratorers användningsutrymmen beräknas m.h.a. formel (B4) i bilaga B så, att man för produkten $\dot{H}_0 \cdot t$ sätter in driftsbelastningen per vecka W (absorberad dos i vatten i isocentrum under en veckas tid). I formel (B4) betyder d_0 då avståndet från apparatens fokus till isocentrum.

För acceleratorns driftsbelastning per vecka W ska användas minst värdet 800 Gy/vecka (800 Sv/vecka). Ett mindre värde får användas om man kan påvisa att driftsbelastningen fortgående är mindre än detta.

Tiondelstjocklekar för acceleratorers primärstrålning för olika skärmningsmaterial och olika accelerationsspänningar ges i tabell C1 i bilaga C.

Läckstrålning

Transmissionsfaktorn B_v för läckstrålning hos den skärm som behövs för strålbehandlingsacceleratorers användningsutrymmen beräknas m.h.a. formel (B5) i bilaga B så, att man för \dot{H}_v sätter in värdet, som är 0,5 % av dosraten i isocentrum. Ett mindre värde får användas om man kan påvisa att läckstrålningens dosrat är mindre än detta. Läckstrålningens värde anges på en meters avstånd från accelerators fokus, d.v.s. i formel B(5) gäller $d_0 = 1$ m.

Man kan tillämpa TVL_e -värdena i tabell C1 i bilaga C för tiondelstjocklekar för acceleratorers läckstrålning för olika skärmningsmaterial.

Spridd fotonstrålning

Transmissionsfaktorn B_s för fotonstrålning som sprids från patienten eller behandlingsrummets väggar, golv eller tak hos den skärm som behövs för strålbehandlingsacceleratorers användningsutrymmen beräknas m.h.a. formel (B6) i bilaga B så, att man för produkten $\dot{H}_0 \cdot t$ sätter in driftsbelastningen per vecka W . Dessutom sätter man för A i formeln in den area på det spridande objektet som träffas av primärstrålningen. I formel (B6) betyder d_0 då avståndet från apparatens fokus till isocentrum.

Om taket i accelerators användningsutrymme är tunt, ska man särskilt beakta den strålning som sprids från luftrummet ovanför användningsutrymmet till kringliggande utrymmen (himmelsstrålning), ifall acceleratoren är riktad uppåt.

Primärstrålningens spridningsfaktor för olika spridningsvinklar och olika accelerationsspänningar ges i tabell C2 i bilaga C. Tiondelstjocklekar för spridd fotonstrålning för bly och betong ges för olika accelerationsspänningar och olika spridningsvinklar i tabellerna C3-1 och C3-2 i bilaga C.

Den spridda fotonstrålningens andel vid accelerationsspänningar på över 10 MV är oftast betydelselös i jämförelse med fotonläckstrålningen.

Neutronstrålning

Om en accelerator för strålbehandling drivs med över 10 MV:s accelerationsspänning, uppstår i apparaten alltid också neutronstrålning. De bästa skärningsmaterialen för denna är vätehaltiga ämnen. Skärmar för strålbehandlingsacceleratorer är vanligen byggda av betong, som innehåller vatten och därmed väte. Om betongskärmarna planerats så att de är tillräckliga för fotonstrålning, är de i allmänhet också tillräckliga för neutronstrålning. Den enda plats där neutronstrålningen särskilt måste beaktas är dörröppningen till passagen till strålbehandlingsrummet, dit neutroner som uppstår i strålbehandlingsrummet kan spridas via passagen. För passagen ska vid behov en strålskärmande dörr byggas.

Dosraten för neutronstrålning som kan uppstå i acceleratorerna och spridas till behandlingsrummets dörr genom passagen till behandlingsrummet kan uppskattas med hjälp av formel (B7) i bilaga B.

A.2 Röntgenapparaters användning inom hälsovården

Strålningsproduktionen hos röntgenapparater inom hälsovården anges med hjälp av luftkerma. Enheten är gray (Gy). I skärningsberäkningar som handlar om röntgenstrålning kan värdet för luftkerma, uttryckt i gray, oftast med tillräcklig noggrannhet anses ange värdet för miljödosekvivalent, uttryckt i sievert.

Strålskärmarna för röntgenapparaters användningsutrymmen borde planeras så, att utrymmena utanför dem inte behöver klassas som övervakade områden. Denna kravnivå är ofta lätt att uppfylla, och då behövs inga restriktioner i användningen av de kringliggande utrymmena.

Inom användningen av röntgenapparater borde man också undvika kontrollrum där skärmen inte räcker ända upp till taket eller rummet saknar dörrar. Sådana öppna utrymmen kan leda till restriktioner av personalens arbete t.ex. då en arbetstagare är gravid.

Konventionell röntgenapparat

De nödvändiga skärmarna för användningsutrymmena för de flesta röntgenapparater för konventionell användning*) inom hälsovården behöver inte bestämmas med hjälp av beräkningar. Oftast räcker 3 mm bly eller 300 mm betong i primärstrålningens riktning som skärm. I riktningar dit enbart läckstrålning och spridd strålning kommer, räcker 2 mm bly eller 200 mm betong som skärm. Denna skärm går vanligen upp till minst 2 m:s höjd. Högre än det räcker vanligen 1 mm bly eller 100 mm betong, ifall större tjocklek inte är nödvändig med tanke på skärmningen av utrymmena i våningen ovanför.

Mammografiapparater

Det räcker med 0,25 mm bly för mammografiapparaters skärm (motsvarar 1,3 mm stål, 30 mm betong eller 78 mm gipsplatta), då driftspänningen ligger under 35 kV. Om mammografiapparaten placeras i ett rum vars väggar är av betong eller tegel, behövs vanligen ingen extra skärmning på väggarna. Behovet av extra skärmning för tittfönstret och dörrarna måste ändå särskilt bedömas.

Om mammografiapparatus användare under undersökningen befinner sig i undersökningsrummet och inte kan utnyttja fasta skärmar, ska man vid behov sköta hans/hennes strålskärmning t.ex. med hjälp av skärm som hör till apparaten eller rörliga strålskärmar.

Konventionell tandröntgenapparat, skärmade apparater och apparater med liten strålkägla och liten effekt

I utrymmen där konventionell tandröntgenapparat eller välskärmade apparater eller apparater med liten strålkägla och mycket liten effekt används (t.ex. en skärmad apparat för röntgenfotografering av vävnadsprov eller en apparat med mycket liten strålkägla för mätning av mineralhalten i ben), behövs inte nödvändigtvis särskilda strålskärmar. Behovet av skärmning ska ändå bedömas ifall utrymmets väggar är byggda av lätt material (t.ex. trä eller gips- eller

*) Med konventionell användning av röntgenapparat inom hälsovården avses här sådan verksamhet där man gör vanliga skelett-, mjukdels- och lungröntgenundersökningar (apparatus spänning högst 150 kV). Antal undersökningar per år är högst 10 000.

spånskiva).

Om apparatens användare under undersökningen befinner sig i undersökningsrummet, ska man sköta hans/hennes strålskärmning t.ex. med hjälp av rörliga strålskärmar.

Några exempel på bestämning av skärmar för tandröntgenapparatur ges i Strålsäkerhetscentralens anvisning "Kvalitetskontroll av tandröntgenverksamhet och strålskärmning av fotograferingsrummet" (STUK anvisningar 2011).

Fasta genomlysnings- och datortomografiapparater

Skärmarna för fasta genomlysningsapparaters eller datortomografiapparaters (CT-apparaters) användningsutrymmen ska bestämmas med hjälp av beräkningar om utrymmenas areal är liten och apparaten placeras nära en vägg eller nära kontrollrummet. Om apparatens driftsbelastning är exceptionellt stor ska skärmarna också bestämmas med beräkningar. I andra fall räcker skärmar med blyekvivalensen 3 mm.

Rörliga röntgen- och genomlysningsapparater

Ifall det då man använder rörliga röntgenapparater inte är möjligt att använda fasta skärmar, måste man sköta om tillräcklig skärmning av apparatens användare och andra arbetstagare och patienter med hjälp av personlig strålskyddsutrustning och rörliga skärmar. Om apparaterna fortgående används i samma utrymme (t.ex. en operationssal), ska behovet av skärmning av utrymmet utredas särskilt.

Andra apparater

Skärmar för sådana röntgenapparater inom hälsovården som inte nämnts ovan, eller för vilka bestämningen av skärmningsbehovet särskilt refereras till ovan, planeras med de metoder som beskrivs i nedanstående punkter.

Primärstrålning

Transmissionsfaktorn B för primärstrålning hos den skärm som behövs för röntgenapparaters användningsutrymmen inom hälsovården beräknas m.h.a. formel (B4) i bilaga B så, att man för produkten $\dot{H}_0 \cdot t$ sätter in produkten $W \cdot K$, där W är röntgenapparatens driftsbelastning per vecka

(mAmin/vecka) och K är röntgenrörets strålningsproduktion.

Röntgenrörets strålningsproduktion K , vars enhet är mGy/mAmin (mSv/mAmin), på en meters avstånd från rörets fokus, framställs för olika rörspänningar i tabell C4 i bilaga C. I formel (B4) är då $d_0 = 1$ m.

Tiondelstjocklekar för primärstrålningen från röntgenapparater, för olika skärmningsmaterial och olika rörspänningar, framställs i tabellerna C5-1, C5-2 och C5-3 i bilaga C. Blyekvivalenter för vissa skärmningsmaterial ges i tabell C6 i bilaga C.

Läckstrålning

Transmissionsfaktorn B_v för läckstrålning hos den skärm som behövs för röntgenapparaters användningsutrymmen inom hälsovården beräknas m.h.a. formel (B5) i bilaga B så, att man i formeln sätter in $\dot{H}_v = 1$ mSv/h (för konventionella tandröntgenapparater 0,25 mSv/h). Ett mindre värde får användas ifall man kan påvisa att läckstrålningens dosrat är mindre än detta. Läckstrålningens dosrat har bestämts på en meters avstånd från röntgenrörets fokus, varför man i formel (B5) ska sätta in $d_0 = 1$ m. Värdet $\dot{H}_v = 1$ mSv/h för läckstrålningen gäller högsta tillåtna spänning för apparaten och största tillåtna medeleffekt för röntgenröret under en timme. Därför ska man i formel (B5) använda den effektiva användningstiden per vecka (den tid som motsvarar den största kontinuerliga rörströmmen under en veckas tid) d.v.s. $t = W / I_{kont}$ där I_{kont} är den största rörström som är tillåten att användas kontinuerligt under en timmes tid och W är apparatens driftsbelastning per vecka.

Som tiondelstjocklekar för läckstrålningen från röntgenapparater, för olika skärmningsmaterial och olika rörspänningar, kan man använda TVL_e -värdena i tabellerna C5-1, C5-2 och C5-3 i bilaga C.

Spridd strålning

Transmissionsfaktorn B_s för strålning som sprids från patienten hos den skärm som behövs för röntgenapparaters användningsutrymmen inom hälsovården beräknas m.h.a. formel (B6) i bilaga B så, att man för produkten $\dot{H}_0 \cdot t$ sätter in produkten $W \cdot K$. Om man för K använder värden från tabell C4 gäller i formel (B6) $d_0 = 1$ m. Vidare

sätts i formeln för A in den area på det spridande objektet som träffas av primärkägglan.

Spridningsfaktorer för primärröntgenstrålning i olika spridningsvinklar och för olika rörspänningar framställs i tabell C7 i bilaga C. Som tiondelstjocklekar för spridd röntgenstrålning kan man, för olika skärmningsmaterial och olika rörspänningar, använda tiondelstjocklekar för primärstrålning (tabellerna C5-1, C5-2 och C5-3 i bilaga C).

A.3 Röntgenapparaters användning inom industri, forskning och undervisning

För slutna röntgenapparaters och avskärmade röntgenapparaters användningsutrymmen behövs inte särskilda strålskärmar. I andra fall ska skärmarna planeras så som beskrivs i denna punkt.

Slutna och avskärmade apparater behandlas i direktiv ST 5.2.

Primärstrålning

Transmissionsfaktorn B för primärstrålning hos den skärm som behövs för röntgenapparaters användningsutrymmen inom industrin beräknas m.h.a. formel (B4) i bilaga B. Dosraten för apparatens primärstrålning måste då vara känd.

Tiondelstjocklekar för primärstrålningen från industriella röntgenapparater, för olika skärmningsmaterial och olika rörspänningar, framställs i tabellerna C5-1, C5-2 och C5-3 i bilaga C. Blyekvivalenter för vissa skärmningsmaterial ges i tabell C6 i bilaga C.

Läckstrålning

Transmissionsfaktorn B_v för läckstrålning hos den skärm som behövs för röntgenapparaters användningsutrymmen inom industrin beräknas m.h.a. formel (B5) i bilaga B. När det gäller industriell radiografiapparat ska man för läckstrålningens dosrat \dot{H}_v använda följande värden:

$$\dot{H}_v = 1 \text{ mSv/h, då rörspänningen är mindre än } 150 \text{ kV}$$

$$\dot{H}_v = 2,5 \text{ mSv/h, då rörspänningen är } 150\text{--}200 \text{ kV}$$

$$\dot{H}_v = 5 \text{ mSv/h, då rörspänningen är större än } 200 \text{ kV.}$$

Mindre värden får användas om man kan påvisa att läckstrålningens dosrat är mindre än det angivna värdet. Läckstrålningens dosrat har bestämts på en meters avstånd från röntgenrörets fokus, varför man i formel (B5) sätter in $d_0 = 1 \text{ m}$.

Som tiondelstjocklekar för läckstrålningen från röntgenapparater, för olika skärmningsmaterial och olika rörspänningar, kan man använda TVL_e -värdena i tabellerna C5-1, C5-2 och C5-3 i bilaga C.

Radiografiapparaters läckstrålning behandlas i direktiv ST 5.6.

Spridd strålning

Transmissionsfaktorn B_s för strålning som sprids från det bestrålade objektet eller från användningsutrymmets väggar, golv eller tak hos den skärm som behövs för röntgenapparaters användningsutrymmen inom industri beräknas m.h.a. formel (B6) i bilaga B. Dosraten för apparatens primärstrålning måste då vara känd. Vidare sätts i formeln för A in den area på det spridande objektet som träffas av primärkägglan.

Spridningsfaktorer för primärröntgenstrålning, i olika spridningsvinklar och för olika rörspänningar, för strålning som sprids från vatten ges i tabell C7 i bilaga C. I användningen av röntgenstrålning inom industrin kan spridningsfaktorerna för vatten anses vara en tillräckligt säker övre gräns också för spridning från andra ämnen (betong, stål). Som tiondelstjocklekar för spridd strålning, för olika skärmningsmaterial och olika rörspänningar, kan man använda tiondelstjocklekar för primärstrålning (bilaga C, tabellerna C5-1, C5-2 och C5-3).

A.4 Radioaktiva ämnen

Användningsutrymmen för industriell radiometrisk mätapparat som innehåller radioaktiva ämnen behöver inte särskilda strålskärmar. I andra fall planeras skärmarna enligt vad som framställs i detta punkt.

Radiometriska apparater behandlas i direktiv ST 5.1

Primärstrålning

Transmissionsfaktorn B för primärstrålning hos den skärm som behövs för användningsutrymmen för apparater som innehåller radioaktivt ämne eller för oskärmade radioaktiva ämnen (d.v.s. ämnet omges inte av någon egen skärm) beräknas m.h.a. formel (B4) i bilaga B. Då står d_0 för det radioaktiva ämnets avstånd till den punkt där dosraten ämnet ger upphov till bestämts och d står för det radioaktiva ämnets kortaste avstånd till människor som vistas eller arbetar på övervakat eller oklassificerat område. För riktningsfaktorn U ska värdet $U = 1$ användas om ämnet är oskärmat.

Tiondelstjocklekar för strålning från några allmänt använda radioaktiva ämnen, för olika skärningsmaterial, ges i tabell C8 i bilaga C.

Om dosraten \dot{H}_0 från det radioaktiva ämnet är okänd, kan den beräknas utifrån ämnets aktivitet A enligt

$$\dot{H}_0 = \Gamma \cdot A \quad (\text{A1})$$

I formel (A1) är Γ dosratskonstanten (gamma-konstanten). Värdena på denna konstant för allmänt använda radioaktiva ämnen ges i tabell C9 i bilaga C. Värdena anges så att de beskriver dosraten på en meters avstånd från ett radioaktivt ämne med aktiviteten 1 GBq. Om man sätter in ett värde som räknats ut på det här sättet i formel (B4) i bilaga B, ska man sätta $d_0 = 1$ m.

Läckstrålning

Transmissionsfaktorn B_v för läckstrålning hos den skärm som behövs för användningsutrymmen för apparater som innehåller radioaktivt ämne beräknas m.h.a. formel (B5) i bilaga B. Då står d_0 för det radioaktiva ämnets avstånd till den punkt där dosraten ämnet ger upphov till bestämts och d står för det radioaktiva ämnets kortaste avstånd till människor som vistas eller arbetar på övervakat eller oklassificerat område. Dessutom ska man i formeln sätta in $t = 1$ för arbetsutrymmen och boutrymmen och utrymmen där människor eventuellt vistas kontinuerligt.

För läckstrålningens dosrat \dot{H}_v från skyddsbehållare för radioaktivt ämne på en meters avstånd från behållarens yta ska följande värden användas:

$\dot{H}_v = 7,5 \mu\text{Sv/h}$ för industriell radiometrisk mätapparat

$\dot{H}_v = 10 \mu\text{Sv/h}$ för efterladdningsapparater inom strålbehandlingen

$\dot{H}_v = 20 \mu\text{Sv/h}$ för industriell radiografiapparat.

När man använder dessa värden i formel (B5) i bilaga B, är $d_0 = 1$ m. Mindre värden för dosraten får användas om man kan påvisa att dosraten är mindre än värdena ovan.

Som tiondelstjocklekar för läckstrålningen från apparater som innehåller radioaktivt ämne kan man använda TVL_e -värdena för olika skärningsmaterial i tabell C8 i bilaga C.

Dosrater för läckstrålning från skyddsbehållare för radioaktiva ämnen behandlas i direktiven ST 5.1 och ST 5.6.

Spridd strålning

Transmissionsfaktorn B_s för strålning som sprids från det bestrålade objektet hos den skärm som behövs för användningsutrymmen för apparater som innehåller radioaktivt ämne beräknas m.h.a. formel (B6) i bilaga B. Då står d_0 för det radioaktiva ämnets avstånd till den punkt där dosraten ämnet ger upphov till bestämts och d_1 står för det radioaktiva ämnets avstånd till det spridande objektet.

Spridningsfaktorer för strålning från radioaktiva ämnen för betong och stål, för olika spridningsvinklar, ges i tabell C10 i bilaga C. Som tiondelstjocklekar för spridd strålning, för olika skärningsmaterial, kan man använda tiondelstjocklekar för primärstrålning från det radioaktiva ämnet i fråga (bilaga C, tabell C8). För ^{60}Co , ^{137}Cs och ^{226}Ra , samt andra nuklider vars gammaenergi är över 0,5 MeV, kan man använda tiondelstjocklekar för positronemitterar då spridningsvinkeln är större än 70° . För spridningsvinklar på under 70° bör man också för dessa nuklider använda tiondelstjocklekar för primärstrålning.

BILAGA B

Beräkningsformler

I denna bilaga betyder (strål)dos alltid miljödosekvivalent, ifall inte annat särskilt nämns.

Skärmens transmissionsfaktor och tjocklek

Då man planerar strålskärmar beräknar man först transmissionsfaktorn B , som anger förhållandet mellan dosen H från den strålning som kommit igenom skärmen och stråldosen H_0 utan skärm:

$$B = H / H_0 . \quad (\text{B1})$$

Antalet n tiondelstjocklekar TVL av materialet som behövs för skärmen beräknas utifrån transmissionsfaktorn enligt:

$$n = \log_{10}(1/B) . \quad (\text{B2})$$

Skärmens tjocklek blir då

$$s = n \cdot TVL_1, \text{ om } n \leq 1 \quad (\text{B3-1})$$

$$s = TVL_1 + (n-1) \cdot TVL_2, \text{ om } 1 < n \leq 2 \quad (\text{B3-2})$$

$$s = TVL_1 + TVL_2 + (n-2) \cdot TVL_3, \text{ om } 2 < n \leq 3 \quad (\text{B3-3})$$

$$s = TVL_1 + TVL_2 + TVL_3 + (n-3) \cdot TVL_e, \text{ om } n > 3 \quad (\text{B3-4})$$

där TVL_1, TVL_2 och TVL_3 är den första, andra och tredje tiondelstjockleken
 TVL_e är tiondelstjockleken vid jämvikt (tiondelstjockleken bakom en kraftigt strålningsdämpande skärm)

När det gäller strålskydd bör man för tiondelstjockleken TVL och halveringstjockleken HVL ($1 HVL_e = 0,3 TVL_e$) använda värden som uppmätts utgående från geometrin hos en bred stråle.

När de nödvändiga skärmtjocklekarna för läckstrålning och spridd strålning är uträknat, kan man bedöma den nödvändiga tjockleken på skärmen för dessa strålningskomponenters sammanlagda verkan genom att jämföra skillnaden mellan de uträknade tjocklekarna för de båda enskilda komponenterna på följande sätt:

- Om differensen mellan skärmtjocklekarna är mindre än $1 TVL_e$, är den nödvändiga skärmtjockleken det största av värdena tillsatt ytterligare med $1 HVL_e$.
- Om differensen mellan skärmtjocklekarna är lika med eller större än $1 TVL_e$, kan det största av värdena användas som skärmtjocklek.

Om TVL_e -värdena för läckstrålning och spridd strålning är inte lika stora, är det säkrast att använda det största av värdena för uträkning av HVL_e . Beräkningsprogram som eventuellt används i planeringen av skärmtjocklekarna kan beakta den sammanlagda verkan av olika strålningskomponenter utan särskilda åtgärder.

Primärstrålning

Transmissionsfaktorn B för primärstrålskärmen för en strålningsalstrande apparats*) användningsutrymme beräknas enligt formeln

$$B = \frac{\dot{H}_A \cdot d^2}{\dot{H}_0 \cdot t \cdot U \cdot T \cdot d_0^2} \quad (\text{B4})$$

där

\dot{H}_A är planeringsvärdet (antingen 120 $\mu\text{Sv/vecka}$ (6 mSv/år) eller 6 $\mu\text{Sv/vecka}$ (0,3 mSv/år) beroende på huruvida skärmen avses skydda personer som arbetar eller vistas på övervakat eller oklassificerat område)

\dot{H}_0 är primärstrålningens dosrat på avståndet d_0 från apparatens fokus

t är den relativa andelen av veckoarbetstiden under vilken apparaten alstrar strålning**),

U är apparatens riktningsfaktor i den aktuella riktningen

T är vistelsefaktorn

d_0 är avståndet mellan apparatens fokus och den punkt där primärstrålningens dosrat bestämts

d är avståndet mellan apparatens fokus och de personer som arbetar eller vistas på det övervakade eller oklassificerade området.

Läckstrålning

Transmissionsfaktorn B_v för läckstrålskärmen för en strålningsalstrande apparats användningsutrymme beräknas enligt formeln

$$B_v = \frac{\dot{H}_A \cdot d^2}{\dot{H}_v \cdot t \cdot T \cdot d_0^2} \quad (\text{B5})$$

där

\dot{H}_A är planeringsvärdet (antingen 120 $\mu\text{Sv/vecka}$ (6 mSv/år) eller 6 $\mu\text{Sv/vecka}$ (0,3 mSv/år) beroende på huruvida skärmen avses skydda personer som arbetar eller vistas på övervakat eller oklassificerat område)

\dot{H}_v är läckstrålningens dosrat på avståndet d_0 från apparatens fokus

t är den relativa andelen av veckoarbetstiden under vilken apparaten alstrar strålning**),

T är vistelsefaktorn

d_0 är avståndet mellan apparatens fokus och den punkt där läckstrålningens dosrat bestämts

d är avståndet mellan apparatens fokus och de personer som arbetar eller vistas på det övervakade eller oklassificerade området.

Spridd strålning

Transmissionsfaktorn B_s för skärmen för spridd strålning för en strålningsalstrande apparats användningsutrymme beräknas enligt formeln

$$B_s = \frac{\dot{H}_A \cdot d_1^2 \cdot d_2^2}{\dot{H}_0 \cdot t \cdot \alpha \cdot A \cdot T \cdot d_0^2} \quad (\text{B6})$$

där

\dot{H}_A är planeringsvärdet (antingen 120 $\mu\text{Sv/vecka}$ (6 mSv/år) eller 6 $\mu\text{Sv/vecka}$ (0,3 mSv/år) beroende på huruvida skärmen avses skydda personer som arbetar eller vistas på övervakat eller oklassificerat område)

\dot{H}_0 är primärstrålningens dosrat på avståndet d_0 från apparatens fokus

*) I detta fall kan strålningsalstrande apparat också innebära oskärmat radioaktivt ämne.

**) Gällande skiftarbete se punkt 3.3, tredje stycket.

t	är den relativa andelen av veckoarbetstiden under vilken apparaten alstrar strålning ^{***)}
α	är spridningsfaktorn i den aktuella riktningen
A	är den area på det spridande objektet som träffas av primärkägla
T	är vistelsefaktorn
d_0	är avståndet mellan apparatens fokus och den punkt där primärstrålningens dosrat bestämts
d_1	är avståndet mellan apparatens fokus och det spridande objektet
d_2	är avståndet mellan det spridande objektet och de personer som arbetar eller vistas på det övervakade eller oklassificerade området.

Spridd neutronstrålning från strålbehandlingsacceleratorer

Dosraten \dot{H}_s för spridd neutronstrålning vid dörren (inte inberäknad) till passagen till behandlingsrummet kan beräknas enligt formeln

$$\dot{H}_s = \dot{H}_0 \cdot \frac{A_0}{A_1} \cdot \frac{d_0^2}{d_1^2} \cdot 10^{-d_2/5m} \quad (B7)$$

där

\dot{H}_0	är dosraten för neutronstrålningen på avståndet d_0 från apparatens fokus
A_0	är tvärsnittsarean av öppningen mellan passagen och behandlingsrummet
A_1	är passagens tvärsnittsarea
d_0	är avståndet mellan apparatens fokus och den punkt där neutronstrålningens dosrat bestämts
d_1	är avståndet mellan apparatens isocentrum och den punkt på passagens mittlinje där isocentrum ännu är synligt
d_2	är avståndet längs passagens mittlinje från passagens dörröppning till den punkt där isocentrum ännu är synligt.

Med formel (B7) kan man beräkna neutronsosraten i situationer där det finns en krök mellan behandlingsrummet och passagen. Om krökarna är två, ska det extra avstånd den andra kröken innebär beaktas i parametern d_2 , och dessutom ska högra ledet i formeln multipliceras med faktorn 1/3.

De neutroner som längs passagen sprids från behandlingsrummet till passagens dörr orsakar p.g.a. spridnings- och absorptionsreaktioner i väggarna även högenergetisk fotonstrålning (gammastrålning). Dess dosrat vid dörröppningen är 25–50 % av neutronsosraten.

I planeringen av den skärm som behövs för dörren till passagen kan följande tiondelstjocklekar användas:

- neutronstrålning, $TVL = 45$ mm paraffin eller vätehaltig plast
- fotonstrålning, $TVL = 61$ mm bly.

Dörren ska byggas så att det vätehaltiga ämnet är på den sida som ligger mot (passagen till) behandlingsrummet.

^{***)} Gällande skiftarbete se punkt 3.3, tredje stycket.

BILAGA C

Parametervärden för beräkningsformlerna

De tiondelstjocklekar och blyekvivalenter som ges i denna bilaga gäller för följande materialdensiteter:

- bly 11,3 g/cm³
- stål 7,4–7,9 g/cm³
- betong 2,3–2,4 g/cm³
- solitt tegel 1,8 g/cm³
- gips 0,84 g/cm³.

Tabell C1. Tiondelstjocklekar för primärstrålning (MV-området) [7].

Accelerations- spänning (MV)	Tiondelstjocklek (mm) för olika skärmningsmaterial (TVL ₂ =TVL ₃ =TVL _e)					
	Bly		Stål		Betong	
	TVL ₁	TVL _e	TVL ₁	TVL _e	TVL ₁	TVL _e
2	35	40	75	70	220	200
4	50	55	90	90	290	290
6	55	55	100	100	350	350
8	55	55	105	105	380	380
10	55	55	105	105	410	400
12	55	55	105	105	440	420
15	55	55	110	110	470	440
20	55	55	110	110	490	450
25	55	55	110	110	510	460

Tabell C2. Spridningsfaktorer för primärstrålning (MV-området) [6].

Accelerations- spänning (MV)	Spridningsfaktor (m ² /cm ²) för olika spridningsvinklar					
	30°	45°	60°	90°	135°	150°
6	6,9·10 ⁻⁶	3,5·10 ⁻⁶	2,1·10 ⁻⁶	1,1·10 ⁻⁶	0,75·10 ⁻⁶	0,72·10 ⁻⁶
10	8,0·10 ⁻⁶	3,4·10 ⁻⁶	1,9·10 ⁻⁶	1,0·10 ⁻⁶	0,76·10 ⁻⁶	0,69·10 ⁻⁶

Spridningsfaktorn anges för spridning från patient (vatten). Den beskriver förhållandet mellan dosen till följd av spridd strålning, uppmätt på en meters avstånd från patienten, och dosen uppmätt på patientens hud i primärkäglan (utan bakåtspridning) då fältstorleken på patientens hud är 1 cm².

Spridning i vinkeln 0° betyder att den spridda strålningen har samma rikning som primärstrålningen. På samma sätt betyder spridningsvinkeln 180° att den spridda strålningen är motsatt riktad i förhållande till primärstrålningen.

Tabell C3-1. Tiondelstjocklekar för spridd strålning för bly (MV-området) [6].

Accelerationspänning (MV)	Tiondelstjocklek (mm) för olika spridningsvinklar (TVL ₂ =TVL ₃ =TVL _e)									
	30°		45°		60°		90°		120°	
	TVL ₁	TVL _e	TVL ₁	TVL _e	TVL ₁	TVL _e	TVL ₁	TVL _e	TVL ₁	TVL _e
4	33	37	24	31	18	25	9	13	5	8
6	38	44	28	34	19	26	10	15	5	8
10	43	45	31	36	21	27	12	16	8	14

Tiondelstjockleken anges för spridd strålning från patient (vatten). Spridning i vinkeln 0° betyder att den spridda strålningen har samma riktning som primärstrålningen. På samma sätt betyder spridningsvinkeln 180° att den spridda strålningen är motsatt riktad i förhållande till primärstrålningen.

Tabell C3-2. Tiondelstjocklekar för spridd strålning för betong (MV-området) [6].

Accelerationspänning (MV)	Tiondelstjocklek (mm) för olika spridningsvinklar (TVL ₁ =TVL ₂ =TVL ₃ =TVL _e)					
	15°	30°	45°	60°	90°	135°
4	300	250	220	210	170	140
6	340	260	230	210	170	150
10	390	280	250	220	180	150

Tiondelstjockleken anges för spridd strålning från patient (vatten). Spridning i vinkeln 0° betyder att den spridda strålningen har samma riktning som primärstrålningen. På samma sätt betyder spridningsvinkeln 180° att den spridda strålningen är motsatt riktad i förhållande till primärstrålningen.

Tabell C4. Röntgenrörets strålningsproduktion [8].

Rörspänning (kV)	Strålningsproduktion (mGy/mAmin)
30	2,6
50	1,1
70	2,2
85	3,3
100	4,7
125	7,2
150	9,8

Strålningsproduktionen har uppmätts på en meters avstånd från röntgenrörets fokus. Rörets totalfiltrering är ca. 2,5 mm aluminium för alla kV-värden utom 30 kV, då man har molybdenfiltrering.

Tabell C5-1. Tiondelstjocklekar för primärstrålning (kV-området) för bly, 50–150 kV [8], 200–400 kV [2]. Värdena för 30 kV och 35 kV har beräknats på Strålsäkerhetscentralen utifrån uppgifterna i referens [5].

Rörspänning (kV)	Tiondelstjocklek (mm) för bly			
	TVL ₁	TVL ₂	TVL ₃	TVL _e
30	0,015	0,025	0,036	0,05
35	0,018	0,032	0,049	0,07
50	0,07	0,13	0,18	0,25
70	0,13	0,28	0,37	0,42
85	0,19	0,47	0,62	0,67
100	0,25	0,66	0,84	0,93
125	0,35	0,69	0,87	1,0
150	0,45	0,66	0,87	1,3
200	0,6	0,8	1,1	1,4
250	0,9	1,5	2,0	3,6
300	2,0	2,7	4,3	5,4
400	3,6	5,0	6,4	8,2

Tabell C5-2. Tiondelstjocklekar för primärstrålning (kV-området) för stål, 50–150 kV [8]. Värdena för 30 kV och 35 kV har beräknats på Strålsäkerhetscentralen utifrån uppgifterna i referens [5].

Rörspänning (kV)	Tiondelstjocklek (mm) för stål			
	TVL ₁	TVL ₂	TVL ₃	TVL _e
30	0,07	0,12	0,20	0,28
35	0,08	0,16	0,28	0,36
50	0,4	0,8	1,1	1,3
70	0,9	1,7	2,6	3,1
85	1,3	3,1	4,5	5,0
100	1,8	4,4	6,1	
125	2,8	7,1		
150	4,2	10,6		

Tabell C5-3. Tiondelstjocklekar för primärstrålning (kV-området) för betong, 50–150 kV [8], 200–400 kV [2]. Värdena för 30 kV och 35 kV har beräknats på Strålsäkerhetscentralen utifrån uppgifterna i referens [5].

Rörspänning (kV)	Tiondelstjocklek (mm) för betong			
	TVL ₁	TVL ₂	TVL ₃	TVL _e
30	1,6	2,9	4,3	6,4
35	1,8	3,7	6,1	8,1
50	11	18	21	25
70	19	30	37	39
85	23	43	48	48
100	31	50	53	53
125	42	60	62	63
150	50	68	70	72
200	65	83	83	83
250	71	87	87	87
300	75	100	100	100
400	135	100	95	95

Tabell C6. Blyekvivalenter för vissa skärmningsmaterial (kV-området) [7]. Värden motsvarande 0,5 mm bly har beräknats på Strålsäkerhetscentralen.

Skärmningsmaterial	Blyets tjocklek (mm)	Motsvarande tjocklek (mm) av annat skärmningsmaterial jämfört med bly vid olika rörspänningar (kV)					
		50	70	100	150	200	300
Betong	0,5	65	58	51	56		
	1	130	105	80	105	95	80
	2		195	140	180	165	125
	3		285	190	250	220	155
	4			240	300	270	185
	6			340	410	360	240
Tegel (solitt))	0,5	94	84	74	81		
	1	200		120	150	130	105
	2			195	260	230	165
	3			260	340	310	210
	4			330	420	370	250
	6			450	570	490	330
Stål	0,5	3,0	3,2	3,4	5,1		
	1	6,5		6,5	14	16	16
	2			13	28	32	26
Gips	0,5	157	145	132	153		
	1	290		200	270	240	190

Tabell C7. Spridningsfaktorer för primärstrålning (kV-området), 30–150 kV [5], 200–300 kV [3].

Rörspänning (kV)	Spridningsfaktor (m ² /cm ²) för olika spridningsvinklar					
	30°	45°	60°	90°	120°	135°
30	0,6·10 ⁻⁶	0,2·10 ⁻⁶	0,2·10 ⁻⁶	0,3·10 ⁻⁶	0,9·10 ⁻⁶	1,3·10 ⁻⁶
50	4,7·10 ⁻⁶	4,1·10 ⁻⁶	3,7·10 ⁻⁶	3,9·10 ⁻⁶	5,1·10 ⁻⁶	5,9·10 ⁻⁶
70	5,1·10 ⁻⁶	4,4·10 ⁻⁶	4,1·10 ⁻⁶	4,3·10 ⁻⁶	5,4·10 ⁻⁶	6,2·10 ⁻⁶
100	5,5·10 ⁻⁶	4,9·10 ⁻⁶	4,5·10 ⁻⁶	4,7·10 ⁻⁶	5,9·10 ⁻⁶	6,7·10 ⁻⁶
125	5,9·10 ⁻⁶	5,3·10 ⁻⁶	4,9·10 ⁻⁶	5,1·10 ⁻⁶	6,3·10 ⁻⁶	7,1·10 ⁻⁶
150	6,3·10 ⁻⁶	5,7·10 ⁻⁶	5,3·10 ⁻⁶	5,5·10 ⁻⁶	6,7·10 ⁻⁶	7,5·10 ⁻⁶
200	6,0·10 ⁻⁶	5,0·10 ⁻⁶	4,8·10 ⁻⁶	4,8·10 ⁻⁶	6,8·10 ⁻⁶	7,0·10 ⁻⁶
250	6,3·10 ⁻⁶	5,3·10 ⁻⁶	4,8·10 ⁻⁶	4,8·10 ⁻⁶	6,8·10 ⁻⁶	7,0·10 ⁻⁶
300	6,5·10 ⁻⁶	5,5·10 ⁻⁶	5,0·10 ⁻⁶	4,8·10 ⁻⁶	6,5·10 ⁻⁶	7,0·10 ⁻⁶

Spridningsfaktorn anges för spridning från patient (vatten). Den beskriver förhållandet mellan dosen till följd av spridd strålning, uppmätt på en meters avstånd från patienten, och dosen uppmätt på patientens hud i primärkägeln (utan bakåtspridning) då fältstorleken på patientens hud är 1 cm².

Spridning i vinkeln 0° betyder att den spridda strålningen har samma riktning som primärstrålningen. På samma sätt betyder spridningsvinkeln 180° att den spridda strålningen är motsatt riktad i förhållande till primärstrålningen.

Tabell C8. Tiondelstjocklekar för strålning från radioaktiva ämnen, ^{60}Co , ^{137}Cs , ^{192}Ir , ^{226}Ra [2], positronemitttrar, ^{99}Mo , $^{99\text{m}}\text{Tc}$, ^{111}In , ^{123}I , ^{131}I , ^{201}Tl [9].

Radioaktivt ämne	Tiondelstjocklek (mm) för olika skärningsmaterial ($\text{TVL}_3 = \text{TVL}_e$)								
	Bly			Stål			Betong		
	TVL_1	TVL_2	TVL_e	TVL_1	TVL_2	TVL_e	TVL_1	TVL_2	TVL_e
Positronemitttrar ^{*)}	15	15	14	63	44	43	225	150	125
^{60}Co	45	40	40	72	70	70	280	205	205
^{99}Mo	20	25	24	56	58	45	210	160	155
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	0,9	0,9	0,9	20	17	16	145	90	75
^{111}In	2,5	3,5	3,5	31	29	29	160	105	95
^{123}I	2	10	17	21	31	45	130	110	115
^{131}I	11	17	22	56	43	44	210	140	140
^{137}Cs	21	22	22	65	50	50	210	165	165
^{192}Ir	12	18	18	48	42	42	170	140	140
^{201}Tl	1,3	1,3	1,3	12	21	21	105	90	90
^{226}Ra	44	44	44	80	70	70	250	245	245

*) T.ex. ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , ^{18}F .**Tabell C9.** Dosratskonstanter för radioaktiva ämnen [1], ^{226}Ra [10].

Radioaktivt ämne	Dosratskonstant (mSv/h)/GBq
Positronemitttrar ^{*)}	0,16
^{60}Co	0,33
^{99}Mo	0,046
$^{99\text{m}}\text{Tc}$	0,022
^{111}In	0,072
^{123}I	0,034
^{131}I	0,064
^{137}Cs	0,092
^{192}Ir	0,14
^{201}Tl	0,018
^{226}Ra	0,20

*) T.ex. ^{11}C , ^{13}N , ^{15}O , ^{18}F .

Dosratskonstanten anger dosraten i luft från ett radioaktivt ämne med aktiviteten 1 GBq på en meters avstånd från ämnet.

Anm. För kortlivade ämnen (halveringstiden räknas i minuter) blir dosen uträknad utifrån dosratskonstanten (betydligt) större än den verkliga dosen från ämnet under en timmes tid.

Tabell C10. Spridningsfaktorer för radioaktiva ämnen [4].

Strålnings- energi (MeV)	Spridningsfaktor (m^2/cm^2) för olika spridningsvinklar					
	105°		120°		180°	
	Betong	Stål	Betong	Stål	Betong	Stål
0,2	$2 \cdot 10^{-6}$	$0,7 \cdot 10^{-6}$	$3 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$5 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-6}$
0,5	$1 \cdot 10^{-6}$	$0,7 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-6}$	$2 \cdot 10^{-6}$
1,0	$0,6 \cdot 10^{-6}$	$0,5 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$0,7 \cdot 10^{-6}$	$1 \cdot 10^{-6}$	$0,9 \cdot 10^{-6}$
2,0	$0,4 \cdot 10^{-6}$	$0,3 \cdot 10^{-6}$	$0,6 \cdot 10^{-6}$	$0,4 \cdot 10^{-6}$	$0,6 \cdot 10^{-6}$	$0,5 \cdot 10^{-6}$

Spridningsfaktorn beskriver förhållandet mellan dosen till följd av spridd strålning, uppmätt på en meters avstånd från det spridande ämnet, och dosen uppmätt på ytan av den spridande ämnet i primärkägla (utan bakåtspridning) då fältstorleken på ytan av det spridande objektet är 1 cm².

Spridning i vinkeln 0° betyder att den spridda strålningen har samma riktning som primärstrålningen. På samma sätt betyder spridningsvinkeln 180° att den spridda strålningen är motsatt riktad i förhållande till primärstrålningen.

Litteratur

1. Delacroix D, Guerre JP, Leblanc P, Hickman C. Radionuclide and Radiation Protection Data Handbook 2002. Rad. Prot. Dos. 2002; 98 (1).
2. International Commission on Radiological Protection. Protection against Ionizing Radiation from External Sources Used in Medicine. ICRP Publication 33. Oxford: Pergamon Press; 1982.
3. International Atomic Energy Agency. Radiation Protection in the Design of Radiotherapy Facilities. Safety Reports Series No. 47. Vienna: IAEA; 2006.
4. National Council on Radiation Protection and Measurements. Radiation Protection for Particle Accelerator Facilities. NCRP Report No. 144. Bethesda, MD: NCRP; 2003.
5. National Council on Radiation Protection and Measurements. Structural Shielding Design for Medical X-Ray Imaging Facilities. NCRP Report No. 147. Bethesda, MD: NCRP; 2004.
6. National Council on Radiation Protection and Measurements. Structural Shielding Design and Evaluation for Megavoltage X- and Gamma-Ray Radiotherapy Facilities. NCRP Report No. 151. Bethesda, MD: NCRP; 2005.
7. Pukkila O. (toim.). Säteilyn käyttö. Säteily- ja ydinturvallisuuskirjasarja, osa 3 (Användning av strålning. Bokserien om strål- och kärnsäkerhet, del 3). Helsingfors: Strålsäkerhetscentralen; 2004.
8. Tapiovaara M. Röntgenhuoneen säteilysuojaustarpeen arviointiin käytettävä tietokoneohjelma: RtgSuojaus (Dataprogram för bedömning av strålskärmsbehov i röntgenundersökningsrum: RtgSuojaus). STUK-STO-TR 2. Helsingfors: Strålsäkerhetscentralen; 2005.
9. DIN 6844-3 und DIN 6844-3 Berichtigung 1. Nuklearmedizinische Betriebe - Teil 3: Strahlenschutzberechnungen. DIN Deutsches Institut für Normung. e.V.
10. Toivonen H, Rytömaa T, Vuorinen A (toim.). Säteily ja turvallisuus (Strålning och säkerhet). Helsingfors: Strålsäkerhetscentralen; 1988.

BILAGA D

Definitioner och begrepp

Tiondelstjocklek (*TVL, Tenth-Value Layer*)

Tjockleken hos ett lager ämne som minskar stråldosen eller dosraten till en tiondel av det ursprungliga värdet.

Vistelsefaktor (*T*)

En faktor som anger under hur stor del av den tid en strålningsapparat alstrar strålning som man vistas i utrymmet strålningen förekommer i.

Primärstrålning

Sådan strålning från en strålkälla som inte har dämpats i källans egen skärm.

Halveringstjocklek (*HVL, Half-Value Layer*)

Tjockleken hos ett lager ämne som minskar stråldosen eller dosraten till hälften av det ursprungliga värdet.

Spridd strålning

Strålning som då den träffar objektet har en annan riktning än den ursprungliga eller som har förlorat en del av sin ursprungliga energi.

Anmärkning: I detta direktiv betraktas strålning som har spritts i källans egen skärm som läckstrålning.

Riktningfaktor (*U*)

En faktor som anger under hur stor del av den tid en strålningsapparat alstrar strålning som primärstrålningen från apparaten riktas åt ett visst håll.

Strålningsalstrande apparat

Apparat som alstrar strålning på elektrisk väg eller som innehåller radioaktivt ämne.

Strålkälla

Strålningsalstrande apparat eller radioaktivt ämne.

(Strål)skärmning

Minskande av dosraten med hjälp av strålskärmar.

(Strål)skärm

Material, konstruktion eller redskap med vars hjälp man minskar dosraten.

Anmärkning: I detta direktiv menas med strålskärm inte strålningsalstrande apparatens egen skärm, d.v.s. skärm eller kåpa som omger apparatens själva strålande del; inte heller avses här t.ex. efterladdningsapparaters skyddsbehållare eller motsvarande.

Strålsäkerhetsåtgärder

Åtgärder med vilka man strävar till att förhindra eller begränsa människors stråldoser och skadeverkningar och med vars hjälp man tryggar säkerheten för verksamhetsutövarens egna arbetstagare, studerande och praktikanter, samt för utomstående arbetstagare i verksamhetsutövarens tjänst och personer som tillhör befolkningen. Till dessa åtgärder hör även förfarings-sätten för att förhindra olyckor och för att lindra följder av dem.

Skyddsarrangemang

Åtgärder med vilka man strävar att upptäcka och förhindra stöld, sabotage eller obehörig flyttning av strålkälla, olovligt intrång i anstalter eller utrymmen som innehåller sådana källor, eller annan motsvarande, illvillig handling. Till dessa åtgärder hör också motåtgärder efter att en illvillig handling skett.

Läckstrålning

Strålning som kommer igenom strålkällans egen strålskärm.

ST-DIREKTIV (9.11.2011)

Allmänna direktiv

- ST 1.1 Säkerhetsgrunder för strålningsverksamhet, 23.5.2005
- ST 1.3 Varningsmärkning av strålkällor, 16.5.2006
- ST 1.4 Användarorganisation, 16.4.2004
- ST 1.5 Befrielse från kravet på säkerhetstillstånd och anmälningsplikt vid användning av strålning, 1.7.1999
- ST 1.6 Strålskyddsåtgärder på arbetsplatsen, 10.12.2009
- ST 1.7 Strålskyddsutbildning inom hälsovården, 17.2.2003
- ST 1.8 Behörighet och strålskyddsutbildning för personer inom en användarorganisation, 16.4.2004
- ST 1.9 Strålningsverksamhet och strålningsmätningar, 17.3.2008
- ST 1.10 Planering av strålkällors användningsutrymmen, 14.7.2011

Strålbehandling

- ST 2.1 Säkerhet vid strålbehandling, 18.4.2011
- ST 2.2 Strålsäkerhet för strålbehandlingsapparater och -utrymmen, 2.2.2001

Medicinsk röntgenundersökning

- ST 3.1 Användning och övervakning av tandröntgenapparater, 27.5.1999
- ST 3.2 Mammografiapparater och deras användning, 13.8.2001
- ST 3.3 Röntgenundersökningar i hälsovården, 20.3.2006
- ST 3.6 Strålsäkerhet av röntgenrum, 24.9.2001
- ST 3.7 Bröstcancerscreening med mammografi, 28.3.2001

Industri, forskning, undervisning och kommersiell verksamhet

- ST 5.1 Strålsäkerheten hos apparater med slutna källor, 7.11.2007
- ST 5.2 Användning av kontroll- och analysröntgenapparater, 26.9.2008
- ST 5.3 Användning av joniserande strålning vid undervisningen i fysik och kemi, 4.5.2007
- ST 5.4 Handel med strålkällor, 19.12.2008
- ST 5.6 Strålsäkerheten vid industriell radiografi, 17.2.1999

- ST 5.8 Installation, reparation och underhåll av strålningsalstrande apparater, 4.10.2007

Öppna källor och radioaktivt avfall

- ST 6.1 Strålsäkerhet vid användning av öppna strålkällor, 17.3.2008.
- ST 6.2 Radioaktivt avfall och radioaktiva utsläpp, 1.7.1999
- ST 6.3 Användning av strålning inom nukleärmedicin, 18.3.2003

Stråldoser och hälsokontroll

- ST 7.1 Övervakning av strålningsexponering, 2.8.2007
- ST 7.2 Tillämpning av maximivärdena för strålningsexponering och beräkningsgrunder för stråldosen, 9.8.2007
- ST 7.3 Beräkning av stråldos från intern strålning, 23.9.2007
- ST 7.4 Dosregister och anmälan av uppgifter, 9.9.2008
- ST 7.5 Hälsokontroll av arbetstagare i strålningsarbete, 4.5.2007

Icke-joniserande strålning

- ST 9.1 Strålsäkerhetskrav och övervakning av solarieutrustning, 1.12.2003
- ST 9.2 Strålsäkerheten vid pulsradaranläggningar, 2.9.2003 (på finska)
- ST 9.3 Strålsäkerheten vid mastarbete på FM- och TV-stationer, 2.9.2003 (på finska)
- ST 9.4 Strålsäkerheten vid storeffektlasrar som används i underhållning, 28.2.2007 (på finska)

Naturlig strålning

- ST 12.1 Strålsäkerheten vid verksamhet som medför exponering för naturlig strålning, 2.2.2011
- ST 12.2 Radioaktivitet i byggnadsmaterial och aska, 17.12.2010
- ST 12.3 Radioaktivitet i hushållsvatten, 9.8.1993
- ST 12.4 Strålsäkerhet vid flygverksamhet, 20.6.2005.